

# Immissionskarte „Mobilfunk in Kempten“

(Fassung mit Kurzdokumentation)

Auftraggeber: Stadt Kempten im Allgäu, Stadtplanungsamt,  
Kronenstr. 16, 87435 Kempten (Allgäu)

Durchführung: Hans Ulrich, Dipl.-Ing. (FH)

Umfang: 14 Seiten

Veröffentlichung: Veröffentlichung des vollständigen Berichts erlaubt, sofern die  
Rechte anderer nicht verletzt werden.  
Eine auszugsweise Veröffentlichung erfordert die vorherige  
schriftliche Zustimmung.

# Inhalt

<b>1. Allgemeine Vorbemerkung zur Immissionsminimierung</b>	<b>3</b>
1.1 Ausgangslage	3
1.2 Vorsorge	3
1.3 Technische Abstimmung, Versorgungsgüte	3
1.4 Immissionsminimierung nun ein Kriterium	4
1.5 Transparenz und Vorsorge	4
<b>2. Auftragstellung / Sachverhalt</b>	<b>4</b>
<b>3. Immissionskarte</b>	<b>5</b>
<b>4. Beurteilung</b>	<b>6</b>
4.1 Funktion der verschiedenen Frequenzbereiche	6
4.2 Entwicklung	6
4.3 Dargestellte Immissionen	6
4.4 Entlastung benachbarter Wohngebiete	7
4.5 Effizienzsteigerung durch die Antennenverlegungen	8
4.6 Messungen	8
4.7 Betriebsnähe von Antragsdaten	8
4.8 Aktualität der Immissionskarte	8
<b>5. Schlussbemerkung / weitere Angaben</b>	<b>9</b>
<b>6. Anhang</b>	<b>10</b>
6.1 Ausgangswerte für die Immissionsprognose	10
6.2 Vorgehensweise	10
6.3 Unterlagen	13
6.4 Einheiten, Skala, Grenzwerte	14

# 1. Allgemeine Vorbemerkung zur Immissionsminimierung

## 1.1 Ausgangslage

Anlass der Begutachtung zur Standortwahl von Mobilfunkanlagen ist in der Regel betreiberseitig benannter Bedarf zum Ausbau des Netzes oder seitens der Kommune gewünschte Verbesserungen der Immission bzw. 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“.<sup>1</sup>

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 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-Software<sup>2</sup> überprüft. Dabei wird das o.a. Urteil des Bundesverwaltungsgerichts vom 30.08.2012 berücksichtigt, nachdem die Kommunen u.a. zu beachten haben, dass das Gewicht des öffentlichen Interesses an einer flächendeckend angemessenen und ausreichenden Versorgung des Mobilfunks mit der in den letzten Jahren quantitativ und qualitativ erkennbaren Zunahme der Nutzung von Dienstleistungen eher noch gestiegen sei.

<sup>1</sup> Strahlenschutzkommission, Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern, 2001

<sup>2</sup> An der ich im Rahmen meiner Forschungstätigkeit mitentwickle

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

## **1.4 Immissionsminimierung nun ein Kriterium**

Zielsetzung der Untersuchungen 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.

Mit der Einbeziehung des Gutachters in die Standortwahl wird es der Kommune ermöglicht, die Immissionsminimierung und damit die Vorsorge in die Kriterien der Standortwahl einzubeziehen.

## **1.5 Transparenz und Vorsorge**

Die Immissionskarte macht die bestehende Verteilung der Strahlenbelastung auf einen Blick sichtbar und bietet der Kommune sowie den Bürgerinnen und Bürgern einen anschaulichen Einblick in die räumliche Verteilung der Strahlungsintensitäten. Dies ermöglicht eine Versachlichung der Diskussion. Bereiche kräftigerer Befeldung können identifiziert und Maßnahmen zur Immissionsminimierung angegangen werden.

## **2. Auftragstellung / Sachverhalt**

Seit der Auflage 2016 haben sich an den Mobilfunk-Standorten zahlreiche Änderungen ergeben, welche sich in einer geänderten Immission niederschlagen.

Mit Schreiben vom 09.11.2018 erteilte die Stadt Kempten den Auftrag zur Aktualisierung incl. begleitender Messungen. Damit insgesamt sechs mit dem Ziel der Immissionsminimierung und Effizienzerhöhung verlegte Standorte berücksichtigt werden konnten, wurde die Immissionskarte wg. ausstehender Inbetriebnahmen nicht bereits in 2019 fertig gestellt.

Einige Inbetriebnahmen erfolgten über den Jahreswechsel 2019/2020, ein Teil steht noch aus. Welche Inbetriebnahmen und Standortverlegungen für die Berechnung der Immissionskarte berücksichtigt wurden, wurde mit der Stadt Kempten abgestimmt. Diese tragen den Index „n“.

### 3. Immissionskarte

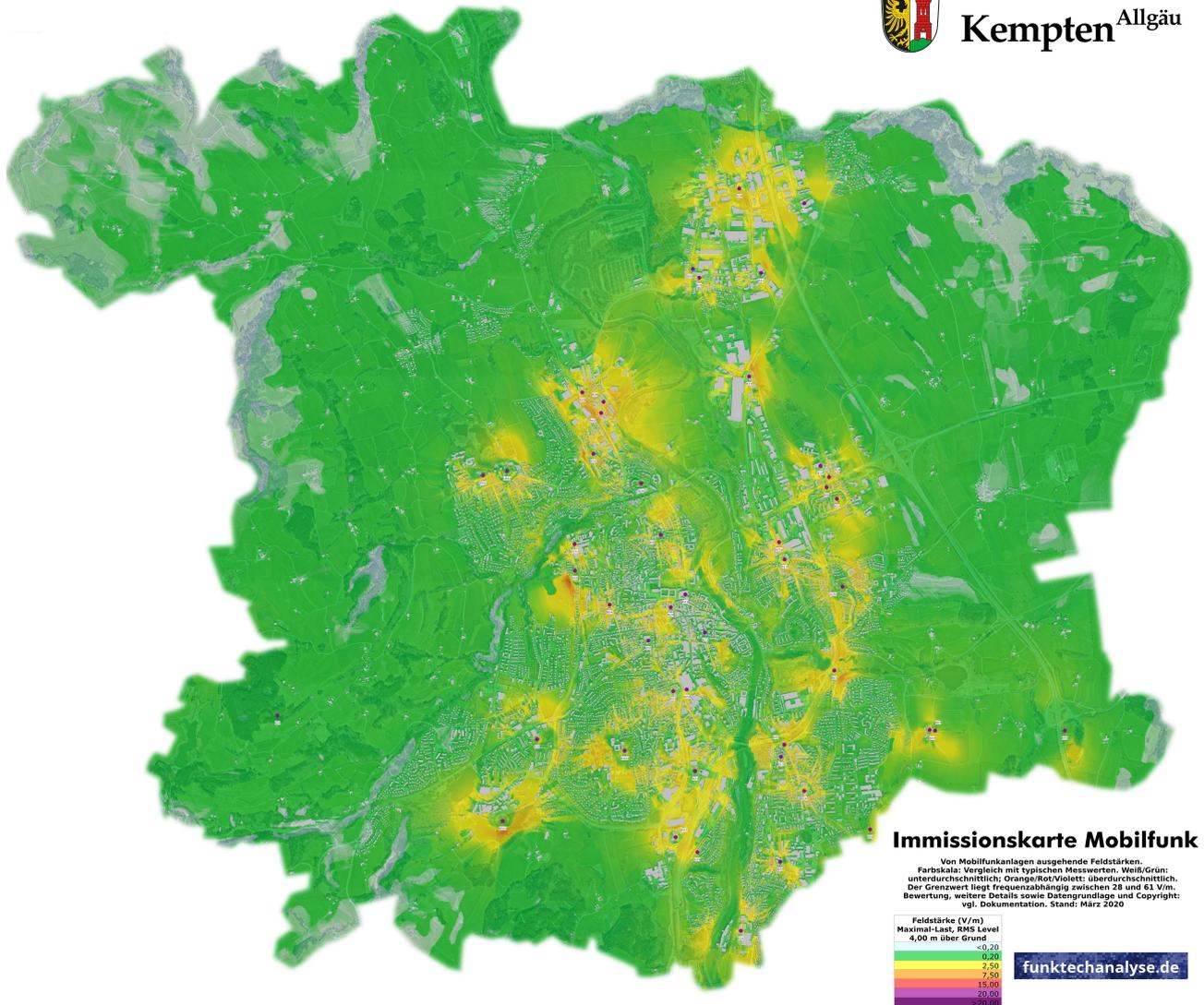


Abbildung 1: Immissionskarte (Mobilfunk-Basisstationen). In der PDF-Fassung zoombar.

## 4. Beurteilung

### 4.1 Funktion der verschiedenen Frequenzbereiche

Der Frequenzbereich der Flächenversorgung<sup>3</sup> weist eine gute Reichweite auf und stellt insbesondere im dünner besiedelten ländlichen Bereich das Rückgrat der Versorgung dar. Der Frequenzbereich der Kapazitätsversorgung<sup>4</sup> ermöglicht bei geringerer Reichweite die Übertragung wesentlich größerer Datenmengen. Reicht im dünner besiedelten ländlichen Raum derzeit oft der Frequenzbereich der Flächenversorgung aus, macht die höhere Nachfrage im dichter besiedelten Bereich sowie entlang stärker genutzter Verkehrsadern häufig zusätzliche Funkdienste im Frequenzbereich der Kapazitätsversorgung erforderlich.

Viele 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 Bereichen bevorzugt über die Frequenzbänder der Kapazitätsversorgung abgewickelt wird. Die Frequenzbänder der Flächenversorgung werden so für die von den Standorten aus schwerer zu erreichenden Bereiche frei gehalten.

Wegen der stetig wachsenden Datenströme wird der Frequenzbereich der Kapazitätsversorgung im dichter besiedelten Bereich bzw. entlang leistungsfähigen Verkehrsadern derzeit in der Regel eingesetzt. Auch im ländlichen Bereich, beginnend bei größeren Ortsteilen, Gewerbegebieten und leistungsfähigeren Verkehrsadern wird dieser zunehmend wichtiger.

### 4.2 Entwicklung

Seit der letzten Auflage der Immissionskarte im Jahr 2016 verdreifachte sich nach Angaben der Bundesnetzagentur das jährlich übertragene Datenvolumen auf 2,7 Mrd. GB in 2019.

Dies führte dazu, dass ein Großteil der Mobilfunkanlagen mit dem Ziel erhöhter Leistungsfähigkeit technisch modernisiert wurde. Zusätzliche Funksysteme (Funkdienste und Frequenzbänder) mussten geschaltet werden, wodurch die abgestrahlten Felder intensiver werden.

An mehreren Stellen in der Stadt reichte es nicht aus, bestehende Anlagen zu verstärken. Hier wurden Netze durch neue Standorte verdichtet. Dabei wurde unter Zusammenwirkung von Stadtverwaltung, Gutachter und Netzbetreiber darauf geachtet, möglichst nachbarschaftschonende Positionen zu wählen, von denen aus die Versorgungsgebiete zugleich effizient versorgt werden können.

Die Anzahl der im Gemeindegebiet erfassten Funksysteme stieg von 442 auf 605.

### 4.3 Dargestellte Immissionen

Dargestellt sind Immissionen durch Mobilfunk-Basisstationen<sup>5</sup> außerhalb von Gebäuden. Innerhalb von Gebäuden ist von einer deutlich niedrigeren Befeldung durch Mobilfunkanlagen auszugehen. Sind dort zusätzliche Quellen vorhanden wie z.B. Schnurlostelefon/WLAN, ist es möglich, dass diese vor allem im betroffenen Raum die dominierende Hochfrequenz-Feldquelle darstellen und stärker als der Mobilfunk ausfallen. Die Belastung innerhalb von Gebäuden kann bei Klärungsbedarf durch Messung ermittelt werden. Die Berechnung der Karte erfolgte auf einem Hochleistungs-Rechensystem anhand hochentwickelter Prognose-technologie, welche auch die abschätzende Darstellung von Abschattungen durch Gebäude ermöglicht.

<sup>3</sup> Die Frequenzangabe beim Funksystem beginnt mit 0 (z.B. LTE08, MB08, GSM09, MB09)

<sup>4</sup> Die Frequenzangabe beim Funksystem beginnt mit 1, 2 oder 3 (z.B. LTE18, MB18, UMTS21, MB21)

<sup>5</sup> Standorte mit Index „n“: Betreiberseitig mitgeteilte Planungsdaten. Aufbau demnächst vorgesehen.

Mit 4 m über Grund liegt die Prognoseebene im Bereich des 1. Obergeschosses. Mit kleineren Einschränkungen lässt dies Aussagen zwischen der Fußgängerebene und dem 2. OG zu<sup>6</sup>. Besonders in der Nähe von Mobilfunkanlagen kann die Befeldung in größerer Höhe oder aufgrund von Reflexions-/Beugungs-/Streuungseffekten deutlich ansteigen. Bei weiterem Klärungsbedarf können konkrete Aussagen durch Messung getroffen werden.

Aus der Immissionskarte wird auf den ersten Blick ersichtlich, dass sich die Strahlenbelastungen im Umfeld der einzelnen Mobilfunkanlagen deutlich unterscheiden. Bei Standorten mit vergleichsweise kräftigen Befeldungen kann z.B. für den Fall zukünftig geplanter Modernisierungsmaßnahmen eine frühzeitige Untersuchung von Standortalternativen in Betracht kommen.

#### 4.4 Entlastung benachbarter Wohngebiete

Parallel zur Modernisierung der meisten Standorte und vergleichsweise schonenden Situierung neuer Standorte konnten sechs bestehende, in der letzten Auflage der Immissionskarte von 2016 noch auffallende Standorte unter Zusammenwirkung von Stadtverwaltung, Gutachter und Netzbetreiber auf neue Antennenpositionen verlegt werden. Von den neuen Positionen aus werden die jeweils betroffenen Nachbarn pro abgestrahlter Leistung weniger stark angestrahlt, als von den alten Positionen aus, wie Tabelle 1 zeigt:

Standortverlegungen in Kempten (Allgäu) 2016 bis 2020								
	Verlegung von	Code Karte	Prognosewert am Immissionspunkt V/m	Verlegung nach	Code Karte	Code Gutachten	Prognosewert am Immissionspunkt V/m	Einsparung (spezifisch)
1	Lindauer Str.	B09	4,1	Joh.-Schütz-Str.	B35	U21a	2,1	49%
2	Immenstädt. Str.	B11	4,7	Gymnasium	B10n	U63c	1,1	77%
3	Tiefenb.Ösch	B03	5,9	Masterhöhung	B03	B03	2,9	51%
4	Memminger Str.	B46	4,7	Gerh. Hptm. Str.	B48	U100	1,9	60%
5	Taxisweg	B27	4,3	Rottachstr. / Oberwanger Str.	B26/B31	U93/U82	2,35	45%
6	Thingers	B12	3,4	Heiligkreuzer Str.	U44n	U44n	1,6	53%
<b>Mittlere Einsparung</b>								<b>56%</b>

Tabelle 1: Veränderungen der Prognosewerte am Immissionspunkt bei verlegten Standorten.

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich wird, sinken die Prognosewerte an den Immissionspunkten in dem durch die Verlegungen jeweils betroffenem Standortumfeld um 56 Prozent.

Unter Zugrundelegung jeweils gleicher Sendeleistungen (spezifische Betrachtung) sinken die Immissionen an den im jeweils betroffenen Standortumfeld liegenden Immissionspunkten bei Vollast der Netze somit auf knapp die Hälfte.

	Bemerkung	Immissionsgutachten vom
1	IP: Nachbarhaus in 25m Höhe	21.11.2013
2	O2: Verlegung geplant	21.11.2013
3		16.11.2014
4		17.11.2014
5	Zugleich Netzverdichtung. Durchschnitt gewählt!	17.11.2014
6	O2: Verlegung geplant	17.11.2017

Erläuterungen zu Tabelle 1

<sup>6</sup> Die Einschränkungen in der Genauigkeit liegen erfahrungsgemäß innerhalb der Unsicherheit aufgrund der notwendigen Vereinfachungen im Prognosemodell. Für konkrete, gebäudescharfe Aussagen sollten bei bestehenden Mobilfunkanlagen Messwerte bevorzugt herangezogen werden.

## 4.5 Effizienzsteigerung durch die Antennenverlegungen

Hinzu tritt aufgrund der besseren Sichtverbindungen eine Steigerung der Effizienz:

1. Weniger Abschattungen treten auf. Dadurch sinken die Pfadverluste (Signalabschwächung zwischen Sender und Empfänger). Eine automatische Regelung setzt in diesen Fällen bei jeder Verbindung die Sendeleistungen von Mobilfunk-Standort und Mobiltelefon herab.
2. Der Anteil der Übertragungen über mehrere Wege z.B. durch Reflexion und Beugung sinkt, damit kommen die Signale beim Empfänger mit weniger Störungen an. Durch eine weitere automatische Regelung werden feinere Modulationen genutzt, welche pro eingesetzter Funkleistung mehr Daten übertragen können.

Pro übertragenem Datenvolumen senden Mobilfunkbasisstationen und Endgeräte somit in zweifacher Hinsicht mit weniger Leistung.

Dadurch werden sowohl die Nutzerinnen und Nutzer von Mobiltelefonen als auch Nachbarn von Mobilfunkanlagen auch pro übertragenem Datenvolumen entlastet.

## 4.6 Messungen

Auch um die entlastende Wirkung von in Kap. 4.4 auf Seite 7 dargestellten Standortverlegungen zu dokumentieren, wurde ein Großteil der Messpunkte entsprechend ausgewählt. Nachdem mehrere Standorte erst etwa zum Jahreswechsel 2019/2020 verlegt wurden, wurden die Messungen im Frühjahr 2020 durchgeführt.

Siehe hierzu gesonderten Messbericht des TÜV Süd, Berichtsnummer F20/124-MFM vom 09.04.2020.

## 4.7 Betriebsnähe von Antragsdaten

Bei Sendeleistungen von mehr als 20 W pro Kanal besteht die Gefahr von Qualitätseinbußen im Netz (Interferenzen durch zu große Reichweiten der Basisstationen sowie Störungen und Verbindungsabbrüche, da das Funksignal des Handys die Basisstation nicht kontinuierlich mit ausreichendem Pegel erreicht).

Teilweise werden von Netzbetreiberseite bei der Bundesnetzagentur deutlich höhere Sendeleistungen beantragt als tatsächlich aufgebaut bzw. aktuell eingestellt. Auch müssen nicht alle beantragten Funksysteme aufgebaut bzw. eingeschaltet sein. Die Immissionskarte wurde mit den beantragten / zur Beantragung vorgesehenen Sendeleistungen und allen in der Standortbescheinigung aufgeführten Funksystemen berechnet.

Neben anderen Effekten kann dies zu Abweichungen zwischen der real angetroffenen Situation (Messwert) und berechneter Immissionsprognose führen. Im Falle höherer Prognosewerte als Messergebnisse kann dies z.B. an nicht aktiven Funksystemen, am unterschiedlichen Grad der Betriebsnähe der beantragten Sendeleistung oder an konservativeren Annahmen zur Hauptstrahlabsenkung liegen.

## 4.8 Aktualität der Immissionskarte

Die Standortbescheinigungen und die zugehörigen Datenblätter Funkanlagen der Bundesnetzagentur wurden von der Stadt Kempten übermittelt. Datenstand ist März 2020.

Die Aktualität der Immissionskarte kann über die öffentlich zugängliche EMF-Datenbank der Bundesnetzagentur<sup>7</sup> überprüft werden. Ein Klick auf die blauen Dreiecke zeigt das Datum der gültigen Standortbescheinigung.

Liegt bei Standorten ohne Index „n“ das Datum nach dem März 2020, haben sich Änderungen ergeben, welche sich in der Regel in der Strahlenbelastung der Umgebung der Mobilfunkanlage niederschlagen. Bei Standorten mit Index „n“ sind in diesem Falle Änderungen möglich. Nach bisheriger Erfahrung hat sich ein Aktualisierungszyklus von ca. zwei bis drei Jahren bewährt.

## 5. Schlussbemerkung / weitere Angaben

Die Untersuchung liefert keine Hinweise, dass der in Deutschland gültige Grenzwert nach der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes durch Mobilfunkanlagen (frequenzabhängig zwischen 28 V/m und 61 V/m) überschritten wird bzw. werden könnte. Details sind den jeweiligen Standortbescheinigungen der Bundesnetzagentur zu entnehmen. Umrechnungstabelle und Grenzwerte vgl. Nr. 6.4 auf Seite 14.

Die hier dargestellten Berechnungen und Bewertungen entsprechen in ihrer Auslegung und Platzierung den dokumentierten Annahmen.

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, 5. Mai 2020

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

<sup>7</sup> <http://emf3.bundesnetzagentur.de/karte/default.aspx>

## 6. Anhang

### 6.1 Ausgangswerte für die Immissionsprognose

Die Ausgangswerte für die Immissionsprognose sind in der Fassung mit ausführlicher Dokumentation enthalten. Angaben der Bundesnetzagentur zu Mobilfunk-Basisstationen sind online abrufbar unter <http://emf3.bundesnetzagentur.de/karte/default.aspx>

### 6.2 Vorgehensweise

- a) Zur Anpassung und Verifikation von Prognoseparametern wurden für jede Ausgabe der Immissionskarte Messergebnisse herangezogen. Dokumentation der Messungen zur vorliegenden Ausgabe vgl. gesonderten Messbericht des TÜV Süd, Berichtsnummer F20/124-MFM vom 09.04.2020.
- b) Mit dem Berechnungsprogramm NIRView 8.16 wird die Feldstärkeverteilung um die angegebenen Mobilfunkbasisstationen auf Basis der funktechnischen Parameter der in der jeweiligen Grafik farbig dargestellten Anlage(n), des Antennendiagramms, digitalem Kartenmaterial und dem digitalen Geländemodell<sup>8</sup> mittels Freifeldberechnung<sup>9</sup> 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 Gebäudeabschattungen<sup>10</sup> und deren teilweise Kompensation durch Beugung/Streuung werden unter Abschätzung von Gebäudehöhe und Dämpfung angedeutet.<sup>11</sup> Verhindern Bäume oder andere Objekte den Sichtkontakt in Bereichen, in denen aufgrund der Geländetopographie Sichtkontakt zur Antenne bestünde, wird die Feldstärke niedriger sein, als dargestellt<sup>12</sup>. Bei Reflexionen kann die reale Belastung höher sein, als dargestellt. Dies betrifft insbesondere Zonen im Nahbereich von Anlagen, die 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

<sup>8</sup> Von der Gemeinde übermitteltes digitales Geländemodell DGM25: © Landesamt für Vermessung und Geoinformation (BY) bzw. Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (BW). Im Folgenden mit „Landesvermessungsamt“ bezeichnet

<sup>9</sup> 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

<sup>10</sup> Aus der digitalen Flurkarte sowie weiteren Datenquellen extrahierte Gebäude. Diese sind z.T. unvollständig. In einer Datenquelle fehlende Daten können durch andere Datenquellen ersetzt worden sein. Da es bei der digitalen Flurkarte durchaus vorkommt, dass sich die Gebäudeumringe angrenzender Gebäude überschneiden und damit nicht extrahiert werden können, werden die Gebäudeumringe z.T. manuell oder durch Einlesen entsprechender Daten aus Openstreetmap ergänzt.

<sup>11</sup> Für die Darstellung der Abschattungen wurde das auf das vom Unterzeichner dieses Berichts mitentwickelte empirische Modell "Gebäudeüberschneidung: schnittlängenabhängige Dämpfung" sowie „Längenabhängige Geländedämpfung“ gewählt

<sup>12</sup> Sofern bewaldete Flächen im Prognosetool als solche angelegt und für Immissionsprognosen verwendet wurden, sind diese in der jeweiligen Prognosegrafik 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.

Abdeckung im Sinne einer konservativen Abschätzung bzgl. der Immission wird mit max. 1 dB (Flächenversorgung) / 2 dB (Kapazitätsversorgung) berücksichtigt<sup>13</sup>. Die Berechnung erfolgt unter Zugrundelegung der vollen Anlagenauslastung aller beantragten Kanäle (GSM/TETRA) bzw. Bänder (UMTS/LTE), sofern bei den Prognosegrafiken nicht anders angegeben.

- c) Prognoselevel der Immissionskarte: Volle Netzlast in maximal bei der Bundesnetzagentur beantragten bzw. zur Beantragung vorgesehenen Sendeleistungen. Bei den Hauptstrahlabsenkungen, soweit vorliegend, Orientierung an Betreiberangaben bzw. Annahmen: Mischsituation zwischen worst case und angenommener aktueller/typischer Situation.
- d) Die Immissionskarte bezieht sich auf standortbescheinigungspflichtige Mobilfunkanlagen im Gemeindegebiet (violette Punkte mit Bezeichnung). Zudem wurden Daten zu Anlagen mit Senderichtung zum betrachteten Gemeindegebiet berücksichtigt, welche sich außerhalb des Gemeindegebietes in einem Umgriff von bis zu 500 m bzw. vereinzelt darüber hinaus befinden, sofern diese von der Kommune übermittelt wurden. Die Immissionskarte stützt sich unter Bezugnahme auf das Umweltinformationsgesetz auf behördlich vorliegende und dort von der Kommune abgerufene und an uns übermittelte Daten, welche Voraussetzung zur flächigen Berechnung der auf das Gemeindegebiet einwirkenden Befeldung sind. Ergänzend, insbesondere zu geplanten Anlagen, wurden in Abstimmung mit der Stadtverwaltung Betreiberangaben herangezogen.
- e) Immissionsprognosen dienen aufgrund der Modellvereinfachungen sowie Vereinfachungen bei weiteren Annahmen ausschließlich der Abschätzung bzw. dem abschätzenden Vergleich. Erscheint solch eine Abschätzung als nicht ausreichend, sollten Messungen herangezogen 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) 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 von mir 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, ein<sup>14</sup>. Danach sind folgende Einflussfaktoren wesentlich:
- Abstand
  - Höhenunterschied zwischen Antenne und Immissionspunkt
  - Antennencharakteristik, Hauptstrahlneigung
  - Sendeleistung
  - Horizontale Ausrichtung der Antennen
  - Sichtbarkeit zur Sendeanlage

<sup>13</sup> Werte für Tondachziegel (reduziert). Quelle für Dämpfungswerte von Baumaterialien: Schirmung elektromagnetischer Wellen im persönlichen Umfeld, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Januar 2008

<sup>14</sup> Beispielhaft seien genannt:

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

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

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

- b) Die Ausgangswerte (funktechnische Parameter) für die Prognoseberechnung sind in der ausführlichen Fassung in 6.1. ab Seite 10 dargestellt. Bei den aufgeführten Standorten (B) wurden die von der Bundesnetzagentur genehmigten funktechnischen Parameter herangezogen, auch wenn einzelne Funkdienste (noch) nicht aufgebaut bzw. in Betrieb sind. Sofern bei Standortvarianten der Index „n“ angefügt ist, vgl. h) auf Seite 12. Standorte mit Bezeichnungen ab B80 liegen außerhalb des Gemeindegebietes. Die Positionen sind dem Auftraggeber bekannt.
- g) 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“<sup>15</sup>.
- h) Netzbetreiberseitig mitgeteilte funktechnische Parameter<sup>16</sup>: 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.
- i) Das Kartenmaterial<sup>17</sup> und die Luftbilder<sup>18</sup> 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.
- j) 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.
- k) Betreiberbezeichnung: Die im Prognosetool bzw. bei den Messergebnissen verwendeten Namen werden zum Zeitpunkt der Anlage der Funksysteme vergeben; in diesem Sinne ist in der Begutachtung z.B. mit E-Plus, O<sub>2</sub> (alte Bezeichnung) und Telefónica (neue Bezeichnung) bzw. mit T-Mobile und Telekom der gleiche Netzbetreiber gemeint.

<sup>15</sup> „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.

<sup>16</sup> Maximale Sendeleistung, volle Last. Bei variabler Hauptstrahlabsenkung: Absenkung in der geplanten Startkonfiguration.

<sup>17</sup> © Landesvermessungsamt, sofern Lupe unten rechts eingeblendet: © openstreetmap.org. Je nach Bildausschnitt können unterschiedliche Bildquellen zusammengefügt worden sein.

<sup>18</sup> © Landesvermessungsamt.

### 6.3 Unterlagen

- Von der auftraggebenden Kommune übermittelte digitale Flurkarte im DXF-Format, Luftbild und digitales Geländemodell vom Gemeindegebiet, z.T. mit Umgriff
- Von der auftraggebenden Kommune übermittelte Angaben zu Gebäudehöhen, kommunalen Liegenschaften, 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 war jeweils im CC bzw. hat den Schriftverkehr vorliegen)

## 6.4 Einheiten, Skala, Grenzwerte

Der Grenzwert für hochfrequente elektromagnetische Felder ist gem. 26. Bundesimmissionschutzverordnung in der Einheit V/m (Feldstärke) angegeben. Die vor allem auch früher verwendete Einheit der Leistungsflussdichte ( $\text{mW}/\text{m}^2$ ,  $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ) 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 ( $\text{V}/\text{m}$ )<sup>19</sup>. 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](http://www.funktechanalyse.de/umrechnung)

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

[www.funktechanalyse.de/vorsorge](http://www.funktechanalyse.de/vorsorge)

Die Abstufung „Türkis – Grün – Gelb – Orange - Rot – Violett“ der Feldstärke-Farbskala wurde in Anlehnung an die FEE-Immissionsdatenbank des Bayerischen Umweltministeriums (Stand 2008) sowie seither entstandene Messergebnisse so gewählt, dass das weit gefächerte Spektrum der berechneten Immissionswerte möglichst gut erkennbar und damit eine anschauliche, vergleichende Betrachtung mit typischen Belastungen möglich ist.

Die Hellblau- und Grünfärbung markiert Feldstärken, wie sie bei vergleichsweise niedrigen Messwerten auftreten, Werte um den Mittelwert/Medianwert der Messungen sind gelb markiert, Bereiche mit Orange- und Rotfärbungen liegen darüber, Violett markierte Bereiche kennzeichnen vergleichsweise hohe Befeldungen, wie sie bei Messungen selten angetroffen werden.

Funkdienst z.B.	Grenzwert ca.	
	V/m	mW/m <sup>2</sup>
Tetra-400	28	2000
LTE-800	40	4000
GSM-900	41	4500
LTE-1800	59	9000
UMTS-2100	61	10000
LTE-2600	61	10000
LTE-3500	61	10000

E (V/m)	S (mW/m <sup>2</sup> )	S (μW/m <sup>2</sup> )
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

<sup>19</sup> 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