

Dr. Peter Nießen
Siebengebirgsallee 60
50939 Köln
Tel. 02 21 / 9 41 59 77
Fax 02 21 / 9 41 59 76
info@EMF-Institut.de
www.EMF-Institut.de

Mobilfunkversorgungsplanung unter dem Aspekt der Strahlungsminimierung

Gemeinde Freigericht

Dezember 2008

Vorwort

Das Thema Mobilfunk und seine Auswirkungen gewinnen in der Öffentlichkeit zunehmend an Bedeutung. Keine andere Technologie hat sich bisher in solcher Geschwindigkeit nahezu flächendeckend ausgebreitet. Mit dem Ausbau der UMTS-Netze und der damit verbundenen Nachfrage nach geeigneten Standorten werden auch die Kommunen verstärkt in die Debatte einbezogen, da sie auf der einen Seite den Bedürfnissen der Bevölkerung sowohl nach möglichst niedriger elektromagnetischer Strahlungsbelastung als auch nach mobiler Erreichbarkeit Rechnung tragen müssen. Auf der anderen Seite erwarten die Mobilfunkbetreiber für eine ökonomisch sinnvolle Realisierung des Netzaufbaus die Kooperation der Kommunen bei der Standortsuche.

Die Gemeinde Freigericht möchte mit Einschaltung eines „neutralen Experten“ den Bedürfnissen aller Beteiligten gerecht werden. Es werden daher bei der Konzeption sowohl die Belange der Netzbetreiber beim Netzaufbau beachtet als auch die Wünsche der Bürgerinnen und Bürger nach „strahlungsarmem Mobilfunk“ berücksichtigt.

Projektleitung beim Auftraggeber:

Martin Krauskopf
Bauamtsleiter
Gemeinde Freigericht
Bahnhofstraße 13, Somborn
PLZ 63579 Freigericht
Telefon: 06055/916127
Telefax: 06055/916222
E-Mail: martin.krauskopf@freigericht.de

Projektleitung beim Auftragnehmer:

Dr. Peter Nießen
Institutsleiter
EMF-Institut
Siebengebirgsallee 60, 50939 Köln
Telefon: 0221/9415977
Telefax: 0221/9415976
E-Mail: peter.niessen@emf-Institut.de

Autoren:

Dipl.-Geogr. Monika Bathow, EMF-Institut
Dipl.-Phys. Dr. Peter Nießen, EMF-Institut
Dipl.-Ing. Walter Teuscher, EMF-Institut

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----------|
| Tabellenverzeichnis | 5 |
| Einleitung | 6 |
| TEIL I | 7 |
| 1 Mobilfunk und Gesundheit | 8 |
| 1.1 Die Technik | 8 |
| 1.2 Der Schutz vor elektromagnetischer Strahlung | 9 |
| 1.3 Aktueller Stand der Diskussion | 9 |
| 1.4 Vorsorge | 10 |
| 2 Mobilfunk und Kommunen | 12 |
| 2.1 Historie | 12 |
| 2.2 Die freiwillige Vereinbarung | 13 |
| 3 Die Ziele der Mobilfunkversorgung | 14 |
| 3.1 Schutzziele | 14 |
| 3.1.1 Exposition durch Mobiltelefone (Handys) | 14 |
| 3.1.2 Exposition durch Basisstationen | 15 |
| 3.2 Das Versorgungsziel | 15 |
| 3.2.1 Versorgungskapazität für mobile Kommunikationsdienste | 15 |
| 4 Realisierungsmöglichkeiten einer strahlungsminimierten Mobilfunkversorgung | 17 |
| 4.1 Inhomogenitäten der Immissionsverteilung bei klassischer Netzstruktur | 17 |
| 4.2 Mindestversorgungsfeldstärke und Strahlungsintensitäten in realen Mobilfunknetzen ... | 18 |
| 4.2.1 Innenraumversorgung | 19 |
| 4.2.2 Viele parallel betriebene Mobilfunknetze | 19 |
| 4.2.2.1 UMTS-Netze | 20 |
| 4.2.3 Immissionsniveau in einem optimierten Mobilfunknetz | 21 |
| 4.3 Lösungsansatz: Homogenisierung | 23 |
| 4.4 Versorgung durch Mobilfunkbasisstationen an exponierten Standorten | 24 |
| 4.4.1 Optimierung der Ausleuchtung | 25 |
| 4.5 Site-Sharing: Vor- und Nachteile | 25 |
| 4.5.1 Site-Sharing bei Standorten inmitten der Wohnbebauung | 26 |
| 4.5.2 Site-Sharing an exponierten Standorten | 27 |
| 4.5.2.1 Immissionen aus mehreren Netzen sind heute unvermeidlich | 27 |
| 4.5.2.2 Nur wenige optimal geeignete Standorte verfügbar | 28 |
| 4.5.3 Zusammenfassung Site-Sharing | 28 |
| 4.6 Bedeutung der Antennenneigung (Downtilt) | 28 |
| 5 Netzstrukturen für eine strahlungsarme Mobilfunkversorgung und ihre Realisierbarkeit | 31 |
| 5.1 Einordnung der Mobilfunkplanung in die allgemeine Netzplanung der Mobilfunkbetreiber | 31 |
| 5.2 Netzstrukturen der verschiedenen Mobilfunknetze | 31 |
| 5.2.1 Zellgröße | 31 |
| 5.2.2 Erzielbare Reichweite | 32 |
| 5.2.3 Erzielbare Gesprächs- und Datenübertragungskapazität | 33 |

| | |
|--|-----------|
| TEIL II | 34 |
| 6 Mobilfunk in Freigericht | 35 |
| 6.1 Lage der Gemeinde..... | 35 |
| 6.2 Kommunale Mitwirkung bei der Standortplanung..... | 35 |
| 6.3 Die Ziele der Mobilfunkversorgung in Freigericht..... | 36 |
| 7 Analyse der derzeitigen Mobilfunksituation in Freigericht..... | 37 |
| 7.1 Vorbemerkungen..... | 37 |
| 7.2 Derzeitige Mobilfunkversorgung der Gemeinde Freigericht | 37 |
| 7.2.1 Betreiber T-Mobile | 38 |
| 7.2.2 Betreiber Vodafone..... | 39 |
| 7.2.3 Betreiber E-Plus..... | 39 |
| 7.2.4 Betreiber Telefonica O ₂ | 39 |
| 7.2.5 Derzeitige Mobilfunkversorgung in Freigericht: Fazit..... | 40 |
| 7.3 Bau- und Ausbaupläne der Netzbetreiber in Freigericht | 41 |
| 7.3.1 T-Mobile | 41 |
| 7.3.2 Telefonica O ₂ | 41 |
| 7.4 Derzeitige Immissionssituation in Freigericht | 42 |
| 7.4.1 Somborn | 42 |
| 7.4.2 Bernbach | 43 |
| 7.4.3 Zusammenfassung Immissionssituation..... | 43 |
| 7.5 Immissionsmessungen..... | 44 |
| 7.5.1 Auswahl der Messpunkte..... | 44 |
| 7.5.2 Messergebnisse im Einzelnen | 45 |
| 7.5.3 Überblick über die Messstandorte und Darstellung der Messergebnisse..... | 46 |
| 8 Standortvorschläge für eine strahlungsminimierte Mobilfunkversorgung..... | 51 |
| 8.1 Entwicklung von Standortvorschlägen | 51 |
| 8.1.1 Standortvorschlag V-A..... | 51 |
| 8.1.2 Standortvorschlag V-B..... | 51 |
| 8.1.3 Standortvorschläge V-C bzw. V-F | 52 |
| 8.1.4 Standortvorschlag V-D..... | 52 |
| 8.1.5 Standortvorschlag V-E..... | 53 |
| 8.2 Gesamtbetrachtung..... | 54 |
| 8.2.1 Nutzung der Standorte..... | 54 |
| 8.2.2 Versorgungskapazität..... | 54 |
| 9 Zusammenfassung..... | 56 |
| 9.1 Versorgungssituation und Ausbaupläne..... | 56 |
| 9.2 Immissionssituation | 56 |
| 9.3 Standortvorschläge | 57 |
| 9.3.1 Versorgungskapazität und Versorgungsqualität | 58 |
| 9.4 Schlussbemerkungen..... | 59 |
| TEIL III | 60 |
| 10 Immissionsmessungen | 61 |
| 10.1 Durchführung der Messungen..... | 61 |
| 10.2 Anlagenauslastung..... | 62 |
| 10.3 Messverfahren und Hochrechnung auf Volllastung..... | 63 |
| 10.3.1 Hochrechnung auf Volllastung für die GSM-Basisstationen | 63 |
| 10.3.2 Hochrechnung auf Volllastung für die UMTS-Basisstationen | 64 |

| | | |
|----------------|---|-----------|
| 10.4 | Berechnung der Gesamtimmissionen | 64 |
| 10.5 | Fehlerabschätzung | 65 |
| 10.6 | Diagramme und Tabellen der Messergebnisse | 66 |
| 11 | Immissionsberechnungen | 67 |
| 11.1 | Berechnungsverfahren für die Immissionsberechnungen | 67 |
| 11.2 | Datengrundlage für die Berechnung der derzeitigen Immissionen | 69 |
| TEIL IV | | 70 |
| 12 | Anhang | 71 |
| 12.1 | Grenzwerte für hochfrequente elektromagnetische Strahlung | 71 |
| 12.2 | Leistungsflussdichten bei Mobilfunkbasisstationen | 75 |
| 12.3 | Tipps des Bundesamts für Strahlenschutz zur Handynutzung | 76 |
| 12.4 | UMTS-Technik | 77 |
| 12.4.1 | Datenübertragungsrate | 77 |
| 12.4.2 | Zellengröße bzgl. Reichweite | 77 |
| 12.4.3 | Zellengröße bzgl. Gesprächs- und Datenübertragungskapazität | 77 |
| 13 | Glossar | 78 |
| 14 | Literatur | 81 |
| TEIL V | | 82 |
| 15 | Karten der Immissionsberechnungen | 83 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|------------|---|----|
| Tabelle 1: | Berechnung Gesamtimmissionen bei optimierten Mobilfunknetzen | 23 |
| Tabelle 2: | Basisstationen in Freigericht | 38 |
| Tabelle 3: | Liste der Messpunkte in Freigericht | 45 |
| Tabelle 4: | Technische Daten der vorgeschlagenen Basisstationen | 68 |
| Tabelle 5: | Umrechnung zwischen elektrischer Feldstärke und Leistungsflussdichte am Beispiel von Grenz- und Vorsorgewerten für das GSM-1800-Netz | 73 |
| Tabelle 6: | Leistungsflussdichten im Zusammenhang mit Mobilfunknetzen | 75 |

Einleitung

Der folgende Bericht gliedert sich in fünf Teile.

Teil I beschreibt in die Grundlagen der Mobilfunktechnik, geht auf die diskutierten gesundheitlichen Risiken der neuen Technik ein und beschreibt die Situation der Kommunen.

Hauptanliegen des Teils I ist die Beschreibung und Erklärung zur Vorgehensweise bei der Minimierung der Immissionen, die durch Mobilfunk (Basisstationen und Mobiltelefone) verursacht werden.

Teil II analysiert zunächst die derzeitige Situation der Mobilfunkversorgung in der Gemeinde Freigericht und entwickelt darauf aufbauend ein Szenario für eine strahlungsminimierte Mobilfunkversorgung für die bewohnten Gebiete in Freigericht. Zur Überprüfung der derzeitigen Situation in den einzelnen Mobilfunknetzen wurden Immissionsmessungen an 12 ausgewählten Standorten im Gemeindegebiet durchgeführt.

Die entwickelten Standorte bzw. Standortbereiche stellen die Grundlage für den zukünftigen Flächennutzungsplan dar.

In **Teil III** wird das angewandte Mess- und Berechnungsverfahren dargestellt. Er enthält die Tabellen und Diagramme der Messergebnisse sowie die technischen Daten der vorhandenen und vorgeschlagenen Mobilfunkbasisstationen

Teil IV enthält ergänzende Anhänge, in denen einige Fachinformationen zur Mobilfunktechnik, zu Grenzwerten und zum Umgang mit Mobilfunk dargestellt werden.

Es folgt ein Glossar, in dem Schlagworte und Abkürzungen erläutert werden sowie das Literaturverzeichnis.

Der Kartenteil **Teil V** enthält einen Ortsplan mit Lage der derzeitigen Mobilfunkbasisstationen und Messpunkte sowie die Karten der Immissionsberechnungen:

Dieses Mobilfunkversorgungskonzept darf in vollständiger Form mit Zustimmung des Auftraggebers beliebig veröffentlicht und vervielfältigt werden. Eine auszugsweise Vervielfältigung oder Veröffentlichung bedarf der schriftlichen Zustimmung des Auftraggebers und des EMF-Instituts.

TEIL I

Theorie und Grundlagen zur Entwicklung des Mobilfunkkonzeptes

1 Mobilfunk und Gesundheit

1.1 Die Technik

Das grundsätzliche Prinzip der drahtlosen Kommunikation besteht in der Informationsübertragung mittels elektromagnetischer Wellen. Zur Unterscheidung der elektromagnetischen Wellen dienen ihre Frequenz, d.h. die Anzahl ihrer Schwingungen pro Sekunde und ihre Intensität. Bekannte Erscheinungsformen elektromagnetischer Wellen sind:

- Rundfunkwellen (Lang-, Mittel-, Kurzwelle, UKW): 0,2 bis 100 MHz
- Fernsehen und diverse nicht öffentliche Funkdienste: 100 bis 800 MHz
- Mobilfunk: 850 bis 2200 MHz
- Drahtlose Computernetzwerke (*WLAN*¹): ab 2500 MHz
- Mikrowellenherde: 2500 MHz
- Radar, Richtfunk: ab 3 GHz
- Wärmestrahlung
- Sichtbares Licht
- Ultraviolettes Licht (UV)
- Röntgenstrahlung
- Gammastrahlung.

Obwohl es sich bei all diesen *Strahlungen* rein physikalisch gesehen immer um *elektromagnetische Strahlung* handelt, die sich nur durch die Frequenz unterscheidet, sind sowohl die technischen Nutzungsmöglichkeiten als auch die Einflüsse auf die belebte Umwelt extrem unterschiedlich. Im Wesentlichen unterscheidet man zwischen *ionisierender Strahlung* (ab UV-Licht aufwärts) und *nicht ionisierender Strahlung* (sichtbares Licht und niedriger). Für ionisierende Strahlung ist die zellschädigende Wirkung seit langem bekannt. Für nicht ionisierende Strahlung – und dazu gehört u.a. auch der Mobilfunk – ist der Einfluss auf die belebte Natur (und damit auch auf den Menschen) weniger eindeutig (vgl. Kap. 1.2).

Die Intensität einer elektromagnetischen Welle wird im Fernfeld (für Mobilfunk ab ca. 1 Meter Abstand von der Antenne) durch die sog. *Leistungsflussdichte* beschrieben. Die Leistungsflussdichte gibt an, wie viel Energie (pro Zeit und Fläche) mit Hilfe elektromagnetischer Wellen durch den Raum transportiert wird. Sie wird in einer Vielzahl von Einheiten angegeben von Milliwatt je Quadratcentimeter (mW/cm²) über Watt je Quadratmeter (W/m²) bis Mikrowatt je Quadratmeter (µW/m²). Für Interessierte sind die Umrechnungen im Anhang 12.1, S. 71ff. angegeben.

Für Situationen in unmittelbarer Nähe der Sendeantenne (Handy am Kopf) ist die Intensitätsangabe durch die Leistungsflussdichte nicht sinnvoll möglich. Stattdessen wird der sog. SAR-Wert (**s**pezifische **A**bsorptions**r**ate) benutzt. Die spezifische Absorptionsrate gibt an, wie viel Energie im Organismus absorbiert und in Wärme umgesetzt wird. Der Wert wird zumeist in Watt pro Kilogramm Körpergewicht (W/kg),

¹ Begriffe, die zum ersten Mal kursiv gedruckt auftreten, werden im Glossar erklärt.

manchmal auch in Watt pro Gramm (W/g) angegeben und ermittelt sich über die Messung der Temperaturerhöhung in dem bestrahlten Gewebe.

Die verwendeten physikalischen Größen und Einheiten für die Leistungsflussdichte und den SAR-Wert werden in Veröffentlichungen häufig unkorrekt angegeben. Für die Öffentlichkeit führt das leicht zu kaum nachvollziehbaren Aussagen (für Interessierte hierzu Anhang 12.1: Grenzwerte für hochfrequente elektromagnetische Strahlung, S. 71).

1.2 Der Schutz vor elektromagnetischer Strahlung

Die Absorption hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung erzeugt Wärme. Dieser Effekt wird in den Mikrowellengeräten zur Erwärmung von Speisen genutzt. Auch Mobilfunkendgeräte (Handys) und Mobilfunkanlagen (Mobilfunkbasisstationen) erzeugen während des Sendens hochfrequente elektromagnetische Strahlung. Die Absorption der Energie dieser in den Körper eindringenden Strahlung führt zu einer Erwärmung des Gewebes (sog. *thermische Wirkungen*). Es ist wissenschaftlich gesichert, dass gesundheitliche Schädigungen infolge der Wärmeerzeugung im Körper erst bei relativ hohen Intensitäten elektromagnetischer Felder auftreten. Um schädliche Wärmewirkungen zu verhindern, liegt der von der Internationalen Strahlenschutzkommission *ICNIRP* (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) empfohlene Grenzwert der Spezifischen Absorptionsrate (SAR-Wert) von 0,08 Watt/kg (gemittelt über den Gesamtkörper) deshalb um den Faktor 50 unter dieser als gesundheitskritisch angesehenen Schwelle. Deutschland hat diesen Wert in der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (26. *BImSchV*) übernommen.

Bei Einhaltung eines Sicherheitsabstandes von ca. 10 Metern ist für alle heutigen Mobilfunkbasisstationen sichergestellt, dass keine thermischen Wirkungen auftreten. Wissenschaftlich nicht geklärt ist die Frage, ob elektromagnetische Felder des Mobilfunks über den thermischen Effekt hinausgehend noch weitere Auswirkungen auf den menschlichen Körper haben. Unter diesen sog. *athermischen (nicht thermischen) Effekten* sind mögliche Auswirkungen der *EMF* (Elektromagnetische Felder) zu verstehen, die zwar keine Temperaturerhöhung im Körper hervorrufen, möglicherweise jedoch andere Auswirkungen haben. So werden u.a. Migräne und Kopfschmerzen, Schlaf- und Konzentrations- sowie allgemeine Befindlichkeitsstörungen häufig in einen Zusammenhang mit den athermischen Effekten der EMF gebracht. Diskutiert werden auch mögliche Auswirkungen auf Krebserkrankungen oder die Beeinflussung des Zentralnervensystems bzw. der Gehirnaktivitäten.

1.3 Aktueller Stand der Diskussion

Der Ausbau des *UMTS*-Netzes und dem damit verbundenen Aufbau vieler neuer Sendeanlagen hat in der Bevölkerung zu einer bewussteren Wahrnehmung der Antennenanlagen der Mobilfunkbasisstationen geführt. Damit einher geht eine wesentlich größere Sensibilisierung – auch durch die Berichterstattung in den Medien – hinsichtlich möglicher gesundheitlicher Beeinträchtigungen oder Schädigungen durch die elektromagnetische Strahlung (populär auch als „Elektrosmog“ bezeichnet). Allein

in Deutschland ist in den vergangenen Jahren eine Vielzahl von Bürgerinitiativen entstanden, die sich gegen Mobilfunk-Sendemasten in ihrer unmittelbaren Nachbarschaft wehren, weil sie gesundheitliche Gefahren, vor allem auch der athermischen Wirkungen befürchten. Die Besorgnis in der Öffentlichkeit hinsichtlich der Mobilfunkstrahlung ist zum Teil natürlich durch die Verbreitung dieser Technik begründet, denn fast jeder ist potenziell betroffen. Sie lässt sich auch darauf zurückführen, dass Telefone normalerweise in unmittelbarer Nähe zu empfindlichen Körperteilen wie z.B. Gehirn oder Auge benutzt werden und diese Nähe die *Exposition* erhöht (vgl. Kap. 3.1, S. 14).

Zunehmend diskutiert, aber wissenschaftlich bisher kaum untersucht, ist das Phänomen „Elektrosensibilität“. Entsprechend vermehrter Beobachtungen von Betroffenen und Umweltmedizinern reagiert ein kleiner Teil in der Bevölkerung sensibler auf elektromagnetische Strahlung als die Mehrheit der Bevölkerung. Die Forschungen zu Elektrosensibilität befinden sich immer noch im Anfangsstadium. Die Schätzungen zum Anteil der „Elektrosensiblen“ in der Bevölkerung gehen zwar weit auseinander und reichen bis zu 10 % der Bevölkerung, aber zumindest ist in der Wissenschaft mittlerweile unstrittig, dass das Phänomen „Elektrosensibilität“ existiert. Da nach Aussage der Betroffenen die Beschwerden mit Wegfall der Strahlungsquellen nachlassen, kommt von diesen Menschen die Forderung an die Politik nach „elektrosmogfreien“ Bereichen, was mit zunehmendem Ausbau der Mobilfunknetze immer schwieriger zu realisieren ist.

1.4 Vorsorge

Auch wenn es bisher an einem allgemein anerkannten Wirkungsmodell für nicht-thermische Effekte fehlt, sollten die heute bekannten wissenschaftlichen Hinweise bei einzelnen, gesundheitlich relevanten Effekten unter sog. Vorsorgegesichtspunkten nicht ignoriert werden. Vorsorge sollte im Interesse der Bevölkerung auch mögliche, wissenschaftlich noch nicht nachgewiesene Risiken berücksichtigen. Die *Strahlenschutzkommission (SSK)* empfiehlt in ihrer Stellungnahme vom 13./14. September 2001 u.a. „... Maßnahmen zu ergreifen, um Expositionen durch elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder im Rahmen der technischen und wirtschaftlich sinnvollen Möglichkeiten zu minimieren. Das gilt insbesondere für Bereiche, in denen sich Personen regelmäßig über längere Zeit aufhalten...“. Die Europäische Kommission hat im Jahr 2000 eine Mitteilung zur Anwendung des Vorsorgeprinzips veröffentlicht. Da keine verbindlichen Regelungen hinsichtlich Grenzwerten von EMF für die EU existieren, ist es den Mitgliedsländern möglich, niedrigere Grenzwerte (als in den Ratsmitteilungen empfohlen) gemäß dem Vorsorgeprinzip festzulegen.

Die 26. BImSchV enthält keine derartigen Vorsorgeanforderungen an Mobilfunkanlagen zur Berücksichtigung athermischer Wirkungen. Im Rahmen der Beratungen zur 26. BImSchV wurde die Existenz von athermischen Wirkungen zwar mit in die Überlegungen einbezogen. Da aber auch damals kein wissenschaftlicher Nachweis für eine konkrete Gesundheitsgefährdung vorlag, blieben diese unberücksichtigt. Aufgrund der unsicheren Datenlage und wegen der fehlenden Reproduzierbarkeit der

Studien werden die dort vereinzelt gefundenen Hinweise auf athermische Effekte auch heute noch nicht für ausreichend gehalten, um die Grenzwerte der 26.

BlmSchV zu senken. Im Gegenteil sieht die Bundesregierung ganz aktuell nach weitgehendem Abschluss des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms (DMF) sich in ihrer bisherigen Auffassung bestätigt, dass es keinen Handlungsbedarf im Hinblick auf die Verschärfung von Grenzwerten gibt [1].

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), auf dessen Bewertung die Bundesregierung verweist, kommt in seiner zusammenfassenden Bewertung des DMF vom Juni 2008 zwar auch zu dem Schluss, dass die derzeit geltenden Grenzwerte aus seiner Sicht ausreichend sind, legt aber auch weiterhin einen vorsichtigen Umgang mit drahtlosen Kommunikationstechnologien nahe [2].

Unabhängig von den Diskussionen um Grenz- oder Vorsorgewerte sollte aber nach Ansicht des EMF-Instituts dennoch der größtmögliche Schutz der Bevölkerung vor möglichen gesundheitlichen Risiken durch elektromagnetische Felder oberstes Ziel beim Ausbau der Mobilfunknetze sein.

In vielen Kommunen ist die Immissionsminimierung ebenfalls ein wesentliches Ziel der Kommunalpolitik, und es wird angestrebt, Mobilfunksendeanlagen außerhalb der Wohnbebauung zu platzieren, um die Belastung der Bevölkerung durch die Sendeanlagen so gering wie möglich zu halten. Hierauf wird im Kapitel 3.1, S. 14 noch ausführlich eingegangen.

2 Mobilfunk und Kommunen

Von der Entwicklung des Mobilfunks sind in zunehmendem Maße auch die Kommunen betroffen. Einerseits muss es im Rahmen der kommunalen Daseinsvorsorge ihr Ziel sein, dass das Gemeindegebiet über ein funktionierendes Mobilfunknetz verfügt, damit die heimische Wirtschaft und die Bürger diese Kommunikationstechniken nutzen können. Andererseits müssen sie die Bevölkerung vor möglicherweise mit der Mobilfunktechnik verbundenen Gesundheitsgefahren schützen und sind zugleich aufgefordert, den Charakter des Ortsbildes zu wahren. Aus diesen sehr unterschiedlichen Zielen ergibt sich ein nicht unerhebliches Spannungsfeld.

Die wachsende Sorge in der Bevölkerung über mögliche Gesundheitsgefahren durch die von Mobilfunkanlagen ausgehende hochfrequente elektromagnetische Strahlung führt zu einem weiteren Aspekt, der zunehmend an Bedeutung gewinnt:

Immer häufiger ist zu beobachten, dass Grundstücke im unmittelbaren Umfeld von Mobilfunkanlagen auf dem Immobilienmarkt teilweise nicht unerhebliche Wertminderungen erleiden, weil Mieter und Käufer immer weniger gewillt sind, eine Mobilfunkantenne auf dem Objekt oder in der Nachbarschaft zu akzeptieren.

Die Kommunen sind daher gezwungen, sich in zunehmendem Maße sowohl mit der Technik des Mobilfunks, mit den gesundheitlichen Auswirkungen, den Auswirkungen auf das Ortsbild sowie daraus resultierend, mit rechtlichen Fragen und Steuerungsmöglichkeiten bei der Entwicklung neuer Mobilfunkanlagen auseinander zu setzen. Von zentraler Bedeutung ist dabei die Frage der Standortbestimmung neuer Anlagen.

2.1 Historie

In den Anfangsphasen des Aufbaus der heutigen Mobilfunknetze hatten die Kommunen keine rechtliche oder anderweitige Möglichkeit, beim Aufbau der Netz-Infrastruktur respektive bei der Entwicklung neuer Mobilfunkanlagen mitzuwirken.

Der Bund regelt über die Bundesimmissionsschutzverordnung, welche Sendeanlagen grundsätzlich erlaubt sind und die Bundesnetzagentur (ehemals Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post) überwacht die Einhaltung der Grenzwerte in Zusammenhang mit den notwendigen Sicherheitsabständen. Auch über das (bundesgesetzliche) Bauplanungs- und Bauordnungsrecht können die Kommunen nicht unmittelbar eingreifen, da die Sendeanlagen bei einer Höhe von bis zu 10 Metern und einem Bauvolumen von bis zu zehn Kubikmetern generell genehmigungsfrei sind. Diese Situation hat in der Vergangenheit dazu geführt, dass die Kommunen über die Errichtung neuer Sendeanlagen nicht informiert wurden. Anwohner erfuhren so eher von neuen Sendemasten als die jeweiligen Stadt- oder Gemeindeverwaltungen.

2.2 Die freiwillige Vereinbarung

Um die Kommunikation zwischen den Mobilfunkanbietern und den Kommunen zu verbessern, haben die Mobilfunkbetreiber im Juli 2001 mit den kommunalen Spitzenverbänden eine „Vereinbarung über den Informationsaustausch und die Beteiligung der Kommunen beim Ausbau des Mobilfunknetzes“ geschlossen [3]. Dazu beigetragen hat ohne Zweifel aber auch der öffentliche Druck durch die Bürgerinnen und Bürger, die in Bürgerinitiativen immer stärker gegen Anlagen in ihrer Nachbarschaft mobil machen (vgl. Kapitel 1.3, S. 9)

Mit dieser Selbstverpflichtung der Mobilfunkbetreiber wird den Kommunen ein weitgehendes Mitspracherecht bei der Auswahl von Mobilfunkstandorten im Stadt-/Gemeindegebiet eingeräumt. So haben sich die Betreiber verpflichtet, die Kommunen über ihre Pläne zum Netzausbau detailliert zu unterrichten und alle in Frage kommenden Standorte zu benennen. Diese Information soll so rechtzeitig (vor einer Standortentscheidung) erfolgen, dass der Kommune ein angemessener Zeitraum zur Stellungnahme verbleibt und sie ihrerseits eigene, alternative Standortvorschläge unterbreiten kann. Die Mobilfunkbetreiber sind verpflichtet, diese Vorschläge zu prüfen und vorrangig zu berücksichtigen, sofern sie funktechnisch und unter zumutbaren wirtschaftlichen Bedingungen möglich sind. Ist ein von der Kommune vorgeschlagener Standort nicht geeignet, sind die Mobilfunkbetreiber verpflichtet, ihre ablehnende Haltung zu begründen und gemeinsam mit der Kommune einen anderen Standort zu finden. Die Vereinbarung sieht vor, dass die Abstimmungsverfahren innerhalb von 8 Wochen abgeschlossen werden sollten. Zusätzlich werden die Betreiber die Kommunen auch über die tatsächliche Inbetriebnahme der jeweiligen Sendeanlage informieren.

3 Die Ziele der Mobilfunkversorgung

In den folgenden Unterkapiteln wird dargestellt, welche Gesichtspunkte zu beachten sind, wenn in Kommunen über die Festlegung von Schutz- und Versorgungszielen entschieden werden soll.

3.1 Schutzziele

Durch den (nahezu flächendeckenden) Ausbau der Mobilfunknetze entsteht eine Exposition (Ausgesetztsein) gegenüber hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung sowohl bei den Handynutzern als auch bei den Anwohnern durch die installierten Basisstationen, wobei es sich weitgehend – aber durchaus nicht vollständig – um die gleiche Personengruppe handelt.

3.1.1 Exposition durch Mobiltelefone (Handys)

Für die persönliche Belastung der Handynutzer selber und der Personen in ihrer unmittelbaren Umgebung² spielt während der Mobilfunkgespräche die von den Handys ausgehende Strahlung eine wesentlich größere Rolle als die Strahlung der Basisstationen.

Hierbei handelt sich im Allgemeinen um eine relativ kurzfristige hohe Belastung, die fast ausschließlich während des Telefonierens auftritt. Die Höhe dieser Belastung richtet sich zum einen nach den Strahlungseigenschaften des eigenen Handys (SAR-Wert) und ganz entscheidend auch nach der Qualität der Verbindung zur nächsten Basisstation.

Alle heutigen Handys sind so konzipiert, dass sie mit einem möglichst geringen Energieeinsatz mit der nächstgelegenen Basisstation in Kontakt bleiben können, um die begrenzte Energie des Akkus so effektiv wie möglich zu nutzen. Diese sogenannte Leistungsregelung der Handys kommt ebenso der Strahlungsminimierung zugute, denn sie hat zur Folge, dass ein Handy seine Strahlungsleistung herunterregelt, wenn es von der Basisstation gut empfangen werden kann. Allgemein gilt: Je schwächer die Verbindung (das Signal des Senders bzw. der Empfang) ist, desto größer ist die Sendeleistung, die das Handy für die Verbindung mit der Basisstation braucht.

Umgekehrt bedeutet dies, dass mit guter Erreichbarkeit der Basisstationen die vom Handy aufzubringende Sendeleistung abnimmt und somit auch das elektromagnetische Feld im Umfeld des Handys schwächer wird

Für die Handynutzer selbst handelt es sich bei dieser Exposition um eine individuell steuerbare Belastung. Die Personen in der unmittelbaren Nähe der Telefonierenden können sich nur sehr begrenzt diesem Ausgesetztsein entziehen, z. B. in öffentlichen Verkehrsmitteln, o.ä. (vgl. auch Kap. 4.4.1, S. 25)

² vergleichbar dem „Passivrauchen“ bei Zigaretten

3.1.2 Exposition durch Basisstationen

Die Belastung, die von einer Basisstation ausgeht, ist von der Intensität her – im Vergleich mit der Belastung durch ein Handy während des Telefonierens – als eher niedrig einzustufen. Die Basisstation sendet aber permanent, und die Bewohner im Umkreis einer Sendeanlage haben keine Möglichkeit, sich dieser Exposition zu entziehen bzw. diese individuell zu steuern³. Dies kann insbesondere für die Personengruppe der Elektrosensiblen zu einem Problem werden (vgl. Kap. 1.3, S. 9).

Naturgemäß haben Kommunen auf das individuelle Telefonieverhalten keinen Einfluss. Gleichwohl sei auf die Empfehlungen des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) zum Umgang mit Mobiltelefonen im Anhang 12.3, S. 76, hingewiesen.

Das vorliegende Konzept widmet sich daher in erster Linie der nicht individuell steuerbaren Dauerbelastung, die durch die Basisstationen hervorgerufen wird. Ziel dieses Konzeptes ist es daher, die Exposition durch Mobilfunkbasisstationen so gering wie möglich zu halten und gleichzeitig die im nachfolgenden Kapitel beschriebenen Mobilfunkversorgungsziele gewährleisten zu können.

Parallel dazu wird versucht, auch für die Handynutzer eine möglichst geringe Strahlungsbelastung zu erreichen (vgl. Kap. 4.4.1, S. 25).

3.2 Das Versorgungsziel

Im Rahmen dieses Konzeptes wird herausgearbeitet, wie bei Einhaltung der im vorigen Kapitel 3.1 genannten Schutzziele eine gute Mobilfunkversorgung erreicht werden kann. Das bedeutet, dass mobile Kommunikation in den besiedelten Gebieten der Gemeinde Freigericht möglich ist.

Man unterscheidet folgende zu versorgenden Bereiche:

- Outdoor-Versorgung: Gebiete außerhalb von Gebäuden, Fahrzeuge mit Außenantenne
- Indoor-Normalbereich: Oberirdische Innenräume „normaler“ Gebäude, Fahrzeuge ohne Außenantenne
- Indoor-Tiefbereich: Bereiche, die unterhalb der Erdoberfläche liegen, z.B. Keller von Wohnhäusern, Tiefgaragen, besonders abgeschirmte Räume.

3.2.1 Versorgungskapazität für mobile Kommunikationsdienste

In letzter Zeit sind zunehmend Bestrebungen der Netzbetreiber zu beobachten, die vollständige Versorgung von Wohn- und Bürohäusern mit Telefon- und Datendiensten mittels Mobilfunkanbindung zu realisieren, unabhängig davon, ob in diesen Ge-

³ Welche der beiden Belastungen größere gesundheitliche Relevanz besitzt, kann bisher wissenschaftlich nicht eindeutig beantwortet werden. Hinweise gehen in die Richtung, dass durch die hohen (aber: kurzzeitigen) Belastungen eher Tumorerkrankungen und degenerative Gehirnerkrankungen gefördert werden und durch die (niedrige) Dauerbelastung eher neurologische Effekte (Konzentrations- und Schlafstörungen) auftreten.

bäuden eine leitungsgebundene Versorgung mit Telefon- und Datendiensten (Festnetz) vorliegt. Ein derartiger Ersatz des Festnetzes durch funkgestützte Kommunikationsanbindungen erfordert natürlich erheblich höhere Übertragungskapazitäten als es die ureigene Aufgabe eines Mobilfunknetzes – nämlich die Versorgung mobiler Nutzer – erfordert. Es wird hier ausdrücklich darauf hingewiesen, dass eine solche Kapazitätsausweitung der Mobilfunknetze nicht den in diesem Kapitel dargestellten allgemeinen Schutz- und Versorgungszielen entspricht, da mit einer solchen Nutzungsausweitung zwangsläufig eine Erhöhung der Immissionen einhergeht.

4 Realisierungsmöglichkeiten einer strahlungsminimierten Mobilfunkversorgung

Bevor in Kap. 5 auf Besonderheiten eingegangen wird, die eine strahlungsarme Mobilfunkversorgung ermöglichen, werden im Folgenden zunächst praxisrelevante Möglichkeiten dargestellt, mit denen sich mit heute verfügbarer Technologie eine flächendeckende, strahlungsminimierte Mobilfunkversorgung verwirklichen lässt⁴: Anschließend werden die jeweiligen Vor- und Nachteile diskutiert, um im TEIL II dieser Studie die passende Lösung für die Gemeinde Freigericht herauszuarbeiten.

4.1 Inhomogenitäten der Immissionsverteilung bei klassischer Netzstruktur

Die Problematik der optimalen Gestaltung eines Mobilfunknetzes liegt zum großen Teil in den klein- und großräumigen Strukturen sowohl der Geländeformen als auch der Bebauung. Eine optimale Situation – und zwar sowohl bezüglich der Mobilfunkversorgungsqualität als auch bezüglich der Immissionsminimierung – liegt dann vor, wenn es gelingt, das gesamte zu versorgende Gebiet mit einer möglichst gleichmäßigen Einstrahlung zu versehen. In diesem Fall genügt es, die Leistungsflussdichte so zu wählen, dass sie gerade für eine Mobilfunkverbindung guter Qualität ausreicht. Liegen hingegen Abweichungen von dieser Optimalsituation der völlig homogenen Versorgung vor, so orientieren sich die Mobilfunkbetreiber bei ihrem Netzausbau naturgemäß an dem Punkt des Versorgungsgebietes mit der schlechtesten Funkverbindung und wählen die Sendeleistung so, dass dort noch eine hinreichend gute Gesprächsqualität möglich ist. Zwangsläufig entsteht so in den übrigen Gebieten mit besserer Funkverbindung eine mehr oder weniger ausgeprägte "Überversorgung". Diese – sich zwangsläufig aus den Inhomogenitäten des Netzes ergebende – Überversorgung ist der Hauptgrund für die in der näheren Umgebung von Basisstationen auftretenden erhöhten Immissionen.

Auch die „Alltagserfahrung“ vieler Mobilfunknutzer und kritisch eingestellter Bürger zeigt, dass mobiles Telefonieren annähernd überall möglich ist und insbesondere auch an solchen Orten, an denen sich bei Messungen nur sehr geringe Leistungsflussdichten zeigen. Zunächst einmal durchaus verständlich folgert der „gesunde Menschenverstand“ daraus, dass mehr Strahlung dann auch für einen funktionierenden Mobilfunk nicht nötig sei.

Der Grundgedanke „nur soviel Strahlung wie zum Telefonieren erforderlich“ bildet zwar die Basis eines strahlungsminimierten Mobilfunkversorgungskonzeptes, reicht allein aber für ein funktionierendes Mobilfunknetz nicht aus. In den folgenden Unterkapiteln wird dargelegt, welche weiteren Randbedingungen für praxisgerechte Mobilfunknetze berücksichtigt werden müssen. Dazu wird im folgenden Kapitel 4.2 zu-

nächst dargestellt, welche Einflüsse die Immissionen in einem heute üblichen Mobilfunknetz bestimmen.

4.2 Mindestversorgungsfeldstärke und Strahlungsintensitäten in realen Mobilfunknetzen

Grundsätzlich gilt die hier dargestellte Problematik für alle heutigen Mobilfunknetze, wird hier aber exemplarisch an den in Deutschland bisher am weitesten verbreiteten GSM-900-Mobilfunknetzen (klassisch D-Netze) geschildert. Auf Besonderheiten des UMTS-Netzes wird – soweit erforderlich – eingegangen.

Im Anhang (Kap. 12.2, S. 75) ist der sehr große Bereich von Leistungsflussdichten dargestellt, der sowohl in der Grenz- und Vorsorgewertdiskussion als auch im Bereich der technischen Erfordernisse eines Mobilfunknetzes eine Rolle spielt. Am oberen Ende der extrem großen Spannweite von Leistungsflussdichten steht der in Deutschland und den meisten westeuropäischen Ländern gültige Grenzwert von 4,6 Watt pro Quadratmeter, der sich auf die – ausschließlich auf thermischen Wirkungen basierende – Empfehlung der internationalen Strahlenschutzkommission (ICNIRP) stützt⁵. Am unteren Ende der Skala steht mit ca. 0,1 Nanowatt pro Quadratmeter ($= 0,000.000.1 \text{ mW/m}^2 = 0,000.1 \text{ } \mu\text{W/m}^2$, s. letzte Zeile der Tabelle 6, S. 75) der Mindestversorgungspegel, den das Schweizer Bundesamt für Kommunikation (BAKOM) ansetzt⁶. Ebenso wie in Deutschland ist auch in der Schweiz die Konzessionsvergabe für Mobilfunknetze an die Versorgung eines bestimmten Bevölkerungs- oder Gebietsanteils mit diesem Mobilfunknetz verbunden. Das Schweizer BAKOM definiert den genannten Mindestpegel von ca. einem Zehnmillionstel Milliwatt pro Quadratmeter als Mindestwert, um ein (einzelnes) Mobilfunkgespräch zu ermöglichen.

Wenn nun aber unbestritten solch geringe Leistungsflussdichten von weniger als $0,001 \text{ } \mu\text{W/m}^2$ für ein problemloses Mobilfunkgespräch ausreichen, erscheint es zunächst einmal sehr schwer verständlich, warum die Netzbetreiber es für den ungestörten Ausbau ihrer Mobilfunknetze für erforderlich halten, den gesetzlichen Grenzwert gegebenenfalls ausschöpfen zu können, obwohl dieser mit $4,6 \text{ W/m}^2$ um wesentlich mehr als den Faktor eine Milliarde höher liegt als die mindestens für ein Mobilfunkgespräch erforderliche Leistungsflussdichte. Relativ ähnlich ist auch die Situa-

⁴ auf die Darstellung denkbarer Alternativtechnologien, wie zum Beispiel die Auftrennung der Basisstationen in „nur sendende“ und „nur empfangende“ Basisstationen, wird hier bewusst verzichtet, da dies jenseits der kommunalen Einflussmöglichkeiten liegt.

⁵ In neuerer Zeit gibt die ICNIRP zwar an, in ihren Empfehlungen auch nicht-thermische Wirkungen zu berücksichtigen. Diese Berücksichtigung beschränkt sich allerdings auf einen einzigen nicht-thermischen Effekt, das sogenannte Mikrowellenhören, bei dem es sich um einen Spontaneffekt mit einem höheren Grenzwert handelt als für die bekannten thermischen Effekte. Nicht-thermische Langzeiteffekte bleiben hingegen bei der ICNIRP weiterhin unberücksichtigt.

⁶ Auf die weiterhin genannten Grenz- und Vorsorgewerte kann hier nicht im Detail eingegangen werden.

tion in der Schweiz, wo der vom Bundesamt für Umwelt (BAFU)⁷ erlassene Anlagen-grenzwert von ca. 42 mW/m² ca. 400 Millionen-fach höher liegt als der BAKOM-definierte Mindestversorgungspegel.

Die wesentlichen Ursachen für diese Diskrepanz sind im Folgenden näher dargestellt.

4.2.1 Innenraumversorgung

Bei den klassischen drahtlosen Kommunikationstechniken (Rundfunk, Fernsehen) wird üblicherweise eine Antenne an einem funktechnisch günstigen Standort montiert, z.B. für den Fernsehempfang eine Dachantenne. Sofern Rundfunkgeräte ohne externe Antenne betrieben werden, hat man sich daran gewöhnt, sie zumindest an einer – funkversorgungsmäßig – günstig gelegenen Stelle des Raumes aufzustellen (z.B. in der Nähe eines Fensters) und die Antenne geeignet auszurichten.

Ganz anders sind – zumindest nach Ansicht der Netzbetreiber und auch vieler Nutzer – die Anforderungen bei der Mobilfunkversorgung. Ein Handy soll natürlich in jedem Raum der Wohnung oder des Bürogebäudes funktionieren und natürlich auch unabhängig davon, wo es sich gerade in diesem Raum befindet (z.B. in der Aktentasche auf dem Boden oder in der abgelegenen Ecke des Konferenzraums).

In der (meist englischen) Fachsprache der Mobilfunktechnologie bezeichnet man diese beiden Effekte mit:

1. indoor loss: Die Dämpfung (Intensitätsverlust), den die elektromagnetische Welle beim Durchgang durch die Hauswände erfährt, wird in der Mobilfunkplanung typischerweise abgeschätzt mit 18 dB:

| | Dezibel | Dämpfungsfaktor |
|-------------|---------|-----------------|
| Indoor loss | 18 | 63 |

2. fast fading: Die sehr kleinräumigen Intensitätsunterschiede, die sich innerhalb typischer Innenräume durch die komplizierten Reflexions- und Beugungsverhältnisse einstellen, werden als Minimum abgeschätzt mit 10 dB:

| | Dezibel | Dämpfungsfaktor |
|-------------|---------|-----------------|
| Fast fading | 10 | 10 |

Das bedeutet: Möchte man in der ungünstigen Raumecke eine Versorgung in Qualität des Mindestversorgungspegels erreichen, so ist dafür außen vor dem Gebäude schon ca. die 600-fache Leistungsflussdichte erforderlich.

4.2.2 Viele parallel betriebene Mobilfunknetze

Die bisherige Betrachtung bezieht sich auf ein einzelnes Mobilfunknetz, also z.B. eines der GSM-900- oder GSM-1800-Netze in Deutschland. Nun sind aber bereits in den klassischen GSM-Netzen vier Mobilfunknetzbetreiber tätig (T-Mobile/D1, Voda-

⁷ ehemals Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)

fone/D2, E-Plus und O₂-Germany) und jedes Netz benötigt seine eigenen Basisstationen, die jeweils entsprechende Immissionen verursachen. Hinzu kommt, dass mittlerweile alle vier Netzbetreiber eine Lizenz für beide GSM-Netze haben (GSM-900, das klassische „D-Netz“ und GSM-1800, das klassische „E-Netz“, s. auch Glossar *GSM-Netze*) und somit bis zu 8 GSM-Netze parallel betrieben werden können. Die zur Zeit noch im Aufbau befindlichen UMTS-Netze sollen zumindest auf absehbare Zeit parallel zu den existierenden GSM-Netzen betrieben werden und strahlen somit zusätzliche Sendeleistung ab. Ursprünglich waren sechs separate UMTS-Netzbetreiber mit jeweils einem eigenständigen Sendernetz vorgesehen. Mittlerweile hat sich die Anzahl der UMTS-Netzbetreiber auf die gleichen vier Betreiber wie bei den GSM-Netzen verringert, womit sich also im zu erwartenden Endausbau vier Netzbetreiber mit jeweils zwei (GSM und UMTS) oder sogar drei (GSM-900, GSM-1800 und UMTS) unabhängigen Mobilfunknetzen ergeben.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass in jedem Mobilfunknetz viele Nutzer gleichzeitig telefonieren wollen/sollen. In den GSM-Netzen existiert jeweils ein Basiskanal (Broadcast Control Channel BCCH), der bis zu 7 gleichzeitige Gespräche abwickeln kann und unabhängig von der vorliegenden Gesprächsauslastung immer auf Sendung ist. Kommen in der gleichen Funkzelle weitere gleichzeitige Nutzer des gleichen Netzbetreibers hinzu, so wird ein weiterer Sendekanal, ein sogenannter Verkehrskanal (Traffic Channel TCH) hinzugeschaltet, der zusätzlich acht Gespräche bewältigen kann. Eine typische GSM-Basisstation ist mit vier Sendekanälen ausgestattet und kann somit maximal 31 gleichzeitige Gespräche pro Sektor abwickeln. Kleinere Stationen verfügen über 2 Kanäle. Dies bedeutet, dass bei Volllastbetrieb pro Netzbetreiber die doppelte bzw. vierfache Immission bezogen auf die Schwachlastzeiten (z.B. nachts) auftritt. Für die folgende Betrachtung wird von einem Mittelwert von 3 Kanälen pro Basisstationssektor ausgegangen.

4.2.2.1 UMTS-Netze

Etwas anders ist die Situation in den UMTS-Netzen, da hier ein anderes Mehrbenutzerzugangsverfahren angewandt wird. Pro Netzbetreiber gibt es hier zwei jeweils 5 MHz breite Frequenzblöcke, von denen beim momentanen Netzausbau jeweils nur einer genutzt wird. Rein funktechnisch gesehen handelt es sich hierbei um zwei Frequenzkanäle. Man berücksichtige aber die mögliche Sprachverwirrung, da im üblichen UMTS-Sprachgebrauch der Begriff Kanal nicht für Frequenzkanäle verwendet wird, sondern für einzelne (durch Codes getrennte) Bestandteile eines Frequenzblocks, so z. B. für den sogenannten Pilotkanal (CPICH = Common Pilot Channel), der für ähnliche Signalisierungs- und Koordinationsübertragungen genutzt wird wie der erste Zeitschlitz des Basiskanals einer GSM-Station.

Bezüglich der Immissionen bedeutet dies, dass die Sendeleistung des Pilotkanals (zur Zeit ca. 15 Prozent der Maximalleistung) permanent ausgestrahlt wird und zu-

sätzliche Gespräche bzw. Datenverbindungen kontinuierlich (anstatt in 8-er Blocks) hinzukommen. Zusätzlich kompliziert wird die Situation dadurch, dass bei Datenübertragung im UMTS-Netz (wofür das Netz hauptsächlich gedacht ist) höhere Datenübertragungsraten auch höhere Feldstärken, d.h. bzgl. der Immissionsbetrachtung höhere Leistungsflussdichten erfordern.

Um die Betrachtung nicht weiter zu verkomplizieren, werden für die folgende Berechnung für alle Mobilfunknetze diejenigen Faktoren verwendet, die zuvor für die GSM-Netze beschrieben wurden.

Somit ergeben sich insgesamt durch die parallel betriebenen Netze mit vielen gleichzeitigen Nutzern die in der nachstehenden Tabelle genannten Multiplikationsfaktoren. Da nicht an allen Orten alle Mobilfunknetze angeboten werden, wird hier von 2 bis 3 typischerweise vorhandenen Mobilfunknetzen ausgegangen:

| | Faktor |
|---|--------|
| 3 Frequenzkanäle | 3 |
| 2 bis 3 Mobilfunknetze pro Betreiber (GSM-900 / GSM-1800 / UMTS) | 2,5 |
| 4 Netzbetreiber | 4 |
| gesamt | 30 |

Die Höhe der Immissionen wird dabei keineswegs nur durch den Abstand von der Sendeanlage bestimmt, da im Nahbereich die Nebenkeulen der Sendeantennen die auftretenden Leistungsflussdichten bestimmen und erst in größerem Abstand (ab 50 bis 500 Metern) die Leistungsflussdichten mit dem Quadrat des Abstands fallen. Grob abgeschätzt ergibt sich:

| Inhomogenitäten der Netze | Dezibel | Faktor |
|---------------------------|---------|--------|
| typisches Netz | 25 | 300 |
| optimiertes Netz | 5 | 3 |

Dazu kommen unterschiedliche Verluste je nach Standort des Mobilfunknutzers. Soll ein Mobilfunkgespräch auch in einer innerstädtischen Straßenschlucht funktionieren, so führt dies naturgemäß dazu, dass an einer benachbarten Stelle in etwa gleicher Entfernung zur Basisstation, aber freier Sicht zu den Sendeantennen eine erheblich höhere Leistungsflussdichte auftritt:

| | Dezibel | Dämpfungsfaktor |
|--------------|---------|-----------------|
| Pfadverluste | 15 | 30 |
| | 20 | 100 |

4.2.3 Immissionsniveau in einem optimierten Mobilfunknetz

Die in vorstehenden Unterkapiteln dargestellten Überlegungen zum erforderlichen Versorgungspegel und den daraus resultierenden Immissionen zeigen den sehr großen Intensitätsunterschied zwischen den für ein einzelnes Mobilfunkgespräch erforderlichen

derlichen Immissionen und den im realen Betrieb vieler Mobilfunknetze tatsächlich zu erwartenden Immissionen.

Akzeptiert man die Rahmenbedingungen der heutigen Mobilfunkversorgung (Indoor-Versorgung durch viele parallel betriebene Netze mit erdgebundenen Basisstationen), so ergeben sich bei den vorstehend aufgeführten (immissionserhöhenden) Effekten nur an wenigen Stellen Ansatzmöglichkeiten, diesen Effekt geringer ausfallen zu lassen und somit eine Verringerung der Gesamtimmissionen zu bewirken.

Der einzige Punkt, an dem eine entscheidende Einflussnahme ohne Technologieänderungen möglich ist, ist die Reduzierung der Inhomogenitäten der Immissionsverteilung. Dies wird im folgenden Unterkapitel 4.3 weiter ausgeführt.

Als Zusammenfassung der in den vorstehenden Kapiteln aufgeführten Einflussfaktoren wird in der folgenden Tabelle noch einmal aufgeführt, welche dieser Einflussfaktoren auch bei einer optimierten Mobilfunkversorgung verbleiben und welche Gesamtimmissionen in der optimierten Situation zu erwarten sind.

Dabei wird davon ausgegangen, dass von jedem der vier Netzbetreiber zwei bis drei unabhängige Mobilfunknetze betrieben werden, in denen jeweils eine Versorgungsqualität entsprechend den Anforderungen der Mobilfunknetzbetreiber bereitgestellt wird. Die Berechnung fußt auf dem erforderlichen Mindestpegel, der für ein einzelnes Mobilfunkgespräch erforderlich ist. Dieser Mindestpegel wird hier mit $0,0005 \mu\text{W}/\text{m}^2$ angesetzt und liegt damit sogar noch höher als der Mindestversorgungspegel entsprechend der BAKOM-Definition für GSM-1800-Netze (vgl. Tabelle 6, S. 75 im Anhang). Zumindest in GSM-900-Netzen (den „klassischen D-Netzen“) reichen noch wesentlich geringere Pegel aus. Trotzdem wird dieser Wert hier als Mittelwert über alle Mobilfunknetze angesetzt, um somit auf der anderen Seite noch „Reserven“ für UMTS-Verbindungen⁸ mit hohen Datenraten zu haben.

⁸ Darüber hinaus stehen für UMTS-Verbindungen mit hohen Anforderungen an die Datenrate weitere Reserven in der Berechnung bereit, da solche Verbindungen eher stationär genutzt werden und daher weit weniger vom Effekt des „fast fading“ betroffen sind.

Tabelle 1: Berechnung Gesamtimmissionen bei optimierten Mobilfunknetzen

| | Dezibel | Faktor | Leistungsflussdichte ($\mu\text{W}/\text{m}^2$) |
|--|---------|--------|---|
| Erforderlicher Pegel für ein einzelnes Mobilfunkgespräch | | | 0,0005 |
| Fast fading* | 10 | 10 | 0,005 |
| Indoor Loss* | 18 | 63 | 0,315 |
| Pfadverluste* | 15 | 30 | 9,45 |
| Netzinhomogenitäten | 5 | 3 | 28,35 |
| 3 Frequenzkanäle (Mittelwert) | | 3 | 85,05 |
| 2 bis 3 Mobilfunknetze pro Betreiber (GSM-900, GSM-1800, UMTS) | | 2,5 | 212,6 |
| 4 Netzbetreiber | | 4 | 850,5 |

*) Zu den Begriffen siehe Kapitel 4.2, S. 18.

Dies bedeutet:

Damit überall in einem schlecht versorgten Innenraum in einem Randbereich des Versorgungsgebietes auch an einer ungünstigen Stelle die für ein einzelnes Mobilfunkgespräch erforderliche Leistungsflussdichte von $0,0005 \mu\text{W}/\text{m}^2$ zur Verfügung steht, müssen an einem Außenstandort in günstiger Lage im bestversorgten Bereich mit direkter Sicht zu einer Mobilfunkbasisstation ca. $28 \mu\text{W}/\text{m}^2$ bereitgestellt werden. Erfolgt dies für viele Benutzer (3 Frequenzkanäle) in 10 verschiedenen Mobilfunknetzen gleichzeitig (2 bis 3 Netze pro Betreiber), so ergibt sich daraus eine Gesamtimmission von ca. $850 \mu\text{W}/\text{m}^2$.

Es sei angemerkt, dass die Beschränkung auf $850 \mu\text{W}/\text{m}^2$ nur dann gelingt, wenn auf eine besonders homogene Immissionsverteilung geachtet wird (vgl. **nur** Faktor 3 für Netzinhomogenitäten in obiger Tabelle 1).

4.3 Lösungsansatz: Homogenisierung

Der Grundgedanke einer strahlungsminimierten Mobilfunkversorgung liegt genau in der zuvor genannten Überlegung „nicht mehr Strahlung als nötig“, d.h. möglichst nur genau so viel, wie für störungsfreies mobiles Telefonieren erforderlich ist. Diese Forderung für eine größere zu versorgende Fläche insgesamt zu realisieren, ist allerdings weniger leicht als es zunächst den Anschein hat. Als Grundansatz der strahlungsminimierten Mobilfunkversorgung bleibt das Ziel der möglichst gleichmäßigen (homogenen) Belegung der zu versorgenden Fläche mit einem Strahlungspegel, der für mobiles Telefonieren gerade ausreicht.

Nun argumentieren auch die Mobilfunkbetreiber häufig, Ziel ihres Netzaufbaus sei die gleichmäßige (homogene) Versorgung der Fläche mit einem gleichmäßigen wellenförmigen Netz von Basisstationen. Woher entsteht dann überhaupt ein Konflikt?

Das Problem entsteht daraus, dass die Mobilfunkbetreiber mit einem homogenen Netz etwas ganz anderes meinen als ein Netz mit einer homogenen Immissionsbelastung. Zur Klarstellung sollen hier die beiden Sichtweisen eines "homogenen Netzes" noch einmal erläutert werden:

In der Sprechweise der Mobilfunknetzbetreiber handelt es sich bei einem "homogenen Netz" immer um ein Netz mit einer Vielzahl von gleichmäßig (homogen) über die Fläche verteilten Basisstationen, die sich in relativ einheitlichem Abstand voneinander befinden und jeweils ein Gebiet in ihrer unmittelbaren Umgebung versorgen. Die Immissionsverteilung ist bei einem derartigen Netz im Allgemeinen äußerst ungleichmäßig (inhomogen): hohe Immissionen im Nahbereich in bis zu wenigen hundert Metern Abstand und sehr geringe Immissionen am Zellrand.

Im Sinne einer strahlungsminimierten Mobilfunkversorgung hingegen handelt es sich bei einem "homogenen Netz" um ein Netz mit einer möglichst homogenen Immissionsverteilung. Eine solche möglichst gleichmäßige Immissionsverteilung über die gesamte zu versorgende Fläche ist mit den heute üblichen Mobilfunknetzen, bei denen die Versorgung "von innen", d.h. von einem (meist niedrig gelegenen) Basisstationsstandort im Inneren des zu versorgenden Bereichs erfolgt, nur in Ausnahmefällen zu erreichen. Man benötigt für eine homogene Immissionsverteilung vielmehr eine Versorgung "von außen", also mit Basisstationsstandorten außerhalb des zu versorgenden Gebietes und/oder „von oben herab“. Aus Sicht der Immissionsminimierung ist das Optimum besonders einfach zu erreichen, wenn alle Bereiche des Versorgungsgebietes in etwa gleich weit von der Basisstation entfernt sind. Da dies allerdings nur in Ausnahmefällen möglich ist, werden nachfolgend mit heutiger Mobilfunktechnologie realisierbare Möglichkeiten zur strahlungsminimierten Mobilfunkversorgung vorgestellt, die u.a. die Strahlungscharakteristik der Sendeantennen zur Vergleichmäßigung der Immissionen ausnutzen.

Unabhängig von der Verteilung der Basisstationen beinhalten diese immer den Gedanken der Versorgung „von oben herab“, da meist nur dadurch verhindert werden kann, dass in Wohngebieten in unmittelbarer Nähe der Basisstationen erhöhte Immissionen auftreten.

4.4 Versorgung durch Mobilfunkbasisstationen an exponierten Standorten

Bei dieser Variante befinden sich die Antennen der Mobilfunkbasisstationen an Montagepositionen, die wesentlich höher liegen als die Dachhöhe der typischen Bebauung. Die Lage des Standortes in Bezug zur Wohnbebauung ist hierbei aus Sicht der Strahlungsminimierung nicht das allein entscheidende Kriterium. Wichtig ist vielmehr, dass hohe, exponiert gelegene Standorte verwendet werden, so dass der Hauptstrahl der Sendeantennen erst in mehreren Hundert Metern Entfernung die Bebauung erreicht.

Der Grundansatz der Strahlungsminimierung beruht (wie bereits in Kap. 4.2.3 dargestellt) darauf, eine homogene Belegung der zu versorgenden Fläche mit einer relativ geringen Leistungsflussdichte zu erreichen. Eine solche homogene Flächenbelegung ist mit niedrig gelegenen Basisstationen praktisch nicht möglich.

Bei der von exponierten Standorten erfolgenden Mobilfunkversorgung handelt es sich also um eine Versorgung „von oben herab“, wobei dieser Versorgung „von oben herab“ große Bedeutung bei der Erzielung der erforderlichen Reichweite zukommt (vgl. Kap. 5.2.2, S. 32).

4.4.1 Optimierung der Ausleuchtung

Zusätzlich zu der Vermeidung der hohen Immissionen in unmittelbarer Nähe bieten exponierte Basisstationen deutliche Vorteile bei der Ausleuchtung des Versorgungsgebietes, die direkt mit der zuvor angesprochenen Versorgung "von oben herab" zusammenhängen. Dies sei an einem Beispiel verdeutlicht:

Bei flachem Strahlungseinfall in eine quer zur Einfallrichtung verlaufende Straßenschlucht (zum Beispiel durch eine innerstädtische Basisstation knapp oberhalb der Dachhöhe der typischen Bebauung) sind mehr Reflexions- und Beugungsvorgänge erforderlich als bei steilerem Strahlungseinfall durch eine hochgelegene Basisstation im Außenbereich.

Hieraus ergibt sich bezüglich der Strahlungsminimierung, dass die Sendeleistung einer Basisstation erheblich reduziert werden kann, ohne dass sich dadurch die Empfangsverhältnisse für die Handys verschlechtern.

Ebenso gilt dies natürlich für die Gegenrichtung: Eine exponiert gelegene Basisstation ist für die Handys besser erreichbar und ermöglicht es der Leistungsregelung der Handys dadurch häufiger, die Sendeleistung des Handys herunter zu regeln und somit die Strahlungsbelastung des Handynutzers zu reduzieren. Modellrechnungen zeigen, dass durch Basisstationen an exponierten Standorten besonders schlecht versorgte Gebiete ("Funklöcher") vermieden werden und daher trotz der erheblichen größeren Entfernung des Handynutzers zur exponiert gelegenen Basisstation seine maximale Strahlungsbelastung geringer ausfällt als bei typischen innerörtlichen Basisstationen [4]

4.5 Site-Sharing: Vor- und Nachteile

Meist wird unter Site-Sharing die gemeinsame Nutzung eines Standortes durch Mobilfunkbasisstationen mehrerer Netzbetreiber verstanden. Im Zeitalter der parallel betriebenen GSM- und UMTS-Mobilfunknetze ist aber auch die gemeinsame Nutzung eines Standortes durch eine GSM- und eine UMTS-Basisstation des gleichen Netzbetreibers als Site-Sharing anzusehen.

Eine solche gemeinsame Nutzung eines Standortes durch mehrere Basisstationen kann unterschiedlich gestaltet werden:

- Auf einem Gebäude befinden sich mehrere Antennenmasten, die jeweils für die Antennen einer einzelnen Basisstation genutzt werden.
- An einem größeren Mast – freistehend oder auf einem Gebäude – befinden sich die Antennen mehrerer Basisstationen (und evtl. auch weiterer Funkanlagen).
- Mehrere Basisstationen benutzen die selben Antennen, d.h. auf dem Gebäude bzw. an dem Antennenmast befinden sich nicht mehr Antennen als bei einer einzelnen Basisstation, aber diese Antennen werden gemeinsam von mehreren Basisstationen benutzt. Diese gemeinsame Antennennutzung ist von der Bundesnetzagentur (ehemals RegTP) durchaus auch für Basisstationen verschiedener Netzbetreiber zugelassen, wird von den Netzbetreibern aber praktisch nicht genutzt. Häufiger zur Anwendung kommt die gemeinsame Antennennutzung mittlerweile bei parallelem Betrieb einer GSM- und einer UMTS-Basisstation des gleichen Netzbetreibers am gleichen Standort. Hierfür sind mittlerweile Kombinationsantennen erhältlich, die mehrere Frequenzbereiche abdecken.

Wichtig ist: Unabhängig von der konkreten Ausgestaltung bedeutet Site-Sharing bezüglich der Strahlungsimmission immer, dass von einem solchen Standort mit mehreren Basisstationen mehr Strahlung ausgeht als von einer einzelnen Basisstation beim Verzicht auf Site-Sharing. Dies bedeutet allerdings nicht, dass Site-Sharing für eine strahlungsminimierte Mobilfunkversorgung ungeeignet sei, sondern bei der Beurteilung von Site-Sharing-Standorten muss unterschieden werden nach der Besiedlungssituation in der Umgebung des betreffenden Basisstationsstandortes.

4.5.1 Site-Sharing bei Standorten inmitten der Wohnbebauung

Sehr häufig befinden sich die Sendeantennen typischer heutiger Mobilfunkbasisstationen nur wenige Meter oberhalb der Dachhöhe der typischen Bebauung in der Umgebung. Liegt eine solche Basisstation inmitten der Wohnbebauung, so kommt es häufig vor, dass benachbarte Häuser in geringem Abstand von den Nebenkeulen der Sendeantennen getroffen werden, wodurch sich dort bereits durch eine einzelne Basisstation erhöhte Immissionen ergeben. Kommen an einer solchen Stelle die Immissionen mehrere Basisstationen zusammen, wie dies ja auch beim Site-Sharing der Fall ist, so erhöhen sich die Immissionen an diesem Punkt entsprechend.

Für eine strahlungsminimierte Mobilfunkversorgung wird daher ein Site-Sharing für niedrig gelegene innerörtliche Basisstationen abgelehnt. Diese Meinung wird nicht nur vom EMF-Institut vertreten, sondern auch von weiteren Institutionen empfohlen, die sich mit der Strahlungsimmission von Mobilfunkanlagen ebenfalls wissenschaftlich beschäftigt haben, so zum Beispiel das Institut für Mobil- und Satellitenfunktechnik GmbH, Kamp-Lintfort [5].

4.5.2 Site-Sharing an exponierten Standorten

Deutlich anders stellt sich die Situation dar, wenn es sich um Basisstationen an exponierten Standorten handelt, also z.B. um Standorte auf besonders hohen Gebäuden sowie auf entsprechend hohen Masten.

Ein solcher Standort zeichnet sich immer dadurch aus, dass er so hoch oberhalb von benachbarter Wohnbebauung liegt, dass die Nebenkeulenstrahlung nicht mehr zu unerwünscht hohen Immissionen führt und der Hauptstrahl erst in so großer Entfernung auf die Wohnbebauung trifft, dass auch dort die Immissionen niedrig bleiben. Natürlich ist es auch bei exponiert gelegenen Standorten ebenso wie bei den zuvor beschriebenen „normalen“ Standorten inmitten der Wohnbebauung so, dass mehrere Basisstationen am selben Standort zu einer dementsprechenden Erhöhung der Immissionen führen. Es gibt allerdings einen entscheidenden Unterschied, der aus Gründen der Immissionsminimierung Site-Sharing bei exponierten Standorten sinnvoll macht:

4.5.2.1 *Immissionen aus mehreren Netzen sind heute unvermeidlich*

Akzeptiert man den Grundgedanken heutiger Mobilfunkversorgung, der darin besteht, dass viele Mobilfunknetze parallel betrieben werden (z. Zt. 4 bis 8 GSM-Netze⁹ und 4 UMTS-Netze), so ist es zwangsläufig so, dass jedes Gebiet mit einer vollständigen Mobilfunkversorgung mit den Immissionen von bis zu 12 separaten Mobilfunknetzen belastet wird. Betrachtet man nun einen typischen Immissionspunkt innerhalb eines solchen Versorgungsgebietes, so trifft dort auf jeden Fall die Strahlung der Basisstationen aller am Ort vertretenen Netze ein. Es ist für die Summe der eintreffenden Strahlung weitgehend unerheblich, ob diese Strahlung von einem einzelnen Site-Sharing-Standort oder von mehreren Standorten ohne Site-Sharing ausgeht. Sofern es durch die Platzierung der Basisstationen an exponierten Standorten also gelingt, die lokalen Immissionserhöhungen in der Nähe einer Basisstation zu vermeiden, so spielt es für alle Punkte innerhalb eines homogen versorgten Gebietes keine Rolle, ob die Immissionen durch einen gemeinsamen Basisstationsstandort (Site-Sharing) oder durch mehrere umliegende Basisstationen verursacht werden, die alle zusammen auf diesen Immissionspunkt einwirken.

Bei gut gewählten exponiert gelegenen Standorten – d.h. es gibt keine lokalen Immissionserhöhungen in der unmittelbaren Umgebung – ist eine gemeinsame Nutzung des Standortes durch mehrere Basisstationen daher zunächst einmal ohne wesentlichen Einfluss auf die Gesamtimmission.

⁹ s Glossar: GSM-Netze

4.5.2.2 *Nur wenige optimal geeignete Standorte verfügbar*

Es muss allerdings beachtet werden, dass exponiert gelegene und für eine strahlungsminimierte Mobilfunkversorgung gut geeignete Standorte im Allgemeinen nur in geringer Zahl zur Verfügung stehen bzw. erst errichtet werden müssen (Mastbau). Daher ist es sinnvoll, dass ein wirklich gut geeigneter Standort von den Basisstationen möglichst vieler Netze und Betreiber genutzt wird. Andernfalls ist damit zu rechnen, dass andere Betreiber weniger günstig gelegene Standorte auswählen und daher die Immissionssituation insgesamt verschlechtert wird.

Unabhängig von den vorstehenden Überlegungen zur Immissionsminimierung ist zu beachten, dass es sich bei exponierten Standorten meist um hochgelegene und weithin sichtbare Standorte handelt, so dass auch aus städtebaulichen Gründen anzustreben ist, die Anzahl solcher Basisstationsstandorte so gering wie möglich zu halten und daher ein Site-Sharing zu befürworten ist.

4.5.3 Zusammenfassung Site-Sharing

- Klassische Standorte inmitten der Wohnbebauung:
Hier gibt es lokale Immissionserhöhungen in der unmittelbaren Umgebung der Basisstationen und daher macht es Sinn, diese lokalen Erhöhungen auf möglichst viele kleine, über die Fläche verstreute, Basisstationen zu verteilen, da die einzelnen lokalen Erhöhungen dadurch geringer ausfallen. Daher ist in solchen Situationen Site-Sharing abzulehnen.
- Exponierte Standorte:
Gelingt es hingegen, durch exponierte Standorte lokale Immissionserhöhungen in der unmittelbaren Umgebung der Standorte zu vermeiden, so ergibt sich durch Site-Sharing zunächst keine Verbesserung oder Verschlechterung der Immissionssituation. Da aber meist nur wenige im Sinne der Strahlungsminimierung wirklich gut geeignete Standorte zur Verfügung stehen, ist in dieser Situation Site-Sharing sowohl aus pragmatischen Gründen (die Anzahl geeigneter Standorte ist begrenzt) als auch ökonomischen Gründen (ein Mastbau ist teurer als eine Basisstation auf einem Hausdach) zu befürworten. Es wäre zudem fatal, wenn auf einem geeigneten hohen Standort die Netzbetreiber sich nicht auf Site-Sharing einigen könnten und stattdessen nur ein Betreiber zum Beispiel das Nutzungsrecht hat und andere Betreiber auf ungünstigere Standorte ausweichen müssen. In solchen Fällen ist es besonders wichtig, dass zum Beispiel die Kommunen von ihrer Planungshoheit Gebrauch machen.

4.6 Bedeutung der Antennenneigung (Downtilt)

Die Einstellung der Abwärtsneigung (Downtilt) einer Mobilfunkantenne hat entscheidenden Einfluss sowohl auf den funktechnischen Betrieb eines Mobilfunknetzes als auch auf die Immissionssituation in der Umgebung einer Mobilfunkbasisstation.

Funktechnisch dient die Downtilt-Einstellung neben der Ausrichtung auf das angestrebte Versorgungsgebiet vor allem der Einstellung der Reichweite einer Mobilfunkbasisstation und der Abgrenzung zu Nachbarzellen. Die Downtilt-Einstellung richtet sich u.a. nach den topographischen Verhältnissen und der Siedlungsstruktur des Versorgungsgebietes.

Grundsätzlich muss unterschieden werden zwischen:

- Technisch möglichem Downtilt-Einstellbereich eines bestimmten Antennentyps: Moderne Mobilfunkantennen ermöglichen typischerweise einen Downtilt-Einstellbereich von 0° bis 8° oder bis 10° . Die Downtilt-Einstellung kann vom Netzbetreiber optional ferngesteuert vorgenommen werden.
- Bei der Bundesnetzagentur beantragtem Downtilt-Einstellbereich für eine bestimmte Mobilfunkantenne:
Mit dem Antrag zur Standortbescheinigung reicht der Netzbetreiber den maximal für eine bestimmte Antenne vorgesehenen Downtilt-Einstellbereich bei der Aufsichtsbehörde (Bundesnetzagentur BNetzA, ehemals RegTP) ein. Darauf basierend wird von der BNetzA der vertikale Sicherheitsabstand berechnet.
Es entspricht der üblichen Praxis der Netzbetreiber, bei der BNetzA für den Downtilt den gesamten Einstellbereich zu beantragen, der bei der verwendeten Sektorantenne technisch möglich ist. Hierdurch wird sichergestellt, dass für alle technisch möglichen Einstellungen des Downtilts eine Betriebserlaubnis vorliegt.
- Im realen Betrieb tatsächlich eingestelltem Downtilt einer Mobilfunkantenne:
Die tatsächlich benutzte Downtilt-Einstellung hat entscheidenden Einfluss auf die Immissionssituation in der Umgebung einer Mobilfunkbasisstation und muss im Allgemeinen beim Netzbetreiber erfragt werden. Bei modernen Antennen mit fernsteuerbarer Downtilt-Einstellung unterliegt der tatsächliche Downtilt ggf. sogar häufigen Änderungen, da der Downtilt einzelner Antennen eines Mobilfunknetzes im Betrieb den aktuellen Erfordernissen angepasst wird. Die Möglichkeit zur Downtilt-Änderung während des laufenden Betriebs wird von den Netzbetreibern insbesondere in den UMTS-Netzen dazu genutzt, die geeignete Downtilt-Einstellung für optimale Zellabgrenzung und Interferenzverhältnisse experimentell während des laufenden Betriebs zu ermitteln.

Im Allgemeinen ist der bei der Bundesnetzagentur beantragte (und dann von der Bundesnetzagentur genehmigte) Downtilt-Einstellbereich gleich dem technisch möglichen Einstellbereich der jeweiligen Antenne (bei modernen UMTS-Antennen z.B. 0 bis 10 Grad) und lässt dem Netzbetreiber viel Spielraum für nachträgliche Einstellungen der Antennenanlage.

Die Downtilt-Einstellung einer Mobilfunkantenne hat allerdings erheblichen – häufig sogar den entscheidenden – Einfluss auf die Immissionssituation in der Umgebung

einer Mobilfunkbasisstation. Die Ausnutzung des vollen technisch möglichen Downtilt-Einstellbereichs ist daher auch mit erheblich höheren Immissionen verbunden als Varianten mit geringerer Antennenneigung.

Im tatsächlichen Betrieb kommt es allerdings nur in Ausnahmefällen vor, dass der gesamte technisch mögliche Downtilt-Einstellbereich auch vollständig ausgenutzt wird, insbesondere bei modernen Antennen mit einem großen Einstellbereich von bis zu 10 Grad. Üblicherweise wird dieser Einstellbereich in normal besiedelten Gebieten nicht ausgeschöpft, sondern es wird meist ein geringerer Downtilt verwendet.

Es kann allerdings nicht immer davon ausgegangen werden, dass an üblichen Mobilfunkbasisstationen (nur) ein solcher Downtilt eingestellt ist, der den Erfordernissen der lokalen topographischen Situation entspricht. Es kommt häufig vor, dass z.B. zum Zweck der Funkzellenabgrenzung vorsorglich höhere Downtilts als unbedingt erforderlich eingestellt werden, auch wenn dies zu einer erheblichen Verschlechterung der Immissionssituation in der näheren Umgebung der Basisstation führt.

5 Netzstrukturen für eine strahlungsarme Mobilfunkversorgung und ihre Realisierbarkeit

5.1 Einordnung der Mobilfunkplanung in die allgemeine Netzplanung der Mobilfunkbetreiber

Damit ein Standortkonzept zur Mobilfunkversorgung auch in der Praxis umsetzbar ist, sei es nun für eine Kommune allein oder – wie im vorliegenden Fall – für eine definierte Region, darf es sich nicht auf die Entwicklung eines „örtlichen“ Funknetzes beschränken. Um eine kooperative Basis für die Abstimmungsgespräche im Rahmen der kommunalen Vereinbarung (vgl. Kapitel 2.2, S. 13) zu finden, ist es vielmehr erforderlich, dabei insbesondere auch die betriebswirtschaftlichen Interessen und die technischen Belange der Mobilfunkbetreiber zu berücksichtigen. Denn deren Funknetzplanung muss auch eine Versorgung der umliegenden Gebiete sicherstellen. In diesem Zusammenhang werden häufig folgende beiden Argumente gegen das Konzept einer Versorgung von exponierten Standorten am Rande oder außerhalb der Wohnbebauung vorgebracht:

- fehlende Reichweite:
Basisstationen außerhalb der Wohnbebauung oder auch am Rande des Besiedlungsgebietes befinden sich zu weit vom Nutzer entfernt und können daher die erforderlichen Versorgungsfeldstärken nicht gewährleisten.
- zu geringe Datenübertragungskapazität:
Durch Basisstationen außerhalb bzw. am Rande der Wohnbebauung kann das Versorgungsgebiet nicht in hinreichend kleine Funkzellen aufgeteilt werden, wodurch sich insgesamt eine zu geringe Kapazität des Netzes ergibt.

Zur Berücksichtigung dieser beiden Gesichtspunkte wurde in Kap. 4.4, S. 24 dargestellt, wie diese Probleme vermieden werden können.

5.2 Netzstrukturen der verschiedenen Mobilfunknetze

GSM-Netze (die bekannten D- und E-Netze) benutzen ein völlig anderes Mehrbenutzerzugangsverfahren als die in den letzten Jahren hinzu gekommenen UMTS-Netze. Aus der bei beiden Netztechniken völlig verschiedenen Organisation der Aufteilung der Netzkapazität auf die einzelnen Benutzer ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an die Struktur der Netze, die in den folgenden Kapiteln diskutiert werden. Zunächst wird auf gemeinsame technische Anforderungen beider Netze eingegangen.

5.2.1 Zellgröße

Gemeinsames Merkmal aller Mobilfunknetze ist, dass in einer Funkzelle nur eine begrenzte Anzahl von Nutzern die Mobilfunkdienste gleichzeitig nutzen kann. Je nach den topographischen Verhältnissen und der Nutzungsart sind dabei GSM- oder

UMTS-Netze flexibler (s. die folgenden Unterkapitel sowie Anhang 12.4, S. 77).

Daher ist die Zellgröße ein wesentliches Merkmal bei der Beurteilung der Leistungsfähigkeit eines Mobilfunknetzes.

In diesem Konzept wird daher von einer – durchaus intensiven – Mobilfunknutzung für mobile Nutzer ausgegangen. In den Kapazitätsplanungen für dieses Mobilfunkversorgungskonzept ausdrücklich nicht enthalten ist der weitgehende Ersatz des Festnetzes für – Telefon- und Datendienste – (vgl. Kap. 3.2.1, S. 15) durch Mobilfunkanbindung auch für stationäre Nutzer (z.B. die in jüngster Zeit beworbene stationäre Internetanbindung in der eigenen Wohnung über UMTS).

5.2.2 Erzielbare Reichweite

Die Reichweite einer Basisstation beträgt durchaus einige Kilometer (im D-Netz bis zu 25 km). Sie wird aber nur dann erreicht, wenn zwischen Basisstation und Handy nicht allzu viel störendes Absorptionsmaterial (vornehmlich Bebauung oder Berge) liegt. In sehr typischer Weise tritt dieses Problem bei mehrstöckiger städtischer Wohnbebauung in ebener Lage auf (häufige Großstadtsituation). Die Sendeantennen der Basisstation befinden sich meist nur wenige Meter oberhalb der höheren Dächer. Zu den Handynutzern, die sich z.B. ebenerdig in benachbarten Straßenzügen befinden, besteht im Allgemeinen keine direkte Sichtverbindung. Die Funkverbindung kommt zustande durch mehrfache Reflexion und Beugung der Funkwellen an Fassaden, Gebäude- und Straßenoberflächen. Dies führt dazu, dass das physikalische Gesetz der Abnahme der Strahlungsintensität mit dem Quadrat des Abstandes¹⁰ keine Anwendung mehr finden kann und stattdessen in städtischer Umgebung das Modell realistischer Wellenausbreitung¹¹ herangezogen werden muss.

Das bedeutet in der Praxis eine erhebliche Reduzierung der erzielbaren Reichweite. Zur Umgehung dieser Beschränkung muss dafür gesorgt werden, dass die Funkverbindung wieder auf direkterem Wege – d.h. ohne viele Reflexionen – zustande kommt, was in der Praxis erfordert, die Basisstationsantennen deutlich höher als die Hausdächer zu montieren.

Kernaussage: Bei Wohnbebauung in ebenem städtischen Gelände ist die Reichweite einer Mobilfunkbasisstation, die sich nur wenige Meter oberhalb der Hausdächer befindet, beschränkt. Durch Platzierung der Basisstation an hochgelegenen Standorten wird diese Beschränkung umgangen und die Funkverbindung kann auf direkterem Wege hergestellt werden.

¹⁰ Das bedeutet, bei Verdoppelung des Abstandes sinkt die Strahlungsintensität auf ein Viertel, bei Verdreifachung des Abstandes auf ein Neuntel.

¹¹ In dieses Modell gehen einige städtebauliche Parameter wie typische Breite von Straßenfluchten und mittlere Gebäudehöhe ein. Damit wird das „Dämpfungsverhalten“ städtischer Bausubstanz berechnet, wobei sich immer eine stärkere Dämpfung als unter Freiraumbedingungen ergibt.

5.2.3 Erzielbare Gesprächs- und Datenübertragungskapazität

Die gesamte Übertragungskapazität eines digitalen Mobilfunknetzes wie GSM-900 (klassisch „D-Netze“), GSM-1800 (klassisch „E-Netze“) oder UMTS (noch im Aufbau) wird im Wesentlichen bestimmt durch die für das gesamte Netz von der Bundesnetzagentur (ehemals: Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post) zur Verfügung gestellte Hochfrequenz-Bandbreite. Diese ist zwar bei UMTS ca. doppelt so groß wie bei GSM-900, liegt aber bei allen 3 Netzgruppen (GSM 900, GSM 1800, UMTS) in der gleichen Größenordnung¹².

Die im folgenden diskutierte Beschränkung der Übertragungskapazität (d.h. wie viele Mobilfunkgespräche und Datenübertragungen gleichzeitig möglich sind) gilt also in weitgehend gleicher Weise für alle 3 Netzgruppen, auch wenn die technische Realisierung der Kapazitätszuteilung zu den einzelnen Handys bei UMTS völlig anders gelöst ist als bei GSM. Das Problem wird hier am Beispiel GSM dargestellt, da das Verfahren bei GSM wesentlich besser verständlich ist. Die technischen Details der Unterschiede werden in Anhang 12.4, S. 77, UMTS-Technik, behandelt.

Jedes Mobilfunknetz besteht aus einzelnen Funkzellen. Von den für das gesamte Netz zur Verfügung stehenden Frequenzkanälen kann i. Allg. in jeder Funkzelle nur ein kleiner Anteil genutzt werden. Die Ursache hierfür liegt darin, dass die in einer bestimmten Zelle verwendeten Frequenzkanäle in allen Nachbarzellen nicht verwendet werden können, um sog. Gleichkanalstörungen zu vermeiden.

Wesentliche Aufgabe der von den Mobilfunkbetreibern durchgeführten Funknetzplanung ist es daher, nicht nur ein bestimmtes Siedlungsgebiet (eine oder mehrere Funkzellen) im Auge zu haben, sondern ebenso die Bedürfnisse der Nachbarzellen an Frequenzzuteilungen zu berücksichtigen und somit eine Versorgung der gesamten Fläche zu ermöglichen.

Grundlage für die Netzplanung ist deshalb die regelmäßige räumliche Wiederholung von Frequenzen zur Realisierung der erforderlichen Kapazität. Es entstehen somit zwangsläufig Gleichkanalzellen, in denen gleiche Frequenzkanäle verwendet werden. Wird der Abstand zwischen Funkzellen mit gleichen Frequenzkanälen zu gering gewählt, so kommt es in den betreffenden Zellen zu sogenannten Gleichkanalstörungen.

¹² Die wesentlich höheren mit UMTS möglichen Datenübertragungsraten basieren nicht - wie häufig angenommen - auf der größeren Gesamtkapazität des Netzes, sondern auf der wesentlich flexibleren Zuteilung der Übertragungskapazität an die einzelnen Nutzer.

TEIL II

Mobilfunk in der Gemeinde Freigericht

Analyse der Ist-Situation

und

Entwicklung von Alternativszenarien

6 Mobilfunk in Freigericht

6.1 Lage der Gemeinde

Freigericht ist eine Gemeinde im hessischen Main-Kinzing-Kreis. Die Gemeinde liegt nahe des Rhein-Main-Gebietes an den Ausläufern des Spessart direkt an der hessisch-bayerischen Grenze. Die höchste Erhebung mit 371 m über NN ist der Heidkopf in der Sölzert, der niedrigste Punkt liegt auf 140 m über NN.

Freigericht mit insgesamt ca. 16 000 Einwohnern besteht aus den 5 Ortsteilen: Altenmittlau (ca. 6.600 Einwohner), Bernbach (ca. 2.300 Einwohner), Horbach (ca. 1.800 Einwohner), Neuses (ca. 2.700 Einwohner) und Somborn (ca. 6.600 Einwohner).

Die Gemarkungsfläche der Gemeinde umfasst insgesamt ca. 33,4 km² mit, davon sind über 40 % bewaldet.

6.2 Kommunale Mitwirkung bei der Standortplanung

Im Februar 2008 wurde das EMF-Institut beauftragt, ein Mobilfunkkonzept zu erstellen und Standortvorschläge für Mobilfunkbasisstationen zu erarbeiten mit möglichst geringer Strahlenbelastung für umliegende Schutzbereiche (vgl. das folgende Kapitel 6.3).

Die erarbeiteten Standortempfehlungen sollen als Grundlage für die Festsetzung von Positivstandorten im Flächennutzungsplan dienen.

Im Rahmen der Konzepterstellung wurden zur Überprüfung der derzeitigen Mobilfunkversorgung und Feststellung der derzeitigen Belastung durch hochfrequente elektromagnetische Strahlung Messungen der vorhandenen Immissionen hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung durchgeführt (vgl. Kapitel 7.5ff.).

Am 11. März 2008 fand eine erste Besprechung mit dem Bauamtsleiter Herrn Martin Krauskopf in Freigericht statt sowie eine Ortsbesichtigung mit Begutachtung aller Mobilfunkbasisstationen.

Bei einem zweiten Ortstermin am 24. Juli 2008 wurden die Ziele des Mobilfunkkonzeptes mit Herrn Krauskopf und zwei Vertretern der örtlichen Bürgerinitiative, Herrn Ekkehard Franzke und Herrn Dr. Porsche, besprochen (vgl. das folgende Kapitel 6.3).

Vom EMF-Institut wurde eine erste Analyse der derzeitigen Mobilfunksituation vorgestellt.

Die Auswahl der Messpunkte wurde besprochen und die Standorte wurden hinsichtlich ihrer Eignung besichtigt.

Am 4. Dezember 2008 wurden vom EMF-Institut auf der Sitzung des „Runden Tisches“ die Standortvorschläge des Mobilfunkkonzeptes vorgetragen und diskutiert. Anwesend waren Herr Bürgermeister Joachim Lucas und Vertreter aller Ratsfraktio-

nen. Die ebenfalls zu diesem Termin eingeladenen Vertreter der Mobilfunknetzbetreiber haben ihre Teilnahme abgesagt.

6.3 Die Ziele der Mobilfunkversorgung in Freigericht

Entsprechend der im vorigen Kapitel 6.2 dargestellten Zielvorgaben werden in der vorgestellten Konzeption Realisierungsmöglichkeiten für eine Mobilfunkversorgung in Freigericht erarbeitet im Hinblick auf die beiden Hauptaspekte:

1. Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischer Strahlung
2. Versorgung der Bevölkerung mit mobiler Kommunikation in guter Qualität.

1. Schutzziele

Die Schutzziele wurden wie folgt festgelegt:

- Es sollen Standortvorschläge für Mobilfunkbasisstationen erarbeitet werden, die – soweit mit heutiger Mobilfunktechnologie machbar – möglichst geringe Immissionen für die Bevölkerung verursachen.
- Als Schutzgebiete gelten alle bebauten Gebiete, insbesondere Wohngebiete und sensible Einrichtungen (Schulen, Kindergärten, Altenheimen, usw.).

2. Versorgungsziele

- Handy-Empfang soll außer Haus (Outdoor) und in normalen oberirdischen Räumen grundsätzlich störungsfrei möglich sein. Dabei soll für die Nutzung der Sprachdienste mindestens eine solche Kapazität bereit gestellt werden, die den derzeitigen Mobilfunknetzen in der Gemeinde Freigericht entspricht.
- Die Versorgung mit mobile Datenübertragungsdiensten (z.B. UMTS) ist nicht flächendeckend erforderlich, da im gesamten Gemeindegebiet DSL vorhanden ist.

3. Umgang mit Altanlagen

Bei ungünstig gelegenen Standorten sollte das Ziel sein, die Verträge mit den Mobilfunkbetreibern nicht zu verlängern.

Zu Schutz- und Versorgungszielen siehe auch Kapitel 3, S.14ff.

7 Analyse der derzeitigen Mobilfunksituation in Freigericht

7.1 Vorbemerkungen

Bevor in Kapitel 8 ein Szenario für eine Mobilfunkversorgung in der Gemeinde Freigericht unter dem Aspekt der Immissionsminimierung entwickelt wird, erfolgt im Folgenden eine Analyse der derzeitigen Mobilfunkversorgung, getrennt nach den Mobilfunknetzen der einzelnen Betreiber.

Die durchgeführten Immissionsberechnungen zur Versorgungsanalyse stützen sich auf die Standortbescheinigungen der Bundesnetzagentur.

Die durchgeführten Berechnungen sind gut geeignet, um eine Analyse der von den einzelnen Basisstationen erreichbaren Versorgungsgebiete vorzunehmen. Da die Standortbescheinigungen der Bundesnetzagentur nicht die vollständigen immissionsrelevanten technischen Daten der Basisstationen enthalten und daher u.a. die eingesetzten Antennentypen und -neigungen (Downtilts) nicht bekannt sind, können im Nahbereich der Sendeanlagen Abweichungen zu den in den Karten dargestellten Berechnungen auftreten¹³.

In allen Gebieten, die in den Immissionsberechnungen farbig eingefärbt dargestellt sind, liegt im jeweiligen Netz eine hinreichende Mobilfunkversorgung innerhalb und außerhalb von Gebäuden vor.

Für den Innenraumbereich sind Gesprächsverbindungen in guter Qualität nur für den sogenannten „oberirdischen Normalbereich“ gewährleistet, das heißt für Räume oberhalb der Erdoberfläche, die sich in normalen (das heißt, nicht besonders abgeschirmten) Räumen befinden. Unter besonderer Abschirmung sind hier insbesondere Gebäude mit Metallfassaden und Wärmeschutzverglasung sowie Gebäude mit besonders dicken und massiven Wänden zu verstehen.

Zum Berechnungsverfahren siehe TEIL III, Kapitel 11, S. 67ff.

Alle in den folgenden Kapiteln besprochenen Karten der Immissions- und Versorgungsanalyse befinden sich im Kartenteil (Teil V) ab Seite 82.

7.2 Derzeitige Mobilfunkversorgung der Gemeinde Freigericht

Nach Angabe der Gemeindeverwaltung und entsprechend den Unterlagen der Bundesnetzagentur sind in Freigericht alle vier in Deutschland tätigen Netzbetreiber (T-Mobile, E-Plus, Vodafone und O₂) im GSM-Netz mit Sendestandorten vertreten. Im UMTS-Netz sind lediglich T-Mobile und O₂ mit Basisstationen auf dem Gemeindegebiet vertreten.

¹³ Die Immissionsberechnungen sind daher vornehmlich für eine Versorgungsanalyse geeignet, aber nicht unbedingt für eine Immissionsanalyse im Nahbereich.

In der folgenden Tabelle 2 sind die derzeit in Betrieb befindlichen Mobilfunkbasisstationen in Freigericht aufgeführt. Die Lage der vorhandenen Mobilfunkbasisstationen ist in **Karte 1** im Kartenteil (ab S. 82) eingezeichnet.

Tabelle 2: Basisstationen in Freigericht

| Nr. | Standort Basisstation | Betreiber | GSM-900 ¹⁾ | GSM 1800 ²⁾ | UMTS | Bemerkungen |
|-----------------|--|----------------|-----------------------|------------------------|------|--|
| Somborn | | | | | | |
| BS1 | Bahnhofstraße 13, Telekomgebäude | | | | | |
| | | T-Mobile | X | | X | |
| BS2 | Auf den 18 Morgen Aussiedlerhof Wissel | | | | | |
| | | T-Mobile | X | | (x) | UMTS genehmigt, aber nicht in Betrieb. Laut Planung von 12/2008 Inbetriebnahme auch nicht vorgesehen |
| BS3 | Flur 27, FIST.52 Einzelmast Hinter Oberwiese | O ₂ | X | X | X | UMTS genehmigt, aber nicht in Betrieb. |
| BS4 | Hinter Rodenbacher Str. Hochspannungsmast West | E-Plus | | X | | |
| BS8 | Hochspannungsmast Raiffeisenstr. Fl.St. 24/1 (Gewerbegebiet Wehrweide) | Vodafone | X | | | |
| Bernbach | | | | | | |
| BS5 | Altenmittlauer Str. 25, Spänesilo | T-Mobile | X | | | |
| | | E-Plus | X | | | |
| Horbach | | | | | | |
| BS6 | Flur 19, FIST.18/1 TV-Umsetzer Nähe Sportplatz | T-Mobile | X | | | |
| Neuses | | | | | | |
| BS7 | Auf dem Rodfeld Aussichtsturm | T-Mobile | X | | | |
| | | E-Plus | | X | | |

¹⁾ ehemals D-Netze

²⁾ ehemals E-Netze

7.2.1 Betreiber T-Mobile

Die Firma T-Mobile betreibt in der Gemeinde Freigericht vier Basisstationen für das GSM-900-Netz: BS01, BS02, BS05, BS06. Mit Ausnahme der Basisstation BS2 (Aussiedlerhof) handelt es sich um innerörtliche Standorte. Die hierdurch erreichbaren Versorgungsgebiete sind in den Immissionsberechnungen in **Karte 2** (Teil V) dargestellt. Es ist gut zu erkennen, dass im T-Mobile GSM-900-Netz das gesamte besiedelte Gebiet der Gemeinde Freigericht gut versorgt ist (alle farblich markierten Flächen

in Karte2). Erweiterungen des GSM-Netzes von T-Mobile sind nach Einschätzung des EMF-Instituts nicht erforderlich.

Am Standort BS01 (Somborn, Bahnhofstraße) betreibt T-Mobile zusätzlich eine UMTS-Basisstation (s. **Karte 3**). Diese Basisstation ist offensichtlich nur für die Versorgung des Ortsteils Somborn bestimmt, wie auch an den in Karte 3 dargestellten Versorgungsgebieten zu erkennen ist.

Sofern T-Mobile plant, die UMTS-Versorgung zukünftig auf das gesamte Gemeindegebiet auszudehnen, so wären hierfür sicherlich mehrere zusätzliche Basisstationen zur Abdeckung der östlichen Ortsteile Bernbach, Altenmittlau, Neuses und Horbach erforderlich.

7.2.2 Betreiber Vodafone

Die Firma Vodafone bietet in der Gemeinde Freigericht bisher nur das GSM-900-Netz an und betreibt hierzu die Basisstation BS8 im Gewerbegebiet Wehrweide.

Ausschließlich von diesem Standort aus erfolgt die gesamte Versorgung der Gemeinde Freigericht im GSM-900-Netz. Wie die Immissionsberechnungen in **Karte 4** (Teil V) zeigen, ist hierdurch eine gute Versorgung des Ortsteils Somborn gegeben, wohingegen in den anderen Ortsteilen eine Grundversorgung gewährleistet wird, die häufig nur für eine Outdoor-Versorgung ausreichend ist. Für eine gute Gesamtversorgung der Gemeinde Freigericht wären nach Ansicht des EMF-Instituts zusätzliche Basisstationen im östlichen Bereich erforderlich.

Eine UMTS-Versorgung liegt im Vodafone-Netz bisher nicht vor.

7.2.3 Betreiber E-Plus

Die Firma E-Plus bietet ebenso wie die Firma Vodafone in der Gemeinde Freigericht bisher das GSM-Netz an und betreibt dazu drei Basisstationen:

- BS4 (westlich von Somborn, Hochspannungsmast)
- BS5 (Bernbach, Altenmittlauer Str. 25, Spänesilo)
- BS7 (Neuses, Auf dem Rodfeld, Aussichtsturm)

Wie die Immissionsberechnungen in **Karte 5** (Teil V) zeigen, erreicht E-Plus mit diesen Basisstationen eine weitgehende Abdeckung des besiedelten Gemeindegebietes. Allerdings wird für Horbach und Teile von Altenmittlau nur eine Grundversorgung gewährleistet, die nicht überall eine Innenraumversorgung sicherstellt (Gebiete ohne farbige Markierung).

Eine UMTS-Versorgung liegt im E-Plus-Netz bisher nicht vor.

7.2.4 Betreiber Telefonica O₂

Die Firma Telefonica O₂ betreibt bisher in Freigericht (nur) eine Basisstation. Diese Basisstation BS3 befindet sich westlich von Somborn an einem von O₂ errichteten

Sendemast. Laut Standortbescheinigung der Bundesnetzagentur sind an diesem Standort für die Firma O₂ sowohl die beiden GSM-Netze (GSM-900 und GSM-1800) als auch das UMTS-Netz genehmigt. Zum Zeitpunkt der Immissionsmessungen im Juli 2008 waren nur die beiden GSM-Netze in Betrieb (vgl. Kapitel 7.5 und Tabelle M5 in Kapitel 10.6, S. 66)

Im Vergleich zu der ähnlich gelegenen E-Plus Basisstation BS4 wird die O₂-Basisstation BS3 mit erheblich höherer Sendeleistung betrieben und ermöglicht daher neben einer guten Mobilfunkversorgung des Ortsteils Somborn auch teilweise zumindest noch eine Grundversorgung der Ortsteile Bernbach, Altenmittlau und Neuses (vgl. **Karte 6** in Teil V).

Zur Versorgungssituation im Netz der Firma O₂ ist ergänzend anzumerken, dass Kunden der Firma O₂ bisher durch sogenannte „National Roaming-Verträge“ zwischen O₂ und T-Mobile auch im T-Mobile-Netz telefonieren können und daher für O₂-Nutzer im gesamten Gebiet der Gemeinde Freigericht eine gute Mobilfunkabdeckung gewährleistet ist. Da diese Roaming-Verträge im nächsten Jahr auslaufen, sucht die Firma O₂ neue Standorte zur Erweiterung ihres Netzes (s. Kap. 7.3, S. 41)

7.2.5 Derzeitige Mobilfunkversorgung in Freigericht: Fazit

Alle in Deutschland tätigen Mobilfunkbetreiber bieten in der Gemeinde Freigericht GSM-Netze an.

Über das am besten ausgebaute Netz verfügt T-Mobile mit 5 Basisstationen.

Die Firma E-Plus verfügt über 3 Basisstationen und erreicht damit eine weitgehende Netzabdeckung.

Die Netzbetreiber Vodafone und O₂ versorgen die Gemeinde Freigericht jeweils mit einer Basisstation, so dass in den Netzen dieser Betreiber möglicherweise Erweiterungen anstehen.

Anders stellt sich die Situation in den UMTS-Netzen dar:

Nur die Firma T-Mobile hat in der Gemeinde Freigericht ein UMTS-Netz in Betrieb mit einer Basisstation (BS1, Bahnhofstraße 13), die auf die Versorgung des Ortsteils Somborn beschränkt ist.

Von den drei anderen Netzbetreibern verfügt die Firma O₂ zwar über eine Basisstation (BS3), an der UMTS von der Bundesnetzagentur genehmigt, aber nicht in Betrieb ist.

Die Mobilfunkbetreiber Vodafone und E-Plus unterhalten keine UMTS-Netze in der Gemeinde Freigericht.

7.3 Bau- und Ausbaupläne der Netzbetreiber in Freigericht

Von den Mobilfunkbetreibern Vodafone und E-Plus sind derzeit (Stand Dezember 2008) keine aktuellen Ausbaupläne für ihre Mobilfunknetze bekannt.

Auf die Ausbaupläne der Firmen T-Mobile und O₂ wird nachfolgend eingegangen.

7.3.1 T-Mobile

Wie bereits in Kapitel 7.2.1 (S. 38) erwähnt, sind nach Ansicht des EMF-Instituts zur vollständigen Netzabdeckung im UMTS-Netz von T-Mobile weitere Basisstationen erforderlich.

Im Dezember 2008 hat die Firma T-Mobile der Gemeinde Freigericht mitgeteilt, dass sie an drei ihrer vorhandenen Standorte den Aufbau von Basisstationen zur Erweiterung ihres UMTS-Netzes beabsichtigt:

- BS5 (Bernbach, Spänesilo, im Jahr 2010)
- BS6 (Horbach, Sendemast TV-Umsetzer, im Jahr 2009)
- BS7 (Neuses, Aussichtsturm Auf dem Rodfeld, im Jahr 2009)

7.3.2 Telefonica O₂

Wie bereits in Kapitel 7.2.4 (S. 39) angesprochen benötigt die Firma O₂ wegen ihrer auslaufenden Roaming-Verträge mit T-Mobile zur Zeit neue Basisstationen.

O₂ beabsichtigt in Freigericht den Aufbau einer Basisstation in der Nähe des bisherigen Standortes BS7 (Neuses, Aussichtsturm, Auf dem Rodfeld).

Wie in Kapitel 8.1.5, S. 53 erläutert wird, ist der geplante Standort grundsätzlich auch im Rahmen einer strahlungsminimierten Mobilfunkkonzeption für die Nutzung durch weitere Betreiber geeignet. Die konkrete Standortwahl bedarf aber wegen der nahegelegenen Gaststätte noch der genaueren Abstimmung, die wegen schleppender Bereitstellung der erforderlichen technischen Daten seitens der Firma O₂ bis zur Fertigstellung diese Mobilfunkkonzeptes nicht erfolgen konnte (Januar 2009).

7.4 Derzeitige Immissionssituation in Freigericht

Die Immissionssituation in der Gemeinde Freigericht wird bestimmt durch die beiden innerörtlichen Basisstationen BS1 in Somborn und BS5 in Bernbach, deren Antennen sich nur wenig oberhalb der Dachhöhe der umgebenden Bebauung befinden. Bei beiden Basisstationen ist der typische Effekt hoher Immissionen in der unmittelbaren Umgebung der Sendeanlage zu beobachten.

7.4.1 Somborn

Wie die Immissionsberechnungen in **Karte 7** (Teil V) zeigen, treten in der Nähe der Basisstation BS1 (Telekomgebäude) Immissionen bis ca. 15 mW/m^2 auf. Der Bereich mit Immissionen oberhalb von 1 mW/m^2 erstreckt sich über große Teile des Siedlungsgebietes von Somborn.

Am westlichen Ortsrand kommen die Immissionen durch die drei westlich von Somborn gelegenen Basisstationen BS2, BS3 und BS4 hinzu. Jede dieser Basisstationen für sich allein betrachtet erzeugt im besiedelten Gebiet keine Immissionen oberhalb von 1 mW/m^2 (vgl. **Karten 8, 9 und 10** in Teil V). Da an den drei genannten Basisstationen jeweils zumindest eine Antenne auf die westlichen Siedlungsgebiete von Somborn ausgerichtet ist, addieren sich aber dort die Immissionen der drei westlichen Basisstationen zu den Immissionen der zentralen Basisstation BS1.

An dieser Situation ist die in Kapitel 4.5 (S. 25ff) angesprochene Diskussion zum Site-Sharing, d.h. der gemeinsamen Nutzung eines Standortes durch mehrere Netzbetreiber, gut zu verdeutlichen:

Jede der drei westlich von Somborn gelegenen Basisstationen erzeugt hohe Immissionen in der näheren Umgebung, die sich – wegen der Verteilung auf 3 Standorte – hier nicht addieren. Da diese Nahbereiche alle in unbesiedeltem Gebiet liegen, hat die Nicht-Addition hier keine große Bedeutung.

In etwas größerer Entfernung hingegen befinden sich die westlichen Ausläufer des Siedlungsgebietes von Somborn, und jede Basisstation trägt mit auf dieses Siedlungsgebiet ausgerichteten Antennen zu den Immissionen bei, die sich dort addieren.

Es ist somit gut zu erkennen, dass bei innerörtlichen Basisstationen der Verzicht auf Site-Sharing vorteilhaft ist, da die hohen Immissionen im Nahbereich sich nicht auch noch addieren. Bei außerhalb gelegenen Basisstationen, die zur Versorgung des gleichen Siedlungsgebietes bestimmt sind, hat Site-Sharing hingegen wenig Einfluss auf die Gesamt-Immissionssituation, da sich innerhalb des Siedlungsgebietes die Immissionen in jedem Fall addieren, unabhängig davon, ob sich die Basisstationen am gleichen Standort oder an verschiedenen Standorten befinden (siehe hierzu auch Literaturangabe [5]).

7.4.2 Bernbach

Hier wird die Immissionssituation vollständig bestimmt durch die Basisstation BS5 (Späneturm), die sich unmittelbar am Rand des Siedlungsgebietes befindet. Im unmittelbaren Nahbereich der Basisstation liegen die Immissionen im Bereich der Wohnbebauung bei über 50 mW/m². Das ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass die Antennen der Basisstation relativ niedrig montiert sind und die umliegenden Wohnhäuser, die sich teilweise in leicht ansteigendem Gelände befinden, schon in geringen Entfernungen in den Bereich des Hauptstrahls der Sendeantennen gelangen. Hinzu kommt, dass hier bei einem innerörtlichen Standort die gemeinsame Nutzung durch zwei Betreiber vorliegt (Site-Sharing) – mit dem bereits in Kap. 7.4.1 besprochenen Nachteil der Addition der hohen Immissionen im Nahbereich (vgl. **Karte 11**).

7.4.3 Zusammenfassung Immissionssituation

Wie vorstehend besprochen sind die Ortsteile Somborn und Bernbach vor allem durch die innerörtlichen Basisstationen relativ hohen Immissionen ausgesetzt.

Altenmittlau wird nur am nördlichen Rand von Immissionen getroffen, die durch die Basisstation BS5 in Bernbach verursacht werden.

Trotz einer Basisstation unmittelbar am Rand des Siedlungsgebietes wird der Ortsteil Horbach von vergleichsweise geringen Immissionen betroffen, wie sowohl an **Karte 12** als auch an den Messergebnissen zu erkennen ist (vgl. Messpunkte 6 und 7 in Tabelle M1 bis M6 in Kapitel 10.6, S. 66ff). Dies ist auf die große Montagehöhe der Antennen am Sendemast (mindestens 21 Meter über Boden) und die topographisch hochgelegene Position des Sendemastes zurückzuführen, was dazu führt, dass der Hauptstrahl der Sendeantennen über die nahegelegene Bebauung hinweggeht.

Insgesamt deutlich von den geringsten Immissionen betroffen ist der Ortsteil Neuses, was an den Messergebnissen (Messpunkte 1 und 2) ebenso zu erkennen ist wie an den Berechnungsergebnissen in **Karte 13** und **15**. Die relativ geringen Immissionen in Neuses sind vor allem auf die günstige topographische Lage der Basisstation BS7 am Aussichtsturm „Auf dem Rodfeld“ zurückzuführen. Durch die große Montagehöhe der Antennen ca. 100 Meter oberhalb der Siedlungsgebiete geht der Hauptstrahl der Sendeantennen über die nächstgelegene Wohnbebauung hinweg und trifft erst in Ortsmitte sowie weiter nördlich auf den Boden, so dass sich eine gleichmäßige Immissionsverteilung ergibt.

Die moderaten Sendeleistungen der beiden derzeitigen Basisstationen von T-Mobile und E-Plus am Standort BS7 tragen ebenfalls zu den geringen Immissionen in Neuses bei.

Die Vorteile einer Versorgung „von oben herab“ (vgl. Kapitel 4.4.1, S. 25) werden an diesem Standort sehr deutlich.

Insgesamt liegen somit in der Gemeinde Freigericht sehr unterschiedliche Immissionen durch Mobilfunksendeanlagen vor.

Vor allem in den Ortsteilen Bernbach und Sornborn treten vergleichsweise hohe Immissionen auf. In Bernbach werden in der zur Basisstation BS5 nahegelegenen Wohnbebauung die Schweizer Anlagengrenzwerte überschritten, was auch bei Mobilfunkanlagen in Deutschland nur selten vorkommt.

7.5 Immissionsmessungen

Zur weiteren Analyse der vorliegenden Immissionssituation wurden am 24. und 25. Juli 2008 an 12 Messorten in den einzelnen Ortsteilen von Freigericht Immissionsmessungen durchgeführt. Die Messungen dienen unter anderem zur Analyse der Versorgungsqualität in den einzelnen Mobilfunknetzen und fließen in die Erarbeitung des Mobilfunkversorgungskonzeptes ein.

In den folgenden Kapiteln 7.5.1 bis 7.5.3 werden die Auswahl der Messpunkte beschrieben und die Messergebnisse diskutiert.

In TEIL III, Kapitel 10, S. 61ff. werden das Messverfahren und die technischen Einzelheiten des Auswertungsverfahrens erläutert.

An jedem Messstandort wurde ein Übersichtsspektrum über den gesamten untersuchten Frequenzbereich aufgenommen, das unter anderem einen Überblick über alle am jeweiligen Messpunkt vorliegenden Immissionen ermöglicht. Die Übersichtsspektren sind in den **Diagrammen 1 bis 12** in Kapitel 10.6, S. 66ff dargestellt. Dort sind ebenfalls alle Messergebnisse in tabellarischer Form in den Tabellen **M1 bis M6** zusammengefasst.

7.5.1 Auswahl der Messpunkte

Die Messstandorte wurden gemeinsam mit der Gemeindeverwaltung und Vertretern der örtlichen Bürgerinitiative festgelegt und vor Durchführung der Messungen besichtigt. Gemessen wurde im Umkreis der vorhandenen Mobilfunkbasisstationen, sowohl innerhalb und außerhalb von Gebäuden. In der folgenden Tabelle 3 sind die Messstandorte aufgeführt.

Die Lage der Messpunkte und Basisstationen ist in Karte 1 im Kartenteil (Teil V, ab S. 82) eingezeichnet.

Tabelle 3: Liste der Messpunkte in Freigericht

| | |
|------|------------------------------------|
| | Ortsteil Neuses |
| MP01 | Neuses, Wasserhochbehälter, außen |
| MP02 | Neuses, Eselsweg, außen |
| | Ortsteil Bernbach |
| MP03 | St. Michael Str. 7, innen |
| MP04 | Tannäcker 7, innen |
| | Ortsteil Horbach |
| MP06 | vor Haus Spessartblick 17, außen |
| MP07 | Geiselbacher Str. 11, innen |
| | Ortsteil Somborn |
| MP05 | Hauptstraße 2, innen |
| MP08 | Wilhelmshöhe 1, innen |
| MP09 | Am Viehtrieb, außen |
| MP10 | Wehrweide, Parkplatz Aldi, außen |
| MP11 | Konrad-Adenaer-Ring, Schule, außen |
| | Ortsteil Altenmittlau |
| MP12 | vor Haus Bernbacher Str. 40, außen |

7.5.2 Messergebnisse im Einzelnen

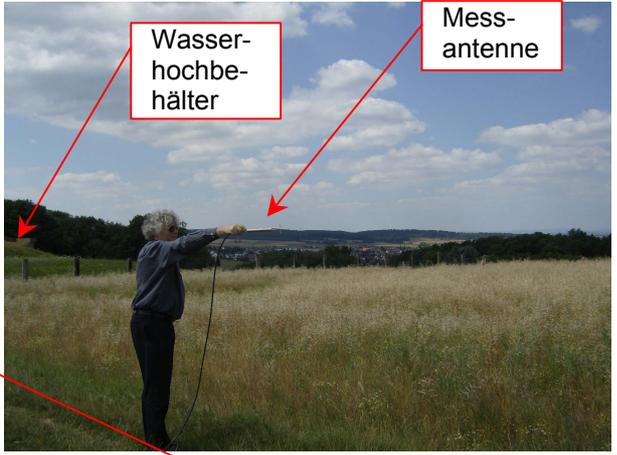
Die Messergebnisse für die einzelnen Frequenzbereiche sind in den Tabellen M1 bis M4 in Kapitel 10.6 (S. 66ff.) aufgeführt. In Tabelle M1 sind die Leistungsflussdichten in den einzelnen Frequenzbereichen als Absolutwerte angegeben. In den Tabellen M2 bis M4 sind diese Ergebnisse in Relation gesetzt zu den Grenzwerten der 26. BImSchV, den Schweizer Anlagengrenzwerten und dem Salzburger Vorsorgewert von 1 mW/m^2 ¹⁴. Entsprechend der in Kapitel 10.4, S. 64 geschilderten Vorgehensweise sind in den Tabellen M1 bis M4 im linken Ergebnisblock jeweils die aktuellen Messwerte angegeben – entsprechend der Anlagenauslastung zum Messzeitpunkt. Im rechten Ergebnisblock sind jeweils die auf maximale Anlagenauslastung hochgerechneten Messergebnisse dargestellt, die dann zu erwarten sind, wenn alle Sendeanlagen mit maximaler Kanalzahl und maximaler Sendeleistung arbeiten.

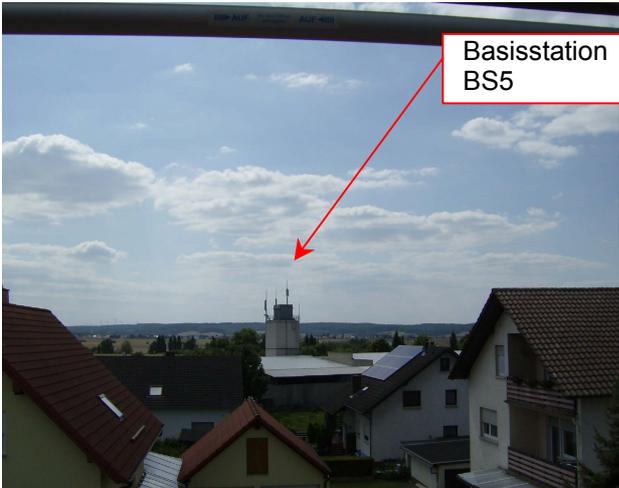
Zur detaillierteren Aufschlüsselung der Immissionen aus den Mobilfunknetzen sind in den Tabellen M5 (aktuell gemessene Werte) und M6 (auf Vollauslastung hochgerechnete Werte) die Leistungsflussdichten getrennt nach Betreibern und Mobilfunknetzen dargestellt. Diese Aufschlüsselung nach Mobilfunknetzen ermöglicht neben der Zuordnung der Immissionen zu den einzelnen Mobilfunknetzen auch eine Aussage zu den in Betrieb befindlichen Netzen und somit eine Aussage zu den in Betrieb befindlichen Netzen der einzelnen Betreiber.

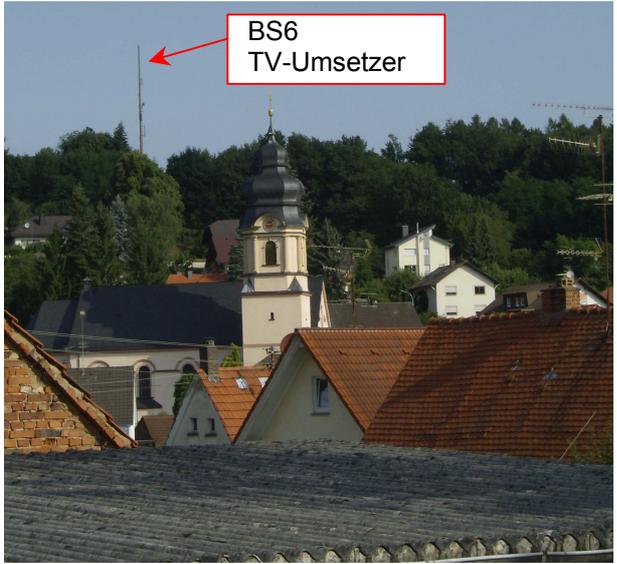
¹⁴ Dieser Wert wurde 1998 von der Landessanitätsdirektion Salzburg empfohlen und mit dem dort seinerzeit tätigen Netzbetreiber abgestimmt. Da hierbei gezeigt wurde, dass ein funktionierendes Mobilfunknetz bei Einhaltung dieses Vorsorgewertes von 1 mW/m^2 aufgebaut werden kann, wird der Wert zum Vergleich mit herangezogen.

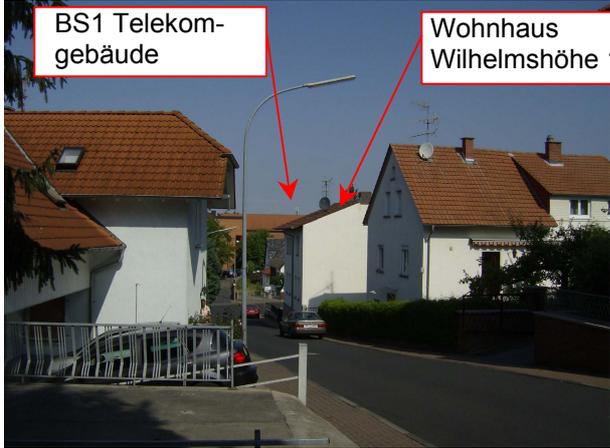
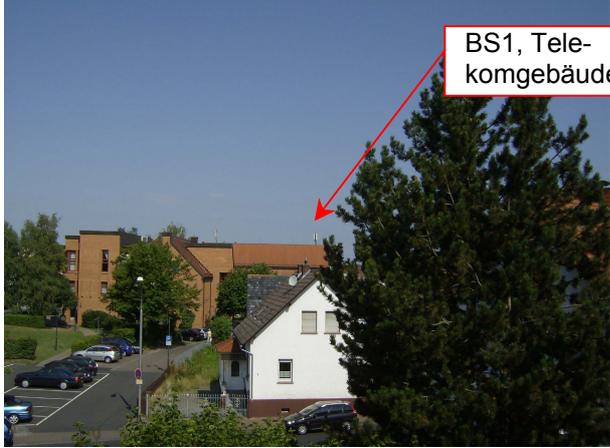
7.5.3 Überblick über die Messstandorte und Darstellung der Messergebnisse

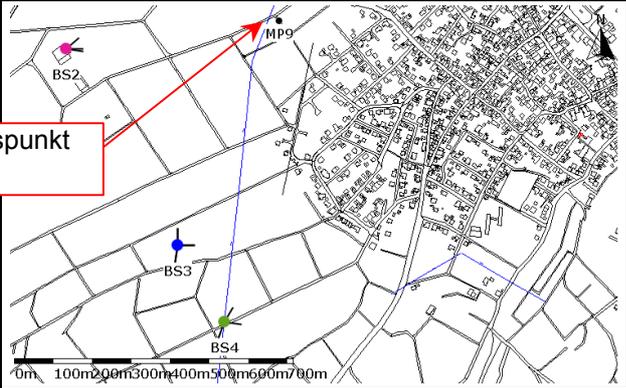
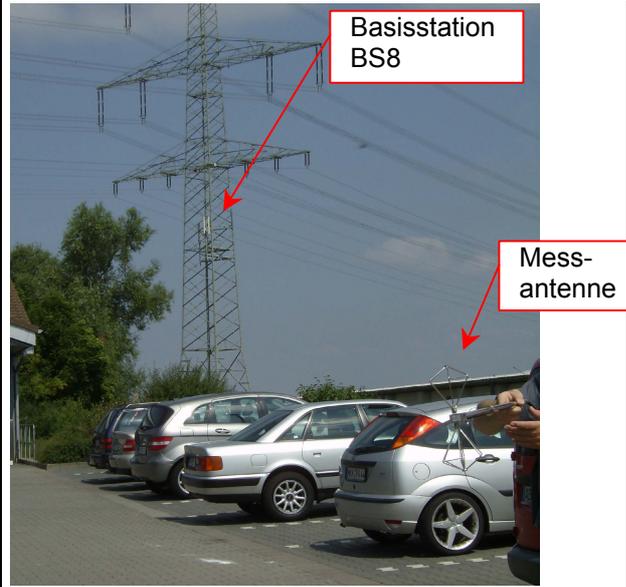
Im Folgenden werden die einzelnen Messpunkte beschrieben und relevante Messergebnisse aufgeführt. Die einzelnen Messorte sind zum großen Teil durch Fotos dokumentiert.

| Messpunkt | (detaillierte Ergebnisse in den Tabellen M1 bis M6 in Kapitel 10.6, ab S. 66) | |
|-----------|---|---|
| | Neuses | |
| 1 | Wasserhochbehälter zentraler, hoch gelegener Standort, Sichtverbindung zu mehreren umliegenden Basisstationen GSM 900: ca. 0,19 mW/m ² GSM 1800: ca. 0,15 mW/m ² UKW/TV: ca. 0,03 mW/m ² |  |
| 2 | Eselsweg hochgelegener Standort im Siedlungsgebiet von Neuses Sicht zur Basisstation BS7, Aussichtsturm GSM 900: ca. 0,05 mW/m ² GSM 1800: ca. 0,31 mW/m ² UKW/TV: ca. 0,005 mW/m ² |  |

| Messpunkt | (detaillierte Ergebnisse in den Tabellen M1 bis M6 in Kapitel 10.6, ab S. 66) | |
|-----------|--|--|
| | Bernbach | |
| 3 | <i>St. Michael-Str. 7, innen, Blick auf Basisstation BS5</i> |  |
| 3a | 2. OG, Fenster offen Foto: Blick aus dem Fenster auf BS5 (Spänesilo) GSM 900: ca. 10 mW/m ² | |
| 3b | 2. OG, Fenster zu GSM 900: ca. 5,3 mW/m ² | |
| 3c | 2. OG, Fenster zu, Jalousie zu GSM 900: ca. 4,2 mW/m ² | |
| 3d | 1. OG, Fenster auf GSM 900: ca. 29 mW/m ² | |
| 3e | 1. OG, Fenster zu GSM 900: ca. 21 mW/m ² | |
| 4 | <i>Tannäcker 7, innen, Blick auf Basisstation BS5</i> | |
| 4a | 1. OG, Fenster offen, außen GSM 900: ca. 55 mW/m ² | |
| 4b | 1. OG, Fenster auf , innen GSM 900: ca. 32 mW/m ² | |
| 4c | 1. OG, Fenster zu GSM 900: ca. 19 mW/m ² | |
| 4d | EG, ohne Blick auf Antenne, Fenster gekippt GSM 900: ca. 0,4 mW/m ² | |
| 4e | EG, Diele (mit DECT-Telefon) DECT: ca. 32 mW/m ² | |

| Messpunkt | (detaillierte Ergebnisse in den Tabellen M1 bis M6 in Kapitel 10.6, ab S. 66) | |
|-----------|---|--|
| | Horbach | |
| 6 | <p>vor Haus Spessartblick 17, außen, Blick auf Basisstation BS6 (vgl. Foto)</p> <p>GSM 900: ca. 0,2 mW/m²</p> |  |
| 7 | <i>Geiselbacher Str. 11, Blick auf BS6</i> | |
| 7a | <p>1. OG, Fenster offen (Messantenne aus dem Fenster gehalten, mit direktem Blick zur Basisstation) GSM 900: ca. 1,1 mW/m²</p> |  |
| 7b | <p>1. OG, Fenster zu (ohne direkten Blick zur Basisstation) GSM 900: ca. 0,1 mW/m²</p> | |
| | <p>Foto: Blick aus dem Fenster auf Basisstation BS6 (Fernsehumsetzer)</p> | |

| Messpunkt | (detaillierte Ergebnisse in den Tabellen M1 bis M6 in Kapitel 10.6, ab S. 66) | |
|-----------|--|--|
| | Somborn | |
| 5 | <i>Hauptstraße 2, Blick auf Basisstation BS1 (Telekomgebäude)</i> |  |
| 5a | 2. OG, Fenster auf, außen GSM 900: ca. 3,80 mW/m ² UMTS: ca. 0,85 mW/m ² | |
| 5b | 2. OG, Fenster auf, innen GSM 900: ca. 1,20 mW/m ² UMTS: ca. 0,26 mW/m ² | |
| 5c | 2. OG, Fenster zu GSM 900: ca. 1,30 mW/m ² UMTS: ca. 0,29 mW/m ² | |
| 8 | <i>Wilhelmshöhe 1, Blick auf Basisstation BS1 (Telekomgebäude)</i> |  |
| 8a | 1. OG, Fenster auf, außen GSM 900: ca. 7,60 mW/m ² UMTS: ca. 7,30 mW/m ² Foto: Blick auf tieferliegende Basisstation (BS1) | |
| 8b | 1. OG, Fenster auf, innen GSM 900: ca. 5,80 mW/m ² UMTS: ca. 4,40 mW/m ² | |
| 8c | 1. OG, Fenster zu GSM 900: ca. 5,0 mW/m ² UMTS: ca. 6,5 mW/m ² Foto: Blick aus dem Fenster auf Basisstation (BS1) |  |
| | An diesem Messpunkt ist die Problematik der höheren Immissionen bei Wohnbebauung in ansteigendem Gelände in der Nähe einer Mobilfunkbasisstation gut zu erkennen. Durch die topographisch erhöhte Lage gelangen auch Häuser mit wesentlich geringerer Bauhöhe als die Antennenmontagehöhe in den Hauptstrahl der Sendantennen. | |

| Messpunkt | (detaillierte Ergebnisse in den Tabellen M1 bis M6 in Kapitel 10.6, ab S. 66) | |
|-----------|--|--|
| 9 | <p>Am Viehtrieb, außen, Blick auf Basisstationen BS2, BS3, BS4</p> <p>GSM 900: ca. 0,90 mW/m²</p> <p>GSM 1800: ca. 2,30 mW/m²</p> |  <p>Messpunkt MP9</p> |
| 10 | <p>Wehrweide, Parkplatz Aldi, außen, Blick auf Basisstation BS8</p> <p>GSM 900: ca. 2,0 mW/m²</p> |  <p>Basisstation BS8</p> <p>Messantenne</p> |
| 11 | <p>Konrad-Adenauer-Ring, Schule, außen hochgelegener Standort in der Nähe des Schul- und Sportzentrums, keine direkte Sicht zu einer Basisstation</p> <p>GSM 900: ca. 0,03 mW/m²</p> <p>UKW/TV ca. 0,004 mW/m²</p> |  <p>Messstandort</p> |
| | Altenmittlau | |
| 12 | <p>vor Haus Bernbacher Str. 40, außen Blick auf Basisstation BS5</p> <p>GSM 900: ca. 4,20 mW/m²</p> <p>UKW/TV ca. 0,03 mW/m²</p> |  <p>BS5 Spänesilo</p> <p>Messstandort</p> |

8 Standortvorschläge für eine strahlungsminimierte Mobilfunkversorgung

8.1 Entwicklung von Standortvorschlägen

Alle in diesem Konzept entwickelten Standortvorschläge sind in **Karte 16 a** (Teil V) eingezeichnet. Zur besseren Übersicht sind in Karte **16 b** zusätzlich zu den Standortvorschlägen (rot) auch die existierenden Basisstationen (blau) eingezeichnet.

Alle Standortvorschläge sind für die gemeinsame Nutzung durch mehrere Betreiber geeignet und ermöglichen insgesamt eine strahlungsminimierte Mobilfunkversorgung des gesamten Gemeindegebietes.

8.1.1 Standortvorschlag V-A

Der Standortvorschlag V-A befindet sich in der Nähe der nördlichen Gemeindegrenze und dient (für die Gemeinde Freigericht) zur Versorgung des nördlichen Teils von Somborn (vgl. **Karte 17**).

Da sich der Standortvorschlag V-A unmittelbar an der Gemeindegrenze befindet, wurde darauf geachtet, dass keine Wohngebiete in Nachbargemeinden erhöhten Immissionen ausgesetzt werden. Der vorgeschlagene Standort V-A kann zusätzlich zur Versorgung von Somborn auch zur strahlungsminimierten Mobilfunkversorgung des Nachbarortes Gondsroth eingesetzt werden.

Zur Platzierung des Standortvorschlags V-A (auch in Relation zu dem vorhandenen Standort BS2) siehe auch Kapitel 8.2.2, S. 54.

8.1.2 Standortvorschlag V-B

Der Standortvorschlag V-B liegt zwischen den Ortsteilen Bernbach, Altenmittlau und Horbach direkt am Waldrand in einer kleinen Lichtung (s. Karte 16) und dient zur Versorgung von Bernbach und des nördlichen Teils von Altenmittlau (vgl. **Karte 18**). Um trotz der benachbarten Waldstücke eine ungestörte Sicht auf die Versorgungsgebiete zu gewährleisten, ist eine Masthöhe von 35 m erforderlich.

Wie beim Vergleich der Karten 18 und 11¹⁵ zu erkennen ist, können von diesem Standort in etwa die gleichen Versorgungsgebiete wie vom derzeitigen Standort BS5 (Späneturm) erreicht werden.

Sowohl BS5 als auch der Standortvorschlag V-B können wegen der topographischen Gegebenheiten den südöstlichen Teil von Altenmittlau nicht in direkter Sicht erreichen.

Ebenso kann der Ortsteil Horbach wegen des dazwischenliegenden Höhenzuges von diesem Standort nicht versorgt werden.

¹⁵ Immissionssituation der vorhandenen Basisstation BS5 (Bernbach)

Nachfolgend wird daher ein weiterer Standortvorschlag zur Versorgung dieser Gebiete vorgestellt.

8.1.3 Standortvorschläge V-C bzw. V-F

Zur strahlungsminimierten Mobilfunkversorgung von Horbach bietet sich ein Standort auf dem Bergrücken Riesenküppel an. Der hier vorgeschlagene Standort V-C befindet sich südlich von Altenmittlau und Horbach und nordöstlich von Neuses etwa in der Mitte zwischen diesen drei Ortsteilen vgl. Karte 16).

Wie **Karte 19** (Teil V) zeigt kann wegen der topographischen Lage von Neuses dieser Standortvorschlag trotz einer Masthöhe von 35 Metern nur einen kleinen Teil von Neuses in direkter Sicht erreichen und dient daher vornehmlich der Versorgung von Horbach sowie des südlichen Teils von Altenmittlau, der von dem zuvor beschriebenen Standort V-B nicht versorgt werden konnte.

Falls hingegen ein Netzbetreiber weniger an der Versorgung von Horbach interessiert ist (z.B. wegen des Weiterbetriebs der dort vorhandenen Basisstation BS6), so kann anstatt des Standortes V-C alternativ auch der Standortvorschlag V-F verwendet werden (vgl. **Karte 20**), der sich ca. 400 m südwestlich des vorgeschlagenen Standortes V-C befindet.

Wie in Karte 20 zu erkennen ist, kann vom Standort V-F ebenfalls der südliche Teil von Altenmittlau und zusätzlich der Ortsteil Neuses versorgt werden. Im Gegenzug fällt die Versorgung von Horbach deutlich schlechter aus.

Der Standort V-F wird daher in diesem Konzept nur für den Fall vorgeschlagen, dass für den Ortsteil Horbach die existierende Versorgung (z.B. im T-Mobile-GSM-Netz) weiterhin beibehalten wird.

8.1.4 Standortvorschlag V-D

Zur Mobilfunkversorgung des größten Teils von Somborn wird ein Mast auf dem südlich von Somborn gelegenen Bergrücken Dilgert vorgeschlagen (s. **Karten 21** und 16). Der vorgeschlagene Standort befindet sich knapp innerhalb des Waldbestandes, um eine geringere optische Auffälligkeit zu erreichen.

Auch unabhängig von dem direkt umstehenden Wald ist eine Masthöhe von 40 m erforderlich, um trotz der nordwestlich und nordöstlich des vorgeschlagen Standortes in bis zu ca. 500 m Entfernung befindlichen Waldstücke freie Sicht auf die Siedlungsgebiete von Somborn zu erreichen.

Durch den Einsatz von Sektorantennen mit einem geringen horizontalen Öffnungswinkel (Halbwertsbreite 36°) kann der südliche Teil von Somborn in 2 Funkzellen aufgeteilt werden. Zusammen mit dem in Kap. 8.1.1 besprochenen Standortvorschlag V-A kann das Gebiet von Somborn somit in 3 Funkzellen aufgeteilt werden, wodurch eine hinreichende Versorgungskapazität gewährleistet wird (vgl. **Karte 22**).

Weiterhin können von diesem Standort durch eine Sektorantenne in östlicher Richtung die meisten Teile von Neuses versorgt werden. Es ist daher nicht für alle Netzbetreiber erforderlich, den nachfolgend besprochenen Standortvorschlag V-E am Aussichtsturm südöstlich von Neuses zu nutzen.

8.1.5 Standortvorschlag V-E

Der Standortvorschlag V-E liegt südlich des Ortsteils Neuses in unmittelbarer Nähe des Aussichtsturms „Auf dem Rodfeld“. Dieser Vorschlag bezieht sich sowohl auf die Weiternutzung der vorhandenen Sendeanlagen auf dem Aussichtsturm als auch die Neuerrichtung eines Sendemastes in der Nähe des Aussichtsturms.

Dieser Standort ist wegen der hohen topographischen Lage sehr gut für eine strahlungsminimierte Mobilfunkversorgung geeignet. Je nach dem vorhandenen Netz eines Mobilfunkbetreibers und der gewünschten Netzdichte kann der Standort entweder primär für die Versorgung des Ortsteils Neuses eingesetzt werden oder aber auch weitere Ortsteile der Gemeinde Freigericht versorgen (vgl. **Karte 22**).

Aus Sicht des Immissionsschutzes können ohne weiteres weitere Betreiber am vorhandenen Standort bzw. in unmittelbarer Nähe zugelassen werden.

Bei zusätzlicher Nutzung des vorhandenen Standortes auf dem Aussichtsturm müssen zuvor Gestaltungsfragen geklärt werden. Um das optische Erscheinungsbild des Aussichtsturms nicht durch weitere Antennen zu beeinträchtigen, käme zum Beispiel die gemeinsame Nutzung der vorhandenen Antennen durch mehrere Betreiber in Betracht. Aus technischer und genehmigungsrechtlicher Sicht ist eine solche gemeinsame Nutzung vorhandener Antennen ohne weiteres möglich.

8.2 Gesamtbetrachtung

In den **Karten 23a** und **23b** (Teil V) ist die Gesamtsituation bei Betrieb aller vorgeschlagenen Basisstationen und Nutzung durch mehrere Betreiber dargestellt:

1. Es ist gut zu erkennen, dass für alle besiedelten Gebiete der Gemeinde Freigericht und die Verkehrswege eine gute Mobilfunkversorgung vorliegt.
2. Im Vergleich zur derzeitigen Situation (vgl. Karte 15) liegt eine erheblich gleichmäßigere Immissionsverteilung vor, die die hohen Immissionen in der Nähe innerörtlicher Basisstationen vermeidet.

Es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass es zur Einhaltung der in den Karten 23 bis 24 dargestellten Gesamtimmisionen nicht ausreichend ist, nur die Standorte der Mobilfunkbasisstationen entsprechend den in diesem Konzept entwickelten Standortvorschlägen zu wählen. Damit die dargestellten Immissionen nicht überschritten werden, ist es ebenso erforderlich, die in Tabelle 4, S. 68 aufgeführten technischen Daten der Sendeanlagen einzuhalten. Insbesondere ist auf die Beschränkung der Sendeleistung und die maximale Absenkung der Hauptstrahlrichtung (Downtilt) zu achten.

8.2.1 Nutzung der Standorte

Die vorgeschlagenen Standorte bieten verschiedene Möglichkeiten für eine vollständige Mobilfunkversorgung der Siedlungsgebiete und Verkehrswege der Gemeinde Freigericht. Obwohl in den Gesamt-Immissionsberechnungen (Karte 23) die Nutzung der Standortvorschläge V-A bis V-E durch alle Mobilfunkbetreiber vorgesehen ist, ist es je nach gewünschter Netzdichte nicht für alle Betreiber erforderlich, alle vorgeschlagenen Standorte zu nutzen.

Zur Verdeutlichung ist in den **Karten 24a** und **24b** eine Situation dargestellt, bei der anstatt des Vorschlags V-C der Alternativstandort V-F verwendet wird.

Vom Standort V-F kann – wie bereits in Kapitel 8.1.3 erläutert wurde – der Ortsteil Neues weitgehend versorgt werden, so dass im Netz eines Betreibers, der sich für diesen Standort entscheidet, auf den Standort V-E (Aussichtsturm „Auf dem Rodfeld“) verzichtet werden kann. Für diesen Fall bestünde das Gesamtnetz aus den Standorten V-A, V-B, V-D und V-F (vgl. Karten 24).

8.2.2 Versorgungskapazität

Zur Bereitstellung einer hinreichenden Versorgungskapazität in den Mobilfunknetzen (d.h. viele gleichzeitige Gesprächs- und Datenverbindungen), ist es erforderlich, die zu versorgenden Gebiete in hinreichend viele Funkzellen aufzuteilen.

Um eine solche Aufteilung der Siedlungsgebiete in hinreichend viele Funkzellen von den vorgeschlagenen Standorten – die sich alle außerhalb der Wohnbebauung be-

finden – zu erreichen, wurden mehrfach Sektorantennen mit geringem horizontalen Öffnungswinkel eingesetzt, insbesondere an den Basisstationen V-D und V-E (vgl. Tabelle 4, S. 68).

In **Karte 25** ist exemplarisch für ein Netz aus den Standorten V-A, V-B, V-C und V-D die Aufteilung des Gemeindegebietes in die einzelnen Funkzellen dargestellt. Die in der gleichen Farbe dargestellten Gebiete werden jeweils von einer einzelnen Sektorantenne versorgt und bilden somit eine Funkzelle.

Es ist gut zu erkennen, dass der größte Ortsteil (Somborn) in drei separate Funkzellen aufgeteilt ist – ebenso wie dies in den bisherigen Mobilfunknetzen der Fall ist. Dadurch ist gewährleistet, dass dort die gleiche Versorgungskapazität wie bei der bisherigen Versorgung durch innerörtliche Basisstationen bereitgestellt wird.

In den anderen Ortsteilen wird durch die vorgeschlagenen Standorte eine höhere Versorgungskapazität als in den derzeit vorhandenen Netzen ermöglicht.

Zur Platzierung des Standortvorschlags V-A ist noch Folgendes anzumerken:

Man könnte zunächst vermuten, dass ein ähnliches Versorgungsgebiet wie vom Standortvorschlag V-A (vgl. Karte 17) auch von dem vorhandenen Standort BS2 (Somborn, Aussiedlerhof, vgl. Karte 7) zu erreichen wäre. Bei einer näheren Analyse stellt sich jedoch heraus, dass nur der Standortvorschlag V-A zusammen mit dem Standortvorschlag V-D (vgl. Kapitel 8.1.4) zu einer sinnvollen Aufteilung der Funkzellen für Somborn führt (vgl. Karte 25).

9 Zusammenfassung

Das vorliegende Mobilfunkversorgungskonzept behandelt neben der Darstellung der theoretischen Grundlagen zu einer strahlungsminimierten Mobilfunkversorgung in Teil I im Wesentlichen folgende Punkte:

- Analyse der derzeitigen Mobilfunksituation in der Gemeinde Freigericht mit Betrachtung der Versorgungssituation und der Immissionssituation (vgl. folgende Kapitel 9.1 und 9.2)
- Entwicklung von Standortvorschlägen für eine strahlungsminimierte Mobilfunkversorgung (vgl. Kapitel 8 sowie Kapitel 9.3)

9.1 Versorgungssituation und Ausbaupläne

Zunächst wurde in Kapitel 7 (ab S. 37) eine Analyse der Versorgungssituation in den einzelnen Mobilfunknetzen der vier in Deutschland tätigen Mobilfunkbetreiber durchgeführt. Es zeigte sich, dass alle Betreiber über funktionsfähige GSM-Netze in Freigericht verfügen. Sofern eine flächendeckende Versorgung in Innenräumen für alle Ortsteile angestrebt wird, ist nach Einschätzung des EMF-Instituts mit Ausbaubedarf in den Mobilfunknetzen der Firmen Vodafone und O₂ zu rechnen.

Über ein UMTS-Netz, das vornehmlich zur schnelleren Datenübertragung oder für Multimediaanwendungen gedacht ist, verfügt bisher die Firma T-Mobile.

Das UMTS-Netz von T-Mobile beschränkt sich dabei zur Zeit (Januar 2009) auf eine einzelne Basisstation (BS1, Telekomgebäude), die den Ortsteil Somborn versorgt.

T-Mobile beabsichtigt, das UMTS-Netz auszubauen und plant dazu die Aufrüstung der vorhandenen Basisstationen BS5 (Bernbach, 2010), BS6 (Horbach, 2009) und BS7 (Neuses, 2009).

Zur Realisierung einer strahlungsminimierten Mobilfunkversorgung kann nur der geplanten Erweiterung der Basisstation BS7 (Neuses Aussichtsturm) zugestimmt werden. Für die beiden anderen Basisstation wird vorgeschlagen, auf die in diesem Konzept entwickelten Standortvorschläge zurückzugreifen (vgl. Kapitel 9.3).

9.2 Immissionssituation

In Kapitel 7.4 (ab S. 42) wurde eine Untersuchung der derzeitigen Immissionssituation durchgeführt.

Dabei stellte sich heraus, dass die Ortsteile Somborn und Bernbach durch die dortigen innerörtlichen Basisstationen hohen Immissionen (bis über 50 mW/m²) ausgesetzt sind. In den Ortsteilen Altenmittlau und Horbach liegen dagegen deutlich geringen Belastungen durch hochfrequente elektromagnetische Strahlung vor.

Bei weitem am geringsten belastet ist der Ortsteil Neuses, was im Wesentlichen auf die sehr günstige topographische Lage zurückzuführen ist (erheblich niedriger gelegen als die Basisstation BS7 am Aussichtsturm „Auf dem Rodfeld“).

Diese Gesamteinschätzung wurde bestätigt sich durch die Immissionsmessungen, die im Juli 2008 an insgesamt 12 Messpunkten in der Gemeinde Freigericht durch das EMF-Institut durchgeführt wurden.

Die Ergebnisse der Messungen sind in Kapitel 7.5 (ab S. 44) dargestellt. Informationen zum Mess- und Auswertungsverfahren finden sich in Kapitel 10, S. 61ff. In Kapitel 10.6 (ab S. 66) sind die Spektren der Übersichtsmessungen (Diagramme 1 bis 12) dargestellt, sowie die detaillierte tabellarische Darstellung aller Messergebnisse (Tabelle M1) und die Vergleiche zu deutschen und internationalen Grenz- und Vorsorgewerten (Tabellen M2 bis M4). In den Tabellen M5 und M6 ist die Aufschlüsselung der gemessenen Immissionen nach den einzelnen Mobilfunkbetreibern und -netzen dargestellt.

Zusammenfassend kann als Ergebnis der Messungen festgestellt werden, dass die beiden innerörtlichen Basisstationen BS1 (Somborn Telekomgebäude) und BS5 (Bernbach Spänesilo) hohe Immissionen im Nahbereich verursachen. In der Umgebung von BS5 liegen die Immissionen zum Beispiel bei Volllast der Basisstationen (aber ohne Berücksichtigung eines Sicherheitsaufschlags) bei bis zu 55 mW/m². Damit gehört diese Basisstation in Bernbach zu den (auch in Deutschland ausgesprochen selten anzutreffenden) Basisstationen, die die Schweizer Anlagengrenzwerte überschreiten und die somit nach Schweizer Recht nicht genehmigungsfähig wäre.

9.3 Standortvorschläge

Im vorliegenden Mobilfunkversorgungskonzept wurden für die zukünftige Mobilfunkversorgung der Gemeinde Freigericht vier neue Standortvorschläge entwickelt (vgl. Karte 16a im Kartenteil (Teil V ab. S. 82):

- V-A: nordwestlich von Somborn
- V-B: am Berghang östlich von Bernbach und Altenmittlau
- V-C: (Alternative V-F) zwischen Altenmittlau, Horbach und Neuses,
- V-D: südlich von Somborn

Zusätzlich wird die weitere Nutzung und gegebenenfalls der Ausbau der vorhandenen Basisstation BS7 (Neuses Aussichtsturm) bzw. eines unmittelbar benachbarten Standortes V-E empfohlen:

- V-E: Neuses Aussichtsturm „Auf dem Rodfeld“

Alle vorgeschlagenen Standorte befinden sich außerhalb der Wohnbebauung, so dass die in der unmittelbaren Nähe von Mobilfunkbasisstation auftretenden hohen Immissionen in unbebautes Gebiet fallen.

Die natürlichen Erhebungen in der Umgebung der Siedlungsgebiete bieten gute Voraussetzungen für die Realisierung einer strahlungsminimierten Mobilfunkversorgung. Durch die vorgeschlagenen (meist hochgelegenen) Standorte kann eine Versorgung realisiert werden, die in allen Ortsteilen mobiles Telefonieren in guter Qualität ermöglicht und trotzdem mit relativ geringen Immissionen für die Siedlungsgebiete verbunden ist. Dies gelingt dadurch, dass bei geeigneter Kombination von erhöhten Standorten und angepasster Neigung der Antennen eine Vergleichmäßigung des Strahlungseinfalls (Homogenisierung der Immissionen) über die zu versorgende Fläche erreicht werden kann (siehe hierzu auch Kapitel 4.3, S. 23).

Große Bedeutung hat die Versorgung „von oben herab“, wegen der dadurch erzielten wesentlich besseren funktechnischen Verbindung zwischen Basisstation und Handy. Bei einer solchen Versorgung von „oben herab“ behindern erheblich weniger Hindernisse (wie zum Beispiel Bebauungen) den Verbindungsweg zwischen Handy und Basisstation¹⁶. Dies ermöglicht im Gegenzug ebenfalls, die Sendeleistung des eigenen Handys gering zu halten. Somit wird eine möglichst geringe Belastung der Wohnbevölkerung erreicht, ohne die Immissionen für Handy-Nutzer zu erhöhen [6].

9.3.1 Versorgungskapazität und Versorgungsqualität

Die Kapazität der vorgeschlagenen Mobilfunkversorgung für die Gemeinde Freigericht ist darauf ausgelegt, mindestens die Netzkapazität (d.h. die Anzahl gleichzeitig möglicher Mobilfunkgespräche und -datenübertragungen) der derzeitigen Mobilfunknetze bereitzustellen.

Nach Umstellung auf das hier vorgeschlagene Mobilfunkkonzept ergäbe sich für die Firma T-Mobile (die derzeit über das am besten ausgebaute Netz in Freigericht verfügt) mindestens die gleiche Netzkapazität wie bisher. Auch der angestrebte UMTS-Ausbau von T-Mobile lässt sich mit den hier vorgeschlagenen Standorten realisieren. Für die anderen drei Netzbetreiber (Vodafone, E-Plus und O₂) ergibt sich bei Realisierung der hier entwickelten Standortvorschläge eine Ausweitung der Netzkapazität und insgesamt eine Verbesserung der Versorgungsqualität.

Es muss allerdings darauf hingewiesen werden, dass die Kapazität des vorgeschlagenen Mobilfunknetzes¹⁷ nicht darauf ausgelegt ist, die Mobilfunktechnologie zur Erbringung stationärer Kommunikationsdienstleistungen einzusetzen, das heißt, den Ersatz des Festnetzes durch den Einsatz der Mobilfunktechnologie für alle Telefongespräche und die gesamte Datenkommunikation (z.B. Internetanbindung) in der eigenen Wohnung bzw. den eigenen Geschäftsräumen (vgl. 3.2.1, S. 15).

¹⁶ vgl. die Diskussion der „Pfadverluste“ in Teil 1 Kap 5

¹⁷ d.h. im Wesentlichen die Anzahl der separaten Funkzellen

Bezüglich der Versorgungsqualität kann nicht ausgeschlossen werden, dass in besonders ungünstig gelegenen Räumen – zum Beispiel unterhalb der Erdoberfläche – mobiles Telefonieren möglicherweise eingeschränkt ist.

Weiterhin wurde bei den vorliegenden Planungen darauf geachtet, dass die Immissionsminimierungen mit heutiger Technik verwirklicht werden können und nicht auf zukünftige technische Entwicklungen angewiesen sind.

9.4 Schlussbemerkungen

Für die im Rahmen dieses Mobilfunkversorgungskonzeptes entwickelten Standortvorschläge wurden Immissionsprognosen berechnet, die verdeutlichen, wie sich die Verteilung der Immissionen über das Gemeindegebiet darstellt, wenn die Mobilfunkversorgung von den in Kapitel 8 (S. 51ff.) vorgeschlagenen Standorten aus erfolgt (vgl. Karten 16 bis 24 im Kartenteil (Teil V)).

Der Vergleich der derzeitigen Gesamt-Immissionssituation (Karten 15a und 15b) mit der Gesamt-Immissionssituation des vorliegenden Mobilfunkkonzeptes (Karten 24a und 24b) zeigt, dass mit den vorgeschlagenen Standorten eine gute Mobilfunkversorgung erreicht wird mit wesentlich niedrigeren Immissionen für die Bevölkerung. Die Vorschläge erfordern ein gewisses Entgegenkommen seitens der Netzbetreiber, da von der üblichen Funknetzplanung in gleichmäßiger Wabenstruktur teilweise abgewichen wurde. Die Standortsuche und die Ausgestaltung der Mobilfunkbasisstationen mussten sich den örtlichen Gegebenheiten und Erfordernissen anpassen, da der Immissionsschutz für die Bevölkerung als gleichwertiges Ziel neben einer guten Mobilfunkversorgung berücksichtigt wurde.

Dieses Konzept macht es trotz des Verzichts auf Mobilfunkbasisstationen innerhalb der Wohnbebauung den Mobilfunkbetreibern auch zukünftig möglich, in der Gemeinde Freigericht ein flächendeckendes Mobilfunknetz hoher Kapazität zu betreiben und in Zusammenarbeit mit der Gemeindeverwaltung geeignete Standorte entsprechend den in diesem Konzept entwickelten Vorschlägen zu finden.

TEIL III

Immissionsmessungen

- Messverfahren
- Übersichtsspektren
- Tabellen der Messergebnisse

Immissionsprognosen

- Berechnungsgrundlagen
- Tabellen der technischen Daten

10 Immissionsmessungen

10.1 Durchführung der Messungen

Die Messungen wurden durchgeführt mit einem Spektrumanalysator Advantest R 3131 A. Folgende Messantennen wurden eingesetzt:

- eine bikonische Rundstrahl- bzw. Rundsichtantenne Schwarzbeck UBA 9116 für den Frequenzbereich bis 1000 MHz.
- eine Dipol-Rundstrahl- bzw. Rundsichtantenne Schwarzbeck UHA 9125 D für den Frequenzbereich ab 1000 MHz.



Spektrumanalysator Advantest R 3131 A



Bikonische Rundstrahl- bzw. Rundsichtantenne Schwarzbeck UBA 9116



Dipol-Rundstrahl- bzw. Rundsichtantenne Schwarzbeck UHA 9125 D

An allen Messstandorten wurde eine Übersichtsmessung im Bereich von 50 MHz bis 3000 MHz durchgeführt, um alle relevanten Frequenzbänder zu ermitteln, die für die Belastung von Bedeutung sind (vgl. Diagramme 1 bis 12 in Kapitel 10.6, S. 66ff).

Es erfolgten jeweils detaillierte Einzelmessungen in folgenden Mobilfunkfrequenzbereichen:

- 925 MHz bis 960 MHz (Mobilfunksender GSM-900-Netze)
- 1820 MHz bis 1880 MHz (Mobilfunksender GSM-1800-Netze)
- 2110 MHz bis 2170 MHz (Mobilfunksender UMTS-Netze)

Bei der Messung der Mobilfunksender der GSM-900-Netze wurde der Frequenzbereich des Spektrums bis 1900 MHz ausgedehnt, um in der gleichen Messung den Frequenzbereich:

- 1880 MHz bis 1900 MHz (schnurlose Telefone nach DECT-Standard) mit erfassen zu können.

10.2 Anlagenauslastung

Zur Zeit werden in Deutschland öffentliche Mobilfunknetze in drei verschiedenen Frequenzbereichen betrieben:

- GSM 900: klassisch „D-Netze“ (Betreiber Vodafone und T-Mobile; E-Plus und O₂ kommen seit 2006 hinzu)
- GSM 1800: klassisch „E-Netze“ (wesentliche Betreiber: E-Plus und O₂)
- UMTS-Netze: (Betreiber E-Plus, O₂, Vodafone und T-Mobile)

Bis 2003 waren praktisch ausschließlich die GSM-Netze in Betrieb, die bei relativ hoher Auslastung betrieben werden. Bei aktuellen Untersuchungen entsprechen daher die gemessenen Immissionen häufig den maximal aus diesen Netzen zu erwartenden Immissionen. Im vorliegenden Fall ist eine Situation mit hoher Auslastung der GSM-900-Netze aller Betreiber an vielen Messpunkten zu beobachten. Ebenso waren im GSM-1800-Netz (Betreiber in Freigericht sind E-Plus und O₂) teilweise hohe Auslastungen festzustellen.

Anders stellt sich die Immissionssituation zur Zeit bei den UMTS-Netzen dar, die seit 2004 in Betrieb genommen werden und deren Aufbau noch nicht abgeschlossen ist. Die meisten UMTS-Basisstationen arbeiten bisher noch mit sehr geringer Auslastung. Daher ist die aktuell vorliegende Immission in der Nähe einer UMTS-Basisstation meist erheblich geringer als die eventuell in einigen Jahren zu erwartende Immission, wenn diese Stationen mit hoher Auslastung betrieben werden.

Um diesem Unterschied in der Auslastung der einzelnen Mobilfunknetze Rechnung zu tragen sind die Ergebnisse in der vorliegenden Untersuchung einmal mit ihrem aktuellen Messwert dargestellt (**Tabelle M5** sowie linker Ergebnisblock in den Ergebnistabellen **M1** bis **M4** in Kapitel 10.6), wie es der heutigen Situation an einem typischen Werktag entspricht. Dabei sind alle Immissionen nur mit ihrem aktuell gemessenen Wert angegeben und es wurde kein Sicherheitsaufschlag angebracht (vgl. Kap. 10.5, S. 65)¹⁸.

In einem zweiten Ergebnisblock (rechter Block in den Ergebnistabellen M1 bis M4 im Anhang) sowie in **Tabelle M6** sind diejenigen Immissionen dargestellt, die sich ergeben, wenn alle Mobilfunkbasisstationen (GSM und UMTS) auf maximale Anlagenauslastung hochgerechnet sind.

Der größte relative Unterschied zwischen den hochgerechneten und nicht hochgerechneten Werten ergibt sich bei dieser Untersuchung für die UMTS-Netze. Man beachte allerdings, dass die Hochrechnung auf Vollausslastung für UMTS-Netze mit erheblich größeren Unsicherheiten behaftet ist als für GSM-Netze (vgl. Kapitel 10.3.2, S. 64).

¹⁸ Bei den Mobilfunkbasisstationen wurden bei der Angabe des aktuell gemessenen Wertes auch Verkehrskanäle, die nur teilweise belegt waren, als vollständig belegt in die Ergebnisse eingerechnet. Dies entspricht der üblichen Vorgehensweise bei der Bewertung gepulster Strahlungsquellen.

10.3 Messverfahren und Hochrechnung auf Vollaustattung

An jedem Standort wurden für die GSM-900-Netze, die GSM-1800-Netze und die UMTS-Netze jeweils ein Einzelspektrum über einige Minuten Beobachtungszeit mit der Max-Hold-Funktion des Spektrumanalysators aufgenommen. Dabei wurde die Messantenne manuell in dem zu untersuchenden Bereich bewegt (Schwenkmethode), um den höchsten Wert zu ermitteln.

In jedem der Frequenzbänder für GSM-900, GSM-1800 und UMTS sind den einzelnen Netzbetreibern von der Bundesnetzagentur bestimmte Frequenzbereiche zugewiesen. Durch Integration der gemessenen Spektren über die jeweiligen Frequenzbereiche der einzelnen Netzbetreiber¹⁹ ergeben sich die in Tabelle M5 angegebenen Einzelintensitäten – getrennt nach Betreibern und nach Mobilfunknetzen.

Weiterhin sind in Tabelle M5 für jedes Frequenzband die über alle Betreiber addierten Ergebnisse angegeben (rechte Spalte in jedem Block). Diese Einzelsummen für die drei Mobilfunk-Frequenzbänder GSM-900, GSM-1800 und UMTS finden sich ebenfalls im linken Ergebnisblock (aktuelle Messwerte) von Tabelle M1, in der zusätzlich die Strahlungsintensitäten der Rundfunk- und Fernsehsender (Spalte „UKW-TV“) und der schnurlosen Telefone nach dem DECT-Standard (Spalte „DECT“) aufgeführt sind.

Mobilfunksendeanlagen senden nicht permanent mit voller Leistung, sondern mit einer Sendeleistung, die sowohl durch die aktuelle Gesprächsauslastung als auch durch die Qualität der Funkverbindung der einzelnen Verbindungen zu den Endgeräten (Handys) bestimmt wird.

Zur Berücksichtigung der wechselnden Anlagenauslastung wurden – wie bei Messuntersuchungen im Mobilfunkbereich üblich – auch bei dieser Messung die am Messstag ermittelten Leistungsflussdichten auf volle Auslastung der Mobilfunkanlagen hochgerechnet.

Das Hochrechnungsverfahren unterscheidet sich für GSM- und UMTS-Basisstationen und wird in den folgenden Unterkapiteln dargestellt.

10.3.1 Hochrechnung auf Vollaustattung für die GSM-Basisstationen

Da seitens der Netzbetreiber keine technischen Daten zu den Mobilfunkbasisstationen vorlagen, wurde die für die Hochrechnung auf Vollaustattung der GSM-Basisstationen erforderliche Kanalanzahl aus den gemessenen Spektren ermittelt. Da bei mit geringer Auslastung betriebenen Basisstationen nur wenige Kanäle im Spektrum enthalten sind, wurde in diesen Fällen die Hochrechnung für die einzelnen Netzbetreiber basierend auf der Annahme durchgeführt, dass Basisstationen der Betreiber T-Mobile und Vodafone üblicherweise mit insgesamt 4 Kanälen pro Sektor arbei-

¹⁹ Dies entspricht der Addition der Intensitäten aller in diesem Frequenzbereich beobachteten Kanäle.

ten und Basisstationen der Betreiber E-Plus und O₂ normalerweise mit 2 Kanälen pro Sektor ausgestattet sind.

Mit der Kenntnis der Kanalanzahl wurde sodann die folgende Hochrechnung auf Vollauslastung der einzelnen Basisstationen vorgenommen: Aus den Spektren wurde die Intensität des Basiskanals der einzelnen Sektoren bestimmt und diese Kanalintensität mit der Anzahl der maximal gleichzeitig benutzten Kanäle multipliziert. Die so ermittelte Leistungsflussdichte entspricht der maximal zu erwartenden Immission, wenn in allen Sektoren dieser Basisstation alle Kanäle mit voller Sendeleistung betrieben werden.

10.3.2 Hochrechnung auf Vollauslastung für die UMTS-Basisstationen

Für die UMTS-Basisstationen erfolgte die Hochrechnung auf Vollauslastung unter der Annahme, dass das UMTS-Netz zur Zeit nur mit geringer Auslastung betrieben wird.

Es wurde daher angenommen, dass die gemessenen Intensitäten ausschließlich durch die – unabhängig von der Auslastung stets ausgestrahlten – Pilotkanäle und eine sehr geringe Nutzdatenübertragung verursacht werden und für diese zusammen zur Zeit nur ca. 15 Prozent der Maximalsendeleistung benutzt werden²⁰. Zur Hochrechnung auf Vollauslastung wurden dementsprechend die Messergebnisse mit einem Faktor 6,7 multipliziert.

Weiterhin wurde bei der Hochrechnung berücksichtigt, dass alle UMTS-Betreiber zur Zeit nur einen der beiden ihnen zur Verfügung stehenden Frequenzkanäle (Carrier) benutzen. Zur Berücksichtigung des zweiten Frequenzkanals wurde ein weiterer Faktor 2 hinzugerechnet, so dass insgesamt die in Tabelle M6 sowie die im rechten Ergebnisblock in Tabelle M1 angegebenen UMTS-Leistungsflussdichten das 13,3-fache der aktuell gemessenen Immissionen betragen. Obwohl die Nutzung des zweiten Frequenzkanals zur Zeit nicht absehbar ist und im Allgemeinen einen vorherigen Umbau der Basisstation erfordert, wurde dieser bei der Hochrechnung berücksichtigt, um auf jeden Fall auf der sicheren Seite zu liegen.

10.4 Berechnung der Gesamtmissionen

Einen Überblick über die entsprechend des zuvor geschilderten Verfahrens bestimmten Leistungsflussdichten in den einzelnen Frequenzbereichen gibt die **Tabelle M1** in Kapitel 10.6. Für die genannten Frequenzbereiche legt der Gesetzgeber in der 26. BImSchV unterschiedliche Grenzwerte fest. Ebenso sind die Anlagengrenzwerte der Schweiz frequenzabhängig. Ein direkter Vergleich der in einem bestimmten Fre-

²⁰ Hierbei handelt es sich um eine Worst-Case-Abschätzung, da für den Fall, dass die Basisstation zum Messzeitpunkt doch einen höheren Anteil Nutzdaten übertragen hat, ein höherer Messwert ermittelt wurde als es der reinen Pilotkanalleistung entspricht und demzufolge auch das hochgerechnete Endergebnis zu hoch ausfällt.

quenzband gemessenen Leistungsflussdichten mit den Grenz- bzw. Vorsorgewerten für dieses Frequenzband ist nur dann sinnvoll, wenn die Belastung im Wesentlichen diesem einen Frequenzband entstammt.

In Situationen mit Belastungen in verschiedenen Frequenzbereichen reicht es daher zur Bewertung der Gesamtbelastung nicht aus, jeweils zu überprüfen, dass in jedem Frequenzbereich der zugehörige Grenz- bzw. Vorsorgewert eingehalten wird. Es ist vielmehr erforderlich, durch ein geeignetes Summierungsverfahren die Gesamtbelastung zu bestimmen und in Beziehung zu Grenz- und Vorsorgewerten zu setzen. Entsprechend dem in der 26. BImSchV vorgeschriebenen Summierungsverfahren wird daher für jeden Frequenzbereich einzeln der prozentuale Anteil an dem für den jeweiligen Frequenzbereich gültigen Grenzwert ermittelt (siehe **Tabelle M2** Kapitel 10.6). Anschließend werden die so erhaltenen Prozentwerte addiert (s. letzte Spalte in den beiden Ergebnisblöcken in Tabelle M2). Der gesetzliche Grenzwert wird dann eingehalten, wenn die so ermittelte Summe unter 100 Prozent liegt.

Analog zu diesem Verfahren sind in **Tabelle M3** die Messergebnisse in Relation gesetzt zu den Anlagen-Grenzwerten in der Schweiz und in **Tabelle M4** zum Salzburger Vorsorgewert von 1998 (1 mW/m^2). Die Anlagengrenzwerte und Vorsorgewerte werden – ebenso wie oben für den gesetzlichen Grenzwert beschrieben – dann eingehalten, wenn der in den letzten Spalten der Ergebnisblöcke der Tabellen M3 und M4 angegebene Summenwert unter 100 Prozent liegt.

Es sei hier angemerkt, dass bei der Darstellung der Ergebnisse in den Tabellen M1 bis M6 im Anhang der besseren Lesbarkeit wegen fast immer die gleiche Anzahl Nachkommastellen verwendet wird, woraus allerdings nicht auf eine entsprechende Präzision der Messergebnisse geschlossen werden kann (vgl. hierzu die Ausführungen im folgenden Kapitel 10.5).

10.5 Fehlerabschätzung

Die Messunsicherheit des gesamten Messsystems wird mit 3 dB abgeschätzt, was ca. einem Faktor 2 entspricht²¹.

Dies dient sowohl zur Berücksichtigung möglicher Fehlerquellen der Messgeräte selbst, die das Messergebnis verfälschen können, als auch zur Berücksichtigung der Tatsache, dass bei der eigentlichen Messwertaufnahme (Schwenkverfahren) eventuell nicht der am höchsten belastete Punkt erfasst wurde.

Zu den möglichen Fehlerquellen der Messgeräte gehören:

- Kalibrierung des Spektrumanalysators (einschl. Temperatureinfluss)
- Kalibrierung der Messantennen
- Kalibrierung des Messkabels

Zu den möglichen Fehlerquellen der Messwertaufnahme gehören:

- unvollständige Erfassung des zu untersuchenden Raumbereichs durch die Schwenkmethode
- Einfluss der Personen in der Umgebung.

Zur besseren Vergleichbarkeit zwischen Messergebnissen und Berechnungsergebnissen (Immissionsberechnungen, s. Kapitel 11 und Karten in Teil V) wurde die Messunsicherheit nicht als ein Sicherheitsaufschlag in die Messergebnisse eingerechnet. Die tatsächlichen Immissionen können daher bis zum Faktor 2 höher oder niedriger liegen, als in den Messergebnis-Tabellen M1 bis M6 angegeben.

10.6 Diagramme und Tabellen der Messergebnisse

Nachfolgend sind in den Diagrammen 1 bis 12 die Spektren der Übersichtsmessungen dargestellt, aus denen für jeden Messpunkt die relevanten Quellen hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung zu entnehmen sind. Die zur Berechnung der Einzelergebnisse benutzten Spektren der Detailmessungen für die einzelnen Frequenzbereiche (GSM-900, GSM-1800 und UMTS) sind wegen ihrer großen Zahl hier nicht enthalten.

Anschließend sind in den Tabellen M1 bis M6 die Messergebnisse in tabellarischer Form dargestellt. Zur Beschreibung der Tabellen siehe Kapitel 10.4, S. 64.

²¹ Werden die Messergebnisse – anders als in diesem Gutachten – nicht als Leistungsflussdichten sondern als elektrische Feldstärken dargestellt, so bedeutet die Messunsicherheit von 3 dB einen Faktor 1,4.

Diagramm 1: Leistungsflussdichte am Messpunkt MP1: Neuses, Wasserhochbehälter, außen

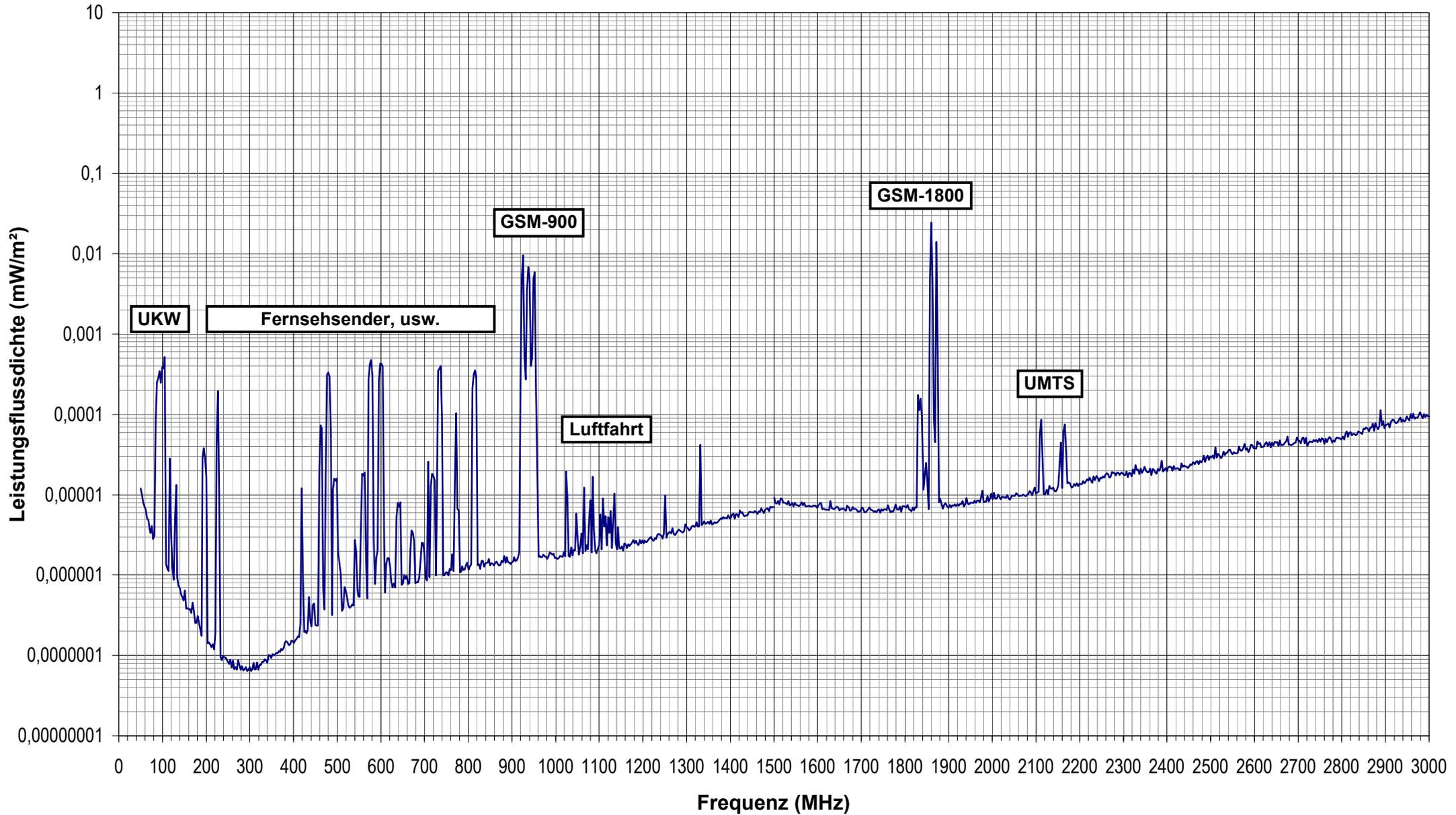


Diagramm 2: Leistungsflussdichte am Messpunkt MP2: Neuses, Eselsweg, außen

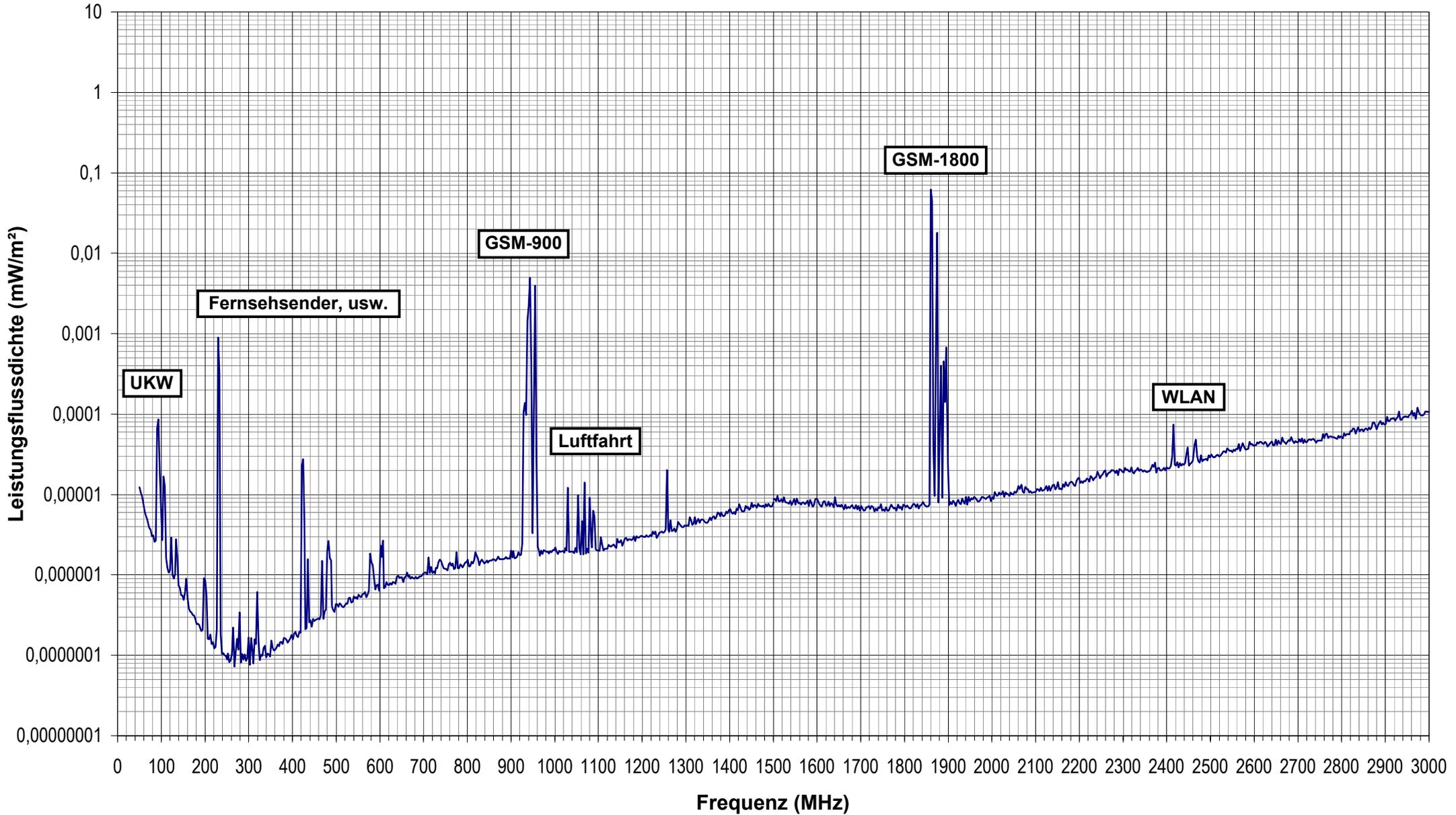


Diagramm 3: Leistungsflussdichte am Messpunkt MP3: Bernbach, St.-Michael-Str. 7, 2.OG

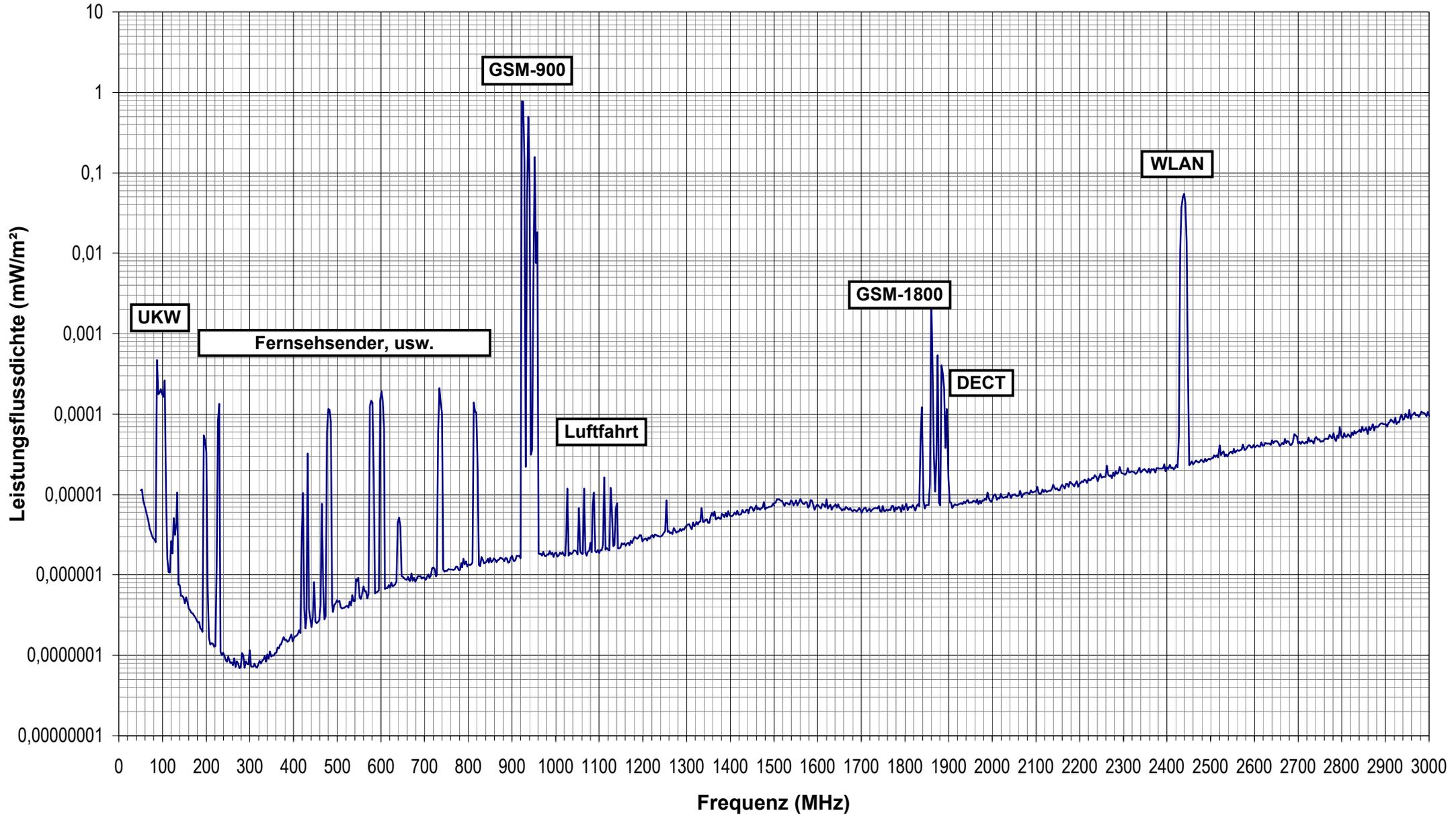


Diagramm 4: Leistungsflussdichte am Messpunkt MP4: Bernbach, Tannäcker 7, 1. OG, Blick auf Antennen von BS5

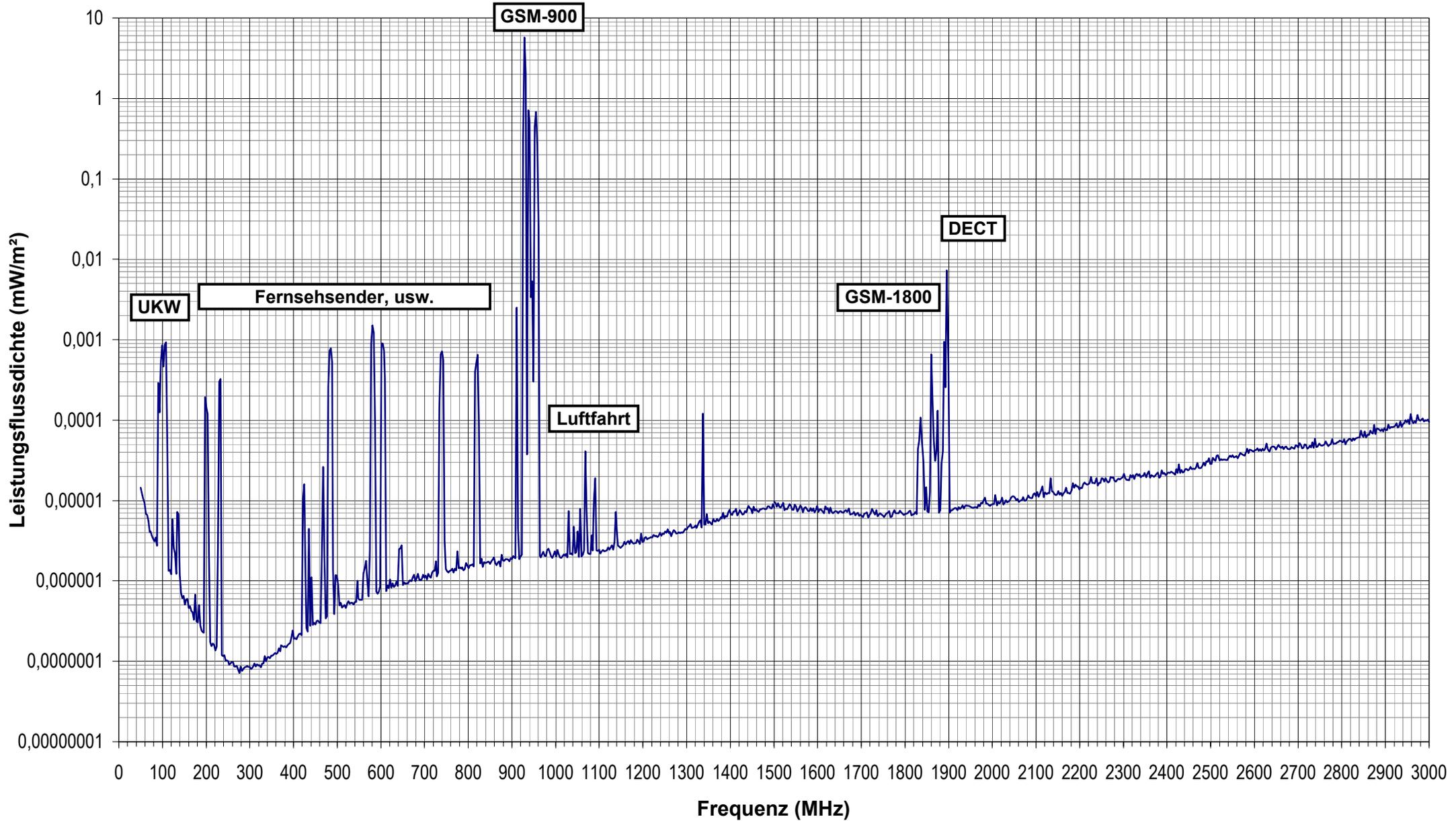


Diagramm 5: Leistungsflussdichte am Messpunkt MP5: Somborn, Hauptstraße, 2. OG

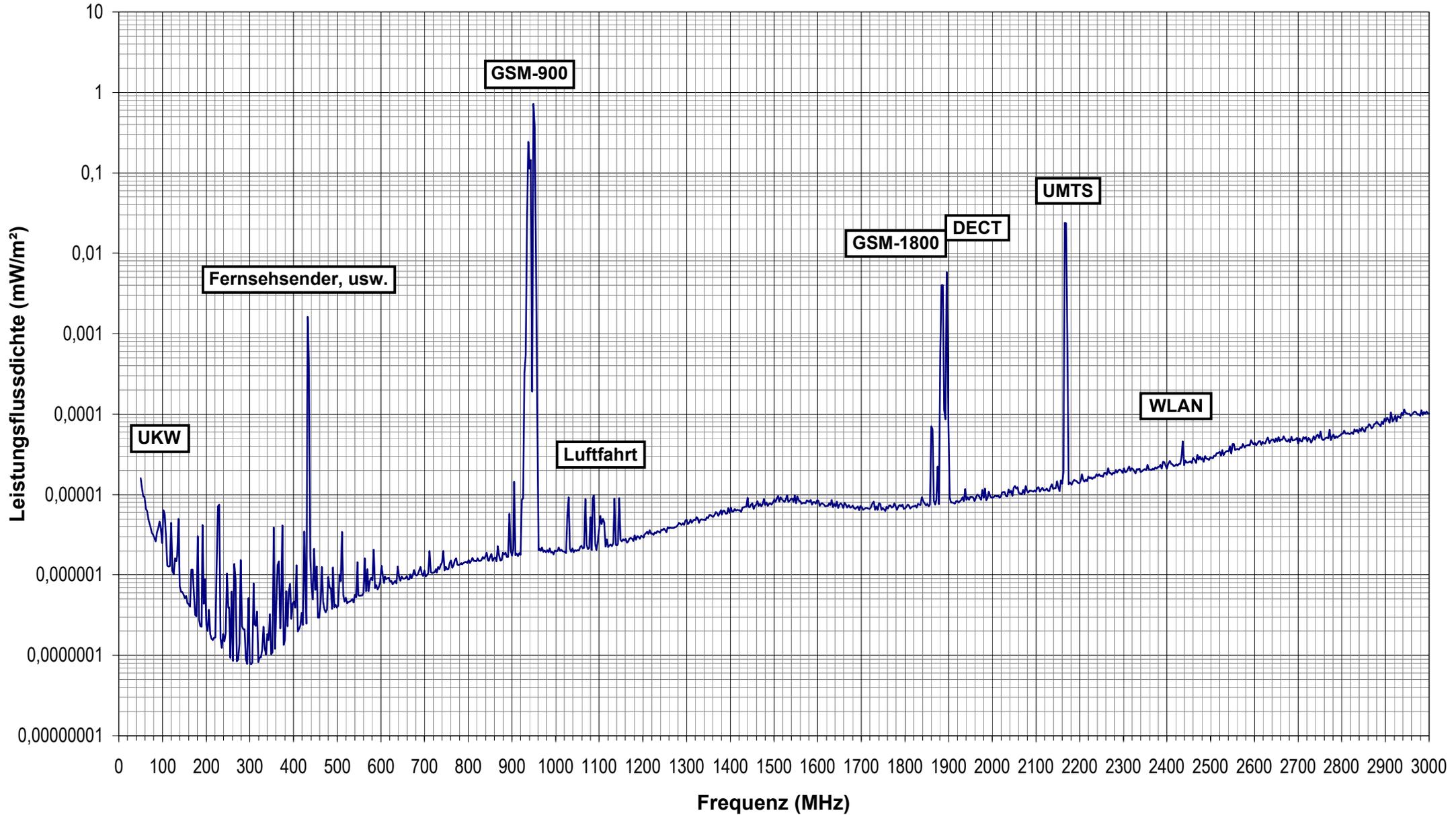


Diagramm 6: Leistungsflussdichte am Messpunkt MP6: vor Haus Spessartblick 17, außen

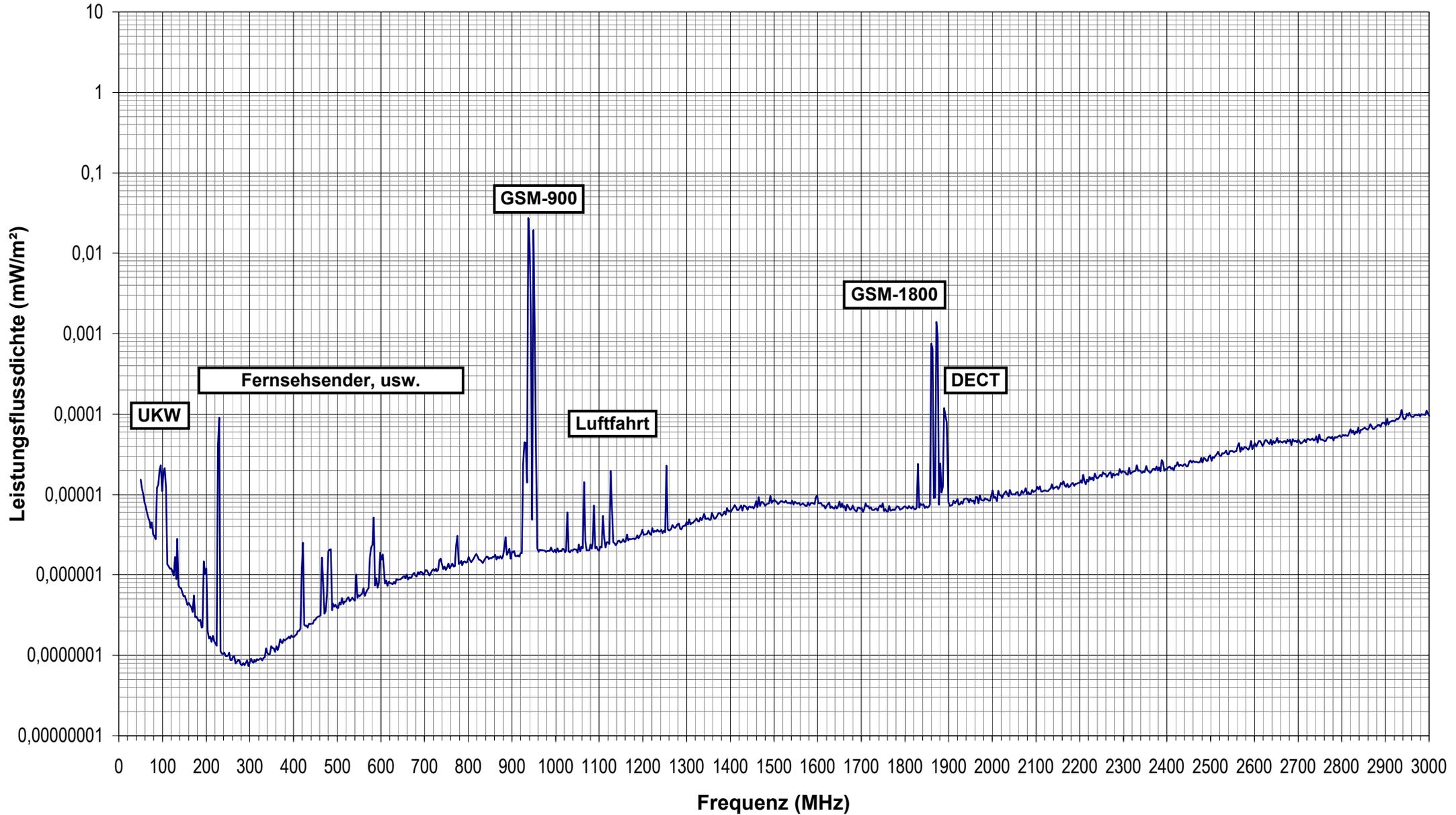


Diagramm 7: Leistungsflussdichte am Messpunkt MP7: Geiselbacher Str. 11, 1. OG, Fenster auf

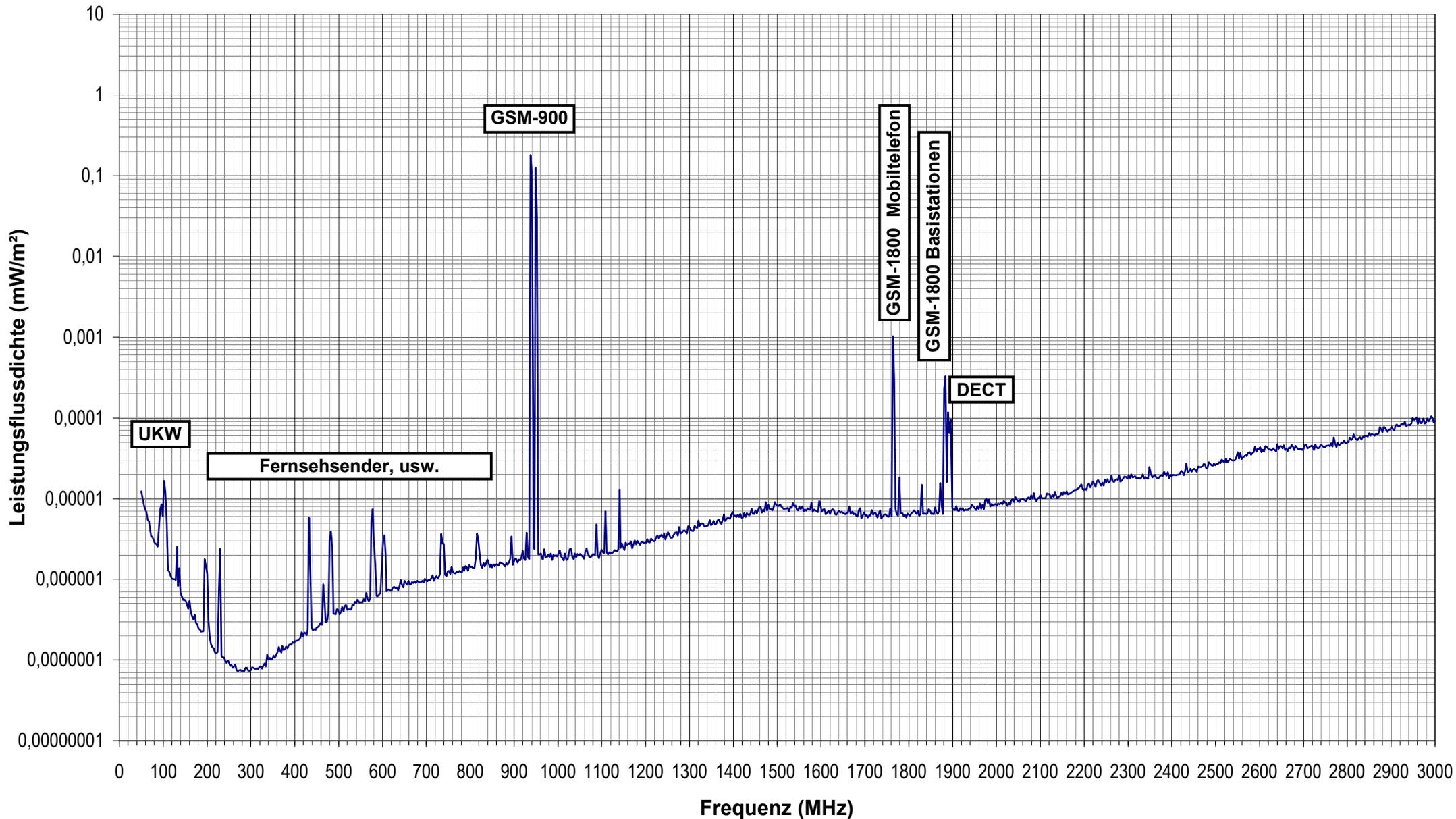


Diagramm 8: Leistungsflussdichte am Messpunkt MP8: Somborn, Wilhelmshöhe 1, 1. OG, Fenster auf

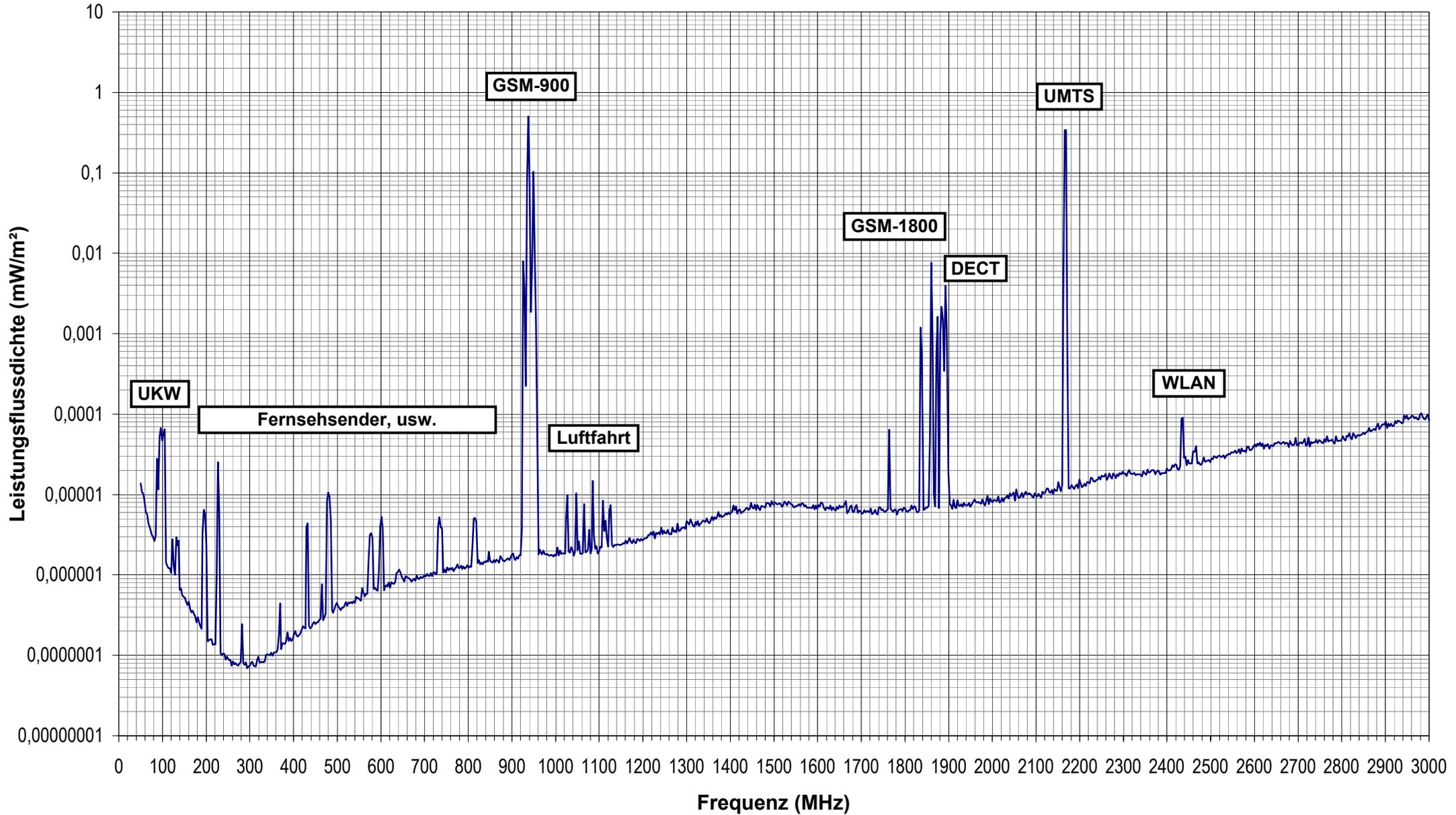


Diagramm 9: Leistungsflussdichte am Messpunkt MP9: Somborn, Am Viehtrieb, außen

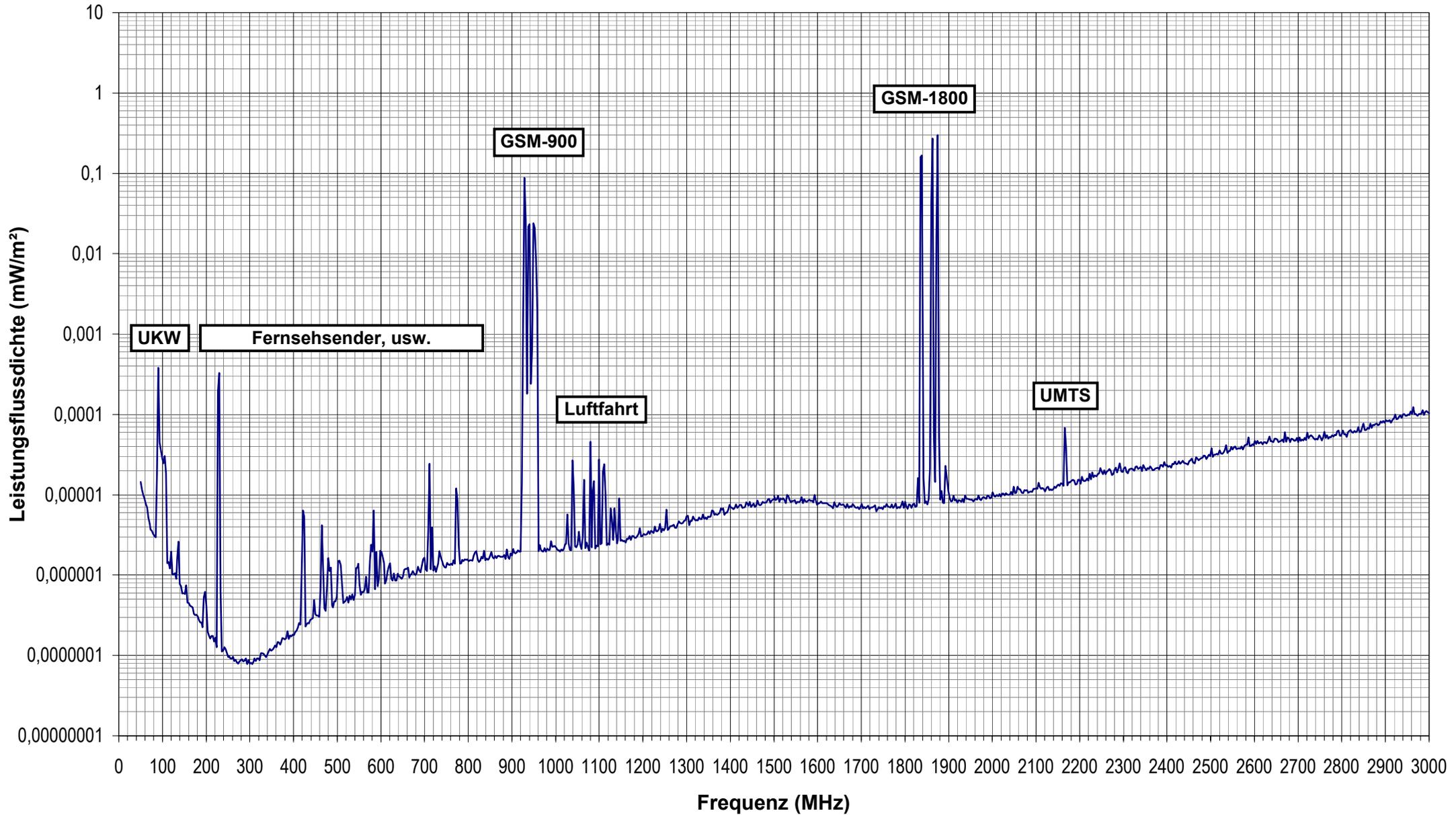


Diagramm 10: Leistungsflussdichte am Messpunkt MP10: Somborn, Wehrweide, Parkplatz Aldi, außen

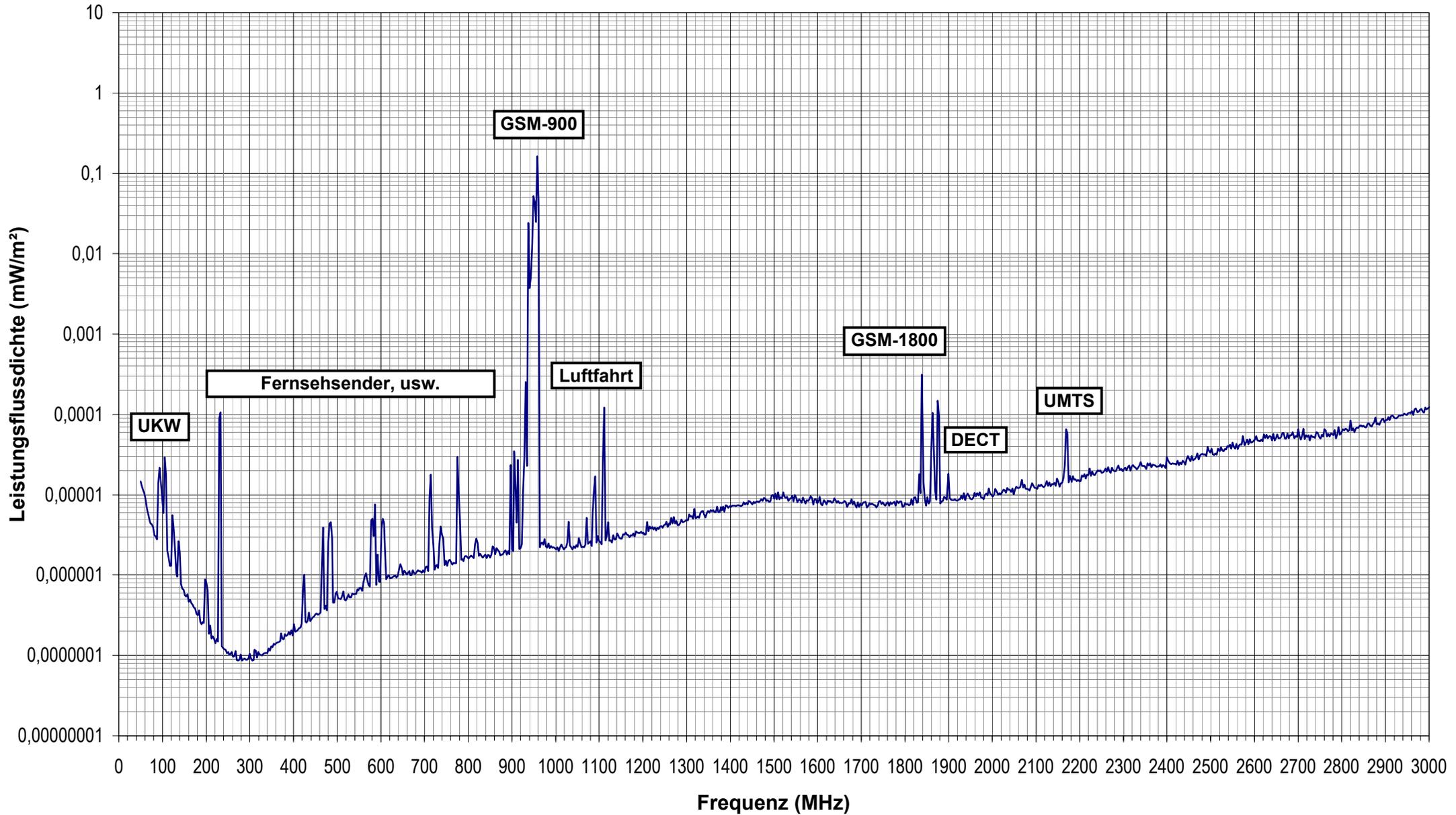


Diagramm 11: Leistungsflussdichte am Messpunkt MP11: Somborn, Konrad-Adenauer-Ring, Schule, außen

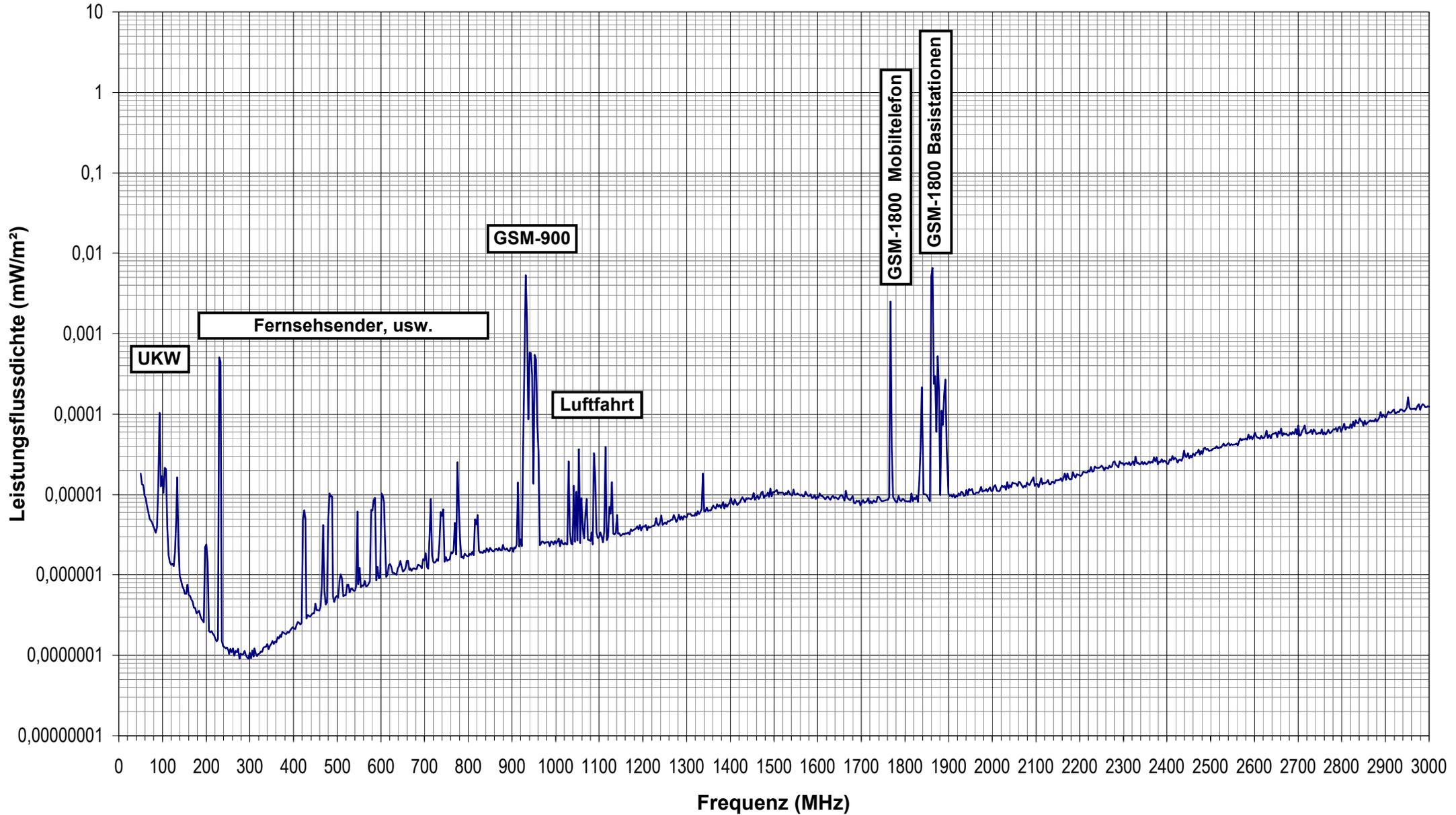


Diagramm 12: Leistungsflussdichte am Messpunkt MP12: vor Haus Bernbacher Str. 40, außen

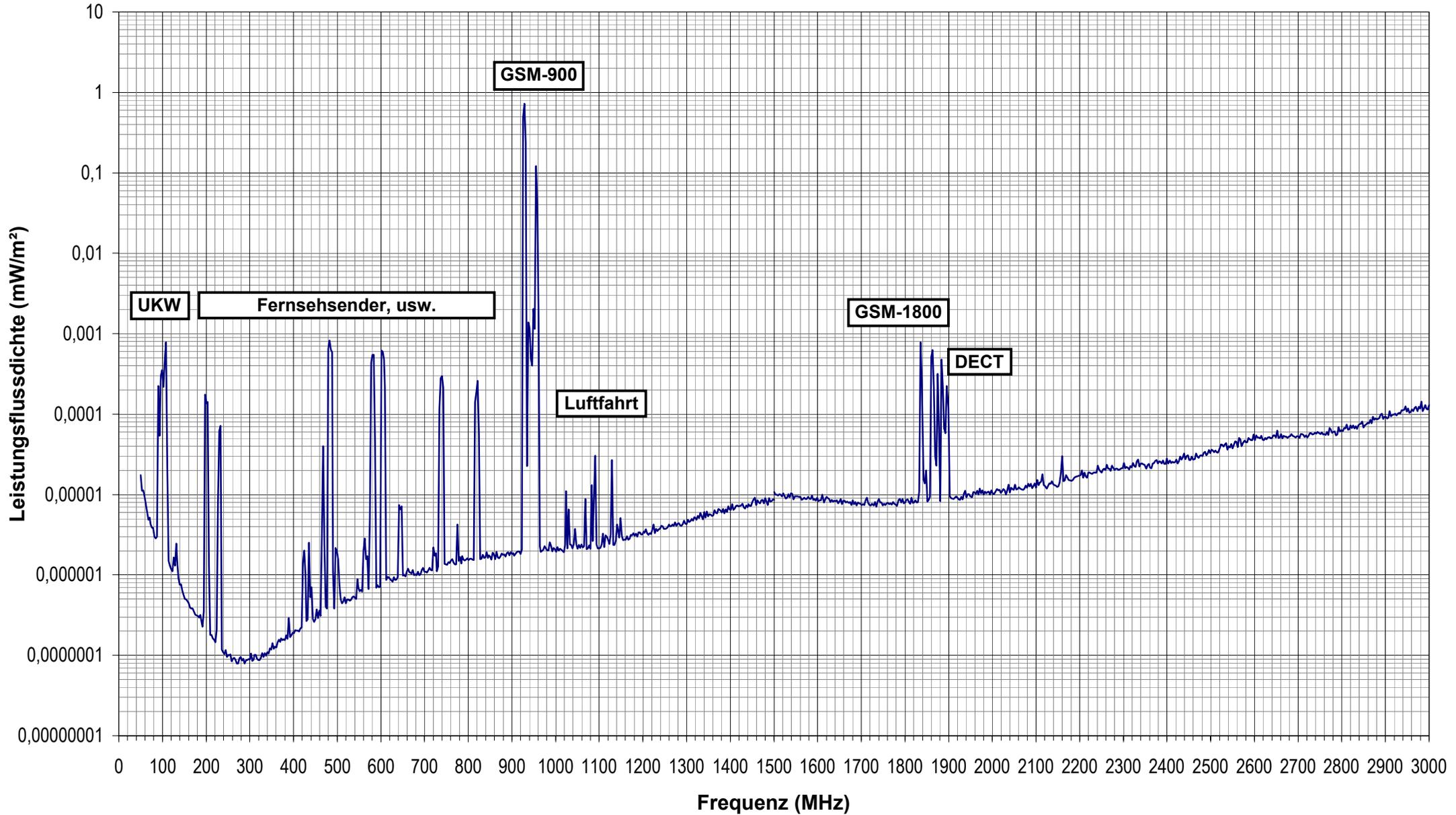


Tabelle M1: Leistungsflussdichten in den einzelnen Frequenzbereichen, ohne Sicherheitsaufschlag¹⁾

| Messpunkt | Messposition | Immissionen zum Messzeitpunkt | | | | | hochgerechnet auf Volllast | | | | | | |
|--|--|-------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | UKW-TV | GSM900 | GSM1800 | DECT | UMTS | Summe | UKW-TV | GSM900 | GSM1800 | DECT | UMTS | Summe |
| | | mW/m ² | mW/m ² | mW/m ² | mW/m ² | mW/m ² | mW/m ² | mW/m ² | mW/m ² | mW/m ² | mW/m ² | mW/m ² | mW/m ² |
| Ortsteil Neuses | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Neuses, Wasserhochbehälter, außen | 0,029 | 0,101 | 0,105 | | 0,0003 | 0,24 | 0,029 | 0,19 | 0,147 | | 0,004 | 0,37 |
| 2 | Neuses, Eselsweg, außen | 0,005 | 0,035 | 0,207 | 0,003 | | 0,25 | 0,005 | 0,05 | 0,308 | 0,003 | | 0,37 |
| Ortsteil Bernbach | | | | | | | | | | | | | |
| 3a | Bernbach, St.-Michael-Str.7, 2.OG, Fenster auf | 0,013 | 4,554 | 0,019 | 0,002 | | 4,59 | 0,013 | 10,00 | 0,035 | 0,002 | | 10,05 |
| 3b | Bernbach, St.-Michael-Str.7, 2.OG, Fenster zu | | 1,885 | 0,005 | 0,001 | | 1,89 | | 5,29 | 0,008 | 0,001 | | 5,29 |
| 3c | Bernbach, St.-Michael-Str. 7, 2.OG, Fenster zu, Jal.zu | | 1,663 | 0,008 | 0,002 | | 1,67 | | 4,17 | 0,015 | 0,002 | | 4,18 |
| 3d | Bernbach, St.-Michael-Str. 7, 1.OG, Fenster auf | | 10,577 | | | | 10,58 | | 28,75 | | | | 28,75 |
| 3e | Bernbach, St.-Michael-Str. 7, 1.OG, Fenster zu | | 7,848 | | | | 7,85 | | 21,03 | | | | 21,03 |
| 4a | Bernbach, Tannäcker 7, 1. OG, Bl. Ant., Fenster auf, außen | 0,052 | 31,656 | | | | 31,71 | 0,052 | 55,14 | | | | 55,19 |
| 4b | Bernbach, Tannäcker 7, 1. OG, Bl. Ant., Fenster auf, innen | | 18,920 | 0,003 | 0,010 | | 18,93 | | 31,59 | 0,004 | 0,010 | | 31,61 |
| 4c | Bernbach, Tannäcker 7, 1. OG, Bl. Ant., Fenster zu | | 11,857 | | | | 11,86 | | 18,69 | | | | 18,69 |
| 4d | Bernbach, Tannäcker 7, EG, abgewandt, Fenster gekippt | | 0,205 | 0,006 | 0,028 | | 0,24 | | 0,39 | 0,011 | 0,028 | | 0,43 |
| 4e | Bernbach, Tannäcker 7, EG, Flur, DECT-Tel. | | | 0,001 | 31,921 | | 31,92 | | | 0,002 | 31,921 | | 31,92 |
| Ortsteil Horbach | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | vor Haus Spessartblick 17, außen | 0,001 | 0,123 | 0,007 | 0,001 | | 0,13 | 0,001 | 0,21 | 0,012 | 0,001 | | 0,23 |
| 7a | Geiselbacher Str. 11, 1. OG, Fenster auf, außen | 0,001 | 0,640 | 0,001 | 0,002 | | 0,64 | 0,001 | 1,08 | 0,001 | 0,002 | | 1,09 |
| 7b | Geiselbacher Str. 11, 1. OG, Fenster zu | | 0,069 | | | | 0,07 | | 0,12 | | | | 0,12 |
| Ortsteil Somborn | | | | | | | | | | | | | |
| 5a | Somborn, Hauptstraße, 2. OG, Fenster auf, außen | 0,006 | 1,699 | 0,002 | 0,009 | 0,063 | 1,78 | 0,006 | 3,78 | 0,003 | 0,009 | 0,844 | 4,64 |
| 5b | Somborn, Hauptstraße, 2. OG, Fenster auf, innen | | 0,369 | | | 0,019 | 0,39 | | 1,20 | | | 0,256 | 1,46 |
| 5c | Somborn, Hauptstraße, 2. OG, Fenster zu | | 0,356 | | | 0,022 | 0,38 | | 1,33 | | | 0,289 | 1,62 |
| 8a | Somborn, Wilhelmshöhe 1, 1. OG, Fenster auf, außen | 0,002 | 3,702 | 0,026 | 0,007 | 0,550 | 4,29 | 0,002 | 7,57 | 0,047 | 0,007 | 7,311 | 14,94 |
| 8b | Somborn, Wilhelmshöhe 1, 1. OG, Fenster auf, innen | | 1,749 | | | 0,327 | 2,08 | | 5,75 | | | 4,353 | 10,11 |
| 8c | Somborn, Wilhelmshöhe 1, 1. OG, Fenster zu | | 1,609 | 0,010 | 0,008 | 0,488 | 2,12 | | 4,98 | 0,018 | 0,008 | 6,495 | 11,50 |
| 9 | Somborn, Am Viehtrieb, außen | 0,004 | 0,392 | 1,422 | | 0,0001 | 1,82 | 0,004 | 0,91 | 2,326 | | 0,002 | 3,25 |
| 10 | Somborn, Wehrweide, Parkplatz Aldi, außen | 0,002 | 0,517 | 0,002 | 0,001 | 0,0004 | 0,52 | 0,002 | 1,96 | 0,002 | 0,001 | 0,006 | 1,97 |
| 11 | Somborn, Konrad-Adenauer-Ring, Schule, außen | 0,004 | 0,024 | | | | 0,03 | 0,004 | 0,03 | | | | 0,04 |
| Ortsteil Altenmittlau | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | vor Haus Bernbacher Str. 40, außen | 0,031 | 2,883 | 0,008 | 0,002 | 0,0001 | 2,92 | 0,031 | 4,19 | 0,011 | 0,002 | 0,002 | 4,24 |
| Salzburger Vorsorgewert² | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Schweizer Anlagengrenzwert | | 23,9 | 42,5 | 95,5 | 95,5 | 95,5 | | 23,9 | 42,5 | 95,5 | 95,5 | 95,5 | |
| Grenzwert 26. BImSchV | | 2000 | 4650 | 9100 | 9400 | 10000 | | 2000 | 4650 | 9100 | 9400 | 10000 | |

¹⁾ Zum Vergleich mit Grenz- und Vorsorgewerten siehe die folgenden Tabellen M2, M3 und M4

²⁾ vgl. Fußnote 14 im Textteil

Tabelle M2: Leistungsflussdichten in den einzelnen Frequenzbereichen, ohne Sicherheitsaufschlag, angegeben als prozentualer Anteil an dem für den jeweiligen Frequenzbereich gültigen Grenzwert der 26. BImSchV

| Messpunkt | Messposition | Immissionen zum Messzeitpunkt | | | | | hochgerechnet auf Volllast | | | | | | |
|------------------------------|--|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------|
| | | UKW-TV | GSM900 | GSM1800 | DECT | UMTS | Summe | UKW-TV | GSM900 | GSM1800 | DECT | UMTS | Summe |
| Ortsteil Neuses | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Neuses, Wasserhochbehälter, außen | 0,0014% | 0,0022% | 0,00116% | | 0,000003% | 0,005% | 0,0014% | 0,004% | 0,00162% | | 0,00004% | 0,007% |
| 2 | Neuses, Eselsweg, außen | 0,0002% | 0,0008% | 0,00227% | 0,00003% | | 0,003% | 0,0002% | 0,001% | 0,00339% | 0,00003% | | 0,005% |
| Ortsteil Bernbach | | | | | | | | | | | | | |
| 3a | Bernbach, St.-Michael-Str.7, 2.OG, Fenster auf | 0,0006% | 0,0979% | 0,00021% | 0,00002% | | 0,099% | 0,0006% | 0,215% | 0,00038% | 0,00002% | | 0,216% |
| 3b | Bernbach, St.-Michael-Str.7, 2.OG, Fenster zu | | 0,0405% | 0,00005% | 0,00002% | | 0,041% | | 0,114% | 0,00009% | 0,00002% | | 0,114% |
| 3c | Bernbach, St.-Michael-Str. 7, 2.OG, Fenster zu, Jal.zu | | 0,0358% | 0,00009% | 0,00002% | | 0,036% | | 0,090% | 0,00016% | 0,00002% | | 0,090% |
| 3d | Bernbach, St.-Michael-Str. 7, 1.OG, Fenster auf | | 0,2275% | | | | 0,227% | | 0,618% | | | | 0,618% |
| 3e | Bernbach, St.-Michael-Str. 7, 1.OG, Fenster zu | | 0,1688% | | | | 0,169% | | 0,452% | | | | 0,452% |
| 4a | Bernbach, Tannäcker 7, 1. OG, Bl. Ant., Fenster auf, außen | 0,0026% | 0,6808% | | | | 0,683% | 0,0026% | 1,186% | | | | 1,188% |
| 4b | Bernbach, Tannäcker 7, 1. OG, Bl. Ant., Fenster auf, innen | | 0,4069% | 0,00003% | 0,00011% | | 0,407% | | 0,679% | 0,00004% | 0,00011% | | 0,680% |
| 4c | Bernbach, Tannäcker 7, 1. OG, Bl. Ant., Fenster zu | | 0,2550% | | | | 0,255% | | 0,402% | | | | 0,402% |
| 4d | Bernbach, Tannäcker 7, EG, abgewandt, Fenster gekippt | | 0,0044% | 0,00007% | 0,00030% | | 0,005% | | 0,008% | 0,00012% | 0,00030% | | 0,009% |
| 4e | Bernbach, Tannäcker 7, EG, Flur, DECT-Tel. | | | 0,00001% | 0,33959% | | 0,340% | | | 0,00002% | 0,33959% | | 0,340% |
| Ortsteil Horbach | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | vor Haus Spessartblick 17, außen | 0,0001% | 0,0027% | 0,00007% | 0,00001% | | 0,003% | 0,0001% | 0,005% | 0,00013% | 0,00001% | | 0,005% |
| 7a | Geiselbacher Str. 11, 1. OG, Fenster auf, außen | 0,00003% | 0,0138% | 0,00001% | 0,00002% | | 0,014% | 0,00003% | 0,023% | 0,00001% | 0,00002% | | 0,023% |
| 7b | Geiselbacher Str. 11, 1. OG, Fenster zu | | 0,0015% | | | | 0,001% | | 0,003% | | | | 0,003% |
| Ortsteil Somborn | | | | | | | | | | | | | |
| 5a | Somborn, Hauptstraße, 2. OG, Fenster auf, außen | 0,0003% | 0,0365% | 0,00002% | 0,00010% | 0,0006% | 0,038% | 0,0003% | 0,081% | 0,00003% | 0,00010% | 0,00084% | 0,090% |
| 5b | Somborn, Hauptstraße, 2. OG, Fenster auf, innen | | 0,0079% | | | 0,0002% | 0,008% | | 0,026% | | | 0,0026% | 0,028% |
| 5c | Somborn, Hauptstraße, 2. OG, Fenster zu | | 0,0077% | | | 0,0002% | 0,008% | | 0,029% | | | 0,0029% | 0,031% |
| 8a | Somborn, Wilhelmshöhe 1, 1. OG, Fenster auf, außen | 0,0001% | 0,0796% | 0,00028% | 0,00007% | 0,0055% | 0,086% | 0,0001% | 0,163% | 0,00051% | 0,00007% | 0,0731% | 0,237% |
| 8b | Somborn, Wilhelmshöhe 1, 1. OG, Fenster auf, innen | | 0,0376% | | | 0,0033% | 0,041% | | 0,124% | | | 0,0435% | 0,167% |
| 8c | Somborn, Wilhelmshöhe 1, 1. OG, Fenster zu | | 0,0346% | 0,00011% | 0,00009% | 0,0049% | 0,040% | | 0,107% | 0,00020% | 0,00009% | 0,0649% | 0,172% |
| 9 | Somborn, Am Viehtrieb, außen | 0,0002% | 0,0084% | 0,01562% | | 0,000001% | 0,024% | 0,0002% | 0,020% | 0,02556% | | 0,00002% | 0,045% |
| 10 | Somborn, Wehrweide, Parkplatz Aldi, außen | 0,0001% | 0,0111% | 0,00002% | 0,00001% | 0,000004% | 0,011% | 0,0001% | 0,042% | 0,00002% | 0,00001% | 0,0001% | 0,042% |
| 11 | Somborn, Konrad-Adenauer-Ring, Schule, außen | 0,0002% | 0,0005% | | | | 0,001% | 0,0002% | 0,001% | | | | 0,001% |
| Ortsteil Altenmittlau | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | vor Haus Bernbacher Str. 40, außen | 0,0016% | 0,0620% | 0,00009% | 0,00002% | 0,000001% | 0,064% | 0,0016% | 0,090% | 0,00012% | 0,00002% | 0,00002% | 0,092% |
| Grenzwert 26. BImSchV | | mW/m² | mW/m² | mW/m² | mW/m² | mW/m² | | mW/m² | mW/m² | mW/m² | mW/m² | mW/m² | |
| | | 2000 | 4650 | 9100 | 9400 | 10000 | | 2000 | 4650 | 9100 | 9400 | 10000 | |

Tabelle M3: Leistungsflussdichten in den einzelnen Frequenzbereichen, ohne Sicherheitsaufschlag, angegeben als prozentualer Anteil an dem für den jeweiligen Frequenzbereich gültigen Schweizer Anlagen-Grenzwert

| Messpunkt | Messposition | Immissionen zum Messzeitpunkt | | | | | hochgerechnet auf Volllast | | | | | | |
|-----------------------------------|--|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | UKW-TV | GSM900 | GSM1800 | DECT | UMTS | Summe | UKW-TV | GSM900 | GSM1800 | DECT | UMTS | Summe |
| Ortsteil Neuses | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Neuses, Wasserhochbehälter, außen | 0,120% | 0,24% | 0,110% | | 0,0003% | 0,5% | 0,120% | 0,44% | 0,154% | | 0,004% | 0,7% |
| 2 | Neuses, Eselsweg, außen | 0,019% | 0,08% | 0,216% | 0,003% | | 0,3% | 0,019% | 0,12% | 0,323% | 0,003% | | 0,5% |
| Ortsteil Bernbach | | | | | | | | | | | | | |
| 3a | Bernbach, St.-Michael-Str.7, 2.OG, Fenster auf | 0,053% | 10,71% | 0,020% | 0,002% | | 10,8% | 0,053% | 23,53% | 0,036% | 0,002% | | 23,6% |
| 3b | Bernbach, St.-Michael-Str.7, 2.OG, Fenster zu | | 4,43% | 0,005% | 0,002% | | 4,4% | | 12,44% | 0,009% | 0,002% | | 12,4% |
| 3c | Bernbach, St.-Michael-Str. 7, 2.OG, Fenster zu, Jal.zu | | 3,91% | 0,009% | 0,002% | | 3,9% | | 9,81% | 0,015% | 0,002% | | 9,8% |
| 3d | Bernbach, St.-Michael-Str. 7, 1.OG, Fenster auf | | 24,89% | | | | 24,9% | | 67,65% | | | | 67,7% |
| 3e | Bernbach, St.-Michael-Str. 7, 1.OG, Fenster zu | | 18,47% | | | | 18,5% | | 49,48% | | | | 49,5% |
| 4a | Bernbach, Tannäcker 7, 1. OG, Bl. Ant., Fenster auf, außen | 0,218% | 74,48% | | | | 74,7% | 0,218% | 129,74% | | | | 130,0% |
| 4b | Bernbach, Tannäcker 7, 1. OG, Bl. Ant., Fenster auf, innen | | 44,52% | 0,003% | 0,011% | | 44,5% | | 74,33% | 0,004% | 0,011% | | 74,3% |
| 4c | Bernbach, Tannäcker 7, 1. OG, Bl. Ant., Fenster zu | | 27,90% | | | | 27,9% | | 43,97% | | | | 44,0% |
| 4d | Bernbach, Tannäcker 7, EG, abgewandt, Fenster gekippt | | 0,48% | 0,006% | 0,030% | | 0,5% | | 0,91% | 0,011% | 0,030% | | 1,0% |
| 4e | Bernbach, Tannäcker 7, EG, Flur, DECT-Tel. | | | 0,001% | 33,43% | | 33,4% | | | 0,002% | 33,43% | | 33,4% |
| Ortsteil Horbach | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | vor Haus Spessartblick 17, außen | 0,005% | 0,29% | 0,007% | 0,001% | | 0,3% | 0,005% | 0,51% | 0,012% | 0,001% | | 0,5% |
| 7a | Geiselbacher Str. 11, 1. OG, Fenster auf, außen | 0,002% | 1,51% | 0,001% | 0,002% | | 1,5% | 0,002% | 2,55% | 0,001% | 0,002% | | 2,6% |
| 7b | Geiselbacher Str. 11, 1. OG, Fenster zu | | 0,16% | | | | 0,2% | | 0,28% | | | | 0,3% |
| Ortsteil Somborn | | | | | | | | | | | | | |
| 5a | Somborn, Hauptstraße, 2. OG, Fenster auf, außen | 0,026% | 4,00% | 0,002% | 0,009% | 0,066% | 4,1% | 0,026% | 8,90% | 0,003% | 0,009% | 0,884% | 9,8% |
| 5b | Somborn, Hauptstraße, 2. OG, Fenster auf, innen | | 0,87% | | | 0,020% | 0,9% | | 2,83% | | | 0,268% | 3,1% |
| 5c | Somborn, Hauptstraße, 2. OG, Fenster zu | | 0,84% | | | 0,023% | 0,9% | | 3,12% | | | 0,303% | 3,4% |
| 8a | Somborn, Wilhelmshöhe 1, 1. OG, Fenster auf, außen | 0,007% | 8,71% | 0,027% | 0,007% | 0,575% | 9,3% | 0,007% | 17,82% | 0,049% | 0,007% | 7,656% | 25,5% |
| 8b | Somborn, Wilhelmshöhe 1, 1. OG, Fenster auf, innen | | 4,11% | | | 0,343% | 4,5% | | 13,54% | | | 4,558% | 18,1% |
| 8c | Somborn, Wilhelmshöhe 1, 1. OG, Fenster zu | | 3,78% | 0,011% | 0,009% | 0,511% | 4,3% | | 11,71% | 0,019% | 0,009% | 6,801% | 18,5% |
| 9 | Somborn, Am Viehtrieb, außen | 0,016% | 0,92% | 1,488% | | 0,0001% | 2,4% | 0,016% | 2,15% | 2,435% | | 0,002% | 4,6% |
| 10 | Somborn, Wehrweide, Parkplatz Aldi, außen | 0,007% | 1,22% | 0,002% | 0,001% | 0,0005% | 1,2% | 0,007% | 4,61% | 0,002% | 0,001% | 0,006% | 4,6% |
| 11 | Somborn, Konrad-Adenauer-Ring, Schule, außen | 0,018% | 0,06% | | | | 0,1% | 0,018% | 0,08% | | | | 0,1% |
| Ortsteil Altenmittlau | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | vor Haus Bernbacher Str. 40, außen | 0,132% | 6,78% | 0,008% | 0,002% | 0,0001% | 6,9% | 0,132% | 9,87% | 0,012% | 0,002% | 0,002% | 10,0% |
| Schweizer Anlagengrenzwert | | mW/m² | mW/m² | mW/m² | mW/m² | mW/m² | | mW/m² | mW/m² | mW/m² | mW/m² | mW/m² | mW/m² |
| | | 23,9 | 42,5 | 95,5 | 95,5 | 95,5 | | 23,9 | 42,5 | 95,5 | 95,5 | 95,5 | |

Tabelle M4: Leistungsflussdichten in den einzelnen Frequenzbereichen, ohne Sicherheitsaufschlag, angegeben als prozentualer Anteil des Salzburger Vorsorgewertes von 1 mW/m²²⁾

| Messpunkt | Messposition | Immissionen zum Messzeitpunkt | | | | | hochgerechnet auf Volllast | | | | | | |
|--|--|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| | | UKW-TV | GSM900 | GSM1800 | DECT | UMTS | Summe | UKW-TV | GSM900 | GSM1800 | DECT | UMTS | Summe |
| Ortsteil Neuses | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Neuses, Wasserhochbehälter, außen | 2,9% | 10% | 10,5% | | 0,03% | 24% | 2,9% | 19% | 14,7% | | 0,4% | 37% |
| 2 | Neuses, Eselsweg, außen | 0,5% | 4% | 20,7% | 0,3% | | 25% | 0,5% | 5% | 30,8% | 0,3% | | 37% |
| Ortsteil Bernbach | | | | | | | | | | | | | |
| 3a | Bernbach, St.-Michael-Str.7, 2.OG, Fenster auf | 1,3% | 455% | 1,9% | 0,2% | | 459% | 1,3% | 1000% | 3,5% | 0,2% | | 1005% |
| 3b | Bernbach, St.-Michael-Str.7, 2.OG, Fenster zu | | 188% | 0,5% | 0,1% | | 189% | | 529% | 0,8% | 0,1% | | 529% |
| 3c | Bernbach, St.-Michael-Str. 7, 2.OG, Fenster zu, Jal.zu | | 166% | 0,8% | 0,2% | | 167% | | 417% | 1,5% | 0,2% | | 418% |
| 3d | Bernbach, St.-Michael-Str. 7, 1.OG, Fenster auf | | 1058% | | | | 1058% | | 2875% | | | | 2875% |
| 3e | Bernbach, St.-Michael-Str. 7, 1.OG, Fenster zu | | 785% | | | | 785% | | 2103% | | | | 2103% |
| 4a | Bernbach, Tannäcker 7, 1. OG, Bl. Ant., Fenster auf, außen | 5,2% | 3166% | | | | 3171% | 5,2% | 5514% | | | | 5519% |
| 4b | Bernbach, Tannäcker 7, 1. OG, Bl. Ant., Fenster auf, innen | | 1892% | 0,3% | 1,0% | | 1893% | | 3159% | 0,4% | 1,0% | | 3161% |
| 4c | Bernbach, Tannäcker 7, 1. OG, Bl. Ant., Fenster zu | | 1186% | | | | 1186% | | 1869% | | | | 1869% |
| 4d | Bernbach, Tannäcker 7, EG, abgewandt, Fenster gekippt | | 20% | 0,6% | 2,8% | | 24% | | 39% | 1,1% | 2,8% | | 43% |
| 4e | Bernbach, Tannäcker 7, EG, Flur, DECT-Tel. | | | 0,1% | 3192% | | 3192% | | | 0,2% | 3192% | | 3192% |
| Ortsteil Horbach | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | vor Haus Spessartblick 17, außen | 0,1% | 12% | 0,7% | 0,1% | | 13% | 0,1% | 21% | 1,2% | 0,1% | | 23% |
| 7a | Geiselbacher Str. 11, 1. OG, Fenster auf, außen | 0,1% | 64% | 0,1% | 0,2% | | 64% | 0,1% | 108% | 0,1% | 0,2% | | 109% |
| 7b | Geiselbacher Str. 11, 1. OG, Fenster zu | | 7% | | | | 7% | | 12% | | | | 12% |
| Ortsteil Somborn | | | | | | | | | | | | | |
| 5a | Somborn, Hauptstraße, 2. OG, Fenster auf, außen | 0,6% | 170% | 0,2% | 0,9% | 6,3% | 178% | 0,6% | 378% | 0,3% | 0,9% | 84% | 464% |
| 5b | Somborn, Hauptstraße, 2. OG, Fenster auf, innen | | 37% | | | 1,9% | 39% | | 120% | | | 26% | 146% |
| 5c | Somborn, Hauptstraße, 2. OG, Fenster zu | | 36% | | | 2,2% | 38% | | 133% | | | 29% | 162% |
| 8a | Somborn, Wilhelmshöhe 1, 1. OG, Fenster auf, außen | 0,2% | 370% | 2,6% | 0,7% | 55,0% | 429% | 0,2% | 757% | 4,7% | 0,7% | 731% | 1494% |
| 8b | Somborn, Wilhelmshöhe 1, 1. OG, Fenster auf, innen | | 175% | | | 32,7% | 208% | | 575% | | | 435% | 1011% |
| 8c | Somborn, Wilhelmshöhe 1, 1. OG, Fenster zu | | 161% | 1,0% | 0,8% | 48,8% | 212% | | 498% | 1,8% | 0,8% | 649% | 1150% |
| 9 | Somborn, Am Viehtrieb, außen | 0,4% | 39% | 142,2% | | 0,01% | 182% | 0,4% | 91% | 232,6% | | 0,2% | 325% |
| 10 | Somborn, Wehrweide, Parkplatz Aldi, außen | 0,2% | 52% | 0,2% | 0,1% | 0,04% | 52% | 0,2% | 196% | 0,2% | 0,1% | 0,6% | 197% |
| 11 | Somborn, Konrad-Adenauer-Ring, Schule, außen | 0,4% | 2% | | | | 3% | 0,4% | 3% | | | | 4% |
| Ortsteil Altenmittlau | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | vor Haus Bernbacher Str. 40, außen | 3,1% | 288% | 0,8% | 0,2% | 0,01% | 292% | 3,1% | 419% | 1,1% | 0,2% | 0,2% | 424% |
| Salzburger Vorsorgewert² | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |

²⁾ vgl. Fußnote 14 im Textteil

Tabelle M5: Leistungsflussdichten in den einzelnen Mobilfunknetzen (Immissionen zum Messzeitpunkt, ohne Sicherheitsaufschlag)

| Messpunkt | Messposition | GSM-900-Netze | | | | | GSM-1800-Netze | | | | | UMTS-Netze | | | | |
|--|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | T-Mobile | Vodafone | E-Plus | O2 | Summe | T-Mobile | Vodafone | E-Plus | O2 | Summe | T-Mobile | Vodafone | E-Plus | O2 | Summe |
| | | mW/m ² |
| | Ortsteil Neuses | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Neuses, Wasserhochbehälter, außen | 0,0739 | 0,0029 | 0,0190 | 0,0057 | 0,10 | | 0,0002 | 0,1021 | 0,0032 | 0,105 | 0,0001 | 0,0001 | | 0,0001 | 0,0003 |
| 2 | Neuses, Eselsweg, außen | 0,0346 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0003 | 0,04 | | | 0,2066 | | 0,207 | | | | | |
| | Ortsteil Bernbach | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3a | Bernbach, St.-Michael-Str.7, 2.OG, Fenster auf | 1,6680 | 0,0004 | 2,8836 | 0,0017 | 4,55 | | | 0,0176 | 0,0012 | 0,019 | | | | | |
| 3b | Bernbach, St.-Michael-Str.7, 2.OG, Fenster zu | 0,6586 | 0,0002 | 1,2251 | 0,0007 | 1,88 | | | 0,0042 | 0,0006 | 0,005 | | | | | |
| 3c | Bernbach, St.-Michael-Str. 7, 2.OG, Fenster zu, Jal.zu | 0,6463 | 0,0002 | 1,0160 | 0,0005 | 1,66 | | | 0,0078 | 0,0006 | 0,008 | | | | | |
| 3d | Bernbach, St.-Michael-Str. 7, 1.OG, Fenster auf | 2,9278 | 0,0001 | 7,6484 | 0,0010 | 10,58 | | | | | | | | | | |
| 3e | Bernbach, St.-Michael-Str. 7, 1.OG, Fenster zu | 1,9205 | 0,0001 | 5,9265 | 0,0006 | 7,85 | | | | | | | | | | |
| 4a | Bernbach, Tannäcker 7, 1. OG, Bl. Ant., Fenster auf, außen | 9,9783 | 0,0044 | 21,670 | 0,0030 | 31,66 | | | | | | | | | | |
| 4b | Bernbach, Tannäcker 7, 1. OG, Bl. Ant., Fenster auf, innen | 3,9719 | 0,0027 | 14,944 | 0,0009 | 18,92 | | | 0,0020 | 0,0008 | 0,003 | | | | | |
| 4c | Bernbach, Tannäcker 7, 1. OG, Bl. Ant., Fenster zu | 2,8070 | 0,0017 | 9,0473 | 0,0007 | 11,86 | | | | | | | | | | |
| 4d | Bernbach, Tannäcker 7, EG, abgewandt, Fenster gekippt | 0,0516 | 0,0002 | 0,1513 | 0,0017 | 0,20 | | | 0,0052 | 0,0007 | 0,006 | | | | | |
| 4e | Bernbach, Tannäcker 7, EG, Flur, DECT-Tel. | | | | | | | | 0,0008 | 0,0004 | 0,001 | | | | | |
| | Ortsteil Horbach | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | vor Haus Spessartblick 17, außen | 0,1230 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 0,12 | | | 0,0061 | 0,0005 | 0,007 | | | | | |
| 7a | Geiselbacher Str. 11, 1. OG, Fenster auf, außen | 0,6401 | | | | 0,64 | | | 0,0004 | 0,0004 | 0,001 | | | | | |
| 7b | Geiselbacher Str. 11, 1. OG, Fenster zu | 0,0685 | | | | 0,07 | | | | | | | | | | |
| | Ortsteil Somborn | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5a | Somborn, Hauptstraße, 2. OG, Fenster auf, außen | 1,6978 | 0,0005 | | 0,0003 | 1,70 | | | 0,0014 | 0,0005 | 0,002 | 0,0635 | | | | 0,0635 |
| 5b | Somborn, Hauptstraße, 2. OG, Fenster auf, innen | 0,3686 | 0,0002 | | 0,0002 | 0,37 | | | | | | 0,0192 | | | | 0,0192 |
| 5c | Somborn, Hauptstraße, 2. OG, Fenster zu | 0,3556 | 0,0001 | | 0,0002 | 0,36 | | | | | | 0,0217 | | | | 0,0217 |
| 8a | Somborn, Wilhelmshöhe 1, 1. OG, Fenster auf, außen | 3,6682 | 0,0171 | | 0,0165 | 3,70 | | | 0,0232 | 0,0024 | 0,026 | 0,5495 | | | | 0,5495 |
| 8b | Somborn, Wilhelmshöhe 1, 1. OG, Fenster auf, innen | 1,7078 | 0,0140 | | 0,0268 | 1,75 | | | | | | 0,3272 | | | | 0,3272 |
| 8c | Somborn, Wilhelmshöhe 1, 1. OG, Fenster zu | 1,5849 | 0,0108 | | 0,0129 | 1,61 | | | 0,0088 | 0,0015 | 0,010 | 0,4882 | | | | 0,4882 |
| 9 | Somborn, Am Viehtrieb, außen | 0,1737 | 0,0391 | 0,0004 | 0,1789 | 0,39 | | | 1,0331 | 0,3884 | 1,422 | 0,0001 | | | | 0,0001 |
| 10 | Somborn, Wehrweide, Parkplatz Aldi, außen | 0,0457 | 0,4706 | 0,0001 | 0,0006 | 0,52 | | | 0,0009 | 0,0009 | 0,002 | 0,0004 | 0,0001 | | | 0,0004 |
| 11 | Somborn, Konrad-Adenauer-Ring, Schule, außen | 0,0086 | 0,0002 | 0,0010 | 0,0138 | 0,02 | | | | | | | | | | |
| | Ortsteil Altenmittlau | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | vor Haus Bernbacher Str. 40, außen | 0,7109 | 0,0144 | 2,1559 | 0,0019 | 2,88 | | | 0,0062 | 0,0016 | 0,008 | | 0,0001 | | 0,0001 | 0,0001 |
| Salzburger Vorsorgewert² | | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | 1 |
| Schweizer Anlagengrenzwert | | | | | | 42,5 | | | | | 95,5 | | | | | 95,5 |
| Grenzwert 26. BImSchV | | | | | | 4650 | | | | | 9100 | | | | | 10000 |

²⁾ vgl. Fußnote 14 im Textteil

Tabelle M6: Leistungsflussdichten in den einzelnen Mobilfunknetzen (hochgerechnet auf Volllast, ohne Sicherheitsaufschlag)

| Messpunkt | Messposition | GSM-900-Netze | | | | | GSM-1800-Netze | | | | | UMTS-Netze | | | | |
|--|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | T-Mobile | Vodafone | E-Plus | O2 | Summe | T-Mobile | Vodafone | E-Plus | O2 | Summe | T-Mobile | Vodafone | E-Plus | O2 | Summe |
| | | mW/m ² |
| | Ortsteil Neuses | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Neuses, Wasserhochbehälter, außen | 0,134 | 0,0071 | 0,036 | 0,0107 | 0,19 | | 0,001 | 0,144 | 0,003 | 0,147 | 0,002 | 0,002 | | 0,001 | 0,004 |
| 2 | Neuses, Eselsweg, außen | 0,052 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0005 | 0,05 | | | 0,308 | | 0,308 | | | | | |
| | Ortsteil Bernbach | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3a | Bernbach, St.-Michael-Str.7, 2.OG, Fenster auf | 4,244 | 0,0010 | 5,750 | 0,0034 | 10,00 | | | 0,033 | 0,002 | 0,035 | | | | | |
| 3b | Bernbach, St.-Michael-Str.7, 2.OG, Fenster zu | 2,915 | 0,0005 | 2,368 | 0,0013 | 5,29 | | | 0,007 | 0,001 | 0,008 | | | | | |
| 3c | Bernbach, St.-Michael-Str. 7, 2.OG, Fenster zu, Jal.zu | 2,140 | 0,0004 | 2,026 | 0,0010 | 4,17 | | | 0,014 | 0,001 | 0,015 | | | | | |
| 3d | Bernbach, St.-Michael-Str. 7, 1.OG, Fenster auf | 13,496 | 0,0003 | 15,254 | 0,0018 | 28,75 | | | | | | | | | | |
| 3e | Bernbach, St.-Michael-Str. 7, 1.OG, Fenster zu | 9,207 | 0,0003 | 11,822 | 0,0011 | 21,03 | | | | | | | | | | |
| 4a | Bernbach, Tannäcker 7, 1. OG, Bl. Ant., Fenster auf, außen | 16,983 | 0,0107 | 38,141 | 0,0057 | 55,14 | | | | | | | | | | |
| 4b | Bernbach, Tannäcker 7, 1. OG, Bl. Ant., Fenster auf, innen | 8,594 | 0,0072 | 22,989 | 0,0017 | 31,59 | | | 0,002 | 0,001 | 0,004 | | | | | |
| 4c | Bernbach, Tannäcker 7, 1. OG, Bl. Ant., Fenster zu | 5,870 | 0,0042 | 12,811 | 0,0013 | 18,69 | | | | | | | | | | |
| 4d | Bernbach, Tannäcker 7, EG, abgewandt, Fenster gekippt | 0,105 | 0,0004 | 0,279 | 0,0033 | 0,39 | | | 0,009 | 0,001 | 0,011 | | | | | |
| 4e | Bernbach, Tannäcker 7, EG, Flur, DECT-Tel. | | | | | | | | 0,001 | 0,001 | 0,002 | | | | | |
| | Ortsteil Horbach | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | vor Haus Spessartblick 17, außen | 0,214 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0002 | 0,21 | | | 0,011 | 0,001 | 0,012 | | | | | |
| 7a | Geiselbacher Str. 11, 1. OG, Fenster auf, außen | 1,085 | | | | 1,08 | | | 0,001 | 0,0005 | 0,001 | | | | | |
| 7b | Geiselbacher Str. 11, 1. OG, Fenster zu | 0,117 | | | | 0,12 | | | | | | | | | | |
| | Ortsteil Somborn | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5a | Somborn, Hauptstraße, 2. OG, Fenster auf, außen | 3,779 | 0,0016 | | 0,0005 | 3,78 | | | 0,002 | 0,001 | 0,003 | 0,844 | | | | 0,844 |
| 5b | Somborn, Hauptstraße, 2. OG, Fenster auf, innen | 1,203 | 0,0004 | | 0,0003 | 1,20 | | | | | | 0,256 | | | | 0,256 |
| 5c | Somborn, Hauptstraße, 2. OG, Fenster zu | 1,326 | 0,0004 | | 0,0004 | 1,33 | | | | | | 0,289 | | | | 0,289 |
| 8a | Somborn, Wilhelmshöhe 1, 1. OG, Fenster auf, außen | 7,501 | 0,0408 | | 0,0329 | 7,57 | | | 0,043 | 0,004 | 0,047 | 7,311 | | | | 7,311 |
| 8b | Somborn, Wilhelmshöhe 1, 1. OG, Fenster auf, innen | 5,684 | 0,0394 | | 0,0298 | 5,75 | | | | | | 4,353 | | | | 4,353 |
| 8c | Somborn, Wilhelmshöhe 1, 1. OG, Fenster zu | 4,918 | 0,0315 | | 0,0257 | 4,98 | | | 0,016 | 0,002 | 0,018 | 6,495 | | | | 6,495 |
| 9 | Somborn, Am Viehtrieb, außen | 0,434 | 0,1567 | 0,0008 | 0,3230 | 0,91 | | | 1,552 | 0,774 | 2,326 | 0,002 | | | | 0,002 |
| 10 | Somborn, Wehrweide, Parkplatz Aldi, außen | 0,069 | 1,8898 | 0,0002 | 0,0009 | 1,96 | | | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,005 | 0,001 | | | 0,006 |
| 11 | Somborn, Konrad-Adenauer-Ring, Schule, außen | 0,009 | 0,0005 | 0,0017 | 0,0212 | 0,03 | | | | | | | | | | |
| | Ortsteil Altenmittlau | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | vor Haus Bernbacher Str. 40, außen | 1,545 | 0,0288 | 2,6152 | 0,0036 | 4,19 | | | 0,009 | 0,002 | 0,011 | | 0,001 | | 0,001 | 0,002 |
| Salzburger Vorsorgewert² | | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | 1 |
| Schweizer Anlagengrenzwert | | | | | | 42,5 | | | | | 95,5 | | | | | 95,5 |
| Grenzwert 26. BImSchV | | | | | | 4650 | | | | | 9100 | | | | | 10000 |

²⁾ vgl. Fußnote 14 im Textteil

11 Immissionsberechnungen

11.1 Berechnungsverfahren für die Immissionsberechnungen

Die Berechnungen wurden mit dem Computerprogramm NIRView 3.0.1 durchgeführt und berücksichtigen neben der Geländetopographie auch die in Tabelle 4 (S. 68) angegebenen technischen Daten der Basisstationen und deren Antennenausstattung.

Die Grundlage aller Kartendarstellungen bilden die von der Gemeinde Freigericht zur Verfügung gestellten digitalen Karten sowie die Höhendaten vom Hessischen Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation in Wiesbaden.

Bezüglich der Wellenausbreitung handelt es sich um eine Worst-Case-Rechnung, das heißt abgesehen von der Geländetopographie werden keine Sicht- bzw. Ausbreitungshindernisse wie z.B. Gebäude, Wald, Bewuchs usw. berücksichtigt.

Obwohl im Einzelfall Feldstärkenüberhöhungen durch Reflexion möglich sind, spielen diese in der Praxis im Nahbereich und bei direkter Sichtverbindung zu den Sendeanennen im Allgemeinen keine entscheidende Rolle. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass es sich bei den hier berechneten Ergebnissen bezüglich der Immissionen um Worst-Case-Werte handelt, die in der Praxis – insbesondere im Innern von Gebäuden – im Allgemeinen unterschritten werden.

Zur Beurteilung der Versorgungssituation und der mit den vorgeschlagenen Standorten erzielbaren Mobilfunkversorgungsqualität müssen die angesprochenen Ausbreitungshindernisse (insbesondere die vorhandene Bebauung) natürlich berücksichtigt werden. Dazu wurde in Kap. 4.2, S. 18ff das Link-Budget²² für die Mobilfunkverbindung betrachtet und entsprechende Dämpfungen durch Bebauung usw. bereits berücksichtigt (vgl. Pfadverluste, Indoor loss, fast fading in Kap. 4.2).

Alle Berechnungen wurden durchgeführt für verschiedene Immissionspunkthöhen.

Zur Beurteilung der Versorgungssituation in den einzelnen Mobilfunknetzen sowie zur Darstellung der von den einzelnen Standortvorschlägen erreichbaren Versorgungsgebiete wurden die Berechnungen für 2 m Höhe über Boden herangezogen, um mobile Nutzer außerhalb von Gebäuden zu berücksichtigen.

Zur Beurteilung der Immissionssituation, d.h. der für Personen zu erwartenden Strahlungsexposition, wurden Berechnungen in 7,5 m Höhe über Boden herangezogen, um auch den Aufenthalt in den oberen Geschossen der Gebäude zu berücksichtigen.

²² Abschätzung der für ein Endgerät zur Verfügung stehenden Empfangsleistung unter Berücksichtigung der abgestrahlten Sendeleistung, der Entfernung und der verschiedenen Verluste auf dem Ausbreitungsweg der Funkwellen.

Tabelle 4: Technische Daten der vorgeschlagenen Basisstationen

| Vor-schlag | Montage-höhe Antennen-unterkante (Meter) | Richtung horizontal (N über O) ²³ (Grad) | Downtilt (Grad) | horizontaler Öffnungs-winkel der Antenne (Grad) | vertikaler Öffnungs-winkel der Antenne (Grad) | Anten-nen-gewinn (dBi) | Gesamt-sende-leistung (Watt) |
|------------|--|---|-----------------|---|---|------------------------|------------------------------|
| V-A | 23 | 40 | 0 | 65 | 8,5 | 17 | 72 |
| | 23 | 110 | 0 | 65 | 8,5 | 17 | 72 |
| | | | | | | | |
| V-B | 33 | 240 | 2 | 65 | 8,5 | 17 | 72 |
| | 33 | 330 | 2 | 65 | 8,5 | 17 | 96 |
| | | | | | | | |
| V-C | 33 | 50 | 1 | 65 | 8,5 | 17 | 72 |
| | 33 | 180 | 2 | 65 | 8,5 | 17 | 72 |
| | 33 | 310 | 2 | 65 | 8,5 | 17 | 72 |
| V-D | 38 | 30 | 1 | 36 | 8 | 20 | 48 |
| | 38 | 100 | 3 | 36 | 8 | 20 | 48 |
| | 38 | 330 | 2 | 36 | 8 | 20 | 72 |
| V-E | 22 | 25 | 3 | 36 | 8 | 20 | 96 |
| | 22 | 300 | 3 | 36 | 8 | 20 | 96 |
| | 22 | 340 | 3 | 36 | 8 | 20 | 96 |
| V-F | 34 | 50 | 1 | 65 | 8,5 | 17 | 72 |
| | 34 | 225 | 2 | 65 | 8,5 | 17 | 60 |
| | 34 | 330 | 3 | 65 | 8,5 | 17 | 72 |

²³ Die Winkelangabe der Sektorausrichtung beginnt immer bei Nord und zählt aufsteigend in Richtung Ost, also im „Uhrzeigersinn“ (0° = Nord, 90° = Ost, 180° = Süd, 270° = West)

11.2 Datengrundlage für die Berechnung der derzeitigen Immissionen

Für eine präzise Berechnung der Immissionssituation sind die exakten technischen Daten einer Mobilfunkbasisstation erforderlich, die von den Netzbetreibern nicht zur Verfügung gestellt wurden.

Um trotzdem eine Immissionsanalyse für die existierenden Mobilfunkbasisstationen durchführen zu können wurde basierend auf den Daten der Standortbescheinigungen der Bundesnetzagentur für jeden Standort vom EMF-Institut eine sinnvolle Basisstationskonfiguration erstellt.

Aus den Standortbescheinigungen sind die Antennenausrichtung und -höhe sowie das jeweilige Mobilfunknetz bekannt. Die fehlenden Daten – wie eingesetzter Antennentyp und die gewählte Absenkung der Hauptstrahlrichtung (Downtilt) – wurden vom EMF-Institut sachgerecht ergänzt. Dazu wurden Antennentypen der Firma Kathrein angenommen, wie sie von den Betreibern in ähnlichen Situationen häufig eingesetzt werden. Die Absenkung der Hauptstrahlrichtung (Downtilt) wurde nach den topographischen Gegebenheiten und der Größe des Versorgungsgebietes gewählt. Basierend auf diesen Daten wurden Immissionsberechnungen zur Beurteilungen der derzeitigen Immissionssituation durchgeführt.

TEIL IV

Anhänge

12 Anhang

12.1 Grenzwerte für hochfrequente elektromagnetische Strahlung

In der zunehmenden öffentlichen Diskussion über die Gefahren des Mobilfunks besteht verstärktes Interesse, verlässliche Informationen über die Strahlungsbelastung zu erhalten, die von der Mobilfunktechnologie ausgeht. In letzter Zeit werden von vielen Seiten unterschiedliche Grenz- bzw. Vorsorgewertempfehlungen ausgesprochen, wobei sowohl verschiedene physikalische Größen als auch verschiedene Einheiten benutzt werden. Bei der Weitergabe dieser Daten in diversen Veröffentlichungen führt dies leicht zu unkorrekten Angaben und für die interessierte Öffentlichkeit zu kaum nachvollziehbaren Aussagen.

Nachfolgend werden daher einige Begriffsdefinitionen angegeben:

Basisgrenzwert: SAR-Wert

Basisgrenzwerte dienen dazu, den Einfluss einer äußeren Einwirkung auf nach heutiger medizinischer Erkenntnis schutzwürdige Belange (z.B. von Menschen) zu begrenzen. Im Fall des Mobilfunks geht es hier um die zulässige Erwärmung von Körpergewebe durch die Absorption von elektromagnetischer Strahlung. Mit medizinischen Kenntnissen über die Wärmeabfuhrfähigkeit des Körpers ergibt sich dann umgekehrt eine maximal zulässige Wärmezufuhr. Diese wird angegeben als zulässige Energiezufuhr pro kg Körpergewicht. Erfolgt die Energiezufuhr durch Absorption elektromagnetischer Strahlung, so spricht man von „Spezifischer Absorptionsrate“ bzw. „SAR“. Der SAR-Wert wird angegeben in **W/kg** (siehe Kasten).

Spezifische Absorptionsrate (SAR-Wert) (W/kg)

Die Spezifische Absorptionsrate ist die pro Zeit und pro Gewebemasse von biologischem Gewebe aus dem Strahlungsfeld absorbierte Energie. Diese Absorptionsrate heißt *spezifisch*, weil sie von den spezifischen Absorptionseigenschaften des bestrahlten Gewebes bei der jeweiligen Frequenz abhängt. Diese Absorptionseigenschaften werden in aufwendigen Versuchen ermittelt und können nicht durch einen einfachen formelmäßigen Zusammenhang beschrieben werden.

Messungen zur Überprüfung der Einhaltung von Basisgrenzwerten sind meist sehr schwierig, da sie die Messung von Vorgängen im Körperinneren erfordern. Zur Bestimmung des SAR-Wertes müssten Temperaturmessungen im Körperinneren durchgeführt werden, die aber verständlicherweise nur in Ausnahmefällen möglich sind. Im Allgemeinen werden Messungen der SAR-Werte von Handys daher mit einem Körperphantom durchgeführt. Man stelle sich hierfür eine auf der Seite liegende Schauferpuppe vor, die mit einer Absorptionsflüssigkeit gefüllt wird, die (bei der jeweiligen Frequenz) weitgehend ähnliche Absorptionseigenschaften wie menschliches Gewebe aufweist. Auch bei diesem Messverfahren ergeben sich Probleme, z.B. gilt es herauszufinden, was eine geeignete Mittelungsmasse ist (s. Elektrosmog-Report, April 2001). In den USA wird über 1 g Gewebe gemittelt, in Europa über 10 g, was in der Praxis zu bis zu doppelt so hohen SAR-Werten in den USA führen kann. In der EU läuft z. Zt. ein Standardisierungsverfahren zur Messung der SAR-Werte. Nach Ansicht des EMF-Instituts ist das US-amerikanische Messverfahren besser zum Schutz vor möglichen Gesundheitsgefahren geeignet, da z.B. in Ohr und Auge die Erwärmung sehr kleiner Organeile schädlich sein kann.

Abgeleiteter Grenzwert: Leistungsflussdichte

Da die Messung der Basisgrenzwerte (SAR-Werte) sehr aufwendig ist und konkrete Mess- und Überwachungsaufgaben erschwert, werden zusätzlich abgeleitete Grenzwerte verwendet. Die Messtechniker bedienen sich dabei der Leistungsflussdichte, einer physikalischen Größe, die messtechnisch leicht zu erfassen ist. Man legt sogenannte abgeleitete Grenzwerte der Leistungsflussdichte fest, die so gewählt werden, dass auch unter ungünstigen Bedingungen die Basisgrenzwerte eingehalten werden. Die Messung der Leistungsflussdichte wird angewandt in **Fernfeldsituationen** (siehe Kasten)

Leistungsflussdichte (W/m^2)

Die Leistungsflussdichte ist die im Strahlungsfeld pro Zeit und pro Fläche transportierte Energie. Die Leistungsflussdichte ist messtechnisch relativ einfach zu erfassen, da unter den Bedingungen: (1.) Fernfeld und (2.) Freifeld die drei interessierenden Größen

- Leistungsflussdichte S (W/m^2)
- Elektrische Feldstärke E (V/m)
- Magnetische Feldstärke B (A/m)

der elektromagnetischen Strahlung in einem festen Verhältnis stehen:

$$S = E \cdot B \text{ oder } S = E^2 / Z \text{ oder } S = B^2 \cdot Z$$

wobei die Naturkonstante Z der Wellenwiderstand des freien Raums ist und den Wert $Z = 377 \text{ Ohm}$ hat.

Ein Fernfeld (1) liegt vor, wenn der Abstand wesentlich größer als die Wellenlänge und wesentlich größer als die Antennenabmessungen ist. Im D-Netz-Bereich beträgt die Wellenlänge ca. 30 cm, im E-Netz ca. 15 cm. Ein Freifeld (2) liegt bei Abwesenheit von Leitern und Ladungsträgern vor. Die Bedingungen von Fernfeld und Freifeld sind für die Strahlungsausbreitung im freien Luftraum relativ gut erfüllt.

Die drei angegebenen Gleichungen sind physikalisch gleichwertig. Am häufigsten benutzt wird $S = E^2 / Z$, da man hiermit aus der elektrischen Feldstärke E – die der Messung am leichtesten zugänglich ist – die Leistungsflussdichte S berechnen kann.

Anmerkung: BenutzerInnen von Handys befinden sich immer im **Nahfeld** der Sendeantenne des Handys. Daher macht hier die Benutzung der Leistungsflussdichte (abgeleiteter Grenzwert) keinen Sinn, und es wird immer der SAR-Wert in W/kg (Basisgrenzwert) verwendet. Wegen der aufwendigen Messtechnik werden SAR-Werte von Handys nur von wenigen Instituten gemessen.

Umrechnungen der Leistungsflussdichte

Zur Umrechnung der Leistungsflussdichte in verschiedene Einheiten wird hier beispielhaft der Salzburger Vorsorgewert von 1998 ($1 \text{ mW}/m^2$) benutzt.

| | | | |
|---|-----------|--------------|-----------------------------------|
| | 0,001 | W/m^2 | (Watt pro Quadratmeter) |
| = | 1 | mW/m^2 | (Milliwatt pro Quadratmeter) |
| = | 1.000 | $\mu W/m^2$ | (Mikrowatt pro Quadratmeter) |
| = | 1.000.000 | nW/m^2 | (Nanowatt pro Quadratmeter) |
| = | 0,000.1 | mW/cm^2 | (Milliwatt pro Quadratzentimeter) |
| = | 0,1 | $\mu W/cm^2$ | (Mikrowatt pro Quadratzentimeter) |
| = | 100 | nW/cm^2 | (Nanowatt pro Quadratzentimeter) |

Einige Beispiele zur Umrechnung zwischen elektrischer Feldstärke und Leistungsflussdichte nach der Formel $S = E^2 / Z$ (s.o.) finden sich in der folgenden Tabelle.

Tabelle 5: Umrechnung zwischen elektrischer Feldstärke und Leistungsflussdichte am Beispiel von Grenz- und Vorsorgewerten für das GSM-1800-Netz

| | Elektrische Feldstärke | | Leistungsflussdichte | | | | | |
|----------------|------------------------|-----|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------|-------------------|
| | | | W/m ² | mW/m ² | μW/m ² | | | |
| 26. BImSchV | 58,2 | V/m | 9,0 | W/m ² | 9000 | mW/m ² | 9.000.000 | μW/m ² |
| Schweiz | 6,0 | V/m | 0,095 | W/m ² | 95 | mW/m ² | 95.000 | μW/m ² |
| Italien | 6,1 | V/m | 0,1 | W/m ² | 100 | mW/m ² | 100.000 | μW/m ² |
| Salzburg 1998* | 0,61 | V/m | 0,001 | W/m ² | 1 | mW/m ² | 1.000 | μW/m ² |
| Salzburg 2002 | 0,061 | V/m | 0,000.01 | W/m ² | 0,01 | mW/m ² | 10 | μW/m ² |

*vgl. [7]

Besondere Beachtung verdient hierbei der quadratische Zusammenhang zwischen elektrischer Feldstärke und der Leistungsflussdichte. Dies muss beim Vergleich von Grenz- und Vorsorgewerten stets beachtet werden. So spezifiziert z.B. die Schweiz ihren Anlagengrenzwert für Mobilfunkbasisstationen (bei 1800 MHz) durch Angabe der zulässigen elektrischen Feldstärke von 6 V/m. Dieser Wert liegt bei ca. einem Zehntel des ICNIRP-Wertes von 58 V/m. Und trotzdem bedeutet dies (wegen des quadratischen Zusammenhangs), dass in der Schweiz die zulässige Leistungsflussdichte ein Hundertstel des ICNIRP-Wertes beträgt.

Ebenfalls besteht (im Fernfeld) ein quadratischer Zusammenhang für die Abstandsabhängigkeit der Leistungsflussdichte einer gegebenen Sendeantenne. Verdoppelt man die Entfernung zur Sendeantenne, fällt die Leistungsflussdichte auf ein Viertel; verzehnfacht man die Entfernung fällt sie auf ein Hundertstel. Dies bedeutet z.B., dass man zur Einhaltung der Schweizer Anlagengrenzwerte der Leistungsflussdichte (die ca. bei einem Hundertstel der ICNIRP-Werte liegen) in etwa den zehnfachen Abstand wie zur Einhaltung der ICNIRP-Werte benötigt.

Anwendung in der Praxis:

Mobilfunkbasisstationen

Die Voraussetzungen zur Anwendung des abgeleiteten Grenzwertes sind hier meistens gut erfüllt. Verwirrend für den interessierten Laien sind die verschiedenen Maßeinheiten und die unterschiedlichen physikalischen Größen, die sowohl in der Fachpresse als auch in den populären Medien veröffentlicht werden. In nebenstehendem Kasten wird auf die jeweils zu beachtenden Besonderheiten eingegangen.

Handys

Für die von Handys ausgehende Strahlungsbelastung sind die Bedingungen zur Anwendung der abgeleiteten Grenzwerte nicht erfüllt (s. Kasten). Der Kopf befindet sich typischerweise im Nahbereich der Antenne (die wenigen cm Abstand der Antenne vom Kopf sind deutlich kleiner als die Wellenlänge von mindestens 15 cm). Freifeldbedingungen liegen ebenfalls nicht vor, da der Kopf als absorbierendes biologisches Gewebe sich in unmittelbarer Nähe der Antenne befindet. D.h.: Es ist wissenschaftlich unkorrekt, eine Grenzwertsetzung für Handystrahlung über Angaben der Leistungsflussdichte vorzunehmen.

Erschwerend kommt hinzu, dass die Angabe einer Leistungsflussdichte immer nur in einem definierten Abstand zur Strahlungsquelle Sinn macht. Die bestrahlten Bereiche des Kopfes weisen aber sehr unterschiedliche Abstände zur Sendeantenne eines Handys auf. Selbst wenn die Leistungsflussdichte in unmittelbarer Nähe eines Handys interessieren würde, wäre sie messtechnisch äußerst schwierig zu erfassen, da man sich im unmittelbaren Nahfeld befindet und die Messantenne immer eine erhebliche Störung des Feldes darstellen würde.

Zur Expositionserfassung von Handys ist es daher notwendig und sinnvoll beim Basisgrenzwert SAR zu bleiben.

12.2 Leistungsflussdichten bei Mobilfunkbasisstationen

In der folgenden Tabelle ist der sehr große Bereich von Leistungsflussdichten vorgestellt, der sowohl in der Grenz- und Vorsorgewertdiskussion als auch im Bereich der technischen Erfordernisse eines Mobilfunknetzes eine Rolle spielt:

Tabelle 6: Leistungsflussdichten im Zusammenhang mit Mobilfunknetzen

| Mobilfunk GSM-900 (D-Netz) | Leistungsflussdichte ($\mu\text{W}/\text{m}^2$) |
|---|---|
| gesetzlicher Grenzwert (ICNIRP / 26.BImSchV) | 4.650.000 |
| Italien 2001 (über 4 Stunden Aufenthalt) | 100.000 |
| Schweizer Anlagengrenzwert | 42.400 |
| Vorsorgewert Ecolog-Institut | 10.000 |
| Salzburger Richtwert 1998 | 1.000 |
| Salzburger Richtwert 2002 (außen) | 10 |
| Salzburger Richtwert 2002 (innen) | 1 |
| Grenzwert für empfindliche technische Geräte (1 V/m) | 2.700 |
| Besonders hohe Immissionen in der Umgebung von Mobilfunkanlagen (sehr selten anzutreffen) | um 100.000 |
| hohe Immissionen in der Umgebung von Mobilfunkanlagen (an ungünstigen Standorten) | 10.000 bis 30.000 |
| typische Immissionen in der Umgebung von Mobilfunkanlagen | von 100 bis 10.000 |
| typische innerstädtische Immissionen bei freier Sicht zur Mobilfunkanlage | von 10 bis 1000 |
| typische Werte in Büroräumen mit guter Mobilfunkversorgung (Summe) | von 0,1 bis 400 |
| typische Werte in Büroräumen mit guter Mobilfunkversorgung (ein Mobilfunknetz) | von 0,1 bis 5 |
| mäßig gut versorgte innerstädtische Innenräume (Erdgeschoss) | von 0,01 bis 0,1 |
| Einzelkanal eines Mobilfunknetzes, der ein Mobilfunkgespräch in Innenräumen ermöglicht | von 0,000.2 bis 0,01 |
| Schweizer Mindestpegel für BAKOM-Konzessionserfüllung für GSM 900 (45 dB μ V/m) ca. | 0,000.1 |
| Schweizer Mindestpegel für BAKOM-Konzessionserfüllung für GSM 1800 (51 dB μ V/m) ca. | 0,000.3 |

12.3 Tipps des Bundesamts für Strahlenschutz zur Handynutzung

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) hat ein Infoblatt zum Telefonieren mit dem Handy mit Tipps zur Reduzierung der Strahlenbelastung veröffentlicht. Darin heißt es: „Zur Zeit gibt es zwar keine wissenschaftlichen Beweise für gesundheitliche Beeinträchtigungen, wenn die Basisgrenzwerte eingehalten werden. Es gibt aber noch offene Fragen über die gesundheitlichen Wirkungen der Felder.“

Die Tipps im Einzelnen:

- ⇒ **„Festnetz! Wo es ein Festnetztelefon gibt, soll man es auch nutzen.**
- ⇒ **Kurz!** Falls die elektromagnetischen Felder beim Telefonieren mit Handys doch ein gesundheitliches Risiko bewirken sollten, kann ein kürzeres Gespräch zu einer Verringerung dieses möglichen Risikos führen.
- ⇒ **Empfang!** Möglichst nicht bei schlechtem Empfang telefonieren. Die Leistung, mit der das Handy sendet, richtet sich nach der Güte der Verbindung zur nächsten Basisstation (Beispiel: bei Autos ohne Außenantenne verschlechtert die Autokarosserie die Verbindung. Das Handy sendet deshalb mit einer höheren Leistung).
- ⇒ **SAR-Wert!** Handys verwenden, bei denen der Kopf möglichst geringen Feldern ausgesetzt ist. Wir empfehlen einen möglichst niedrigen SAR-Wert (Spezifische Absorptionsrate), d.h. 0,6 W/kg oder niedriger.
- ⇒ **Head-Set!** Die Intensität der Felder nimmt mit der Entfernung von der Antenne schnell ab. Durch die Verwendung von Head-Sets wird der Abstand zwischen Kopf und Antenne stark vergrößert, der Kopf ist beim Telefonieren geringeren Feldern ausgesetzt.
- ⇒ **SMS!** Das können wir nur begrüßen: keine Strahlung am Kopf!
- ⇒ **Verbindungsaufbau!** Die Sendeleistung ist jetzt am höchsten. Das Handy also erst zum Ohr nehmen, wenn es beim Gesprächspartner klingelt.“

Unter der Überschrift „Schon gewusst?“ weist das BfS auf eine möglicherweise empfindlichere Reaktion bei Kindern und Jugendlichen hin:

„Kinder und Jugendliche reagieren gesundheitlich empfindlicher, weil sie sich noch in der Entwicklung befinden.

Die elektromagnetischen Felder, die beim Telefonieren mit Handys auftreten, sind im Allgemeinen sehr viel stärker als die Felder, denen man z. B. durch benachbarte Mobilfunkanlagen ausgesetzt ist.“

Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz: Tipps zum Strahlenschutz beim Telefonieren mit dem Handy. Infoblatt 02/2003 vom 31. März 2003 in: Elektrosmog-Report 5/2003.

12.4 UMTS-Technik

12.4.1 Datenübertragungsrate

UMTS bietet im Gegensatz zu GSM eine Vielzahl von Datenübertragungsraten an. Die wesentliche technische Beschränkung zur Realisierung der mit UMTS möglichen hohen Datenübertragungsraten (z.B. für Bild- und Videodateien) ist die Relativgeschwindigkeit zwischen Handy und Basisstation. Das heißt in der Praxis, schnelle Datenübertragung ist nur bei Nutzern möglich, die sich langsam oder gar nicht bewegen. Ausgeschlossen ist sie hingegen bei schneller Fahrt im Auto oder im Zug. Darüber hinaus erfordert eine hohe Datenübertragungsrate eine qualitativ hohe Funkverbindung so wie sie ein heutiges Handy auch für eine qualitativ hochwertige Sprechverbindung benötigt.

Das heißt für die Praxis: Wo heute ein problemloses und ungestörtes Handy-Telefonat mit guter Sprachqualität möglich ist, dort ist bei gleicher Senderkonstellation in UMTS-Technik auch eine hohe Datenübertragungsrate möglich, sofern die oben genannten Beschränkung bezüglich der Relativgeschwindigkeit eingehalten wird.

12.4.2 Zellengröße bzgl. Reichweite

Bezüglich der funktechnischen Reichweite erfordert UMTS eine ähnliche Zellstruktur wie das heutige E-Netz, d.h. etwas engmaschiger als das D-Netz. Technischer Hintergrund: Die Übertragungsfrequenzen von UMTS (2,1 GHz) und E-Netz (1,8 GHz) unterscheiden sich nur unwesentlich, so dass hierfür auch etwa gleiche Ausbreitungsbedingungen für elektromagnetische Wellen vorliegen. Demgegenüber wird die Wellenausbreitung bei der geringeren Übertragungsfrequenz im D-Netz (0,9 GHz) durch kleine Hindernisse wie z.B. ein Haus oder einige Bäume etwas weniger behindert als bei E-Netz oder UMTS.

12.4.3 Zellengröße bzgl. Gesprächs- und Datenübertragungskapazität

Zunächst einmal zu beachten ist die völlig andere dynamische Kapazitätsaufteilung im UMTS-Netz. UMTS erlaubt im Gegensatz zu GSM eine erheblich flexiblere Zuteilung der Datenübertragungsraten zu den einzelnen Benutzern. Das heißt einerseits, dass durch eine Basisstation eine große Anzahl von Nutzern mit einer kleinen Datenübertragungsrate (z.B. für ein Telefongespräch) versorgt werden kann (UMTS ist hier so flexibel, dass die Sprechpause eines Nutzers für die erweiterte Datenübertragung eines anderen Nutzers benutzt werden kann), andererseits können wenige Nutzer mit hoher Datenübertragungsrate (Videodateien) die Übertragungskapazität einer Basisstation völlig ausnutzen, so dass, wenn weitere Benutzer hinzukommen, für alle Benutzer die effektiv zur Verfügung stehende Datenübertragungsrate reduziert werden muss. Das heißt in der Praxis, wenn wirklich sehr viele Nutzer zur gleichen Zeit hohe Datenübertragungsraten anfordern, könnte es bei einer Versorgung durch relativ wenige, exponiert gelegene Basisstationen zu einem Engpass kommen, der nur durch ein engmaschiges Netz zu beheben ist. Die bisherige Erfahrung deutet allerdings darauf hin, dass in solchen Fällen schon heute eher auf eine W-LAN-Versorgung zurückgegriffen wird.

13 Glossar

| | |
|-----------------------------|---|
| 1G | Mobilfunk der ersten Generation, in Deutschland die analogen Netze: A-Netz, B-Netz, C-Netz |
| 2G | Mobilfunk der zweiten Generation, in Deutschland die digitalen → GSM-Netze |
| 3G | Mobilfunk der dritten Generation: digitale UMTS-Netze |
| Anlagen-grenzwert (Schweiz) | Für Wohnbereiche (und ähnliche Daueraufenthaltsbereiche) maximal zulässige durch eine einzelne Sendeanlage verursachte Leistungsflussdichte: 42 mW/m ² für GSM-900 Anlagen 95 mW/m ² für GSM-1800- und UMTS-Anlagen |
| athermische Effekte | nicht-thermische Effekte Auswirkungen nicht-ionisierender elektromagnetischer Strahlung, die nicht mit Wärme(entwicklung) verbunden sind |
| BfS | Bundesamt für Strahlenschutz, www.bfs.de |
| 26. BImSchV | 26. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes, legt u.a. basierend auf ICNIRP-Empfehlungen maximal zulässige Leistungsflussdichten hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung für die Allgemeinbevölkerung fest: 4650 mW/m ² für den GSM-900 Bereich 9000 mW/m ² für den GSM-1800 Bereich 10000 mW/m ² für den UMTS-Bereich, WLAN, etc. |
| BNetzA | Bundesnetzagentur, hervorgegangen aus der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (RegTP), legt u.a. die Frequenzbänder für Mobilfunknetze fest und erstellt die Standortbescheinigungen, in denen die Sicherheitsabstände für Sendeanlagen festgelegt werden; www.bundesnetzagentur.de |
| CDMA | Code Division Multiple Access im UMTS-System verwendeter Mehrbenutzerzugang zu einem Mobilfunknetz durch Benutzung unterschiedlicher Codierungen eines breitbandigen Signals, erlaubt sehr flexible Zuteilung der Übertragungskapazität zu den einzelnen Nutzern vgl. → FDMA und → TDMA |
| DECT | Digital Enhanced Cordless Telecommunications Schnurlose Telefone für den Hausgebrauch Die wohnungsinternen Basisstationen der schnurlosen Telefone nach dem DECT-Standard gehören zu den wesentlichen Quellen elektromagnetischer Strahlung in europäischen Haushalten, da die Strahlung permanent abgegeben wird, unabhängig davon, ob mit dem Telefon gerade telefoniert wird oder nicht |
| Downtilt | Abwärtsneigung der Strahlrichtung einer Mobilfunkantenne, wird z.B. bei Standorten auf Bergen oder hohen Masten eingesetzt, um die Strahlung der Antenne auf das zu versorgende Gebiet auszurichten. Die Neigung der Antenne (Downtilt) hat entscheidenden Einfluss auf die Strahlungsintensität in der Nähe einer Mobilfunkanlage (s. auch Kap. 4.6, S. 28) Man unterscheidet zwischen → „elektrischem Downtilt“ und → „mechanischem Downtilt“, siehe auch → Uptilt |
| Downtilt, mechanisch | Abwärtsneigung der Strahlrichtung einer Mobilfunkantenne durch mechanische Abwärtsneigung der gesamten Antenne. Der gesamte Antennenkörper wird schräg am Mast montiert, die ganze Antenne zeigt sichtbar „nach unten“ |

| | |
|------------------------------|--|
| Downtilt, elektrisch | Abwärtsneigung der Strahlrichtung einer Mobilfunkantenne durch Änderung der elektrischen Eigenschaften der Antenne. Die Einstellung erfolgt durch einen kleinen Hebel am Antennengehäuse oder (bei moderneren Antennen auch fernsteuerbar) durch einen Stellmotor am unteren Ende des Antennenkörpers. Bei fernsteuerbarer Downtilt-Einstellung kann die Strahlrichtung der Antenne im laufenden Betrieb verändert werden, vgl. Kap. 4.6, S. 28) |
| Down-Link | Funkverbindung von der Basisstation in Richtung zum Handy, vgl. → Up-Link, → FDD, → TDD |
| elektromagnetische Strahlung | gerichteter Transport von Energie in Form von elektromagnetischen Wellen. Zu den vielfältigen Erscheinungsformen elektromagnetischer Strahlung s. Kap. 1.1, S. 8. Der Name stammt daher, dass sich bei der Ausbreitung der elektromagnetischen Welle ein elektrisches Feld und ein magnetisches Feld mit der → Frequenz der Strahlung entsprechend den Maxwell'schen Gesetzen der Elektrodynamik abwechseln |
| EMF | Elektromagnetische Felder – allgemeine Bezeichnung für das gesamte Spektrum nieder- und hochfrequenter elektrischer und magnetischer Felder |
| Emission | Auf den Abgabepunkt bezogene Aussendung, z.B. einer Strahlung |
| Exposition | Ausmaß, in dem eine Person der Einwirkung von Umweltfaktoren, wie z.B. EMF, ausgesetzt ist. |
| FDD | Frequency Duplex Division Trennung von Up-Link (Funkverbindung Handy→Basisstation) und Down-Link (Funkverbindung Basisstation→Handy) durch Benutzung unterschiedlicher Frequenzbänder, benutzt in allen GSM-Systemen und im UMTS-Grundausbau, vgl. → TDD |
| FDMA | Frequency Division Multiple Access im GSM-System verwendeter Mehrbenutzerzugang zu einem Mobilfunknetz durch Benutzung unterschiedlicher Frequenzkanäle (im Zusammenwirken mit → TDMA), vgl. auch → CDMA |
| Gleichkanalstörungen | Bei einem landesweiten Mobilfunknetz ist die regelmäßige räumliche Wiederholung gleicher Frequenzkanäle die Grundlage zur Realisierung der erforderlichen Kapazität. Es entstehen somit Gleichkanalzellen, in denen gleiche Frequenzkanäle verwendet werden. Wird der Abstand zwischen Funkzellen mit gleichen Frequenzkanälen zu gering gewählt, so kommt es in den betreffenden Zellen zu sogenannten Gleichkanalstörungen. |
| GSM-Netze | Global System for Mobile Communications Standard für digitale Mobiltelefonnetze, in Deutschland in Betrieb sind →GSM-900 und →GSM-1800, die zur Zeit „etablierten“ Mobilfunknetze. Da mittlerweile alle 4 in Deutschland tätigen Mobilfunkbetreiber eine Lizenz für beide GSM-Netze haben, sind bis zu 8 unabhängige GSM-Netze möglich. |
| GSM-900 | GSM-Netze, benannt nach der Betriebsfrequenz bei ca. 900 MHz, in Deutschland lange Zeit synonym mit den „D-Netzen“ der Betreiber T-Mobile (D1) und Vodafone (D2). Seit 2006 haben auch die beiden anderen in Deutschland tätigen Mobilfunkbetreiber (E-Plus und O ₂) eine Lizenz für das GSM-900-Netz, so dass 4 separate GSM-900-Netze in Deutschland möglich sind. E-Plus und O ₂ haben mit dem Aufbau großräumiger Netze begonnen. |
| GSM-1800 | GSM-Netze, benannt nach der Betriebsfrequenz bei ca. 1800 MHz, in Deutschland lange Zeit synonym mit den „E-Netzen“ der Betreiber E-Plus und O ₂ (ehemals Viag). Seit einigen Jahren haben auch die beiden anderen in Deutschland tätigen Mobilfunkbetreiber (T-Mobile und Vodafone) eine Lizenz für das GSM-1800-Netz, so dass 4 separate GSM-1800-Netze in Deutschland möglich sind. T-Mobile und Vodafone setzen GSM-1800 bisher nur in Ballungszentren ein. |

| | |
|------------------------------|--|
| Headset | Kombination aus Ohrhörer und Mikrofon, um telefonieren zu können, ohne das Handy an den Kopf zu halten |
| Hot Spots | (heiße Stellen) Bei der Anwendung von Site-Sharing, d.h. dem Betrieb von Basisstationen mehrerer Betreiber an einem Standort, wird relativ viel Strahlungsleistung an einer Stelle abgegeben. Geschieht dies inmitten besiedelter Gebiete, so entstehen in der Umgebung sog. Hot Spots, d.h. Orte mit relativ hohen Immissionen elektromagnetischer Strahlung |
| ICNIRP | International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection |
| Immission | auf den Einwirkungsort bezogene Absorption (z.B. einer Strahlung) |
| ionisierende Strahlung | Die Quantenenergie der Strahlung reicht aus, um z.B. Bio-Moleküle zu ionisieren, d.h. in geladene Fragmente zu zerlegen, was im Allgemeinen eine irreparable Schädigung bedeutet. Bei elektromagnetischer Strahlung beginnt der Bereich ionisierender Strahlung ab \rightarrow UV –Strahlung aufwärts |
| Leistungsflussdichte | die Intensität (Stärke) der von einer Strahlungsquelle ausgehenden Strahlung kann durch die Leistungsflussdichte angegeben werden (mW/m^2). Näheres s. Anhang 12.1, S. 71 |
| Leuchtturmeffekt | Bei den meisten Mobilfunkantennen wird die größte Strahlungsintensität in horizontaler Richtung ausgesandt (ähnlich wie der Lichtstrahl beim Leuchtturm). Abweichend von der Situation beim realen Leuchtturm wird die Strahlungsintensität im Nahbereich allerdings von einer komplizierten Nebenkeulenstruktur bestimmt und es gibt häufig einen einstellbaren \rightarrow Downtilt. |
| MBS | Mobilfunkbasisstation |
| nicht-ionisierende Strahlung | Die Quantenenergie dieser Strahlung (u.a. auch Mobilfunkstrahlung) reicht <u>nicht</u> aus, um z.B. Bio-Moleküle zu ionisieren. Ein Schädigungsmechanismus unterhalb der thermischen Schwelle ist daher zunächst nicht offensichtlich, wird aber bei der Untersuchung athermischer Wirkungen analysiert. |
| RegTP | siehe BNetzA (Bundesnetzagentur) |
| SAR | Spezifische Absorptionsrate = die im Gewebe absorbierte Strahlungsleistung Näheres s. Anhang 12.1, S. 71 |
| Site Sharing | Die Basisstationen mehrerer Mobilfunkbetreiber befinden sich gemeinsam an einem Standort (z.B. auf einem Hochhausdach oder an einem Sendemast) |
| SSK | Strahlenschutz Kommission |
| TDD | Time Duplex Division Trennung von Up-Link (Funkverbindung Handy \rightarrow Basisstation) und Down-Link (Funkverbindung Basisstation \rightarrow Handy) durch Benutzung unterschiedlicher Zeitschlitze, vorgesehen für den UMTS-Endausbau, vgl. \rightarrow FDD |
| TDMA | Time Division Multiple Access im GSM-System verwendeter Mehrbenutzerzugang zu einem Mobilfunknetz durch Benutzung unterschiedlicher Zeitschlitze (im Zusammenwirken mit \rightarrow FDMA), ebenfalls vorgesehen für den UMTS-Endausbau, vgl. auch \rightarrow CDMA |
| Thermische Effekte | Wirkungen, die durch Wärme(entwicklung) verursacht werden |
| UMTS | Universal Mobile Telecommunications System |
| Up-Link | Funkverbindung vom Handy in Richtung zur Basisstation, vgl. \rightarrow Down-Link, \rightarrow FDD, \rightarrow TDD |
| Uptilt | Aufwärtsneigung einer Mobilfunkantenne, \rightarrow Downtilt |
| UV | Ultraviolettes Licht, der Frequenzbereich liegt unmittelbar oberhalb des sichtbaren Lichts. Hier beginnt der Bereich der ionisierenden Strahlung |
| WLAN | Wireless LAN (Local Area Network) Drahtloses Computernetzwerk, Betriebsfrequenz ca. 2500 MHz, Reichweite bis zu einigen hundert Metern, Sendeleistung der AccessPoints (vergleichbar den Basisstationen) typisch 30 mW |

14 Literatur

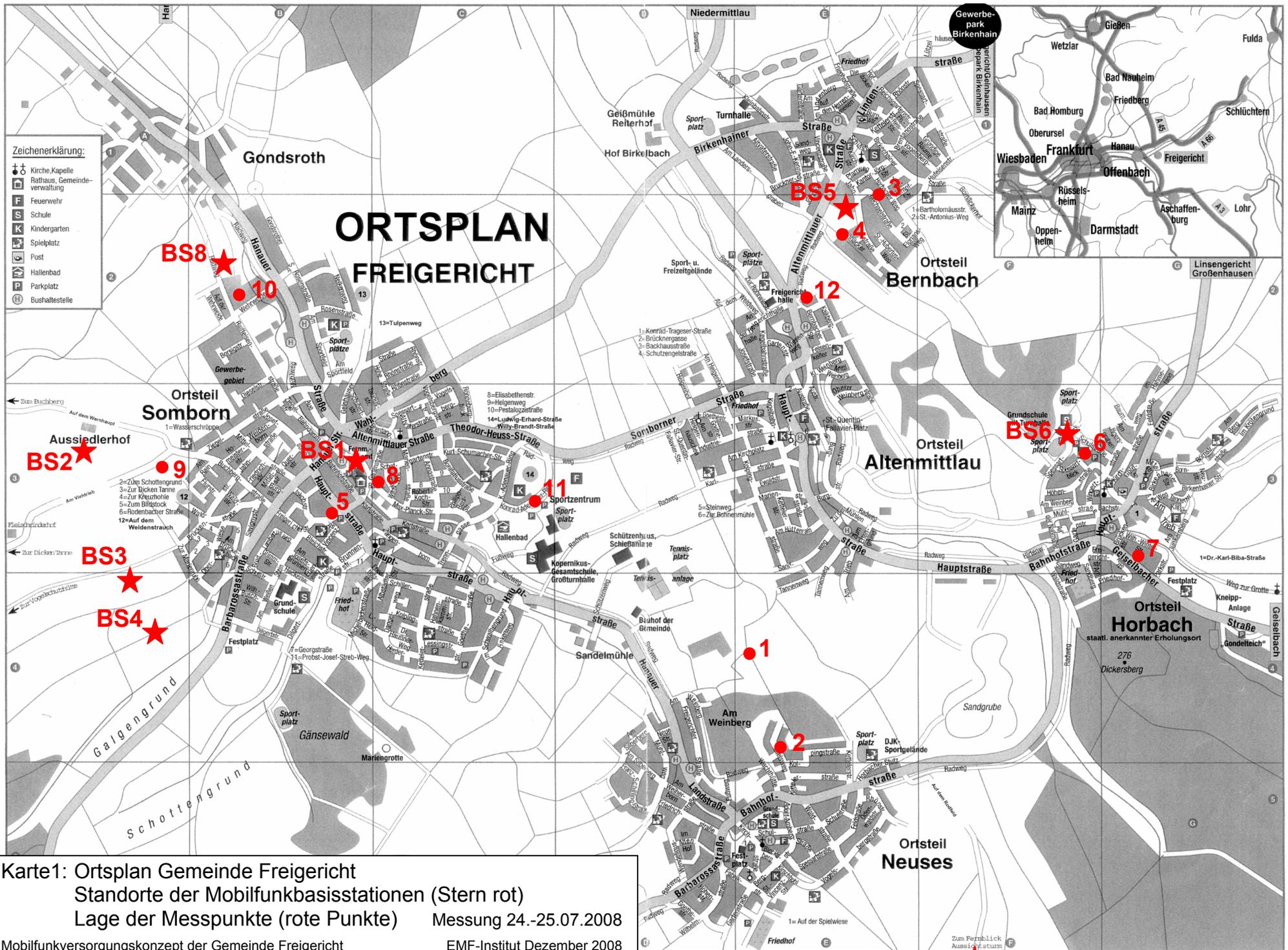
- [1] Presseerklärung der Bundesregierung vom 17. Juni 2008
- [2] Bundesamt für Strahlenschutz (BfS): Ergebnisse des Deutschen Mobilfunkforschungsprogramms, Bremerhaven, Wirtschaftsverlag NW, 2008
- [3] „Verbändevereinbarung“ zwischen den Mobilfunknetzbetreibern und kommunalen Spitzenverbänden: Vereinbarung über den Informationsaustausch und die Beteiligung der Kommunen beim Ausbau der Mobilfunknetze, 07/2001
- [4] Landstorfer, F.M, Wertz, Ph: Dynamische Systemsimulation eines UMTS-Netzes mit hochgelegenen Basisstationsstandorten im Außenbereich unter Verwendung von Sektorantennen mit geringem horizontalem Öffnungswinkel, Institut für Hochfrequenztechnik, Universität Stuttgart, 06/2004, www.attendorn.de → Mobilfunk
- [5] Bornkessel, Ch, Neikes, M, Schramm, A: Untersuchung der Immissionen durch Mobilfunk Basisstationen, Institut für Mobil- und Satellitenfunktechnik GmbH, Kamp-Lintfort, 08/2002, www.munlv.nrw.de, www.munlv.nrw.de/sites/arbeitsbereiche/immission/mobil.htm
- [6] Bathow, M, Linn, M, Nießen, P: Mobilfunkversorgungskonzept der Stadt Attendorn, nova-Institut, Hürth, 07/2003, www.attendorn.de, Mobilfunk
- [7] Oberfeld, G, Konfliktmanagement „Salzburger Modell“, Historie und Entwicklung, in: 2. Rheinland-Pfälzisch-Hessisches Mobilfunksymposium, Tagungsband, BUND (Hrsg.), S. 5 ff, 26.04.2003

TEIL V

Kartenteil

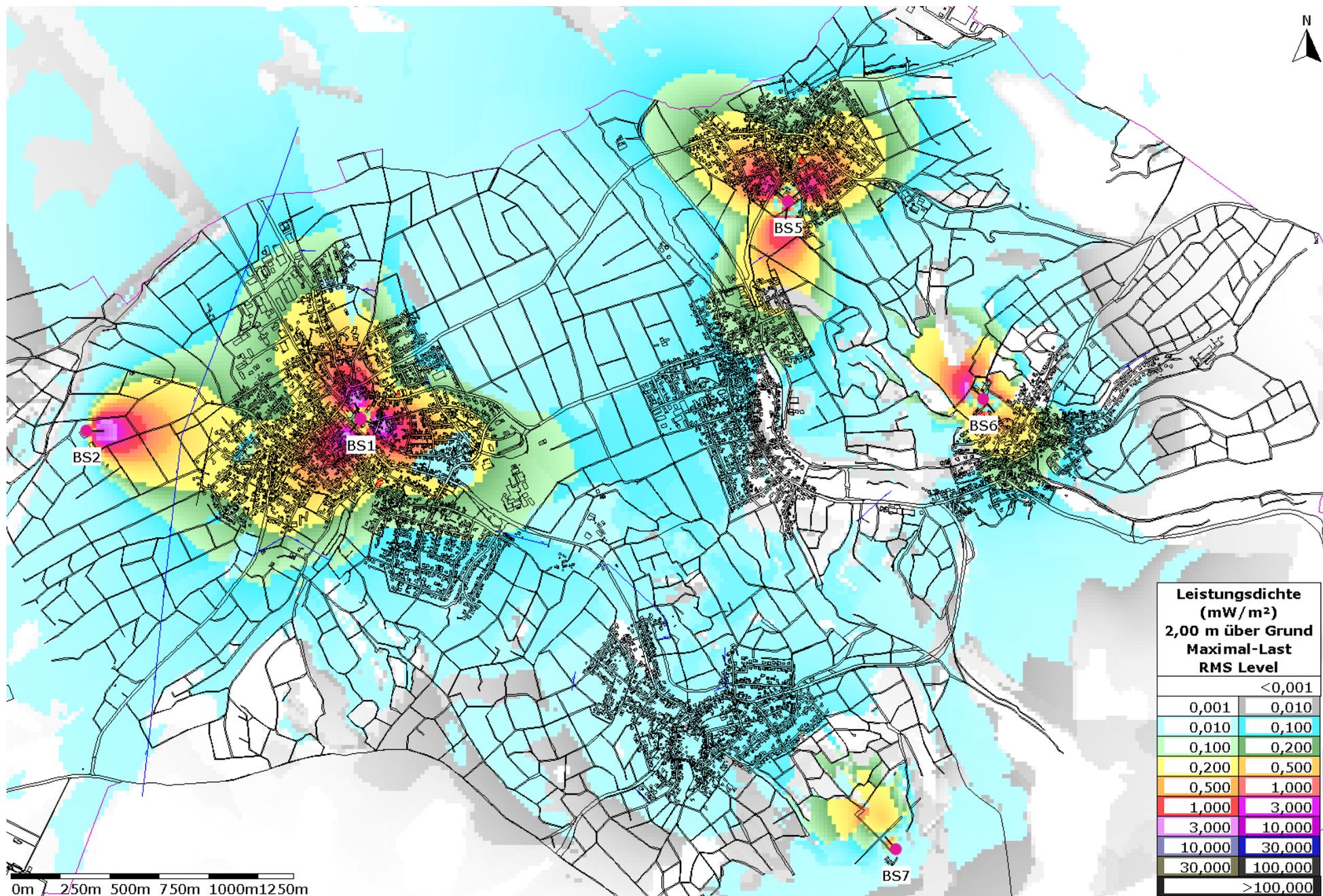
15 Karten der Immissionsberechnungen

- Karte 1: Ortsplan der Gemeinde Freigericht: Lage der vorhandenen Basisstationen und Messpunkte
- Karte 2: Versorgungssituation im GSM-Netz der Firma T-Mobile
- Karte 3: Versorgungssituation im UMTS-Netz der Firma T-Mobile
- Karte 4: Versorgungssituation im GSM-Netz der Firma Vodafone
- Karte 5: Versorgungssituation im GSM-Netz der Firma E-Plus
- Karte 6: Versorgungssituation im GSM-Netz der Firma O₂
- Karte 7: Immissionssituation in der Umgebung der vorhandenen Basisstation BS1 (Somborn, Bahnhofstr. 13, Telekomgebäude) in 7,5 m Höhe über Boden
- Karte 8: Immissionssituation in der Umgebung der vorhandenen Basisstation BS2 (Somborn, Auf den Achtzehn Morgen, Aussiedlerhof) in 7,5 m Höhe über Boden
- Karte 9: Immissionssituation in der Umgebung der vorhandenen Basisstation BS3 (Somborn, Mast der Fa. O₂, Oberwiese) in 7,5 m Höhe über Boden
- Karte 10: Immissionssituation in der Umgebung der vorhandenen Basisstation BS4 (Somborn, Hochspannungsmast West) in 7,5 m Höhe über Boden
- Karte 11: Immissionssituation in der Umgebung der vorhandenen Basisstation BS5 (Bernbach, Spänesilo) in 7,5 m Höhe über Boden
- Karte 12: Immissionssituation in der Umgebung der vorhandenen Basisstation BS6 (Horbach, TV-Umsetzer) in 7,5 m Höhe über Boden
- Karte 13: Immissionssituation in der Umgebung der vorhandenen Basisstation BS7 (Neuses, Aussichtsturm „Auf dem Rodfeld“) in 7,5 m Höhe über Boden
- Karte 14: Immissionssituation in der Umgebung der vorhandenen Basisstation BS8 (Somborn, Hochspannungsmast Nord, Gewerbegeb.) in 7,5 m Höhe über Boden
- Karte 15a: Gesamt-Immissionssituation durch die vorhandenen Basisstation in Freigericht, berechnet für 2,0 m Höhe über Boden
- Karte 15b: Gesamt-Immissionssituation durch die vorhandenen Basisstation in Freigericht, berechnet für 7,5 m Höhe über Boden
- Karte 16a: Übersichtsplan der entwickelten Standortvorschläge
- Karte 16b: Übersichtsplan der entwickelten Standortvorschläge (rot) und der vorhandenen Basisstationen (blau)
- Karte 17: Standortvorschlag V-A : Versorgungsgebiet
- Karte 18: Standortvorschlag V-B: Versorgungsgebiet
- Karte 19: Standortvorschlag V-C: Versorgungsgebiet
- Karte 20: Standortvorschlag V-F: Versorgungsgebiet
- Karte 21: Standortvorschlag V-D: Versorgungsgebiet
- Karte 22: Standortvorschlag V-E: Versorgungsgebiet
- Karte 23a: Gesamt-Immissionssituation durch die entwickelten Standortvorschläge V-A bis V-E, berechnet für 2,0 m Höhe über Boden
- Karte 23b: Gesamt-Immissionssituation durch die entwickelten Standortvorschläge V-A bis V-E, berechnet für 7,5 m Höhe über Boden
- Karte 24a: Gesamt-Immissionssituation durch die Alternativkombination der Standortvorschläge V-A, V-B, V-D, V-F, berechnet für 2,0 m Höhe über Boden
- Karte 24b: Gesamt-Immissionssituation durch die Alternativkombination der Standortvorschläge V-A, V-B, V-D, V-F, berechnet für 7,5 m Höhe über Boden
- Karte 25: Zellflächenaufteilung, exemplarisch für die entwickelten Standortvorschläge V-A, V-B, V-C und V-D

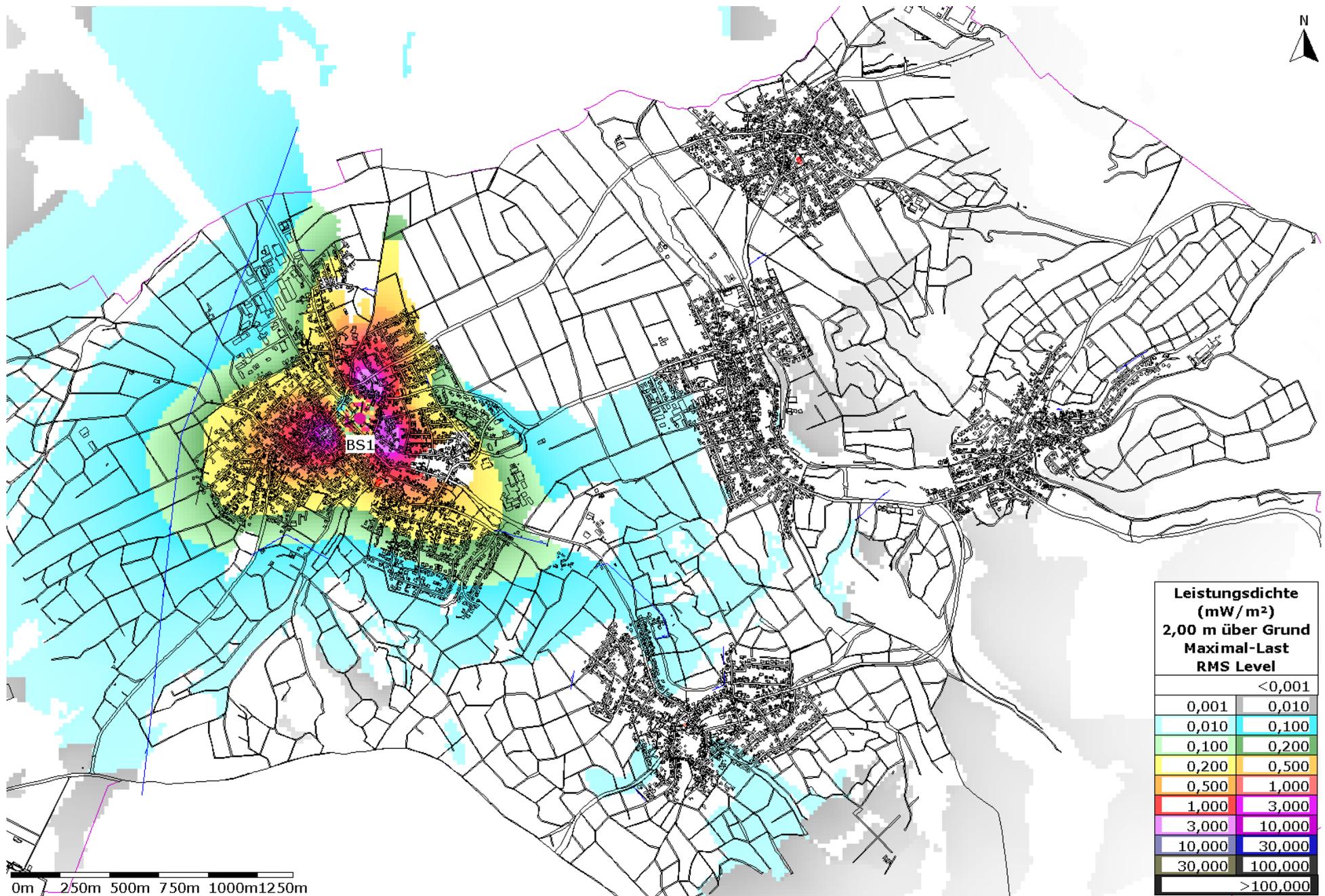


Karte1: Ortsplan Gemeinde Freigericht
 Standorte der Mobilfunkbasisstationen (Stern rot)
 Lage der Messpunkte (rote Punkte) Messung 24.-25.07.2008
 Mobilfunkversorgungskonzept der Gemeinde Freigericht EMF-Institut Dezember 2008

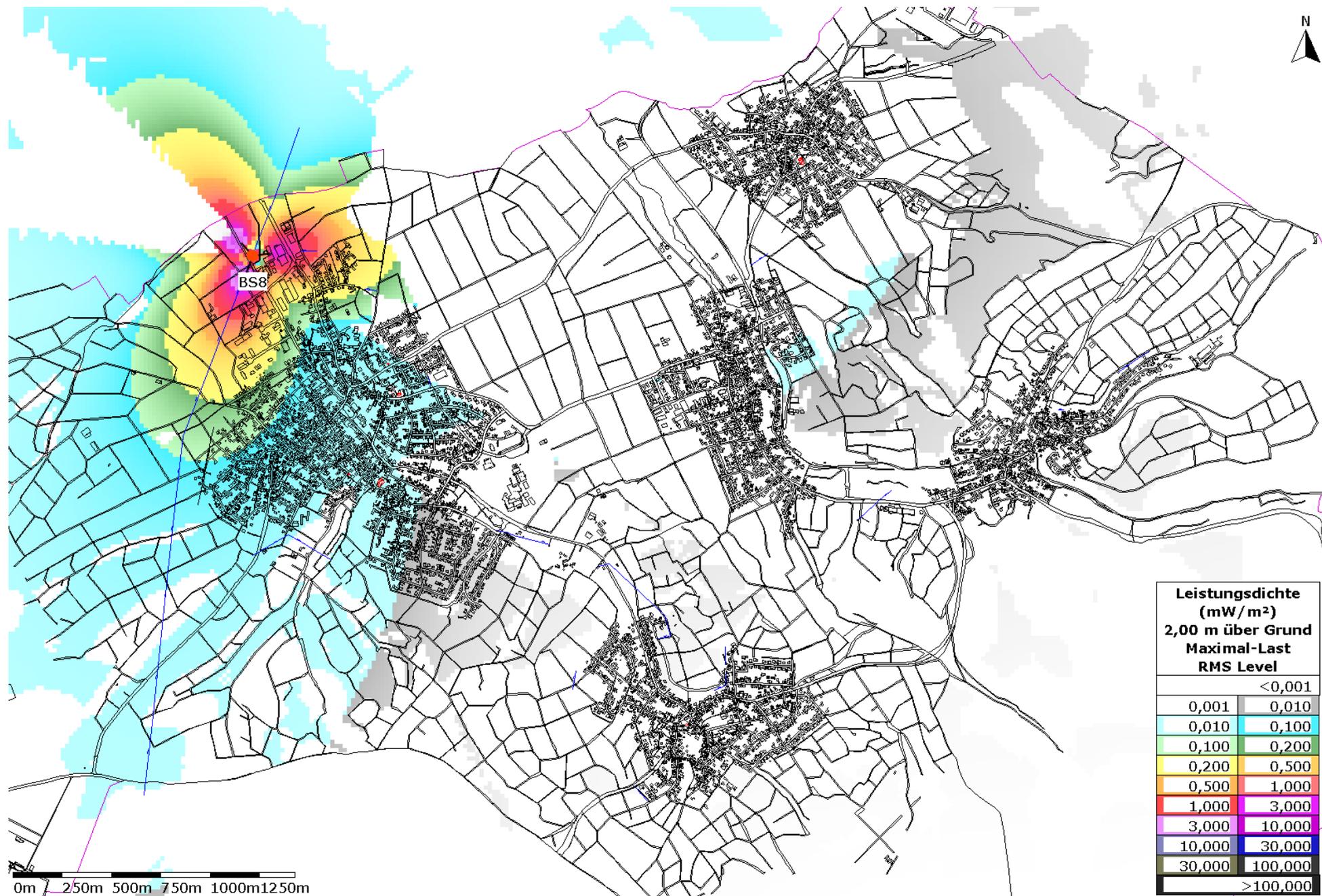
★ BS7 außerhalb



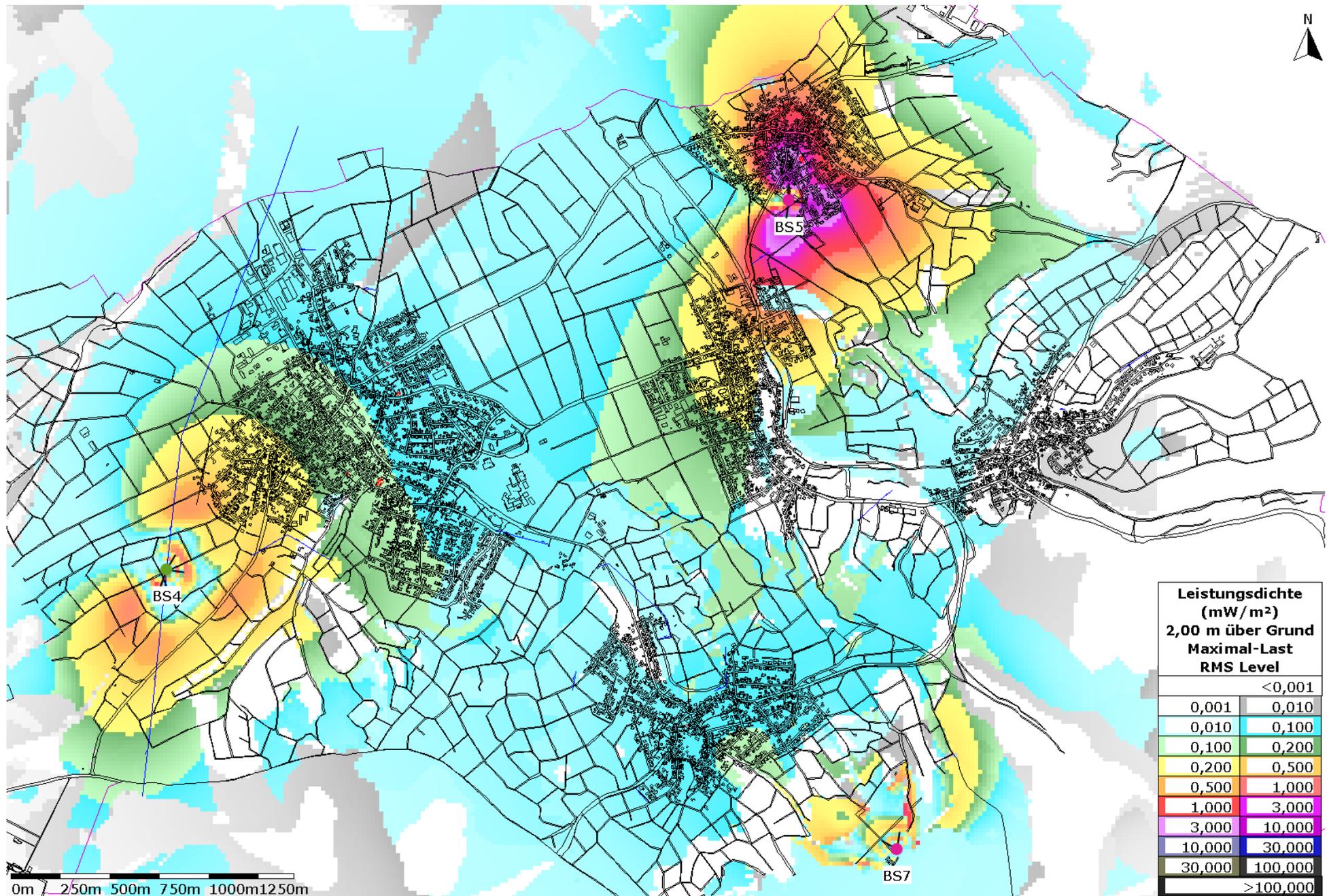
Karte 2: Versorgungssituation im GSM-Netz der Firma T-Mobile
Mobilfunkversorgungskonzept der Gemeinde Freigericht



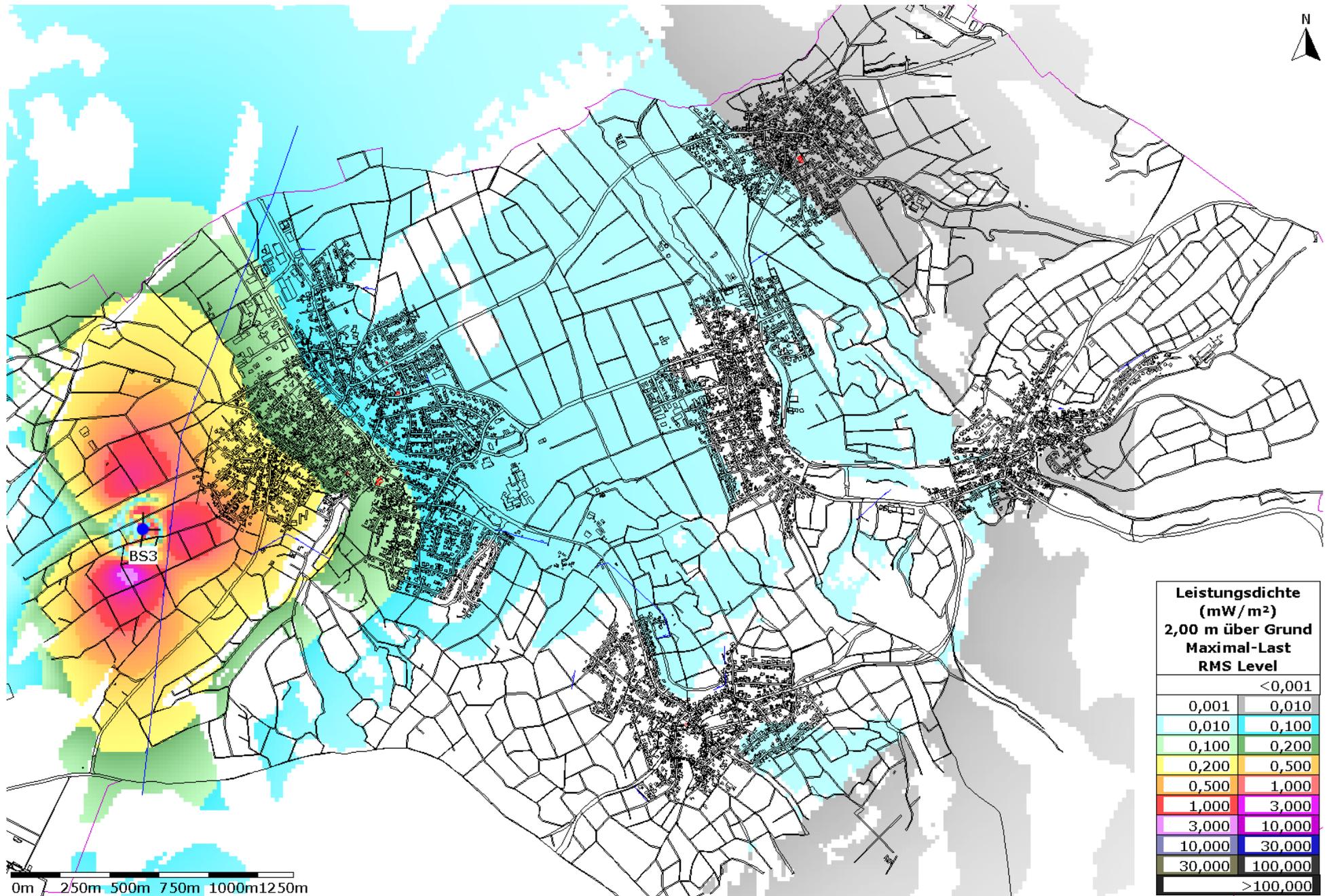
Karte 3: Versorgungssituation im UMTS-Netz der Firma T-Mobile
Mobilfunkversorgungskonzept der Gemeinde Freigericht



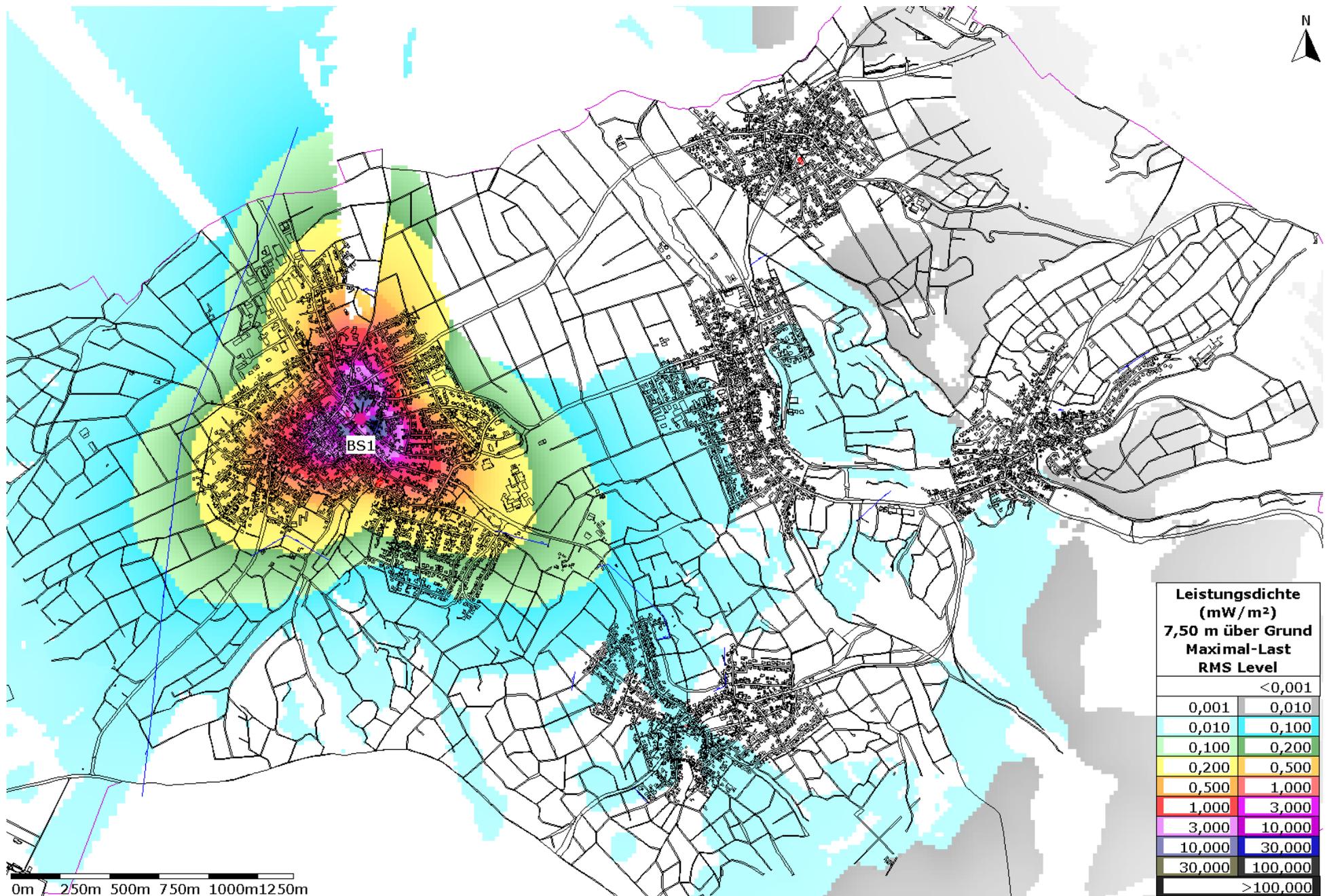
Karte 4: Versorgungssituation im GSM-Netz der Firma Vodafone
Mobilfunkversorgungskonzept der Gemeinde Freigericht



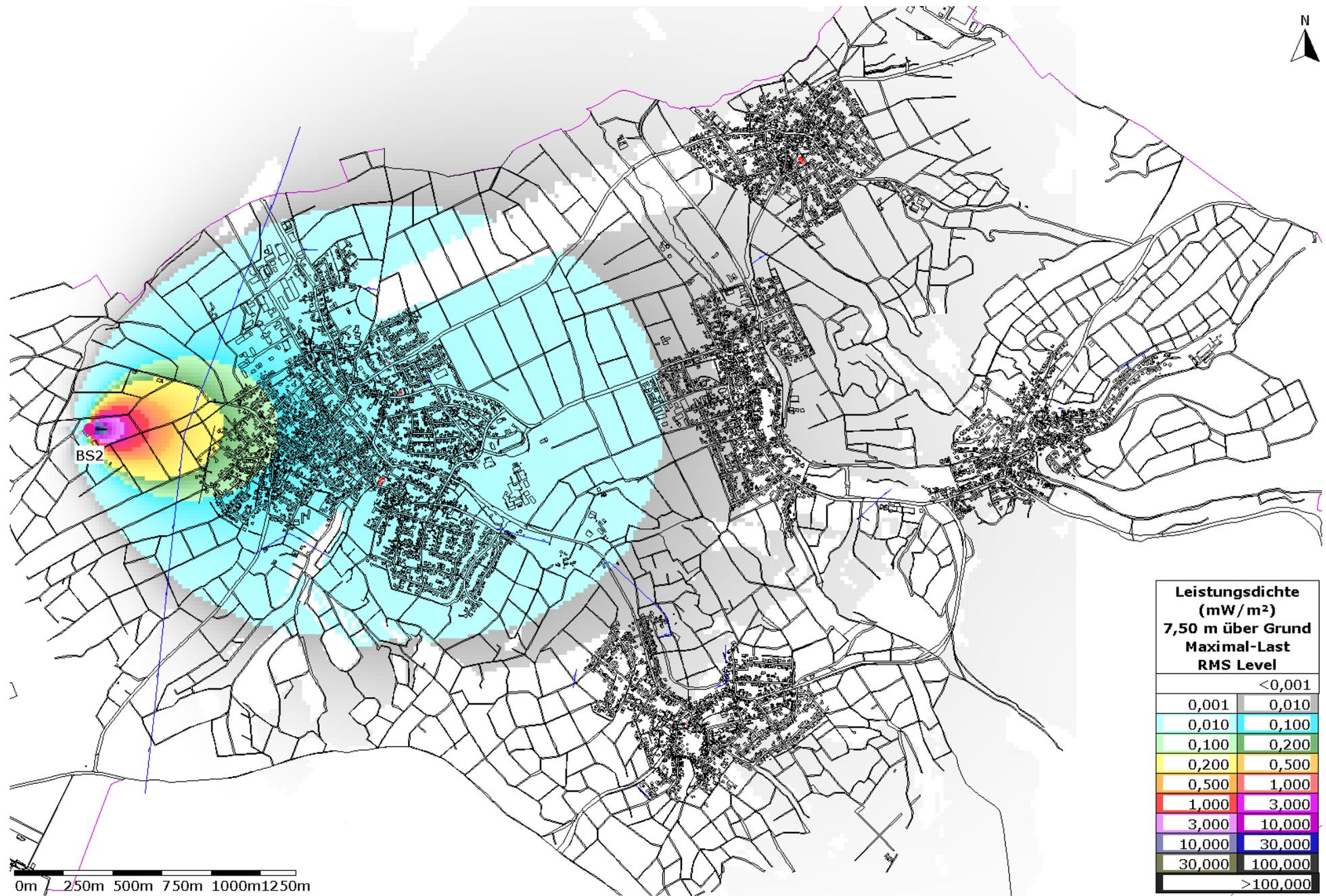
Karte 5: Versorgungssituation im GSM-Netz der Firma E-Plus
 Mobilfunkversorgungskonzept der Gemeinde Freigericht



Karte 6: Versorgungssituation im GSM-Netz der Firma O₂
Mobilfunkversorgungskonzept der Gemeinde Freigericht



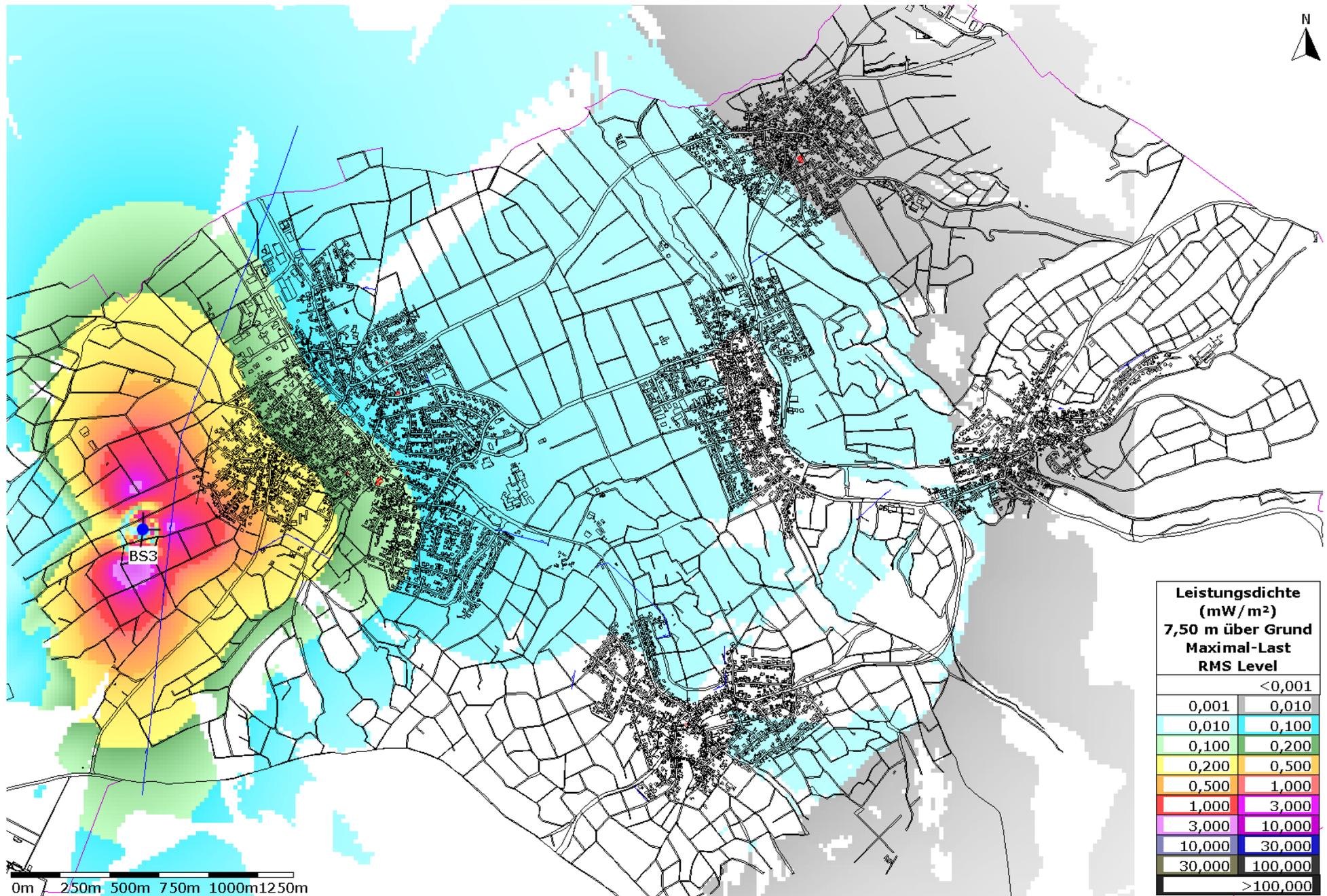
Karte 7: Immissionssituation in der Umgebung der vorhandenen Basisstation BS1 (Somborn, Bahnhofstr. 13, Telekomgebäude) in 7,5 m Höhe über Boden



| Leistungsdichte (mW/m ²) 7,50 m über Grund Maximal-Last RMS Level | |
|---|----------|
| | <0,001 |
| 0,001 | 0,010 |
| 0,010 | 0,100 |
| 0,100 | 0,200 |
| 0,200 | 0,500 |
| 0,500 | 1,000 |
| 1,000 | 3,000 |
| 3,000 | 10,000 |
| 10,000 | 30,000 |
| 30,000 | 100,000 |
| | >100,000 |

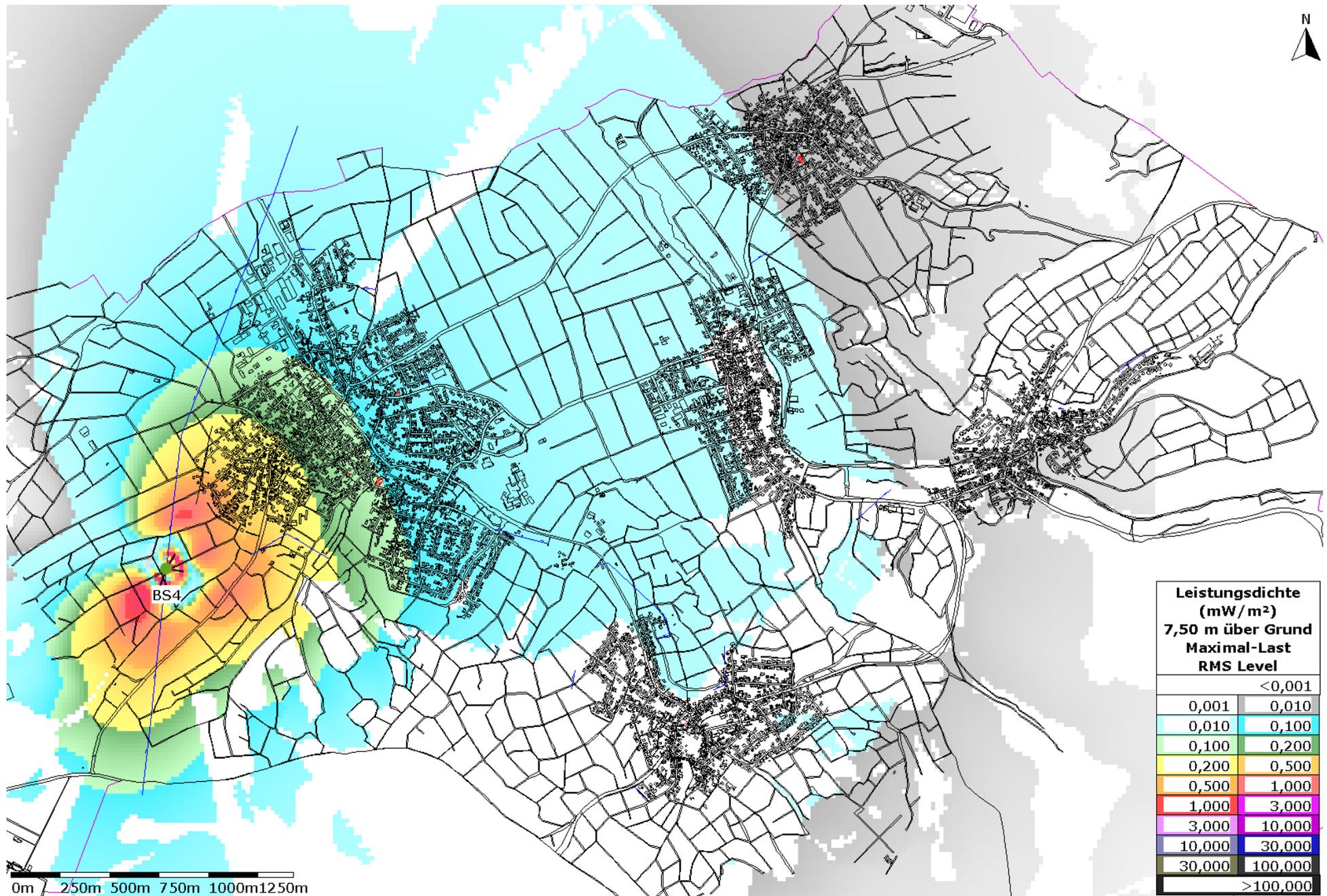
0m 250m 500m 750m 1000m 1250m

Karte 8: Immissionssituation in der Umgebung der vorhandenen Basisstation BS2 (Somborn, Auf den Achtzehn Morgen, Aussiedlerhof) in 7,5 m Höhe über Boden
 Mobilfunkversorgungskonzept der Gemeinde Freigericht
 EMF-Institut Dezember 2008, Kartengrundlage urheberrechtlich geschützt

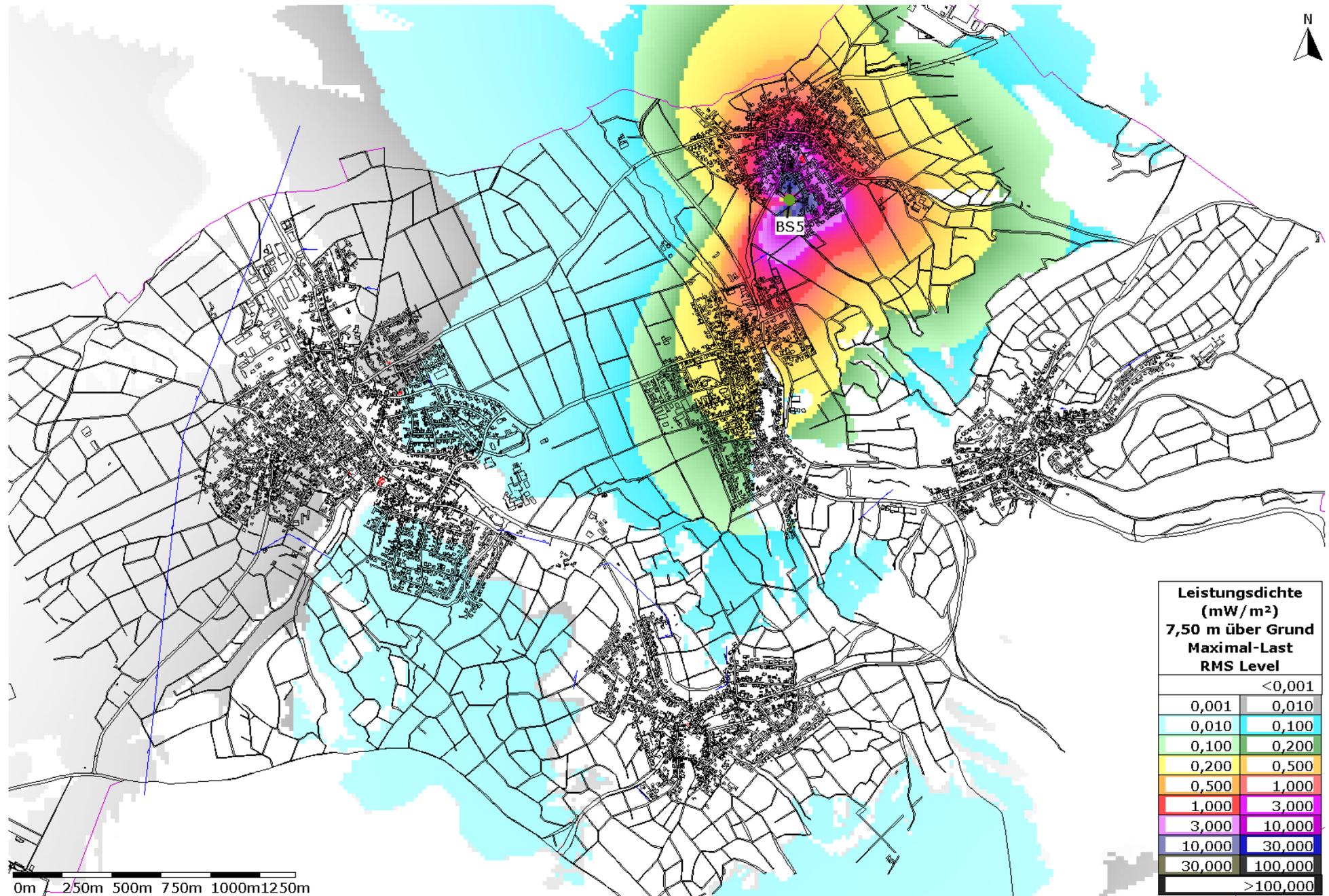


| Leistungsdichte (mW/m ²) 7,50 m über Grund Maximal-Last RMS Level | |
|---|----------|
| | <0,001 |
| 0,001 | 0,010 |
| 0,010 | 0,100 |
| 0,100 | 0,200 |
| 0,200 | 0,500 |
| 0,500 | 1,000 |
| 1,000 | 3,000 |
| 3,000 | 10,000 |
| 10,000 | 30,000 |
| 30,000 | 100,000 |
| | >100,000 |

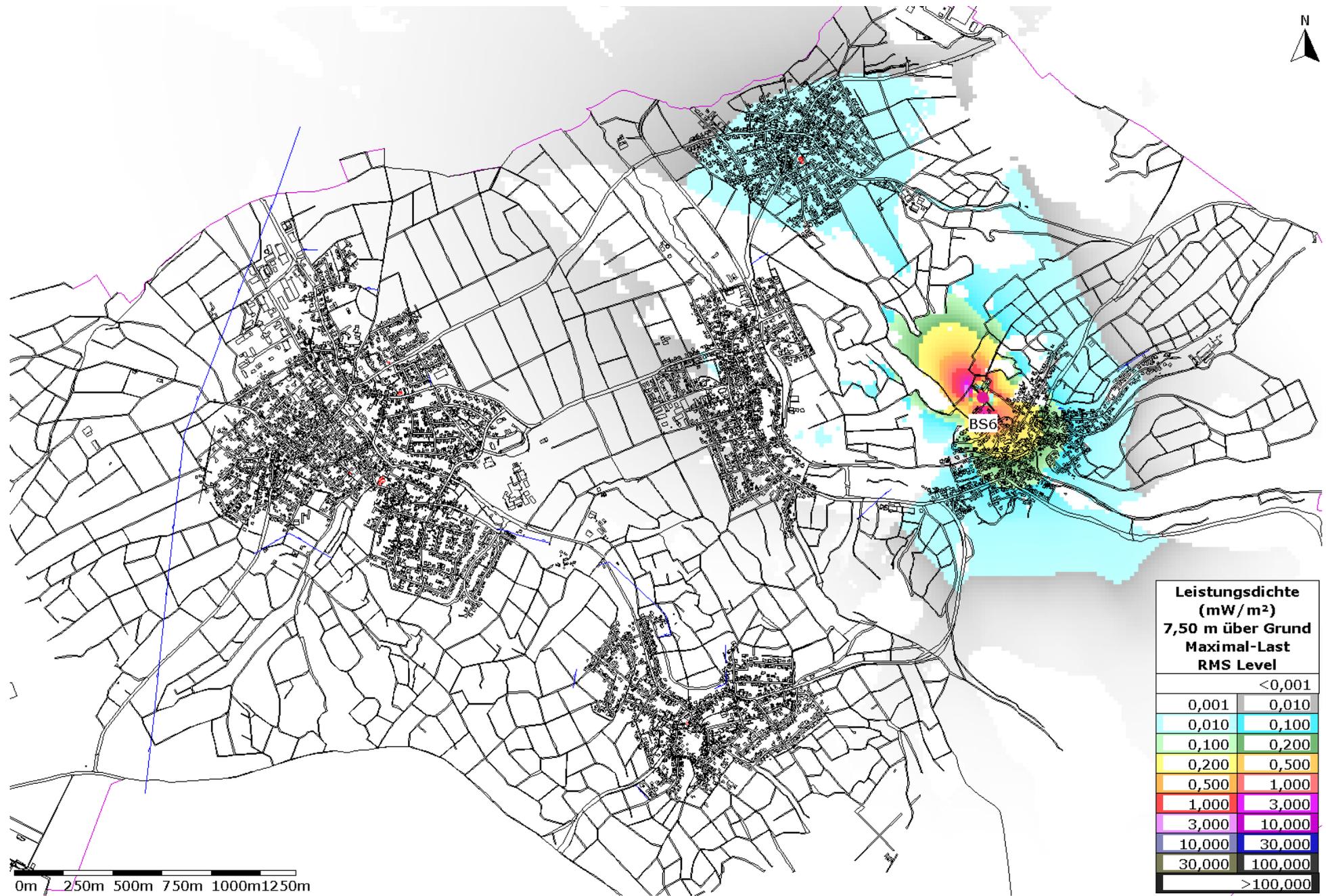
Karte 9: Immissionssituation in der Umgebung der vorhandenen Basisstation BS3 (Somborn, Mast der Fa. O₂, Oberwiese) in 7,5 m Höhe über Boden



Karte 10: Immissionsituation in der Umgebung der vorhandenen Basisstation BS4 (Somborn, Hochspannungsmast West) in 7,5 m Höhe über Boden

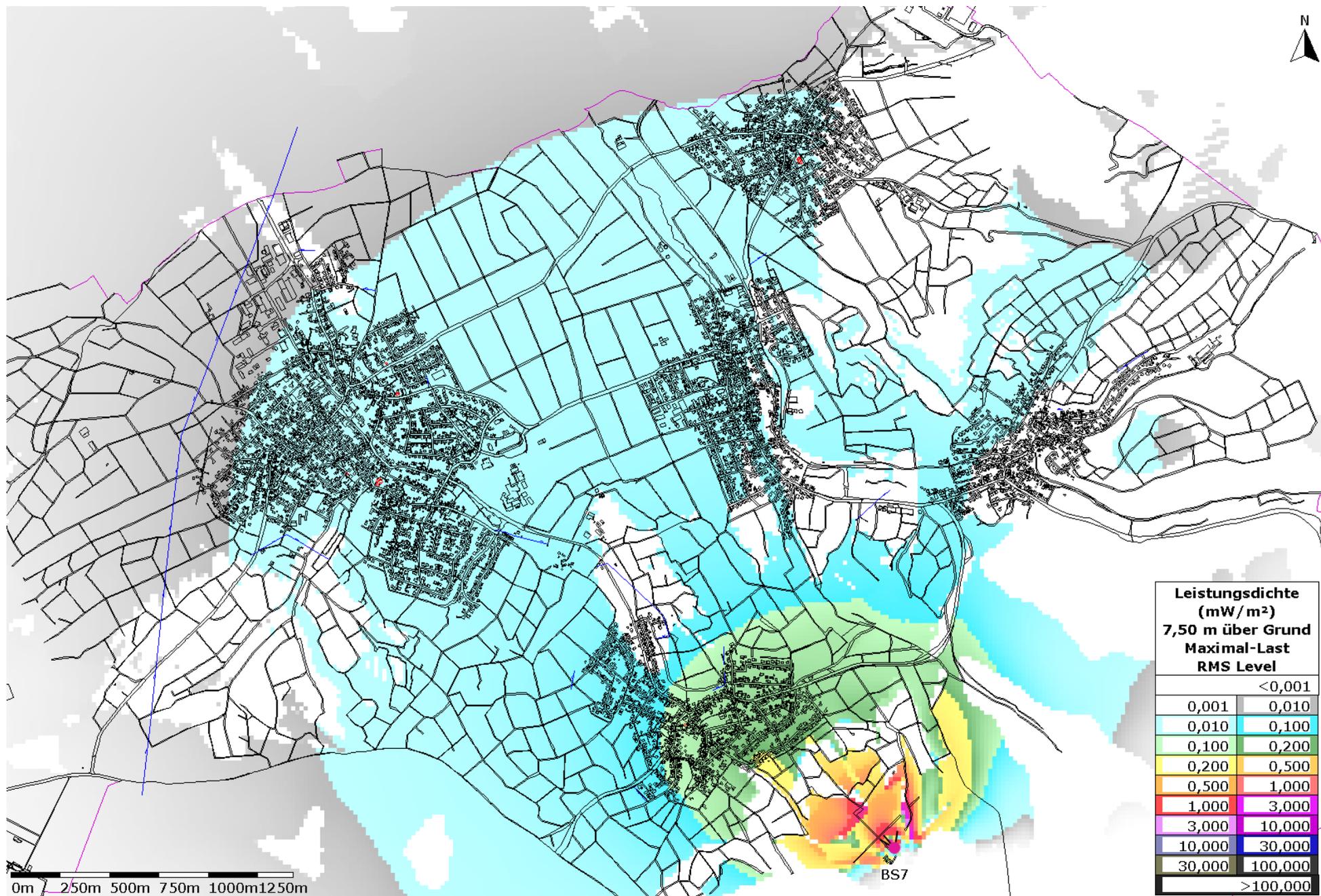


Karte 11: Immissionsituation in der Umgebung der vorhandenen Basisstation BS5 (Bernbach, Spänesilo) in 7,5 m Höhe über Boden

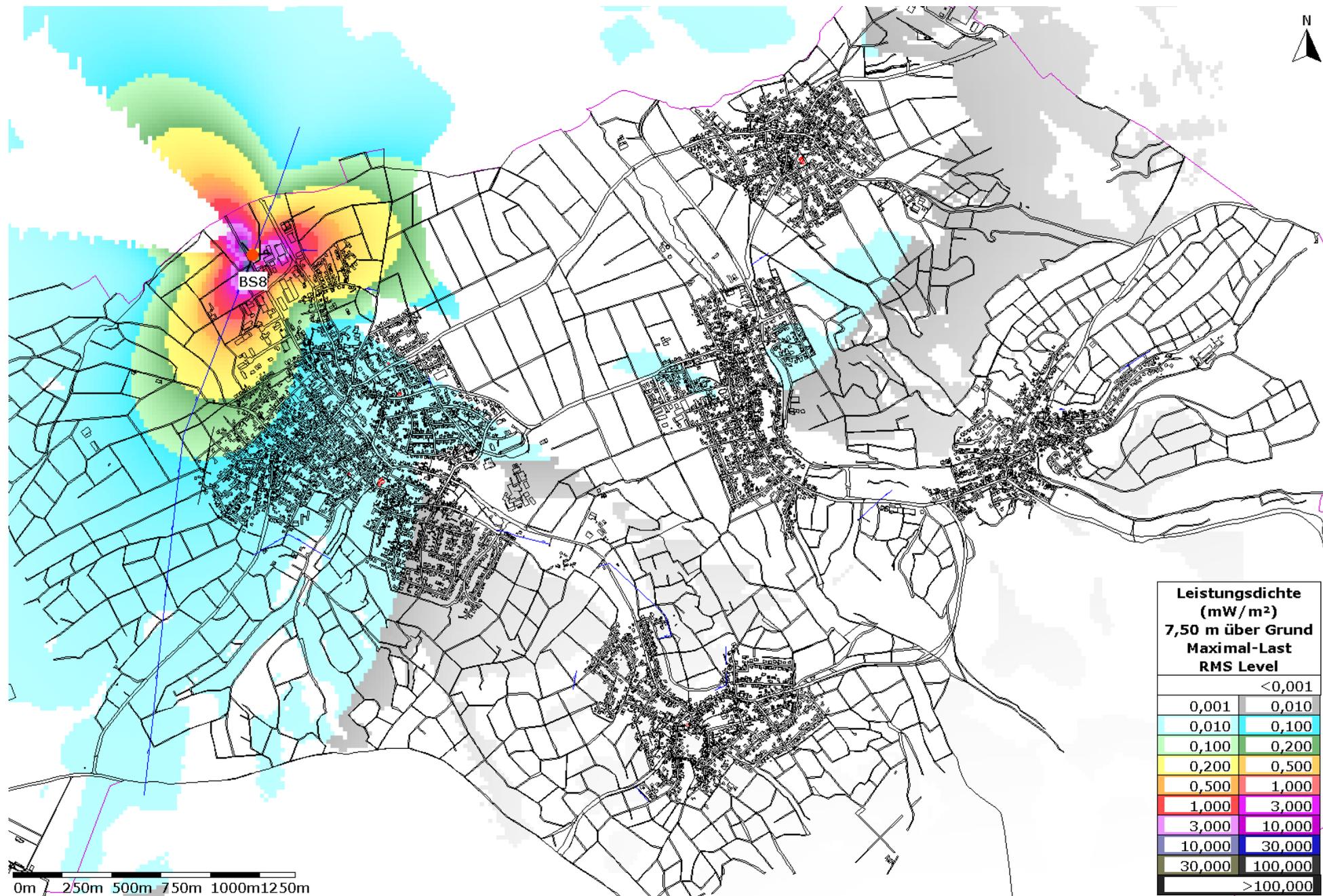


| Leistungsdichte (mW/m ²) 7,50 m über Grund Maximal-Last RMS Level | |
|---|---------------------|
| | <math><0,001</math> |
| 0,001 | 0,010 |
| 0,010 | 0,100 |
| 0,100 | 0,200 |
| 0,200 | 0,500 |
| 0,500 | 1,000 |
| 1,000 | 3,000 |
| 3,000 | 10,000 |
| 10,000 | 30,000 |
| 30,000 | 100,000 |
| | >100,000 |

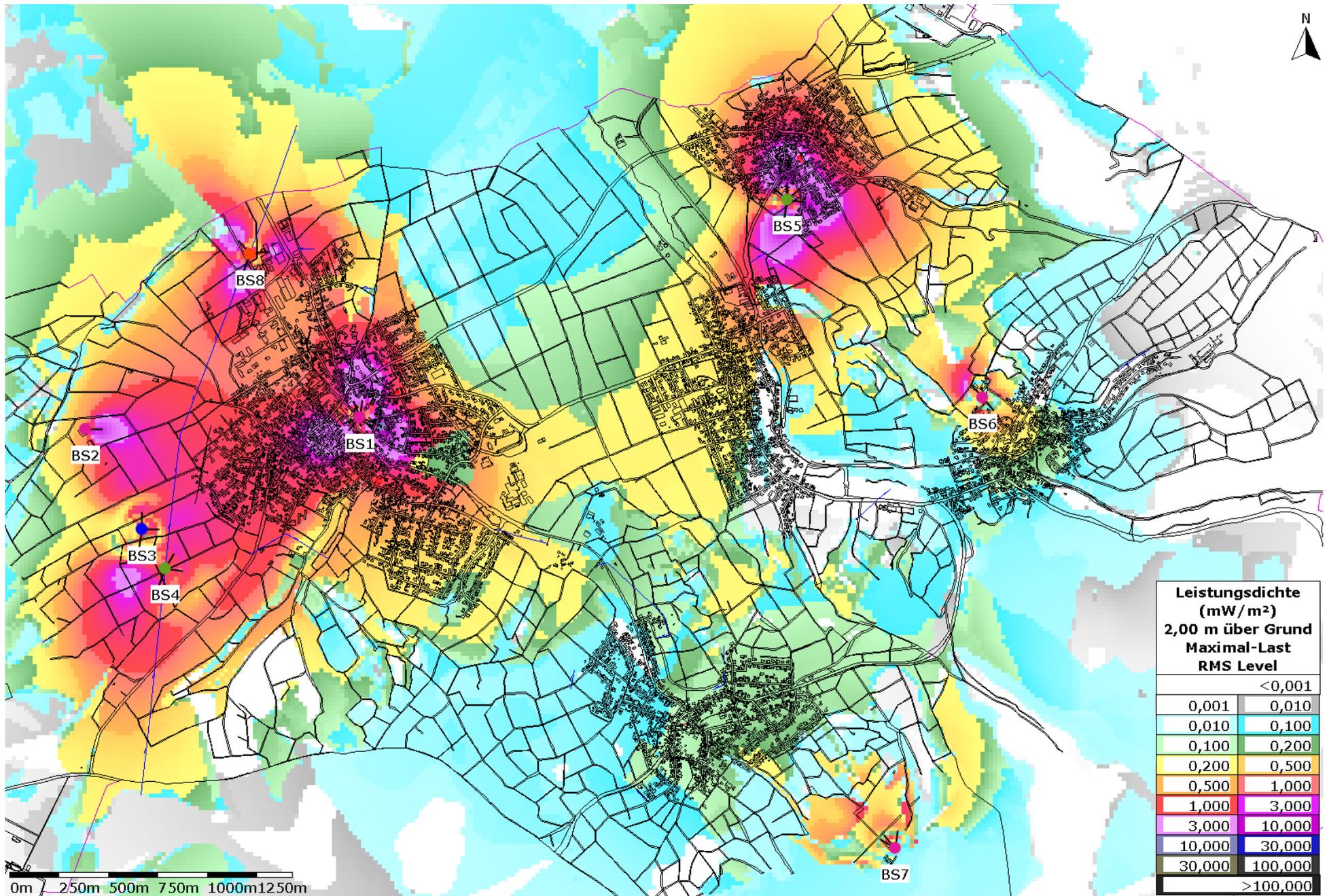
Karte 12: Immissionsituation in der Umgebung der vorhandenen Basisstation BS6 (Horbach, TV-Umsetzer) in 7,5 m Höhe über Boden



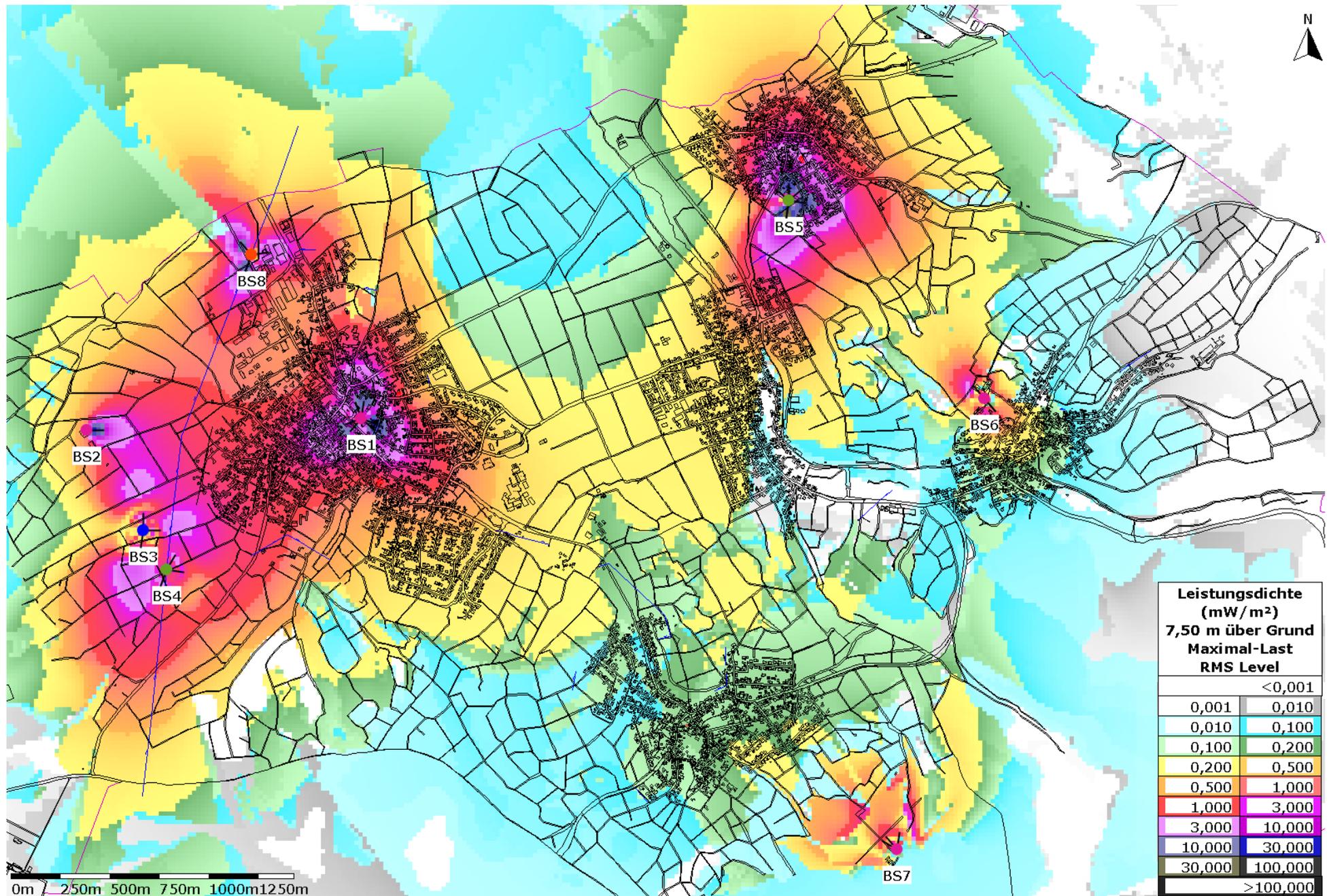
Karte 13: Immissionsituation in der Umgebung der vorhandenen Basisstation BS7 (Neuses, Aussichtsturm „Auf dem Rodfeld“) in 7,5 m Höhe über Boden



Karte 14: Immissionsituation in der Umgebung der vorhandenen Basisstation BS8 (Somborn, Hochspannungsmast Nord, Gewerbegeb.) in 7,5 m Höhe über Boden
 Mobilfunkversorgungskonzept der Gemeinde Freigericht



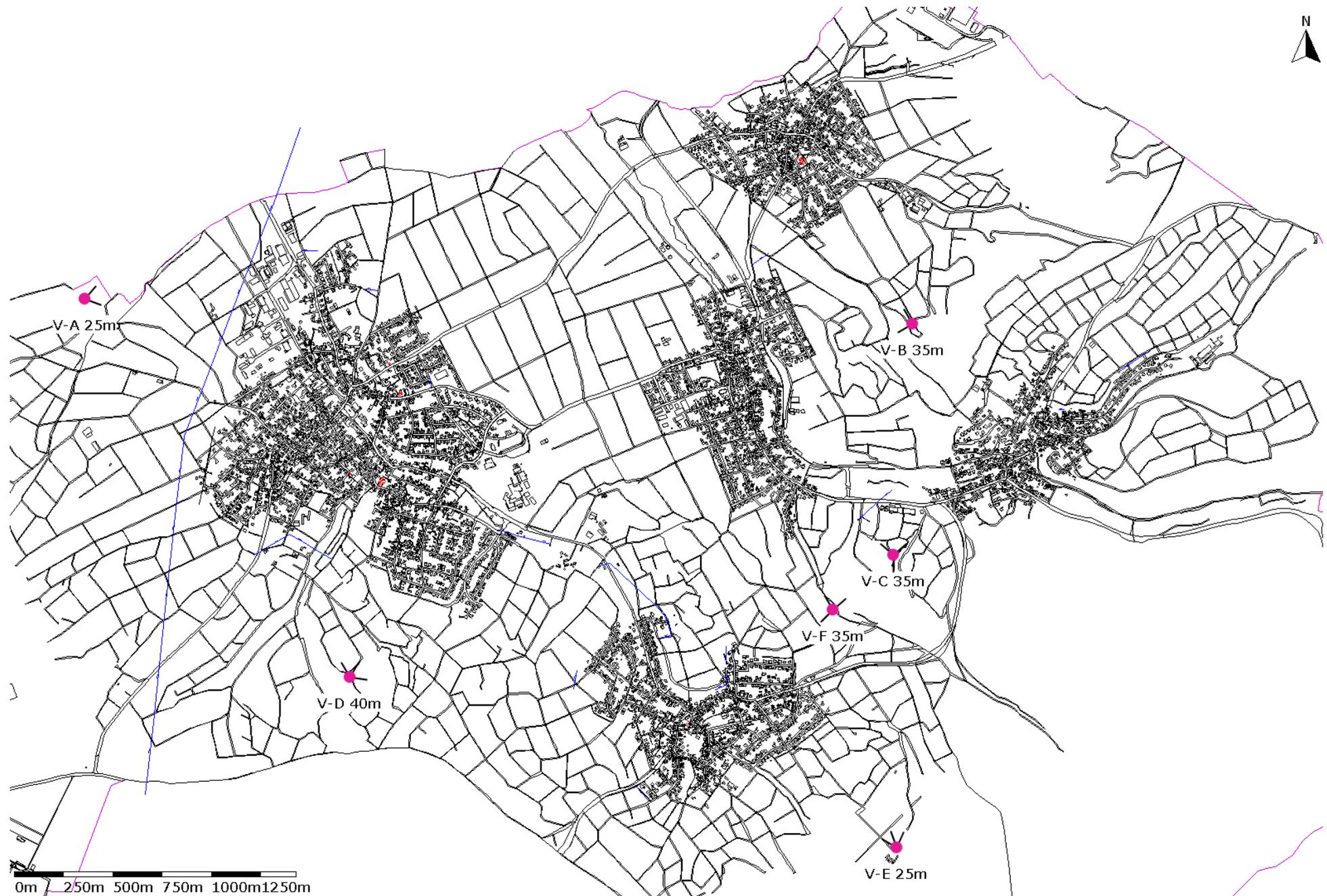
Karte 15a: Gesamt-Immissionssituation durch die vorhandenen Basisstation in Freigericht, berechnet für 2,0 m Höhe über Boden



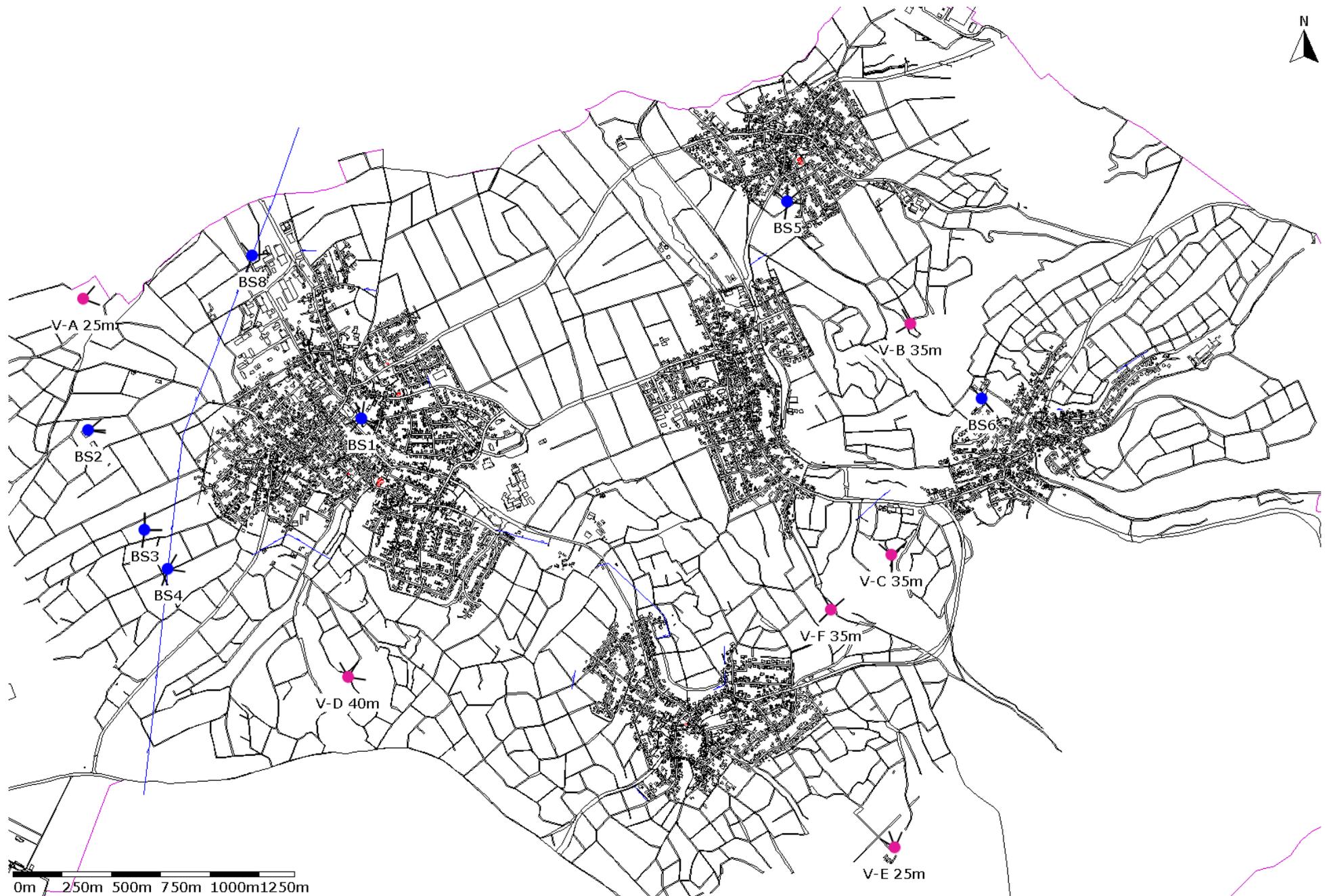
Karte 15b: Gesamt-Immissionssituation durch die vorhandenen Basisstation in Freigericht, berechnet für 7,5 m Höhe über Boden

Mobilfunkversorgungskonzept der Gemeinde Freigericht

EMF-Institut Dezember 2008, Kartengrundlage urheberrechtlich geschützt



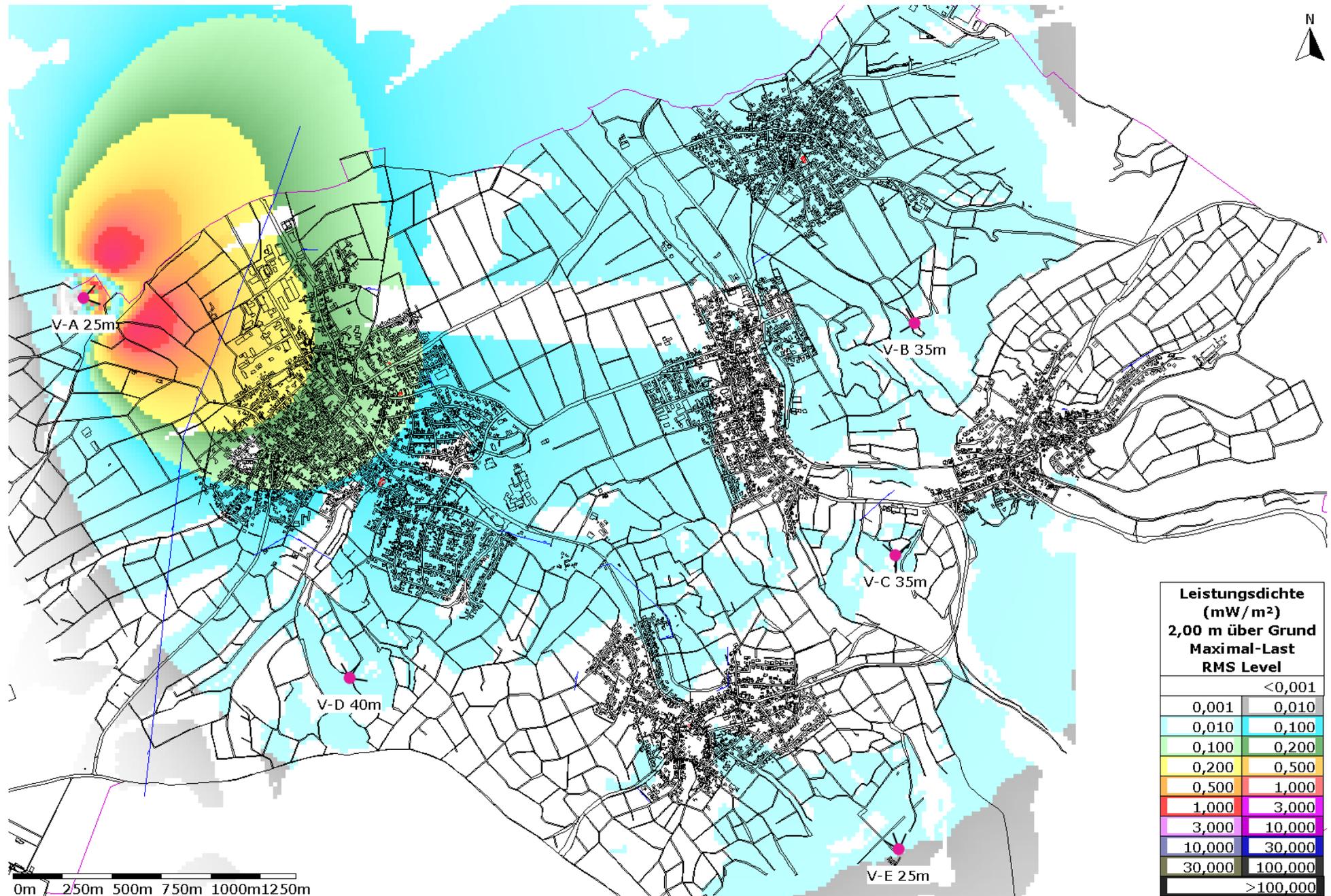
Karte 16a: Übersichtsplan der entwickelten Standortvorschläge
Mobilfunkversorgungskonzept der Gemeinde Freigericht



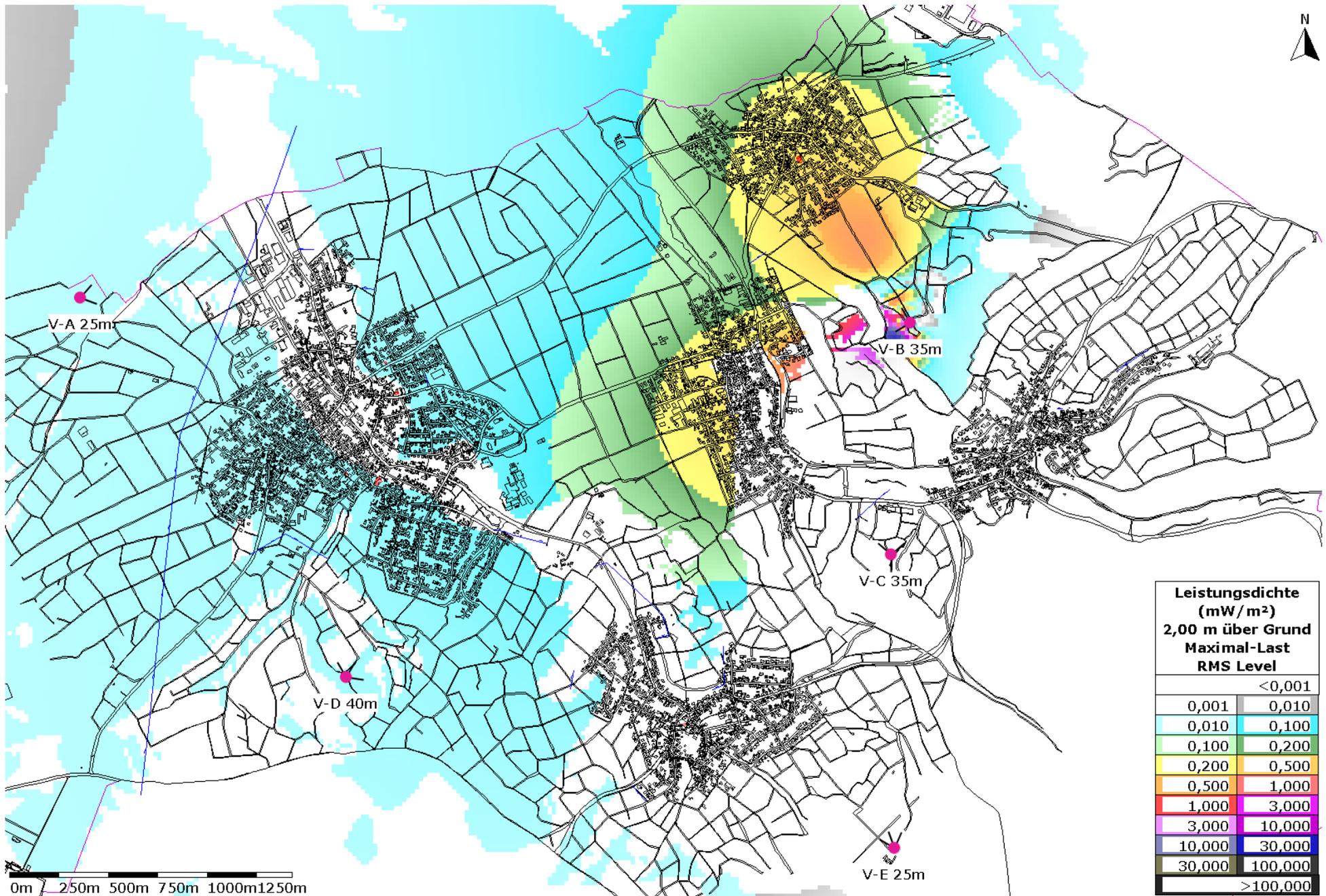
Karte 16b: Übersichtsplan der entwickelten Standortvorschläge (rot) und der vorhandenen Basisstationen (blau)

Mobilfunkversorgungskonzept der Gemeinde Freigericht

EMF-Institut Dezember 2008, Kartengrundlage urheberrechtlich geschützt

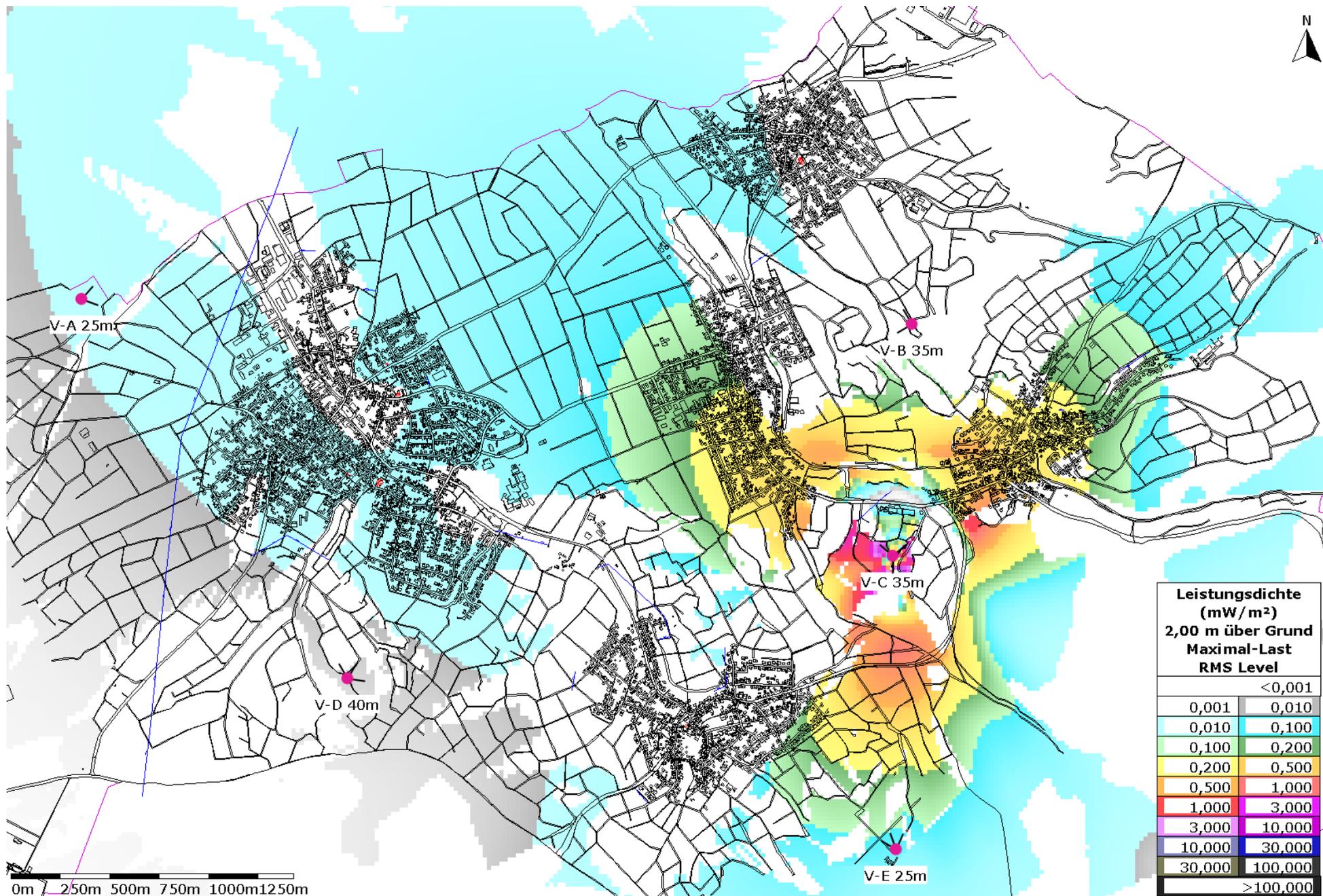


Karte 17: Standortvorschlag V-A : Versorgungsgebiet
Mobilfunkversorgungskonzept der Gemeinde Freigericht

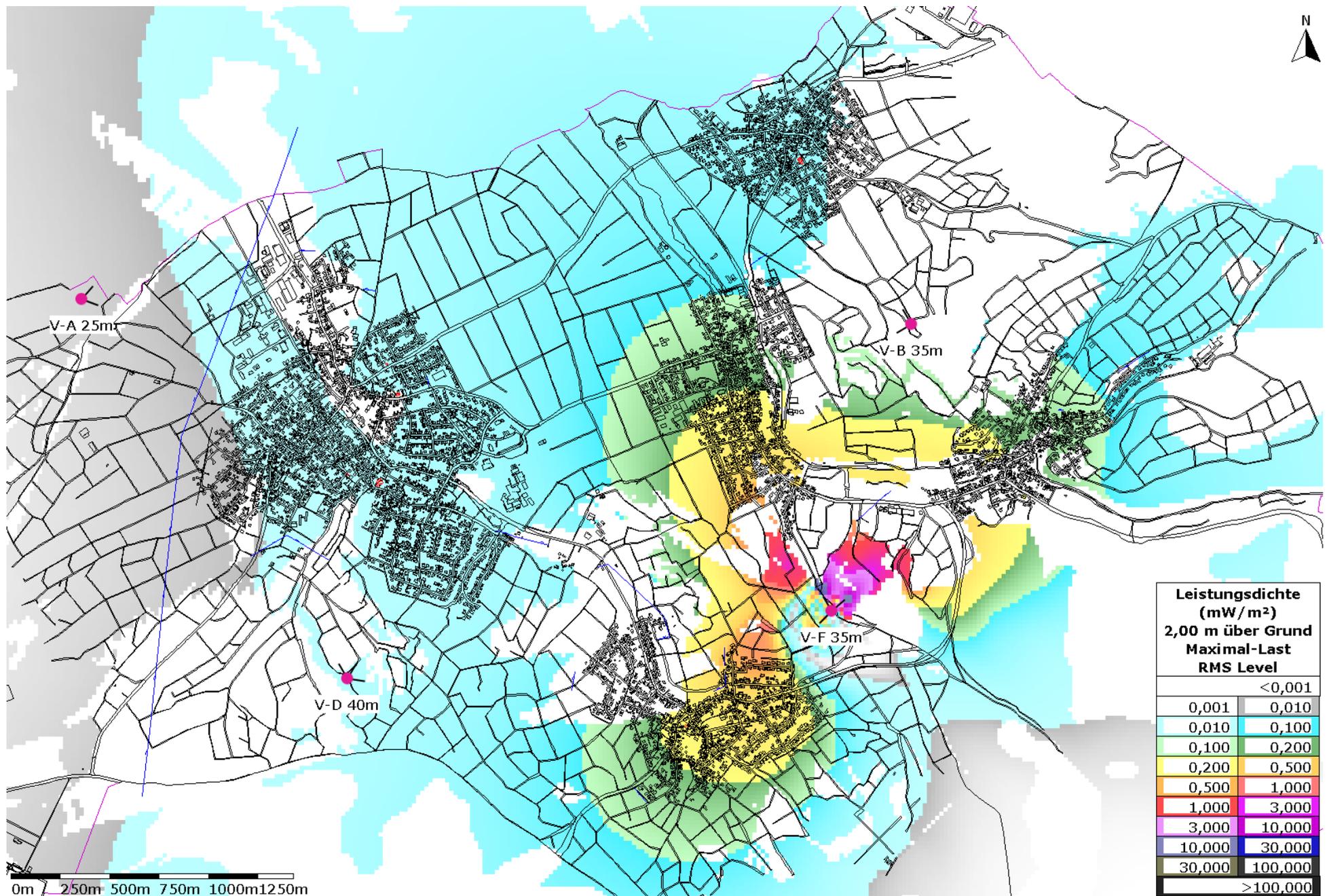


| Leistungsdichte (mW/m ²) 2,00 m über Grund Maximal-Last RMS Level | |
|---|----------|
| | <0,001 |
| 0,001 | 0,010 |
| 0,010 | 0,100 |
| 0,100 | 0,200 |
| 0,200 | 0,500 |
| 0,500 | 1,000 |
| 1,000 | 3,000 |
| 3,000 | 10,000 |
| 10,000 | 30,000 |
| 30,000 | 100,000 |
| | >100,000 |

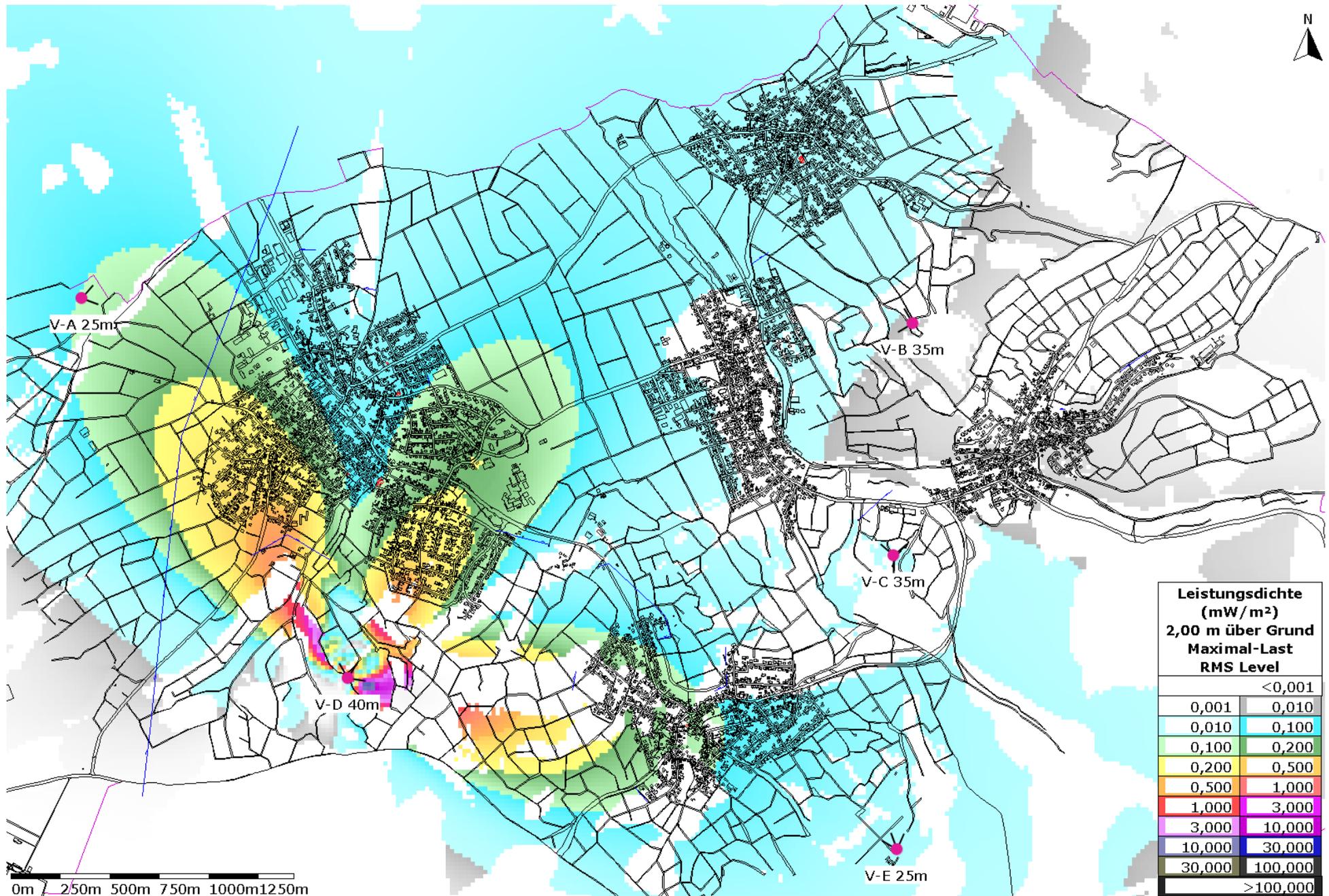
Karte 18: Standortvorschlag V-B: Versorgungsgebiet
 Mobilfunkversorgungskonzept der Gemeinde Freigericht



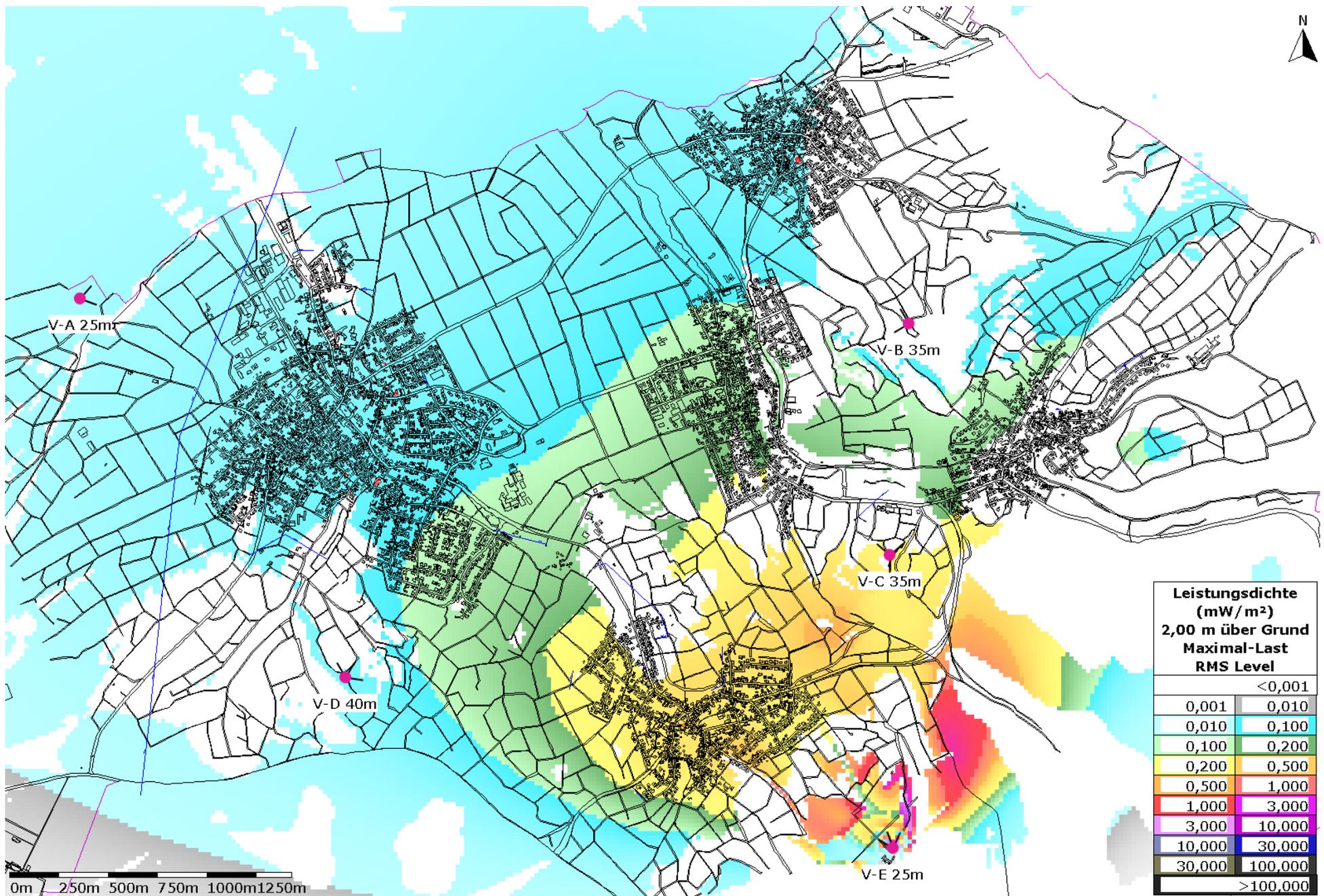
Karte 19: Standortvorschlag V-C: Versorgungsgebiet
Mobilfunkversorgungskonzept der Gemeinde Freigericht



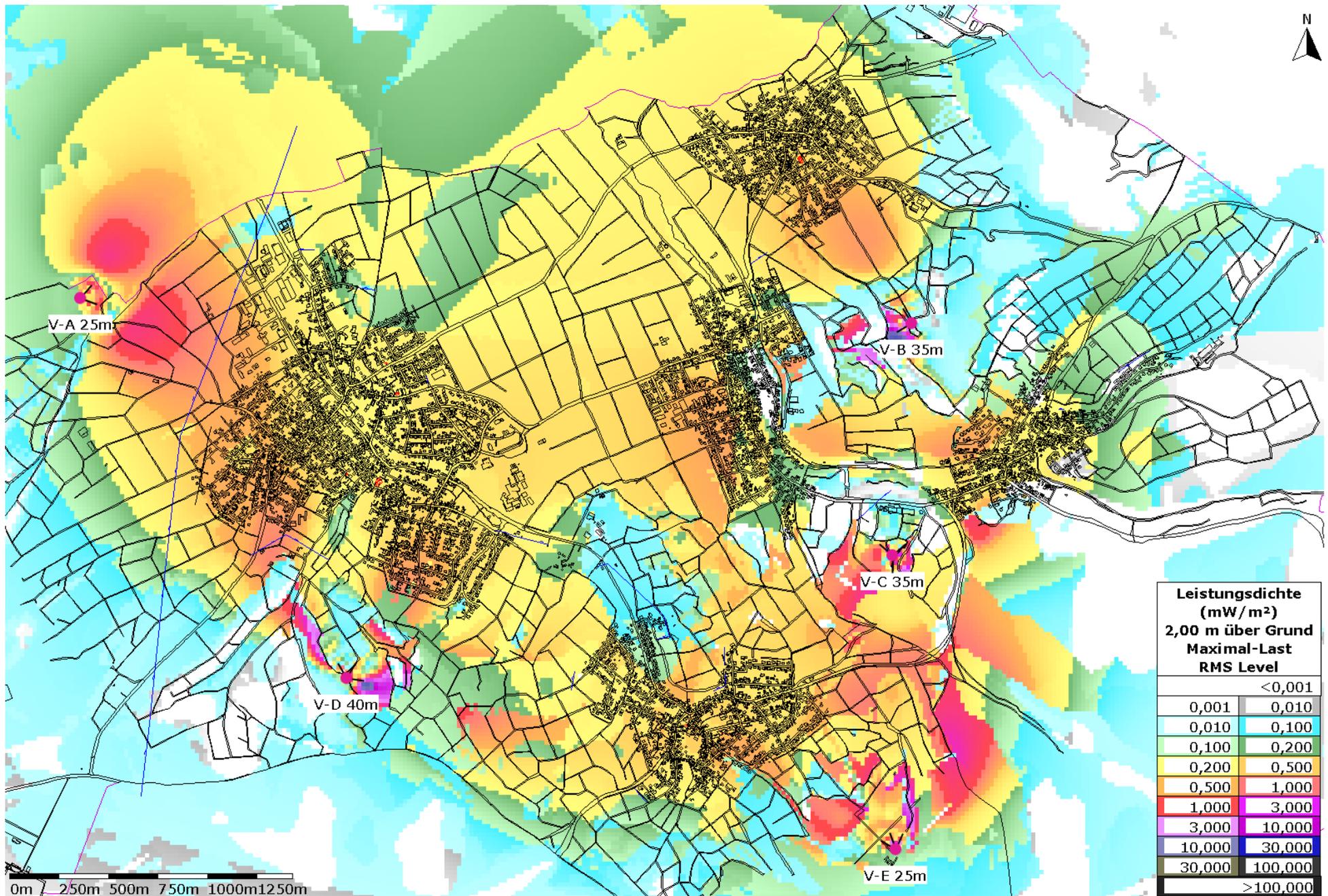
Karte 20: Standortvorschlag V-F: Versorgungsgebiet
 Mobilfunkversorgungskonzept der Gemeinde Freigericht



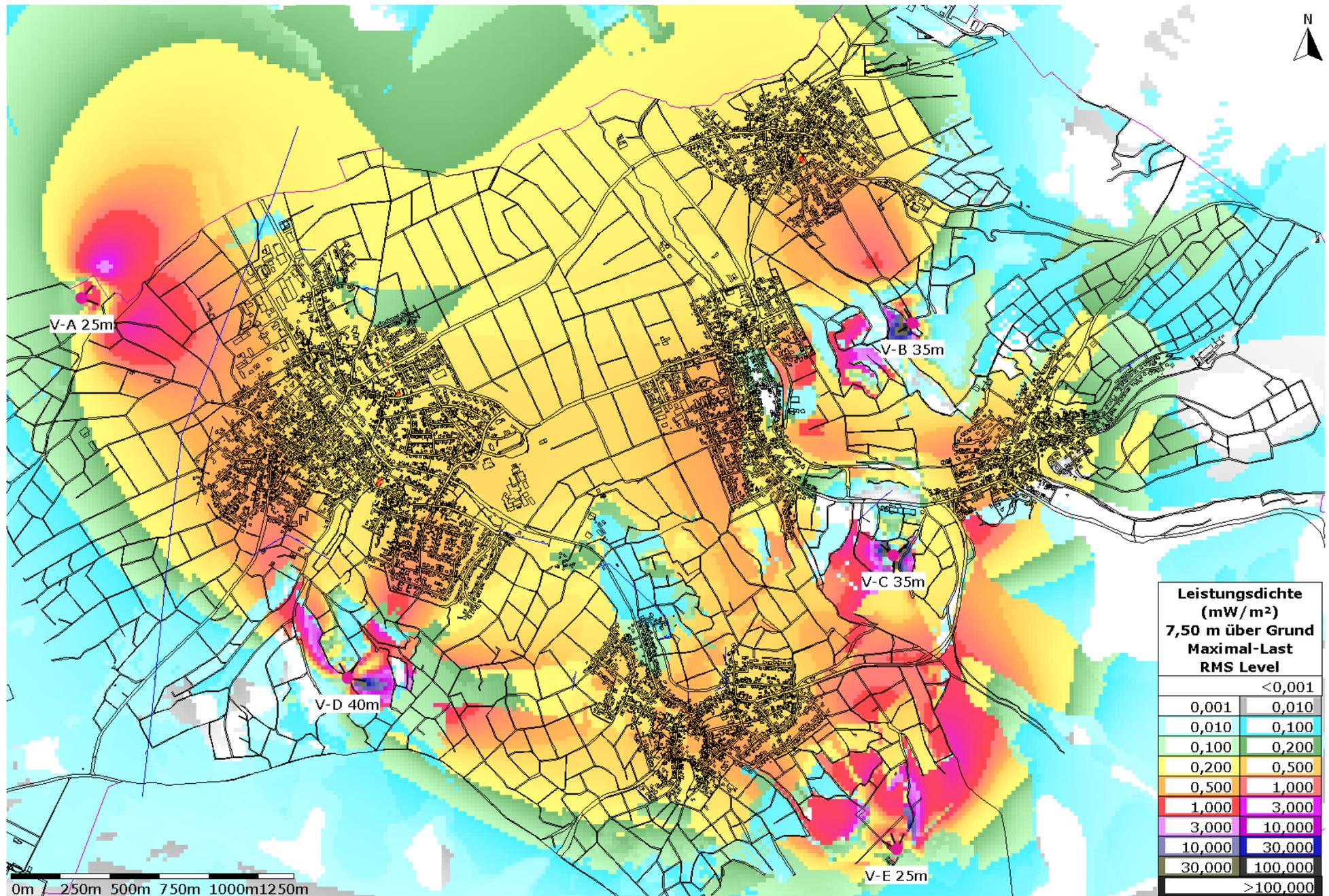
Karte 21: Standortvorschlag V-D: Versorgungsgebiet
Mobilfunkversorgungskonzept der Gemeinde Freigericht



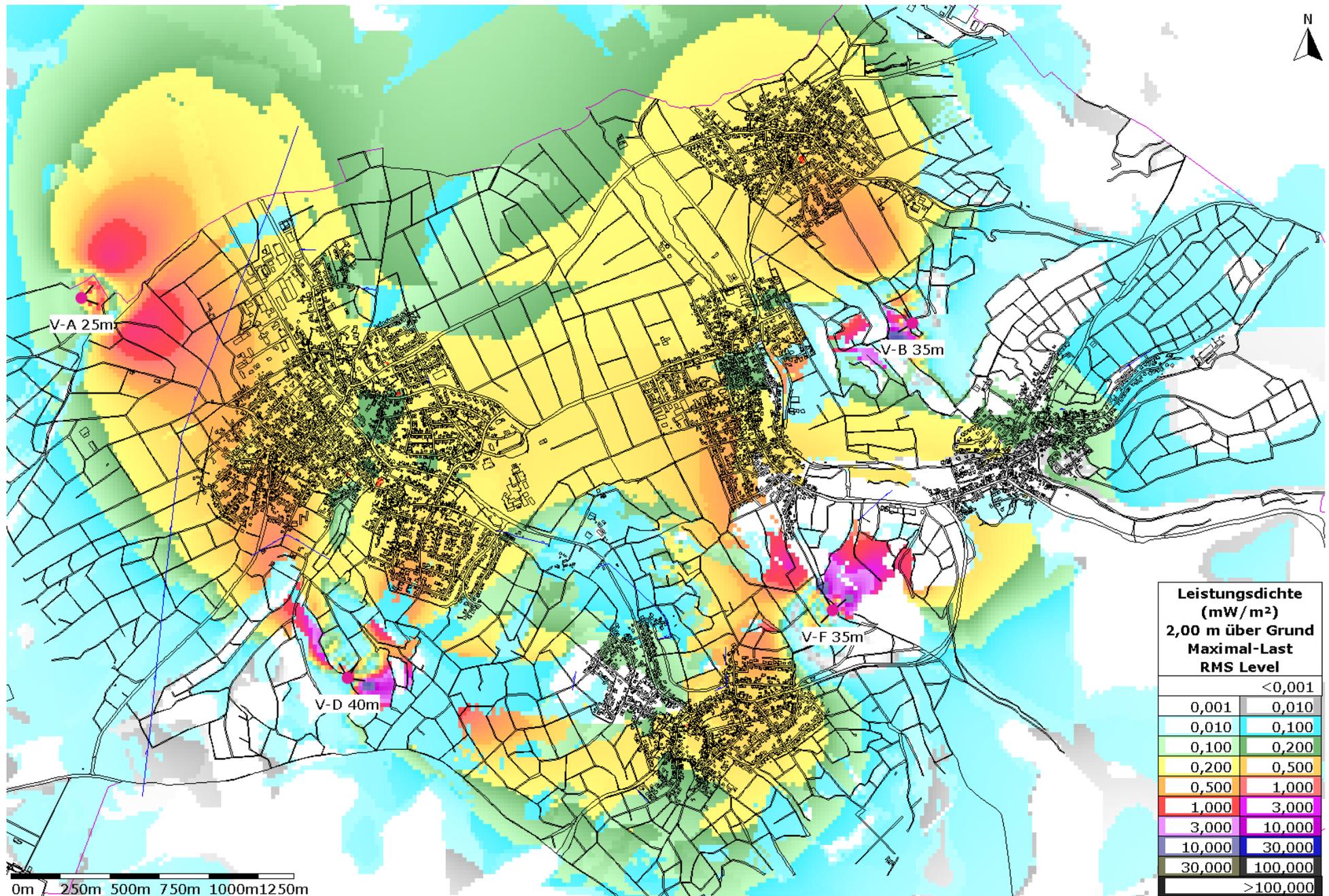
Karte 22: Standortvorschlag V-E: Versorgungsgebiet
 Mobilfunkversorgungskonzept der Gemeinde Freigericht



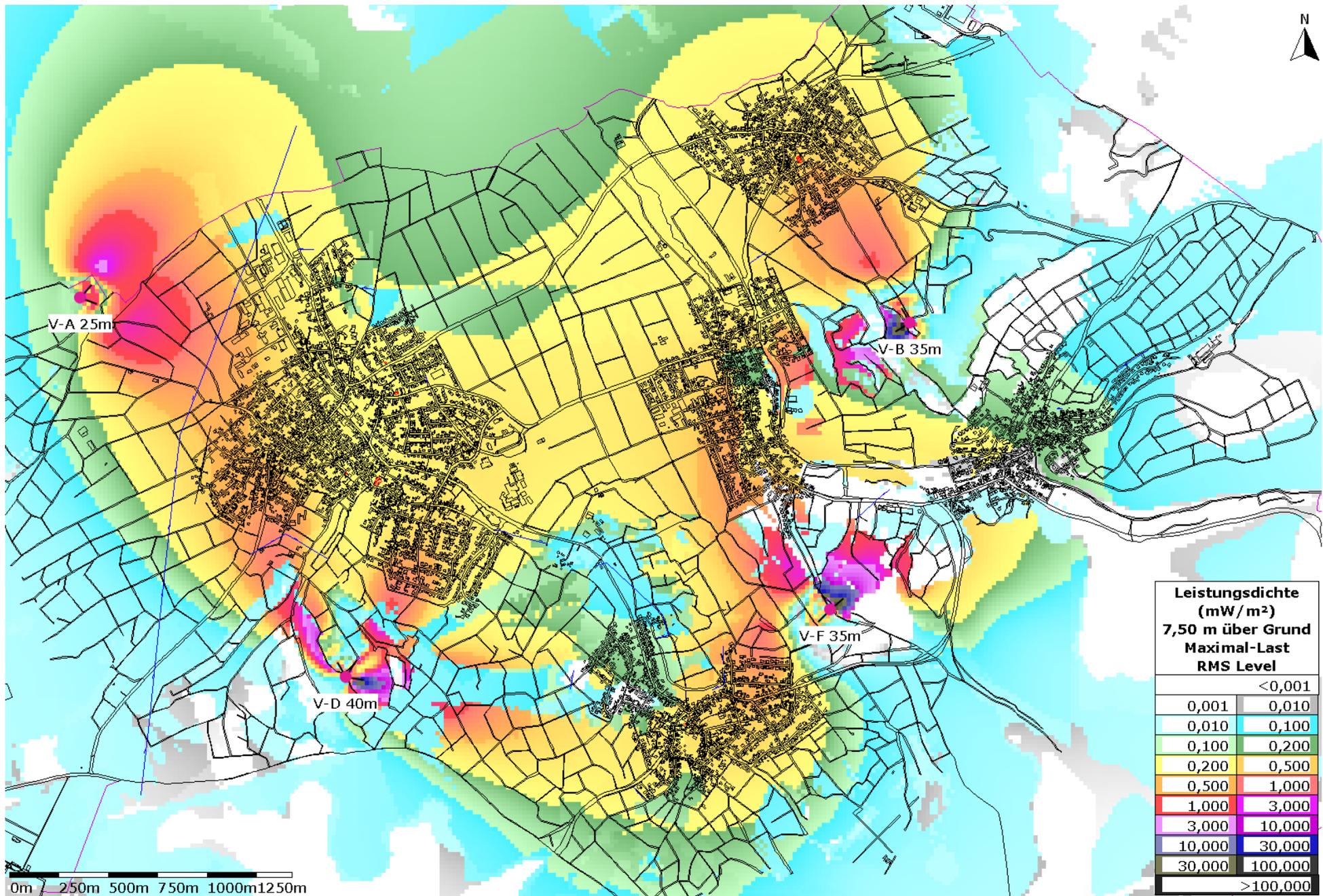
Karte 23a: Gesamt-Immissionssituation durch die entwickelten Standortvorschläge V-A bis V-E, berechnet für 2,0 m Höhe über Boden



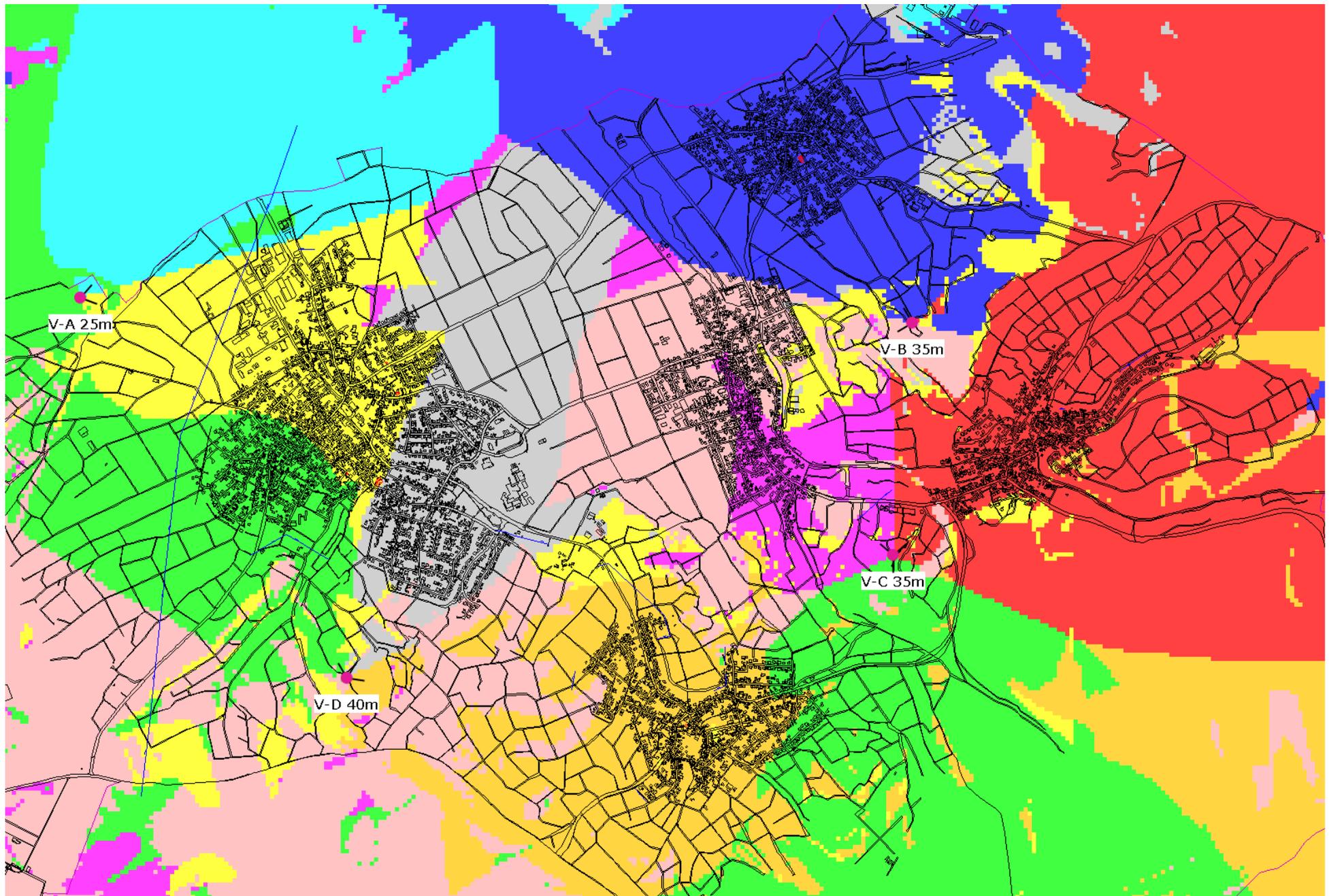
Karte 23b: Gesamt-Immissionssituation durch die entwickelten Standortvorschläge V-A bis V-E, berechnet für 7,5 m Höhe über Boden



Karte 24a: Gesamt-Immissionssituation durch die Alternativkombination der Standortvorschläge V-A, V-B, V-D, V-F, berechnet für 2,0 m Höhe über Boden



Karte 24b: Gesamt-Immissionssituation durch die Alternativkombination der Standortvorschläge V-A, V-B, V-D, V-F, berechnet für 7,5 m Höhe über Boden



Karte 25: Zellflächenaufteilung, exemplarisch für die entwickelten Standortvorschläge V-A, V-B, V-C und V-D

Mobilfunkversorgungskonzept der Gemeinde Freigericht

EMF-Institut Dezember 2008, Kartengrundlage urheberrechtlich geschützt