

## Gutachten

- Auftraggeber:** CAPAROL Farben Lacke Bautenschutz GmbH  
Roßdörfer Str. 50  
D-64372 Ober-Ramstadt
- Messobjekte:** ① Spezialfarbe *ElectroShield* einfach beschichtet 160 ml/m<sup>2</sup>  
② Spezialfarbe *ElectroShield* zweifach beschichtet 320 ml/m<sup>2</sup>  
jeweils aufgetragen auf Gipsplatten der Größe 50cm x 50cm
- Auftrag:** Messung d. Schirmdämpfung gegen elektromagnetische Wellen für vertikale und horizontale Polarisation im Frequenzbereich von 100 MHz bis 18 GHz und Ermittlung der Abschirmung von niederfrequenten elektrischen Feldern bei 50 Hz
- Prüfungs-Grundlagen:** IEEE 299-2006, MILSTD 285 (450 MHz – 18 GHz) und ASTM D-4935-10 (100 MHz – 2 GHz) mit 360<sup>0</sup>-Polarisation
- Datum der Messungen:** 20. und 21. Mai 2014
- Umfang:** 6 Seiten Text, 8 Messprotokolle in den 4 Anlagen

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

Die Messungen zeigten, dass die Spezialfarbe mit der Produktbezeichnung *ElectroShield* in der einfachen Beschichtung über den gesamten gemessenen Hochfrequenzbereich ziemlich konstante und fast frequenzunabhängige Schirmdämpfungswerte zwischen 17 dB und 21 dB aufweist. Bei 20 dB ist nur noch 1% der auftreffenden Leistungsflussdichte hinter der schirmenden Farbschicht nachweisbar. Bei der zweifachen Beschichtung liegen die Dämpfungswerte zwischen 20 dB und 26 dB.

Bei 23dB Schirmung ist nur noch 0,5% der außen auftreffenden Leistungsflussdichte hinter der Schirmfläche messbar, bei 26 dB sind es 0,25 %.

Niederfrequente elektrische Felder (50 Hz) werden, wenn die Farbschicht entsprechend fachgerecht geerdet ist, bei einfacher Beschichtung und bei zweifacher Beschichtung fast identisch mit ca. 40 dB abgeschwächt. D.h., hinter der geerdeten Farbschicht tritt nur noch ein Hundertstel der Feldstärke auf, welche auf der Vorderseite der Farbschicht eingewirkt hat.

## 1. Vorbemerkungen

Um die Wirksamkeit der Spezialfarbe 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:

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 Leistungsflussdichte zur Bewertung der Schirmwirkung herangezogen wird.

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
		50	0,001

Tabelle 1:

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:

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

## 2. Messaufbauten

### 2.1 Schirmdämpfungsmessung nach ASTM D 4935-10 von 100 MHz – 2 GHz

Dieser Standard wurde von der *American Society for Test and Measurements* herausgegeben.

Für diese Messungen wurden 2 koaxiale TEM-Messgefäße quasi wie eine Sende- und Empfangsantenne an den Netzwerkanalysator angeschlossen. Bei einer  $S_{21}$  – Kalibrierung wurde die Anordnung ohne das Messobjekt, aber mit einem gleich dicken nicht schirmenden Ersatzobjekt zwischen den Messköpfen für die Transmissionsdämpfung auf „0 dB“ geeicht.

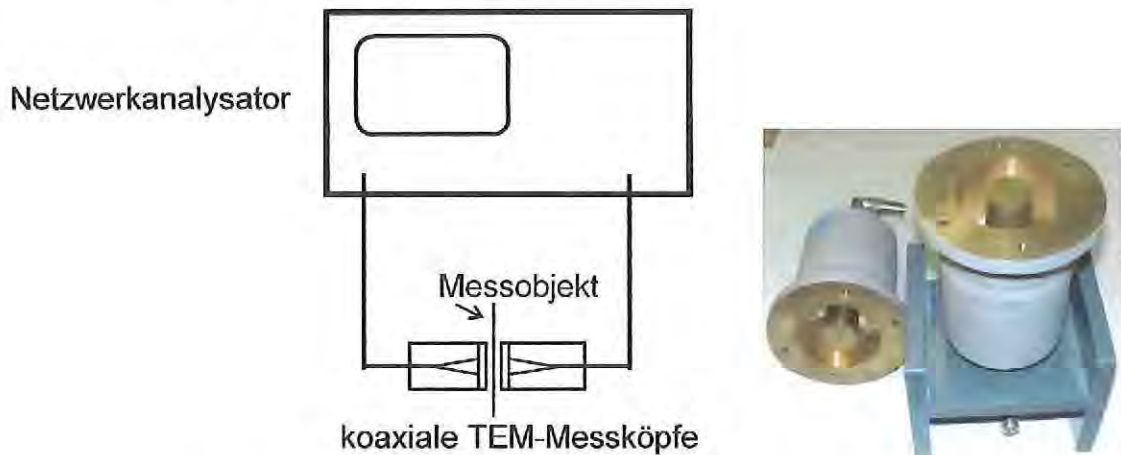


Bild 1 Messanordnung zur Ermittlung der Schirmdämpfung mit TEM-Messköpfen nach ASTM D-4935

Es wurden folgende Messgeräte verwendet:

Vektorieller Netzwerkanalysator Typ 8753D (30kHz – 6GHz) Hewlett & Packard  
Koaxiale TEM-Mess-Sonden, (1 MHz – 4 GHz), Fa. Wandel & Goltermann (s.o.)  
Dokumentation: OfficeJet 500, Fa. Hewlett & Packard

Bei dieser Messung treffen in der TEM-Anordnung die elektrischen Feldstärken - wie bei koaxialen Leitungen üblich - in allen Polarisationsrichtungen auf das Messobjekt. Damit kann man zwar keine diskrete Aussage über das Verhalten des Messobjektes gegenüber einer bestimmten linearen Polarisierung machen. Andererseits bekommt man einen Eindruck, wie sich das Messobjekt gegenüber Polarisierungen einer beliebigen Richtung verhalten wird.

**Schirmt ein Messobjekt bei dieser Messung besonders gut, dann wird es auch gegenüber den beiden linearen vertikalen und horizontalen Polarisierungen mindestens entsprechend gut schirmen!**



## 2.2 Messaufbau nach IEE 299-2006 von 450 MHz – 18 GHz

Die Messungen wurden nach dem aktuellen IEEE-Standard 299-2006, der sich im Messaufbau auch mit der MIL-STD 285 deckt, in einem Messraum der Radarhalle der UniBw München in Neubiberg am 20.5.2014 im Frequenzbereich von 450 MHz bis 18 GHz mit linear vertikal und horizontal polarisierten Wellen durchgeführt. Zu diesem Zweck wurde das Produkt - wie in untenstehendem Bild skizziert - vor einer 40cm x 40cm großen Öffnung einer Metallwand (Fläche 210cm x 200cm) platziert. Dabei wurde sichergestellt, dass die zu prüfende Farbfläche ganzflächig zu der Metallplatte des Messraumes Kontakt hatte. Fremdstörungen von außen bzw. von der Seite sind nicht aufgetreten. Zur Messung der unterschiedlichen Polarisierungen wurde das Messobjekt in der Polarisationsachse um 90° gedreht.

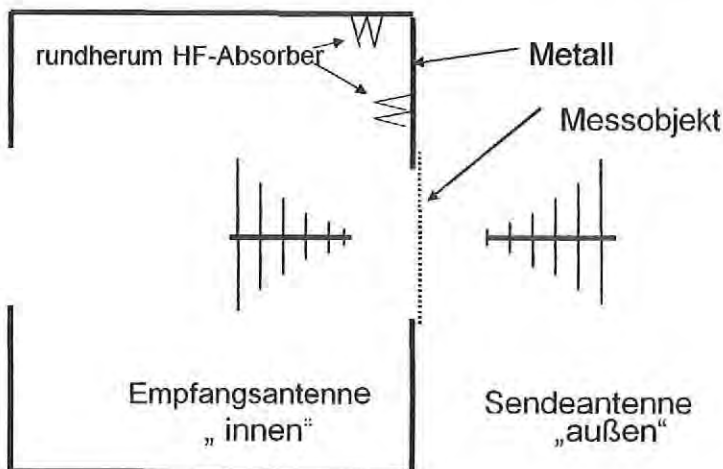


Bild 2: Messanordnung zur Bestimmung der Schirmdämpfung

Nach der Kalibrierung der Mess-Strecke (ohne Prüfling zur Festlegung des 0 dB-Transmissionswertes und mit einer Aluminium-Platte als Prüfling zur Feststellung der Dichtigkeit der Gesamtanordnung) wurde die Schirmdämpfung des Messobjektes durchgeführt:

Die Spitzen Messantennen wurden gemäß IEEE-299 120cm vor bzw. 30cm hinter dem Prüfling positioniert.

Es wurden folgende Messgeräte verwendet:

Vektorieller Netzwerkanalysator Typ 360, (40 MHz bis 18,6 GHz), Fa. Wiltron  
Mess-Antennen: 2 Bilog-Antenna, Typ HF 906 (1 MHz bis 18 GHz), Fa. R & S  
Dokumentation: Kyocera Ecosys, FS-1020D

### 3. Messresultate für die hochfrequenten Schirmdämpfungsmessungen

Vormessungen haben ergeben, dass beide Beschichtungsstärken gegenüber elektro-magnetischen Wellen mit vertikaler und horizontaler Polarisierung exakt gleiche Schirmdämpfungswerte liefern.

Deshalb wurden die Resultate für die hochfrequenten Schirmdämpfungsmessungen nach IEEE 299-2006 in den unteren Kurven der Anlagen nur für die Messungen mit vertikaler Polarisierung dargestellt.

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

Funkdienste und Frequenzbereiche:	<i>ElectroShield</i> einfach mit 180 ml/m <sup>2</sup>	<i>ElectroShield</i> zweifach mit 320 ml/m <sup>2</sup>
TETRA, dig. Behördenfunk, 450MHz	20 dB	24 dB
GSM900, D-Netz, 900 MHz	19 dB	25 dB
GSM1800, E-Netz, 1800 MHz	19 dB	25 dB
UMTS, 2100 MHz	18 dB	24 dB
W-LAN, Bluetooth, 2450MHz	17 dB	24 dB
W-LAN, neue Generation, 5,8GHz	17 dB	23 dB

Tabelle 2 Schirmdämpfungsübersicht bei verschiedenen Mobilfunk- und GHz-Frequenzen (Messwerte wurden aus Messungen an den verschiedenen Platten (1A und 1B sowie 2A und 2B) und den Resultaten aus IEEE- und ASTM-Messung gemittelt)

Man kann für die Spezialfarbe *ElectroShield* bei einfachem Farbauftrag im interessierenden Mobilfunkfrequenzbereich Schirmdämpfungswerte von 19 dB und mehr garantieren. D.h., dass nur 1,2% der auftreffenden Leistung hindurch gelassen, 98,8% der Leistung werden abgeschirmt.

Bei der zweifachen Beschichtung liegt der Dämpfungswert von *ElectroShield* für D- und E-Netzfrequenzen bei 25dB. Damit werden weniger 0,3% der Leistung hindurchgelassen, mindestens 99,7% der eintreffenden Leistungsflussdichte werden abgeschirmt.

#### 4. Abschirmung von niederfrequenten elektrischen Feldstärken (50 Hz)

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

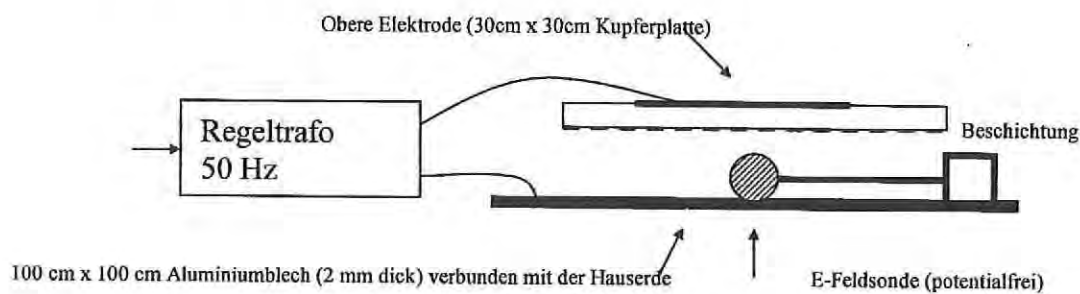


Bild 3 Messaufbau zur Messung der Abschirmung von niederfrequenten elektrischen Feldern (50 Hz)

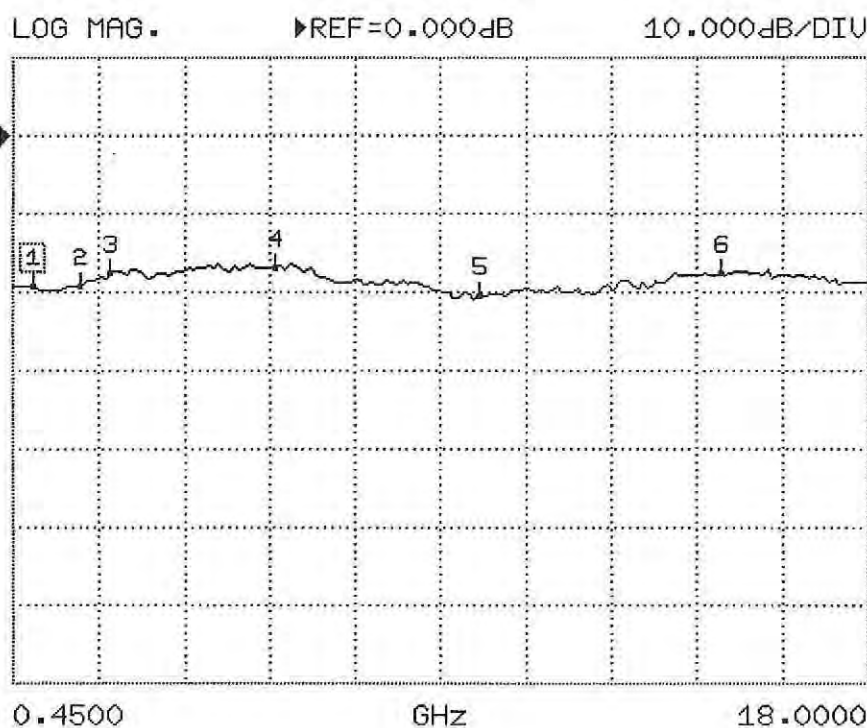
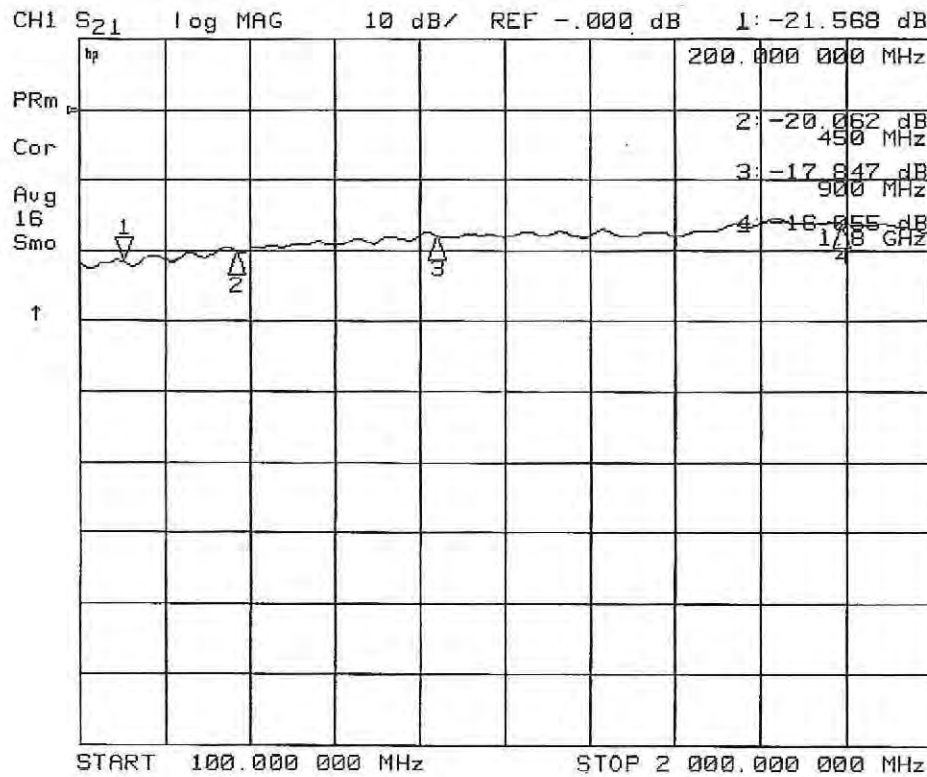
Mit o.a. Anordnung gelang es eine elektrische Feldstärke von 1000V/m zwischen der oberen Kupferplatte und der unteren Aluminiumplatte zu erzeugen. War die leitfähige Farbschichtung **ElectroShield** nicht geerdet, war mit der E-Feldsonde das erwähnte örtliche Spannungspotential messbar.

Bei Erdung der Wandfarbschichtung zeigte das E-Feldstärkemessgerät unterhalb der Farbschicht den elektrischen Feldstärkewert bei der einfachen Beschichtung von 10 V/m (Abschwächung auf 1/100) an. Das entspricht einer E-Feld-Dämpfung von 40dB.

Bei der Zweifachbeschichtung sank die E-Feldstärke unter der geerdeten Farbschicht von 1000V/m auf nur 8V/m (Abschwächung auf 1/125). Hier liegt eine Abschirmung des E-Feldes von 42 dB vor.

Diese Schirmdämpfungswerte für elektrischer Felder gilt auch für andere NF-Frequenzen wie 16,6Hz bei den elektrischen Bahnen in Deutschland, Österreich und der Schweiz oder bei der Netzfrequenz von 60 Hz (USA) sowie bei 400 Hz, welche häufig als Bordnetzfrequenz bei Schiffen und Flugzeugen verwendet wird.

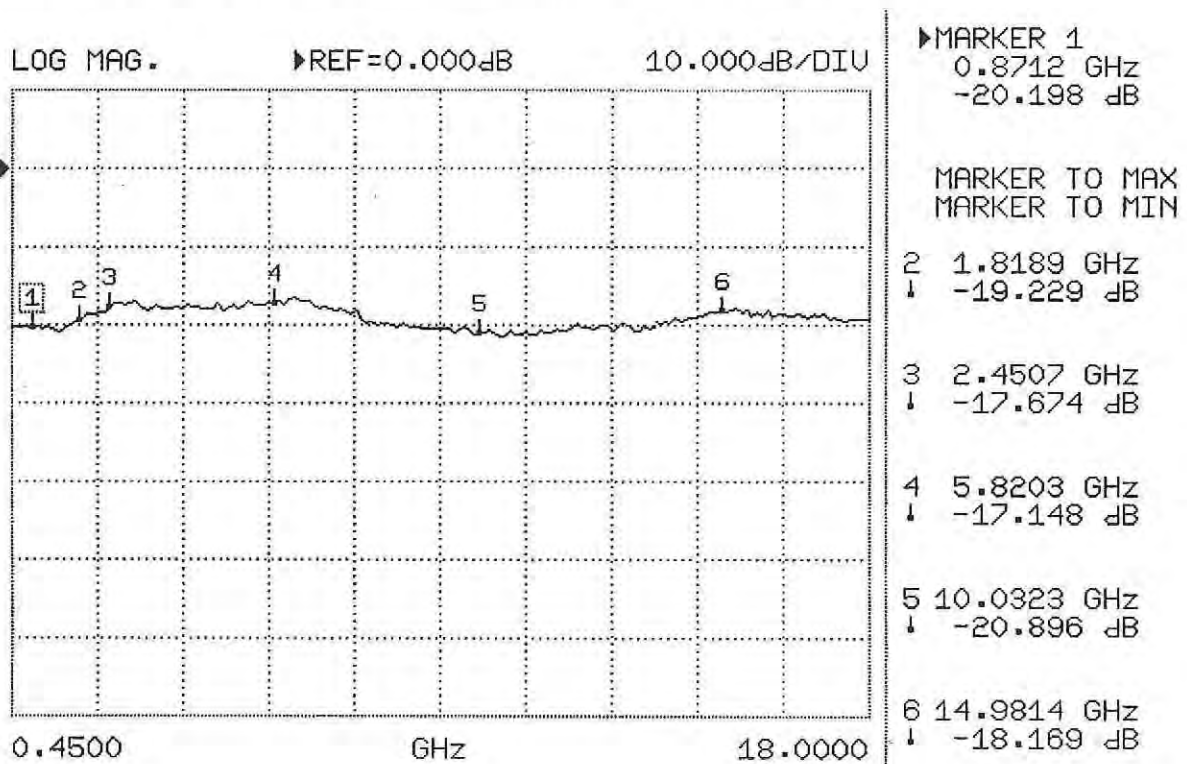
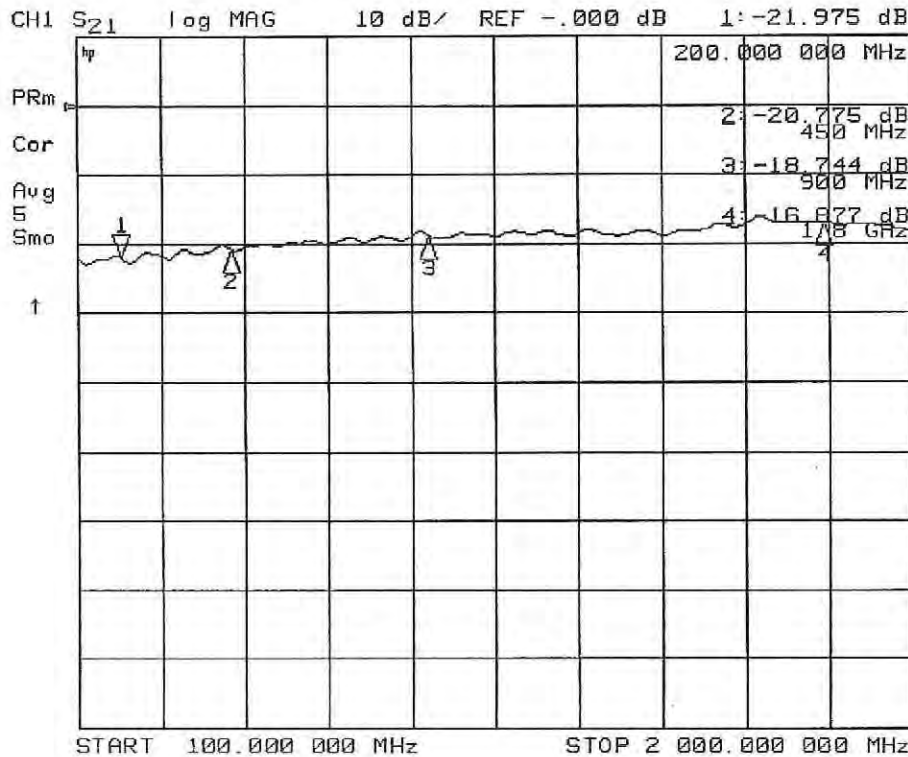
**Messobjekt 1A:** Spezialfarbe *ElectroShield*, einfach aufgetragen, Ergiebigkeit 160 ml/m<sup>2</sup>  
 Obere Messkurve: 100MHz – 2000MHz, 360°-Polarisation, Untere Messkurve: 450MHz – 18GHz, VP



- ▶ MARKER 1  
0.8712 GHz  
-19.384 dB
- MARKER TO MAX  
MARKER TO MIN
- 2 1.8189 GHz  
-19.167 dB
- 3 2.4507 GHz  
-17.638 dB
- 4 5.8203 GHz  
-16.950 dB
- 5 10.0323 GHz  
-20.514 dB
- 6 14.9814 GHz  
-17.544 dB

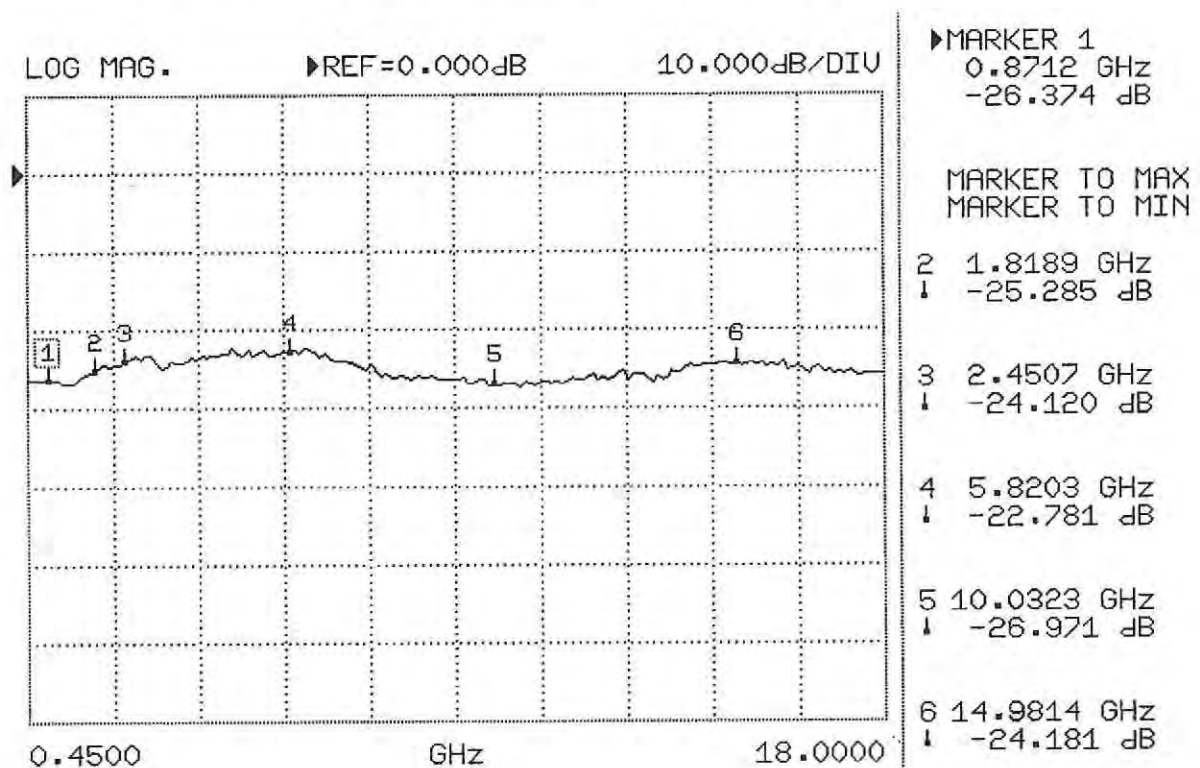
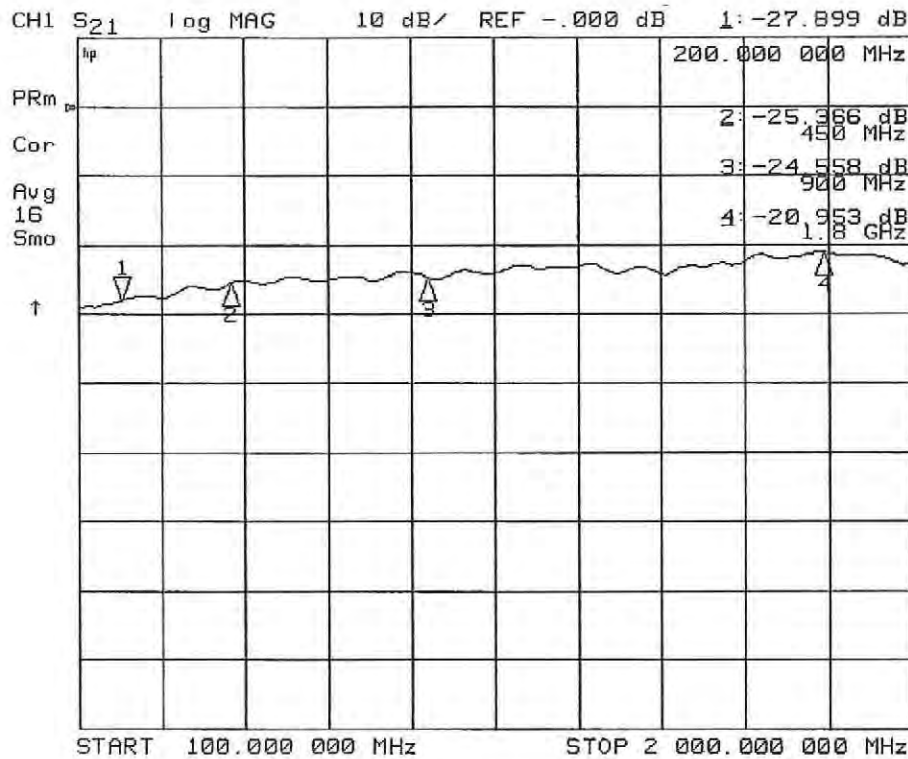


**Messobjekt 1B:** Spezialfarbe *ElectroShield*, einfach aufgetragen, Ergiebigkeit 160 ml/m<sup>2</sup>  
 Obere Messkurve: 100MHz – 2000MHz, 360°-Polarisation, Untere Messkurve: 450MHz – 18GHz, VP





**Messobjekt 2A:** Spezialfarbe *ElectroShield*, zweifach aufgetragen, Ergiebigkeit 320 ml/m<sup>2</sup>  
 Obere Messkurve: 100MHz – 2000MHz, 360°-Polarisation, Untere Messkurve: 450MHz – 18GHz, VP



**Messobjekt 2B:** Spezialfarbe *ElectroShield*, zweifach aufgetragen, Ergiebigkeit 320 ml/m<sup>2</sup>  
 Obere Messkurve: 100MHz – 2000MHz, 360°-Polarisation, Untere Messkurve: 450MHz – 18GHz, VP

