

FunkConsult
Detlef Klostermann

Beratung und Planung
Mobilkommunikation

FunkLAN

im medizinischen Umfeld

Betrachtungen zur Sicherheit beim Einsatz von FunkLANs in medizinischen Einrichtungen Mai 1999 (1. Rev.)

Auftraggeber:

Lucent Technologies
Network Systems GmbH
Global Commercial Markets
Darmstädter Landstraße 125
60598 Frankfurt am Main
Ansprechpartner:
Mario Rieth

Durchführung:

FunkConsult
Dipl.-Ing. Detlef Klostermann
Funkweg 12
D-89250 Senden
Telefon: 07307 929000
Telefax: 07307 929002
E-Mail: funkconsult@t-online.de

1 Aufgabenstellung

Der Bericht soll auf der Basis physikalischer Messgrößen die elektromagnetische Strahlung von FunkLAN Komponenten den zutreffenden Normen und Richtlinien für Zulassung und Strahlenschutz gegenüberstellen. Die objektive Darstellung der physikalischen Größen vor dem Hintergrund der anerkannten Grenzwerte für elektromagnetische Strahlung soll helfen, die Diskussionen beim Einsatz von FunkLAN Geräten in medizinischen Einrichtungen wie Krankenhäusern, Arztpraxen, Kurzentren und Pflegeheimen zu versachlichen.

Es ist nur allzu verständlich, dass gerade in medizinischen Einrichtungen bei der Beschaffung von elektronischem Gerät großer Wert auf biologische Sicherheit gelegt wird. Das gilt insbesondere für Geräte, die zur Ausübung ihrer Funktion elektromagnetische Strahlung aussenden. Deshalb wendet sich dieser Bericht gerade an die Personen, die mit der Auswahl und Beschaffung von elektronischem Gerät für den Einsatz in medizinischen Einrichtungen befasst sind.

2 Anwendbare Normen und Richtlinien

- a) ETS 300 328 Ausgabe November 1994 >Geltungsbereich Europa<
- b) EMVG Gesetz vom 09.11.1992 >Geltungsbereich Deutschland< dient der Umsetzung der Richtlinie 89/336/EWG vom 03.05.1989 und der Richtlinie 92/31/EWG vom 28.04.1992 beide >Geltungsbereich Europa<
- c) BAPT 222 ZV 126 Ausgabe Dezember 1994 >Geltungsbereich Deutschland<
FMB Nr.02 Ausgabe Mai 1998 >Geltungsbereich Schweiz<
- d) Als ergänzende Norm ist die EN 60601-1-2 Ausgabe Mai 1993 zu sehen, die sich speziell auf medizinische elektrische Geräte bezieht. Ihr Anwendungsbereich erstreckt sich nämlich auch auf Einrichtungen der Informationstechnik in medizinischer Anwendung, zu der FunkLAN gerechnet werden kann. Die EN 60601-1-2 verweist für hochfrequente Aussendung zusätzlich auf die CISPR 11 identisch mit EN 55011 und CISPR 14 identisch mit EN 55014. >Geltungsbereich Europa<
- e) EN 55011 (1991), EN 55011/A1 (1997), EN 55011/A2 (1996): Grenzwerte und Meßverfahren für Funkstörungen ISM-Hochfrequenzgeräten >Geltungsbereich Europa<
- f) EN 55014 (1993): Funk-Entstörung von elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen; Grenzwerte und Meßverfahren für Funkstörungen >Geltungsbereich Europa<
- g) DIN VDE 0848, Teil 2 Ausgabe Oktober 1991 dient vorläufig als Ersatz für eine ausstehende europäische Norm (EN), ist aber inhaltlich gleich mit dem europäischen Entwurf, daher >Geltungsbereich Europa<
- h) 26. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (26.BImSchV), Frequenzbereich 10 MHz bis 300 GHz, inhaltlich gleich mit der DIN VDE 0848, Teil 2 Ausgabe Oktober 1991 für den Expositionsbereich 2 und IRPA 1987 dient vorläufig als Ersatz für eine ausstehende europäische Norm (EN), ist aber inhaltlich gleich mit dem europäischen Entwurf, daher >Geltungsbereich Europa<

Die Normen unter a) bis c) betreffen die zulassungs- und einsatzrelevanten Fragen. Sie sind die Basis für die funktechnischen Prüfungen (CE-Zeichen) und fernmelderechtlichen Einsatzbedingungen.

Die Normen unter d) bis f) betreffen die elektromagnetische Verträglichkeit der Geräte (EMVG) im medizinischen Bereich. Die Erfüllung dieser Normen berechtigt zum Einsatz von Geräten und Einrichtungen der Informationstechnik in medizinischen Anwendungen.

Die Normen g) und h) betreffen die Sicherheit in elektromagnetischen Feldern, insbesondere den Schutz von Personen (EMVU) im Frequenzbereich von 10 MHz bis 300 GHz.

Die Normen a) bis f) müssen, die Normen g) und h) sollten erfüllt sein, wenn FunkLAN Geräte im medizinischen Umfeld eingesetzt werden. Eine Zertifizierung nach d) könnte auf der Basis der vorliegenden Testreports für die Zertifizierung nach a)/b) erfolgen. Eine entsprechende Zertifizierungsstelle ist der „TÜV Product Service“ in München .

Ganz besondere Aufmerksamkeit sollte jedoch dem Personenschutz nach g) und h) zukommen; denn das ist das eigentlich sensible Thema. Deshalb wird in Kapitel 3 ausführlich dazu Stellung bezogen.

3 Sicherheit in elektromagnetischen Feldern, Personenschutz

Leider ist es bis heute noch nicht zu einer Verabschiedung einer europäischen Norm zum Thema „Sicherheit in elektromagnetischen Feldern, Personenschutz“ gekommen. Solange dies der Fall ist, muss von nationalen Normen ausgegangen werden. Hier hat Deutschland im Arbeitskreis 764.0.3 und im Komitee 764 der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE) einen Normenentwurf geschaffen, die DIN VDE 0848, Teil 2, E/10/91, der inhaltlich weitgehend übereinstimmt mit den Entwürfen anderer Länder. Zusätzlich wurde auf Regierungsebene von der Strahlenschutzkommission die 26. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (26.BImSchV) erlassen, die auch dem Personenschutz gewidmet ist. Beide Normen zeigen Grenzwerte für die elektromagnetische Strahlung über der Frequenzachse auf. Die 26.BImSchV ist inhaltlich identisch mit der DIN VDE 0848, Teil 2, E/10/91 für den Expositionsbereich II.

Zur Beurteilung der Einhaltung der o.a. Normen zum Personenschutz wurden Messungen an FunkLAN Geräten mit Direct Sequence Spread Spectrum Technologie durchgeführt und in die Grenzwertdiagramme eingefügt. Dabei musste der Strahlungsabstand definiert werden, der ganz erheblich in den Messwert eingeht. Dazu wurde die MPR II von 1987 herangezogen, eine allgemein anerkannte schwedische Richtlinie für Grenzwerte und Messverfahren elektromagnetischer Strahlung von Monitoren und der ergonomisch gestaltete Arbeitsplatz am Bildschirm (Bild 3-1) des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften. Als minimaler Strahlungsabstand wird der optimale Betrachtungsabstand zum Bildschirm von 50 cm übernommen; denn er stellt den kürzesten Abstand zu einer am Monitor angebrachten FunkLAN Antenne dar.

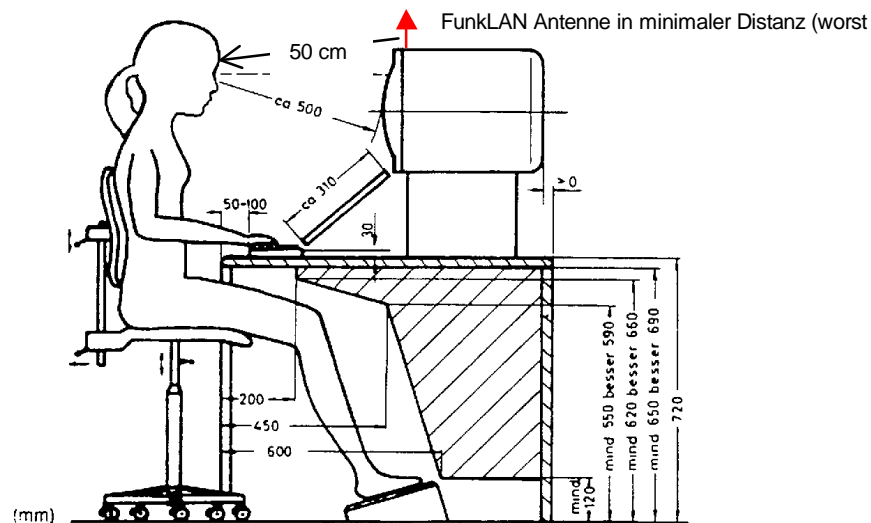
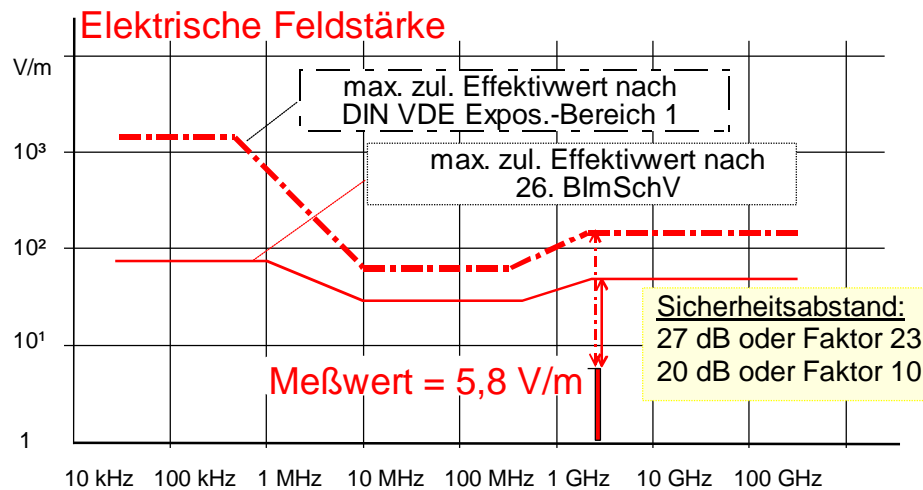


Bild 3-1: Ergonomisch gestalteter Bildschirm-Arbeitsplatz mit FunkLAN

Für die Beurteilung der Wirkungen der elektromagnetischen Strahlung ist die Auswahl des Expositionsbereiches wichtig. Bei der im FunkLAN vorherrschenden Betriebsweise kann davon ausgegangen werden, daß an einem Arbeitstag von 8 Stunden ca. zu 10% der Zeit Funkverbindungen zum Netz aufgebaut sind. Dieses rechtfertigt die Auswahl der Grenzwertkurven, die zum Expositionsbereich 1 gehören.

Bei den Feldstärkemessungen wurde die nach ETS 300 328 angegebene maximale Sendeleistung von 100 mW auf eine selektive, sinusförmige Meßfrequenz konzentriert (Simulation zu Meßzwecken), während im realen Betrieb die Leistung von 100 mW auf das gesamte Sendespektrum und damit auf eine Bandbreite von etwa 30 MHz verteilt ist. So gesehen, ergibt sich in Wirklichkeit ein anderer, schwächerer Belastungsfall als bei der meßtechnischen Simulation mit einer diskreten Meßfrequenz. Feldstärkemessungen mit dem realen, impulsförmigen Sendespektrum wurden nicht durchgeführt, da die beschriebene Meßmethode gleichwertig und einfacher zu handhaben ist. Die Messung der elektrischen Feldstärke ist in Bild 3-2 zusammen mit



den geltenden Normen dargestellt.

Bild 3-2: Elektrische Feldstärke von FunkLAN Geräten mit ihrem Sicherheitsabstand

Der Messwert von 5,8 V/m für die elektrische Feldstärke liegt mit 20 bzw. 27 dB weit unterhalb der Grenzwerte der geltenden Normen, so dass keinerlei Gefährdung für Personen durch das elektrische Feld gegeben ist.

Auch für die magnetische Feldstärke wurden Messungen durchgeführt, deren Ergebnis in Bild 3-3 dargestellt ist.

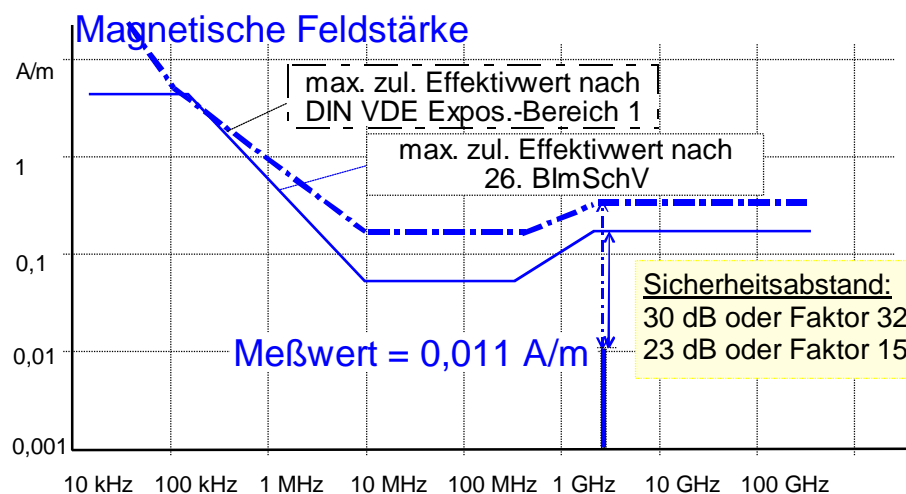


Bild 3-3: Magnetische Feldstärke von FunkLAN Geräten mit ihrem Sicherheitsabstand

Der Messwert von 0,011 A/m für die magnetische Feldstärke liegt mit 23 bzw. 30 dB weit unterhalb der Grenzwerte der geltenden Normen, so dass keinerlei Gefährdung für Personen durch das magnetische Feld gegeben ist.

Betrachtet man schließlich noch die FunkLAN Messungen zur Leistungsflussdichte im Umfeld der Grenzwerte nach DIN VDE 0848, Teil 2, so ergeben sich die Verhältnisse nach Bild 3-4.

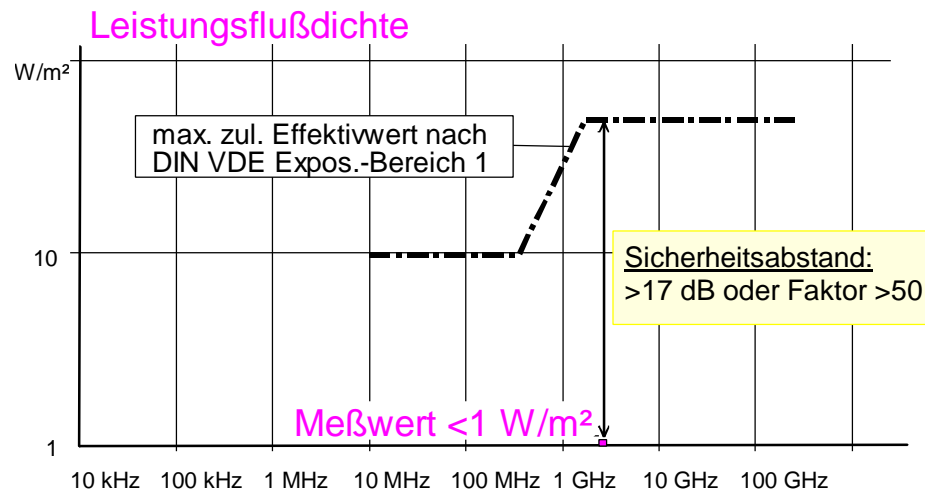


Bild 3-4: Leistungsflussdichte von FunkLAN Geräten mit ihrem Sicherheitsabstand

Die Messwerte der von der FunkLAN Antenne ausgehenden Leistungsflussdichte waren so gering, dass sie mit dem Messequipment nicht mehr nachgewiesen werden konnten; sie liegen jedoch gesichert unterhalb von 1 W/m^2 . Somit ist der Sicherheitsabstand größer als 17 dB.

4 Zusammenfassende Beurteilung

Das System FunkLAN wurde hinsichtlich seiner ausgesendeten elektrischen und der daraus abgeleiteten magnetischen Feldstärken und hinsichtlich seiner Leistungsflußdichte bei einer Speiseleistung von 100 mW mit einer sinusförmigen Frequenz von 2,46 GHz vermessen.

Sämtliche Meßwerte liegen weit unterhalb der von der DIN VDE 0848, Teil 2, E/10/91 Expositionsbereich 1 und der 26. Verordnung zum Bundes Immissionsschutzgesetz vorgegebenen Grenzwerte bei Einhaltung des Mindestabstandes zwischen Antenne und Person von 50 cm. Somit ist die Sicherheit von Personen im elektromagnetischen Umfeld einer FunkLAN Anwendung nicht nur sichergestellt, sondern weist große Reserven auf.

5 Anmerkungen zum Meßverfahren

Anmerkung 1

Bei Vernetzung des Systems in einem Raum treten Superpositionen der Feldstärken auf. In der Übergangszone zwischen Nahfeld und Fernfeld wird die Abnahme der Feldstärke mit $1/R^2$ angesetzt. Damit sind Superpositionen nur von Bedeutung, wenn die Antennen unmittelbar aneinandergereiht aufgestellt würden (mögliche Feldstärkeüberhöhung Faktor 2-3).

Die Vermessung mit einem sinusförmigen Dauerträger anstelle des Kurzzeitspektrums ist eine gültige und angewandte Meßmethode. Die Vergleichbarkeit wird dadurch erreicht, daß bei beiden Methoden die gleiche Sendeleistung von 100 mW (max. Leistung nach ETS 300 328) angewandt wurde.

Es wird davon ausgegangen, daß die Störstrahlung der Monitore die Grenzwerte der schwedischen Norm MPR II einhalten, so daß keine akkumulativen Effekte auftreten.

Anmerkung 2

Es ist aus biologischer Sicht günstiger, die Access Point Antennen mit großem Gewinn an der Decke und die Client Antennen an den Monitoren mit geringem Gewinn zu installieren, unter Beibehaltung des Gesamtgewinnfaktors beider Antennen. Die Sendeleistung ist auf das Mindestmaß zu beschränken. Auf dem Monitor sollte die Antenne nicht vorn, sondern hinten aufgestellt werden (Zusatzdämpfung).

In der Betriebsanleitung des Systems ist auf die dauerhafte Einhaltung des Mindestabstandes der Modulantenne von 50 cm zu Personen hinzuweisen.

Anmerkung 3 (Auszug aus der Norm)

Der vorliegende Norm-Entwurf der DIN VDE 0848, Teil 2, E/10/91 wurde vom Arbeitskreis 764.0.3 und dem Komitee 764 der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE) ausgearbeitet.

Aufgrund von Einsprüchen zu dem Norm-Entwurf DIN VDE 0848 Teil 2/08.1986 wurde eine eingehende Neubearbeitung der Norm unter besonderer Berücksichtigung des neuesten Standes von Wissenschaft und Technik im Arbeitskreis und Komitee durchgeführt. Gemäß den CENELEC-Regeln für die europäische Normungsarbeit kann der jetzt vorliegende Norm-Entwurf nicht in eine gültige nationale Norm überführt werden, da die europäische Normung auf dem Gebiet der Sicherheit bei elektromagnetischen Feldern eingeleitet wurde (Stillstandsabkommen).

Dieser Norm-Entwurf wird jedoch dem Technical Committee (TC 111) der CENELEC für Beratung zur Verfügung gestellt werden. Da der Zeitpunkt einer Veröffentlichung einer europäischen Norm nicht vom nationalen Komitee bestimmt werden kann, wird empfohlen, die Erkenntnisse aus dem vorliegenden Norm-Entwurf bei der praktischen Umsetzung besonders zu beachten.

Anmerkung 4 (Auszug aus der Norm)

Expositionsbereich 1

Der Expositionsbereich 1 umfaßt:

- kontrollierte Bereiche, z.B. Betriebsstätten, vom Betreiber überprüfbare Bereiche

- allgemein zugängliche Bereiche, in denen aufgrund der Betriebsweise der Anlagen oder aufgrund der Aufenthaltszeit sichergestellt ist, daß eine Exposition nur kurzfristig (bis zu 6 Stunden je Tag) erfolgt.

Die Grenzwerte für diesen Bereich sind unter dem Gesichtspunkt der Sicherheit konzipiert.

Expositionsbereich 2

Der Expositionsbereich 2 umfaßt Bereiche, in denen nicht nur mit Kurzzeitexposition gerechnet werden kann (größer 6 Stunden je Tag), wie z.B.:

- Gebiete mit Wohn- und Gesellschaftsbauten
- einzelne Wohngrundstücke
- Anlagen und Einrichtungen für Sport, Freizeit und Erholung
- Arbeitsstätten, in denen eine Felderzeugung bestimmungsgemäß nicht erwartet wird.

Die Grenzwerte für diesen Bereich sind unter Berücksichtigung von Vorsorgegesichtspunkten festgelegt worden.

Anmerkung 5 (Auszug aus der Norm)

Die Grenzwerte im Expositionsbereich 1 orientieren sich am Konzept der Vermeidung von Gefährdungen unter Berücksichtigung von Sicherheitszuschlägen (Sicherheitskonzept). Es sind Effekte berücksichtigt wie unnatürliche Reizung von Sinnesrezeptoren, Nerven- und Muskelzellen, Störung der Herzaktion, Gefährdung aufgrund der ausgelösten Temperaturerhöhungen.

Für Personen im Expositionsbereich 2 wird ein weiterer, niedrigerer Grenzwert festgelegt (Vorsorgekonzept). Dieser zweite Grenzwert soll die besondere Schutzbedürftigkeit empfindlicher Personengruppen, die Möglichkeit dauernder Feldeinwirkungen sowie die unfreiwillige oder unwissentliche Exposition von Personen berücksichtigen und wesentliche Belästigungen infolge Feldeinwirkungen vermeiden. Die Grenzwerte für den Expositionsbereich 2 entsprechen im Frequenzbereich ab 10 MHz den Grenzwerten der 26.BImSchV.