

EMV- Beratungs- und Planungsbüro Prof. Dr.-Ing. K. H. Gonschorek Dr.-Ing. R. Vick	Meßbericht Emissionsmessung	Seite 1 von 16 Datum: 06.12.1999
--------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------

Meßbericht

Emissionsmessung

Wohnung in einer sanierten Jugendstilvilla

EMV- Beratungs- und Planungsbüro Prof. Dr.-Ing. K. H. Gonschorek Dr.-Ing. R. Vick	Meßbericht Emissionsmessung	Seite 2 von 16 Datum: 06.12.1999
--------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------	-----------------------------------------

Meßbericht

Meßobjekt: Wohnung in einem Mehrfamilienhaus in Dresden

Meßdatum: 01.12.1999

Meßingenieure: Dr.-Ing. R. Vick, Dipl.-Ing. C. Probol
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 einer Wohnung in einem Mehrfamilienhaus 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

EMV- Beratungs- und Planungsbüro Prof. Dr.-Ing. K. H. Gonschorek Dr.-Ing. R. Vick	<div style="text-align: center;"> Meßbericht Emissionsmessung </div>	Seite 3 von 16 Datum: 06.12.1999
--------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------

1 Gegenstand der Untersuchung und Meßaufbau

Das Meßobjekt war eine Wohnung im 1. Obergeschoß einer sanierten Jugendstilvilla, Baujahr 1901. Das Haus ist unterkellert und hat ein ausgebautes Dachgeschoß. Die Einspeisung der 230V-Versorgung erfolgt über Erdkabel im Keller, wo sich die Zähler befinden. Von dort werden die einzelnen Wohneinheiten versorgt, die mit einer separaten Wohnungsverteilung ausgestattet sind.

Es wurde in zwei Steckdosen der Wohnung, nacheinander eine symmetrische Spannung von 105dB_{µV} 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 TCL₁₀₀ wurde wie folgt definiert:

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

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

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

Anmerkung: Die Definition des TCL₁₀₀ weicht von der Definition des TCL gem. ITU-T Recommendation G. 177 (02/96) ab, da es sich um kein angepaßtes System handelt. Der TCL₁₀₀ wird als Proportionalitätsfaktor zwischen angepaßter 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 330 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 kΩ Serienwiderstände,
- Verwendung eines rauscharmen Meßempfängers und einer Zwischenfrequenzbandbreite von 200 Hz.

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 16 Datum: 06.12.1999
--------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------

Der realisierte Aufbau ist in Abbildung 1 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,
- Vorverstärker LN1000, Amplifier Research,
- Schleifenantenne HFRA 9150, Schwarzbeck,
- Schleifenantenne 30,4 cm, Eigenbau Prof. Gonschorek,
- Meßbalune BF 0322, North Hills Signal Processing.

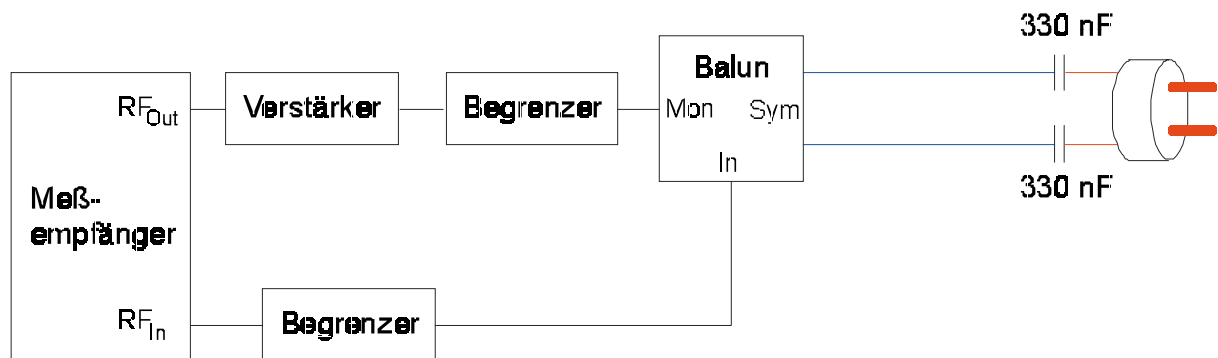


Abbildung 1 Meßaufbau zur Bestimmung des TCL

In Abbildung 1 ist der Aufbau der Einkoppelvorrichtung für die Messung des TCL und der magnetischen Feldstärke schematisch veranschaulicht. In Abbildung 2 ist der Meßaufbau zur Bestimmung der magnetischen Feldstärke dargestellt. Die Geräte waren auf einer 2,3m² großen Bezugsmasse aufgestellt, die über ein Masseband mit dem Heizungssystem verbunden war.

In Abbildung 3 ist ein Detail der Einkoppelvorrichtung dargestellt.

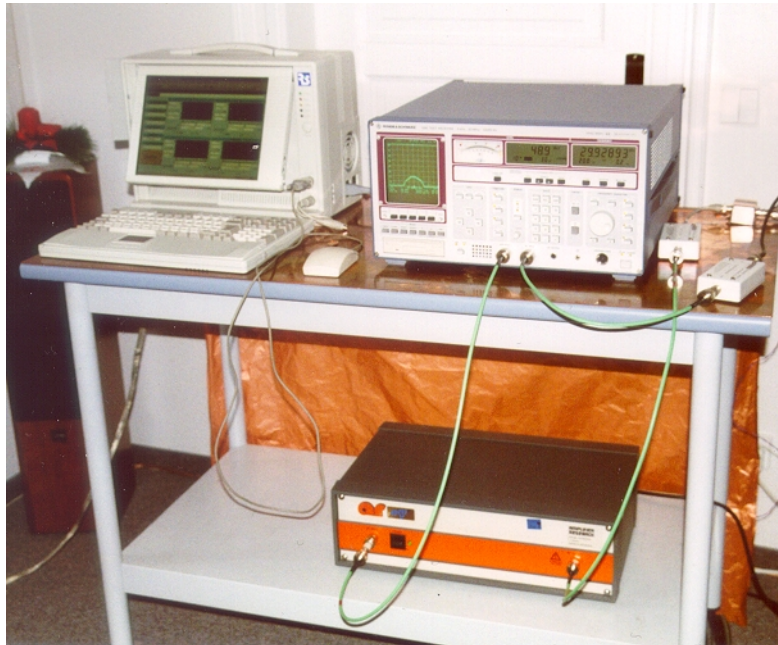


Abbildung 2 **Aufbau zur Messung der Emission bei Einkopplung einer symmetrischen Spannung**

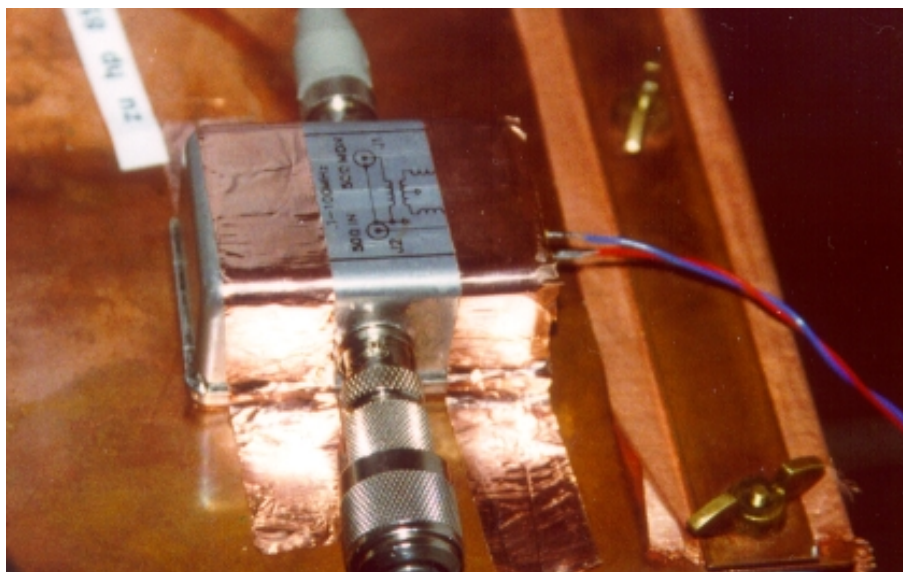


Abbildung 3 **Detail der Einkoppelvorrichtung**

Die symmetrische Spannung wurde an zwei Steckdosen getrennter Stromkreise eingekoppelt.

1. E1, Steckdose im Wohnzimmer (WZ),
2. E2, Steckdose im Schlafzimmer (SZ).

Es wurden nur Meßpunkte innerhalb des Gebäudes untersucht. Die Feldstärkemeßpunkte und die Einkoppelstellen sind in Abbildung 4 dargestellt.

Die roten Zahlen markieren die Nummer der Feldstärkemeßpunkte, die grünen Zahlen markieren die Einkoppelstellen. Die Meßpunkte 20-24 befanden sich außerhalb der Wohnung. Die übrigen Meßpunkte befanden sich in der Wohnung bzw. auf dem Balkon.

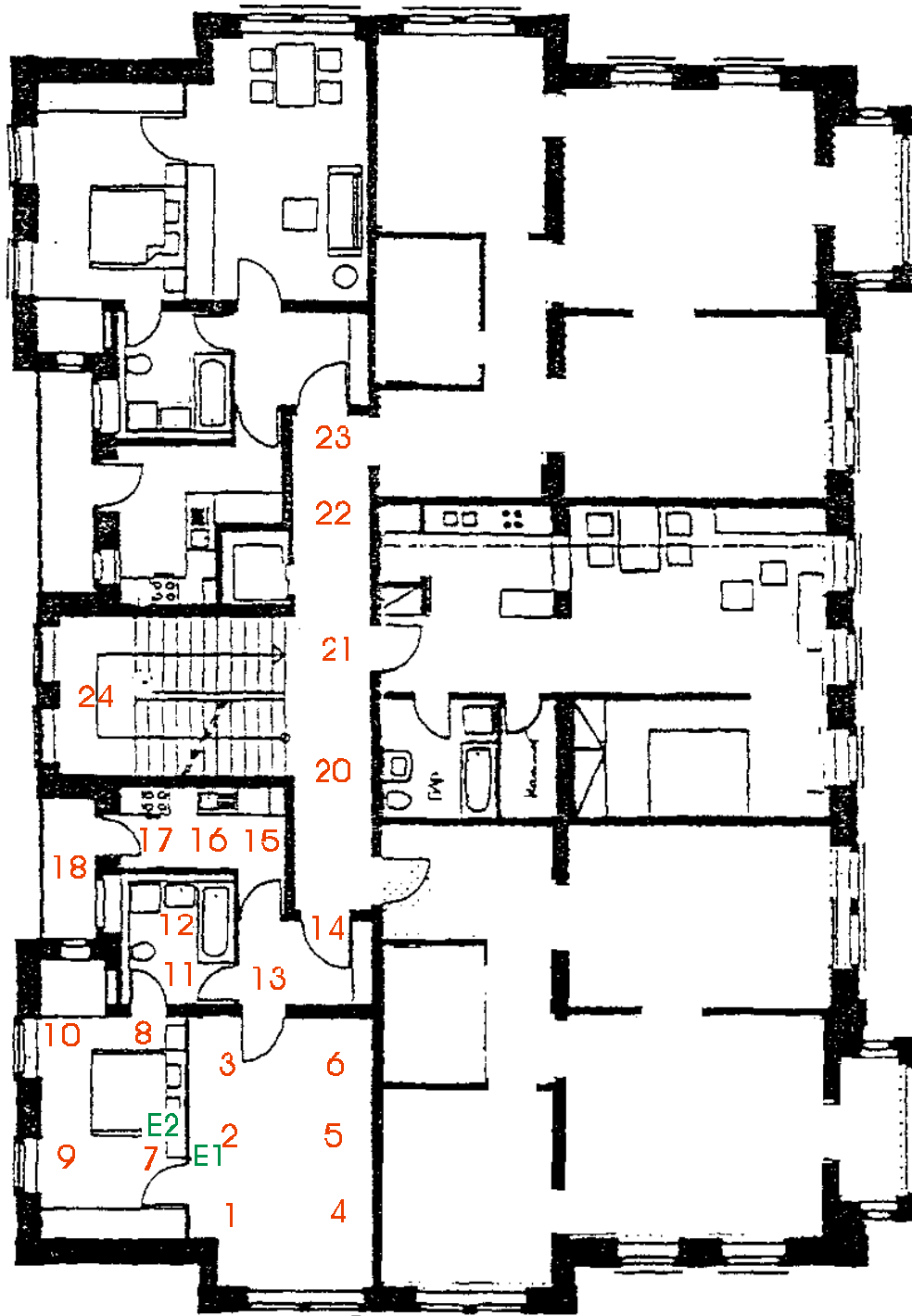


Abbildung 4

Einkopplungs- und Meßpunkte

2 TCL Messung an den Einkoppelstellen

Es wurde die Symmetrie der zwei Einkoppelstellen untersucht. Der TCL_{100} , als Maß für die Symmetrie dieser Einkoppelstellen, ist in Abbildung 5 dargestellt.

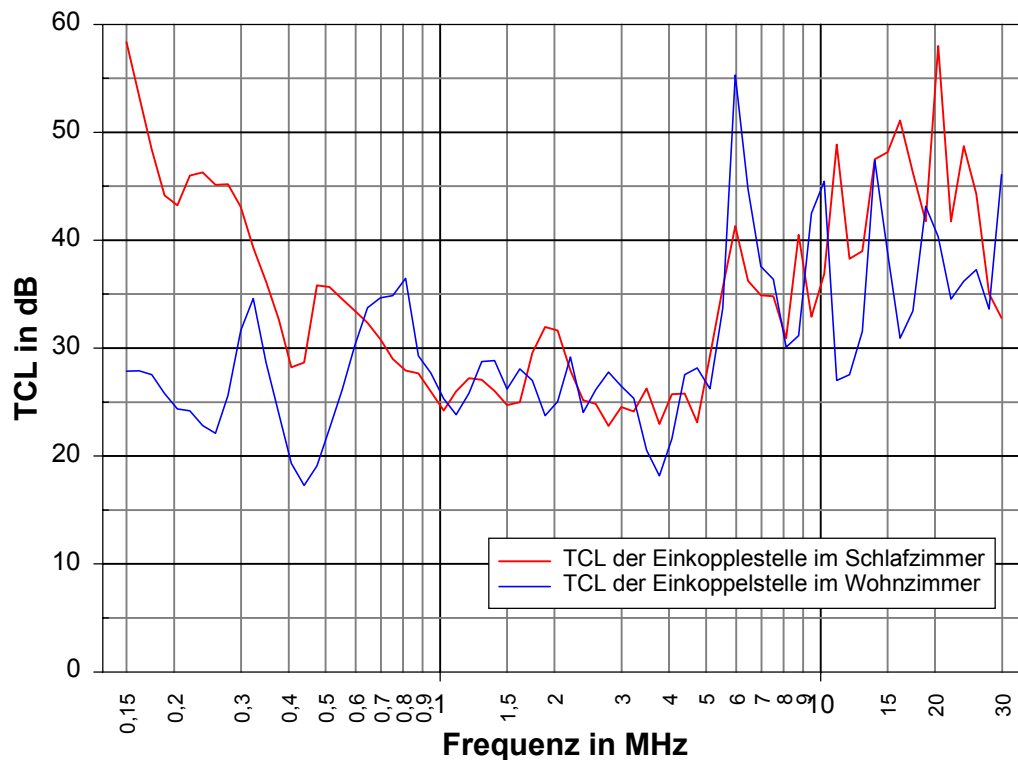


Abbildung 5 TCL_{100} an den Einkoppelstellen

3 Feldstärkemessung

Die Feldstärke an verschiedenen Meßpunkten in der Etage der Einkoppelstelle ist in den folgenden Diagrammen dargestellt. Die gemessene magnetische Feldstärke wurde mit dem Feldwellenwiderstand des freien Raumes von 377Ω 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 6 dargestellt.

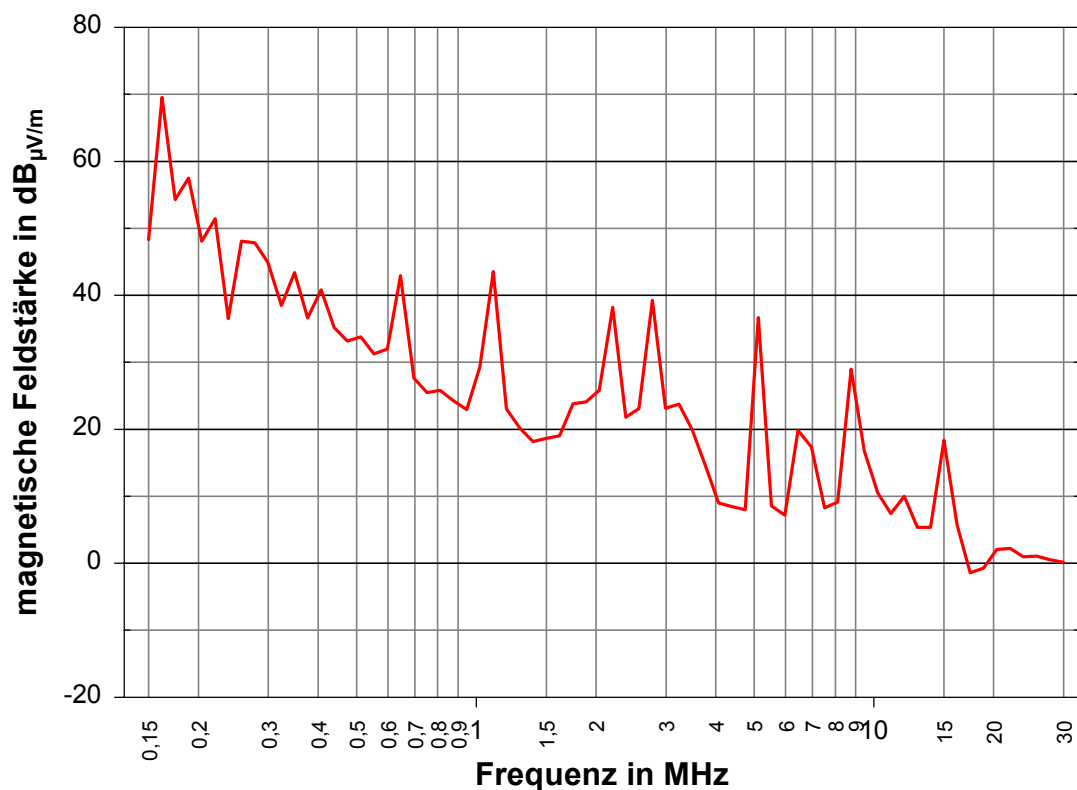


Abbildung 6 Rauschgrenze

Der Störer bei 160kHz findet sich auch in den Meßwerten wieder.

3.1 Magnetische Feldstärke bei der Einkopplung im Wohnzimmer

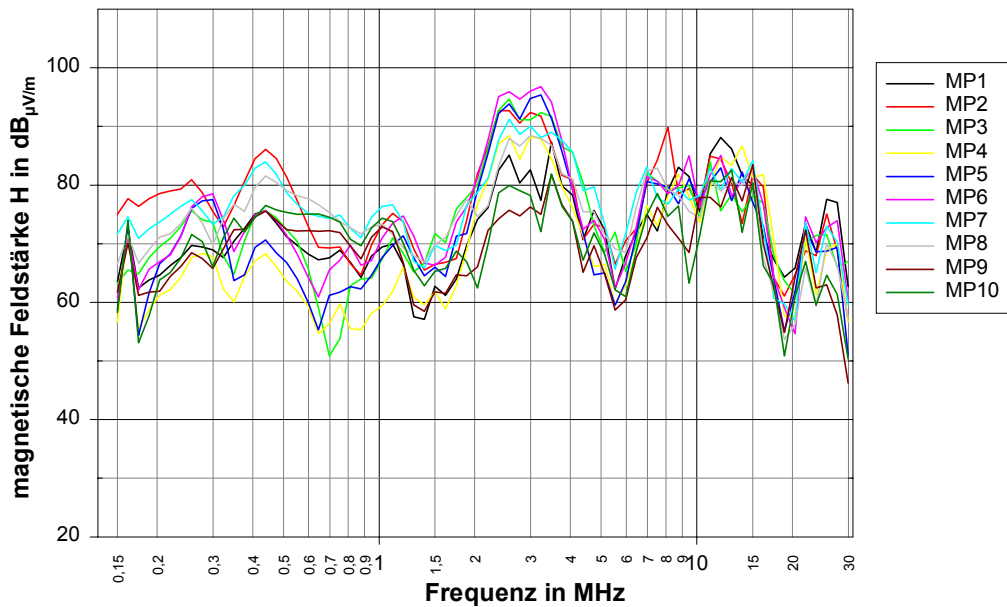


Abbildung 7 Magnetische Feldstärke bei Einkopplung im Wohnzimmer, Meßpunkte 01 – 10, bis ca. 3m Abstand von Einkoppelstelle

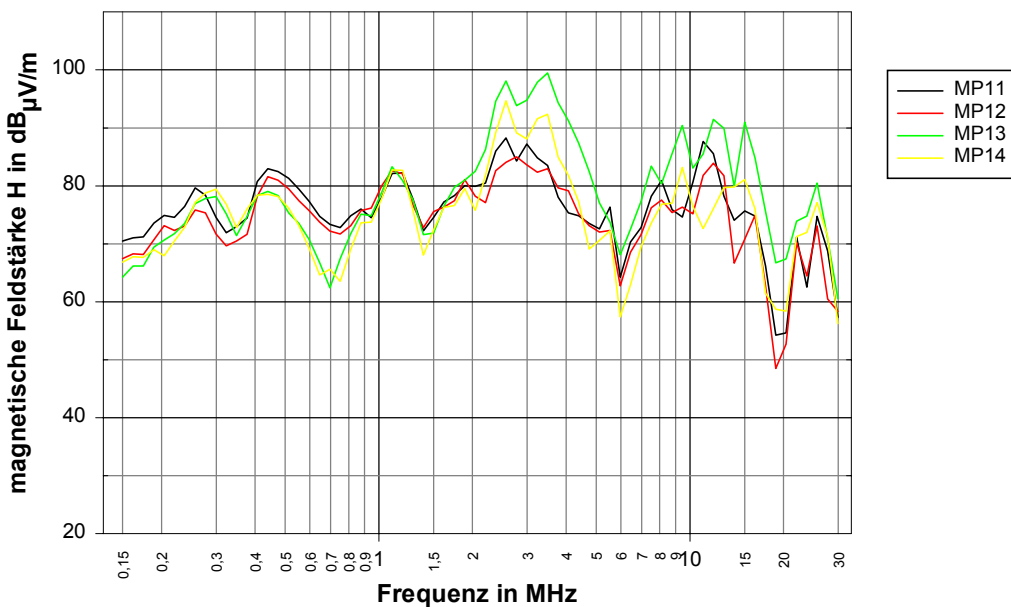


Abbildung 8 Magnetische Feldstärke bei Einkopplung im Wohnzimmer, Meßpunkte 11 – 14, Abstand von Einkoppelstelle größer 3m und kleiner 5m

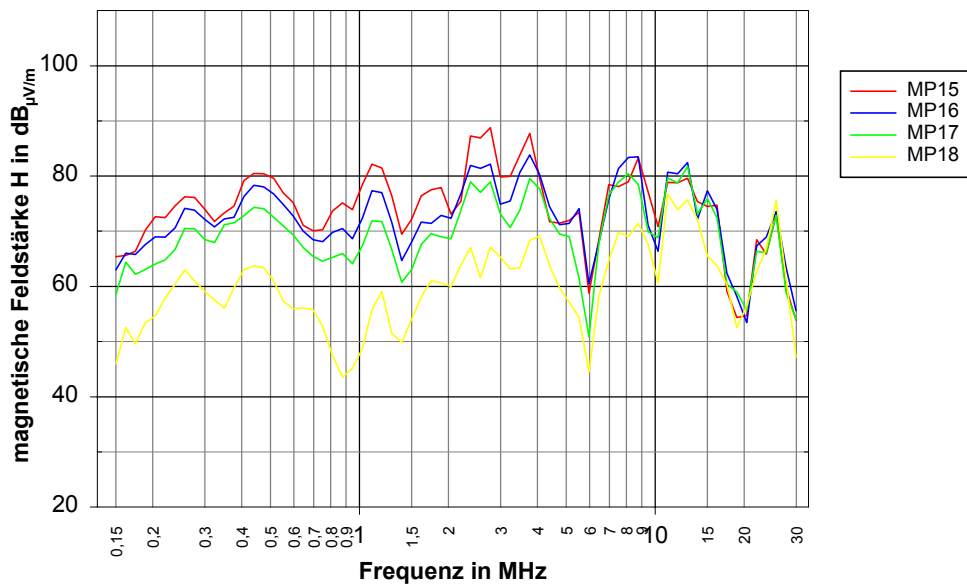


Abbildung 9 Magnetische Feldstärke bei Einkopplung im Wohnzimmer, Meßpunkte 15 – 18 in der Wohnung, Abstand von Einkoppelstelle größer 5m

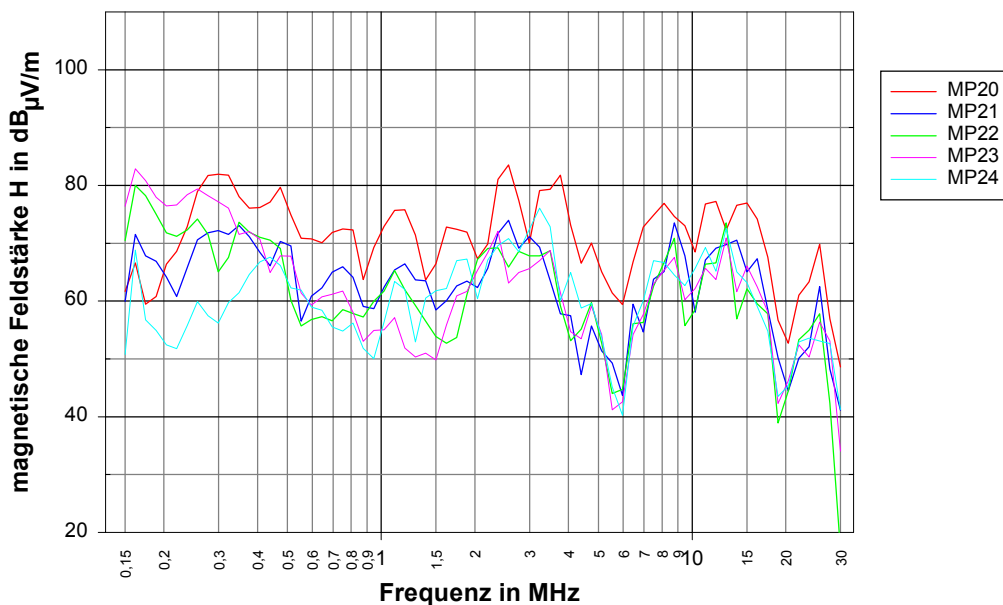


Abbildung 10 Magnetische Feldstärke bei Einkopplung im Wohnzimmer, Meßpunkte 20 – 24 im Hausflur, Abstand von Einkoppelstelle größer 5m

3.2 Magnetische Feldstärke bei der Einkopplung im Schlafzimmer

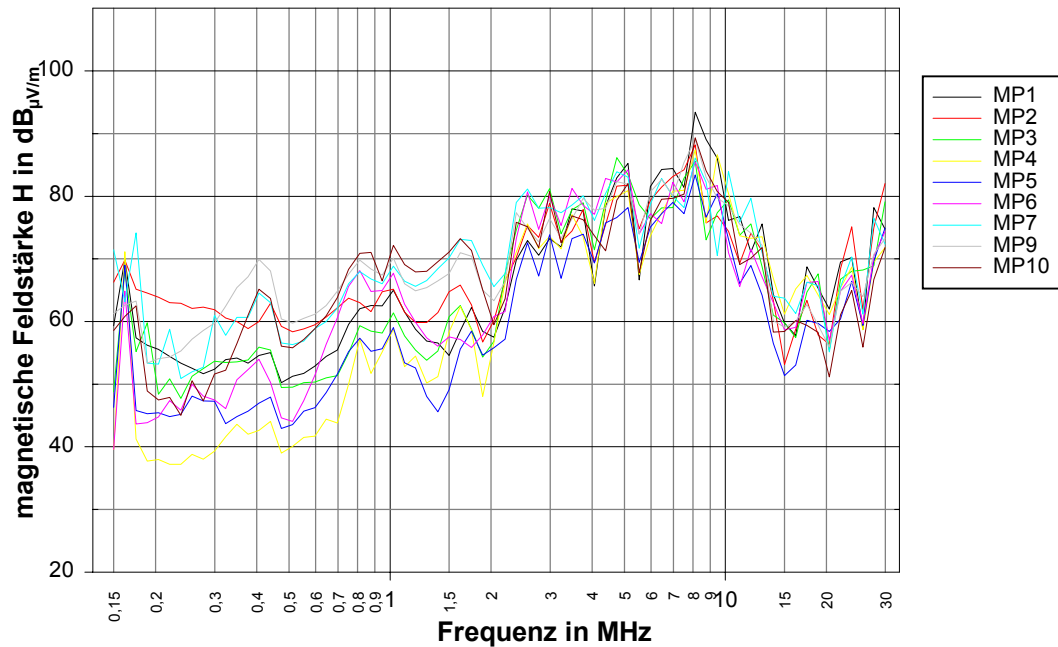


Abbildung 11 Magnetische Feldstärke bei Einkopplung im Schlafzimmer, Meßpunkte 01 – 10, bis ca. 3m Abstand von Einkoppelstelle

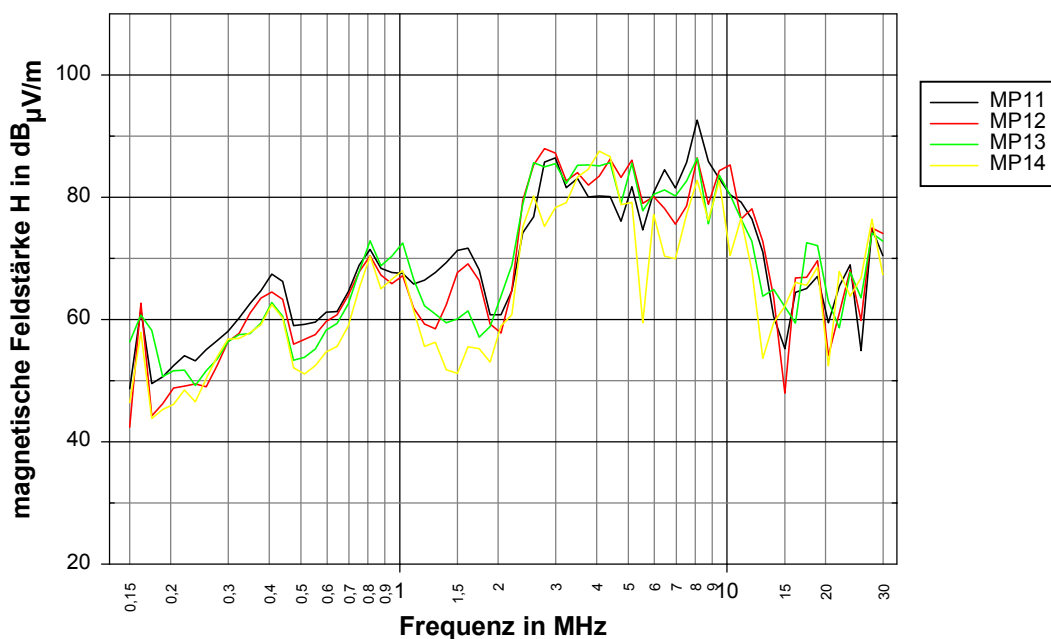


Abbildung 12 Magnetische Feldstärke bei Einkopplung im Schlafzimmer, Meßpunkte 11 – 14, Abstand von Einkoppelstelle größer 3m und kleiner 5m

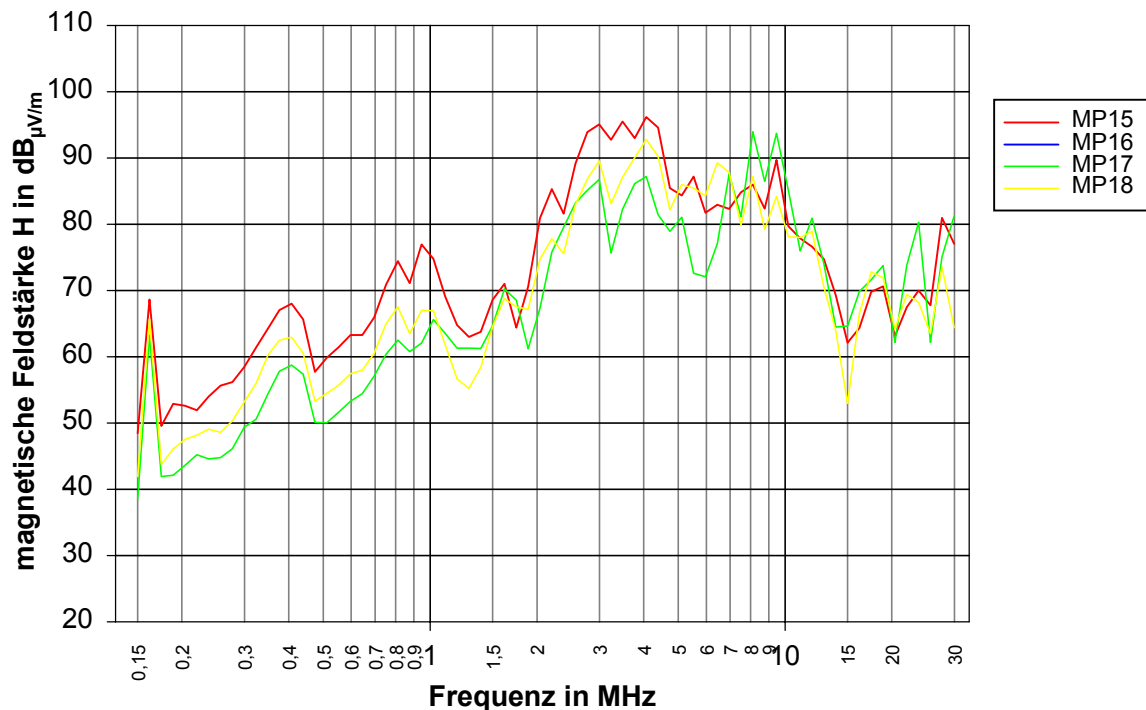


Abbildung 13 Magnetische Feldstärke bei Einkopplung im Schlafzimmer, Meßpunkte 15 – 18 in der Wohnung, Abstand von Einkoppelstelle größer 5m

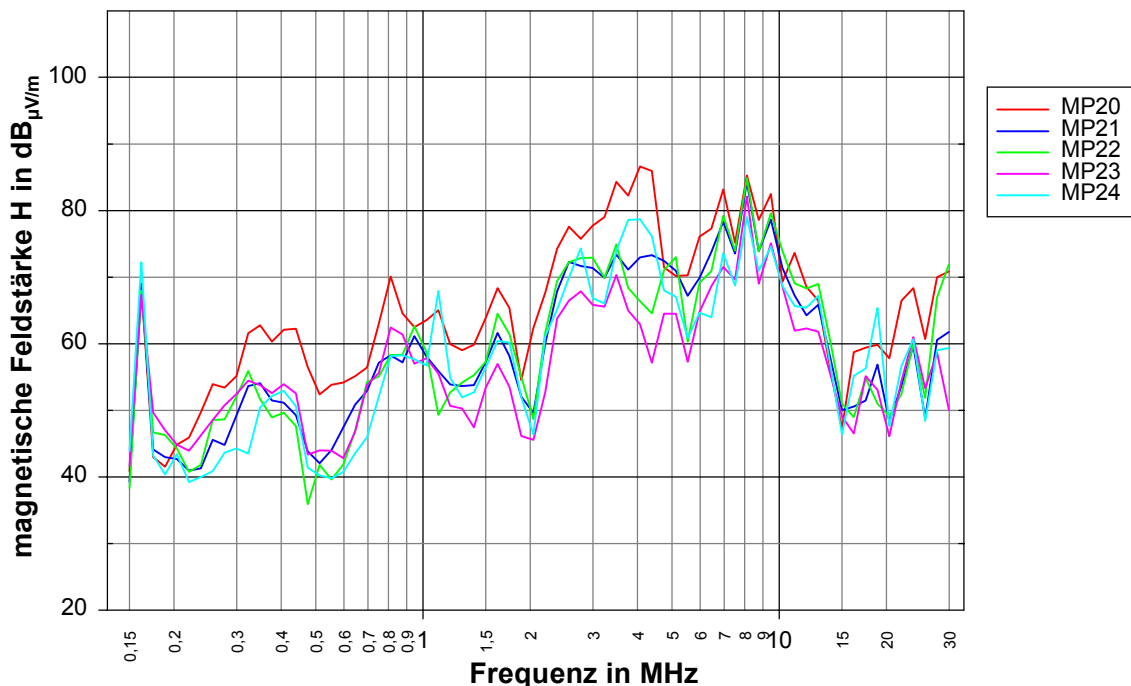


Abbildung 14 Magnetische Feldstärke bei Einkopplung im Schlafzimmer, Meßpunkte 20 – 24 im Hausflur, Abstand von Einkoppelstelle größer 5m

3.3 Maxima der magnetischen Feldstärke

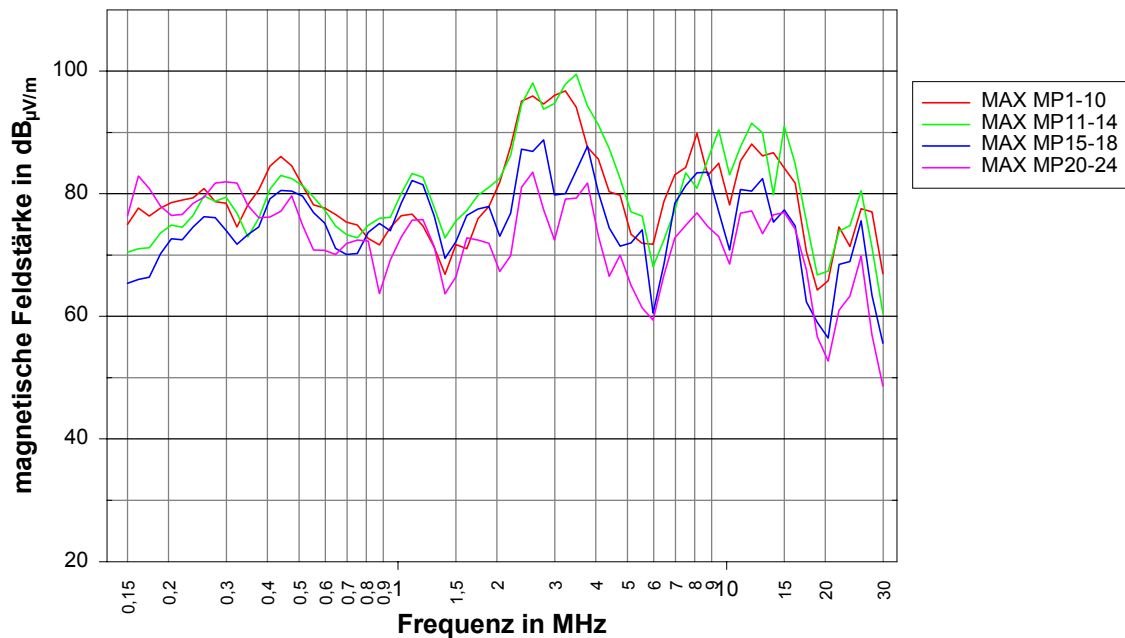


Abbildung 15 Maxima der magnetischen Feldstärke bei Einkopplung im Wohnzimmer

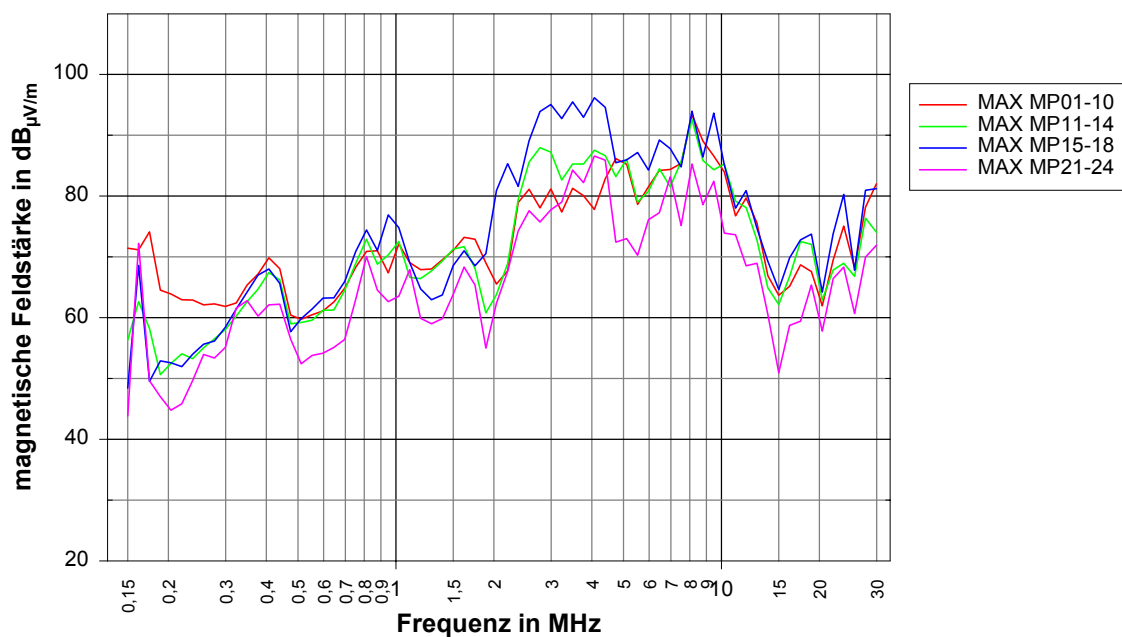


Abbildung 16 Maxima der magnetischen Feldstärke bei Einkopplung im Schlafzimmer

4 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.

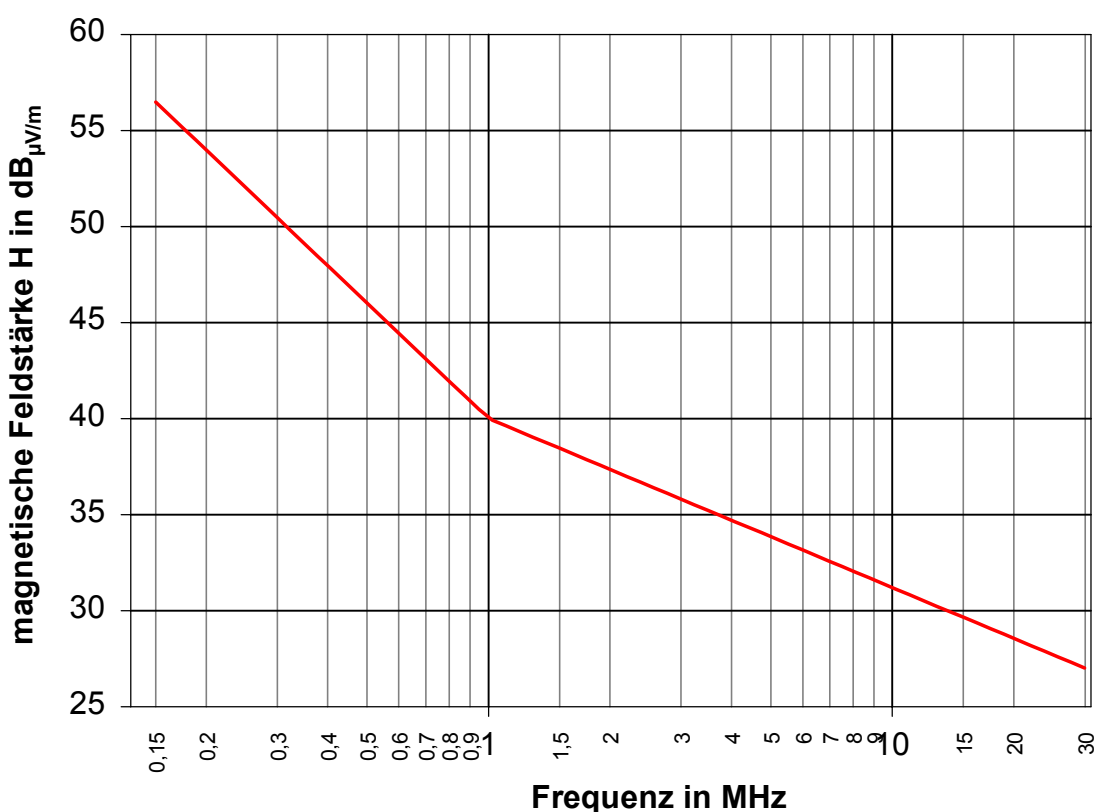


Abbildung 17 Grenzwert der magnetischen Feldstärke gem. NB30

Im folgenden Diagramm 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 17 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 15 von 16 Datum: 06.12.1999
--------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------

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 18, „Spannung, die den Grenzwert der magnetischen Feldstärke nach NB30 hervorruft, Box Plot,“ wären für die Frequenz 150 kHz bei einer symmetrischen Spannung von

124 dB_{μV} sämtliche Feldaufpunkte,
122 dB_{μV} 90 % der Feldaufpunkte,
115 dB_{μV} 75 % der Feldaufpunkte,
103 dB_{μV} 50 % der Feldaufpunkte,
97 dB_{μV} 25 % der Feldaufpunkte,
91 dB_{μV} 10 % der Feldaufpunkte und unterhalb von
85 dB_{μV} kein Feldaufpunkt

einer Emission oberhalb des Grenzwertes ausgesetzt gewesen.

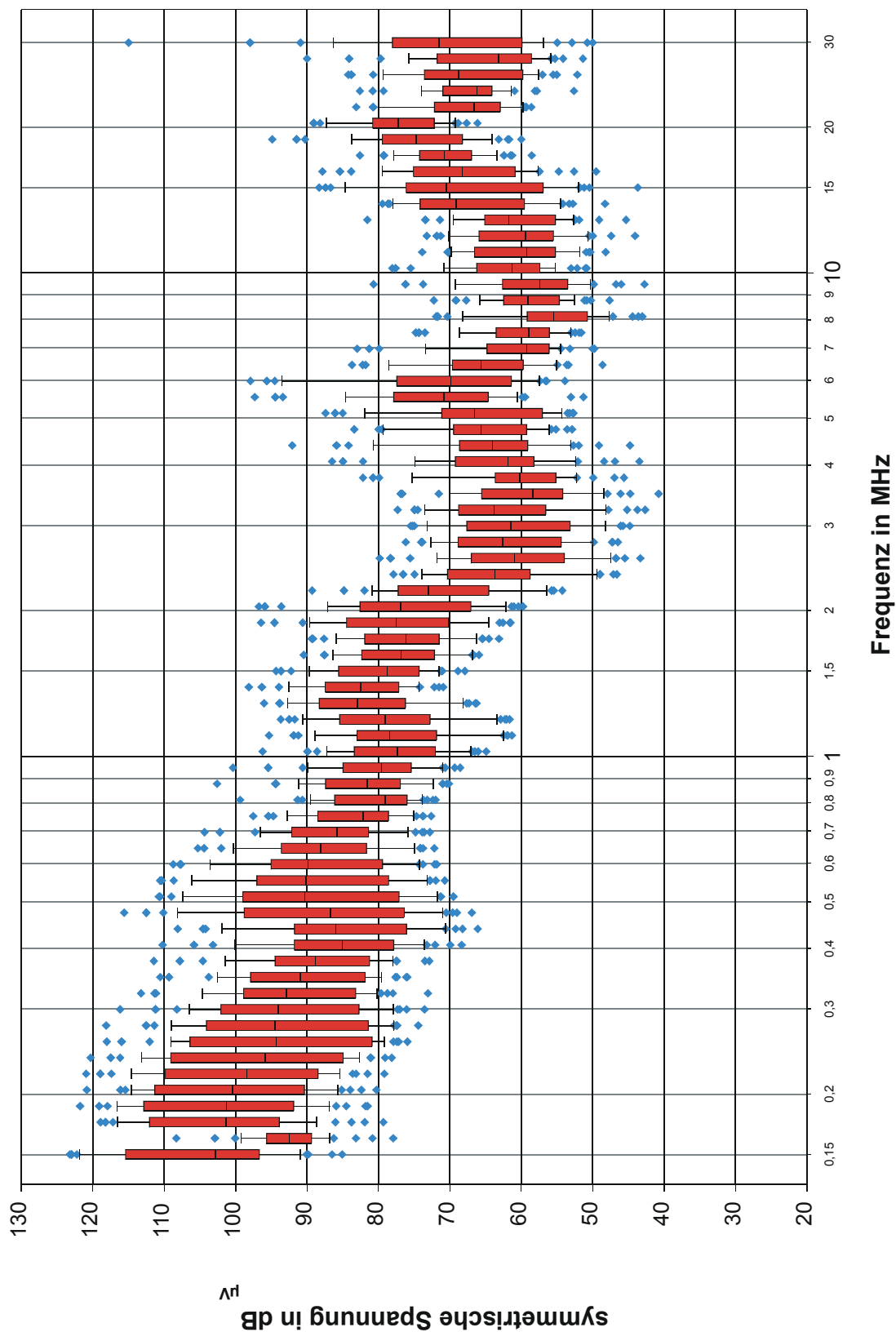


Abbildung 18 Spannung, die den Grenzwert der magnetischen Feldstärke nach NB30 hervorruft, Box Plot