

## Applicaton Note

# UMTS-Messungen mit dem Selective Radiation Meter SRM-3000

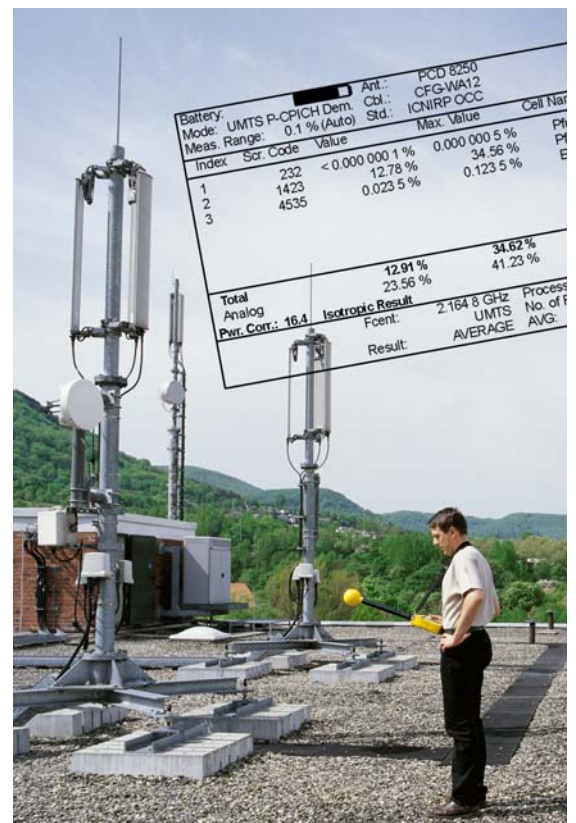
## Bestimmung der Feldexposition im Bereich von UMTS-Sendeanlagen

UMTS, das Universal Mobile Telecommunications System, gehört zu den Mobilfunkstandards der dritten Generation (3G). UMTS ist vor allem in Europa weit verbreitet. Gegenüber GSM (2G) ermöglicht UMTS variable und deutlich höhere Datenübertragungsraten. Da eine höhere Datenrate zugleich eine geringere Reichweite bedeutet, ist eine hohe Senderdichte nötig. Meist teilen sich UMTS, GSM und ggf. weitere Funkdienste einen Antennenstandort, so dass der Beitrag von UMTS zu der gesamten Feldemission nur selektiv erfasst werden kann.

Die vorliegende Application Note beschreibt beispielhaft die Messung der Feldemission von UMTS-Sendeanlagen mit dem SRM-3000 und ihre Auswertung unter den Aspekten des Personenschutzes.

### Inhalt

1	Hintergrund	Seite 2
2	Normen und Vorschriften	Seite 3
3	Vorbereitung der Messung	Seite 3
4	Grundlegende Messeinstellungen	Seite 4
5	Messung des UMTS-Frequenzbands mit „Safety Evaluation“	Seite 5
6	Messung des UMTS-Frequenzbands mit „Spectrum Analysis“	Seite 6
7	Messung eines UMTS-Frequenzkanals mit „Spectrum Analysis“	Seite 6
8	Messung einzelner UMTS-Funkzellen mit „UMTS P-CPICH Demodulation“	Seite 7
9	Hochrechnung auf die maximale Feldexposition	Seite 7
10	Auswertung der Ergebnisse und Erstellen eines Messberichts	Seite 8
	Anhang: Berechnung der Mittenfrequenz, Abkürzungen	Seite 10
	Literatur	Seite 11



Typischer Standort mehrerer Mobilfunkantennen für GSM 900, GSM 1800 und UMTS

## 1 Hintergrund

Zur Übertragung von Sprache und Daten benutzt UMTS ein W-CDMA-Verfahren (Wide-band Code-Division Multiple Access). Die übertragenen Sprach- und Datenkanäle unterscheiden sich durch die Codierung, nicht notwendigerweise durch die Frequenz.

### UMTS-Frequenzkanäle

Jeder Betreiber hat die Lizenz für die Benutzung eines oder mehrerer Frequenzkanäle von 5 MHz Bandbreite erworben. Jede seiner UMTS-Basisstationen, Node-B genannt, arbeitet auf einem dieser Frequenzkanäle. Viele Funkzellen benutzen also ein und dieselbe Frequenz. Dabei wird zwischen zwei Varianten unterschieden. UMTS-FDD belegt jeweils getrennte Frequenzkanalpaare für Uplink und Downlink, UMTS-TDD einen gemeinsamen Frequenzkanal für beide Richtungen (s. Tabelle). Da TDD kaum verbreitet ist, beschränken sich die weiteren Betrachtungen auf **FDD**. Für Messungen unter den Aspekten des Personenschutzes ist in der Regel nur der **Downlink** (Richtung von der Basisstation zur Mobilstation) interessant, weil dessen Feldstärke in der näheren Umgebung des Sendestandorts überwiegt.

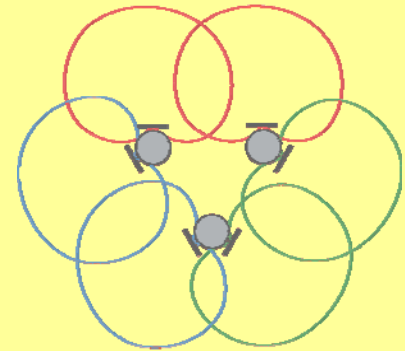
### Codekanäle

Bei UMTS wird die Information der einzelnen Sprach- und Datenkanäle individuell durch einen Channelization Code verschlüsselt und zugleich über die gesamte Breite eines Frequenzkanals gespreizt. Im Downlink wird der gesamte Informationsstrom einer Funkzelle nochmals durch einen Scrambling Code verwürfelt. Insgesamt gibt es 512 Sätze von Scrambling Codes, durch die sich die Funkzellen voneinander unterscheiden lassen.

### P-CPICH

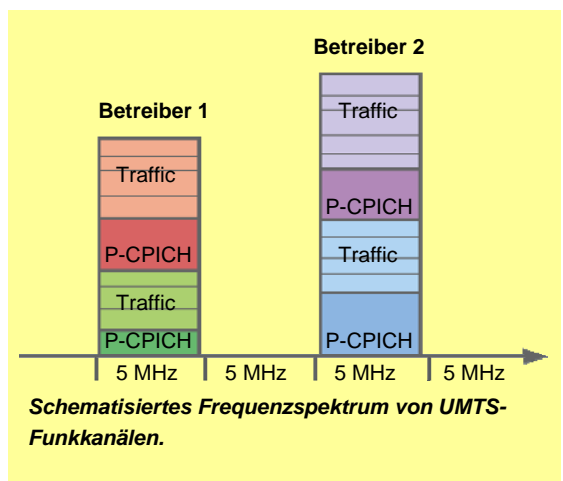
Eingebunden in das Multiplexsignal ist jeweils ein P-CPICH (Primary Common Pilot Channel) pro Funkzelle, der ständig mit konstanter Leistung sendet. Durch Decodieren lässt sich seine Feldstärke messen und entsprechend dem Scrambling Code der einzelnen Funkzelle zuordnen. Der Wert gestattet eine Hochrechnung auf den „Worst Case“, d. h. die maximale Feldstärke bei voller Auslastung der Zellkapazität.

Universal Mobile Telecommunications System	
Frequenzbereich für FDD Uplink	1920 – 1980 MHz (12 Frequenzkanäle à 5 MHz)
Frequenzbereich für FDD Downlink	2110 – 2170 MHz (12 Frequenzkanäle à 5 MHz)
Frequenzbereiche für TDD	1900 – 1920 MHz (4 Frequenzkanäle à 5 MHz) 2010 – 2025 MHz (3 Frequenzkanäle à 5 MHz)
Trägerfrequenz (Mittenfrequenz)	innerhalb eines Frequenzkanals vom Betreiber frei wählbar, jedoch ein ganzes Vielfaches von 100 kHz
Anzahl Kanäle/Träger	variabel je nach der Datenübertragungsrate der einzelnen Kanäle
Modulation	QPSK, auch 16-QAM für HSDPA
Zugriffsart	CDMA



### Typische Anordnung von UMTS-Antennen, von oben gesehen.

Es handelt sich um Sektorantennen, die einen Winkel von 120 ° abdecken. In jeder Richtung strahlen jeweils zwei Antennen auf zwei benachbarten Masten (Raum-Diversity). Insgesamt sind also drei Funkzellen installiert, die genau von drei Node-B versorgt und durch drei Scrambling Codes unterschieden werden. An einem Standort können mehrere solcher Anordnungen installiert sein. Äußerlich sind UMTS-Antennen kaum von GSM-Antennen zu unterscheiden.



**Links: Übersicht über gebräuchliche UMTS-Frequenzen und weitere UMTS-Eigenschaften.**  
**Uplink: Richtung von der Mobilstation (Handy) zur Basisstation (Node B).**  
**Downlink: Richtung von der Basisstation zur Mobilstation – meist Gegenstand der Messungen.**  
**Viele Betreiber geben die exakte, von ihnen benutzte Mittenfrequenz eines UMTS-Frequenzkanals als Kanalnummer an. Die Berechnung der zugehörigen Frequenz ist im Anhang erläutert.**

## 2 Normen und Vorschriften

1998 publizierte ICNIRP, die Internationale Kommission zum Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung, ihre „Richtlinien zur Begrenzung zeitlich variierender elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder“ [1, 2]. Sie enthalten frequenzabhängige Grenzwerte, und zwar zwei unterschiedliche Grenzwertkurven: eine höhere für den Arbeitsschutz (occupational), eine niedrigere für die Allgemeinheit (general public). Die höheren Werte gelten in kontrollierten Bereichen, für die Sicherheitsmaßnahmen getroffen wurden und die nur fachlich geschultem Personal zugänglich sind. Das betrifft z. B. die Standorte von Mobilfunkantennen, für die der Betreiber Sicherheitsabstände definieren muss. Sowohl die Grenzwerte als auch die Zweiteilung spiegeln sich in den europäischen Richtlinien wider. Für den Arbeitsschutz gilt die Richtlinie 2004/40/EC vom 29. April 2004 [3], für den Schutz der Allgemeinheit wurde bereits am 12. Juli 1999 die Empfehlung 1999/519/EC veröffentlicht [4]. Ergänzend gibt es in vielen Ländern nationale Normen, die häufig die ICNIRP-Grenzwerte übernehmen, teilweise aber niedrigere Grenzwerte vorschreiben.

## 3 Vorbereitung der Messung

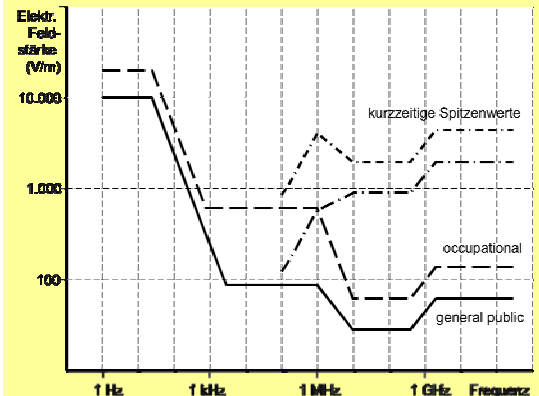
UMTS-Messungen sind grundsätzlich „aus der Hand“ möglich. Dazu lässt sich die Messantenne direkt auf dem SRM-Grundgerät montieren oder über das 1,5 m lange HF-Kabel mit dem SRM-Grundgerät verbinden.

Für die **Punktrastermethode**, bei der bestimmte Raumpunkte nach einem festen Schema vermessen werden, empfiehlt sich die Verwendung der triaxialen (isotropen) E-Feld-Antenne. Das SRM-Grundgerät ermittelt dann automatisch für jeden Messpunkt das isotrope (richtungsunabhängige) Ergebnis.

Mit einer uniaxialen Antenne ist die Durchführung der Punktrastermethode aufwendiger, aber durchaus möglich – siehe Bedienungsanleitung SRM-3000: „Isotrope Messung mit einer einachsigen Antenne“.

Bei der **Schwenkmethode**, mit der das Raumvolumen kontinuierlich durchfahren wird, kann wahlweise die triaxiale oder die uniaxiale E-Feld-Antenne verwendet werden. Wenn man die Antenne über das 1,5 m lange HF-Kabel mit dem SRM-Grundgerät verbindet, lässt sich das Gerät am Gurt umhängen und die Antenne mit der Hand schwenken. Wegen der Polarisationsrichtung des Feldes ist die uniaxiale Antenne während des Schwenkens zugleich zu drehen. Bei der triaxialen Antenne ist dies nicht nötig.

**Wichtig** bei der Schwenkmethode: Die **Schwenkgeschwindigkeit** muss so langsam sein, dass das SRM in jeder Position der Antenne etwa zwei bis drei Messwerte aufnehmen kann.



**Grenzwertkurven nach ICNIRP  
für die elektrische Feldstärke.**

### Die Messausrüstung

richtet sich nach der Messaufgabe.

Eine vollständige Messausrüstung besteht aus

- SRM-Grundgerät mit aktueller Firmware (Download von [www.narda-sts.de](http://www.narda-sts.de)) sowie der Option „UMTS P-CPICH Demodulation“,
- triaxialer (isotroper) E-Feld-Antenne des SRM-3000 bis 3 GHz  
– oder –  
uniaxialer E-Feld Antenne für den Frequenzbereich bis 3 GHz,
- HF-Kabel 1,5 m,
- Netz-/Ladegerät bzw. Reserve-Akku, falls kein Stromanschluss vor Ort zur Verfügung steht,
- Schreibmaterial, um Messaufbauten, örtliche Gegebenheiten, Frequenzen, Messeinstellungen und mögliche Störfaktoren zu notieren  
– oder –  
Notebook-PC mit aktueller PC-Software SRM-TS zur Steuerung des SRM, zur Speicherung von Messwerten und zum Aufzeichnen von Kommentaren (Download von [www.narda-sts.de](http://www.narda-sts.de)),

und, falls die Punktrastermethode mit uniaxialer Antenne angewandt wird,

- Stativ,
- Antennenhalter für uniaxiale und triaxiale Messantennen,
- HF-Kabel 5 m.

## 4 Grundlegende Messeinstellungen

### Messbereich (MR) einstellen

In allen Betriebsarten führt die Automatik-Funktion „MR Search“ in der Regel am schnellsten zu der optimalen Einstellung des Messbereichs. Nur wenn pulsartige Quellen z. B. von Radaranlagen mit dominierenden Feldstärken in der Nähe sind, *muss* die Einstellung des Messbereichs von Hand vorgenommen werden (siehe Application Note AN\_HF\_1003 „Radarmessungen“). Selbstverständlich *kann* man die Einstellung individuell nach dem Ergebnis einer Übersichtsmessung vornehmen.

### Übersichtsmessung in Betriebsart „Spectrum Analysis“

Eine Übersichtsmessung über den gesamten einstellbaren Frequenzbereich („Full Span“) empfiehlt sich immer dann, wenn weitere bestimmende Feldquellen in der Nähe der UMTS-Sendeanlage vorhanden sind wie z. B. Rundfunksender, die die Aussteuerung des Messgeräts beeinflussen können (Bild 1).

Ausgehend von einem großen Messbereich **MR** (geringer Empfindlichkeit) reduziert man den Messbereich (erhöht die Empfindlichkeit), bis sich das Spektrum deutlich vom Rauschen trennt. Über die Marker-Funktion „Highest Peak“ die Feldstärke der höchsten Spektrallinie auslesen und den Messbereich auf etwa das Doppelte einstellen.

### Frequenzbereich (Span) einstellen

Um eine gute Bildschirmauflösung und eine hohe Messgeschwindigkeit zu erreichen, empfiehlt es sich, den Frequenzbereich auf die interessierenden Frequenzen einzuengen. Hierzu lassen sich die untere und obere Frequenzgrenze über „Fmin / Fmax“ wählen oder die Zoom-Funktionen benutzen (Bild 2, 3; siehe auch Bedienungsanleitung).

### Auflösungsbandbreite (RBW) einstellen

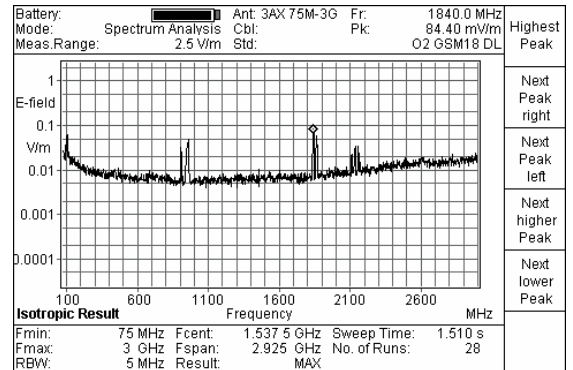
Da UMTS ein Frequenzkanalraster von 5 MHz verwendet, ist eine Auflösungsbandbreite von 5 MHz ausreichend, um das Spektrum in einzelne Kanäle aufzulösen. Ein spezieller Algorithmus des SRM sorgt dafür, dass bei der Auswertung mit der Peak Table oder bei der Benutzung der Marker-Funktion „Highest Peak“ der echte Wert angezeigt wird, auch wenn das Selektionsfilter nicht auf die Kanalmitte abgestimmt ist. Das gilt jedoch nicht, wenn der Marker per Drehrad positioniert wird.

### Auswerteart (Result Type) einstellen

Die Auswerteart richtet sich nach dem Zweck der Messung und der Norm oder Vorschrift, nach der das Ergebnis bewertet werden soll.

### Anzeigeeinheit (Display Unit) einstellen

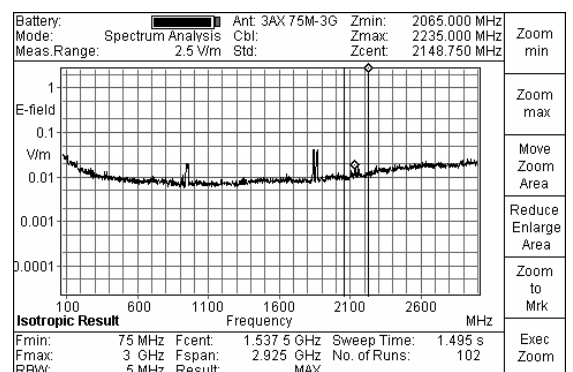
Hier ist die Entscheidung zu treffen, ob in physikalischen Einheiten (V/m, A/m, W/m<sup>2</sup>, dBµV/m usw.) oder in Prozent des Grenzwerts (%) gemessen werden soll (s. Kapitel 10). Nachträgliche Umrechnung der physikalischen Einheiten untereinander ist möglich.



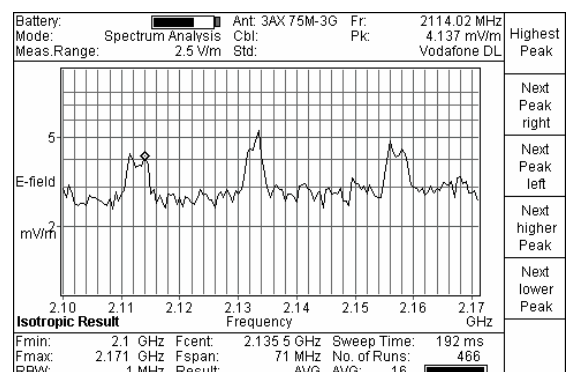
**Bild 1: Die Übersichtsmessung zeigt Felder von GSM-900, GSM-1800 sowie UMTS bei 2100 MHz.**

#### Messeinstellungen:

Minimum Frequency	75 MHz
Maximum Frequency	3 GHz
Resolution Bandwidth	5 MHz
MR Range	abhängig von der Feldsituation
Unit	V/m
Result Type	MAX



**Bild 2: Der Frequenzbereich lässt sich u. a. durch „Zoom min / Zoom max“ einstellen.**



**Bild 3: Spektrum UMTS downlink.**

#### Messeinstellungen, von oben abweichend:

Resolution Bandwidth	1 MHz
Unit	mV/m
Result Type	AVG

## 5 Messung des UMTS-Frequenzbands mit „Safety Evaluation“


Wenn eine schnelle Bewertung der gesamten Feldsituation gewünscht ist, führt die Betriebsart „Safety Evaluation“ des SRM-3000 am einfachsten zu den Ergebnissen. Voraussetzung ist, dass im Gerät entsprechende Service-Tabellen hinterlegt sind, welche die Frequenzbereiche der interessierenden UMTS-Frequenzkanäle definieren – z. B. aufgeteilt nach Betreibern.

Empfohlene Einstellungen:



- Auflösungsbandbreite RBW: **50 kHz**
- Messbereich MR: wie in Kapitel 4 beschrieben
- Auswertart (Result Type) entsprechend der Norm oder Vorschrift, nach der das Ergebnis bewertet werden soll.

Beispiel: Kundenspezifisch definierte Service-Tabelle „UMTS\_D“ und Auswertart ACT (Bild 4). Hier zeigt das SRM die momentanen Feldstärkewerte Downlink, aufgeschlüsselt nach Betreibern, sowie den Gesamtwert (Total). „Others“ erfasst die Feldstärken, die zwischen den definierten Bändern liegen. Ergebnisse unterhalb eines einstellbaren Schwellwerts zeigt das SRM mit „kleiner als“ (z. B. <7.261 mV/m). Für die Berechnung der Gesamtbelastung lassen sich diese Werte ohnehin vernachlässigen. Die Umweltbelastung am Standort lässt sich direkt ablesen.

Beispiel: Anzeige der Messwerte in Prozent des zulässigen Grenzwerts, und zwar aufgeschlüsselt nach Betreibern (Bild 5). Die Auswertung unter Personenschutzgesichtspunkten ist damit automatisch erledigt.

Battery:		Ant: 3AX 75M-3G	UMTS 8 Kanäle	Sel. first service
Mode:	Safety Evaluation	Cbl:		
Meas.Range:	2.5 V/m	Std:		
Service	Value	Frequency		
Vodafone DL	9.961 mV/m	2110.400 MHz	to 2115.200 MHz	Sel. last service
Vodafone DL	<7.528 mV/m	2115.200 MHz	to 2120.000 MHz	
E-Plus DL	12.66 mV/m	2130.200 MHz	to 2135.000 MHz	
E-Plus DL	<7.631 mV/m	2135.000 MHz	to 2139.800 MHz	Sel. all service
O2 DL	<7.724 mV/m	2150.000 MHz	to 2154.800 MHz	
O2 DL	7.824 mV/m	2154.800 MHz	to 2159.600 MHz	Sel. all service
T-Mobile DL	<7.806 mV/m	2160.000 MHz	to 2164.800 MHz	
T-Mobile DL	<7.820 mV/m	2164.800 MHz	to 2169.600 MHz	Meas. Range
Others	<15.90 mV/m			
Total	<26.91 mV/m	2110.400 MHz	to 2169.600 MHz	Result type
<b>Isotropic Result</b>				
Fmin:	2.110 4 GHz	Process Time:	397 ms	RBW
Fmax:	2.169 6 GHz	No. of Runs:	9187	
RBW:	50 kHz	Result:	ACT	

**Bild 4: Safety Evaluation mit einer speziell für die deutschen UMTS-Betreiber erstellten Service-Tabelle und der Auswertart ACT. Anzeige der Ergebnisse in Feldstärkeeinheiten.**

Battery:		Ant: 3AX 75M-3G	UMTS_D	Sel. first service
Mode:	Safety Evaluation	Cbl:		
Meas.Range:	1 250 %	Std:	ICNIRP GP	
Service	Value	Frequency		
Vodafone DL	0.0057592 %	2110.400 MHz	to 2115.200 MHz	Sel. last service
Vodafone DL	0.0052349 %	2115.200 MHz	to 2120.000 MHz	
E-Plus DL	0.0055437 %	2130.200 MHz	to 2135.000 MHz	
E-Plus DL	0.0063916 %	2135.000 MHz	to 2139.800 MHz	Sel. all service
O2 DL	0.0066106 %	2150.000 MHz	to 2154.800 MHz	
O2 DL	0.0065969 %	2154.800 MHz	to 2159.600 MHz	Sel. all service
T-Mobile DL	0.0067690 %	2160.000 MHz	to 2164.800 MHz	
T-Mobile DL	0.0061718 %	2164.800 MHz	to 2169.600 MHz	Meas. Range
Others	0.0258076 %			
Total	0.0748854 %	2110.400 MHz	to 2169.600 MHz	Result type
<b>Isotropic Result</b>				
Fmin:	2.110 4 GHz	Process Time:	168 ms	
Fmax:	2.169 6 GHz	No. of Runs:	140	
RBW:	1 MHz(Auto)	Result:	AVG AVG: 64 	

**Bild 5: Safety Evaluation wie Bild 4, jedoch mit Auswertart AVG und direkter Anzeige der Ergebnisse in Prozent des zulässigen Grenzwerts (hier bezogen auf ICNIRP general public).**

## 6 Messung des UMTS-Frequenzbands mit „Spectrum Analysis“

Die Betriebsart „Spectrum Analysis“ gestattet wie „Safety Evaluation“ die Messung der Feldstärken im gesamten UMTS-Frequenzband. Die Auswertung ist etwas aufwendiger, jedoch gibt die Messung zusätzliche Aufschlüsse über die Art des Spektrums. Empfohlene Einstellungen:

- **Frequenzbereich (Span):**  
Fmin, Fmax entsprechend dem Downlink-Frequenzbereich
- **Auflösungsbandbreite (RBW):**  
1 MHz oder kleiner
- **Result Type:**  
ACT, um den Momentanwert zu betrachten.  
MAX, um den Maximalwert über die Messdauer festzuhalten.  
AVG, um den Mittelwert über z. B. 6 Minuten zu bestimmen.

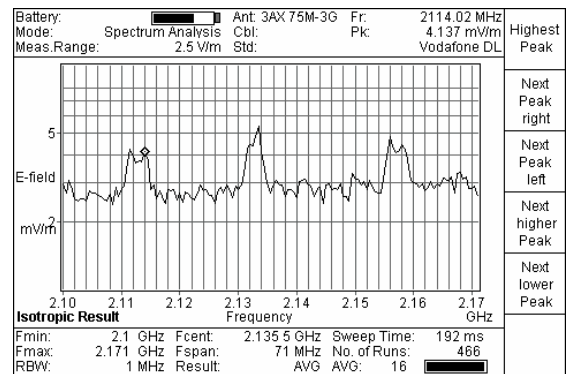
Räumliche Mittelung: Siehe Application Note „GSM-Messungen mit dem Selective Radiation Meter SRM-3000“ (AN\_HF\_1005).

Die Feldstärke des gesamten UMTS-Frequenzbands lässt sich über die Funktion Integration over Frequency Band ermitteln (s. Kapitel 10).

## 7 Messung eines UMTS-Frequenzkanals mit „Spectrum Analysis“

Bereits mit der oben beschriebenen Spektrumanalyse lässt sich die Feldstärke eines UMTS-Frequenzkanals ermitteln, indem man die Integrationsgrenzen entsprechend einstellt. Genauere Aufschlüsse über das Kanalspektrum erhält man, wenn man den Frequenzbereich mit der Zoom-Funktion nach Augenschein auf die Kanalbreite einengt (Bild 7) oder die Frequenzen numerisch exakt eingibt (Bild 8):

- **Frequenzbereich (Span):**  
Fcent entsprechend der Mittenfrequenz, die der UMTS-Betreiber benutzt. Falls der Betreiber die Kanalnummer angibt, lässt sich die Frequenz mit einer einfachen Formel errechnen (s. Anhang).  
Fspan = 10 MHz
- **Auflösungsbandbreite (RBW):**  
20 kHz, maximal 1/10 Fspan
- **Result Type:**  
ACT, um den Momentanwert zu betrachten.  
MAX, um den Maximalwert über die Messdauer festzuhalten.  
AVG, um den Mittelwert über z. B. 6 Minuten zu bestimmen.

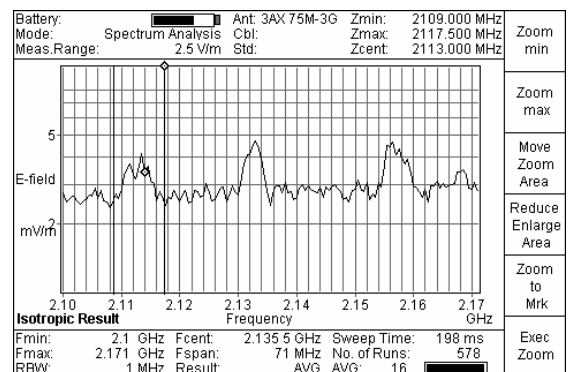


**Bild 6: Feldstärkespektrum im UMTS-Frequenzband (FDD downlink).**

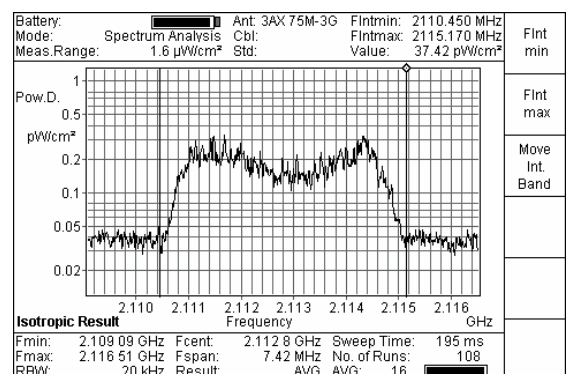
### Messeinstellungen:

Minimum Frequency 2.1 GHz  
 Maximum Frequency 2.171 GHz  
 Resolution Bandwidth 1 MHz

Oben rechts werden die Werte an der Stelle des Markers angezeigt. Da eine Service-Tabelle hinterlegt ist, erscheint zugleich der Name des jeweiligen Betreibers.



**Bild 7: Manuelle Einengung des Frequenzbereichs auf einen UMTS-Frequenzkanal mit der Zoom-Funktion.**



**Bild 8: Feldstärke eines UMTS-Frequenzkanals.**

### Messeinstellungen:

Center Frequency 2.1128 GHz  
 Frequency Span 7.42 MHz  
 Resolution Bandwidth 20 kHz  
 Result Type AVG

## 8 Messung einer UMTS-Funkzelle mit „UMTS P-CPICH Demodulation“

In der Betriebsart „UMTS P-CPICH Demodulation“ (Option) decodiert das SRM alle Scrambling Codes, die in einem ausgewählten UMTS-Frequenzkanal vorhanden sind. Damit kann es die Beiträge der einzelnen Funkzellen zur gesamten Feldstärke eines UMTS-Frequenzkanals getrennt erfassen und auflisten. Außerdem berechnet es die Summe der Beiträge. Zusätzlich zeigt das SRM den analogen Messwert an. Er entspricht der Ist-Feldexposition, integriert über den kompletten UMTS-Frequenzkanal von 5 MHz.

Empfohlene Einstellungen:

- Frequenz:**  
 Fcent entsprechend der Mittenfrequenz, die der UMTS-Betreiber benutzt, und zwar **auf 100 kHz genau**. Bequemer ist die Eingabe der UMTS-Kanalnummer (Einstellung über das CONF Menü).
- Demodulations-Algorithmus:**  
 FAST, wenn eine hohe Messgeschwindigkeit gewünscht ist, z. B. für die Schwenkmethode.  
 SENSITIVE, wenn auch schwache Signale von entfernten Funkzellen erkannt und decodiert werden sollen.
- Result Type:**  
 ACT, um den Momentanwert zu betrachten.  
 AVG, um den Mittelwert über z. B. 6 Minuten zu bestimmen.

Ergebnis(se) speichern und auswerten nach Kapitel 10.

## 9 Hochrechnung auf die maximale Feldexposition

Mit einem einstellbaren Extrapolationsfaktor kann das SRM auf die „Worst Case“-Situation hochrechnen, die dann entstände, wenn die Funkzellen voll ausgelastet wären. Das Verhältnis der gesamten möglichen Sendeleistung zur Leistung des P-CPICH ist dem Betreiber bekannt und lässt sich bei ihm erfragen.

Der Extrapolationsfaktor gilt für alle Funkzellen gleich, d. h. das SRM multipliziert alle Einzelergebnisse (Value, Max. Value) und das Gesamtergebnis (Total) mit dem gemeinsamen Extrapolationsfaktor, nicht jedoch das Ergebnis der analogen Feldstärkemessung.

Battery: Ext. Power Ant: 3AX 75M-3G					Full Screen
Mode: UMTS P-CPICH Dem. Cbl:					
Meas.Range: 2.5 V/m Std:					
Ind.	Scr.	Value	Max.Value	Value/Analog	
1	34	0.000 $\mu\text{V}/\text{m}$	1.551 $\text{mV}/\text{m}$	-999.00 dB	
2	339	1.236 $\text{mV}/\text{m}$	6.306 $\text{mV}/\text{m}$	-17.35 dB	
3	501	4.752 $\text{mV}/\text{m}$	20.35 $\text{mV}/\text{m}$	-5.65 dB	
<b>Total</b>		<b>4.910 <math>\text{mV}/\text{m}</math></b>	<b>21.30 <math>\text{mV}/\text{m}</math></b>		Bar Graph
Analog		9.111 $\text{mV}/\text{m}$	30.96 $\text{mV}/\text{m}$		
<b>Isotropic Result</b>					
Fcen: 2.112 8 GHz Process Time: 1.807 s					
SENSITIVE No. of Runs: 341					
Full Table Result: ACT					

### Bild 9: Feldstärke einzelner UMTS-Funkzellen innerhalb eines UMTS-Frequenzkanals.

#### Messeinstellungen:

Mittenfrequenz Fcent 2.1128 GHz  
 Result Type ACT

#### Ergebnisse:

**Scr.** Identifikation der UMTS-Funkzelle durch Nummer des decodierten Scrambling Codes

**Value** gemessene momentane Feldstärke des P-CPICH in  $\text{mV}/\text{m}$

**Max. Value** seit Messbeginn aufgetretene maximale Feldstärke des P-CPICH

**Value/Analog** Verhältnis des Momentanwerts des P-CPICH einer UMTS-Funkzelle zur analog gemessenen Feldstärke des gesamten UMTS-Frequenzkanals in dB

**Total** gesamte Feldstärke aller decodierten P-CPICHs, leistungsrichtig addiert

**Analog** analog gemessene Feldstärke des gesamten UMTS-Frequenzkanals

Battery: Ext. Power Ant: 3AX 75M-3G					Select Menu
Mode: UMTS P-CPICH Dem. Cbl:					
Meas.Range: 128 dB $\mu\text{V}/\text{m}$ Std:					
Ind.	Scr.	Value	Max.Value	Cell Name	
1	34	-999.00 dB $\mu\text{V}/\text{m}$	69.00 dB $\mu\text{V}/\text{m}$		Select All
2	339	69.70 dB $\mu\text{V}/\text{m}$	81.18 dB $\mu\text{V}/\text{m}$		
3	501	80.12 dB $\mu\text{V}/\text{m}$	91.36 dB $\mu\text{V}/\text{m}$		
<b>Total</b>		<b>80.49 dB<math>\mu\text{V}/\text{m}</math></b>	<b>91.75 dB<math>\mu\text{V}/\text{m}</math></b>		Extr. Pol OFF
Analog		80.22 dB $\mu\text{V}/\text{m}$	89.82 dB $\mu\text{V}/\text{m}$		
<b>Isotropic Result</b>		<b>Extr. Fact. 3.3</b>			Extr. Pol Factor
Fcen: 2.112 8 GHz Process Time: 1.876 s					
SENSITIVE No. of Runs: 286					
Full Table Result: ACT					Sort Table

### Bild 10: Feldstärke einzelner UMTS-Funkzellen innerhalb eines UMTS-Frequenzkanals mit Hochrechnung auf den möglichen Maximalwert.

#### Einstellung:

Extrapolationsfaktor 3.3  
 Alle Ergebnisse außer dem Analogwert sind jetzt mit dem Extrapolationsfaktor multipliziert, obwohl sie hier in dB $\mu\text{V}/\text{m}$  angezeigt werden.

## 10 Auswertung der Ergebnisse und Erstellen eines Messberichts

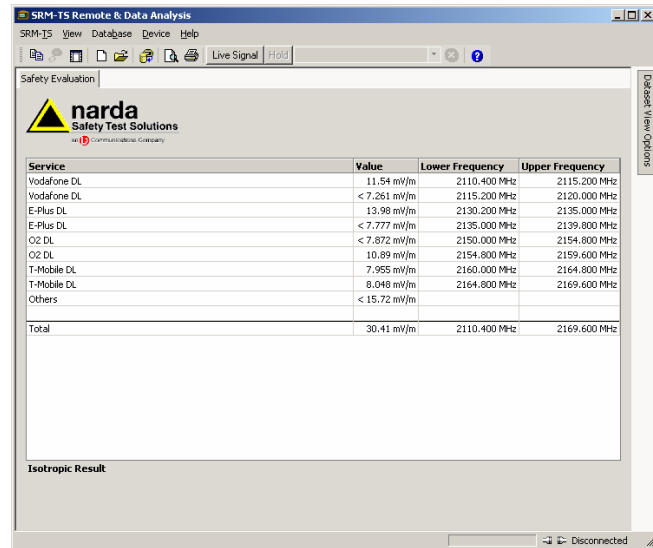
Bei allen Messungen von Feldemissionen interessiert den Auftraggeber letztlich, ob die zulässigen Grenzwerte eingehalten sind bzw. welcher Betreiber sie wie weit überschreitet und deshalb seine Sendeleistung reduzieren muss. Zur Auswertung zählt deshalb die Bewertung der Ergebnisse in Bezug auf die Grenzwerte. Für Umweltmessungen ist es meist hilfreich, wenn die Messwerte in physikalischen Einheiten vorliegen, um sie z. B. mit den Werten zu vergleichen, die am Standort einzuhalten sind. Für Messungen unter Personenschutzgesichtspunkten ist die Angabe in Prozent des zulässigen Grenzwerts am bequemsten.

### Safety Evaluation

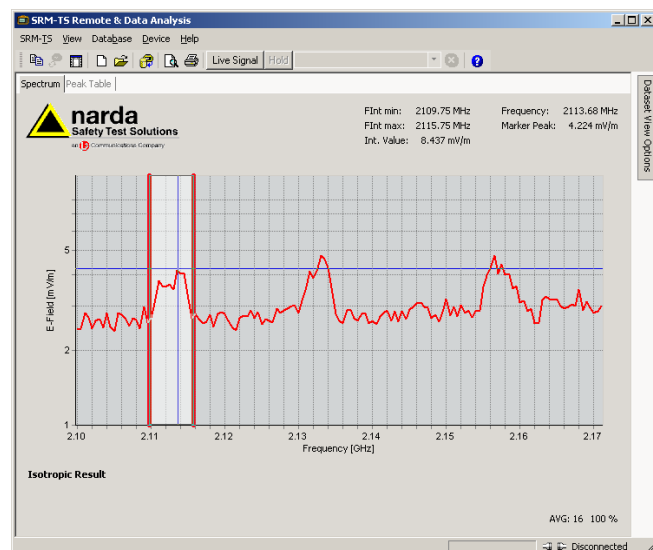
Diese Betriebsart liefert die Ergebnisse für das UMTS-Frequenzband und einzelne Frequenzkanäle oder Betreiber entsprechend der hinterlegten Service-Tabelle (Bild 11). Physikalische Werte müssen nur noch mit den zulässigen Werten verglichen werden. Ergebnisse in Prozent des zulässigen Grenzwerts liegen direkt vor – eine Besonderheit des SRM-3000!

### Spectrum Analysis: Auswertung mit Integration over Frequency Band

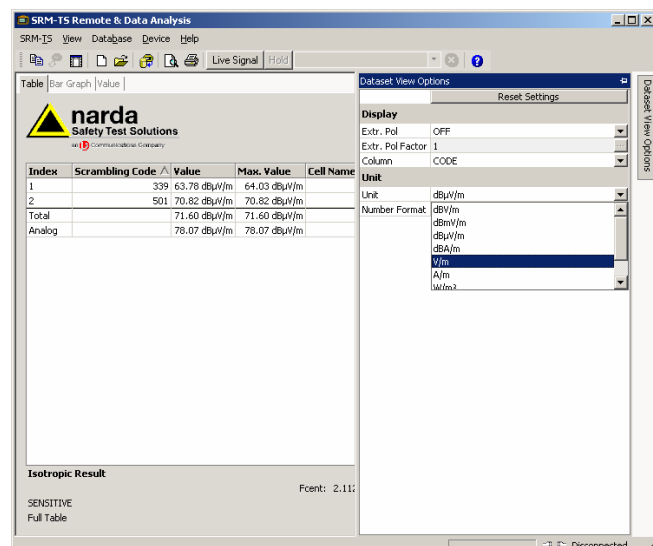
In dieser Betriebsart muss das Ergebnis mit der Funktion „Integration over Frequency Band“ ermittelt werden. Das ist direkt mit dem SRM möglich (Bild 8). Bequemer geht es mit der PC-Software SRM-TS (Bild 12). Man kann z. B. genau über einen UMTS-Frequenzkanal integrieren, den ein Betreiber belegt hat. Die Feldexposition, verursacht durch die Antennen dieses Betreibers, lässt sich dann direkt als Zahlenwert ablesen. Die Integration über Messwerte, die mit der Auswertart (Result Type) MAX gewonnen wurden, führt tendenziell zu einer Überbewertung der Feldstärkeexposition, da die Maximalwerte nicht notwendigerweise gleichzeitig aufgetreten sind.



**Bild 11:** Ergebnis einer Safety Evaluation in der PC-Software SRM-TS.



**Bild 12:** Auswertung des Spektrums mit der PC-Software SRM-TS und der Funktion Integration over Frequency Band.



**Bild 13:** In allen Betriebsarten lässt sich nachträglich zwischen physikalischen Einheiten umschalten, sowohl im SRM selbst als auch in der PC-Software.

### Spectrum Analysis: Auswertung mit der Peak Table

Eine schnelle Übersicht während der Auswertung ermöglicht die Peak Table. Sie kann in der PC-Software SRM-TS und im Datenspeicher des SRM selbst zu jedem Spektrum aufgerufen werden.

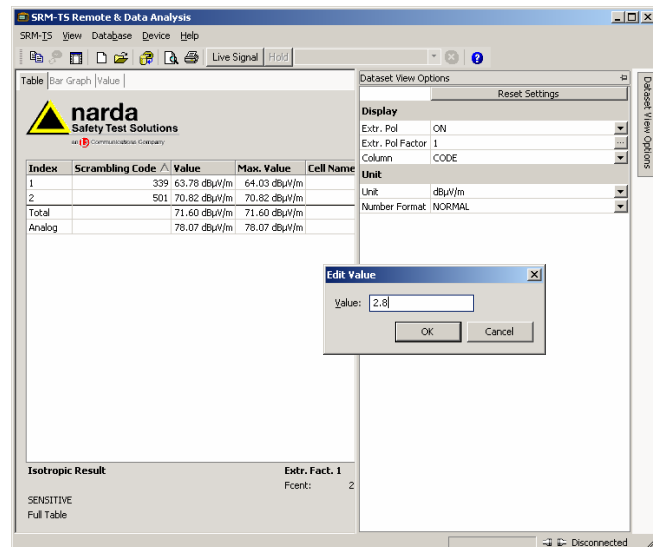
### UMTS P-CPICH Demodulation

Die Hochrechnung der momentanen Feldstärke auf maximal mögliche Feldstärken erledigt das SRM automatisch durch den einstellbaren Extrapolationsfaktor, wie in Kapitel 9 beschrieben. Der Extrapolationsfaktor lässt sich auch nachträglich einstellen oder verändern (Bild 14).

### Berücksichtigung der Messunsicherheit

Bei allen Ergebnissen ist die Messunsicherheit zu berücksichtigen. Hierzu verweisen wir auf unsere Application Note „Berücksichtigung der Messunsicherheiten beim SRM-3000“ (AN\_HF\_1004).

Die Auswertung und Bewertung ist in der Regel in einem Messbericht festzuhalten. Die PC-Software SRM-TS bietet dazu eine große Hilfe. Über einfache Copy+Paste-Funktionen kann man die Messdaten und Grafiken direkt in den Messbericht kopieren oder Messdatensätze in gängige Tabellenverarbeitungsprogramme exportieren.



**Bild 14:**  
 Nachträgliche  
 Hochrechnung mit  
 der PC-  
 Software  
 SRM-TS.

## Anhang: Berechnung der Mittenfrequenz aus der Kanalnummer

Häufig geben die Betreiber die exakte, von ihnen benutzte Mittenfrequenz eines UMTS-Frequenzkanals als Nummer an, und zwar als so genannte UARFCN. Die entsprechende Frequenz lässt sich daraus einfach nach folgender Formel berechnen:

$$f = \frac{UARFCN}{5} \text{ MHz}$$

Beispiel: UARFCN = 10 836  
Mittenfrequenz = 2167,2 MHz

Das SRM gestattet die direkte Eingabe der Kanalnummer und errechnet daraus automatisch die Mittenfrequenz.

## Abkürzungen

16-QAM	16stufige Quadraturamplitudenmodulation
E-Feld	Elektrisches Feld
FDD	Frequency Division Duplex
HSDPA	High-Speed Downlink Packet Access
ITU	International Telecommunication Union
MR	Measurement Range, Messbereich
P-CPICH	Primary Common Pilot Channel
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying, 4stufige Phasenmodulation
RBW	Resolution Bandwidth, Auflösungsbandbreite
RMS	Root Mean Square, Effektiv(wert)
SRM	Selective Radiation Meter
TCH	Traffic Channel, Verkehrskanal
TDD	Time Division Duplex
UARFCN	UMTS Absolute Radio Frequency Channel Number
W-CDMA	Wide-band Code-Division Multiple Access

## Literatur

- [1] Guidelines on Limiting Exposure to Non-Ionizing Radiation. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), July 1999; ISBN 3-9804789-6-3.
- [2] Richtlinie 2004/40/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (elektromagnetische Felder) (18. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG) vom 29. April 2004.
- [3] Council Recommendation of 12 July on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz) (1999/519/EC). Official Journal of the European Communities L 199/59, 30.7.1999.
- [4] BGV B11: Unfallverhütungsvorschrift Elektromagnetische Felder (Berufsgenossenschaftliche Vorschrift für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit). 1. Juni 2001.
- [5] Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV). 16. Dezember 1996.
- [6] prEN 50413:2005: Grundnorm zu Mess- und Berechnungsverfahren der Exposition von Personen in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern (0 Hz bis 300 GHz).
- [7] DIN VDE 0848-1 (VDE 0848 Teil 1):2000-08: Sicherheit in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern. Teil 1: Definitionen, Mess- und Berechnungsverfahren.
- [8] Revised ECC Recommendation (02)04: Measuring non-ionising electromagnetic radiation (9 kHz – 300 GHz). Electronic Communications Committee (ECC) within the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT). Edition October, 2003.
- [9] Mobilfunk-Basisstationen (UMTS – FDD), Messempfehlung. Schweizerisches Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL. Entwurf vom 17.9.2003.

Autoren:  
Claudia Eskerski, Produktmanagerin, Narda Safety Test Solutions  
Burkhard Braach, freier Fachjournalist