

Beeinflussung des EMV-Grundrauschpegels durch oberirdische Kupferleitungen im Kontext von Breitbandnetzen

Referent: Dipl. Ing. Enrico Blondel Swisscom (Schweiz) AG, alte Tiefenaustrasse 6, CH-3050 Bern Schweiz; enrico.blondel@swisscom.com
Co-Autoren: Dr. Dipl. Ing. Jean-Claude Bischoff Swisscom (Schweiz) AG, Im Ey 10, CH-3050 Bern Schweiz; jean-claude.bischoff@swisscom.com
Dr. Dipl. Ing. Nima Jamaly Swisscom (Schweiz) AG, Im Ey 10, CH-3050 Bern Schweiz ; nima.jamaly@swisscom.com

1 Abstract

Der zunehmend umkämpfte Telekommunikationssektor erfordert von jedem Marktteilnehmer eindeutige Differenzierungsmerkmale. Dies, weil immer mehr Anbieter mit ähnlichen Produkten und Angeboten auf den Markt drängen und somit die Tarife stark unter Druck geraten. Nebst der Bedeutung von kundenorientiertem Service werden auch die Anforderungen an leistungsfähige Breitbandnetze eminent höher. Gerade neue Produkte und Telekomdienste, wie beispielsweise hochauflösendes Fernsehen, Cloud-Dienste oder Videokonferenzen, fordern das bestehende Netz heraus. Durch diese Treiber sind neue Glasfaserhybrid Technologien entstanden, die auf den bestehenden Kupferleitungen aufbauen. Demnach wird dort, wo das Glasfasernetz nicht vorhanden ist, entsprechende neue Glasfaserhybrid Technologien ausgerollt (Spektrum von bis zu ca. 230 MHz).

Swisscom plant eine Reihe von Messungen am aktiven Netz durchzuführen, um die Beeinflussung des EMV Grundrauschpegels zu untersuchen. Gleichzeitig werden auch Simulationen an der gleichen Geometrie durchgeführt, um die Korrelation zwischen Simulation und Berechnungen nachzuweisen.

Für die Durchführung solcher Messungen gibt es keinen Standard, daher muss ein Kompromiss zwischen Messgeschwindigkeit, Qualität der Resultate und Auflösung getroffen werden.

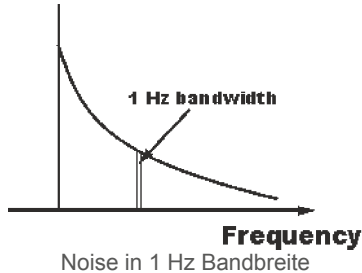
2 Standardisierung

2.1 Normen

Solche Messungen gehören nicht zur täglichen Tätigkeit eines EMV Labors, welches insbesondere Störungen untersucht und nicht die Auswirkung des elektromagnetischen Grundrauschpegels. Aus diesem Grund sind auch keine bekannten Standards vorhanden. Die Messmethode basiert jedoch auf der Grundlage einer Studie der World Meteorological Organisation [1].

2.2 Messmethode und Messmitteln

Bei Geräusch-Messungen wird die spektrale Densität gemessen. Dabei handelt es sich um die Geräuschleistung innerhalb einer definierten Bandbreite. Die Grösse ist Leistung / Frequenz oder besser bekannt als dBm/Hz Wert. Wichtig ist, dass bei sehr kleinen Messwerten das Eigenrauschen der Messgeräte mitberücksichtigt wird.



Das thermische Geräusch eines 50 Ohm Systems beträgt bei Zimmertemperatur -174 dBm/Hz. In der untenstehenden Tabelle wird die Korrelation von Geräusch und Messbandbreite dargestellt.

BANDWIDTH (Δf) HZ	THERMAL NOISE POWER DBM
1	-174
10	-164
100	-154
1k	-144
10k	-134

Korrelation von thermischen Geräusch und Messbandbreite

Bei der Messkampagne wurde ein Kompromiss zwischen Noise, Bandbreite und Messzeit getroffen.

Das Störspektrum des benutzten Breitbandgenerators wurde wie folgt eingestellt: von 5MHz bis 30 MHz: -65 dBm/Hz, ab 30MHz bis ca. 110MHz -73 dBm/Hz. Beim Sender handelt es sich um eine konstante Sendequelle. Dies bedeutet, dass keine Änderungen der gesendeten Leistung sowie keine Änderungen der PSD zu erwarten sind. Mit diesen Voraussetzungen kann mit einem EMV-Messempfänger im Scan Mode gearbeitet werden, um eine möglichst grosse Dynamik erreichen zu können.

Es wurde mit einer Bandbreite von 1 kHz und einer Messzeit von 1ms im Frequenzbereich von 20 MHz bis 230 MHz gemessen. Nach mehreren Laborversuchen wurde ein Schritt von 2.101 kHz gewählt. Damit wurden jeweils 100'000 Punkte gemessen und registriert.

An jedem Standort wurde das elektrische und magnetische Feld in zwei Polarisationsrichtungen gemessen. Die Messentfernung betrug zwischen 10 und 20m zur Leitung. Die Antennenhöhe wurde konstant auf 4m gehalten. Bei den E-Feld-Messungen wurde ein zusätzlicher 20 dB-Vorverstärker eingesetzt (NF ~ 4.5 dB).



Antenne und Vorverstärker

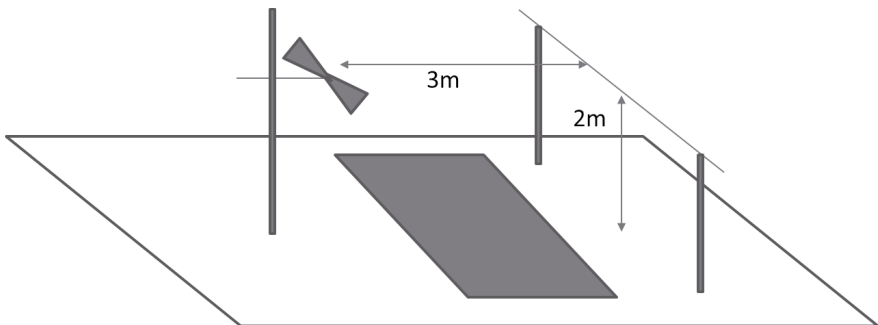
3 Labormessungen an Kabeln

Zusätzlich zu den Messungen wurde auch die Abstrahlcharakteristik der verschiedensten Telekom-Freileitungskabeln untersucht. Dabei wurden die drei typischen Kabeltypen berücksichtigt:

- Paralleldraht (nicht verdreht) Typ P
- Paralleldraht (verdreht) Typ PV
- Schlauchkabel Typ SK

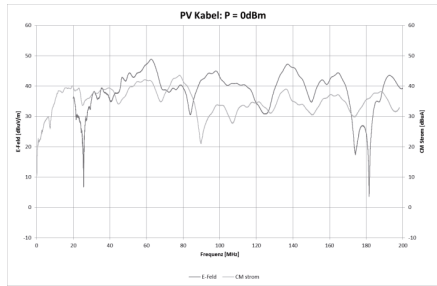
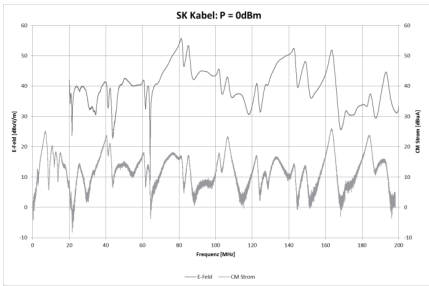
Hierbei wurden dieselbe Messeinrichtung und die gleichen Einstellungen verwendet, wie zuvor im Feld. Gemessen wurde in einer EMV-Halle mit einem Abstand von drei Metern.

Die Höhe der Antenne und Kabel betrug zwei Meter. Um allfällige Bodenreflexionen zu vermeiden, wurden Bodenabsorber eingesetzt.

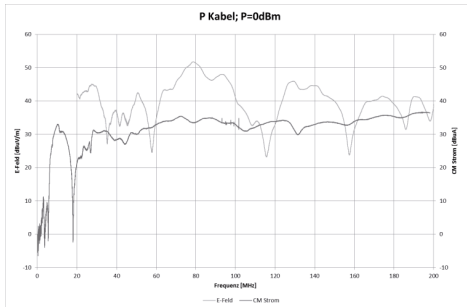


Setup in der EMV-Halle

Aus den Common Mode-Messungen der Störströme ist eindeutig zu erkennen, dass die höchstmögliche Bandbreite von diesen Kabeln sehr gering ist und zudem noch stark mit dem jeweiligen Kabeltyp variiert. Hingegen sind bei den abgestrahlten E-Feldern keine grossen Unterschiede zu erkennen.



Messresultate der SK und PV Kabel

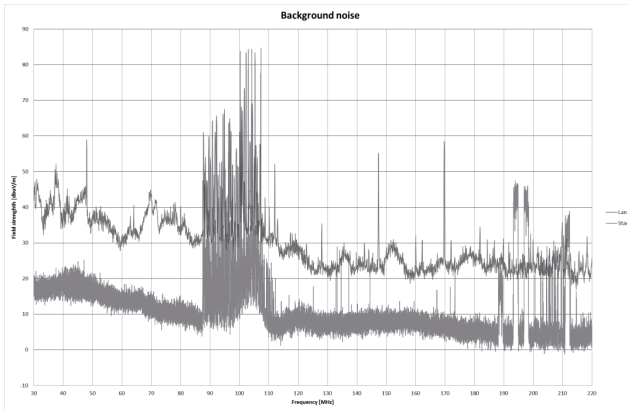


Messresultate der P Kabel und Setup in der EMV Absorber Halle

Die Montage der Baluns auf die Freileitungen und deren Erdung hat sich kritischer als erwartet gezeigt. Die Kabel mussten direkt am Balun montiert werden - ohne Zwischenstecker und ohne Adapter. Die 100 Ohm Abschlusswiderstände wurden auch direkt am Kabelende möglichst kurz gelötet, um eine Fremdbeeinflussung der Messungen zu verhindern.

4 Feldmessungen

Die untenstehende Darstellung zeigt die Gegenüberstellung von Messresultaten des Grundrauschpegels in einem städtischen sowie landwirtschaftlichen Gebiet. Die Messungen stammen aus in-situ EMV. Eindeutig zu erkennen ist ein Offset von 15-20 dB zwischen Stadt und Land.

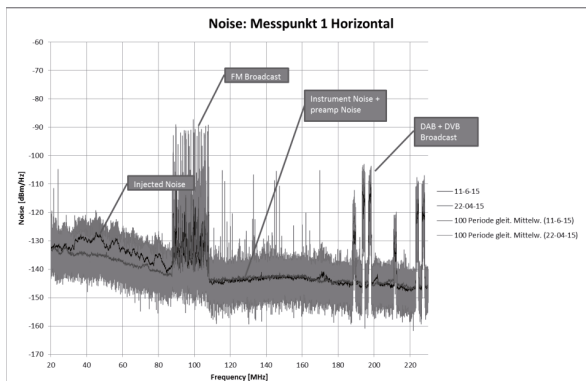


Stadt – Land Vergleich der Grundrauschpegel

Bei der Messkampagne wurden zwei Zustände gemessen: Mit und ohne Breitbandsignal, um die möglichen Veränderungen der Grundrauschpegel zu erfassen.

Der ausgewählte Ort für die Messungen befand sich in der Landwirtschaftszone, wo das Grundgeräusch tief war. Das Magnetfeld wurde von 5MHz bis 230 MHz und das elektrische Feld von 20MHz bis 230MHz gemessen.

Die Messungen mit der Magnetfeldantenne haben keine aussagekräftigen Resultate ergeben, da das Eigenrauschen des Antennenvorverstärkers relativ hoch ist. Trotz des zusätzlichen Vorverstärkers waren die Werte unter $-10\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}$ nicht mehr messbar (entspricht $41.2\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$). Die Messungen wurden exklusiv mit einer bikonischen Antenne durchgeführt. Der Vorverstärker wurde dabei direkt an der Antenne angebracht, um fremde Einkopplungen auf das Messkabel zu vermeiden.



Resultate am Messpunkt 1

Die Messresultate am Messpunkt 1 zeigten eine Erhöhung des Grundrauschpegels von max. 8dB in 9.5m Abstand und max. 4.5 dB in 22 Meter Abstand. Die gemessene Leitung bestand hier aus nichtgeschirmten verdrehten Draht.

Das Bild unten zeigt die Messanordnung des Antennenmastes und gegenüber die Leitung im Feld (200m), die horizontale Linie zeigt die gemessene Leitung.

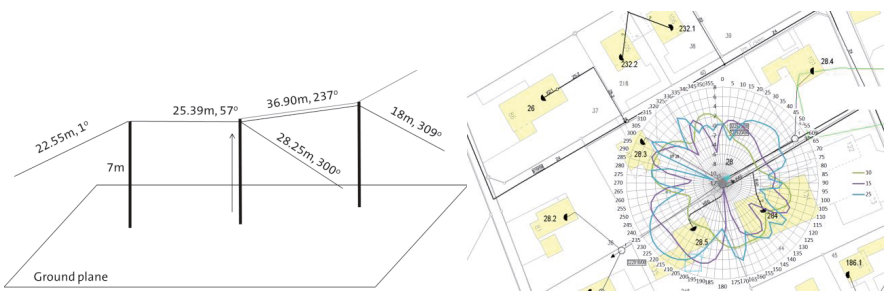


Messung in 200m Abstand

Insgesamt wurden sechs verschiedene Standorte gemessen, wobei die Messungen in einem 200m-Abstand keine Pegeldifferenz aufgezeigt haben.

5 Simulationen

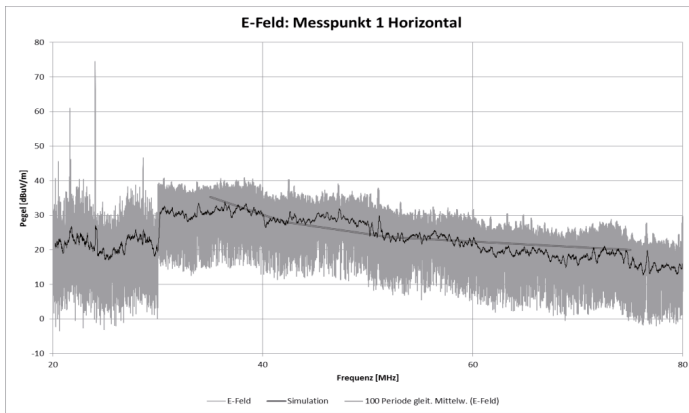
Mit Hilfe eines Simulationsprogramms wurden die Antenneneigenschaften der Freileitungen von zwei Messorten mit unterschiedlichen Frequenzen simuliert. Untenstehende Grafik zeigt die Geometrie beim Messpunkt 1 sowie die Resultate für 35 MHz mit drei verschiedenen Elevationen.



Geometrie und Simulationsresultate

Die angewendete Simulation basierte auf der Momentenmethode und kann unter folgenden Annahmen als exakt betrachtet werden: Die Methode ist gültig für Common Mode-Abstrahlungen [2]; die Bezugsgerde ist flach und perfekt leitend (Bsp. nasser Boden); diese Methode wurde angewendet für die Berechnung der Impedanz und für die Berechnung der Ströme entlang der Leitungen welche ein Fernfeld erzeugen; die

Erregungsquelle wurde am Anfang der aktiven Leitung platziert (oben am Mast mit einer Amplitude von 1V). Alle anderen Leitungen dienten als Reflektoren und waren mit der Quelle nicht verbunden.



Vergleich zwischen Simulationen und Messungen

Der Vergleich zwischen Simulationsresultaten und Messungen zeigte eine gute Korrelation. Der Sprung bei 30MHz war durch die Messbandbreite gegeben.

6 Zusammenfassung

Diese Studie zeigt, dass in erster Linie eine leichte Erhöhung des Grundrauschpegels zu erwarten ist

Die Messungen an den verschiedenen Orten und Kabelanlagen zeigen, dass in einem 10m Abstand das Grundgeräusch auf max. -130dBm/Hz erhöht wird.

Bereits in 200m Abstand liegt der Pegel unterhalb der messbaren Grenze.

Die Simulationen haben auch gezeigt, dass für eine einfache Geometrie die Modellierung bereits sehr komplex ist. Demnach wäre ein solcher Aufbau für ein ganzes Gebiet nicht denkbar, jedoch korrelieren die Messungen mit den Simulationen.

In keinen Fall wurden Verletzungen der Schutzabstände für Rundfunkdienste (FM) festgestellt. Der Vergleich der Grundrauschmessungen zwischen Stadt und Land zeigen, dass im Stadtgebiet solche Erhöhungen des Grundrauschens bereits nicht mehr messbar sind und deshalb diese auch nicht als Störungen wahrgenommen werden.

7 Referenzen

[1] World Meteorological Organisation, Commission for basic systems; Steering group on radio frequency coordination; Geneva 16-18 March 2006; CBS/SG-RFC 2005

[2] COST 286 Correlation between unbalance and radiated fields in BPL structures Prof. dr. ir. Johan Catrysse, Ph.D. Lab for EMC, KHBO Dept IW&T; Zeedijk 101; B 8400; Oostende