



Wellensalat statt Kabelsalat

Hausgemachte Hochfrequenz-Immissionen in Büros und Wohngebäuden

Dr.-Ing. Martin H. Virnich
Ingenieurbüro für Baubiologie und Umweltmesstechnik, Mönchengladbach

Inhaltsverzeichnis:	Seite
1 Einleitung.....	2
2 Mobilfunk-Handys in Gebäuden	2
3 Schnurlos-Telefone (CT1+, CT2, DECT).....	3
4 PC-Arbeitsplatz.....	7
5 PAN (<i>Personal Area Network</i>): Bluetooth.....	8
5.1 Frequenzbereich und Zugriffsverfahren	8
5.2 Sendeleistung und Strahlungsdichte	11
5.3 Netzwerk-Typen	12
5.3.1 Punkt-zu-Punkt-Verbindung	12
5.3.2 Piconet (Punkt-zu-Multipunkt-Verbindung)	12
5.3.3 Scatternet.....	13
6 WLAN: <i>Wireless Local Area Network</i>	14
6.1 Grundsätzliche Architekturen von WLANs (Netzwerk-Typen).....	14
6.1.1 Ad-hoc-Netzwerk / Peer-to-Peer-Netzwerk / Spontanes Netzwerk / IBSS)	14
6.1.2 Infrastruktur-Netzwerk / Peer-to-LAN-Netzwerk / BSS	15
6.2 Technische Standards für WLANs	15
6.2.1 IEEE 802.11	15
6.2.2 IEEE 802.11b, auch bezeichnet als IEEE 802.11/HR (<i>High Data Rate</i>).....	16
6.2.3 IEEE 802.11a	18
6.2.4 IEEE 802.11g	18
6.2.5 HomeRF (<i>Home Radio Frequency</i>)	18
6.2.6 HiperLAN/1 (<i>High Performance European Radio LAN/1</i>)	18
6.2.7 HiperLAN/2 (<i>High Performance European Radio LAN/2</i>)	18
6.2.8 HiSWANa.....	18
6.2.9 DMAP (<i>DECT Multimedia Access Profile</i>)	19
6.3 WLAN als mobiler Einspeisepunkt für Internet-Zugriff an Hot-Spots	19
7 Technische Gebäudekommunikation	19
8 Berufsspezifische Anwendungen	19
9 Unterhaltungselektronik.....	19
10 Literatur.....	20

1 Einleitung

Parallel zum Mobilfunk-Boom der letzten Jahre wurde eine Vielzahl von Kommunikationsanwendungen entwickelt und auf den Markt gebracht, die sich als Übertragungsmedium nicht mehr des guten alten Kupferkabels bedienen, sondern der modernen „Luftschnittstelle“, die also drahtlos per Funk arbeiten. Infolgedessen steigt die Zahl der „funkenden“ Geräte, die in Wohnungen und Büros für private und berufliche Zwecke zum Einsatz kommen, ständig an. Fast scheint es, als gäbe es keine Anwendung, die man nicht vom Kabel und dem häufig zitierten „Kabelsalat“ „befreien“ müsste. Die Folge ist das Entstehen eines bunten „Wellensalates“, der jedoch im Gegensatz zum Kabel für die Augen unsichtbar bleibt.

Da hochfrequente Wellen aber nicht nur die gewünschten technischen Informationen übertragen, sondern auch in unerwünschtem Maße auf das biologische System Mensch einwirken, sollten aus Gründen der gesundheitlichen Vorsorge die Eigenschaften dieser Funkanwendungen auf der „Luftschnittstelle“ und die Notwendigkeit ihres Einsatzes kritisch hinterfragt werden – wie es z.B. bereits seit Jahren in der Diskussion um die biologischen Risiken des Mobilfunks geschieht. Zumal – im Gegensatz zu den klassischen Funkanwendungen, wie Rundfunk und Fernsehen – bei den so genannten Inhouse-Anwendungen der Sender sich nicht weit entfernt, sondern in unmittelbarer Nähe befindet. Da die einwirkende Strahlungsdichte zwar proportional ist zur Sendeleistung, aber umgekehrt proportional zum Quadrat der Entfernung, wirkt sich in der Nähe einer Hochfrequenzquelle der Faktor Entfernung gravierender aus als der Faktor Sendeleistung. Mit anderen Worten: Begibt man sich nahe an eine Hochfrequenzquelle heran, so können auch bei kleiner Sendeleistung beträchtliche Strahlungsdichten entstehen.

2 Mobilfunk-Handys in Gebäuden

Nach der Ablösung der analogen Mobilfunksysteme der 1. Generation (A-, B-, C-Netz), die zunächst als exklusives „Autotelefon“ im wesentlichen der geschäftlichen Nutzung vorbehalten waren, hat der digitale GSM-Mobilfunk mit inzwischen über 50 Millionen Benutzern allein in Deutschland eine enorme Verbreitung gefunden (2. Mobilfunk-Generation, GSM: **G**lobal **S**ystem for **M**obile **C**ommunications).

Als kritisch am GSM-Mobilfunk wird u.a. angesehen, dass diese Technik mit periodisch gepulster Strahlung arbeitet. Diese periodische Pulsung (Grundfrequenz 217 Hertz) führt zu besonderen biologischen Effekten, die bei der ungepulsten Strahlung anderer Funksysteme nicht auftreten; sie stellt somit ein spezielles gesundheitliches Risiko dar. Immer mehr Stimmen warnen vor dem „ungehemmten“ Einsatz der GSM-Technik.

Das Mobilteil („Handy“) sendet im D-Netz mit einer maximalen Leistung von 2 Watt, im E-Netz mit maximal 1 Watt. Die tatsächliche aktuelle Sendeleistung wird von der Qualität bzw. Dämpfung der Verbindung zur Basisstation bestimmt, mit der das Mobilteil in Verbindung steht. Die Basisstation teilt dem Mobilteil ständig mit, wie stark es senden muss, um von der Basisstation noch gut empfangen zu werden.

Wird die Dämpfung auf der Strecke zwischen Mobilteil und Basisstation erhöht – indem man z.B. vom Freien in ein Gebäude geht oder in ein Fahrzeug ohne Außenantenne steigt – so muss das Mobilteil die nun erhöhte Dämpfung des Signals durch eine entsprechende Erhöhung der Sendeleistung ausgleichen. Dämpfungsfaktoren von Gebäuden liegen üblicherweise zwischen 10 dB und 20 dB; in tief gestaffelten Bauten, in Kellern und Tiefgaragen können bis zu 30 dB erreicht werden. 10 dB entsprechen bezüglich der Strahlungsdichte dem Faktor zehn, 20 dB dem Faktor hundert und 30 dB dem Faktor tausend.

Auf die Benutzung von Mobiltelefonen innerhalb von Gebäuden sollte daher möglichst verzichtet werden, insbesondere, wenn dort ein Festnetz-Anschluss zur Verfügung steht. Alternativ ist der Anschluss des Mobilteils an eine Außenantenne möglich. Das gleiche gilt für die Handy-Benutzung in Fahrzeugen.

So genannte „strahlungsarme“ Handys mit einem niedrigen SAR-Wert (**SAR: Spezifische AbsorptionsRate**) strahlen weniger stark in Richtung des Kopfes und stärker vom Kopf weg. Dies wird durch den Einsatz einer entsprechenden Richtantenne im Mobilteil erreicht. Zu einer Reduzierung der Emissionen in den Kopf kommt es dabei allerdings nur, wenn die Basisstation, mit der das Mobilteil in Kontakt ist, etwa in der Hauptstrahlrichtung der Handy-Antenne lokalisiert ist, wenn also die Rückseite des Handys in Richtung Basisstation weist – dann liegt der Kopf nicht innerhalb der Übertragungsstrecke Handy / Basisstation. Be-

findet sich die Basisstation dagegen auf der abgewandten Seite (also in Richtung Vorderseite des Handys), so dass sich der Kopf in der Übertragungsstrecke zwischen Mobilteil und Basisstation befindet, dann wird die Sendeleistung des Handys so stark hoch geregelt, dass sich auch unter diesen Bedingungen eine stabile Verbindung ergibt (falls dies nicht möglich ist, reißt die Verbindung ab oder geht auf eine andere Basisstation über). Dabei strahlt dann das Mobilteil auf seiner Rückseite, ggf. in Richtung benachbarter Personen, aufgrund seiner Richtwirkung noch wesentlich stärker.

Beim Verbindungsaufbau sendet das GSM-Mobilteil immer mit seiner vollen Leistung, um den Kontakt zur Basisstation herzustellen. Erst wenn die Verbindung „steht“, kann die Basisstation dem Handy die Informationen über die tatsächlich benötigte Sendeleistung mitteilen. Es empfiehlt sich daher, nach dem Wählen der Telefonnummer das Mobilteil nicht sofort ans Ohr zu halten, sondern hiermit einige Sekunden zu warten.

Die Handys der 3. Mobilfunkgeneration, UMTS (**UMTS: Universal Mobile Telecommunications System**), werden ähnlich wie die GSM-Handys in ihrer Leistung von der Basisstation geregelt. Der Verbindungsaufbau beginnt beim UMTS-Handy allerdings nicht mit der höchsten, sondern mit der niedrigsten Leistungsstufe; die Leistung wird dann bis auf die benötigte Stärke hochgefahren.

UMTS sieht als europäischer Rahmenstandard nicht nur ein, sondern zwei verschiedene Zugriffsverfahren vor, die sich erheblich in der Technik und mit großer Wahrscheinlichkeit auch in den biologischen Wirkungen unterscheiden:

1. UMTS-FDD

Für Systeme mit Frequenzduplex (FDD, gepaarte Frequenzbereiche für Up- und Downlink). Verwendet als Zugriffsverfahren W-CDMA; vorzugsweise bei mobilem Einsatz mit Handover bzw. bei „symmetrischen“ Verbindungen, wie Sprachübertragung und 2-Wege-Datenübertragung. Das W-CDMA-Verfahren arbeitet prinzipiell un gepulst.

2. UMTS-TDD

Für Systeme mit Zeitduplex (TDD, ungepaarte Frequenzbereiche). Verwendet als Zugriffsverfahren TD-CDMA, eine Kombination von TDMA und CDMA, die ein **gepulstes Signal** zur Folge hat. Vorzugsweiser Einsatz für stationäre Anwendungen innerhalb einer Zelle, bei denen kein Handover erforderlich ist, wie Schnurlos-Telefonie und für „asymmetrischen“ Datenverkehr, wo in einer Richtung erheblich mehr Daten übertragen werden als in der anderen (z.B. Internet, Download).

Die Entwicklungstrends gehen neben globaler Vernetzung und Kompatibilität in Richtung Breitband-Multimedia-Kommunikation. Dies bedeutet die mobile Übertragung von Sprache, Musik, Daten, Text, Graphik und Video mit hoher Geschwindigkeit und anspruchsvoller Qualität. In letzter Zeit wird immer deutlicher, dass von den Netzbetreibern ein wesentlicher Umsatzschwerpunkt bei „Fun“-Angeboten, insbesondere auch für Jugendliche, gesehen und forciert wird (Spiele, Photos, Videos).

3 Schnurlos-Telefone (CT1+, CT2, DECT)

DECT bedeutet „**D**igital **E**nhanced **C**ordless **T**elecommunications“, also „digital ausgerüstete schnurlose Telekommunikation“. Mit dem Zusatz **GAP (Generic Access Profile)** soll sichergestellt werden, daß auch Systemkomponenten - also Mobilteile und Basisstationen - unterschiedlicher Hersteller miteinander kommunizieren können. Der Anteil der DECT-Geräte am Gesamtumsatz der Schnurlostelefone beträgt in Deutschland deutlich über 90 Prozent, mit weiter steigender Tendenz. Demgegenüber verlieren die Geräte mit der älteren analogen Technik immer weiter an Bedeutung.

Immer wieder wird aber kritisch angemerkt, dass die schnurlosen DECT-Telefone die gleichen besonderen biologischen Effekte im menschlichen Organismus hervorrufen können wie ihre „großen Brüder“, die Mobilfunk-Handys.

Den „großen“ GSM-Systemen und den „kleinen“ DECT-Geräten liegt das gleiche technische Prinzip zugrunde: Digitale Übertragung mit periodisch gepulster Strahlung.

Trotz aller warnenden Untersuchungsergebnisse gelten die mit periodisch gepulster Strahlung arbeitenden Systeme offiziell als unbedenklich, da sie keinen der geltenden Grenzwerte überschreiten. Diese Grenzwerte basieren allerdings allein auf der Wärmewirkung von hochfrequenter Strahlung; Auswirkungen auf die empfindlichen Regulationssysteme des menschlichen Organismus (wie z.B. Nerven- und Hormonsystem, Immunsystem, Zellkommunikation) sind hierin nicht berücksichtigt.

DECT - die „Miniaturausgabe“ des Mobilfunks für Heim und Büro

Die digitalen Schnurlos-Telefone nach dem DECT-Standard sind technisch eng mit ihren „großen“ GSM-Mobilfunkbrüdern verwandt: Es gibt auch hier eine Basisstation, welche die Verbindung zum Telefon-Festnetz herstellt und ein oder mehrere Mobilteile, die per Funk – schnurlos eben – mit der Basisstation kommunizieren. Und diese Funkverbindung arbeitet bei DECT-Systemen mit periodisch gepulster Strahlung – nicht mit 217 Hz, wie bei den „großen“ GSM-Systemen, sondern mit 100 Hz gepulst, aber mit den gleichen biologischen Wirkungen.

Bei Messungen in Wohnräumen und Büros stellen Baubiologen immer wieder fest, daß die Strahlungsdichte der DECT-Basisstationen deutlich über derjenigen von Basisstationen des GSM-Mobilfunks liegen kann, die sich draußen, außerhalb des Gebäudes befinden. Kein Wunder, hat man sich doch die Strahlungsquelle direkt in's Haus herein geholt. Innerhalb des Gebäudes reichen die DECT-Wellen erstaunlich weit; Zimmerwände stellen für sie nur ein bedingtes Hindernis dar. Abbildung 3.1 zeigt das Spektrum der Funkdienste von 800 Megahertz bis 3 Gigahertz in einem Großraumbüro. Im Büro sind ein WLAN-Access-Point (ca. 25 m Entfernung; siehe Kapitel 6) und eine DECT-Basisstation (ca. 12 m Entfernung) installiert; ca. 150 Meter vom Bürogebäude entfernt befindet sich eine D-Netz-Basisstation. Außerdem wird an anderer Stelle im Büro mit einem GSM-Handy mobil telefoniert. Die DECT-Immissionen im Spektrum von Abbildung 3-1 sind bei weitem die stärksten von allen.

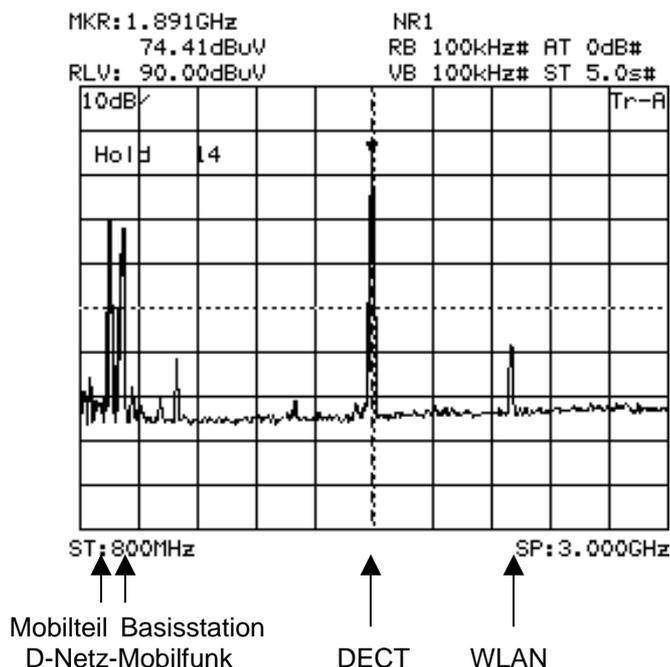


Abbildung 3-1: Spektrum von 800 MHz bis 3 GHz in einem Großraumbüro

Dazu kommt: Die DECT-Basisstationen sind Dauersender! Sie müssen ständig in Bereitschaft sein und senden daher ihre gepulsten Signale permanent, am Tag und in der Nacht, auch wenn niemand telefoniert. Die Pulsleistung der Schnurlosen liegt mit 250 Milliwatt zwar nur bei einem Achtel bzw. einem Viertel der Maximalleistung von Mobilfunk-Handys (D-Netz: 2 Watt; E-Netz: 1 Watt). Aber die Mobilfunk-Handys sind leistungsgeregelt und senden nicht unbedingt mit ihrer höchstmöglichen Leistung, sondern nur mit der gerade nötigen Leistung – nicht mehr. Bei guter Verbindung zur GSM-Basisstation kann dies auch deutlich weniger als 250 Milliwatt sein. Der „kleine Bruder“ DECT kann also durchaus mehr Leistung abstrahlen als der „große Bruder“ GSM.

Für den professionellen Einsatz werden DECT-Systeme angeboten, die eine flächendeckende Versorgung ganzer Bürotrakte sicherstellen und über hundert Mobilteile umfassen können. Sie verfügen über eine Vielzahl von Basisstationen und beschränken sich nicht auf die schnurlose Übertragung von Sprache, sondern ermöglichen als sogenannte WPBX-Telekommunikationssysteme (**W**ireless **P**ivate **B**ranch **E**xchange) darüberhinaus die mobile Nutzung von:

- Fax, Email, File Transfer
- ISDN-Trägerdiensten (**I**ntegrated **S**ervices **D**igital **N**etwork)
- Paketdatendiensten
- Internet und Zugang zu entfernten Netzwerken, vom PC oder Notebook aus

Ziel ist die mobile Multimedia-Übertragung.

Mit **D**MAP (**D**ECT **M**ultimedia **A**ccess **P**rofile) wurde ein europäischer Standard für DECT-Systeme geschaffen, damit diese zusätzlich zur Sprachübertragung auch für Multimedia-Dienste fähig werden (z.B. zur drahtlosen Verbindung zu Drucker, PC-Karten, Scanner, Modem, Settop-Boxen). DMAP ist insbesondere als Konkurrenz zu Bluetooth für PAN-Anwendungen zu sehen (vgl. Kapitel 5).

Für private Anwendungen gibt es mittlerweile die ersten Babyphone auf DECT-Basis.

DECT-Puls: 100 „Funkblitze“ pro Sekunde

Voraussetzung für die Anwendbarkeit gepulster Signale ist digitale Technik – die herkömmliche analoge Technik ist mit Pulsung nicht vereinbar. Daher hat erst die rasante Entwicklung der Digitaltechnik zum Einsatz von Telekommunikationssystemen mit gepulster Strahlung geführt. Periodische Pulsung hat bei Systemen mit einer Vielzahl von aktiven Funkteilnehmern – wie es bei der mobilen und schnurlosen Kommunikation der Fall ist – wesentliche technische und ökonomische Vorteile. Man kann sich die Pulsung wie „Funkblitze“ vorstellen, die ein DECT-Gerät 100 mal pro Sekunde aussendet (100 Hz-Puls). In diesen „Blitzen“ ist komprimiert die zu übertragende Information verschlüsselt.

Vergleicht man in einer Analogie die Funkwellen mit Lichtwellen, so entspricht z.B. ein herkömmliches analoges Schnurlos-Telefon einer konstant leuchtenden Glühlampe. Die periodisch gepulste Strahlung eines digitalen Funksystems entspricht dagegen den flimmernden Lichtblitzen eines Stroboskops (vgl. Abbildung 3-2).

Unter Betrachtung der reinen Wärmewirkung – wie es die offiziellen Grenzwertbestimmungen tun – ergibt sich in beiden Fällen eine Effektivleistung von 10 mW. Die Spitzenleistung beträgt bei der kontinuierlichen analogen Strahlung ebenfalls 10 mW, bei der gepulsten DECT-Strahlung dagegen 250 mW. „Ob Ihr Partner Ihre Wange kontinuierlich streichelt, oder Ihnen in regelmäßigen Abständen Ohrfeigen versetzt, kommt wärmemäßig auf's Gleiche 'raus!“ (Prof. Käs, Bundeswehrhochschule Neubiberg). Aber eben nur wärmemäßig.

Die Alternative: Schnurgebunden oder CT1+

Wie die obigen Ausführungen zeigen, ist ungepulste Strahlung die biologisch unverdächtigere Alternative. Nach diesem Verfahren arbeiten die analogen Schnurlos-Systeme gemäß dem technischen Standard CT1+ (sprich: „CT 1 Plus“). Wenn Sie denn der Meinung sind, auch unbedingt ein schnurloses Telefon zu brauchen, so bietet die gute alte Analogtechnik die biologisch unverdächtigere Alternative.

Analoge Schnurlose kommen ohne gepulste Strahlung aus, senden nur mit 10 mW (Spitzen-)Leistung und dies außerdem nur, wenn es wirklich erforderlich ist - also nur dann, wenn Sie tatsächlich telefonieren. Analoge Schnurlose sind im Handel noch zu bekommen - man muss nur gezielt danach fragen und darauf bestehen, auch wenn Ihnen der Händler lieber ein DECT-Gerät verkaufen möchte. Alle aktuellen Schnurlos-Standards sind bis zum 31.12.2008 zugelassen; CT1+ so wie CT2 und DECT auch. Eine aktuelle Marktübersicht von CT1+-Telefonen (Titel: „Noch zu haben ...“) mit Angabe von Bezugsquellen finden Sie im Internet auf der Webseite des Berufsverbandes Deutscher Baubiologen (VDB e.V.) www.baubiologie.net unter der Rubrik „Mobilfunk“ oder auf der Homepage des Verfassers www.e-smog.ch/virnich.

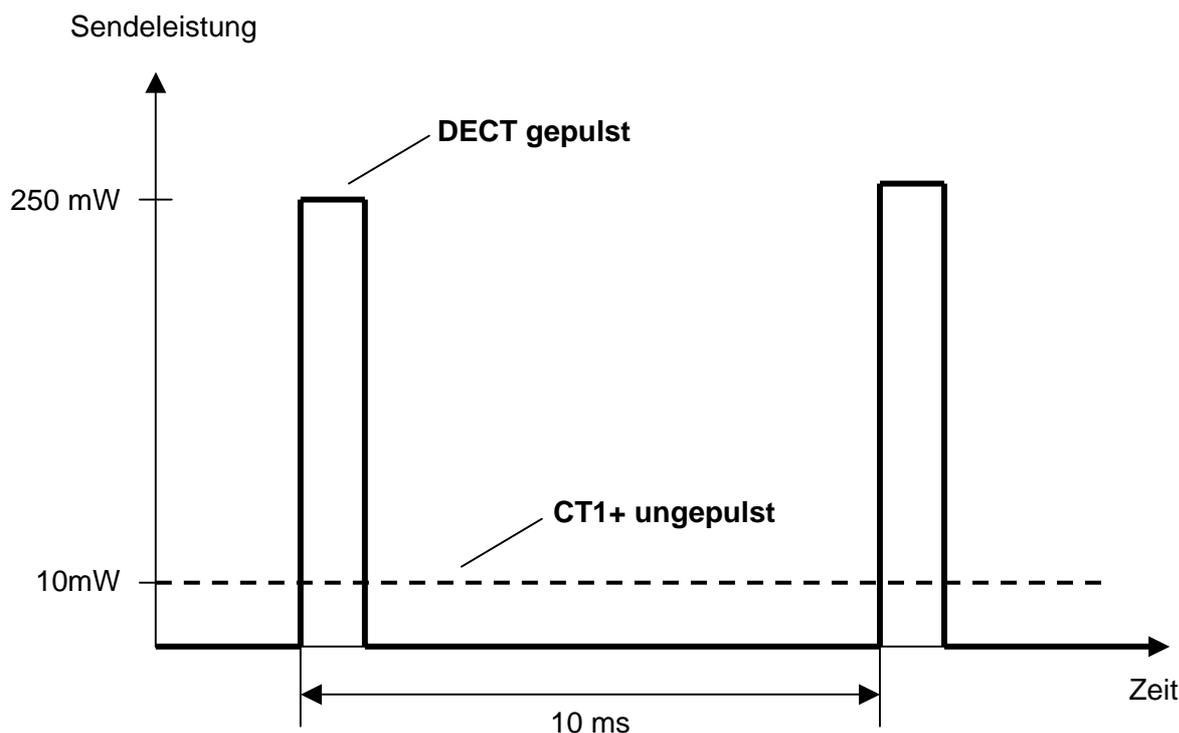


Abbildung 3-2: 100 Hz-Puls eines DECT-Telefons und ungepulste Strahlung eines analogen Schnurlos-Telefons (CT1+) im Vergleich

Wie erkennen Sie - wenn Sie bereits ein schnurloses Telefon besitzen - ob es sich um ein DECT-Gerät handelt? Wenn sich auf dem Gehäuse oder in der Bedienungsanleitung die Bezeichnung „DECT“ findet, so ist die Sachlage offensichtlich klar.

Aber Vorsicht: Nicht überall, wo DECT drinsteckt, steht auch DECT drauf. Woran können Sie dann erkennen, ob Sie ggf. ein DECT-Telefon „erwischt“ haben? Z.B. am Frequenzbereich von 1.880 - 1.900 MHz (= 1,880 - 1,900 GHz), falls er bei den technischen Daten angegeben ist. Oder an DECT-spezifischen Leistungsmerkmalen, wie

- eine größere Zahl von Mobilteilen kann an einer Basisstation betrieben werden (typischerweise sechs bis acht)
- Gesprächsmöglichkeit von Mobilteil zu Mobilteil
- CLIP (Anzeige der Telefonnummer des anderen Gesprächsteilnehmers)
- Abhörsicherheit (durch Encryption)
- besonders hohe Sprachqualität

Im Zweifelsfall können Sie einen baubiologischen Messtechniker zu Rate ziehen.

Außer DECT und CT1+ gibt es noch schnurlose Telefone nach dem technischen Standard CT2. Diese Geräte haben auf dem europäischen Markt keine wesentliche Bedeutung, da ihre Einführung von der DECT-Welle überrollt wurde. CT2-Telefone arbeiten ebenfalls digital und mit periodisch gepulster Strahlung von 500 Hz; die CT2-Basisstation sendet aber immerhin nur während des Telefonats.

Auch wenn Sie ein analoges Schnurloses nach dem Standard CT1+ besitzen oder anschaffen: Mit schnurlosen Telefonen sollten in jedem Fall nur Kurzgespräche geführt werden – für Langzeittelefonate ist das schnurgebundene Telefon immer noch die beste Wahl. Und auf gar keinen Fall gehören die Basisstation oder die Ladeschale des Mobilgerätes in die Nähe des Bettes – allerdings wegen der Magnetfelder, die ihr Netztransformator erzeugt.

Technische Standards für Schnurlostelefone	
CT1+	Analog, ungepulst Basisstation sendet nur während des Telefonats 10 mW Effektivwert, 10 mW Spitzenwert 885-887 MHz und 930-932 MHz
CT2	Digital, periodisch gepulst mit 500 Hz Basisstation sendet nur während des Telefonats 10 mW Effektivwert 864-868 MHz
DECT/GAP	Digital, periodisch gepulst mit 100 Hz Basisstation sendet permanent 10 mW Effektivwert, 250 mW Spitzenwert 1.880-1.900 MHz

4 PC-Arbeitsplatz

Einerseits gibt es kaum einen Arbeitsplatz, an dem so viel für die Minimierung von EMF-Emissionen (EMF: Elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder) getan wurde und wird, wie den Bildschirm-/PC-Arbeitsplatz. Vorbildlich sind hier bereits seit Jahren die Normen MPR und insbesondere TCO, in denen die folgenden Richtwerte für strahlungsarme Computermonitore festgelegt sind.

Norm	MPR II		TCO 95 / 99	
Elektrostatische Bildschirm-Oberflächenspannung = V	± 500		± 500	
Frequenzbereich	Band 1 5 Hz-2kHz	Band 2 2kHz-400kHz	Band 1 5 Hz-2kHz	Band 2 2kHz-400kHz
Elektrische Feldstärke* ~ V/m	25	2,5	10	1
Magnetische Flussdichte ~ nT	250	25	200	25
Messabstand cm	50		30	

* Messung mittels genau spezifizierter Tellersonde mit Abschirmring gegen Erdpotential

Geräte, die diese Werte einhalten, dürfen mit einer entsprechenden Plakette versehen werden und so für ihre Strahlenarmut werben. Die gleichen Werte gelten auch in der TCO-Norm für Drucker, Faxgeräte und Kopierer.

Andererseits werden rund um den PC vielfältige Produkte angeboten, die außer Bluetooth (siehe Kapitel 5) und WLAN (siehe Kapitel 6) dazu beitragen sollen, den „Kabelsalat“ am Arbeitsplatz zu verringern und die dafür auf der anderen Seite einen zunehmenden „Wellensalat“ erzeugen. Hier sind insbesondere drahtlose Mäuse und Tastaturen zu erwähnen.

5 PAN (Personal Area Network): Bluetooth

Bluetooth soll die kabellose und mobile Verbindung aller möglichen Geräte zur Telekommunikation und Datenverarbeitung, wie z.B. Personal Computer, Lap- und Palmtop, PDA (Personal Digital Assistant), Organizer, Drucker, Scanner, Handy oder Headset mittels „Short Range“-Funk im Nahbereich ermöglichen (einige Meter bis hundert Meter) und damit den konventionellen „Kabelsalat“ überflüssig machen.

Das System ist benannt nach Harald Blauzahn (engl. Bluetooth, skandinavisch Blaatand), Wikingerkönig von 940 bis 981, der die damaligen skandinavischen Länder in einem Reich einigte. So soll auch das Funksystem Bluetooth die verschiedensten Geräte über eine gemeinsame Funkschnittstelle „vereinigen“.

Die Bluetooth-Entwicklung wurde von den Firmen Ericsson, IBM, Intel, Nokia und Toshiba initiiert, die sich dazu in der Bluetooth Special Interest Group (Bluetooth SIG) zusammengeschlossen haben. Sie haben zusammen mit Microsoft, Motorola, Lucent Technologies und 3Com die Promoter Group der SIG ins Leben gerufen, die die Maßnahmen der Bluetooth SIG leitet und die Bluetooth-Spezifikationen vorantreibt. Dabei wird besonderer Wert auf die Interoperabilität bzw. Kompatibilität von Bluetooth-Komponenten unterschiedlicher Hersteller gelegt. Weltweit haben mehr als 2.000 Firmen bekannt gegeben, dass sie Bluetooth-Produkte herstellen wollen. Die ersten marktreifen Anwendungen sind im Laufe des Jahres 2000 erschienen; mittlerweile ist eine Vielzahl von Bluetooth-Komponenten erhältlich. Es wird für die Zukunft mit einem Massenmarkt gerechnet. Nach einem nur zögerlichen Absatz in den ersten Jahren (bei – zu hohen – Preisen von 200,- bis 250,- Euro pro Bluetooth-Komponente) steigt die Nachfrage mittlerweile kräftig an, da die Preise nun bis auf ca. 50,- Euro gesunken sind.

5.1 Frequenzbereich und Zugriffsverfahren

Bluetooth arbeitet im lizenzfreien ISM-Band bei 2,4 GHz:

- 2,400 - 2,4835 GHz; 79 Frequenzkanäle im Abstand von je 1 MHz, einheitlich in den USA und Europa (mit Einschränkungen in Frankreich und Spanien)
- 2,471 - 2,497 GHz in Japan

Das verwendete Duplex-Verfahren ist TDD (Time Division Duplex, d.h. die Teilnehmer senden und empfangen – für den Menschen quasi gleichzeitig, technisch aber eben doch – abwechselnd im gleichen Frequenzbereich). Es gibt nicht, wie beim Frequenzduplex (FDD, Frequency Division Duplex), getrennte Frequenzbereiche für Uplink und Downlink, in denen dann tatsächlich gleichzeitig gesendet werden kann.

Das Zugriffsverfahren ist FHMA (Frequency Hopping Multiple Access), eine Kombination von TDMA (Time Division Multiple Access, Zeitmultiplex, periodisch gepulstes Zeitschlitzverfahren) mit „Frequency Hopping“, also Frequenzspringen. Jeder Zeitschlitz wird beim Frequency Hopping nach einer bestimmten Sequenz auf einer anderen Frequenz des Kanalarasters ausgestrahlt; dadurch soll die Anfälligkeit gegen Interferenzstörungen reduziert werden. **Damit hat man es aber auch mit einer periodisch gepulsten Strahlung zu tun.** Die Hopfrequenz beträgt bei Bluetooth 1.600 hops/s, d.h. **die Pulsfrequenz ist 1.600 Hertz.**

„Sinnigerweise“ wird FHMA bisweilen auch als FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) bezeichnet. Das Spektrum wird nach dieser Betrachtungsweise eben dadurch „gespreizt“, dass der Sender mit seiner Frequenz ständig hin und her hüpfte, obwohl zu jedem bestimmten Zeitpunkt nur auf einer einzigen Frequenz gesendet wird (Abbildung 5-1). Hier besteht Verwechslungsgefahr mit dem „echten“ Spreizen beim Zugriffsverfahren CDMA (Code Division Multiple Access), das z.B. bei UMTS-FDD eingesetzt wird und tatsächlich ein breites Frequenzband belegt, und zwar gleichzeitig und ungepulst.

Die maximalen Datenraten betragen: 432,6 kBit/s (symmetrisch); 721,0/57,6 kBit/s (asymmetrisch).

Bluetooth soll zukünftig als Standard IEEE 802.15 spezifiziert werden.

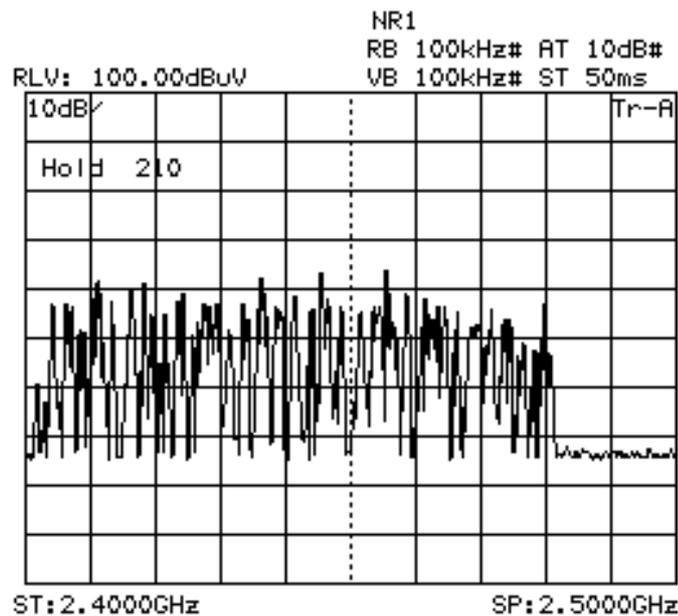


Abbildung 5-1: Von einem Bluetooth-Gerät mit Frequency-Hopping belegtes Spektrum
Angezeigtes Spektrum: 2,4 - 2,5 GHz; Frequenzbereich des ISM-Bandes: 2,4 - 2,4835 GHz

Abbildung 5-1 ist mit dem Spektrum-Analyzer in der Betriebsart „Max Hold“ aufgezeichnet worden; d.h. es wird bei jedem Durchlauf (= „Sweep“) über den eingestellten Spektralbereich an jedem Frequenzpunkt der höchste aller bisherigen Werte festgehalten. Ist beim nächsten Durchlauf ein Wert niedriger als vorher, so wird er nicht aufgezeichnet. Auf diese Weise können auch gepulste und zeitlich schwankende Signale erfasst werden. Abbildung 5-1 zeigt den Zustand nach 210 Sweeps (Hold 210).

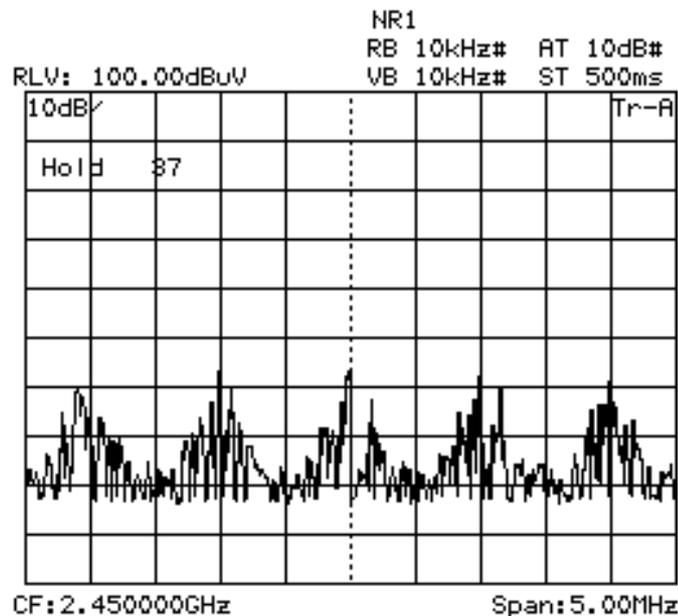


Abbildung 5-2: Linienspektren der Pulse im Abstand von 1 MHz;
Angezeigtes Spektrum: Mittenfrequenz (CF) 2,45 GHz \pm 2,5 MHz (Span = 5 MHz);
2 Rasterteilungen entsprechen 1 MHz = Kanalabstand der 79 Frequenzkanäle

Die beiden folgenden Abbildungen 5-3 und 5-4 zeigen den Pulscharakter des Bluetooth-Signals in der zeitlichen Darstellung. Hierbei ist der Spektrum-Analyzer auf eine feste Empfangsfrequenz abgestimmt (Zero Span) und macht die zeitlichen Vorgänge auf dieser Frequenz wie ein Oszilloskop sichtbar. Es traten bei der Messung zwei unterschiedliche Pulslängen auf (228 μs und 460 μs). Bei der Hopffrequenz von 1.600 hops/s steht für die Aussendung auf einer Frequenz die Zeitdauer von maximal $1/1.600 \text{ s} = 625 \mu\text{s}$ zur Verfügung.

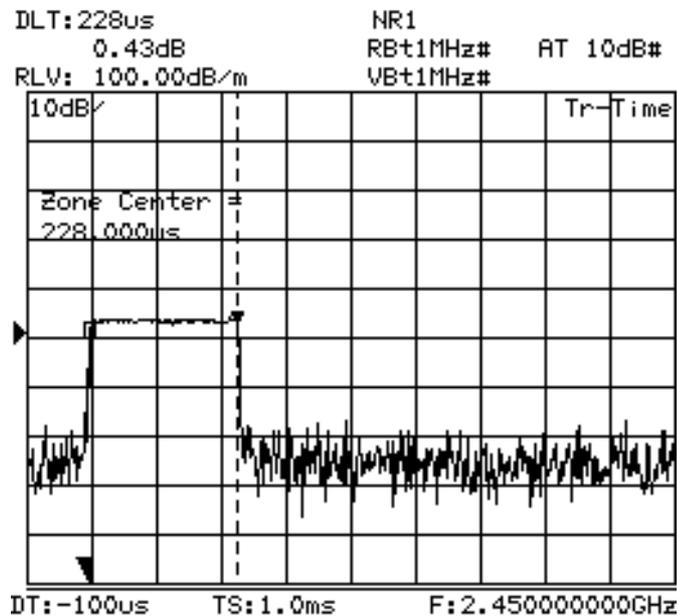


Abbildung 5-3: Zeitliche Darstellung eines Bluetooth-Impulses, Länge 228 μs (DLT / Zone Center); Empfangsfrequenz (F) 2,45 GHz; Filterbandbreite (RBt) 1 MHz; Sweep Time (TS) 1,0 ms; eine Rasterteilung der Zeitachse entspricht 100 μs

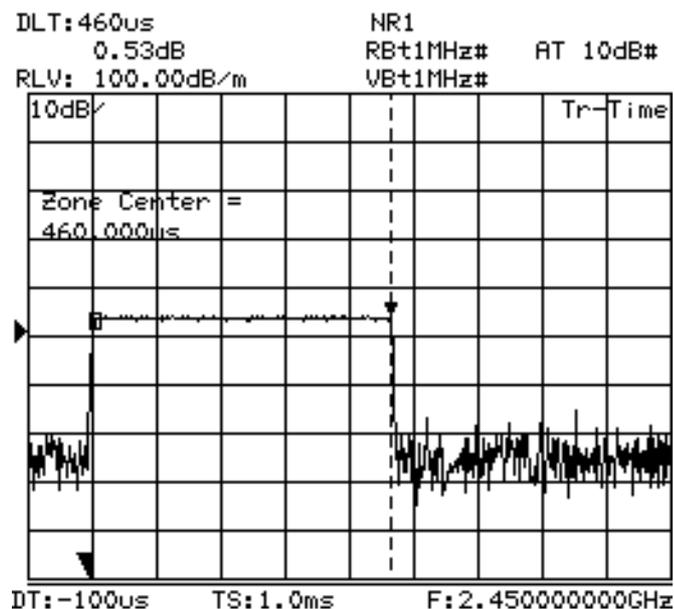


Abbildung 5-4: Zeitliche Darstellung eines Bluetooth-Impulses, Länge 460 μs (DLT / Zone Center); Empfangsfrequenz (F) 2,45 GHz; Filterbandbreite (RBt) 1 MHz; Sweep Time (TS) 1,0 ms; eine Rasterteilung der Zeitachse entspricht 100 μs

5.2 Sendeleistung und Strahlungsdichte

Bluetooth verfügt über drei Leistungsklassen mit folgenden Spezifikationen:

Klasse 1

- -30 dBm bis **+20 dBm** Sendeleistung, entsprechend 1 Mikrowatt bis **100 Milliwatt**
- bis ca. 100 m Reichweite
- Leistungsanpassung von +4 dBm bis +20 dBm

Klasse 2

- -30 dBm bis **+4dBm** Sendeleistung, entsprechend 1 Mikrowatt bis **2,5 Milliwatt**
- bis ca. 30 m Reichweite
- optionale Leistungsanpassung

Klasse 3

- -30 dBm bis **+0dBm** Sendeleistung, entsprechend 1 Mikrowatt bis **1 Milliwatt**
- bis ca. 10 m Reichweite
- optionale Leistungsanpassung

Demnach sind die Feldstärken bzw. Strahlungsdichten in einem bestimmten Abstand von der Sendeeinrichtung unterschiedlich hoch (Faktor 100 bei der Strahlungsdichte zwischen Klasse 1 und 3).

Zur Abschätzung der Strahlungsdichten wird im Folgenden eine überschlägige Rechnung angestellt:

1 Milliwatt isotrop abgestrahlte Leistung (idealer Kugelstrahler) ergibt in 1 Meter Abstand bei einer Kugeloberfläche von 4π eine Strahlungsdichte von ziemlich genau 80 Mikrowatt pro Quadratmeter.

Legt man zur Orientierung diese Berechnung zugrunde, so ergeben sich in 1 m Abstand für die drei Leistungsklassen folgende Strahlungsdichten:

Leistungsklasse	Max. Sendeleistung	Berechnete isotrope Strahlungsdichte in 1 m Entfernung
1	100 mW	ca. 8.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
2	2,5 mW	ca. 200 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
3	1 mW	ca. 80 $\mu\text{W}/\text{m}^2$

Entfernungen von nur 0,5 m zur Sendeeinrichtung sind bei Bluetooth-Geräten durchaus realistisch. Hier ist jeweils das Vierfache der o.a. Ein-Meter-Werte anzusetzen.

Mit zunehmender Entfernung nimmt theoretisch die Strahlungsdichte gemäss $1/\text{Entfernungsquadrat}$ ab. Dies gilt für das Freifeld. In einem Wohn- oder Büroraum liegen aber keine klassischen Freifeldbedingungen vor. Hier gibt es vielfache Reflexionen, stehende Wellen und ähnliches. Dies kann dazu führen, dass nach ca. einem Meter Abstand vom Sender die Strahlungsdichte nur noch wesentlich langsamer abnimmt.

5.3 Netzwerk-Typen

5.3.1 Punkt-zu-Punkt-Verbindung

Bei der Punkt-zu-Punkt-Verbindung tauschen nur zwei Geräte exklusiv Daten miteinander aus (z.B. Notebook \leftrightarrow Drucker oder Handy \leftrightarrow Freisprecheinrichtung), siehe Abbildung 5-5.

Bluetooth-Komponenten, die gemäß Bluetooth-Standard Version 1.0 arbeiten, beherrschen nur diese einfache Art der Verbindung.



Abbildung 5-5: Punkt-zu-Punkt-Verbindung

Die Punkt-zu-Punkt-Verbindung wird beispielsweise zur Kommunikation zwischen einem mit Bluetooth-Schnittstelle ausgerüsteten Mobilfunk-Handy und einem drahtlosen Headset (Hör-/Sprech-Garnitur) genutzt. In der Regel steuert die Software des Mobilfunk-Handys, ob nach dem Ende eines Telefonats auch die Bluetooth-Verbindung abgeschaltet wird oder nicht. Diese Abschaltung ist nicht selbstverständlich. Je nach Handy-Typ ist man der Bluetooth-Strahlung direkt am Ohr auch dann ausgesetzt, wenn man gar nicht telefoniert. Nur wenige Headsets sind in der Lage, nach dem Ende des Telefonats die Bluetooth-Verbindung zu unterbrechen – unabhängig vom verwendeten Handy-Typ. (vgl. [2])

5.3.2 Piconet (Punkt-zu-Multipunkt-Verbindung)

In einem Bluetooth-Piconet können bis zu maximal acht Geräte untereinander kommunizieren. Ein Gerät übernimmt dabei die Rolle des „Master“, der die Frequenzsprünge im Piconet vorgibt und für die Synchronisation aller Teilnehmer sorgt. Damit mehrere Piconets im selben räumlichen Gebiet gleichzeitig nebeneinander arbeiten können, ohne sich gegenseitig zu stören, ist die Hop-Folge in jedem Piconet eine andere. Die übrigen Teilnehmer des Piconets arbeiten als „Slaves“ (Abbildung 5-6).

Für den Betrieb von Piconets sind Bluetooth-Komponenten erforderlich, die mindestens nach Bluetooth-Standard Version 1.1 arbeiten

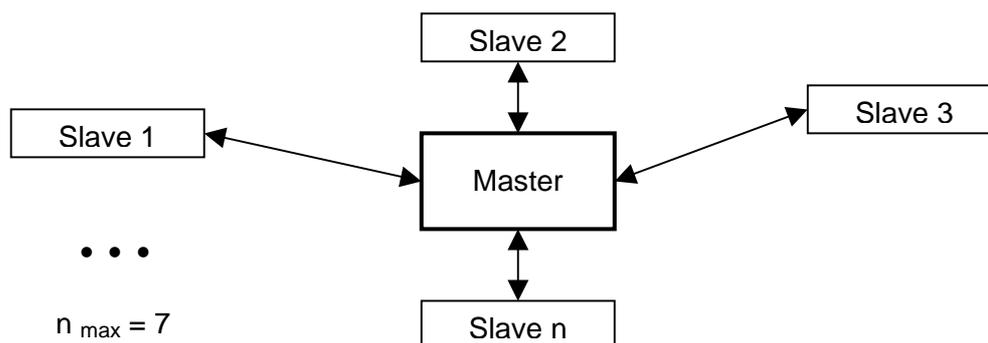


Abbildung 5-6: Piconet (Punkt-zu-Multipunkt-Verbindung)

5.3.3 Scatternet

Scatternets sind sich räumlich überlagernde Piconets, wobei der Master eines Piconets gleichzeitig Slave eines anderen Piconets ist (Abbildung 5-7). Über diese Brücke wird eine Verbindung zwischen den Netzen hergestellt, eine Vernetzung von Netzen.

Der Bluetooth-Standard sieht für die Zukunft auch die Einrichtung von Scatternets vor, doch sind diese zur Zeit noch nicht realisiert.

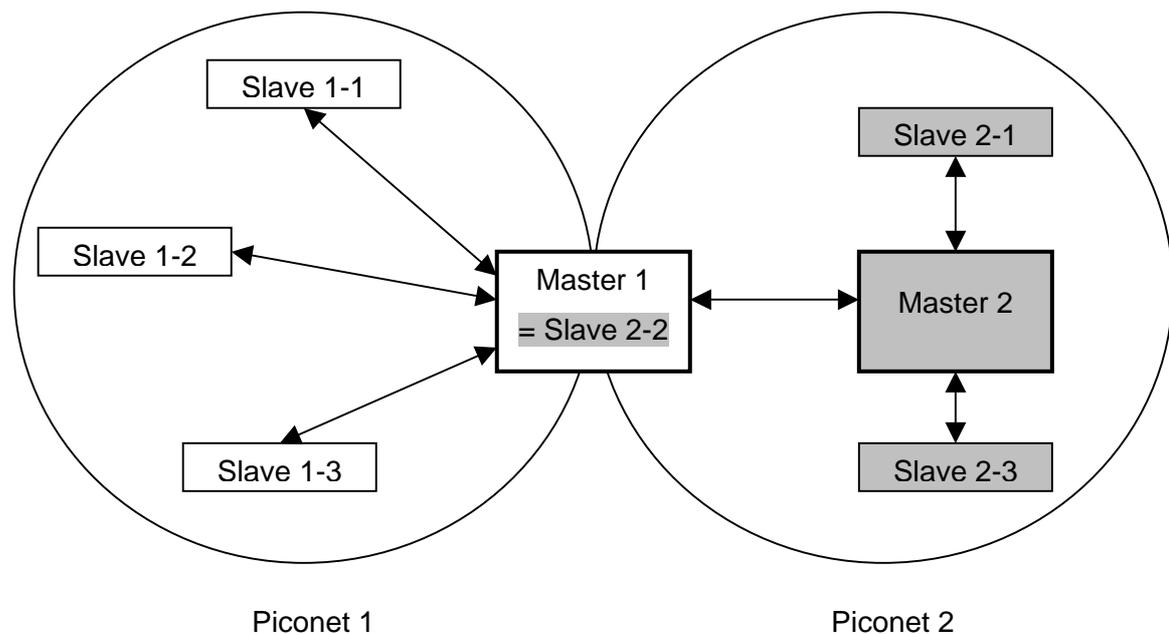


Abbildung 5-7: Scatternet (Vernetzung von Piconetzen)

6 WLAN: Wireless Local Area Network

Lokale Netzwerke (**LAN**, **L**ocal **A**rea **N**etwork) werden insbesondere benutzt, um mehrere Computer, z.B. innerhalb eines Gebäudes oder auf einem Werksgelände, miteinander zu vernetzen. Als drahtgebundener Standard ist hier das Ethernet besonders verbreitet.

Mittlerweile gibt es ein recht umfangreiches Marktangebot an drahtlosen LANs, die ebenfalls diese Vernetzung ermöglichen, aber ohne den für die Kabelverlegung erforderlichen Aufwand. Damit werden sie insbesondere für die nachträgliche Installation von Netzwerken und speziell auch für den Internetzugriff von abgelegeneren Räumen aus interessant, u.a. auch für den sich immer stärker ausweitenden PC-Unterricht in Schulen.

Diese drahtlosen Netzwerke werden als

WLAN = **W**ireless **L**ocal **A**rea **N**etwork oder

RLAN = **R**adio **L**ocal **A**rea **N**etwork

bezeichnet.

Im Englischen hat „Radio“ oder „Radio Frequency“ oft die Bedeutung von „Funk“.

6.1 Grundsätzliche Architekturen von WLANs (Netzwerk-Typen)

6.1.1 Ad-hoc-Netzwerk / Peer-to-Peer-Netzwerk / Spontanes Netzwerk / IBSS)

Für die hier besprochene Systemarchitektur gemäß Abbildung 6-1 werden die in der Überschrift genannten Bezeichnungen synonym verwendet. Die Abkürzung IBSS steht für **I**ndependent **B**asic **S**ervice **S**et. Bei dieser Form werden mehrere Endgeräte gleichberechtigt zu einem WLAN verbunden. Dies geschieht über entsprechende Ausrüstung der Endgeräte z.B. mit Einschubkarten bei PCs, PCMCIA-Karten bei Laptops oder externen WLAN-Adaptern, die über einen USB-Port an PC oder Laptop angeschlossen werden. Die Endgeräte kommunizieren unmittelbar miteinander. Diese Konfiguration ist geeignet für kleinere Netzwerke mit kurzen Entfernungen und wenigen Teilnehmern.

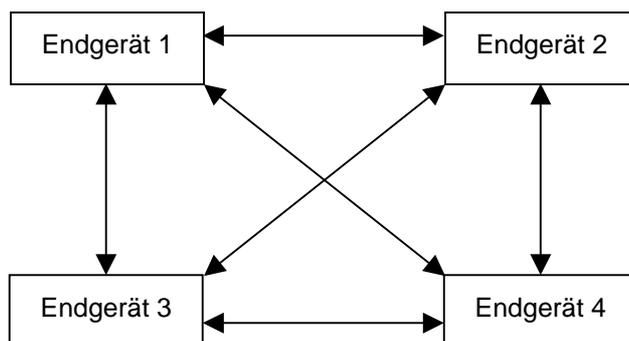


Abbildung 6-1: Ad-hoc-Netzwerk / IBSS - Independent Basic Service Set

6.1.2 Infrastruktur-Netzwerk / Peer-to-LAN-Netzwerk / BSS

Für die hier besprochene Systemarchitektur gemäß Abbildung 6-2 werden die in der Überschrift genannten Bezeichnungen synonym verwendet. Die Abkürzung BSS steht für **B**asic **S**ervice **S**et. Die Kommunikation erfolgt über einen Zugangspunkt (AP = Access Point, auch als Basisstation bezeichnet), der gleichzeitig die Verbindung zu anderen LANs herstellen kann, z.B. vorhandenes kabelgebundenes Ethernet, Internetzugang per ISDN oder DSL usw.

Ein Netz aus einem Access Point mit mehreren Teilnehmern wird als BSS (**B**asic **S**ervice **S**et) bezeichnet. Mehrere, zu einem größeren Netz gekoppelte BSS bilden ein ESS (**E**xtended **S**ervice **S**et).

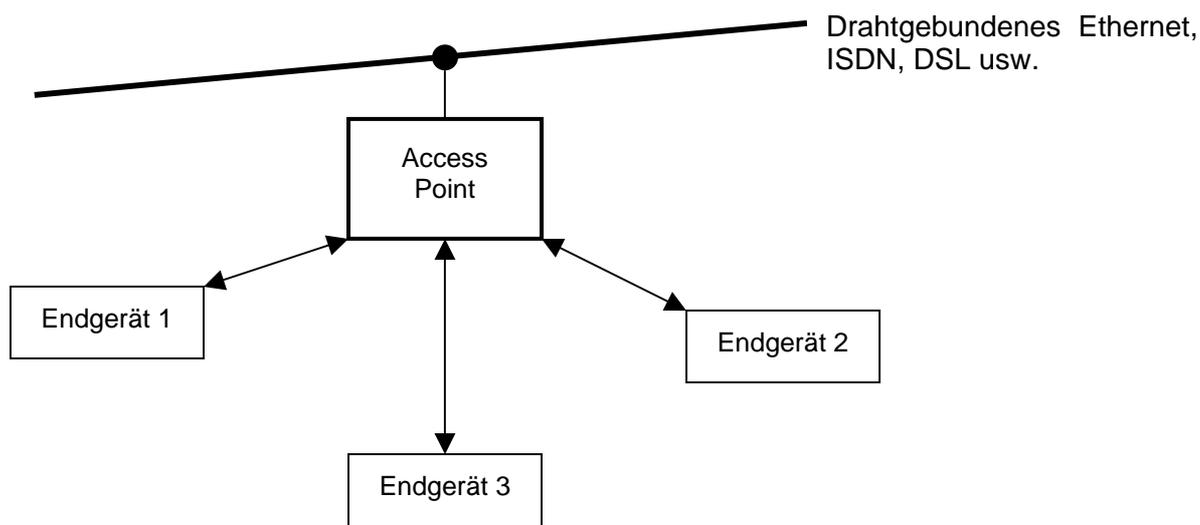


Abbildung 6-2: Infrastruktur-Netzwerk / BSS - Basic Service Set

6.2 Technische Standards für WLANs

6.2.1 IEEE 802.11

Vom IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) definierter Wireless LAN Standard mit einer Datenrate von ursprünglich 2 MBit/s.

Der Standard IEEE 802.11 läßt drei verschiedene Übertragungsverfahren zu:

1. Infrarot (IR) im Bereich 850 bis 950 nm (Nanometer); biologisch unbedenklich; allerdings auf Anwendungen innerhalb eines Raumes beschränkt, da Infrarotstrahlung keine Mauern durchdringt.
2. DSSS (**D**irect **S**equen**S** Spread **S**pectrum); CDMA-Verfahren, wie es ähnlich bei UMTS-FDD als WCDMA zum Einsatz kommt; vom grundsätzlichen Prinzip her nicht periodisch gepulst.
3. FHSS (**F**requency **H**opping **S**pread **S**pectrum), andere Bezeichnung für FHMA (**F**requency **H**opping **M**ultiple **A**ccess); das System wechselt innerhalb des Bandes in einem festen Takt ständig die Frequenz, ähnlich wie Bluetooth. **FHSS bedeutet periodische Pulsung.**

Die funkgestützten Übertragungsverfahren DSSS und FHSS arbeiten, ebenso wie das Personal Area Network (PAN) Bluetooth, im lizenzfreien ISM-Bereich um 2,4 GHz (2,400 - 2,4835 GHz).

Ein Power-Management kann dafür sorgen, dass die Systeme in einen Sleep-Modus gehen, wenn keine Daten zu übertragen sind. Allerdings muss dann in regelmäßigen Intervallen eine Rundsendung ausgestrahlt werden, um die Synchronisation der Systemkomponenten aufrecht zu erhalten.

Die Reichweite beträgt ca. 100 m; mit Richtantennen können bis zu 2 km überbrückt werden.

6.2.2 IEEE 802.11b, auch bezeichnet als IEEE 802.11/HR (*High Data Rate*)

Systeme nach IEEE 802.11b arbeiten ebenfalls im lizenzfreien ISM-Bereich um 2,4 GHz (2,400 - 2,4835 GHz). Zugriffsverfahren sind, wie bei IEEE 802.11, DSSS oder FHSS. **FHSS bedeutet periodische Pulsung.** Bei DSSS ist das ISM-Band in 13 Frequenzkanäle unterteilt. Die meisten der zur Zeit am Markt angebotenen WLANs arbeiten nach dem Standard IEEE 802.11b DSSS.

Es handelt sich um einen leistungsfähigeren, rückwärtskompatiblen Nachfolge-Standard von IEEE 802.11 mit einer erhöhten Datenrate (High Data Rate) von bis zu maximal 11 MBit/s bei optimaler Verbindungsqualität. Mit steigender Entfernung bzw. schlechter werdender Verbindungsqualität (Störungen durch andere Funkdienste, die im gleichen ISM-Band arbeiten, wie fremde WLANs, Bluetooth, aber auch Mikrowellenherde) sinkt die Datenrate auf 5,5 MBit/s, dann auf 2 und schließlich auf 1 MBit/s.

Die Reichweite beträgt ca. 100 m; mit Richtantennen können bis zu 2 km überbrückt werden; die maximal zulässige äquivalente isotrope Strahlungsleistung EIRP (d.h. unter Einbeziehung der Antennen-Richtwirkung) beträgt 100 mW.

Produkte nach IEEE 802.11b bzw. 802.11/HR, die den Interoperabilitätstest der WECA (**Wireless Ethernet Compatibility Alliance**) bestanden haben, dürfen mit dem Logo „Wi-Fi™“ (**Wireless Fidelity**) gekennzeichnet werden.

Beim Zugriffsverfahren DSSS arbeitet die Basisstation eines Infrastruktur-Netzwerkes mit periodischer Pulsung (vgl. Abbildung 6-3 bis 6-5). Das gepulste Signal wird ständig ausgesendet, auch wenn kein Endgerät aktiv ist.

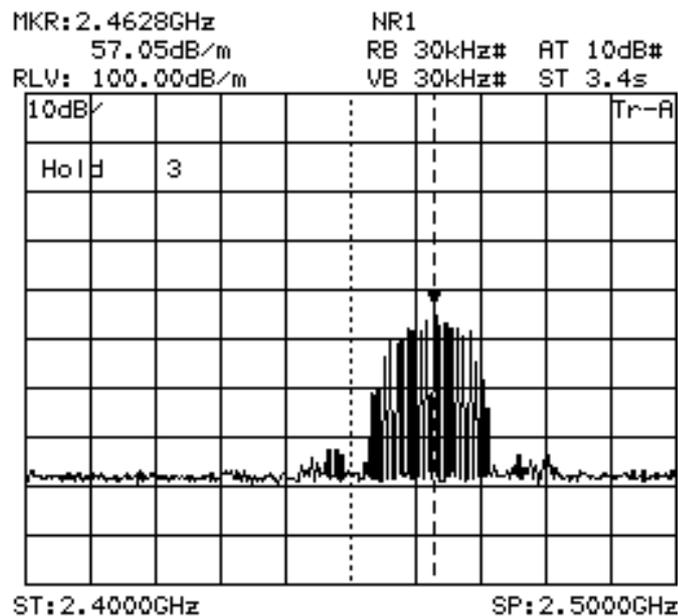


Abbildung 6-3: Permanent ausgestrahltes Signal der WLAN-Basisstation (Frequenzdarstellung) in einem Infrastruktur-Netzwerk, wenn kein Endgerät aktiv ist; das Linienspektrum ist typisch für periodisch gepulste Signale

ELSA Vianect WLAN AP

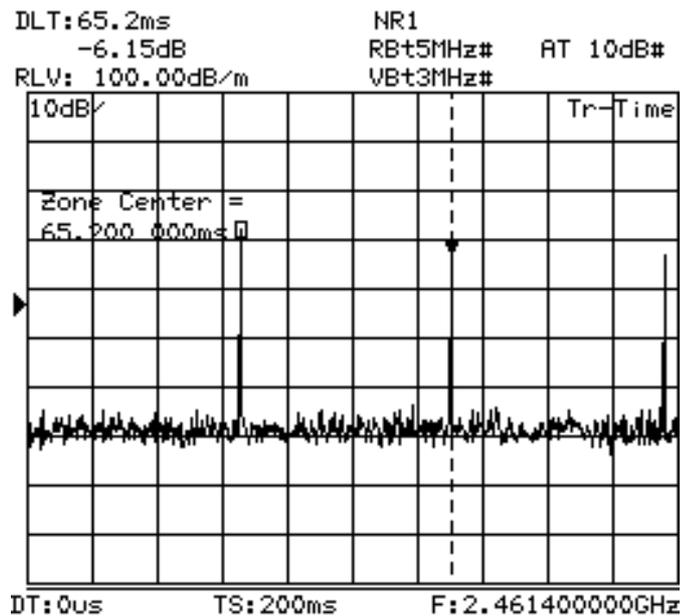


Abbildung 6-4: Permanent ausgestrahltes Signal der WLAN-Basisstation (Zeitdarstellung über 200 ms (TS)) in einem Infrastruktur-Netzwerk, wenn kein Endgerät aktiv ist; der Impulsabstand beträgt hier ca. 65 ms (DLT / Zone Center), die Pulsfrequenz somit ca. $1/65 \text{ ms} = 15 \text{ Hz}$

ELSA Vianect WLAN AP

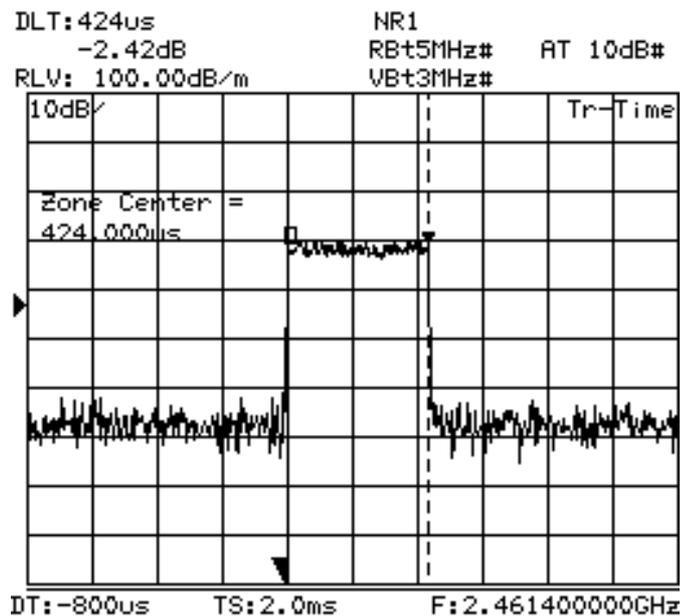


Abbildung 6-5: Permanent ausgestrahltes Signal der WLAN-Basisstation (Zeitdarstellung über 2 ms) in einem Infrastruktur-Netzwerk, wenn kein Endgerät aktiv ist; die Impulsbreite beträgt hier 424 μs (DLT / Zone Center)

ELSA Vianect WLAN AP

6.2.3 IEEE 802.11a

Nochmals erhöhte Datenrate von 24 MBit/s, erweiterbar bis auf 54 MBit/s. Arbeitet mit 8 Kanälen im Frequenzbereich bei 5,2 GHz (5,150 - 5,255 GHz).

Die Definition des Standards erfolgte im September 1999; mit der Marktreife der ersten Geräte ist ab dem Jahr 2003 zu rechnen.

6.2.4 IEEE 802.11g

Datenrate von 22 MBit/s, soll dabei kompatibel mit dem WiFi-Standard sein. Die Definition des Standards soll im ersten Halbjahr 2003 abgeschlossen sein.

6.2.5 HomeRF (*Home Radio Frequency*)

Vereinfachte Version des Standards IEEE 802.11 mit Datenraten von 1,6 MBit/s (ältere Version 1.2) bzw. 10 MBit/s (jüngere Version 2.0). Home RF insbesondere in den USA für SoHo-Anwendungen (**S**mall **O**ffice and **H**ome **O**ffice) verbreitet. Benutzter Frequenzbereich ist das ISM-Band bei 2,4 GHz. Zugriffsverfahren ist FHSS (**periodisch gepulst**) mit 75 Frequenzkanälen im 1 MHz-Raster.

Die Reichweite beträgt etwa 50 m.

Das SWAP-CA (**S**hared **W**ireless **A**ccess **P**rotocol - **C**ordless **A**ccess) ist eine Spezifikation des Industriekonsortiums HomeRF Working Group. SWAP-CA definiert ein kostengünstiges WLAN, das auch Sprache übertragen kann.

6.2.6 HiperLAN/1 (*High Performance European Radio LAN/1*)

Vom ETSI (**E**uropean **T**elecommunications **S**tandards **I**nstitute) 1996 definierter Wireless LAN Standard mit einer Datenrate von 24 MBit/s; Frequenzbereich 5,150 - 5,255 GHz. Für die technische Umsetzung in Produkte und für die Vermarktung haben sich allerdings keine Hersteller gefunden.

6.2.7 HiperLAN/2 (*High Performance European Radio LAN/2*)

Vom ETSI (**E**uropean **T**elecommunications **S**tandards **I**nstitute) Anfang 2000 definierter Wireless LAN Standard mit einer Datenrate von 24 MBit/s, erweiterbar bis auf 54 MBit/s; Frequenzbereich bei 5,2 GHz (5,150 - 5,255 GHz). Gemeinsamer Chipsatz mit Geräten nach IEEE 802.11a. Geräte befinden sich in der Entwicklung.

HiperLAN/2 benutzt für den Zugriff OFDM (**O**rtogonal **F**requency **D**ivision **M**ultiplex), ein Multi-Carrier-Verfahren mit einer Vielzahl von gleichzeitig ausgesendeten, dicht benachbarten Trägerfrequenzen. Ein solches OFDM-Verfahren wird z.B. bereits beim DAB (**D**igital **A**udio **B**roadcasting, Digitaler Tonrundfunk) eingesetzt. Obwohl OFDM vom Grundprinzip her keine periodische Pulsung beinhaltet, sind die DAB-Signale aus Gründen der besseren Synchronisation zwischen Sender und Empfänger niederfrequent periodisch gepulst. Ob dies auch bei HiperLAN/2 der Fall sein wird oder nicht, muss sich noch zeigen.

Vorgesehene Erweiterungen von HiperLAN/2 sind:

HiperACCESS für Entfernungen von bis zu 5 km als Punkt-zu-Multipunkt-Verbindung; zur Einbindung von Wohnvierteln und Geschäftskunden in WLL (**W**ireless **L**ocal **L**oop). Datenrate um 27 MBit/s.

HiperLINK zur Punkt-zu-Punkt-Verbindung mit sehr hohen Datenraten bis zu 155 MBit/s; Entfernung bis ca. 150 m. Für HiperLINK ist ein Frequenzbereich um 17 GHz (17,100 - 17,300 GHz) reserviert.

6.2.8 HiSWANa

Wireless LAN Standard, der zur Zeit von der japanischen ARIB (**A**ssociation of **R**adio **I**ndustries and **B**usiness) entwickelt wird. Datenrate bis 54 Mbit/s; Frequenzbereich bei 5 GHz.

6.2.9 DMAP (DECT Multimedia Access Profile)

Europäischer Standard für DECT-Systeme, damit diese zusätzlich zur Sprachübertragung auch für Multimedia-Dienste fähig werden (z.B. zur drahtlosen Verbindung zu Drucker, PC-Karten, Scanner, Modem, Settop-Boxen); Konkurrenz insbesondere zu Bluetooth für PAN-Anwendungen.

6.3 WLAN als mobiler Einspeisepunkt für Internet-Zugriff an Hot-Spots

WLANs können als schnelle und preiswerte mobile Eintrittspforte zu Internet und Email an so genannten „Hot Spots“ dienen. Der „Travelling Salesman“ oder Tourist kann sich mit seinem Notebook, das er mit einer handelsüblichen WLAN-(PCMCIA)Karte ausgerüstet hat, an entsprechend eingerichteten Plätzen des öffentlichen Lebens („Hot Spots“), wie Flughäfen, Hotels usw. über den dort vorhandenen Access Point Zugang zu den begehrten Telekommunikationsdiensten verschaffen.

Beispiele für solche Hot-Spots und die Stärke der dort vorzufindenden WLAN-Immissionen sind in [3] wiedergegeben.

7 Technische Gebäudekommunikation

Hier seien als Beispiele für Funksysteme aufgeführt:

- Drahtlose Kameras zur Gebäudeüberwachung
- Drahtlose Heizkostenablesung
- Drahtlose Wetterdatenübertragung von Wetterstationen

8 Berufsspezifische Anwendungen

Als ein Beispiel für berufsspezifische Anwendungen sei hier das System „Orderman“ genannt, das im Gaststättengewerbe eingesetzt wird und dem Bedienungspersonal die Aufgabe der Bestellung direkt am Gästetisch ermöglicht.

9 Unterhaltungselektronik

In der Musik- und Unterhaltungselektronik werden z.B. folgende Funksysteme angeboten:

- Drahtlose Mikrofone
- Drahtlose Kopfhörer
- Drahtlose Stereo-Übertragung zu Aktivlautsprechern
- Drahtlose Video-Übertragung – mit Rückkanal für die Fernbedienung

10 Literatur

- [1] Virnich, Martin H.: Zukünftige Funksysteme – Gepulst oder nicht?
In: Tagungsband der 1. EMV-Tagung des Berufsverbandes Deutscher Baubiologen – VDB e.V. „Energieversorgung & Mobilfunk“ vom 19.-20. April 2002 im ÖKO-Zentrum NRW; Im Verlag der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) e.V., Springe-Eldagsen 2002, S. 69 - 105

- [2] Eddelbüttel, Doris; Ferenz, Alexandra: Knopf im Ohr – Test Bluetooth-Headsets
In: ÖKO-TEST-Magazin Nr. 2, Februar 2003, ÖKO-TEST-Verlag GmbH Frankfurt/Main, S. 102 - 105

- [3] Eddelbüttel, Doris: Es hat gefunkt – Test WLAN-Hotspots
In: ÖKO-TEST-Magazin Nr. 11, November 2002, ÖKO-TEST-Verlag GmbH Frankfurt/Main, S. 126 - 129

Autor

Dr.-Ing. Martin H. Virnich
Ingenieurbüro für Baubiologie und Umweltmesstechnik
Dürerstraße 36
D-41063 Mönchengladbach

Tel.: 02161 - 89 65 74
Fax: 02161 - 89 87 53
Email: virnich.martin@t-online.de

Baubiologe IBN / Baubiologischer Messtechniker IBN
VDB - Berufsverband Deutscher Baubiologen e.V.

© Dr.-Ing. Martin H. Virnich, Mönchengladbach 2003