

# **Verifikation der NSA von Absorberhallen mit Hilfe von Breitbanddipolen**

## **Verwendung von Präzisionsdipolen außerhalb der Resonanzfrequenz bei gleichzeitiger Einhaltung der Meßgenauigkeit**

Dipl. Ing. Alexander Kriz ARC Seibersdorf research  
Dipl. Ing. Wolfgang Müllner ARC Seibersdorf research

ARC Seibersdorf research GmbH  
A-2444 Seibersdorf  
Tel: +43 (0)50550 - 2800  
Fax: +43 (0)50550 - 2813

Dipl. Ing. Jochen Riedelsheimer Albatross Projects  
Dipl. Ing. Friedrich-Wilhelm Trautnitz Albatross Projects

Daimlerstraße 17  
D-89564 Nattheim  
Tel: +49 7321 730 - 50  
Fax: +49 7321 730 - 590

## **Vorwort**

Es wird ein neues Verfahren zur Überprüfung der NSA von Absorberhallen beschrieben. Bei diesem neuen Verfahren „SDSV“ (Short Dipole Site Validation Method) werden Präzisionshalbwellendipole nach CISPR 16 eingesetzt. Diese Dipole werden außerhalb ihrer Halbwellenresonanz betrieben. Die neue Methode soll die Vorteile der Messung mit Breitbandantennen (schnelle Messung, kleine Frequenzschritte) mit denen der Halbwellendipole (numerisch berechenbar, sehr genau) vereinen. Es werden Meßdaten von NSA Messungen mit Breitbandantennen mit denen der SDSV unter Berücksichtigung der relevanten Einflußfaktoren verglichen.

## **Einleitung**

Sämtliche Normen [1][2][3] zur Überprüfung alternativer Messplätze verweisen auf die Verwendung von Breitbandantennen zur schnellen quasi frequenzkontinuierlichen Durchführung der Messung. Eine exakte und präzise Kalibrierung der Messantennen ist Grundvoraussetzung, um die erforderliche Messgenauigkeit nach CISPR 16 zu erreichen.

Derzeit gibt es zwei Verfahren, die die erforderliche hohe Messgenauigkeit mit Antennenpaaren garantieren

- Referenzgelände Methode
- Abgestimmte Halbwellendipole

Für die Überprüfung mit Breitbandantennen wird ein Antennenpaar benötigt, das auf einem Referenzgelände kalibriert wurde. Dabei gehen die Kopplung der Antennen,

Nahfeldeffekte, sowie Kopplung der Antennen mit dem Antennenmast und den Kabeln in die Kalibrierung direkt mit ein.

Abgestimmte Halbwellendipole nach CISPR-16 bieten den Vorteil, dass der Antennenfaktor numerisch exakt berechenbar ist. Die Überprüfung eines Messgeländes ist hierbei jedoch auf wenige diskrete Frequenzen beschränkt. Für die Überprüfung alternativer Messplätze in einem vorgegebenen Volumen scheidet diese Methode im Frequenzbereich von 30 MHz bis 100 MHz wegen der Länge der Halbwellendipole praktisch aus (Anm.: 30 MHz  $\lambda/2$  5 m Länge). Resonanzen der Hallen können übersehen werden, da nur bei diskreten Frequenzen gemessen wird. Nur die VCCI Norm [4] beschreibt ein volumetrisches Verfahren, das mit verkürzten Dipolen im Frequenzbereich von 30 MHz bis 80 MHz arbeitet.

Dieser Artikel beschreibt die Short Dipole Site Validation Method SDSV. Sie basiert auf den CISPR-16 Halbwellendipolen, wobei diese ausserhalb ihrer Halbwellenresonanz betrieben werden. SDSV vereinigt die Vorteile beider Verfahren (schnelle Messung im Prüfvolumen, numerisch berechenbar, sehr genau). Mit drei bis vier verkürzten Halbwellendipolpaaren ist es möglich den Frequenzbereich 30 - 1000 MHz quasi frequenzkontinuierlich zu vermessen.

## Messung der Streckendämpfung

Eine Streckendämpfungsmessung (Site Attenuation SA) auf einem Messgelände besteht aus zwei Spannungsmessungen. Im ersten Schritt werden Sender und Empfänger über zwei Koaxialkabel verbunden und die Spannung  $U_{\text{DIRECT}}$  im festgelegten Frequenzbereich gemessen. Im zweiten Schritt werden die Koaxialkabel mit den Antennen verbunden und  $U_{\text{SITE}}$  gemessen. Die Antennen werden normgemäß aufgestellt und mit der Empfangsantenne das Maximum über der Höhe gesucht.

$$SA = U_{\text{DIRECT}} - U_{\text{SITE}}$$

Der klassische Ansatz zur Bewertung der Halleneigenschaften ist die Bestimmung der normierten Streckendämpfung NSA (Normalised Site Attenuation), die sich aus der gemessenen Streckendämpfung und den Antennenfaktoren sendeseitig  $AF_{\text{TX}}$  und empfangsseitig  $AF_{\text{RX}}$  ergibt.

$$NSA = SA - AF_{\text{TX}} - AF_{\text{RX}}$$

Subtrahiert man die theoretische Streckendämpfung  $NSA_{\text{Theory}}$  von der NSA, ergibt sich die Abweichung des Messplatzes von der Theorie, die im allgemeinen kleiner als 4 dB sein muß. In mehreren Publikationen [5] wurde gezeigt, daß dieses Ergebnis mit dem der Referenzgelände Methode äquivalent ist. Bei der Referenzgelände Methode wird die auf einem Messplatz ermittelte Streckendämpfung  $SA_{\text{Site}}$  mit der Streckendämpfung eines Referenzmessgeländes (CISPR 16)  $SA_{\text{REF}}$  verglichen. Das Ergebnis bezeichnet man als Deviation Site Attenuation (DSA). Die DSA für die Referenzgelände Methode ist definiert als

$$DSA = SA_{\text{Site}} - SA_{\text{REF}}$$

Wenn berechenbare Dipole verwendet werden, ist die Vorgehensweise sehr ähnlich. Die Streckendämpfung des Referenzgeländes  $SA_{\text{SIM}}$  wird in diesem Fall durch eine Simulation ermittelt.

$$DSA = SA_{\text{Site}} - SA_{\text{SIM}}$$

Berechenbar ist die Streckendämpfung in einem breiten Frequenzband, also nicht nur bei der Halbwellenresonanz. Solche Simulationen können zum Beispiel mit der Software Antenna [6], die auf NEC basiert, problemlos durchgeführt werden. Die berechenbaren Dipole von den Herren Garn [7] und Alexander [8] entwickelt.

Für die SDSV werden Seibersdorf Precision Reference Dipoles über einen großen Frequenzbereich eingesetzt. Die Kennzeichnung der Dipole erfolgt durch ihre Resonanzfrequenz, z.B. der PRD80 hat seine Halbwellenresonanz bei 80 MHz.

## Richtwirkung der Antennen

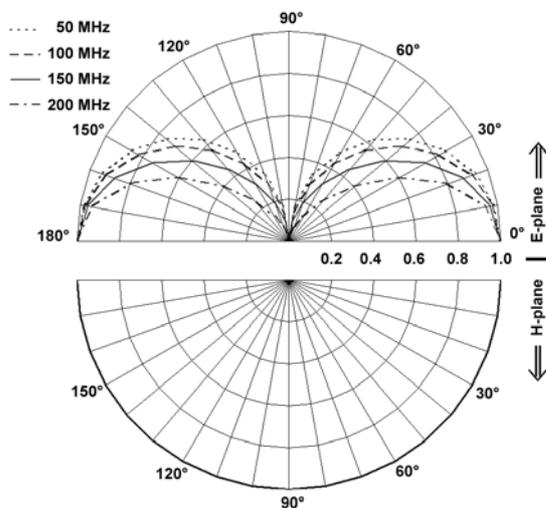
Das Ergebnis einer Hallenmessung ist auch von den Richtcharakteristik der Antennen abhängig.

Bei Betrieb eines Dipols bis zur Halbwellenresonanz ist keine signifikante Veränderung im Richtdiagramm festzustellen. Oberhalb der Halbwellenresonanz kann eine Zunahme der Richtwirkung in der E-Ebene beobachtet werden. Der Betrieb eines Dipols über die Ganzwellenresonanz ist aus diesem Grund nicht zu empfehlen.

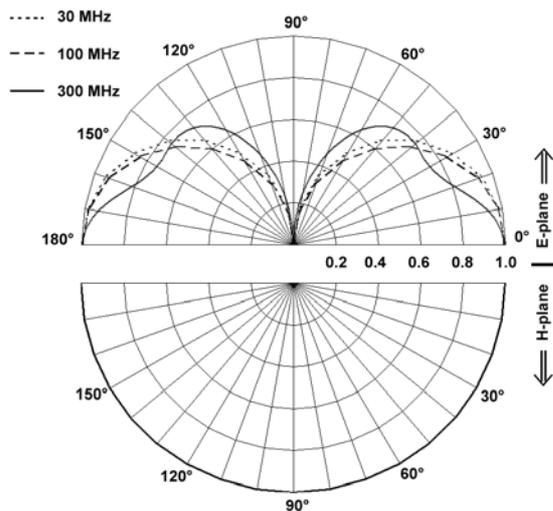
Die Richtcharakteristik einer bikonischen Antenne unter 200 MHz ist der eines Dipols sehr ähnlich.

Eine log. periodischen Antenne verfügt durch das gute Vor- Rückverhältnis über eine ausgeprägte Richtwirkung.

a)



b)



c)

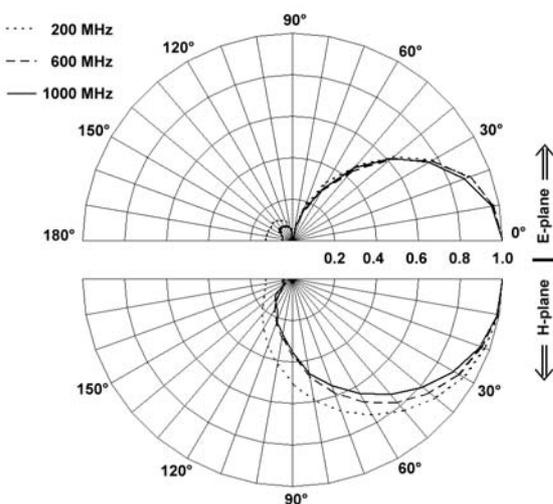


Bild 1: Richtdiagramme E-Ebene und H-Ebene

- a) PRD100,
- b) bikonische Antenne,
- c) log. per. Antenne

### Messergebnisse

Ein 10 m Absorberhalle wurde nach der Referenzgelände Methode und nach SDSV Methode vermessen. Im Bild 2 wird die DSA für die Dipole und die Breitbandantennen im jeweiligen Frequenzbereich dargestellt. Ein Set von 4 Dipolpaaren wurde von den Seibersdorf Precision Reference Dipols gewählt (PRD80, PRD160, PRD300, PRD1000). Es werden die Ergebnisse für Messungen im Mittelpunkt der Drehscheibe für eine Sendehöhe von 1 m und beide Polarisierungen dargestellt.

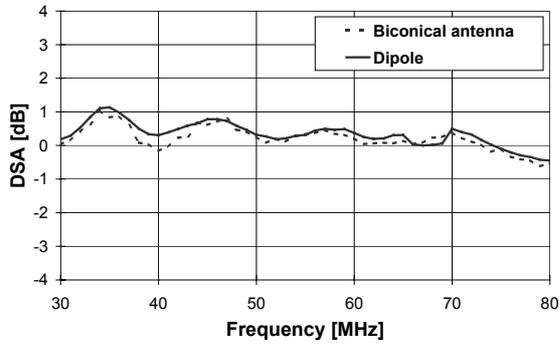
Im Frequenzbereich von 30 MHz bis 80 MHz, Bild 2, a und b, (die Abmessungen und auch die Richtcharakteristik der Dipole und der bikonischen Antennen sind fast identisch) gibt es eine sehr gute Übereinstimmung der Ergebnisse.

Im Frequenzbereich von 80 MHz bis 300 MHz sind insbesondere in vertikaler Polarisierung bereits deutliche Unterschiede zwischen den beiden Messergebnissen vorhanden.

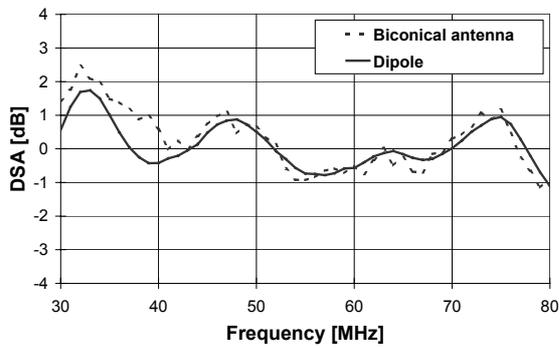
Große Abweichungen sind bei den Messungen über 300 MHz festzustellen.

Die Gründe für die Abweichungen liegen im Einfluss des dielektrischen Materials des Antennenmastes, im nicht glatten Verlauf des Antennenfaktors der Breitbandantenne und dem Einfluss des Antennenmasts (Kopplung Antenne - Motorblock bzw. Antrieb).

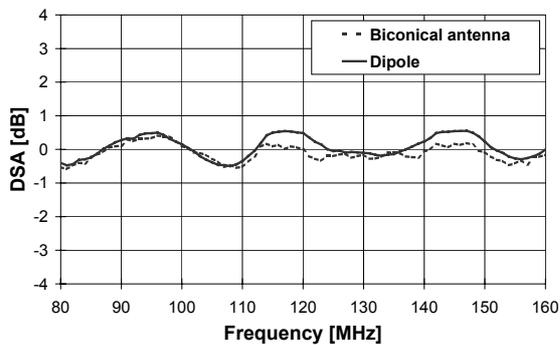
a)



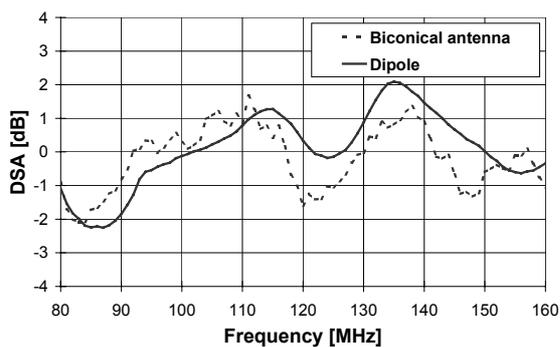
b)



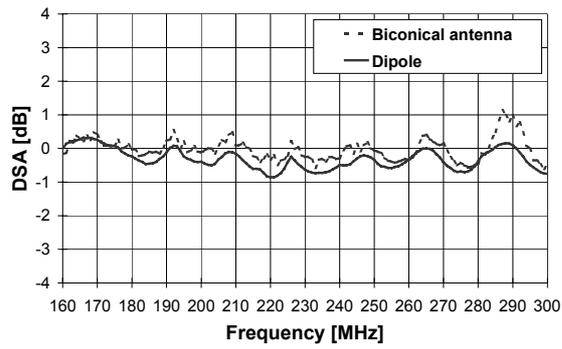
c)



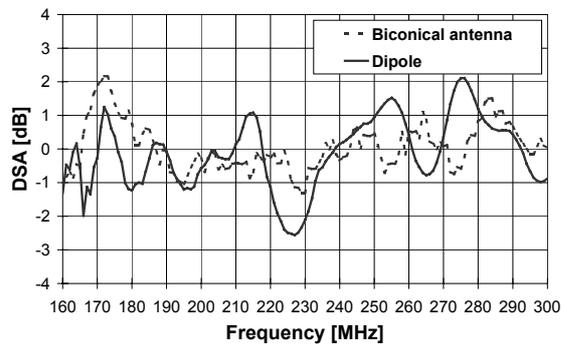
d)



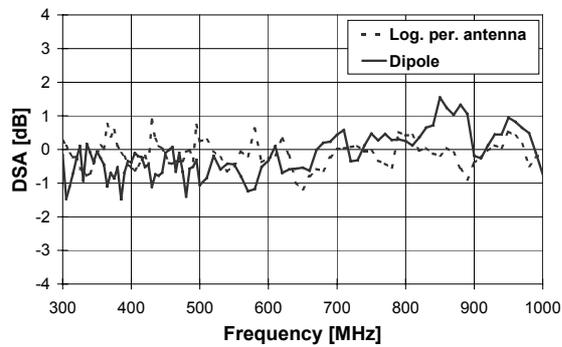
e)



f)



g)



h)

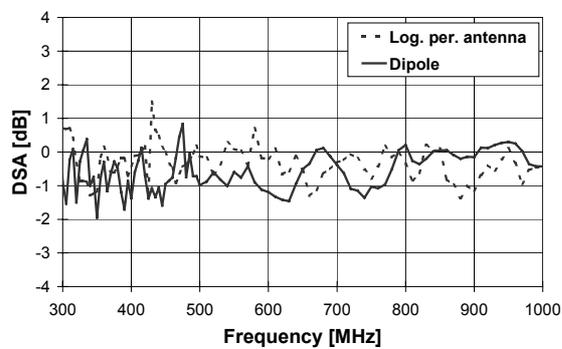


Figure 1: DSA mit Breitbandantennen und Dipolen  
a) bikonische Antenne und PRD80, horizontal  
b) bikonische Antenne und PRD80, vertikal  
c) bikonische Antenne und PRD160, horizontal

- d) bikonische Antenne und PRD160, vertikal
- e) bikonische Antenne und PRD300, horizontal
- f) bikonische Antenne und PRD300, vertikal
- g) Log. per. Antenne und PRD1000, horizontal
- h) Log. per. Antenne und PRD1000, vertikal

### **Einfluß des Antennenmastes**

Im Frequenzbereich von 30 MHz bis 300 MHz kommt es insbesondere in vertikaler Polarisation zu einer Kopplung der Antennen mit den metallischen Teilen des Antennenmastes.

Oberhalb 300 MHz ist eine Zunahme der Beeinflussung der Meßergebnisse durch das dielektrischen Material des Antennenmastes bzw. des Stativs festzustellen.

Bild 3 zeigt den Einfluß in vertikaler Polarisation, wenn der Abstand zwischen Mast und Antenne um 75 mm verändert wird, wobei die Position der Antenne in der Halle unverändert bleibt.

Führt man Messungen nach der Referenzgelände Methode ist der Einfluß des Antennenmastes im Kalibrierergebnis erhalten. Hingegen ist im Berechnungsmodell der Dipole die Berücksichtigung eines solchen Einflußfaktors nur schwer zu realisieren.

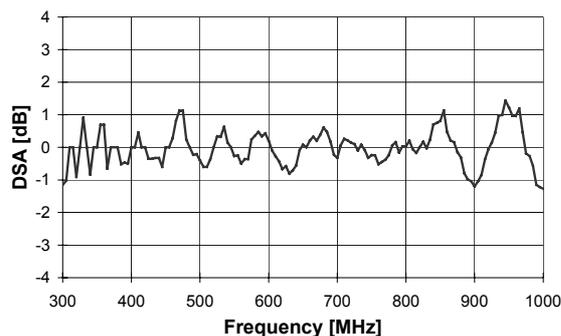


Bild 3: Einfluß des Antennenmastes

### **Zusammenfassung**

Der Artikel präsentiert einen Vergleich zwischen volumetrischen NSA Messungen mit Breitbandantennen (bikonischen und log. periodischen) und verkürzten Halbwellendipolen.

Sind Größe und Richtcharakteristik der Antennen ähnlich (Frequenzbereich 30 – 80 MHz) zeigt sich eine gute Übereinstimmung der Messergebnisse zwischen Breitbandantennenvermessung und SDSV. Über 100 MHz kann die Differenz zwischen beiden Methoden durch den Einfluss von Antennenmast und Stativ erklärt werden. Bei der Kalibrierung der Breitbandantennen nach der Referenzantennenmethode ist der Einfluß der Masten und der Zuleitungskabel in der Referenzmessung enthalten. Bei der SDSV wird der Einfluß der Masten und der Zuleitungskabel in der Berechnung hingegen nicht berücksichtigt. Dieser Einfluß von Masten und Kabeln könnte hier fälschlicherweise als Halleneigenschaft interpretiert werden. Beim Vergleich der Messergebnisse zwischen Referenzmethode (Messung mit log. Per. Antennen) und SDSV im Frequenzbereich oberhalb 300 MHz verursachen zusätzlich zu den oben genannten Gründen die unterschiedlichen

Richtcharakteristiken der Antennen sowie das nicht fixe Phasenzentrum der log. per. Antennen eine größere Abweichung.

Die Überprüfung einer Absorberhalle nach SDSV läßt im unteren Frequenzbereich eine geringfügige Verbesserung der Messgenauigkeit erkennen. Oberhalb 300 MHz führen die Wechselwirkungen zwischen Antennen, Antennenmast und Zuleitung allerdings zu einer signifikanten Vergrößerung des Messfehlers.

## Literatur

- [1] CISPR 16-1: "Specifications for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods Part 1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus", IEC, 1999
- [2] ANSI C63.4-1991: „American National Standard for Methods of Measurement of Radio Noise Emissions from Low-Voltage Electrical and Electronic Equipment in the Range of 9 kHz to 40 GHz“, New York: IEEE, 1991
- [3] CENELEC: "EN50147-2: Anechoic chambers, Part 2: Alternative test sites suitability with respect to site attenuation", March 1996
- [4] VCCI: Regulations for voluntary control measures. 14th Edition, April 2000
- [5] Wolfgang Müllner, Heinrich Garn: "From NSA to Site-Reference Method for EMC Test Site Validation", IEEE Symposium, Montreal, 2001
- [6] ARCS: Antenna Version 1.4 User's guide, 1999
- [7] Heinrich Garn, Max Buchmayer, Wolfgang Müllner, Josef Rasinger: "Primary Standards for Antenna Factor Calibration in the Frequency Range of (30 to 1000) MHz", IEEE Trans. on Instr. and Meas., Vol. 46 No. 2, April 1997
- [8] M. J. Alexander, M.J. Salter: "Low measurement uncertainties in the frequency range 30 MHz to 1 GHz using a calculable standard dipole antenna and national reference groundplane", IEEE Proc.-Sci. Meas. Technol. Vol. 143. No.4. July 1996

Zeichen mit Leerzeichen: 10 538  
Wörter: 1436