

Analyse des Schirmdämpfungsmaßes von Kleingehäusen

für

ROLEC Gehäusesysteme Rose + Rose GmbH&CoKG

31725 Rinteln

von

Institut für Grundlagen der Elektrotechnik
und Meßtechnik der Universität Hannover

C. Westerkamp,
D. Peschke, R. Keibel, F. Wehrhahn,
H. Garbe

Appelstr. 9A
30167 Hannover
Tel.: 0511/762 4672
Fax.: 0511/762 3917

Appelstr. 9 A, 30167 Hannover Ruf: (0511) 762-4680 Fax: (0511) 762-3917

Berichtsart: Meßbericht

Datum:

Blatt 2

Berichter: Dipl.-Ing. Clemens Westerkamp

23.12.94

von 24

Betreff: Analyse des Schirmdämpfungsmaßes von Kleingehäusen

Zusammenfassung

Es wurden Kleingehäuse der Fa. ROLEC hinsichtlich ihres Schirmdämpfungsverhaltens untersucht. Die Gehäuse bestehen aus einer Aluminiumlegierung. Es sollten besonders verschiedene konstruktive Ausführungen des Übergangs zum Deckel untersucht werden.

Kriterium der Untersuchung war die Bestimmung des Schirmdämpfungsmaßes. Verglichen wurden zwei Bauformen, die sich in der Art der Oberflächenbehandlung der Kontaktflächen unterscheiden. Zusätzlich wurde die Abhängigkeit des Schirmdämpfungsmaßes von verschiedenen Parametern wie Verschlußmethode, Dichtungsart und Überlappung der Gehäusedeckel untersucht.

Die Ergebnisse zeigen die Überlegenheit der neuartigen Gehäuseart (ca. 50 dB) gegenüber der bisherigen (ca. 20 dB) bezüglich des Schirmdämpfungsmaßes. Allerdings kommt den Verschlüssen und den Dichtungen entscheidende Bedeutung zu. Optimale Dämpfungswerte bis 50 dB können mit mehreren Verschluß/Dichtungsalternativen erzielt werden, so daß eine Auswahl nach Handhabbarkeit oder Kostenvorteil getroffen werden kann.

Die Untersuchung der unterschiedlich langen Überlappungen der Gehäusedeckel zeigte, daß diese einen eher untergeordneten Einfluß auf das Schirmdämpfungsmaß haben.

Schließlich stellten sich bei der Betrachtung des Schirmdämpfungsmaßes Unterschiede zwischen Schraub- oder Spannverschlüssen mit unterschiedlichen Federn heraus, die deutlich von der Dichtungsart abhängig waren.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	2
Inhaltsverzeichnis	3
1 Theoretische Grundlagen	4
2 Beschreibung des Versuchsaufbaus	6
2.1 Messverfahren mit Feldsensor	6
2.2 Messverfahren mit Stripline	7
3 Darstellung und Auswertung der Meßergebnisse	8
3.1 Auswerteverfahren	9
3.2 Darstellung und Vergleich der Meßergebnisse	9
3.2.1 E-Feldsensor versus Stripline	9
3.2.2 Einfluß der Deckellage	9
3.2.3 Einfluß der Dichtungen	12
3.2.4 Einfluß der Verschlußart	13
3.2.5 Einfluß der Deckelüberlappung	17
Anhang	
A Aufstellung der Geräte für die erste Meßmethode	20
B Aufstellung der Geräte für die zweite Meßmethode	21
C Gehäusebeschreibung	22
D Literaturverzeichnis	24

Die Aufgabe bei der Schirmdämpfungsmessung besteht darin, die Wirksamkeit einer Abschirmeinrichtung zu verifizieren. Hierzu wird ein definiertes Feld erzeugt. Dies Feld wird dann mit einer Feldmeßeinrichtung erfaßt. Eine zweite Messung wird bei ansonsten unveränderten Bedingungen nach Anbringen der Schirmvorrichtung vorgenommen. In Fällen, in denen die bestehende Abschirmung nicht entfernt werden kann, wird eine Vergleichsmessung mit einem zweiten, identischen Aufbau ohne Schirmung durchgeführt. Aus dem Vergleich der beiden Meßwerte läßt sich das Schirmdämpfungsmaß berechnen.

Für elektrische Felder lautet die Berechnungsvorschrift

$$a_S = 20 \cdot 10 \log \left| \frac{E_a}{E_i} \right| \quad (\text{in dB}) \quad (1)$$

Für magnetische Felder

$$a_S = 20 \cdot 10 \log \left| \frac{H_a}{H_i} \right| \quad (\text{in dB}) \quad (2)$$

In beiden Fällen bezieht sich der Index a auf das Feld ohne und der Index i auf das Feld mit Schirmung.

Als definiertes Feld dient üblicherweise das Feld einer ebenen TEM-Welle, das dem Fernfeld eines weit entfernten Senders entspricht. Da die Feldstärken im Fernfeld eines normalen Radiosenders auch in mäßig geschirmten Räumen zu schwach sind, bedient man sich der TEM- oder GTEM-Zellen. Beide sind Wellenleiteranordnungen in verschiedener Ausführung. Diese erlauben auf begrenztem Raum die Realisierung eines ebenen, homogenen TEM-Feldes. Für die Beschreibung des Feldes ist es ohne Belang, ob die magnetische oder die elektrische Feldkomponente gemessen wird, da diese in einer eindeutigen Beziehung zueinander stehen. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurde wegen der geringeren Feldverzerrung die Messung der E-Komponente gewählt. Für die Bestimmung des Schirmungsgrades von abgeschirmten Räumen gibt es nur wenige Normen oder Meßvorschriften. Die bekannteste ist die MIL-STD-285, die 1956 vom amerikanischen Verteidigungsministerium herausgegeben wurde. Sie bezieht sich auf Schirmungsgehäuse mit einer Größe ab ca. einem Meter, so daß man bei kleineren Objekten die Meßvorschriften nur sinngemäß anwenden kann.

Für die Anordnung der Meßpunkte innerhalb des geschirmten Raumes schreibt MIL-STD-285 definierte Punkte vor, die sich auf kleine Objekte schlecht übertragen lassen. Die Forderung, einen Mindestabstand von 30 cm von den Wänden des Raumes einzuhalten, kann im Falle der hier vorliegenden Kleingehäusen nicht eingehalten werden.

Andere Normen, z.B. die NSA-No. 65-6, VG 95370 Teil 15 und IEEE 299 basieren auf der genannten MIL-STD-285 und weichen aber im betrachteten Frequenzbereich und Meßmethode leicht ab.

2 Beschreibung des Versuchsaufbau

2.1 Messverfahren mit Feldsensor

Die Bestimmung des Schirmdämpfungsmaßes der Kleingehäuse wurde innerhalb einer GTEM-Zelle vorgenommen. Dabei wurde in der GTEM-Zelle ein TEM-Feld erzeugt, dessen Feldstärke innerhalb der Gehäuse sowohl mit als auch ohne Deckel mit einem in der Mitte angebrachten E-Feldsensor gemessen wurde.

Wegen der Frequenzabhängigkeit der benutzten Leistungsverstärker wurde ein Meßsystem mit einem Spannungsregelkreis aufgebaut. Es dient dazu, die Prüffeldstärke am Objekt konstant zu halten. Dies ist der Fall, wenn die Eingangsspannung der Zelle konstant ist.

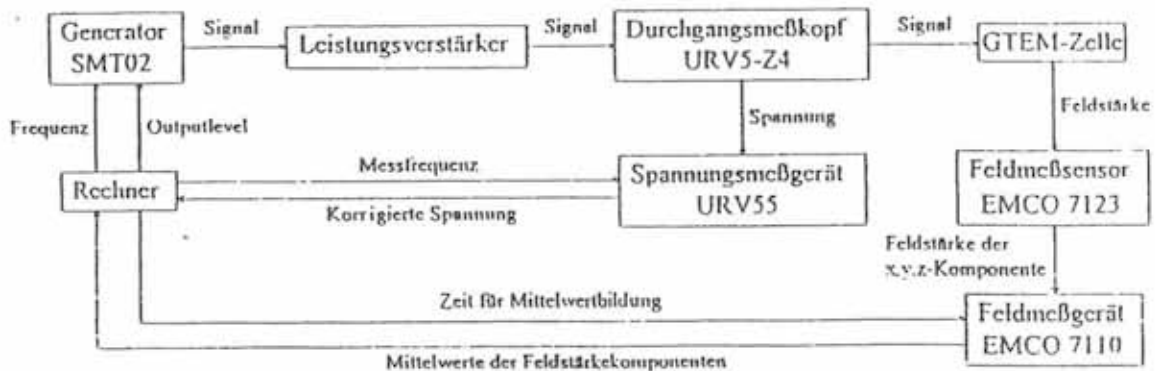


Bild 2.1: Erster Meßaufbau mit E-Feldsensor (aus Kluth [4])

Das Meßsystem besteht aus den im Anhang A aufgeführten Komponenten. Zur Stabilisierung der Spannungsamplitude über dem Frequenzbereich wird der Regelkreis, bestehend aus Rechner, Leistungsverstärker, Meßkopf und Spannungsmessgerät, benutzt. Dies ist erforderlich, da die Spannung am Eingang der Zelle durch den Frequenzgang des Leistungsverstärkers und evt. durch Reflexionen innerhalb der Zelle beeinflusst werden kann.

Der Meßkreis, bestehend aus Rechner, Signalgenerator, Leistungsverstärker, GTEM-Zelle und Feldmeßeinheit, erfaßt den Amplitudengang des elektrischen Feldes. Quelle des Signals ist der Signalgenerator. Mit dem steuerbaren Leistungsverstärker wird die Amplitude des Signals auf den gewünschten Wert eingestellt. In der GTEM-Zelle entsteht ein transversales, elektromagnetisches Feld, dessen elektrische Feldstärke mit dem EMCO-Feldmeßsystem gemessen wird. Der Feldverlauf wurde über den

Frequenzbereich von 100 kHz bis 1000 MHz bei einer Schrittweite von 5 MHz ermittelt.

2.2 Messverfahren mit Stripline

Die Meßmethode mit E-Feldsensor erwies sich nach ersten Untersuchungen als zu unempfindlich. Die hohe Schirmungsdämpfung der neuen Gehäuse führte zu einem Restfeld im Innern, das unterhalb der Empfindlichkeitsschwelle des Sensors lag. Der E-Feldsensor wurde daher nur zu Vergleichszwecken bei dem älteren Gehäusotyp eingesetzt. Wegen der beschriebenen Probleme wurde eine zweite, neuartige Meßmethode eingesetzt.

Hierbei wurde in die Gehäuse eine mit 50Ω abgeschlossene Stripline eingebaut. Diese Stripline wurde mit dem Trackingsignal eines Netzwerkanalysators beaufschlagt, dessen Meßeingang mit dem 50Ω -Ausgang der GTEM-Zelle verbunden war. Mit anderen Worten, es wurde mit der Stripline als Sender und der GTEM-Zelle als Sensor ein Frequenzgang aufgenommen. Die um Größenordnungen höhere Empfindlichkeit der Anordnung rechtfertigte dieses Vorgehen.

Eine Prinzipskizze des Aufbaus nach der zweiten Meßmethode zeigt folgendes Bild

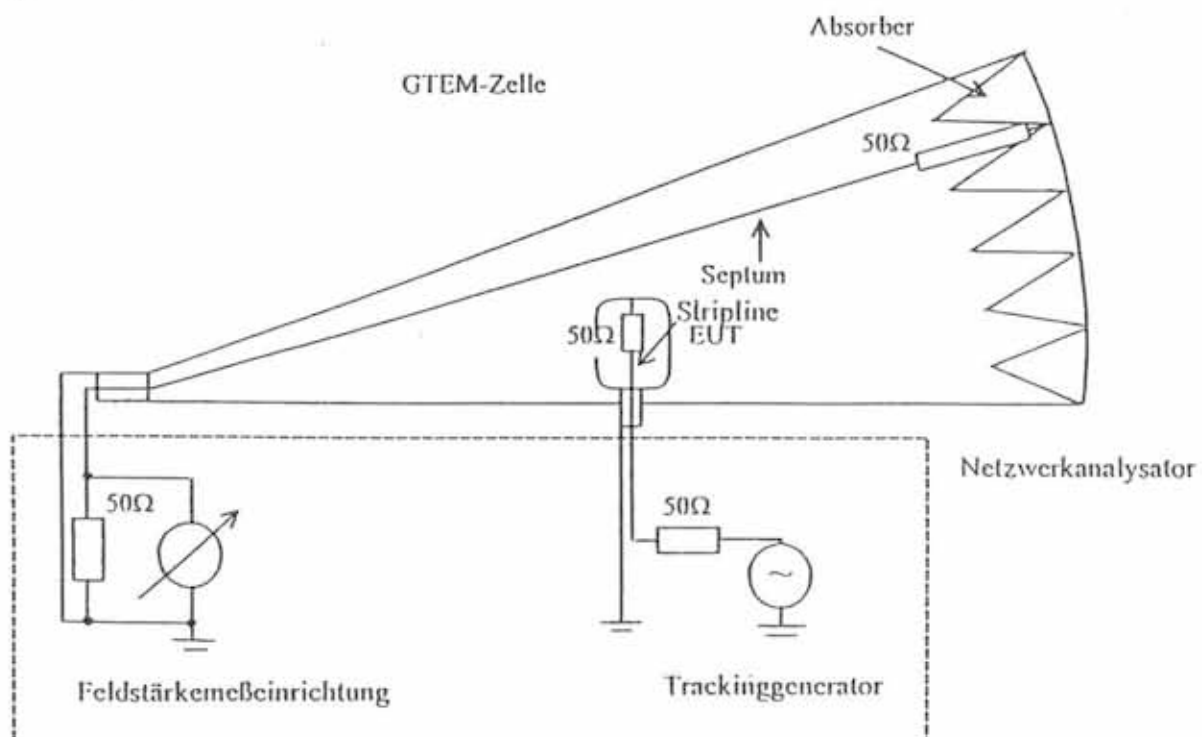


Bild 2.2: Zweiter Meßaufbau mit Eigenbaustripline und Netzwerkanalysator (Bild Keibel)

Der Meßaufbau bestand aus einem Rechner, dem Netzwerkanalysator einschließlich zugeschaltetem Trackinggenerator, der GTEM-Zelle und der mit 50Ω abgeschlossenen Stripline, die in das jeweils zu messende Gehäuse eingelötet wurde.

Aus dem Reziprozitätsgesetz ergibt sich die Gleichwertigkeit der Messung von eingestrahelter Innenfeldstärke im Gehäuse (erste Meßmethode) und der Messung der vom Gehäuse abgestrahlten Außenfeldstärke (zweite Meßmethode) jeweils mit und ohne Deckel. Der Trackinggenerator speiste eine konstante Spannung in das Gehäuse mit Stripline ein. Der Rechner nahm die vom Netzwerkanalysator gemessenen Amplitudenverläufe in Abhängigkeit von der Frequenz auf.

Den Aufbau der Stripline erkennt man in der folgenden Abbildung

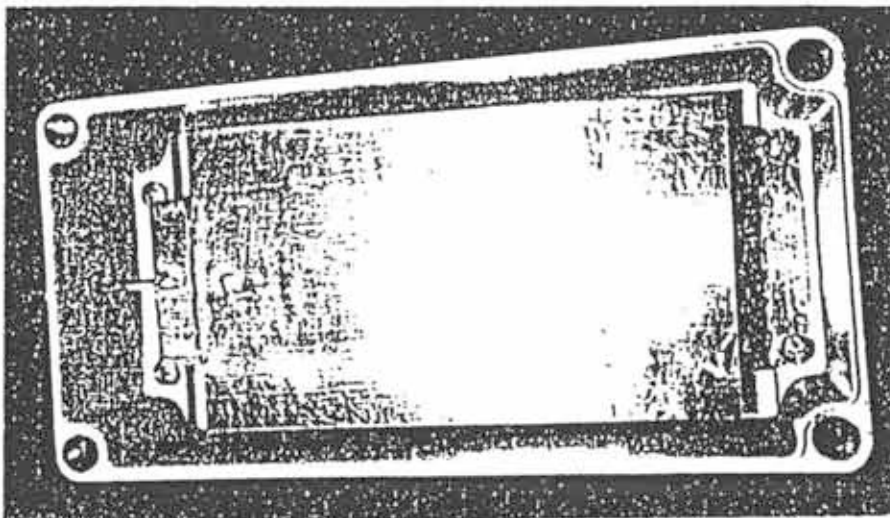


Bild 2.3: Stripline in Kleingehäuse mit $6 \times 300 \Omega$ parallelen Abschlußwiderstände

3 Darstellung und Auswertung der Meßergebnisse

Zunächst wird erläutert, wie aus den Meßergebnissen das gewünschte Schirmdämpfungsmaß ermittelt wurde. Dabei ist zu berücksichtigen, daß bei Dämpfungsmessungen der Frequenzgang der verwendeten GTEM-Zelle wegen der Relativmessung prinzipiell keine Rolle spielt. Danach werden die Meßergebnisse in Form von Frequenzgangkurven des Schirmdämpfungsmaßes dargestellt.

3.1 Auswerteverfahren

Da bei den Untersuchungen Frequenzgangkurven über einen großen Frequenzbereich aufgenommen werden sollten, war die Weiterverarbeitung mit einem Rechner unerlässlich. Bei der ersten Meßmethode mit dem E-Feldsensor geschah dies, indem die Werte des HF-mV-Meters über eine IEC-Bus-Schnittstelle in einen PC übertragen und dort verarbeitet wurden. Dies geschah innerhalb des Mathematikprogramms Matlab, mit dem auch die Grafikausgabe im HPGL-Format realisiert wurde.

Bei der Auswertung der zweiten Meßmethode wurden die vom Spectrum Analyzer gelieferten Daten ebenfalls über eine IEC-Bus-Schnittstelle in den Rechner übertragen und dort auf die beschriebene Art weiterverarbeitet.

3.2 Darstellung und Vergleich der Meßergebnisse

3.2.1 E-Feldsensor versus Stripline

Zunächst soll ein Vergleich der beiden Meßmethoden Aufschluß über die Übereinstimmung der Ergebnisse liefern. Im folgenden Diagramm werden die Ergebnisse für das Schirmdämpfungsmaß unter Verwendung der ersten (strichpunktierte Linie) und der zweiten (durchgezogene Linie) Meßmethode dargestellt:

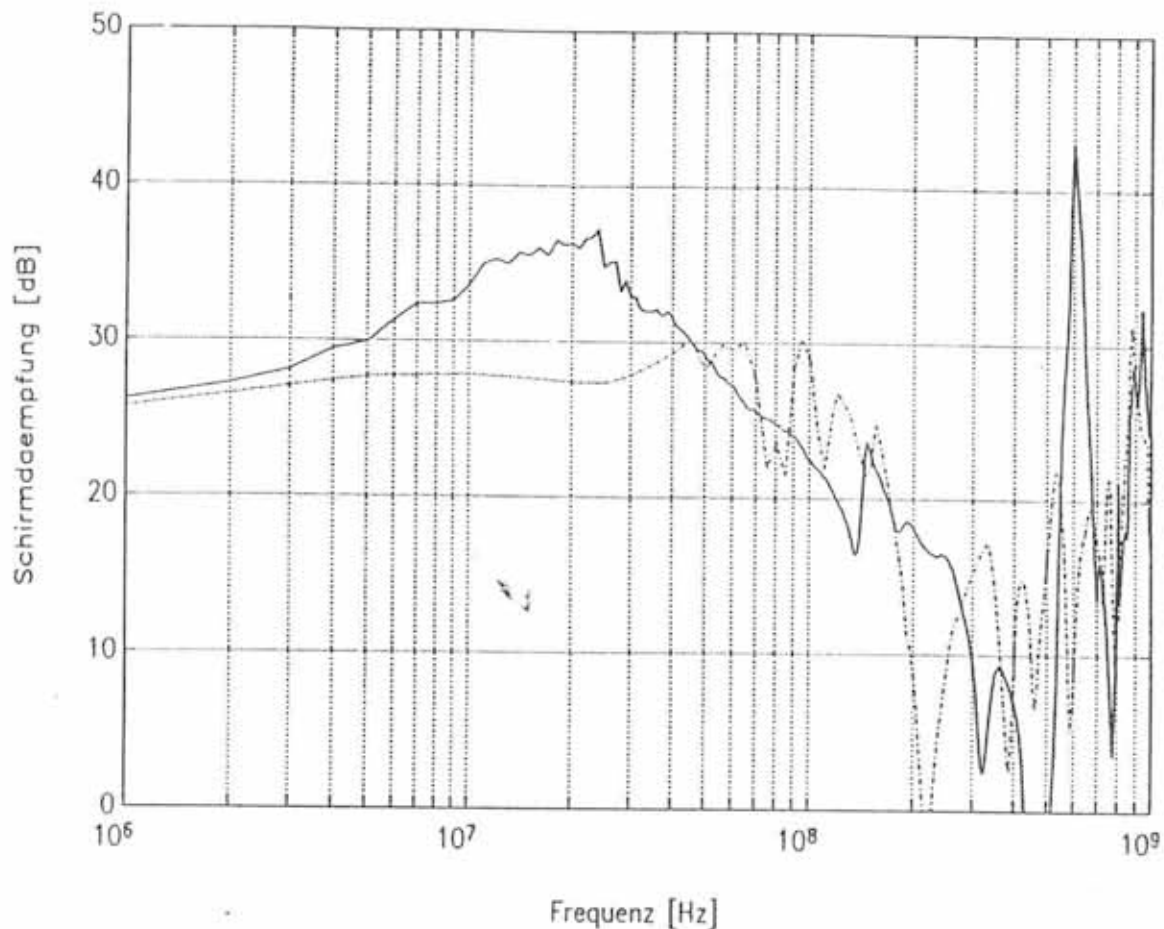


Bild 3.1: Vergleich der Ergebnisse der beiden Meßmethoden am Beispiel eines Gehäuses der alten Bauform

Man erkennt, daß beide Meßmethoden den Frequenzgang ähnlich wiedergeben. Bei der Beurteilung der Ergebnisse der E-Feldsensormessung muß berücksichtigt werden, daß scharfe Resonanzen durch das Frequenzintervall von 5 MHz schlecht erfaßt werden können und sich die Kurvenformen aus diesem Grund nennenswert unterscheiden. Die nun folgenden Untersuchungen wurden nur mit der zweiten Meßmethode durchgeführt.

Für das Schirmdämpfungsmaß des gemessenen alten Gehäuses ergeben sich Werte um 20 dB, die einer geringen Schirmwirkung entsprechen.

3.2.2 Einfluß der Deckellage

Bei der Untersuchung des alten Gehäuses zeigte sich weiterhin, daß die Werte für das Schirmdämpfungsmaß zufällig von der Montage mit den Spannverschlüssen abhängen. Dies wird im nächsten Diagramm deutlich, bei dem das Schirmdämpfungsmaß für drei Po-

sitionen, bei denen der Deckel um jeweils 180° weitergedreht wurde, gemessen wurde.

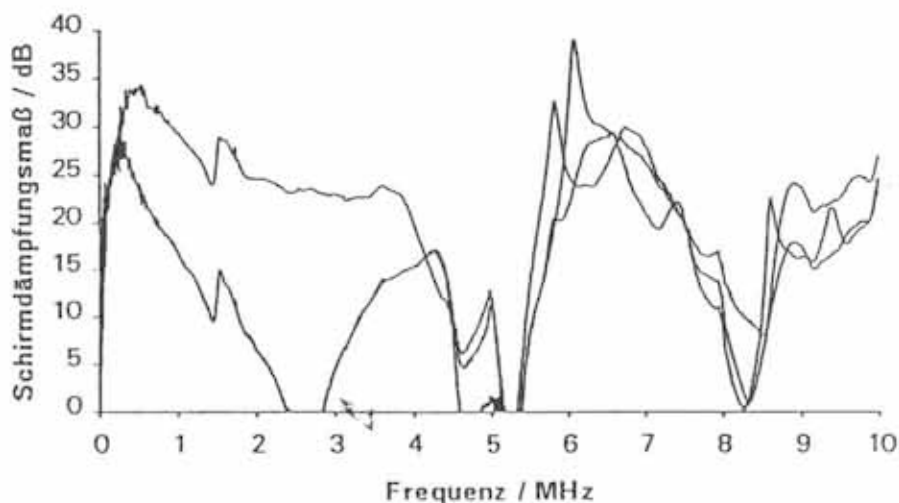


Bild 3.2: Schirmdämpfungsmaß des alten Gehäuses bei zweimal um 180° gedrehten Deckel

Deutlich ist zu sehen, daß das Schirmdämpfungsmaß bei den identischen Positionen (strichpunktiert und gestrichelt) bis ca. 500 MHz übereinstimmt und danach leichte Unterschiede aufweist. Der Vergleich mit der durchgezogenen Linie, die einer Montage um 180° verdreht entspricht, zeigt eine deutliche Abweichung von teilweise über 20 dB. Dies weist darauf hin, daß bei den alten Gehäusen der Kontakt zwischen Gehäuse und Deckel nur durch die Spannverbindungen relativ unsicher hergestellt wird.

3.2.3 Einfluß der Dichtungen

Die nächste Untersuchung sollte Aufschluß über die bei verschiedenen Dichtungsarten erzielbaren Werte für das Schirmdämpfungsmaß des neuen Gehäuses geben. Diese Messungen wurden an einem Gehäuse mit der Bezeichnung *ROLEC Neu 0.0* durchgeführt.

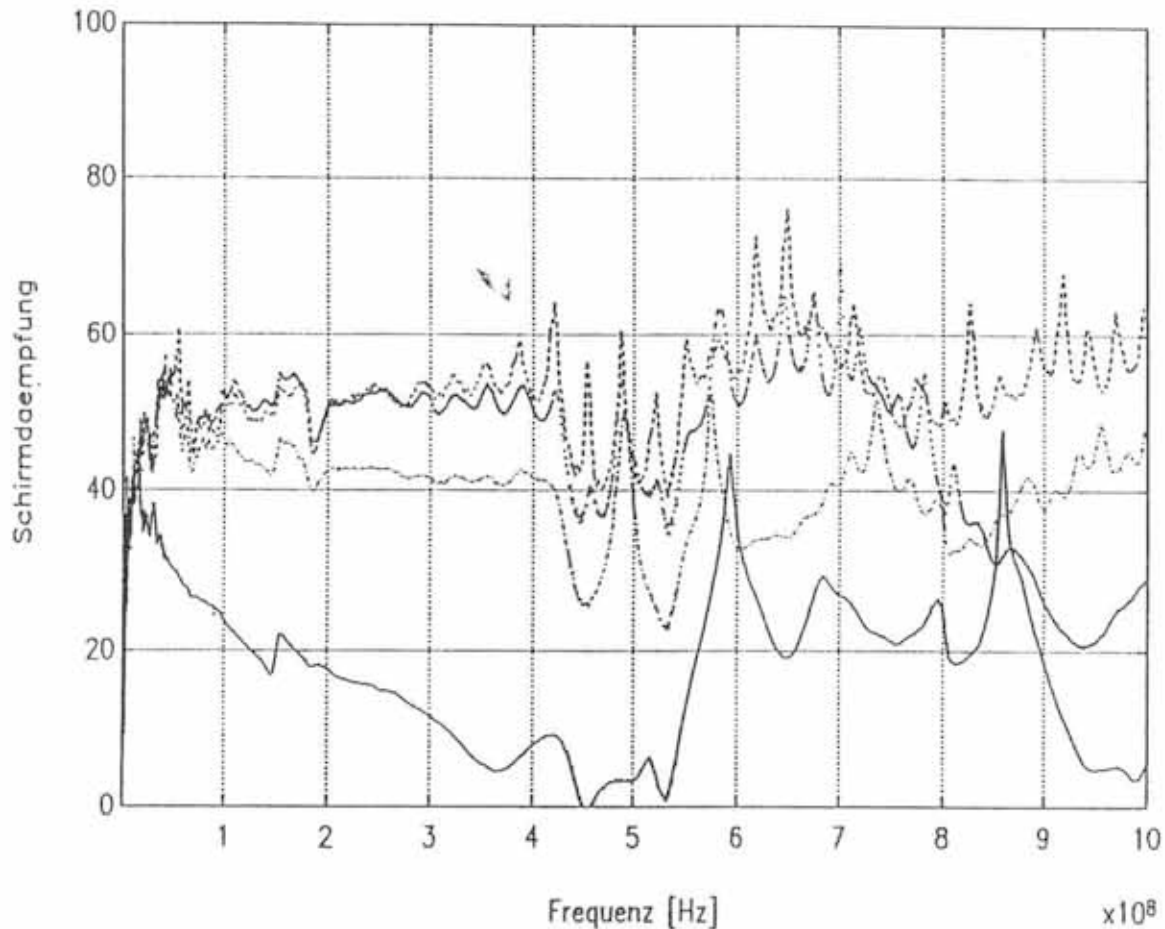


Bild 3.3: Schirmdämpfungsmaß bei verschiedenen Dichtungs- und Verschlusarten bei einem neuen Gehäuse vom Typ *Rolec Neu 0.0*

Die Dichtungsarten sind in der Reihenfolge des fallenden Schirmdämpfungsmaßes (von oben nach unten) bezeichnet:

- Spannverschlüsse, leitende Dichtung (- - - - -)
- Schrauben normale Dichtung (.)
- Spannverschlüsse, ohne Dichtung (· - - - -)
- Spannverschlüsse, normale Dichtung (—————)

Die neue Gehäusebauart ermöglicht Schirmdämpfungsmaße zwischen 40 und über 50 dB, wenn man von der ungünstigen Kombination, Spannverschlüsse mit normaler Dichtung, absieht. Es ist also

gegenüber dem alten Gehäuse ein deutlicher Anstieg der Schirmwirkung zu verzeichnen.

Der schlechte Wert beim Einsatz einer normalen Dichtung ist leicht erklärlich, da diese Dichtung eine Gegenkraft zu den Spannverschlüssen ausübt, so daß der Kontakt zwischen Gehäuse und Deckel schlechter werden muß. Werden anstelle der Spannverschlüsse Schrauben eingesetzt, so tritt dieses Problem nicht auf. Im Gegenteil, es wird durch diese Montageart auch gegenüber Spannverschlüssen ohne Dichtung ein Dämpfungsgewinn von ca. 10 dB erzielt.

Die besten Schirmungswerte von durchschnittlich 50 dB werden erwartungsgemäß beim Einsatz einer leitenden Dichtung erreicht. Hier fällt auch der Einbruch ab 750 MHz am geringsten aus. Bei allen Dichtungsarten sind leichte Einbrüche bei 450 MHz und 540 MHz zu verzeichnen.

3.2.4 Einfluß der Verschußart

In einer weiteren Meßreihe sollte die Möglichkeit untersucht werden, mit Spannverschlüssen, die durch verstärkte Federn eine höhere Anpreßkraft aufweisen, die Dämpfungswerte der geschraubten Montageart zu erreichen. Die folgenden Diagramme zeigen den Erfolg dieser Maßnahme.

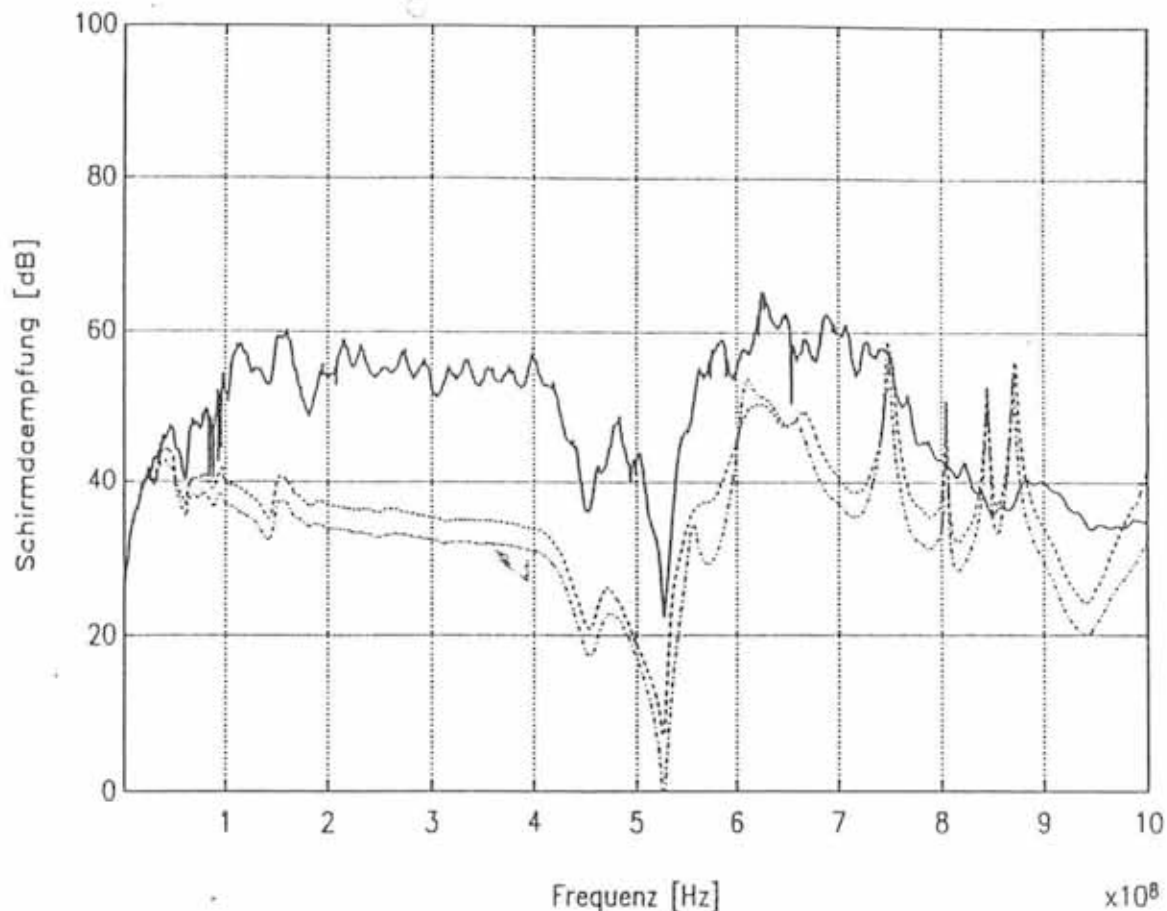


Bild 3.4: Schirmdämpfungsmaß bei Einsatz normaler bzw. verstärkter Spannverschlüsse sowie Schraubverbindungen Gehäuse *Rolec Neu 0.0* ohne Dichtung

- Schraubverbindung (—————)
- Spannverschlüsse, normale Feder (- - - - -)
- Schraubverbindung, verstärkte Feder (.)

Hier ist zu erkennen, daß der Dämpfungsgewinn bei verstärktem Anpreßdruck der Federn in den Spannverschlüssen gering bleibt (ca. 3 dB). Die Schraubverbindung ist auch dieser Kombination überlegen. Zu berücksichtigen ist, daß der verstärkte Spannverschluß zumindest beim Einsatz von Schlitzschrauben in der Montage problematisch und einige Kraft erfordert.

Eine ähnliche Untersuchung, allerdings unter Verwendung einer normalen Dichtung, zeigt deutlichere Unterschiede in den Werten für das Schirmdämpfungsmaß bei unterschiedlichen Anpreßkräften der Federn. Dies ist auf der nächsten Seite zu sehen.

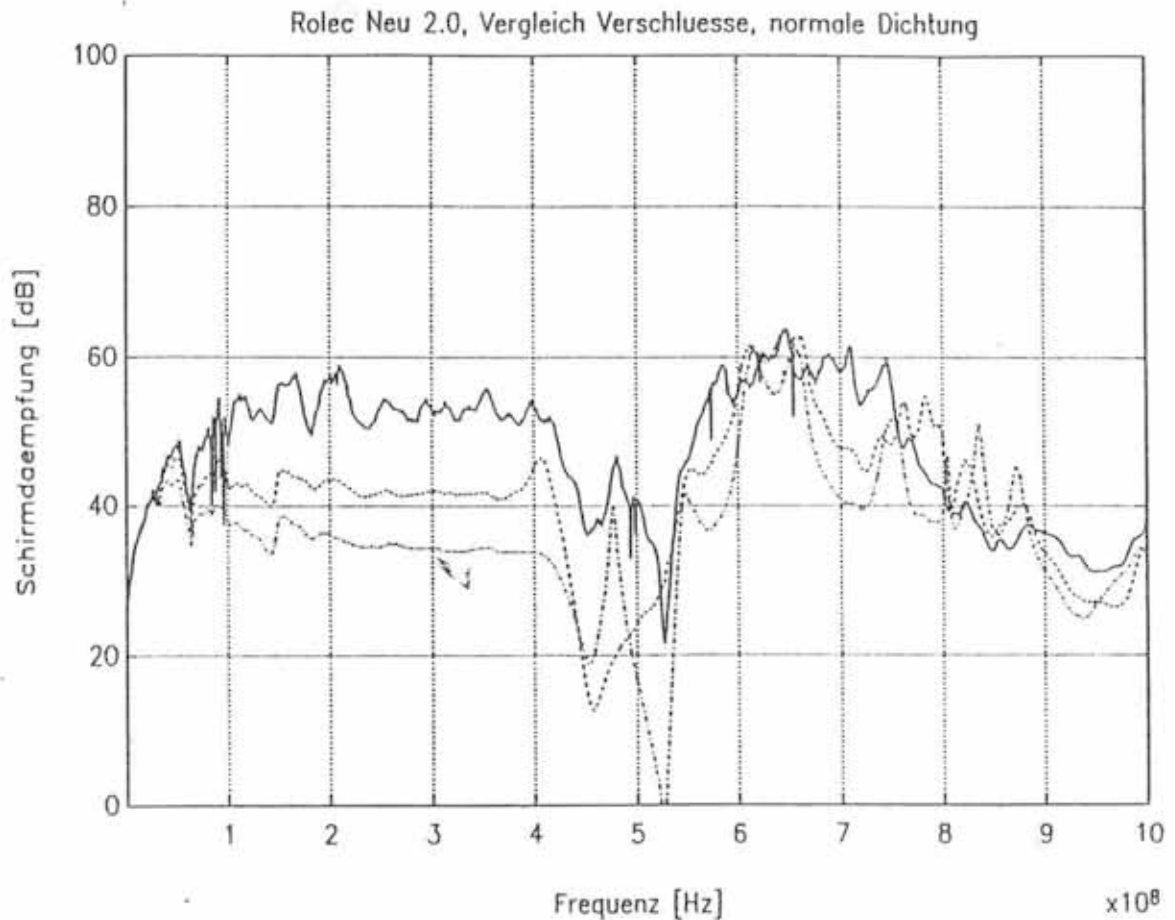


Bild 3.5: Schirmdämpfungsmaß bei Einsatz normaler bzw. verstärkter Spannverschlüsse sowie Schraubverbindung Gehäuse Rolec Neu 0.0, normale Dichtung

- Schraubverbindung (—————)
- Spannverschlüsse, normale Feder (- - - - -)
- Schraubverbindung, verstärkte Feder (. - . - . - .)

Der Dämpfungsgewinn bei verstärktem Anpreßdruck liegt nun bei ca. 8 dB. Diese Steigerung ist leicht zu erklären, denn der Einfluß einer verstärkten Anpreßkraft spielt beim Vorliegen einer normalen (isolierenden) Dichtung eine größere Rolle. Wieder ist die Schraubverbindung überlegen. Eine letzte Untersuchung dieser Art sollte die Unterschiede zwischen den Verschlussarten beim Einsatz von leitenden Dichtungen klären. Die Ergebnisse sind auf der nächsten Seite zu sehen.

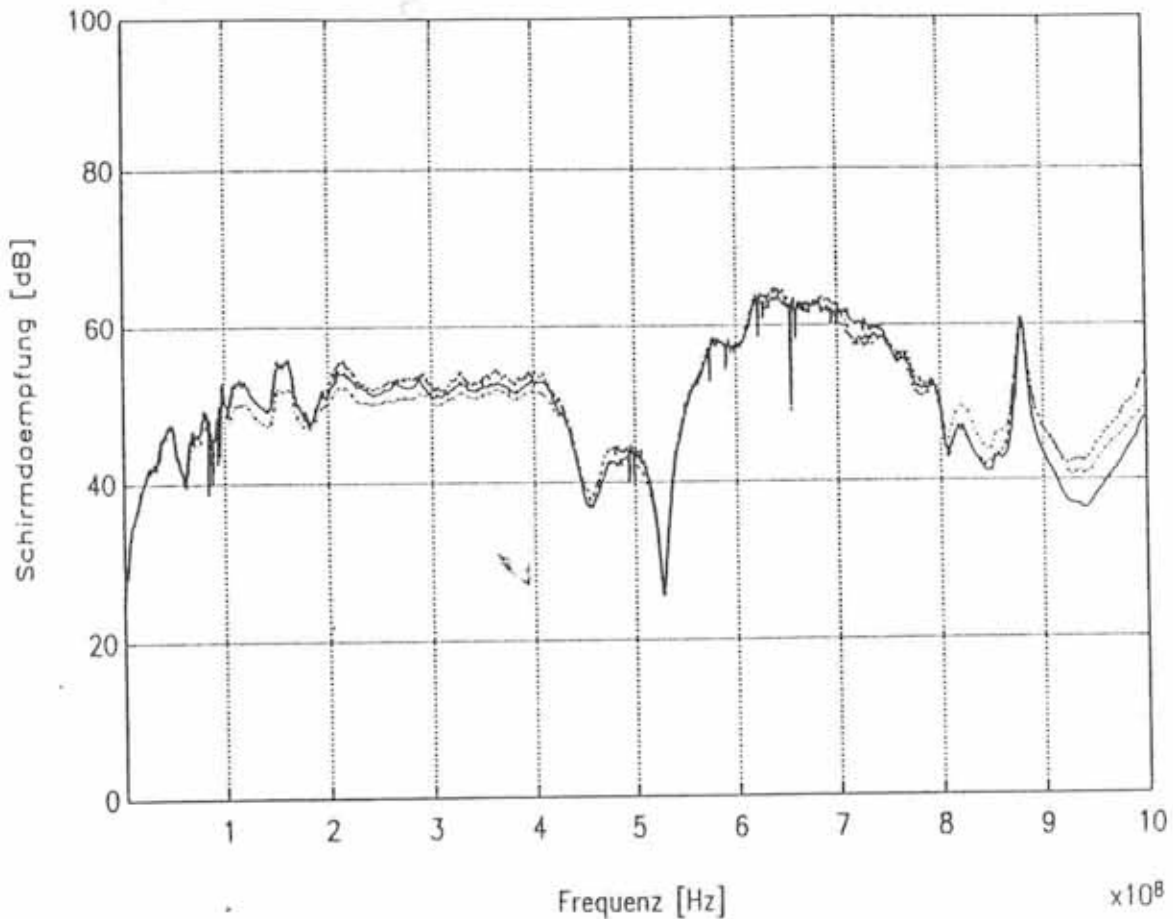


Bild 3.6: Schirmdämpfungsmaß bei Einsatz normaler bzw. verstärkter Spannverschlüsse sowie Schraubverbindung Gehäuse Rolec Neu 0.0 ohne Dichtung

- Schraubverbindung (—————)
- Spannverschlüsse, normale Feder (- - - - -)
- Schraubverbindung, verstärkte Feder (.)

Hier zeigt sich, daß das Schirmdämpfungsmaß bei allen Verschlußarten im Bereich von 50 dB liegt. Unterschiede zwischen den Verbindungen liegen im Bereich von 3 dB und sind damit zu vernachlässigen.

Zusammenfassend kann zu den Verschlußarten gesagt werden, daß nur beim Einsatz leitender Dichtungen Dämpfungen von 50 dB garantiert werden können. Bei normaler und fehlender Dichtung ist die Schraubmontage den Spannverschlüssen weit überlegen. Einen bei verringerten Ansprüchen brauchbaren Kompromiß stellt die Kombination normale Dichtung/verstärkter Spannverschluß dar. Damit können bis auf den Bereich um 500 MHz Werte von über 40 dB erreicht werden.

3.2.5 Einfluß der Deckelüberlappung

Abschließend soll nun der Einfluß einer Variation der Überlappung des Deckels mit dem Innenteil des Gehäuses geklärt werden. Dazu wurden für fünf verschiedene Überlappungen zwischen 0 und 2 mm der Frequenzgang des Schirmdämpfungsmaßes aufgenommen und dargestellt. Wieder waren deutliche Unterschiede beim Einsatz unterschiedlicher Dichtungsarten erkennbar. Die Ergebnisse ohne Dichtung zeigt folgendes Bild.

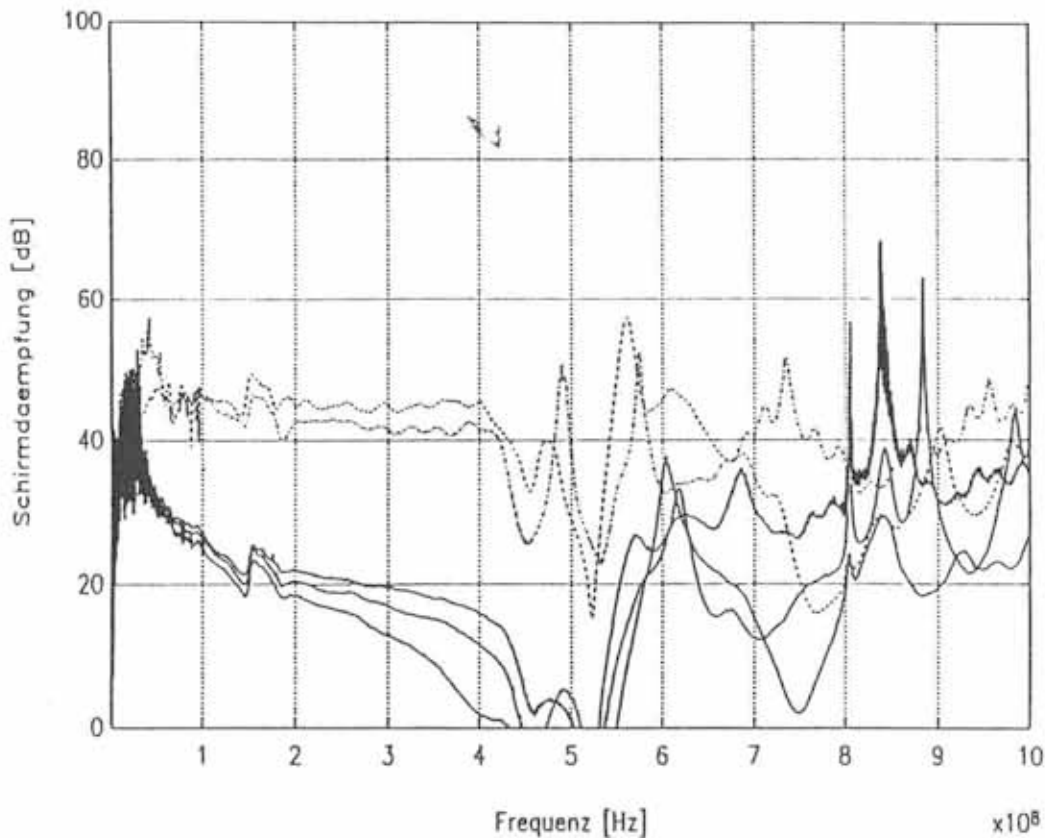


Bild 3.7: Schirmdämpfungsmaß bei unterschiedlichen Gehäuse-Deckelüberlappungen und normalen Spannverschlüssen ohne Dichtung, Gehäuse Rolec Neu 0.0 bis 2.0

Die Überlappungsarten sind den Verläufen bei 300 MHz von oben nach unten wie folgt zugeordnet:

- | | |
|-----------------------|---------------|
| Gehäuse Rolec Neu 0.5 | (- - - - -) |
| Gehäuse Rolec Neu 0.0 | (· - - - -) |
| Gehäuse Rolec Neu 2.0 | (—————) |
| Gehäuse Rolec Neu 1.5 | (—————) |
| Gehäuse Rolec Neu 1.0 | (—————) |

Die großen Unterschiede zwischen den drei unteren und den zwei oberen Verläufen sind auf Fertigungstoleranzen der Deckel in Verbindung mit nicht ausreichendem Anpreßdruck des Spannverschlusses zurückzuführen. Die Variation der Überlappung hat keinen signifikanten Einfluß auf die Schirmdämpfung, wie auch aus den beiden folgenden Diagrammen ersichtlich wird. Die Ergebnisse mit unverstärkten Spannverschlüssen und normaler Dichtung zeigt folgendes Bild.

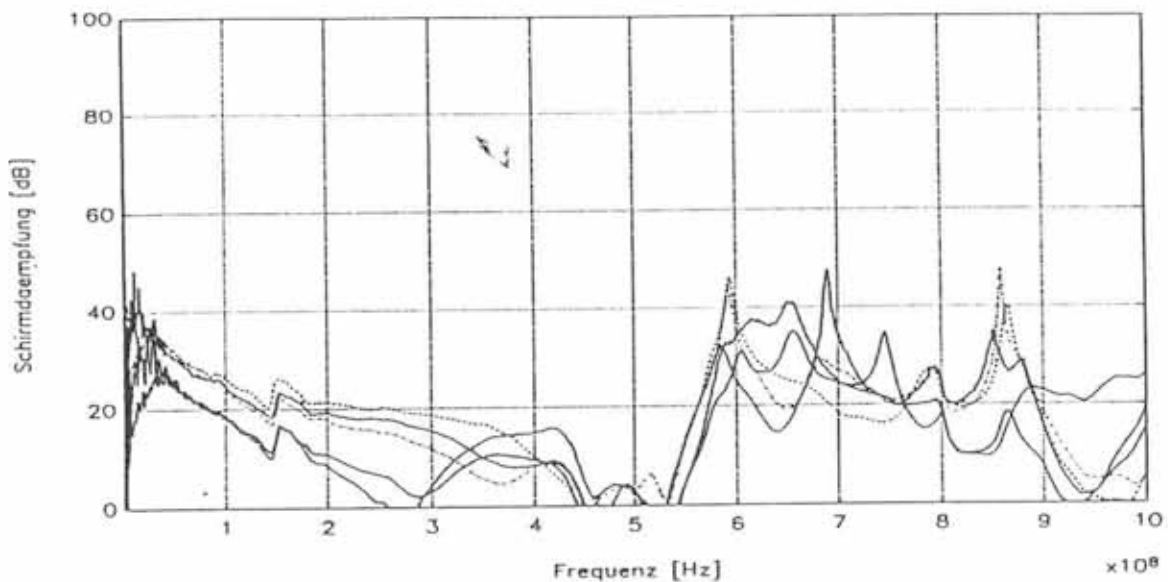


Bild 3.8: Schirmdämpfungsmaß bei unterschiedlichen Gehäuse/Deckelüberlappungen und unverstärkten Spannverschlüssen mit normaler Dichtung, Gehäuse Rolec Neu 0.0 bis 2.0

Die Überlappungsarten sind den Verläufen bei 200 MHz von oben nach unten wie folgt zugeordnet:

- Gehäuse Rolec Neu 0.5 (- - - - -)
- Gehäuse Rolec Neu 2.0 (· - · - · - ·)
- Gehäuse Rolec Neu 0.0 (—————)
- Gehäuse Rolec Neu 1.5 (—————)
- Gehäuse Rolec Neu 1.0 (—————)

Hier ist keine eindeutige Aussage möglich, da das Schirmdämpfungsmaß wegen des Spannverschlusses durchgehend niedrige Werte aufweist.

Die Ergebnisse mit Schraubverschlüssen und normaler Dichtung sind auf folgendem Bild zu sehen.

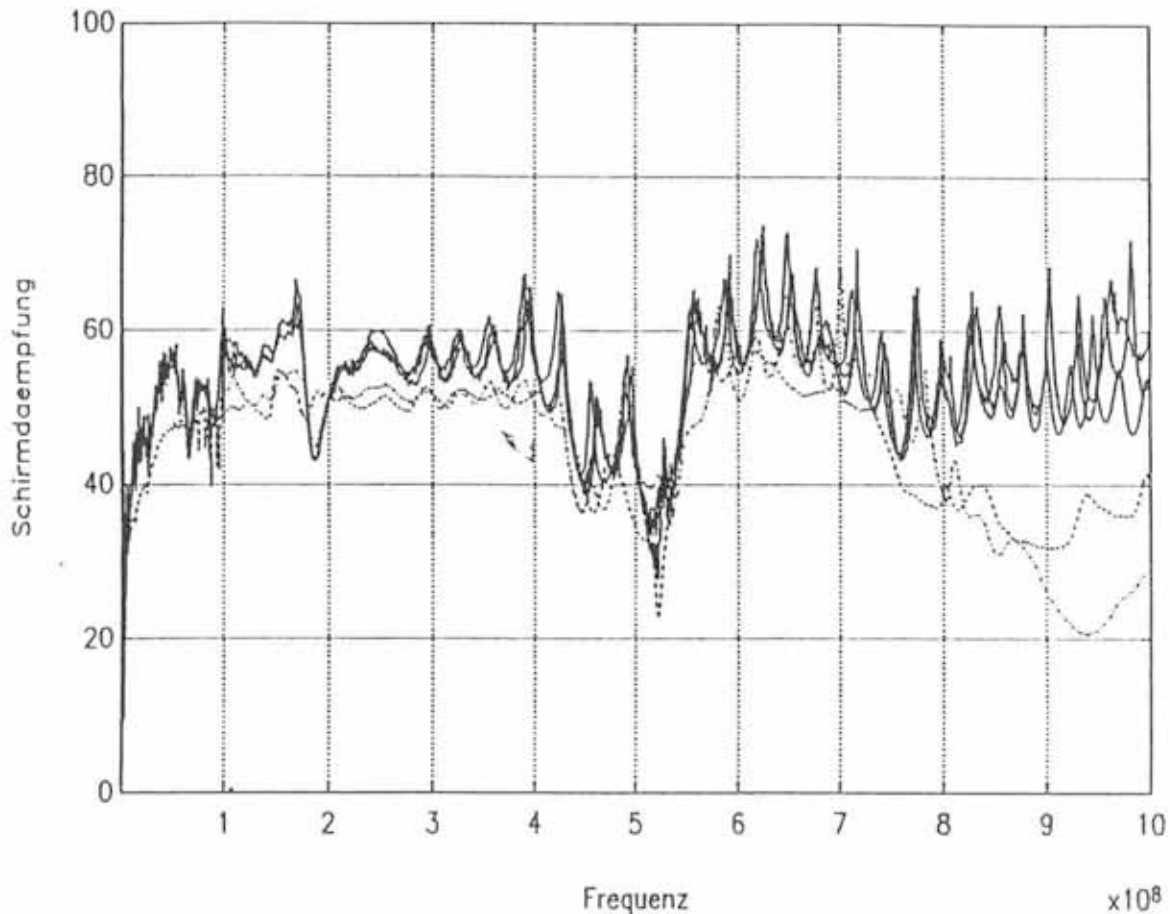


Bild 3.9: Schirmdämpfungsmaß bei unterschiedlichen Gehäuse/Deckelüberlappungen und Schraubverschlüssen mit normaler Dichtung, Gehäuse Rolec Neu 0.0 bis 2.0

Die Überlappungsarten sind den Verläufen von oben nach unten wie folgt zugeordnet:

- obere drei Kurven 1.0, 1.5 und 2.0
- untere zwei Kurven 0.0 und 0.5

Man sieht, daß die Schirmdämpfungsverläufe bis auf die Einbrüche um 500 MHz über 50 dB liegen. Davon weichen lediglich die 0.0- und 0.5-Ausführung über 800 MHz ab.

Die Aussagen über die geringe Signifikanz der Überlappungen wird hier bestätigt.

Anhang A Aufstellung der Geräte für die erste Meßmethode

GTEM-Zelle	EMCO Modell 5305, Frequenzbereich 9 kHz - 5GHz, Impedanz 50Ω; max. Leistung 50W; max. VSWR 1:1,75; Abbildung auf der nächsten Seite
E-Feld-Sensor	EMCO Modell 7123; Frequenzbereich 10 kHz - 1GHz; Dynamikbereich 4-300V/m, (38 dB); Genauigkeit ±0,5 dB; -0,05; +1,5 (IEC 801-3); Abbildung siehe unten
Meßeinheit	EMCO Modell 7120; Abtastrate 3,3 kHz
Auswerteeinheit	EMCO Modell 7110, Verbindung zur Meßeinheit über Glasfaser; min. Verarbeitungszeit 100ms
Signalgenerator	Rhode & Schwarz Modell SMT02; Frequenzbereich 5 kHz - 1,5GHz; Ausgangspegel -144 bis +13 dBm; Pegelfehler <1dB
Leistungsver- stärker	RF Power Labs Modell R727C; Frequenzbereich 6 kHz - 1GHz; max. Leistung 10 W; max. Verstärkung 43 dB
HF-Meßkopf	Rhode & Schwarz Modell URV5-Z4
HF-mV-Meter	Rhode & Schwarz Modell URV 55

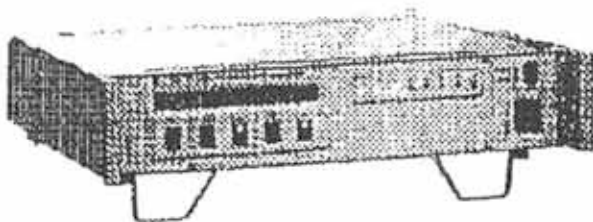


Bild A.1: E-Feld-Sensor mit Meß- und Auswerteeinheit

Anhang B Aufstellung der Geräte für die zweite Meßmethode

GTEM-Zelle	EMCO Modell 5305, Frequenzbereich 9 kHz - 5GHz, Impedanz 50Ω , max. Leistung 50W, max. VSWR 1:1,75; Abbildung unten
Netzwerk Analyser	Advantest Modell TR 4172
Einbau-Stripline	Eigenbau, max VSWR 1:2 bis 800 MHz

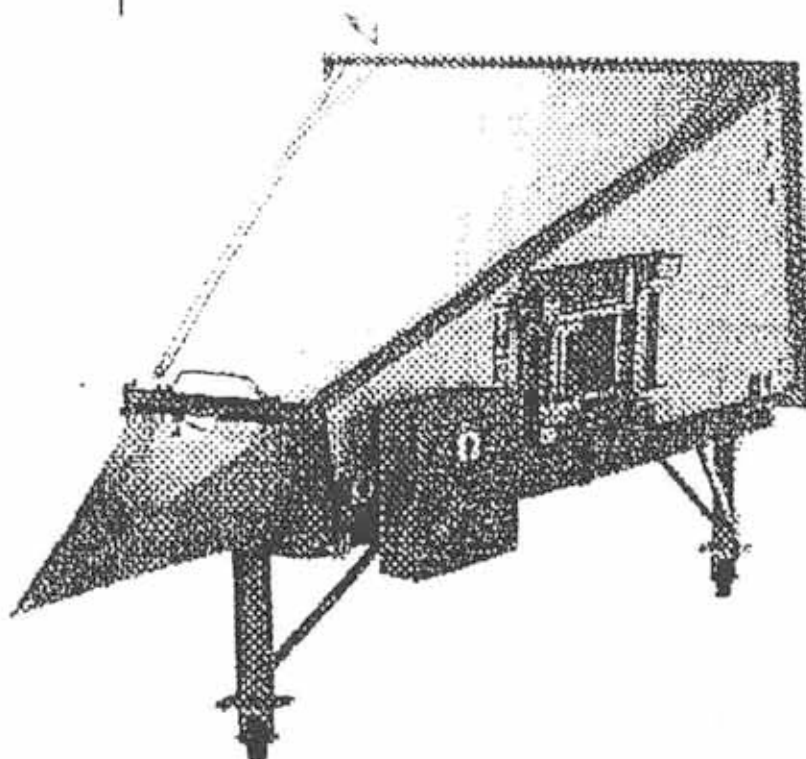


Bild B.1: GTEM-Zelle

EV

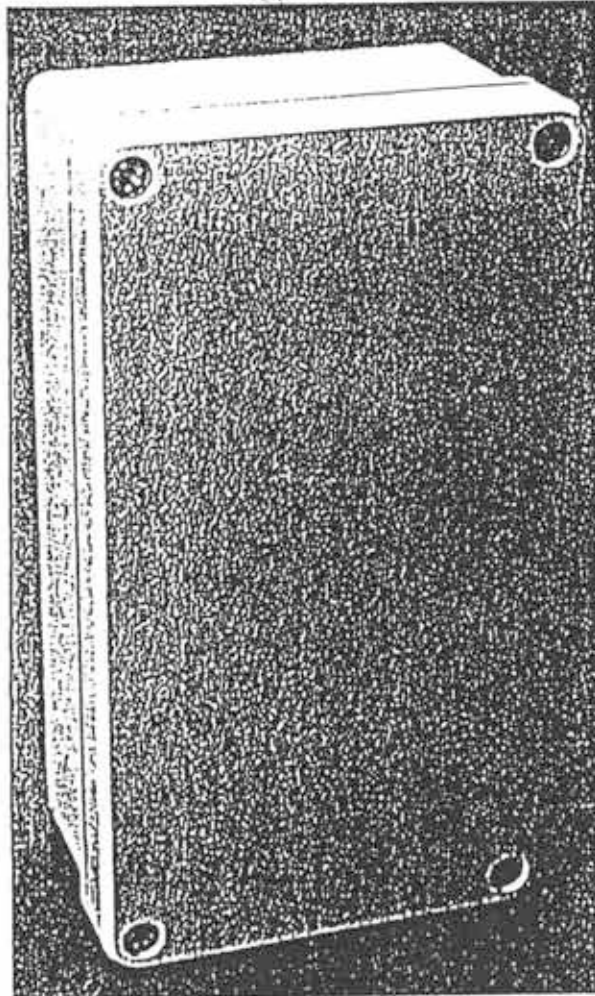
Aluminium Auf\Einbau-Gehäuse

Abschirmung durch Design

(Int. Patent angem.)



Aufbauversion



Schalttafel-Einbau

ROLEC®

ROSE + ROSE

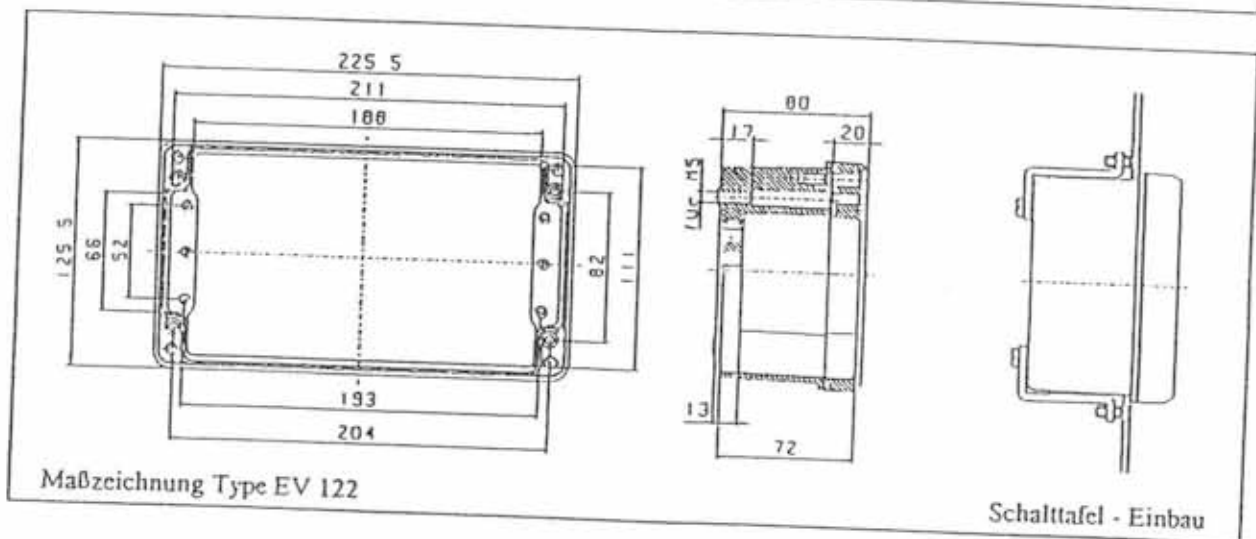
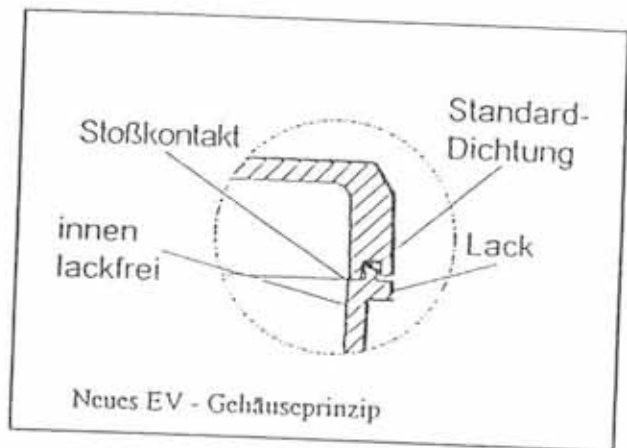
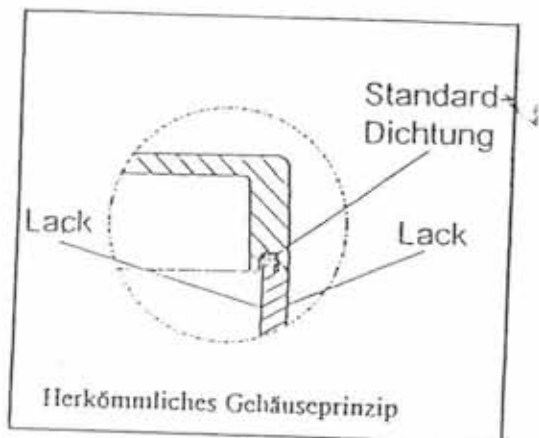
NEUE WEGE IN DER GEHÄUSETECHNIK

Aluminium - Gehäuse und EMV

Metalgehäuse bieten einen gewissen Schutz gegen Störstrahlungen ohne zusätzliche Maßnahmen. Schwachstelle ist die Verbindungsebene zwischen Ober- und Unterteil, da in der Regel eine nicht leitende, isolierende Dichtung vorhanden ist. Lack in der Nut und auf der Feder erhöhen die Isolierwirkung. Die übliche Lösung ist, Nut und Feder lackfrei zu halten und leitfähige Dichtungen zu verwenden. Diese Lösung ist aufwendig und unsicher, da die lackfreien, ungeschützten Aluminium-Oberflächen zu Korrosion neigen. Die durch Korrosion gebildete Oxydationsschicht vermindert zusätzlich die Abschirmleistung.

Die neuen EMV - Aluminium-Gehäuse

Bei der Erfindung wird die Kontaktierung zwischen Ober- und Unterteil durch kontaktierende Stoßflächen hergestellt. Um die schädlichen Wirkungen der Korrosion zu vermeiden, erfolgt die Kontaktierung im durch außerhalb liegender normaler Dichtung liegenden Innenraum. Ober- und Unterteil werden als Einheit außen lackiert und bleiben innen lackfrei.



Zusätzliche aufwendige Schirmmaßnahmen sind in den meisten Fällen nicht nötig. Das bedeutet EMV ohne Aufpreis. Für allerhöchste Ansprüche und große Frequenzbereiche können die Gehäuse vor dem Lackieren galvanisch behandelt und mit leitfähigen Dichtungen versehen werden.

Geeignet für Ein- und Aufbau

Durch den Einbaurand wurden die Einbau-Möglichkeiten erheblich erweitert. Mittels als Zubehör lieferbaren Einbaukrallen können sie problemlos in Schalttafeln, Schaltschranktüren oder Maschinenkörper eingebaut werden.

Weitere Informationen über geplante Größen, Lieferzeiten und dergl. erfragen Sie bitte.

ROLEC®

ROLEC Gehäusesysteme
ROSE + ROSE GmbH & Co. KG
Kreuzbreite 2
D - 31737 Rinteln (Germany)
Telefon 05751 / 4003-0
Fax 05751 / 4003-50

Anhang D Literaturverzeichnis

- [1] Braun, Ch.; Clemens, P.; Guidi, P.; Schmidt, H.U.: *Schirmdämpfungsmessungen an einer FM-Kabine, Vergleich unterschiedlicher Meßmethoden*. Fraunhofer-Institut für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen, 1987

- [2] Gonschorek, K.-H.; Singer, H. (Hrsg.): *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)*. Stuttgart: Teubner-Verlag, 1992

- [3] Haubold, R.: *PC-Steuerung für einen Netzwerkanalysator*, Diplomarbeit, Universität Hannover, 1994, unveröffentlicht

- [4] Kluth, C.: *Reduktion des Meßaufwandes zur Ermittlung der Übertragungsfunktion durch Identifikation der Singularitäten*, Diplomarbeit, Universität Hannover, 1994, unveröffentlicht

- [5] Firma Rolec: *Abgeschirmtes Metallgehäuse*, Deutsche Patentanmeldung Az. P 44 05 408.4, 21.02.94