

## Gutachten

vom 07.04.2022

**Auftraggeber:** BEECK'sche Farbenwerke GmbH  
 Gottlieb-Daimler-Straße 4  
 89150 Laichingen

**Messobjekte** 3 Hartfaserplatten (40cm x 40cm x 0,4cm), lt. Hersteller-  
 angabe beschichtet mit folgenden Farbmengen:  
 Platte 1: **BEECK Abschirmfarbe** (304 g/m<sup>2</sup>)  
 Platte 2: **BEECK Abschirmfarbe** (513 g/m<sup>2</sup>)  
 Platte 3: **BEECK Abschirmfarbe** (705 g/m<sup>2</sup>)

**Auftrag:** Ermittlung der Schirmdämpfung gegenüber elektromagne-  
 tischen Wellen im Frequenzbereich von **100MHz – 40GHz**

**Prüfungsgrundlagen:** ASTM D-4935-10, IEEE 299-06, NSA-94-106-Standard

**Datum d. Messungen:** 07.04.2022

**Umfang:** 5 Seiten Text, 3 Messprotokolle in den 3 Anlagen

**Resultate:** Die nachstehende Tabelle zeigt die Schirmdämpfungswerte der drei  
 Prüfmuster in Dezibel, ermittelt für verschiedene interessante Mobilfunk- und  
 Radarfrequenzen:

| Funkdienst            |               | Schirmdämpfung in dB          |                                |                                |
|-----------------------|---------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|                       |               | Platte1: 304 g/m <sup>2</sup> | Platte 2: 513 g/m <sup>2</sup> | Platte 3: 705 g/m <sup>2</sup> |
| C-Netz, TETRA,        | 450 MHz       | 32 dB                         | 35 dB                          | 38 dB                          |
| D-Netz, GSM900,       | 900 MHz       | 31 dB                         | 34 dB                          | 37 dB                          |
| E-Netz, GSM1800,      | 1800 MHz      | 31 dB                         | 34 dB                          | 37 dB                          |
| Blue-Tooth, WLAN      | 2450 MHz      | 30 dB                         | 34 dB                          | 38 dB                          |
| 5G (Sub 6GHz-Band)    | 3,4 – 3,8 GHz | 30 dB                         | 34 dB                          | 38 dB                          |
| W-LAN neue Generation | 5,8 GHz       | 30 dB                         | 34 dB                          | 37 dB                          |
| X-Band-Radar          | 10 GHz        | 30 dB                         | 33 dB                          | 37 dB                          |
| Ku-Band Radar         | 15 GHz        | 28 dB                         | 32 dB                          | 38 dB                          |
|                       | 20 GHz        | 27 dB                         | 32 dB                          | 39 dB                          |
| Automotive-Radar      | 25 GHz        | 27 dB                         | 32 dB                          | 40 dB                          |
| Verkehrs-Radar        | 30 GHz        | 30 dB                         | 34 dB                          | 42 dB                          |
| Künftiges 5G          | 35 GHz        | 31 dB                         | 39 dB                          | 44 dB                          |
| SAR-Radar             | 40 GHz        | 30 dB                         | 39 dB                          | 45 dB                          |

Tabelle 1: Schirmdämpfungswerte

### 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):

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

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                    |

Tabelle 2: Umrechnung von dB-Werten in Prozentwerte

## 2. Messaufbau für die Schirmdämpfungsmessung

### 2.1 nach ASTM D 4935-2010 von 100 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 (= unbeschichtete Hartfaserplatte) zwischen den Messköpfen für die Transmissionsmessung auf „0 dB“ geeicht.

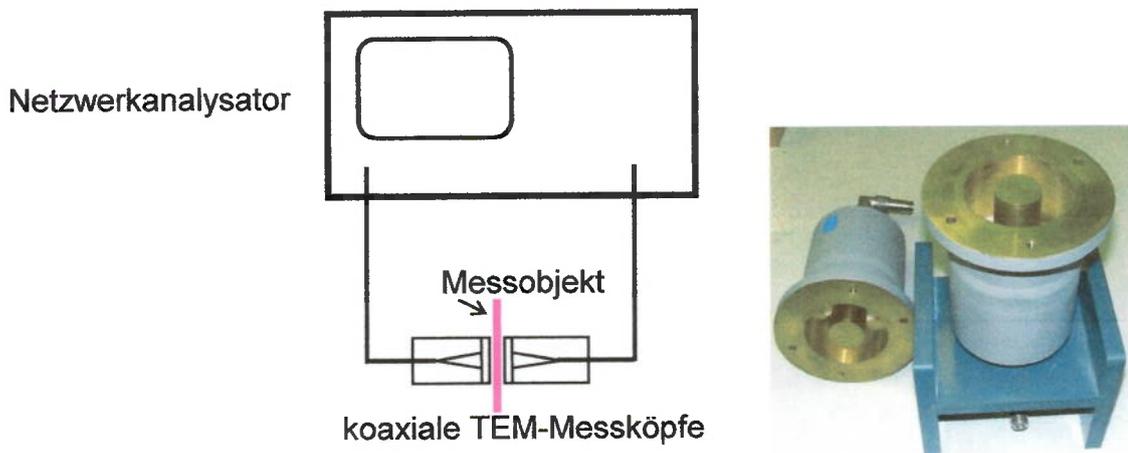


Bild 1 Messanordnung zur Ermittlung der Schirmdämpfung mit TEM-Messköpfen

Es wurden folgende Messgeräte verwendet:

Vektorieller Netzwerkanalysator Typ ZVRE (30 kHz – 8 GHz) Rohde & Schwarz  
Koaxiale TEM-Mess-Sonden, (1 MHz – 8 GHz), Fa. Wandel & Goltermann (s. Foto)

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 Polarisation 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 8 GHz bis 40 GHz

Diese Messungen wurden nach dem IEEE-Standard 299-2006 in einem Messraum der Radarhalle der UniBw München in Neubiberg am 07.04.2022 im Frequenzbereich von 8 GHz bis 40 GHz mit linear polarisierten Wellen durchgeführt. Zu diesem Zweck wurde das Prüfmuster - wie in untenstehendem Bild skizziert - vor der 40cm x 40cm großen Öffnung einer Metallwand (Fläche 210cm x 200cm) platziert.

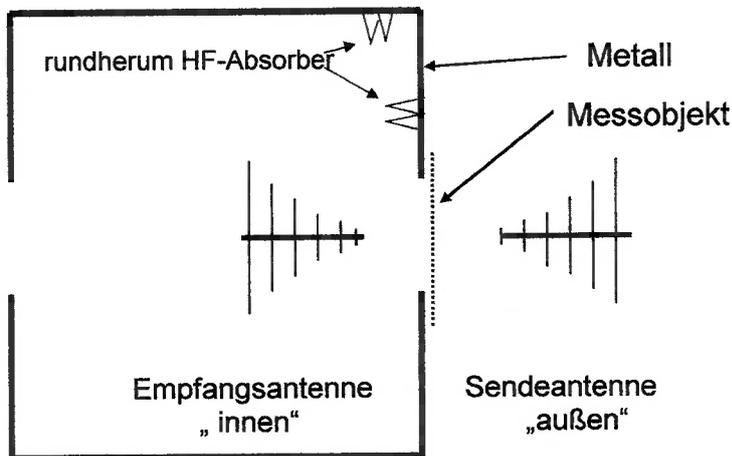


Bild 2  
Messanordnung nach  
IEEE 299-2006

Nach der Kalibrierung der Mess-Strecke (mit unbeschichteter Hartfaserplatte zur Festlegung des 0 dB-Transmissionswertes) wurde die Schirmdämpfung des jeweiligen Prüfmusters gemessen.

Aufgrund der Messobjektgröße wurde zur optimalen Ausleuchtung der Messfläche der Abstand zwischen Sende- und Empfangsantenne gegenüber IEEE 299 reduziert. So gestattet es auch der NSA-94-106-Standard.

Es wurden folgende Messgeräte und Antennen verwendet:

Skalarer Netzwerkanalysator Typ 562+6669B (10 MHz – 40 GHz) Fa. Wiltron

Mess-Antennen:

2 Doppel-Steg-Hornantennen HF 906 (1 GHz – 18 GHz) R&S

2 Standard Gain-Horn-Antennen v. Narda WR-62 (12 GHz – 20 GHz)

2 Standard Gain-Horn-Antennen v. Narda WR-42 (18 GHz – 26 GHz)

2 Standard Gain-Horn-Antennen v. Narda WR-28 (26 GHz – 40 GHz)

### 3. Zusammenfassung der Resultate

In den Anlagen ist die Schirmdämpfung der 3 Prüfmuster gegenüber elektromagnetischen Wellen in Abhängigkeit von der Frequenz dargestellt. Dort sind am rechten oberen Rand die Schirmdämpfungswerte für einige wichtige Mobilfunkfrequenzen in Dezibel zahlenmäßig ausgedruckt.

Zur generellen Übersicht sind die Schirmdämpfungswerte für die interessantesten Funk- und für einige Radarfrequenzen in der untenstehenden Tabelle aufgelistet.

| Funkdienst            |               | Schirmdämpfung in dB           |                                |                                |
|-----------------------|---------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|                       |               | Platte 1: 304 g/m <sup>2</sup> | Platte 2: 513 g/m <sup>2</sup> | Platte 3: 705 g/m <sup>2</sup> |
| C-Netz, TETRA,        | 450 MHz       | 32 dB                          | 35 dB                          | 38 dB                          |
| D-Netz, GSM900,       | 900 MHz       | 31 dB                          | 34 dB                          | 37 dB                          |
| E-Netz, GSM1800,      | 1800 MHz      | 31 dB                          | 34 dB                          | 37 dB                          |
| Blue-Tooth, WLAN      | 2450 MHz      | 30 dB                          | 34 dB                          | 38 dB                          |
| 5G (Sub 6GHz-Band)    | 3,4 – 3,8 GHz | 30 dB                          | 34 dB                          | 38 dB                          |
| W-LAN neue Generation | 5,8 GHz       | 30 dB                          | 34 dB                          | 37 dB                          |
| X-Band-Radar          | 10 GHz        | 30 dB                          | 33 dB                          | 37 dB                          |
| Ku-Band Radar         | 15 GHz        | 28 dB                          | 32 dB                          | 38 dB                          |
|                       | 20 GHz        | 27 dB                          | 32 dB                          | 39 dB                          |
| Automotive-Radar      | 25 GHz        | 27 dB                          | 32 dB                          | 40 dB                          |
| Verkehrs-Radar        | 30 GHz        | 30 dB                          | 34 dB                          | 42 dB                          |
| Künftiges 5G          | 35 GHz        | 31 dB                          | 39 dB                          | 44 dB                          |
| SAR-Radar             | 40 GHz        | 30 dB                          | 39 dB                          | 45 dB                          |

Tabelle 3: Schirmdämpfungswerte bei verschiedenen Mobilfunk- und Radar-Frequenzen

### 4. Abschließende Bewertung:

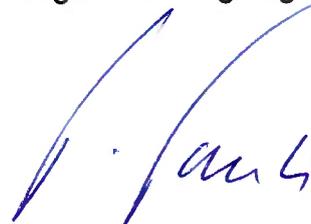
Aufgrund der aufgetragenen unterschiedlichen Farbmengen zeigen die 3 Prüfmuster entsprechend unterschiedliche Schirmdämpfungswerte.

Das Muster 1 dämpft im Mittel elektromagnetische Wellen mit ca. **30 dB**. Hier dringt nur noch 0,1% der ankommenden Leistung durch den Anstrich durch.

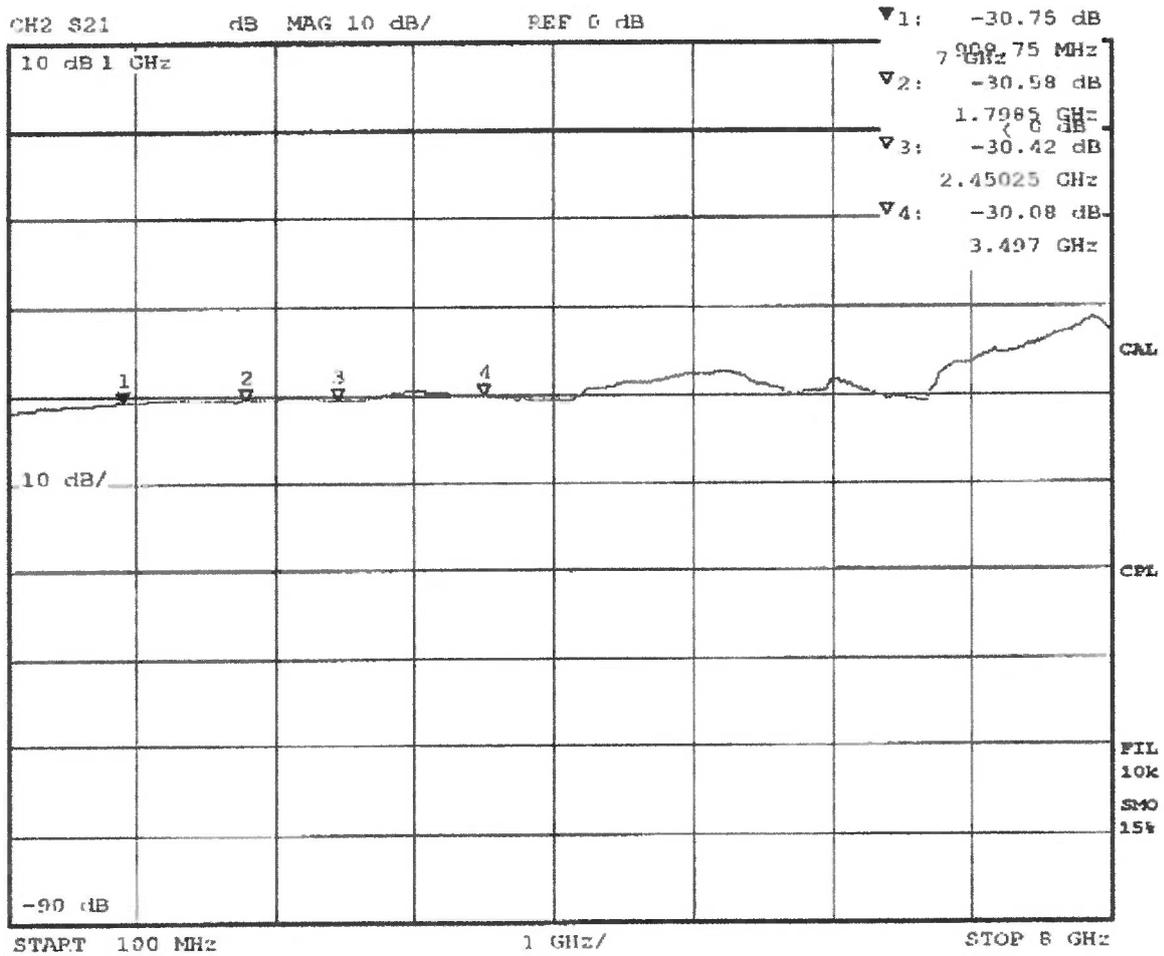
Bei Muster 2 liegt der Mittelwert im Mobilfunkbereich bei ca. **34 dB**, d.h. es dringen nur 0,04% der Leistung durch die Farbschicht.

Bei Muster 3 liegt der mittlere Dämpfungswert bei ca. **37 dB**. Hier sind es 0,02% der Leistung, die noch hindurchdringen; 99,98% der eintreffenden Leistung werden abgeschirmt.

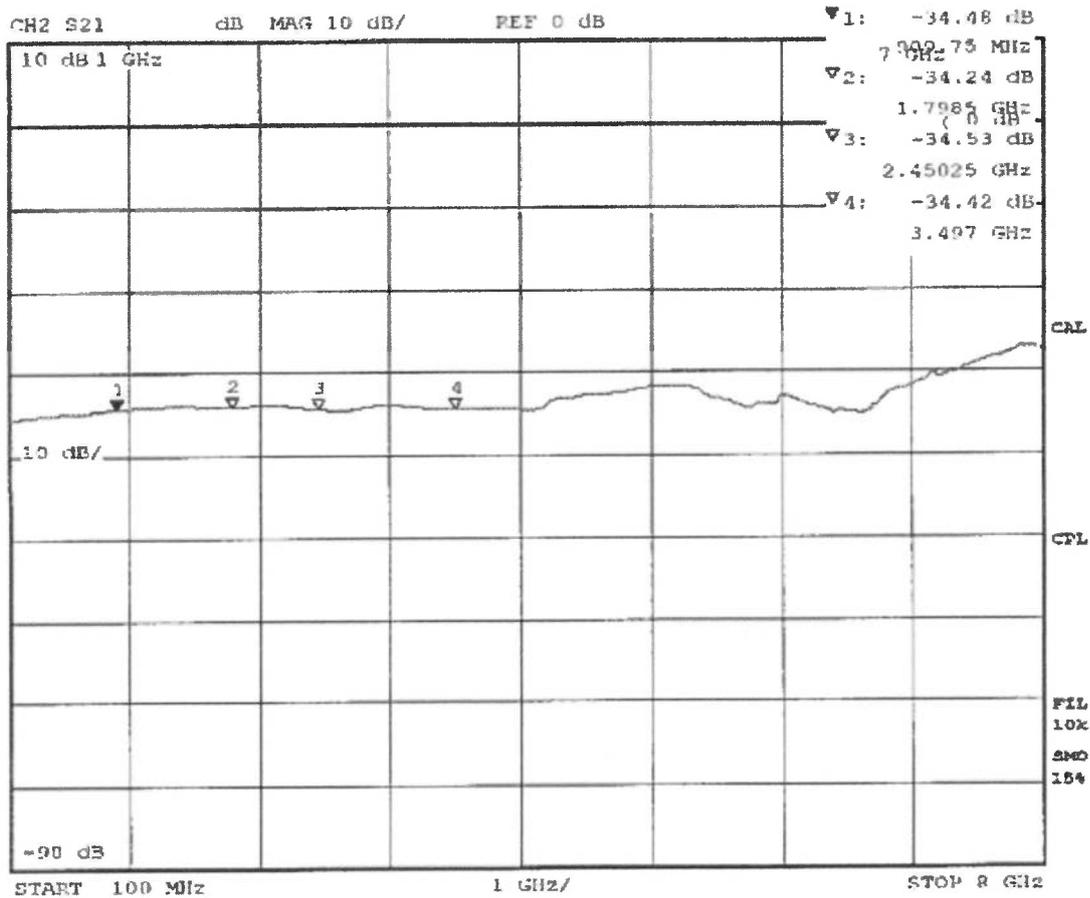
Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass alle 3 Abschirmfarbmuster zur Abschirmung von elektromagnetischen Wellen MHz-Bereich und Mikrowellenbereich bis 40GHz (und darüber hinaus) sehr gut bis ausgezeichnet geeignet sind.



**Messobjekt:** Platte 1 mit BEECK Abschirmfarbe, Auftragsmenge: 304 g/m<sup>2</sup>  
Frequenzbereich: 100 MHz – 8 GHz



**Messobjekt:** Platte 2 mit BEECK Abschirmfarbe, Auftragsmenge: 513 g/m<sup>2</sup>  
Frequenzbereich: 100 MHz – 8 GHz



**Messobjekt: Platte 3 mit BEECK Abschirmfarbe, Auftragsmenge: 705 g/m<sup>2</sup>**  
Frequenzbereich: 100 MHz – 8 GHz

