



Beat Mühlemann

Techniker TS

Bundesamt für Metrologie METAS
Labor Elektromagnetische Verträglichkeit

1990

Einstieg in den Bereich EMV und später auch EMVU bei der damaligen PTT

Seit 2002

im Metas als Technischer Mitarbeiter im EMV-Labor tätig

- Kalibrierung von EMV-Messmitteln wie z.B. Antennen, Feldsonden, UMTS-Messempfänger
- Mitarbeit bei den Messempfehlungen UMTS und Rundfunk
- Mitautor bei diversen Publikationen von Metas über UMTS- und Rundfunkmessungen



Referat Beat Mühlemann (METAS): LTE-Technik




Inhaltsverzeichnis

1. Einführung
2. GSM – EDGE
3. UMTS
4. LTE



Referat Beat Mühlemann (METAS): LTE-Technik




1.1 NISV Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung


Anhang I, Abschnitt 63: Massgebender Betriebszustand:
Als massgebender Betriebszustand gilt der maximale Gesprächs- und Datenverkehr bei maximaler Sendeleistung.

Es interessiert also nicht was aktuell abgestrahlt wird, sondern was wäre wenn **Worst-case**

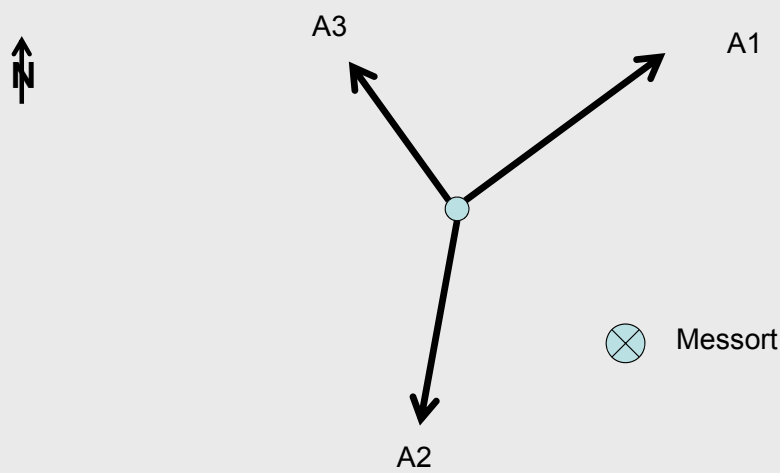
Anhang I, Abschnitt 64: Anlagegrenzwert
*Der Anlagegrenzwert für den **Effektivwert** der elektrischen Feldstärke beträgt:*
 a



15/12/2010 LTE-Workshop 1



1.2 Aufbau einer Mobilfunkanlage



In der Regel 3 Zellen

15/12/2010 LTE-Workshop 1



Referat Beat Mühlemann (METAS): LTE-Technik

2.1 GSM Global System for Mobile Communication

Kanalraster 200 kHz, Kanalbandbreite 192 kHz,
Kanalzugriffsverfahren TDMA (Time Division Multiple Access),
Modulation GMSK

Benachbarte Zellen müssen mit unterschiedlicher Frequenz
senden (Wabenprinzip).
Sendeleistung der Kanäle ist einstellbar (Netztuning). Die
Leistung des BCCH bleibt aber während dem Betrieb konstant.
Die Sendeleistung der TCH ist abhängig vom Datenverkehr und
von der Verbindungsqualität (Leistungsregelung).
TCH's können mit Frequencyhopping betrieben werden.

15/12/2010 LTE-Workshop 1

2.2 GSM Global System for Mobile Communication

1 Anlage, 3 Zellen à 4 Kanäle

The chart displays power levels (P) on the vertical axis and frequency (f) on the horizontal axis. It shows three groups of channels labeled BCCH 1, BCCH 2, and BCCH 3. BCCH 2 has the highest power level, followed by BCCH 3 and BCCH 1. Each BCCH group contains four channels, with varying power levels. The channels are color-coded: BCCH 1 (red, blue, green, light blue), BCCH 2 (green, light blue, light green, light blue), and BCCH 3 (red, blue, light blue, light green).

15/12/2010 LTE-Workshop 1



Referat Beat Mühlemann (METAS): LTE-Technik

METAS

2.3 EDGE Enhanced data rates for GSM Evolution

Ref: 21 dBm Att: 50 dB RBW: 192 kHz
 VBW: 2 MHz SWT: 5 ms

Center: 1 GHz 500 μs

TRG: 3.4 dBm

Ab
 Date: 9.NOV.2010 19:31:05

15/12/2010 LTE-Workshop
1

„normales“ GSM-Signal mit 8 time slots à 577 μs

METAS

2.4 EDGE Enhanced data rates for GSM Evolution

EDGE: Modulation 8-PSK

Ref: 21 dBm Att: 50 dB RBW: 192 kHz
 VBW: 2 MHz SWT: 5 ms

Center: 1 GHz 500 μs

TRG: 4.6 dBm

Ab
 Date: 9.NOV.2010 19:22:07

15/12/2010 LTE-Workshop
1

GSM-Signal mit 2 time slots EDGE (gleicher Pegel)



Referat Beat Mühlemann (METAS): LTE-Technik

2.5 EDGE Enhanced data rates for GSM Evolution

EDGE time slots mit reduziertem Pegel

Ab
Date: 9. NOV. 2010 19:29:50

15/12/2010 LTE-Workshop 1

2.6 Hochrechnung GSM auf massgebenden Betriebszustand

Benötigte Angaben vom Betreiber oder von Behörden:

Pro Zelle:
Aktuelle Sendeleistung des BCCH

↓ Hochrechnungsfaktor

Bewilligte Sendeleistung

Mit diesen Angaben und dem Messresultat ist eine „exakte“ Hochrechnung pro Zelle möglich.

15/12/2010 LTE-Workshop 1



Referat Beat Mühlemann (METAS): LTE-Technik

METAS

3.1 UMTS Universal Mobile Telecommunications System

Kanalraster 5 MHz, Kanalbandbreite 3.84 MHz,
 Kanalzugriffsverfahren CDMA (Code Division Multiple Access),
 Modulation QPSK (64 QAM)

Gleichwellensystem
 Sendeleistung der Signalisierungskanäle ist einstellbar.
 (Netztuning), bleibt aber während dem Betrieb konstant.
 Die Sendeleistung ist abhängig vom Datenverkehr und von der
 Verbindungsqualität (Leistungsregelung).

15/12/2010 LTE-Workshop
1

METAS

3.2 UMTS Universal Mobile Telecommunications System

Verkehr Zelle 3
 Signalisierung Zelle 3
 Verkehr Zelle 2
 Signalisierung Zelle 2
 Verkehr Zelle 1
 Signalisierung Zelle 1


UMTS-Spektrum einer Anlage

Ab
 Date: 9.NOV.2010 19:42:46

15/12/2010 LTE-Workshop
1



Referat Beat Mühlemann (METAS): LTE-Technik



3.3 Hochrechnung UMTS auf massgebenden Betriebszustand


Pro Zelle:
Aktuelle Sendeleistung des CPICH (Signalisierungskanal)

↓ Hochrechnungsfaktor


Bewilligte Sendeleistung (gesamtes Signal)

Es ist nicht möglich die einzelnen Signalisierungskanäle (mit Spektrumanalyzer) zu messen.
Worstcaseannahme: Eine (nicht bekannte) Zelle ist dominierend, maximaler Verkehr.

→ mit dem grössten Hochrechnungsfaktor hochrechnen
→ **Überschätzung des Signals**



15/12/2010 LTE-Workshop 1




3.4 Hochrechnung UMTS auf massgebenden Betriebszustand

Pro Zelle:
Aktuelle Sendeleistung des CPICH (Signalisierungskanal)

↓ Hochrechnungsfaktor

Bewilligte Sendeleistung (gesamtes Signal)

Mit Codeselektiven Instrumenten „exakte“ Hochrechnung möglich.



15/12/2010 LTE-Workshop 1



Referat Beat Mühlemann (METAS): LTE-Technik

3.5 Code-selektive UMTS Messinstrumente



15/12/2010 LTE-Workshop 1

4.1 LTE Long Term Evolution

Kanalraster 1.4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, 20 MHz
Kanalbandbreite 1.08 MHz, 2.7 MHz, 4.5 MHz, 9 MHz, 13.5 MHz
18 MHz
Kanalzugriffsverfahren OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) Sub-carrier 15 kHz
Modulation QPSK, 16 QAM, 64 QAM

Gleichwellensystem
Sendeleistung der Signalisierungskanäle ist einstellbar (Netztuning), bleibt aber während dem Betrieb konstant.
Die Sendeleistung ist nur abhängig vom Datenverkehr, keine Leistungsregelung.
MIMO (Multiple In Multiple Out) Das Signal wird über mehrere Antennen gleichzeitig abgestrahlt.

15/12/2010 LTE-Workshop 1

Referat Beat Mühlemann (METAS): LTE-Technik

4.2 LTE Long Term Evolution

Downlink mapping

- P-SS - Primary Synchronization Channel
- S-SS - Secondary Synchronization Channel
- PBCH - Physical Broadcast Channel
- PDCCH - Physical Downlink Control Channel
- PDSCH - Physical Downlink Shared Channel
- Reference Signal – (Pilot)

16QAM 64QAM QPSK

Frequency Time

Agilent Technologies

LTE signaling and control in 45m
November 2008

Page 52

15/12/2010 LTE-Workshop

1

4.3 LTE Long Term Evolution

1 Frame = 10 ms

← Slot 0 → ← Slot 1 → ← Slot 2 → ← Slot 3 → ← Slot 10 → ← Slot 11 → ← Slot 18 → ← Slot 19 →

6 RB
(1.08 MHz)

Subframe 0 Subframe 1 Subframe 5 Subframe 9

■ PDCCH ... ■ S-SS ■ P-SS ■ PBCH □ PDSCH ...


Messfenster 1 MHz, 70 μ s

15/12/2010 LTE-Workshop

1



Referat Beat Mühlemann (METAS): LTE-Technik



4.4 Hochrechnung LTE auf massgebenden Betriebszustand


Pro Zelle:
Aktuelle Sendeleistung

↓ Hochrechnungsfaktor


Bewilligte Sendeleistung

Best-case: Alle Zellen senden mit gleicher Leistung, die bewilligte Sendeleistung ist identisch (identische Hochrechnungsfaktoren), die Synchronisationskanäle sind nicht abgesenkt.

„exakte“ Hochrechnung pro **Anlage** möglich



15/12/2010 LTE-Workshop 1



4.5 Hochrechnung LTE auf massgebenden Betriebszustand


Pro Zelle:
Aktuelle Sendeleistung

↓ Hochrechnungsfaktor

Bewilligte Sendeleistung

Worst-case: Eine (nicht bekannte) Zelle ist dominierend, Synchronisationskanäle sind abgesenkt.

- mit dem grössten Faktor hochrechnen
- Faktor für abgesenkte Synchronisationskanäle dazurechnen
- **Überschätzung des Signals**



15/12/2010 LTE-Workshop 1

Referat Beat Mühlemann (METAS): LTE-Technik

4.6 Hochrechnung LTE auf massgebenden Betriebszustand

Pro Zelle:
Aktuelle Sendeleistung
↓ Hochrechnungsfaktor
Bewilligte Sendeleistung

Mit Codeselektiven Instrumenten „exakte“ Hochrechnung pro Zelle möglich.

15/12/2010 LTE-Workshop 1




Basestation Swakopmund

15/12/2010 LTE-Workshop 1



Referat Beat Mühlemann (METAS): LTE-Technik



Bundesamt für Umwelt BAFU
Elektrosmog:
<http://www.bafu.admin.ch/elektrosmog>

Bundesamt für Metrologie METAS
Fachbereich Elektrizität, Elektromagnetische Verträglichkeit:
http://www.metas.ch/root_legnet/Web/Fachbereiche/Elektrizitaet/EMV/NISV

GSM:
Nichtionisierende Strahlung: Vergleichsmessungen an Mobilfunk-Basisstationen

UMTS:
Vergleichsmessungen mit UMTS Codeleistungs-Messgeräten
UMTS Vergleichsmessungen, Sommer 2006
UMTS power estimator and measurement equipment validation

Rundfunk:
An Inter-laboratory Comparison, Autumn 2007

15/12/2010 LTE-Workshop 1