

Prof. Dipl.-Ing. Peter Pauli
Universität der Bundeswehr München
Werner-Heisenberg-Weg 39
85577 Neubiberg
Tel.: (089) 6004 3690

**Ingenieurbüro für Hochfrequenz-,
Mikrowellen- und Radartechnik**
Alter Bahnhofplatz 26
83646 Bad Tölz
Tel.:(08041) 792-7447Fax: 792-9999

Seite 1

Material-Gutachten

vom 12.02.2012

Auftraggeber: **Wolf Söllner – Radifol-Abschirmung**
Amberger Straße 101
91217 Hersbruck

Messobjekt: **RADIFOL®-Folie**

Auftrag: Ermittlung der Schirmdämpfung gegenüber elektromagnetischen Wellen im Frequenzbereich von 500MHz – 18GHz und Ermittlung der Abschirmwirkung gegenüber niederfrequenten elektrischen 50Hz-Feldern

Prüfungsgrundlage: IEEE 299-1997

Datum d. Messungen: 10.02.2012

Umfang: 5 Seiten Text, 1 Messprotokolle in der Anlage

Resultate: Das Messobjekt, eine beidseitig kunststoffkaschierte Aluminiumfolie mit der Produktbezeichnung **RADIFOL®**, wurde mit vertikal und horizontal polarisierten elektromagnetischen Wellen nach IEEE 299-1997 im Frequenzbereich von 500MHz bis 18GHz bestrahlt. Die nachstehende Tabelle zeigt die sehr guten Schirmdämpfungswerte in Dezibel, ermittelt für verschiedene interessante Mobilunkfrequenzen. Sie treffen sowohl für die vertikale als auch für die horizontale Polarisation zu. Diese Werte ergeben sich allerdings nur, wenn bei der Messung ausschließlich die Folie großflächig im Strahlengang aufgespannt ist (s. Bild 1) und keine Teilstrahlung seitlich an der Folie vorbei das Messresultat beeinträchtigt:

Funkdienst:	
C-Netz, TETRA, 450 MHz	47 dB
D-Netz, 900 MHz	47 dB
E-Netz, 1800 MHz	51 dB
Blue-Tooth, WLAN 2,45 GHz	51 dB
Neue Generation W-LAN, 5,8GHz	47 dB
Flugzeug- u. Schiffsradar 9,5 GHz	49 dB

Tabelle 1: Schirmdämpfungswerte von RADIFOL® bei verschiedenen Frequenzen

1. Vorbemerkungen

Bei der Messung der Dämpfung elektromagnetischer Wellen durch ein Schirmmaterial wird in der Regel das Material mit hochfrequenter Energie einer bestimmten Leistungsflussdichte S_1 oder mit einer bestimmten Leistung P_1 bestrahlt. Hinter dem Schirmmaterial wird die hindurchdringende Leistungsflussdichte S_2 bzw. Leistung P_2 gemessen. Der logarithmierte Quotient gemäß nachstehenden Gleichungen ergibt den Schirmdämpfungswert in Dezibel (dB):

$$a_{\text{Schirm}} = 10 \cdot \log \frac{S_2}{S_1} = 10 \cdot \log \frac{P_2}{P_1} \quad \text{in Dezibel (dB)}$$

Zur Interpretation der Kurven und deren Messwerte ist es

hilfreich, nebenstehende Umrechnungstabelle zu verwenden.

Diese Tabelle ermöglicht die die Umrechnung der logarithmischen Dezibel-Werte in Prozentwerte, wobei in der Regel – wie hier in dieser Tabelle – die durch den Schirm hindurchdringende *Leistung- bzw. Leistungsflussdichte* zur Bewertung der Schirmwirkung herangezogen wird.

Tabelle 2

Umrechnung der Dämpfung von dB in %			
dB	Leistungs-Durchlass in %	dB	Leistungs-Durchlass in %
0	100,00		
1	81,00	21	0,78
2	62,80	22	0,63
3	50,00	23	0,50
4	40,00	24	0,39
5	31,60	25	0,31
6	25,00	26	0,25
7	20,00	27	0,20
8	16,00	28	0,18
9	12,50	29	0,12
10	10,00	30	0,10
11	7,90	31	0,08
12	6,25	32	0,06
13	5,00	33	0,05
14	4,00	34	0,04
15	3,13	35	0,03
16	2,50	36	0,02
17	2,00	37	0,02
18	1,56	38	0,02
19	1,20	39	0,02
20	1,00	40	0,01
		50	0,001
		60	0,0001

2. Messaufbauten

2.1 Schirmdämpfungsmessung nach IEEE 299-1997 von 500 MHz bis 18 GHz

Diese Messungen wurden nach dem aktuellen IEEE-Standard 299-1997 in einem Messraum der Radarhalle der UniBw München in Neubiberg am 10. Februar 2012 im Frequenzbereich von 500 MHz bis 18 GHz mit linear polarisierten Wellen durchgeführt. Zu diesem Zweck wurde das Prüfmuster - wie in untenstehendem Bild skizziert - vor der 80cm x 60cm großen Öffnung einer Metallwand (Fläche 210cm x 200cm) platziert. Dabei wurde sichergestellt, dass der Prüfling ganzflächig zu der Metallplatte des Messaufbaues Kontakt hatte. Fremdstörungen von der Seite konnten somit vermieden werden.

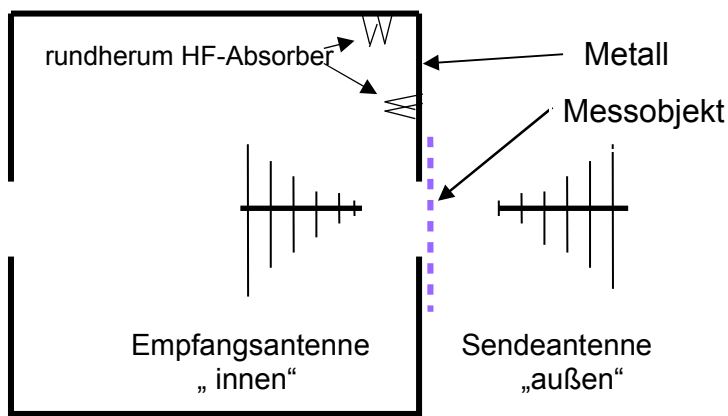


Bild 1
Messanordnung nach
IEEE 299-1997

Nach der Kalibrierung der Mess-Strecke (ohne Prüfling zur Festlegung des 0 dB-Transmissionswertes) wurde die Schirmdämpfung des Prüfmusters gemessen. Die Messantennen wurden außen 60 cm vor und innen 30 cm hinter dem Prüfling positioniert.

Es wurden folgende Messgeräte und Antennen verwendet:

Vektorieller Netzwerkanalysator Typ 360 (40 MHz – 18,6GHz), Fa. Wiltron
Antennen: Exponentialsteg-Hornantennen Typ HF 906, (0,5 – 18 GHz) R & S
Dokumentation: Laserdrucker Ecosys FS-1020D, Fa. Kyocera

2.2 Ermittlung der Abschirmwirkung gegenüber elektrischen 50Hz-Feldern

Um diese Abschirmwirkung zu ermitteln, wurde mit einer spannungsführenden Elektrode am Fußboden ein elektrisches Wechselfeld (Richtung vertikal „von unten nach oben“) mit einer Feldstärke von 1000 V/cm gegenüber der Decke erzeugt (s. Bild 2).

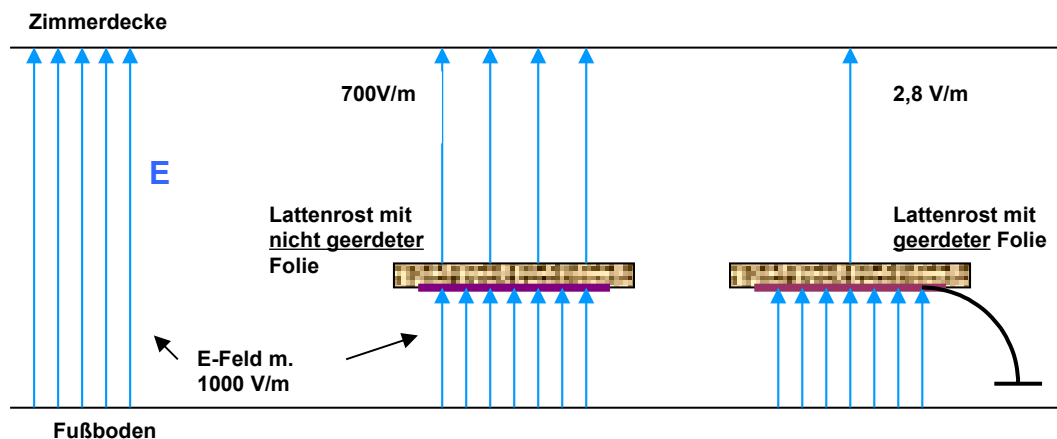


Bild 2 Messung der E-Feld-Abschirmung

Dann wurde die RADIFOL[®]-Abschirmung (80cm x 190cm) horizontal aufgespannt und wie unter einem Lattenrost eines Bettes aufgespannt, ohne Erdanschluss in das Feld eingefügt. Hierbei wurde oberhalb der Folie (gemessen in deren Mitte) eine Feldreduzierung auf 700 V/m festgestellt, die von der gleichmäßigeren Verteilung der E-Feldstärke über der gesamten Folienfläche herrührt (mittlere Skizze).

Schließlich wurde die RADIFOL[®]-Folie, wie im Bild 2 rechts dargestellt, mit Hilfe einer Krokodilklemme, die durch die Kunststoffkaschierung hindurch den Kontakt zum Aluminium herstellte, mit der Hauserde (oder z.B. mit dem gelb-grünen Schutzleiter der elektrischen Steckdose) verbunden.

Jetzt reduzierte sich die elektrische Feldstärke oberhalb der Folie, wieder gemessen in deren Mitte, dramatisch auf nur noch 2,8 V/m.

Das bedeutet eine E-Feld-Abschwächung um den Faktor 375.

In Dezibel ausgedrückt, ergibt dies einen Abschirm-Wert von ca. 51 dB.

Dieser Wert gilt in der Mitte der Folienfläche und nimmt - physikalisch bedingt – zum Rand der Folie hin natürlich ab.

Dennoch kann man daraus folgern, dass eine Person, die in der Mitte eines Bettes liegt, welches mit einer geerdeten RADIFOL-Abschirmfolie ausgestattet ist, gegenüber elektrischen 50Hz-Feldern, im Mittel um ca. 40 dB (d.h. mit einem Faktor 100) abgeschwächten elektrischen Feldern belastet wird, vorausgesetzt, deren Quelle liegt direkt unter dem Bett.

Allerdings wirkt diese Anordnung nicht gegenüber technischen E-Feldern, deren Quelle sich oberhalb oder seitlich des Bettes befindet.

3. Zusammenfassung der Resultate

In der Anlage ist die Schirmdämpfung gegenüber elektromagnetischen Wellen in Abhängigkeit von der Frequenz dargestellt.

Die nachstehende Tabelle zeigt für die unterschiedlichen Messobjekte die sehr guten Schirmdämpfungswerte in Dezibel, ermittelt für verschiedene interessante Mobilfunkfrequenzen:

Funkdienst:	
C-Netz, TETRA, 450 MHz	47 dB
D-Netz, 900 MHz	47 dB
E-Netz, 1800 MHz	51 dB
Blue-Tooth, WLAN 2,45 GHz	51 dB
Neue Generation W-LAN, 5,8GHz	47 dB
Flugzeug- u. Schiffsradar 9,5 GHz	49 dB

Tabelle 3: Schirmdämpfungswerte bei verschiedenen Frequenzen

4. Abschließende Bewertung:

Die untersuchte Folie mit der Produktbezeichnung **RADIFOL®** eignet sich bei fachgerechter Anwendung für die Abschirmung von elektromagnetischen Wellen im Funkfrequenzbereich.

Mit einer Schirmdämpfung von ca. 47 dB werden 99,998% der eintreffenden hochfrequenten Leistung abgeschirmt, nur 0,002% davon treten hindurch, was als durchaus geringfügig bezeichnet werden kann. Allerdings muss sich die Folie zwischen der Funksignalquelle und dem zu schützenden Objekt befinden. Sie muss außerdem eine genügend große geometrische Ausdehnung besitzen, um seitliche Überstrahleffekte zu vermeiden und die hohe Schirmdämpfung wirksam zu machen.

Bei der Anwendung unter dem Lattenrostes eines Bettes gilt diese Abschirmwirkung somit nur für Funksignalquellen, die sich mittig unterhalb des Bettes befinden.

Elektrische 50Hz-Wechselfelder schirmt die geerdete Folie mit ca. 40dB ab, falls die Ursache der Felder direkt unterhalb des Bettes zu suchen ist (s. Ziff. 2.2).

Messobjekt: RADIFOL[®]-Folie, Abschirmung gegenüber Funkfrequenzen
im Frequenzbereich von 500 MHz bis 18 GHz

