

Prof. Dipl.-Ing. Peter Pauli
Universität der Bundeswehr München
Werner-Heisenberg-Weg 39
85577 Neubiberg
<peter.pauli@unibw.de>

**Ingenieurbüro für Hochfrequenz-,
Mikrowellen- und Radartechnik**
Alter Bahnhofplatz 26
83646 Bad Tölz
<prof.peter.pauli@t-online.de>

Seite 1

Gutachten

vom 31.05.2019

Auftraggeber: **GEOVITAL**
Akademie für Geobiologie und Strahlenschutz
Unterwolfbühl 430
A-6934 Sulzberg

Messobjekt: **GEOVITAL GPA** – Abschirmgewebe

Auftrag: Ermittlung der Schirmdämpfung gegenüber elektromagnetischen Wellen im Frequenzbereich von **100 MHz - 20 GHz**

Prüfungsgrundlage: ASTM D – 4935-10 und IEEE 299-2006

Datum d. Messungen: 28. Mai 2019

Umfang: 5 Seiten Text, 1 Messprotokoll als Anlage

Resultate: Das Abschirmgewebe **GEOVITAL GPA** wurde bei der Messung nach ASTM und IEEE mit elektromagnetischen Wellen mit Polarisierung in allen Richtungen untersucht. Da das Gewebe quadratische Maschen (ca. 4mm x 4mm) besitzt, haben die Messresultate auch für linearer vertikale und horizontale Polarisierung Gültigkeit. Die nachstehende Tabelle zeigt die Schirmdämpfungswerte in Dezibel, ermittelt für verschiedene interessante Mobilfunkfrequenzen:

Funkdienst	Schirmdämpfung in dB
C-Netz, TETRA, 450 MHz	39 dB
D-Netz, GSM900, 900 MHz,	36 dB
E-Netz, GSM1800, 1800 MHz	33 dB
Blue-Tooth, WLAN 2450 MHz	30 dB
5G (Sub 6GHz-Band) 3,4 – 3,8GHz	26 dB
W-LAN neue Generation 5,8 GHz	22 dB

Tabelle 1: Schirmdämpfungswerte bei verschiedenen Frequenzen

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. Messaufbauten für die Schirmdämpfungsmessung 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 zwischen den Messköpfen für die Transmissionsmessung auf „0 dB“ geeicht.

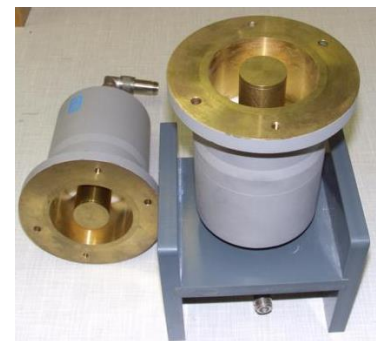
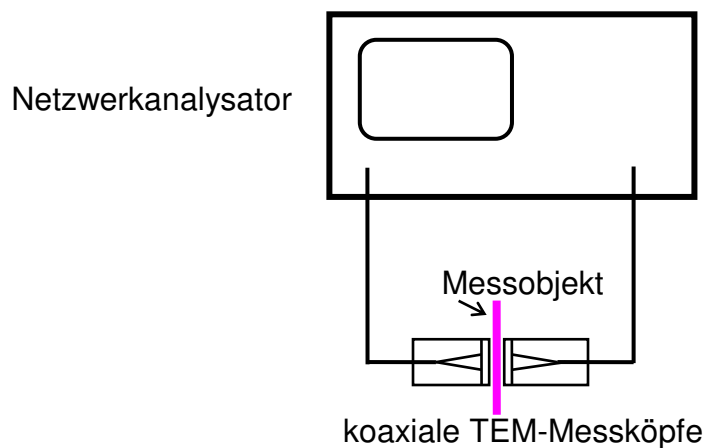


Bild 1 Messanordnung zur Ermittlung der Schirmdämpfung mit TEM-Messköpfen

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 Polarisation machen. Andererseits bekommt man die wichtige Information, wie sich das Messobjekt gegenüber Polarisationen von beliebigen Richtungen verhalten wird. Dies kommt in der Praxis in der Regel vor, sodass die Messresultate sehr realitätsnah sind.

2.1 Schirmdämpfungsmessung nach IEEE 299-2006 von 6 GHz bis 20 GHz

Diese Messungen wurden nach dem IEEE-Standard 299-2006 in einem Messraum der Radarhalle der UniBw München in Neubiberg am 28.5.2019 im Frequenzbereich von 6 GHz bis 18 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.

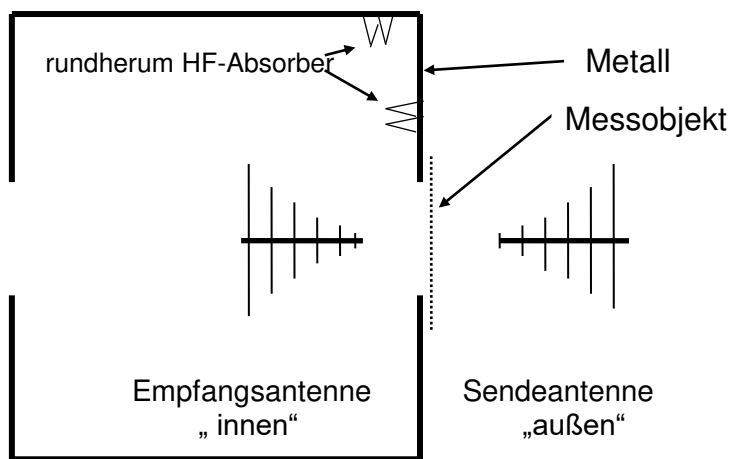


Bild 1
Messanordnung nach
IEEE 299-2006

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 Doppelsteg-Hornantennen befestigt.

Es wurden folgende Messgeräte und Antennen verwendet:

Skalarer Netzwerkanalysator Typ (110 MHz – 40 GHz) Fa. Wiltron
Mess-Antennen: 2 Doppel-Steg-Hornantennen (1 GHz – 18 GHz) Rohde & Schwarz

Skalarer Netzwerkanalysator Typ 562 + 6669B (10 MHz – 40 GHz) Fa. Wiltron
Mess-Antennen: 2 Exponential-Hornantennen (20GHz – 40 GHz) Fa. Narda

3. Zusammenfassung der Resultate

In der Anlage ist die Schirmdämpfung des Abschirmgewebes **GEOVITAL GPA** gegenüber elektromagnetischen Wellen in Abhängigkeit von der Frequenz dargestellt. Dort sind am rechten Rand die Schirmdämpfungswerte für einige wichtige Mobilfunkfrequenzen in Dezibel zahlenmäßig ausgedruckt. Zur schnelleren Übersicht sind diese Werte in der untenstehenden Tabelle aufgelistet.

Funkdienst	Schirmdämpfung in dB
C-Netz, TETRA, 450 MHz	39 dB
D-Netz, GSM900, 900 MHz	36 dB
E-Netz, GSM1800, 1800 MHz	33 dB
Blue-Tooth, WLAN 2450 MHz	30 dB
5G (Sub 6GHz-Band) 3,4 – 3,8GHz	26 dB
W-LAN neue Generation 5,8 GHz	22 dB

Tabelle 3: Schirmdämpfungswerte bei verschiedenen Frequenzen

Zusatzmessungen bis 20 GHz nach IEEE 299-2006

Verwendete Messgeräte: Skalärer Netzwerkanalysator, Typ 562+6669B ,
Fa. Wiltron, 10 MHz – 40 GHz

Messobjekt: **GEOVITAL GPA** – Abschirmgewebe

Datum der Messungen: 28.05.2019

Frequenz	Schirmdämpfung in dB
6 GHz	18 dB
10 GHz	16 dB
12 GHz	16 dB
16 GHz	15 dB
18 GHz	13 dB
20 GHz	12 dB

Tabelle 4: Schirmdämpfungswerte bei verschiedenen Frequenzen

4. Abschließende Bewertung:

Das untersuchte Abschirmgewebe **GEOVITAL GPA** zeigt im meist interessierenden Mobilfunkfrequenzbereich des D-Netzes (GSM 900) eine Abschirmwirkung von ca. **36 dB**. Das bedeutet, dass nur noch ein Viertel Promille der auftreffenden Leistung durch den Schirm hindurchtritt. 999,75 Promille werden reflektiert. Somit eignet es sich bei fachgerechter Anwendung sehr gut für die Abschirmung von elektromagnetischen Wellen im gesamten Mobilfunkfrequenzbereich.

Selbst bei den derzeit eingeführten **5G-Mobilfunkdiensten bei 3,4 GHz – 3,8 GHz** zeigt das Abschirmgewebe **GEOVITAL GPA** eine Abschirmwirkung von **26dB**.

Das bedeutet, dass hier nur noch ein Viertel Prozent der Leistung der eintreffenden Leistung durch das Gewebe hindurchtritt. 99,75% davon werden abgeschirmt. Fachgerechte Anwendung bedeutet, dass die Abschirmgewebeklebebahnen keine verarbeitungsbedingten Löcher oder Schlitze aufweisen dürfen und dass die Bahnen mit ca. 5cm Überlappung verlegt werden müssen, damit die gute Schirmwirkung erhalten bleibt.

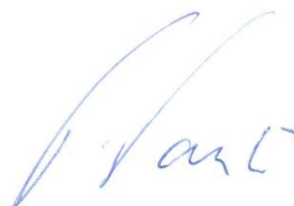
Physikalisch bedingt durch die Gitterstruktur des Gewebes nimmt die Schirmdämpfung zu noch höheren Frequenzen stetig ab.

Physikalisch bedingt nimmt die Schirmdämpfung eines Gewebes ab, wenn die Maschenöffnung (ca. 4mm x 4mm) nicht mehr sehr klein ist gegenüber der Wellenlänge.

Das untersuchte Abschirmgewebe **GEOVITAL GPA** zeigt bei 10 GHz ($\lambda = 3\text{cm}$) eine Abschirmwirkung von ca. **18 dB**. Das bedeutet, dass nur 1,5% der auftreffenden Leistung durch den Schirm hindurchtritt. 98,5% werden reflektiert.

Bei 18 GHz ($\lambda = 1,7\text{cm}$) beträgt die Schirmdämpfung immer noch 13 dB. Hier werden nur 5% der eintreffenden Leistung „durchgelassen“. 95% werden reflektiert.

Somit eignet sich der Abschirmgewebe Geovital GPA äußerst effektiv für die Abschirmung von elektromagnetischen Wellen im gesamten Mobilfunkfrequenzbereich.



Messobjekt: Abschirmgewebe GEOVITAL GPA

Frequenzbereich: 100 MHz – 8 GHz

