



8. Juli 2021

Validation Report / Validierungsbericht / Rapport de validation

Power lock feature / Automatische Leistungsbe- grenzung / Limitation de puissance automatique

Description / Beschreibung / Description	Validation of the power lock feature on a 5G base station with adaptive antennas in the 3.7 GHz band / Validierung der automatischen Leistungsbegrenzung auf einer 5G-Basisstation mit adaptiven Antennen im 3.7 GHz-Band / Validation de la limitation automatique de la puissance sur une station de base 5G avec antennes adaptatives dans la bande des 3.7 GHz
Operator / Betreiber / opérateur	Sunrise, Thurgauerstrasse 101B, 8152 Glattpark (Opfikon)
Mandat / Dossier / Dossier	Verifikation «Power Lock für adaptive Antennen» BAKOM-614.2-74/1
Report / Bericht / Rapport	2021-07-08 Messbericht Power Lock ZH654-2.pdf, V1.0
Test date / Prüfdatum / Date d'essai	01.06.2021
By / Durch / Par	André Trabold, El. Ing. HTL, Leiter Gruppe NIS Samuel Gsteiger, El. Ing. FH, Experte NIS Federal Office of Communications OFCOM Rue de l'Avenir 44, 2501 Biel-Bienne

Summary / Zusammenfassung / Résumé

The measurement results confirm the functioning of the power lock feature. The requirements of the following documents are fulfilled. / Die Messresultate bestätigen das Funktionieren der automatischen Leistungsbegrenzung. Die Anforderungen der folgenden Dokumente sind erfüllt. / Les résultats des mesures confirment le fonctionnement de la limitation automatique de la puissance. Les exigences des documents suivants sont remplies.

Adaptive Antennen. Nachtrag vom 23. Februar 2021 zur Vollzugsempfehlung zur Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) für Mobilfunk- und WLL-Basisstationen, BUWAL 2002 [1]

Antennes adaptatives. Complément du 23 février 2021 à la recommandation d'exécution de l'ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI) concernant les stations de base pour téléphonie mobile et raccordements sans fil (WLL), OFEFP, 2002 [1]

Measuring arrangement for the power lock feature. BAKOM, 7. Mai 2021 [2]



Version tracking

Version	Date	Resp. body	Remarks / Type of modification
Version	Datum	Verant. Stelle	Bemerkungen / Art der Änderung
Version	Date	Partie resp.	Remarques / Type de modification
1.0	08.07.2021	KF/EMV/tda,gss	---

Table of contents / Inhaltsverzeichnis / Sommaire

Version tracking	2
Table of contents / Inhaltsverzeichnis / Sommaire	2
1 Introduction / Einführung / Introduction.....	3
2 Measuring location / Messort / Lieu de mesure.....	3
2.1 Standort.....	3
2.2 Messstandort.....	4
3 Dates of measurement / Datum der Messungen / Dates des mesures.....	5
4 Operation mode / Betriebsmodus / Mode d'exploitation.....	5
5 Measurements / Messungen / Mesures	6
5.1 Electric field / Elektrisches Feld / Champ électromagnétique	6
5.1.1 Measuring equipment / Messgeräte / Appareils de mesure	6
5.1.2 Picture of the measurements / Foto der Messungen / Photo des mesures.....	6
5.1.3 Measurement plot / Messkurven / Courbes de mesure.....	7
5.2 Base station / Basisstation / Station de base	9
5.2.1 Base station equipment / Ausrüstung Basisstation / Appareils de la base de station ...	9
5.2.2 Picture of the base station / Foto der Basisstation / Photo de la station de base	9
5.2.3 Measurement plot / Messkurven / Courbes de mesure.....	10
5.3 Load simulator / Load Simulator / Load simulator.....	12
5.3.1 Load simulator equipment / Ausrüstung Load Simulator / Appareils du load simulator ..	12
5.3.2 Picture of the measurements / Foto der Messungen / Photo des mesures.....	12
5.3.3 Measurement plot / Messkurven / Courbes de mesure.....	13
5.4 Plausibility check / Plausibilitätskontrolle / Contrôle de plausibilité.....	14
5.4.1 Checking of the correction factor / Kontrolle des Korrekturfaktors / Contrôle du facteur de correction.....	14
5.4.2 Temporal correspondence of the data / Zeitliche Übereinstimmung der Daten / Correspondance temporelle des données.....	16
References / Referenzen / Références.....	16

1 Introduction / Einführung / Introduction

Im Rahmen der Einführung der adaptiven Antennen wurden im Juni 2021 an diesem Standort Messungen zur Validierung der automatischen Leistungbegrenzung durchgeführt.

2 Measuring location / Messort / Lieu de mesure

2.1 Standort

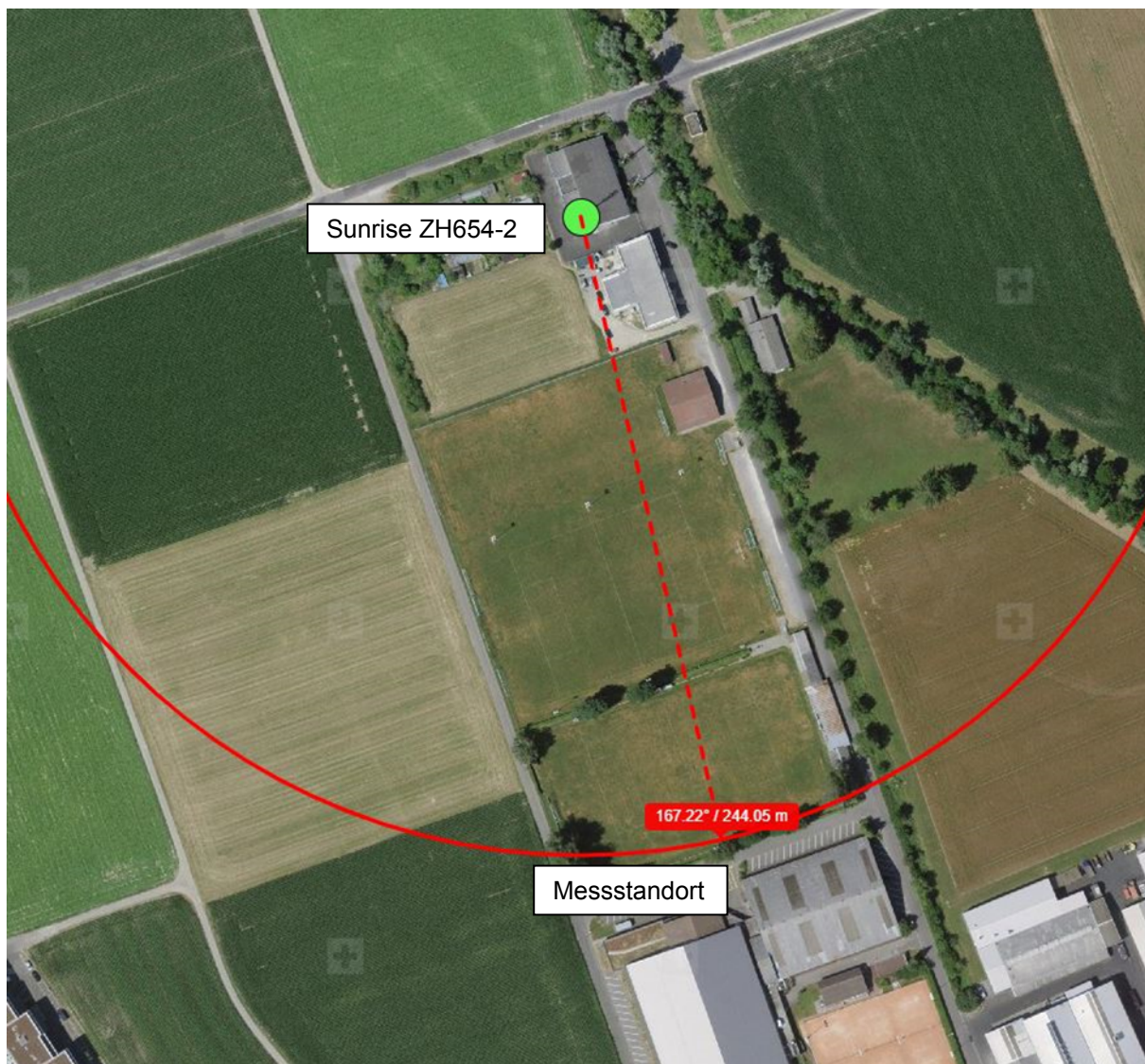


Photo 1: Satellitenbild des Standortes

Position Basisstation ZH654-2: 2'655'418, 1'234'634, 516.00 m ü.M., Höhe der Antenne gemäss Betriebsdaten: 21.7 m.

Messstandort: 2'655'472, 1'234'379, 167° SO, 244 m Entfernung (gemessen zum Antennenmodul), 517.1 m.ü.M. + 1.5 m Höhe der Messantenne.

2.2 Messstandort



Photo 2: Setup Messstandort



Photo 3: Setup Messstandort

3 Dates of measurement / Datum der Messungen / Dates des mesures

Während der Messung anwesend:

BAKOM, Sunrise, Maxwave, Kanton AG

Umweltbedingungen während der Messung:

Date	Temperature	Barometric pressure	Weather conditions
Datum	Temperatur	Luftdruck	Wetterbeingungen
Date	Température	Pression de l'air	Conditions atmosphériques
01. Juni 2021	20°C	1017 hPa	Sonnig

4 Operation mode / Betriebsmodus / Mode d'exploitation

Der Load Simulator besteht aus Smartphones mit einer entsprechenden App, welche am Messstandort einen markanten Download erzeugt. Dabei entsteht ein Traffic-Beam zu den Smartphones, welcher die maximalen Kanalressourcen und die aktuellen Empfangsbedingungen so gut wie möglich ausschöpft. Dieser Daten-Download aktiviert die automatische Leistungsbegrenzung und die Sendeleistung kann bis zum ERP_{HIGH} ansteigen, hält jedoch immer den gemittelten 6-Minuten Wert ein. Dieser markante Dauer-Download bringt die Funkzelle an die Lastgrenze und ist daher im kommerziellen Betrieb im Moment nicht vorstellbar, da einzelne Anwendungen auf die Dauer keine solch hohen Datenraten verarbeiten können und die Mobilfunkabonnemente dies auch nicht zulassen.

In der Funkzelle befinden sich auch kommerzielle Kunden des Betreibers, die im Spektrum sichtbar sein können.

Der Download wird mit folgendem Ablauf ausgeführt:

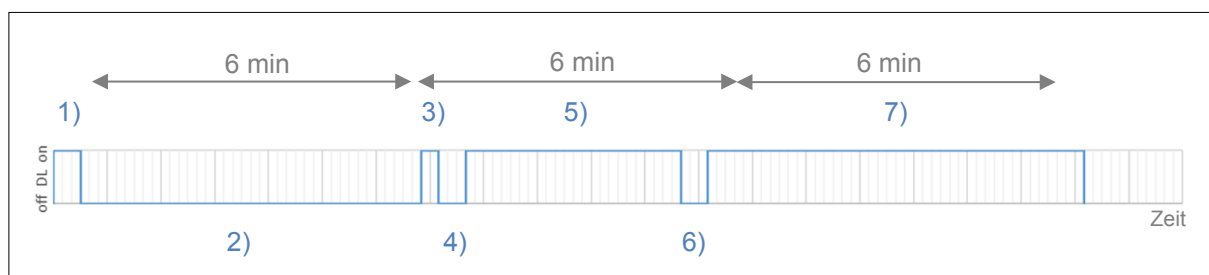


Abbildung 1: Ablauf des Downloads

- 1) Download on Impuls zum Start der Messaufzeichnung
- 2) Download off für eine Auszeit zum Nullsetzen des 6-Minuten Mittelwertes
- 3) Download on für den Anfang der Validierungsmessung
- 4) Download off zu Beginn des 6-Minuten Zyklus
- 5) Download on
- 6) Download off zum Ende des 6-Minuten Zyklus
- 7) Download on während mehr als 6 Minuten

5 Measurements / Messungen / Mesures

5.1 Electric field / Elektrisches Feld / Champ électromagnétique

Measurement of the electric field produced by the base station. / Messung des elektrischen Feldes, welches durch die Basisstation abgestrahlt wird. / Mesure du champ électromagnétique produits par la station de base.

5.1.1 Measuring equipment / Messgeräte / Appareils de mesure

Invent. no	Equipment	Manufacturer	Type
2011-34	Analyser	Narda	SRM3006
2011-34	RF-Kabel	Narda	3602/02 5m
2015-08	Antenna	Narda	Three-Axis 420MHz-6GHz

5.1.2 Picture of the measurements / Foto der Messungen / Photo des mesures



Photo 4: Setup Messstandort

5.1.3 Measurement plot / Messkurven / Courbes de mesure

Betriebsart: Die automatische Leistungsbegrenzung regelt die Sendeleistung derart, dass die bewilligte Sendeleistung als 6-Minuten-Mittelwert eingehalten wird. Die folgende Abbildung zeigt den Verlauf der Feldstärkemessung über die Zeit.

Messort: Ende Fussballplatz vor der Tennishalle

Power-Lock: Zykluszeit: 6 Minuten
Antennentyp AAU5313 (max. 32 Subarrays; $K_{AA} \geq -9$ dB; $K_{AA} \geq 0.13$)
Eingestellter Korrekturfaktor K_{AA} : 0.2 (-7 dB)

SRM3006: $f_{cent} = 3.75$ GHz $BW = 32$ MHz $VBW = 20$ kHz GPS = on,
MR = 1.6 V/m AVG = 0.48s Noise Suppr. = off
Erweiterte Messunsicherheit: U = +2.0 dB / -2.6 dB (+25.9% / -25.9%)
Standard Messunsicherheit: u = 0.5 · U = 0.5 · 25.9% = 13.0%

Logfile: G-0002_00003_00001.csv bis G-0002_00003_02697.csv vom 01.06.2021

Bemerkungen: Da es sich um den realen Betrieb handelt, optimiert die Basisstation kontinuierlich die Einstellung innerhalb des Funkkanals. Das heisst, die Belegung der Subbänder und die Ausnutzung von Reflexionen wird laufend der Umgebung angepasst, z.B. bei der Abschattung durch ein Fahrzeug. Dadurch wird die bestmögliche Übertragungsqualität erreicht. Somit kann die Feldstärkemessung, bei gleichbleibender Sendeleistung, variierende Empfangspegel anzeigen.

Der folgende Plot zeigt die gemessene Feldstärke (blaue Linie = quadratischer Mittelwert RMS) in Funktion der Zeit. Aus diesen Messwerten ist der rollende 6-Minuten Mittelwert (rote Linie) berechnet.

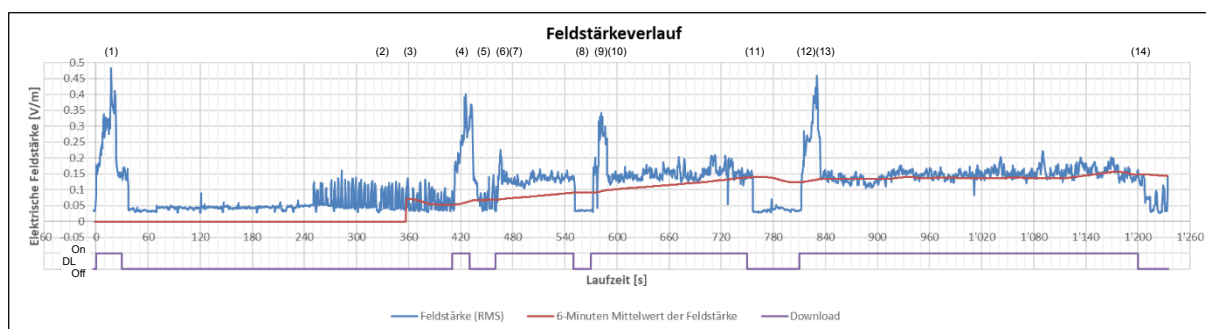


Abbildung 2: Feldstärkemessung während dem Ablauf des Downloads

- (1) Der Impuls zum Start der Messaufzeichnung ist ersichtlich. Der Empfangspegel variiert, da die Basisstation die Einstellung innerhalb des Funkkanals kontinuierlich optimiert (dies ist während allen ERP_{HIGH}-Momenten sichtbar). Während dem Test zeigt sich, dass das Ausschalten des Downloads auf der App erst mit ein paar Sekunden Verzögerung auf der Basisstation ersichtlich ist (dies ist bei allen Ausschaltmomenten des Downloads sichtbar).
- (2) Funksignale kommerzieller Kunden sind ersichtlich.
- (3) Ab 6 Minuten Messaufzeichnung (Start bei 0 s) kann der 6-Minuten Mittelwert der Feldstärkemesswerte berechnet werden, vorher ist der Mittelwert symbolisch auf null angezeigt.
- (4) Download on mit maximaler Leistung ERP_{HIGH}. Der Mittelwert steigt an.
- (5) Download off zu Beginn des 6-Minuten Zyklus. Der 6-Minuten Mittelwert bleibt annähernd konstant.
- (6) Wiederaufnahme des Downloads mit maximaler Leistung ERP_{HIGH} (variierender Empfangspegel). Die Zeitdauer des Impulses ist kürzer als beim Startimpuls, da der Mittelwert zuvor schon angestiegen ist. Der Mittelwert steigt wieder an.
- (7) Reduktion der Sendeleistung durch die automatische Leistungsbegrenzung auf ERP_{LOW}. Der Mittelwert steigt weiter an und es ist ersichtlich, dass mit ERP_{LOW} bei (13) der maximale 6-Minuten Mittelwert erreicht wird.
- (8) Unerwarteter Abbruch des Downloads vom Load Simulator. Der Testzyklus kann jedoch weiter ausgeführt werden. Der 6-Minuten Mittelwert bleibt annähernd konstant.
- (9) Wiederaufnahme des Downloads mit maximaler Leistung ERP_{HIGH}. Die Zeitdauer mit maximaler Sendeleistung ERP_{HIGH} ist kürzer als beim Startimpuls, da der Mittelwert zuvor schon angestiegen ist. Der Mittelwert steigt wieder an.
- (10) Reduktion der Sendeleistung durch die automatische Leistungsbegrenzung auf ERP_{LOW}. Der Mittelwert steigt weiter an und es ist ersichtlich, dass mit ERP_{LOW} bei (13) der maximale 6-Minuten Mittelwert erreicht wird.

- (11) Download off zum Ende des 6-Minuten Zyklus.
- (12) Wiederaufnahme des Downloads mit maximaler Leistung ERP_{HIGH} . Der Mittelwert steigt wieder an.
- (13) Reduktion der Sendeleistung durch die automatische Leistungsbegrenzung auf ERP_{LOW} . Der Mittelwert erreicht ab hier den maximalen Wert und steigt nicht mehr weiter an.
- (14) Ende des Downloadablaufs und Abschluss der Messaufzeichnung.

5.2 Base station / Basisstation / Station de base

Evaluation of the base station log file. / Auswertung des Logfiles der Basisstation / Evaluation du log file de la station de base.

5.2.1 Base station equipment / Ausrüstung Basisstation / Appareils de la base de station

Angaben über die Basisstation aus dem Logfile:

Equipment	Manufacturer	Type
Base station ID	Salt	ZH654-2
Cell ID	---	51
Antenna ID	Huawei	AAU5313
Hardware module ID (antenna)	Huawei	AAU5313 (32T32R) 16 Subarrays; $K_{AA} \geq 0.2$ ($\geq -7\text{dB}$)
Software module ID	Huawei	BTS3900_5900 V100R017C10SPC100

Parameter	Unit	Value
Actual Transmit Power	W	3.35 W \triangleq 489.8 Werp
Antenna gain	dBd	21.65
Set correction factor K_{AA}	Faktor	0.2 (-7dB)

5.2.2 Picture of the base station / Foto der Basisstation / Photo de la station de base



Photo 5: Basisstation (roter Pfeil) und Messantenne

5.2.3 Measurement plot / Messkurven / Courbes de mesure

Betriebsmodus: Die Basisstation befindet sich im normalen Betriebsmodus mit kommerziellen Kunden. Auf die maximale Sendeleistung ERP_{max} der adaptiven Antenne (entspricht der totalen Eingangsleistung der adaptiven Antenne multipliziert mit dem maximalen Antennengewinn) kann ein Korrekturfaktor K_{AA} angewendet werden. Diese korrigierte Sendeleistung entspricht der bewilligten Sendeleistung ERP und wird im Standortdatenblatt eingetragen. Die maximale Leistungsbegrenzung stellt sicher, dass der 6-Minuten-Mittelwert der abgestrahlten Leistung die bewilligte Sendeleistung nie überschreitet. Dem Betreiber steht es frei die aktuelle Sendeleistung unterhalb der bewilligten Sendeleistung einzustellen, was während dieser Messung auch der Fall ist. Durch eine Funkversuchskonzession ist der rechtliche Rahmen für den Betrieb der Anlage während der Messkampagne sichergestellt.

Standort: Unterwerkstrasse, 5734 Reinach
 CH-Koordinaten: 2'655'418 / 1'234'634, Standorthöhe: 516 m

Einstellungen: Power-Lock-Zykluszeit: 6 Minuten
 Sample rate = 1 s
 Bewilligte Sendeleistung Sektor B = 500 Werp. Der Messort befindet sich im Sektor B.
 Aktuelle Sendeleistung Sektor B = 489.8 Werp.
 Folgende Services sind auf dieser Basisstation in Betrieb:
 NR: 9935.01 Werp
 LTE0800: 723.91 Werp
 LTE1800: 1886.71 Werp
 LTE2100: 1313.27 Werp
 UMTS0900: 391.81 Werp
 GSM0900: 23.46 Werp

Logfile: Sunrise_Powerlock_Verification_BAKOM_20210602.xlsx

Bemerkungen: Da es sich um den realen Betrieb handelt, optimiert die Basisstation kontinuierlich die Einstellung innerhalb des Funkkanals. Das heisst, die Belegung der Subbänder und die Ausnutzung von Reflexionen wird laufend der Umgebung angepasst, z.B. bei der Abschattung durch ein Fahrzeug. Dadurch wird die bestmögliche Übertragungsqualität erreicht. Somit kann die Sendeleistung leicht variieren.

Der folgende Plot zeigt die aufgezeichnete Gesamtleistung (Total Transmit Power [W] - blaue Linie) der adaptiven Antenne und die daraus über 6-Minuten gemittelte Sendeleistung (Total Transmit Power averaged over 6 minutes [W] - orange Linie). Dabei handelt es sich um die in die Antenne eingespeiste Leistung, also ohne Berücksichtigung des Antennengewinns.

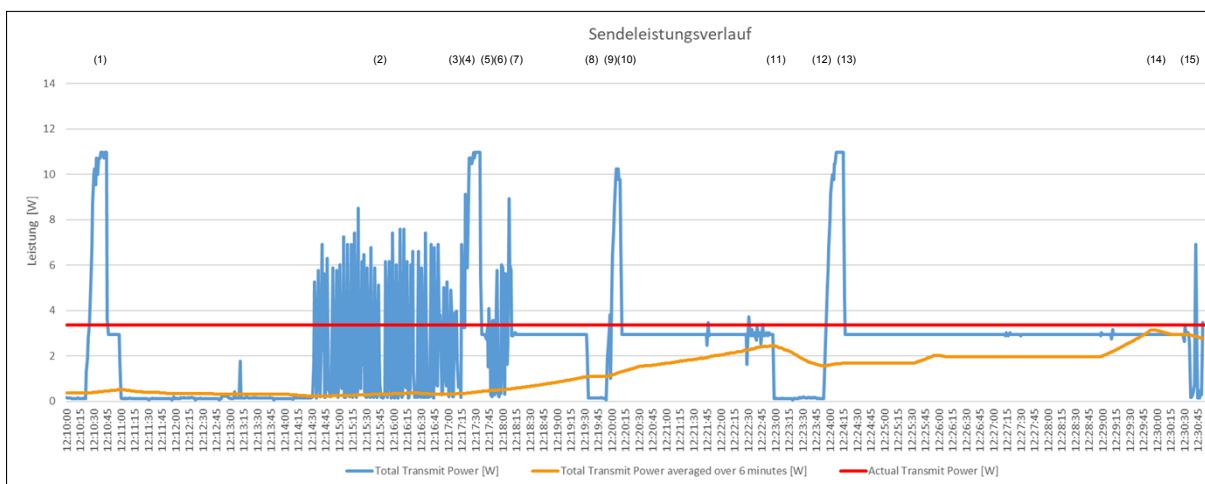


Abbildung 3: Sendeleistung während dem Ablauf des Downloads

- (1) Der Impuls zum Start der Messaufzeichnung ist ersichtlich.
- (2) Funksignale kommerzieller Kunden sind ersichtlich.
- (3) Zum Ende der Auszeit ist der 6-Minuten Mittelwert praktisch null.
- (4) Download on mit maximaler Sendeleistung. Der Mittelwert steigt an.
- (5) Reduktion der Sendeleistung durch die automatische Leistungsbegrenzung. Der Mittelwert steigt weiter an.
- (6) Download off zu Beginn des 6-Minuten Zyklus. Der 6-Minuten Mittelwert bleibt annähernd konstant. Funksignale kommerzieller Kunden sind ersichtlich.
- (7) Wiederaufnahme des Downloads mit erhöhter Sendeleistung. Die Zeitdauer des Impulses ist kürzer als beim Startimpuls, da der Mittelwert zuvor schon angestiegen ist. Der Mittelwert steigt wieder an.
- (8) Unerwarteter Abbruch des Downloads durch Load Simulator. Der Testzyklus kann jedoch weiter ausgeführt werden. Der 6-Minuten Mittelwert bleibt annähernd konstant.
- (9) Wiederaufnahme des Downloads mit maximaler Leistung ERP_{HIGH} . Der Mittelwert steigt wieder an.
- (10) Reduktion der Sendeleistung durch die automatische Leistungsbegrenzung auf ERP_{LOW} . Der Mittelwert steigt weiter an und es ist ersichtlich, dass mit ERP_{LOW} bei (14) der maximale 6-Minuten Mittelwert erreicht wird.
- (11) Download off zum Ende des 6-Minuten Zyklus. Der Mittelwert sinkt.
- (12) Wiederaufnahme des Downloads mit maximaler Sendeleistung. Der Mittelwert steigt wieder an.
- (13) Reduktion der Sendeleistung durch die automatische Leistungsbegrenzung.
- (14) Der Mittelwert erreicht den maximal zulässigen Wert.
- (15) Ende des Downloadablaufs und Abschluss der Messaufzeichnung.

5.3 Load simulator / Load Simulator / Load simulator

Evaluation of the load simulator (smartphones) log file. / Auswertung des Logfiles vom Load Simulator (Smartphones) / Evaluation du log file du load simulator (smartphones)

5.3.1 Load simulator equipment / Ausrüstung Load Simulator / Appareils du load simulator

Serial. no	Equipment	Manufacturer	Type
RFCN302AVMX	Smartphone	Samsung	Galaxy S20+
R3CM6018QEJ	Smartphone	Samsung	Galaxy S10

5.3.2 Picture of the measurements / Foto der Messungen / Photo des mesures

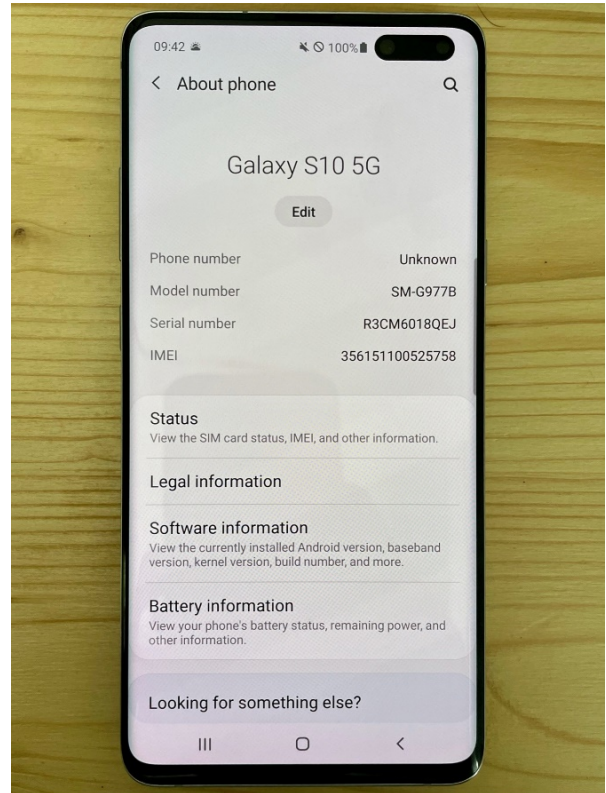
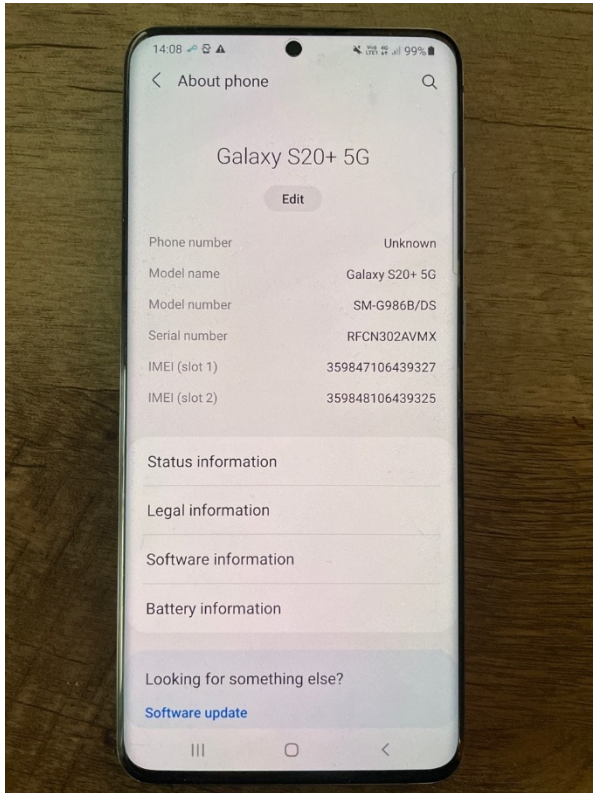


Photo 6: Load Simulator

5.3.3 Measurement plot / Messkurven / Courbes de mesure

Daten-Throughput:	Mit dem Load Simulator (Smartphones) wird mittels einer Test-SW der grösstmögliche Daten-Throughput ausgeführt. Dabei entsteht ein Traffic-Beam zu den Smartphones, welcher die maximalen Kanalressourcen und die aktuellen Empfangsbedingungen so gut wie möglich ausschöpft. Die automatische Leistungsbegrenzung regelt die Sendeleistung auf die bewilligte Sendeleistung (Mittelwert).
Messort:	Ende Fussballplatz vor der Tennishalle
Power-Lock:	Zykluszeit: 6 Minuten Antennentyp AAU5313 (max. 32 Subarrays; $K_{AA} \geq -9$ dB; $K_{AA} \geq 0.13$) Eingestellter Korrekturfaktor K_{AA} : 0.2 (-7 dB)
Load Simulator:	App auf beiden Smartphones: TEMS pocket Version: 22.0.2.019 (Galaxy S20+) 22.0.2.014 (Galaxy S10)
Logfile:	Sunrise_Powerlock_Verification_BAKOM_20210602.xlsx
Bemerkungen:	Der Daten-Throughput variiert im Laufe der Zeit bei unveränderten Betriebsbedingungen. Da es sich um den realen Betrieb handelt, optimiert die Basisstation kontinuierlich die Einstellung innerhalb des Funkkanals und passt diese den aktuellen Umgebungsbedingungen (z.B. Abschattung durch Fahrzeuge) an.

Der folgende Plot zeigt der aufgezeichnete Daten-Throughput (blaue Linie) in Funktion der Zeit.

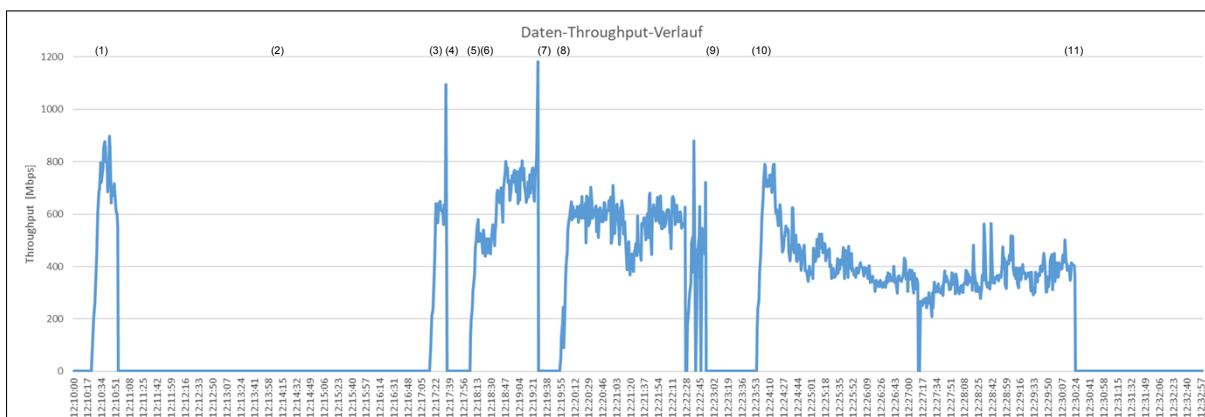


Abbildung 4: Daten-Throughput während dem Ablauf des Downloads

- (1) Der Impuls zum Start der Messaufzeichnung ist ersichtlich (Daten-Download on).
- (2) Kein Daten-Download während der Auszeit zum Nullsetzen des 6-Minuten Mittelwertes.
- (3) Start Daten-Download für den Anfang der Validierungsmessung.
- (4) Daten-Download off zu Beginn des 6-Minuten Zyklus.
- (5) Daten-Download on.
- (6) Bei der Reduktion der Sendeleistung fällt auch der Daten-Download ab. Durch die kontinuierliche Anpassung an die Kanaleigenschaften kann die Basisstation den Daten-Durchsatz in der Folge auch bei reduzierter Sendeleistung wieder erhöhen.
- (7) Unerwarteter Abbruch des Downloads.
- (8) Wiederaufnahme des Downloads.
- (9) Daten-Download off zum Ende des 6-Minuten Zyklus.
- (10) Daten-Download on.
- (11) Ende des Daten-Downloadablaufs und Abschluss der Messaufzeichnung.

5.4 Plausibility check / Plausibilitätskontrolle / Contrôle de plausibilité

Im Folgenden wird aus der Feldstärkemessung, unter Berücksichtigung der Messunsicherheit, der Korrekturfaktor K_{AA} kontrolliert und die zeitliche Übereinstimmung der verschiedenen Mess- und Logfiles geprüft.

5.4.1 Checking of the correction factor / Kontrolle des Korrekturfaktors / Contrôle du facteur de correction

Der Nachtrag zur Vollzugsempfehlung [1] definiert den Zusammenhang zwischen dem Korrekturfaktor K_{AA} und den Sendeleistungen folgendermassen:

$$ERP_n = K_{AA} \times ERP_{max,n}$$

Damit ergibt sich für die Feldstärken:

$$K_{AA} = \left(\frac{E_{Act,ERP}}{E_{HIGH}} \right)^2$$

Für die Plausibilitätskontrolle kann somit aus dem Feldstärkeverlauf die Feldstärken E_{HIGH} und E_{LOW} herausgelesen und auf die Bandbreite des 100 MHz Frequenzbandes aufgerechnet werden:

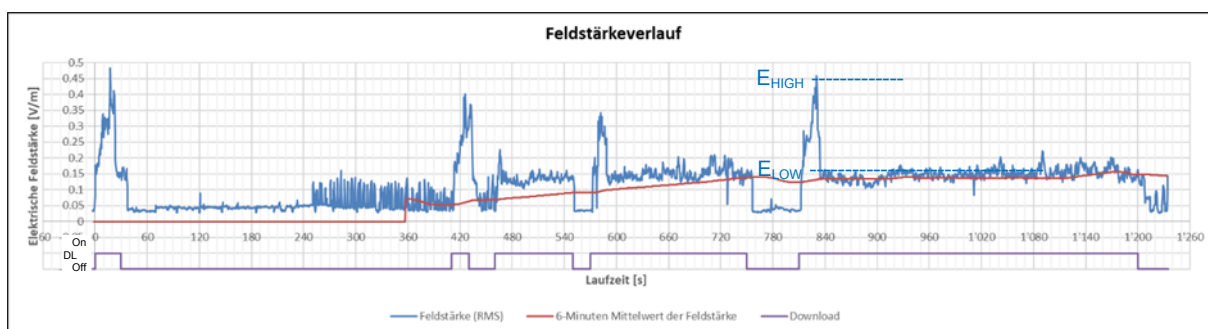


Abbildung 5: Feldstärkemessung während dem Ablauf des Downloads

Messwerte : $E_{LOW(32MHz)} \approx 0.16 \text{ V/m}$
 $E_{HIGH(32MHz)} \approx 0.45 \text{ V/m}$

Berechnung 1: Mit der Standard Messunsicherheit von $\pm 13.0\%$ ergibt sich der folgende Wertebereich für $E_{LOW(32MHz)} = 0.16 \text{ V/m} \pm 13.0\% = 0.14 \text{ V/m} \dots 0.18 \text{ V/m}$

und damit ergibt sich der folgende Feldstärkebereich für 100 MHz Bandbreite:

$$E_{LOWmin(100MHz)} = \sqrt{\frac{E_{LOWmin(32MHz)}^2 \cdot 100 \text{ MHz}}{32 \text{ MHz}}} = \sqrt{\frac{(0.14 \frac{\text{V}}{\text{m}})^2 \cdot 100 \text{ MHz}}{32 \text{ MHz}}} = 0.25 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

$$E_{LOWmax(100MHz)} = \sqrt{\frac{E_{LOWmax(32MHz)}^2 \cdot 100 \text{ MHz}}{32 \text{ MHz}}} = \sqrt{\frac{(0.18 \frac{\text{V}}{\text{m}})^2 \cdot 100 \text{ MHz}}{32 \text{ MHz}}} = 0.32 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

Mit der Standard Messunsicherheit von $\pm 13.0\%$ ergibt sich der folgende Wertebereich für $E_{HIGH(32MHz)} = 0.45 \text{ V/m} \pm 13.0\% = 0.39 \text{ V/m} \dots 0.51 \text{ V/m}$

und damit ergibt sich der folgende Feldstärkebereich für 100 MHz Bandbreite:

$$E_{HIGHmin(100MHz)} = \sqrt{\frac{E_{HIGHmin(32MHz)}^2 \cdot 100 \text{ MHz}}{32 \text{ MHz}}} = \sqrt{\frac{(0.39 \frac{\text{V}}{\text{m}})^2 \cdot 100 \text{ MHz}}{32 \text{ MHz}}} = 0.69 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

$$E_{HIGHmax(100MHz)} = \sqrt{\frac{E_{HIGHmax(32MHz)}^2 \cdot 100 \text{ MHz}}{32 \text{ MHz}}} = \sqrt{\frac{(0.51 \frac{\text{V}}{\text{m}})^2 \cdot 100 \text{ MHz}}{32 \text{ MHz}}} = 0.90 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

Von der Actual ERP aus dem Logfile ergibt sich, gemäss Feldstärkeberechnung der Vollzugsempfehlung zur NISV [3], die folgende Feldstärke:

$$E_{Act,ERP} = \frac{7}{d} \cdot \sqrt{\frac{P_{Act,ERP}}{\gamma \cdot \delta}} = \frac{7}{244 \text{ m}} \sqrt{\frac{489.8 W_{ERP}}{1 \cdot 1}} = 0.635 \frac{V}{m}$$

Dabei ist d die Distanz zwischen der Antenne der Basisstation und dem Messort. Die Richtungsabschwächung γ wird als 1 angenommen, da der Messpunkt im Beam ist. Die Umgebungsdämpfung δ wird als 1 angenommen, womit die aktuelle Umgebungsdämpfung sicher unterschätzt wird (Sicht durch Bäume, leichter Regen). Damit überschätzt diese Berechnung die wahre Feldstärke.

Vergleich 1: $E_{Act,ERP} = 0.635 \text{ V/m} > E_{LOW} = 0.25 \dots 0.32 \text{ V/m}$

Folgerung 1: Der Vergleich 1 zeigt mit Berücksichtigung der Messtoleranz auf, dass $E_{Act,ERP}$ grösser als E_{LOW} ist und damit eigentlich die Theorie bestätigt. Durch die nicht berücksichtigte Richtungsabschwächung und Umgebungsdämpfung wird jedoch die berechnete Feldstärke $E_{Act,ERP}$ deutlich grösser als die gemessene Feldstärke E_{LOW} . Daher werden zur Kontrolle die Richtungsabschwächung und Umgebungsdämpfung berechnet.

Berechnung 2: Der Feldstärkeberechnung aus den Angaben im Logfile können die gemessenen Feldstärken gleichgesetzt werden:

$$E_{LOWmin(100MHz)} = \frac{7}{d} \cdot \sqrt{\frac{P_{LOW,LOG}}{\gamma \cdot \delta}} = \frac{7}{244 \text{ m}} \sqrt{\frac{431.5 W_{ERP}}{\gamma \cdot \delta}} = 0.25 \frac{V}{m}$$

$$E_{LOWmax(100MHz)} = \frac{7}{d} \cdot \sqrt{\frac{P_{LOW,LOG}}{\gamma \cdot \delta}} = \frac{7}{244 \text{ m}} \sqrt{\frac{431.5 W_{ERP}}{\gamma \cdot \delta}} = 0.32 \frac{V}{m}$$

Daraus kann der Bereich der Grösse von der Richtungsabschwächung und Umgebungsdämpfung berechnet werden:

$$(\gamma \cdot \delta)_{max} = \frac{431.5 W_{ERP}}{\left(\frac{0.25 \frac{V}{m} \cdot 244 \text{ m}}{7}\right)^2} = 5.68$$

$$(\gamma \cdot \delta)_{min} = \frac{431.5 W_{ERP}}{\left(\frac{0.32 \frac{V}{m} \cdot 244 \text{ m}}{7}\right)^2} = 3.47$$

Daraus kann der Bereich der Feldstärke zum Actual ERP abgeschätzt werden:

$$E_{Act,ERP,mitDämpfung,min} = \frac{7}{d} \cdot \sqrt{\frac{P_{Act,ERP}}{(\gamma \cdot \delta)_{max}}} = \frac{7}{244 \text{ m}} \sqrt{\frac{489.8 W_{ERP}}{5.68}} = 0.266 \text{ V/m}$$

$$E_{Act,ERP,mitDämpfung,max} = \frac{7}{d} \cdot \sqrt{\frac{P_{Act,ERP}}{(\gamma \cdot \delta)_{min}}} = \frac{7}{244 \text{ m}} \sqrt{\frac{489.8 W_{ERP}}{3.47}} = 0.341 \text{ V/m}$$

Mit diesen jeweils abgeschätzten und gemessenen Feldstärken kann der Bereich des K_{AA} ermittelt werden:

$$\begin{aligned} K_{AA,Messung} &= \left(\frac{E_{Act,ERP,mitDämpfung,min}}{E_{HIGHmax(100MHz)}}\right)^2 \dots \left(\frac{E_{Act,ERP,mitDämpfung,max}}{E_{HIGHmin(100MHz)}}\right)^2 \\ &= \left(\frac{0.266 \frac{V}{m}}{0.90 \frac{V}{m}}\right)^2 \dots \left(\frac{0.341 \frac{V}{m}}{0.69 \frac{V}{m}}\right)^2 = 0.087 \dots 0.244 \end{aligned}$$

Vergleich 2: $K_{AA,LOG} = 0.1995$ liegt innerhalb des Bereichs von $K_{AA,Messung} = 0.087 \dots 0.244$

Folgerung 2: Der Vergleich 2 zeigt mit Berücksichtigung der Messtoleranz und der Richtungsabschwächung sowie Umgebungsdämpfung auf, dass $K_{AA,LOG}$ innerhalb des Bereichs von $K_{AA,Messung}$ liegt.
Damit bestätigt die Messung den eingestellten Korrekturfaktor.

5.4.2 Temporal correspondence of the data / Zeitliche Übereinstimmung der Daten / Correspondance temporelle des données

Zur Kontrolle der zeitlichen Übereinstimmung werden die Daten der Logfiles, der Basisstation und des Load Simulators sowie der Verlauf der Feldstärkemessung übereinandergelegt. Dies ergibt folgendes Zeitdiagramm:

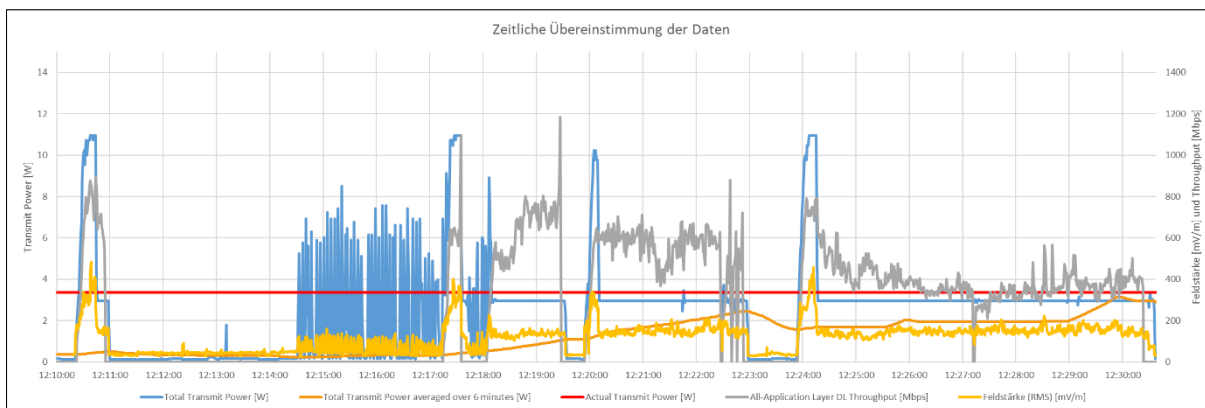


Abbildung 6: Zeitliche Übereinstimmung der Messdaten

Daraus ist ersichtlich, dass die zeitliche Übereinstimmung der Feldstärkemessung, des Logfiles der Basisstation und des Load Simulators gegeben sind.

References / Referenzen / Références

- [1] Adaptive Antennen
Nachtrag vom 23. Februar 2021 zur Vollzugsempfehlung zur Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) für Mobilfunk- und WLL-Basisstationen, BUWAL 2002
Antennes adaptatives
Complément du 23 février 2021 à la recommandation d'exécution de l'ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI) concernant les stations de base pour téléphonie mobile et raccordements sans fil (WLL), OFEFP, 2002
- [2] Measuring arrangement for the power lock feature. BAKOM, 7. Mai 2021
- [3] Vollzugsempfehlung zur NISV, Mobilfunk- und WLL-Basisstationen, BUWAL 2002