

EMV- Beratungs- und Planungsbüro Prof. Dr.-Ing. K. H. Gonschorek Dr.-Ing. R. Vick	Meßbericht Emissionsmessung	Seite 1 von 31 Datum: 13.12.1999
--	---------------------------------------	-------------------------------------

Meßbericht

Emissionsmessung

Mehrfamilienhaus mit Erdkabel

EMV- Beratungs- und Planungsbüro Prof. Dr.-Ing. K. H. Gonschorek Dr.-Ing. R. Vick	Meßbericht Emissionsmessung	Seite 2 von 31 Datum: 13.12.1999
--	---------------------------------------	-------------------------------------

Meßbericht

Meßobjekt: Mehrfamilienhaus mit Erdkabel

Meßdatum: 06.12.1999

Meßingenieure: Dipl.-Ing. C. Probol, Dipl.-Ing. Volkmar Werth
Tel.: 0351 / 463 3137, Fax: 0351 / 463 7748, E-Mail: probol@ieee.org

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

Meßergebnis:

Es wurde die Emission magnetischer Felder der Hausinstallation und des dazugehörigen 230V-Erdkabels eines Mehrfamilienhauses bei Einspeisung von symmetrischen Spannungen zwischen Phase und Nulleiter untersucht. Hieraus wurden die symmetrischen Spannungen bestimmt, die zur Abstrahlung der maximal zulässigen Feldstärke gem. NB 30 führen.

Dipl.-Ing. C. Probol

1 Gegenstand der Untersuchung und Meßaufbau

Es wurde das Emissionsverhalten der Hausinstallation und des dazugehörigen 230V-Erdkabels eines Mehrfamilienhauses untersucht. Dazu wurde der TCL für Einkopplung zwischen L und N gemessen. Anschließend wurde die Magnetfeldemission bei Einkopplung von symmetrischen Spannungen untersucht. Dazu wurden die H-Feldstärken in 1 m Höhe sowohl entlang des Erdkabels außerhalb als auch innerhalb des Gebäudes in drei orthogonalen Raumrichtungen gemessen und daraus die Gesamtfeldstärke berechnet. Die Meßpunkte innerhalb des Gebäudes befanden sich in 1 m Abstand von je einer Wand. In der folgenden Abbildung ist der Aufbau zur Einkopplung der symmetrischen Spannungen sowie zur Bestimmung des Transversal Conversion Loss (TCL) dargestellt.

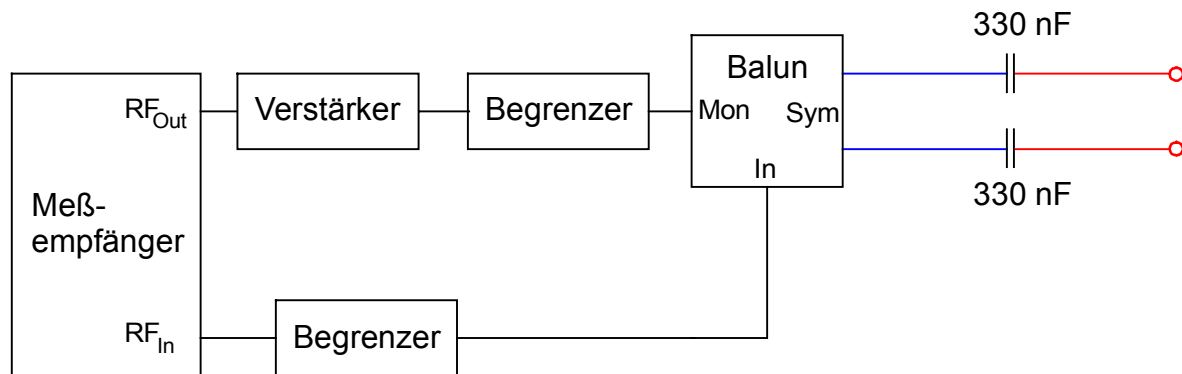


Abbildung 1: Aufbau zur Einkopplung der symmetrischen Spannung und Messung der asymmetrischen Spannung

Die Meßgröße TCL_{100} 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 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 TCL_{100} wird als Proportionalitätsfaktor zwischen angepaßt eingekoppelter symmetrischer Spannung und hervorgerufener asymmetrischer Spannung verwendet.

Die symmetrische Spannung von 105 dB_{µV} wurde zwischen Phase und Nulleiter eingekoppelt. Die Einkopplung 1 erfolgte direkt in einer Steckdose in der Hauptverteilung des Mehrfamilienhauses. Die zwei weiteren Einkopplungen erfolgten in Steckdosen in Wohnräumen.

Eine Ansicht des untersuchten Mehrfamilienhauses ist in Abbildung 2 dargestellt.



Abbildung 2: Gesamtansicht des Meßobjektes

Die Einkoppelstellen und die Meßpunkte sind im folgenden Diagramm dargestellt.

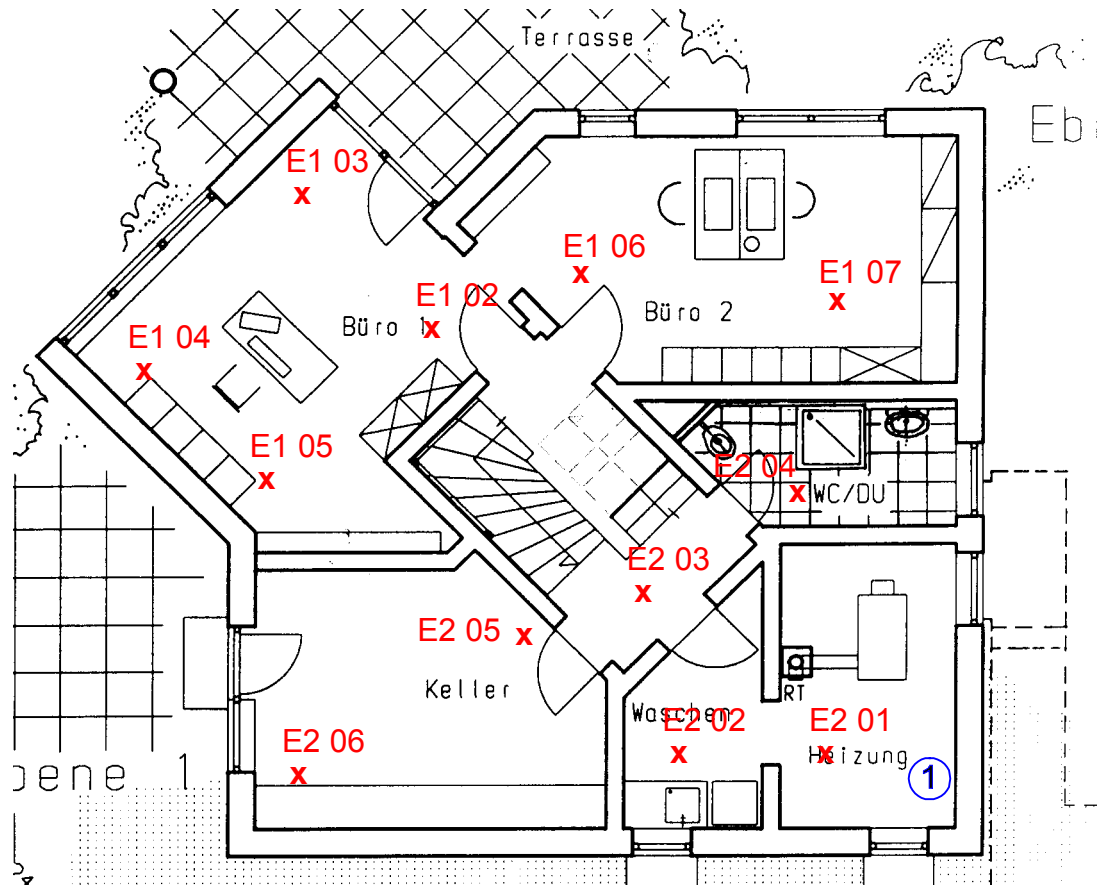


Abbildung 3: Meßpunkte und Einkoppelstelle, 1. und 2. Ebene

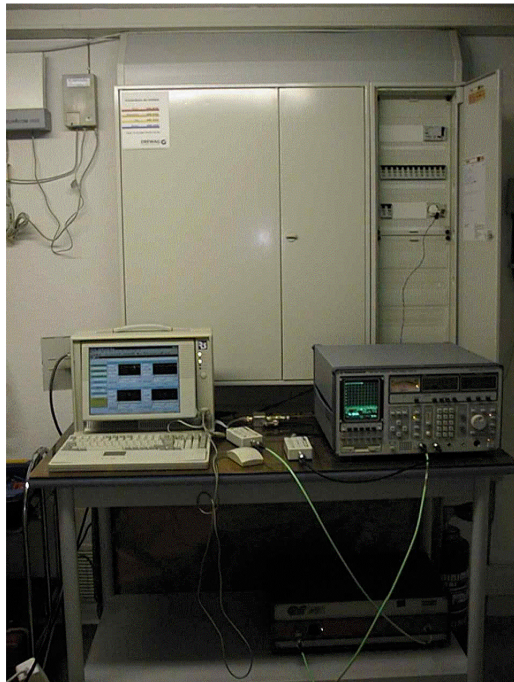


Abbildung 4: Einkoppelstelle 1 (Hauptverteilung)

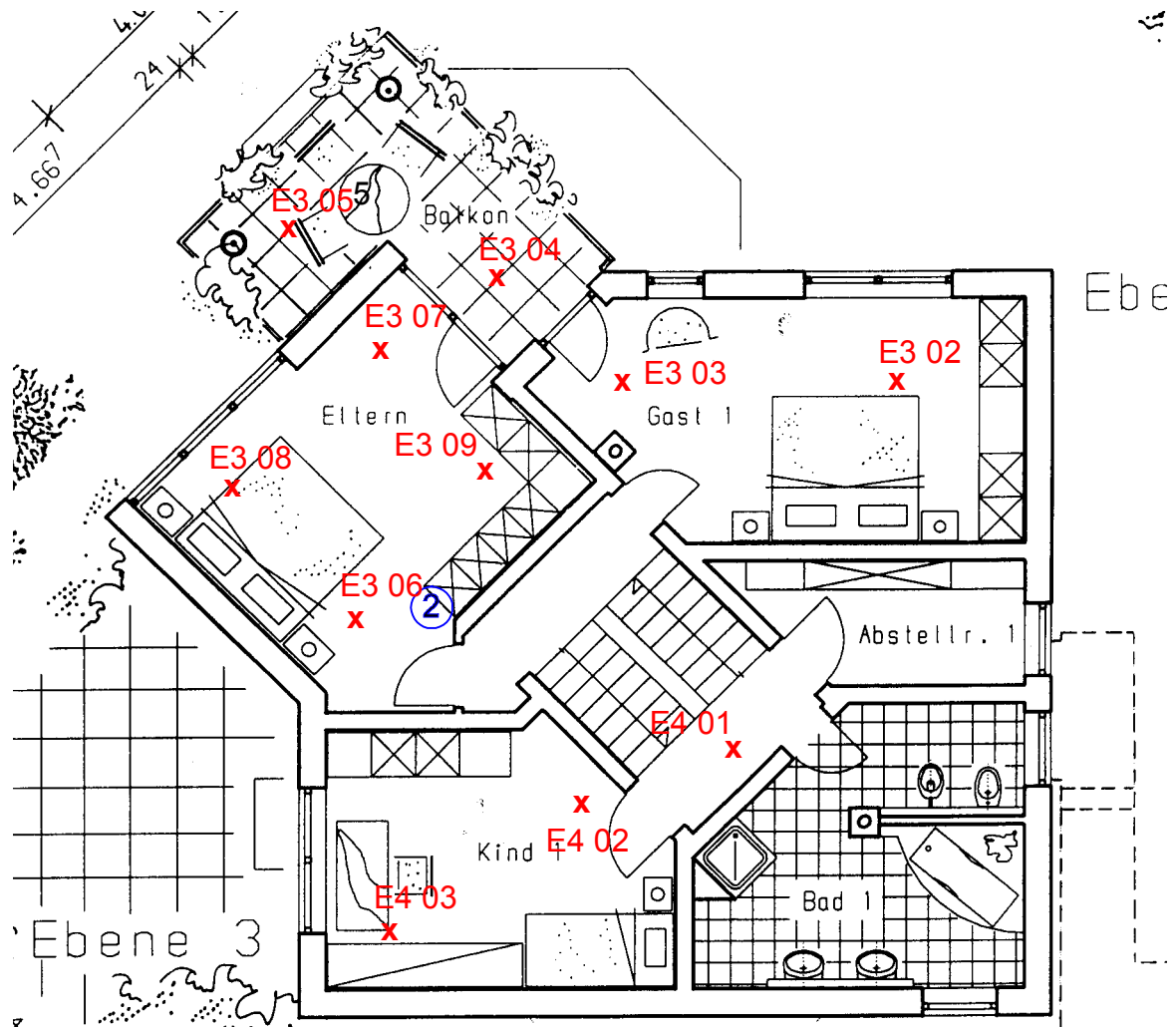


Abbildung 5: Meßpunkte und Einkoppelstelle, 3. und 4. Ebene

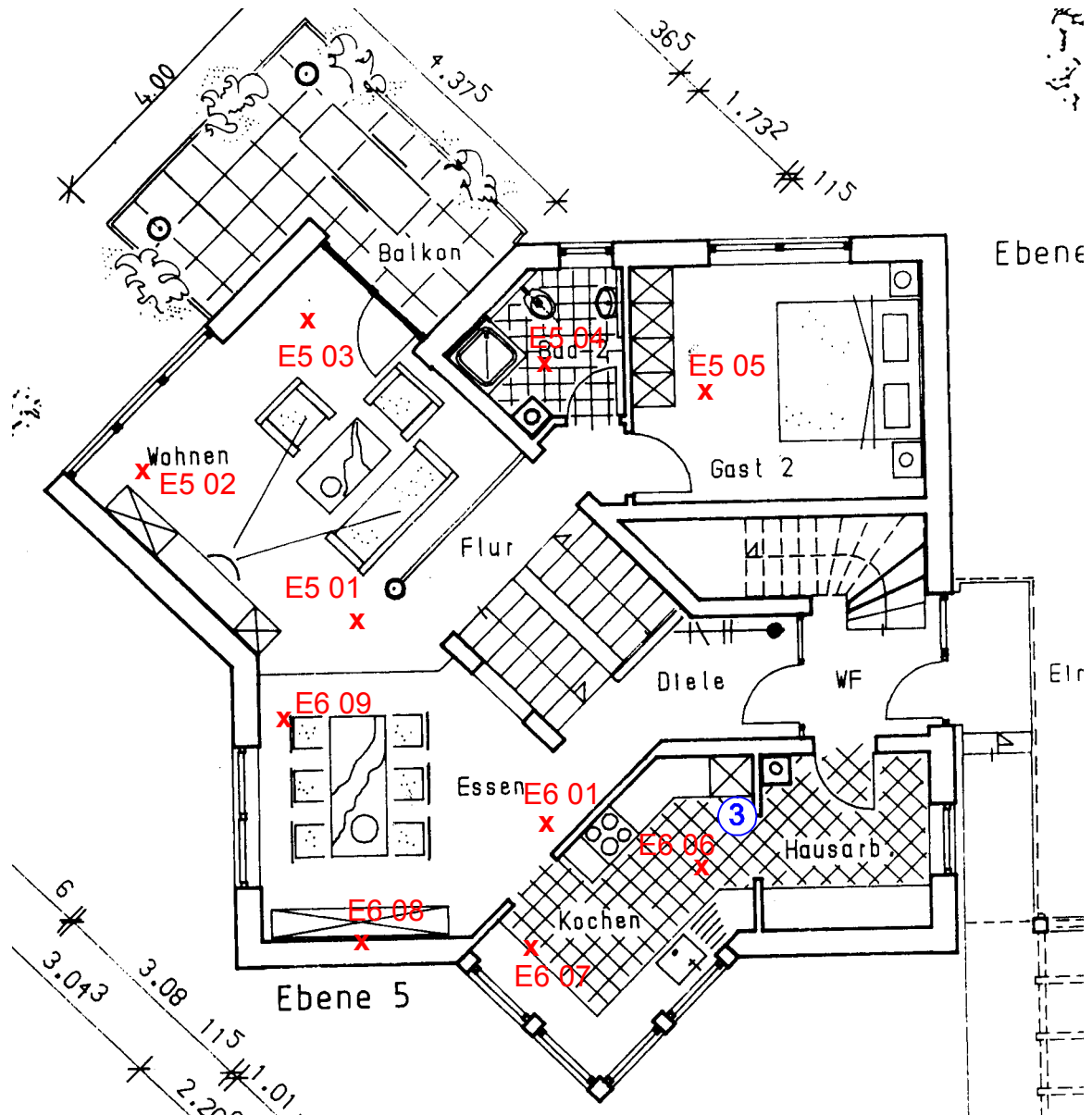


Abbildung 6: Meßpunkte und Einkoppelstelle, 5. und 6. Ebene

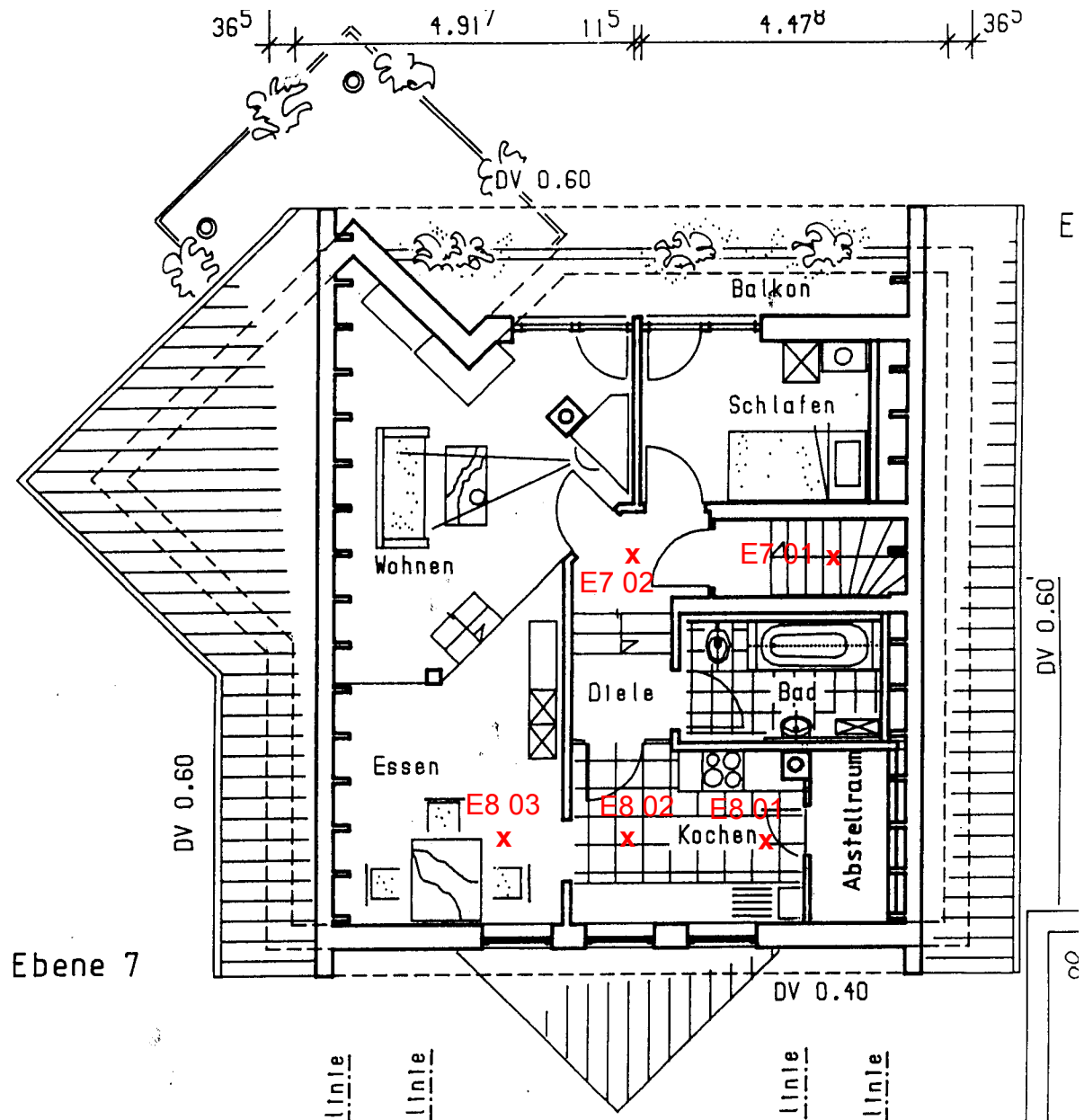


Abbildung 7: Meßpunkte, 7. und 8. Ebene

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 9 von 31 Datum: 13.12.1999
--	---	---

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

Diese Forderungen wurden durch folgende Maßnahmen erreicht:

- grobe Entkopplung der 230 V 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,
- batteriebetriebener Vorverstärker an der Magnetfeldantenne,
- Verwendung eines rauscharmen Meßempfängers und einer Zwischenfrequenzbandbreite von 200 Hz.

Der realisierte Aufbau wurde in Abbildung 1 dargestellt. Die Einkopplung erfolgte über eine verdrehte Leitung.

Es wurden folgende Meßgeräte und Meßhilfsmittel verwendet:

- Meßempfänger ESHS 30, Rhode & Schwarz,
- Verstärker AR1W1000A, Amplifier Research,
- Begrenzer CFL 9206, Schaffner,
- Schleifenantenne 30,4 cm, Eigenbau Prof. Gonschorek,
- Vorverstärker LN1000, Amplifier Research
- Meßbalun BF 0322, North Hills Signal Processing.

Der praktische Meßaufbau ist in Abbildung 4 dargestellt.

2 Meßwerte der TCL-Messung

Es wurde die Symmetrie der drei Einkoppelstellen bei Einkopplung zwischen den Leitern L und N untersucht. Der TCL_{100} wird als Maß für die Symmetrie dieser Einkoppelstellen im folgenden Diagramm dargestellt. Einkoppelstelle 1 war die Hauptverteilung des Hauses. Von hier gingen die Leitungen zu den Unterverteilungen und zur unterirdischen Zuleitung ab.

Auffallend ist die hohe Symmetrie für Einkopplung 2 unterhalb von 400 kHz. Dieses Verhalten war reproduzierbar.

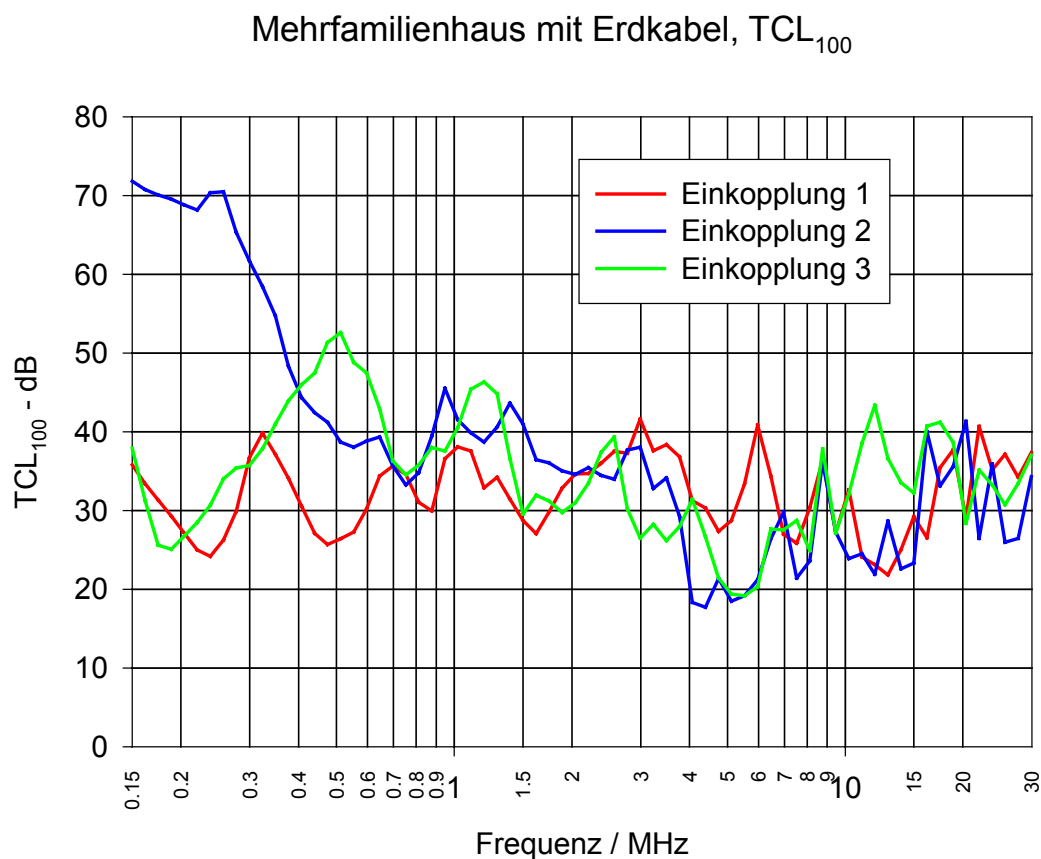


Abbildung 8: TCL_{100} an den drei Einkoppelstellen

3 Meßwerte der Emissionsmessung

Für die symmetrische Eingangsspannung von $105 \text{ dB}_{\mu\text{V}}$ zwischen L und N wurde die magnetische Feldstärke an verschiedenen Meßpunkten in 1 m Höhe über dem Fußboden bzw. dem Erdboden in den folgenden Diagrammen dargestellt. Die gemessene magnetische Feldstärke wurde mit 377Ω multipliziert, so daß sich die Einheit V/m ergab.

In den folgenden Abbildungen sind die Meßwerte der magnetischen Feldstärke dargestellt. Dabei wurden jeweils die Abstandsbereich bis 3 m, 3 - 5 m und größer als 5 m unterteilt. Die Umgebungsfeldstärke wurde ebenfalls an verschiedenen Punkte gemessen und in Abbildung 15 und Abbildung 24 dargestellt.

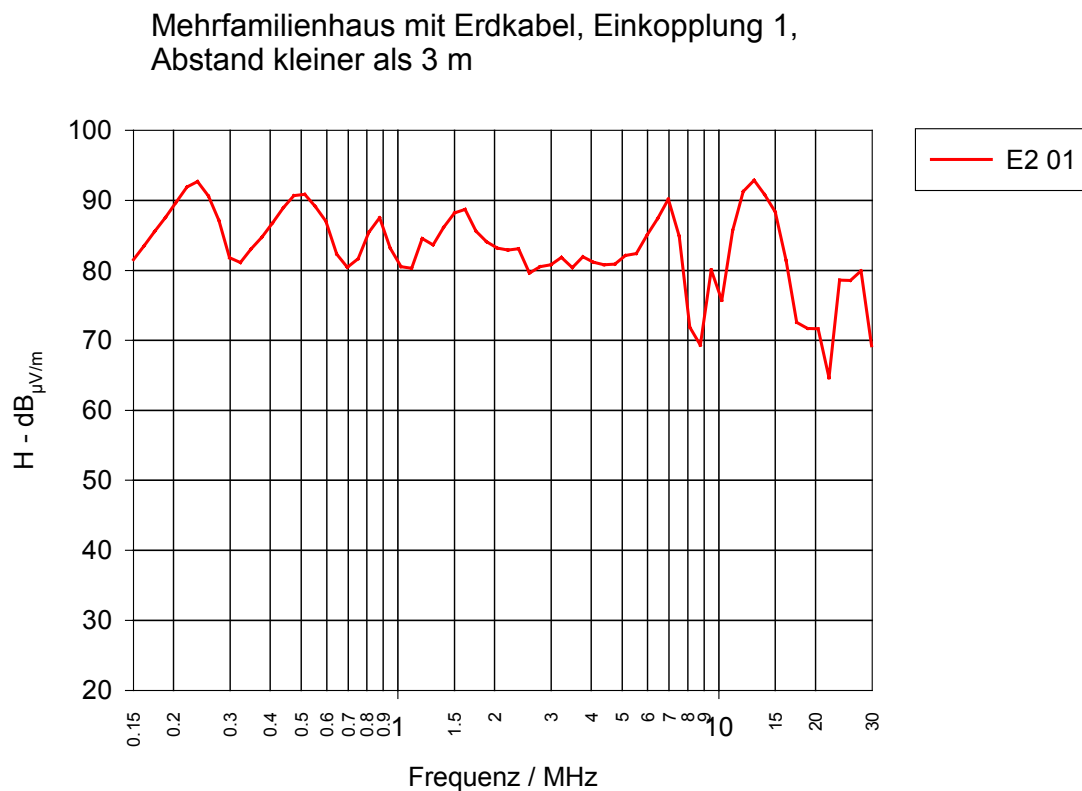


Abbildung 9: Magnetische Feldstärke, Einkoppelstelle 1, Abstand des Meßpunktes zur Einkoppelstelle kleiner als 3 m

Mehrfamilienhaus mit Erdkabel, Einkopplung 1,
Abstand 3 m bis ca. 5 m

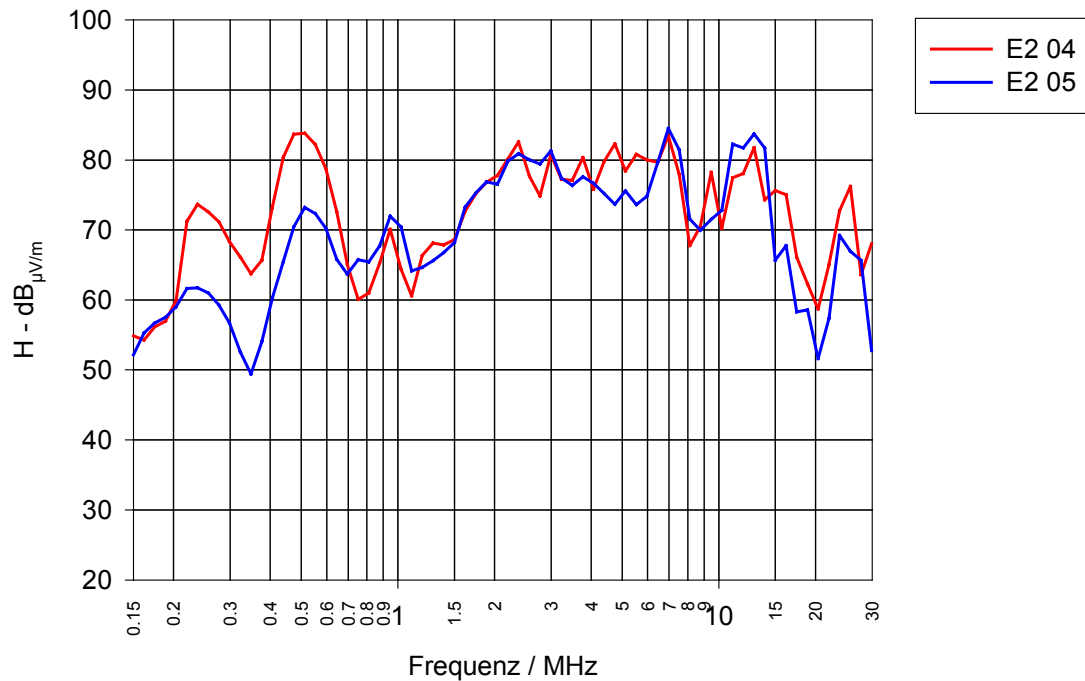


Abbildung 10: Magnetische Feldstärke, Einkoppelstelle 1, Abstand der Meßpunkte zur Einkoppelstelle 3 - 5 m

Mehrfamilienhaus mit Erdkabel, Einkopplung 1,
Abstand größer als 5 m, Ebene 1 und 2

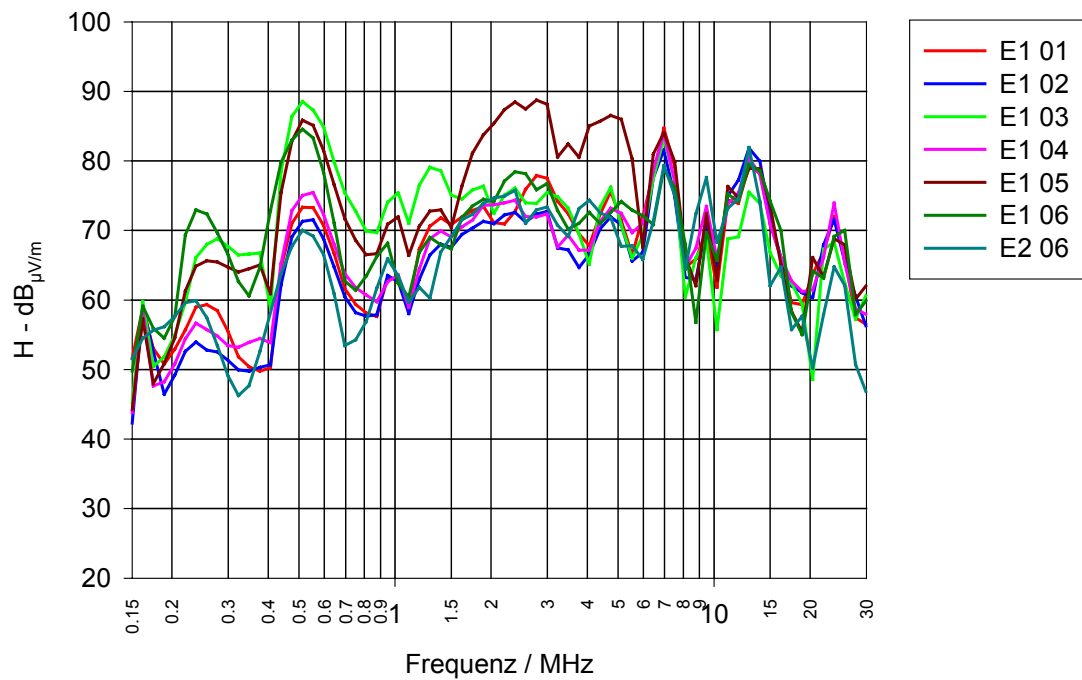


Abbildung 11: Magnetische Feldstärke, Einkoppelstelle 1, Abstand der Meßpunkte zur Einkoppelstelle größer als 5 m, Ebene 1 und 2

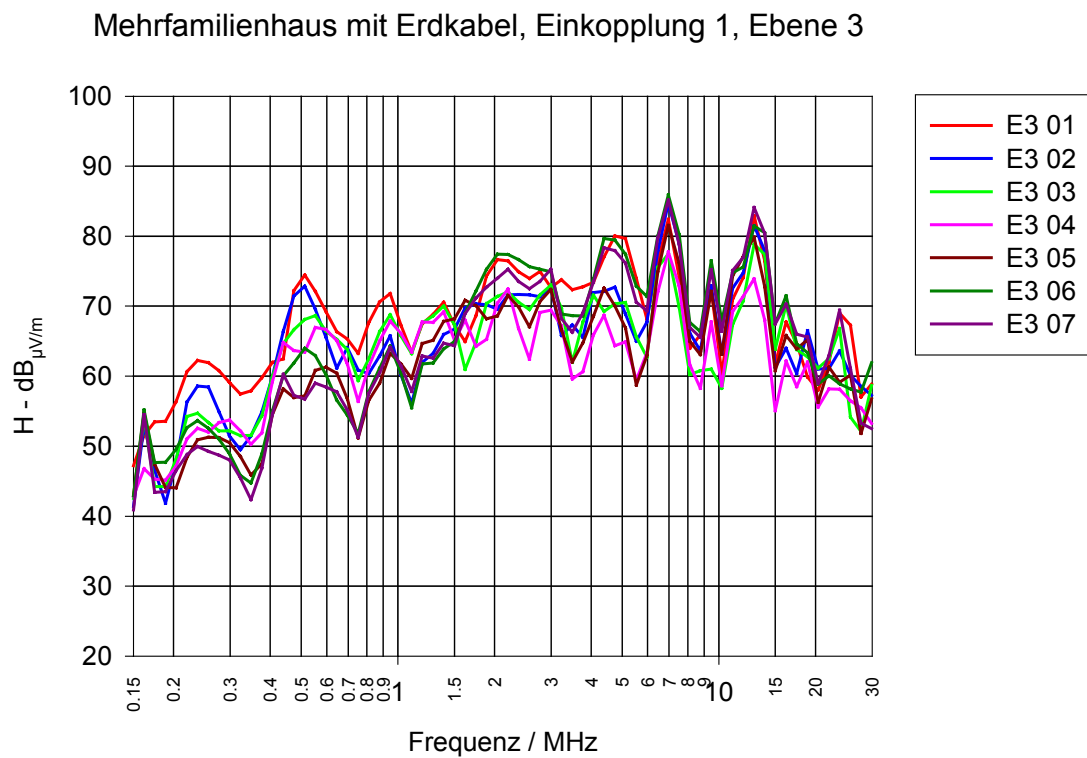


Abbildung 12: Magnetische Feldstärke, Einkoppelstelle 1, Abstand der Meßpunkte zur Einkoppelstelle größer als 5 m, Ebene 3

Mehrfamilienhaus mit Erdkabel, Einkopplung 1, Außenbereich

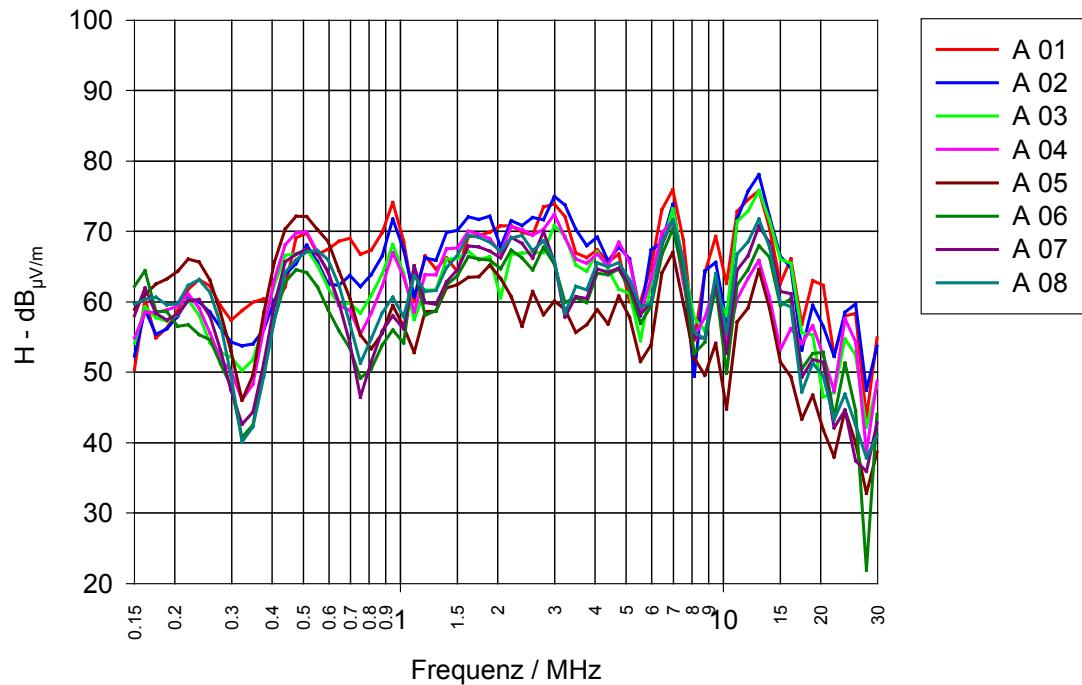


Abbildung 13: Magnetische Feldstärke, Einkoppelstelle 1, Außenbereich

Mehrfamilienhaus mit Erdkabel, Einkopplung 1, Maxima

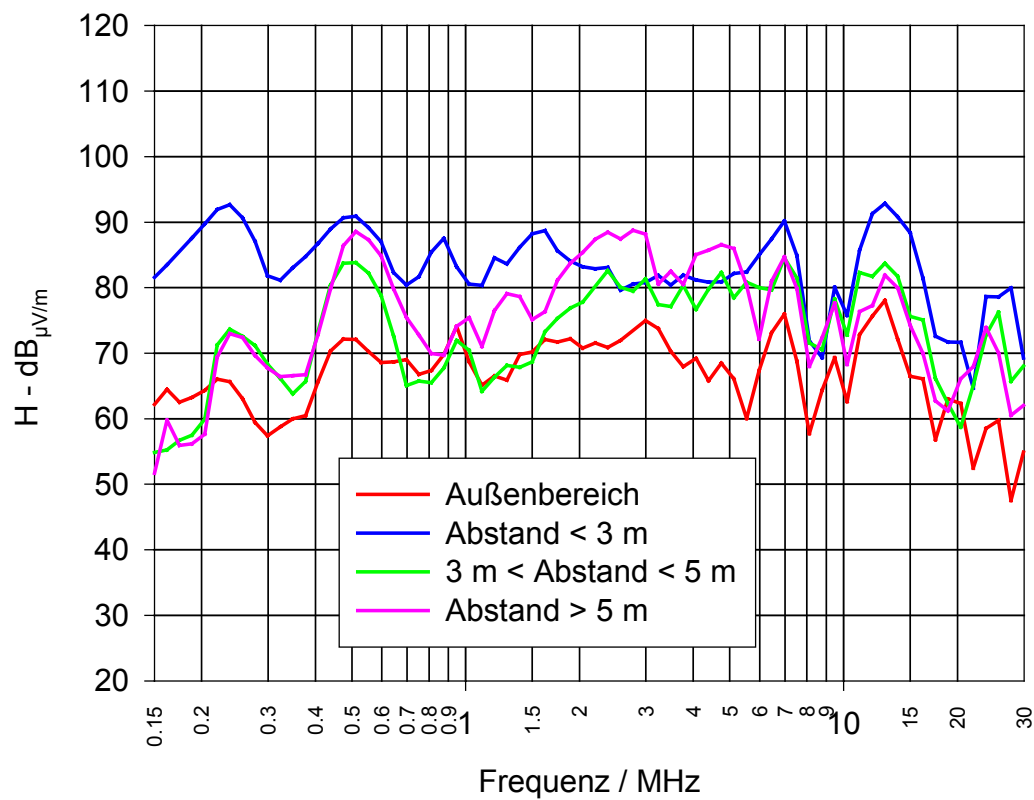


Abbildung 14: Magnetische Feldstärke, Einkoppelstelle 1, Maxima

Mehrfamilienhaus mit Erdkabel, Einkopplung 1,
Umgebungsstörpegel

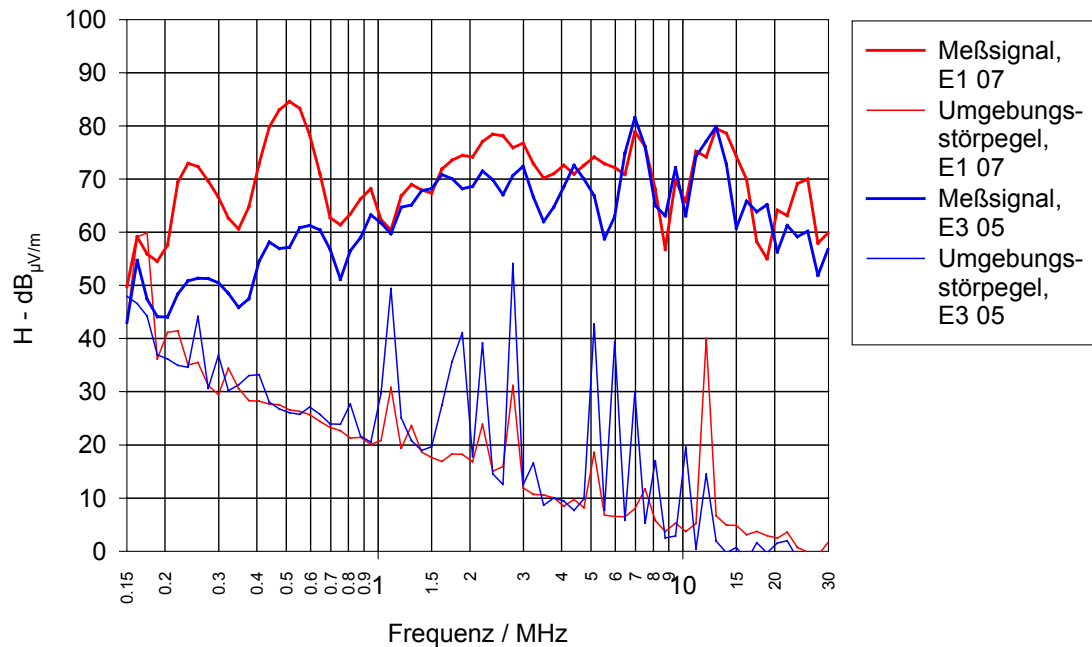


Abbildung 15: Magnetische Feldstärke, Einkoppelstelle 1, Umgebungsstörpegel

Der Meßpunkt E3 05 war auf dem Balkon also außerhalb des Mehrfamilienhauses.

Mehrfamilienhaus mit Erdkabel, Einkopplung 2,
Abstand kleiner als 3 m

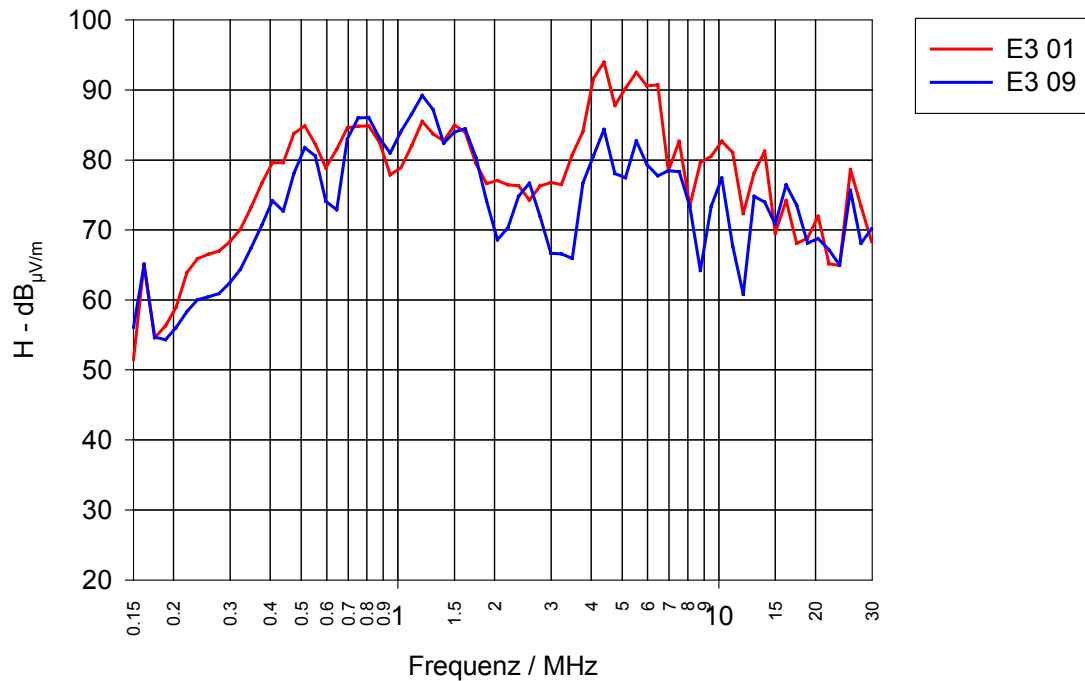


Abbildung 16: Magnetische Feldstärke, Einkoppelstelle 2, Abstand der Meßpunkte zur Einkoppelstelle kleiner als 3 m

Mehrfamilienhaus mit Erdkabel, Einkopplung 2,
Abstand 3 - 5 m

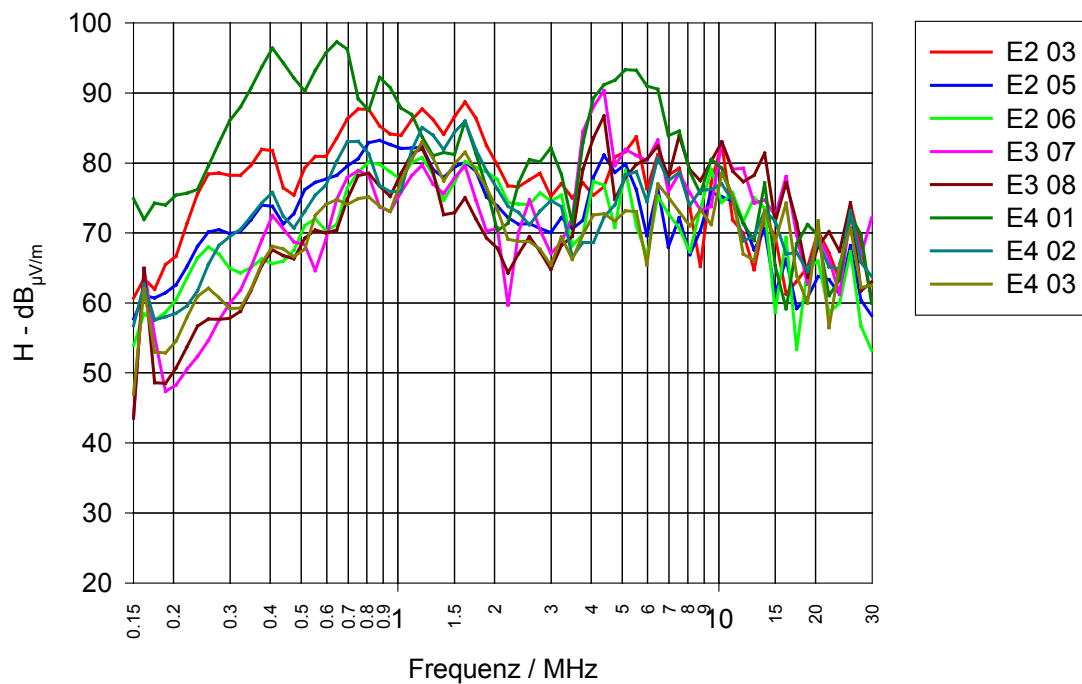


Abbildung 17: Magnetische Feldstärke, Einkoppelstelle 2, Abstand der Meßpunkte zur Einkoppelstelle 3 -5 m, Ebenen 1 und 2

Mehrfamilienhaus mit Erdkabel, Einkopplung 2,
Abstand größer als 5 m

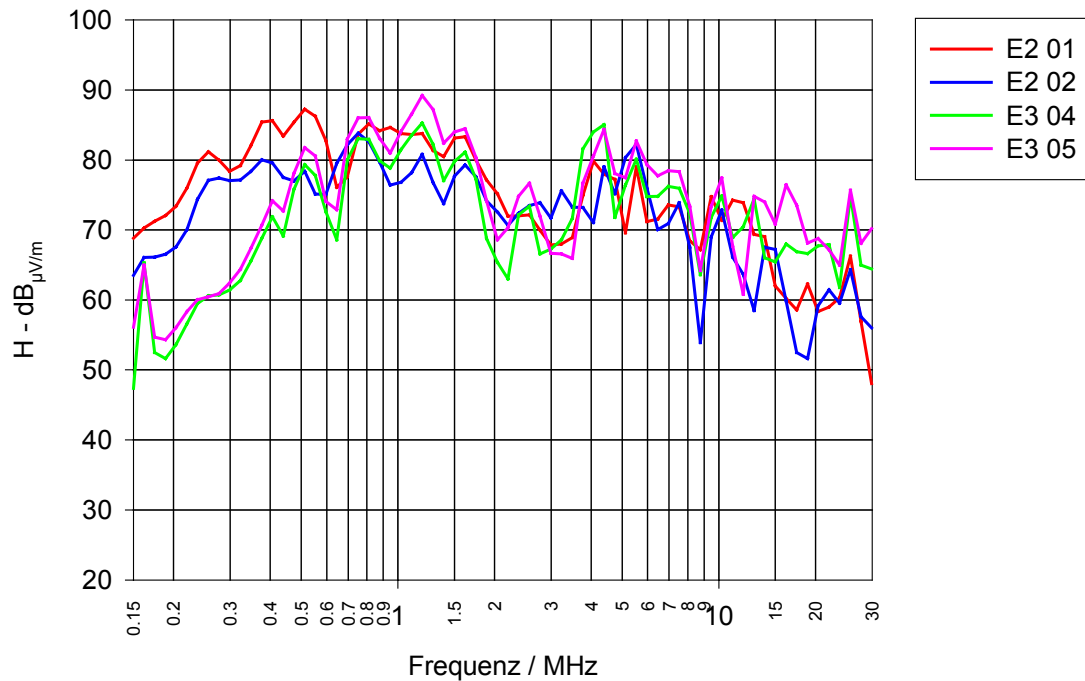


Abbildung 18: Magnetische Feldstärke, Einkoppelstelle 2, Abstand der Meßpunkte zur Einkoppelstelle größer als 5 m

Mehrfamilienhaus mit Erdkabel, Einkopplung 2, Maxima

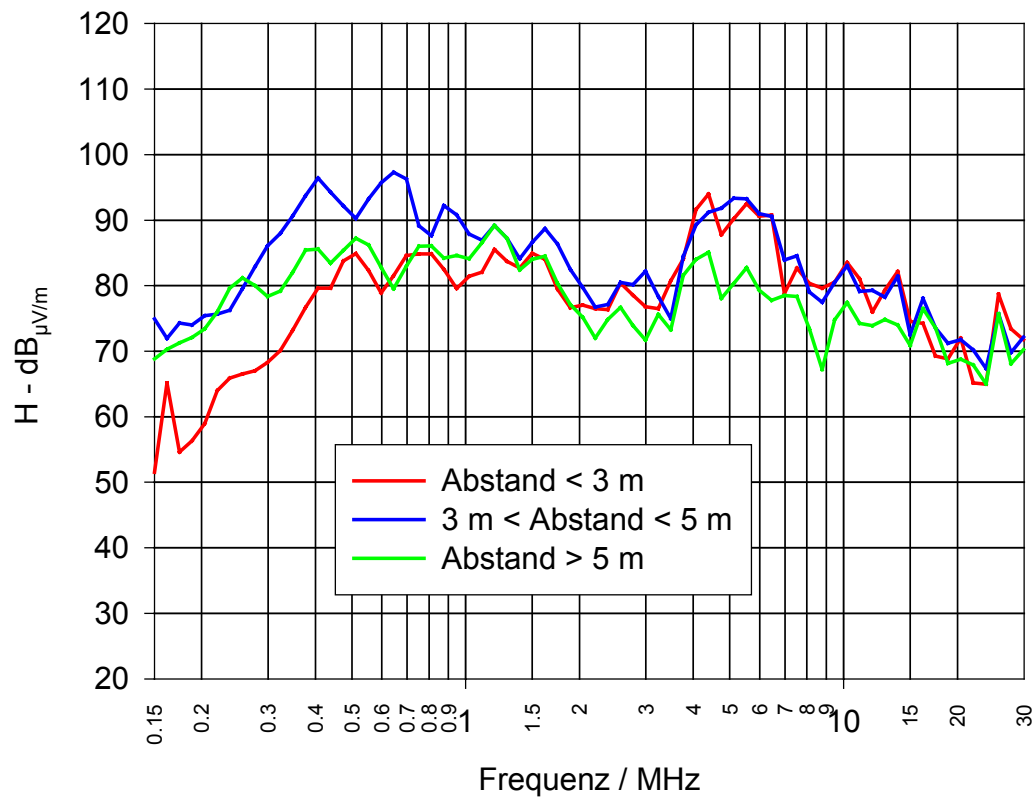


Abbildung 19: Magnetische Feldstärke, Einkoppelstelle 2, Maxima

Mehrfamilienhaus mit Erdkabel, Einkopplung 3,
Abstand kleiner als 3 m

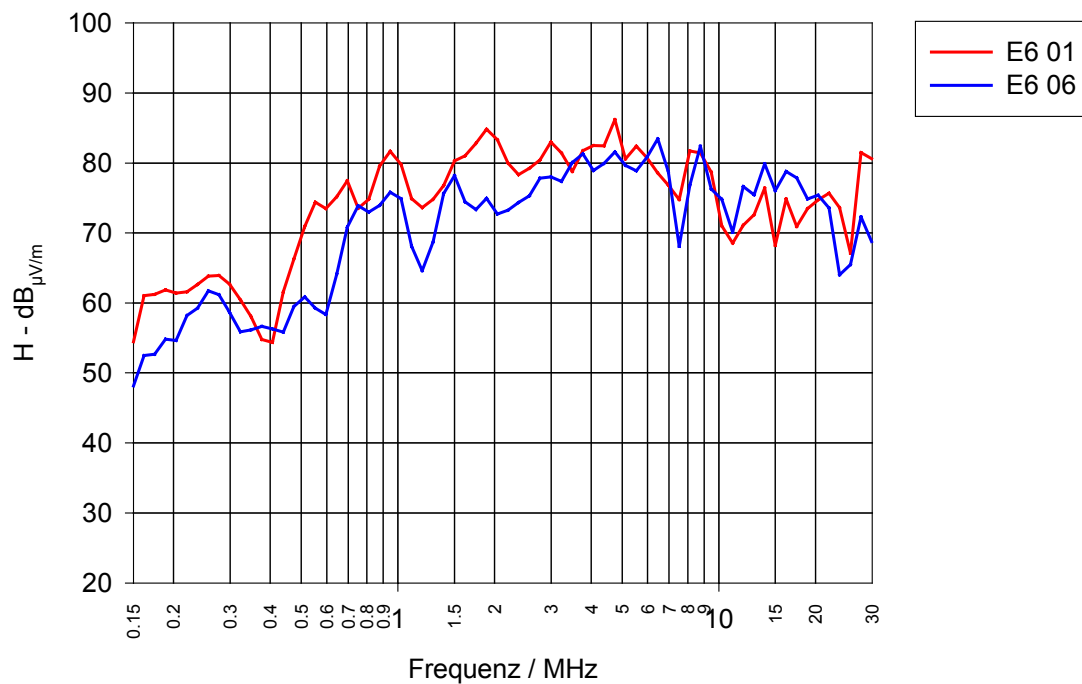


Abbildung 20: Magnetische Feldstärke, Einkoppelstelle 3, Abstand der Meßpunkte zur Einkoppelstelle kleiner als 3 m

Mehrfamilienhaus mit Erdkabel, Einkopplung 3,
Abstand 3 - 5 m

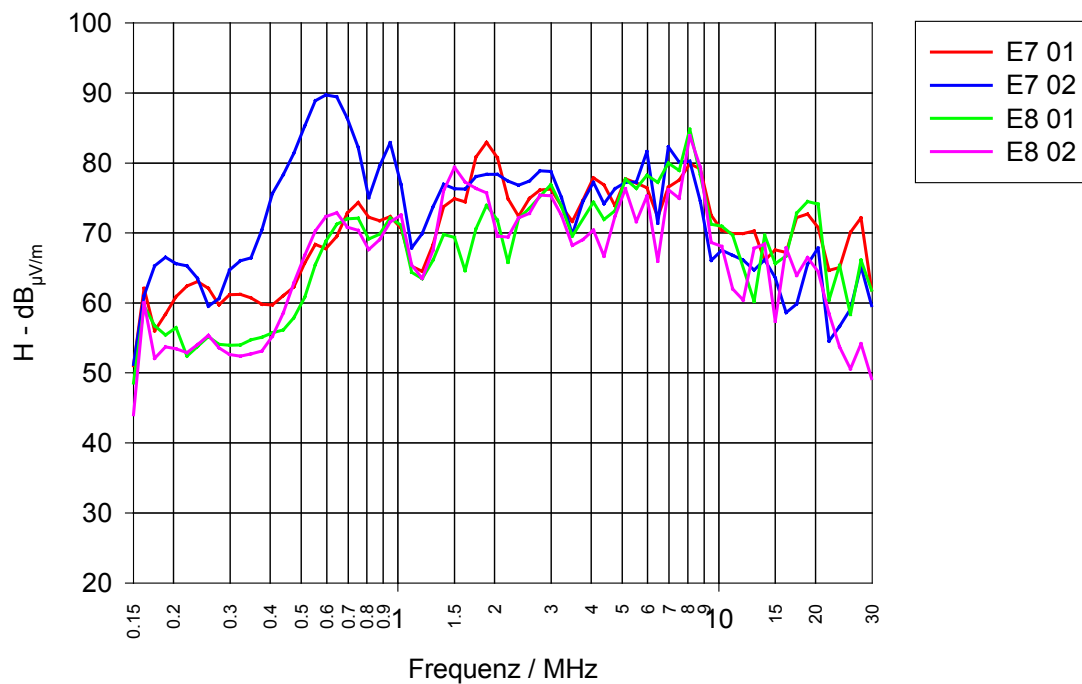


Abbildung 21: Magnetische Feldstärke, Einkoppelstelle 3, Abstand der Meßpunkte zur Einkoppelstelle 3 - 5 m

Mehrfamilienhaus mit Erdkabel, Einkopplung 3,
Abstand größer als 5 m

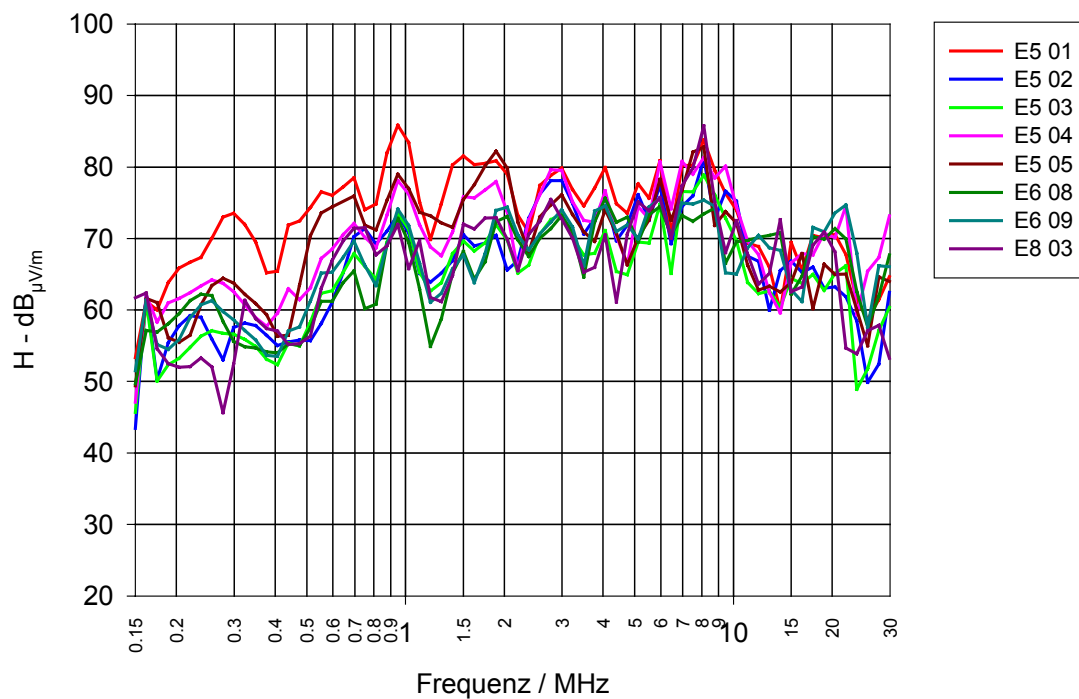


Abbildung 22: Magnetische Feldstärke, Einkoppelstelle 3, Abstand der Meßpunkte zur Einkoppelstelle größer als 5 m

Mehrfamilienhaus mit Erdkabel, Einkopplung 3, Maxima

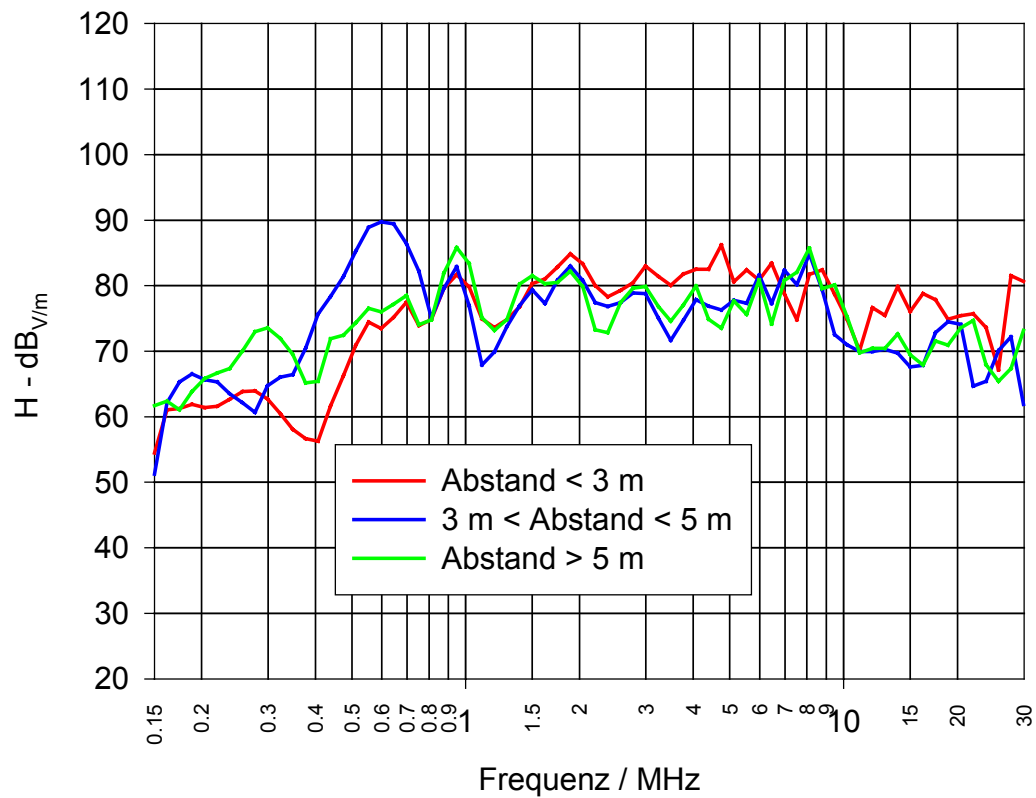


Abbildung 23: Magnetische Feldstärke, Einkoppelstelle 3, Maxima

Mehrfamilienhaus mit Erdkabel, Einkopplung 3,
Umgebungsstörpegel

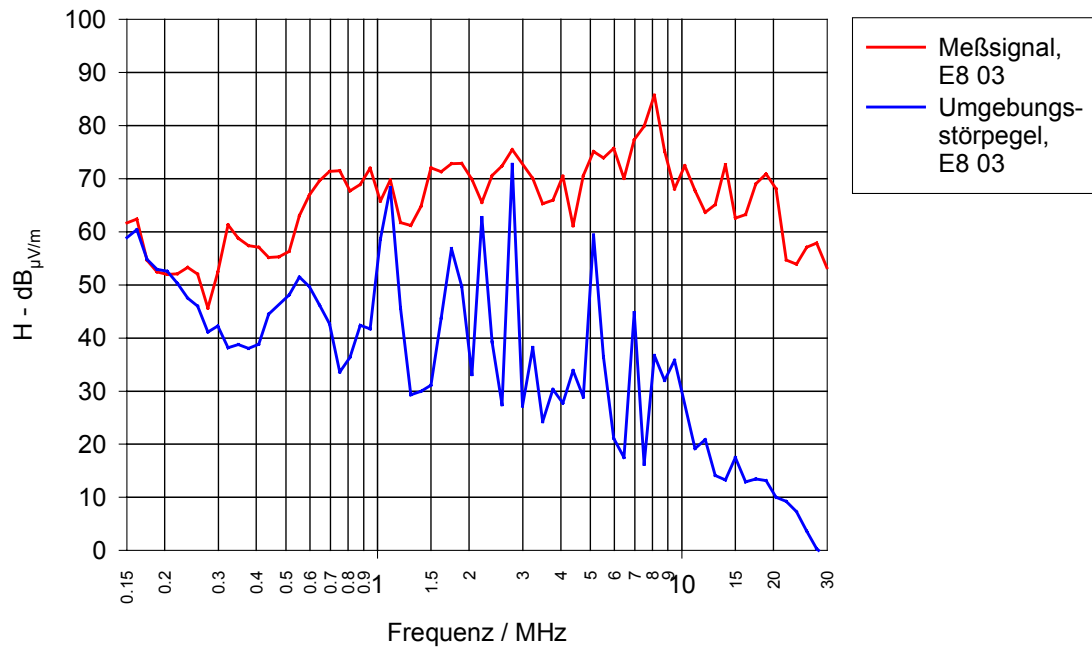


Abbildung 24: Magnetische Feldstärke, Einkoppelstelle 3, Umgebungsstörpegel

4 Auswertung nach Nutzungsbestimmung NB 30

In Abbildung 25 ist die maximal zulässige Feldstärke gem. NB 30 dargestellt.

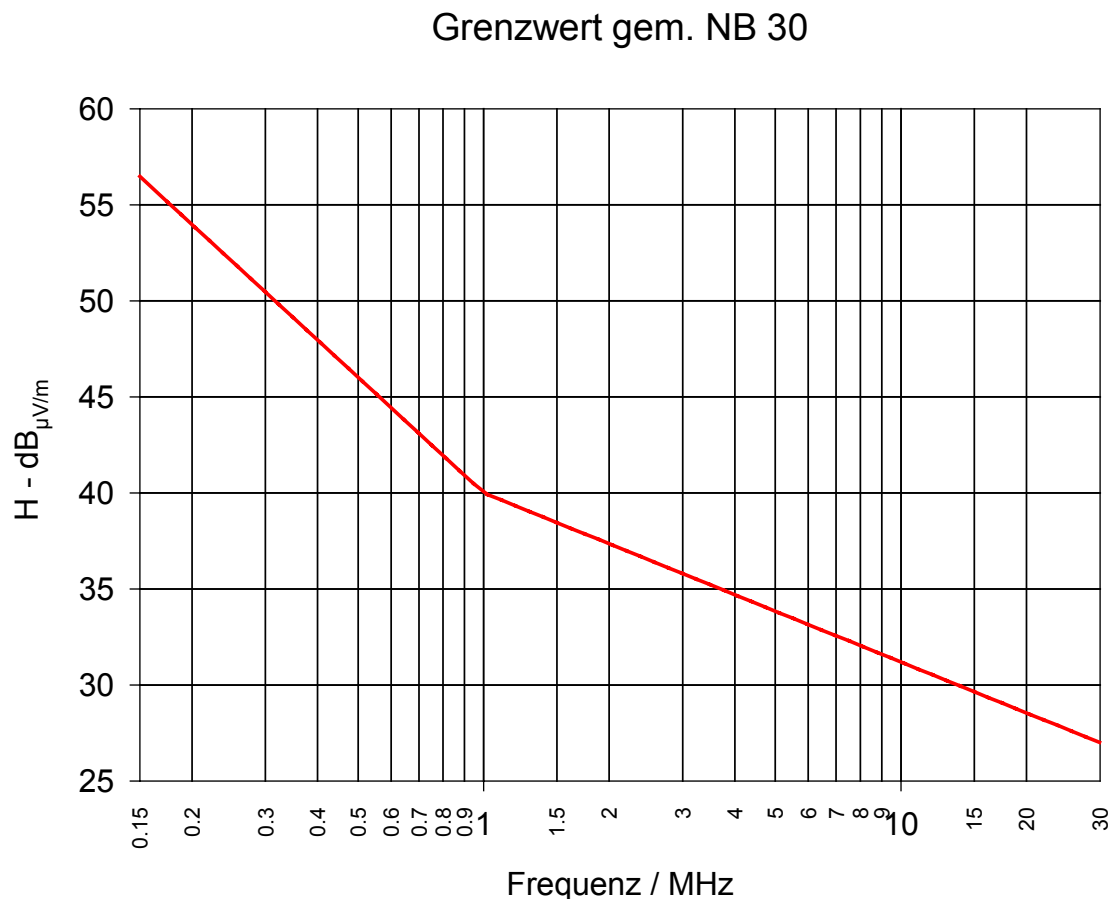


Abbildung 25: Grenzwert gem. NB 30

In den folgenden Diagrammen wird die symmetrische Spannung $U_{s, NB 30}$ dargestellt, die zu einer maximal zulässigen Emission gem. NB 30 führen würde. Diese Spannung wurde aus der symmetrischen Spannung an der Einkoppelstelle für einen angepaßten Abschluß $U_{0, sym}$, der gemessenen magnetischen Feldstärke H_{ist} und der maximal zulässigen Feldstärke gem. NB 30 $H_{NB 30}$ wie folgt berechnet:

$$U_{s, NB 30} = U_{0, sym} \cdot \frac{H_{NB 30}}{H_{ist}}. \quad (2)$$

Mehrfamilienhaus mit Erdkabel, Einkopplung 1

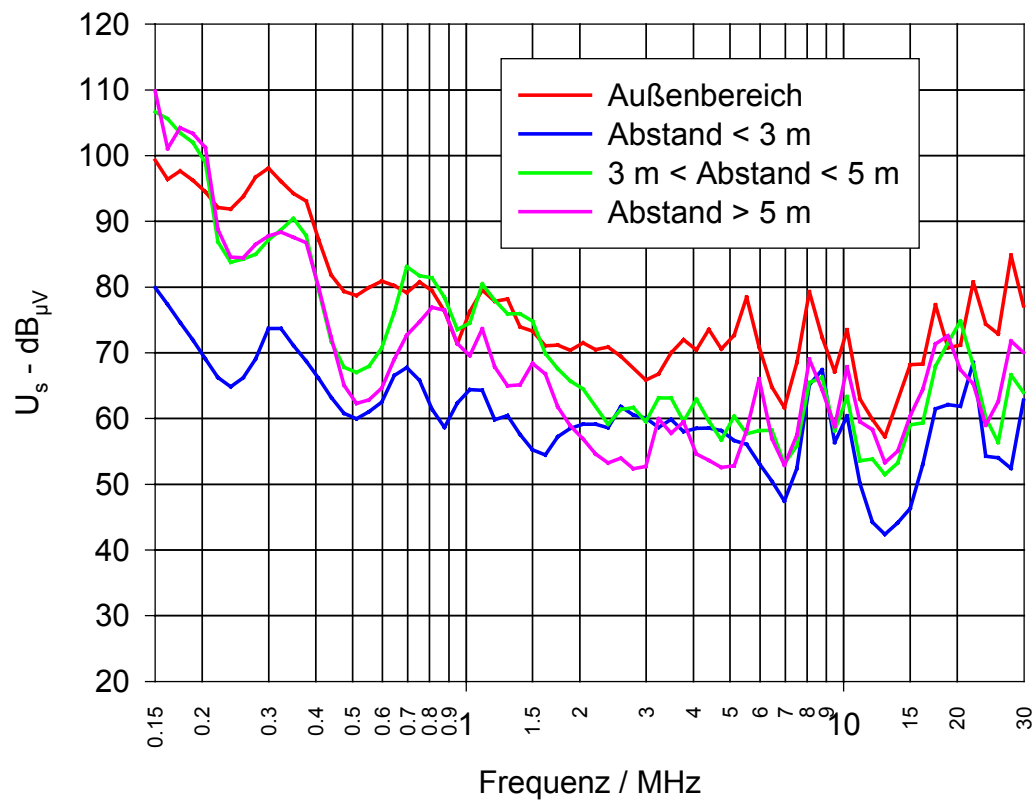


Abbildung 26: Spannung, die die maximal zulässige Feldstärke gem. NB 30 hervorruft, Einkopplung 1

Mehrfamilienhaus mit Erdkabel, Einkopplung 2

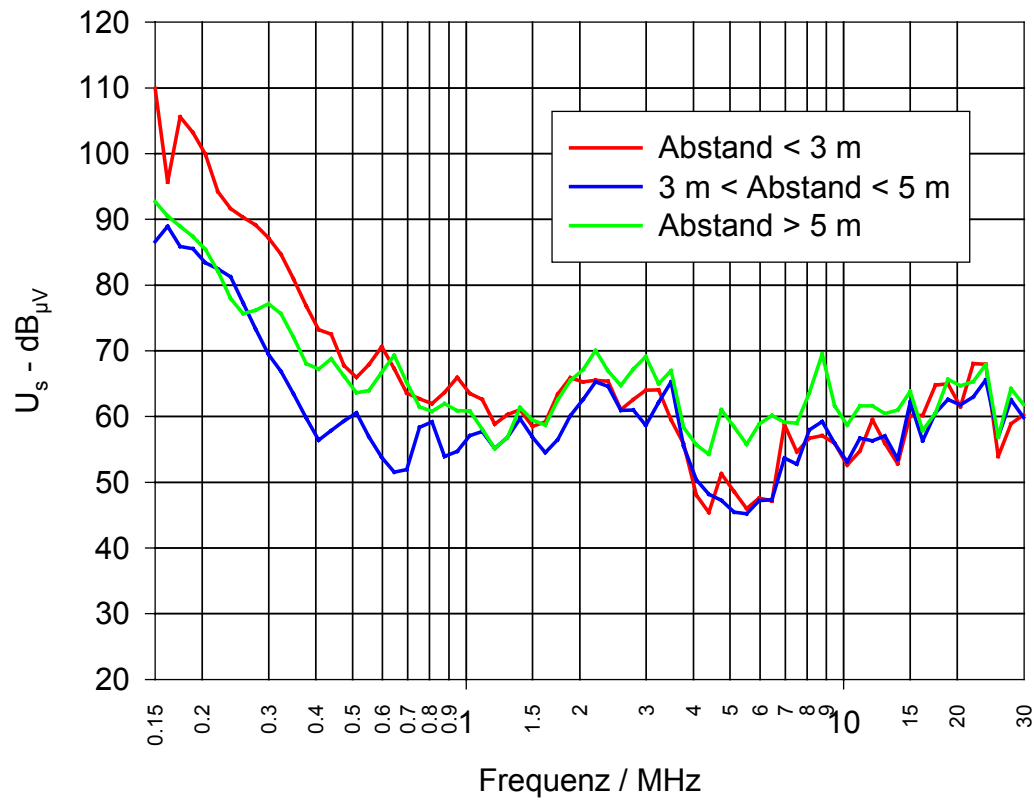


Abbildung 27: Spannung, die die maximal zulässige Feldstärke gem. NB 30 hervorruft, Einkopplung 2

Mehrfamilienhaus mit Erdkabel, Einkopplung 3

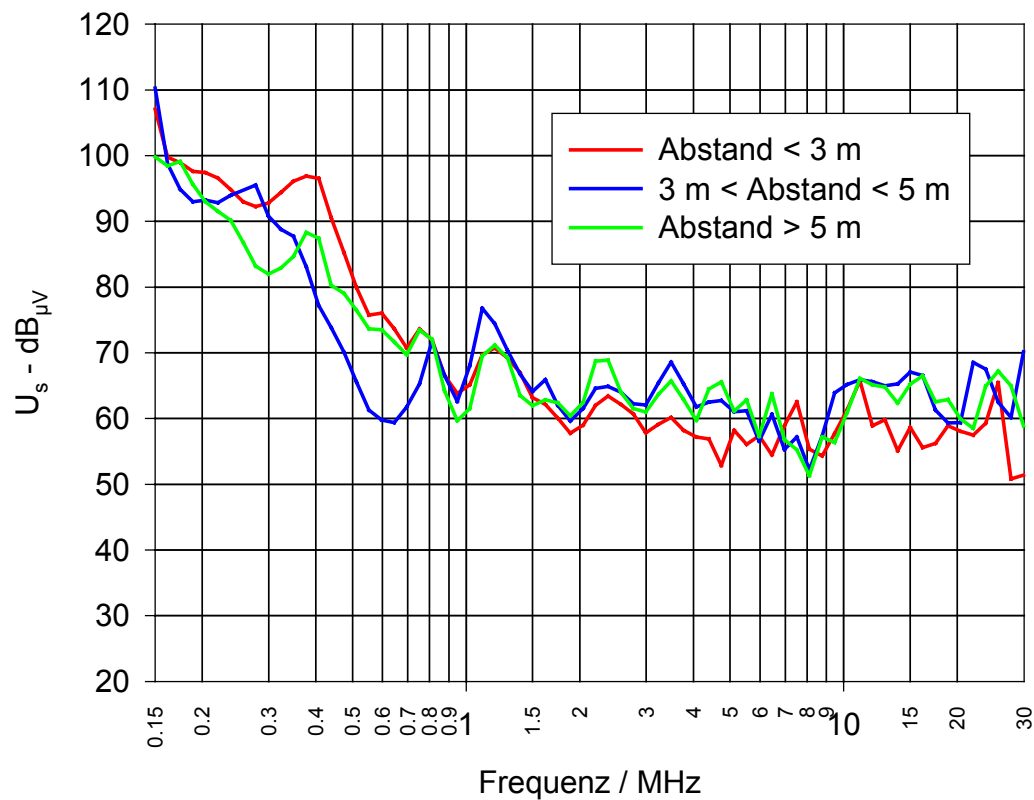


Abbildung 28: Spannung, die die maximal zulässige Feldstärke gem. NB 30 hervorruft, Einkopplung 3

Symmetrische Spannung, die die maximal zulässige Feldstärke
gem. NB 30 hervorruft

