

# **Eignung von Messplätzen im Frequenzbereich von 9 kHz bis 30 MHz mit Rahmenantennen**

Autor: Dipl.-Ing. (Univ.) Friedrich-Wilhelm Trautnitz, Albatross Projects GmbH, Daimlerstrasse 17 89564 Nattheim, Deutschland, f-w.trautnitz@albatross-projects.com

Co-Autor: Dipl.-Ing. Dr. Alexander Kriz, Seibersdorf Labor GmbH, 2444 Seibersdorf, Österreich, alexander.kriz@seibersdorf-laboratories.at

Co-Autor: Dipl.-Ing. Andreas Morgenstern, SLG Prüf- und Zertifizierungs GmbH, Burgstädter Strasse 20, 09232 Hartmannsdorf, Deutschland, A.Morgenstern@slg.de.com

Co-Autor: Dipl.-Ing. (Univ.) Jochen Riedelsheimer, Albatross Projects GmbH, Daimlerstrasse 17 89564 Nattheim, Deutschland, j.riedelsheimer@albatross-projects.com

Co-Autor: Dipl.-Ing. Ronald Svadlenka, SLG Prüf- und Zertifizierungs GmbH, Burgstädter Strasse 20, 09232 Hartmannsdorf, Deutschland, r.svadlenka@slg.de.com

## **1 Untersuchungen mit Rahmenantennen in einer Absorberhalle mit leitender Bodenfläche**

### **1.1 Vorwort**

In der CISPR 16-1-4 ist eine Erweiterung des Kapitels zur Eignung von EMV Messplätzen im Frequenzbereich von 9 kHz bis 30 MHz in Vorbereitung. Die Arbeiten zur Verifizierungsmethode sind inzwischen so weit fortgeschritten, dass noch 2017 ein erster CD zu erwarten ist.

Im Rahmen der Arbeit des VDE-Normenarbeitskreises und der CISPR AHG1 wurden umfangreiche Untersuchungsmessungen zu diesem CD durchgeführt. Nach einem Round Robin Test (RRT) in 2012 und den Ausarbeitungen zur Eignung von EMV Messplätzen unter 30 MHz wurden weiterführende Untersuchungen zu Kopplungseffekten im Messaufbau durchgeführt [4], [5]. Des Weiteren wurde die normierte Funkfelddämpfung (NSA - Normalized Site Attenuation) in verschiedenen Messentfernungen im Bereich 3 m bis 10 m, in Schrittweiten von 1 m, mit Rahmenantennen (Durchmesser: 60 cm und 30 cm) analysiert und abschließend in Bezug gesetzt zu den, mit 50 cm Rahmenantennen ermittelten Messwerten aus dem RRT aus dem Jahr 2012, aufgenommen in derselben Absorberhalle in 10 m Messabstand.

### **1.2 Messtechnische Untersuchungen und Messung der NSA von 9 kHz bis 30 MHz**

Zu Beginn der NSA-Messungen von 9 kHz bis 30 MHz wurde eine umfangreichere Untersuchung des Messaufbaues vorgenommen. Wie bereits aus den vorangegangenen Messungen im Rahmen des RRT zu erkennen war, können durch Kopplungseffekte zwischen den Messantennen bzw. Kopplungen über die Kabelschirmung, je nach Kontaktierung des Schirmes von Sende – und Empfangskabel an der Schirmung, sowie die Masseanbindung der Messgeräte größere Abweichungen

der gemessenen NSA Werte entstehen. Diese Einflussgrößen wurden durch unterschiedliche Messkonfigurationen, Masseanbindungen bis hin zur vollständigen galvanischen Trennung der sende- und empfangsseitigen Messsysteme analysiert. Als Antennen wurden Labormuster der Seibersdorf Labor GmbH mit Rahmendurchmesser von 60 cm und 30 cm eingesetzt. Die Messungen wurden nach dem Vorschlag CISPR A 1101 DC durchgeführt. In diesem Vorschlag wird eine Volumenmethode mit fester Antennenhöhe vorgeschlagen. Die NSA wird dabei in drei Orientierungen  $H_x$ ,  $H_y$ , und  $H_z$  gemessen.

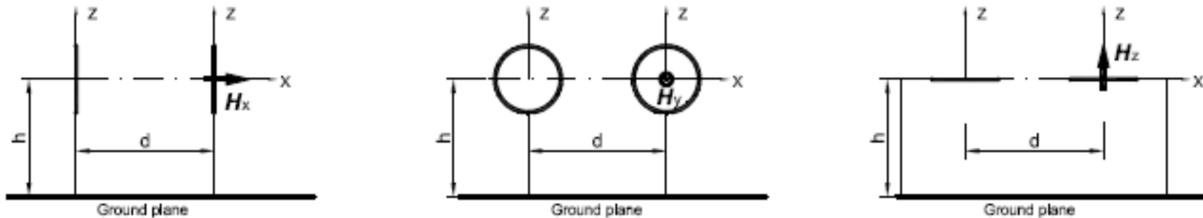


Bild 1: Antennen in den Orientierungen  $H_x$ ,  $H_y$ , und  $H_z$

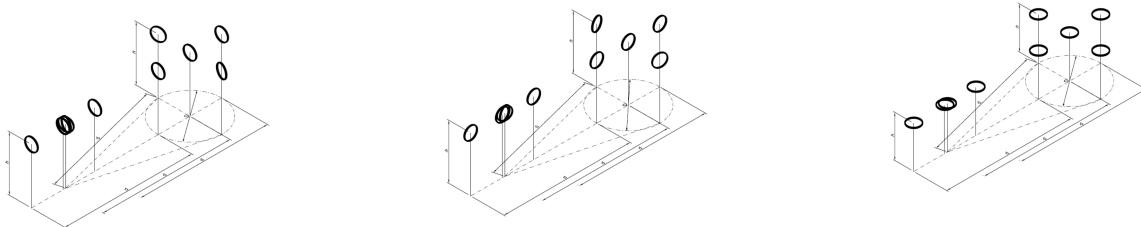


Bild 2: Perspektivische Anordnung der Messpositionen im Volumen in den Orientierungen  $H_x$ ,  $H_y$ , und  $H_z$

Folgende Punkte wurden detailliert untersucht:

- 1.2.1 Kopplungseffekte und Resonanzeinflüsse
- 1.2.2 Einfluss der leitenden Bodenfläche
- 1.2.3 Messung der seitlichen Volumenpunkte
- 1.2.4 Messung der NSA in Messentfernungen von 3 bis 10 m mit 60 cm und 30 cm Rahmenantennen in den Orientierungen  $H_x$ ,  $H_y$ , und  $H_z$
- 1.2.5 Vergleich der aktuellen NSA Messungen mit den Ergebnissen aus 2012 mit 50 cm Rahmenantennen

### 1.2.1 Kopplungseffekte und Resonanzeinflüsse:

Es wurde untersucht, inwiefern die Kopplung des Sende- und Empfangsweges unmittelbaren Einfluss auf das Ergebnis der NSA haben kann.

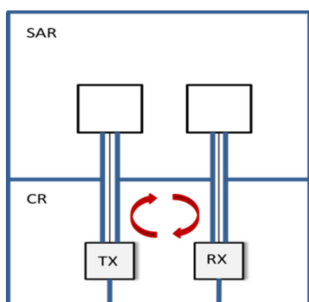


Bild 3: Kopplungseffekt bei Standardaufbau

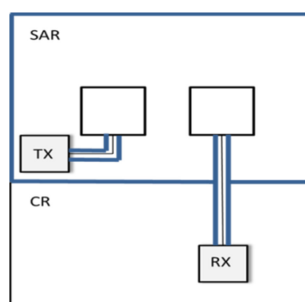


Bild 4: Entkopplung der Messsysteme

Bild 3 zeigt den Standardaufbau bei der Messung der NSA. Die dabei auftretende Masseschleife, die zwischen PE-Signalgenerator-Sendekabel-Schirmwand-Empfangskabel-Empfänger-PE aufgespannt wird, ist dabei verantwortlich für die Signalvariation, die schon bei geringfügigen Variationen im Messaufbau zu beobachten sind. Partielle Entkopplung der Einzelkomponenten mittels Trenntransformator bzw. Lichtwellenleitersteuerung waren dabei nur bedingt zielführend. Erst eine vollständige Entkopplung der Messsysteme, bei dem die Sendeseite in der Absorberhalle vollständig von der Empfangsseite entkoppelt und mittels Lichtwellenleiter angesteuert wurde, zeigte einen stabilen, reproduzierbaren Messaufbau (siehe Bild 4).

### 1.2.2 Einfluss der leitenden Bodenfläche (ground plane):

Die metallisch leitende Bodenfläche in der betrachteten Absorberhalle wurde mit einem 2 mm dicken verzinkten Stahlblech realisiert sowie mit einem Deckblech auf der Drehscheibe aus 6 mm Chromstahl. Es wurde geprüft, ob die beiden Ausführungen Einfluss auf die NSA nehmen. Dazu wurden die Ergebnisse der NSA an vier Positionen in der Absorberhalle über unterschiedlichen Konfigurationen der leitenden Bodenfläche verglichen. Der Einfluss der verschiedenen metallischen Bodenflächen auf die NSA in den Orientierungen  $H_x$ ,  $H_y$ , und  $H_z$  liegt im Bereich bis 0,5 dB.

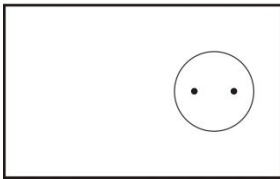


Bild 5a: Position 1

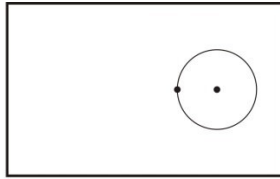


Bild 5b: Position 2

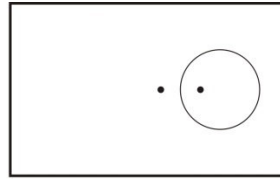


Bild 5c: Position 3,

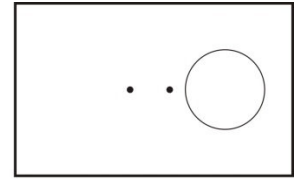


Bild 5d: Position 4

Bild 5a, 5b, 5c, 5d: Position 1 (blau): Beide Antennen auf der Drehscheibe mittig, Position 2 (rot): Eine Antenne im Mittelpunkt der Drehscheibe, die zweite am Rand, Position 3 (schwarz): Eine Antenne auf der Drehscheibe, die zweite auf der GP, Position 4 (grün): Beide Antennen auf der GP, zwei Meter von der Drehscheibe entfernt.

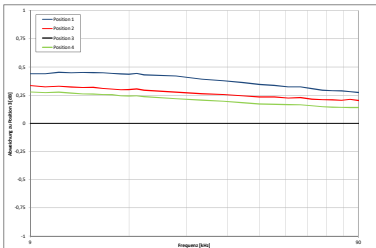


Bild 6a: Orientierung  $H_x$

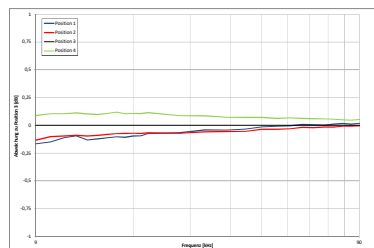


Bild 6b: Orientierung  $H_y$

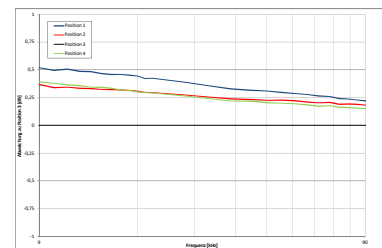


Bild 6c: Orientierung  $H_z$

Die Bilder 6a – 6c zeigen die Abweichungen der verschiedenen Messungen, in den Orientierungen  $H_x$ ,  $H_y$ , und  $H_z$ , im Frequenzbereich 9 kHz – 90 kHz, normiert auf die typische Messkonfiguration bei Prüflingsmessungen entsprechend Position 3.

### 1.2.3 Messung der seitlichen Volumenpunkte

Die Messung der NSA in den seitlichen Volumenpunkten ist derzeit in den Normen ANSI und CISPR im Frequenzbereich 30 MHz – 1 GHz unterschiedlich geregelt. Es wurde untersucht, ob das Einrücken des Referenzpunktes der Sendeantenne in den

Seitenpositionen des Volumens (Referenzpunkt auf der Umfangsline des Volumens zu äußerem Antennenelement bündig abschließend mit der Umfangsline des Volumens) einen messbaren Einfluss auf das Messergebnis liefert.

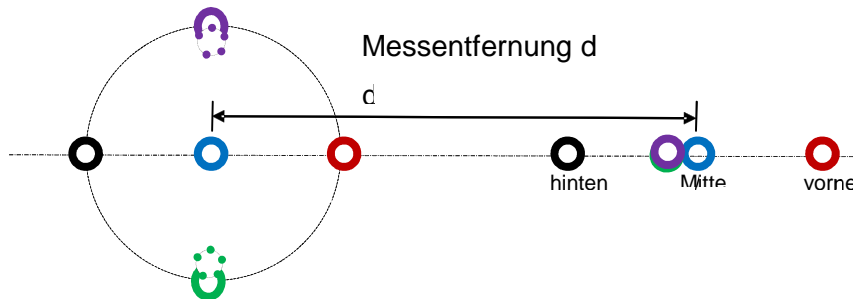


Bild 7: Messpositionen  $H_x$  im Volumen: Referenzpunkt auf der Umfangsline des Volumens bzw. äußeres Antennenelement bündig abschließend mit der Umfangsline des Volumens

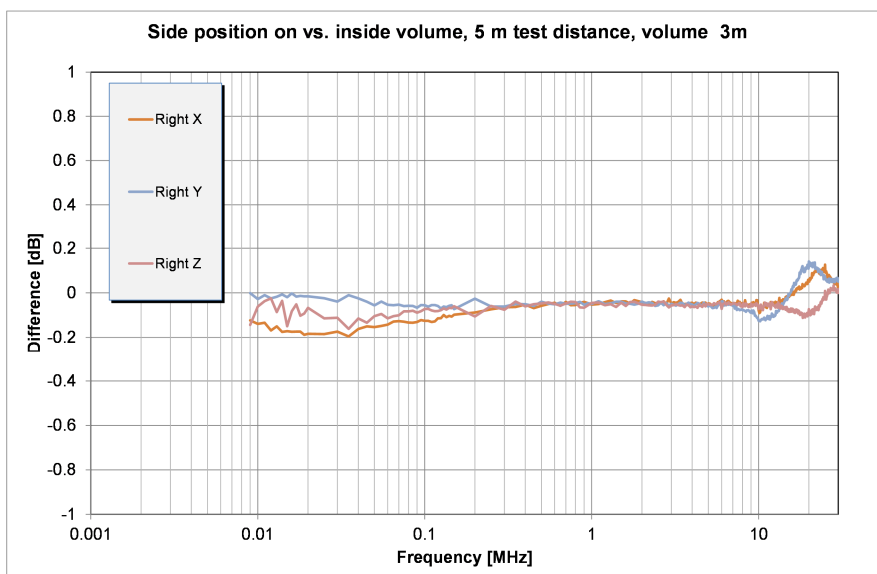


Bild 8: Differenz der nicht eingerückten und eingerückten NSA für alle 3 Orientierungen bei einer Messentfernung von 5 m, Volumengröße 3 m

Wie man aus den Ergebnissen sehen kann, liegt der Unterschied bei eingerückten und nicht eingerückten Antennen unter 0,2 dB.

#### 1.2.4 Messung der NSA in Messentfernungen von 3 m bis 10 m mit 60 cm und 30 cm Rahmenantennen in den Orientierungen $H_x$ , $H_y$ , und $H_z$

Es wurden Messungen der NSA in der Längsachse der Absorberhalle in den Messentfernungen von 3 m bis 10 m in Schrittweiten von 1 m Abstand in den Orientierungen  $H_x$ ,  $H_y$ , und  $H_z$  durchgeführt. Die Bilder 9, 11 und 13 zeigen die Messergebnisse in den Orientierungen  $H_x$ ,  $H_y$ ,  $H_z$  gemessen mit 60 cm Rahmenantennen. Die Bilder 15, 17 und 19 zeigen die vergleichbaren Messungen in den Orientierungen  $H_x$ ,  $H_y$ ,  $H_z$  gemessen mit 30 cm Rahmenantennen.

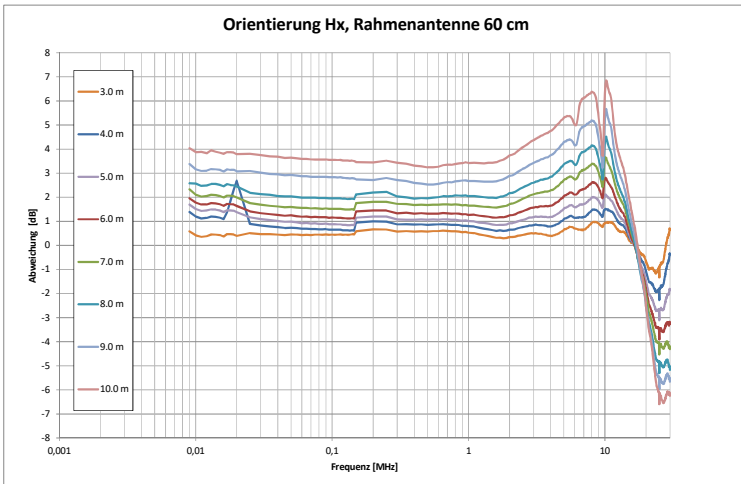


Bild 9: NSA Messung in  $H_x$  Orientierung in verschiedenen Messabständen von 3 bis 10 m; Rahmenantennen 60 cm



Bild 10: Messanordnung

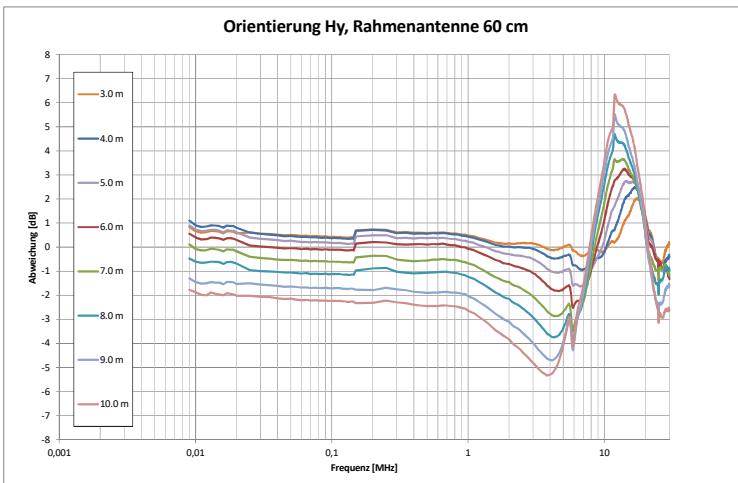


Bild 11: NSA Messung in  $H_y$  Orientierung in verschiedenen Messabständen von 3 bis 10 m; Rahmenantennen 60 cm



Bild 12: Messanordnung

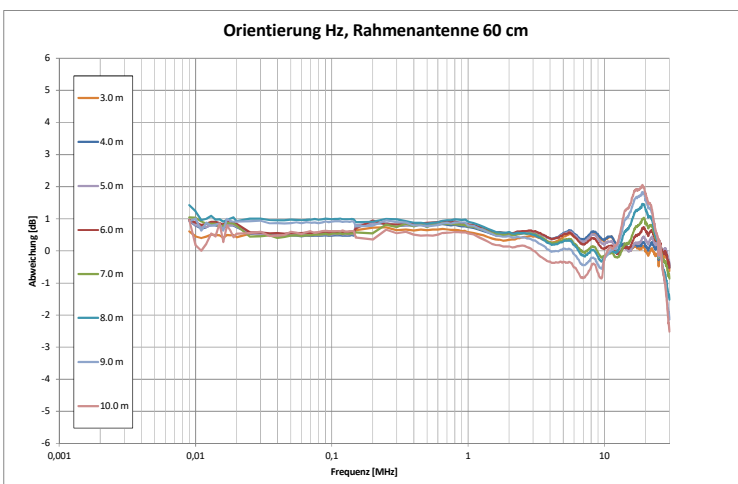


Bild 13: NSA Messung in  $H_z$  Orientierung in verschiedenen Messabständen von 3 bis 10 m; Rahmenantennen 60 cm



Bild 14: Messanordnung

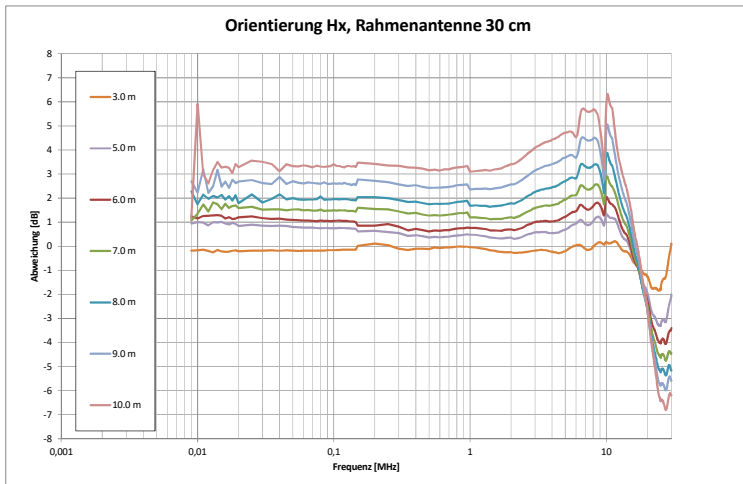


Bild 15: NSA Messung in  $H_x$  Orientierung in verschiedenen Messabständen von 3 bis 10 m (ohne 4 m Messabstand); Rahmenantennen 30 cm

Bild 16: Messanordnung

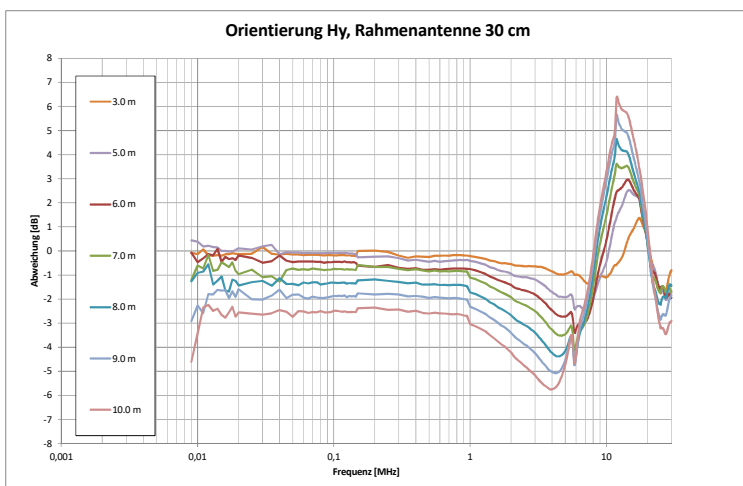


Bild 17: NSA Messung in  $H_y$  Orientierung in verschiedenen Messabständen von 3 bis 10 m (ohne 4 m Messabstand); Rahmenantennen 30 cm

Bild 18: Messanordnung

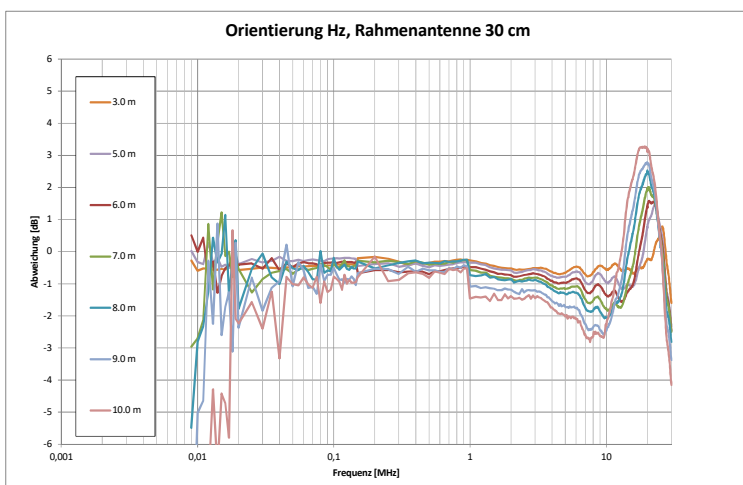


Bild 19: NSA Messung in  $H_z$  Orientierung in verschiedenen Messabständen von 3 bis 10 m (ohne 4 m Messabstand); Rahmenantennen 30 cm

Bild 20: Messanordnung

Unterhalb von 100 kHz sind größere Abweichungen bei Messung mit Rahmenantennen Durchmesser 30 cm in den Messergebnissen zu erkennen, bedingt durch die begrenzte Messdynamik und dem damit verbundenen Rauscheinfluss.

Vergleicht man die Messergebnisse der Messungen mit 60 cm und 30 cm Rahmenantennen kann man erkennen, dass in  $H_x$  und  $H_y$  Orientierung die Ergebnisse bei geringer Messdistanz Abweichungen bis ca. 1 dB zeigen, mit zunehmender Messentfernung reduziert sich der Einfluss auf Werte bis ca. 0,5 dB. Im Gegensatz zur Orientierung  $H_z$ , in der die Abweichung durchgehend bei ca. 1 dB liegt.

### 1.2.5 Vergleich der aktuellen NSA Messungen mit den Ergebnissen aus 2012 mit 50 cm Rahmenantennen

In den aktuellen Untersuchungen sollten insbesondere die signifikanten Abweichungen unter 1 MHz weiter analysiert werden, die sich bei den Messungen im RRT von 2012 gezeigt haben. Mit den diskutierten Untersuchungen wurden die Lösungsansätze erarbeitet, um die Messgenauigkeit deutlich zu steigern.

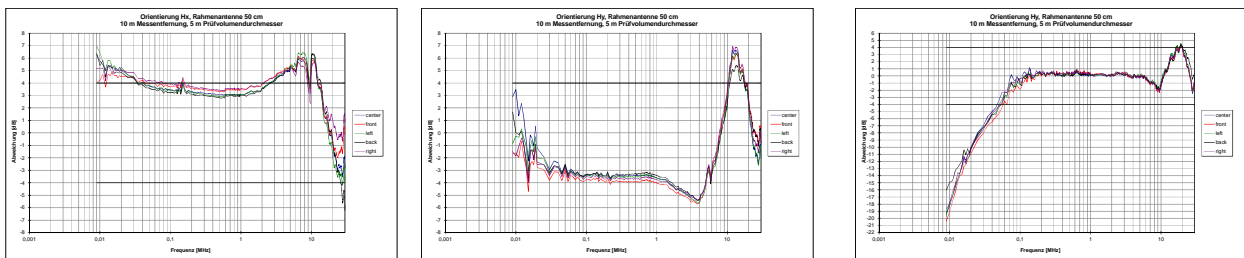


Bild 21: NSA Messung (2012) in den Orientierungen  $H_x$ ,  $H_y$  und  $H_z$  in 10 m Messabstand; Rahmenantennen 50 cm Durchmesser

## 2 Zusammenfassung:

Die in der CISPR 1101 A/DC vorgeschlagene Messmethode wurde in einer Absorberhalle in verschiedenen Messentfernungen durchgeführt und die Messergebnisse diskutiert. Es hat sich gezeigt, dass die erforderliche Messgenauigkeit zur Eignungsprüfung der Messplätze mit der verfügbaren Messtechnik gewährleistet ist. Die Untersuchungen hinsichtlich der Messentfernung haben gezeigt, dass eine Einhaltung des Akzeptanzkriteriums ab ca. 7 m Messentfernung nicht mehr gewährleistet ist. Dies soll in dem Normenentwurf in der Betrachtung der Messunsicherheit entsprechend der zusätzlichen Abweichung berücksichtigt werden. Wie im RRT 2012 gezeigt wurde, kann das Akzeptanzkriterium auf Freifeldmessplätzen auch in 10 m Messabstand eingehalten werden.

## 3 Literaturangaben

- [1] CISPR A 1101/DC
- [2] CISPR A 1106/DC
- [3] CISPR A 1107/INF
- [4] Trautnitz, F.-W., Riedelsheimer, J.: Validierung von Störfeldstärke – Messplätzen im Frequenzbereich von 9 kHz – 30 MHz mit Rahmenantennen, EMV Düsseldorf 2016

[5] Trautnitz, F.-W., Riedelsheimer, J.: Erstellung eines Validierungsverfahrens für EMV Messplätze im Frequenzbereich von 9 kHz – 30 MHz mit Magnetfeldantennen, EMV Düsseldorf 2014