

Prof. Dipl.-Ing. Peter Pauli
Universität der Bundeswehr München
Werner-Heisenberg-Weg 39
85577 Neubiberg
Tel.: (089) 6004 3690
E-Mail: peter.pauli@unibw.de

**Ingenieurbüro für Hochfrequenz-,
Mikrowellen- und Radartechnik**
Alter Bahnhofplatz 26
83646 Bad Tölz
Tel.: (08041) 792-7447 Fax: 792-9999
E-Mail: prof.peter.pauli@t-online.de

Seite 1

Gutachten

vom 04.03.2018

- Auftraggeber:** Fa. eWall Entwicklung und Herstellung
von Strahlenschutz Produkten
Goethe Straße 4
D- 64546 Mörfelden
- Messobjekt:** Schirmende Bauchbinde z. Schutz von Schwangeren
- Auftrag:** Ermittlung der Schirmdämpfung des verwendeten
Gewebes gegenüber elektromagnetischen Wellen im
Frequenzbereich von 100 MHz – 3GHz und der
Schirmwirkung der Bauchbinde
- Prüfungsgrundlage:** ASTM D-4935-2010 und IEEE 299-2006
- Datum d. Messungen:** 02.03.2018
- Umfang:** 5 Seiten Text, 2 Messprotokolle in den 2 Anlagen

Resultat: Die nachstehende Tabelle zeigt in Spalte 2 die Schirmdämpfungswerte des verwendeten Gewebes in Dezibel, ermittelt für verschiedene interessante Mobilfunkfrequenzen direkt durch den Stoff hindurch gemessen und ohne seitliche Überstrahlungsmöglichkeit. Die Werte in Spalte 3 zeigen die Schirmdämpfung, gemessen innerhalb der Bauchbinde in der Nähe der Stoffoberfläche, mit der Möglichkeit einer seitlichen Überstrahlung.

Funkdienst:	Material für sich allein nach ASTM gemessen	Dämpfung der oben und unten offenen Bauchbinde
1	2	3
C-Netz, TETRA, 450 MHz	58 dB	13 dB
D-Netz, 900 MHz	59 dB	17 dB
E-Netz, 1800 MHz	60 dB	18 dB
Blue-Tooth, WLAN 2,45 GHz	60 dB	13 dB
LTE 2600 MHz	58 dB	17 dB

Tabelle 1: Schirmdämpfungswerte bei verschiedenen Frequenzen

1. Vorbemerkungen

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

Diese Tabelle ermöglicht die Umrechnung der logarithmischen Dezibel-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 2 Umrechnung von dB in Prozent-Werte, bezogen auf den verbleibenden Leistungsdurchlass

2. Messmethoden:

2.1 Schirmdämpfungsmessung nach ASTM D 4935 von 100 MHz bis 3 GHz

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

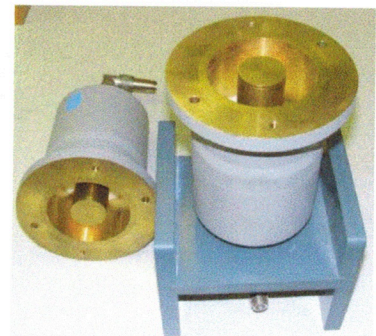
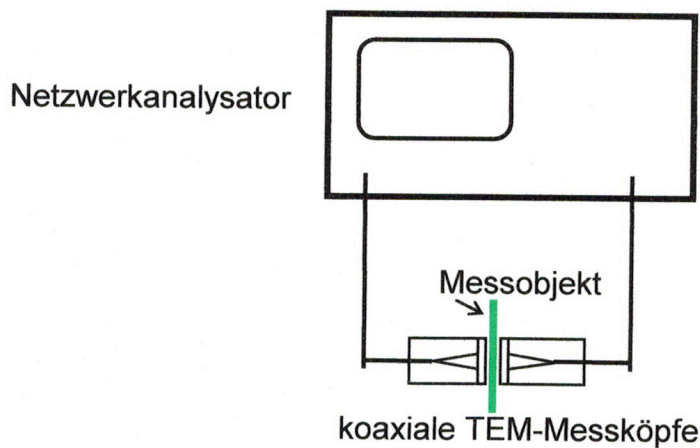


Bild 1 Messanordnung zur Ermittlung der Schirmdämpfung mit TEM-Messköpfen

Es wurden folgende Messgeräte verwendet:

Vektorieller Netzwerkanalysator Typ ZVRE (30 kHz – 8 GHz) Fa. Rohde & Schwarz
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 von beliebigen Richtungen verhalten wird.

Eine seitliche Überstrahlung am Messobjekt vorbei wird bei dieser Messung zwischen den koaxialen Messadaptern vermieden.

2.2 Messaufbau für die Schirmdämpfungsmessung an der eWall-Bauchbinde abgeleitet von dem IEEE 299-2006 Standard

Diese Messungen wurden in Anlehnung an den aktuellen IEEE-Standard 299-2006 in einem Messraum der Radarhalle der UniBw München in Neubiberg am 02.03.2018 bei diversen Mobilfunkfrequenzen mit linear vertikal polarisierten Wellen durchgeführt. Zu diesem Zweck wurde das Prüfmuster - wie in untenstehendem Bild in Draufsicht skizziert – über einen Plexiglas-Zylinder gezogen.

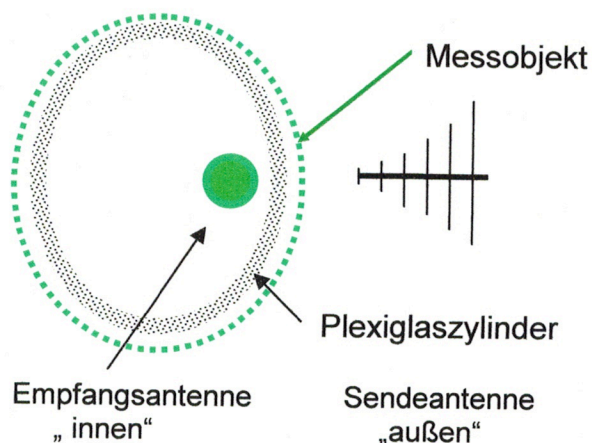


Bild 2
Messanordnung nach
IEEE 299-2006

Nach der Kalibrierung der Mess-Strecke ohne Prüfling zur Festlegung des 0 dB-Transmissionswertes wurde die Schirmdämpfung der Bauchbinde, welche über den Plexiglaszylinder gezogen war, gemessen. Die Sendeanenne wurde außen im Abstand von 30 cm vor dem Prüfling positioniert. Bei der Messung schmiegte sich die Bauchbinde an den Plexiglaszylinder. Sie war aber nicht nennenswert gedehnt. Der Empfangssensor wurde mittig an verschiedenen Stellen positioniert. Die Resultate gelten auch für horizontal polarisierte Wellen.

Es wurden folgende Messgeräte und Antennen verwendet:

Signalgenerator: Typ SMF 100A (100 kHz – 20 GHz) Rohde & Schwarz
Antenne: Doppelsteg-Hornantenne: Typ HF 906 (1 GHz – 18 GHz) R & S
E-Feld-Sonde Typ EF391 (100 kHz – 3 GHz), Fa. NARDA Safety Test Solutions

3. Zusammenfassung der Resultate

Anlage 1 zeigt die Dämpfung des verwendeten Schirmstoffes. Mit Werten von etwa 60 dB zeigt er hervorragende Schirmdämpfungseigenschaften, bei denen durch den Stoff nur 0,0001% der von außen auftreffenden Strahlungsleistung hindurch gelassen wird.

In Anlage 2 ist noch mal die Schirmdämpfung der der eWall-Bauchbinde gegenüber elektro-magnetischen Wellen in Abhängigkeit von der Frequenz dargestellt, aber so, wie sie nach Ziff. 2.2 gemessen wurde. Durch seitliche Überstrahlung reduzieren sich hier die Werte auf ca. 13dB – 17dB dB, d.h. direkt hinter der eWall-Bauchbinde wurden nur ca. 5% - 2% der von der vorne auf das Prüfmuster auftreffenden Leistung noch nachgewiesen.

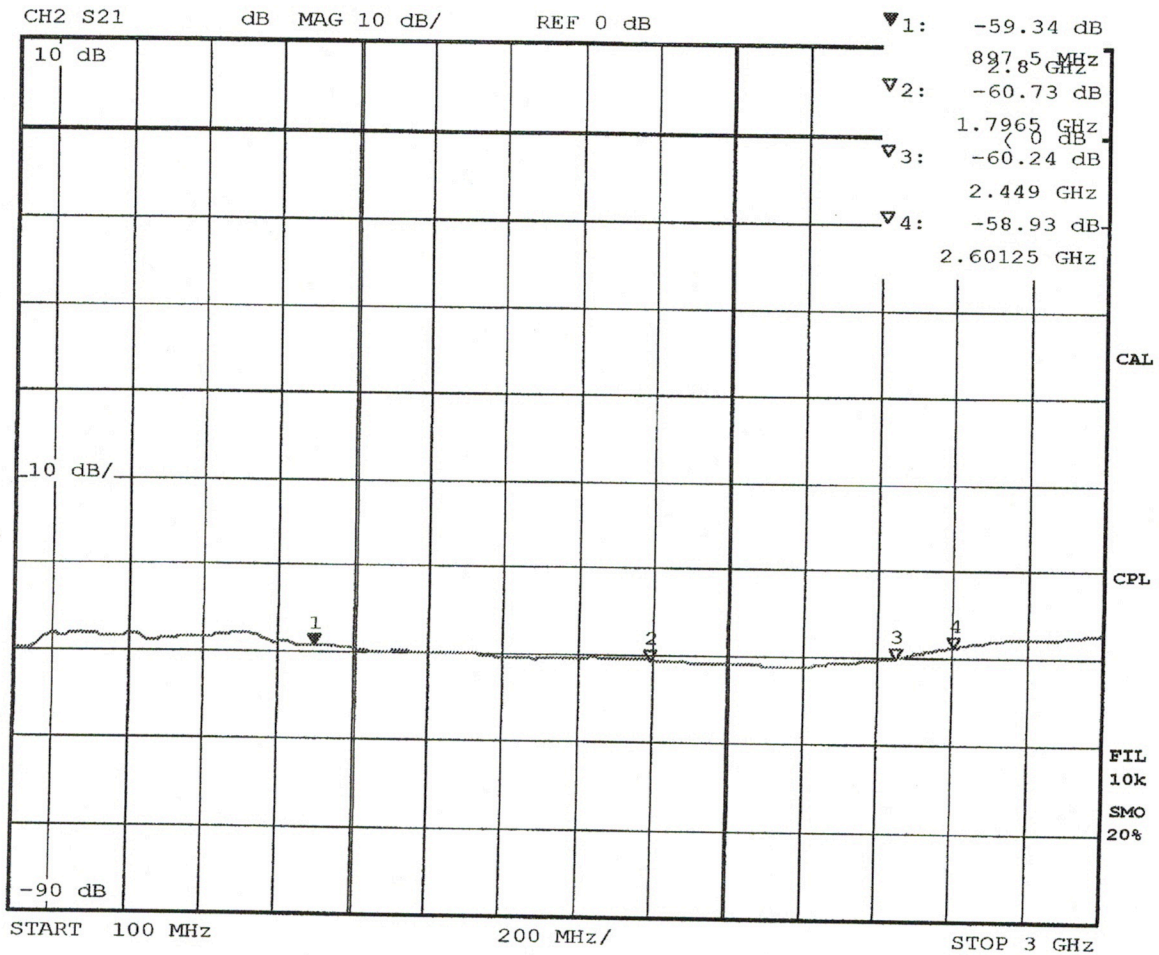
Die nachstehende Tabelle zeigt die Schirmdämpfungswerte der Bauchbinde, ergänzt durch Prozentangaben für die noch hindurch dringende Leistung in Spalte 4.

Funkdienst:	Material für sich allein nach ASTM gemessen	Dämpfung der oben und unten offenen Bauchbinde	Prozent der noch hindurch dringenden Leistung	Menge der abgeschirmten Leistung
1	2	3	4	5
C-Netz, TETRA, 450 MHz	58 dB	13 dB	5 %	95 %
D-Netz, 900 MHz	59 dB	17 dB	2 %	98 %
E-Netz, 1800 MHz	60 dB	18 dB	1,5 %	98,5 %
Blue-Tooth, WLAN 2,45 GHz	60 dB	13 dB	5 %	95 %
LTE 2600 MHz	58 dB	17 dB	2 %	98 %

Wird die Bauchbinde von einer Schwangeren getragen, wird die eindringende Strahlung durch das Bauch-Gewebe der werdenden Mutter noch zusätzlich abgeschwächt, sodass eine Gefährdung des Embryos noch weiter herabgesetzt wird. Die Bauchbinde ist so dimensioniert, dass sie auch im Endstadium einer Schwangerschaft trotz extremer Dehnung des Stoffes immer noch die gleiche Schutzwirkung gewährt. Obendrein ist das schirmende Innengewebe der Bauchbinde leicht entnehmbar, sodass der Außenstoff in der Waschmaschine gewaschen werden kann und somit während der Schwangerschaft immer hygienisch einwandfrei zur Verfügung steht.



Messobjekt: eWall-Bauchbinde, Messung des verwendeten Schirmstoffes
Frequenzbereich von 100 MHz bis 3 GHz,



Messobjekt: eWall Bauchbinde, gemessen mit Überstrahlungsmögl.
Frequenzbereich von 100 MHz bis 30 GHz,

