

Gutachten vom 28.08.2019

- Auftraggeber:** EMF-Protect
Kanalstraße 18½
D-83052 Bruckmühl
- Messobjekt:** Abschirmfarbe *EMF-Turtal*, 10µ – 250µ-Partikel
aufgetragen auf 2 grundierte 5mm Pappelholzplatten
Muster 1: 5 m²/Liter, Muster 2: 2,5 m²/Liter
- Auftrag:** Ermittlung der Schirmdämpfung gegenüber elektromagnetischen Wellen im Frequenzbereich von **500MHz – 40GHz**
- Prüfungsgrundlage:** ASTM D – 4935-10 und IEEE 299-06
- Datum d. Messungen:** 28. August 2019
- Umfang:** 4 Seiten Text, 2 Messprotokolle als Anlage

Resultate: Die Prüfmuster mit der Abschirmfarbe *EMF-Turtal* wurden im Frequenzbereich von 500MHz – 8GHz bei der Messung nach ASTM mit elektromagnetischen Wellen mit Polarisation in allen Richtungen untersucht. Die Messresultate haben auch für linear vertikale und horizontale Polarisation Gültigkeit. Von 10GHz bis 40GHz wurden die Messungen in Anlehnung an IEEE 299 mit linearer vertikaler Polarisation durchgeführt. Auch hier gelten – aufgrund der Homogenität des Farbauftrags – die Resultate für Wellen mit horizontaler oder beliebig schräger Polarisation gleichermaßen.

Für Muster 1, bei dem 1 Liter Farbe auf 5m² verteilt wurde, lagen die Schirmdämpfungswerte – abhängig von der Messfrequenz - zwischen 27dB bei 500MHz und 57dB bei 40GHz.

Muster 2: Mit einer Ergiebigkeit von 2,5m² pro 1 Liter (also doppelt so dicker Farbauftrag) erhöhten sich die Schirmdämpfungswerte auf 32dB bei 500 MHz und wachsen auf 64dB bei 40GHz.

Die detaillierten Werte sind aus den beigefügten Messkurven und aus der Tabelle auf S. 4 zu entnehmen.

1. Vorbemerkungen

Bei der Messung der Dämpfung elektromagnetischer Wellen durch ein Schirmmaterial wird in der Regel der Prüfling 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 Messkurven und deren Messwerte ist es hilfreich, nebenstehende Umrechnungstabelle zu verwenden.

Diese Tabelle ermöglicht die Umrechnung der logarithmischen dB-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.

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

Tabelle 1: Umrechnung von dB-Werten in Prozentwerte

2. Messaufbauten für die Schirmdämpfungsmessung

2.1 nach ASTM D 4935-2010 von 500 MHz – 8 GHz

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 Transmissionsmessung auf „0 dB“ geeicht.

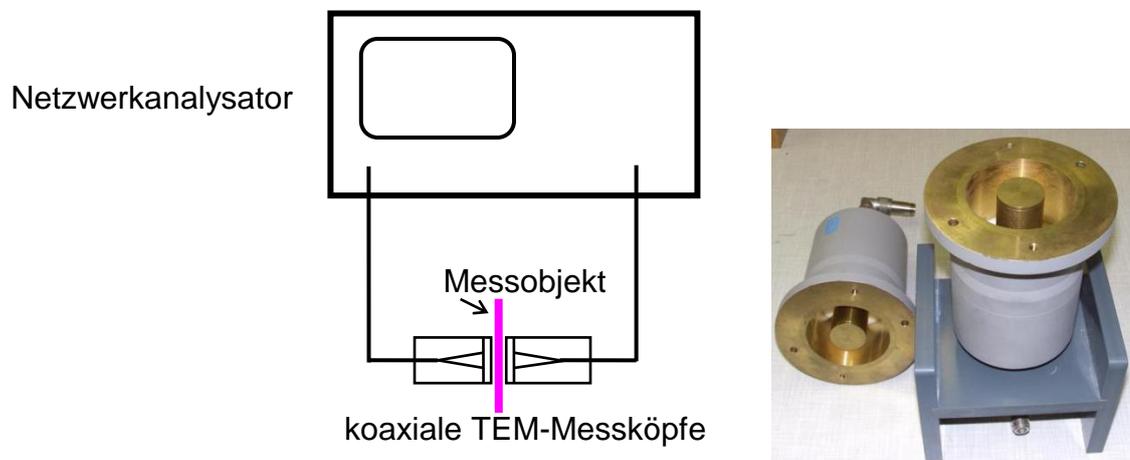


Bild 1 Messanordnung zur Ermittlung der Schirmdämpfung mit TEM-Messköpfen

Es wurden folgende Messgeräte verwendet:

Vektorieller Netzwerkanalysator Typ ZVRC (30 kHz – 8 GHz) Rohde & Schwarz
Koaxiale TEM-Mess-Sonden, (1 MHz – 8 GHz), Fa. Wandel & Goltermann (S. Foto)
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 die wichtige Information, wie sich das Messobjekt gegenüber Polarisierungen von beliebigen Richtungen verhalten wird. **Dies kommt in der Praxis in der Regel vor, sodass die Messresultate sehr realitätsnah sind.**

2.2 Schirmdämpfungsmessung nach IEEE 299-2006 von 10 GHz bis 40 GHz

Diese Messungen wurden in Anlehnung an den IEEE-Standard 299-2006 in einem Messraum der Radarhalle der UniBw München in Neubiberg am 28.8.2019 im Frequenzbereich von 10 GHz bis 40 GHz mit linear polarisierten Wellen durchgeführt. Zu diesem Zweck wurden die Prüfmuster - wie in untenstehendem Bild skizziert - vor der 40cm x 40cm großen Öffnung einer Metallwand (Fläche 210cm x 200cm) platziert.

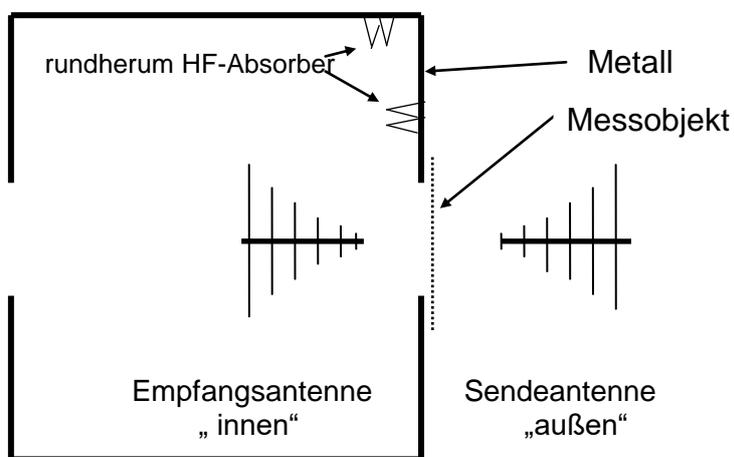


Bild 2
Messanordnung nach
IEEE 299-2006

Nach der Kalibrierung der Mess-Strecke (ohne Prüfling zur Festlegung des 0 dB-Transmissionswertes) wurde die Schirmdämpfung der Prüfmuster gemessen. Um ein Überstrahlen der Messsignale an den Seiten der Prüfmuster zu vermeiden, wurde es direkt zwischen den beiden Messantennen befestigt.

Es wurden folgende Messgeräte und Antennen verwendet:

Mikrowellen-Signalgenerator Typ SMB100A, (9 kHz – 20 GHz), Rohde & Schwarz

Programmable Sweep Generator Typ 6668B (10 MHz – 40 GHz), Wiltron

Spektrumanalysator Typ FSP 30 (9 kHz – 30 GHz), Rohde & Schwarz

EPM-Series-Power Meter, Typ 4418B mit Powersensor 4487D (50MHz – 50GHz) HP

Mess-Antennen: 2 Doppel-Steg-Hornantennen (1 GHz – 18 GHz) Rohde & Schwarz

2 HL-Standard Gain Hornstrahler, 12 GHz – 22 GHz, Narda

2 HL-Hornstrahler 22,5 GHz – 40 GHz, Qpar Angus Ltd.

Dokumentation: Laserdrucker Ecosys FS-1020D, Fa. Kyocera

3. Zusammenfassung der Resultate

In den Anlagen sind Messkurven für die die Schirmdämpfungswerte zwischen 500MHz und 8GHz beigefügt. Dort sind am rechten Rand oben die Schirmdämpfungswerte für einige wichtige Frequenzen in Dezibel zahlenmäßig ausgedruckt.

Die Messungen zwischen 10 GHz bis 40 GHz wurden alle 2,5 GHz punktuell durchgeführt. Alle Resultate sind in nachstehender Tabelle zusammengefasst:

Funkdienst/Frequenz	Schirmdämpfung in dB	
	EMF-Turtal, 5m²/Liter	EMF-Turtal, 2,5m²/l
C-Netz, TETRA, 450 MHz	27 dB	32 dB
D-Netz, GSM900, 900 MHz	27 dB	32 dB
1 GHz	27 dB	32 dB
E-Netz, GSM1800, 1800 MHz	27 dB	32 dB
Blue-Tooth, WLAN 2450 MHz	28 dB	33 dB
5G (Sub 6GHz-Band) 3,4 – 3,8GHz	30 dB	36 dB
W-LAN neue Generation 5,8 GHz	30 dB	38 dB
7,5 GHz	31 dB	38 dB
10,0 GHz	31 dB	44 dB
12,5 GHz	32 dB	44 dB
15,0 GHz	32 dB	44 dB
17,5 GHz	37 dB	44 dB
20,0 GHz	39 dB	49 dB
22,5 GHz	40 dB	53 dB
25,0 GHz	45 dB	57 dB
27,5 GHz	47 dB	59 dB
30,0 GHz	49 dB	61 dB
32,5 GHz	50 dB	62 dB
35,0 GHz	52 dB	63 dB
37,5 GHz	56 dB	64 dB
40,0 GHz	57 dB	64 dB

Tabelle 2: Schirmdämpfungswerte bei verschiedenen Frequenzen