

Fehlersuche bei geschirmten Räumen

Die Qualität eines elektromagnetisch geschirmten Raumes – gleich welcher Bauart - wird üblicherweise mit Schirmdämpfungsmessungen bestimmt bzw. nachgewiesen. Die Beauftragung eines Messlabors ist sehr teuer, insbesondere dann, wenn nicht nur eine qualifizierende Messung erfolgen soll, sondern auch noch langwierige Fehlersuche betrieben wird. Hier einige Tipps zum aufspüren von Lecks und die Vorstellung eines neuen preiswerten Messsystems, das eine einfache und schnelle Fehlersuche ermöglicht.

Schirmdämpfungsmessungen nach Norm

Seit 1997 ist die klassische Norm für Schirmdämpfungsmessungen an geschirmten Räumen, der MIL-STD 285, offiziell aufgehoben. Abgelöst wird er durch den IEEE Std. 299, der keine prinzipiellen Änderungen aufweist, wohl aber Messaufbau und –ablauf genauer beschreibt. Beispielsweise werden Antennenposition und –ausrichtung genauer beschrieben. Auch werden physikalisch-technische Hindergrundinformationen mitgeliefert, wie die Behandlung von Raumresonanzen, nichtlinearen Schirmmaterialien etc.

Grundsätzlich handelt es sich bei o. g. Schirmdämpfungsmessungen um Einfügungsdämpfungsmessungen, d. h. es wird zunächst die direkte magnetische, elektrische oder elektromagnetische Kopplung zwischen einer Sende- und einer Empfangsantenne bestimmt (Referenzmessung). Danach wird die Schirmung zwischen den beiden Antennen eingefügt und erneut die Kopplung gemessen (Schirmmessung). Die Schirmdämpfung erhält man als Pegeldifferenz aus beiden Messungen. Sie entspricht dem Verhältnis der gemessenen Feldstärken und ist ein Maß für die Schirmwirkung des eingefügten Schirms.

Unterschieden werden nach IEEE Std. 299 drei Frequenzbereiche:

1. Magnetfeldmessungen im Bereich 9 kHz bis 20 MHz, „low range“. Hier kommen elektrisch kleine Rahmen- (Loop-) Antennen zum Einsatz. Gemessen wird die magnetische Schirmdämpfung im Nahfeld der Antennen.

Zur Referenzmessung werden die Rahmenantennen im Abstand von 60 cm plus der Dicke der Schirmwand aufgebaut. Beide Rahmen befinden sich in der gleichen Ebene. Die Sendeantenne wird von einem Signalgenerator, ggf. unter zusätzlicher Verwendung eines Breitbandverstärkers gespeist. An der Empfangsantenne wird ein Detektor – meist ein Messempfänger – angeschlossen. Die Aufnahme der Referenz erfolgt an mindestens drei Einzelfrequenzen welche zusammen mit dem Nutzer des Raumes festgelegt werden. Danach werden die Antennen auf beiden Seiten der Schirmung platziert und es wird bei gleichen Frequenzen (und gleichen Einstellungen der Messgeräte) die Kopplung gemessen, Bild 1. Die Schirmdämpfung erhält man als Pegeldifferenz von Referenzmessung und Schirmmessung.

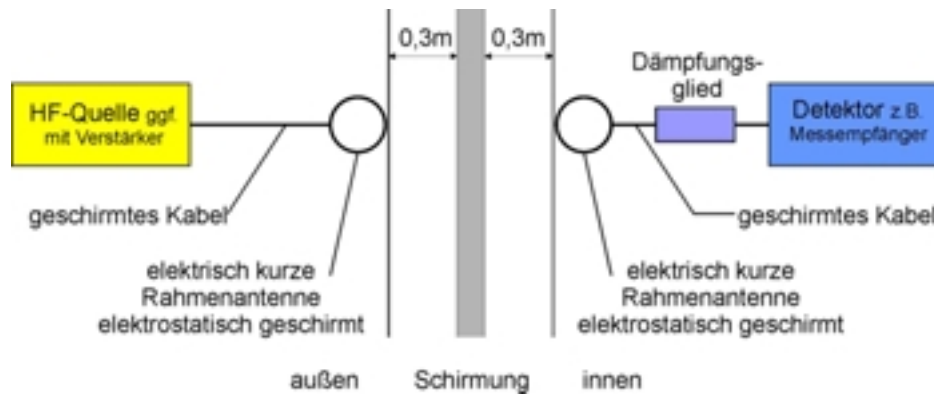


Bild 1 Messaufbau zur Bestimmung der magnetischen Schirmdämpfung. Weitere Details, insbesondere die Anordnung verschiedener Messpunkte an Raumkanten, Türen, etc. sind im IEEE Std. 299 explizit beschrieben.

Die elektrische Schirmdämpfung in diesem Frequenzbereich ist im Allgemeinen durch die ideale Wirkung des Schirms als Faraday'scher Käfig derart hoch, dass sie mit gängigem Messequipment nicht nachgewiesen werden kann.

2. Messungen im „Resonanzbereich“ 20 MHz bis 300 MHz, „resonant range“. Gemessen wird hier bis 100 MHz vorzugsweise mit bikonischen Antennen, bis 300 MHz mit Dipolantennen (also auch Logper-Antennen). Das auftretende Feld geht bei diesen Frequenzen vom Nah- zum Fernfeld über. Die Wellenlänge kommt hier in die Größenordnung der Abmessungen des Raumes, d. h. es treten Resonanzerscheinungen auf (daher die Bezeichnung „resonant range“). Die Anzahl der Messfrequenzen ist nicht vorgeschrieben, es soll aber vermieden werden, gerade bei einer Resonanzfrequenz des geschirmten Raumes zu messen. Die Raumresonanzen werden berechnet mit

$$f_{mnp} = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2 + \left(\frac{p}{c}\right)^2}$$

mit

m, n, p ∈ Z Modenzahlen und
a, b, c Gehäuseabmessungen.

Die Referenz wird vor der Wand des geschirmten Raumes bestimmt, wobei die Empfangsantenne 0,3 m vor der Schirmwand platziert wird. Der Abstand der Antennen untereinander sollte mindestens 2 m betragen. Zur Schirmmessung werden die Antennen, wie in Bild 2 zu sehen, innerhalb und außerhalb des Raumes angeordnet.

3. Messungen im Frequenzbereich >300 MHz, „high-frequency“. In diesem Frequenzbereich erfolgen die Messungen im Fernfeld der verwendeten Antennen. Es werden nahezu ebene Wellen erzeugt. Der Messaufbau entspricht weitgehend dem beim „resonant ran-

ge“, weshalb in der Praxis oft beide Messungen gemeinsam, z. B. mit einer Bilog-Antenne durchgeführt werden. Vorgeschlagen wird von der Norm mindestens je eine Messfrequenz in den Bereichen 300 – 600 MHz, 600 MHz – 1 GHz, 1 – 2 GHz, 2 – 4 GHz, 4 – 8 GHz und 8 – 18 GHz. (Es werden nur solche Frequenzbereiche betrachtet, die vom Anwender spezifiziert sind.)

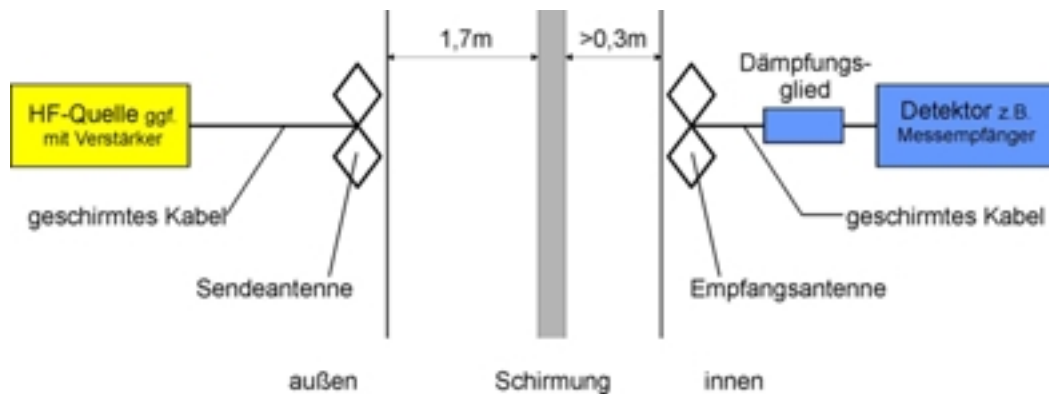


Bild 2 Messaufbau zur Bestimmung der elektromagnetischen Schirmdämpfung. Weitere Details, insbesondere die Anordnung verschiedener Messpunkte an Raumkanten, Türen, etc. sind im IEEE Std 299 explizit beschrieben.

Für alle Messungen gilt: Messfrequenzen, mögliche Abweichungen von der Norm etc. sind zusammen mit dem Anwender des geschirmten Raumes zu vereinbaren und im Prüfbericht festzuhalten. Im Standard wird weiterhin die Verwendung von kalibrierten Messmitteln vorgeschlagen. Da es sich aber bei den beschriebenen Messungen stets um Relativmessungen handelt – alle nicht zufälligen Messabweichungen „heben sich heraus“, sollte der aktuelle Kalibrierschein eines Messgerätes weniger eine Rolle spielen, als ein vor der Messung durchgeführter Funktionstest mit Plausibilitätskontrolle.

„Schnüffelmessungen“

Messungen nach Norm dienen zum Nachweis der spezifizierten Schirmdämpfung eines Raumes. Da aber oft eine Fehlersuche durchgeführt werden muss, um die Schwachstellen aufzuspüren, greift man bei Frequenzen > 50 MHz auf des Mittel der „Schnüffelmessung“ zurück.

Als Schnüffelsonden kommen elektrisch kurze Antennen zum Einsatz, die nicht resonant betrieben werden – meistens kleine Rahmenantennen „small loops“ oder Monopole mit Dachkapazität „top-loaded monopole“. Bewährt hat sich folgende Vorgehensweise:

Zunächst wird ein Bereich des Schirmes nach Norm vermessen. Bei einem verbesserungswürdigen Messergebnis wird die (im Raum befindliche) Empfangsansenne entfernt. Die Sendeanenne wird mit der kritischen Frequenz betrieben, bei der man mit dem Messergebnis unzufrieden ist. Dabei ist es meist ratsam, ihren Abstand von 1,70 m zu verringern, um eine lokalere Aussage zu erhalten. Im Rauminnen werden nun alle kritischen Stellen mit der Schnüffelan-

tenne abgetastet, wobei der Abstand zu Wand ruhig klein (ca. 2 cm) sein darf. Wichtig ist es, die Schnüffelantenne nicht berühren. Wenn auf die Sendefrequenz eine Modulation aufgeschaltet wird, kann man das Empfangssignal hörbar machen, was die Fehlersuche weiter erleichtert. Aber Achtung, die Lautstärke kann täuschen, daher sollte von einer zweiten Person ständig der gemessene Wert durchgesagt werden.

Kritische Stellen sind z. B.

- Alle Nähte und Kanten, also die Nahtstellen zwischen Schirmungsblechen oder die Überlappungen von flexiblem Schirmmaterial
- Tür(en), Fenster
- Alle Stellen, an denen die Schirmwand zur Befestigung durchbohrt oder durchbrochen wurde (z.B. Leuchten, Elektroinstallation, Halterungen aller Art)
- Filterplatten und -Kästen
- Wabenkamine
- Rohrdurchführungen

Bei Frequenzen > 100 MHz erfolgt die Einkopplung meist durch „Öffnungen“ – Löcher oder Schlitz im Schirm, wobei hier z. B. Türdichtungen mit unzureichendem Kontakt oder andere nicht durchgehend kontaktierte Schirmungselemente die gleiche Wirkung wie ein Schlitz haben. Diese Öffnungen besitzen eine charakteristische Frequenz (meist wirken sie als $\lambda/2$ -Strahler) und lassen sich sehr leicht lokalisieren.

Schwieriger wird es z. B. bei unzureichend an den Schirm angebundenen Rohrdurchführungen. Ein Heizkörper kann im Raum wie eine Sendeantenne wirken, die außerhalb des Raumes vorhandenen Rohrleitungen als Empfangsantenne und die fehlerhafte Rohrdurchführung wie eine Koaxialleitung. In diesem Fall findet schon bei Frequenzen unter ca. 100 MHz eine Einkopplung statt – je nach Abmessungen der Anordnung, was eine Lokalisierung erschwert. Hier hilft nur ein Vergleich der einkoppelnden Wellenlänge mit den Abmessungen potentieller Störer.

Grundsätzlich ist die Schnüffelmessung nur bei Frequenzen ab ca. 50 MHz anwendbar. Bei allen Nahfeldmessungen – insbesondere bei Magnetfeldmessungen – kann keine Ortung von Leckagestellen mit Schnüffelantennen durchgeführt werden; das einkoppelnde Feld durchsetzt mehr oder weniger den ganzen Raum. Da in diesem Frequenzbereich zumeist geschirmte Kabinen oder Hallen in Modulbauweise eingesetzt werden, kommen als Fehlstellen nur die Nähte und Kanten zwischen den einzelnen Schirmblechen in Frage: Hier muss die Fehlersuche mit der Anordnung nach Bild 1 durchgeführt werden, die an den entsprechenden kritischen Stellen platziert wird.

Vereinfachte Funktionstests von geschirmten Räumen

Für die eben beschriebenen Messverfahren ist eine umfangreiche Ausrüstung erforderlich: Signalgenerator, Messempfänger, Antennenpaare für den untersuchten Frequenzbereich, Stative etc. Wer nicht im Besitz der nötigen Ausrüstung ist, hat zunächst nur die Möglichkeit, ein kommerzielles Messlabor zu beauftragen. Die entstehenden Kosten können dabei jeden Rahmen

sprengen. Dabei ist eine Messung nach Norm gar nicht immer erforderlich oder gewünscht. Wenn ein Verdacht auf HF-Undichtigkeiten besteht oder routinemäßige Überprüfungen durchgeführt werden sollen, ist ein vereinfachtes, schnelles Testverfahren für geschirmte Räume wünschenswert, das nicht nur von Experten, sondern vom Nutzer des Raumes selbst angewendet werden kann. Gerade bei geschirmten Räumen, die dem Abhörschutz oder zur Abschirmung kompromittierender Strahlung dienen, kann durch regelmäßige Überprüfung die Funktionssicherheit des Raumes wesentlich verbessert werden. Um diese Tests einfach, schnell und kostengünstig durchführen zu können, gibt es auf dem Markt jetzt eine Lösung. Ein einfach zu bedienender, akkubetriebener HF-Sender erzeugt im Raum ein elektromagnetisches Feld. Frequenz und Modulation können eingestellt werden. Mit einem im Lieferumfang enthaltenen Scanner-Empfänger kann außerhalb des Raumes das Signal des Senders detektiert werden, wenn eine fehlerhafte Abschirmung ein Austreten der HF-Energie zulässt. Bei einer intakten Schirmung mit 60 dB Schirmdämpfung bleibt außerhalb des Raumes nicht mehr als ein völlig verrauschtes Signal übrig.



Bild 4 Quick Chamber Checker QCC der Fa. emscreen, ein einfach zu bedienender Prüfsender. Zusammen mit einem Handempfänger (im Lieferumfang) dient er zum schnellen und einfachen Aufspüren von Lecks in geschirmten Räumen.