

# Messplatzvalidierung und Feldstärkemessung über 1 GHz

## Bedeutung und Einfluss der Antennencharakteristik

**I**m Frequenzbereich von 1 bis 18 GHz müssen in zunehmendem Maße Feldstärkemessungen durchgeführt werden. Zur Verbesserung der Reproduzierbarkeit dieser Messungen ist die genaue Kenntnis der Messplatzeigenschaften erforderlich. Sowohl auf Geräteseite als auch bei den Messverfahren ergeben sich deutliche Unterschiede zu den bereits weit verbreiteten Verfahren bis 1 GHz.

### Felddämpfungsmessung

Rechnerisch lässt sich die normierte Felddämpfung (NSA) für Messentfernungen ab  $\lambda/2$  und beliebige Frequenzen mit Hilfe der Gleichung 1 mit einem Maximalfehler von unter 0,5 dB ermitteln:

$$NSA[dB] = 20 \cdot \lg(39,79 \cdot D) - 20 \cdot \lg(f) \quad (1)$$

D: Abstand [m], f: Frequenz [MHz]

Bei Messentfernungen, die größer als die Wellenlänge  $\lambda$  sind, bleibt der maximal mögliche Fehler sogar unter 0,1 dB.

Addiert man zu dem Kurvenverlauf der normierten Felddämpfung die Antennenwandlungsmaße der verwendeten Antennen, so erhält man die Felddämpfung (Site Attenuation, SA).

#### ► Autor

Dipl.-Ing. DIETER SCHWARZBECK,  
Schwarzbeck Mess-Elektronik;  
An der Klinge 29-31, D-69250 Schönau  
Fon: +49/62 28/10 01, Fax: +49/ 62 28/1003  
E-Mail: schwarzbeck@t-online.de

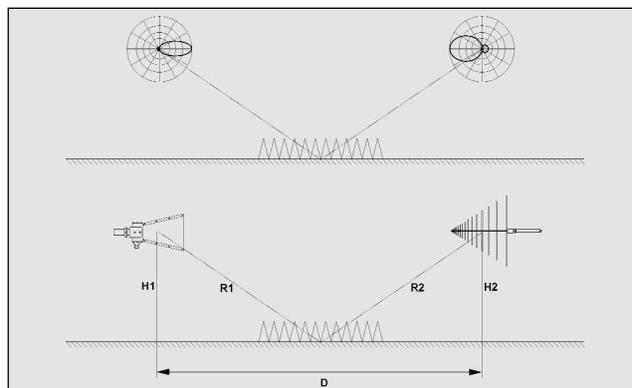


Abb. 1: Geometrie einer Messanordnung bestehend aus Log-Per. Antenne und Hornantenne und partiellem Absorberbelag. Darüber sind die jeweils wirksamen Richtdiagramme angedeutet

$$SA[dB] = NSA + AF1 + AF2 \quad (2)$$

Vergleicht man die berechnete Felddämpfung mit den gemessenen Werten, lässt sich aus der ermittelten Abweichung die Qualifikation eines Messplatzes bestimmen. Üblicherweise wird eine maximale Abweichung von +/-4 dB zugelassen.

Betrachtet man zunächst eine Messanordnung, die aus zwei (beliebigen) Antennen und einer reflektierenden Groundplane besteht (Abb. 1), so können anhand der Laufzeitunterschiede des direkten und reflektierten Strahls Punkte berechnet werden, bei denen die Felddämpfung Minimal- bzw. Maximalwerte erreicht. Im Frequenzbereich von 1 bis 3 GHz wurde die Lage dieser Punkte exemplarisch für die 1 m Messentfernung bei 1,5 m Höhe der feststehenden Antenne und einem Höhenbereich von 1 bis 2 m für die höhenvariable Antenne berechnet und in einem Diagramm (Abb. 2) aufgetragen. Die Dämpfungsmaxima auf einer Festhöhe von 1,5 m (d.h. beide Antennen befinden sich auf gleicher Höhe) sind mit Buchstaben von A bis L gekennzeichnet, die im Frequenz-Scan in Abb. 3 ebenfalls zu finden

sind. Untersucht man dagegen bei einer festen Frequenz den Verlauf der Felddämpfung über der Höhe, so ergibt sich ein Verlauf nach Abb. 4, bei dem innerhalb von 1 m Höhenvariation sechs relativ scharf ausgeprägte Maxima der Felddämpfung auftreten (Punkte 1 bis 6 in Abb. 2 und Abb. 4). Beide Messungen (Abb. 3 und 4) wurden mit zwei Bikonusantennen vom Typ SBA 9113 aufgenommen, die Rundstrahlcharakter in der H-Ebene besitzen, um den Einfluss der Bodenreflexion so deutlich wie möglich darzustellen. Bei Antennen mit Richtwirkung sind die Bodenreflexionseinflüsse weniger stark ausgeprägt.

Vergleicht man einen Höhen-Scan z.B. bei 1 GHz mit einem bei höheren Frequenzen, so stellt man mit wachsender Frequenz eine räumlich immer enger werdende Abfolge von Extremwerten fest. Bei 1 GHz liegen nur drei Dämpfungsmaxima auf 1 m Höhenänderung vor, während bei 3 GHz schon 10 Maxima zu finden sind. Bei Frequenzen oberhalb von etwa 6 GHz sind die Extremwerte so dicht benachbart, dass diese kaum noch einzeln aufgelöst werden können. Der deterministische Charakter einer Bodenreflexions-Messstrecke geht bei Frequenzen oberhalb von ca. 6 GHz in einen statistischen Charakter über. In den

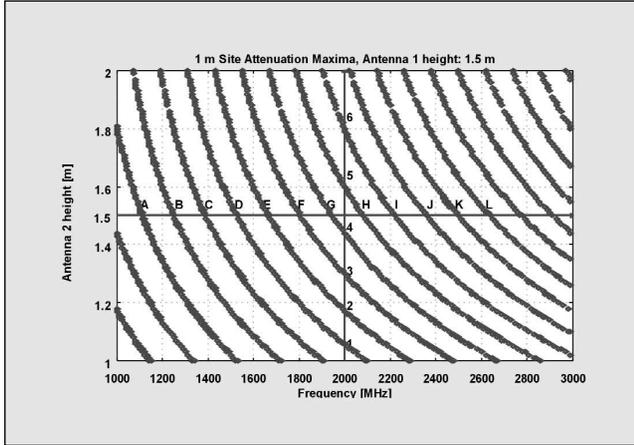


Abb. 2: Punkte maximaler Felddämpfung bei Bodenreflexion, Messentfernung: 1 m, Höhe der feststehenden Antenne: 1,5 m, Höhenbereich der variablen Antenne: 1 bis 2 m, Frequenzbereich: 1 bis 3 GHz

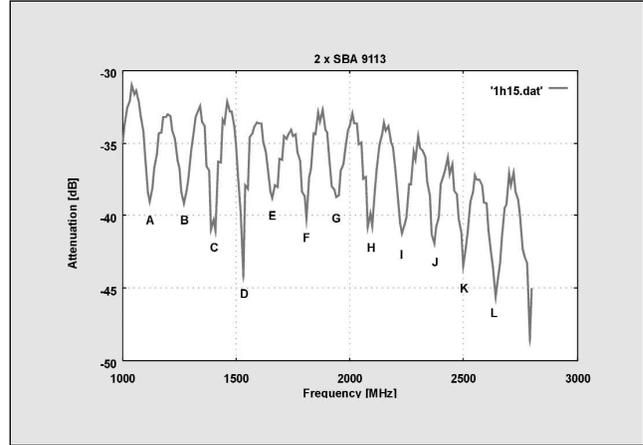


Abb. 3: Frequenzgang der Felddämpfung bei Bodenreflexion und fester Höhe

Normungsgremien sind daher Messverfahren über 1 GHz in Vorbereitung, bei denen die Messplätze mit einem Absorberbelag ausgestattet werden, um die Ausbreitungsbedingungen möglichst gut der Quasi-Freiraumbreitung anzunähern (siehe Abb. 1). Der Aufwand an Absorbermaterial ist relativ gering im Vergleich zu tiefen Frequenzen, außerdem ist die Wirksamkeit bei Pyramidenabsorbern wesentlich besser im hohen Frequenzbereich. Dies liegt insbesondere an der Größe der Absorber im Vergleich zur Wellenlänge. Bei 10 GHz beträgt die Wellenlänge z.B. nur 3 cm, während bei 30 MHz eine Wellenlänge von 10 m vorliegt. Ein Absorber von 0,5 m Länge wäre bei 30 MHz nur  $\lambda/20$ , bei 10 GHz aber über  $16 \lambda$  groß! Die bevorzugten Messentfernungen über 1 GHz liegen bei 1 m und 3 m, was ebenfalls zu einer deutlichen Aufwandsreduktion beiträgt. In der Regel lassen sich schon existierende Absorberräume mit Groundplane ohne großen Aufwand zum Vollabsorberraum für Messungen oberhalb 1 GHz umrüsten. Häufig genügt schon ein Boden-Absorberbelag von ca. 1,5 x 1,5 m zwischen Antenne und Prüfling

bei 3 m Messentfernung, der bei Bedarf auch beweglich sein kann.

In Abbildung 5 ist der Verlauf der Normalised Site Attenuation (normierte Felddämpfung, NSA) bei den üblichen Messentfernungen von 1 m, 3 m, 5 m und 10 m aufgetragen.

### Emissionsmessungen

Bei Emissionsmessungen im Mikrowellen-Frequenzbereich werden in der Regel Antennen mit ausgeprägter Richtcharakteristik und damit relativ hohem Gewinn eingesetzt. Am häufigsten kommen Doppelsteg-Hornantennen zum Einsatz, für manche Anwendungen sind aber auch Log-Per.-Antennen von Vorteil. Da der Antennengewinn von Antennen mit konstantem Gewinn mit 20 dB pro Frequenzdekade ansteigt, wird auch die Empfindlichkeit bzw. die untere Nachweisgrenze für Feldstärken mit wachsender Frequenz schlechter. Erschwerend kommen ansteigende Kabeldämpfungen hinzu, die insbesondere über ca. 10 GHz beachtliche Werte annehmen. Daher sollten die verwendeten

Kabel so kurz wie möglich sein. Die mangelnde Dämpfungskonstanz bei bewegten Kabeln kann im Mikrowellenbereich ebenfalls zu beträchtlichen Messunsicherheiten führen. Koaxiale Winkelstücke sind generell zu vermeiden, sofern oberhalb von ca. 5 GHz gemessen wird. Durch die vergrößerte Bandbreite (1 MHz für Messungen über 1 GHz) und den Peak-Detektor erhöht sich die Grundrausanzeige der Messgeräte erheblich. Um diesen Problemen entgegenzuwirken, verwendet man bei Emissionsmessungen Breitband-Hornantennen, deren Gewinn mit wachsender Frequenz ansteigt. Ein hoher Antennengewinn hat aber gleichzeitig eine stärkere Bündelung der Antennenrichtkeule zur Folge, daher sind Gewinnantennen nur eingeschränkt zur Beurteilung von Messplatzeigenschaften geeignet.

### Messplatzvalidierung

Zur Messplatzvalidierung im Mikrowellenbereich sind Antennen mit Rundstrahlcharakteristik am besten geeignet. Aus wirtschaftlicher

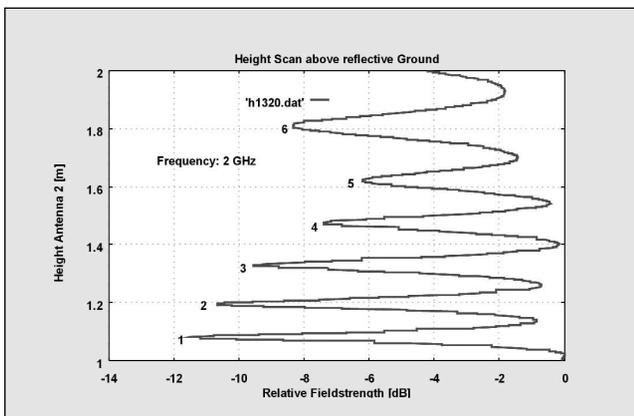


Abb. 4: Höhenabhängigkeit der Felddämpfung bei Bodenreflexion und fester Frequenz

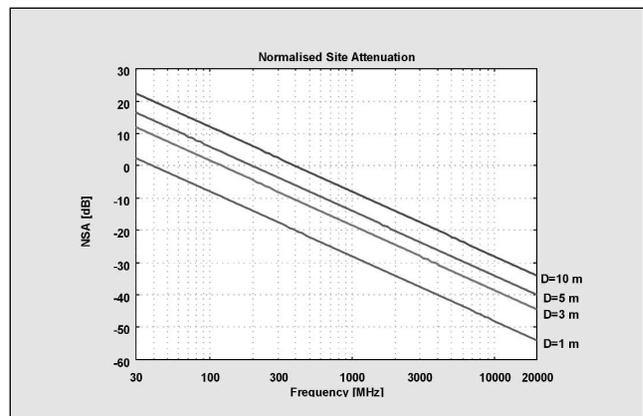


Abb. 5: Normierte Felddämpfung

Sicht sind Breitbandantennen (z.B. Logarithmisch Periodische oder Bikonusantennen) sinnvoll, da diese einen lückenlosen Frequenz-Sweep ermöglichen. Die zeitraubende Elementlängeneinstellung, wie sie bei Halbwelldipolen nötig ist, kann gänzlich entfallen. Seit etwa zwei Jahren stehen nun Mikrowellen-Bikonusantennen bis 3 GHz zur Verfügung, die einen Frequenzbereich von 6:1 abdecken. Inzwischen wurden sogar Bikonusantennen für Versuchszwecke realisiert, die bis 18 GHz einsetzbar sind und trotz des hohen Frequenzbereichs ähnliche Gewinnwerte aufweisen wie die vielfach bewährten Exemplare im VHF-Bereich. Da Bikonusantennen bis 18 GHz recht winzig und filigran (nur ca. 25 mm Gesamt-Elementlänge!) sind, ist ein kommerzieller Einsatz nicht geplant.

In der aktuellen Normung sind zur Beurteilung der Eignung von Messplätzen Dämpfungsmessungen unter Verwendung einer Breitband-Doppelsteg-Hornantenne und einer Logarithmisch Periodischen Antenne vorgesehen, man versucht damit im Gegensatz zu früheren Ansätzen, bei denen ausschließlich Hornantennen verwendet wurden, zumindest eine Antenne mit mehr Rundstrahlcharakter zu verwenden. Natürlich wäre auch die Kombination aus zwei Logarithmisch Periodischen Antennen vorteilhaft. Diese Antennen haben im Gegensatz zu Hornantennen einen nahezu konstanten Gewinn (und damit auch ein relativ gleichmäßiges Richtdiagramm) im gesamten Frequenzbereich, während bei allen Breitband-Hornantennen, die von 1 bis 18 GHz spezifiziert sind, oberhalb von ca. 12 bis 15 GHz eine Aufzipfelung des Richtdiagramms in zwei außermittig liegende Keulen zu beobachten ist. Dieser unerwünschte Effekt kann schon bei kleinen Winkelfehlern in der Positionierung erhebliche Messwertänderungen hervorrufen. Die neu entwickelte Breitband-Doppelsteg Hornantenne BBHA 9120 C weist keine Einschnürung des Richtdiagramms auf, allerdings verschiebt sich auch die untere Grenzfrequenz auf 2 GHz. Im Bereich über 4 GHz liegt der Gewinn dieser Antenne zwischen 10 dBi und 16 dBi, die 3 dB Öffnungswinkel des Antennenrichtdiagramms in E- und H-Ebene gleichermaßen bei ca. 40°. Die Log.-Per. Antenne ESLP 9145 weist einen nahezu konstanten Gewinn von 6 +/-1,2 dBi von 1 bis 18 GHz auf, wobei der 3-dB-Öffnungswinkel in der E-Ebene etwa 55°, in der H-Ebene etwa 85° beträgt.

Ein weiterer Aspekt, der bei hohen Frequenzen an Bedeutung gewinnt, ist der Einfluss nichtleitender Isoliermaterialien in Umgebung der Antennen auf den Verlauf der Felddämpfung. Hierzu zählt neben der Masthalterung, die möglichst klein sein soll, insbesondere der Drehtisch, auf dem der Prüfling bei Emissionsmessungen positioniert wird. Untersuchungen haben gezeigt, dass schon ab ca. 600 MHz ein deutlicher Einfluss des Drehtisches sichtbar wird. Wünschenswert wären Materialien mit einer möglichst niedrigen relativen Dielektrizitätszahl. Gute Resultate wurden bei ebenerdigen Drehtischen mit aufgesetzten Styrol-Hartschaumklötzen erzielt.

## Literatur

- [1] IEC/CISPR 16-1 / VDE 0876-16-1: Geräte und Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung und Störfestigkeit
- [2] Technical Report EN 50147-3-2001: Emission measurements in fully anechoic rooms
- [3] IEC / CISPR CIS/A/301/CD, CIS/A/342/CD Committee Drafts

### Beitrag als PDF im Internet:

