

EMV- Beratungs- und Planungsbüro Prof. Dr.-Ing. K. H. Gonschorek Dr.-Ing. R. Vick	<b>Meßbericht</b> Emissionsmessung	Seite 1 von 21 Datum: 10.11.1999
--	---------------------------------------	-------------------------------------

# **Meßbericht**

## **Emissionsmessung**

Einfamilien-Reihenhaus

EMV- Beratungs- und Planungsbüro Prof. Dr.-Ing. K. H. Gonschorek Dr.-Ing. R. Vick	<b>Meßbericht</b> Emissionsmessung	Seite 2 von 21  Datum: 10.11.1999
--	---------------------------------------	---

# Meßbericht

**Meßobjekt:** Einfamilien-Reihenhaus in Ludwigslust

**Meßdatum:** 29. - 30.10.1999

**Meßingenieure:** Dr.-Ing. R. Vick  
Tel.: 0351 / 3107161, Fax: 0351 / 3107162, E-Mail:  
ralf.vick@ieee.org

**Meßverfahren:** TCL-Messung, ITU-T Recommendation G. 177 (02/96)  
modifiziert,  
H-Feld-Messung, isotrop

## Meßergebnis:

Es wurde die Emission magnetischer Felder des 230V-Netzes eines Einfamilien-Reihenhaus bei Einspeisung von symmetrischen Spannungen untersucht. Hieraus wurden die symmetrischen Spannungen bestimmt, die zur Abstrahlung der Feldstärkegrenzwerte nach der Vorschrift NB30 der RegTP führen.

Dr.-Ing. R. Vick

## 1 Gegenstand der Untersuchung und Meßaufbau

Das Meßobjekt war ein Einfamilien-Reihenhaus, Baujahr 1997.



**Abbildung 1 Foto vom Meßobjekt**

Das Haus ist unterkellert und hat ein ausgebautes Dachgeschoß. Die Einspeisung der 230V-Versorgung erfolgt über Erdkabel im Keller. Der Sicherungskasten befindet sich in unmittelbarer Nähe zum Meßpunkt 44. Die Leitungen sind im Estrich auf den Stahlbeton-Zwischendecken oder in den Wänden unter Putz verlegt.

Es wurde an verschiedenen Orten im Haus, nacheinander eine symmetrische Spannung von  $105\text{dB}_{\mu\text{V}}$  eingekoppelt und die H-Feldstärke in der Umgebung in drei orthogonalen Raumrichtungen gemessen. An den Einkoppelstellen wurden außerdem die asymmetrischen und symmetrischen Spannungen sowie der Transversal Conversion Loss (TCL) bestimmt.

Die Meßgröße  $\text{TCL}_{100}$  wurde wie folgt definiert:

$$\text{TCL}_{100} = 20 \cdot \log \frac{U_{0,\text{sym}}}{U_{\text{asym}}}, \quad (1)$$

$U_{0,\text{sym}}$ : berechnete symmetrische Spannung an der Einkoppelstelle für einen angepaßten Abschluß,

$U_{\text{asym}}$ : gemessene asymmetrische Spannung an der Einkoppelstelle.

Anmerkung: Die Definition des  $\text{TCL}_{100}$  weicht von der Definition des TCL gem. ITU-T Recommendation G. 177 (02/96) ab, da es sich um kein angepaßtes System handelt. Der

EMV- Beratungs- und Planungsbüro Prof. Dr.-Ing. K. H. Gonschorek Dr.-Ing. R. Vick	<h1 style="text-align: center;">Meßbericht</h1> <h2 style="text-align: center;">Emissionsmessung</h2>	Seite 4 von 21  Datum: 10.11.1999
--	---	---

$TCL_{100}$  wird als Proportionalitätsfaktor zwischen angepaßt eingekoppelter symmetrischer Spannung und hervorgerufener asymmetrische Spannung verwendet.

Um den TCL und die Emission korrekt zu bestimmen und einen sicheren Betrieb der Meßgeräte zu gewährleisten, waren folgende Forderungen vom Meßaufbau zu erfüllen:

- ausreichende Entkopplung der 230V Wechselspannung an dem Spektrumanalysator und den Balunen,
- ausreichende Symmetrie der Einkoppelvorrichtung,
- ausreichende Dämpfung von transienten Überspannungen auf dem Stromversorgungsnetz,
- minimale Dämpfung des Nutzsignals,
- minimale Rückwirkung der Messung der symmetrischen Spannung,
- ausreichendes Signal-zu-Rausch-Verhältnis.

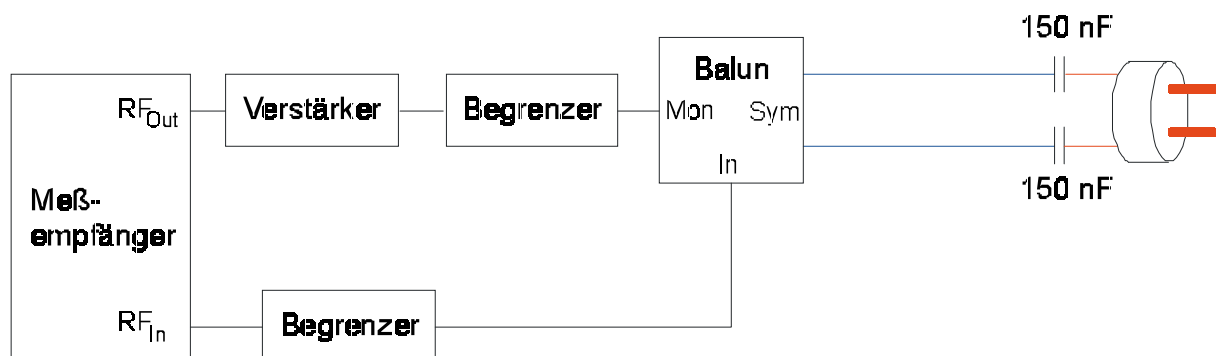
Diese Forderungen wurden durch folgende Maßnahmen erreicht:

- grobe Entkopplung der 230V Wechselspannung durch zwei 150 nF Kondensatoren mit ausreichender Spannungsfestigkeit und hinreichend hoher Resonanzfrequenz,
- Kalibrierung der Meßeinrichtung, Überprüfung der Symmetrie,
- Zusätzliche Entkopplung (100 dB) des 50 Hz Signals durch einen Begrenzer am Generatorausgang und RF-Eingang des Spektrumanalysators,
- Entkopplung der Messung der symmetrischen Spannung durch zwei 10 k $\Omega$  Serienwiderstände,
- Verwendung eines rauscharmen Meßempfängers und einer Zwischenfrequenzbandbreite von 200 Hz.

Der realisierte Aufbau ist in Abbildung 2 dargestellt. Die Einkopplung erfolgte über eine verdrehte Leitung mit modifiziertem Schutzkontaktstecker.

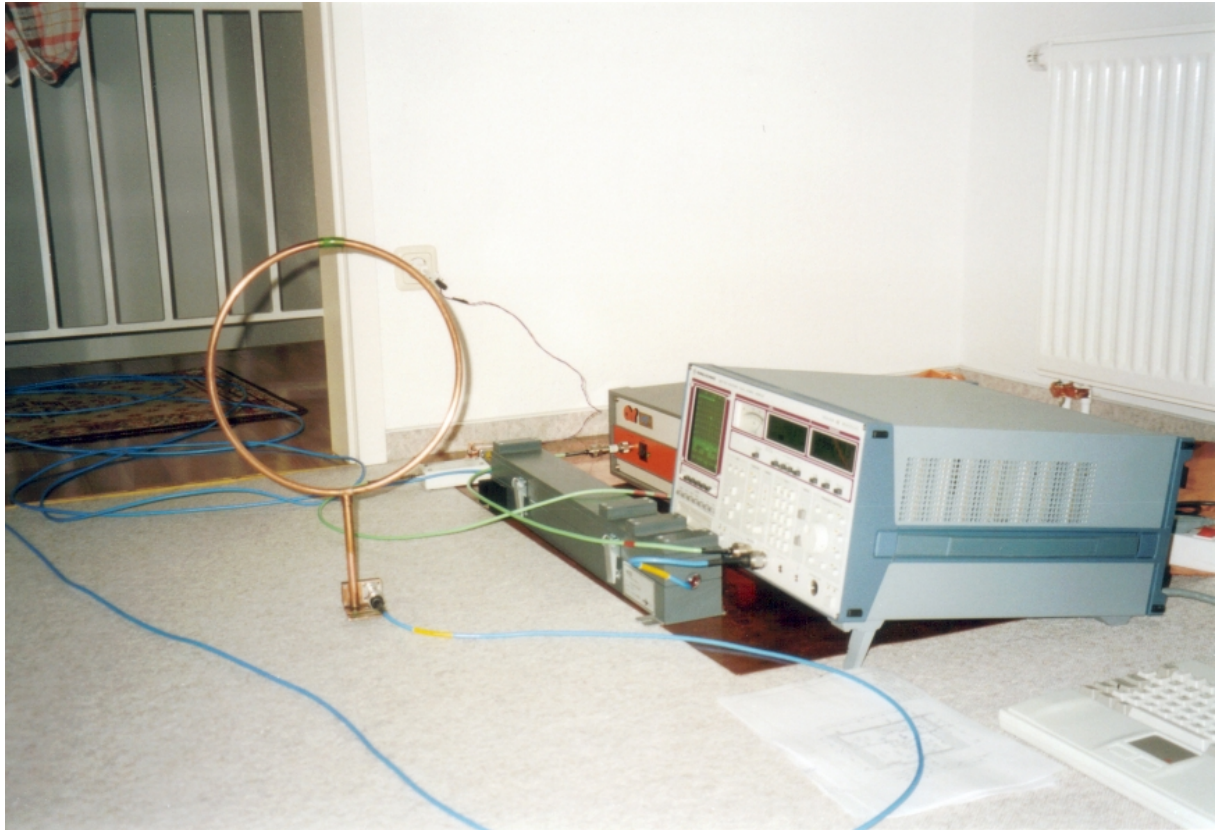
Es wurden folgende Meßgeräte und Meßhilfsmittel verwendet:

- Meßempfänger ESHS 30, Rhode & Schwarz,
- Verstärker AR1W1000A, Amplifier Research,
- Begrenzer CFL 9206, Schaffner,
- Schleifenantenne HFRA 9150, Schwarzbeck,
- Schleifenantenne 30,4 cm, Eigenbau Prof. Gonschorek,
- Meßbalune BF 0322, North Hills Signal Processing.



**Abbildung 2**      **Meßaufbau zur Bestimmung des TCL**

In Abbildung 2 ist der Aufbau der Einkoppelvorrichtung für die Messung des TCL und der magnetischen Feldstärke schematisch veranschaulicht. In Abbildung 3 ist der Meßaufbau zur Bestimmung der magnetischen Feldstärke dargestellt. Die Geräte waren auf einer 2,3m<sup>2</sup> großen Bezugsmasse aufgestellt, die mit dem Heizungssystem verbunden war.



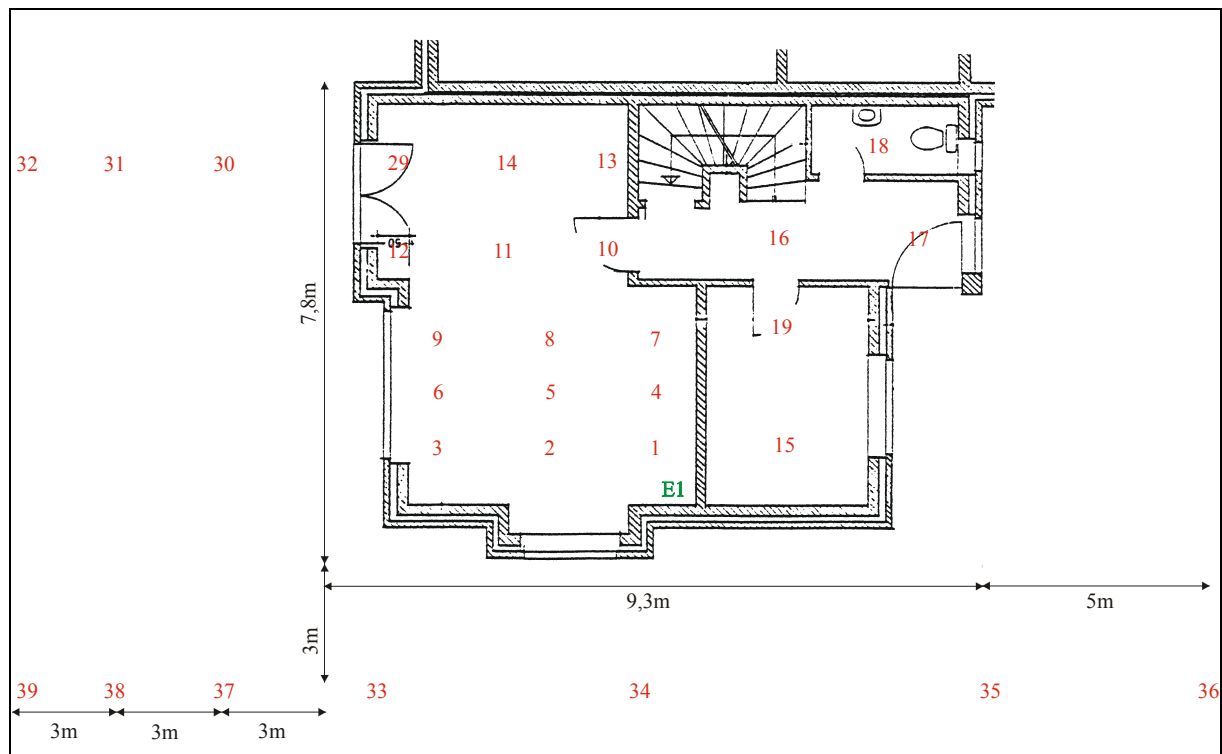
**Abbildung 3    Aufbau zur Messung der Emission bei Einkopplung einer symmetrischen Spannung**

Die symmetrische Spannung wurde an zwei Steckdosen in den zwei Etagen des Gebäudes eingekoppelt.

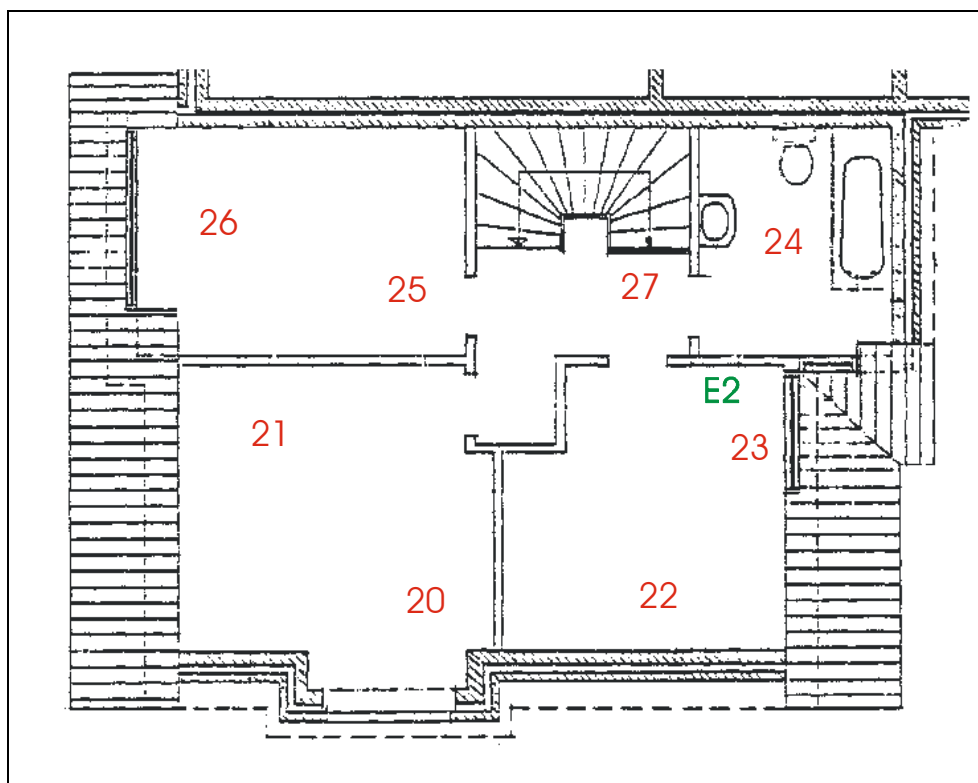
1. E1, Steckdose im Wohnzimmer (WZ), Erdgeschoß
2. E2, Steckdose im Kinderzimmer (KZ), Obergeschoß.

Es wurden Meßpunkte innerhalb und außerhalb des Gebäudes untersucht. Die Feldstärkemeßpunkte und die Einkoppelstellen sind in den Abbildung 4 bis Abbildung 6 dargestellt.

Die roten Zahlen markieren die Nummer der Feldstärkemeßpunkte, die grünen Zahlen markieren die Einkoppelstellen. Die Meßpunkte 30-39 befanden sich außerhalb des Gebäudes. Die übrigen Meßpunkte befanden sich innerhalb des Gebäudes.



#### Abbildung 4    Meßpunkte und Einkopplung im Erdgeschoß



### Abbildung 5    Meßpunkte und Einkopplung im Obergeschoß

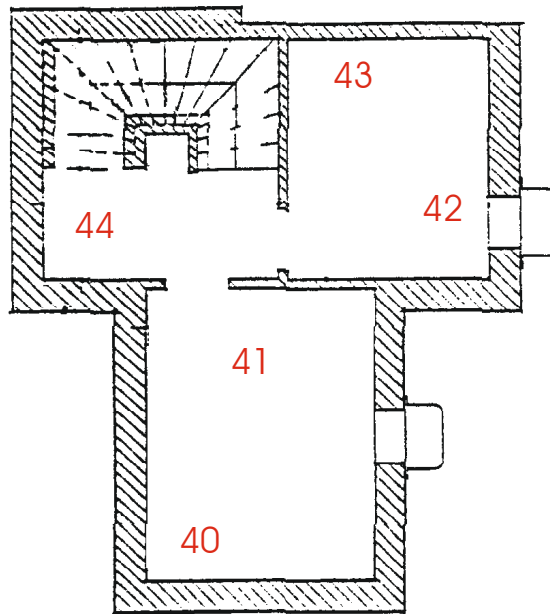


Abbildung 6    Meßpunkte im Keller

## 1.1 TCL Messung an den Einkoppelstellen

Es wurde die Symmetrie der zwei Einkoppelstellen untersucht. Der  $TCL_{100}$  wird als Maß für die Symmetrie dieser Einkoppelstellen in Abbildung 7 dargestellt.

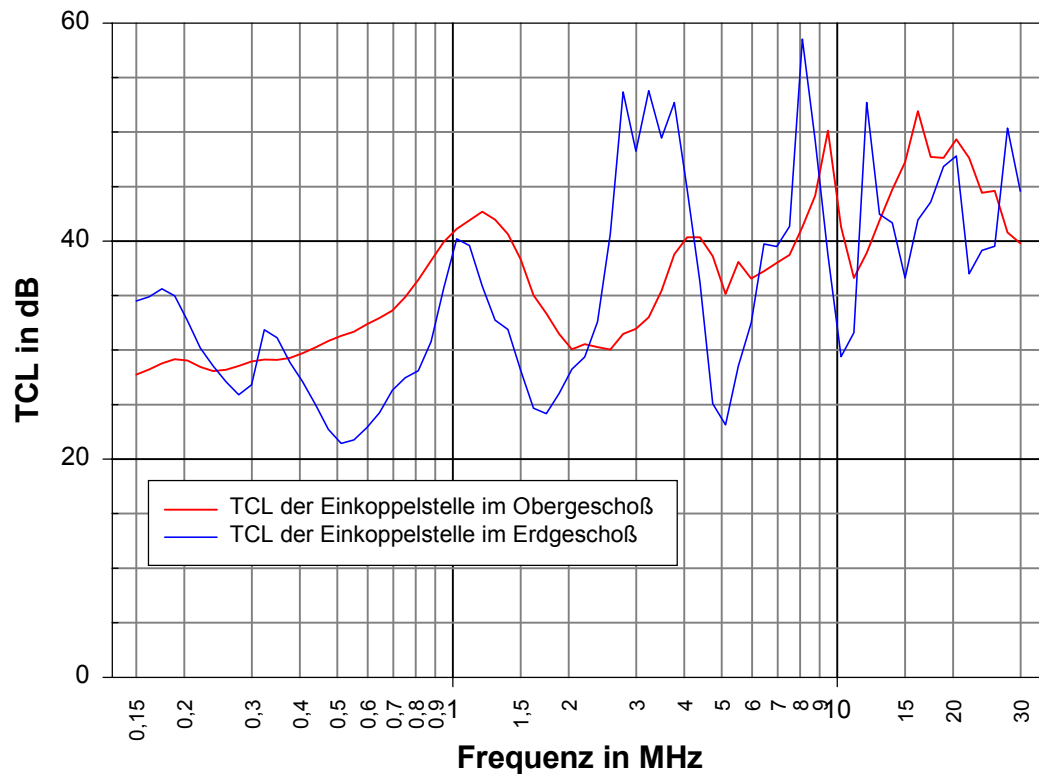


Abbildung 7 TCL100 an den Einkoppelstellen



## 2 Feldstärkemessung

Die Feldstärke an verschiedenen Meßpunkten in der Etage der Einkoppelstelle, in anderen Etagen und außerhalb des Gebäudes ist in den entsprechenden Diagrammen dargestellt. Die gemessene magnetische Feldstärke wurde mit dem Feldwellenwiderstand des freien Raumes von  $377 \Omega$  multipliziert, und in dB auf  $\mu\text{V/m}$  normiert, so daß sich die Einheit  $\text{dB}_{\mu\text{V/m}}$  ergibt.

Vor der Messung der magnetischen Feldstärken erfolgte eine Überprüfung der Kalibrierung der 30,4 cm Schleifenantenne mittels der Sendeantenne HFRA 9150.

Die Rauschgrenze wurde bei abgeschaltetem Generator gemessen und ist in Abbildung 8 dargestellt. Sie ist bis auf zwei Frequenzen gleich dem Eigenrauschen des Meßempfängers.

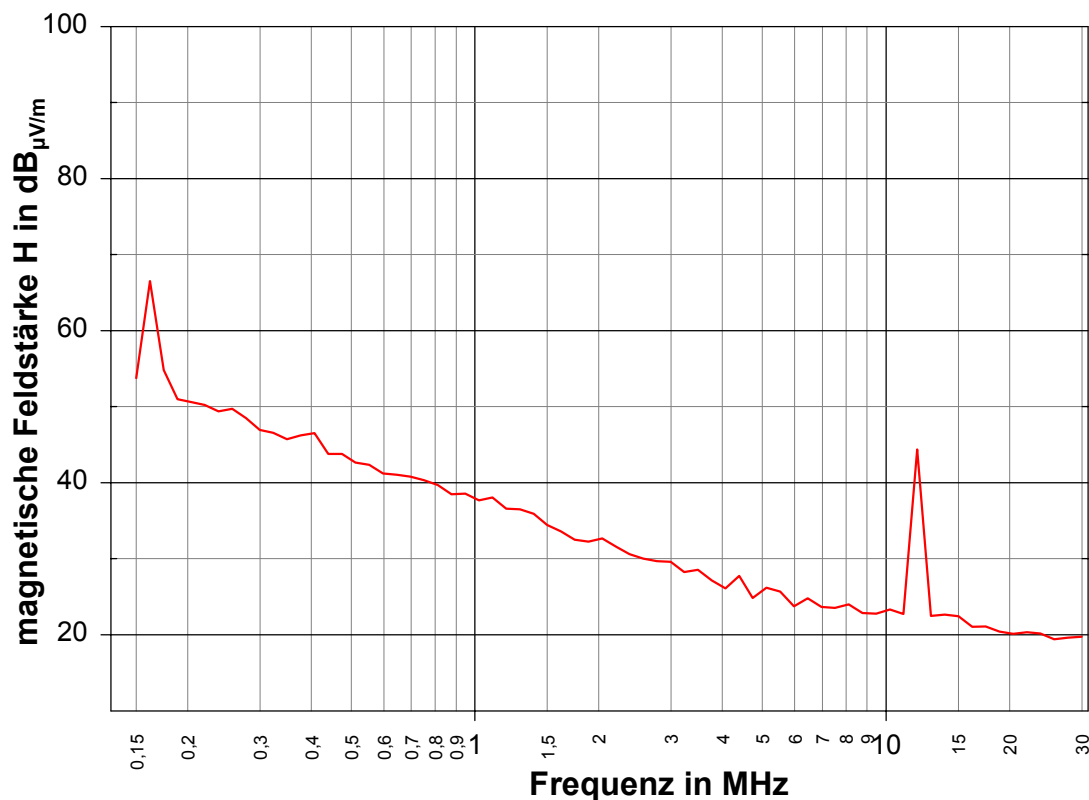


Abbildung 8 Rauschgrenze

## 2.1 Magnetische Feldstärke bei der Einkopplung im Wohnzimmer

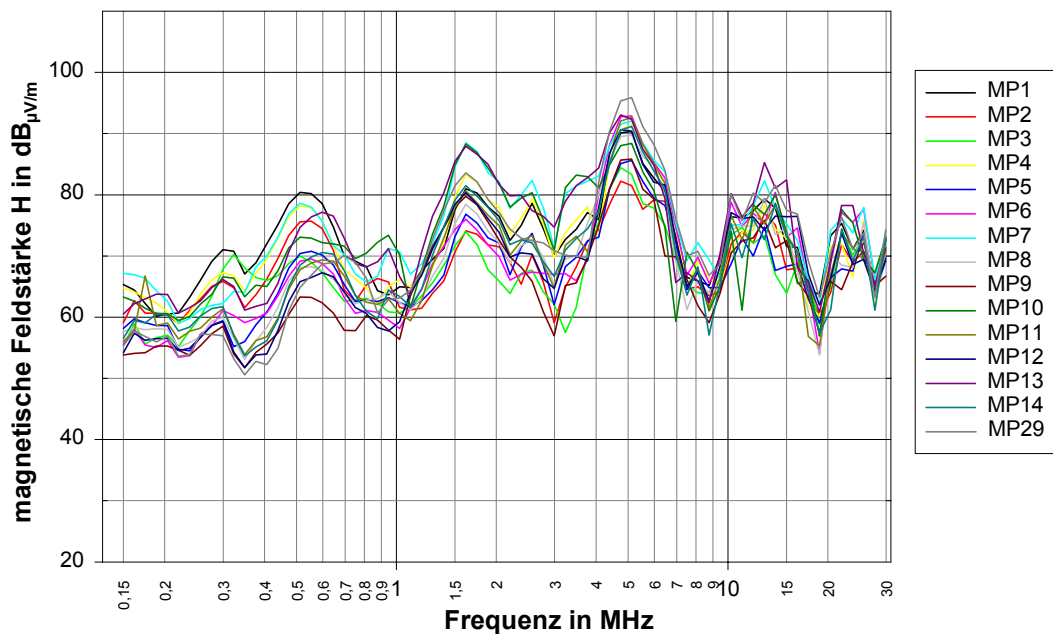


Abbildung 9 Magnetische Feldstärke bei Einkopplung im Erdgeschoß, Meßpunkte 01 - 14, 29 im Wohnzimmer

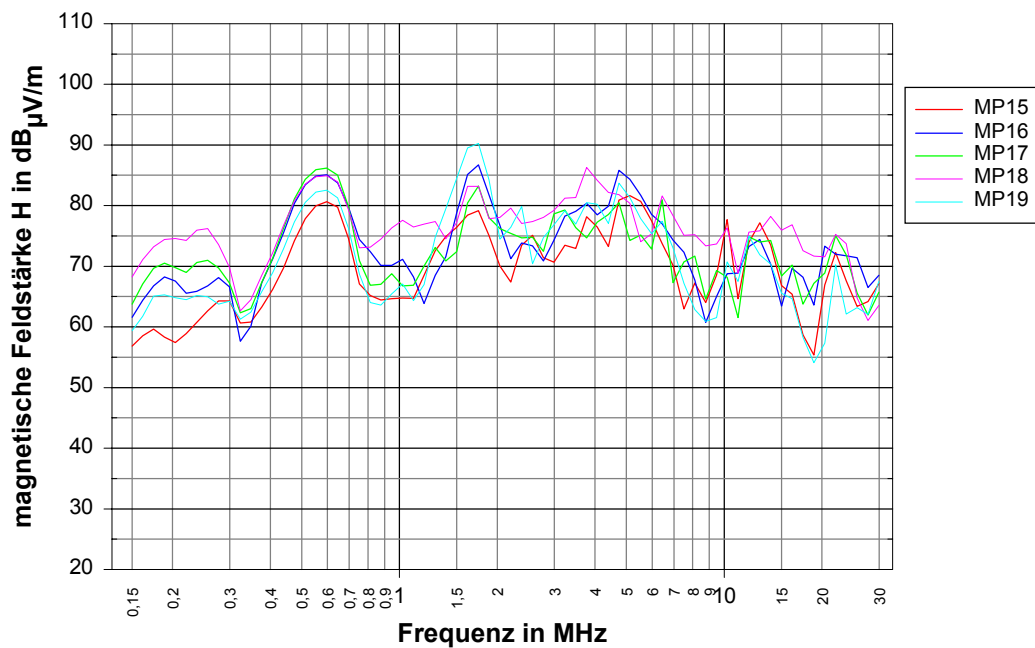
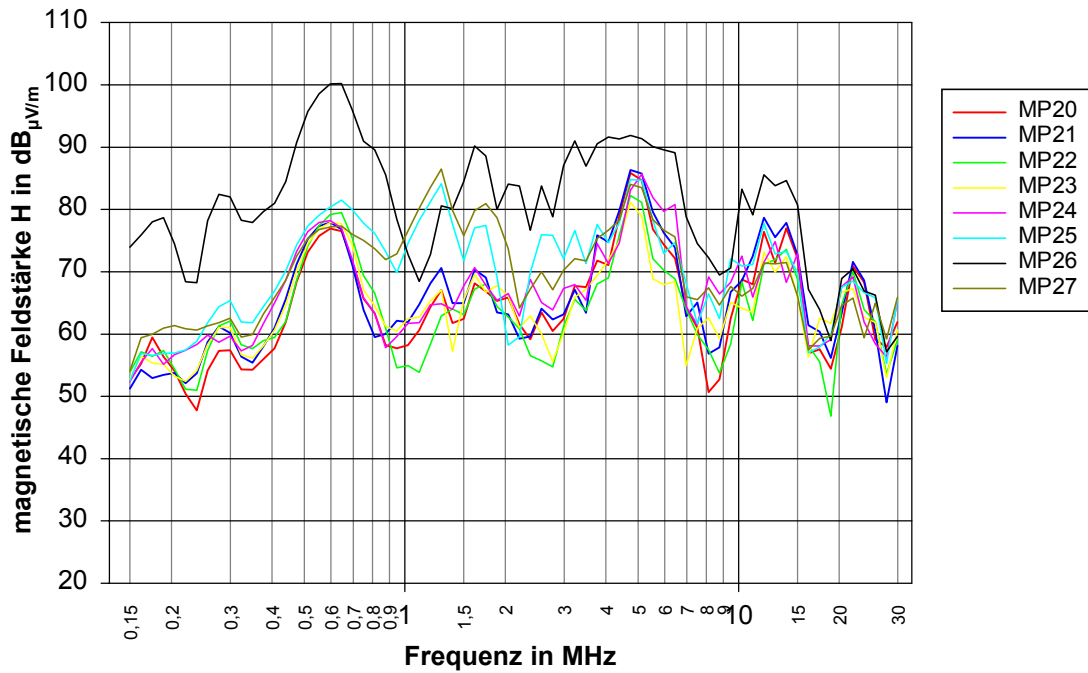
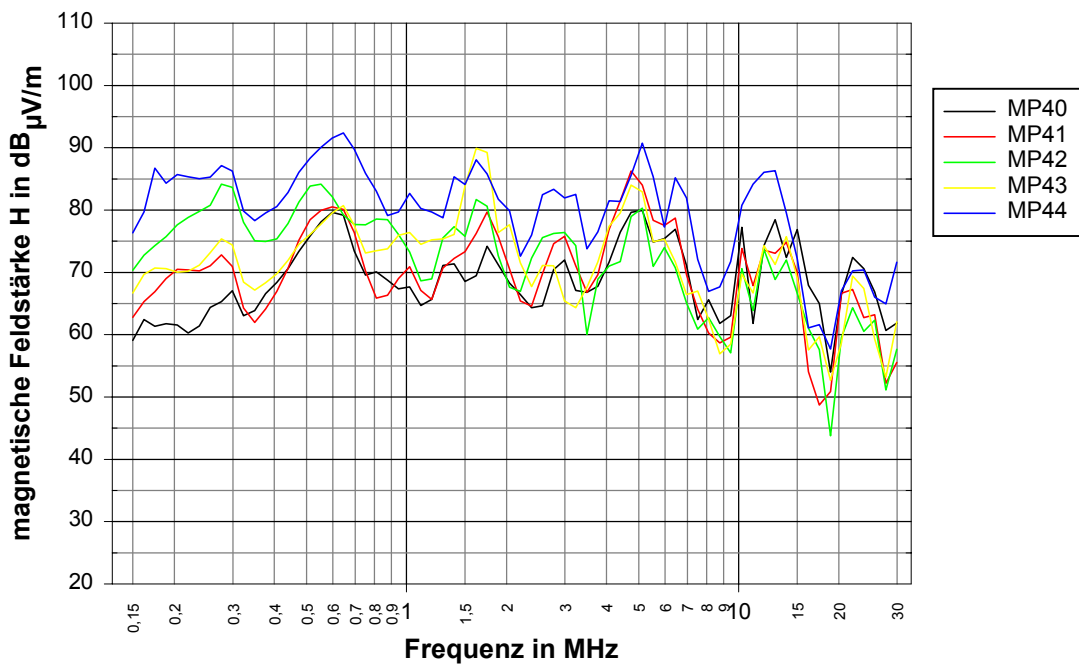


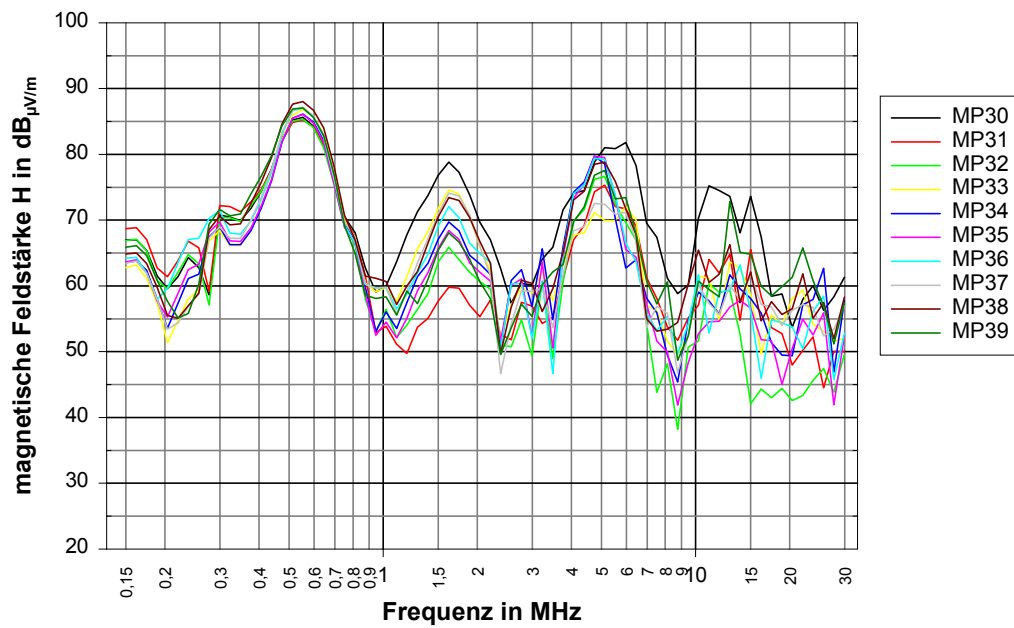
Abbildung 10 Magnetische Feldstärke bei Einkopplung im Erdgeschoß, Meßpunkte 15 - 19 im Erdgeschoß



**Abbildung 11** Magnetische Feldstärke bei Einkopplung im Erdgeschoß, Meßpunkte 20 - 27 im Obergeschoß



**Abbildung 12** Magnetische Feldstärke bei Einkopplung im Erdgeschoß, Meßpunkte 40 - 44 im Keller



**Abbildung 13** Magnetische Feldstärke bei Einkopplung im Erdgeschoß, Meßpunkte 30 - 39 außerhalb des Gebäudes

## 2.2 Magnetische Feldstärke bei der Einkopplung im Obergeschoß

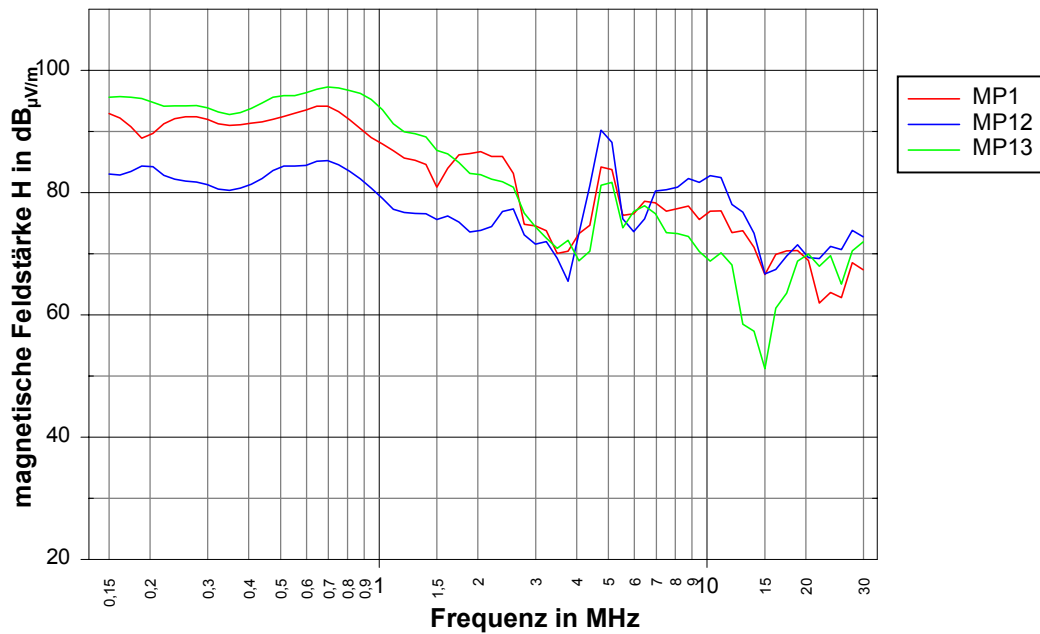


Abbildung 14 Magnetische Feldstärke bei Einkopplung im Obergeschoß, Meßpunkte 1 - 13 im Wohnzimmer

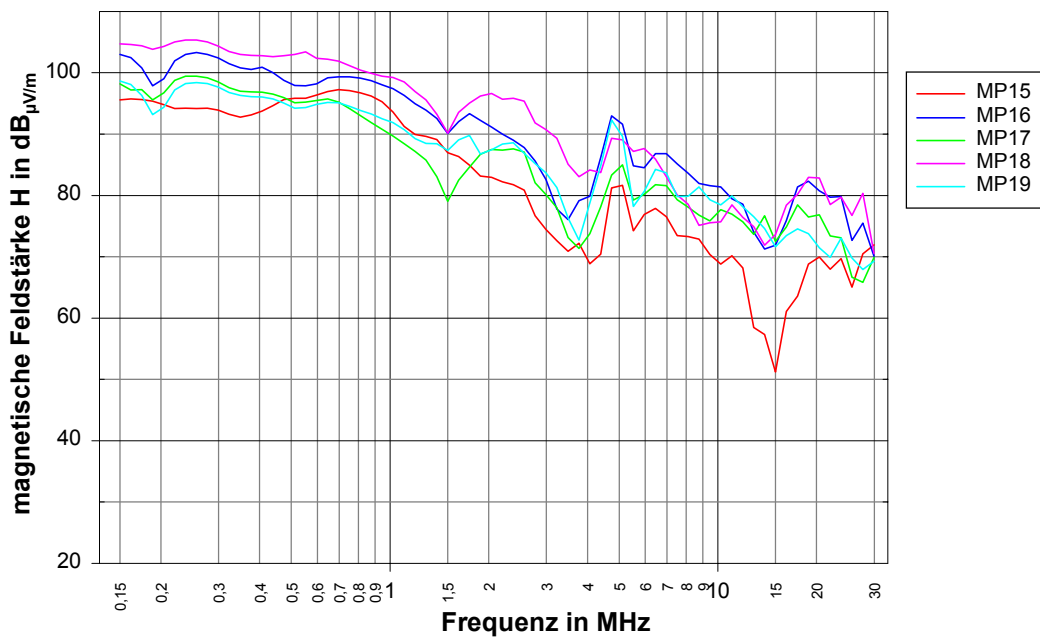


Abbildung 15 Magnetische Feldstärke bei Einkopplung im Obergeschoß, Meßpunkte 15 - 19 im Erdgeschoß

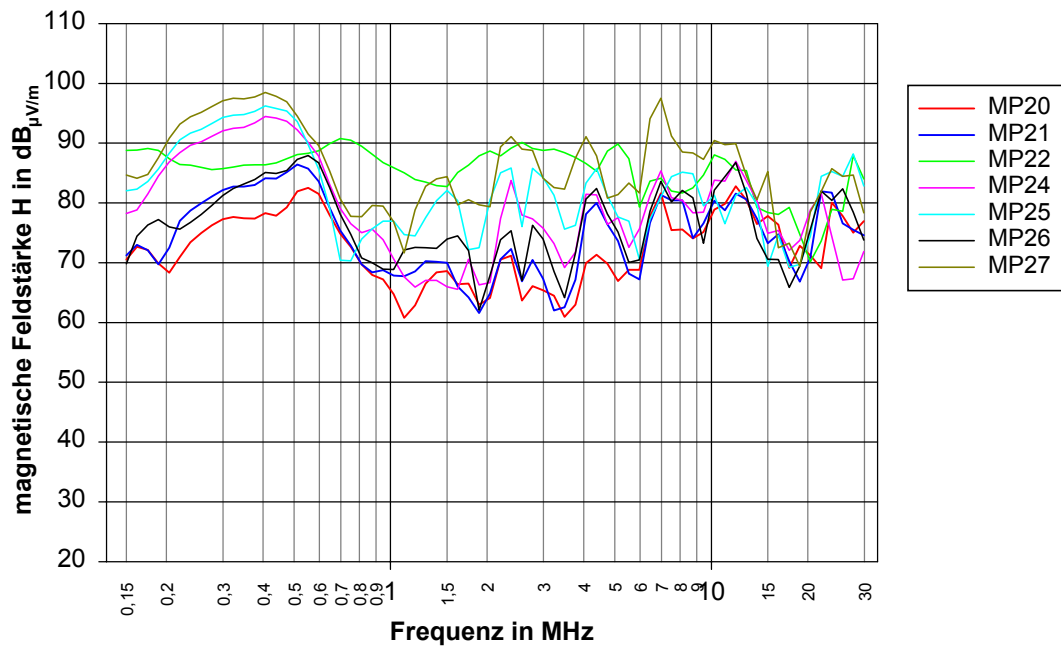


Abbildung 16 Magnetische Feldstärke bei Einkopplung im Obergeschoß, Meßpunkte 20 - 27 im Obergeschoß

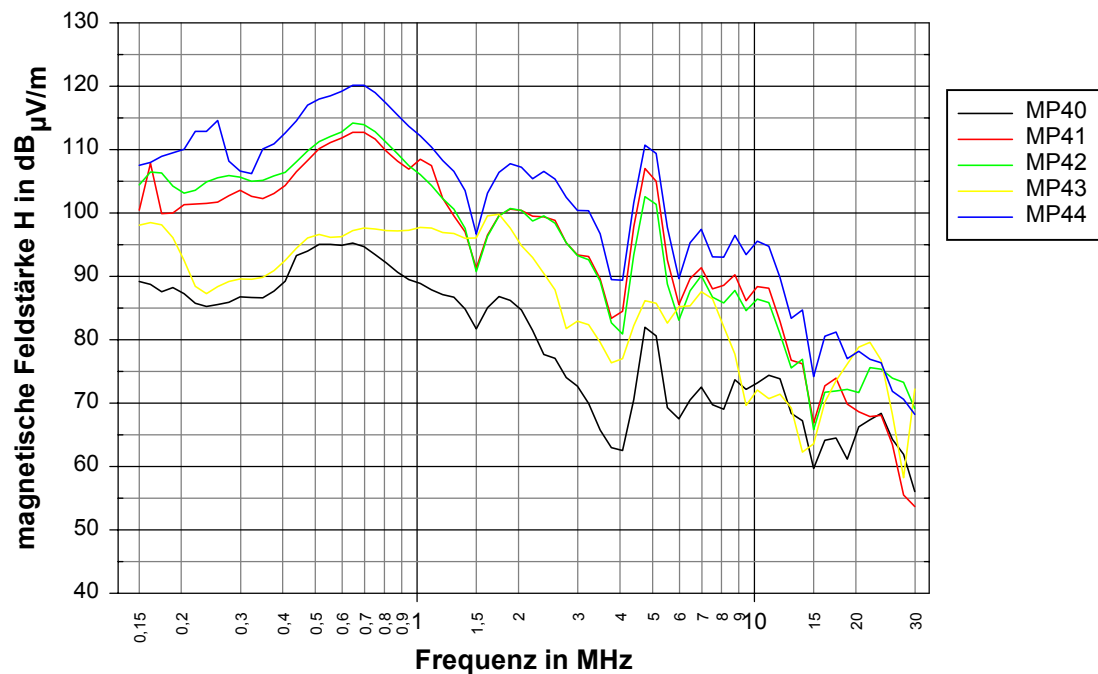
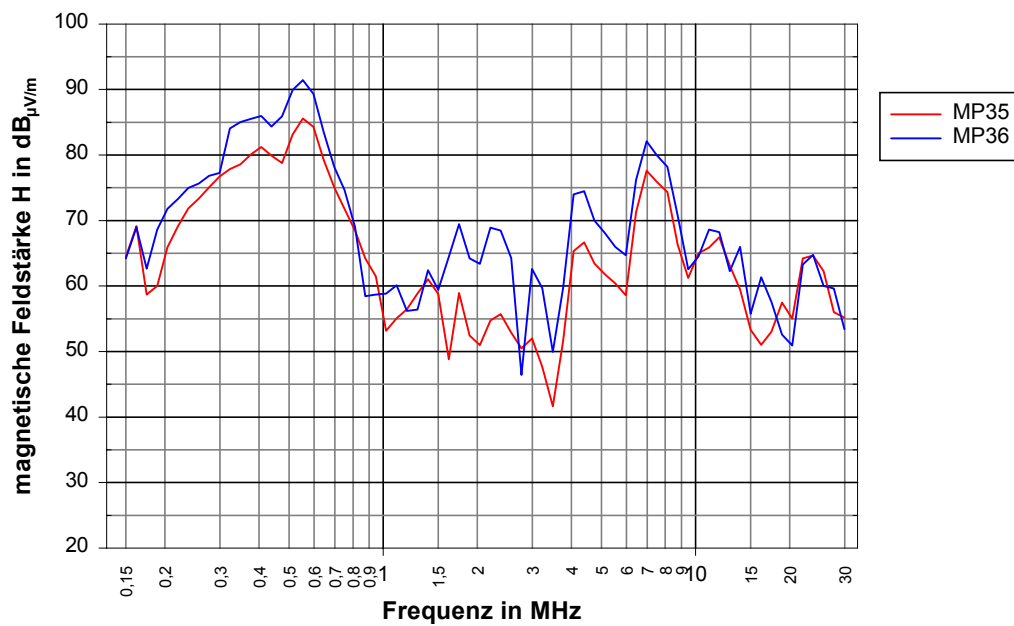


Abbildung 17 Magnetische Feldstärke bei Einkopplung im Obergeschoß, Meßpunkte 40 - 44 im Keller



**Abbildung 18** Magnetische Feldstärke bei Einkopplung im Obergeschoß, Meßpunkte 35 - 36 außerhalb des Gebäudes

### 2.3 Maxima der magnetischen Feldstärke

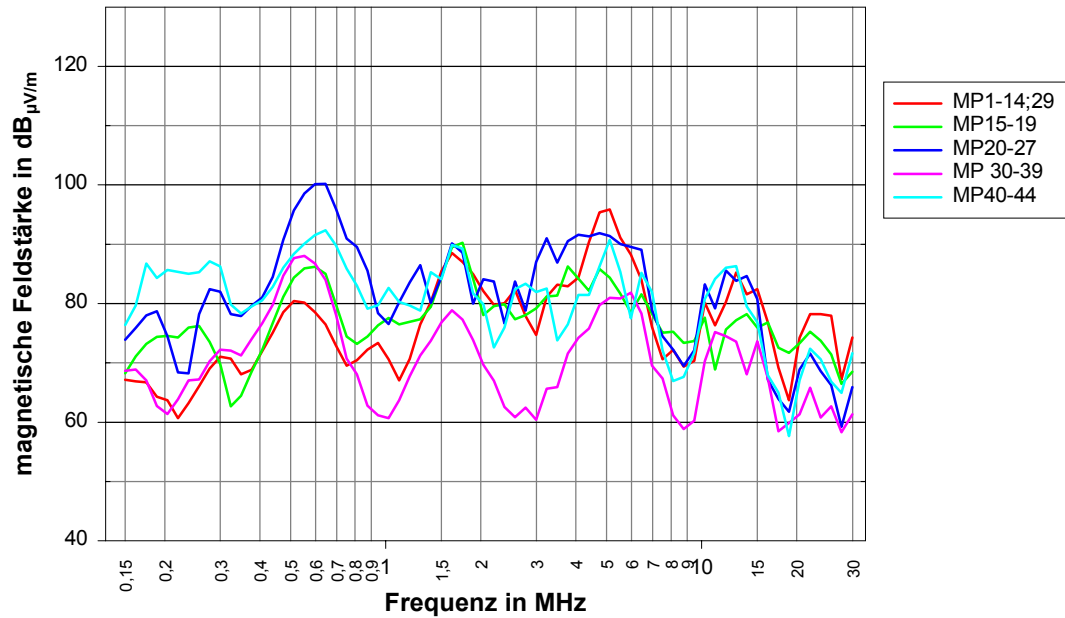


Abbildung 19 Maxima der magnetischen Feldstärke bei Einkopplung im Erdgeschoß

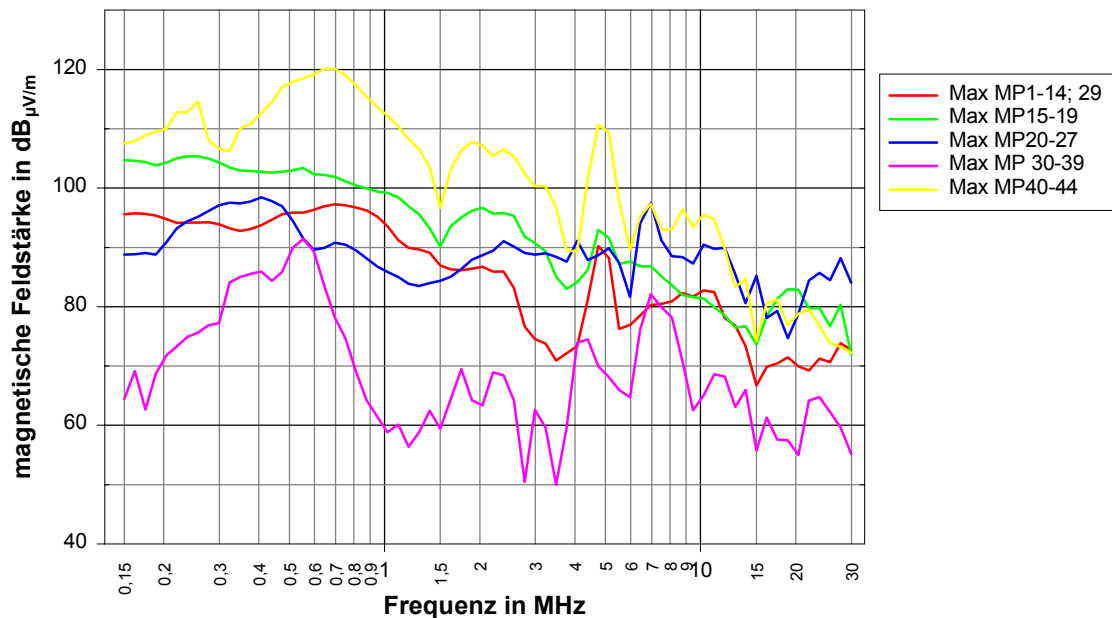
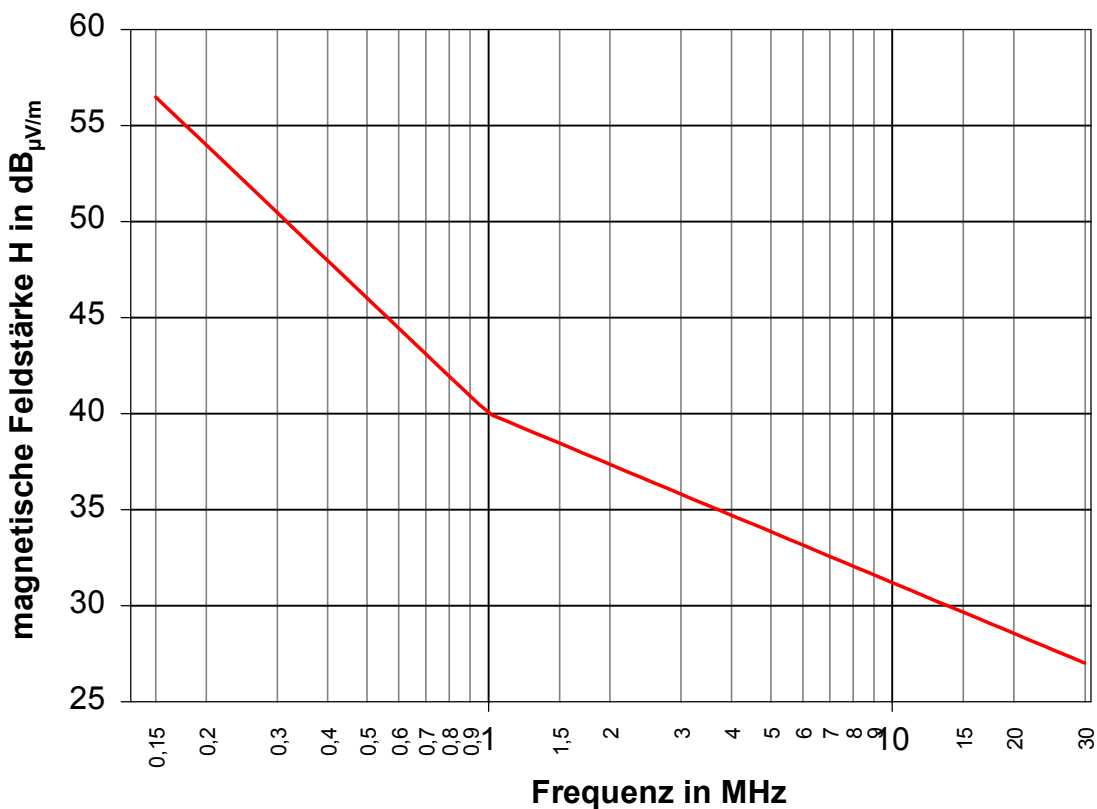


Abbildung 20 Maxima der magnetischen Feldstärke bei Einkopplung im Obergeschoß



### 3 Zulässige symmetrische Spannung entsprechend Feldstärkegrenzwerten der NB 30

Im folgenden Diagramm ist der Grenzwert für die magnetische Feldstärke nach der Nutzungsbestimmung NB30 der RegTP dargestellt.



**Abbildung 21 Grenzwert der magnetischen Feldstärke gem. NB30**

In den folgenden Diagrammen wird die symmetrische Spannung dargestellt, die zu einer Emission in Höhe des Grenzwertes gemäß Nutzungsbestimmung NB30 der RegTP führen würde. Diese Spannung wurde aus der symmetrischen Spannung an der Einkoppelstelle für einen angepaßten Abschluß, der gemessenen magnetischen Feldstärke und dem Grenzwert nach Abbildung 21 berechnet.

EMV- Beratungs- und Planungsbüro Prof. Dr.-Ing. K. H. Gonschorek Dr.-Ing. R. Vick	<h1 style="text-align: center;">Meßbericht</h1> <h2 style="text-align: center;">Emissionsmessung</h2>	Seite 18 von 21  Datum: 10.11.1999
--	---	--

Zur statistischen Auswertung wurden diese Spannungen als Box-Plot dargestellt. Der Bereich 10%-90% wird als Intervall, der Bereich 25%-75% wird als Box und der Median wird als Linie in der Box gezeigt. Zusätzlich werden die Einzelwerte außerhalb des 10%-90%-Intervalls gezeigt. In der Abbildung 24, „Spannung, die den Grenzwert der magnetischen Feldstärke nach NB30 hervorruft, Meßpunkte inner- und außerhalb des Gebäudes, Box Plot,“ wären für die Frequenz 150 kHz bei einer symmetrischen Spannung von

107 dB<sub>μV</sub> sämtliche Feldaufpunkte,  
104 dB<sub>μV</sub> 90 % der Feldaufpunkte,  
101 dB<sub>μV</sub> 75 % der Feldaufpunkte,  
94 dB<sub>μV</sub> 50 % der Feldaufpunkte,  
79 dB<sub>μV</sub> 25 % der Feldaufpunkte,  
60 dB<sub>μV</sub> 10 % der Feldaufpunkte und unterhalb von  
51 dB<sub>μV</sub> kein Feldaufpunkt

einer Emission oberhalb des Grenzwertes ausgesetzt gewesen.

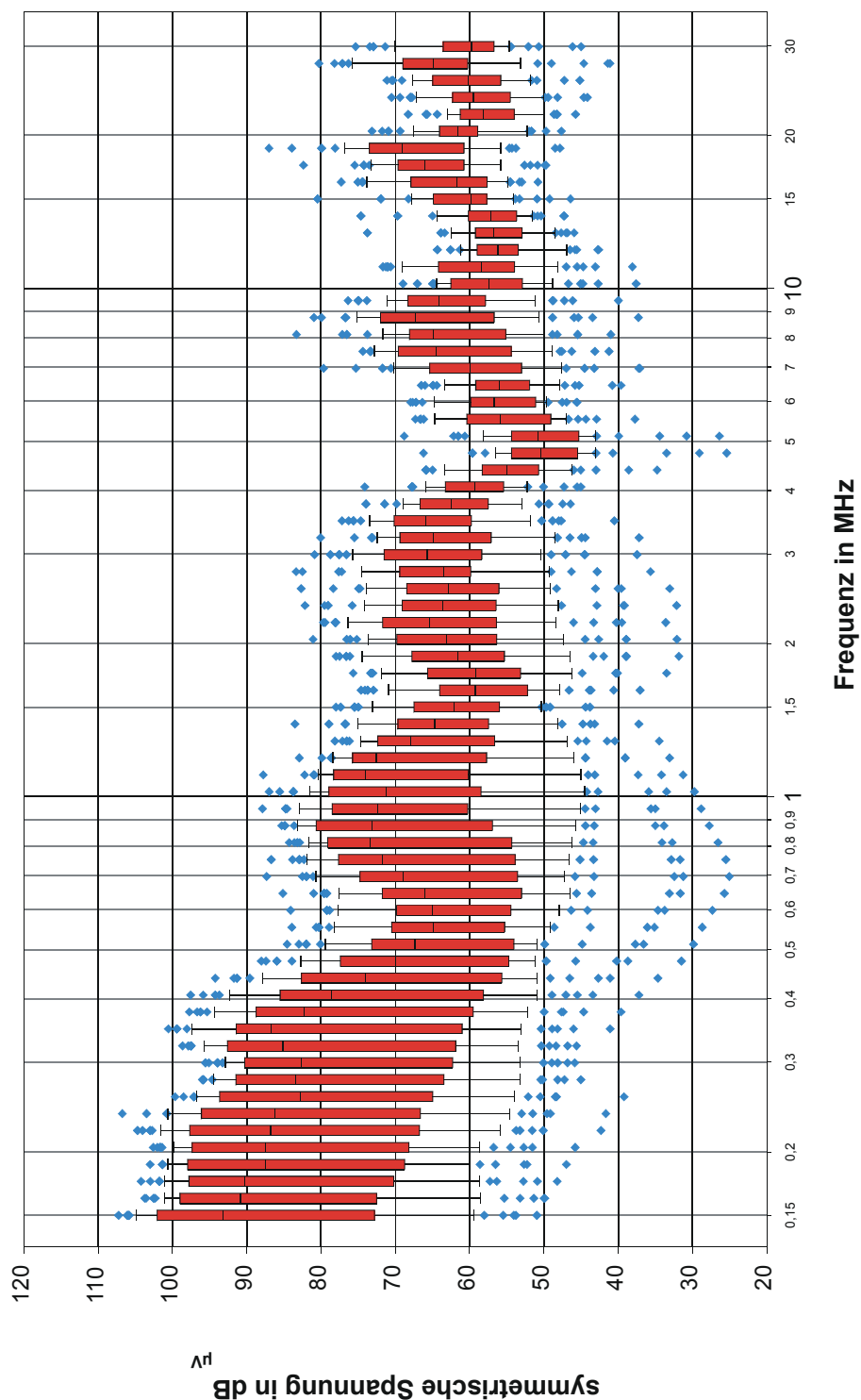
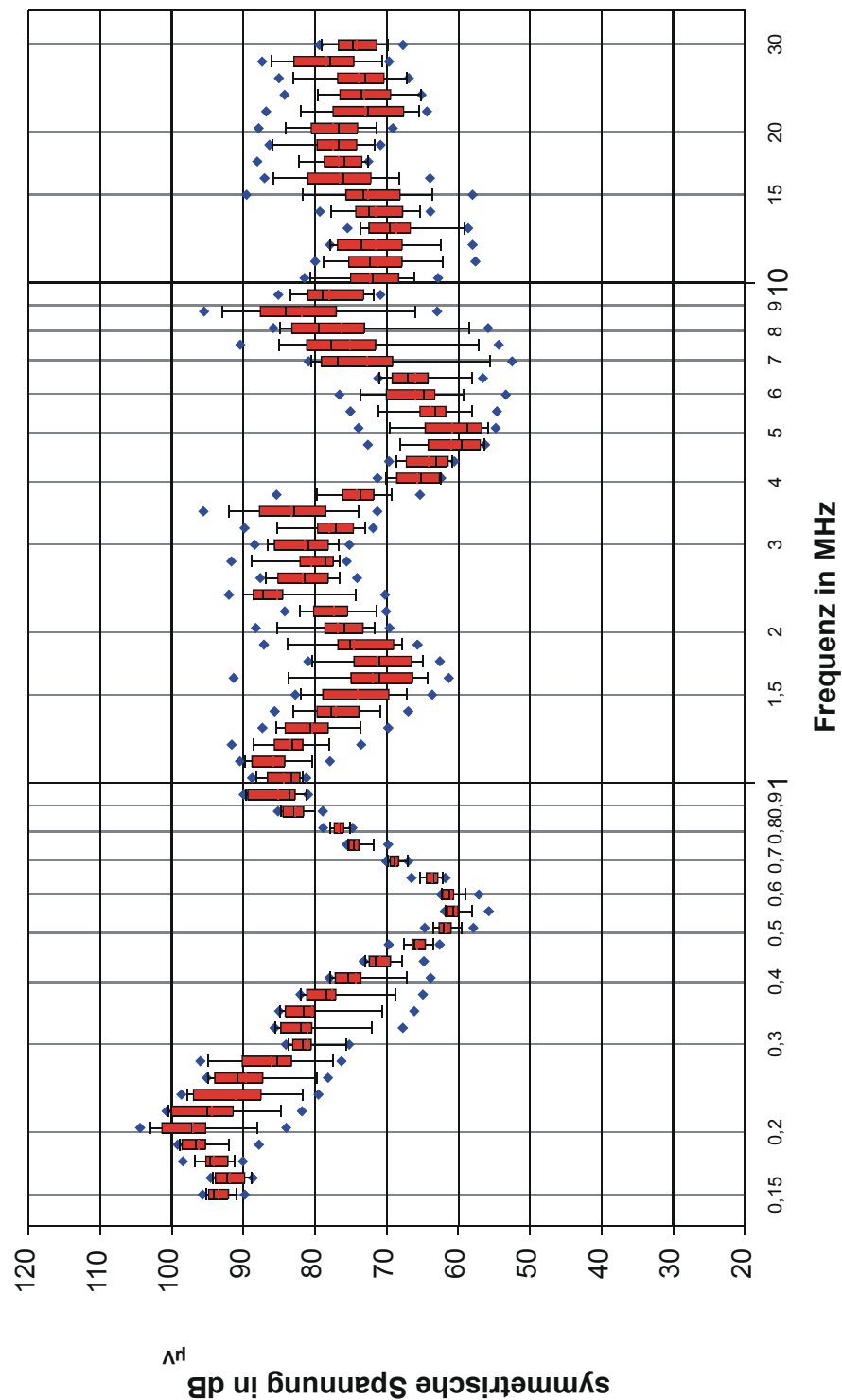
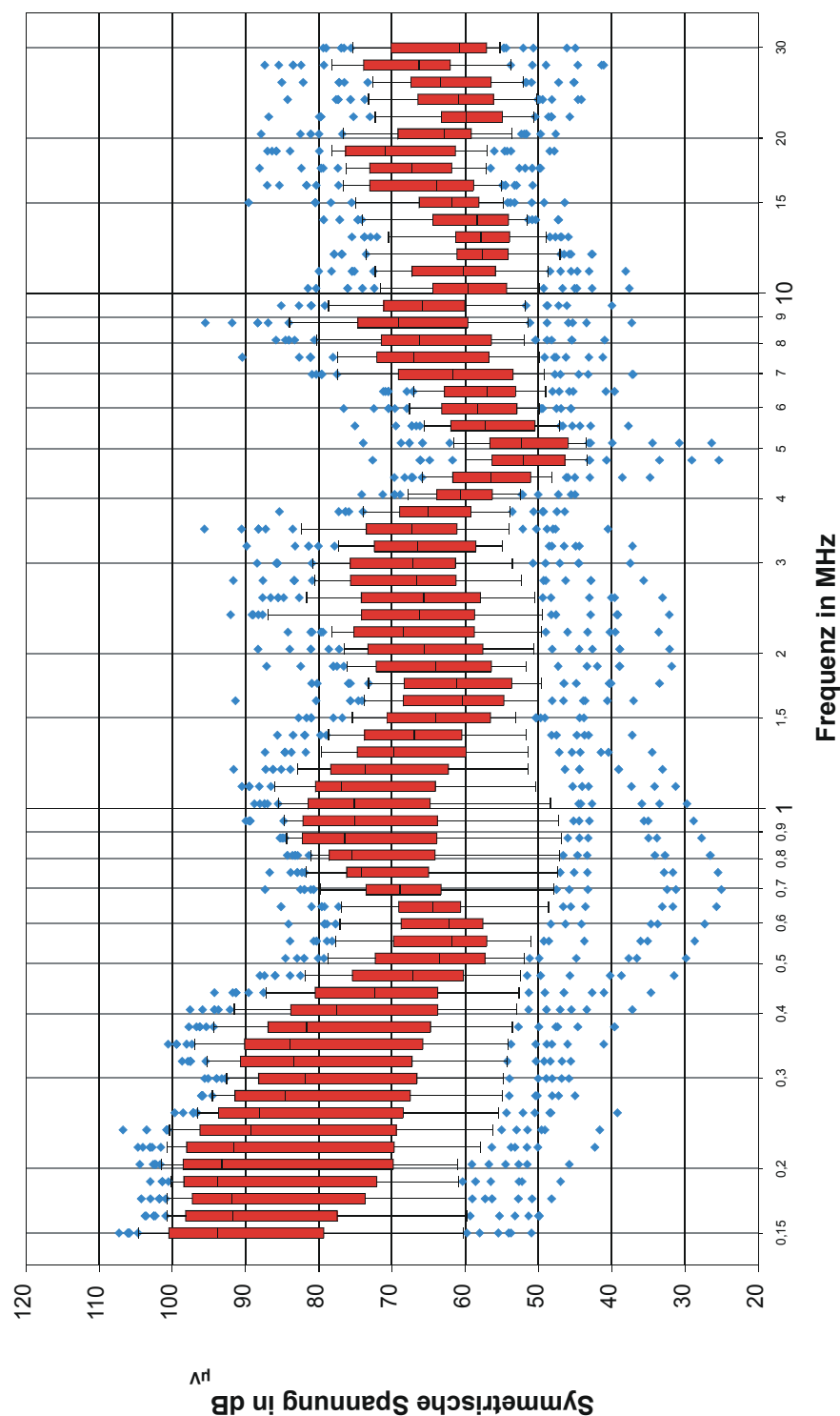


Abbildung 22 Spannung, die den Grenzwert der magnetischen Feldstärke nach NB30 hervorruft, Meßpunkte innerhalb des Gebäudes, Box Plot



**Abbildung 23** Spannung, die den Grenzwert der magnetischen Feldstärke nach NB30 hervorruft, Meßpunkte außerhalb des Gebäudes, Box Plot



**Abbildung 24** Spannung, die den Grenzwert der magnetischen Feldstärke nach NB30 hervorruft, Meßpunkte inner- und außerhalb des Gebäudes, Box Plot