

# GSM-Dauerstörung durch Intermodulation

## Mit IDA 2 lassen sich Ursachen aufklären

An heutigen Mobilfunk-Standorten stehen die Antennen meist dicht an dicht: GSM 900, GSM 1800, UMTS, LTE, mit Antennen jeweils für Uplink- (RX) und Downlink-Richtung (TX) und für verschiedene räumliche Sektoren. Gegenseitige Beeinflussungen sind deshalb an der Tagesordnung. Um Intermodulationen zu erzeugen, reicht allein die Gleichrichterwirkung von verrosteten Metallverbindungen (Wikipedia: Rusty bolt effect), häufig zu beobachten an Blechdächern, Regenrinnen, Blitzableitern und dem Befestigungsmaterial der Antennen selbst. Verursacht werden die Intermodulationen in der Regel von den TX-Antennen mit ihren vergleichsweise hohen Feldstärken; gestört werden die RX-Kanäle. Typischerweise sind die Intermodulationen nur in direkter Nähe der RX-Antennen messbar, was eine Peilung bereits vor dem Gebäude unmöglich machen kann. Wenn die Feldstärken wegen der Nähe der TX-Antennen für die Messung der Intermodulation zu hoch sind, kann man den Analysator direkt an den Fußpunkt der RX-Antenne, d. h. am Empfängereingang, anschließen.

Im konkreten Fall ging es um eine Dauerstörung im GSM-900-Band. Sie trat im Uplink-Kanal 33 = 896,6 MHz und in weiteren Kanälen auf. Der Effekt betraf nur einen Sektor, aber eine unterschiedliche Zahl von Zeitschlitzten. Als Ursache waren deshalb andere GSM-Signale sehr wahrscheinlich. Es lohnte sich also, nach möglichen Interferenz-Mechanismen zu suchen.

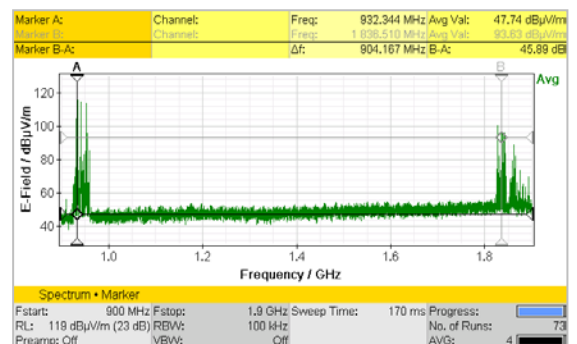
Bei zwei Signalen mit den Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  zeigen sich die Intermodulationsprodukte 2. Ordnung (IM2) u.a. bei

$$f_{IM2} = f_1 - f_2 \quad \text{bzw.} \quad f_{IM2} = f_2 - f_1$$

Intermodulationsprodukte 3. Ordnung (IM3) entstehen nach dem Schema

$$f_{IM3} = 2f_1 - f_2 \quad \text{bzw.} \quad f_{IM3} = 2f_2 - f_1$$

IM3-Produkte der GSM-900-Downlink-Kanäle 1–124 (935,2–959,8 MHz) untereinander fallen in den Frequenzbereich 910,6–984,4 MHz, können also nicht die Ursache für die Störungen in Kanal 33 = 896,6 MHz sein. Dagegen kommen viele IM2-Produkte in Betracht, die durch einfache Differenzbildung von GSM-1800- und GSM-900-Kanalfrequenzen entstehen. Für die weiteren Untersuchungen, die einem realen Fall folgen,



**Bild 1: Übersicht über den Frequenzbereich von GSM 900 und GSM 1800. Das Spektrum zeigt viele Frequenzen, deren Differenz in den Uplink-Bereich von GSM 900 fallen können. Beispiel (Marker A u. B): 1836 MHz<sub>down</sub> – 932 MHz<sub>down</sub> = 904 MHz<sub>up</sub>. Die Feldstärken von mehr als 100 dBµV/m reichen auch aus, um Intermodulationen an nichtlinearen Gebilden zu erzeugen.**

konzentrieren wir uns deshalb auf die IM2-Produkte. Die Messungen erfolgten 175 m entfernt von einer Basisstation GSM-900/1800, etwa 60° neben der Hauptstrahlrichtung.

## Sinnvolles Vorgehen

### Schritt 1

Zunächst ist zu klären: Kann in der Nähe oder direkt über die RX-Antenne des bemängelten Kanals eine Störung gemessen werden? Im vorliegenden Fall war die Dauerstörung messbar, zeigte eine GSM-Signalstruktur wie die eines Steuerungskanals (BCCH), konnte aber in etwas größerem Abstand nicht mehr aufgenommen werden. Deshalb ließ sich auch der Verursacher nicht direkt ermitteln.

### Schritt 2

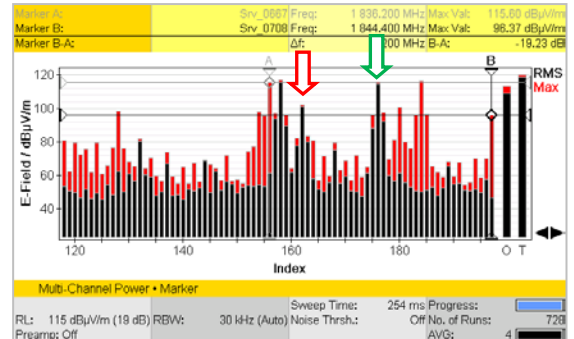
Es empfiehlt sich, die starken Sendekanäle im GSM-900 und GSM-1800-Band zu suchen. Dazu eignet sich die Multi-Channel-Power-Messung des IDA 2 mit der Darstellung von Effektiv- und Maximalwerten (RMS und MAX). Sie gibt eine schnelle und präzise Übersicht über Hunderte von Kanälen. Die Ergebnisse sind auch als exportierbare Liste verfügbar.

Bild 2 zeigt Kanäle im GSM-1800-Band. Beispielsweise hat der Kanal mit der Index-Nummer 176 (grüner Pfeil) nicht nur einen hohen, sondern auch einen nahezu konstanten Pegel und lässt sich dadurch als Steuerungskanal (BCCH) identifizieren. Als Quelle von Dauerstörungen sind jeweils die BCCHs zu vermuten. In der Listendarstellung Bild 3, geordnet nach maximalen Feldstärken, erscheint der Kanal an fünfter Stelle. Insgesamt verursachen sechs Kanäle Feldstärken von mehr als 100 dB $\mu$ V/m.

Eine weitere Messung folgt im GSM-900-Band, um dort die stärksten Kanäle zu ermitteln. Das Ergebnis zeigt Bild 4: Neun Sendekanäle mit Feldstärken über 100 dB $\mu$ V/m.

### Schritt 3

Die nächste Frage ist: Können die ermittelten sechs bzw. neun Downlink-Kanäle solche Intermodulationsprodukte 2. Ordnung miteinander bilden, dass sie den Uplink-Kanal 33 stören?



**Bild 2: Multi-Channel-Power-Messung im GSM-1800-Downlink-Band, Bargraph-Darstellung. Steuerungs- und Verkehrskanäle (BCCH und TCH) lassen sich eindeutig an dem Unterschied zwischen RMS- und MAX-Werten erkennen.**

Index	Channel	Fmin	Fmax	Max
198	Srv_0709	1 844,525 000 MHz	1 844,675 000 MHz	116,99 dB $\mu$ V/m
158	Srv_0669	1 836,525 000 MHz	1 836,675 000 MHz	116,83 dB $\mu$ V/m
156	Srv_0667	1 836,125 000 MHz	1 836,275 000 MHz	116,84 dB $\mu$ V/m
184	Srv_0695	1 841,725 000 MHz	1 841,875 000 MHz	116,22 dB $\mu$ V/m
176	Srv_0687	1 840,125 000 MHz	1 840,275 000 MHz	116,18 dB $\mu$ V/m
162	Srv_0673	1 837,325 000 MHz	1 837,475 000 MHz	103,33 dB $\mu$ V/m
115	Srv_0626	1 827,925 000 MHz	1 828,075 000 MHz	99,65 dB $\mu$ V/m
199	Srv_0710	1 844,725 000 MHz	1 844,875 000 MHz	99,00 dB $\mu$ V/m
155	Srv_0666	1 835,925 000 MHz	1 836,075 000 MHz	98,27 dB $\mu$ V/m
159	Srv_0670	1 836,725 000 MHz	1 836,875 000 MHz	97,97 dB $\mu$ V/m
157	Srv_0668	1 836,325 000 MHz	1 836,475 000 MHz	97,94 dB $\mu$ V/m
Others				113,94 dB $\mu$ V/m
Total				120,20 dB $\mu$ V/m

Index: 4,1 • MAN • Date: 14-02-08 10:58:29  
 RL: 115 dB $\mu$ V/m (19 dB) RBW: 30 kHz (Auto) Noise Thresh.: 212 ms **RECALL** Off No. of Runs: 51  
 Preamp: Off AVG: 4

**Bild 3: Listenübersicht, geordnet nach Maximalpegeln. Wegen der unterschiedlicher Aufnahmezeit differieren Bargraph und Liste.**

Index	Channel	Fmin	Fmax	Max
87	Srv_0087	952,350 000 MHz	952,450 000 MHz	114,48 dB $\mu$ V/m
31	Srv_0031	941,150 000 MHz	941,250 000 MHz	111,69 dB $\mu$ V/m
29	Srv_0029	940,750 000 MHz	940,850 000 MHz	111,57 dB $\mu$ V/m
10	Srv_0010	936,950 000 MHz	937,050 000 MHz	104,12 dB $\mu$ V/m
117	Srv_0117	958,350 000 MHz	958,450 000 MHz	103,79 dB $\mu$ V/m
121	Srv_0121	959,150 000 MHz	959,250 000 MHz	103,24 dB $\mu$ V/m
63	Srv_0063	947,550 000 MHz	947,650 000 MHz	102,79 dB $\mu$ V/m
55	Srv_0055	945,950 000 MHz	946,050 000 MHz	102,50 dB $\mu$ V/m
78	Srv_0078	950,550 000 MHz	950,650 000 MHz	102,49 dB $\mu$ V/m
89	Srv_0089	952,750 000 MHz	952,850 000 MHz	99,84 dB $\mu$ V/m
34	Srv_0034	941,750 000 MHz	941,850 000 MHz	99,41 dB $\mu$ V/m
Others				114,02 dB $\mu$ V/m
Total				117,48 dB $\mu$ V/m

Index: 3,1 • MAN • Date: 14-02-08 10:57:23  
 RL: 115 dB $\mu$ V/m (19 dB) RBW: 20 kHz (Auto) Noise Thresh.: 124 ms **RECALL** Off No. of Runs: 1 142  
 Preamp: Off AVG: 4

**Bild 4: Multi-Channel-Power-Messung im GSM-900-Downlink-Band, Listenübersicht.**

Für die Differenzbildung der 54 möglichen Kombinationen lohnte es sich, eine EXCEL-Tabelle zu erstellen. Eingetragen wurden nicht die IDA-2-internen Index-Nummern, sondern die Kanalnummern (ARFCN – Absolute Radio Frequency Channel Numbers) bzw. die zugehörigen Frequenzen in MHz.

ARFCN	Down 1800	709	669	667	695	687	673
Down 900		1844,6	1836,6	1836,2	1841,8	1840,2	1837,4
1	935,2	<b>909,4</b>	<b>901,4</b>	<b>901,0</b>	<b>906,6</b>	<b>905,0</b>	<b>902,2</b>
29	940,8	<b>903,8</b>	<b>895,8</b>	<b>895,4</b>	<b>901,0</b>	<b>899,4</b>	<b>896,6</b>
31	941,2	<b>903,4</b>	<b>895,4</b>	<b>895,0</b>	<b>900,6</b>	<b>899,0</b>	<b>896,2</b>
55	946,0	<b>898,6</b>	<b>890,6</b>	<b>890,2</b>	<b>895,8</b>	<b>894,2</b>	<b>891,4</b>
63	947,6	<b>897,0</b>	889,0	888,6	<b>894,2</b>	<b>892,6</b>	889,8
78	950,6	<b>894,0</b>	886,0	885,6	<b>891,2</b>	889,6	886,8
87	952,4	<b>892,2</b>	884,2	883,8	889,4	887,8	885,0
117	958,4	886,2	878,2	877,8	883,4	881,8	879,0
121	959,2	885,4	877,4	877,0	882,6	881,0	878,2

Als Ergebnis zeigt die Tabelle die Differenzfrequenzen. Fett dargestellt sind diejenigen Frequenzen, die zu einem GSM-Uplink-Kanal gehören. Es zeigt sich, dass die Störung des Uplink-Kanals 33 = 896,6 MHz (rot) nur durch die Downlink-Kanäle 29 = 940,8 MHz und 673 = 1837,4 MHz entstehen kann – also nicht durch den sehr starken Kanal 687 = 1840,2 MHz. Die für die Störung des Kanals 33 in Frage kommenden Kanäle sind in den Bildern 2, 3 und 4 durch einen roten Pfeil gekennzeichnet.

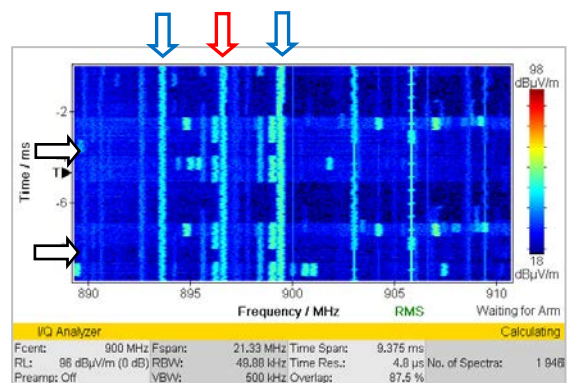
#### Schritt 4

Dieses – immer noch vorläufige – Ergebnis ist hinsichtlich Frequenz und Zeitverhalten zu prüfen.

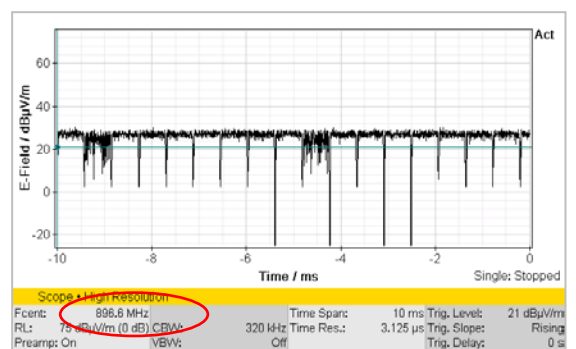
Das Spektrogramm Bild 5 zeigt im GSM-900-Uplink-Band einige etwa gleich starke, andauernde Signale, die normalerweise nicht in Uplink-Richtung zu finden sind (blaue/rote Pfeile). Die Frequenzen passen zu der Intermodulationstabelle. Es sind auch die typischen waagerechten Balken unkontrollierter Mischungen zu sehen (schwarze Pfeile). Die Mischprodukte tauchen natürlich nur dann auf, wenn beide verursachenden Sendekanäle „in der Luft“ sind.

Die Zeitbereichsmessung Bild 6 bestätigt die GSM-Struktur. Dauer und Wiederholung der Zeitschlitze liegen im GSM-Standard; jeweils sieben

**Tabelle mit Mischprodukten von GSM-1800- und GSM-900-Downlink-Frequenzen. Fett diejenigen Frequenzen, die in das GSM-900-Uplink-Band fallen.**



**Bild 5: Spektrogramm. Ausschnitt aus dem GSM-900-Uplink-Band. Die starken, andauernden Signale sind untypisch für die Uplink-Richtung.**



**Bild 6: Der Zeitverlauf des Signals bei 896,6 MHz zeigt die typische Struktur eines BCCH im GSM-Downlink mit seinen Zeitschlitzen. Alle Schlitze sind belegt, einer von ihnen mit einem „zappelnden“ EDGE-Signal.**

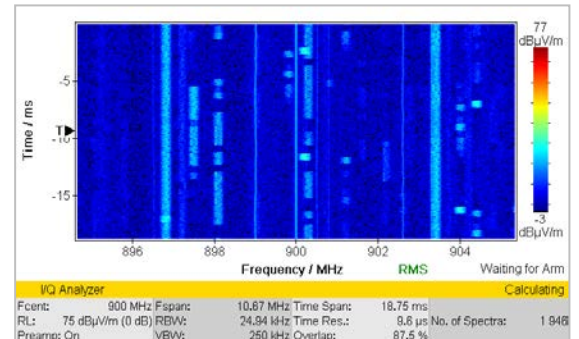
Zeitschlitz sind mit Telefonie belegt (GMSK-moduliert, konstanter Pegel), der achte Zeitschlitz wird für EDGE benutzt (8PSK-moduliert, schwankende Pegel). Typisch für einen BCCH: Alle Zeitschlitz sind ständig belegt und haben den gleichen maximalen Pegel. Damit ist ein BCCH im GSM-Downlink als Störquelle nachgewiesen.

## Ursachen und Abhilfen

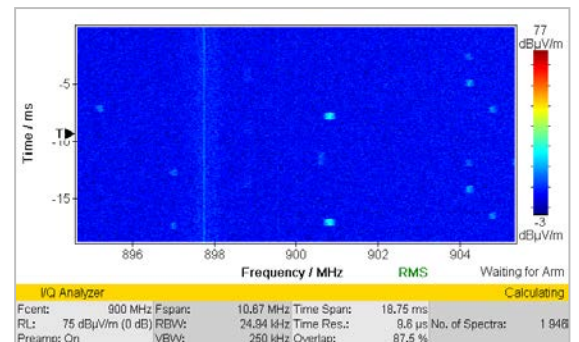
- Zuerst prüfen, ob die Störung nicht auf entfernter Gleichkanalnutzung beruht.
- Kommen als Ursache Intermodulationen durch den „Rusty-Bolt“-Effekt in Betracht, so ist eine dauerhafte „Entstörung“ durch Entrosten der Metalle kaum möglich, da sich in kurzer Zeit neuer Rost bildet.
- In diesem Fall sind die gestörten Antennen in direkter Nähe zu finden.
- Zum Nachweis sollte man, ggf. beginnend mit den eigenen TX-Kanälen, jeweils einen der möglichen Verursacher kurz abschalten – eine Sekunde reicht. Dabei auch die RX-Nachbarkanäle betrachten.

Steht der Intermodulations-Mechanismus fest, sind u.a. folgende Möglichkeiten gegeben:

- Kanalwechsel für TX1 oder TX2 oder RX.
- Reduktion der einfallenden TX-Feldstärken an den RX-Antennen kann große Verbesserungen bringen.
- Wechsel der Sektoren am TX-Ort kann wegen der Nichtlinearität der Intermodulationen große Verbesserung bringen (und anderswo das Gegenteil bewirken).
- Sektorwechsel am RX-Ort hilft selten, da Rusty-Bolt-Effekte über das ganze Dach verschleppt werden.



**Bild 7: Beispiel eines Spektrogramms mit (künstlich erzeugter) Intermodulation.**



**Bild 8: Dasselbe ohne Intermodulation.**

**Narda Safety Test Solutions GmbH**  
Sandwiesenstrasse 7  
72793 Pfullingen, Germany  
Phone: +49 7121-97 32-0  
Fax: +49 7121-97 32-790  
E-Mail: info.narda-de@L-3com.com  
www.narda-sts.com

**Narda Safety Test Solutions**  
435 Moreland Road  
Hauppauge, NY 11788, USA  
Phone: +1 631 231-1700  
Fax: +1 631 231-1711  
E-Mail: NardaSTS@L-3COM.com  
www.narda-sts.us

**Narda Safety Test Solutions Srl**  
Via Leonardo da Vinci, 21/23  
20090 Segrate (Milano) - Italy  
Phone: +39 02 269987 1  
Fax: +39 02 269987 00  
E-mail: nardait.support@L-3com.com  
www.narda-sts.it