

# Messtechnische Untersuchung des Einflusses der Erdung von CISPR-25-Emissionsmessplätzen

**Z**iel der hier vorgestellten Untersuchungen war es, die Eigenschaften von CISPR-25-Emissionsmessplätzen für Einzelkomponenten mit Hilfe von Vergleichsmessungen zu ermitteln. Da das in der Norm beschriebene Verfahren nicht gut geeignet ist, wurde ein präziseres Verfahren entwickelt. Dabei galt es herauszufinden welche Ausführung der Erdung sich als günstig erweist, weil die Norm gewisse Freiheiten lässt. Sehr wichtig war auch die Definition des Messaufbaus der Referenz, die auf einem Freifeldmessgelände gemessen wird. Das Ergebnis ist, dass es mit sämtlichen Erdungsvarianten möglich ist, die Anforderungen an eine ALSE zu erfüllen. Unter 70 MHz gibt es beträchtliche Unterschiede je nach Ausführungsform. Über 200 MHz, wo die log-per. Antenne zum Einsatz kommt, konnte praktisch kein Einfluss der Erdung und der Halle beobachtet werden.

Das Messergebnis einer strahlungsgebundenen Emissionsmessung von Komponenten entsprechend dem in CISPR 25 beschriebenen Verfahren für ALSE (Absorber Lined Shielded Enclosure) wird stark vom Messaufbau bestimmt. Insbesondere die Erdung der Masseplatte des Prüftisches hat maßgeblichen Einfluss auf das Messergebnis.

Es ist in der Norm nicht klar festgelegt wie diese Erdung zu erfolgen hat. Eine häufig anzutreffende Lösung ist die Erdenbindung mit-

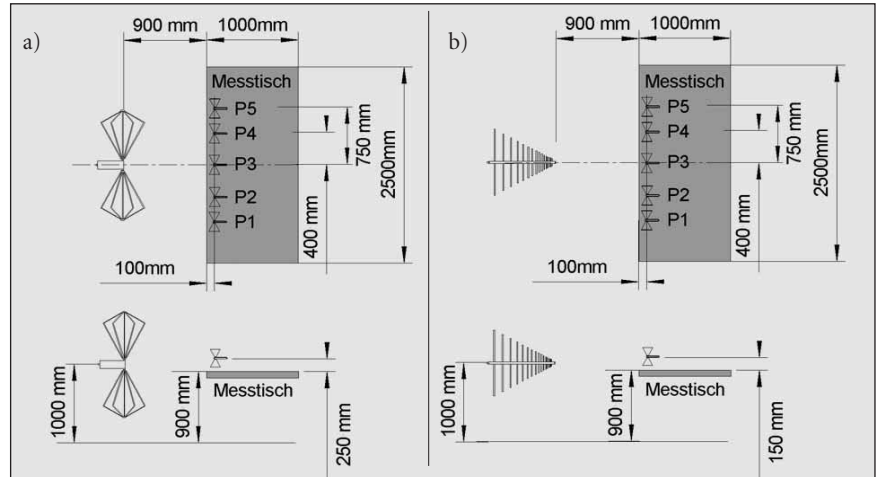


Abb. 1: Messaufbau des neuen Verfahrens

a) Frequenzbereich 30 MHz bis 200 MHz

b) Frequenzbereich 200 MHz bis 1 GHz

tels mehreren Kupferstreifen. Diese werden vom Tisch vertikal nach unten geführt und mit der Ground Plane kontaktiert. Je nach Ausführung werden in der Praxis zwischen drei und sechs Streifen verwendet. Eine weitere Erdungsvariante ist die horizontale Kontaktierung der Masseplatte mit der Schirm-

wand, wobei die Kontaktierungsstreifen bzw. -platten zwischen den Absorbern hindurch bis zur Schirmwand geführt werden müssen. Diese Ausführung wird in der neuen Version der CISPR 25 (Second edition 2002-08) [1] in den Abbildungen angedeutet, aber im Text nicht näher beschrieben.

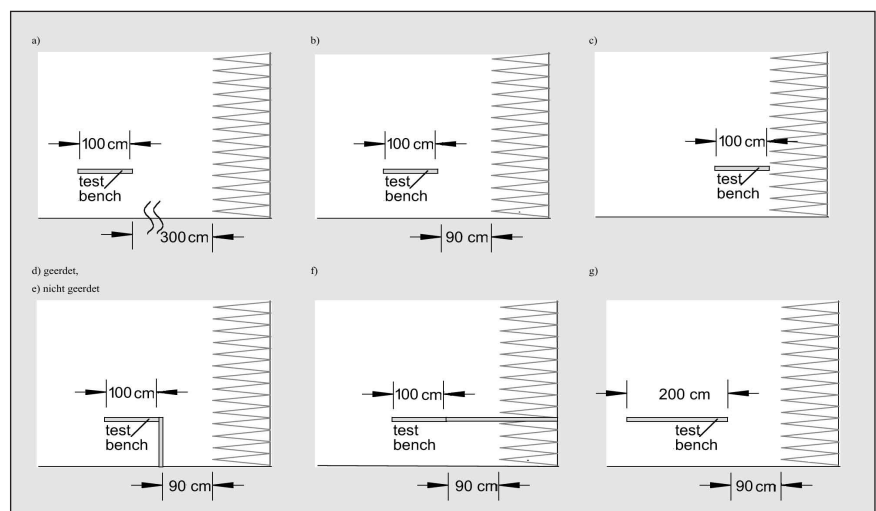


Abb. 2: Sieben verschiedene Meßaufbauten

Abb. 2a: Messaufbau: Mitte der ALSE, keine Erdung

Abb. 2b: Messaufbau: nahe der Wand, keine Erdung

Abb. 2c: Messaufbau: an der Wand, keine Erdung

Abb. 2d: Messaufbau: nahe der Wand, Erdungsplatte vertikal in die ground plane

Abb. 2e: Messaufbau: nahe der Wand, Erdungsplatte vertikal nicht an der ground plane kontaktiert

Abb. 2f: Messaufbau: nahe der Wand, Erdung horizontal an der Schirmung

Abb. 2g: Messaufbau: nahe der Wand, doppelte Tischbreite

► Autoren

ALEXANDER KRIZ, WOLFGANG MÜLLNER

ARC Seibersdorf research GmbH;

A-2444 Seibersdorf

Fon: +43/50550-2846, Fax: +43/50550-2813

E-Mail: alexander.kriz@arcs.ac.at

FRIEDRICH WILHELM TRAUTNITZ,

JOCHEN RIEDELSHEIMER

Albatross Projects GmbH;

Daimlerstraße 17, D-89564 Nattheim

Fon: 07321/730-552, Fax: 07321/730-590

E-Mail: f-w.trautnitz@albatross-projects.com

HERBERT SEITL

Conti Temic microelectronic GmbH;

Ringlerstraße 17, D-85057 Ingolstadt

Fon: 0841/881-2453, Fax: 0841/881-2170

E-Mail: herbert.seitl@temic.com

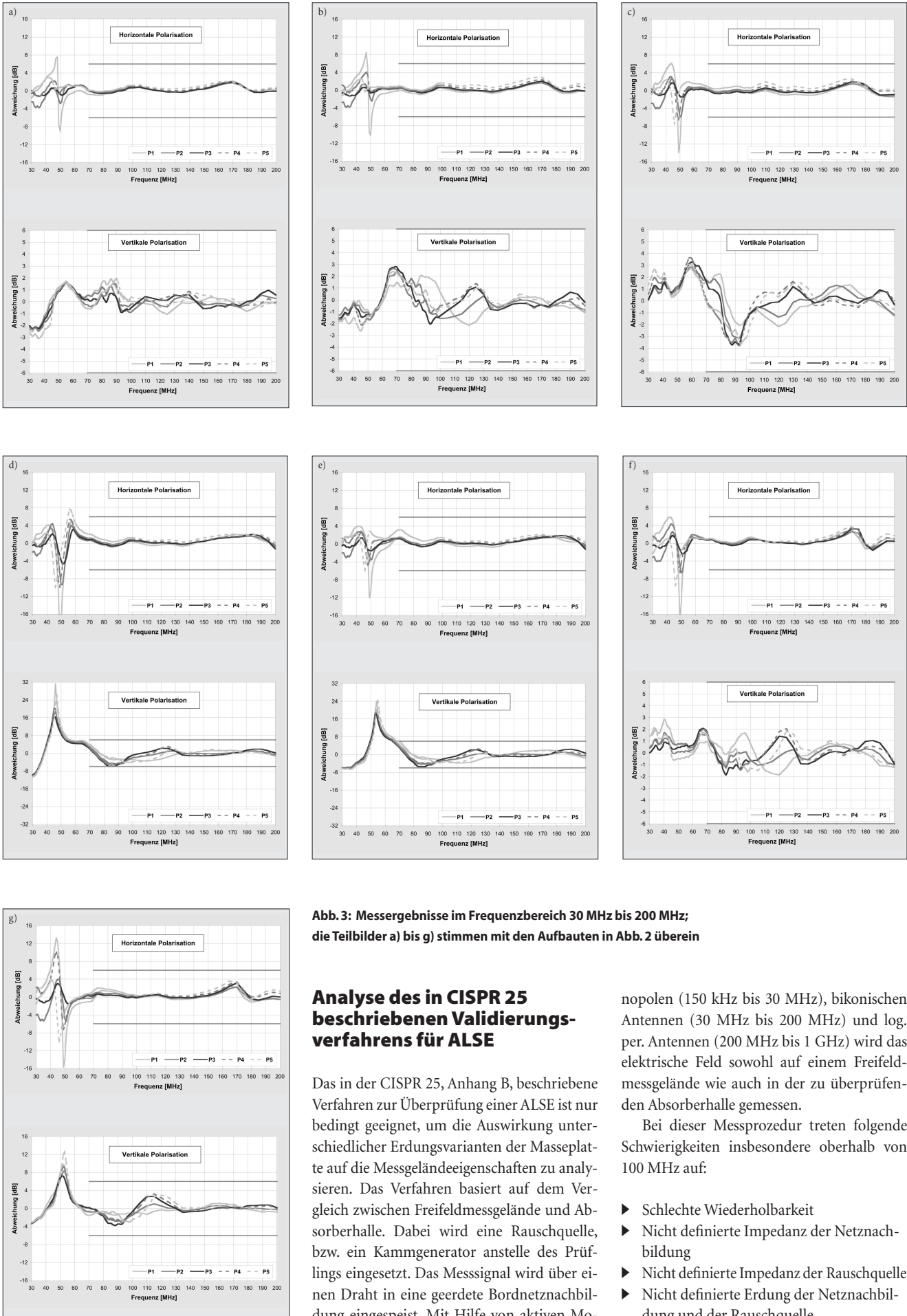


Abb. 3: Messergebnisse im Frequenzbereich 30 MHz bis 200 MHz; die Teilbilder a) bis g) stimmen mit den Aufbauten in Abb. 2 überein

### Analyse des in CISPR 25 beschriebenen Validierungsverfahrens für ALSE

Das in der CISPR 25, Anhang B, beschriebene Verfahren zur Überprüfung einer ALSE ist nur bedingt geeignet, um die Auswirkung unterschiedlicher Erdungsvarianten der Masseplatte auf die Messgelandeeigenschaften zu analysieren. Das Verfahren basiert auf dem Vergleich zwischen Freifeldmessgelände und Absorberhalle. Dabei wird eine Rauschquelle, bzw. ein Kammgenerator anstelle des Prüflings eingesetzt. Das Messsignal wird über einen Draht in eine geerdete Bordnetz nachbildung eingespeist. Mit Hilfe von aktiven Mo-

nopolen (150 kHz bis 30 MHz), bikonischen Antennen (30 MHz bis 200 MHz) und log. per. Antennen (200 MHz bis 1 GHz) wird das elektrische Feld sowohl auf einem Freifeldmessgelände wie auch in der zu überprüfenden Absorberhalle gemessen.

Bei dieser Messprozedur treten folgende Schwierigkeiten insbesondere oberhalb von 100 MHz auf:

- ▶ Schlechte Wiederholbarkeit
- ▶ Nicht definierte Impedanz der Netznachbildung
- ▶ Nicht definierte Impedanz der Rauschquelle
- ▶ Nicht definierte Erdung der Netznachbildung und der Rauschquelle

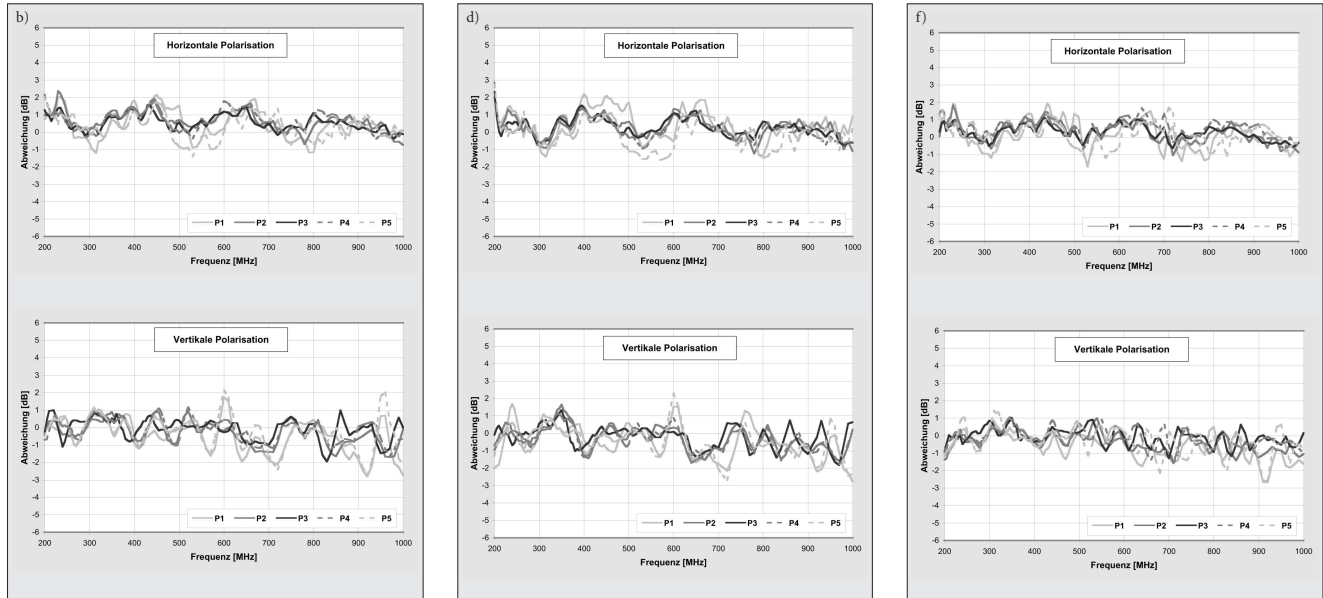


Abb. 4: Messergebnisse im Frequenzbereich 200 MHz bis 1 GHz; Die Teilbilder b), d) und f) stimmen mit den Aufbauten in Abb. 2 überein

Einige dieser Probleme wurde schon von Swanson [2] und Miller [3] beschrieben.

Der Grund für die schlechte Wiederholbarkeit resultiert aus der Strahlungscharakteristik des 1,5 m langen Drahtes, die sich mit zunehmender Frequenz stark verändert. Die Drahtlänge entspricht bei einer Frequenz von 200 MHz bereits  $\lambda/2$  und steigt bis auf  $\lambda/4$  bei einer Frequenz von 1 GHz an. Der Draht wirkt somit bei höheren Frequenzen wie eine Langdrahtantenne, mit den entsprechenden Veränderungen in der Abstrahlcharakteristik. Die Abstrahlcharakteristik wird in Amplitude und Richtung stark von der Position des Drahtes über der Masseplatte des Messtisches beeinflusst.

Die Impedanz der Bordnetz nachbildung ist bis zu einer Frequenz von 108 MHz definiert. Anhang F des Standards zeigt den Stromlaufplan. Für Frequenzen über 100 MHz kann die Impedanz des 0,1  $\mu\text{F}$  Kondensators vernachlässigt werden. Dafür überwiegt der undefinierte Blindwiderstand der Leitung zum Anschluss des Kabelbaumes und der Erdung.

Untersuchungen zu den oben genannten Themen wurden schon intensiv bei Kriz [4] beschrieben.

### Verfahren zur Untersuchung des Einflusses der Erdung von CISPR-25-Emissionsmessplätzen

Um eine genaue Analyse des Einflusses der Erdung von CISPR 25 Emissionsmessplätzen durchzuführen, wurde der Messaufbau entsprechend dem jetzigen in CISPR 25 beschriebenen Validierungsverfahren für ALSE verän-

dert. Anstatt mit einer Rauschquelle, einem Kabelbaum und einer Netznachbildung ein undefiniertes Feld zu erzeugen, wurde mit einer geeigneten Strahlungsquelle ein stabiles Feld generiert. Dazu wurde eine kleine bikonische Antenne für den Frequenzbereich von 30 MHz bis 1 GHz eingesetzt. Die Sendeantenne wurde an fünf Positionen oberhalb der Masseplatte des Prüftisches platziert und die Übertragungsdämpfung (Site Attenuation) in beiden Polarisationssebenen gemessen (Abb. 1).

Für die Messung der Site Attenuation sind zwei Spannungsmessungen nötig. Zuerst schließt man das Sende- und Empfangskabel zusammen und ermittelt  $U_{\text{direkt}}$ . Im Anschluss daran werden die Messkabel mit den entsprechenden Antennen verbunden und  $U_{\text{site}}$  an den in Abb. 1 dargestellten Positionen gemessen.

$$SA = U_{\text{direkt}} - U_{\text{site}} \quad (\text{Gl. 1})$$

Die Eigenschaft eines Messplatzes (ALSE) wird durch Vergleich zur Referenzmessung (Open Area Test Site, OATS) nach Formel 2 bestimmt.

$$\text{Abweichung} = SA_{\text{ALSE}} - SA_{\text{OATS}} \quad (\text{Gl. 2})$$

Sowohl Formel 1 als auch Formel 2 werden für jeden der fünf Punkte in beiden Polarisationssebenen angewendet, wodurch sich ein Ergebnis von zwei Diagrammen mit je fünf Kurven ergibt.

Der Höhe der Sendeantenne über dem Messtisch beträgt bei Messungen mit der bi-

konischen Empfangsantenne 250 mm. In Gegensatz zu früheren Publikationen [4][5], wo der Abstand 150 mm betrug, wurde er erhöht, um die Kopplung zu verringern. Dadurch verbesserte sich die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse.

### Referenzmessung auf dem Freifeld

Das Äquivalent zu dem in der Norm beschriebenen Aufbau, der bis in die Absorberwand verlängerten Platte, ist der bis ins Unendliche reichende Messtisch. Da dieser theoretische Ansatz nicht realisiert werden kann, muss ein Referenzaufbau für das Freifeldmessgelände definiert werden. Bei Kriz [5] wurde anhand von Computersimulation gezeigt, dass die Größe des Messtisches und die Erdung auf einem Freifeld einen starken Einfluss auf die Felddämpfung haben. Für die Referenzmessung wurde ein Tisch der Größe 2,5 m x 1 m gewählt, der nicht mit der Ground Plane des OATS kontaktiert ist.

### Experimentelle Untersuchungen

In Abbildung 2 sind die gewählten Messaufbauten zur Untersuchung des Erdungseinflusses dargestellt. Folgende Parameter sind dabei von besonderem Interesse:

- ▶ Abstand des Tisches zur Absorberwand
- ▶ Elektrischer Kontakt zur Schirmung
- ▶ Ausführung der Erdung
- ▶ Tiefe des Tisches

Der Abstand zur Absorberwand wurde verändert, um die Wirkung der Absorber zu überprüfen. In Aufbau 2a bis 2c wurde der Abstand von 300 cm auf 90 cm verringert und schließlich auf 0 cm reduziert, wobei die Tische nicht geerdet waren. Beim Messaufbau 2a sollte der Einfluss zum Freifeld am geringsten sein, da der Abstand zu den Absorberwänden am größten ist. Die Messkonfigurationen in 2b und 2c liefern deutlichere Rückschlüsse auf die Qualität der Absorberauskleidung. Im Testaufbau 2d bis 2f werden zwei mögliche Erdungsvarianten der Masseplatte mit einer metallischen Platte in der Breite des Tisches gezeigt. Abbildung 2d zeigt die Erdung vertikal zur Ground Plane. Diese Messung wurde zusätzlich noch ohne Kontakt der vertikalen Platte mit der Ground Plane wiederholt (Abb. 2e). In Abbildung 2f erfolgt die Erdanbindung horizontal nach hinten an die Schirmung. Die Variante 2g soll den Einfluss der Masseplattengröße verdeutlichen. Die Breite des Prüftisches wurde in dieser Messung auf 200 cm verdoppelt, der Tisch war nicht geerdet.

In Abbildung 3 sind die Ergebnisse der Messungen im Frequenzbereich 30 MHz bis 200 MHz dargestellt.

Bei ca. 50 MHz findet man bei allen Aufbauten in horizontaler Polarisation große Abweichungen von über 10 dB. Der Grund dafür ist eine scharfe Resonanz in der Felddämpfung, die um Werte bis zu 15 dB variiert. Deshalb sind Differenzbildungen (Gl. 2) in diesem Frequenzbereich nicht aussagekräftig.

Die Messungen in der Mitte der Halle (Messaufbau nach 2a) sowie 900 mm vor den Absorbern (Messaufbau nach 2b) zeigen im gesamten Frequenzbereich gute Übereinstimmungen, was auf einen geringen Einfluss der Absorberhalle schließen lässt. Bei den Messungen nach 2c, direkt vor der Absorberwand, ist dagegen insbesondere in vertikaler Polarisation im Frequenzbereich bis 100 MHz eine Veränderung der Messwerte zu beobachten. Die Ergebnisse der Messungen nach Abbildung 2d sowie 2e zeigen besonders in vertikaler Polarisation eine vergleichsweise große Abweichung zu den Messwerten auf dem Freifeldmessgelände, bedingt durch eine ausgeprägte Resonanz zwischen 40 MHz und 60

MHz. Die Messungen nach Abbildung 2g zeigen ähnliche Messergebnisse wie bei 2e in vertikaler Polarisation.

Oberhalb von 70 MHz liegen die Abweichungen der Messergebnisse sämtlicher Messungen unter  $\pm 6$  dB, was bedeutet, dass solche Messanordnungen das ALSE-Kriterium nach CISPR 25 einhalten. Bei 2d und 2e verläuft die Kurvenschar sehr knapp unter dem Limit vorbei, wodurch die Messunsicherheit beim Emissionstest erhöht wird, wenn man den Halleneinfluss berücksichtigt.

Ein Vergleich der Messergebnisse mit Erdanbindung der Masseplatte des Prüftisches lässt den Schluss zu, dass eine horizontale Erdanbindung an die Schirmung (Abbildung 2f) zu einer besseren Übereinstimmung zur Freifeldmessung führt.

In Abbildung 4 sind die Ergebnisse der Messungen im Frequenzbereich 200 MHz – 1 GHz dargestellt.

Bei allen drei Messungen liegt die Abweichung in etwa bei  $\pm 3$  dB. Daraus kann geschlossen werden, dass weder die Absorber noch die Ausführung der Erdung der Masseplatte des Prüftisches einen Einfluss haben. Aus Platzgründen wurden nur die Ergebnisse für drei Messaufbauten dargestellt, denn die anderen Kurvenscharen haben ein fast identisches Aussehen.

## Zusammenfassung

Es hat sich gezeigt, dass das verwendete Verfahren für diesen Zweck hinsichtlich Empfindlichkeit und Reproduzierbarkeit geeignet ist.

Aus den Ergebnissen können folgende Schlüsse gezogen werden:

ALSE-Aufbau 2f liefert die geringsten Abweichungen zu den Referenzwerten. Genau dieser Aufbau ist in den Abbildungen der CISPR 25 dargestellt. Daraus kann geschlossen werden, dass der verwendete Referenzaufbau gut geeignet ist. Als Referenz auf dem Freifeld sollte somit ein Tisch mit der Größe 2,5 m x 1 m gewählt werden, der nicht geerdet ist. Jeder sollte seine Halle mit dem gleichen Referenzaufbau validieren, um vergleichbare Ergebnis-

se zu erhalten. Deshalb ist eine Definition des Referenzaufbaues in der Norm erforderlich.

Aus den Aufbauten 2d und 2e mit und ohne Erdanbindung der vertikalen Platte ist ersichtlich, dass eine Resonanz in vertikaler Polarisation auftritt. Diese verändert sich nur geringfügig, wenn man die Platte an die Schirmung kontaktiert oder nicht. Das generelle Verhalten bleibt gleich, wodurch eindeutig ist, dass die Resonanz durch die Anwesenheit der Platte entsteht und nicht durch das Vorhandensein der Erdung.

Durch die Aufbauten 2a, 2b und 2c wurde der Einfluss der Absorber untersucht. Auch bei sehr geringem Abstand zur Absorberwand, konnte nur ein kleiner Einfluss festgestellt werden. Der Grund dafür ist die sehr gute Wirkungsweise des absorbierenden Materials.

Prinzipiell ist es möglich, das ALSE-Kriterium (6 dB) mit allen Aufbauten einzuhalten. Sämtliche starke Resonanzen liegen unter der Frequenzgrenze von 70 MHz.

Über 200 MHz liegen sämtliche Abweichungen innerhalb von  $\pm 3$  dB.

## Literatur

- [1] CISPR 25: „Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics for protection of receivers used on board vehicles“, Second edition 2002-08, IEC
- [2] D. Swanson: „Investigation of the Calibration Procedure from CISPR 25, Annex B, for use with Vehicle Component Testing“, IEEE EMC Symposia Record 1998
- [3] P. Miller: „A Comparison of Radiated Emissions Testing to European Directive 95/54/EC Using an Open Field Test Site and a Semi-anechoic Chamber“, IEEE EMC Symposia Record 1999
- [4] A. Kriz, W. Müllner: „An Accurate Validation Procedure for Component Testing Chambers“, Compliance Engineering, November/December 2002
- [5] A. Kriz, W. Müllner: „Analysis of the CISPR 25 Component Test Setup“, IEEE Inter. Symp. on Electromagnetic Compatibility, Istanbul, 2003

### Beitrag als PDF im Internet:

www.publish-industry.net

more @ click TK4B03..

