



BUWAL Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
OFEFP Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage
UFAPF Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio
UFAGC Uffizi federal d'ambient, gaud e cuntrada

m e t a s

metrologie und akkreditierung schweiz

NIS-Abnahmemessungen bei GSM-Basisstationen mit EDGE-Betrieb

Entwurf vom 28.11.2005

1. Zweck dieser Mitteilung

Die vorliegende Mitteilung präzisiert die Messempfehlung für Mobilfunk-Basisstationen (GSM)¹ für den Fall, dass auf einer GSM-Basisstation der Betriebsmodus EDGE implementiert ist. Sie wird als Entwurf zur sofortigen Anwendung und Erprobung in der Praxis herausgegeben.

2. Technisches zu EDGE

EDGE (Enhanced data rates for GSM evolution) ermöglicht die Übertragung einer höheren Datenrate über das GSM-Netz. Von den acht Zeitschlitzten eines ‚Frames‘ des GSM-Signals werden ein oder mehrere für EDGE-Übertragungen eingesetzt, entweder auf dem Broadcast Control Channel (BCCH) oder auf den Traffic Channels (TCH). Wird EDGE über den BCCH übertragen, bleibt immer mindestens ein Zeitschlitz pro Frame für eine konventionelle GSM-Übertragung reserviert. EDGE-Signale werden nur dann gesendet, wenn dies für die Übertragung von Daten nötig ist.

Der Effektivwert der Sendeleistung bei EDGE kann zwischen verschiedenen Zeitschlitzten leicht schwanken, je nach dem übertragenen Bitmuster. EDGE weist - durch die Modulation bedingt - innerhalb eines Zeitschlitzes Amplitudenschwankungen auf. Diese Schwankungen mitteln sich zeitlich aus. Bei gleicher eingestellter Sendeleistung ist daher der zeitliche Mittelwert der über die EDGE- bzw. GSM-Zeitschlitzte abgestrahlte Sendeleistung gleich hoch. Bei der Messung sind allerdings gewisse Vorkehrungen erforderlich, damit der gesuchte Effektivwert nicht über- oder unterschätzt wird.

Die Sendeleistung kann für die GSM- und EDGE-Zeitschlitzte unterschiedlich sein. Häufig sind die beiden Pegel gleich. Wenn die Signalverstärker allerdings nahe der Nominalleistung betrieben werden, kann die Sendeleistung der EDGE-Zeitschlitzte gegenüber den GSM-Zeitschlitzten um bis zu 3 dB reduziert werden, um die nötige Reserve für die grössere Signaldynamik von EDGE zu erhalten. Das Umgekehrte – höhere Sendeleistung auf den EDGE- als auf den GSM-Zeitschlitzten – kommt gemäss heutiger Planung nicht vor.

¹ BUWAL, METAS: "Mobilfunk-Basisstationen (GSM); Messempfehlung. Vollzug Umwelt, Bern 2002

3. Standortdatenblatt

Für das Ausfüllen des Standortdatenblattes ist es unerheblich, ob EDGE implementiert ist oder nicht. Massgebend für die NIS-Berechnung im Standortdatenblatt ist die Sendeleistung, die für reinen GSM-Betrieb beantragt wird. Diejenige für die EDGE-Zeitschlitz ist dann entweder gleich hoch oder niedriger. Die blosser Nachrüstung einer Basisstation auf EDGE, ohne dass an den Senderichtungen der Antennen etwas geändert oder die Sendeleistungen über die bereits bewilligten hinaus erhöht werden, gilt nicht als Änderung der Anlage im Sinne der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV), und erfordert deshalb keine Aktualisierung des Standortdatenblattes.

4. Grundsätzliches zur Messung und Hochrechnung auf den massgebenden Betriebszustand

Die Abnahmemessung soll grundsätzlich den Effektivwert der elektrischen Feldstärke für den reinen GSM-Betrieb mit der bewilligten Sendeleistung ermitteln.

Die Abnahmemessung wird im realen Betrieb der Anlage durchgeführt. Dabei ist ohne spezielle Messgeräte nicht erkennbar, ob EDGE während der Messung aktiv ist. Mit den in Abschnitt 5 bis 7 ausgeführten Massnahmen ist jedoch gewährleistet, dass in jedem Fall annähernd der Beurteilungswert für reinen GSM-Betrieb bei der bewilligten Sendeleistung resultiert.²

Es wird die Schwenkmethode gemäss Kapitel 5.1 bzw. 6.1 der GSM-Messempfehlung angewendet.

Die Netzbetreiber müssen zusätzlich zu den unter Kapitel 4.4 der GSM-Messempfehlung genannten Angaben die folgenden Informationen zur Verfügung stellen:

- Wird EDGE über den BCCH übertragen?

Wenn nein:

Bei Übertragung nur über TCH sind die nachfolgenden Präzisierungen nicht von Belang. Die Abnahmemessung kann gemäss der GSM-Messempfehlung durchgeführt werden.

Wenn ja:

- Ist die Sendeleistung der EDGE-Zeitschlitz gegenüber jener der GSM-Zeitschlitz reduziert? Wenn ja, welches ist die Sendeleistung für die EDGE-Zeitschlitz?
- Wie viele Zeitschlitz pro Frame werden maximal für EDGE eingesetzt?

² Bei Einverständnis der an der Anlage beteiligten Mobilfunkbetreiber kann auch bei ausgeschaltetem EDGE-Betrieb gemessen werden. In diesem Fall kann nach der GSM-Messempfehlung vorgegangen werden und die vorliegende Mitteilung ist nicht von Belang.

5. Breitbandige Messung

Dieser Abschnitt gilt nur für Abnahmemessungen bei nicht ausgeschalteter EDGE-Übertragung auf dem BCCH.

Es kann nur die Einhaltung des Anlagegrenzwertes, nicht aber dessen Überschreitung nachgewiesen werden.

5.1 Abnahmemessung bei gleicher eingestellter Sendeleistung für GSM und EDGE

Das Verfahren richtet sich ohne weitere Einschränkungen nach Kapitel 5 der GSM-Messempfehlung.

5.2 Abnahmemessung, wenn die Sendeleistung der EDGE-Zeitschlitz gegenüber den GSM-Zeitschlitz reduziert ist

Das Verfahren richtet sich nach Kapitel 5 der GSM-Messempfehlung. Die aktuelle Sendeleistung P_i des BCCH muss jedoch nach folgender Formel berechnet werden:

$$P_i = \frac{x \cdot P_{i,EDGE} + (8 - x) \cdot P_{i,GSM}}{8} \quad (1)$$

Dabei bedeuten:

P_i : aktuelle Sendeleistung (ERP) des BCCH von Zelle i , wenn alle EDGE-Zeitschlitz in Betrieb sind, in W

$P_{i,EDGE}$: Sendeleistung (ERP) der EDGE-Zeitschlitz des BCCH von Zelle i , in W

$P_{i,GSM}$: Sendeleistung (ERP) der GSM-Zeitschlitz des BCCH von Zelle i , in W

x : maximal mögliche Anzahl EDGE-Zeitschlitz pro Frame

P_i wird für die Berechnung des Hochrechnungsfaktors K_i in Formel 3, Kapitel 5.3, der GSM-Messempfehlung eingesetzt.

6. Frequenzselektive Messung

Dieser Abschnitt gilt nur für Abnahmemessungen bei nicht ausgeschalteter EDGE-Übertragung auf dem BCCH.

Ohne den Einsatz spezieller Messgeräte ist nicht erkennbar, ob EDGE während der Messung aktiv ist, und ob der Messwert, der im Maximum Hold-Modus ermittelt wird, somit für einen GSM- oder einen EDGE-Zeitschlitz gilt. Mit den nachstehend ausgeführten instrumentellen Einstellungen ist jedoch gewährleistet, dass in jedem Fall annähernd die elektrische Feldstärke für reinen GSM-Betrieb erfasst wird. Die verbleibende Unsicherheit wird bei der Messunsicherheit mit einem zusätzlichen Beitrag von 0.7 dB berücksichtigt.

6.1 Abnahmemessung bei gleicher eingestellter Sendeleistung für GSM und EDGE

Es gelten folgende Anforderungen:

- Es ist ein RMS-Detektor zu verwenden.
- Um die Amplitudenschwankungen innerhalb eines EDGE-Zeitschlitzes korrekt auszumitteln, muss pro Bildpunkt (Pixel) mindestens über die Dauer eines Zeitschlitzes integriert werden, also während mindestens $577 \mu\text{s}$. Bei einem Spektrumanalysator erreicht man dies durch Einstellung einer ausreichend langsamen Sweep-Geschwindigkeit. Diese muss so bemessen sein, dass für jeden diskreten Bildpunkt auf der Frequenzachse eine Integrationszeit von mindestens $577 \mu\text{s}$ zur Verfügung steht.³

Beispiel:

Der Spektrumanalysator verfüge über 301 diskrete Messpunkte auf der Frequenzachse. Die Dauer für einen Sweep muss deshalb mindestens $301 \times 577 \mu\text{s} = 0.174 \text{ s}$ betragen.

6.2 Abnahmemessung, wenn die Sendeleistung der EDGE-Zeitschlitz gegenüber den GSM-Zeitschlitz reduziert ist

Es gelten folgende Anforderungen:

- Es ist ein RMS-Detektor zu verwenden.
- Die Sweep-Geschwindigkeit des Spektrumanalysators muss so bemessen sein, dass für jeden diskreten Bildpunkt (Pixel) auf der Frequenzachse eine Integrationszeit von ungefähr $577 \mu\text{s}$ zur Verfügung steht. Die Integrationszeit soll nicht wesentlich kürzer sein, weil sonst kurzfristige Amplitudenschwankungen innerhalb eines Zeitschlitzes überbewertet würden. Sie soll aber auch nicht wesentlich länger sein, weil dann die unterschiedlichen Amplituden der GSM- und EDGE-Zeitschlitz ausgemittelt würden.
- Der Frequenzabstand benachbarter Bildpunkte ist so zu wählen, dass die Envelope des GSM-Signals durch eine ausreichende Anzahl von individuellen Bildpunkten wiedergegeben wird. Konkret sollen innerhalb der Bandbreite, in der ein reines GSM-Signal um -0.7 dB abfällt (0.7 dB -Bandbreite), mindestens $x+2$ Bildpunkte liegen⁴, wobei x die maximale Anzahl von EDGE-belegten Zeitschlitz pro Frame bezeichnet. x ist für ein gegebenes Mobilfunknetz eine Systemkonstante mit einem Wert zwischen 1 und 7. Die 0.7 dB -Bandbreite ist abhängig vom gewählten Messfilter und muss grundsätzlich mit Hilfe eines synthetischen GSM-Signals empirisch

³ Damit ist gewährleistet, dass Amplitudenschwankungen innerhalb eines EDGE-Zeitschlitzes ausgemittelt werden. Nicht ausgemittelt werden damit Pegelschwankungen zwischen einzelnen Zeitschlitz. Bei Verwendung der Maximum Hold-Funktion, welche für die Schwenkmethode notwendig ist, wird der stärkste EDGE-Zeitschlitz erfasst. Erfahrungsgemäss kann der Messwert um maximal 0.7 dB höher liegen als derjenige eines GSM-Zeitschlitzes mit gleicher eingestellter Sendeleistung.

⁴ Damit wird sichergestellt, dass beim Abtasten des gemischten GSM/EDGE-Signals im Frequenzbereich mindestens ein GSM-Zeitschlitz erfasst und dessen Amplitude um höchstens 0.7 dB unterschätzt wird.

bestimmt werden.⁵ Der Abstand der einzelnen Bildpunkte auf der Frequenzachse wird indirekt durch die Wahl des gesamten Frequenzbereichs (frequency span) eingestellt.

- Für die Berechnung des Beurteilungswertes ist der höchste Messwert innerhalb der 0.7 dB-Bandbreite heranzuziehen (und nicht unbedingt der Messwert bei der Kanalmittefrequenz).

Beispiel:

Der Spektrumanalysator verfüge über 301 diskrete Bildpunkte auf der Frequenzachse. Gemäss der GSM-Messempfehlung wird ein Filter mit einer Messbandbreite von 200 kHz gewählt. Für dieses Filter wurde als 0.7 dB-Bandbreite empirisch ein Wert von 110 kHz bestimmt. Pro Frame können 4 Zeitschlitz durch EDGE belegt sein ($x = 4$).

- Die Dauer für einen Sweep soll ungefähr $301 \times 577 \mu\text{s} = 0.174 \text{ s}$ betragen.
- Innerhalb der 0.7 dB-Bandbreite von 110 kHz sollen $x + 2 = 6$ Bildpunkte liegen. Diese dürfen somit höchstens $110/6 = 18.3 \text{ kHz}$ auseinander liegen. Damit ergibt sich der maximale Frequenzbereich, der in einem Durchlauf abgetastet werden kann, zu $301 \times 0.018 \text{ MHz} = 5.5 \text{ MHz}$.

Damit sind in diesem Beispiel folgende Einstellungen des Spektrumanalysators zu wählen:

- Messbandbreite: 200 kHz
- Sweep-Geschwindigkeit: 174 ms/scan
- Maximaler Frequenzbereich (frequency span): 5.5 MHz

7. Messunsicherheit

7.1 Breitbandige Messung

Bei implementierter EDGE-Übertragung auf dem BCCH kommt zu den Messunsicherheiten gemäss Kapitel 4.8 der GSM-Messempfehlung eine weitere Unsicherheit hinzu. Diese Unsicherheit ist abhängig von der maximal möglichen Anzahl EDGE-Zeitschlitz pro Frame und von der Leistungsabsenkung der EDGE-Zeitschlitz gegenüber den GSM-Zeitschlitz. Für diese Messunsicherheit wird eine Rechteckverteilung angenommen; der Divisor beträgt $k = \sqrt{3}$.

Die relative Standardunsicherheit der elektrischen Feldstärke beträgt

$$u = \frac{P_{i,GSM} - P_i}{P_{i,GSM} + P_i} \cdot \frac{1}{2 \cdot \sqrt{3}}; \quad (2)$$

⁵ Steht für die Bestimmung der 0.7 dB-Bandbreite kein synthetisches GSM-Signal zur Verfügung, so kann eine 0.7 dB-Bandbreite angenommen werden, die mindestens halb so breit wie die 3 dB-Bandbreite des verwendeten Messfilters ist.

dabei bedeuten:

$P_{i,GSM}$: Sendeleistung (ERP) der GSM-Zeitschlitz des BCCH von Zelle i , in W

P_i : aktuelle Sendeleistung (ERP) des BCCH von Zelle i , wenn alle EDGE-Zeitschlitz in Betrieb sind, in W (aus Formel 1)

7.2 Frequenzselektive Messung

Zusätzlich zu den Unsicherheiten gemäss Abschnitt 4.8 der GSM-Messempfehlung ist bei implementierter EDGE-Übertragung über den BCCH eine methodenbedingte Unsicherheit von ± 0.7 dB in die Berechnung der Messunsicherheit einzusetzen. Es wird eine Rechteckverteilung angenommen. Der Divisor für die Berechnung der Standardunsicherheit beträgt $k = \sqrt{3}$.