

## Gutachten

- Auftraggeber:** Deutsche Amphibolin-Werke  
Roßdörfer Straße 50  
64372 Ober-Ramstadt
- Messobjekte:** Wandfarbe für den Innenbereich, Produktname *ElectroShield*  
einfach und zweifach beschichtet mit jeweils ca. 200g/m<sup>2</sup>
- Auftrag:** Messung der Schirmdämpfung gegen elektromagnetische Wellen  
für vertikale und horizontale Polarisation im Frequenzbereich von  
200 MHz bis 10 GHz und Ermittlung der Abschirmung niederfre-  
quenter elektrischer Felder
- Prüfungsgrundlage:** IEEE 299-1997 und MILSTD 285
- Datum d. Messungen:** 04. und 10.02.2005
- Umfang:** 5 Seiten Text, 4 Messprotokolle in den Anlagen 1 und 2

**Resultate:** Da beide Proben gegenüber elektromagnetischen Wellen mit vertikaler und horizontaler Polarisation absolut identisches Schirmdämpfungsverhalten zeigten, wurden die Messresultate in den Anlagen nur für die vertikale Polarisation dargestellt.

Die Messungen zeigten, dass die Wandfarbe mit der Produktbezeichnung *ElectroShield* in der einfachen Beschichtung über den gesamten gemessenen Frequenzbereich konstante Schirmdämpfungswerte zwischen 22dB und 25 dB aufweist.

Bei der zweifachen Beschichtung sind es Dämpfungswerte zwischen 28 dB und 36 dB.

Im häufig interessierenden Mobilfunkfrequenzbereich liegt die Schirmdämpfung bei der Einfachbeschichtung konstant über 23 dB, d.h. 99,5% der Leistung werden abgeschirmt.

Die Zweifachbeschichtung liefert hier sogar Werte um 30 dB, d.h. 99,9% der Leistung werden abgeschirmt.

Niederfrequente elektrische Felder (50 Hz) werden, wenn die Farbschicht entsprechend geerdet ist, bei einfacher Beschichtung mit 44 dB, bei zweifacher Beschichtung mit 50 dB abgeschwächt.

## 1. Vorbemerkungen

Um die Wirksamkeit der Wandfarbe mit der Bezeichnung *ElectroShield* bei der Abschirmung von elektromagnetischen Wellen zu ermitteln, wurden die unter Ziff. 2 beschriebenen Messungen durchgeführt.

Zur Interpretation der Messkurven ist es hilfreich, untenstehende Umrechnungstabelle zu verwenden:

Umrechnung der Dämpfung von dB in %			
dB	Durchlass in %	dB	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

Dabei wurde die Schirmwirkung, d.h. die Dämpfung *der elektromagnetischen Welle* durch den Schirm, in **Dezibel (= dB)** ermittelt. (Siehe Messkurven)

Dieser dB-Wert gibt an, wie stark der Pegel der Welle abgeschwächt wurde, während sie den Schirm durchlaufen hat.

Nebenstehende Tabelle ermöglicht die Umrechnung dieser logarithmischen Werte in Prozentwerte, wobei in der Regel - wie hier in dieser Tabelle - die durch den Schirm hindurchdringende Leistungsfluss- bzw. Strahlungsdichte zur Bewertung der Schirmwirkung herangezogen wird.

Die Berechnung der Schirmdämpfung in dB aus der Leistung  $P_1$  oder aus der elektrischen Feldstärke  $E_1$  vor dem Schirm und  $P_2$  bzw.  $E_2$  hinter dem Schirm geschieht mit folgenden Gleichungen.

$$a_{\text{Schirm}} = 10 \cdot \log \frac{P_2}{P_1} = 20 \cdot \log \frac{E_2}{E_1}$$

## 2. Hochfrequente Schirmdämpfungsmessungen

### 2.1 Messaufbau

Diese Messungen wurden nach IEEE-Standard 299-1997 in einem Messraum der Radarhalle der UniBw München in Neubiberg am 04.02.2005 im Frequenzbereich von 200 MHz bis 10GHz mit linear polarisierten Wellen durchgeführt. Zu diesem Zweck wurden die 2 Prüfmuster, wie in untenstehendem Bild skizziert, vor der 80cm x 60cm grossen Öffnung einer Metallwand (Fläche 210cm x 200cm) platziert. Dabei wurde sichergestellt, dass die beschichteten Platten ganzflächig auf der Metallplatte des Messaufbaues auflagen. Evtl. auftretende Seiteneinstrahlungen wurden mit selbstklebenden Alu-Bändern an den 4 Seiten verhindert.

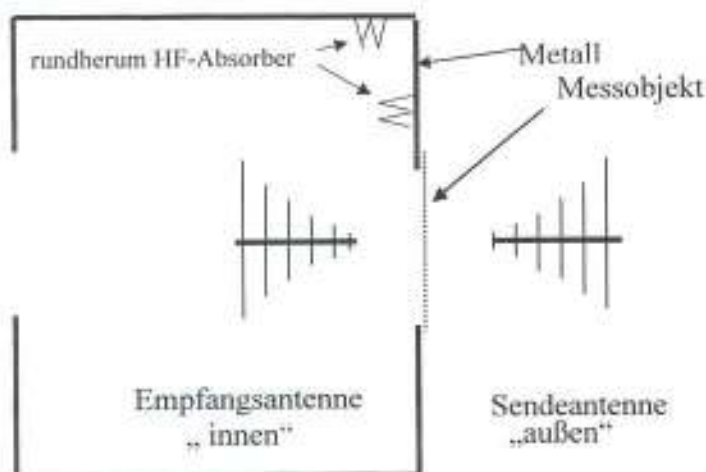


Bild 1 Messanordnung zur Bestimmung der Schirmdämpfung bei hochfrequenten elektromagn. Wellen

Nach der Kalibrierung der Mess-Strecke (ohne Prüfling zur Festlegung des 0 dB-Transmissionswertes) wurde die Schirmdämpfungsmessung der Muster - bedingt durch die Frequenzbänder der Messantennen - in zwei Frequenzbereichen durchgeführt:

Bereich I: 200 MHz bis 2200 MHz  
Bereich II: 1 GHz bis 10 GHz

Die Spitzen der logarithmisch-periodischen Messantennen wurden gemäß IEEE 299-1997 außen 120 cm vor und innen 30 cm hinter dem Prüfling positioniert.

Es wurden folgende Messgeräte verwendet:

Vektorieller Netzwerkanalysator Typ 360, (40 MHz bis 18,6 GHz), Fa. Wiltron  
Mess-Antennen: Bilog-Antenna, Typ CBL 6112A (30 MHz bis 2000 MHz), Fa. CHASE  
Mess-Antennen: LogPer-Antennen Typ HL 025 (1 GHz bis 18 GHz) Fa. Rohde & Schwarz  
Dokumentation: Laserjet 4, Fa. Hewlett & Packard



## 2.2 Messresultate für die hochfrequente Schirmdämpfung

Vormessungen haben ergeben, dass beide Beschichtungen gegenüber elektromagnetischen Wellen mit vertikaler und horizontaler Polarisation exakt gleiche Schirmdämpfungswerte ergaben.

Deshalb wurden die Resultate für die hochfrequenten Schirmdämpfungsmessungen nach IEEE 299-1997 in den Anlagen 1 und 2 nur für die Messungen mit vertikaler Polarisation dargestellt.

Dabei zeigt jeweils die obere Kurve das Ergebnis für die Messungen im „MHz-Bereich“, die untere Kurve zeigt die „GHz-Messungen“.

Zur besseren Übersicht sind in nachfolgender Tabelle einige Messwerte bei mehreren interessierenden Frequenzen (u.a. aus dem Mobilfunkbereich) zusammengestellt:

Beschichtung mit	<i>ElectroShield</i> einfach	<i>ElectroShield</i> zweifach
GSM 900 (900MHz)	25 dB	32 dB
GSM 1800 (1800MHz)	24 dB	31 dB
UMTS (2000 MHz)	24 dB	31 dB
5,0 GHz	23 dB	28 dB
10 GHz	25 dB	33 dB

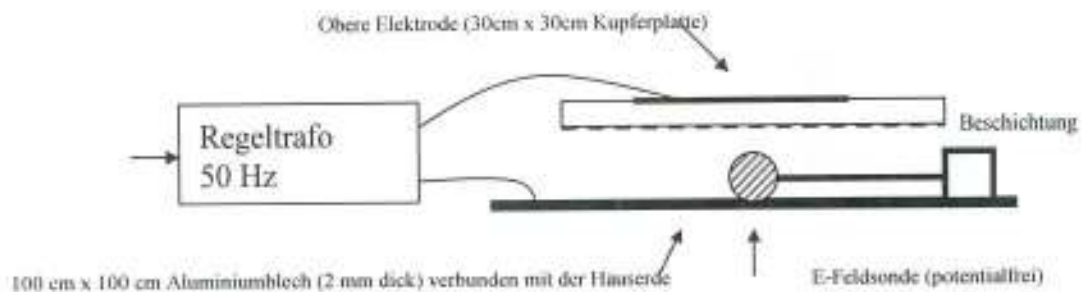
**Tabelle 1** Schirmdämpfungswerte der Wandfarbe *ElectroShield* für den Innenbereich

Man kann für die Wandfarbe *ElectroShield* bei einfacher Beschichtung im interessierenden Mobilfunkfrequenzbereich Schirmdämpfungswert von 23 dB und mehr garantieren, d.h., dass nur 0,5% der auftreffenden Strahlungsleistung durch sie hindurchdringt, 99,5% werden abgeschirmt.

Bei zweifacher Beschichtung liegt hier die mittlere Dämpfung von *ElectroShield* gut über 30dB. Damit werden nur 0,1% der Leistung hindurchgelassen, mindestens 99,9% werden abgeschirmt.

### 3. Abschirmung von niederfrequenten elektrischen Feldstärken

Zur Ermittlung der Abschirmwirkung gegenüber niederfrequenten elektrischen Feldstärken wurde folgender Messaufbau verwendet:



**Bild 3** Messaufbau zur Messung der Abschirmung von niederfrequenten elektrischen Feldstärken

Mit o.a Anordnung gelang es für die Frequenz von 50 Hz eine elektrische Feldstärke von 3400 V/m zwischen der oberen Kupferplatte und der unteren geerdeten Aluminiumplatte zu erzeugen. War die leitfähige Farbbeschichtung *ElectroShield* nicht geerdet, war mit der E-Feldsonde das örtlich vorhandene Spannungspotential messbar.

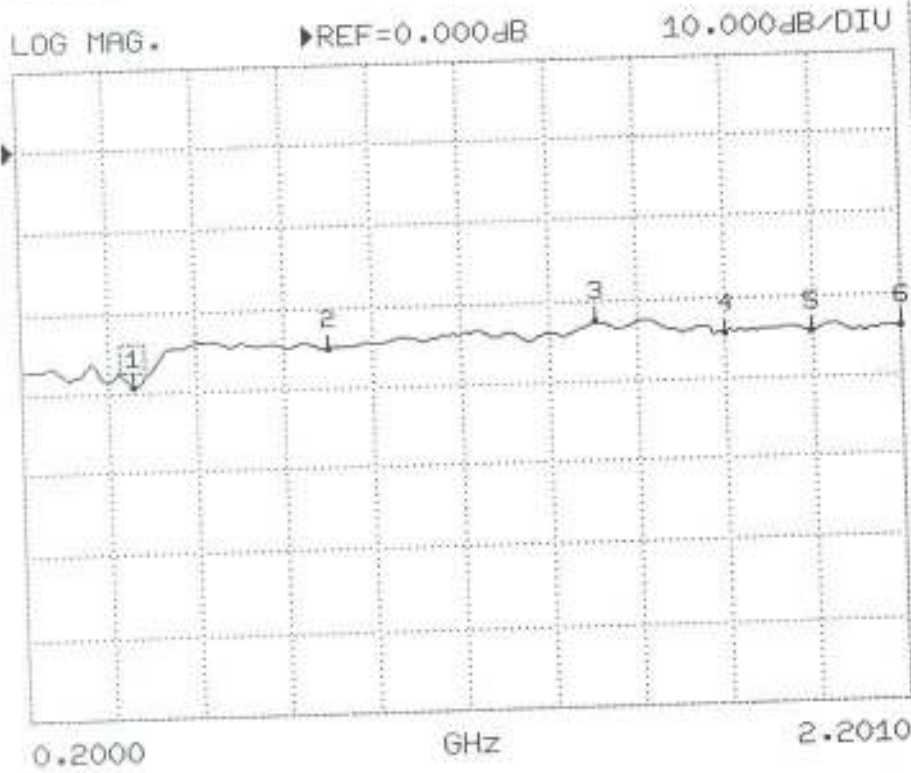
Bei Erdung der Wandfarben-Schicht zeigte das E-Feldmessgerät den elektrischen Feldstärkewert bei der einfachen Beschichtung von 20 V/m an. Dies entspricht einer Felddämpfung von 44 dB.

Bei der Zweifachbeschichtung sank die elektrische Feldstärke von 3400 V/m auf nur 10 V/m. Hier liegt eine Abschirmung des elektrischen Feldes von 50 dB vor.

Diese Schirmdämpfung elektrischer Felder gilt auch für andere NF-Frequenzen.

**Messobjekt: Probe 1, einfach beschichtet mit Wandfarbe ElectroShield (ca. 200 g/m<sup>2</sup>)**  
(Obere Messkurve, 200 MHz – 2200 MHz, untere Messkurve 1 – 10 GHz)

S21 FORWARD TRANSMISSION



MARKER 1  
0.4583 GHz  
-29.278 dB

MARKER TO MAX  
MARKER TO MIN

2 0.9011 GHz  
-24.935 dB

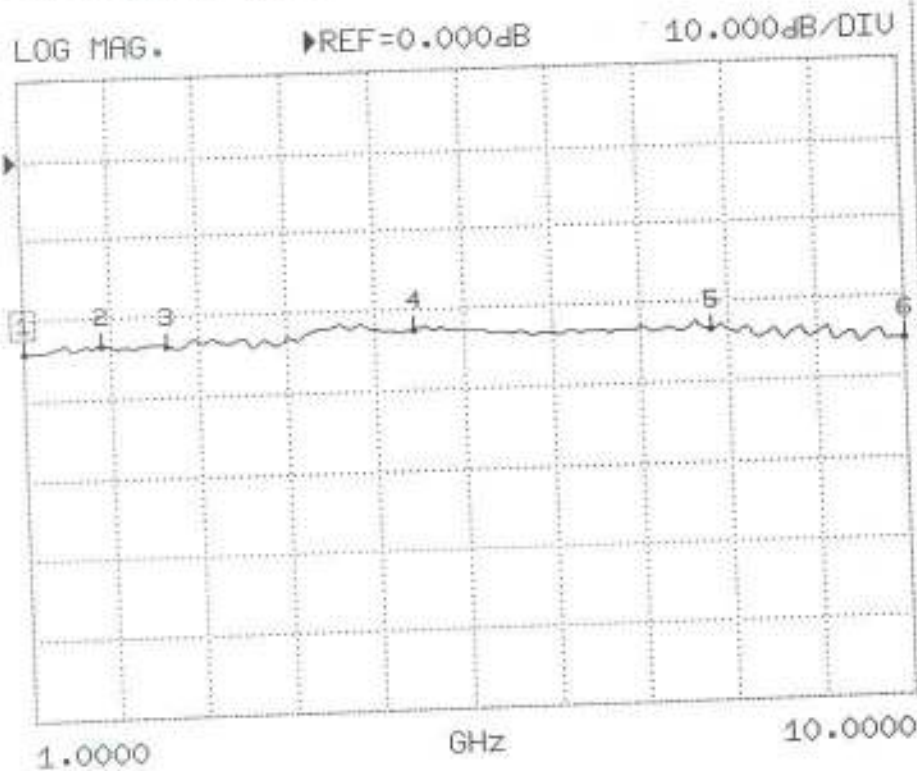
3 1.5038 GHz  
-22.342 dB

4 1.7990 GHz  
-24.229 dB

5 1.9958 GHz  
-24.333 dB

6 2.2010 GHz  
-23.759 dB

S21 FORWARD TRANSMISSION



MARKER 1  
1.0000 GHz  
-24.201 dB

MARKER TO MAX  
MARKER TO MIN

2 1.8100 GHz  
-23.615 dB

3 2.4580 GHz  
-23.731 dB

4 4.9960 GHz  
-22.652 dB

5 8.0200 GHz  
-23.504 dB

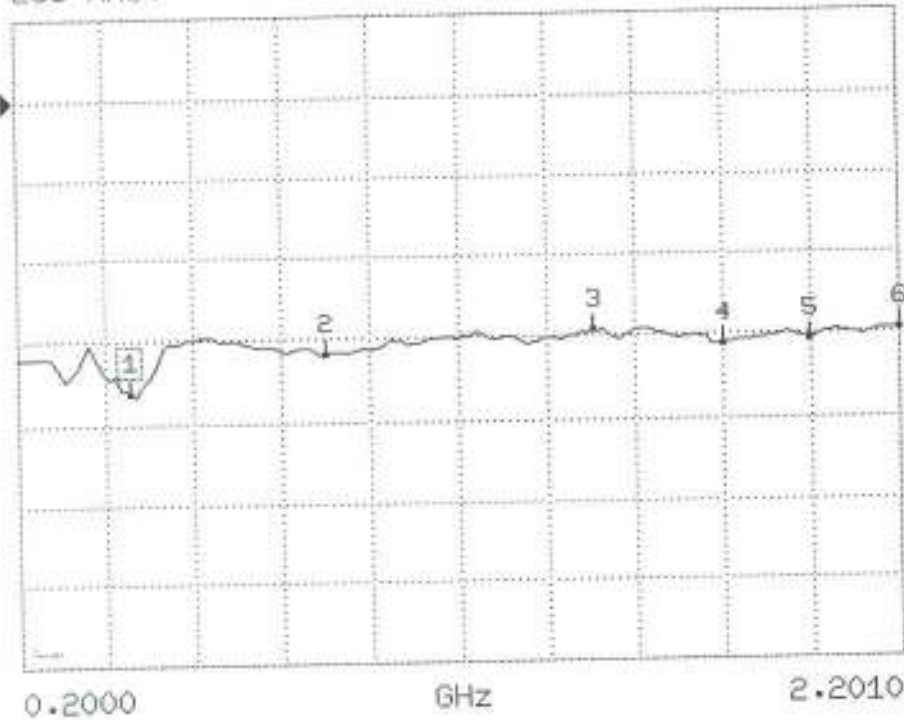
6 10.0000 GHz  
-25.325 dB



**Messobjekt: Probe 2, zweifach** beschichtet mit Wandfarbe *ElectroShield* (2x ca. 200 g/m<sup>2</sup>)  
(Obere Messkurve, 200 MHz – 2200 MHz, untere Messkurve 1 – 10 GHz)

S21 FORWARD TRANSMISSION

LOG MAG. REF=0.000dB 10.000dB/DIU



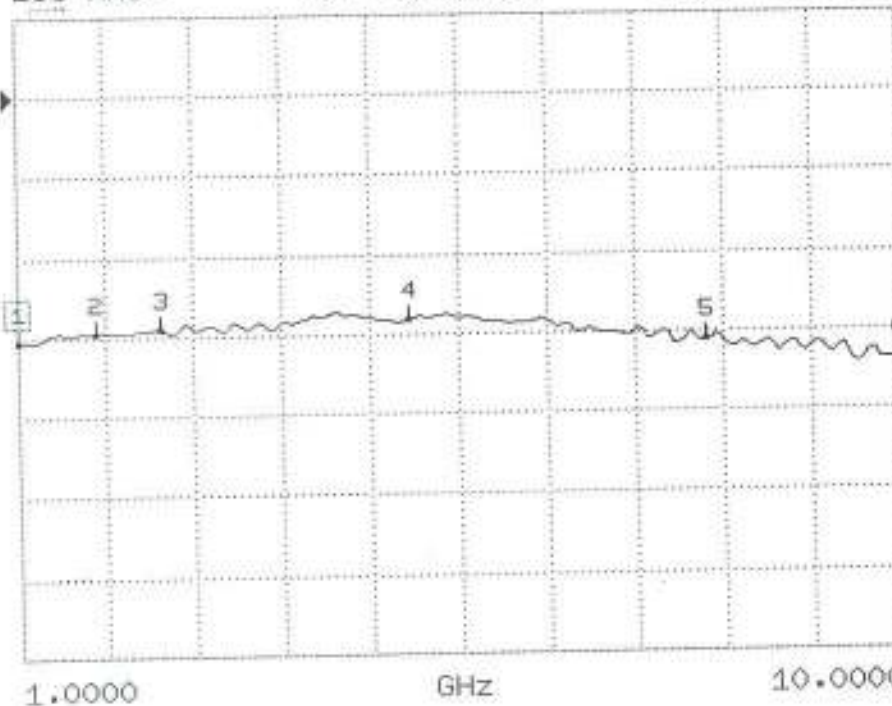
MARKER 1  
0.4583 GHz  
-36.244 dB

MARKER TO MAX  
MARKER TO MIN

- 2 0.9011 GHz  
↓ -31.884 dB
- 3 1.5038 GHz  
↓ -29.284 dB
- 4 1.7990 GHz  
↓ -31.293 dB
- 5 1.9958 GHz  
↓ -30.786 dB
- 6 2.2010 GHz  
↓ -29.540 dB

S21 FORWARD TRANSMISSION

LOG MAG. REF=0.000dB 10.000dB/DIU



MARKER 1  
1.0000 GHz  
-30.399 dB

MARKER TO MAX  
MARKER TO MIN

- 2 1.8100 GHz  
↓ -29.449 dB
- 3 2.4580 GHz  
↓ -29.058 dB
- 4 4.9960 GHz  
↓ -28.176 dB
- 5 8.0200 GHz  
↓ -31.053 dB
- 6 10.0000 GHz  
↓ -33.458 dB