

## Gutachten

- Auftraggeber:** LESANDO  
Winterhäuser Str. 98  
97084 Würzburg
- Messobjekte:** 3 Platten beschichtet mit Innenputz, der mit Carbonfasern enthält  
Lesando 1 (Schichtstärke ca. 0,75 mm)  
Lesando 2 (Schichtstärke ca. 1,5 mm)  
Lesando 3 (Schichtstärke ca. 2,2 mm)
- Auftrag:** Ermittlung der Schirmdämpfung gegen elektromagnetische Wellen im Frequenzbereich von 0,2 GHz - 10 GHz gemessen mit vertikaler und horizontaler Polarisation.
- Prüfungsgrundlage:** MIL-Standard 285 VG 95 370, Part 15, Methode KS 03 S
- Datum d. Messungen:** 11.11.2002
- Umfang:** 4 Seiten und 3 Anlagen mit 6 Messprotokollen  
+ 1 Anlage mit Frequenzmarken

**Resultat:** Die untersuchten Putze zeigten mit zunehmender Dicke auch eine wachsende Schirmdämpfung. So ergaben sich z.B. bei der D-Netz-Frequenz von 900 MHz und der E-Netz-Frequenz von 1800 MHz folgende Werte, welche besonders bei der dünnsten Putzdicke leicht von der Polarisation der einfallenden Welle abhängig waren:

Produktbezeichnung	Schichtdicke	Frequenzbereiche			
		D-Netz vert.	D-Netz hor.	E-Netz vert.	E-Netz hor.
Lesando 1	Ca. 0,75 mm	20 dB	17 dB	21 dB	18 dB
<b>Lesando 2</b>	<b>Ca. 1,5 mm</b>	<b>24 dB</b>	<b>24 dB</b>	<b>24 dB</b>	<b>24 dB</b>
Lesando 2	Ca. 2,2mm	25 dB	25 dB	24 dB	24 dB

Die Ursache der Dämpfungsunterschiede bei Lesando 1 liegt in der unumgänglichen Orientierung der Carbonfasern beim Auftragen des Putzes mit einer Zahnpachtel. Bei Lesando 2, bei dem 2 Schichten nacheinander aufgetragen wurde, ist dieser Effekt nicht mehr nachweisbar. Auch zeigt sich, dass eine weitere Putzschicht (Lesando 3) keine nennenswerten Verbesserungen mehr bringt.

So kann zusammenfassend festgestellt werden, dass das Produkt Lesando 2 mit einer Putzstärke von ca. 1,5 mm mit ca. 24 dB Schirmdämpfung eine für den Baubereich als sehr gut einzustufende Schirmwirkung bietet: Es werden weniger als 0,4 % der Leistung durch den Putz hindurchgelassen, mehr als 99,6 % werden abgeschirmt.

### 1. Vorbemerkungen

Um die Wirksamkeit des carbonfaserhaltigen Putzes 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:

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

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.

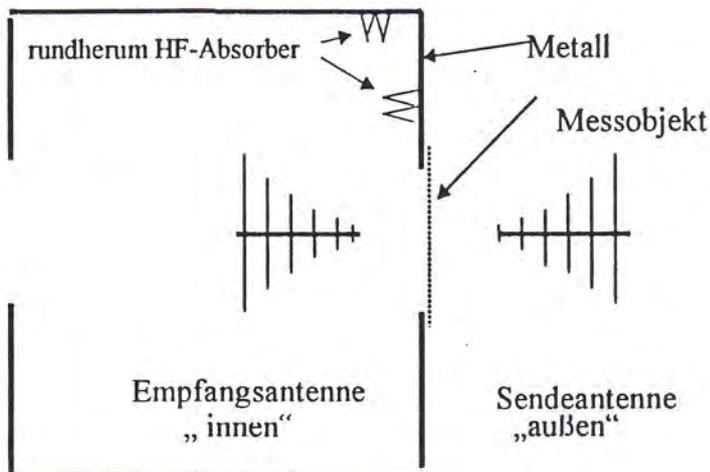
Nebenstehende Tabelle ermöglicht die Umrechnung dieser Logarithmischen Werte in Prozentwerte, wobei in der Regel - wie hier in dieser Tabelle - die durch den Schirm hindurchdringende Leistungs- bzw. Strahlungsdichte zur Bewertung der Schirmwirkung herangezogen wird.

Die Berechnung der Schirmdämpfung in dB aus der Leistung  $P_1$  vor dem Schirm und  $P_2$  hinter dem Schirm geschieht mit folgender Gleichung:

$$a_{\text{Schirm}} = 10 \cdot \log \frac{P_2}{P_1}$$

## 2. Messaufbau und Messablauf

Die Messungen wurden in Anlehnung an die MIL-Standard 285 am 11.11.2002 in einem Messraum der Radarhalle an der Universität der Bundeswehr München in Neubiberg im Frequenzbereich von 200 MHz bis 10 GHz mit linear polarisierten Wellen durchgeführt. Zu diesem Zweck wurde das zu prüfende Material - wie in untenstehendem Bild skizziert - vor der 80cm x 60cm grossen Öffnung einer Metallwand (Fläche 210cm x 200cm) platziert. Dabei wurde sichergestellt, dass die Materialprobe ganzflächig zu der Metallplatte des Messaufbaues Kontakt hatte. Fremdstörungen von außen sind nicht aufgetreten. Zur Messung der unterschiedlichen Polarisierungen wurde das Muster um 90° gedreht.



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 - bedingt durch die Frequenzbänder der Messantennen - in zwei Frequenzbereichen durchgeführt:

Bereich I: 200 MHz bis 2200 MHz  
Bereich II: 1 GHz bis 10 GHz

Die Spitzen der logarithmisch-periodischen Messantennen wurden gemäß MIL-STD 285 jeweils 30 cm vor bzw. hinter dem Prüfling positioniert.

Es wurden folgende Messgeräte verwendet:

Vektorieller Netzwerkanalysator Typ 360, (40 MHz bis 18,6 GHz), Fa. Wiltron  
Mess-Antennen: Bilog-Antenna, Typ CBL 6112A (30 MHz bis 2000 MHz), Fa. CHASE  
Mess-Antennen: LogPer-Antennen Typ HL 025 (1 GHz bis 18 GHz) Fa. Rohde & Schwarz  
Dokumentation: Laserjet 4, Fa. Hewlett & Packard

### 3. Messergebnisse und ihre Bewertung

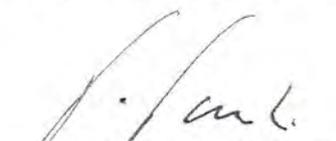
Die untersuchten Putze zeigten mit zunehmender Dicke auch eine wachsende Schirmdämpfung. So ergaben sich z.B. bei der D-Netz-Frequenz von 900 MHz und der E-Netz-Frequenz von 1800 MHz folgende Werte, welche besonders bei der dünnsten Putzdicke leicht von der Polarisierung der einfallenden Welle abhängig waren:

Produkt- bezeichnung	Schichtdicke	Frequenzbereiche			
		D-Netz vert.	D-Netz hor.	E-Netz vert.	E-Netz hor.
Lesando 1	ca. 0,75 mm	20 dB	17 dB	21 dB	18 dB
Lesando 2	ca. 1,5 mm	24 dB	24 dB	24 dB	24 dB
Lesando 2	ca. 2,2mm	25 dB	25 dB	24 dB	24 dB

Die Ursache der Dämpfungsunterschiede bei Lesando 1 liegt in der unumgänglichen Orientierung der Carbonfasern beim Auftragen des Putzes mit einer Zahnpachtel. Bei Lesando 2, bei dem 2 Schichten nacheinander aufgetragen wurde, ist dieser Effekt nicht mehr nachweisbar. Auch zeigt sich, dass eine weitere Putzschicht (Lesando 3) keinen nennenswerten Verbesserungen mehr bringt.

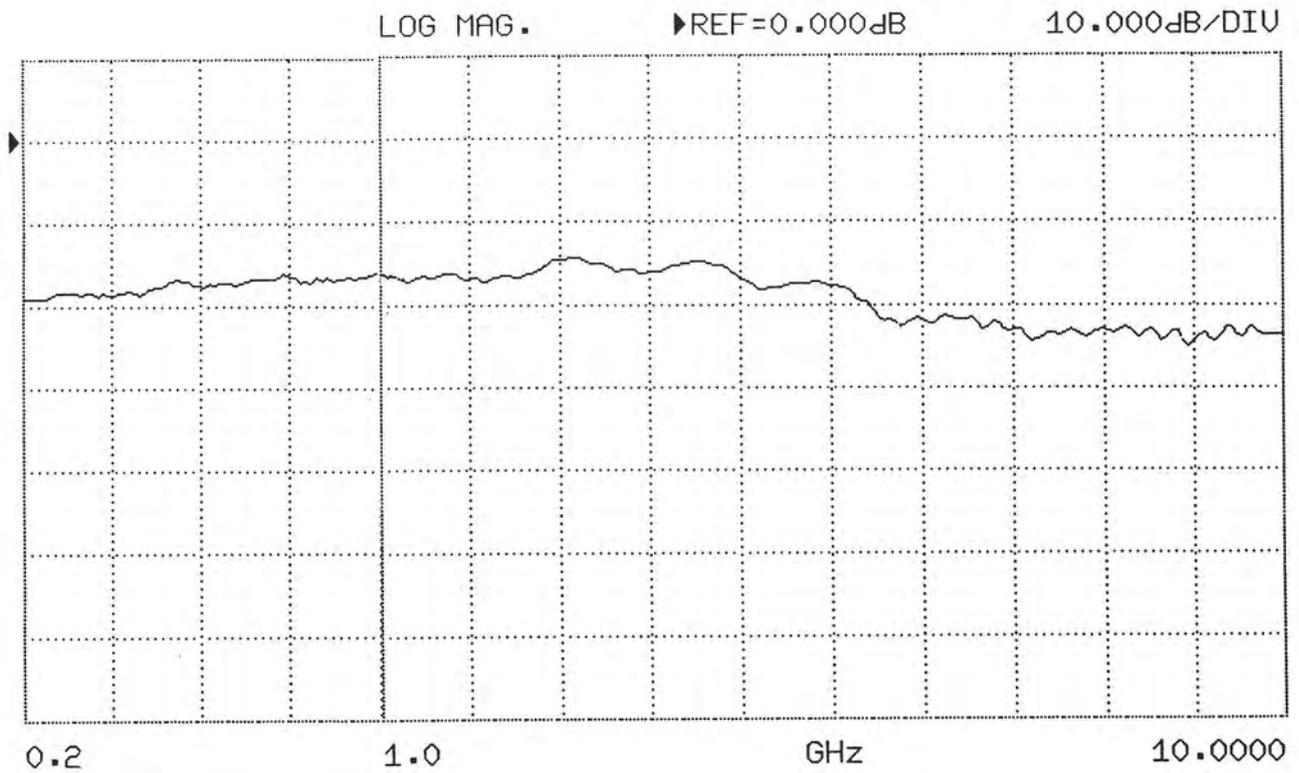
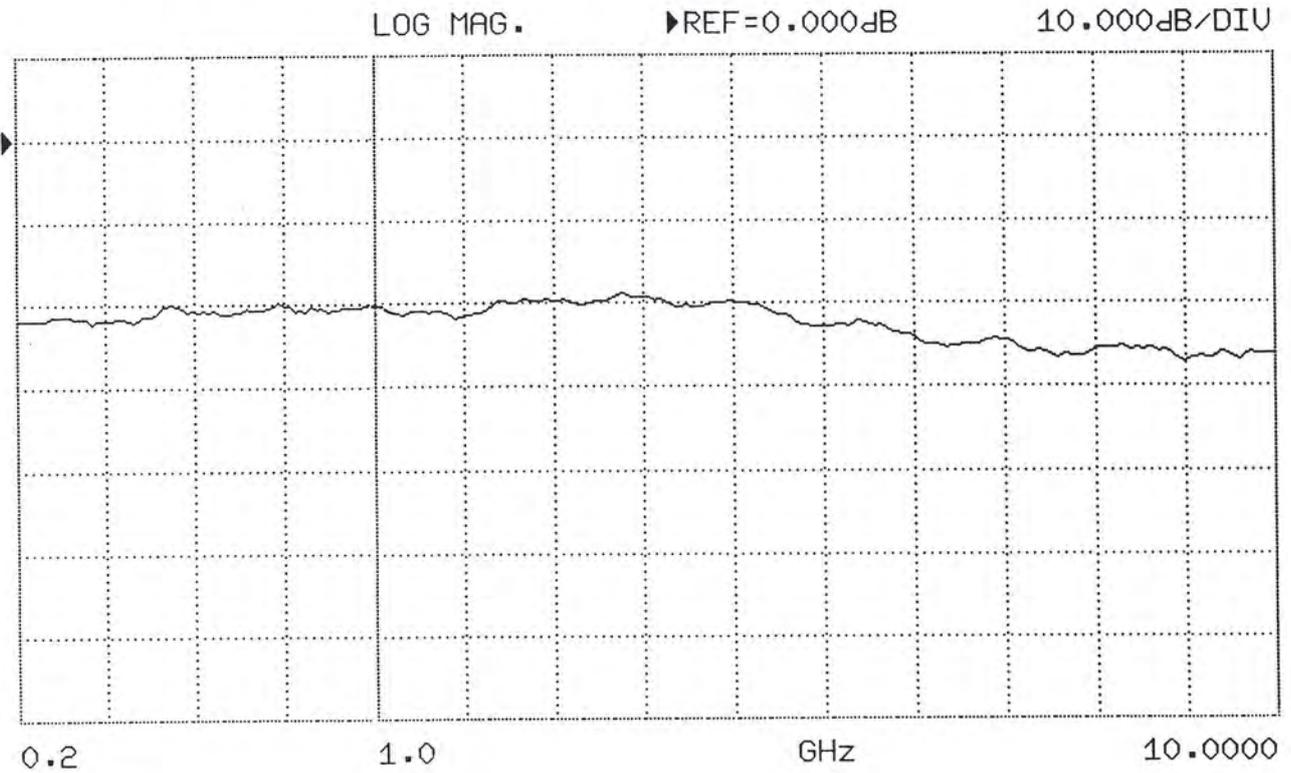
So kann zusammenfassend festgestellt werden, dass das Produkt Lesando 2 mit einer Putzstärke von ca. 1,5 mm mit ca. 24 dB Schirmdämpfung eine für den Baubereich als sehr gut einzustufende Schirmwirkung bietet: Es werden weniger als 0,4 % der Leistung durch den Putz hindurchgelassen, mehr als 99,6 % werden abgeschirmt.

Neubiberg, 11.11.2002

  
Prof. Dipl.-Ing. P. Pauli

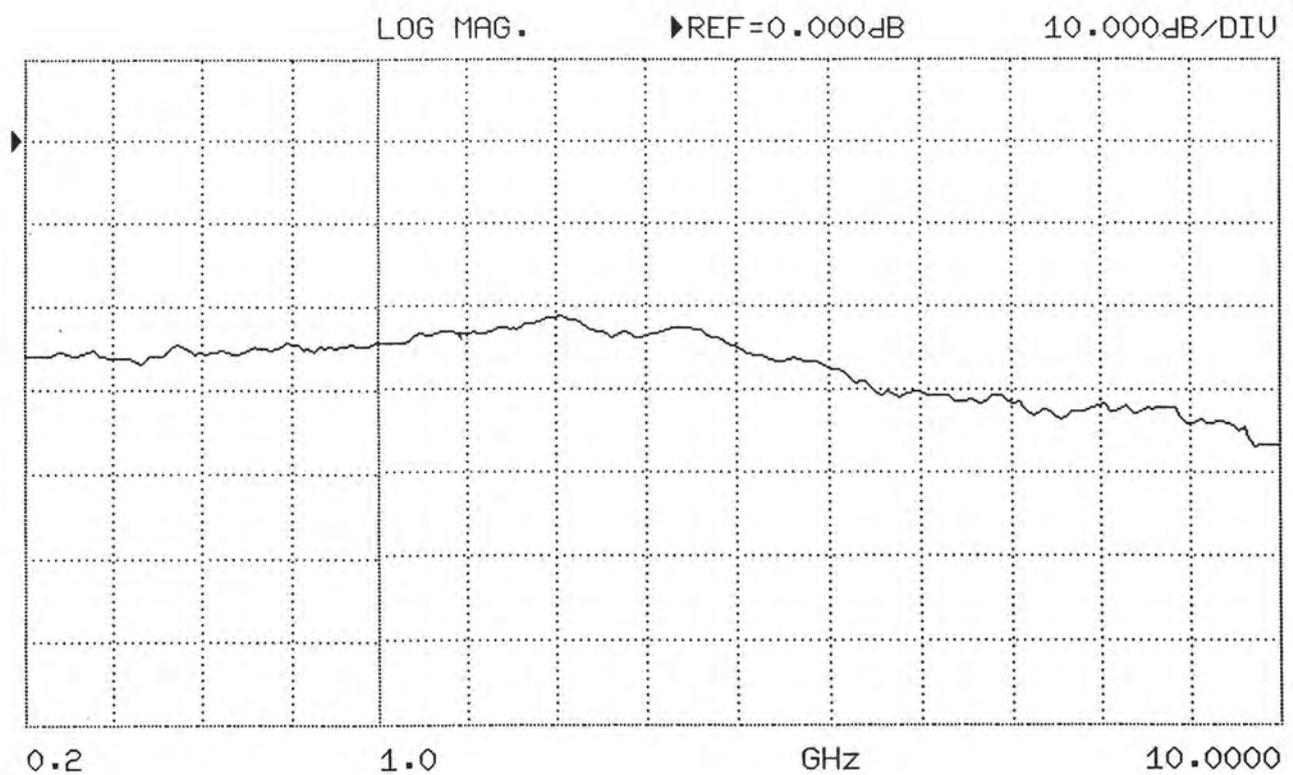
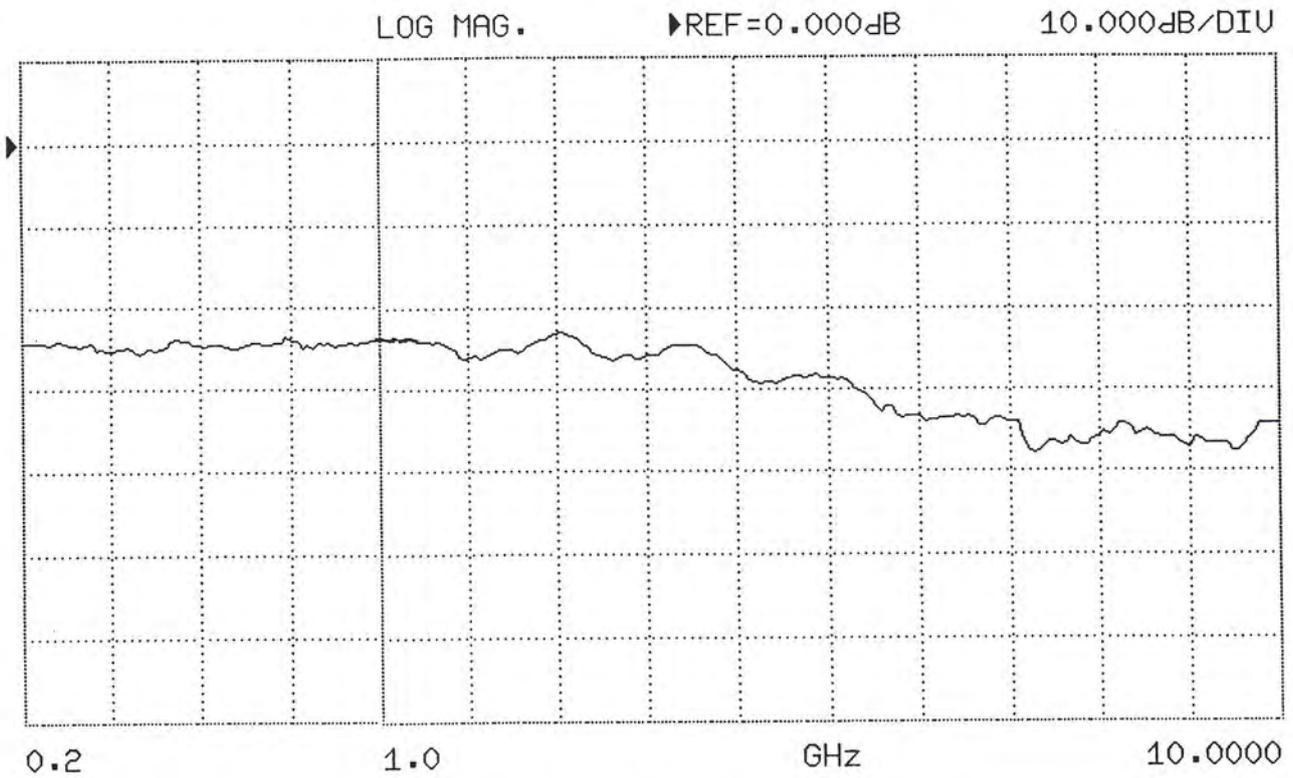
**Lesandro 1 (0,75 mm)**

Obere Messkurve mit vertikaler Polarisation und untere Messkurve mit horizontaler Polarisation ermittelt



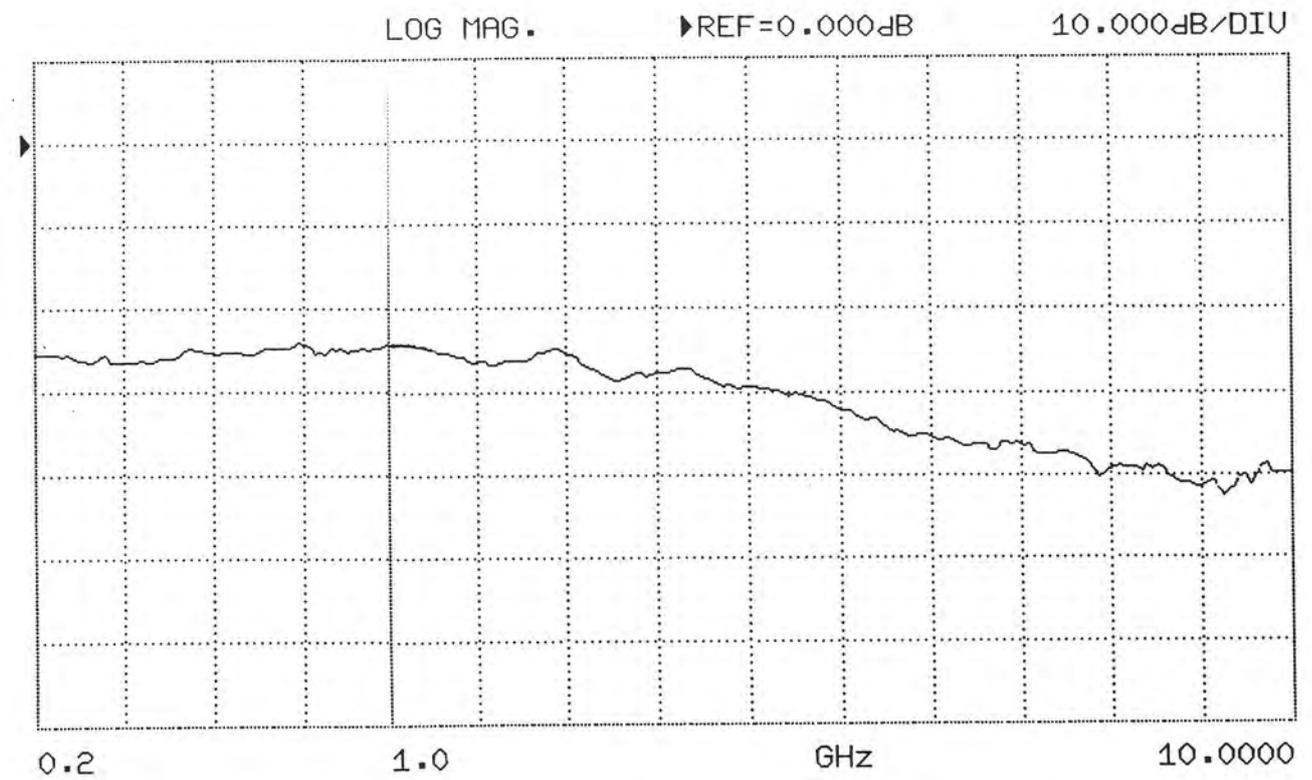
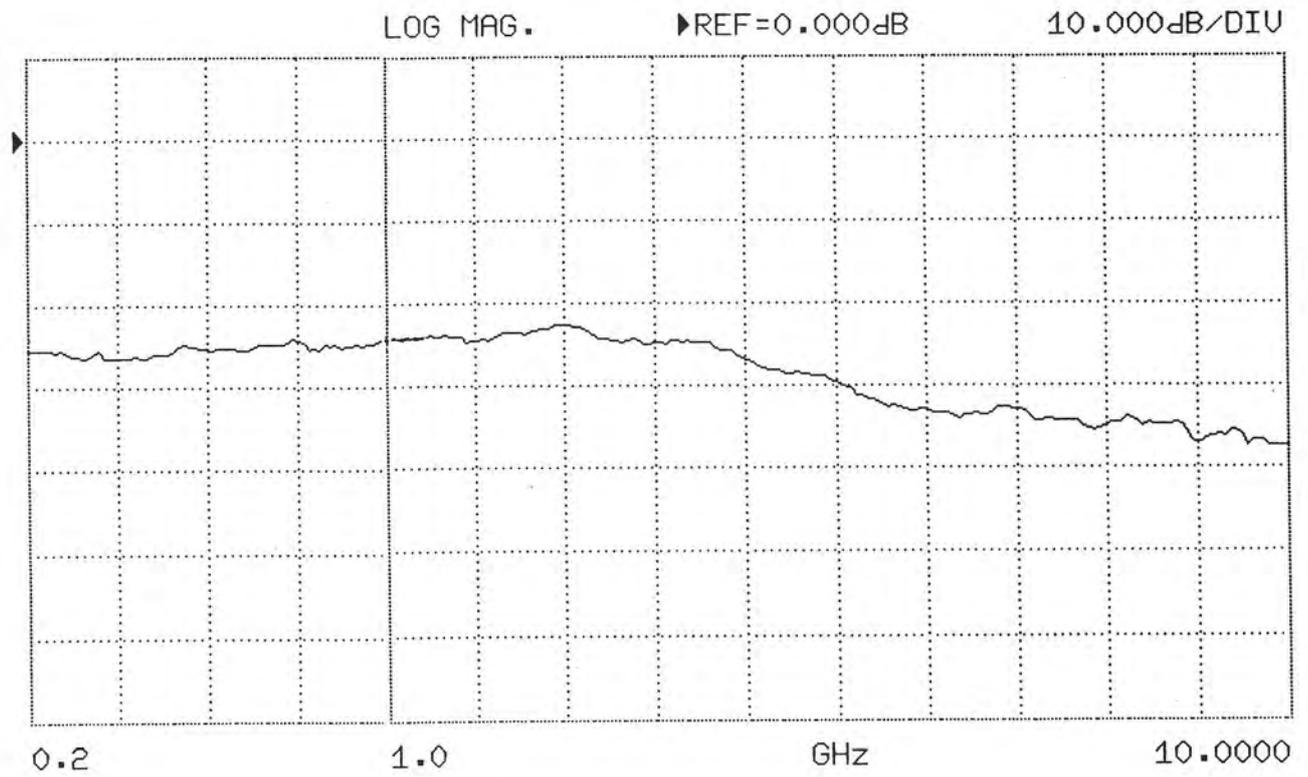
**Lesandro 2 (1,5 mm)**

Obere Messkurve mit vertikaler Polarisation und untere Messkurve mit horizontaler Polarisation ermittelt



**Lesandro 3 (2,2 mm)**

Obere Messkurve mit vertikaler Polarisation und untere Messkurve mit horizontaler Polarisation ermittelt



Kalibrierkurven zur erleichterten Ablesung der Messfrequenz an den jeweiligen Gitterlinien. Man beachte, dass im Frequenzbereich bis 1000 MHz der Frequenzlinienabstand 200 MHz beträgt, darüber, bis 10 GHz beträgt der Gitterlinienabstand je 900 MHz. Die horizontalen Pegellinien haben zueinander den Abstand 10 dB/DIV, die Null-Dezibel-Linie ist markiert.

(0-dB-Linie aus der Kalibrierung, bei der sich kein Messobjekt in der Messöffnung befand.

