

Immissionsgutachten

Mobilfunk im Bereich Waldershof-Poppenreuth:
Vergleichende Untersuchung von Standortalternativen
hinsichtlich der Minimierung der Strahlenbelastung und
der effizienten Versorgung

Auftraggeber:	Stadtverwaltung Waldershof, Markt 1, 95679 Waldershof
Durchführung:	Hans Ulrich, Dipl.-Ing. (FH)
Umfang:	24 Seiten
Veröffentlichung:	Veröffentlichung der vollständigen Fassung erlaubt, sofern die Rechte anderer nicht verletzt werden. Eine auszugsweise Veröffentlichung erfordert die vorherige schriftliche Zustimmung.

Inhalt

- 1. Allgemeine Vorbemerkung zur Immissionsminimierung 3
 - 1.1 Ausgangslage 3
 - 1.2 Vorsorge 3
 - 1.3 Auswahl der zu untersuchenden Standortvarianten 3
 - 1.4 Technische Abstimmung, Versorgungsgüte 4
 - 1.5 Immissionsminimierung als weiteres Kriterium 4
- 2. Auftragstellung / Sachverhalt 4
- 3. Lageplan 5
- 4. Untersuchungsergebnisse und Beurteilung 6
 - 4.1 Optimierung: Betreiberneutraler Vergleich der Varianten 6
 - 4.2 Abstimmungsprozess mit der Betreiberseite 6
 - 4.3 Gutachterliche Stellungnahme 7
 - 4.3.1 Flächen- und Kapazitätsversorgung 7
 - 4.3.2 Lizenzauflagen 7
 - 4.3.3 Räumliche Verteilung des Versorgungspegels, Kapazität 8
 - 4.3.4 Immissionsvergleich der Standorte untereinander 8
 - 4.3.5 Fazit 8
- 5. Immissionsprognosen 9
 - 5.1 Spezifische Bestückung (Vergleichsparameter) 9
 - 5.2 Immissionsprognosen zu betreiberseitig mitgeteilten Konfigurationen 13
- 6. Schlussbemerkung / weitere Angaben 15
- 7. Anhang 16
 - 7.1 Vorgehensweise 16
 - 7.2 Einheiten, Skala, Grenzwerte 23
 - 7.3 Unterlagen 24

1. Allgemeine Vorbemerkung zur Immissionsminimierung

1.1 Ausgangslage

Anlass der Begutachtung ist in der Regel betreiberseitig benannter Bedarf zum Ausbau des Netzes oder seitens der öffentlichen Hand gewünschte Verbesserungen der Versorgung. Der Betreiber begründet den Bedarf entweder damit, dass er Ersatz für einen bestehenden, zu räumenden Standort benötige oder eine Erweiterung/Netzverdichtung/Verlegung erforderlich sei, da die aktuelle Versorgung nicht den Ansprüchen an die Qualität genüge und/oder die zunehmende Nutzung vor allem der Datendienste des Mobilfunks mit den bestehenden Standorten nicht gedeckt werden könne.

Die betreiberseitige Standortwahl ist neben der funktechnischen Eignung von den Kriterien Wirtschaftlichkeit und Verfügbarkeit geprägt.

1.2 Vorsorge

Verschiedene Forschungsergebnisse weisen auf mögliche Auswirkungen von Funkstrahlung unterhalb des gesetzlichen Grenzwerts hin. Diese wissenschaftlichen Hinweise legen es nahe, Vorsorge zu betreiben. Die Strahlenschutzkommission empfiehlt, „elektromagnetische Felder im Rahmen der technisch und wirtschaftlich sinnvollen Möglichkeiten zu minimieren“.¹

Der gesetzlich festgelegte Grenzwert enthält keine Vorsorgekomponente, wie der Bundesgerichtshof am 13.02.2004 urteilte. Nach einem Urteil des Bundesverwaltungsgerichts vom 30.08.2012 handelt es sich bei Besorgnissen zu gesundheitlichen Auswirkungen von Mobilfunk unterhalb der Grenzwerte nicht um bloße Immissionsbefürchtungen. Vielmehr seien sie dem „vorsorgerelevanten Risikoniveau“ zuzuordnen. Gemeinden dürften sich auch bei Unterschreitung der Grenzwerte mit der räumlichen Zuordnung von Mobilfunkstationen befassen. Allerdings dürften sie keine niedrigeren Grenzwerte festsetzen.

1.3 Auswahl der zu untersuchenden Standortvarianten

Die auftraggebende Kommune wurde gebeten, bestehende Mobilfunk-Standorte und alle in Diskussion befindlichen Standortvarianten mitzuteilen, damit diese in die Untersuchung einfließen. Diese Auswahl der Varianten wird vom Gutachter ausgehend vom betreiberseitig mitgeteilten Suchbereich mit funktechnisch relevantem Umfeld bzw. dem zu versorgenden Bereich unter Einsatz funktechnischer Fachkenntnisse mit dem Ziel der effizienten Versorgung bei Bedarf ergänzt und mit der Kommune abgestimmt. Dabei erfolgt auch eine Verfügbarkeitsvoranfrage.

Bei der Begutachtung wird angestrebt, die gesamte Bandbreite der möglichen spezifischen Immissionen von nicht speziell immissionsminimierten Standortvarianten bis hin zu Standortvarianten, welche bei der jeweils betroffenen Wohnbebauung möglichst geringe Immissionen verursachen, im Gutachten abzubilden.

Über die vergleichende Betrachtung verschiedener Standortvarianten gibt das vorliegende Gutachten Auskunft über die

- jeweiligen Versorgungsbereiche,

¹ Strahlenschutzkommission, Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern, 2001

- von den jeweiligen Varianten auf die jeweils betroffene Wohnbebauung einwirkenden Immissionen.

Durch die Einschaltung des Gutachters kommt es durchaus vor, dass ergänzend zur Immissionsminimierung auch das Versorgungsgebiet optimiert werden kann, z.B. die Versorgung von Straßenzügen/Ortsteilen oder Bereichen möglich wird, die sonst außen vor geblieben wären und für die später vielleicht ein zusätzlicher Standort notwendig würde.

1.4 Technische Abstimmung, Versorgungsgüte

Paragraph 7a der 26. Bundesimmissionsschutzverordnung sichert der Kommune eine Mitwirkungsmöglichkeit bei der Standortwahl. Im dialogischen Verfahren werden die Varianten dem Betreiber/den Betreibern im Rahmen einer technischen Vorabstimmung mit der Bitte um Stellungnahme zur Eignung übermittelt. Im Falle von Bauleitplanverfahren erfolgt die Beteiligung der Betreiberseite im Rahmen der vorgesehenen Verfahrensschritte.

Betreiberseitige Aussagen zur funktechnischen Nicht- oder Schlechter-Eignung von Standortvarianten werden anhand hochentwickelter Funknetzplanungs-Software² auf Plausibilität überprüft. Dabei wird das o.a. Urteil des Bundesverwaltungsgerichts vom 30.08.2012 berücksichtigt, nachdem die Kommunen u.a. zu beachten haben, dass ein hohes öffentliches Interesse an einer flächendeckend angemessenen und ausreichenden Versorgung der Bevölkerung mit Dienstleistungen des Mobilfunks besteht und dass dieses öffentliche Interesse mit der Zunahme der Nutzung der Mobilfunkdienste steigt.

1.5 Immissionsminimierung als weiteres Kriterium

Das vorliegende Gutachten ermöglicht es der Kommune, die Vorsorge sowie den Aspekt der effizienten Versorgung in die Kriterien der Standortwahl einzubeziehen.

Zielsetzung der Untersuchung ist, Varianten zu finden, welche die o.a. Ansprüche an die Versorgung erfüllen und mit denen zugleich unnötig hohe Befeldungen der jeweils benachbarten Wohnbevölkerung vermieden werden können.

Über die vergleichende Betrachtung verschiedener Standortvarianten gibt das vorliegende Gutachten einen Überblick zu den von den jeweiligen Varianten auf die jeweils betroffene Bebauung mit überwiegend wohnlicher Nutzung einwirkenden Immissionen.

2. Auftragstellung / Sachverhalt

Nach Mitteilung der Stadtverwaltung sucht die Telekom zur Verbesserung der Versorgung im Bereich Poppenreuth (NY2923) einen neuen Mobilfunk-Standort.

Am 19.11.2024 erteilte die Stadtverwaltung Waldershof den Auftrag, anhand einer ergebnisoffenen, vergleichenden Betrachtung zu untersuchen, wie sich im Suchbereich mit funktechnisch relevantem Umfeld benannte Standortalternativen hinsichtlich der Aspekte Immissionsminimierung und effiziente Versorgung verhalten.

Das Untersuchungsergebnis ist zu beurteilen.

² welche der Gutachter im Rahmen seiner Forschungstätigkeit mitentwickelt

3. Lageplan



Abbildung 1: Lageplan (Luftbild mit Geländehöhenvisualisierung) zum Suchbereich mit funktechnisch relevantem Umfeld.

Schwarze Punkte: Orientierung.

Violette Punkte: Näher betrachtete Standortalternativen.

Sofern die Bezeichnung mit einer Ziffer beginnt: Bestehender Standort mit Nr. der Standortbescheinigung.

Angefügter Index n/s (in allen Grafiken dieses Gutachtens): nicht lagerelevanter Konfigurationsindex.

Die genauen Positionen und Montagehöhen der Antennen sind in den Prognosegrafiken des Kapitels 5 ab Seite 9 verzeichnet.

4. Untersuchungsergebnisse und Beurteilung

4.1 Optimierung: Betreiberneutraler Vergleich der Varianten

Um einen normierten Vergleich der im vorliegenden Bericht betrachteten Varianten zu ermöglichen, wurden Immissionsprognosen mit vom Unterzeichner des Berichts angenommenen, vergleichenden Parametern (Index „s“) gerechnet. Diese **netzbetreiberneutrale Betrachtung** erfolgt für einen fiktiven Betreiber mit je einem Funkdienst der Flächenversorgung sowie einem Funkdienst der Kapazitätsversorgung. So können die Prognosewerte der im Vergleich stehenden Standortvarianten ins Verhältnis gesetzt und vergleichsweise schonend abdeckende Standorte identifiziert werden.

Die Prognosegrafiken finden sich unter 5.1 ab Seite 9. In den Grafiken ist auch die Lage der Immissionspunkte (Index si) eingezeichnet.

Tabelle 1 liefert einen Überblick über die Prognosewerte an den dargestellten Immissionspunkten bei Vollast in V/m in 4 m Höhe über Grund. Zusätzlich ist die Ausschöpfung des in Deutschland gültigen Grenzwerts in Prozent angegeben. Eine Umrechnungstabelle sowie eine Grenzwerttabelle finden sich unter 7.2 auf Seite 23. Zu ggf. unterschiedlichen Verhältnissen zwischen Feldstärke und Ausschöpfungsgrad des Grenzwerts vgl. h) auf Seite 18.

Die jeweils auf das betroffene bebaute Umfeld einwirkende Immission kann durch Standortwahl und Konfiguration deutlich beeinflusst werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Varianten je nach Lage z.T. unterschiedliche Versorgungsaufgaben zu erfüllen vermögen.

Name	V/m	%GW
A01si1	2,7	5,7
A01si2	2,4	5,1
A02si	2,2	4,3
A03si1	1,2	2,5
A03si2	1,0	2,1
W01si1	3,0	5,1
W01si2	2,9	5,7

Tabelle 1

Sofern eine Abstimmung mit der Betreiberseite erfolgte, können den Betrachtungen bei Lieferung von Planungsdaten Immissionsprognosen zu betreiberseitig geplanten Konfigurationen hinzugefügt werden, vgl. folgendes Kapitel.

4.2 Abstimmungsprozess mit der Betreiberseite

Die mit der Kommunalverwaltung abgestimmten Standortvarianten sind im Lageplan (Abb. 1 auf Seite 5) verzeichnet. Die Standortvarianten wurden der **Telekom** am 19.12.2024 mit der Bitte um Stellungnahme zur funktechnischen Eignung übermittelt. Zur Diskussion von Standortvarianten sowie für betreiberseitige Standortvorschläge stehe man gerne zur Verfügung. Für aus Sicht des Betreibers gegebene funktechnische Eignungseinschränkungen bzw. Nichteignungen wurde um Angabe des geplanten Versorgungsgebietes sowie Begründung gebeten. Bzgl. der aus Sicht des Betreibers geeigneten oder bedingt geeigneten Varianten wurde zudem um Angabe von Priorisierung und funktechnischen Konfigurationen nach derzeitigem Planungsstand gebeten.

Die **Telekom** teilte am 18.06.2025 mit Änderungen/Ergänzungen am 04.07.2025 unter Beifügung geplanter Konfigurationen bzgl. der funktechnischen Eignung sinngemäß mit:

Alle Standortvorschläge sind funktechnisch geeignet (W01 bis A03). Eine Priorisierung rein funktechnisch betrachtet wird hier nicht durchgeführt.

Es können die Ortsteile Poppenreuth, Walbenreuth, Hard und vor allem die östlichen Siedlungsgebiete (ausgehend von Poppenreuth) sehr gut erreicht werden. Dazu wird der Staatsstraßenverlauf Richtung Süd-Ost (von Poppenreuth) gut versorgt werden.

Für den Ortsteil Wolfersreuth ergeben sich Verbesserungen zur jetzigen Versorgung, jedoch kann eine wesentlich verbesserte Inhouse Abdeckung nicht erreicht werden. Der Verlauf der Staatsstraße in Richtung Nord erreicht derzeit die notwendige Abdeckung für die Versorgungsaufgaben. Vielleicht ergibt sich in Zukunft ein weiterer Versorgungsauftrag der dann mit einem neuen Planauftrag abzudecken ist. Der Schwerpunkt des kommunalen Ausbaubedarfs liegt auf der Haushaltsversorgung unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für das zutreffende Gebiet.

Fazit: Alle Standorte wurden bezüglich wirtschaftlicher Rahmenbedingungen zur Umsetzung geprüft. Von Seiten der Deutschen Funkturm GmbH und Telekom Technik GmbH kann ausschließlich einer Umsetzung von W01 und A01 zugestimmt werden. Andere Standortalternativen übertreffen den einzuhaltenden Kostenrahmen und werden seitens der Telekom/DFMG abgelehnt.

Die Prognosegrafiken (Immission) unter Berücksichtigung der vom Betreiber übermittelten Konfigurationsdaten finden sich unter 5.2 ab Seite 13. Diese stellen die aktuelle Planung dar, vgl. o) auf Seite 21. In den Grafiken ist auch die Lage der Immissionspunkte (Index ni) eingezeichnet.

Tabelle 2 liefert einen Überblick über die Prognosewerte an den Immissionspunkten (Index: ni) in 4 m Höhe über Grund. Zusätzlich ist die Ausschöpfung des in Deutschland gültigen Grenzwerts in Prozent angegeben. Eine Umrechnungstabelle sowie eine Grenzwerttabelle findet sich unter 7.2 auf Seite 23.

Name	V/m	%GW
A01ni1	1,5	3,6
A01ni2	1,4	3,4
W01ni1	2,1	4,5
W01ni2	1,9	4,5

Tabelle 2

4.3 Gutachterliche Stellungnahme

4.3.1 Flächen- und Kapazitätsversorgung

Der Frequenzbereich der Flächenversorgung weist eine gute Reichweite auf und stellt insbesondere im dünner besiedelten ländlichen Bereich das Rückgrat der Versorgung dar. Der Frequenzbereich der Kapazitätsversorgung ermöglicht bei geringerer Reichweite die Übertragung wesentlich größerer Datenmengen.

Gemäß Angaben der Bundesnetzagentur steigt das bundesweit über die öffentlichen Mobilfunknetze übertragene Datenvolumen jährlich zwischen rund 20 % und 40 % an. Reicht im dünner besiedelten ländlichen Raum derzeit oft noch der Frequenzbereich der Flächenversorgung, macht die höhere Nachfrage in dichter besiedelten Bereichen / größeren Ortsteilen sowie entlang stärker genutzter Verkehrsadern häufig zusätzliche Funkdienste im Frequenzbereich der Kapazitätsversorgung erforderlich.

Die meisten Mobilfunk-Standorte senden daher zugleich in mehreren Frequenzbändern. Eine technische Regelung sorgt dafür, dass der Datenverkehr in den von den jeweiligen Standorten aus einfach zu versorgenden Gebieten bevorzugt über die Frequenzbänder der Kapazitätsversorgung abgewickelt wird. Die Frequenzbänder der Flächenversorgung werden so für die von den Standorten aus schwerer zu erreichenden Gebiete frei gehalten.

4.3.2 Lizenzaufgaben

Aufgrund von Lizenzaufgaben der Bundesnetzagentur (BK1-22/001 vom 24.03.2025)³ sind 99,5 % der Fläche, 99 % der Haushalte in dünn besiedelten Gebieten sowie Autobahnen,

³ Abrufbar unter [BK1-22/001 der Bundesnetzagentur](#) (Link-Ziel wird laufend aktualisiert).

Bundes-, Staats-/Landes- und Kreisstraßen bis zu den Jahren 2029/2030 weitergehender als aktuell mit mobilem Breitband zu versorgen.

Für Schienenwege ist jeder Netzbetreiber zur Mitwirkung am Ausbau mit sehr hoher Kapazität sowie zu Verhandlung zur gemeinsamen Nutzung von Infrastruktur verpflichtet.

4.3.3 Räumliche Verteilung des Versorgungspegels, Kapazität

Die Varianten wurden auch hinsichtlich des Versorgungspegels mit der Prognosesoftware überprüft, vgl. d) auf Seite 17.

Im jeweils von den Antennen aus einsehbaren Umfeld können sie die Mobilfunk-Versorgung gegenüber dem aktuellen Zustand erheblich verbessern bzw. bei Wegfall eines bestehenden Standorts auch weiterhin sichern.

Aufgrund ihrer unterschiedlichen Lage zeigen die untersuchten Varianten ihre Vor- und Nachteile in der räumlichen Ausdehnung des Versorgungspegels z.T. in unterschiedlichen Bereichen.

W01, A01 und A02 vermögen Poppenreuth, Hard, Walbenreuth und Helmbrechts mit zugehörigen Streckenabschnitten der Kreis- und Staatsstraßen mit optimalem bis stabilem Pegel abzudecken. A02 dabei mit größerer Masthöhe als W01 und A01. Die St 2170 wird südlich der Abzweigung Stieglmühle bis etwas über die südliche Gemeindegrenze hinaus abgedeckt. Schafbruck wird wg Abschattung vergleichsweise schwächer erreicht. Wolfersreuth wird wg Abschattung und Entfernung schwächer als Schafbruck erreicht – eine leistungsfähige breitbandige Abdeckung erscheint in Wolfersreuth nicht sichergestellt bzw. unwahrscheinlich.

A03 vermag Poppenreuth, Helmbrechts, Schafbruck und Walbenreuth mit zugehörigen Streckenabschnitten der Kreis- und Staatsstraßen mit optimalem bis stabilem Pegel abzudecken. Die St 2170 wird von Norden ab etwa der Kreuzung nach Lengenfeld über die Stieglmühle bis etwas über die südliche Gemeindegrenze hinaus abgedeckt. Im gesamten Streckenabschnitt der St 2170 werden Reserven prognostiziert, die bei der o.a. Verschärfung der Frequenznutzungsaufgaben dienlich sein können. Hard wird von A03 wg Abschattung vergleichsweise schwächer erreicht als mit W01, A01 oder A02. Wolfersreuth wird von A03 wg Abschattung ähnlich schwach wie von W01, A01 oder A02 erreicht – eine leistungsfähige breitbandige Abdeckung erscheint in Wolfersreuth nicht sichergestellt bzw. unwahrscheinlich.

4.3.4 Immissionsvergleich der Standorte untereinander

Vergleiche der spezifischen Immissionen an den Prognosepunkten der Standorte untereinander können anhand Tabelle 1 auf Seite 6 angestellt werden. Die zugehörigen Prognosegrafiken unter 5.1 ab Seite 9 geben einen optischen Eindruck über die flächige Ausprägung der Immission in der spezifischen (netzbetreiberneutralen) Konfiguration.

4.3.5 Fazit

Alle untersuchten Varianten vermögen Poppenreuth, Walbenreuth und Helmbrechts sowie zugehörige Streckenabschnitte der Staats- und Kreisstraßen mit optimalem bis stabilem Pegel abzudecken.

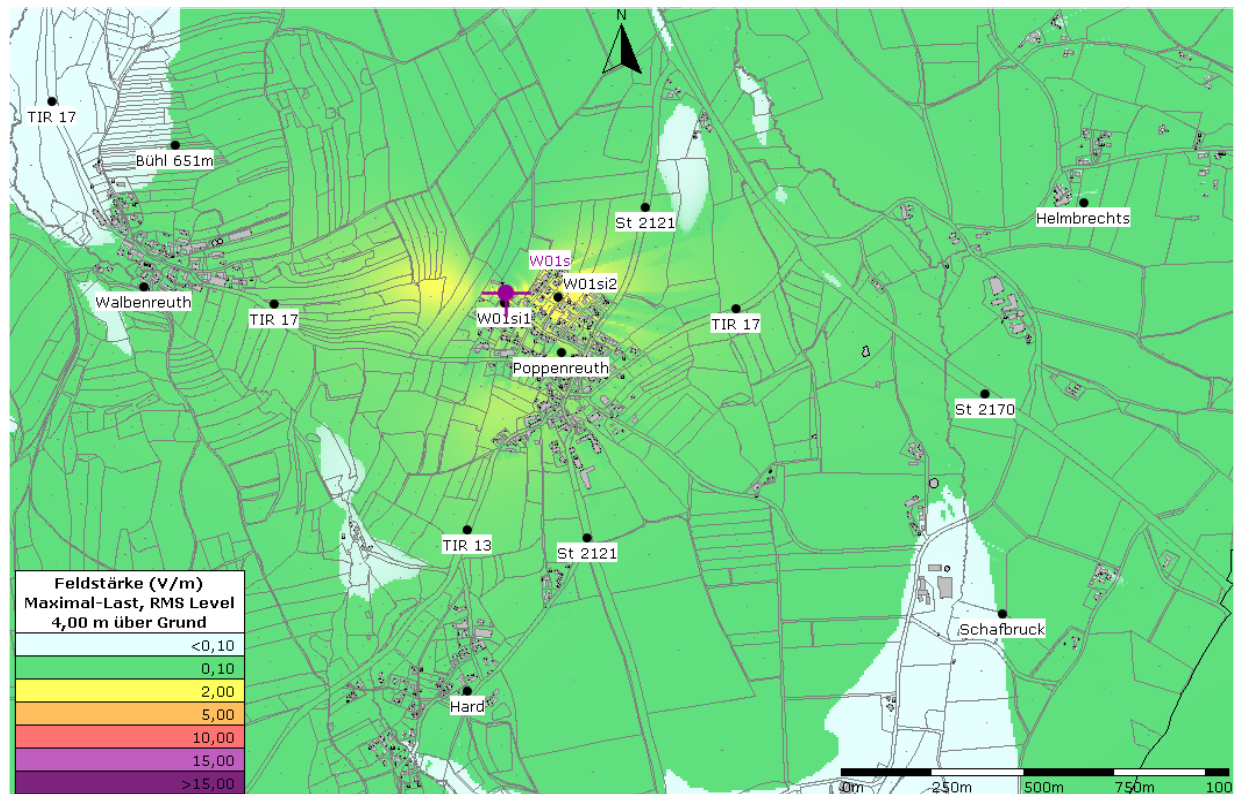
W01/A01/A02 weisen gegenüber A03 Vorteile bei der Abdeckung von Hard und der TIR 13 nach Südwesten auf.

A03 weist gegenüber W01/A01/A02 Vorteile bei der Abdeckung von Schafbruck sowie der St 2170 ab etwa Stieglmühle in Richtung Waldershof bis Abzw. Lengenfeld auf.

5. Immissionsprognosen

5.1 Spezifische Bestückung (Vergleichsparameter)

Alle Varianten dieses Punkts sind ausschließlich mit einer spezifischen, netzbetreiberneutralen Konfiguration für einen Betreiber bestückt und dienen dem Immissionsvergleich der Standorte untereinander. Zur Vergleichbarkeit der Funkdienste untereinander und bzgl. Aussagen zur absoluten Höhe der Immission vgl. m) und n) ab Seite 20.



B ID	Typ	Höhe (üG)	Gesamt-Leistung	Dt.	Elekt.	Kabelverlust
* W01s:neutral:MB09:90	AJ P4-BBUULL20-I1N	19,02 m	80,0 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	0,00 dB
* W01s:neutral:MB09:180	AJ P4-BBUULL20-I1N	19,02 m	80,0 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	0,00 dB
* W01s:neutral:MB09:270	AJ P4-BBUULL20-I1N	19,02 m	80,0 W	0,00 °	4,00 °-4,00 °	0,00 dB
* W01s:neutral:MB21:90	AJ P4-BBUULL20-I1N	19,02 m	80,0 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	0,00 dB
* W01s:neutral:MB21:180	AJ P4-BBUULL20-I1N	19,02 m	80,0 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	0,00 dB
* W01s:neutral:MB21:270	AJ P4-BBUULL20-I1N	19,02 m	80,0 W	0,00 °	4,00 °-4,00 °	0,00 dB

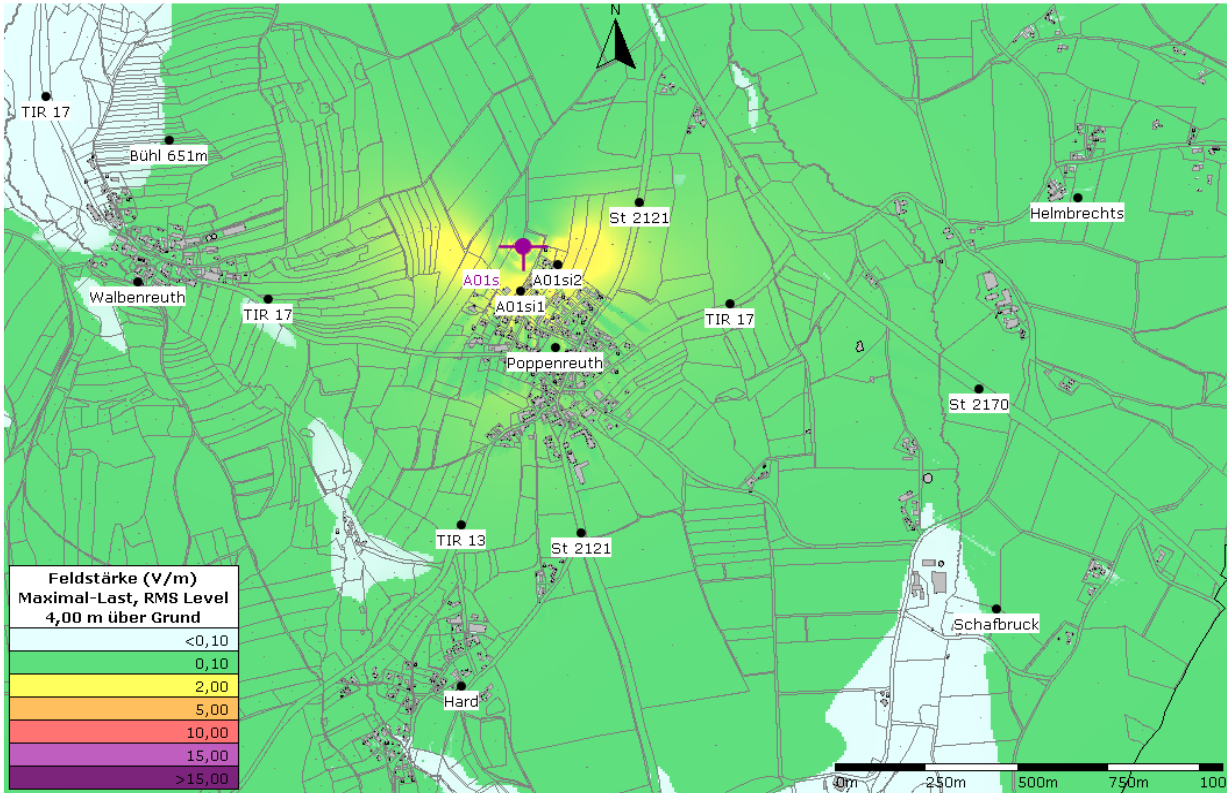
Abbildung 2: Immissionsprognose zu Variante W01s in betreiberneutraler Vergleichskonfiguration (Flächen- und Kapazitätsversorgung).

Prognosewert am Immissionspunkt

W01si1: 3,0 V/m

W01si2: 2,9 V/m

Ermittlung der Lage der Immissionspunkte: vgl. f) auf Seite 18.



B ID	Typ	Höhe (üG)	Gesamt-Leistung	Dt.	Elekt.	Kabelverlust
* A01s:neutral:..MB09:90	AJ P4-BBUULL20-I1N	19,02 m	80,0 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	0,00 dB
* A01s:neutral:..MB09:180	AJ P4-BBUULL20-I1N	19,02 m	80,0 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	0,00 dB
* A01s:neutral:..MB09:270	AJ P4-BBUULL20-I1N	19,02 m	80,0 W	0,00 °	4,00 °-4,00 °	0,00 dB
* A01s:neutral:..MB21:90	AJ P4-BBUULL20-I1N	19,02 m	80,0 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	0,00 dB
* A01s:neutral:..MB21:180	AJ P4-BBUULL20-I1N	19,02 m	80,0 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	0,00 dB
* A01s:neutral:..MB21:270	AJ P4-BBUULL20-I1N	19,02 m	80,0 W	0,00 °	4,00 °-4,00 °	0,00 dB

Abbildung 3: Immissionsprognose zu Variante A01s in betreiberneutraler Vergleichskonfiguration (Flächen- und Kapazitätsversorgung).

Prognosewert am Immissionspunkt
A01si1: 2,7 V/m
A01si2: 2,4 V/m

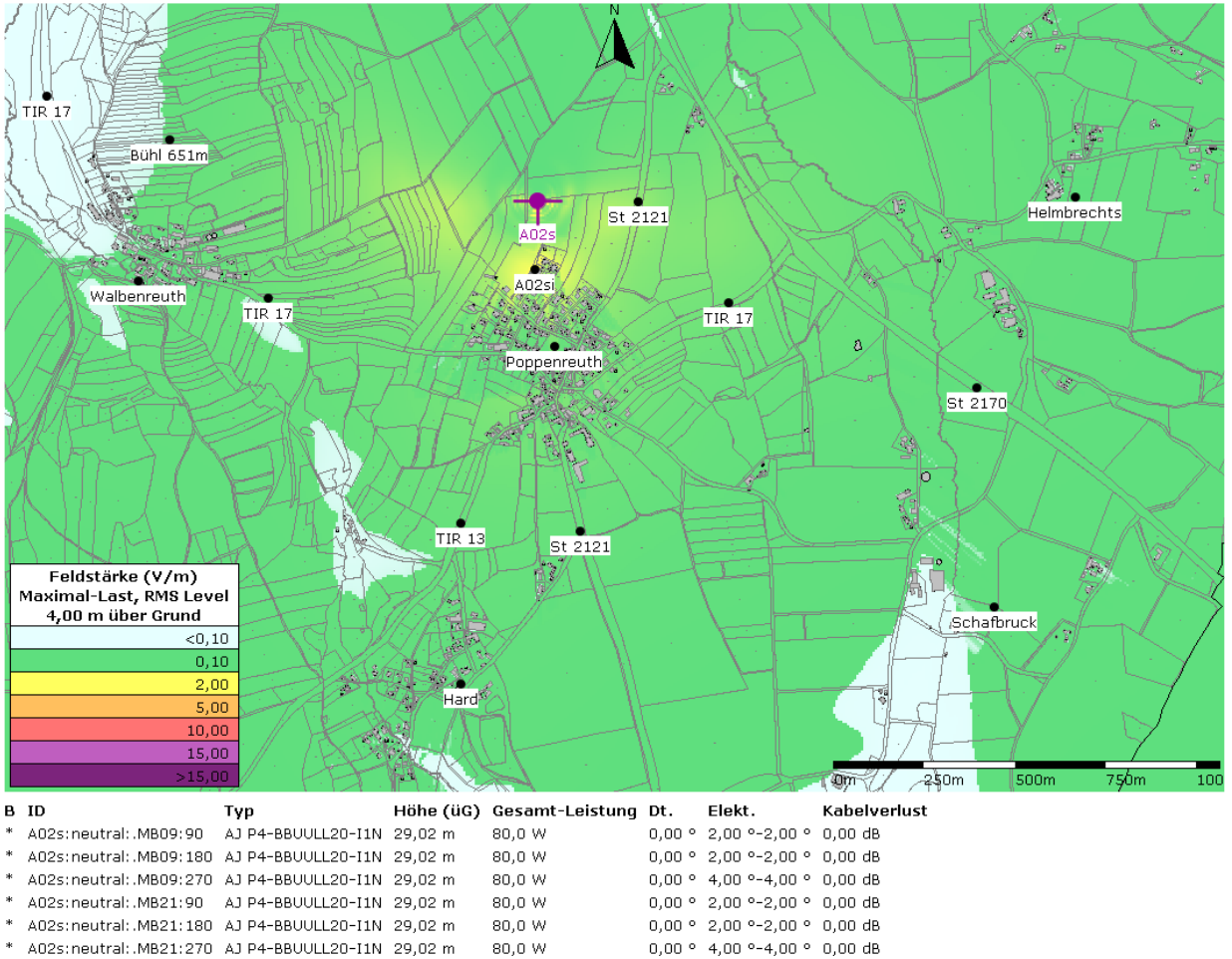
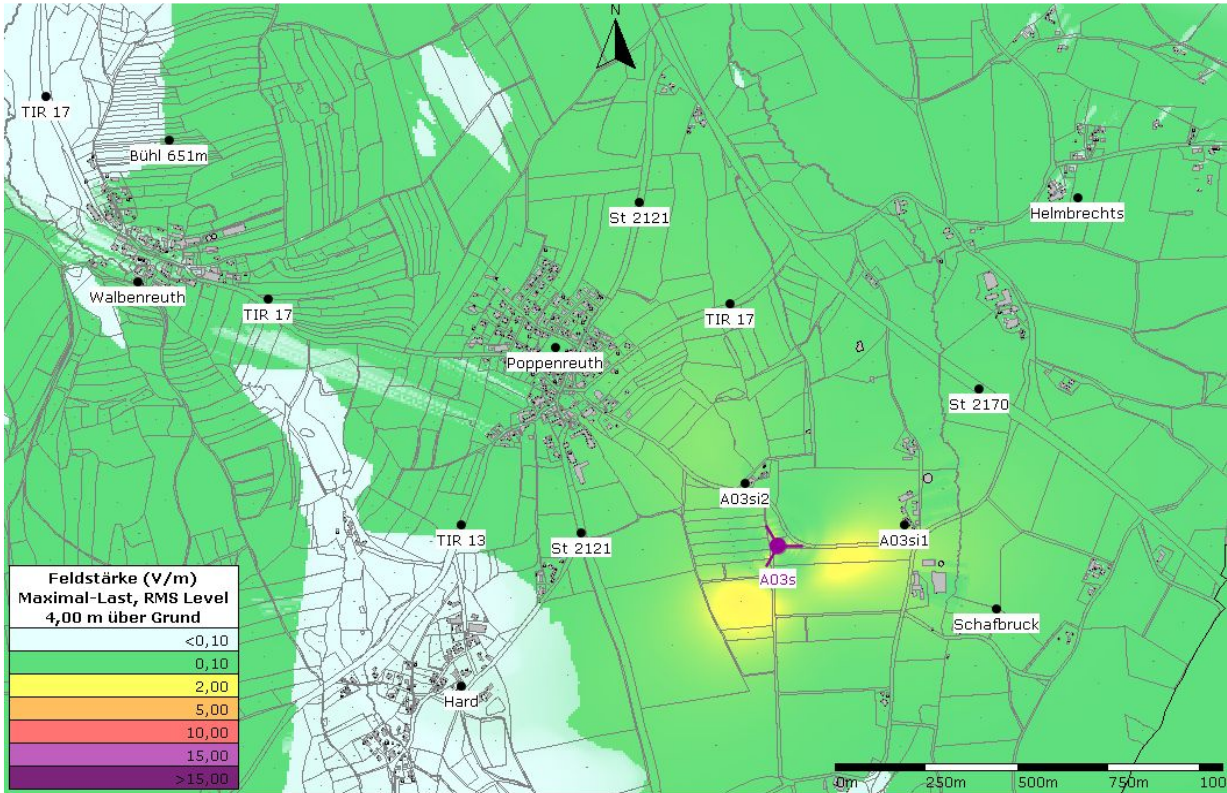


Abbildung 4: Immissionsprognose zu Variante A02s in betreiberneutraler Vergleichskonfiguration (Flächen- und Kapazitätsversorgung).

Prognosewert am Immissionspunkt
A02si: 2,2 V/m

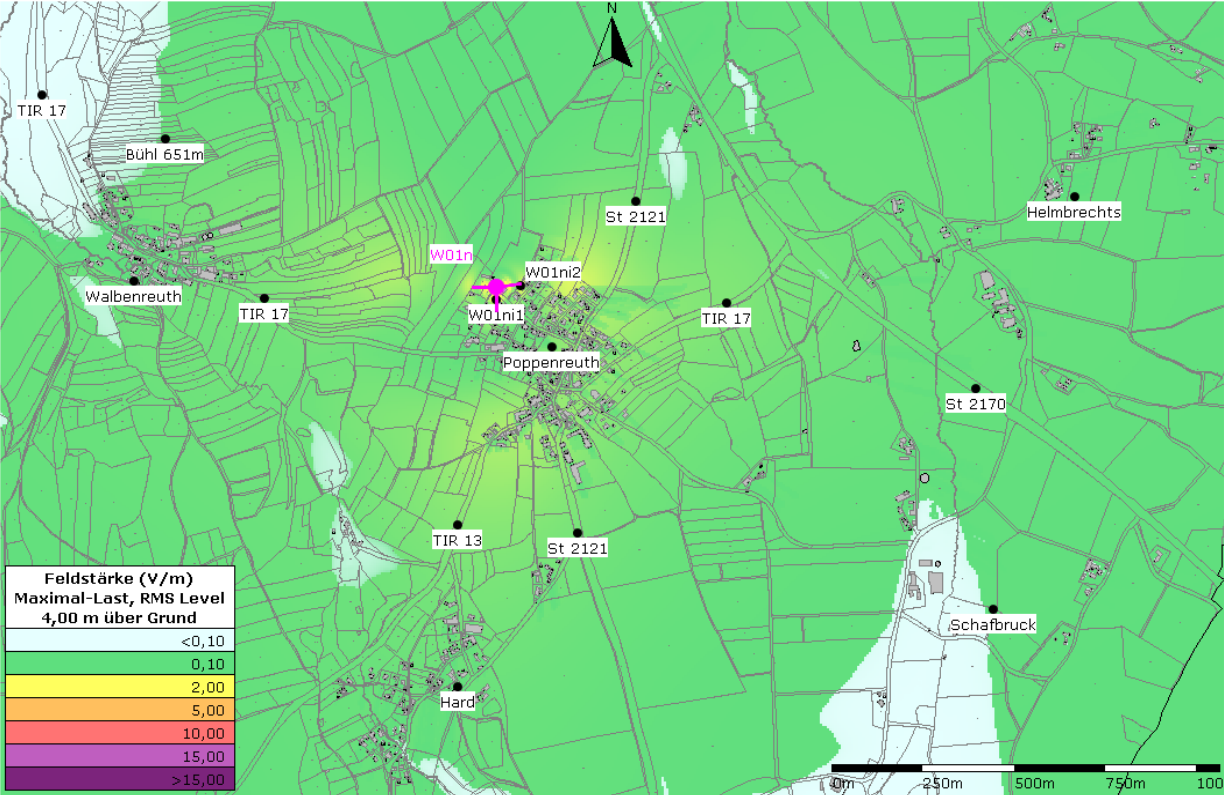


B ID	Typ	Höhe (üG)	Gesamt-Leistung	Dt.	Elekt.	Kabelverlust
* A03s:neutral:..MB09:90	AJ P4-BBUULL20-I1N	29,02 m	80,0 W	0,00 °	5,00 °-5,00 °	0,00 dB
* A03s:neutral:..MB09:210	AJ P4-BBUULL20-I1N	29,02 m	80,0 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	0,00 dB
* A03s:neutral:..MB09:330	AJ P4-BBUULL20-I1N	29,02 m	80,0 W	0,00 °	4,00 °-4,00 °	0,00 dB
* A03s:neutral:..MB21:90	AJ P4-BBUULL20-I1N	29,02 m	80,0 W	0,00 °	4,00 °-4,00 °	0,00 dB
* A03s:neutral:..MB21:210	AJ P4-BBUULL20-I1N	29,02 m	80,0 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	0,00 dB
* A03s:neutral:..MB21:330	AJ P4-BBUULL20-I1N	29,02 m	80,0 W	0,00 °	4,00 °-4,00 °	0,00 dB

Abbildung 5: Immissionsprognose zu Variante A03s in betreiberneutraler Vergleichskonfiguration (Flächen- und Kapazitätsversorgung).

Prognosewert am Immissionspunkt
A03si1: 1,2 V/m
A03si2: 1,0 V/m

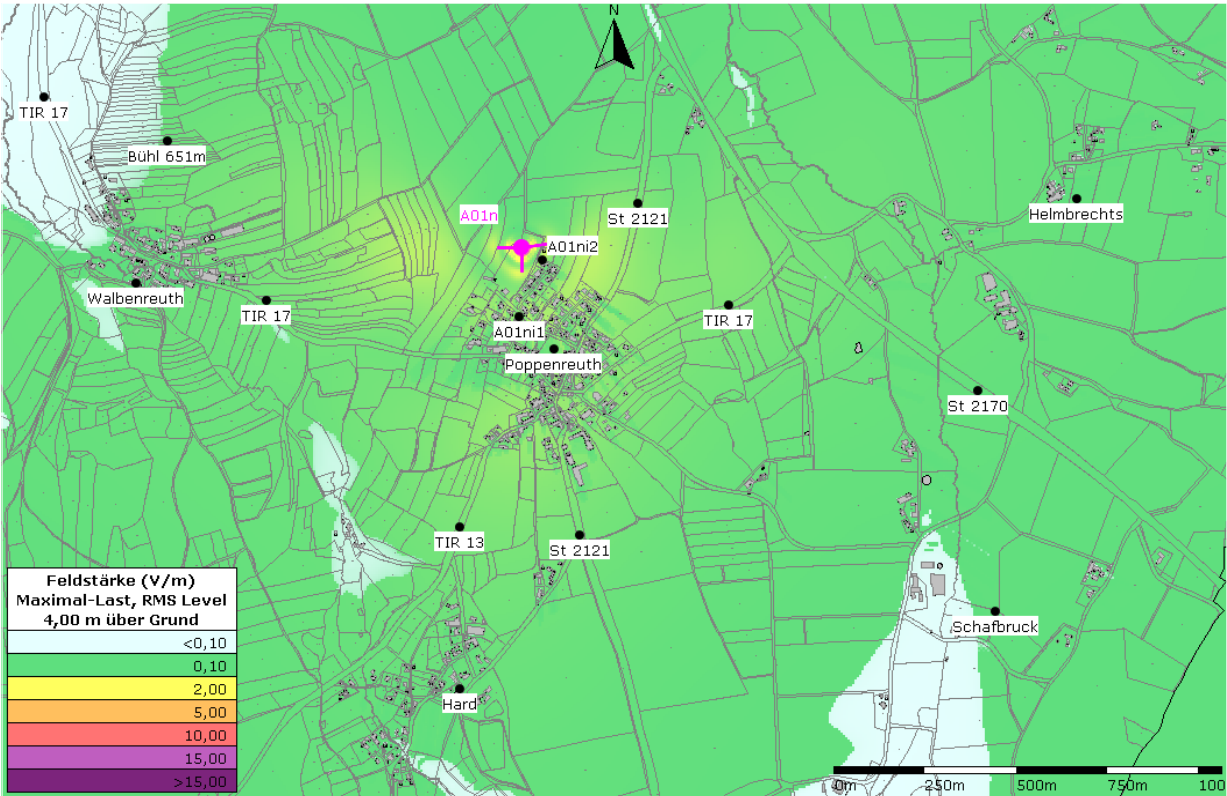
5.2 Immissionsprognosen zu betreiberseitig mitgeteilten Konfigurationen



B ID	Typ	Höhe (üG)	Gesamt-Leistung	Dt.	Elekt.	Kabelverlust
* W01n:Telekom.:MB07:80	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	61,0 W	-2,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* W01n:Telekom.:MB07:180	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	61,0 W	-2,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* W01n:Telekom.:MB07:270	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	61,0 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* W01n:Telekom.:MB08:80	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	61,0 W	-2,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* W01n:Telekom.:MB08:180	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	61,0 W	-2,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* W01n:Telekom.:MB08:270	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	61,0 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* W01n:Telekom.:MB09:80	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	96,0 W	-2,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* W01n:Telekom.:MB09:180	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	96,0 W	-2,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* W01n:Telekom.:MB09:270	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	96,0 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* W01n:Telekom.:MB15:80	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	102,0 W	-2,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* W01n:Telekom.:MB15:180	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	102,0 W	-2,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* W01n:Telekom.:MB15:270	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	102,0 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* W01n:Telekom.:MB18:80	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	90,0 W	-2,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* W01n:Telekom.:MB18:180	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	90,0 W	-2,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* W01n:Telekom.:MB18:270	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	90,0 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* W01n:Telekom.:MB21:80	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	60,0 W	-2,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* W01n:Telekom.:MB21:180	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	60,0 W	-2,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* W01n:Telekom.:MB21:270	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	60,0 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB

Abbildung 6: Immissionsprognose zu Variante W01n in betreiberseitig übermittelter Konfiguration.

Prognosewert am Immissionspunkt
W01ni1: 2,1 V/m
W01ni2: 1,9 V/m



B ID	Typ	Höhe (üG)	Gesamt-Leistung	Dt.	Elekt.	Kabelverlust
* A01n: Telekom.:MB07:80	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	61,0 W	-2,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* A01n: Telekom.:MB07:180	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	61,0 W	-2,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* A01n: Telekom.:MB07:270	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	61,0 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* A01n: Telekom.:MB08:80	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	61,0 W	-2,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* A01n: Telekom.:MB08:180	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	61,0 W	-2,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* A01n: Telekom.:MB08:270	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	61,0 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* A01n: Telekom.:MB09:80	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	96,0 W	-2,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* A01n: Telekom.:MB09:180	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	96,0 W	-2,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* A01n: Telekom.:MB09:270	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	96,0 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* A01n: Telekom.:MB15:80	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	102,0 W	-2,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* A01n: Telekom.:MB15:180	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	102,0 W	-2,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* A01n: Telekom.:MB15:270	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	102,0 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* A01n: Telekom.:MB18:80	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	90,0 W	-2,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* A01n: Telekom.:MB18:180	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	90,0 W	-2,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* A01n: Telekom.:MB18:270	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	90,0 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* A01n: Telekom.:MB21:80	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	60,0 W	-2,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* A01n: Telekom.:MB21:180	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	60,0 W	-2,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB
* A01n: Telekom.:MB21:270	C RRZZVV-65B-R6N43	23,95 m	60,0 W	0,00 °	2,00 °-2,00 °	0,20 dB

Abbildung 7: Immissionsprognose zu Variante A01n in betreiberseitig übermittelter Konfiguration.

Prognosewert am Immissionspunkt
A01ni1: 1,5 V/m
A01ni2: 1,4 V/m

6. Schlussbemerkung / weitere Angaben

Die Untersuchung liefert keine Hinweise, dass der in Deutschland gültige Grenzwert überschritten wird bzw. werden könnte. Belastbare Aussagen zur Einhaltung des Grenzwerts sind mit dieser Untersuchung jedoch nicht verbunden sondern können den jeweiligen Standortbescheinigungen der Bundesnetzagentur entnommen werden. Im Zweifelsfalle können ergänzende Informationen bei in Betrieb befindlichen Anlagen durch Messungen erlangt werden.

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

Ein Immissionsgutachten wie das vorliegende liefert in aller Regel keine ausreichende Grundlage für eine Bauleitplanung; hierfür müsste ein Standortgutachten beauftragt werden, welches weitere dafür erforderliche Fragestellungen behandelt bzw. vertieft.

München, 17. Juli 2025

Hans Ulrich, Dipl.-Ing. (FH)
Ingenieurbüro
funktechanalyse.de

7. Anhang

7.1 Vorgehensweise

- a) Im Rahmen einer Vorrecherche werden bestehende Mobil- und Behördenfunkanlagen im zu untersuchenden Bereich sowie dessen funktechnisch relevanter weiterer Umgebung ermittelt⁴. Zusätzlich wird die Abdeckung der Mobilfunknetze über das Gigabit-Grundbuch⁵ der Bundesnetzagentur ermittelt. Je nach Bedarf erfolgen Vor-Ort-Aufnahmen. Zur Benennung der in die Untersuchung aufgenommenen Standorte vgl. 1.3 auf Seite 3.
- b) Sofern nicht anders angegeben, bezieht sich die Untersuchung auf Hochfrequenzanlagen mit einer äquivalenten isotropen Strahlungsleistung (EIRP) von 10 Watt oder mehr gem. § 2 der 26. Bundesimmissionsschutzverordnung.
- c) Mit dem Berechnungsprogramm NIRView 11.2 wird die Feldstärkeverteilung um die angegebenen Standortvarianten auf Basis der funktechnischen Parameter der in der jeweiligen Grafik farbig dargestellten Anlage(n), des Antennendiagramms, digitalem Kartenmaterial⁶ und dem digitalen Geländemodell⁷ mittels Freifeldberechnung⁸ errechnet und grafisch dargestellt. Die farblich abgestufte Darstellung repräsentiert die Feldstärke unter Berücksichtigung der Geländetopographie. Wird ein Radioteil kombiniert auf mehreren Frequenzbereichen eingesetzt, wird für die Berechnung das niedrigste Frequenzband herangezogen.

Verfeinerung des Berechnungsmodells für Bereiche ohne Sichtverbindung: Signalabschwächungen durch Gelände- und Gebäudeabschattungen⁹ und deren teilweise Kompensation durch Beugung/Streuung werden unter Abschätzung von Gebäudehöhe und Dämpfung angedeutet.¹⁰ Verhindern Bäume oder andere Objekte den Sichtkontakt in Bereichen, in denen aufgrund der Geländetopographie Sichtkontakt zur Antenne bestünde, wird die Feldstärke niedriger sein, als dargestellt¹¹. Bei Reflexionen kann die reale Belastung höher sein, als dargestellt. Dies betrifft insbesondere Zonen im Nahbereich von Anlagen, die

⁴ Quelle: Mitteilung der auftraggebenden Kommune in Abgleich mit der EMF-Datenbank der Bundesnetzagentur (Quelle: <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Vportal/TK/Funktechnik/EMF/start.html>).

⁵ Quelle: <https://gigabitgrundbuch.bund.de/GIGA/DE/Home/start.html>

⁶ Quelle: Die digitale Flurkarte wurde von der auftraggebenden Kommune übermittelt. Restliche Kartendaten und Luftbild (wenn nicht anders angegeben): Geografisch zuständige Vermessungsbehörde. Bayern: „Bayerische Vermessungsverwaltung – www.geodaten.bayern.de“; Baden-Württemberg: „Datenquelle: LGL, www.lgl-bw.de, dl-de/by-2-0“. [Openstreetmap.de](https://www.openstreetmap.org).

⁷ Digitales Geländemodell: Wenn nicht anders angegeben: Geografisch zuständige Vermessungsbehörde. Bayern: „Bayerische Vermessungsverwaltung – www.geodaten.bayern.de“; Baden-Württemberg: „Datenquelle: LGL, www.lgl-bw.de, dl-de/by-2-0“.

⁸ Freifeldberechnung (LOS) der Immission zu der/den untersuchten und in der Fußzeile der Prognosegrafik angegebenen Funkanlagen analog zur Berechnung der systembezogenen Sicherheitsabstände in der Standortbescheinigung durch die Bundesnetzagentur gem. Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer Felder (BEMFV). Bezug: Im Fuß der Prognosegrafik angegebene Hauptstrahlabsenkung bzw. der angegebenen Hüllkurve der Hauptstrahlabsenkungen

⁹ Aus der digitalen Flurkarte sowie weiteren Datenquellen extrahierte Gebäude. Diese können z.T. unvollständig sein. In einer Datenquelle fehlende Daten können durch andere Datenquellen ergänzt worden sein. Da es bei der digitalen Flurkarte durchaus vorkommt, dass sich Gebäudeumringe überschneiden und damit nicht extrahiert werden können, werden die Gebäudeumringe z.T. manuell oder durch Einlesen entsprechender Daten aus Openstreetmap erstellt.

¹⁰ Für die Darstellung der Abschattungen wurde das auf das vom Unterzeichner dieses Berichts mitentwickelte empirische Modell "Gebäudeüberschneidung: schnittlängenabhängige Dämpfung" sowie „längenabhängige Geländedämpfung" gewählt

¹¹ Sofern bewaldete Flächen im Prognosetool als solche angelegt und für Immissionsprognosen verwendet wurden, sind diese in der jeweiligen Prognosegrafik textlich angegeben oder/und als olivgrüne Flächen gekennzeichnet. Für diese Flächen werden Abschattungen und deren teilweise Kompensation durch Beugung/Streuung unter grober Abschätzung der Bewuchshöhe und Dämpfung grafisch angedeutet, sofern textlich angegeben.

nicht vom Hauptstrahl erfasst werden bzw. keinen direkten Sichtkontakt haben wie z.B. Bereiche vor angestrahlten Gebäudefronten. Der Umstand einer Unterdachlösung wird in der Legende der Prognosegrafik erwähnt; die Dämpfung für die Durchdringung der Abdeckung im Sinne einer konservativen Abschätzung bzgl. der Immission wird mit max. 1 dB (Flächenversorgung) / 2 dB (Kapazitätsversorgung) berücksichtigt¹². Die Berechnung erfolgt unter Zugrundelegung der vollen Anlagenauslastung aller beantragten bzw. zur Beantragung vorgesehenen Kanäle (GSM/TETRA) bzw. Bänder (UMTS/LTE/5G), sofern bei den Prognosegrafiken nicht anders angegeben.

d) Prognostizierter Versorgungspegel:

Die Berechnungen wurden ebenfalls mit NIRView durchgeführt. Berechnungsergebnisse werden je nach Typ des Gutachtens textlich und/oder graphisch dargestellt. Sofern nicht anders angegeben, werden hierfür die vom Unterzeichner des Berichts erstellten betriebsneutralen Konfigurationen herangezogen. Die Versorgungspegelberechnungen unterliegen den gleichen Modellvereinfachungen wie die Immissionsprognose und dienen primär zur vergleichenden Betrachtung der Varianten. Die verwendeten Parameter wurden dahingehend verifiziert, dass Berechnungsergebnisse durch Messung überprüft und bestätigt wurden. Ergänzend werden die von den Netzbetreibern im Internet publizierten Versorgungskarten berücksichtigt und zur Verifikation herangezogen. In durch Wald abgeschatteten Bereichen ist von einer deutlichen Pegelabschwächung auszugehen. Die Sichtlinie zwischen Antenne und Versorgungsgebiet sollte mindestens 5m über den Wipfeln des ausgewachsenen Waldes liegen. Bei Belegung mit mehreren Netzbetreibern/Antennenebenen bezieht sich dies auf die untersten Antennen. Sofern Abschattungen/Dämpfungen durch Wald in grober Abschätzung berücksichtigt wurden, wird dies im Bewertungstext bzw. bei den weiteren Angaben angegeben. Bei im Gutachten angegebene Masthöhen handelt es sich in der Regel um Abschätzungen. Im Fortgang der Planungen kann eine Anpassung von Masthöhen erforderlich werden.

Erläuterungen zur Darstellung (sofern abgebildet):

- In bebauten Bereichen wird der Versorgungspegel unter grober Abschätzung der Dämpfungen innerhalb und außerhalb von Gebäuden skalierbar in ein und derselben Grafik angegeben.¹³ Im Falle der Abbildung gehen die Bildlegenden auf größere, gut versorgte Bereiche ein und weisen exemplarisch weitere Kennpunkte anderer Bereiche hin, wie sie dort und in Grafiken zu anderen Varianten aus der Farbgebung der Berechnungen des Prognosetools erkennbar sind.
 - Prognosekarten zum Versorgungspegel (auch Indoor) sind aufgrund der Modellvereinfachungen der Immissionsprognose nicht zur Entnahme gebäudescharfer Aussagen vorgesehen sondern gebietsorientiert bezogen. Lässt sich der Versorgungspegel aufgrund des Kartenmaßstabes gebäudescharf entnehmen, gelten die Farbmarkierungen als orientierende Darstellung im Rahmen einer vergleichenden Abschätzung mit anderen Gebieten innerhalb des Kartenausschnitts.
 - Wie bei netzbetreiberseitig publizierten Versorgungskarten gilt: Der reale Versorgungspegel kann gegenüber der Darstellung abweichen.
 - Auch im Übergangsbereich zwischen den Qualitätsstufen können sich Abweichungen ergeben.
- e) Immissionsprognosen sowie Prognosen zur räumlichen Verteilung des Versorgungspegels dienen aufgrund der Modellvereinfachungen sowie Vereinfachungen bei weiteren Annahmen ausschließlich der Abschätzung bzw. dem abschätzenden Vergleich verschiede-

¹² Werte für Tondachziegel (reduziert). Quelle für Dämpfungswerte von Baumaterialien: Schirmung elektromagnetischer Wellen im persönlichen Umfeld, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Januar 2008

¹³ Einzelne Punkte mit schlechterem Versorgungspegel bedeuten in bebauten Bereichen, dass die schlechtere Pegelstufe innerhalb von Gebäuden zu erwarten ist, die bessere außerhalb. Fließen rote Punkte zusammen, sind flächige Versorgungslücken wahrscheinlich.

ner Varianten im Planungsstadium. Erscheint solch eine Abschätzung als Bestandteil einer Begründung zu einer Entscheidung als nicht ausreichend, sollten zur Absicherung reale Tests (Probetrieb provisorischer Aufbauten mit Messungen) eingesetzt werden. Für in Betrieb befindliche Anlagen sollten Messungen bevorzugt werden.

Immissionsprognosen sind bei bestehenden Standorten auch geeignet, in der betrachteten Prognoseebene abseits von Messpunkten Abschätzungen zur prognostizierten räumlichen Verteilung der Immission zu liefern.

- f) Für jede Variante wurde im Bereich der umliegenden Bebauung mit wohn- oder wohnähnlicher Nutzung¹⁴ der in der Prognoseebene der Grafik ungünstigste Feldstärke-Immissionspunkt gewählt, für den der Prognosewert in der Bildunterschrift der Grafik angegeben wird. Die Lage der Immissionspunkte ist in den Grafiken der Immissionsprognosen dargestellt. Das Berechnungsergebnis zum Immissionspunkt bezieht sich auf eine Höhe über Grund von 4 m (1. OG), sofern nicht anders angegeben.
Je nach Fragestellung können ergänzende Immissionspunkte angegeben werden. Ergänzt Immissionspunkte in größerer Höhe als 4 m über Grund beziehen sich in der Regel auf ausgewählte höhere Nachbargebäude und stellen, sofern nicht anders angegeben, nicht das Ergebnis einer detaillierten Maximumfindung dar.
- g) Die Angabe des Grenzwertanteils (Ausschöpfung des Grenzwerts in Prozent) bezieht sich auf den in Deutschland gültigen Grenzwert nach 26. Bundesimmissionsschutzverordnung in einer Abschätzung auf die Mitte des jeweils für alle Betreiber vergebenen Frequenzbereichs - bei gepaarten Frequenzen im Downlink-Bereich - auf den durch die in der Fußzeile der Prognosegrafik angegebenen Funkdienste verursachten Signalanteil. Vgl. auch 7.2 auf Seite 23. Wird ein Radioteil kombiniert auf mehreren Frequenzbereichen eingesetzt, wird für die Berechnung der niedrigste Frequenzbereich herangezogen.
Da beim Vergleich mit dem Grenzwert in der Regel auch weitere Signalanteile berücksichtigt werden müssen (weitere Signale anderer Funkanlagen und anderer Funkdienste) sowie z.B. Einstellungen von Funksystemen, können konkrete Aussagen zur Einhaltung des Grenzwerts mit dieser Untersuchung nicht gegeben werden. Diese können z.B. den jeweiligen Standortbescheinigungen der Bundesnetzagentur entnommen werden.
- h) Der in Deutschland gültige Grenzwert ist frequenzabhängig. Werden zugleich mehrere Frequenzbänder eingesetzt, können sich die Immissionsanteile der verschiedenen Frequenzbereiche örtlich deutlich unterscheiden, was an den Immissionspunkten zu unterschiedlichen Verhältnissen zwischen Feldstärke und Ausschöpfung des Grenzwerts führt. Dies kann z.B. dadurch hervorgerufen werden, dass die räumliche Verteilung der abgestrahlten Intensitäten bei den Antennen i.d.R. frequenzabhängig ist (schmalere Hauptstrahl bei höheren Frequenzen). Zahlreiche weitere frequenzabhängige Effekte wie z.B. Beugung und Streuung sowie unterschiedliche Überlagerungen von Nebenstrahlen führen je nach Ort zu unterschiedlichen Frequenzanteilen an der Gesamtmission.
- i) Die Ausgangswerte (funktechnische Parameter) für die Prognoseberechnungen finden sich in den in den Grafiken integrierten Fußzeilen bzw. bei einer Immissionskarte in der Dokumentation. Die Berechnungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die dort angegebenen und mit * versehenen Funksysteme. Im und außerhalb des Bildausschnittes können sich weitere Mobilfunkstandorte befinden, welche in den Prognoseberechnungen nur dann berücksichtigt sind, wenn die betreffenden funktechnischen Parameter in den Fußzeilen angegeben und mit * versehen sind. Bei in Betrieb befindlichen und nicht mit

¹⁴ Benachbarte Gebäude mit Hausnummern

- Angaben der auftraggebenden Kommune oder online:
- Bayern: dunkelgrau eingefärbte Gebäude mit Hausnummern in der Parzellarkarte (Bayern Atlas)
- restl. Deutschland: Wohngebäude lt. basemap.de oder Gebäude mit Hausnummern in rosa bzw. rot gekennzeichneten Gebieten z.B. im Geoportal Baden-Württemberg.

Index „s“, „v“ oder „n“ indexierten Standorten (B) wurden die von der Bundesnetzagentur genehmigten funktechnischen Parameter herangezogen, auch wenn einzelne Funkdienste (noch) nicht aufgebaut bzw. in Betrieb sind. Bei variablen Daten (Hauptstrahlneigung, Verteilung der beantragten Sendeleistung auf eine dynamische Anzahl von Kanälen/Frequenzbändern) werden Annahmen getroffen. Sofern bei Standortvarianten der Index „_stob“ angefügt ist, wurden die dafür zugrunde liegenden Daten incl. der aus allen genehmigten Hauptstrahlabsenkungen syntetisierten Hüllkurve des Strahlungsdiagramms der Antenne herangezogen, beim Index „n“ die nach Mitteilung des Netzbetreibers eingestellte bzw. zur Einstellung vorgesehene Hauptstrahlabsenkung.

j) Antennen mit Beamforming:

Für den Bereich MB35 (Frequenzband um 3.500 MHz) werden beim Mobilfunk in der Regel Antennen mit Beamforming eingesetzt. Hierbei werden große Teile der Sendeleistung mit einer automatischen Regelung gezielt in Richtung der jeweils aktuell anfragenden Endgeräte geschickt. Zonen mit geringer Nutzung dieses Frequenzbereichs werden dabei weniger stark angestrahlt.

1)

Prognoseberechnung mit maximale Sendeleistung mit einer synthetisierten Hüllkurve: *Mit einem Scheinwerfer verglichen: Der Lichtstrahl wird in der vollen Sendeleistung in alle technisch möglichen Richtungen geschwenkt und die im jeweiligen Bildbereich maximale Helligkeit wird dabei aufgezeichnet. Die real zu unterschiedlichen Zeiten auftretenden hellen Zonen werden in einem Bild zusammengefasst dargestellt.*

Dies bedeutet, dass in der der Prognosegrafik bei Verwendung von MB35 flächig wesentlich höhere Feldstärken dargestellt werden, als real zeitgleich in die Gesamtfläche gesendet werden können. Tatsächlich sind die berechneten Feldstärken nur in Teilbereichen der Grafik möglich, welche räumlich in intensiv genutzten Bereichen liegen, dh abhängig von der Netznutzung mal da, mal dort. Real auftretende Immissionen werden flächig gesehen stark überschätzt.

2):

Initialkonfiguration:

Prognoseberechnung mit maximaler Sendeleistung in initialer Hauptstrahlabsenkung (initial angezielter Flächenbereich).

Absenkung, die nicht durch aktive Nutzung in einem, von der Basisstation aus gesehen, anderen Flächenbereich beeinflusst wird. Real auftretende Immissionen werden in dem initialen Flächenbereich überschätzt, sofern die Nutzung nicht ausschließlich in diesem erfolgt. In anderen Flächenbereichen wird diese in diesem Fall insbesondere außerhalb der Halbwertsbreite des dem initial angezielten Flächenbereich zugehörigen Strahlbereichs unterschätzt.

Sofern nicht anders angegeben, wird zur Prognoseberechnung die initiale Hauptstrahlabsenkung herangezogen.

k) Zentraler Ansatz der Untersuchung in Anlehnung an die Empfehlungen der Strahlenschutzkommission ist die Minimierung der im Außenbereich der Wohnbebauung und wohnähnlich genutzten Gebäude auftretenden Feldstärke. Zur Sicherstellung der Versorgungsqualität findet das in Bestätigung eines vom Unterzeichner dieses Berichts erstellten Gutachtens ergangene Urteil des Bundesverwaltungsgerichts vom 30.08.2012 Beachtung (Az. BVerwG 4 C 1.11).

In das angewandte Verfahren der Immissionsminimierung flossen die Ergebnisse aktueller Studien, welche sich mit Immissionsminimierung befassen, ein¹⁵. Danach sind folgende

¹⁵ Beispielhaft seien genannt:

1) „Möglichkeiten und Grenzen der Minimierung von Mobilfunkimmissionen: Auf Messdaten und Simulationen basierende Optionen und Beispiele“, EM-Institut Regensburg im Auftrag des Bayerischen Landesamts für Umweltschutz, Dezember 2004

Einflussfaktoren wesentlich:

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

- l) Die Bundesnetzagentur führt die zum Angebot von Telekommunikationsdiensten gewidmeten Frequenzbereiche aufgrund der unterschiedlichen physikalisch-technischen Ausbreitungs- und Dämpfungseigenschaften der elektromagnetischen Wellen in den Kategorien „Flächenversorgung“ und „Kapazitätsversorgung“¹⁶.
- m) Die funktechnischen Parameter der Varianten in betreiberneutraler spezifischer Konfiguration werden anhand typischer, installierter Werte und angenommenen variablen Daten (z.B. Hauptstrahlneigung) vergleichbarer Anlagen abgeschätzt. Da z.B.
- möglich ist, dass ein Betreiber einen, zwei oder mehr Funkstandards aufbaut (aktuell werden GSM (2G), LTE (4G) und 5G genutzt. UMTS (3G) lief/läuft aus)
 - möglich ist, den Standard zugleich in mehreren Frequenzbändern zu nutzen (aktuell können Frequenzen um 700/800/900/1500/1800/2100/2600/3500 MHz genutzt werden)
 - in einem Frequenzband auch am selben Standort mehrere Funkstandards genutzt werden können (z.B. GSM-900 und LTE-900, LTE-1800 und 5G-1800, UMTS-2100, LTE-2100 und 5G-2100)
 - Die Standorte ggf. auch von mehr als einem Betreiber genutzt werden,
- werden die spezifischen Konfigurationen zur Vermeidung von Verzerrungen als Stellvertreter für einen Betreiber mit je einem vom Unterzeichner dieses Berichts konfigurierten Funkdienst der Flächenversorgung und Kapazitätsversorgung bestückt. Dies ermöglicht einen besseren Vergleich der hier untersuchten Varianten untereinander. Die mit der spezifischen Konfiguration bestückten Varianten werden mit dem Index „s“ gekennzeichnet, z.B. As, Bs, Us, Vs und Ws. Möglich ist auch eine Kennzeichnung mit dem Index „v“. In Abhängigkeit der Betrachtung: Eingesetzt als Stellvertreter für die Mobilfunk-Flächenversorgung wurde Mobiles Breitband im Frequenzband 900 MHz (MB09, derzeit genutzt für GSM und LTE), für Behördenfunk TETRA-400 bzw. für die Mobilfunk-Kapazitätsversorgung

2) „Minimierung elektromagnetischer Felder des Mobilfunks, UMTS, DECT, Powerline und Induktionsfunktanlagen, IABG Ottobrunn im Auftrag des Bundeswirtschaftsministeriums, Ottobrunn 2004

3) „Elektromagnetische Felder in NRW, Untersuchung der Immission durch Mobilfunk-Basisstationen, Institut für Mobil- und Satellitenfunktechnik GmbH im Auftrag des Ministeriums für Umwelt- und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Kamp-Lintfort, 2002

¹⁶ „In der ersten Kategorie können die Frequenzen unterhalb von 1 GHz eingeordnet werden, also z.B. die Frequenzen bei 450 MHz, 800 MHz sowie bei 900 MHz. Diese zeichnen sich bei gleichen Sendeparametern gegenüber den höheren Frequenzen durch größere Nutzreichweiten aus. Ferner durchdringen die Funkwellen mit größerer Wellenlänge Gebäudemauern besser. Diese Frequenzen eignen sich besonders für die Versorgung in der Fläche (**Flächenversorgung**). Die zweite Kategorie wird durch die Frequenzen oberhalb von 1 GHz gebildet. Mit diesen Frequenzen können aufgrund der günstigeren Kanalwiederholungsrate engmaschigere Netze betrieben werden. Dies ermöglicht insbesondere in dicht bebauten Gebieten eine größere Übertragungskapazität. Diese Frequenzen eignen sich daher besonders für die Versorgung kleiner Funkzellen mit vielen Teilnehmern (**Kapazitätsversorgung**)“. Quelle: Entscheidung der Präsidentenkammer der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen vom 12.10.2009 zur Flexibilisierung der Frequenznutzungsrechte für drahtlose Netzzugänge zum Angebot von Telekommunikationsdiensten in den Bereichen 450 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 2 GHz und 3,5 GHz, Seite 16. Hervorhebung in Fettdruck durch den Unterzeichner.

Mobiles Breitband im Frequenzband 2.100 MHz (MB21, derzeit in der Regel genutzt für LTE und 5G). Dieser technologieneutrale Ansatz führt bei anderen Funkdiensten bei sonst ähnlichen funktechnischen Parametern (z.B. Frequenzbereiche, Strahlungsdiagramme, Sendeleistungen) zu vergleichbaren Prognoseergebnissen.

- n) Die spezifischen Konfigurationen dienen ausschließlich dem Vergleich der in diesem Bericht untersuchten Standortvarianten untereinander. Bei mehreren fiktiven Betreibern und mehreren Funkdiensten sind die prognostizierten Immissionswerte entsprechend anzuheben. Eine Verdoppelung der Sendeleistung bei sonst gleichen funktechnischen Konfigurationen führt bei der Feldstärke und beim Grenzwertanteil zu einer Erhöhung um den Faktor 1,4.
- o) Im Falle der gutachterlichen Begleitung eines dialogischen Verfahrens der Standortfindung: Zu den Varianten, die dem Netzbetreiber im Rahmen einer technischen Vorabstimmung mit funktechnischer Vorabprüfung als für die weitere Konsenssuche diskussionswürdig erschienen, werden Immissionsprognosen mit den netzbetreiberseitig mitgeteilten funktechnischen Parametern¹⁷ gerechnet, wie sie zur Beantragung bei der Bundesnetzagentur vorgesehen sind. Diese Varianten tragen den Index „n“.

Sofern der Index „n“ angefügt ist:

- nach Mitteilung des Netzbetreibers wurden diese Daten beantragt oder sind zur Beantragung vorgesehen.
- nach Mitteilung des Netzbetreibers wird die angegebene Hauptstrahlabsenkung verwendet oder ist zur Verwendung vorgesehen.

Die Netzbetreiber weisen mit Verweis auf den Bearbeitungsstand darauf hin, dass sich Daten und Priorisierung im Zuge einer weiteren Konkretisierung der Planungen ändern können.

Bei neu geplanten Standorten handelt es sich um Konfigurationsdaten des Netzbetreibers, mit dem der geplante Standort abgestimmt wird, vgl. 4.2 auf Seite 6.

Ist dieser Standort auch für weitere Netzbetreiber geeignet, können entsprechend weitere Funkssysteme hinzukommen, welche sich in der Immission niederschlagen. Sofern entsprechende Planungsdaten bereits während der Abstimmung entstanden und übermittelt wurden, werden diese bei den Prognoseberechnungen berücksichtigt.

Bei der Hinzunahme von Funksystemen zu einem bestehenden Standort (z.B. Mitnutzung eines bestehenden Standorts durch einen zusätzlichen Netzbetreiber) wird die Hinzunahme prognostiziert. Flächige Informationen zur bestehenden Immission rund um aufgebauten Standorte können einer Immissionskarte entnommen werden, vgl. [funktechanalyse.de](https://www.funktechanalyse.de) - [Immissionskarte](#).

Bei fehlenden Angaben werden Annahmen getroffen, dies wird im Bericht vermerkt.

- p) Bildlegende:

Schwarzer kleiner Punkt: Lagebeschreibung, z.B. Ortsname, Ortsteil, Verkehrsader, Immissionspunkt

Schwarze Linie: Gemeinde-/Gemarkungsgrenze (sofern jeweils textlich angegeben)

Graue Linien/Flächen: Weitere Elemente der Digitalen Flurkarte (z.B. Gebäude, Grundstücksgrenzen)

Große Punkte: Standort mit Antenne (austretenden Linien für Sektorantennen bzw. umliegendem Ring für omnidirektionale Antennen) in den Farbgebungen: Rosa: Telekom; Rot: Vodafone; Grün: E-Plus; Blau: Telefónica (O₂); Violett: Betreiber neutral/unbekannt

Bezeichnung der Punkte: B: Bestehende Standorte gem. Standortbescheinigung, A,U: Alternativen, V: hinzugefügter fiktiver Vergleichsstandort, W: beantragter/gewünschter Standort. Durchnummeriert und ggf. mit Index

Index: n: Betreiberseitig mitgeteilte, geplante Konfiguration; s,v: Betreiberneutrale

¹⁷ Maximale Sendeleistung, volle Last. Bei variabler Hauptstrahlabsenkung: Absenkung in der geplanten Startkonfiguration.

Vergleichskonfiguration. *Grüner Ring*: Berechnetes Maximum

Fußzeile(n) der Grafik:

*: Funksystem in der Berechnung berücksichtigt

ID: Variante/Netzbetreiber/Funkstandard/Hauptstrahlrichtung in ° (Nord über Ost)

Typ und folgende Spalten: Antennentyp und weitere funktechnische Parameter.

Die Höhe über Grund (m) bezieht sich auf die Mitte der Antenne.

Die Sendeleistung wird auch im Falle der Verteilung der beantragten Sendeleistung auf eine dynamische Anzahl von Kanälen/Frequenzbändern (hier Angabe der Kanalzahl 1) für die Summe aller Kanäle/Frequenzbänder angegeben.

- q) Das Kartenmaterial¹⁸ und die Luftbilder¹⁹ standen für das Gemeindegebiet der auftraggebenden Kommune z.T. mit einem kleinen Umgriff zur Verfügung. Stellen die Grafiken auch Flächen außerhalb dieses Bereichs dar, gelten diese nur unverbindlich bzw. nachrichtlich, außer dies ist im Text ausdrücklich erwähnt.
- r) Die Farbgrafiken sind in der elektronischen Fassung (PDF) in der Original-Auflösung eingebettet. Dadurch können sie vergrößert betrachtet sowie mögliche Fehlinterpretationen aufgrund von Farbabweichungen des Ausdrucks ausgeschlossen werden.
- s) Betreiberbezeichnung: Die im Prognosetool verwendeten Namen werden zum Zeitpunkt der Anlage der Funksysteme vergeben; in diesem Sinne ist in der Begutachtung z.B. mit E-Plus, O₂ (alte Bezeichnung) und Telefónica (neue Bezeichnung) bzw. mit T-Mobile und Telekom der gleiche Netzbetreiber gemeint.
- t) Bei Berechnungen zur geländebezogenen Einsehbarkeit kommen, sofern nicht anders angegeben, Abschattungen z.B. durch Bebauung oder Wald hinzu. Im Zuge des Voranschreitens von Planungen ist es häufig erforderlich, die reale Einsehbarkeit durch Drohnenflüge zu bestimmen.

¹⁸ © Landesvermessungsamt, sofern Lupe unten rechts eingeblendet: © openstreetmap.org. Je nach Bildausschnitt können unterschiedliche Bildquellen zusammengefügt worden sein.

¹⁹ © Landesvermessungsamt.

7.2 Einheiten, Skala, Grenzwerte

Der Grenzwert für hochfrequente elektromagnetische Felder ist gem. 26. Bundesimmissionsschutzverordnung in der Einheit V/m (Feldstärke) angegeben. Die vor allem auch früher verwendete Einheit der Leistungsflussdichte (mW/m^2 , $\mu\text{W}/\text{m}^2$) steht mit der Feldstärke in quadratischem Zusammenhang. Dies hat zur Folge, dass Feldstärkeunterschiede, in der Leistungsflussdichte angegeben, quadratisch überhöht erscheinen: Eine Erhöhung der Feldstärke um das 10fache entspricht einer Erhöhung der Leistungsflussdichte um das 100fache. In der Einheit der Leistungsflussdichte betrachtet, lässt der Vergleich von Messwerten mit dem Grenzwert den Unterschied somit größer erscheinen, auch das Ausmaß der berechneten Grenzwertunterschreitung erscheint größer.

Die Berechnung des Ausschöpfungsgrades des Grenzwerts ist nur dann korrekt, wenn diese in der Einheit des Grenzwertes erfolgt, also der Feldstärke (V/m)²⁰. Nebenstehende Tabellen geben die für die jeweiligen Frequenzbereiche unterschiedlichen gesetzlichen deutschen Grenzwerte an und ermöglichen eine Umrechnung. Einen Online-Umrechner finden Sie unter

www.funktechanalyse.de/umrechnung

Weitere Grenz-, Vorsorge- Vergleichs- und Empfehlungswerte siehe z.B. unter:

www.funktechanalyse.de/vorsorge

Die Abstufung „Türkis – Grün – Gelb – Orange – Rot – Violett“ der Feldstärke-Farbskala wurde so gewählt, dass das weit gefächerte Spektrum der berechneten Immissionswerte gut erkennbar und damit eine anschauliche, vergleichende Betrachtung möglich ist. Bei Prognosen innerhalb einer Serie (Menüpunkt im Gutachten) wird in der Regel die gleiche Skala herangezogen. Die Farbskala ist in jede Prognosegrafik eingebettet.

Frequenz-Band MHz	Grenzwert ca. V/m	Grenzwert ca. mW/m ²
400	28	2000
700	37	3800
800	39	4000
900	41	4500
1800	58	9000
2100	61	10000
2600	61	10000
3500	61	10000

E (V/m)	S (mW/m ²)	S (μW/m ²)
0,05	0,0066	6,6
0,5	0,66	663
1	2,7	2653
2	11	10610
4	42	42440
6	95	95491
10	265	265252
41	4459	4458886
61	9870	9870027

²⁰ Vgl. Verfahren und Beschluss des Bayerischen Verwaltungsgerichtshofs (Az 1 CS 12.830) vom 16.07.2012 in Bestätigung meiner gutachterlichen Darstellung sowie: Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder, 128. Sitzung am 17. und 18. September 2014 in Landshut, Seiten 59 und 60

7.3 Unterlagen

- Von der auftraggebenden Kommune übermittelte bzw. von der örtlich zuständigen Vermessungsbehörde bezogene digitale Flurkarte, digitale topographische Karte, Luftbild und digitales Geländemodell oder/und öffentlich zugängliche Kartendaten/Luftbilder
- Von der auftraggebenden Kommune übermittelte Angaben zu bisher diskutierten bzw. vorgeschlagenen Standortalternativen, nähere Infos zu Gebäuden, Liegenschaften in öffentlicher Hand, Standortbescheinigungen und Datenblätter der Bundesnetzagentur zu Mobilfunk-Standorten, geplanten Standorten sowie weitere Informationen zum Standortwahlverfahren und Kartenmaterial
- Per E-Mail mit den Betreibern geführter Schriftverkehr (die auftraggebende Kommune ist dabei in der Regel im CC)