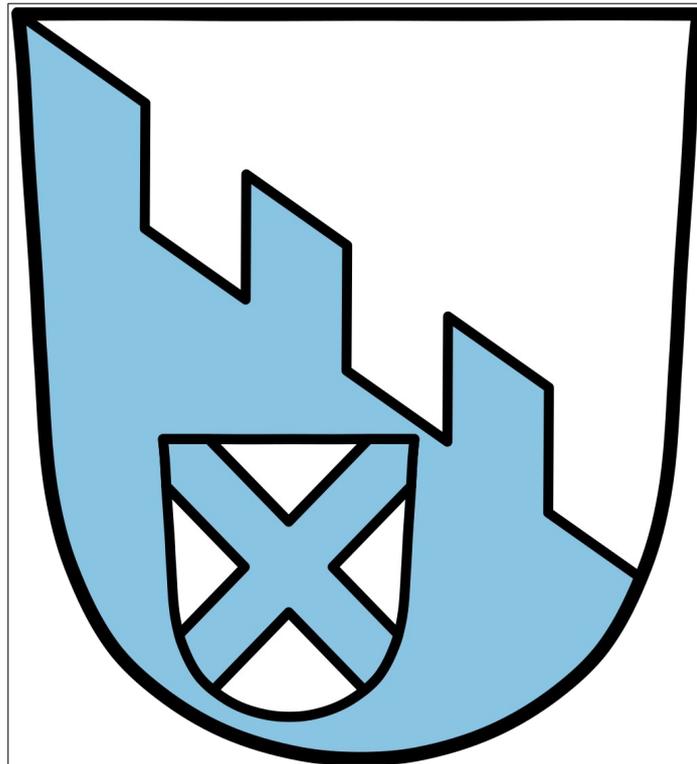


STUDIE ZUR MOBILFUNKVERSORGUNG  
IN DER GEMEINDE FÜR VERÖFFENTLICHUNG AUF  
DER GEMEINDLICHEN HOMEPAGE

# WILDENBERG



**19. April 2022**

**Corwese GmbH  
Beratung, Strategie, Prozesse**

**Dipl. Ing. Roland Werb  
Ulrich Wittfeld  
Peter Ditz**

Fritz-Müller-Straße 3a  
82229 Seefeld

Tel.: +49 (0)8131 / 271 66 93  
Mobil: +49 (0) 171 / 540 04 47  
FAX: +49 (0)8152 / 98 05 00

Peter.Ditz@corwese.de  
www.corwese.de



## **Inhaltsverzeichnis**

1 Sachlage.....	3
1.1 Prognose Datenverkehr.....	3
2 Erörterung des bayerischen Förderverfahrens Mobilfunk.....	6
2.1 Ziel des Förderverfahrens.....	6
2.2 Förderung.....	6
3 Technik im Funknetz.....	7
3.1 Mobilfunk allgemein.....	7
3.2 Funkdienste im Überblick.....	8
4 Anforderungen der Funknetzplanung.....	11
4.1 Planungsgrundsatz zur Mobilfunkversorgung.....	11
4.2 Versorgungskonzept.....	12
4.3 Verfügbarkeit der Mobilfunkversorgung.....	13
4.4 Planungsprogramm.....	13
4.5 Datenverkehr im Mobilfunk.....	17
5 Gemeinde Wildenberg: Versorgung im Mobilfunk.....	20
5.1 Versorgung nach Breitband-Atlas des Bundes.....	20
5.2 2G-Versorgung (GSM) der Netzbetreiber.....	20
5.3 4G-Versorgung (LTE) der Netzbetreiber.....	24
5.4 Ergebnisse der Mobilfunk-Messung.....	28
5.5 Mögliche Förderfähigkeiten im Mobilfunk Bayern.....	31
5.6 Zusammenfassung der Mobilfunkversorgung.....	32
6 Planung einer Sendeanlage.....	33
6.1 Infrastruktur.....	33
6.2 Vorschläge für mögliche neue Mobilfunkstandorte.....	36
7 Untersuchte Mobilfunkstandorte in Wildenberg.....	38
7.1 Ausgangslage.....	38
7.2 Mögliche Versorgung durch Standortvorschläge.....	38
7.3 Zusammenfassung der möglichen Versorgung.....	43
7.4 Infrastruktur Stromversorgung / Glasfaser.....	46
8 Empfehlung.....	49
9 Grafiken.....	50
10 Anlagen.....	51
11 Abkürzungsverzeichnis.....	52
12 Hinweis zum Kartenmaterial:.....	54



## **1 Sachlage**

Da in der Bundesrepublik Deutschland die Funkversorgung noch deutliche Mängel aufweist, stellt der Freistaat Bayern eine Förderung von Funk-Infrastruktur bereit. Dies ist in der „Richtlinie zur Förderung des Ausbaus der Mobilfunkversorgung im Freistaat Bayern“ vom 28. November 2018 beschrieben. Die Richtlinie liegt als Anlage bei.

Grundlage hierfür ist eine Versorgungslage bei 2G, hinlänglich als D-Netze oder GSM bekannt. Von der Förderstelle wurde zur Beurteilung von Versorgungslücken im Freien ein Empfangspegel von -85 dBm am Endgerät festgelegt.

Schnelles Internet ist heutzutage fast ausschließlich mit LTE realisierbar. UMTS spielt bereits eine untergeordnete Rolle und wird im Laufe des Jahres 2021 von allen Netzbetreibern abgeschaltet.

Bei 2G (GSM) ist schnelles Internet nicht möglich. Dieser Mobilfunkstandard wurde für reine Sprache konzipiert und Datenverkehr ist nur unter bestimmten Bedingungen möglich.

Geschwindigkeiten der Funkdienste:

- 2G (GSM): bis zu 0,1 MBit/s
- 4G (LTE): bis zu 100 MBit/s

Die Kosten für die Infrastruktur wird einige Milliarden Euro verursachen. Zumal die Dichte der Senderstandorte gegenüber heutiger Technik zunehmen wird.

Deshalb wird der 4G-Standard noch viele Jahre ausgebaut.

In dieser Studie soll eine Versorgungsverbesserung der Gemeinde Wildenberg untersucht werden.

### **1.1 Prognose Datenverkehr**

Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur BMVI verankerte das Thema Breitbandausbau als Schlüsselaufgabe. Dazu rief das BMVI im März 2014 die „Netzallianz Digitales Deutschland“ ins Leben.

In einer Stellungnahme vom 3. März 2017 wird die Offensive der Netzallianz zum Ausbau gigabit-fähiger konvergenter Netze bis 2025 vorgestellt.

In dieser Stellungnahme ist auch eine Abschätzung des Datenverkehrs. Die Zunahme des Datenverkehrs wird in Abbildung 1.1 grafisch veranschaulicht.

Darin wird der Datenverkehr des Jahres 2015 mit der Prognose für 2025 gegenüber gestellt.

Gegenüber 2015 wird der IP-Datenverkehr im Jahr 2025 ein 6fach höheres Volumen erreichen. Die Datenmenge pro Kopf steigt auf das 5-fache des Wertes an. Und zu Stoßzeiten rechnet die Netzallianz mit der 18-fachen Datenmenge.

**Die größte Steigerung wird im mobilen Datenverkehr mit dem 43-fachen des Wertes aus 2015 erwartet.**

Diese Datenmengen sind mit den bestehenden Netzen nicht mehr zu bewältigen. Dazu legten die Politik und Kommunikationswirtschaft die „Zukunftsoffensive Gigabit-Deutschland“ als Standpunkt fest.

Nicht nur auf höheren Netzebenen sondern auch im Anschlusssegment sind Übertragungsraten bis zu mehreren Gigabit/s erforderlich.

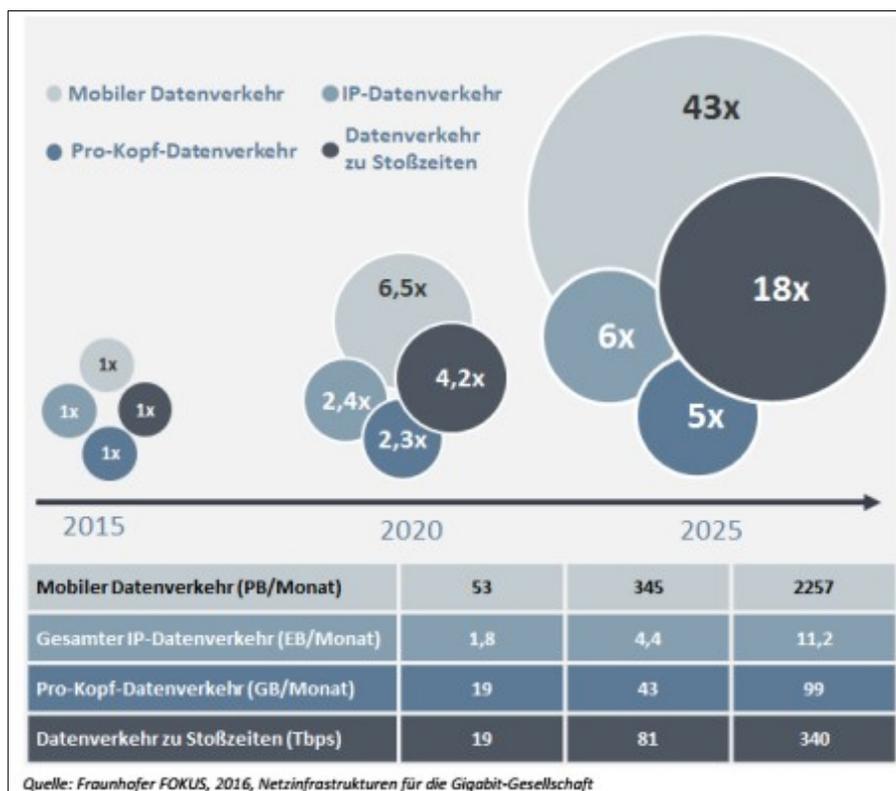


Abbildung 1.1: Schätzung der Entwicklung des Datenverkehrs 2015 – 2025 in Deutschland

Der Fahrplan für den Ausbau der Gigabit-Netze bis 2025 soll in vier Phasen voranschreiten:



- Phase 1: bis Ende 2018 war eine Versorgung mit mindestens 50 MBit/s für alle Haushalte vorgesehen.
- Phase 2: bis Ende 2019 sollten alle unterversorgten Gewerbegebiete mit Hilfe eines Sonderprogramms ausschließlich mit Glasfaseranschlüsse versorgt sein.
- Phase 3: bis Ende 2020 hätte der Mobilfunk flächendeckend für die nächste Technologie vorbereitet sein sollen. Der Regulierer ist angehalten, die notwendigen Frequenzbereiche zur Verfügung zu stellen.
- Phase 4: bis Ende 2025 soll eine „gigabitfähige konvergente Infrastruktur“ in Deutschland errichtet sein.

Die Ziele der Phasen 1 bis 3 wurden nicht überall erreicht.

Grafisch ist der Fahrplan in Abbildung 1.2 ersichtlich.

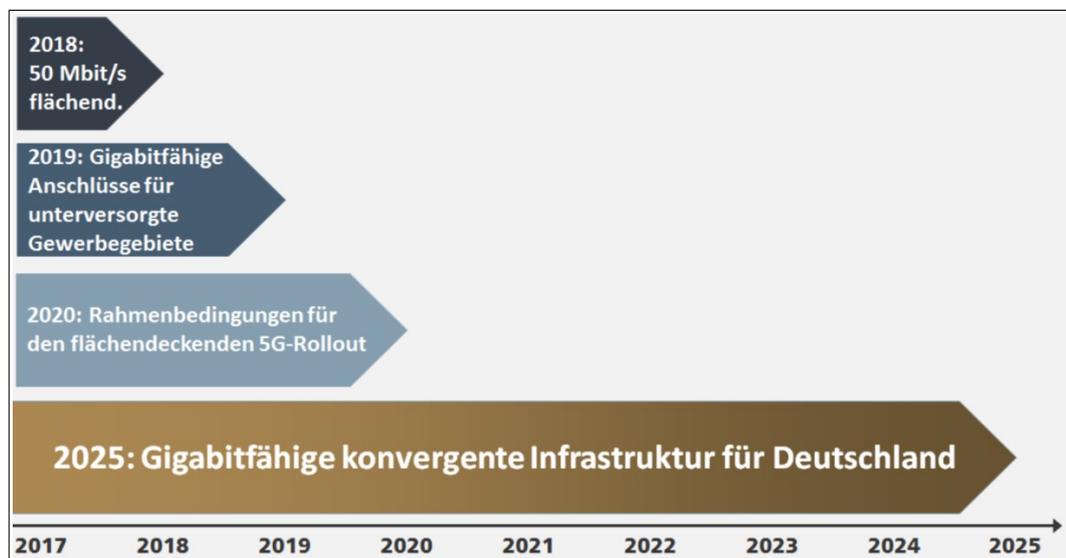


Abbildung 1.2: grafische Darstellung der Ausbauphasen

Dieser Fahrplan ist nach heutigem Stand nicht mehr haltbar.

Das gesamte Dokument ist der Anlage beigefügt.



## **2 Erörterung des bayerischen Förderverfahrens Mobilfunk**

### **2.1 Ziel des Förderverfahrens**

Das Ziel des bayerischen Mobilfunk-Förderprogramms ist die Schließung von Versorgungslücken im Mobilfunk in Regionen, die aus marktwirtschaftlichen Gründen nicht ausgebaut werden.

Gefördert wird die Errichtung neuer Standorte in aktueller 4G-(LTE) Technik und läuft zunächst bis Ende 2022.

### **2.2 Förderung**

Gefördert werden Gemeinden, Zusammenschlüsse von Gemeinden oder Mobilfunkunternehmen für eine Ertüchtigung von BOS-Masten.

Für Gemeinden stehen bis zu 500.000 € zur Verfügung, die sich bei Zusammenarbeit mit anderen Gemeinde um 50.000 € erhöht.

Die Fördersätze betragen im Regelfall bis zu 80%, in Räumen mit besonderem Handlungsbedarf bis zu 90%.

Die Gemeinden erhalten die Förderung für die Errichtung von Masten. Dabei sind alle Aufwendungen für den Bau der passiven Infrastruktur wie der Mast, Fundament, Leerrohr und Zuwegung förderfähig.

Ansprechpartner und Bewilligungsbehörde ist das bayerische Mobilfunkzentrum.

Ein Informationsblatt liegt als Anlage bei.



## **3 Technik im Funknetz**

### **3.1 Mobilfunk allgemein**

Die Anfänge des Mobilfunks reichen bis Ende der 1950er Jahre zurück. Der sogenannte „Öffentliche mobile Landfunkdienst“ basierte auf rein analoger Technik. Diese war sehr teuer in der Anschaffung, beim Einbau in ein Fahrzeug wurde der halbe Kofferraum beansprucht, und auch die laufenden Kosten sehr hoch.

In der nächsten Generation, dem C-Netz, wurden die Gespräche noch auf einem analogen Signal geführt, die Kontrolle über die Verbindung schon digitalisiert.

Den großen Sprung schaffte das digitale GSM-Netz, 2G. Dieses Netz war voll digital aufgebaut. Die analoge Sprache wurde in ein digitales Muster kodiert und komprimiert, damit auf einer Frequenz acht Nutzer gleichzeitig telefonieren konnten. Damit erreichte das System bereits eine erhebliche Einsparung von Frequenzressourcen.

Ende der 90 Jahre explodierte der Markt und innerhalb von zwei Jahren stiegen die Kundenzahlen von bundesweit 7 Millionen auf über 50 Millionen.

Durch Einführung von SMS und GPRS fanden auch schon Datenübertragungen in geringem Umfang den Weg in die mobile Kommunikation.

Mit UMTS nahm der Datenverkehr richtig Fahrt auf. Mit Geschwindigkeiten bis zu 7,2 MBit/s konnten die Kunden schon angenehm im Internet surfen und Emails empfangen. Die damaligen Web-Seiten hatten noch deutlich kleineren Umfang im Gegensatz zu heute. Videostream unterlag noch Einschränkungen, wenn z.B. das Video entsprechend kodiert und in der Auslösung sparsam war, konnte es mittels UMTS ruckelfrei übertragen werden.

Bei der Datenübertragung kam der große Schub mit der Einführung von 4G (LTE). Zum Zeitpunkt der Einführung standen oft örtlich höhere Datenraten zur Verfügung als im Festnetz. Auch heute gibt es im Festnetz Bereiche, in denen 4G die deutlich höhere Datenrate erzielt.

Mit der Möglichkeit der höheren Datenrate zogen auch die Anwendungen mit. Videostream ist problemlos möglich, Internetradio selbstverständlich.

Ob für diesen Standard eine Flächendeckung erreicht wird ist allerdings fraglich.

Die mobile Kommunikation wird das Festnetz nie ersetzen können. Dazu sind die erforderlichen Frequenzen in der Anzahl beschränkt. Während in der Erde mehrere tausend Glasfasern verlegt werden können, sind die Frequenzen ein kostbares Gut.



Eine Frequenz steht deshalb nicht nur einem einzigen Kunden zur Verfügung. Das heißt, in einer Funkzelle wird eine Frequenz von allen Nutzern gleichzeitig benutzt. Allein die verschiedenen Kodierungen auf dem Funkkanal trennen die einzelnen Nutzer voneinander.

Je dichter ein Funknetz aufgebaut wird, desto wichtiger ist es, Störungen der Funkzellen untereinander zu minimieren. Die knappen Frequenzen müssen so oft wie möglich wieder an vielen Senderstandorten verwendet werden.

Überreichweiten und damit verbundene Störungen in entfernteren Gebieten zu vermeiden, ist Aufgabe der Funkplanung eines Netzbetreibers. Schon aufgrund der Qualität achten die Netzbetreiber auf ein homogenes Netzdesign.

Ein weiterer Aspekt ist die Sendeleistung der Stationen und Endgeräte. Diese wird teilweise mehrere zehnmal / Sekunde geregelt, damit immer die geringste Leistung gesendet wird. Das reduziert auch die Störungen in umliegenden Gegenden, die andere Sende-Stationen bedienen.

Der beste Standort ist direkt beim Kunden. Hier reduziert sich die Entfernung und damit auch die erforderlichen Sendeleistungen der Basisstation und des Endgerätes. Das dankt auch der Akku des Endgerätes, der dadurch nicht so oft nachgeladen werden muss.

Wenn ein Senderstandort weit außerhalb einer Gemeinde steht, steigt für eine gute Verbindung die Sendeleistung an der Station und auch am Endgerät deutlich an.

## **3.2 Funkdienste im Überblick**

Für die kommerzielle Nutzung stehen hauptsächlich vier Funkdienste zur Verfügung:

- GSM
- UMTS / HSPA
- LTE
- WLAN

Allen Funkdiensten ist gemeinsam, dass sich die Nutzer die angebotenen Ressourcen teilen müssen. Ein Funkkanal versorgt ein bestimmtes Gebiet in den sich mehrere Nutzer aufhalten. Solange nur ein Nutzer im jeweiligen Netz eingebucht ist, steht ihm die gesamte Bandbreite dieses Kanals zur Verfügung. Je mehr Nutzer denselben Funkkanal beanspruchen, desto langsamer erfolgt die Übertragung der Daten. Je nach Funksystem kann das rasch deutliche Einbußen mit sich bringen.



Sehr viele von den Netzbetreibern angebotenen Flat-Rate-Tarife begrenzen den möglichen Datendurchsatz auf sehr langsame Geschwindigkeiten wenn eine bestimmte Datenmenge / Monat überschritten wird. Durch die Selbstkontrolle der Nutzer erreichen die Netzbetreiber, dass die Funknetze nicht zu sehr überlastet werden.

Nachfolgende Erklärungen zu den Funkdiensten ergeben einen Überblick über die je Funkdienst erreichbaren Datengeschwindigkeiten.

### **3.2.1 2G (GSM)**

Dieser Funkdienst, seit 1991 in Betrieb, ist mittlerweile fast flächendeckend vorhanden. Für die Datenübertragung, speziell bei großen Datenmengen, ist GSM nicht prädestiniert. Die erzielbaren Geschwindigkeiten betragen bis zu 100 KBit/s.

Als Notbehelf kann dieser Dienst keine wirkliche Internetfähigkeit vorweisen.

### **3.2.2 3G (UMTS/HSPA)**

Deutlich höhere Geschwindigkeiten von bis zu 14 MBit/s pro Funkkanal bietet UMTS / HSPA. Mit HSPA+ sind theoretische Bandbreiten bis zu 28 MBit/s möglich. Die Nutzung ist sehr stark von der Entfernung Endgerät zum Mobilfunkstandort und von der Menge der Datenübertragungen anderer Teilnehmer im Funknetz abhängig. Für mobile Endgeräte ist diese Geschwindigkeit meist ausreichend.

Als Ersatz für das Internet im Festnetz kann dieser Dienst allerdings nicht dienen.

**Ende 2021 wurde 3G von allen Netzbetreibern in Deutschland abgeschaltet!**

### **3.2.3 4G (LTE)**

Mit LTE steht ein Funkdienst zur Verfügung mit dem Übertragungsraten von bis zu 300 MBit/s / Funkkanal realistisch sind. Da dieser Dienst in ersten Schritten in ländlichen Gebieten in Betrieb ging finden, regional dennoch stark unterschiedlich, erstmals auch abgelegene Haushalte Anschluss zum schnellen Internet.

Trotz der hohen Geschwindigkeiten bleibt ein Nachteil bestehen: die Nutzer eines Funkkanal teilen sich die Bandbreite. Je mehr Teilnehmer desto geringer auch hier die Geschwindigkeit.



In ländlichen Regionen werden dazu Frequenzen im 800 MHz-Bereich eingesetzt, mit denen heute pro Zelle bis zu 50 MBit/s bereitgestellt werden können. Bei einer gleichzeitigen Nutzung von 200 Kunden in einer Zelle bleiben damit gesichert immer noch 2-3 MBit/s pro Nutzer. Dies wird durch den sogenannten Multiplex-Gewinn erreicht, da nie alle in einer Funkzelle angemeldeten Teilnehmer den Dienst gleichzeitig in vollem Umfang nutzen.

Dies ist nicht zu verwechseln mit LTE in städtischen Bereichen, wo durch Verwendung höherer Frequenzen noch größere Bandbreiten realisiert werden können, bei allerdings deutlich geringerer Zellgröße.

### **3.2.4 WLAN**

WLAN wird hauptsächlich für die Internetversorgung innerhalb von Gebäuden eingesetzt. Die Reichweiten sind auf Grund der geringen Sendeleistung sehr begrenzt und auch die Frequenzbereiche, 2,4 GHz und 5.0 GHz, von der Anzahl der zur Verfügung stehenden Kanäle beschränkt.

Für eine Versorgung im Außenbereich stellt WLAN nur für kurze Reichweiten und wenig zu versorgende Gebäude eine Alternative dar. Dazu ist eine aufwändige Antennentechnik mit Richtantennen zu installieren, damit die Störungen durch privat betriebene WLAN-Anschlüsse gering gehalten werden.

Prinzipiell bleibt WLAN nur eine Notlösung auf sehr kurze Entfernung wenn neu zu verlegende Glasfaser-Trassen zu teuer und aufwändig sind. Bandbreiten wie in den Förderverfahren gefordert, werden mit WLAN nicht zur Verfügung stehen.



## 4 Anforderungen der Funknetzplanung

Zur Planung möglicher neuer Standorte sind folgende Voraussetzungen notwendig:

- Anforderungen der Mobilfunkversorgung
- Mögliche Standorte auf bestehende Gebäude / Infrastruktur
- Mögliche Standorte zur Errichtung von freistehenden Antennenträgern
- Planungsprogramm zur Simulation der Versorgung

### 4.1 Planungsgrundsatz zur Mobilfunkversorgung

**Grundsätzlich ist ein Standort nahe am Versorgungsgebiet anzustreben.**

Die Vorteile einer örtlich nahegelegenen Mobilfunkstation sind:

- Deutlich geringere Emissionen durch die Basisstation **und** den Endgeräten
- Verfügbarkeit auch innerhalb von Gebäuden je nach Bauart möglich
- Höherer Datenverkehr pro Sendestandort möglich
- Minimierung von Störreichweiten

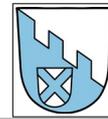
Wie in vorherigen Kapiteln erwähnt, wird die Sendeleistung der Basisstationen und der Endgeräte laufend geregelt. Dabei wird **immer** auf die kleinst mögliche Sendeleistung eingestellt.

Je kürzer die Entfernung zwischen Basisstation und Endgerät, desto geringer sind die Emissionen auf **beiden** Seiten.

Ein weit entfernter Standort kann unter Umständen ein Versorgungsgebiet auch dann erreichen, wenn dieser mit der höchst möglichen Sendeleistung arbeitet. Die Emissionen des Standortes im Versorgungsgebiet sind deshalb etwas geringer als bei einem naheliegenden Standort.

Dafür müssen die Endgeräte die Verbindung unter Umständen mit **voller** Sendeleistung aufrecht erhalten. Diese Emissionen sind deutlich höher als eine nahegelegene Basisstation verursacht. Auch die Anzahl der im Versorgungsgebiet gleichzeitig mit maximaler Leistung sendenden Endgeräte ist nicht zu vernachlässigen.

Ein nahegelegener Mobilfunkstandort kann, je nach Beschaffenheit der Gebäude die so wichtige Versorgung innerhalb von Gebäuden gewährleisten. Durch die



LeistungseinbuÙe, Dämpfung des Mobilfunksignales, des Gebäudes ist für diese Funkverbindung ein höheres Leistungspotential notwendig.

Ein weit außerhalb dem zu versorgenden Gebiet lokalisierter Sender kann in der Regel keine Versorgung innerhalb von Gebäuden gewährleisten.

Ein weiter entfernter Mobilfunkstandort versorgt z.B. ein Gemeindegebiet mit nur einem sogenannten Sektor. Dadurch ist die gleichzeitige Nutzung mehrerer Endgeräte eingeschränkt. Die nutzbare Datenrate pro Endgerät sinkt um ein Vielfaches.

Ein ortsnaher Sender hingegen, besser noch ein Sender im Zentrum des Versorgungsgebietes, kann mit bis zu drei Antennensektoren ausgebaut werden. Dadurch wird die dreifache Menge an Datenverkehr abgeführt. Der Nutzen einer deutlich höheren Anzahl von Endgeräten ist sichergestellt.

Durch die niedrigeren Sendeleistungen ortsnaher Mobilfunkstationen werden zudem Störungen von Versorgungsgebieten benachbarter Sendeanlagen minimiert. Diese können durch die "fehlende" Störung auch mit niedrigerer Leistung deren Versorgungsgebiet abdecken.

## **4.2 Versorgungskonzept**

Mobilfunk-Standorte können nicht als „Versorgunginseln“ betrachtet werden. Die Versorgungsbereiche sollen sich überlappen, damit eine Verbindung zum Endgerät, das sich auf den Straßen bewegt, nicht abreißt.

Aus dieser Sicht erweist sich eine gemeinsame Betrachtung von Standorten als sinnvoll.

Die Ausbaustrategie und damit das Netzdesign der Netzbetreiber ist unterschiedlich geprägt. Zudem unterliegen die in Betrieb befindlichen Standorte der betrieblichen Geheimhaltung.

Topographisch bedingt kann die Anzahl der Standorte ohne negative Auswirkungen nicht reduziert werden.

Diese negativen Auswirkungen sind in erster Linie:

- Erhöhung der Störreichweiten in den jeweiligen Funknetzen.
- Erhöhung der Emissionen direkt am Menschen durch erhöhte Sendeleistungen der Endgeräte bedingt durch die größere Entfernung zwischen Mobilfunkstandort <-> Endgerät.
- deutliche Erhöhung der Entstehungskosten der Mobilfunkstandorte aufgrund der Antennenträgerhöhen.



- aufgrund der größeren notwendigen Sendeleistungen, die durch die Entfernung Mobilfunkstandort <-> Endgerät entstehen, wird auch die resultierende Datenrate vermindert.
- durch die geringere Datenrate muss die mit höherer Sendeleistung betriebene Mobilfunkverbindung längere Zeit aufrecht erhalten werden.  
**Grundsatz: je schneller die Datenübertragung, desto geringer die Emissionen, da die Datenübertragung weniger Zeit beansprucht.**

### 4.3 Verfügbarkeit der Mobilfunkversorgung

Die Mobilfunkversorgung soll für ein definiertes Gebiet Sprach- und Datendienste ermöglichen. Je nach Anspruch des Netzbetreibers kann eine reine Versorgung außerhalb von Gebäuden ausreichend sein oder eine Nutzung der Endgeräte soll auch innerhalb von Gebäuden ermöglicht werden. Die grundsätzliche Verfügbarkeit wird mit einem statistischen Wert zum Ausdruck gebracht:

Die sogenannte Orts- und Zeitwahrscheinlichkeit.

Eine 100%-ige Versorgung kann niemals realisiert werden, da sich die Umgebung des Endgerätes stetig ändert. Mal besteht direkte Sichtverbindung zum Sender, mal wird das Endgerät im Keller eines Hauses betrieben.

Damit dennoch eine qualitativ gute Versorgung berechnet werden kann, wird eine Orts- und Zeitwahrscheinlichkeit von 90% bis 95% zugrunde gelegt.

Das heißt: das Endgerät wird an einem Ort, beispielsweise innerhalb einer Fläche von 100 m<sup>2</sup>, zu 90% bis 95% und zu 90% bis 95% der Zeit versorgt.

Bei den fehlenden 5% bis 10% ist statistisch keine Versorgung möglich. In der Realität kann dies z.B. eine Abschattung durch Gebäude, das Durchfahren eines Waldstückes oder vorbeifahrende Lkw sein.

Deshalb wird in den Planungsprogrammen dieser statistische Wert je nach Netzbetreiber unterschiedlich berücksichtigt.

### 4.4 Planungsprogramm

Zur Abschätzung der Versorgung wird ein Planungsprogramm verwendet. Abschätzung deshalb, da in einer Software niemals die gerade vorherrschenden Parameter der Realität abgebildet werden können.

Dazu müsste jedes Gebäude, jeder Baum, jedes Fahrzeug, ja sogar jedes Garagentor ob es gerade offen steht oder geschlossen ist in Echtzeit übermittelt werden.

Das Planungsprogramm simuliert anhand vorliegender Höhen- und Landnutzungsdaten deshalb eine Wahrscheinlichkeit, die im voranstehenden Kapitel angerissen wurde.

Der Empfangspegel am Endgerät resultiert aus der von Sender abgegebenen Leistung und der Ausbreitungsdämpfung dazwischen. Die Entfernung, Höhendifferenzen und mögliche Abschattungen zwischen Sender und Empfänger sind die einflussnehmenden Parameter.

#### 4.4.1 Rasterdaten im Planungsprogramm

In Abbildung 4.1 ist der Einfluss der Höhenunterschiede zwischen Sender und Empfänger grafisch dargestellt.



Abbildung 4.1: Beispielhaftes Höhenprofil

Die nächste Abbildung 4.2 zeigt die im Planungsprogramm verwendeten Landnutzungsdaten im Bereich der Gemeinde Wildenberg.

Den Farben sind einzelne Kategorien zugeordnet, die bei den Berechnungen mit zusätzlichen Dämpfungen des Funksignales beaufschlagt werden.

Diese Dämpfungszuschläge zu jeder Kategorie werden von jedem Netzbetreiber intern festgelegt. Zusätzlich wird jeweils eine Höhe pauschal für jede Kategorie in einem Parameter eingestellt.

Höhen- und Landnutzungsdaten liegen als Rasterdaten vor, die eine bestimmte Größe besitzen.

Die kleinsten Auflösungen liegen bei ca. 5 m x 5 m in größeren Städten bis zu Größenordnungen von 50 m x 50 m in ländlichen Bereichen.

Für die LTE-Nutzung innerhalb von Gebäuden ist die Bauart mit verantwortlich. Gebäude mit Stahlbetonwänden und Wärmeschutzverglasung besitzen einen höheren Dämpfungswert als Gebäude in Ziegelbauweise.

Bei der Versorgungssimulation wird ein pauschaler Dämpfungszuschlag eingerechnet. Die Gebiete mit den Zuschlägen sind in der Abbildung 4.2 grau dargestellt.

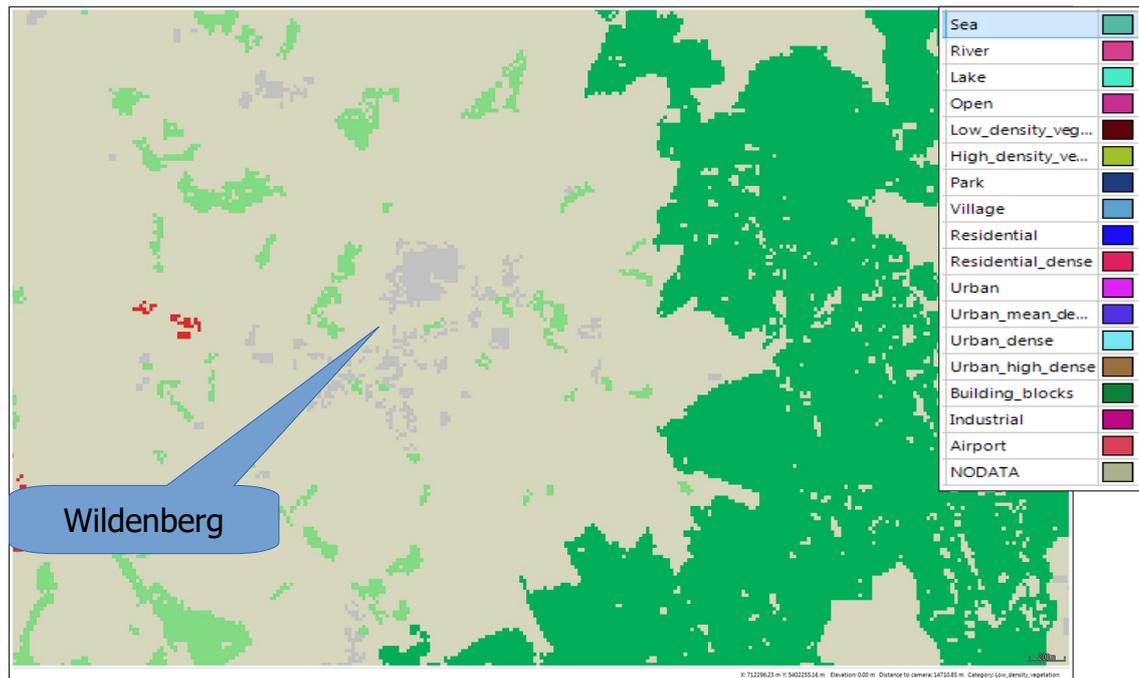


Abbildung 4.2: Landnutzungsdaten der Gemeinde Wildenberg (Markierungen)

#### 4.4.2 Antennen im Planungsprogramm

Ein wichtiger Baustein bei der Mobilfunkversorgung stellt die Antenne dar. Dazu verwenden die Netzbetreiber Antennendiagramme. Antennenhersteller stellen diese zur Verfügung.

Beispielhaft ist in Abbildung 4.3 das Diagramm einer Sektorantenne abgebildet.

Es besteht aus zwei zweidimensionalen Werten:

- dem horizontalem Diagramm
- dem vertikalen Diagramm

Aus diesen beiden Diagrammen errechnet das Programm einen Ausbreitungspfad zwischen Sender und Empfänger, wobei der Empfänger hier ein zu berechnendes Flächenelement mit einer bestimmten Größe ist.

Die Ausbreitungsberechnung erfolgt somit auf eine definierte Fläche und nicht nur auf einen spezifizierten Punkt.



Abbildung 4.3: Antennendiagramm einer Sektorantenne

Das horizontale Diagramm stellt die Draufsicht der Antenne dar, das vertikale Diagramm die Seitenansicht.

Abbildung 4.4 zeigt auf der rechten Seite die übliche Antennenkonstellation bei Sektorantennen in der Draufsicht.

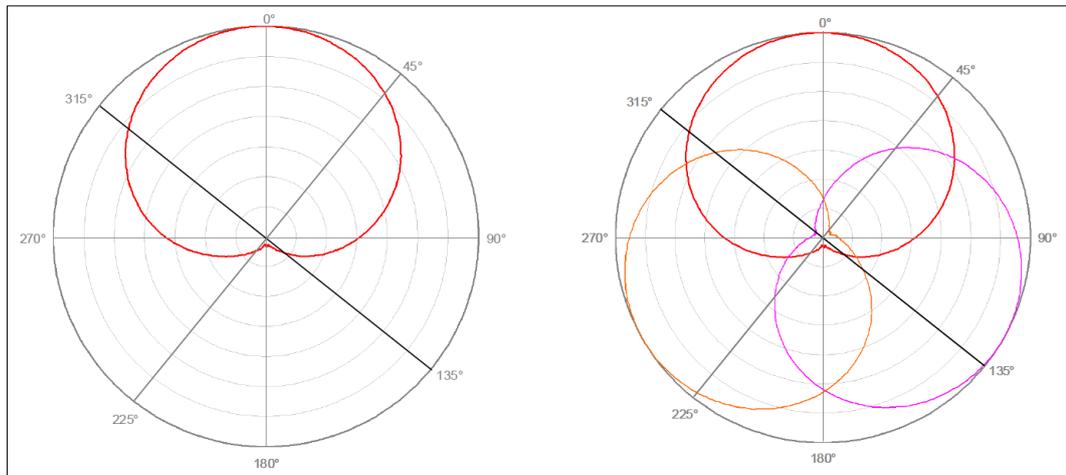


Abbildung 4.4: rechts Anordnung von drei Sektorantennen / Draufsicht

Durch die Verwendung von bis zu drei Sektorantennen, die üblich auf gleicher Höhe montiert sind, wird die Kapazität an einem Standort fast verdreifacht. Das heißt, nahezu der dreifachen Anzahl an Kunden steht die angebotene Bandbreite zur Verfügung.

Standardmäßig erfolgt die Montage der Antennen im Abstand von 120° zueinander.



## **4.5 Datenverkehr im Mobilfunk**

Wie schon im Kapitel 3.1 erwähnt, teilen sich mehrere Kunden einen Funkkanal. Je mehr Nutzer in einem Funkkanal, desto langsamer die Datenübertragung für jeden einzelnen.

Die Versorgungsansprüche werden in grobe Kategorien eingeteilt:

1. Grundversorgung ländliches Gebiet
2. Größere Städte in Stadtmitte
3. Gewerbegebiete
4. Wohngebiete
5. Straßen / Bahnlinien
6. Touristische Attraktionen
7. Sportstätten

Je nach Kategorie sind die Antennenanlagen und die Frequenzbänder festzulegen.

Nachfolgend kurze Erläuterungen:

### **4.5.1 Grundversorgung ländliches Gebiet**

In dünn besiedelten ländlichen Gebieten sollen die Funknetze eine generelle Erreichbarkeit sicherstellen. Mit 2G (GSM) ist dies in Deutschland fast flächendeckend erreicht.

Da in der Regel sich nur wenige aktive Nutzer in den Funkzellen aufhalten, kann der Frequenzbereich um 800 MHz den Bedarf gut abdecken. Die damit mögliche Bandbreite erreicht zwar nicht sehr hohe Geschwindigkeiten, da sich jedoch nur wenige Nutzer in einer Funkzelle aufhalten, reicht dies in der Regel aus.

Durch die relativ niedrigen Frequenzen ist die Reichweite größer und der Versorgungsverlust bei der Ausbreitung geringer als bei höheren Frequenzen.

Zeitlich gesehen gibt es bei der Nutzung keine besonderen Schwerpunkte.

### **4.5.2 Größere Städte in Stadtmitte**

Das krasse Gegenteil sind die Zentren großer Städte. Hier kommen Frequenzbänder mit deutlich größerer Bandbreite zum Einsatz. Diese liegen ab 2,4 bis 3,7 GHz.

Mit Dachstandorten alleine könnte der Datenverkehr nicht in guter Qualität abgeführt werden da sich auf der Versorgungsfläche einer Funkzelle sehr viele Menschen aufhalten und die Netze entsprechend nutzen.



Die Lösung stellen kleine Funkzellen in den Straßen dar. Diese Zellen weisen nur einen sehr kleinen Radius von einigen 100 m auf und sind in einer Höhe von ca. 10 m an den Gebäudefassaden oder ähnlichen Einrichtungen montiert.

Die Antennen sind recht klein und unauffällig. Damit ein längerer Straßenzug oder größere Plätze mit dieser Technik versorgt werden, ist eine Vielzahl dieser Standorte notwendig.

Der Datenverkehr nimmt in den frühen Morgenstunden rasch zu und behält das hohe Niveau bis in den späten Abend.

#### **4.5.3 Gewerbegebiete**

Gewerbegebiete verhalten sich ähnlich wie Innenstädte. Leider sind die gewerblichen Hallen nicht sehr hoch und deshalb ein Einsatz der kleinen Funkzellen nicht praktikabel.

Bei intensivem Datenverkehr nimmt die Senderdichte der Makro-Standorte zu, durch geschickte Antennenausrichtungen lässt sich die Reichweite begrenzen und die Qualität der Datenübertragung hoch halten.

Auch in der zeitlichen Nutzung verhalten sich Standorte ähnlich den Stadt-Standorten.

#### **4.5.4 Wohngebiete**

Für Wohngebiete gelten im Hinblick auf die zeitliche Verfügbarkeit ganz andere Ansprüche.

Nach einem kurzen morgendlichen Verkehrsanstieg bleibt der Datenverkehr tagsüber relativ niedrig. Der Höhepunkt der Datennutzung fällt in den Zeitraum von ca. 17:00 Uhr bis 23:00 Uhr.

Die Art der Bebauung und die durchschnittliche Bevölkerungsdichte entscheidet hier auch die Wahl des aufzubauenden Frequenzbandes.

#### **4.5.5 Straßen / Bahnlinien**

Für die ausgewählte Versorgung von Autobahnen, Landstraßen und Bahnlinien kann auch eher auf das 800 MHz Spektrum zurückgegriffen werden. Dies ist ein guter Kompromiss zwischen abzuführende Daten und Reichweite der Sender.

Hier liegt der Nutzungs-Schwerpunkt auch von den frühen Morgenstunden bis in den späten Abend. Die Nutzung des mobilen Endgerätes ist dem Fahrer während der Fahrt untersagt, daher gibt es nur in Ausnahmefällen bei Verkehrsstörungen erhöhten Datenverkehr.



Bei Bahnlinien ist die Besonderheit, dass die Daten-Nutzung vom Fahrplan der jeweiligen Strecke abhängt. An einen Senderstandort kommt beispielsweise alle 15 Minuten ein Zug mit 100 aktiven Nutzern vorbei und dann herrscht wieder Funkstille.

Die größte Herausforderung sind die Tunnel. Die meisten ICE-Tunnel sind mit einer eigenen Infrastruktur, sprich Systemtechnik und Kanalbelegung ausgerüstet.

Beispielsweise fährt ein ICE mit sehr hoher Geschwindigkeit in ein Tunnel. Die 100 Nutzer im ICE verteilt angenommen bedeutet für die Sendestationen dass die Verbindungen des Außenstandortes in die Tunnelversorgung übergeleitet werden, natürlich auch in Gegenrichtung.

Die Zeit, die hier zur Verfügung steht ist sehr gering, da sich die Versorgung der Außenstandorten und der Tunnelversorgung nur auf wenige 100 m überlappen. In diesem schmalen Korridor muss die Überleitung klappen, sonst bricht die Verbindung ab.

Zeitlich gesehen stehen für die Überleitung der 100 angenommen Nutzer nur ca. 20 Sekunden zur Verfügung. Pro Sekunde sind fünf sogenannte Handover notwendig. Eine große Herausforderung für die Netzplanung.

#### **4.5.6 Touristische Attraktionen**

Manche touristische Attraktionen verhalten sich wie Innenstädte, hier beispielsweise Neuschwanstein genannt. An anderer Stelle kommen die Touristen schubweise und dazwischen herrscht wieder Ruhe.

Die Kapazität der Versorgung ist hier meist auf den höchsten Ansturm ausgerichtet, damit die Qualität der Datenversorgung hoch bleibt.

Anders hingegen bei Attraktionen, die nur sehr selten aber mit äußerst vielen Menschen stattfinden, siehe Oktoberfest in München. Für dieses Szenario wird die Versorgung nur für diese Tage auf- und nach der Veranstaltung wieder abgebaut. Die Systemtechnik ist hier in Container untergebracht und der Antennenträger wird darauf errichtet.

Trotz dieses immerwährenden Auf- und Abbaus, hinzu kommt die Infrastruktur mit Strom und Glasfaserleitungen, rechnet sich dies, da die Systemtechnik sonst ohne Nutzen auf dem Gelände steht.

Die mobile Systemtechnik kann an mehreren Orten zu anderen Zeiten eingesetzt werden.



## **5 Gemeinde Wildenberg: Versorgung im Mobilfunk**

In diesem Kapitel wird die Mobilfunk-Versorgung der Gemeinde Wildenberg dargestellt. Dies umfasst eine Versorgungsdarstellung in den Funknetzen 2G und 4G über alle Netzbetreiber.

Die drei in Deutschland tätigen Netzbetreiber stellen Versorgungskarten auf ihren jeweiligen öffentlich zugänglichen Homepages zur Verfügung.

Hervorzuheben sind die Versorgungskarten von O<sup>2</sup>. Darin ist die Versorgung in zwei Bereiche aufgeteilt:

- Versorgung innerhalb von Gebäuden
- Versorgung außerhalb von Gebäuden

Zusätzlich sind die Senderstandorte abrufbar. Die Position dieser Sender ist sehr genau abgebildet und trägt einer guten Kundeninformation bei.

Das Bundesministerium für Verkehr und Infrastruktur bietet auf deren Homepage eine grobe Übersicht der Versorgungssituation im Festnetz wie auch im Mobilfunk.

### **5.1 Versorgung nach Breitband-Atlas des Bundes**

**Zur Zeit ist der Breitbandatlas des Bundesministeriums für Verkehr und Infrastruktur (BMVI) nicht für eine Mobilfunkaussage verfügbar.**

### **5.2 2G-Versorgung (GSM) der Netzbetreiber**

In diesem Kapitel wird die Versorgung der in Deutschland operierenden Netzbetreiber in der Gemeinde Wildenberg dargestellt. Diese Netzbetreiber sind:

- Telefonica Germany GmbH (O<sup>2</sup>)
- Vodafone GmbH
- Telekom Deutschland GmbH

Hinweis: die nachfolgenden Karten wurden von den Netzbetreibern erstellt und sind online abrufbar.

#### **5.2.1 2G-Versorgung von Telefonica, O<sup>2</sup>**

zeigt die Versorgung für 2G (GSM).

In Wildenberg stellt Telefonica nach eigenen Angaben teilweise eine Versorgung auch innerhalb von Gebäuden zur Verfügung, siehe Abbildung 5.1.

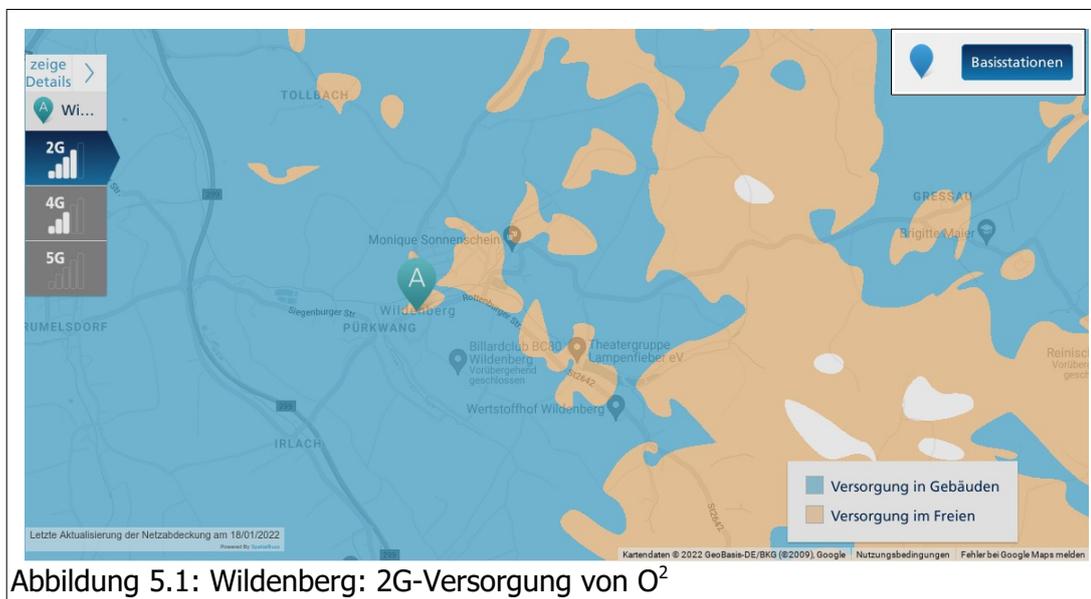


Abbildung 5.1: Wildenberg: 2G-Versorgung von O<sup>2</sup>

Die Messwerte für die GSM-Nutzung beim Netzbetreiber Telefonica zeigen ein deutlich schlechteres Bild, veranschaulicht in Abbildung 5.3.

Die Legende sehen Sie in Abbildung 5.2.

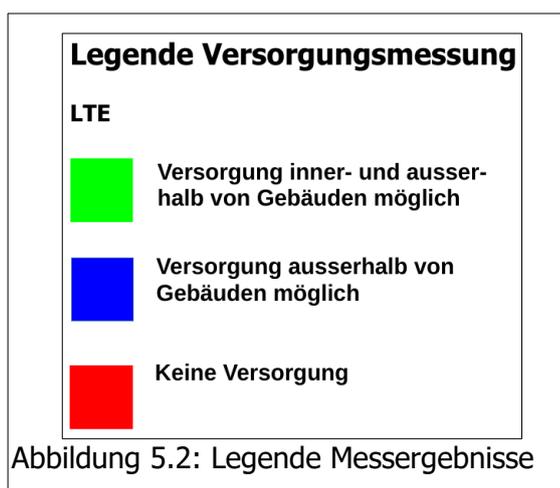
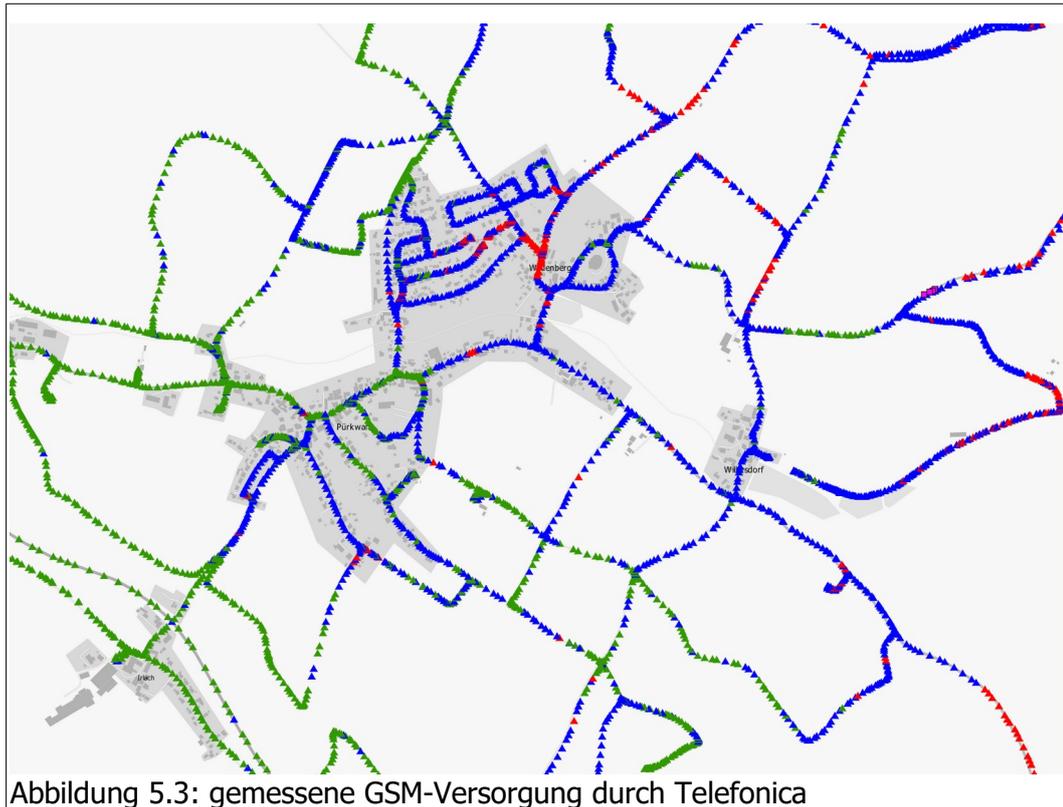


Abbildung 5.2: Legende Messergebnisse



### 5.2.2 2G-Versorgung von Telekom

Die Karten des Konzerns zeigen nur die Versorgung **außerhalb** von Gebäuden an.

In Abbildung 5.4 ist die 2G-Versorgung durch Telekom Deutschland in Wildenberg ersichtlich.

Die Gemeinde ist nach Aussage der Telekom flächendeckend mit diesem Dienst versorgt.

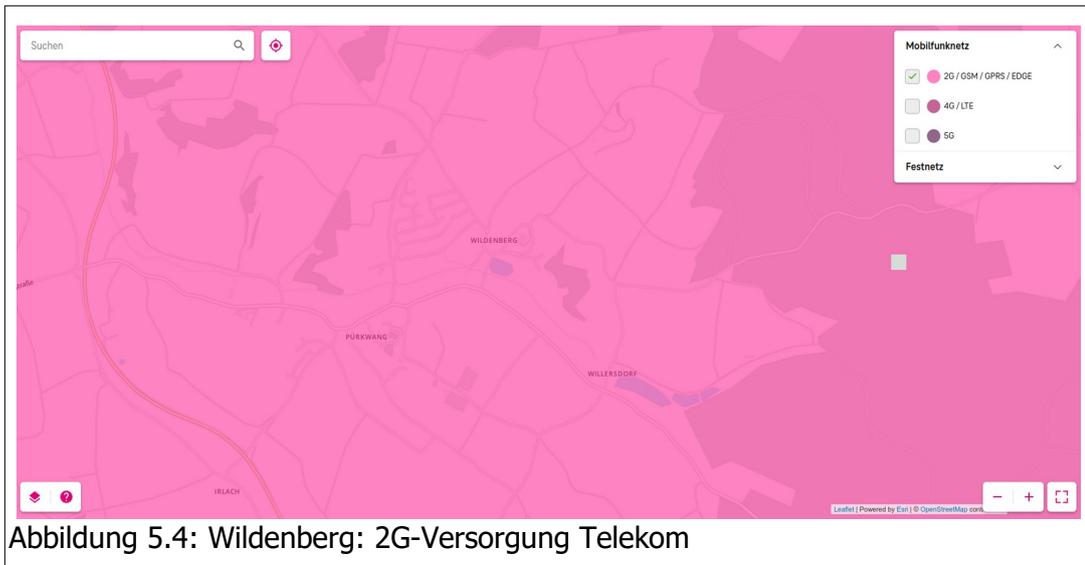


Abbildung 5.4: Wildenberg: 2G-Versorgung Telekom

### 5.2.3 2G-Versorgung von Vodafone

Die Versorgung durch Vodafone ist, nach eigenen Angaben, außerhalb von Gebäuden flächendeckend vorhanden.

Die Versorgungskarte Abbildung 5.5 zeigt die 2G-Versorgung in der Gemeinde Wildenberg.

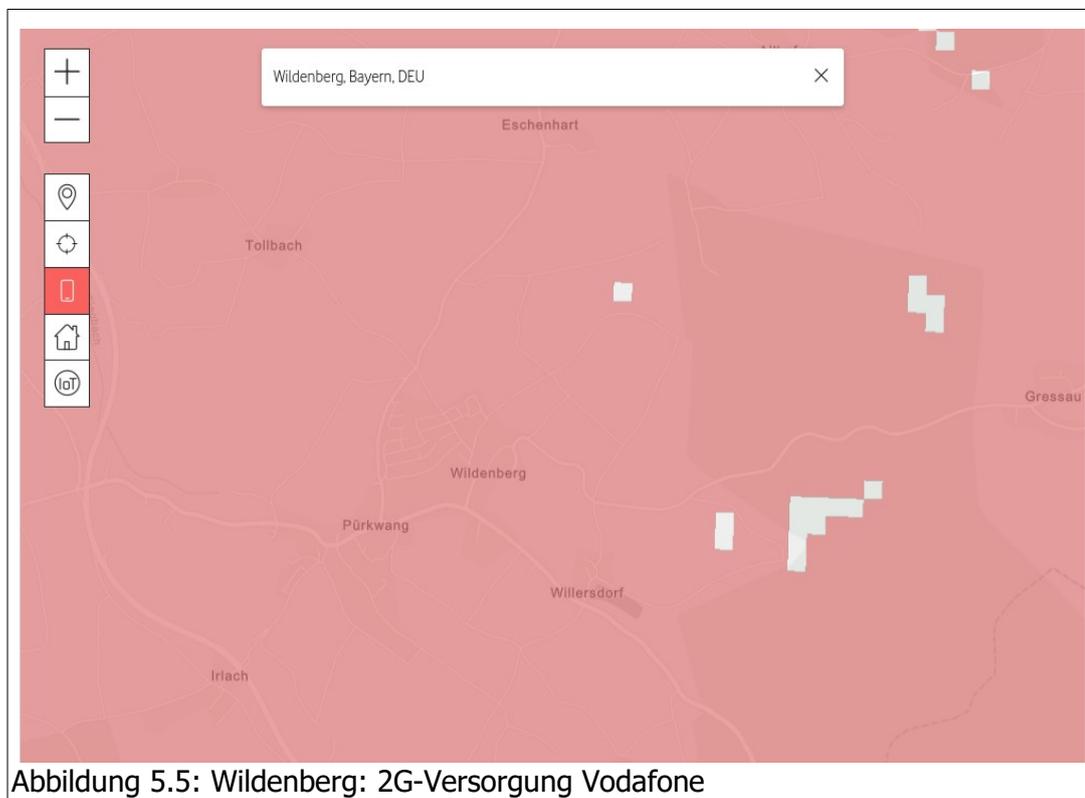


Abbildung 5.5: Wildenberg: 2G-Versorgung Vodafone

Auch hier sind die Messwerte speziell in Orstmitte etwas schlechter als von Vodafone angegeben, belegt in Abbildung 5.6.

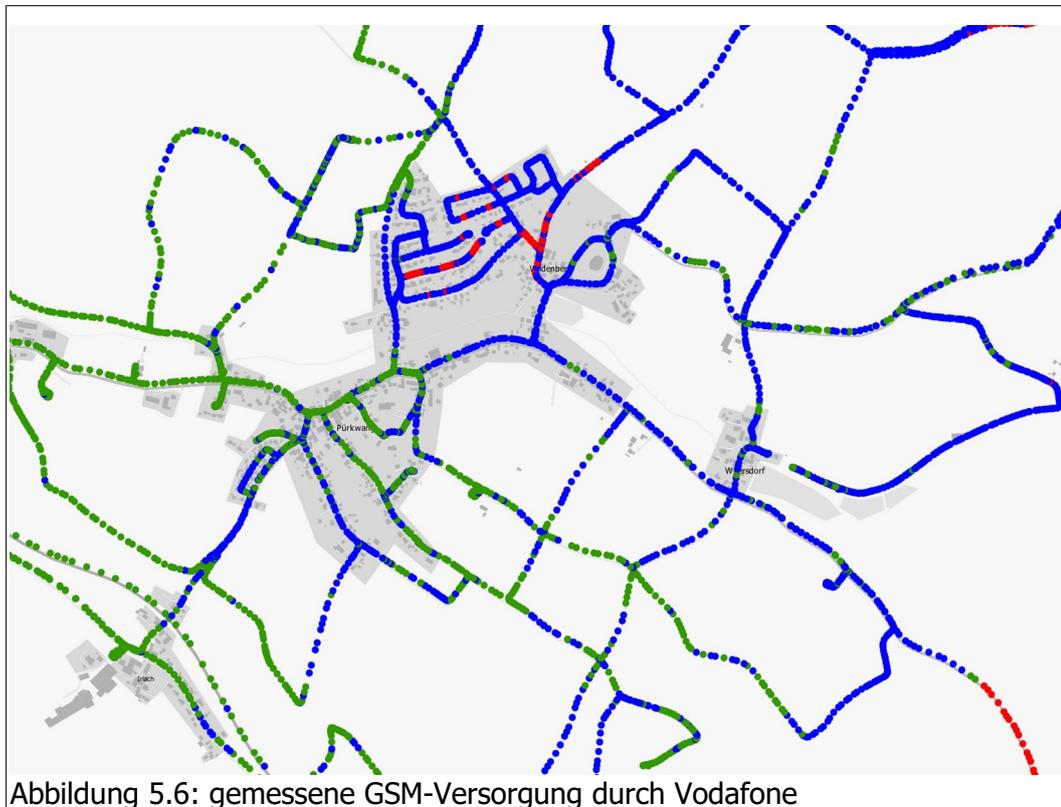


Abbildung 5.6: gemessene GSM-Versorgung durch Vodafone

### **5.3 4G-Versorgung (LTE) der Netzbetreiber**

Die Versorgungsqualitäten bei 4G unterscheiden sich bei den einzelnen Netzbetreibern kaum.

Eine fast vollständige Flächendeckung soll, nach eigenen Angaben der Netzbetreiber, nur von Telefonica erreicht werden.

#### **5.3.1 4G-Versorgung von O<sup>2</sup>**

Das Gemeindegebiet von Wildenberg wird vom selben Standort wie bei 2G versorgt. Gegenüber 2G ist die Versorgung geringer, da hier höhere Datenraten angeboten werden.

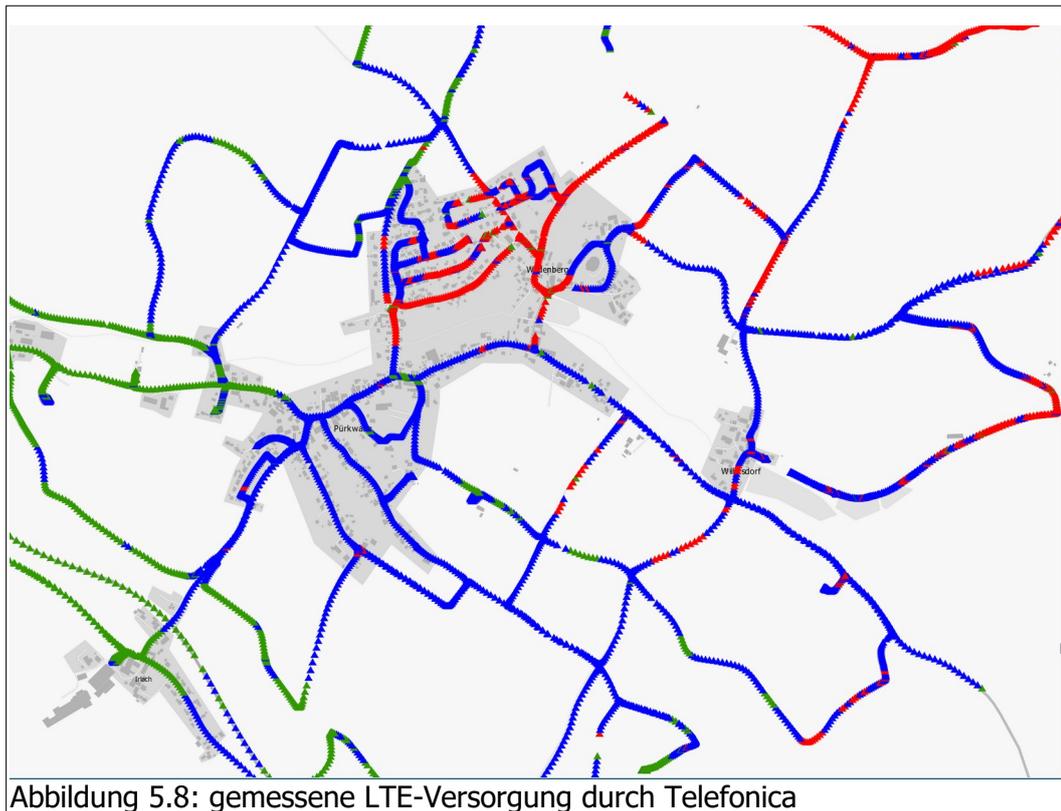
Abbildung 5.7 zeigt die von O<sup>2</sup> dargestellte Versorgung in der Gemeinde Wildenberg.



Durch die Entfernung und der vorhandenen Topographie kann der entfernt liegende Standort den Hauptort nicht vollständig innerhalb von Gebäuden versorgen.

Laut O<sup>2</sup> soll 4G außerhalb von Gebäuden fast flächendeckend nutzbar sein.

Auch dies wird durch die gemessene Versorgung widerlegt. Speziell in Ortsmitte ist die LTE-Versorgung größtenteils nicht vorhanden, in Abbildung 5.8 verdeutlicht.



### 5.3.2 4G-Versorgung von Telekom Deutschland

Abbildung 5.9 zeigt die Versorgung durch Telekom in Wildenberg, allerdings nur außerhalb von Gebäuden.

In der Gemeinde soll nach Telekom eigenen Aussagen eine fast flächendeckende Versorgung ausserhalb des Ortszentrums vorhanden sein.

Hier ist die Versorgungslücke im Ortszentrum von Wildenberg realistisch dargestellt.

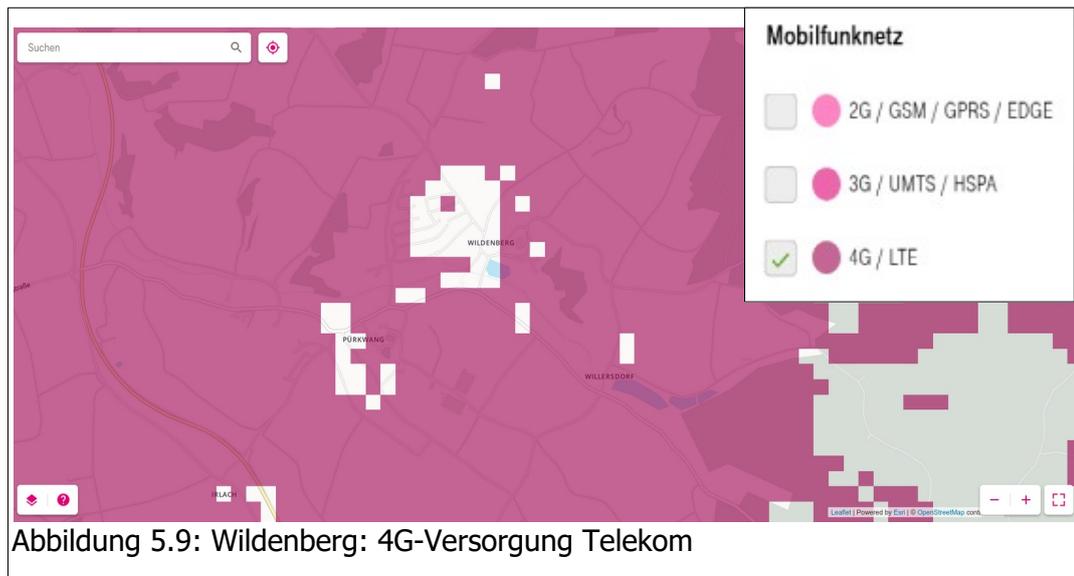


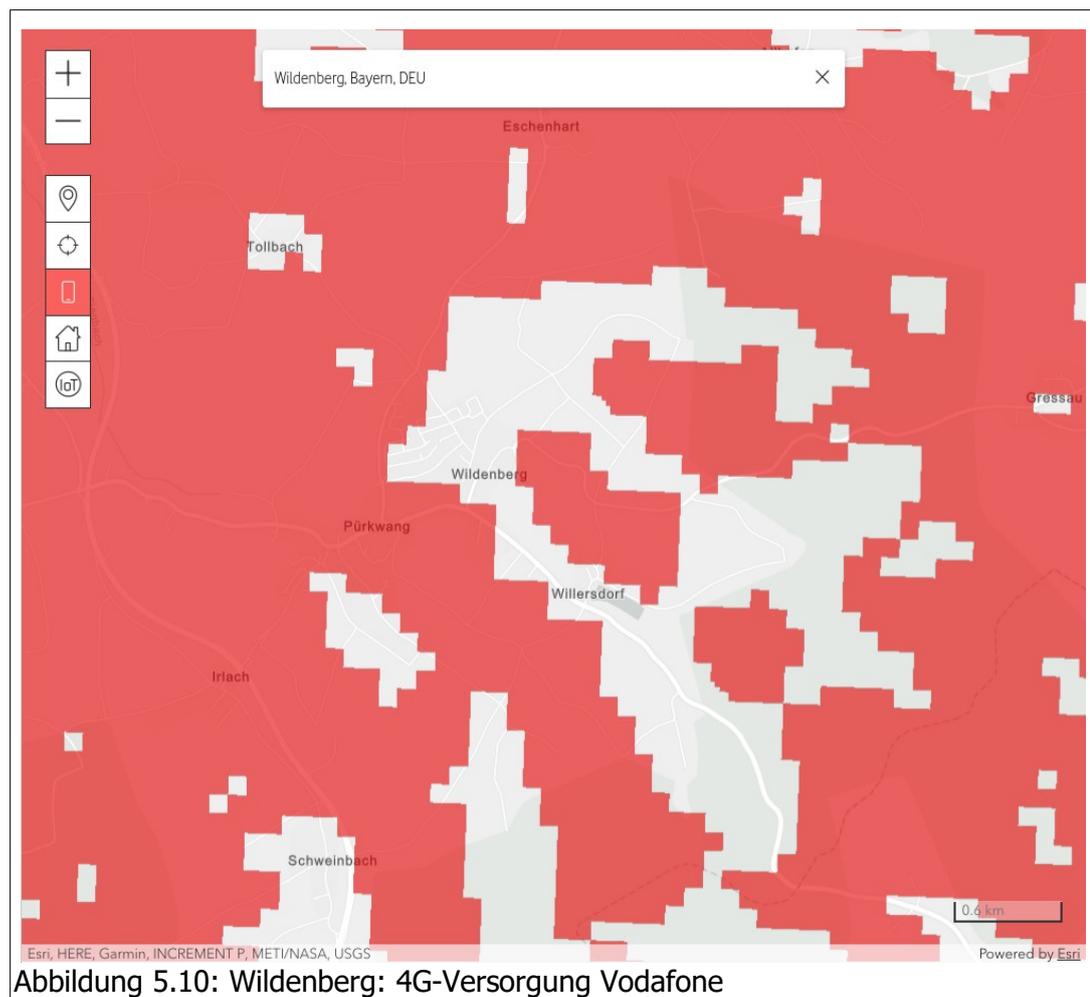
Abbildung 5.9: Wildenberg: 4G-Versorgung Telekom

### 5.3.3 4G-Versorgung von Vodafone

Die letzte Versorgungskarte Abbildung 5.10 in diesem Kapitel zeigt eine zu Telekom etwas schlechtere 4G-Versorgung auf.

Auch Vodafone prognostiziert eine Flächendeckung für LTE mehr in den Aussenbereichen des Gemeindegebietes.

Auch bei Vodafone ist die Versorgungslücke im Ortszentrum deutlich zu sehen.

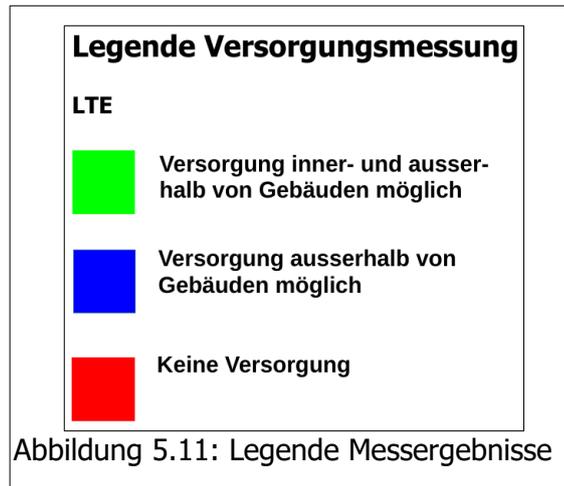


## 5.4 Ergebnisse der Mobilfunk-Messung

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Messfahrten erläutert.

Die Messwerte sind in der nachfolgenden Legende, siehe Abbildung 5.11, anschaulich dargestellt.

Alle Plots sind der Anlage beigelegt und lassen sich detaillierter betrachten.



In den nächsten Abbildungen sind die Messergebnisse über alle Netzbetreiber eingeblendet.

Dies bedeutet, dass hier immer der beste Netzbetreiber angezeigt wird.

Je nach Lage der Standorte der einzelnen Netzbetreiber sind Versorgungsunterschiede möglich.

Auch wenn ein Standort von mehreren Netzbetreibern genutzt wird, unterscheiden sich diese durch die verschiedenen Höhen, Antennentypen, Ausrichtungen und elektrische wie auch mechanische Absenkungen.

Abbildung 5.12 zeigt das Ergebnis der Messfahrt für die gesamte Gemeinde in einer Übersicht.

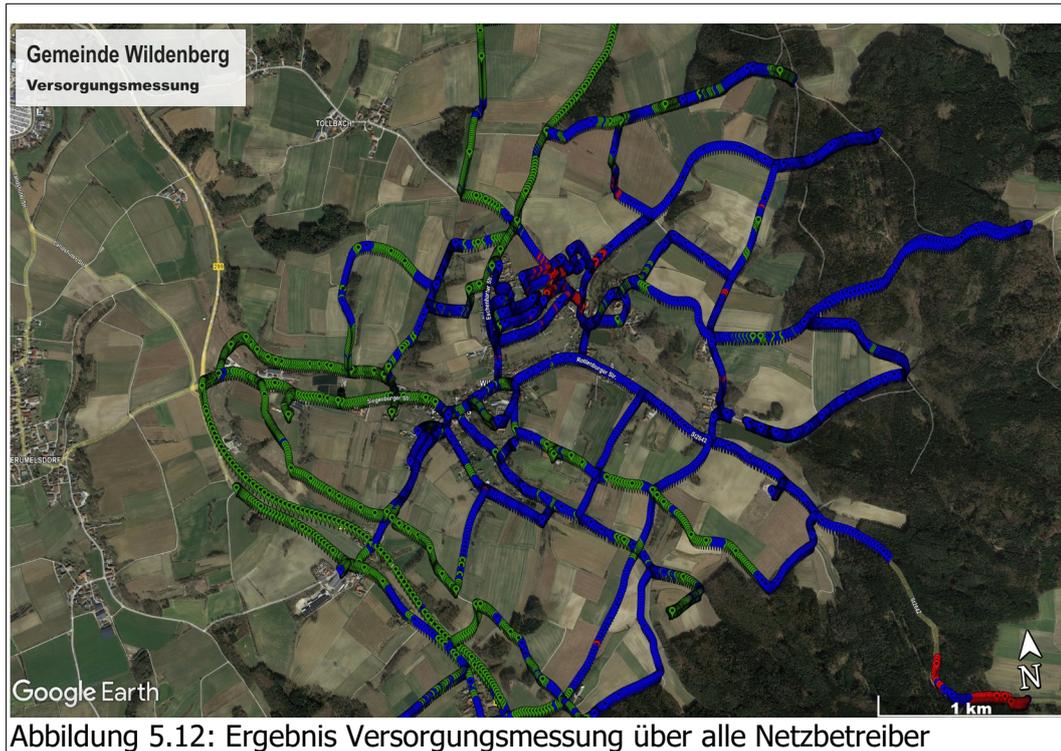


Abbildung 5.12: Ergebnis Versorgungsmessung über alle Netzbetreiber

In der nächsten Abbildung 5.13 ist das detailliertere Ergebnis für die Ortsmitte von Wildenberg zu sehen.

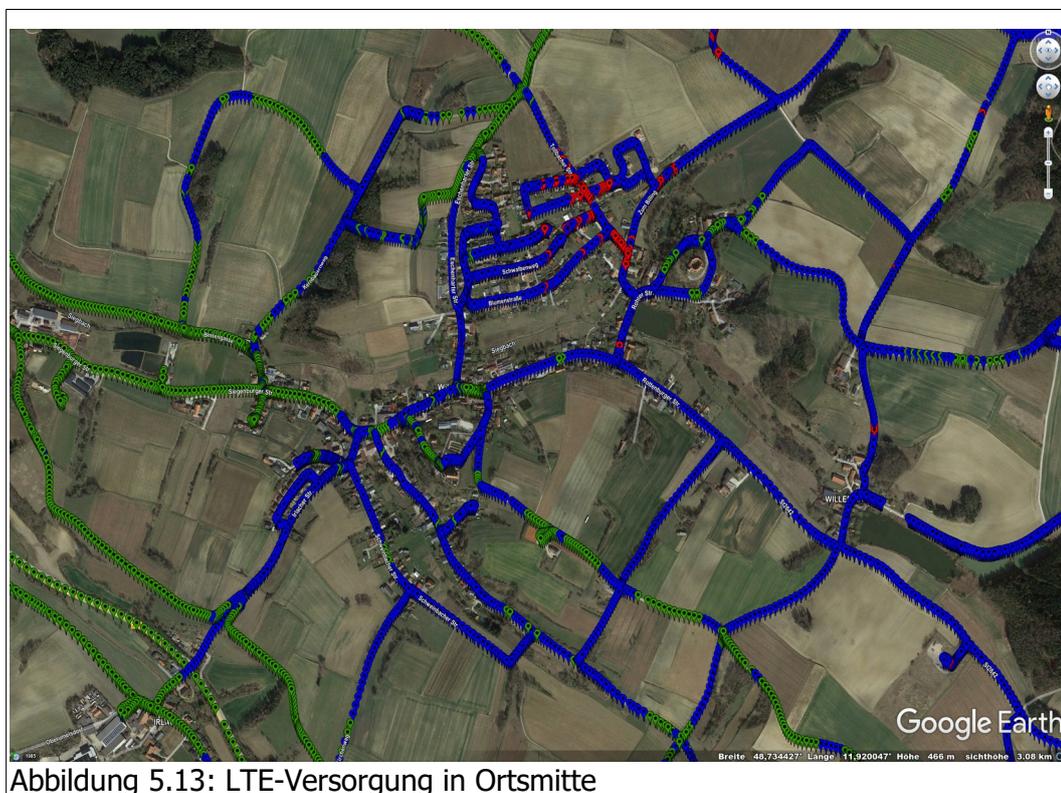


Abbildung 5.13: LTE-Versorgung in Ortsmitte

Die Ergebnisse werden in Kapitel 5.6 zusammengefasst.

## 5.5 Mögliche Förderfähigkeiten im Mobilfunk Bayern

Im Förderprogramm für Mobilfunk in Bayern sind Bereiche unterversorgt, die in 2G (GSM) einen Empfangspegel von -85 dBm unterschreiten. Diese werden als Versorgungslücke angesehen. Zugleich muss diese Versorgungslücke in der Fläche ein Quadrat mit 250 m Kantenlänge umfassen.

Im Sinne des bayerischen Förderverfahrens für Mobilfunk sind die **blauen**, unterversorgten Kacheln, siehe Abbildung 5.14, durch Mobilfunkstandorte förderfähig.

Obwohl bei neuen Mobilfunkstandorten 4G in der Priorisierung an höchster Stelle steht, muss auch eine Schließung der 2G-Lücken erfolgen.

Das Mobilfunkzentrum Regensburg akzeptiert unsere Messungen und stellt die Förderfähigkeit nicht in Frage.

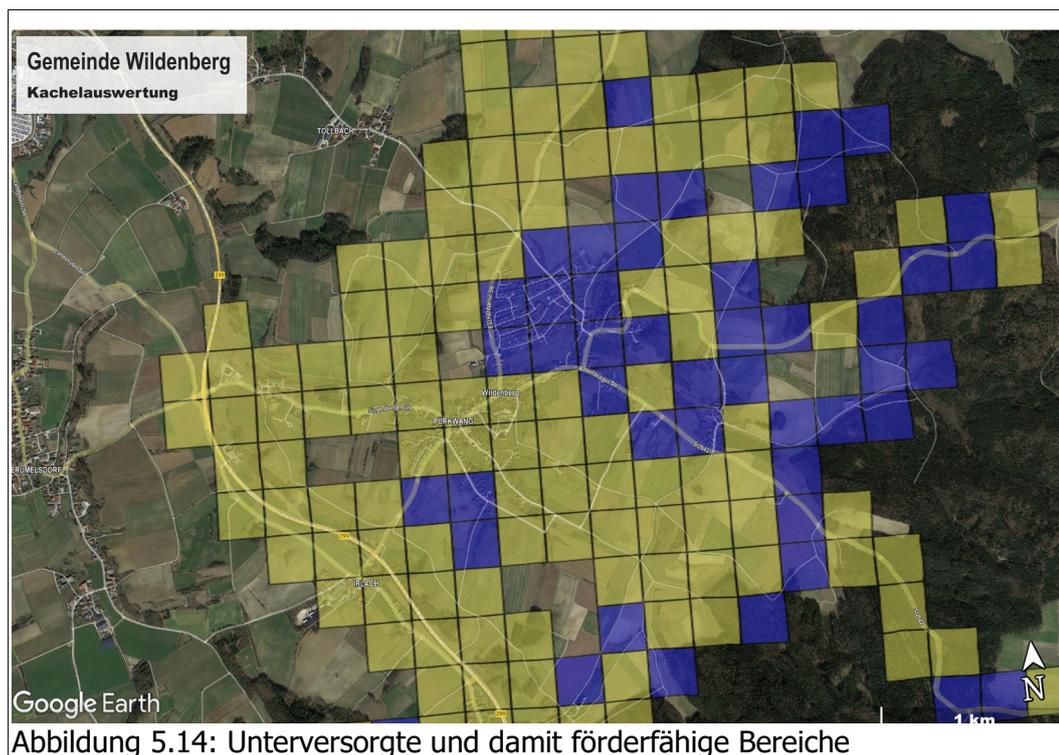


Abbildung 5.14: Unterversorgte und damit förderfähige Bereiche

Mit geförderten Standorten müssen die blauen Kacheln größtenteils geschlossen werden.



## **5.6 Zusammenfassung der Mobilfunkversorgung**

Die Karten der drei Netzbetreiber weisen eine fast flächendeckende Versorgung mit schnellem Internet über Mobilfunk aus.

Dies wird durch die veranlassten Versorgungsmessungen mit einem Messfahrzeug nicht vollständig bestätigt. Diese Karten sind sehr oft optimistisch ausgelegt.

Die durchgeführte Versorgungsmessung zeigt für LTE folgende Ergebnisse:

- schlechte GSM-Versorgung im Zentrum von Wildenberg
- teilweise schlechte GSM-Versorgung im Ortsteil Pürkwang
- keine LTE-Versorgung im Zentrum von Wildenberg
- schlechte bis keine LTE-Versorgung im Ortsteil Pürkwang

## 6 Planung einer Sendeanlage

Dieses Kapitel behandelt mögliche Standorte zur Verbesserung der Mobilfunk-Versorgung in der Gemeinde Wildenberg.

Außerdem wird die notwendige Infrastruktur für den Betrieb einer Anlage erläutert.

### 6.1 Infrastruktur

#### 6.1.1 Antennenträger

Neue Standorte sollen so beschaffen sein, dass alle drei Netzbetreiber ihre Antennen bedarfsgerecht montieren können.

Zudem sollen an einem neuen Mobilfunkstandort 2G (GSM) für die Sprachübertragung wie auch Dienste mit schnellem Datenverkehr betrieben werden können.

Dazu bieten sich speziell im ländlichen Raum freistehende Antennenträger an.

Dazu sehen Sie in Abbildung 6.1 einen beispielhaften Antennenträger in Stahlausfertigung.

Jeder Netzbetreiber benötigt ca. 2,50 m vertikale Antennenfläche. Zwischen den Netzbetreibern sind für Entkopplung der Antennen nochmals 0,5 m einzurechnen.

Bei Nutzung eines Antennenträgers durch alle drei Netzbetreiber ist eine vertikale Länge von mindestens neun Meter notwendig.

Auch können weitere Funkdienste einen Antennenträger nutzen. Hier sei zuerst der BOS-Dienst genannt, der für Polizei, Feuerwehr und Rettungskräfte deutschlandweit errichtet wurde.

Für die Sicherheitsbehörden kann ein Antennenträger auch hier Versorgungslücken schließen.



Abbildung 6.1: Beispielhafter Antennenträger



Weiterhin ist ein freistehender Antennenträger auch für digitales Radio (DAB+) und Fernsehen (DVBT) in bestimmten Regionen nicht zu vernachlässigen.

Jeder weitere Dienst an einem Antennenträger bestimmt die Höhe und Statik des Trägers und damit eventuelle Mieteinnahmen.

Bei den Typen der Antennenträger stehen für diese Höhen zwei zur Auswahl:

1. Schleuderbetonmast
2. Stahlgittermast

Der Schleuderbetonmast ist deutlich schwerer als der Stahlgittermast. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass bei der Errichtung des Mastes erhöhte Anforderungen an die Zuwegung gestellt werden.

Ob sich ein Netzbetreiber für den einen oder anderen Typ entscheidet ist von den Kosten des Mastes und dem Aufwand bei der Errichtung abhängig.

### **6.1.2 Stromversorgung und Internetanbindung**

Zur Grundausstattung eines Antennenträgers gehört auch die Stromversorgung. Diese speist die aktive Technik, die am Boden direkt auf dem Fundament aufgebaut wird.

Neuere Technik steht mittlerweile in immer kleineren Baugrößen zur Verfügung und kann auf dem Träger in unmittelbarer Nähe der Antennen montiert sein.

Das vermindert die Dämpfung der Antennenkabel, da diese kurzgehalten werden können und nicht vom Boden zu den Antennen heranzuführen sind.

Zu den funktechnischen Anforderungen kommt die Art der Anbindung an das jeweilige Betriebsnetz der Netzbetreiber hinzu. Die Anbindung muss über Glasfaser-Direktanschlüsse erfolgen.

### **6.1.3 Antennentechnik**

In der Regel werden von einem Netzbetreiber an einem Mobilfunk-Standort Antennensysteme mit drei Sektoren auf gleicher Höhe aufgebaut.

Durch Sektorantennen wird die Quantität des Gesprächs- und Datenverkehrs erhöht. Gleichzeitig werden etwaige Funkstörungen durch benachbarte Sendeanlagen in der Umgebung besser ausgeglichen.

Frequenzen sind ein sehr kostbares Gut, die Auktionspreise bei den Frequenzversteigerungen durch die Regulierungsbehörde bestätigen dies umfänglich.

Durch die Sektorisierung können die Netzbetreiber

1. die Kapazität des Standortes erhöhen
2. die Versorgung der Gebiete präzisieren
3. die Frequenzen für die jeweiligen Funkdienste besser nutzen

Deshalb sind die Ausrichtungen der Antennen jeweils meist um 120° versetzt.

Abbildung 6.2 zeigt eine beispielhafte Ausrichtungen von Sektorantennen.

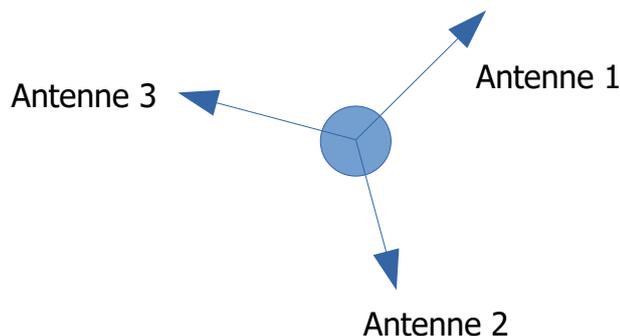


Abbildung 6.2: beispielhafte Ausrichtung der Antennen in Draufsicht

#### **6.1.4 Sonstige Rahmenbedingungen**

Für die Errichtung und den Betrieb einer Sendeanlage auf einem Antennenträger ist eine Zufahrt zu ermöglichen.

Bei der Errichtung muss, je nach Ausführung und Trägerhöhe, ein schwerer Kran an die Baustelle gelangen können.

Für den späteren Betrieb kann die temporäre Baustraße soweit zurückgebaut werden, dass Wartungsfahrzeuge auch bei schwierigeren Wetterbedingungen den Träger gut erreichen können.

Für die Simulation wurde eine von den Antennen abgegebene Sendeleistung von 54 dBm im Frequenzband 800 MHz angenommen.

Nach Inbetriebnahme von Mobilfunk-Sendeanlagen sind die funktechnischen Parameter von den Netzbetreibern an die BNetzA zu melden. Die 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (26. BImSchV) ist einzuhalten.

Die Mobilfunk-Förderung beinhaltet die Errichtung der notwendigen Infrastruktur wie Antennenträger, Stromversorgung und für die Netzanbindung gegebenenfalls die Bereitstellung von Glasfaser-Leerrohrsystemen.



Der Aufbau der aktiven Komponenten und auch deren Netzanbindung ist den Netzbetreibern vorbehalten. Diese unterliegen lizenzrechtlichen Vorgaben.

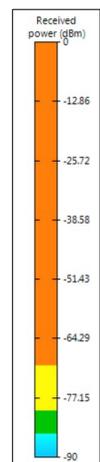
## 6.2 Vorschläge für mögliche neue Mobilfunkstandorte

In den anschließenden Kapiteln wird die Berechnung der Versorgung auf Grund einer Computersimulation gezeigt.

Alle Versorgungskarten liegen in der Anlage als PDF bzw. KMZ zur Einbindung in Google Earth bei.

Die Farben in der Legende der Simulationsberechnung sind folgenden Klassen zugeordnet:

- Orange: Versorgung innerhalb von Gebäuden mit höherer Dämpfung gegeben
- Gelb: Versorgung innerhalb von Gebäuden mit geringerer Dämpfung gegeben
- Grün: Versorgung außerhalb von Gebäuden gegeben, auch innerhalb von KFZ
- Blau: Versorgung außerhalb von Gebäuden gegeben



Unter Dämpfung ist die Abschwächung des Signales zwischen Sender und Empfänger gemeint. Diese wird bei Industriehallen und mehrgeschossigen Gebäuden in der Regel bei 25 dB angesetzt.

Als Gebäude mit geringerer Dämpfung werden Einfamilienhäuser etc. gewertet. Hier wird eine Dämpfung von 15 dB in der Berechnung angenommen.

Die Dämpfungen sind für **jedes** Gebäude unterschiedlich. Eine Simulation kann nur pauschal über die sogenannten Landnutzungsdaten die Gebäudedämpfungen abbilden und sind in Tabellen hinterlegt.

Unter bestimmten Voraussetzungen, z. B. Außenwände aus Stahlbeton und Wärmeschutzverglasungen, kann der Dämpfungswert weit über 60 dB liegen.

Das heißt, wenn Aussen ein Pegel von 0,000.001 Watt (-30 dBm) an Empfangsleistung möglich wäre, übrigens ein hervorragender Wert, kämen im Gebäude nur noch 0,000.000.000.001 Watt (-90 dBm) an. Je nach Position im Gebäude ist eine Funkverbindung oft nicht mehr möglich.

Für die Standortwahl sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

1. das Versorgungsgebiet wird abgedeckt
2. Stromversorgung
3. Netzanbindung über Glasfaser-Direktanschluss



#### 4. Zuwegung

Unter Berücksichtigung dieser Rahmenbedingungen erstellen wir ein Versorgungskonzept für Wildenberg.



## 7 Untersuchte Mobilfunkstandorte in Wildenberg

### 7.1 Ausgangslage

Wie die Messergebnisse für 2G (GSM) und 4G (LTE) zeigen, bestehen im Gemeindegebiet Lücken in der Inhouse-Versorgung. Auch ausserhalb von Gebäuden ist eine flächendeckende 2G- und 4G-Versorgung nicht gewährleistet.

### 7.2 Mögliche Versorgung durch Standortvorschläge

In diesem Kapitel wird eine Versorgungsverbesserung durch die Errichtung zusätzlicher Mobilfunkstandorte in der Gemeinde Wildenberg geprüft.

In einer Stellungnahme von TUEV-Süd vom 18. September 2008 wurde ein Standortkonzept entworfen. Die dort gefundenen Standorte bildeten die Grundlage für die hier dargestellte Betrachtung.

In Tabelle 7.1 sind fünf Standortvorschläge aufgelistet.

In der letzten Spaltenreihe sind die Antennenhöhen notiert, mit denen die Versorgungssimulationen erstellt wurden.

<b>Koordinaten der Standortalternativen</b>			
<b>Koordinaten WGS 84 / dezimal</b>			
<b>Standort</b>	<b>Longitude / x</b>	<b>Latitude / y</b>	<b>Höhe der Antennenanlagen</b>
Standort Flurnummer 140	11,916813	48,742056	40 m
Standort Flurnummer 310/118	11,914234	48,718409	40 m
Standort Thonhauser Weg	11,901438	48,725528	10 m
Standort Flurnummer 426	11,907949	48,723376	20
Standort Flurnummer 310/42	11,928225	48,711634	40 m

Tabelle 7.1: Mögliche Mobilfunkstandorte in Wildenberg

Die nächsten Abbildungen zeigen die jeweilige Versorgung, die durch diese Standorte realisiert werden kann. In der Anlage sind sämtliche Plots in einer Datei zusammengefasst und damit besser vergleichbar.

Abbildung 7.1 zeigt zunächst die Lagen der betrachteten Standorte.

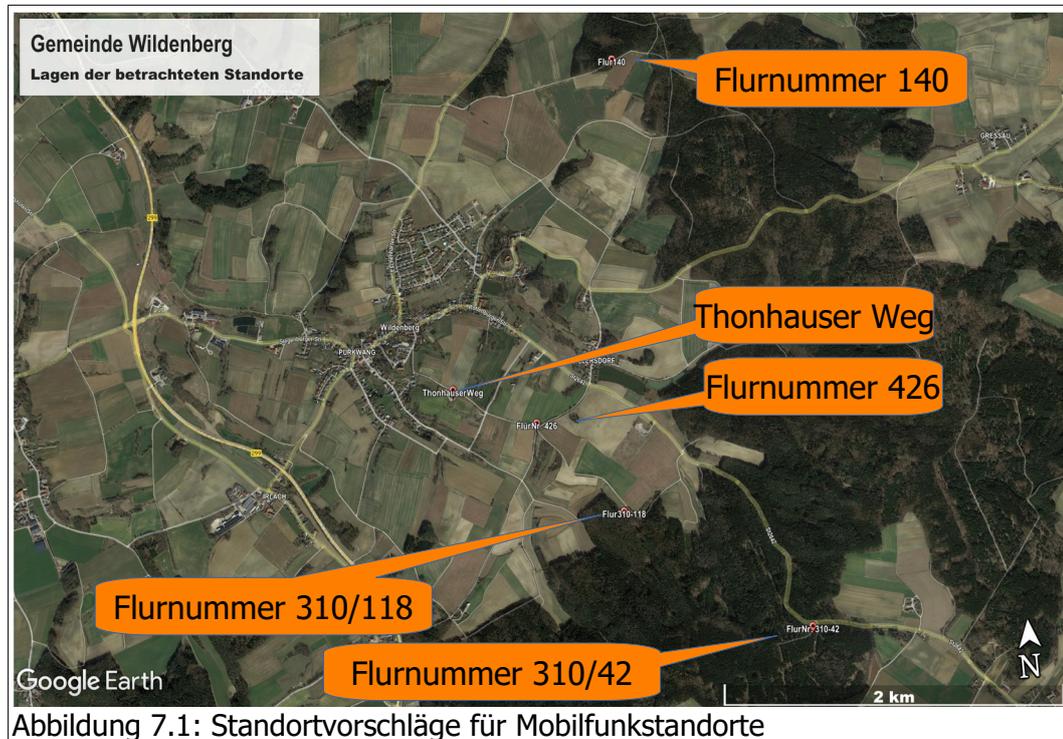


Abbildung 7.1: Standortvorschläge für Mobilfunkstandorte

In den folgenden Abbildungen wird die Versorgung aufgezeigt, die nur durch den jeweiligen Standort alleine möglich wäre.

Beginnend mit Abbildung 7.2, des Standortes in der Flurnummer 140.

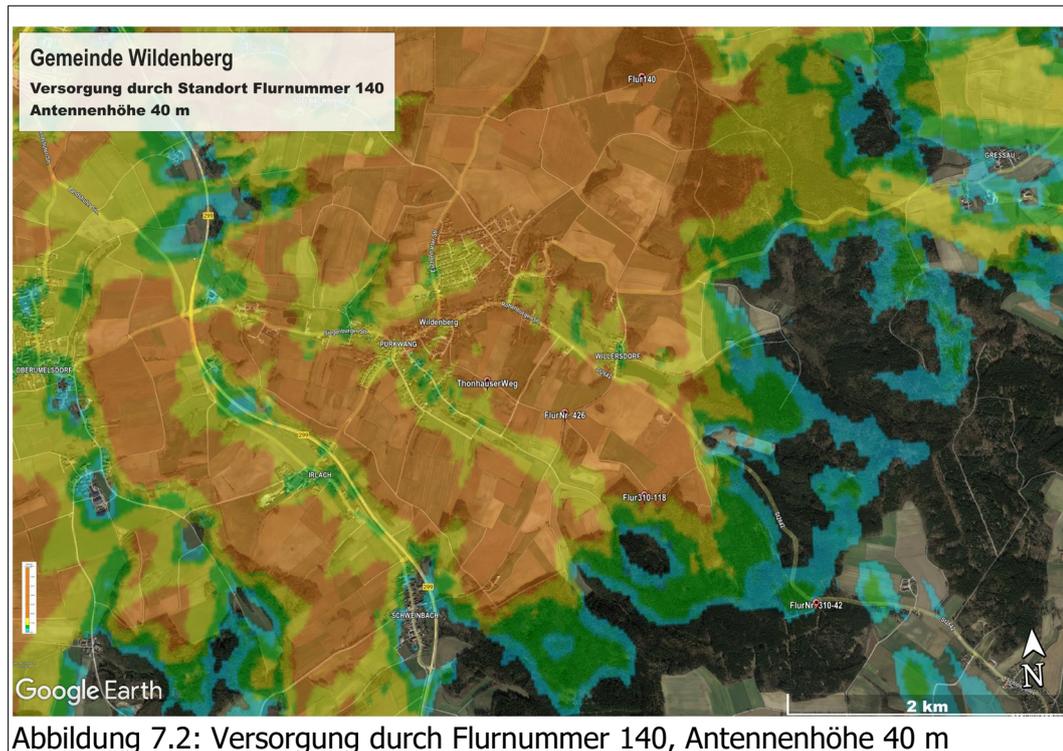


Abbildung 7.2: Versorgung durch Flurnummer 140, Antennenhöhe 40 m

Die nächste Abbildung 7.3 zeigt den Standort in der Flurnummer 310/118.

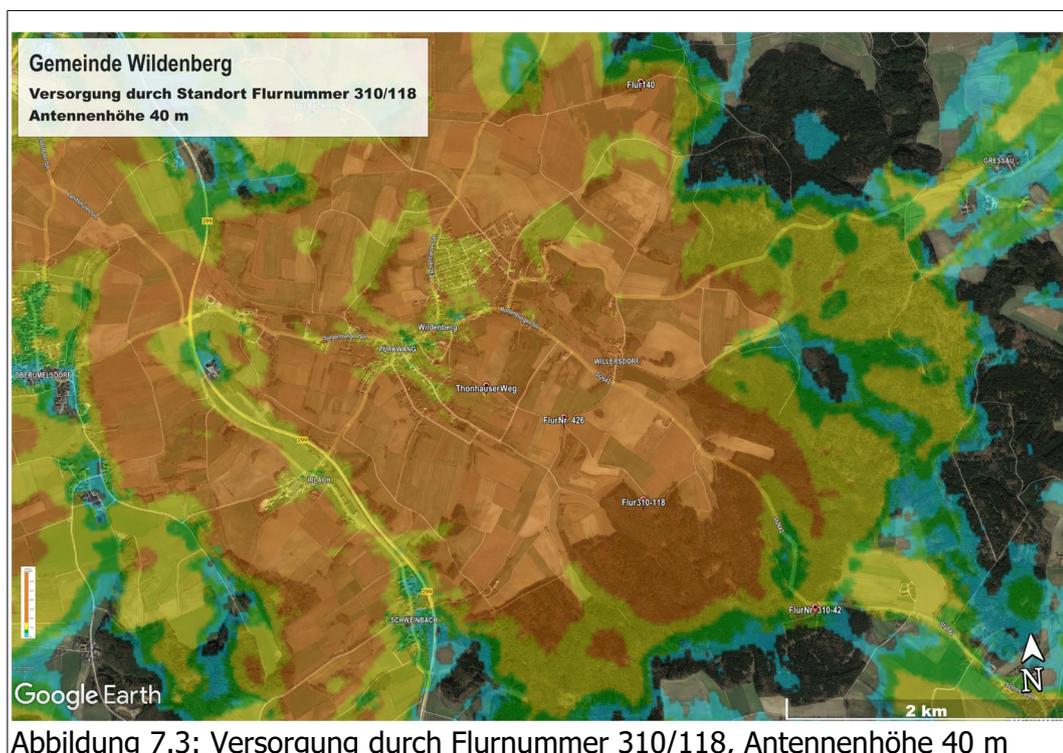


Abbildung 7.3: Versorgung durch Flurnummer 310/118, Antennenhöhe 40 m

Abbildung 7.4 zeigt den Standort Thonhauser Weg.

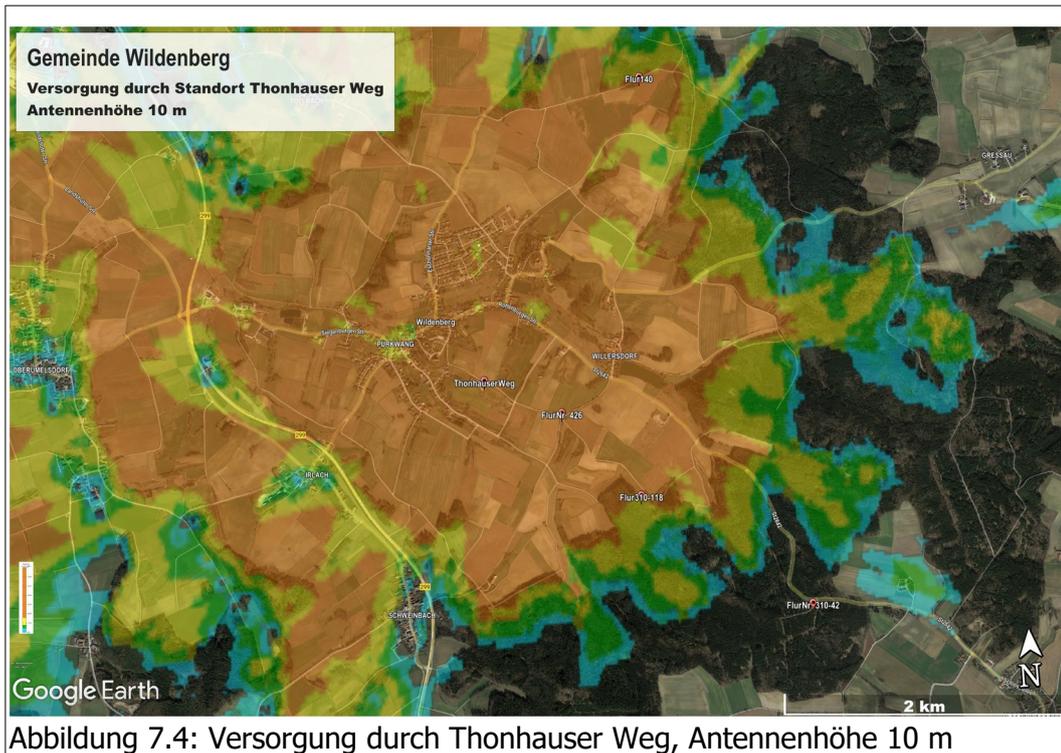


Abbildung 7.4: Versorgung durch Thonhauser Weg, Antennenhöhe 10 m

In Abbildung 7.5 bis Abbildung 7.7 ist die Versorgung durch die Flurnummer 426 mit verschiedenen Antennenhöhen zu sehen.

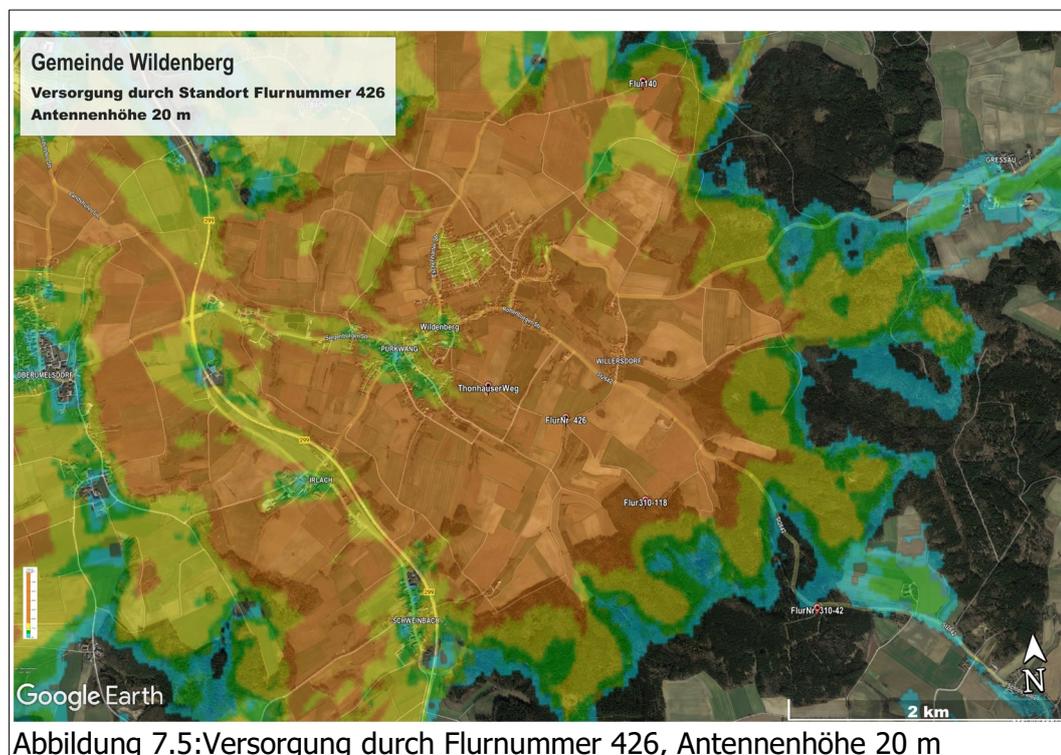


Abbildung 7.5: Versorgung durch Flurnummer 426, Antennenhöhe 20 m

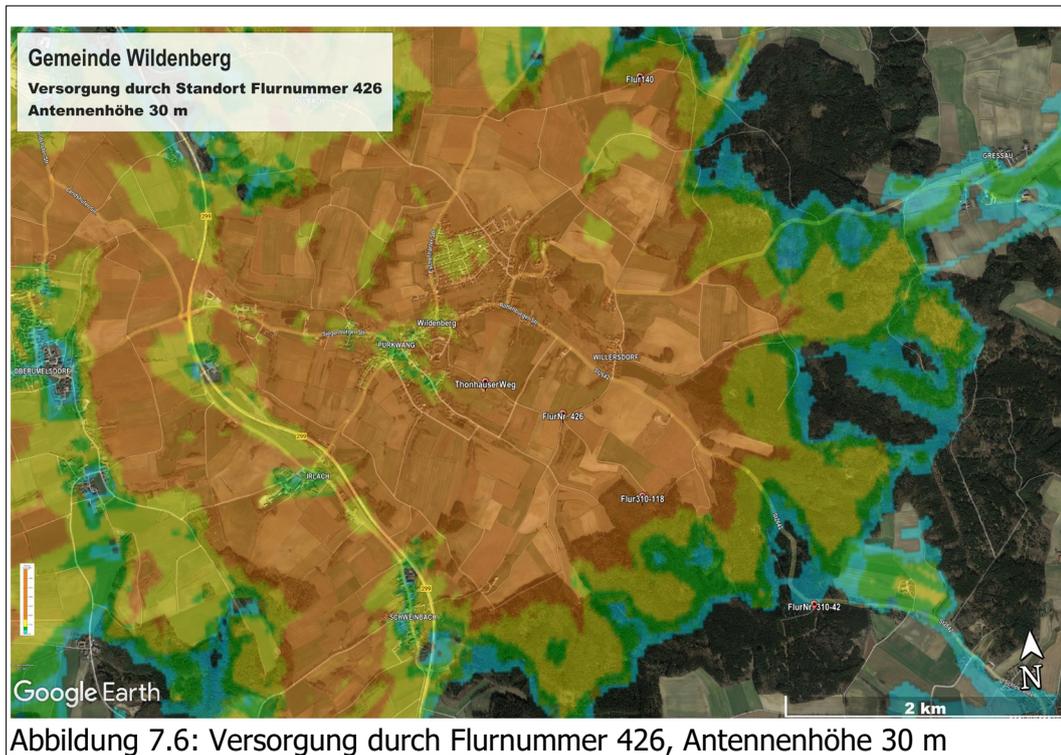


Abbildung 7.6: Versorgung durch Flurnummer 426, Antennenhöhe 30 m

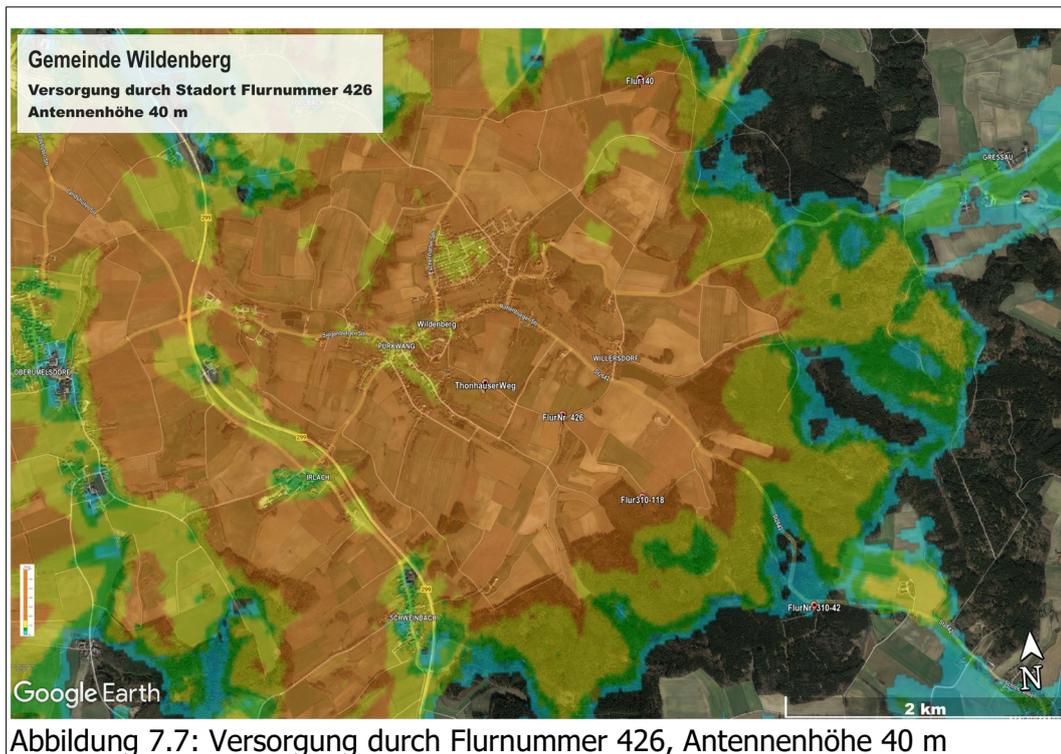
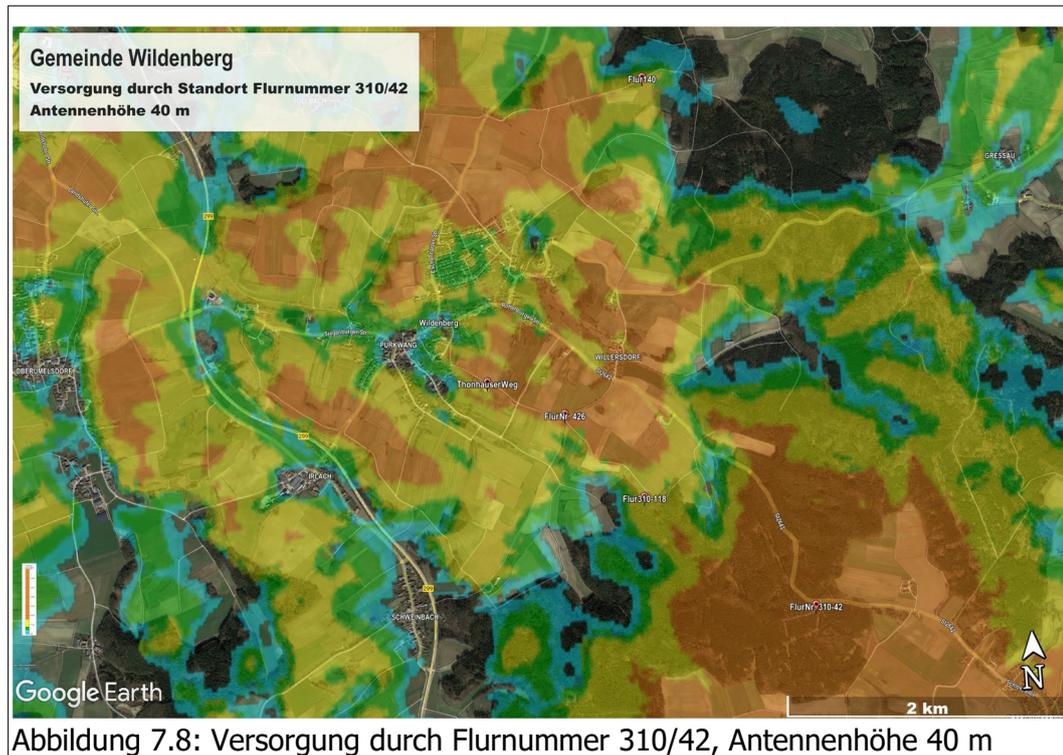


Abbildung 7.7: Versorgung durch Flurnummer 426, Antennenhöhe 40 m

Zuletzt zeigt Abbildung 7.8 die Versorgung durch den Standort auf Flurnummer 310/42.



### 7.3 Zusammenfassung der möglichen Versorgung

In diesem Kapitel wird die Versorgung der einzelnen Standorte verglichen.

Die Versorgungseinbußen innerhalb der Gebäude wurden in Kapitel 4.4.1 kurz erklärt.

- Standort Thonhauser Weg:
  - Dieser Standort füllt die Lücke in Wildenberg wie auch im Ortsteil Pürkwang vollständig aus und stellt die beste der fünf Alternativen dar.
  - LTE kann dann in der Regel, bis auf sehr kleine Ausnahmen, auch innerhalb von Gebäuden genutzt werden.
  - Versorgung durch eine dreifach Sektorisierung ist gewährleistet.
  - der in Abbildung 7.2 sichtbare kleine grüne Flecken im Ortsteil Pürkwang zeigt eine minimale Versorgungseinbuße, die nur geringe Auswirkungen mit sich bringen wird. Dies kann durch eine Erhöhung des Antennenstandortes von 10 m auf 20 m verbessert werden.
  - Durch die leicht zentrale Lage des Standortes wird die B299 und die Staatsstraße 2642 gut versorgt.
- Standort Flurnummer 140:



- Dieser Standort bietet eine etwas schwächere Versorgung für Wildenberg.
- Im Ortsteil Pürkwang sind kleinere Gebiete nur ausserhalb von Gebäuden versorgt.
- Die Entfernung zwischen Standort und dem Ortszentrum beträgt ca. 2,0 km. Daher sind deutlich höhere Emissionen bei den Endgeräten zu erwarten.
- Maximal eine zweifach Sektorsierung ist am Standort denkbar.
- Die B299 und die Staatsstraße 2642 werden bis auf kleinere Lücken gut erreicht.
- Flurnummer 310/118:
  - Wildenberg und Pürkwang werden ausreichend mit LTE versorgt.
  - Auch bei diesem Standort ist die Versorgung etwas geringer als beim Standort Thonhauser Weg.
  - Die Entfernung zwischen Standort und dem Ortszentrum beträgt ca. 1,6 km. Daher sind deutlich höhere Emissionen bei den Endgeräten zu erwarten.
  - Maximal eine zweifach Sektorsierung ist am Standort denkbar.
  - Die Staatsstraße 2642 wird sehr gut erreicht, bei der Bundesstraße B299 ist im nördlichen Bereich die Versorgung abgeschwächt.
- Flurnummer 426 bei Antennenhöhe von 40 m:
  - Wildenberg und Pürkwang werden ausreichend mit LTE versorgt.
  - Auch bei diesem Standort ist die Versorgung etwas geringer als beim Standort Thonhauser Weg.
  - Die Entfernung zwischen Standort und dem Ortszentrum beträgt ca. 1,0 km. Daher sind höhere Emissionen bei den Endgeräten zu erwarten.
  - Maximal eine zweifach Sektorsierung ist am Standort denkbar.
  - Die Staatsstraße 2642 wird im Bereich von Wildenberg sehr gut erreicht. Die Bundesstraße B299 wird im Norden ab der Gemeindegrenze zu Siegenburg bis zur Ortseinfahrt von Schweinbach gut erreicht.



- Bei einer Antennenhöhe von 30 m ist in Pürkwang eine flächendeckende Versorgung innerhalb von Gebäuden nicht mehr gegeben.
- Bei einer Antennenhöhe von 20 m sind in Pürkwang zusätzlich unversorgte Bereiche zu erwarten.
- Flurnummer 310/42:
  - Wildenberg und Pürkwang werden teilweise gar nicht mit LTE versorgt.
  - Bei diesem Standort ist die Versorgung am schlechtesten.
  - Die Entfernung zwischen Standort und dem Ortszentrum beträgt mehr als 3.0 km. Daher sind deutlich höhere Emissionen bei den Endgeräten zu erwarten.
  - Maximal eine einfach Sektorsierung ist für die Versorgung von Wildenberg an diesem Standort denkbar.
  - Die Staatsstraße 2642 wird in Richtung Oberlauterbach sehr gut erreicht, in Richtung Wildenberg nimmt die Versorgung rasch ab. Bei der Bundesstraße B299 sind nur sehr kleine Bereiche erreichbar.

Reihung der Standortalternativen aufgrund der Versorgungsqualität:

1. Standort Thonhauser Weg bei Antennenhöhe 10 m
2. Standort Flurnummer 426 bei Antennenhöhe von 40 m
3. Standort Flurnummer 310/118 bei Antennenhöhe 40 m
4. Standort Flurnummer 140 bei Antennenhöhe 40 m
5. Standort Flurnummer 310/42 bei Antennenhöhe 40 m

**Der Qualitätsunterschied der fünf betrachteten Standorte unter Verwendung der Versorgungsplots scheint nur geringfügig. Unter Berücksichtigung der Lage des jeweiligen Standortes zum Versorgungsgebiet können aus technischen Gründen, wie funktechnische Ziele und Anbindung des Standortes, deutliche Unterschiede identifiziert werden.**

**Zwar können die ermittelten förderfähigen Versorgungslücken in Wildenberg und Pürkwang durch den Aufbau der fünf genannten Standorte geschlossen werden, doch ist durch die größere Entfernung der beiden aussenliegenden Standorten eine höhere Dämpfung des Funksignales gegeben.**



**Daher müssen die Endgeräte mit höherer Leistung senden, damit diese Standorte erreicht werden.**

**Auch weisen diese Standort eine deutlich reduzierte Kapazität aufgrund deren Lage auf.**

## 7.4 Infrastruktur Stromversorgung / Glasfaser

Zu den vorgeschlagenen Standorten muss der Anschluss per Glasfaser möglich sein.

Im Zuge des bayerischen Förderverfahrens konnte die Gemeinde bereits erfolgreich eine Verbesserung der Festnetz-Versorgung erzielen.

An diese Infrastruktur lassen sich die neuen Glasfaserleitungen anschließen.

### 7.4.1 Glasfaseranbindung

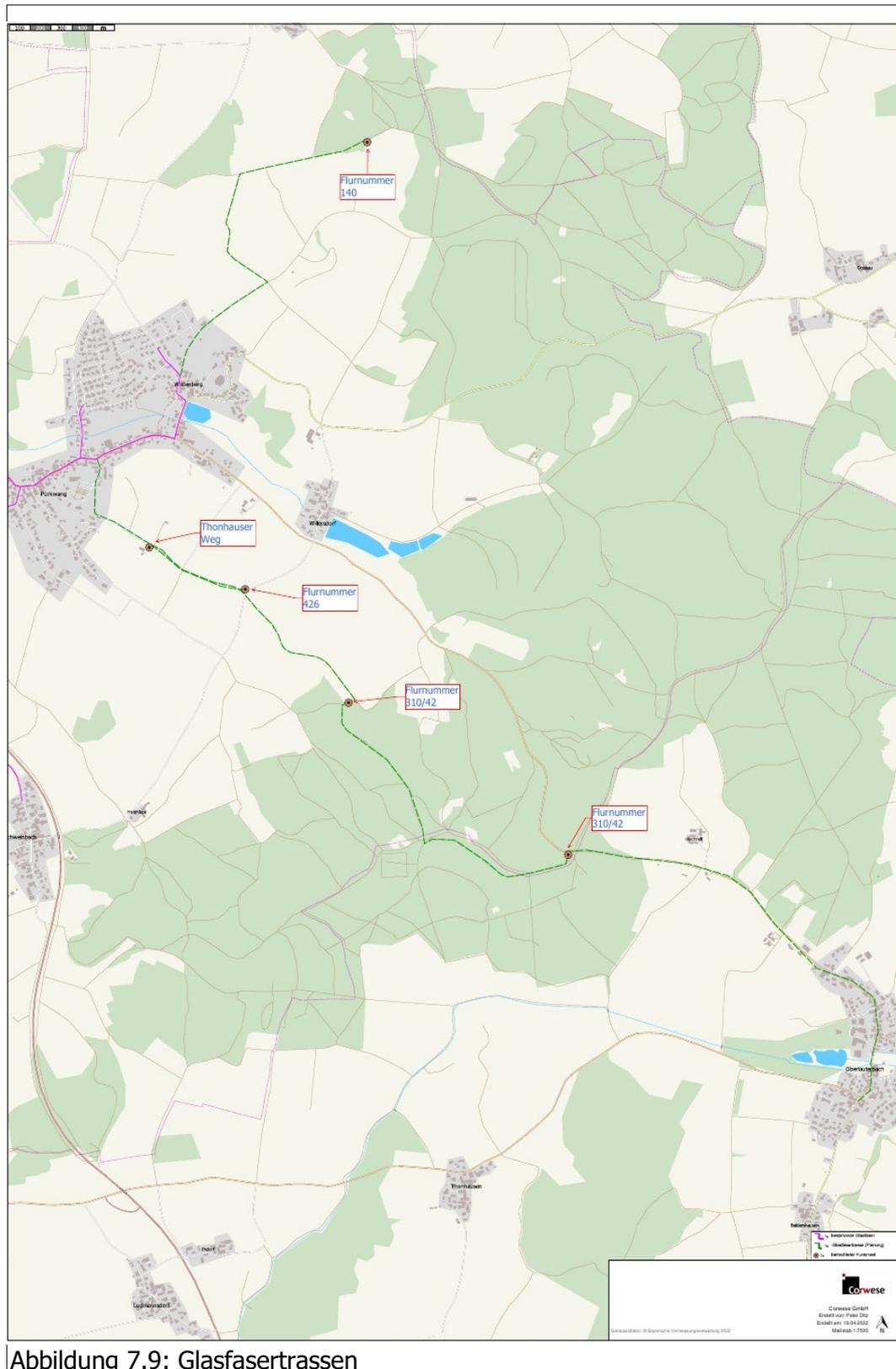
Für die Anbindung der neu zu errichtenden Mobilfunkstandorte sind Glasfasertrassen notwendig.

Für die Kosten der neu zu verlegenden Glasfasertrassen wurden mit 150,-- € / m veranschlagt. Zusätzliche Anschlusskosten sind auch hier nicht berücksichtigt.

<b>Glasfasertrassen zu den vorgeschlagenen Standorten</b>		
<b>Standort</b>	<b>mögliche Leitungslänge</b>	<b>mögliche Kosten in €</b>
Thonhauser Weg	570 m	85.500,00 €
Flurnummer 140	1.900 m	285.000,00 €
Flurnummer 310/118	1.870 m	280.500,00 €
Flurnummer 426	1.080 m	162.000,00 €
Flurnummer 310/42	2.220 m	333.000,00 €

Tabelle 7.2: Kosten Glasfaseranbindungen

In Abbildung 7.9 sind die im bayerischen Förderverfahren bereits vorhandenen Leitungen wie auch die zu den Standorten vorgesehenen Glasfasertrassen abgebildet.



Der betrachtete Standort bei Flurnummer 310/42 kann sowohl über Wildenberg wie auch über Oberlauterbach angeschlossen werden. Die Kosten der Leituntsführung nach Wildenberg sind sehr hoch. Ein Anschluß nach



Oberlauterbach ist die günstigere Alternative, jedoch mit bereits geschätzten Kosten von 330.000 € auch da schon sehr hoch.

Diese Karte liegt auch als Anlage bei.

#### **7.4.2 Anbindung der Stromversorgung**

Zusätzlich zu den Leerrohren und Glasfaserkabeln sind Stromtrassen für die Energieversorgung zu errichten.

Zur deutlichen Kostenreduzierung kann die Verlegung der Stromversorgungskabel mit den Grabungen zu den Glasfaser-Leerrohren zusammengelegt werden.

#### **7.4.3 Wirtschaftlichkeit**

Am Standort Thonhauser Weg genügt ein relativ niedriger Antennenträger zur Versorgung von Wildenberg.

Bei den beiden aussenliegenden Standorte ist zur ähnlichen Versorgung ein deutlich höherer Antennenträger notwendig. Zur computergestützten Simulation nahmen wir eine Höhe von 40 m an, siehe auch Stellungnahme des TÜV Süd vom 18. September 2008.

Zudem sind Glasfasertrassen zur Leitungsanbindung unerlässlich. Diese sind je aussenliegenden Standort schon um mehr als 200.000 € teurer als am Standort Thonhauser Weg.

Diese Kostendifferenz dürfte sich bei der Stromzuführung deutlich weiter erhöhen. Wir gehen davon aus, dass eine Stromanbindung am Standort Thonhauser Weg gegeben ist.



## **8 Empfehlung**

Wie die Messungen ergaben, ist speziell die 4G-Versorgung nicht flächendeckend in guter Qualität vorhanden.

Auch bei 2G sind größere Gebiete nicht vollständig erreichbar und können im geförderten Ausbau erschlossen werden.

Für eine deutliche Verbesserung dieser Situation sind zusätzliche Mobilfunkstationen notwendig.

Diese möglichen Standortvorschläge können von Beratungsbüros begutachtet werden.

Nach unserer Einschätzung wird für 4G der Frequenzbereich im 800 MHz Band zum Einsatz kommen. Dies ist gerechtfertigt, da es einen sehr guten Kompromiss zwischen Reichweite und Datengeschwindigkeit darstellt.

Für Kapazitätserweiterungen können auch zusätzliche, höherfrequente Frequenzbänder eingesetzt werden. Dies ist von der Nutzung im jeweiligen Versorgungsgebiet abhängig.

Selbstverständlich werden alle Funkdienste gemäß der 26. BImSchV, 26. Bundesimmissionsschutzverordnung, aufgebaut und betrieben. Alle funktechnischen Parameter werden automatisch vom jeweiligen Netzbetreiber an die BNetzA gemeldet.

Dies ist bei jeglicher Änderung der Sendeleistung wie auch der Antennenkonfiguration notwendig.

Aus wirtschaftlichen wie funktechnischen Gründen stellt der Standort „Am Thonhauser Weg“ die zu favorisierende Standortlösung dar. Aus diesem Grund empfehlen wir den Standort den Netzbetreibern als Standortvorschlag zu unterbreiten. Mit dem Standort ist für die Gemeinde Wildenberg eine qualitativ hochwertige, moderne wie schnelle Mobilfunkversorgung gesichert.

Auch empfehlen wir eine Abstimmung mit dem bayerischen Mobilfunkzentrum in Regensburg über mögliche Förderungen von zusätzlichen Mobilfunkstandorten.

Dadurch stünden in naher Zukunft in Wildenberg eine qualitativ hochwertige, moderne und schnelle Mobilfunkversorgungen zur Verfügung.

Corwese ist gerne bereit die weiteren Beratungen der Gemeinde zu übernehmen.

gez. Dipl.-Ing. Roland Werb / Peter Ditz



## **9 Grafiken**

### **Abbildungen**

Abbildung 1.1: Schätzung der Entwicklung des Datenverkehrs 2015 – 2025 in Deutschland .....	4
Abbildung 1.2: grafische Darstellung der Ausbauphasen.....	5
Abbildung 4.1: Beispielhaftes Höhenprofil.....	14
Abbildung 4.2: Landnutzungsdaten der Gemeinde Wildenberg (Markierungen).....	15
Abbildung 4.3: Antennendiagramm einer Sektorantenne.....	16
Abbildung 4.4: rechts Anordnung von drei Sektorantennen / Draufsicht.....	16
Abbildung 5.1: Wildenberg: 2G-Versorgung von O <sup>2</sup> .....	21
Abbildung 5.2: Legende Messergebnisse.....	21
Abbildung 5.3: gemessene GSM-Versorgung durch Telefonica.....	22
Abbildung 5.4: Wildenberg: 2G-Versorgung Telekom.....	23
Abbildung 5.5: Wildenberg: 2G-Versorgung Vodafone.....	23
Abbildung 5.6: gemessene GSM-Versorgung durch Vodafone.....	24
Abbildung 5.7: Wildenberg: 4G-Versorgung O2.....	25
Abbildung 5.8: gemessene LTE-Versorgung durch Telefonica.....	26
Abbildung 5.9: Wildenberg: 4G-Versorgung Telekom.....	27
Abbildung 5.10: Wildenberg: 4G-Versorgung Vodafone.....	28
Abbildung 5.11: Legende Messergebnisse.....	29
Abbildung 5.12: Ergebnis Versorgungsmessung über alle Netzbetreiber.....	30
Abbildung 5.13: LTE-Versorgung in Ortsmitte.....	30
Abbildung 5.14: Unterversorgte und damit förderfähige Bereiche.....	31
Abbildung 6.1: Beispielhafter Antennenträger.....	33
Abbildung 6.2: beispielhafte Ausrichtung der Antennen in Draufsicht.....	35
Abbildung 7.1: Standortvorschläge für Mobilfunkstandorte.....	39
Abbildung 7.2: Versorgung durch Flurnummer 140, Antennenhöhe 40 m.....	40
Abbildung 7.3: Versorgung durch Flurnummer 310/118, Antennenhöhe 40 m.....	40
Abbildung 7.4: Versorgung durch Thonhauser Weg, Antennenhöhe 10 m.....	41
Abbildung 7.5: Versorgung durch Flurnummer 426, Antennenhöhe 20 m.....	41
Abbildung 7.6: Versorgung durch Flurnummer 426, Antennenhöhe 30 m.....	42
Abbildung 7.7: Versorgung durch Flurnummer 426, Antennenhöhe 40 m.....	42
Abbildung 7.8: Versorgung durch Flurnummer 310/42, Antennenhöhe 40 m.....	43
Abbildung 7.9: Glasfasertrassen.....	47

### **Tabellen**

Tabelle 7.1: Mögliche Mobilfunkstandorte in Wildenberg.....	38
Tabelle 7.2: Kosten Glasfaseranbindungen.....	46



## **10 Anlagen**

ANLAGE01-FoerderrichtlinieMobilfunkBayern.pdf

ANLAGE02-WildenbergIstversorgung.PDF

ANLAGE03-WildenbergSollversorgung.PDF

ANLAGE04-Standortdokumentation.PDF

ANLAGE05-Glasfasertrassen.PDF



## 11 Abkürzungsverzeichnis

2G	Mobilfunkstandard der zweiten Generation / GSM
3G	Mobilfunkstandard der dritten Generation / UMTS
4G	Mobilfunkstandard der vierten Generation / LTE
BMVI	Bundesministeriums für Verkehr und Infrastruktur
Carrier	engl. für Telefonanbieter
CATV	Cable Television, technische Basis des Kabel-Internets
Downlink	Verbindung Sendestation > Endgerät
Download	Daten werden in Richtung Endgerät gesendet
DSL	Digital Subscriber Line (engl. für Digitaler Teilnehmeranschluss)
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer / DSL Anschlussmodul
EIRP	abgegebene Sendeleistung an der Antenne
eTOM	enhanced Telecom Operations Map, beschreibt professionelle Betriebsprozesse für Telekom-Infrastruktur
FTTB	Fibre to the Basement / Glasfaserverlegung ins Haus
FTTC	Fibre to the Curb / Glasfaserverlegung bis zum nächsten Verteiler
FTTH	Fibre to the Home / Glasfaserverlegung in die Wohnung
G.fast	Vectoring-Weiterentwicklung für kurze Distanzen
GPRS	General Packet Radio Service / Datenübertragung in GSM Netzen
GSM	Global System for Mobile Communications / Funktelefonstandard der 2. Generation / 2G
HFC	Hybrid Fiber Coax Cable
HSPA	High Speed Packet Access / höhere Datenrate für UMTS
HVt	Hauptverteiler (der Telekom), beinhaltet die Hauptvermittlungsstelle
ITIL	IT Infrastructure Library, beschreibt professionelle Betriebsprozesse für IT-Infrastruktur
KVZ	Kabelverzweiger



---

LTE	Long Term Evolution / 4G
MBit/s	Datengeschwindigkeit in Megabit / Sekunde
MHz	Megahertz
NGA	Next Generation Access
PDF	Portable Document Format / plattformunabhängiges Dateiformat
POP	Point Of Presence
SOL	„Strategic Outdoor Location“, bezeichnet einen DSLAM der deutschen Telekom, der einen weiter entfernten kupferbasierten Bestands-KVZ mit i.d.R. VDSL2 mitversorgt
Super-Vectoring	Vectoring-Weiterentwicklung für mittlere Distanzen
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System / 3G
Uplink	Verbindung Endgerät > Sendestation
Upload	Daten werden vom Endgerät gesendet
Vectoring	Verfahren zur Erhöhung der VDSL-Datengeschwindigkeit
VSt	Vermittlungsstelle
Vw	Vorwahlbereich
WLAN	Wireless Local Access Network



## **12 Hinweis zum Kartenmaterial:**

In dieser Studie wurde Kartenmaterial und Luftbilder des Bayern Atlas, Open Street Map und Google Earth verwendet.