Umweltinstitut München e.V.
Verein zur Erforschung und Verminderung der Umweltbelastung

Standortgutachten

Strahlenbelastung durch Mobilfunk

Reduzierung der Belastung für die Anwohner

durch Erstellung eines Beispiel-Szenariums

Online-Fassung:	Inhaltlich unveränderte Wiedergabe des Standortgutachtens
Auftraggeber:	Gemeinde Gräfelfing, Ruffiniallee 2, 82166 Gräfelfing
Durchführung:	Hans Ulrich-Raithel, Dipl.-Ing. (FH)
Umfang:	49 Seiten
Veröffentlichung:	Veröffentlichung der vollständigen Fassung erlaubt, sofern die Rechte anderer nicht verletzt werden. Die auszugsweise Veröffentlichung bedarf der vorherigen schriftlichen Genehmigung des Umweltinstitut München e.V.

1. Auftragstellung

Mit Schreiben vom 21. November 2007 beauftragte uns die Gemeinde Gräfelfing zur technischen Beratung bzgl. Mobilfunk-Standorten.

Auf Basis der verfügbaren Daten ist eine Immissionsprognose zur bestehenden Situation zu berechnen.

Anhand der im Gewerbegebiet bestehenden sowie der vorgelegten Alternativ-Standorte sind Einzelbetrachtungen sowie ein Beispiel-Szenarium zu erstellen, welches die Strahlenbelastung für die betroffenen Anwohner minimiert und zugleich unter Beibehaltung der derzeit für Neuanlagen typisch installierten Sendeleistungen flächendeckend einen guten Versorgungspegel (GSM/UMTS) mit Kapazitätsreserven ermöglicht.

Sofern die vorgelegten Standorte für das Beispiel-Szenarium ungeeignet erscheinen oder ein weiteres Minimierungspotential erkennbar wird, sind die Standortvarianten entsprechend anzupassen.

Ergänzend sollen zur Verifizierung der Immissionsprognose und der Versorgungspegelprognose Messungen im Umfeld der bestehenden Mobilfunkanlagen durchgeführt werden.

2. Unterlagen

- Digitale Flurkarte vom Gemeindegebiet im DXF-Format, Luftbild und digitales Geländemodell
- Standortbescheinigungen und funktechnische Parameter zu Mobilfunkanlagen auf dem Gemeindegebiet
- Integrierte kommunale Mobilfunkplanung (IkoM): Dokumentation zum Mobilfunk-Konzept der Firmen Techcom, Oberhaching und enorm, München (vorgestellt am 2. Februar 2003 im Ausschuss über örtliche Angelegenheiten und Umweltfragen)
- Integrierte kommunale Mobilfunkplanung (IkoM): Berechnungen für 3 Standorte im Auftrag der Gemeinde Gräfelfing, Fa. enorm, München
- Bauantrag von O_2 zu Standortnummer 582 99 0759 (Suchkreisname Gräfelfing West 3G), Freifläche bei Dieckm.-Platz
- Planung von Mobilfunkstandorten in München Gräfelfing. Hier: M-Lochham-NW 470310 (MY3722); Schreiben von T-Mobile an die Gemeinde Gräfelfing zum geplanten Standort in der Aubinger Str. 41

3. Vorgehensweise

3.1 Messung

Die Messpunkte wurden in Wohngebieten sowie im Umfeld von Mobilfunkanlagen vorgenommen und dienten der Verifikation des angewandten Prognosemodells.

Die Messungen wurden am 13. Dezember 2007 sowie am 9. und 10. Januar 2008 von Manfred Haider, Fa. EMV vor Ort, 83125 Eggstätt durchgeführt. Die Witterung war jeweils trocken.

Zur Bestimmung der maximalen Immission am Messpunkt wurde die Schwenkmethode[1] herangezogen. Die Antenne wird im Messbereich handgeführt, unter langsamer Drehung des Messenden und in verschiedenen Polarisationen durch den Raum geschwenkt. Die Messung

[1] S. III.3.2.2.5 der Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder (26.BImSchV) des Länderausschusses für Immissionsschutz (107. Sitzung, 15.-17. März 2004).

erfolgt in etwa 1,5 m über dem Boden. Am Spektrumanalysator erfolgt die Messung mit der Einstellung „max-hold“.

Verwendete Geräte:

Messgerät	R&S	FSH3	SN 101234
Messgerät	Anritsu	MT8220A	SN 512084
Messantenne	Schwarzbeck	ULSP 9143	SN 287
Messantenne	Schwarzbeck	SBA 9113	SN 239
Messantenne	Schwarzbeck	UBAA 9114	SN 208
Kabel	EMV vor Ort	2 m N	SN 019K

Die Messunsicherheit wird in Anlehnung an den „IEC Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement“ (First edition 1995 ISBN 92-67-10188-9) bestimmt, wird in den Ergebnissen nicht aufgeschlagen und beträgt ± 3 dB.

Am Spektrumanalysator werden die Parameter wie folgt eingestellt:

- max. hold (Maximalwertanzeige)
- pos peak detect (Spitzenwertdetektor) bzw. RMS (W-CDMA)
- Frequenzbereich (entsprechend für D-, E-, UMTS, DAB, DECT usw.)
- Resolutionbandwith (entsprechend dem jeweiligen Funkdienst: 200 kHz bei GSM, 1 MHz bei DECT, 5 MHz channel-power-Bandbreite bei UMTS)

Des Weiteren wird ist das Messergebnis bei GSM und UMTS wie folgt auf Vollauslastung der Anlagen bezogen:

- Bei GSM wird zu Beginn der Messung an jedem Messpunkt der Organisationskanal jedes einwirkenden Signals bestimmt. Die Messwerte werden je Organisationskanal gewonnen und auf die maximal beantragte Gesamtkanalzahl (Angabe entnommen aus dem Datenblatt Funkanlagen der Bundesnetzagentur) bezogen. GSM-Rail: 1 Kanal.
- Das UMTS-Signal unterliegt in seiner Stärke einer noch deutlicheren Abhängigkeit von der Auslastung. Der Bezug auf Volllast[2] erfolgte über eine Berücksichtigung eines Kanals und des Faktors 6,7.

Angegeben werden Messergebnisse zu Kanälen, die am jeweiligen Messpunkt mindestens 1 Prozent des stärksten Signals aufweisen. Die angegebenen Frequenzen wurden den jeweiligen Standorten zugeordnet, sofern diese auf dem Gräfelfinger Gemeindegebiet lagen. Alle Angaben sind auf die Leistungsflussdichte bezogen.

3.2 Immissionsprognose und Standortalternativen

- Die Untersuchung bezieht sich auf das gesamte Gemeindegebiet. Aufgrund der fehlenden Daten zu Anlagen benachbarter Orte sind diese in den Berechnungen (Immissionsprognose, Versorgungspegel, Best Server) nicht berücksichtigt, was jedoch vergleichende Aussagen nicht beeinträchtigt. Bei bestehenden Anlagen wurden die Funkdienste einbezogen, die zum Zeitpunkt der Messungen aufgebaut bzw. in Betrieb waren. Berücksichtigt werden die Flächen, die die Gemeinde zur Prüfung von Standortalternativen vorgeschlagen hat.
- Die durch die jeweils geprüfte Variante im Umfeld zu erwartenden Strahlenbelastungen werden mittels Freifeldberechnung[3] ermittelt. Mit dem Berechnungsprogramm NIRView 3.1 wird die Feldstärkeverteilung um eine Mobilfunkbasisstation auf Basis der funktechni-

[2] gem. der Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder (26.BImSchV) des Länderausschusses für Immissionsschutz (107. Sitzung, 15.-17. März 2004)

[3] Freifeldberechnung durch die untersuchte Anlage mit Sichtkontakt. Ohne Berücksichtigung von Abschattungen, Reflexionen und der Vorbelastung durch bestehende Anlagen an anderen Standorten

schen Parameter der in der jeweiligen Grafik farbig dargestellten Anlage(n), des Antennendiagramms, der digitalen Flurkarte und dem Höhenmodell[4] errechnet und grafisch dargestellt. Die farblich abgestufte Darstellung repräsentiert die Leistungsflussdichte unter Berücksichtigung der Geländetopographie. Verhindern Bäume oder andere Objekte den Sichtkontakt in Bereichen, in denen aufgrund der Geländetopographie Sichtkontakt zur Antenne bestünde, so wird die Leistungsflussdichte niedriger sein, als dargestellt. Gebäudedämpfung und Abschattungen durch Gebäude sind unter grober Abschätzung von Dämpfung und Gebäudehöhe grafisch angedeutet.[5] Bei Reflexionen kann die reale Belastung höher sein, als dargestellt. Dies betrifft insbesondere Zonen im Nahbereich von Anlagen, die nicht vom Hauptstrahl erfasst werden und z.B. Bereiche vor angestrahlten Gebäudefronten. Die Berechnung erfolgt unter Zugrundelegung der vollen Anlagenauslastung. Bei bestehenden Anlagen in der bei der Bundesnetzagentur beantragten Konfiguration, bei UMTS als RMS-Wert für einen Kanal.

- Immissionsprognosen dienen aufgrund der starken Modellvereinfachungen ausschließlich der groben Abschätzung und dem Vergleich verschiedener Varianten im Planungsstadium. Für in Betrieb befindliche Anlagen sollte Messungen der Vorzug gegeben werden.
- Bezogen auf die jeweilige Variante wurden im Bereich der umliegenden Wohnbebauung ungünstige Immissionspunkte gewählt und deren Ergebnisse gegenübergestellt.
- Da die Bundesnetzagentur die funktechnischen Parameter der Gemeinde bis zum Abschluss dieser Untersuchung nicht zur Verfügung gestellt hat, wurden diese auf Wunsch der Gemeinde Gräfelfing aus anderen Projekten übernommen. Da die Informationen der Bundesnetzagentur vertraulich zu behandeln sind und nicht an Dritte weitergegeben werden dürfen, ist die Dokumentation dieser Werte mit Zustimmung der Gemeinde Gräfelfing nicht Bestandteil des Gutachtens.
  Die funktechnischen Parameter des Beispiel-Szenariums werden anhand typischer, installierter Werte vergleichbarer Anlagen abgeschätzt. Masthöhen von mehr als 10 m wurden angenommen, wenn der umliegende Bewuchs (z.B. Wald) dies nötig machten, bzw. zur Immissionsminimierung nah benachbarte Gebäude aus dem Hauptstrahl genommen wurden oder der Versorgungspegel im Ortskernbereich bzw. relevanten Verkehrsadern nur durch die angenommene Höhe in guter Qualität zu erreichen war.
- Prognostizierter Versorgungspegel:
  Die Berechnungen unterliegen den gleichen Modellvereinfachungen wie die Immissionsprognose.
  Wie bei den netzbetreiberseitig publizierten Versorgungskarten gilt:
  - Gebäudescharfe Aussagen zur Versorgungsqualität (auch Indoor) sind aufgrund der Modellvereinfachungen der Immissionsprognose nur eingeschränkt möglich.
  - Im Übergangsbereich zwischen den Qualitätsstufen können sich, absolut gesehen, Abweichungen zur Realität ergeben. Relative Abweichungen (z.B. Verbesserungen) wirken sich in der Regel zutreffend in der Realität aus.
  Die Flurkarte und der Bildausschnitt reicht z.T. über das Gemeindegebiet hinaus. Bestehende Versorgungen von Nachbargemeinden aus sind in den Grafiken nicht berücksichtigt, dh die Versorgung ist vor allem in Randbereichen real teilweise besser als dargestellt.
- Best Server:
  Auch die Best-Server-Karten beziehen sich ausschließlich auf die auf dem Gemeindegebiet betriebenen Anlagen. Bestehende Versorgungen von Nachbargemeinden aus sind in

[4] Digitales Geländemodell: © Landesamt für Vermessung und Geoinformation

[5] Sofern die Gebäude in der Flurkarte verzeichnet sind und als als geschlossenes Polygon aus dem betreffenden Gebäudelayer der Digitalen Flurkarte extrahiert werden konnten. Für die Darstellung der Abschattungen wurde das auf Anregung des Umweltinstitut München e.V. entwickelte empirische Modell "Gebäudeüberschneidung: schnittlängenabhängige Dämpfung" gewählt.

den Grafiken nicht dargestellt, dh vor allem in Randbereichen existieren mehr Funkzellen als dargestellt.

3.3 Immissionsminimierung

Zentraler Ansatz der Untersuchung in Anlehnung an die Empfehlungen der Strahlenschutzkommission ist die Minimierung der im Außenbereich der Wohnbebauung und wohnähnlich genutzten Gebäude auftretenden Leistungsflussdichte bei Einhaltung der netzbetreiberseitigen Versorgungsziele.

In das vom Umweltinstitut München e.V. angewandte Verfahren der Immissionsminimierung flossen die Ergebnisse aktueller Studien, welche sich mit Immissionsminimierung befassen, ein[6]. Neben dem Abstand sind danach folgende Einflussfaktoren wesentlich:

- Sendeleistung
- Höhenunterschied zwischen Antenne und Immissionspunkt
- Hauptstrahlneigung
- Antennencharakteristik
- Horizontale Ausrichtung der Antennen
- Sichtbarkeit zur Sendeanlage

[6] Beispielhaft seien genannt:
1) „Möglichkeiten und Grenzen der Minimierung von Mobilfunkimmissionen: Auf Messdaten und Simulationen basierende Optionen und Beispiele“, EM-Institut Regensburg im Auftrag des Bayerischen Landesamts für Umweltschutz, Dezember 2004
2) „Minimierung elektromagnetischer Felder des Mobilfunks, UMTS, DECT, Powerline und Induktionsfunkanlagen, IABG Ottobrunn im Auftrag des Bundeswirtschaftsministeriums, Ottobrunn 2004
3) „Elektromagnetische Felder in NRW, Untersuchung der Immission durch Mobilfunk-Basisstationen, Institut für Mobil- und Satellitenfunktechnik GmbH im Auftrag des Ministeriums für Umwelt- und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Kamp-Lintfort, 2002

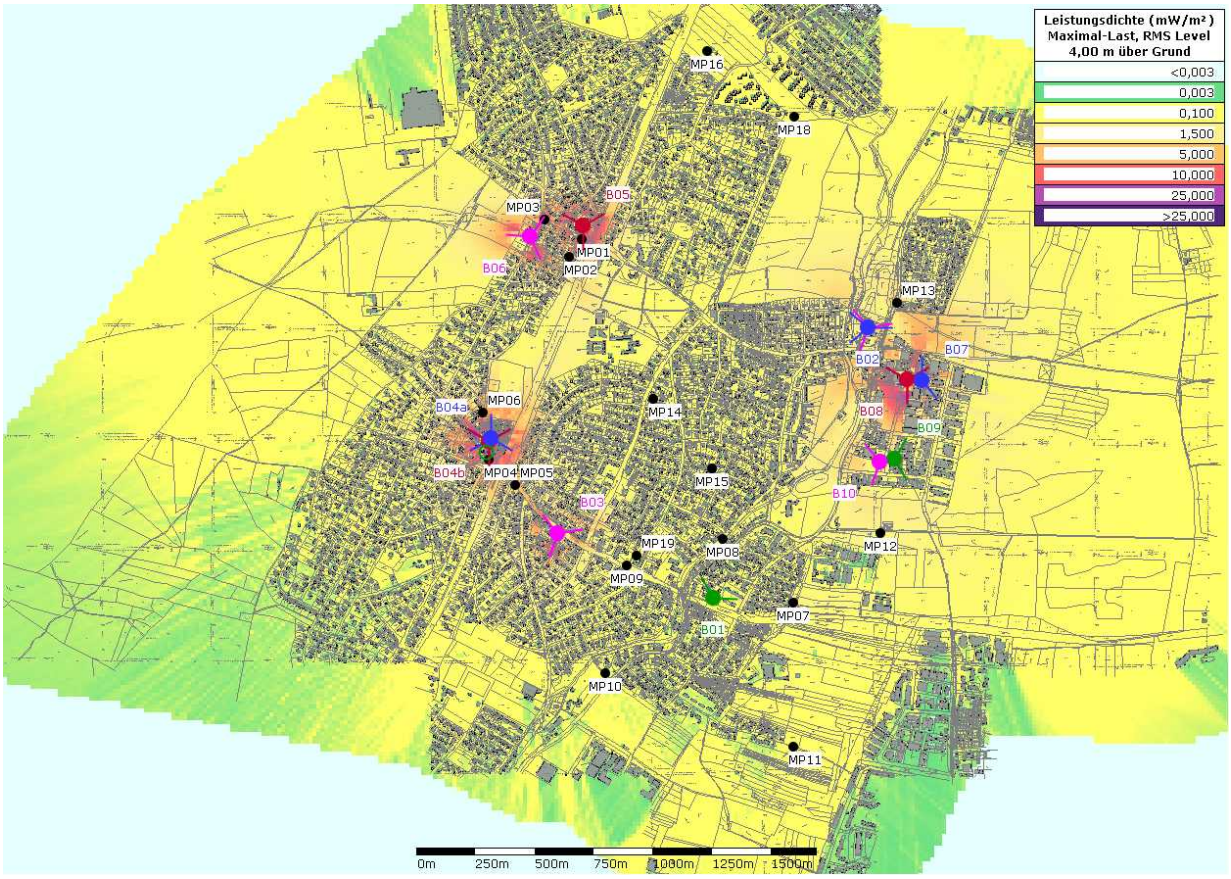
4. Messergebnisse

MP Nr.	Ortsbezeichnung		Bemerkung	Summe maximal
01	Jahnplatz	außen	Sicht zu B05	2.400
02	Jahnstraße	außen	Sicht zu B05	3.800
03	Maria-Eich-Str.	außen	SK 05 und 06	2.100
04	Vor Rathaus	außen	Sicht zu B04	12.000
05	Bhf. Platz	außen	etwas tiefer, kein Sk zu B04	2.100
06	Hubert-Reissner-Str. 1a	außen	Sicht zu B04	5.700
09	Bhf.Str./Schulstr.	außen	Ecke KiGa	260
10	Parkplatz ev.Kirche	außen	SK zu PLA	210
11	Martinsrieder Str.	außen	SK B22 und PLA	1.000
12	Friedhofsparkplatz	außen	Sicht zu B10	700
13	Alte Pasinger Str.100	außen	Sicht zu B02	640
14	Frühlingstr.	außen	kein SK	0,6
15	Rochusstr.	außen	kein SK	2,6
16	Grenze zu Pasing	außen	SK zu B13	3.700
18	Im Birket /Am Wasserbogen	außen	kein SK	2,5

Tab. 1: Messwerte, bezogen auf Vollast.
Angaben in $\mu W/m^2$ (2 gültige Stellen). 1000 $\mu W/m^2$ = 1 mW/m^2.
Lage der Messpunkte siehe auch Seite 7, Koordinaten aller Messpunkte siehe Seite 49.
Ergebnisse zu den hier fehlenden Messpunkten, an denen nicht das volle Spektrum ausgewertet wurde sowie Detailergebnisse siehe Anhang D (Tabellen ab Seite 48).

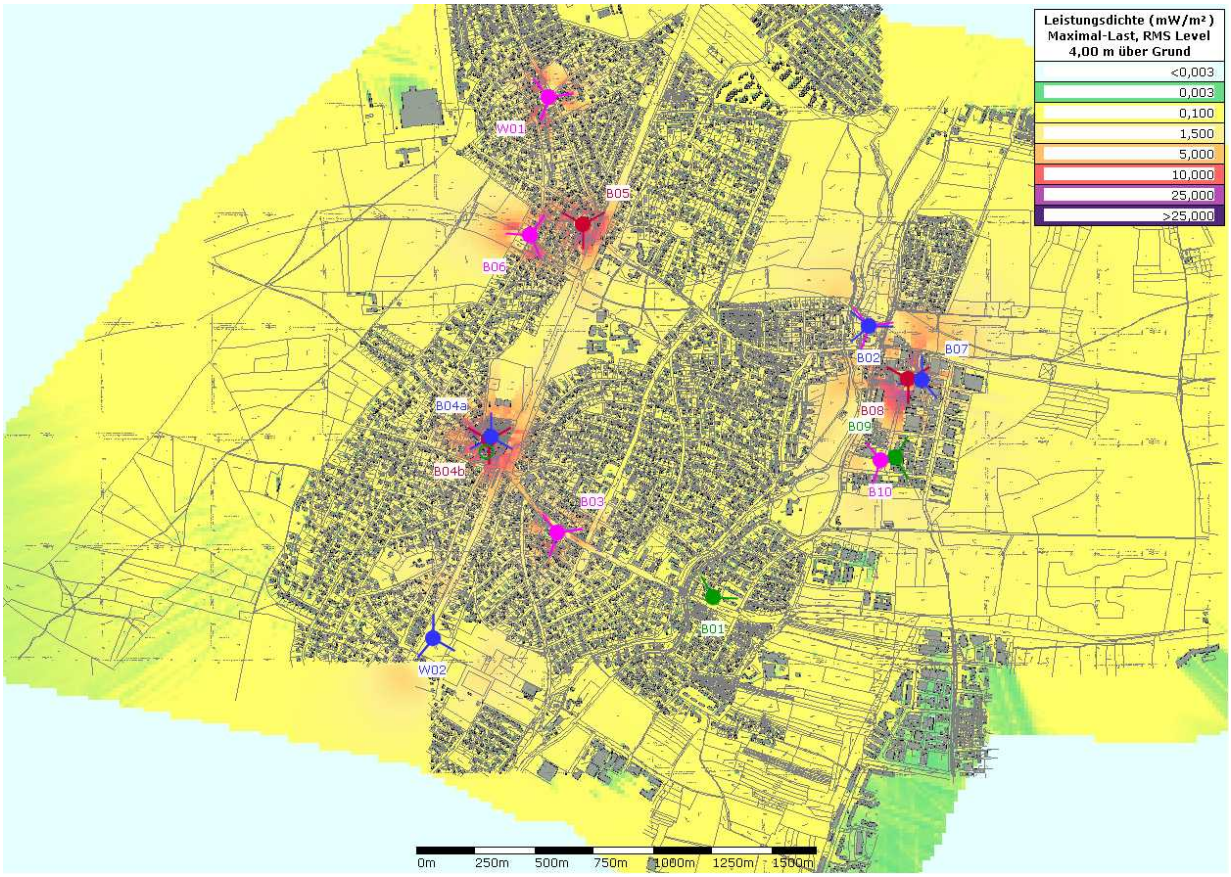
5. Berechnungsergebnisse

5.1 Bestehende Standorte



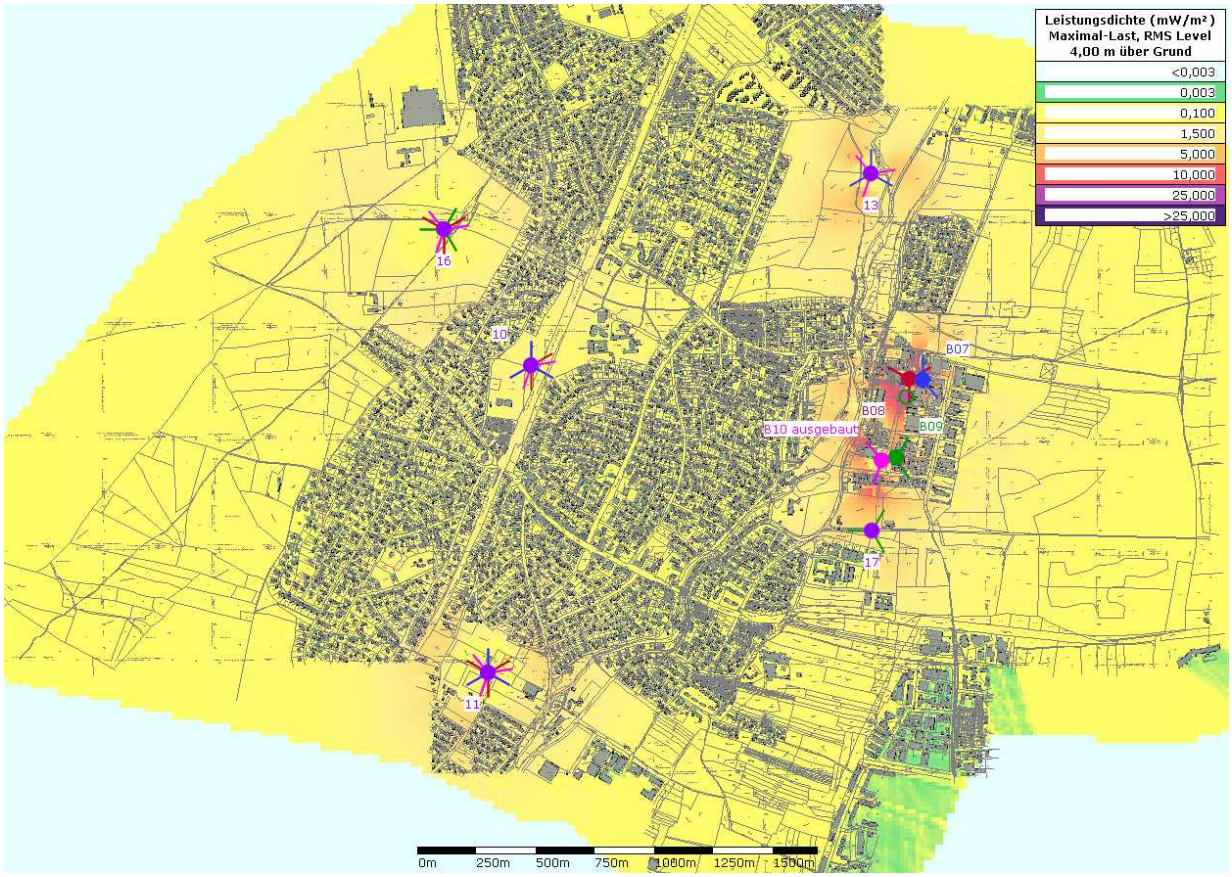
B: Immissionsberechnung zu den bestehenden, während der Messung in Betrieb befindlichen Mobilfunk-Standorten mit eingetragenen Messpunkten. Die Immissionsprognose unterliegt deutlichen Modellvereinfachungen, siehe Seite 4. Für konkretere, gebäudescharfe Aussagen sollten daher die an den Messpunkten gewonnenen Messwerte herangezogen werden.

5.2 Bestehende und geplante Standorte



BW: Immissionsberechnung zu den bestehenden, während der Messung in Betrieb befindlichen Mobilfunk-Standorten sowie den geplanten Standorten W01 und W02.
Detaildarstellungen siehe Anhang B ab Seite 40.
Die Immissionsprognose unterliegt deutlichen Modellvereinfachungen, siehe Seite 4. Für konkretere, gebäudescharfe Aussagen sollten daher die Messwerte herangezogen werden.

5.3 Beispielszenarium



Immissionsprognose zum Beispielszenarium. Gegenüber den bestehenden und geplanten Standorten signifikant reduzierte Immissionen in den Wohngebieten. Detaildarstellungen siehe Anhang C ab Seite 43.

5.4 Vergleiche Ausgangslage / Beispielszenarium

5.4.1 Gegenüberstellung der Immission

Punkt	Ausgangslage mW/m²	Punkt	Szenarium mW/m²
Bestand			
VB01	2,6	VS01	1,6
VB02	0,5	VS02	1,1
VB03	4,5	VS03	1,9
VB04	3,9	VS04	3,7
VB05	2,7	VS05	3,2
VB06	12,0	VS06	3,1
VB07	8,1	VS07	2,6
VB08	7,6	VS08	2,3
VB09	30,1	VS09	1,0
VB10	32,9	VS10	1,7
VB11	24,5	VS11	2,0
VB12	20,7	VS12	1,3
VB13	14,0		
VB14	13,2		
VB15	17,3		
VB16	12,8		
VB17	6,8		
⊘ *Bestand*	*12,6*		
Wunsch			
VB18	17,1		
VB19	7,2		
VB20	16,9		
VB21	3,4		
VB22	2,4		
⊘ *Wunsch*	*9,4*		
Bestand und Wunsch		Szenarium	
⊘	11,5	⊘	2,1

Tab. 2: Gegenüberstellung der berechneten Immission an ungünstigen Immissionspunkten im Bereich der jeweils umliegenden Wohnbebauung. Höhe über Grund: 4 m. In den Spalten „Ausgangslage“ und „Szenarium“ sind jeweils alle betroffenen Anlagen zugleich aktiviert. VB18-22: Berücksichtigung der Stationen W1 und W2. Lage der Punkte VB und VS: siehe ab Seite 40.

5.4.2 Gegenüberstellung der Kapazitäten

		Standorte	NB	Dienste	Funkzellen	Kanäle
Bestand Wohngebiet	B01	1	1	1	1	2
Bestand Wohngebiet	B02	1	2	2	6	18
Bestand Wohngebiet	B03	1	1	2	6	15
Bestand Wohngebiet	B04	1	2	3	9	21
Bestand Wohngebiet	B05	1	1	1	3	12
Bestand Wohngebiet	B06	1	1	1	3	12
Bestand Gewerbe	B07	1	1	1	3	3
Bestand Gewerbe	B08	1	1	2	6	15
Bestand Gewerbe	B09	1	1	1	3	3
Bestand Gewerbe	B10	1	1	1	3	3
Bestand Gewerbe (incl. Erweiterung)	B10 erw.	1	1	2	6	15
Wunsch	W01	1	1	2	6	15
Wunsch	W02	1	1	2	6	9
Szenarium	10	1	3	4	10	13
Szenarium	11	1	3	6	18	39
Szenarium	13	1	2	2	6	18
Szenarium	16	1	3	6	18	39
Szenarium	17	1	1	1	3	6
Bestand Wohngebiet	**Summe**	**6**	**8**	**10**	**28**	**80**
	⌀		**1,3**	**1,7**	**4,7**	**13,3**
Bestand incl. Gewerbe	**Summe**	**10**	**12**	**15**	**43**	**104**
	⌀		**1,2**	**1,5**	**4,3**	**10,4**
Wunsch	**Summe**	**2**	**2**	**4**	**12**	**24**
	⌀		**1,0**	**2,0**	**6,0**	**12,0**
Bestand incl. Gewerbe und Wunsc	**Summe**	**12**	**14**	**19**	**55**	**128**
	⌀		**1,2**	**1,6**	**4,6**	**10,7**
Szenarium ohne Gewerbe	**Summe**	**5**	**12**	**19**	**55**	**115**
	⌀		**2,4**	**3,8**	**11,0**	**23,0**
Szenarium incl. Gewerbe	**Summe**	**9**	**16**	**25**	**73**	**151**
	⌀		**1,8**	**2,8**	**8,1**	**16,8**

Tab. 3: Gegenüberstellung der bei den Berechnungen zugrunde gelegten Kapazitäten.
B10: Im Szenarium wurde die Erweiterung zugrunde gelegt (B10erw).
NB: Anzahl der Netzbetreiber (standortbezogen).

6. Beurteilung

6.1 Messergebnisse

An allen Messpunkten wird der in Deutschland gültige Grenzwert nach der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes eingehalten.

Zum Zeitpunkt der Messung war am Standort B06 (Maria-Eich-Str. 18) T-Mobile-UMTS nicht in Betrieb. Die Station B10 (Am Kirchenhölzel 14) wird derzeit um T-Mobile-GSM erweitert (Montage der Antennen zwischen dem ersten und dem letzten Messtermin). Die standortbescheinigten O_2-UMTS-Anlagen am Amselweg 3-7 und an der Freihamer Str. 2 sind zum Zeitpunkt der Messungen nicht aufgebaut.

6.2 Immissionsminimierung

Das Beispielszenarium zeigt, dass gegenüber den derzeit in Betrieb befindlichen Anlagen eine wirksame Reduktion der Strahlenbelastung der jeweiligen benachbarten Wohnbebauung möglich ist.

Die Leistungsflussdichte an den ungünstigen Immissionspunkten sinkt von durchschnittlich 12,6 mW/m^2 auf etwa ein Sechstel (2,1 mW/m^2).

6.3 enorm-Konzept

Für das Beispielszenarium konnten die Standort-Alternativen aus dem enorm-Konzept übernommen werden. Wie aus Tabelle 2 auf Seite sowie den Grafiken in Anhang B ab Seite 40 ersichtlich wird, liegt die prognostizierte Immission z.T. über der von enorm prognostizierten. Gründe für die Abweichungen ergeben sich aus

- unterschiedlichen Annahmen bei der UMTS-Sendeleistung.
  Enorm ging hier offenbar von der Grundlast aus (34 dBm = 2,5 W, vgl. Tabelle im Kapitel „Prädiktionstool“).
  Das vorliegende Standortgutachten geht demgegenüber von Vollast aus (worst case, 43 dBm = 20 W)
- unterschiedlichen Annahmen bei der Bestückung.
  Das vorliegende Standortgutachten orientiert sich bei der Bestückung gem. Standortbescheinigungen am behördlich genehmigten Bestand (aufgebaute Funkdienste) und geht im Beispielszenarium auftragsgemäß („guter Versorgungspegel (GSM/UMTS) mit Kapazitätsreserven“) von einer Erweiterung der Kapazitäten aus, siehe 6.6.

6.4 Ausbauplanungen

Neben den bestehenden Anlagen wurden für die Entwicklung des Beispielszenariums auch die Ausbauplanungen der Netzbetreiber T-Mobile (W01, Aubinger Str. 41) und O_2 (W02, Freifläche bei Dieckm.-Platz) berücksichtigt, was sich in zusätzlichen Basisstationen in räumlicher Korrespondenz zu den Varianten W01 und W02 niederschlug.

6.5 Versorgungspegel

Wie aus Anhang A ersichtlich ist, sind derzeit einige Funkdienste nicht im gesamten bebauten Bereich in guter Qualität verfügbar. Durch das Beispielszenarium wird der Versorgungspegel in diesen Problembereichen durch zusätzliche Anlagen bzw. geringere Pfadverluste aufgrund besserer Sichtkontakte bei höher montierten Antennen signifikant angehoben.

6.6 Kapazitätsreserven

- Mobilfunkanlagen werden in der Regel mit weniger Kanälen aufgebaut als bei der Bundesnetzagentur beantragt. Für den Fall eines Anstiegs der Verkehrslast werden dann Module bis zu der bei der Bundesnetzagentur beantragten Konfiguration nachgerüstet. Da das Beispielszenarium stets mindestens von der Anzahl der derzeit beantragten Sektoren ausgeht, besteht diese Kapazitätsreserve auch hier.
- Das Beispiel-Szenarium rechnet mit einem Zuwachs an Basisstationen. So wächst die Zahl der Funkzellen (Bestand und Wunsch) von 55 auf 73, vgl. Tab. 3 auf Seite 11.
- Zusätzlich besteht für alle Netzbetreiber die auf dem Gemeindegebiet derzeit nicht genutzte Möglichkeit der Nutzung beider GSM-Frequenzbereiche (GSM-900 und GSM-1800). Vodafone verfügte an der Station B04 (Freihamer Str. 2) mit Standortbescheinigung vom 17.10.2001 neben dem D-Netz auch über E-Netz-Kanäle, benötigt diese derzeit aber offensichtlich nicht (vgl. Standortbescheinigung vom 25.2.2005).

6.7 E-Plus-Anlage auf dem Gebäude Amselweg 3-7 (B01)

Die E-Plus-Mobilfunkanlage am Amselweg 3-7 zeigt, dass bei funktechnisch „guten“ Standorten mit geringen Pfadverlusten auch mit deutlich geringerer Sendeleistung eine qualitativ gute Versorgung des Ortskernbereichs von Gräfelfing möglich ist.

Nach der Immissonsberechnung ist die Befeldung im Umfeld dieses Standorts geringer als z.B. bei den ebenfalls mit einem Funkdienst, jedoch derzeit üblicher Sendeleistung bestückten Varianten S12 und S17, vgl. Anhang B. Da die Immissionsprognose deutlichen Modellvereinfachungen unterliegt (siehe Seite 4), wird empfohlen, die räumliche Verteilung der Befeldung durch eine aufbauende detaillierte Messung zu prüfen und nach Vorlage der Ergebnisse ggf. darüber zu entscheiden, ob die Anlage im Sinne der Immissionsminimierung als akzeptabel erscheint.

6.8 Empfehlung / Schlussbemerkung

Weitere Standortalternativen, die eine in immissionsmäßiger Gesamtsicht wesentlich günstigere Situation als die hier gerechneten erwarten lassen, wurden im Rahmen der Vorortaufnahmen nicht festgestellt.

Das Beispielszenarium wurde vom Gewerbegebiet aus entwickelt. Dabei wurde Wert darauf gelegt, die Mobilfunkstationen im Beispielszenarium möglichst in räumlicher Korrespondenz zu den derzeitigen Standorten bzw. Ausbauwünschen zu positionieren.

Die untersuchten Alternativen geben Spielraum für unterschiedliche Gestaltungsvarianten, der im Rahmen der funktechnischen Notwendigkeiten genutzt werden kann. Zusätzlich zum Beispielszenarium sind auch andere Szenarien denkbar.

Es wird empfohlen, sich mit den Netzbetreibern bzgl. Konkretisierung möglicher Standortvarianten auszutauschen.

Umweltinstitut München e.V.
Verein zur Erforschung und Verminderung der Umweltbelastung

Die hier dargestellten Berechnungen zu Varianten entsprechen in ihrer Auslegung und Platzierung den dokumentierten Annahmen. Im Fortgang der Planungen bzw. Verhandlungen mit den Netzbetreibern kann es erforderlich werden, weitere Standortalternativen und geänderte funktechnische Parameter zu prüfen.

Aufgrund der Topographie, der Besiedlungsstruktur Gräfelfings und der Lage der Verkehrsachsen ist es aus technischer Sicht gut möglich, Standorte außerhalb von Wohngebieten zu finden, ohne dass Versorgungspegel und Kapazität beeinträchtigt werden. Das gewählte Beispielszenarium zeigt, dass sich Immissionsminimierung und die Verbesserung von Einzelaspekten nicht im Wege stehen müssen.

Für Rückfragen stehe ich gerne zur Verfügung.

München, den 23. Januar 2008

Hans Ulrich-Raithel, Dipl.-Ing. (FH)
Referent elektromagnetische Felder

Anhang A
Gegenüberstellung der Funkdienste im Detail

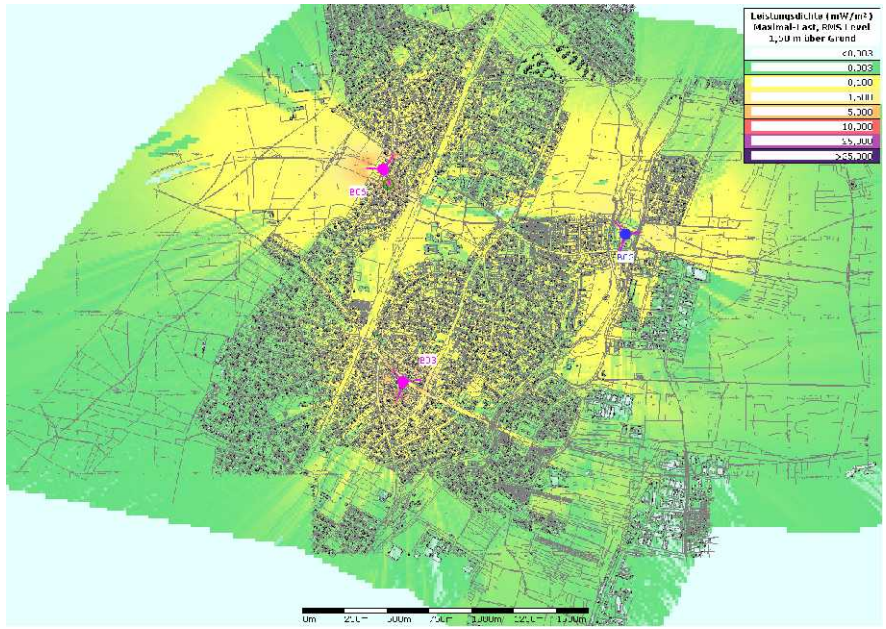
Immissionsprognosen und daraus abgeleitete Grafiken zum Versorgungspegel sowie Darstellung der „Best Server-Bereiche“ je Netzbetreiber und Funkdienst auf dem Gemeindegebiet siehe folgende Seiten.

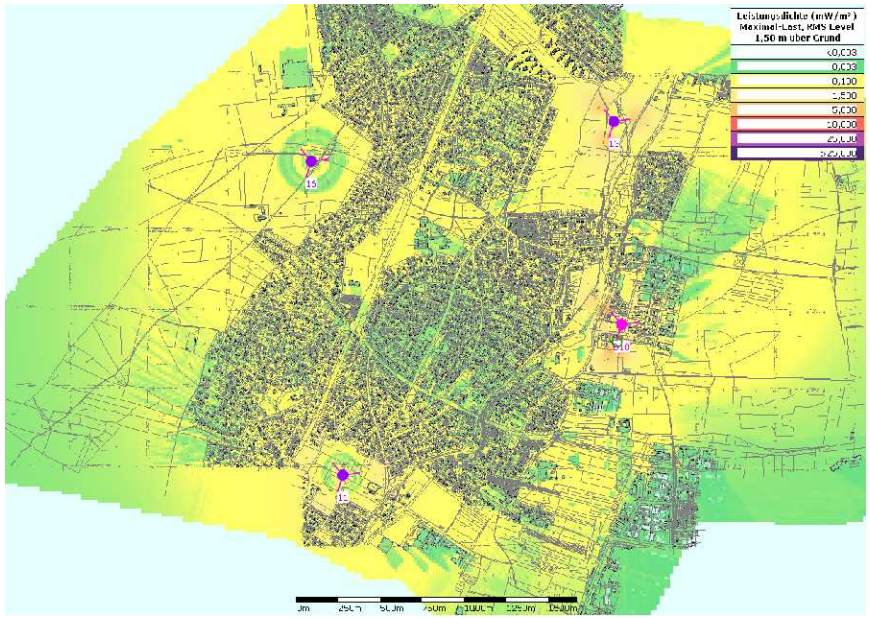
Die Farbgrafiken sind in der elektronischen Fassung (PDF) in der Original-Auflösung eingebettet, dh können dort vergrößert betrachtet werden.

Umweltinstitut
München e.V.

Verein zur Erforschung und Verminderung der Umweltbelastung

T-Mobile-GSM (Immission)



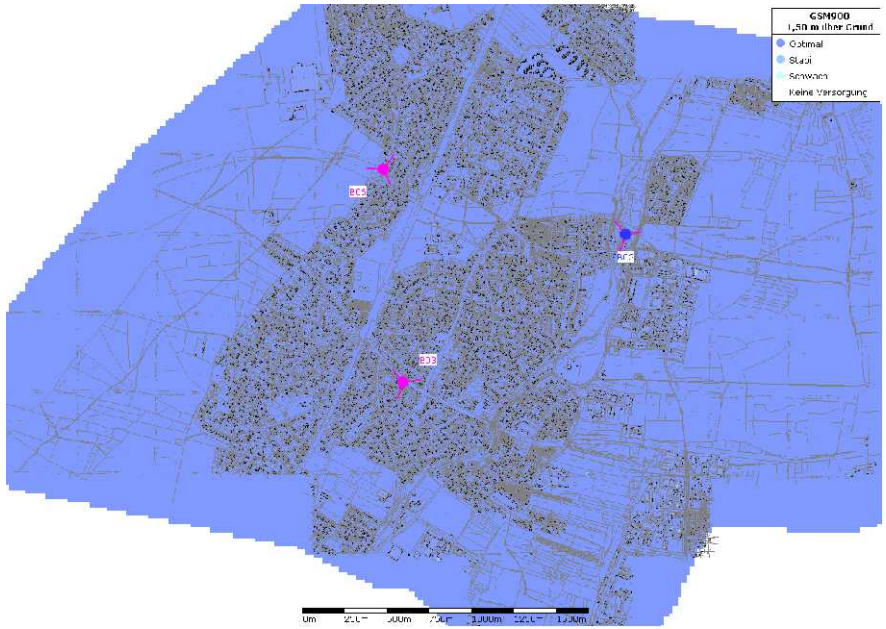


BTG-I: Immissionsberechnung zu den bestehenden GSM-Standorten von T-Mobile	ETG-I: Immissionsprognose zu möglichen GSM-Standorten von T-Mobile gem. Beispielszenarium. Immission im Nahbereich reduziert und gleichmäßiger verteilt.

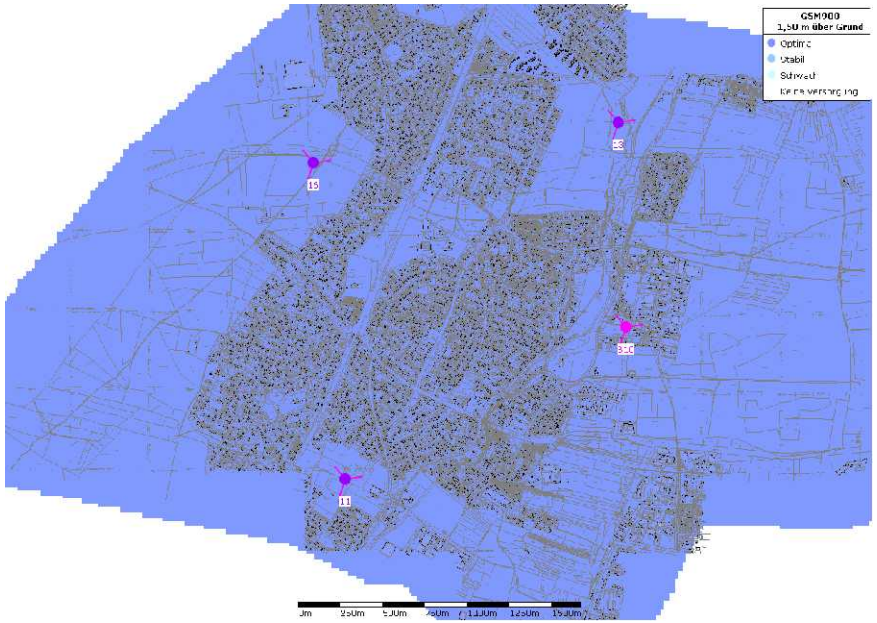
Umweltinstitut
München e.V.

Verein zur Erforschung und Verminderung der Umweltbelastung

T-Mobile-GSM (Versorgungspegel)



BTG-V: Bestand. Versorgungspegel: optimal.

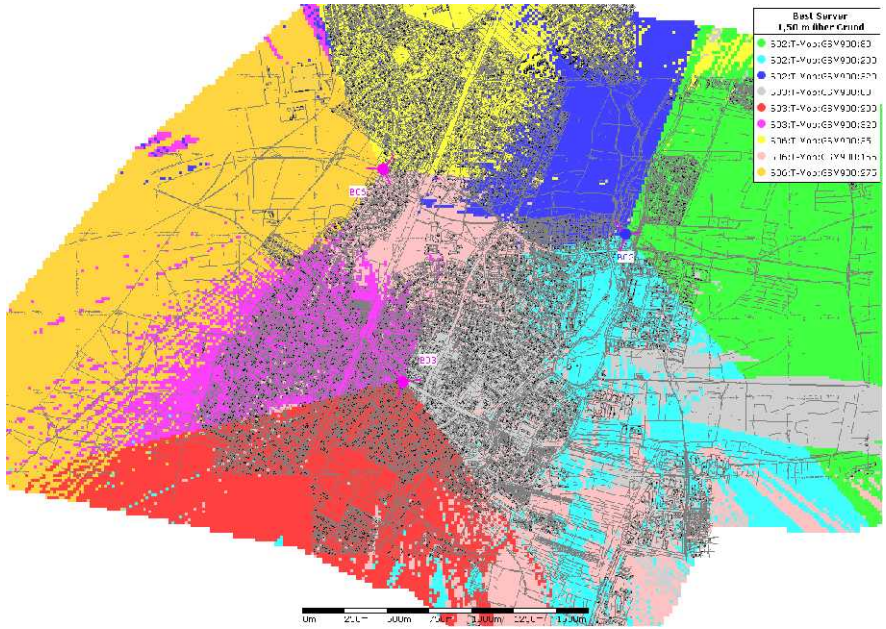


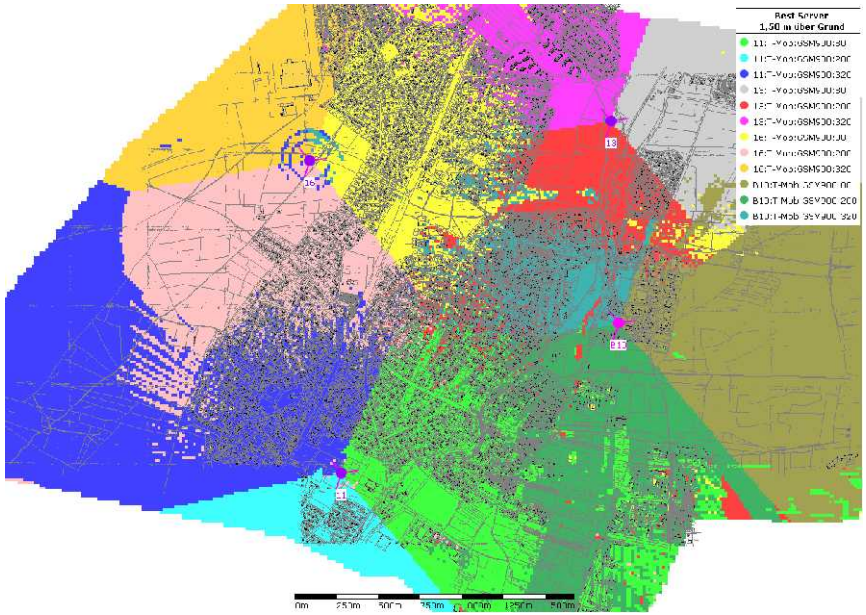
ETG-V: Beispielszenarium. Versorgungspegel: optimal.

Umweltinstitut
München e.V.

Verein zur Erforschung und Verminderung der Umweltbelastung

T-Mobile-GSM (Best Server)



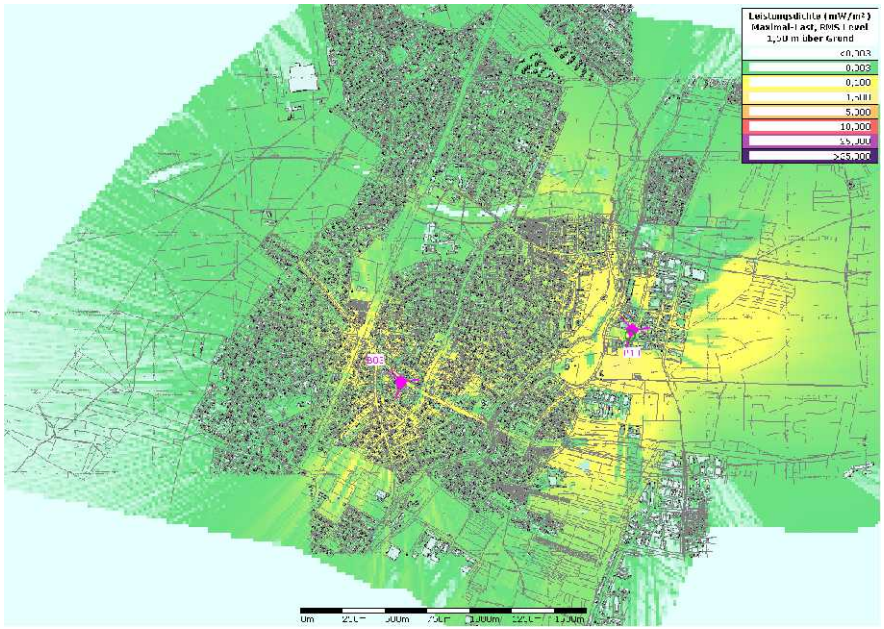


BTG-B: Bestand.	ETG-B: Beispielszenarium. Zuwachs von 3 Zellen.

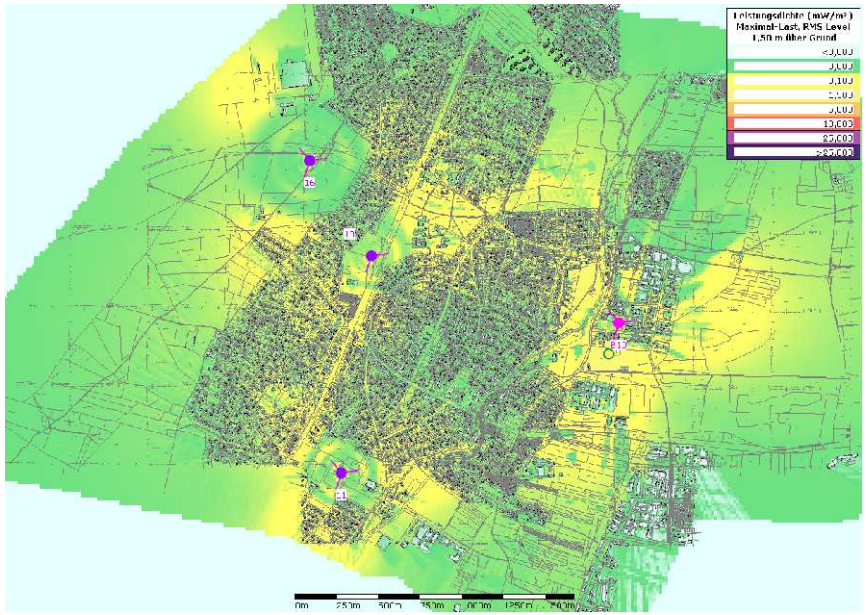
Umweltinstitut
München e.V.

Verein zur Erforschung und Verminderung der Umweltbelastung

T-Mobile-UMTS (Immission)



BTU-I: Bestand.

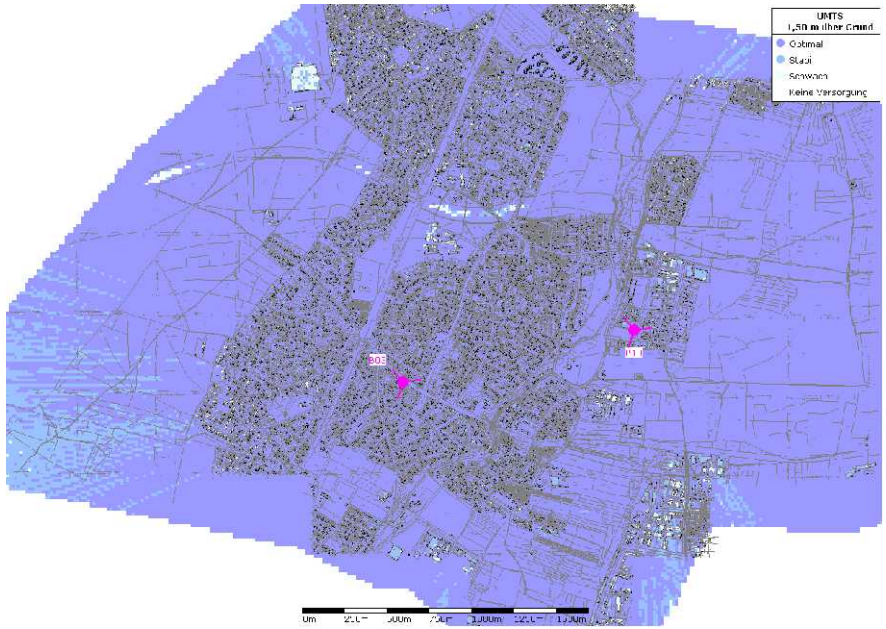


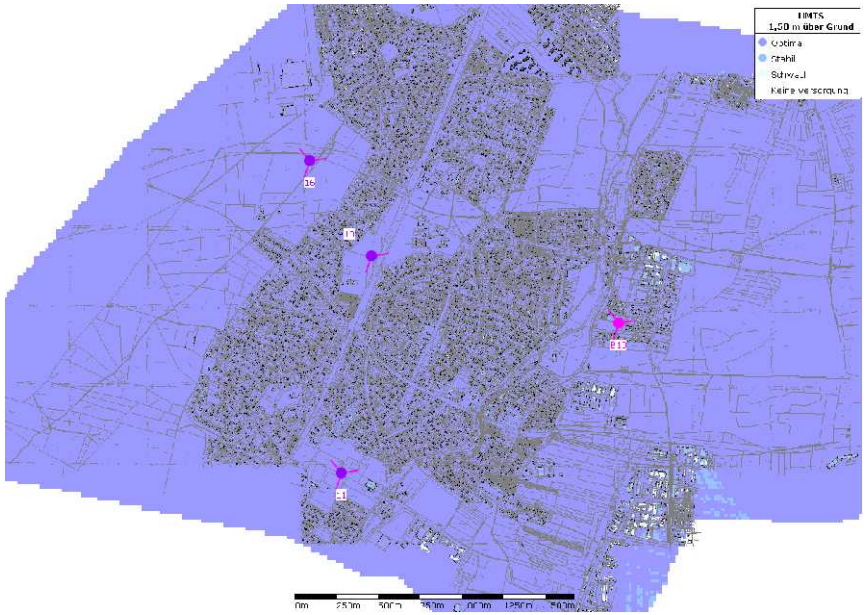
ETU-I: Beispielszenarium. Zuwachs von zwei Stationen.

Umweltinstitut
München e.V.

Verein zur Erforschung und Verminderung der Umweltbelastung

T-Mobile-UMTS (Versorgungspegel)



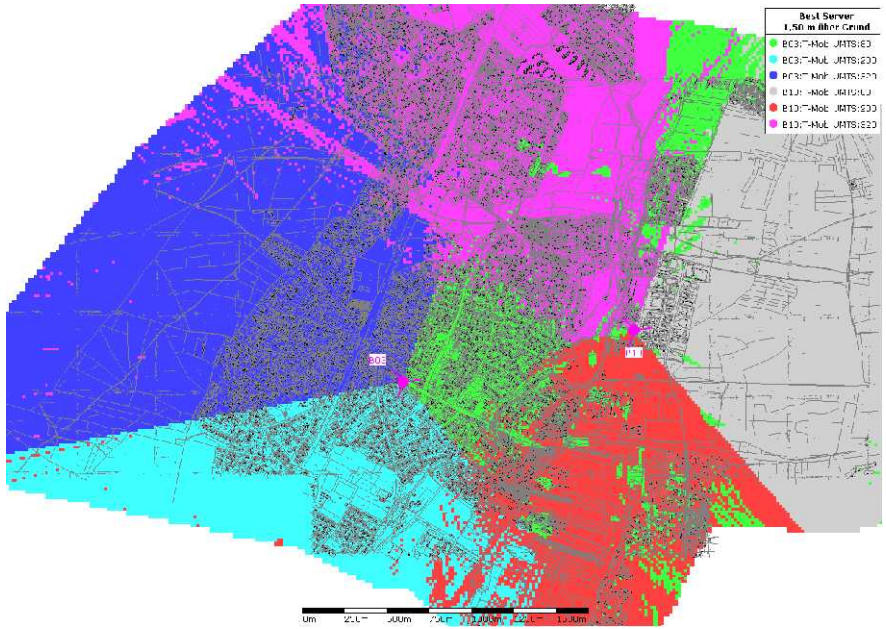


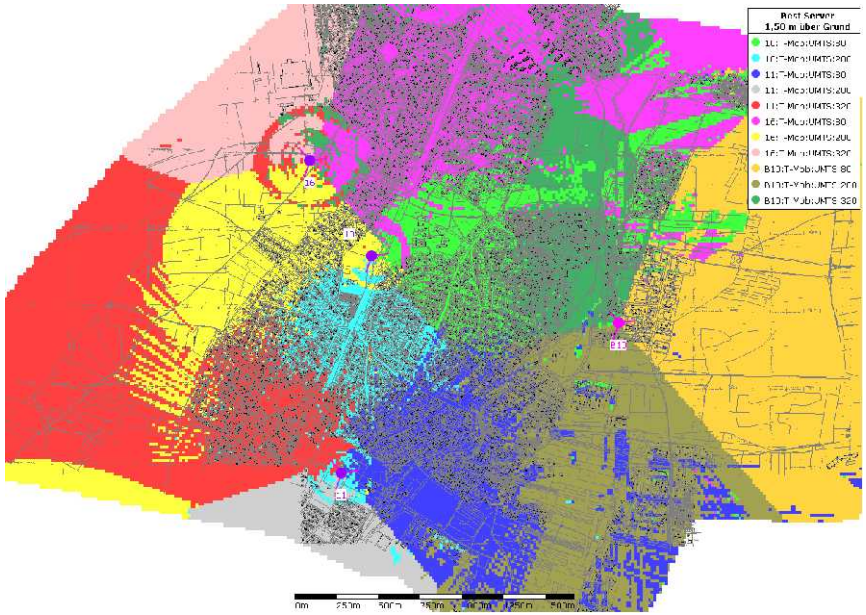
BTU-V: Bestand. Versorgungspegel im südwestlichen und nordwestlichen Bereich der Bebauung sowie im Bereich der Autobahn teilweise eingeschränkt.	ETU-V: Beispielszenarium. Verbesserung des Versorgungspegels im südwestlichen und nordwestlichen Bereich der Bebauung sowie im Bereich der Autobahn.

Umweltinstitut
München e.V.

Verein zur Erforschung und Verminderung der Umweltbelastung

T-Mobile-UMTS (Best Server)



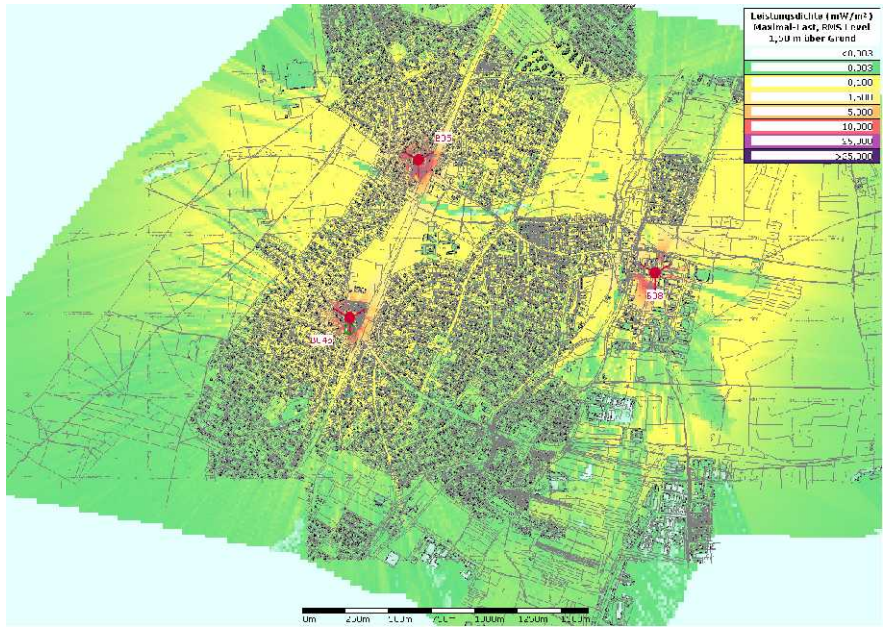


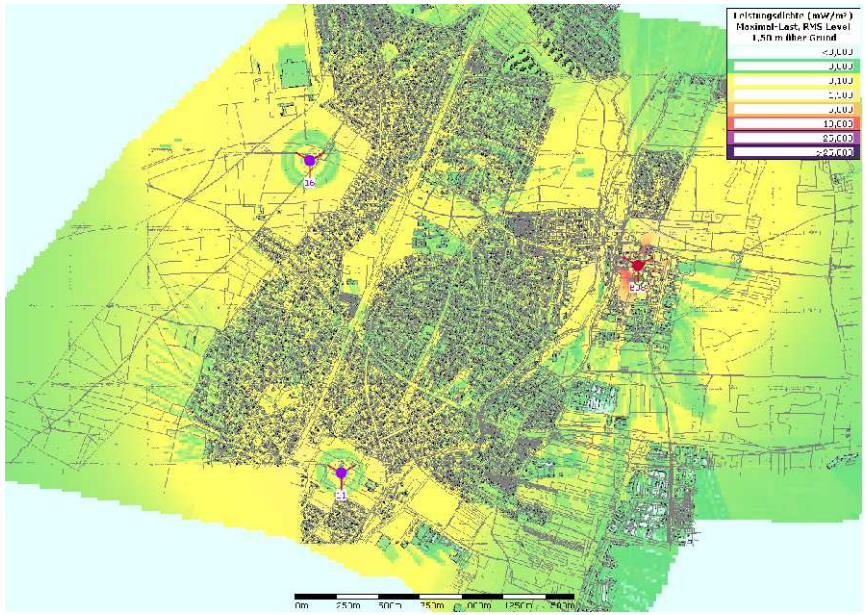
BTU-B: Bestand.	ETU-B: Beispielszenarium. Verbesserung durch zusätzliche Zellen.

Umweltinstitut
München e.V.

Verein zur Erforschung und Verminderung der Umweltbelastung

Vodafone-GSM (Immission)



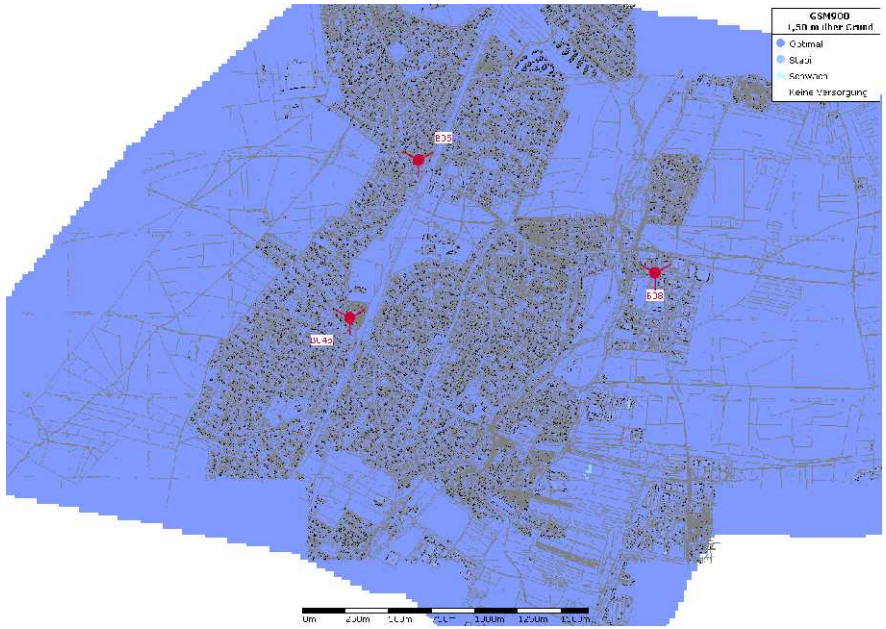


BVG-I: Bestand. Lokale Belastungsspitzen im Nahbereich der bestehenden Stationen.	EVG-I: Beispielszenarium. Immission im Nahbereich reduziert und gleichmäßiger verteilt.

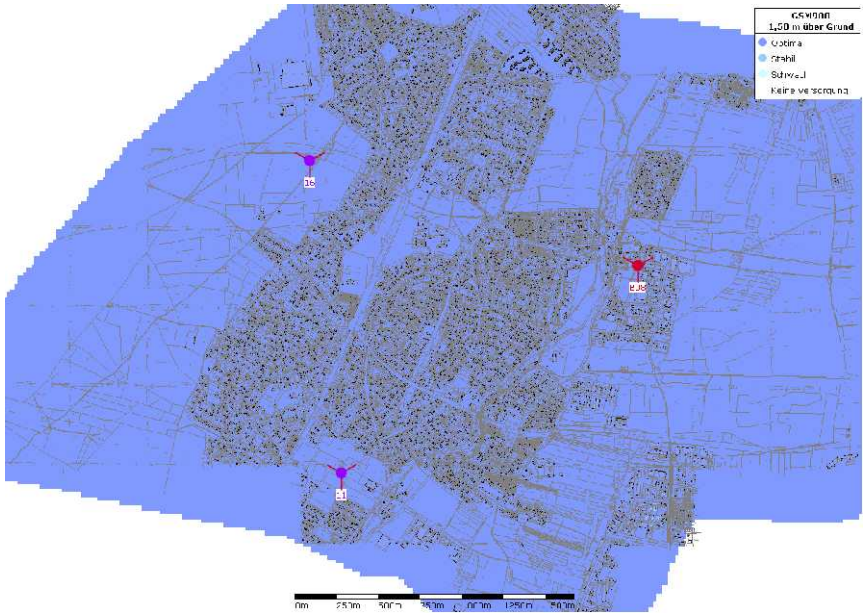
Umweltinstitut
München e.V.

Verein zur Erforschung und Verminderung der Umweltbelastung

Vodafone-GSM (Versorgungspegel)



BVG-V: Bestand. Versorgungspegel optimal.

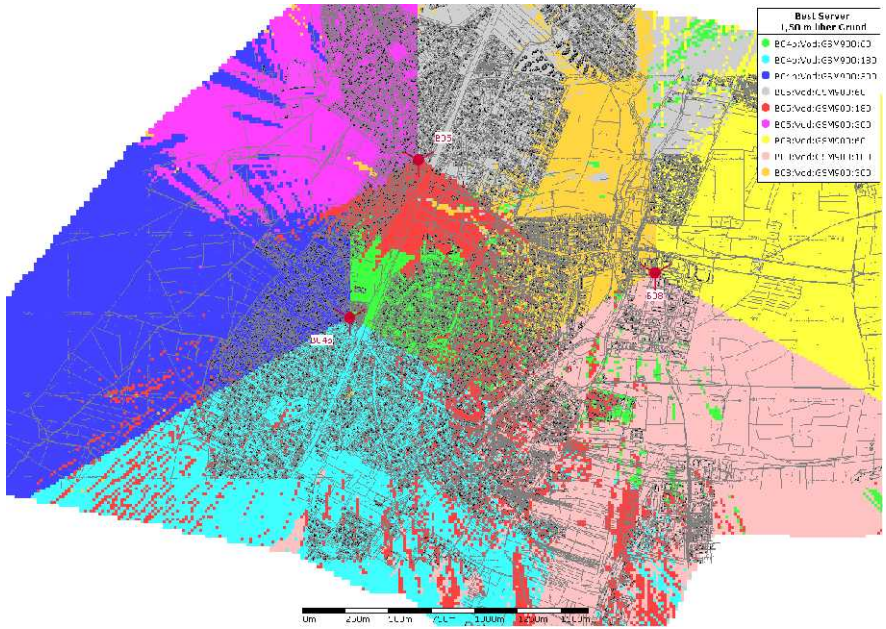


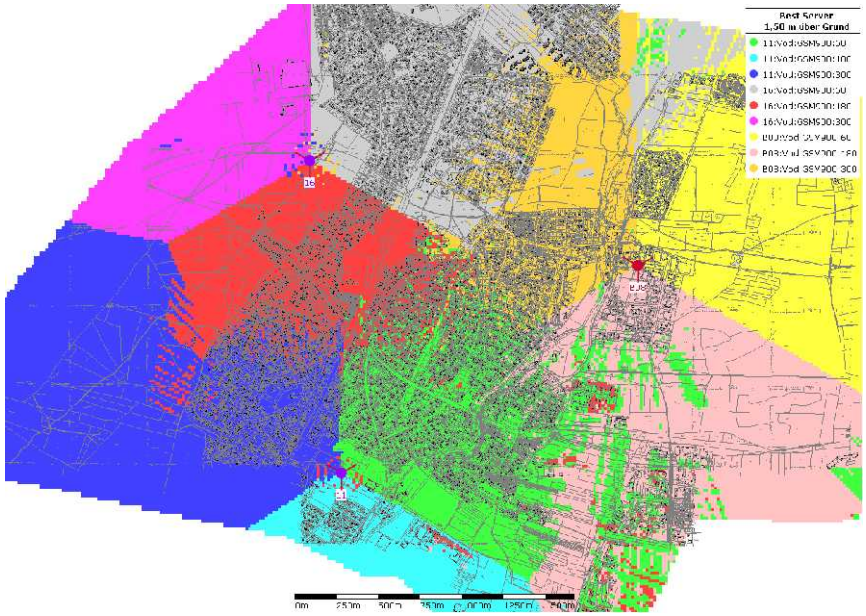
EVG-V: Beispielszenarium. Versorgungspegel optimal.

Umweltinstitut
München e.V.

Verein zur Erforschung und Verminderung der Umweltbelastung

Vodafone-GSM (Best Server)



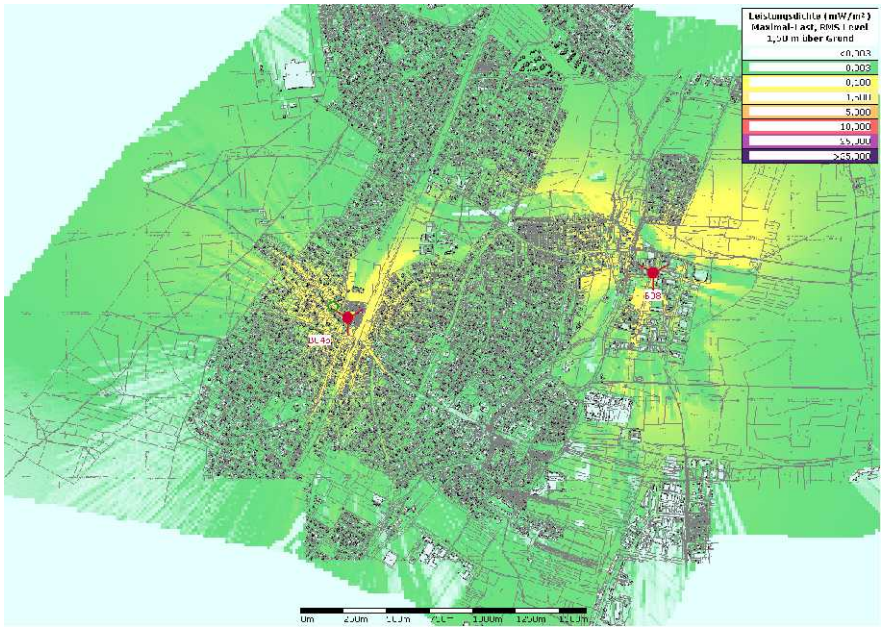


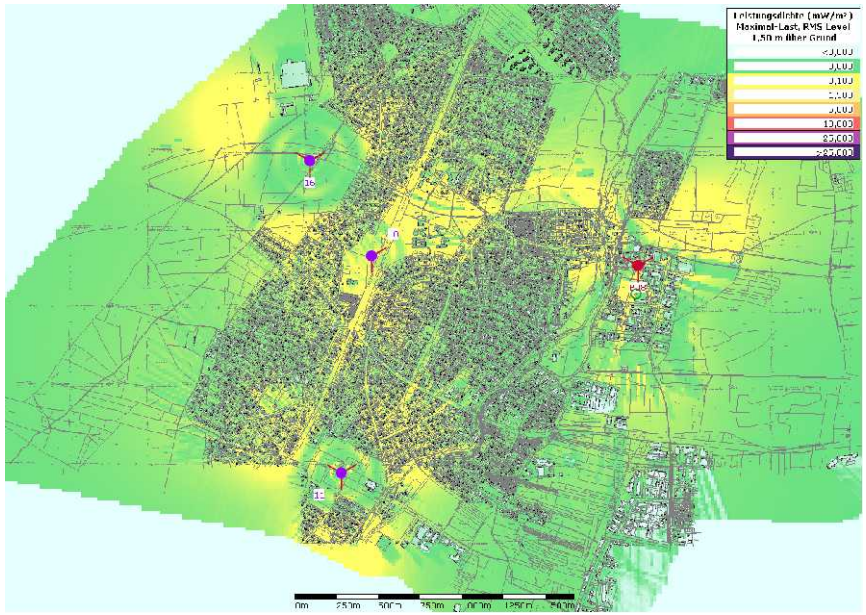
BVG-B: Bestand.	EVG-B: Beispielszenarium. Zahl der Sektoren unverändert.

Umweltinstitut
München e.V.

Verein zur Erforschung und Verminderung der Umweltbelastung

Vodafone-UMTS (Immisson)



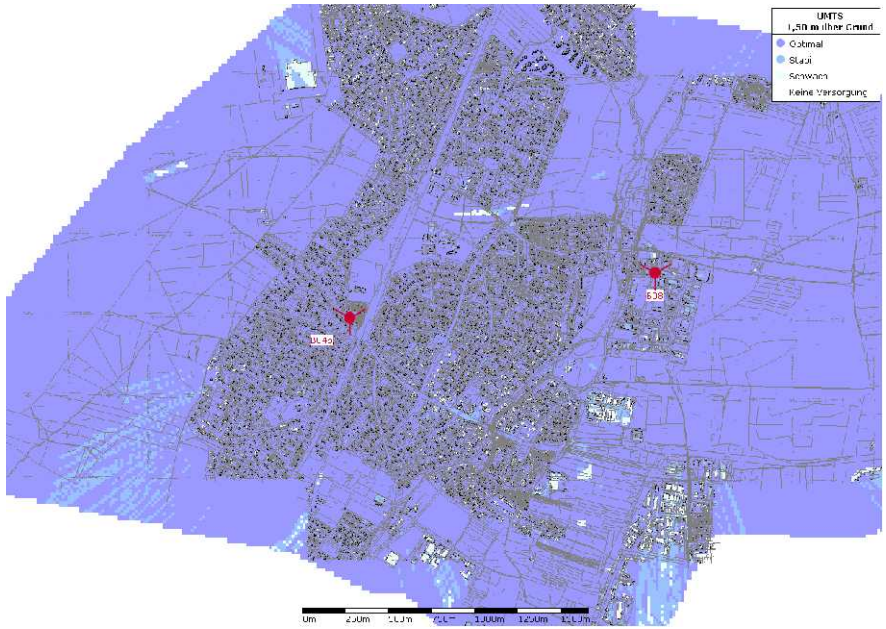


BVU-I: Bestand.	EVU-I: Beispielszenarium. Zuwachs von zwei Stationen.

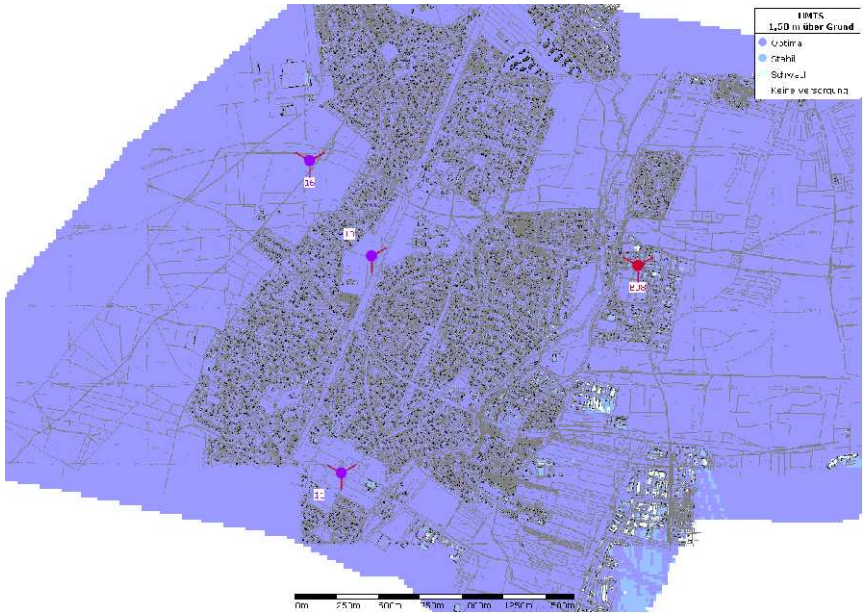
Umweltinstitut
München e.V.

Verein zur Erforschung und Verminderung der Umweltbelastung

Vodafone-UMTS (Versorgungspegel)



BVU-V: Bestand. Eingeschränkter Versorgungspegel im südlichen, südwestlichen und nordwestlichen Bereich der Bebauung

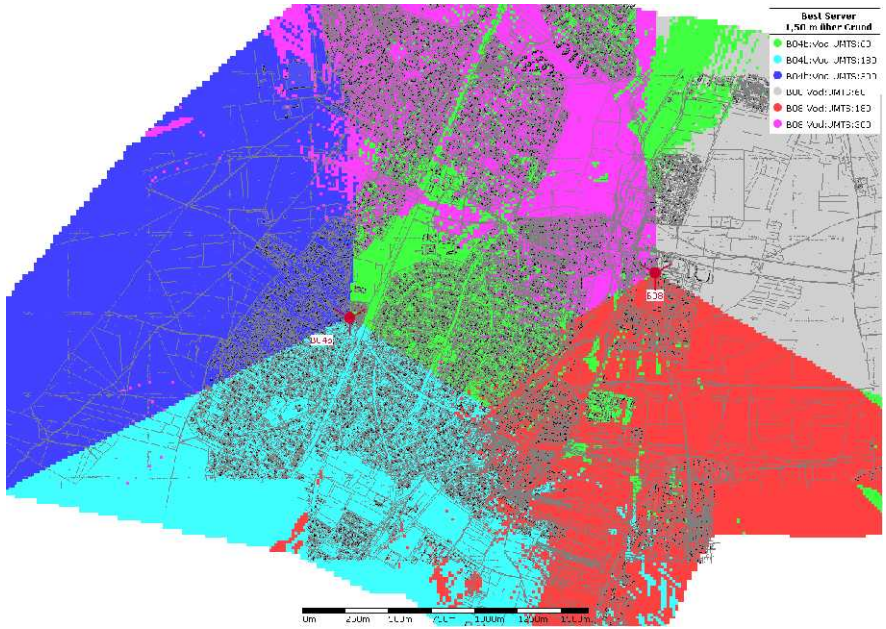


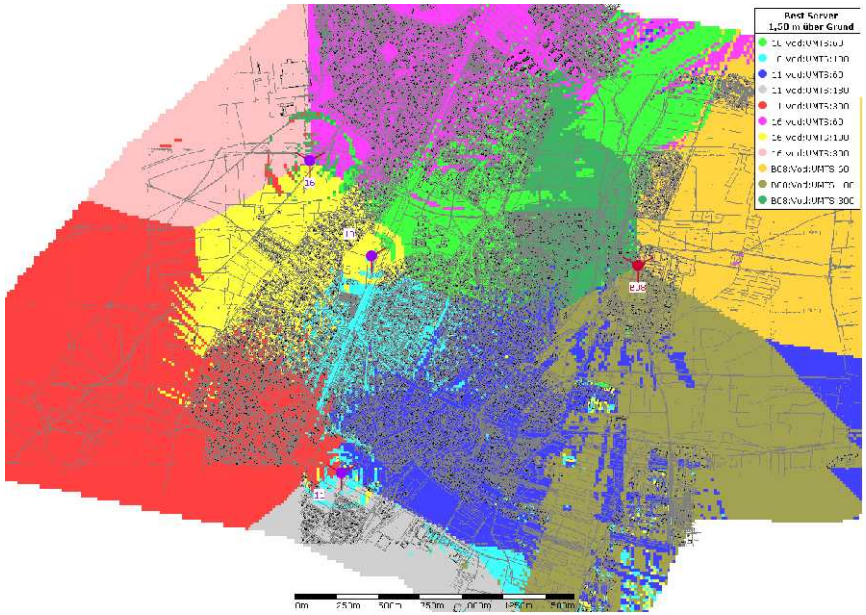
EVU-V: Beispielszenarium. Signifikante Verbesserungen in den Problembereichen.

Umweltinstitut
München e.V.

Verein zur Erforschung und Verminderung der Umweltbelastung

Vodafone-UMTS (Best Server)



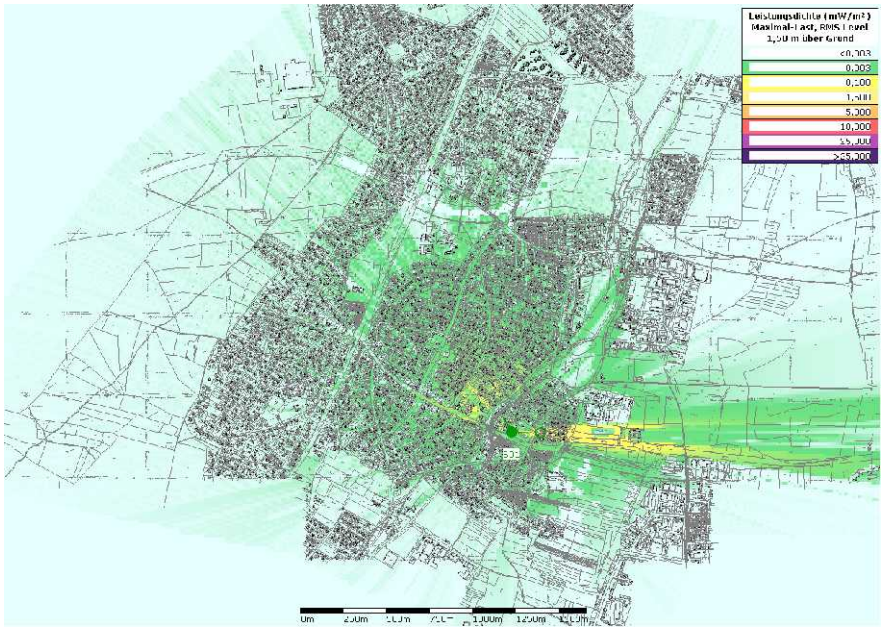


BVU-B: Bestand.	EVU-B: Beispielszenarium. Verbesserung durch zwei zusätzliche Basisstationen (5 Zellen).

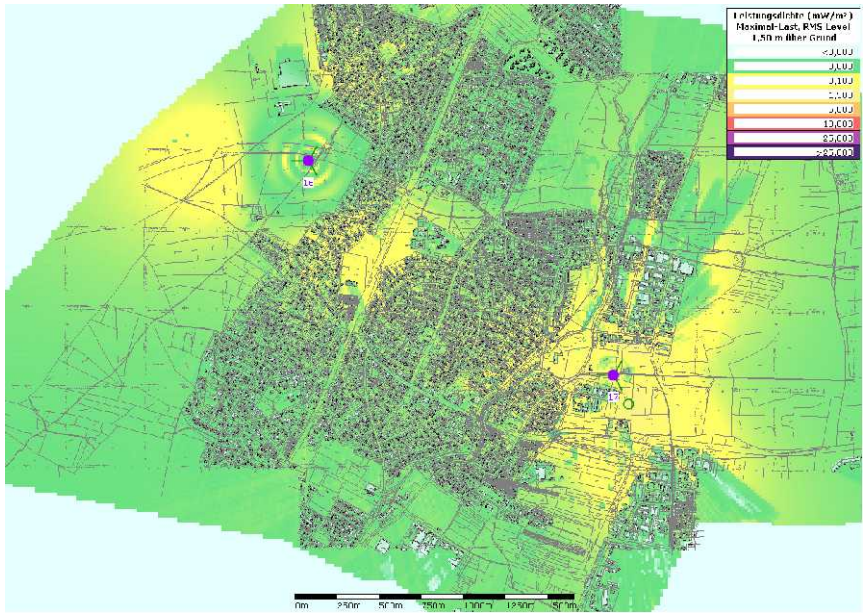
Umweltinstitut
München e.V.

Verein zur Erforschung und Verminderung der Umweltbelastung

E-Plus GSM (Immission)



BEG-I: Bestand. Geringe Belastung aufgrund niedriger Sendeleistung der Anlage und hoher Montagehöhe der Antenne.

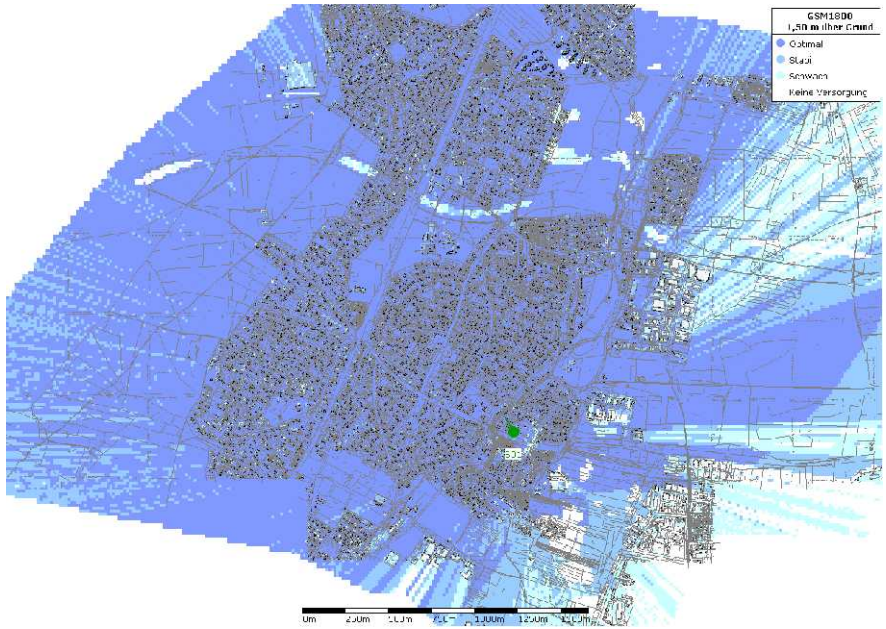


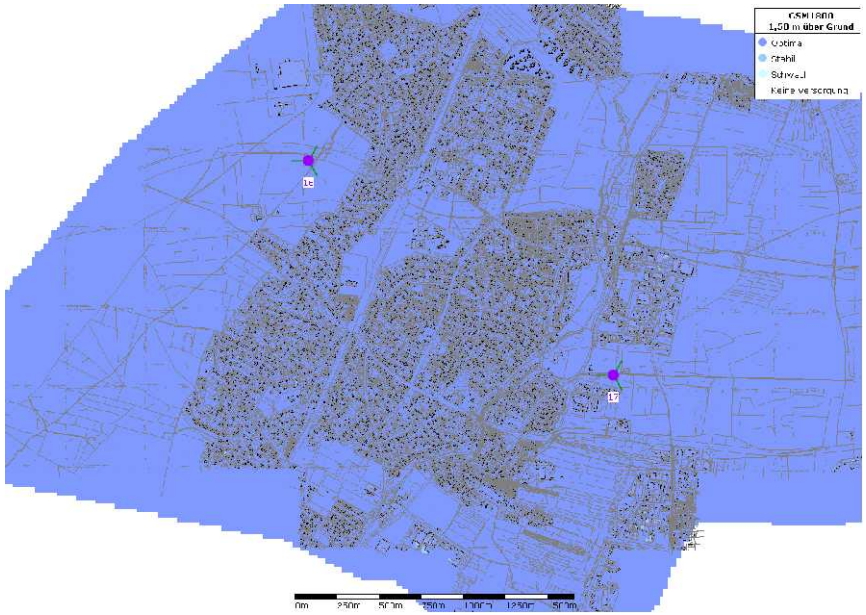
EEG-I: Beispielszenarium. Deutlicher Anstieg der Immissionen infolge der derzeit bei Neuanlagen typischen, gegenüber BEG-I stark erhöhten Sendeleistungen.

Umweltinstitut
München e.V.

Verein zur Erforschung und Verminderung der Umweltbelastung

E-Plus GSM (Versorgungspegel)



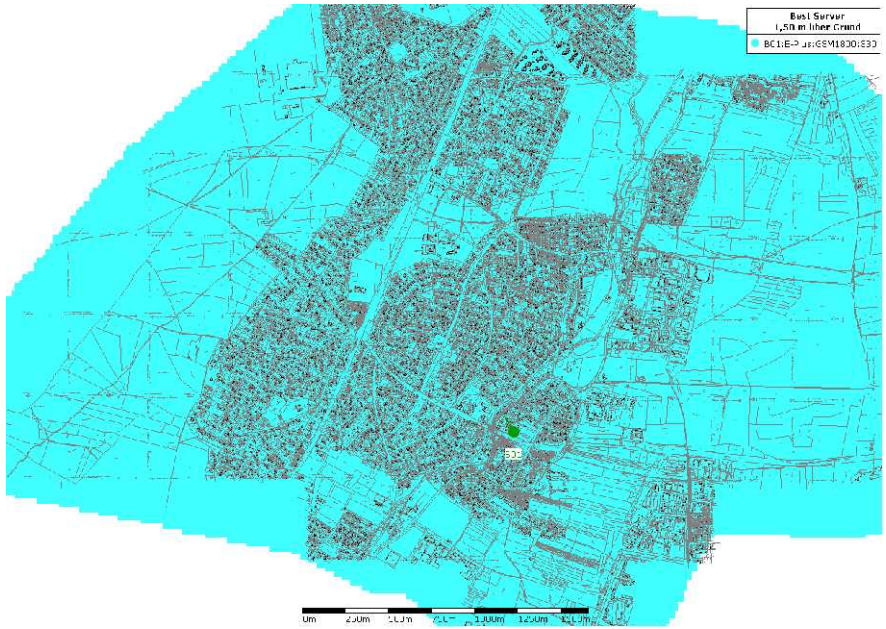


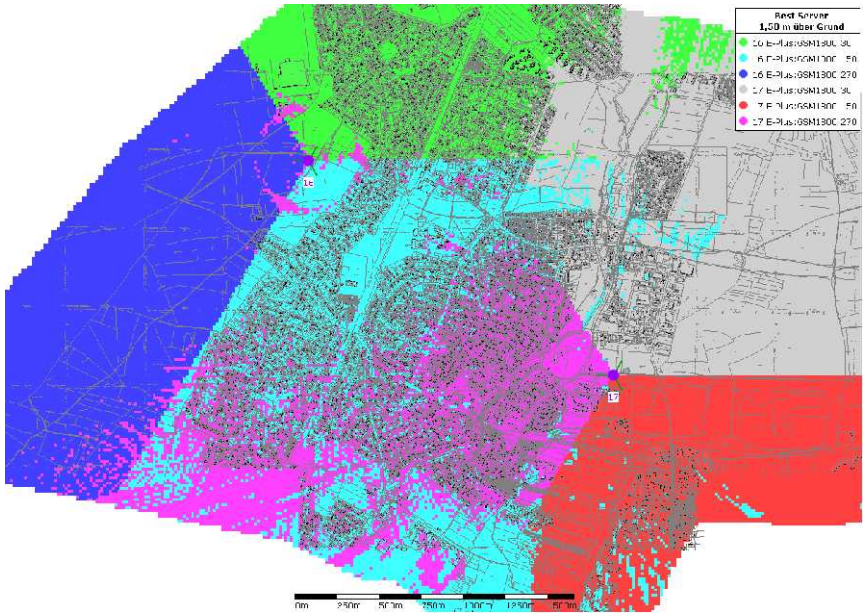
BEG-V: Bestand. Optimaler Versorgungspegel im Ortskernbereich, Einschränkungen in Randbereichen	EEG-V: Beispielszenarium. Optimaler Versorgungspegel.

Umweltinstitut
München e.V.

Verein zur Erforschung und Verminderung der Umweltbelastung

E-Plus GSM (Best Server)



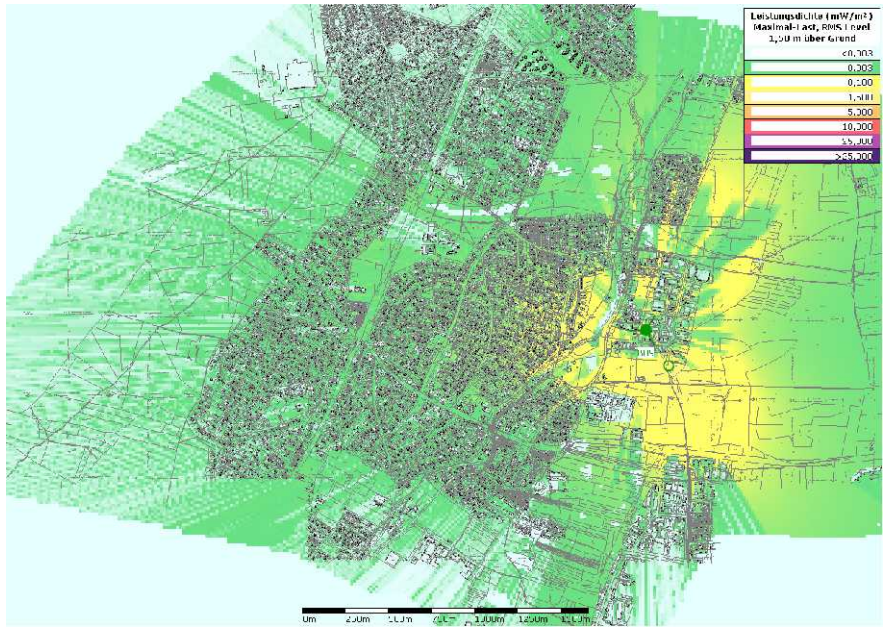


BEG-B: Bestand. Für die Versorgung des Ortskernbereichs ist eine Funkzelle installiert.	EEG-B: Beispielszenarium. Zuwachs von fünf Funkzellen.

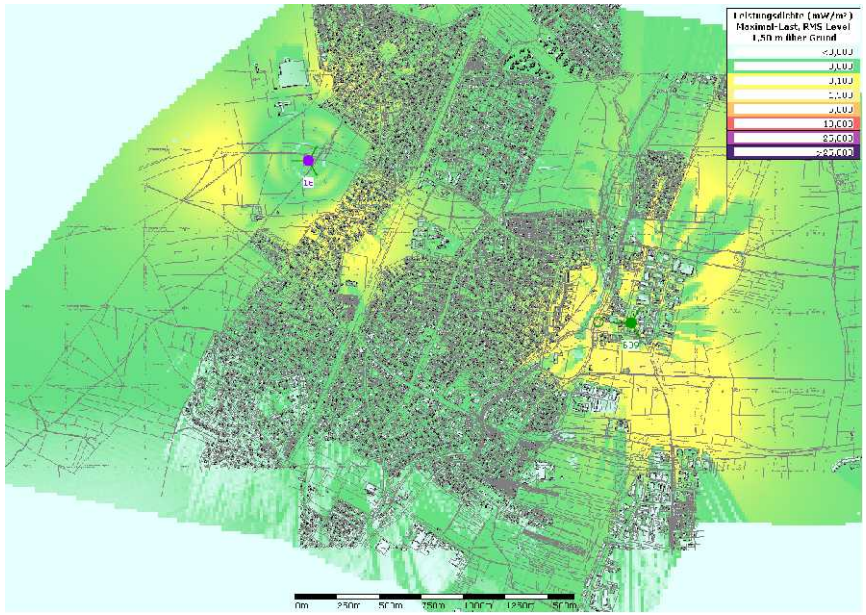
Umweltinstitut
München e.V.

Verein zur Erforschung und Verminderung der Umweltbelastung

E-Plus UMTS (Immission)



BEU-I: Bestand.

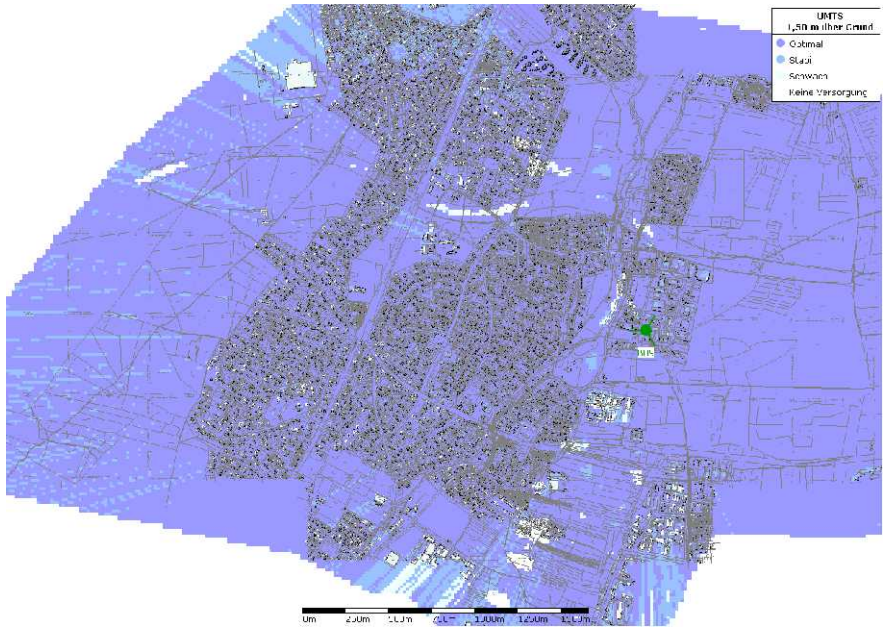


EEU-I: Beispielszenarium. Zuwachs von einer Station.

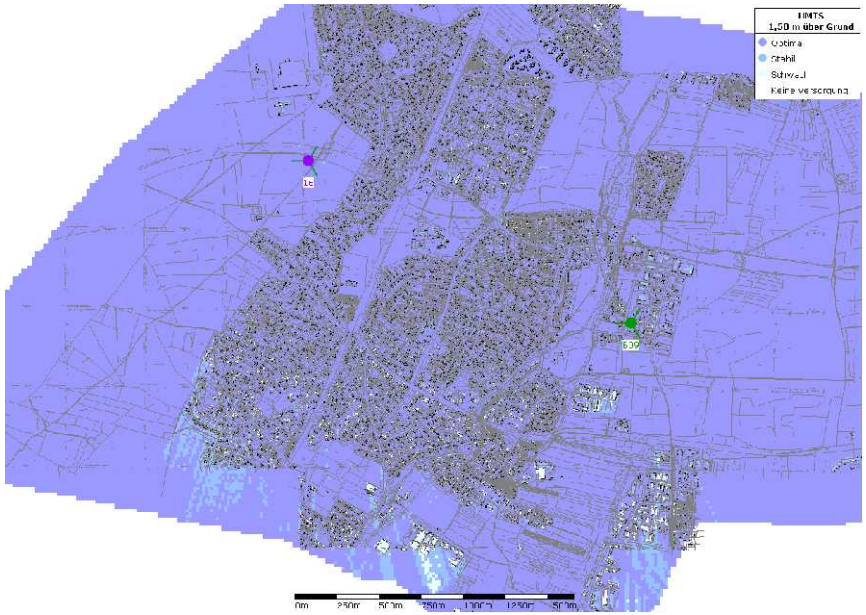
Umweltinstitut
München e.V.

Verein zur Erforschung und Verminderung der Umweltbelastung

E-Plus UMTS (Versorgungspegel)



BEU-V: Bestand. Eingeschränkter Versorgungspegel im südlichen, südwestlichen und nordwestlichen Bereich der Bebauung sowie der Autobahn.

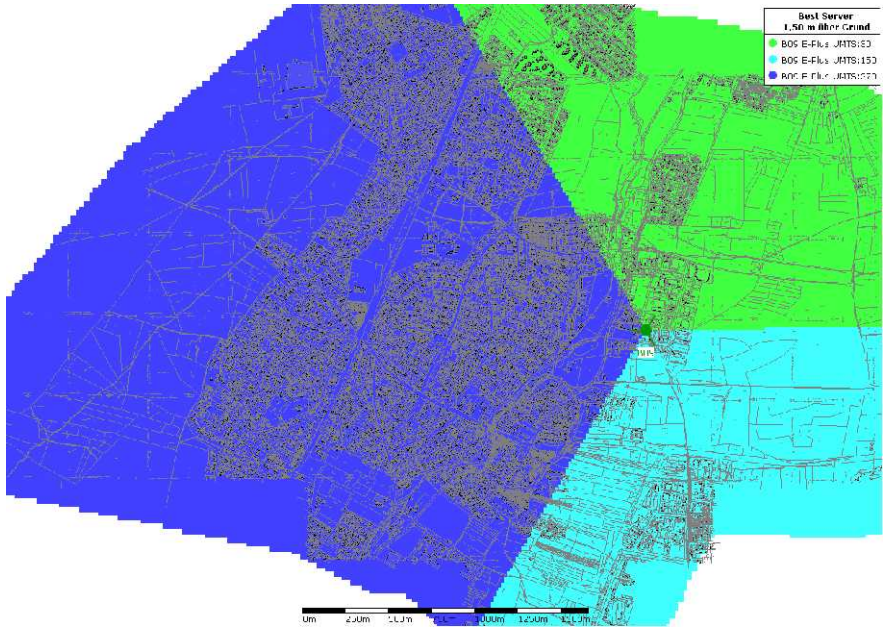


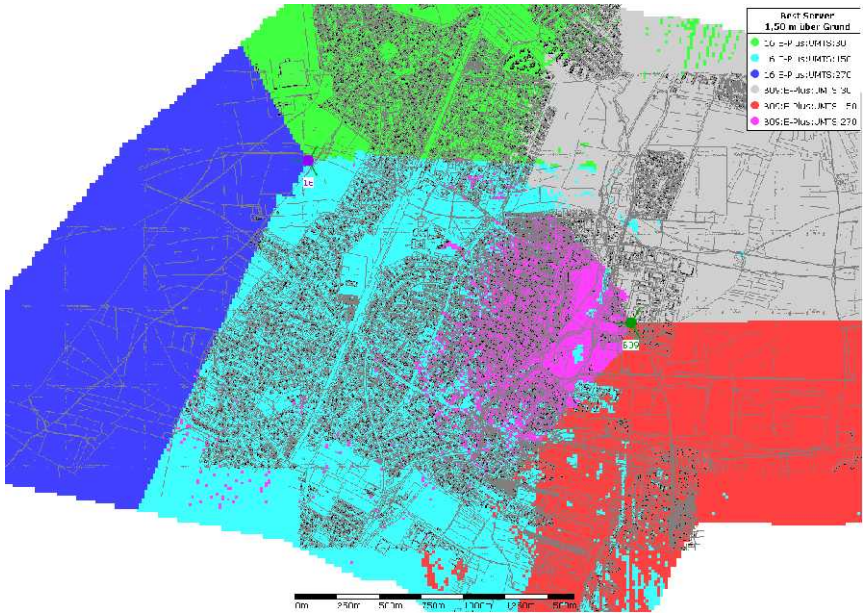
EEU-V: Beispielszenarium. Signifikante Verbesserung im westlichen und nordwestlichen Bereich sowie bei der Autobahn.

Umweltinstitut
München e.V.

Verein zur Erforschung und Verminderung der Umweltbelastung

E-Plus UMTS (Best Server)



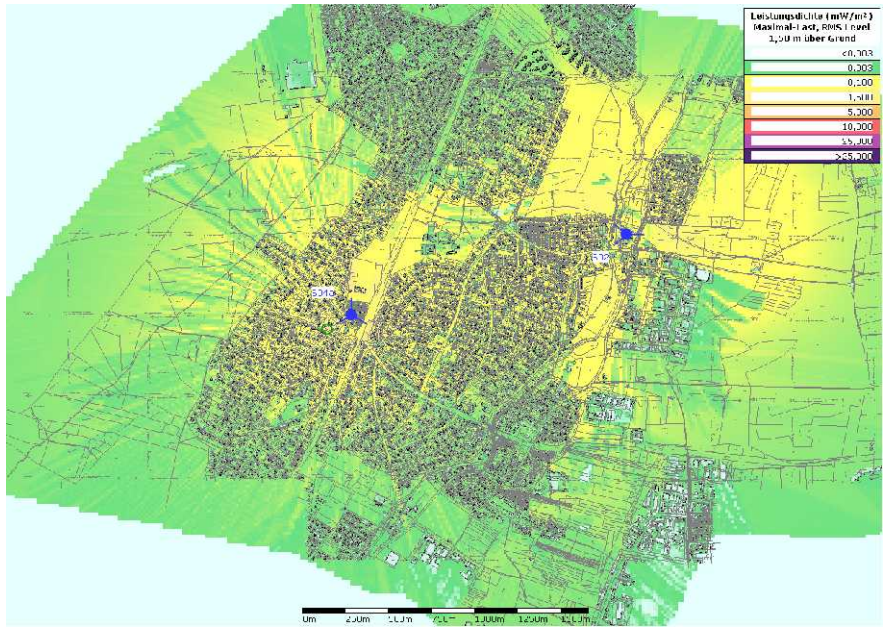


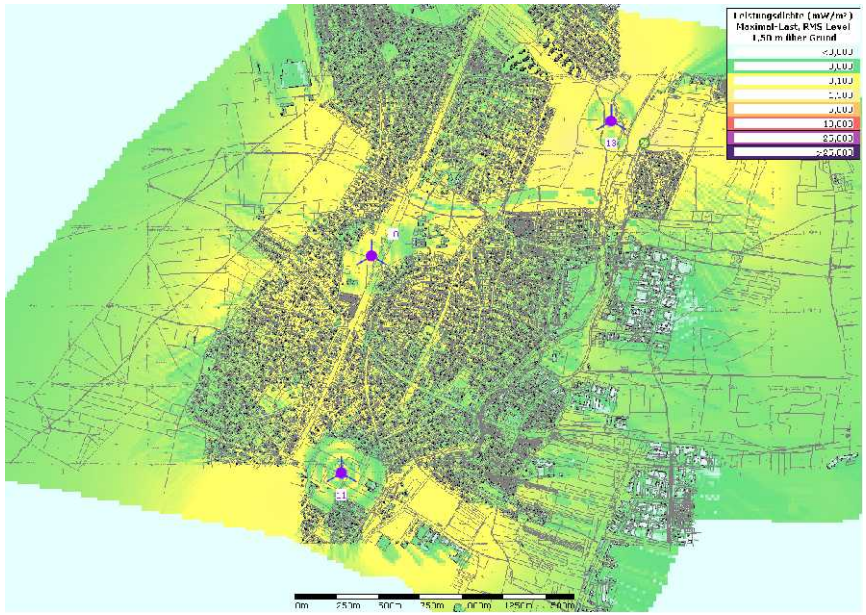
BEU-B: Bestand.	EEU-B: Beispielszenarium. Verdoppelung und damit Verkleinerung der Funkzellen.

Umweltinstitut
München e.V.

Verein zur Erforschung und Verminderung der Umweltbelastung

O_2 GSM (Immission)



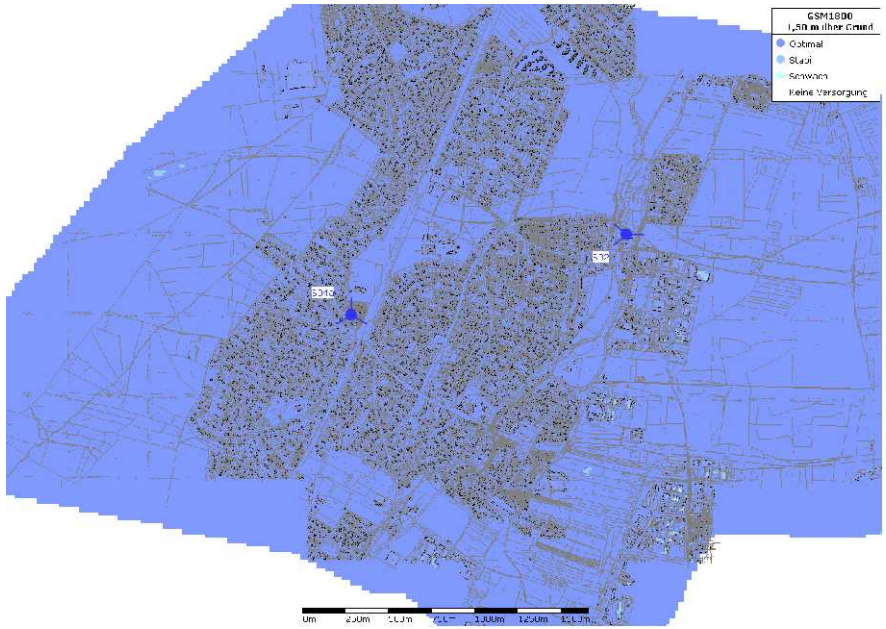


BOG-I: Bestand.	EOG-I: Beispielszenarium. Zuwachs durch eine Station.

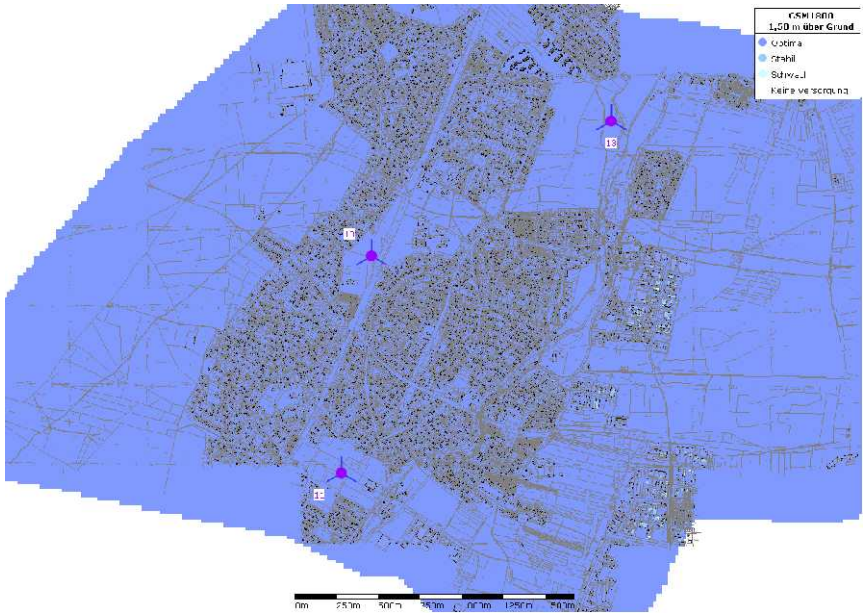
Umweltinstitut
München e.V.

Verein zur Erforschung und Verminderung der Umweltbelastung

O_2 GSM (Versorgungspegel)



BOG-V: Bestand. Versorgungspegel optimal.

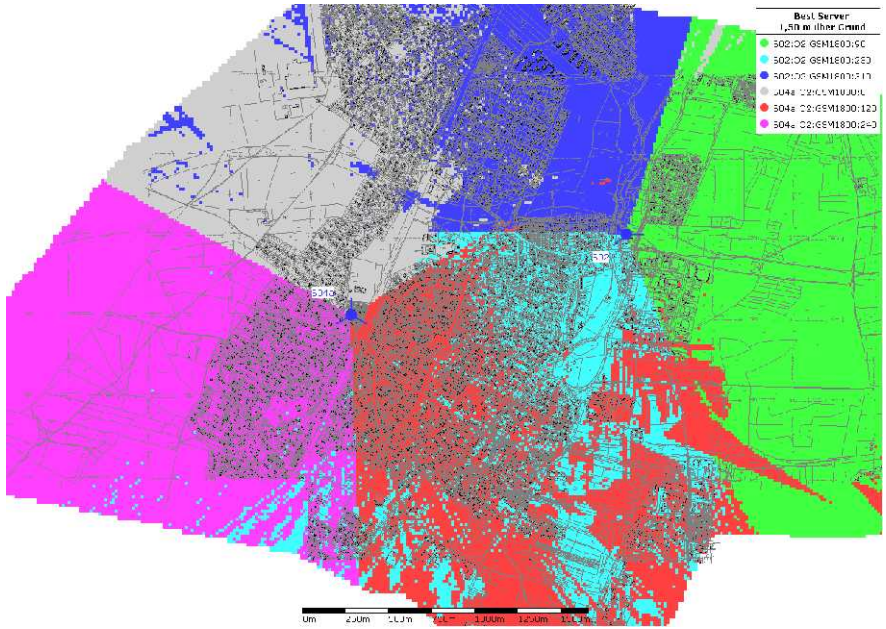


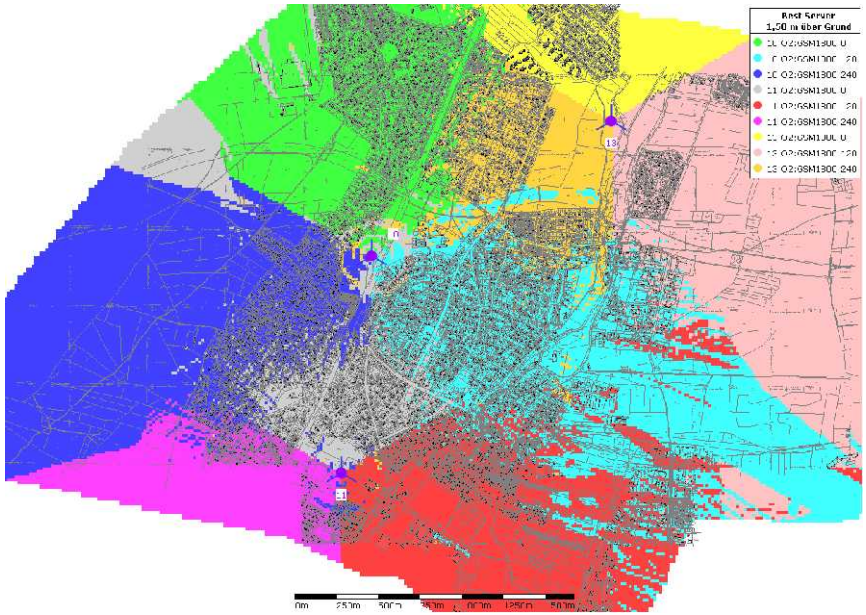
EOG-V: Beispielszenarium. Versorgungspegel optimal.

Umweltinstitut
München e.V.

Verein zur Erforschung und Verminderung der Umweltbelastung

O_2 GSM (Best Server)



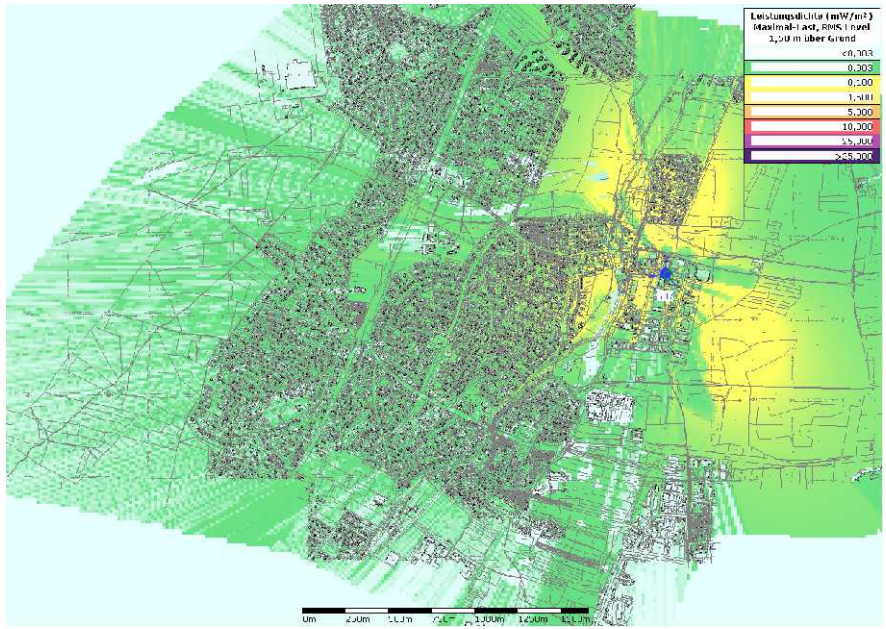


BOG-B: Bestand.	EOG-B: Beispielszenarium. Zuwachs von drei Funkzellen.

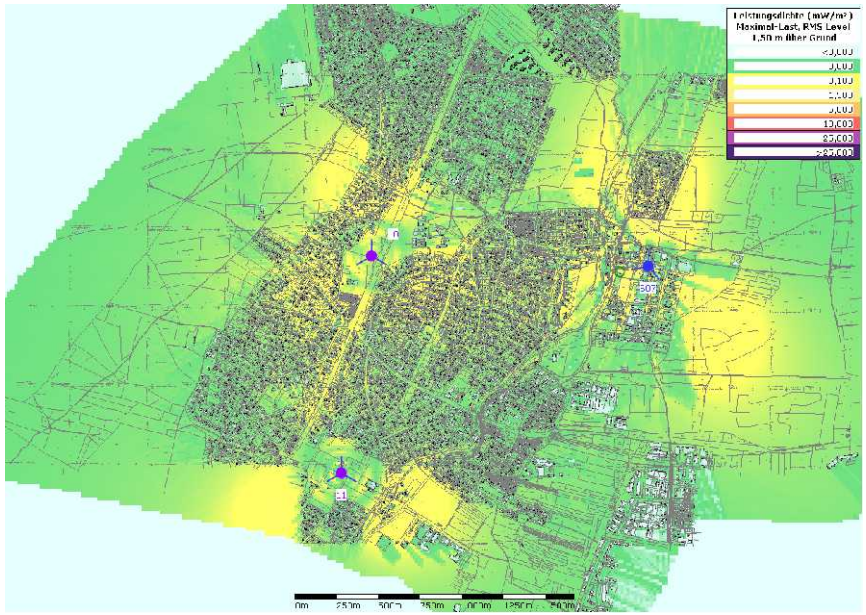
Umweltinstitut
München e.V.

Verein zur Erforschung und Verminderung der Umweltbelastung

O_2 UMTS (Immission)



BOU-I: Bestand.

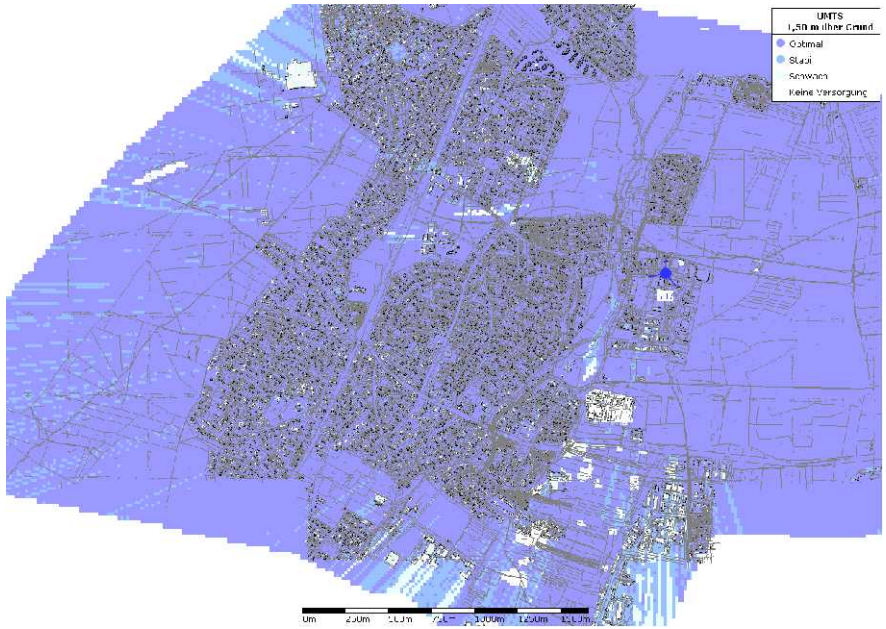


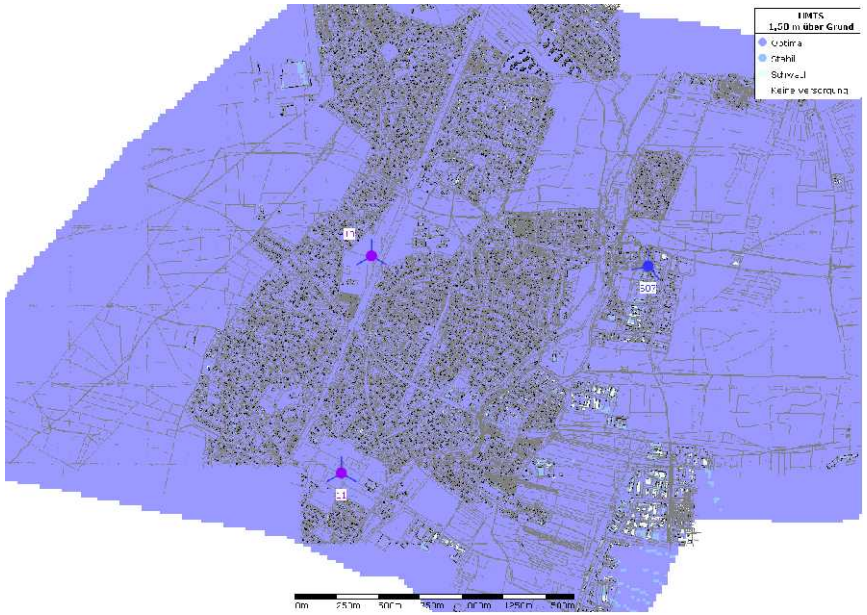
EOU-I: Beispielszenarium. Zuwachs von zwei Stationen.

Umweltinstitut
München e.V.

Verein zur Erforschung und Verminderung der Umweltbelastung

O_2 UMTS (Versorgungspegel)



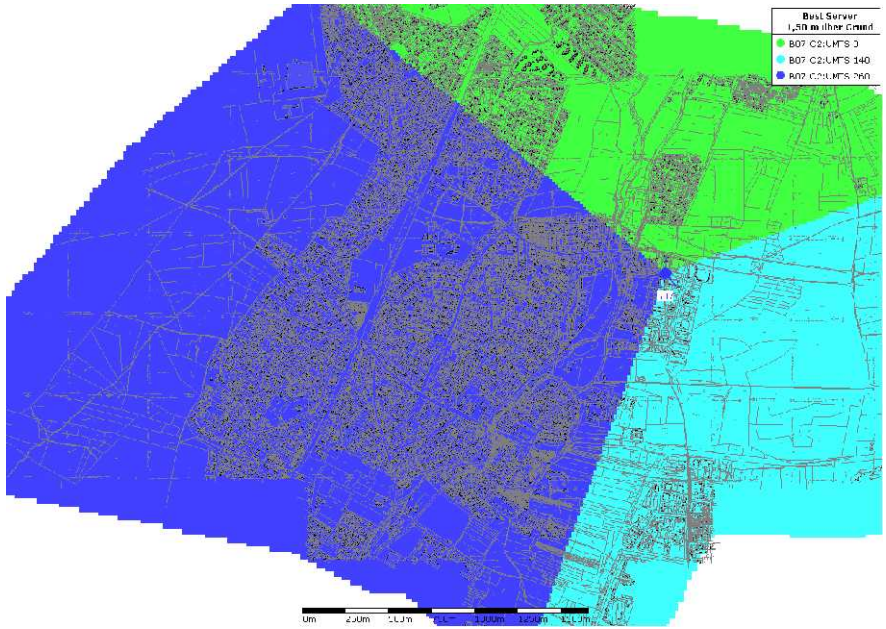


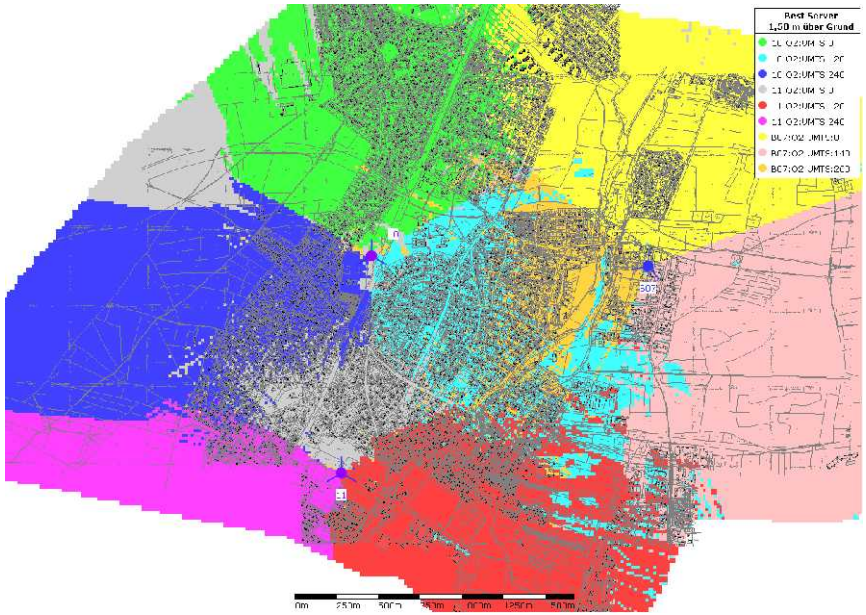
BOU-V: Bestand. Eingeschränkter Versorgungspegel im Süden, Westen und Nordwesten der Bebauung.	EOU-V: Beispielszenarium. Signifikante Verbesserungen im Süden, Westen und Nordwesten der Bebauung.

Umweltinstitut
München e.V.

Verein zur Erforschung und Verminderung der Umweltbelastung

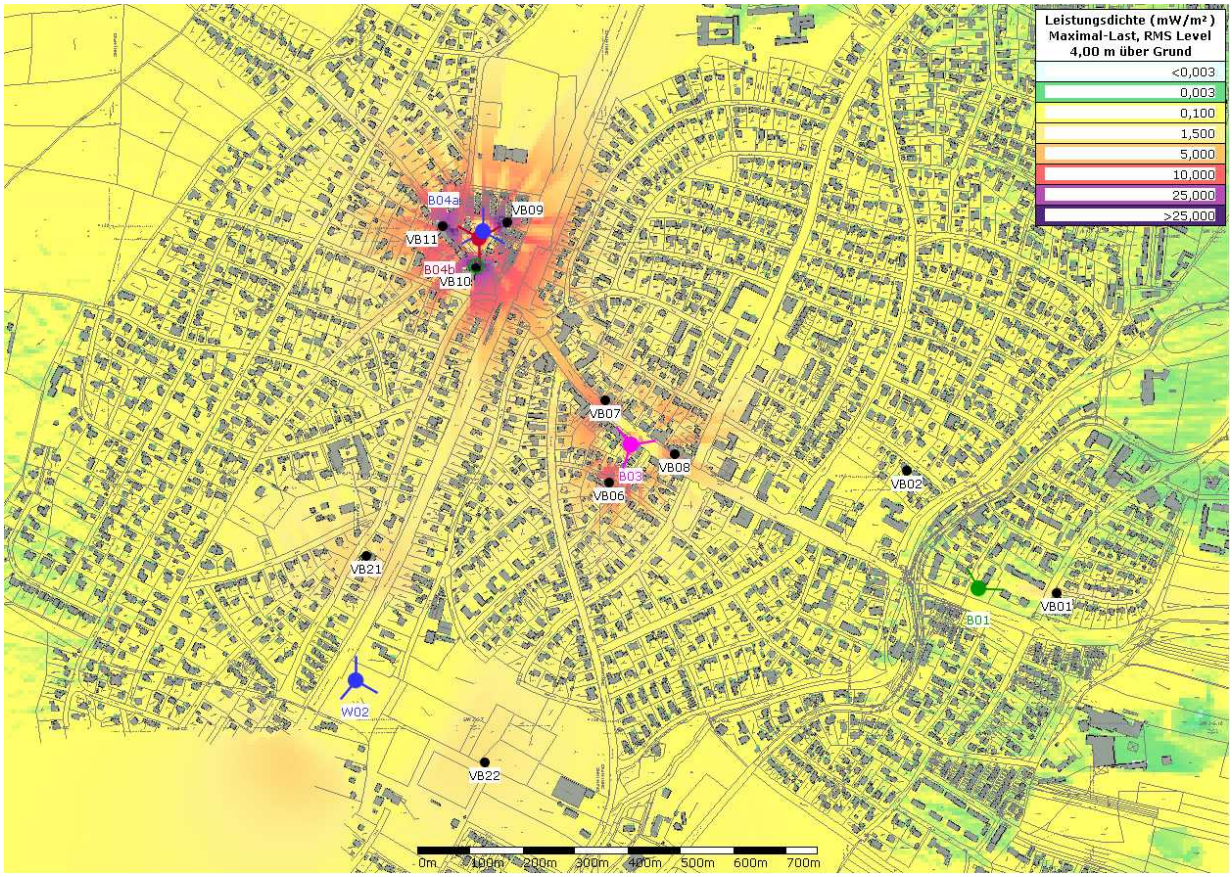
O_2 UMTS (Best Server)





BOU-B: Bestand.	EOU-B: Beispielszenarium. Verdreifachung der Anzahl der Funkzellen.

Anhang B
Immissionsberechnungen zu den bestehenden Mobilfunk-Standorten und W01/W02 im Detail



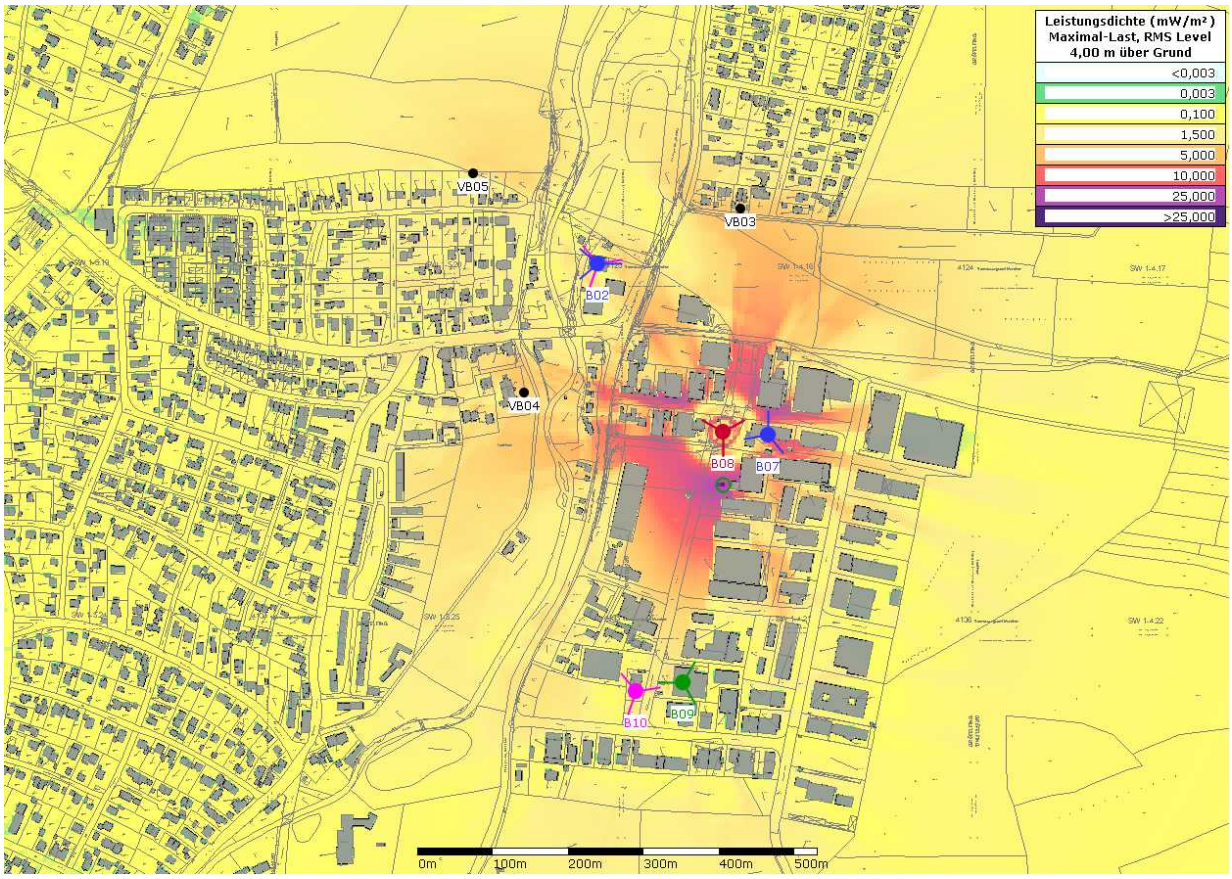
B01_B03_B04_W02: Immissionsberechnung zu den bestehenden Stationen B01 (Amselweg 3-7), B03 (Bahnhofstr. 77) und B04 (Freihamer Str. 2) sowie der geplanten Station W02 (Freifläche bei Dieckm.-Pl) ohne Einfluss durch die nicht dargestellten Stationen. Die Immissionsprognose unterliegt deutlichen Modellvereinfachungen, siehe Seite 4. Für konkretere, gebäudescharfe Aussagen sollten daher die an den Messpunkten gewonnenen Messwerte herangezogen werden.

Funktechnische Parameter zu W02 (O_2, Angaben aus Bauantrag; Sendeleistung und Kabeldämpfung angenommen):

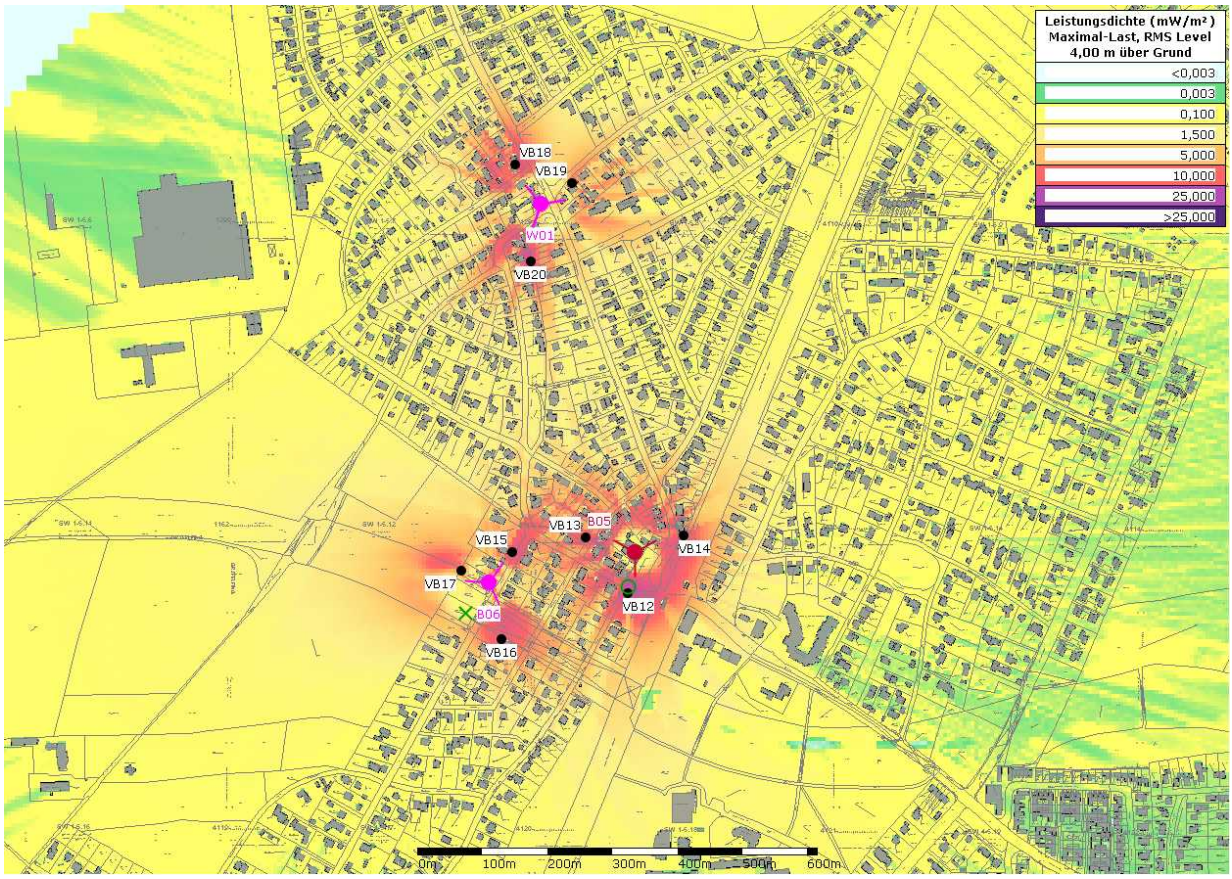
GSM-1800: Montagehöhe Antennenfuß 33,70m, Azimut 0/120°, Antenne K 742 234, Sendeleistung je Sektor 2*19,05 W, Downtilt 2-6°, Kabeldämpfung 1,5 dB

Je 1 Kanal GSM-900 und GSM-1800: Monatagehöhe Antennenfuß 33,10 m, Azimut 220°, Antenne K 742 265, Sendeleistung 20 + 19,05 W, Downtilt 2-6°, Kabeldämpfung 1,5 dB

UMTS: Montagehöhe 33,70m, Azimut 0/120/220°, Antenne K 742 215, Sendeleistung je Sektor 20 W, Downtilt 2-6°, Kabeldämpfung 1,7 dB



B02_B07-B10: Immissionsberechnung zu der bestehenden Station B02, An der Würmeleiten 13 und den Anlagen B07 bis B10 im Gewerbegebiet ohne Einfluss durch die nicht dargestellten Stationen. Die Immissionsprognose unterliegt deutlichen Modellvereinfachungen, siehe Seite 4. Für konkretere, gebäudescharfe Aussagen sollten daher die an den Messpunkten gewonnenen Messwerte herangezogen werden.

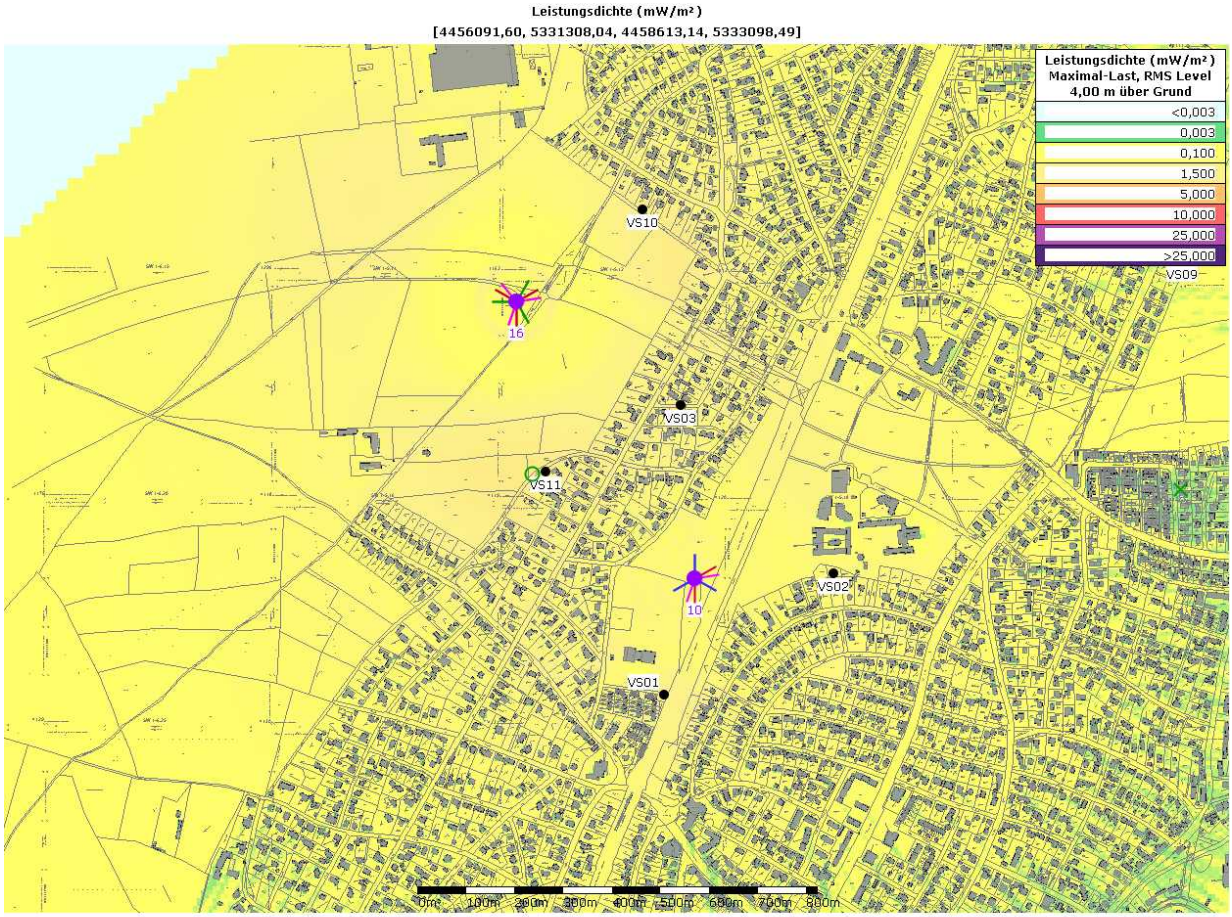


B05_B06_W01: Immissionsberechnung zu den bestehenden Stationen B05 (Jahnpl. 1-3) und B06 (Maria-Eich-Str. 13) sowie der geplanten Station W01 (Aubinger Str. 41) ohne Einfluss durch die nicht dargestellten Stationen. Die Immissionsprognose unterliegt deutlichen Modellvereinfachungen, siehe Seite 4. Für konkretere, gebäudescharfe Aussagen sollten daher die an den Messpunkten gewonnenen Messwerte herangezogen werden.

Funktechnische Parameter zu W01 (angenommen):

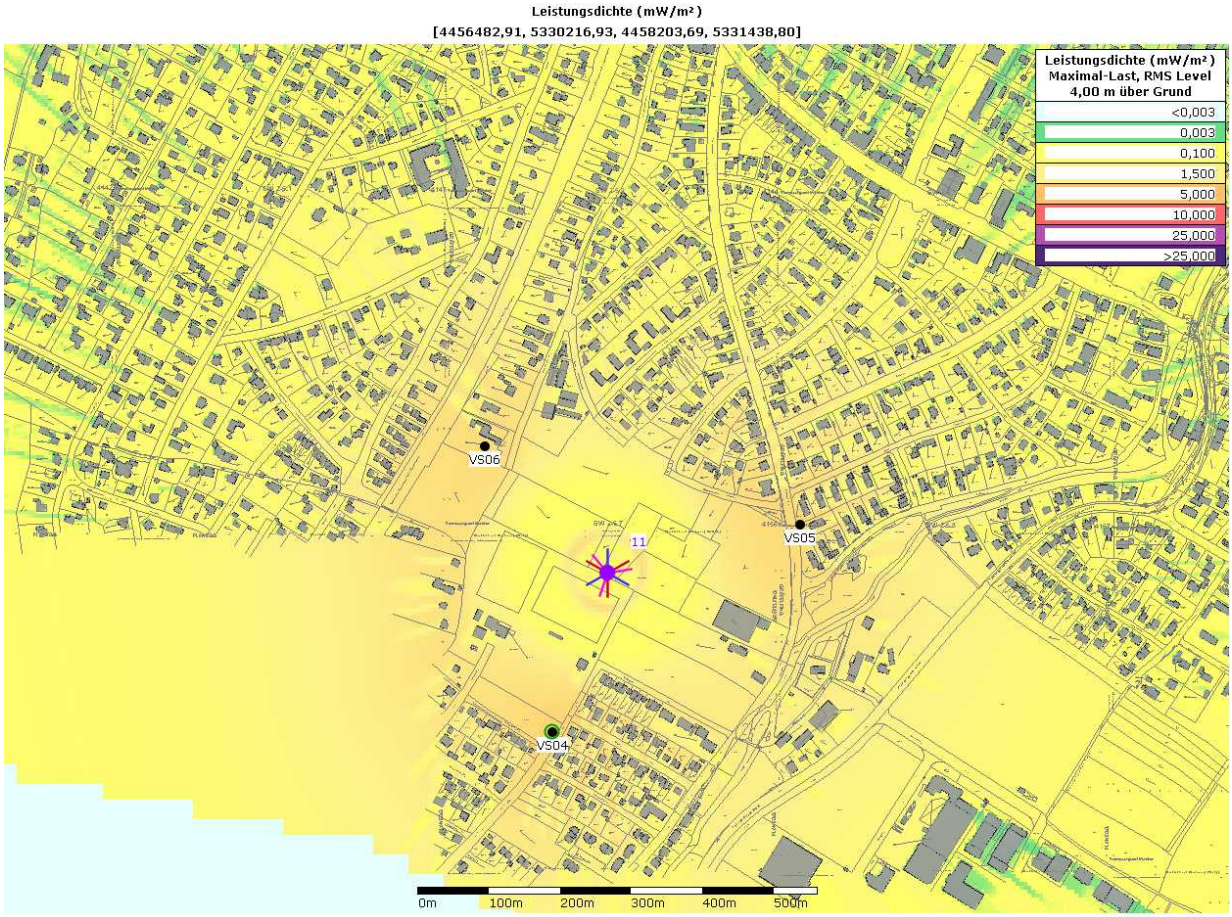
T-Mobile; Azimut 80/200/320°, Montagehöhe Antennenfuß 15 m, Antenne K 742 265, Kabeldämpfung 3 dB, Sendeleistung je Sektor 4*16 W (GSM-900) und 20 W (UMTS), Downtilt 2-6° (GSM-900) und 2-4° (UMTS)

Anhang C
Immissionsprognosen zu den Alternativ-Standorten im Detail



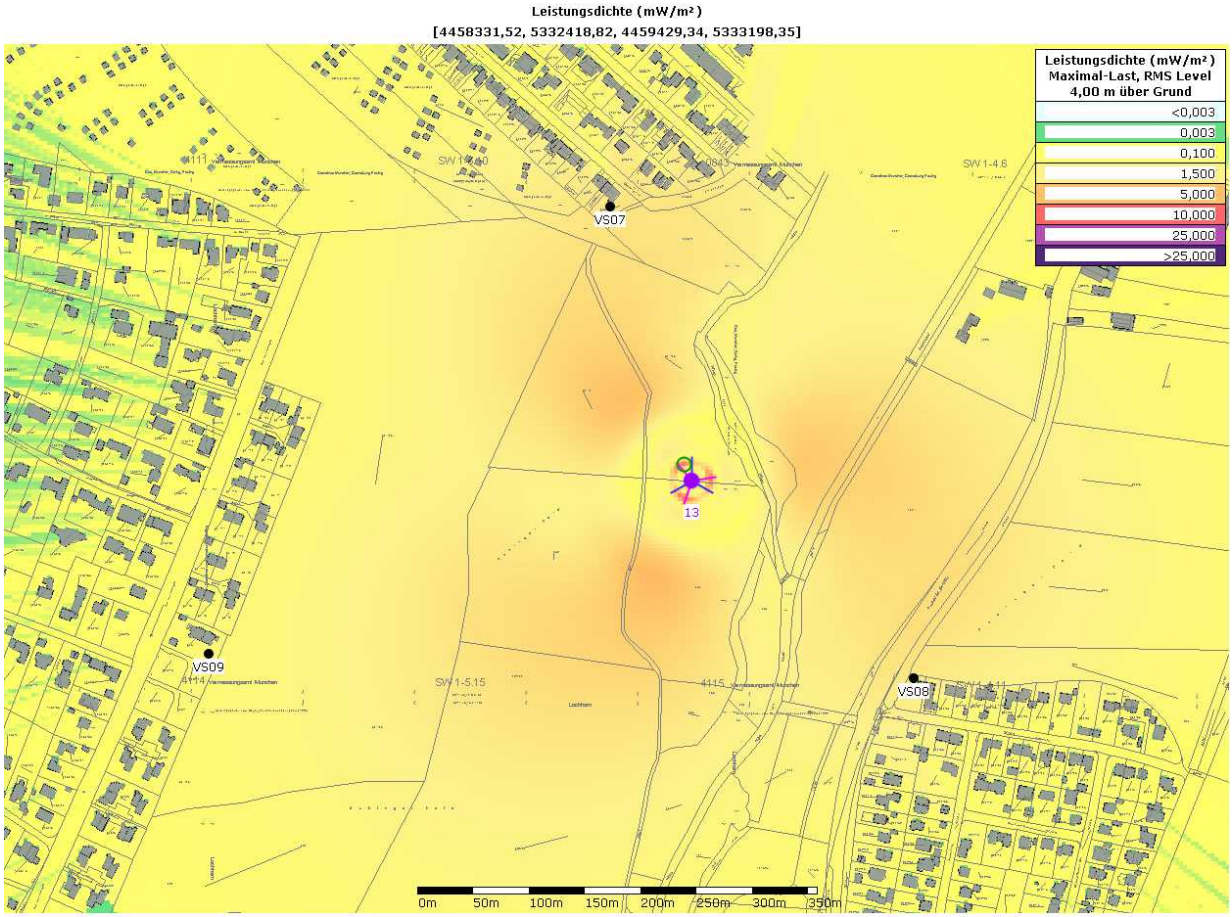
B	ID	Typ	Höhe (üG)	Leistung	Dt.	Elekt.	Kabelverlust
*	10:O2:GSM1800:0	K 742 234	35,65 m	40,00 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	3,00 dB
*	10:O2:GSM1800:120	K 742 234	35,65 m	40,00 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	3,00 dB
*	10:O2:GSM1800:240	K 742 234	35,65 m	40,00 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	3,00 dB
*	10:O2:UMTS:0	K 742 234	35,65 m	20,00 W	0,00 °	4,00 °-4,00 °	3,00 dB
*	10:O2:UMTS:120	K 742 234	35,65 m	20,00 W	0,00 °	4,00 °-4,00 °	3,00 dB
*	10:O2:UMTS:240	K 742 234	35,65 m	20,00 W	0,00 °	4,00 °-4,00 °	3,00 dB
*	10:T-Mob:UMTS:80	K 742 215	35,65 m	20,00 W	0,00 °	4,00 °-4,00 °	3,00 dB
*	10:T-Mob:UMTS:200	K 742 215	35,65 m	20,00 W	0,00 °	4,00 °-4,00 °	3,00 dB
*	10:Vod:UMTS:60	K 742 215	30,65 m	20,00 W	0,00 °	4,00 °-4,00 °	3,00 dB
*	10:Vod:UMTS:180	K 742 215	30,65 m	20,00 W	0,00 °	4,00 °-4,00 °	3,00 dB
*	16:E-Plus:GSM1800:30	K 742 234	55,65 m	40,00 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	3,00 dB
*	16:E-Plus:GSM1800:150	K 742 234	55,65 m	40,00 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	3,00 dB
*	16:E-Plus:GSM1800:270	K 742 234	55,65 m	40,00 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	3,00 dB
*	16:E-Plus:UMTS:30	K 742 234	55,65 m	20,00 W	0,00 °	4,00 °-4,00 °	3,00 dB
*	16:E-Plus:UMTS:150	K 742 234	55,65 m	20,00 W	0,00 °	5,00 °-5,00 °	3,00 dB
*	16:E-Plus:UMTS:270	K 742 234	55,65 m	20,00 W	0,00 °	4,00 °-4,00 °	3,00 dB
*	16:T-Mob:GSM900:80	K 739 668	56,00 m	80,00 W	0,00 °	5,00 °-5,00 °	3,00 dB
*	16:T-Mob:GSM900:200	K 739 668	56,00 m	80,00 W	0,00 °	5,00 °-5,00 °	3,00 dB
*	16:T-Mob:GSM900:320	K 739 668	56,00 m	80,00 W	0,00 °	5,00 °-5,00 °	3,00 dB
*	16:T-Mob:UMTS:80	K 742 215	55,65 m	20,00 W	0,00 °	4,00 °-4,00 °	3,00 dB
*	16:T-Mob:UMTS:200	K 742 215	55,65 m	20,00 W	0,00 °	4,00 °-4,00 °	3,00 dB
*	16:T-Mob:UMTS:320	K 742 215	55,65 m	20,00 W	0,00 °	4,00 °-4,00 °	3,00 dB
*	16:Vod:GSM900:60	K 739 668	51,00 m	80,00 W	0,00 °	5,00 °-5,00 °	3,00 dB
*	16:Vod:GSM900:180	K 739 668	51,00 m	80,00 W	0,00 °	5,00 °-5,00 °	3,00 dB
*	16:Vod:GSM900:300	K 739 668	51,00 m	80,00 W	0,00 °	5,00 °-5,00 °	3,00 dB
*	16:Vod:UMTS:60	K 742 215	50,65 m	20,00 W	0,00 °	4,00 °-4,00 °	3,00 dB
*	16:Vod:UMTS:180	K 742 215	50,65 m	20,00 W	0,00 °	4,00 °-4,00 °	3,00 dB
*	16:Vod:UMTS:300	K 742 215	50,65 m	20,00 W	0,00 °	4,00 °-4,00 °	3,00 dB

S10_S16: Immissionsprognose Beispiel-Szenarium im Detail (Umfeld von 10 und 16) ohne Einfluss durch die nicht dargestellten Stationen. Bei 16 handelt es sich um den ursprünglichen Bauantrag von E-Plus. In den Fußzeilen der Grafik die angenommenen funktechnischen Parameter.



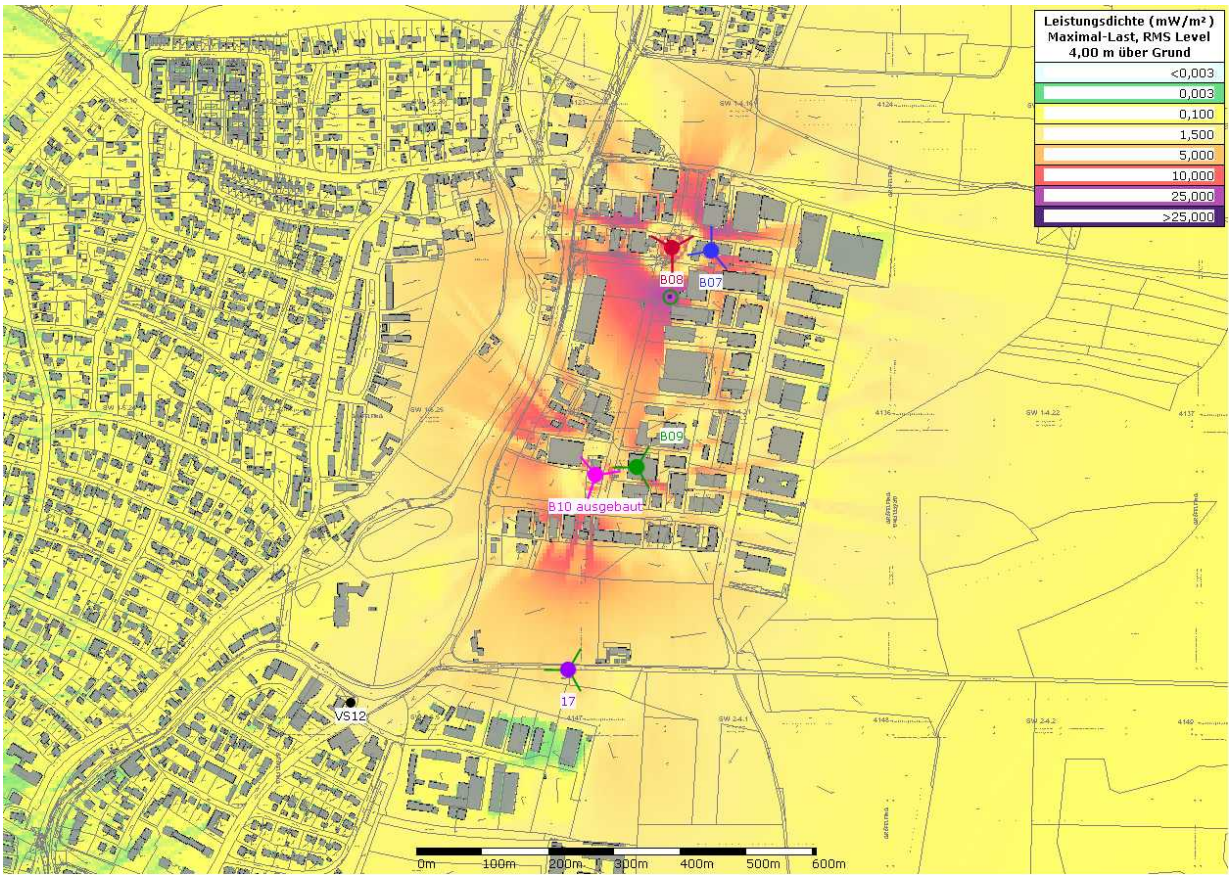
B	ID	Typ	Höhe (üG)	Leistung	Dt.	Elekt.	Kabelverlust
*	11:O2:GSM1800:0	K 742 234	40,65 m	40,00 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	3,00 dB
*	11:O2:GSM1800:120	K 742 234	40,65 m	40,00 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	3,00 dB
*	11:O2:GSM1800:240	K 742 234	40,65 m	40,00 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	3,00 dB
*	11:O2:UMTS:0	K 742 234	40,65 m	20,00 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	3,00 dB
*	11:O2:UMTS:120	K 742 234	40,65 m	20,00 W	0,00 °	4,00 °-4,00 °	3,00 dB
*	11:O2:UMTS:240	K 742 234	40,65 m	20,00 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	3,00 dB
*	11:T-Mob:GSM900:80	K 739 668	36,00 m	80,00 W	0,00 °	5,00 °-5,00 °	3,00 dB
*	11:T-Mob:GSM900:200	K 739 668	36,00 m	80,00 W	0,00 °	5,00 °-5,00 °	3,00 dB
*	11:T-Mob:GSM900:320	K 739 668	36,00 m	80,00 W	-2,00 °	5,00 °-5,00 °	3,00 dB
*	11:T-Mob:UMTS:80	K 742 215	35,65 m	20,00 W	0,00 °	4,00 °-4,00 °	3,00 dB
*	11:T-Mob:UMTS:200	K 742 215	35,65 m	20,00 W	0,00 °	4,00 °-4,00 °	3,00 dB
*	11:T-Mob:UMTS:320	K 742 215	35,65 m	20,00 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	3,00 dB
*	11:Vod:GSM900:60	K 739 668	41,00 m	80,00 W	0,00 °	5,00 °-5,00 °	3,00 dB
*	11:Vod:GSM900:180	K 739 668	41,00 m	80,00 W	0,00 °	5,00 °-5,00 °	3,00 dB
*	11:Vod:GSM900:300	K 739 668	41,00 m	80,00 W	-2,00 °	5,00 °-5,00 °	3,00 dB
*	11:Vod:UMTS:60	K 742 215	40,65 m	20,00 W	0,00 °	4,00 °-4,00 °	3,00 dB
*	11:Vod:UMTS:180	K 742 215	40,65 m	20,00 W	0,00 °	4,00 °-4,00 °	3,00 dB
*	11:Vod:UMTS:300	K 742 215	40,65 m	20,00 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	3,00 dB

S11: Immissionsprognose Beispiel-Szenarium im Detail (Umfeld von 11) ohne Einfluss durch die nicht dargestellten Stationen. In den Fußzeilen der Grafik die angenommenen funktechnischen Parameter.

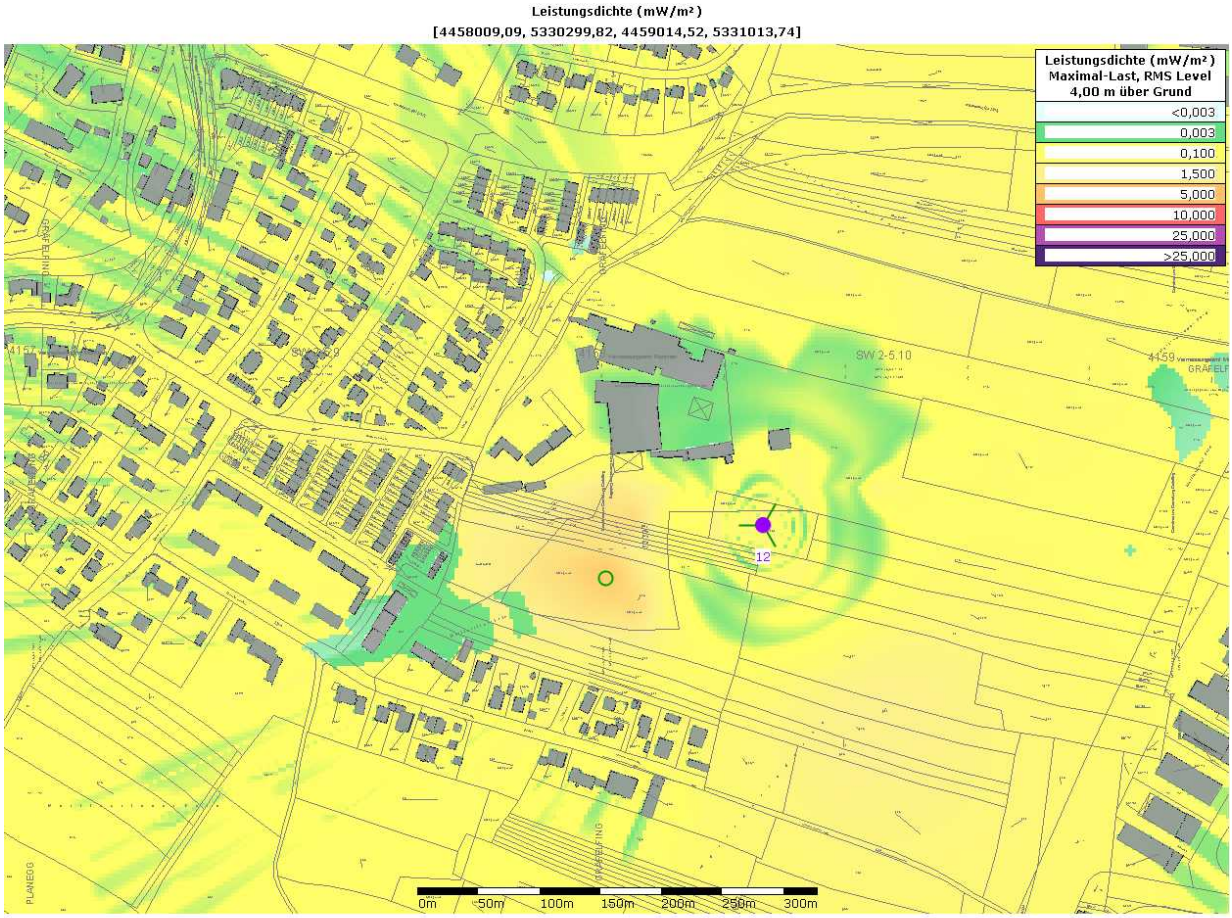


B	ID	Typ	Höhe (üG)	Leistung	Dt.	Elekt.	Kabelverlust
*	13:O2:GSM1800:0	K 742 265	20,96 m	40,00 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	2,00 dB
*	13:O2:GSM1800:120	K 742 265	20,96 m	40,00 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	2,00 dB
*	13:O2:GSM1800:240	K 742 265	20,96 m	40,00 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	2,00 dB
*	13:T-Mob:GSM900:80	K 742 264	20,66 m	80,00 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	2,00 dB
*	13:T-Mob:GSM900:200	K 742 264	20,66 m	80,00 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	2,00 dB
*	13:T-Mob:GSM900:320	K 742 264	20,66 m	80,00 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	2,00 dB

S13: Immissionsprognose Beispiel-Szenarium im Detail (Umfeld von 13, Strommast) ohne Einfluss durch die nicht dargestellten Stationen. In den Fußzeilen der Grafik die angenommenen funktechnischen Parameter.



S17: Immissionsprognose Beispiel-Szenarium im Detail (Umfeld von 17, Strommast) ohne Einfluss durch die nicht dargestellten Stationen.
Funktechnische Parameter von S17: Wie 12 (folgende Seite).



B	ID	Typ	Höhe (üG)	Leistung	Dt.	Elekt.	Kabelverlust
*	12:E-Plus:GSM1800:30	K 742 264	20,66 m	40,00 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	2,00 dB
*	12:E-Plus:GSM1800:150	K 742 264	20,66 m	40,00 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	2,00 dB
*	12:E-Plus:GSM1800:270	K 742 264	20,66 m	40,00 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	2,00 dB

12: Immissionsprognose zum Umfeld des Alternativ-Standorts 12 (Kieswerk) ohne Einfluss durch die nicht dargestellten Stationen. Dieser Standort wurde im Beispiel-Szenarium nicht verwendet, kann jedoch für andere Szenarien erforderlich sein. In den Fußzeilen der Grafik die angenommenen funktechnischen Parameter.

Umweltinstitut
München e.V.

Verein zur Erforschung und Verminderung der Umweltbelastung

Anhang D
Messwerttabelle (Detailergebnisse)

		UMTS	UMTS	UMTS	UMTS	UMTS	UMTS	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	sonst.	sonst.	
Kanal-Multiplikator		6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	4	4	4	4	1	0	Summe
Frequenz / Band		2112,8	2122,6	2132,4	2147,2	2157,2	2167,2	1873,4	940,0	940,8	951,8	1830,2	1831,8	1842,6	939,0	942,8	954,2	946,8	956,6	957,0	1831,2	1832,8	1834,2	1840,8	950,4	955,8	956,2	940,0	953,2	954,4	935,2	947,2	957,8	931,8	932,4	933,6	935,8	936,6	957,0	921,4	919,0	µW / m²
								330 / 93																																			
Netzbetreiber		Vodafone	0,0	E-Plus	0,0	O2	T-Mobile	E-Plus	T-Mobile	T-Mobile	T-Mobile	O2	O2	O2	T-Mobile	T-Mobile	T-Mobile	Vodafone	Vodafone	Vodafone	O2	O2	O2	O2	Vodafone	Vodafone	Vodafone	T-Mobile	T-Mobile	T-Mobile	Vodafone	Vodafone	Vodafone	O2	O2	O2	Vodafone	Vodafone	Vodafone	DB	- -	
Quelle Standort								B01	B02	B02	B02	B02	B02	B02	B03	B03	B03	B04	B04	B04	B04	B04	B04	B04	B05	B05	B05	B06	B06	B06	B08	B08	B08	B12	B12	B12	B13	B13	B13			
		2112,8	2122,6	2132,4	2147,2	2157,2	2167,2	1873,4	940,0	940,8	951,8	1830,2	1831,8	1842,6	939,0	942,8	954,2	946,8	956,6	957,0	1831,2	1832,8	1834,2	1840,8	950,4	955,8	956,2	940,0	953,2	954,4	935,2	947,2	957,8	931,8	932,4	933,6	935,8	936,6	957,0	921,4	919,0	
MP01	dBµV / m																								99,3	113,2	96,2	83,3	84,6	68,2													
Einzelkanal	µW / m2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,6	554,2	11,1	0,6	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	589
Vollauslastung	µW / m2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	90,3	2216,8	44,2	2,3	3,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2357
MP02	dBµV / m																								93,2	115,4	97,0	85,0	77,0	68,5													
Einzelkanal	µW / m2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	919,7	13,3	0,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	940
Vollauslastung	µW / m2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,2	3678,9	53,2	3,4	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3758
MP03	dBµV / m																								81,2	98,2	102,1	91,7	112,4	89,8													
Einzelkanal	µW / m2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	17,5	43,0	3,9	461,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	528
Vollauslastung	µW / m2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	70,1	172,1	15,7	1843,8	10,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2113
MP04	dBµV / m	110,6										69,3			82,6	69,7	66,4	119,2	102,3	105,1	106,9	107,9	105,9	90,1																	53,0		
Einzelkanal	µW / m2	304,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	2206,3	45,0	85,8	129,9	163,6	103,2	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3042
Vollauslastung	µW / m2	2040,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	1,9	0,1	0,0	8825,1	180,2	343,3	259,8	327,1	206,4	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12190
MP05	dBµV / m	88,0					104,1								111,5	93,6	90,9	88,4	84,1	71,0	96,1	91,2	98,4	74,3																			
Einzelkanal	µW / m2	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	68,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	374,7	6,1	3,3	1,8	0,7	0,0	10,8	3,5	18,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	489
Vollauslastung	µW / m2	11,2	0,0	0,0	0,0	0,0	456,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1498,7	24,3	13,1	7,3	2,7	0,1	21,6	7,0	36,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2080
MP06	dBµV / m	105,9										66,7			68,2	61,6	57,8	90,3	110,5	114,6	89,9	99,7	94,0	110,8																			
Einzelkanal	µW / m2	103,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	297,6	765,0	2,6	24,8	6,7	318,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1522
Vollauslastung	µW / m2	691,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	11,4	1190,5	3060,0	5,2	49,5	13,3	637,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5659
MP07	dBµV / m		Nur 1873,4 ausgewertet!					80,7																																			
Einzelkanal	µW / m2							0,3																																			
Vollauslastung	µW / m2							0,6																																			
MP08	dBµV / m		Nur 1873,4 ausgewertet!					81,0																																			
Einzelkanal	µW / m2							0,3																																			
Vollauslastung	µW / m2							0,7																																			
MP09	dBµV / m						90,5	71,9							79,0	93,2	103,0	69,7	67,8		78,0		79,4																			
Einzelkanal	µW / m2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	5,5	52,9	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	62
Vollauslastung	µW / m2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	22,2	211,7	0,1	0,1	0,0	0,3	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	256
MP12	dBµV / m			88,4			105,9																																				
Einzelkanal	µW / m2	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	103,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	105
Vollauslastung	µW / m2	0,0	0,0	12,3	0,0	0,0	691,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	704
MP13	dBµV / m	81,6				86,8			105,7	80,7	102,1	86,3	96,4	88,6																	82,1	67,0	77,2										
Einzelkanal	µW / m2	0,4	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	98,6	0,3	43,0	1,1	11,6	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	159
Vollauslastung	µW / m2	2,6	0,0	0,0	0,0	8,5	0,0	0,0	394,2	1,2	172,1	4,5	46,3	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,1	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	639
MP14	dBµV / m			73,1				71,1		68,7	62,2				61,0				66,4												65,4	60,0		50,1	50,7	58,6				57,7	0,0	
Einzelkanal	µW / m2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Vollauslastung	µW / m2	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
MP15	dBµV / m							74,6		72,8	66,1	82,1	72,4	70,6	62,2				68,1					68,9							64,1	61,6		51,2	51,4	60,6				59,2		
Einzelkanal	µW / m2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1
Vollauslastung	µW / m2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	1,7	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6
MP16	dBµV / m	111,5				83,8	81,1																		65,0	67,0								79,0	72,8	92,1	93,4	91,3	110,1	84,9		
Einzelkanal	µW / m2	374,7	0,0	0,0	0,0	0,6	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	4,3	5,8	3,6	271,4	0,8	0,0	662
Vollauslastung	µW / m2	2510,3	0,0	0,0	0,0	4,3	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,1	8,6	23,2	14,3	1085,7	0,8	0,0	3650
MP18	dBµV / m	72,8				71,1	69,5				73,3																							66,1	60,6	80,8	71,1	57,9	76,9	79,2		
Einzelkanal	µW / m2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	1
Vollauslastung	µW / m2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,1	0,0	0,5	0,2	0,0	3
MP19	dBµV / m		Nur 1873,4 ausgewertet!					78,7																																			
Einzelkanal	µW / m2							0,2																																			
Vollauslastung	µW / m2							0,4																																			
MP20	dBµV / m																																										
Einzelkanal	µW / m2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Vollauslastung	µW / m2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0

Umweltinstitut
München e.V.
Verein zur Erforschung und Verminderung der Umweltbelastung

Messwerttabelle (Detailergebnisse)

		UMTS	UMTS	UMTS	UMTS	UMTS	UMTS	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM	GSM-R	
Kanal-Multiplikator		6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	Summe
Frequenz / Band		2112,8	2122,6	2132,4	2147,2	2157,2	2167,2	926,2	927,8	929,4	930,6	933,6	953,4	953,8	954,6	951,4	949,2	945,2	948,4	947,2	935,6	1873,4	1860,0	1869,0	1868,6	1865,4	1866,6	1838,0	1839,4	1842,2	1834,2	1830,2	1833,0	921,4	µW / m²
																						B01														
Netzbetreiber		Vodafone		E-Plus		O2	T-Mobile	E-Plus	E-Plus	E-Plus	O2	O2	T-Mobile	T-Mobile	T-Mobile	T-Mobile	Vodafone	Vodafone	Vodafone	Vodafone	Vodafone	E-Plus	E-Plus	E-Plus	E-Plus	E-Plus	E-Plus	O2	O2	O2	O2	O2	O2	DB	
MP10	dBµV / m	89,0				91,1	80,5	66,3	75,5		53,6	56,3			95,0	96,1	89,8	98,4	80,5			65,0		66,4	74,8			89,9	83,1	76,2	72,5	69,3		54,2	
Einzelkanal	µW / m2	2,1	0,0	0,0	0,0	3,4	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,4	10,8	2,5	18,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	2,6	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	50
Vollauslastung	µW / m2	14,1	0,0	0,0	0,0	22,9	2,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,6	43,2	10,1	73,4	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	5,2	1,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	208
MP11	dBµV / m	96,6		106,4		93,2	97,1	77,7	78,4	59,0	67,4	77,1	85,9	81,0	93,8	78,2	86,9	75,7	69,9	73,3	77,5	82,7	91,4	87,6	88,3	70,3	68,5	73,2	84,9	89,4	75,1	72,5	75,6	63,7	
Einzelkanal	µW / m2	12,1	0,0	115,8	0,0	5,5	13,6	0,2	0,2	0,0	0,0	0,1	1,0	0,3	6,4	0,2	1,3	0,1	0,0	0,1	0,1	0,5	3,7	1,5	1,8	0,0	0,0	0,1	0,8	2,3	0,1	0,0	0,1	0,0	168
Vollauslastung	µW / m2	81,2	0,0	775,8	0,0	37,1	91,1	0,3	0,4	0,0	0,0	0,3	4,1	1,3	25,5	0,7	5,2	0,4	0,1	0,2	0,6	1,0	7,3	3,1	3,6	0,1	0,0	0,1	1,6	4,6	0,2	0,1	0,2	0,0	1046

Koordinaten der Messpunkte

Name	X	Y	Z
MP01	4457732	5332531	535
MP02	4457680	5332457	537
MP03	4457577	5332615	539
MP04	4457340	5331599	545
MP05	4457453	5331495	542
MP06	4457316	5331801	545
MP07	4458628	5330994	545
MP08	4458330	5331265	538
MP09	4457924	5331155	540
MP10	4457833	5330699	542
MP11	4458626	5330387	551
MP12	4458994	5331290	545
MP13	4459069	5332265	540
MP14	4458035	5331858	537
MP15	4458282	5331564	538
MP16	4458263	5333326	533
MP18	4458631	5333051	532
MP19	4457964	5331197	540

Tabelle: Koordinaten der Messpunkte gem. Flurkarte (Gauss-Krüger, Bezug Potsdam) und Seehöhe in m (Z, gem. digit. Höhenmodell)