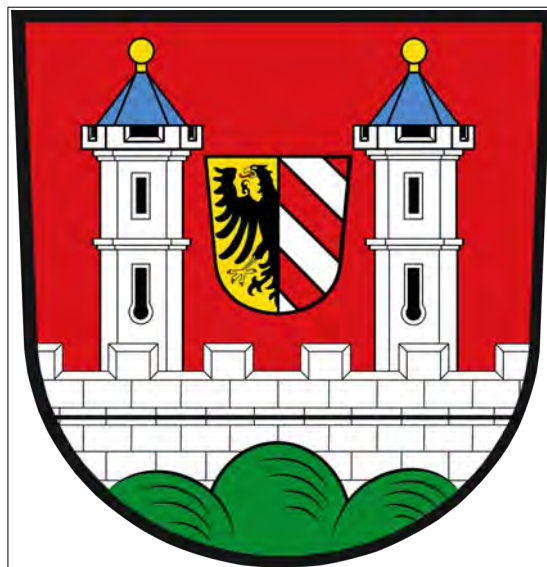


# VERSORGUNGSUNTERSUCHUNG ZUR MOBILFUNK-VERSORGUNG

## STADT LAUF AN DER PEGNITZ



**Version**  
**20. Oktober 2020**

**Corwese GmbH**  
**Beratung, Strategie, Prozesse**

**Dipl. Ing. Roland Werb**

**Peter Ditz**

Fritz-Müller-Str. 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.....                                              | 4  |
| 1.1 Prognose Datenverkehr.....                               | 5  |
| 2 Erörterung des bayerischen Förderverfahrens Mobilfunk..... | 8  |
| 2.1 Ziel des Förderverfahrens.....                           | 8  |
| 2.2 Förderung.....                                           | 8  |
| 3 Technik im Funknetz.....                                   | 9  |
| 3.1 Mobilfunk allgemein.....                                 | 9  |
| 3.2 Funkdienste im Überblick.....                            | 10 |
| 4 Anforderungen der Funknetzplanung.....                     | 15 |
| 4.1 Verfügbarkeit der Mobilfunkversorgung.....               | 15 |
| 4.2 Verfügbarkeit der Mobilfunkversorgung.....               | 15 |
| 4.3 Planungsprogramm.....                                    | 16 |
| 4.4 Datenverkehr im Mobilfunk.....                           | 21 |
| 5 Stadt Lauf a.d. Pegnitz: Versorgung im Mobilfunk.....      | 25 |
| 5.1 Versorgung nach Breitband-Atlas des Bundes.....          | 25 |
| 5.2 2G-Versorgung (GSM) der Netzbetreiber.....               | 33 |
| 5.3 3G-Versorgung (UMTS) der Netzbetreiber.....              | 38 |
| 5.4 4G-Versorgung (LTE) der Netzbetreiber.....               | 41 |
| 5.5 5G-Versorgung der Netzbetreiber.....                     | 44 |
| 5.6 Versorgungsmessung Mobilfunk.....                        | 45 |
| 5.7 Zusammenfassung der Mobilfunkversorgung.....             | 49 |
| 6 Planung weiterer Sendeanlagen / Grundlagen.....            | 50 |
| 6.1 Antennenträger.....                                      | 50 |
| 6.2 Stromversorgung und Internetanbindung.....               | 51 |
| 6.3 Antennentechnik.....                                     | 51 |
| 6.4 Sonstige Rahmenbedingungen.....                          | 52 |
| 7 Neue Mobilfunkstandorte.....                               | 54 |
| 7.1 Ausgangslage.....                                        | 54 |
| 7.2 Versorgung durch neue Mobilfunk-Standorte.....           | 54 |
| 7.3 Mögliche Standortalternativen in den Stadtteilen.....    | 55 |
| 7.4 Stadtteil Günthersbühl.....                              | 56 |
| 7.5 Stadtteil Kuhnshof.....                                  | 58 |
| 7.6 Stadtteil Neunhof.....                                   | 59 |
| 7.7 Stadtteile Schönberg und Weigenhofen.....                | 61 |
| 7.8 Stadtteil Simonshofen.....                               | 66 |
| 7.9 Versorgungskonzept.....                                  | 66 |



---

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 7.10 Infrastruktur Stromversorgung / Glasfaser.....                     | 67 |
| 8 Zusammenfassung und Empfehlung für die Stadt Lauf an der Pegnitz..... | 72 |
| 8.1 Zusammenfassung der simulierten Standorte für 4G.....               | 72 |
| 8.2 Handlungsempfehlung für den Stadt Lauf a.d. Pegnitz.....            | 73 |
| 9 Grafiken und Tabellen.....                                            | 74 |
| 10 Anlagen.....                                                         | 76 |
| 11 Abkürzungsverzeichnis.....                                           | 77 |
| 12 Hinweis zum Kartenmaterial:.....                                     | 78 |



## **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.

Im Konjunkturpaket des Bundes, Ergebnis Koalitionsausschuss vom 3. Juni 2020, wird unter Ziffer 47 ein 5G-Ausbau angekündigt, der bis 2025 flächendeckend angeschlossen sein soll.

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.

*Die beiden nachfolgenden Funk-Generation 3G (UMTS) und 4G (LTE) spielen leider bei der Förderung derzeit keine Rolle.*

Schnelles Internet ist heutzutage fast ausschließlich mit LTE realisierbar. UMTS spielt bereits eine untergeordnete Rolle und wird in den nächsten Jahren von den Mobilfunkbetreibern nicht weiter gepflegt.

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
- 3G (UMTS): bis zu 7,2 MBit/s
- 4G (LTE): bis zu 100 MBit/s
- 5G: bis zu 10.000 MBit/s

An diesen Zahlen ist erkennbar, dass die Zukunft in den 5G-Netzen liegt. 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.



## **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 bis ins Jahr 2015 grafisch veranschaulicht.

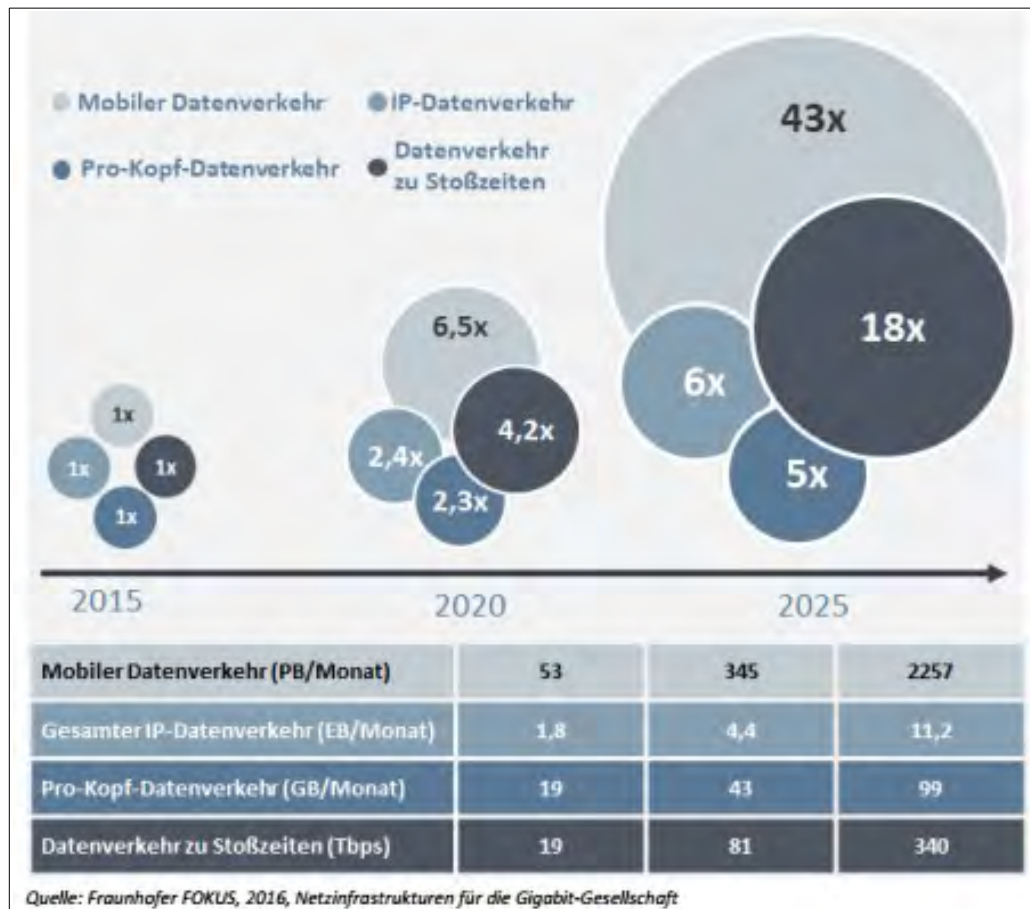
Darin wird der Datenverkehr des Jahres 2015 mit der Prognose für 2025 gegenüber gestellt.

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.

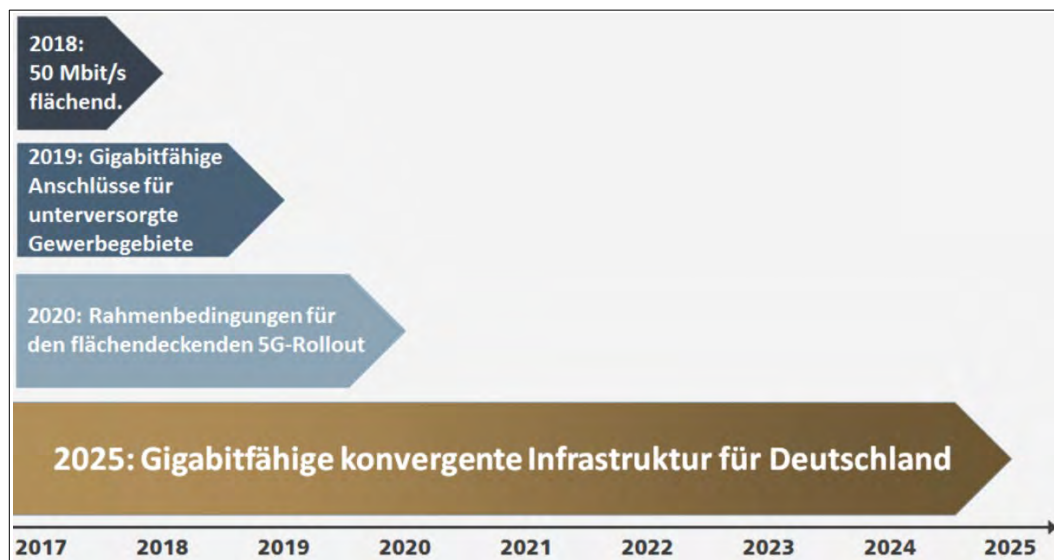


**Abbildung 1.1: Schätzung der Entwicklung des Datenverkehrs 2015 – 2025 in Deutschland**

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

- Phase 1: bis Ende 2018 soll eine Versorgung mit mindestens 50 MBit/s für alle Haushalte zur Verfügung stehen.
- Phase 2: bis Ende 2019 sollen alle unterversorgten Gewerbegebiete mit Hilfe eines Sonderprogramms ausschließlich mit Glasfaseranschlüsse versorgt sein.
- Phase 3: bis Ende 2020 soll der Mobilfunk flächendeckend für die nächste Technologie vorbereitet sein. 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.

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) und 5G-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 Gemeinden 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.

Trotzdem fordert der Datenhunger der Gesellschaft wieder eine Steigerung mit dem Zauberwort „5G“. Hier sind nochmals bis zu hundertfach höhere Datenraten als bei 4G möglich.



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
- 5G



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 angebotene 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.

Dieser Dienst wird im Jahr 2021 von Telekom und Vodafone außer Betrieb genommen.



### **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 höhere Bandbreiten realisiert werden können, bei allerdings deutlich geringerer Zellgröße. Eine Glasfaseranbindung ist für eine hohe Datenrate die beste Lösung.

### **3.2.4 5G**

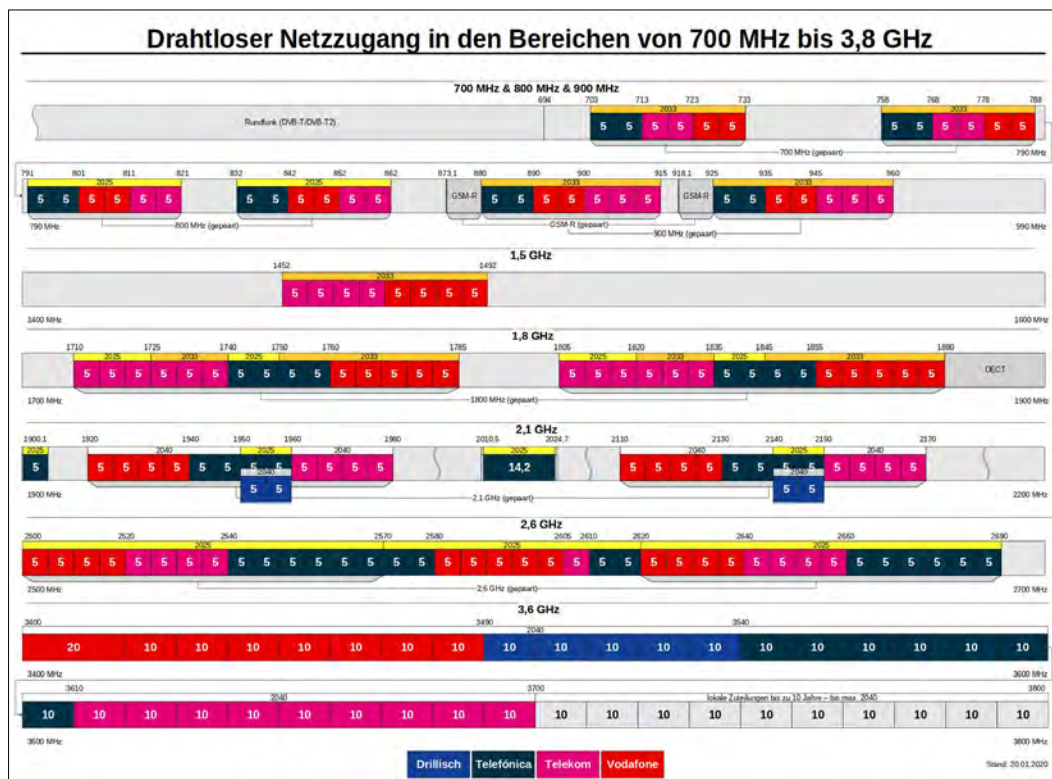
Im März 2019 begann die Versteigerung der 5G-Lizenzen. 5G ist eine Weiterentwicklung des bisherigen Standards 4G.

Das gesamte Frequenzspektrum über alle Funkdienste sehen Sie in Abbildung 3.1.

Die Datenrate soll, gegenüber 4G, um den Faktor 100 gesteigert werden. Auch die Latenzzeiten, das ist die Zeit bis eine Verbindung aufgebaut und durchgeschaltet ist, verringern sich deutlich. Dafür sind Frequenzen in den oberen Bändern bei ca. 3,4 GHz einzusetzen.

Wir erwarten anfangs keine Flächendeckung, dazu sind der technische Aufwand und die damit verbundenen Investitionen sehr hoch. Dieses Netz soll in erster Linie das autonome Fahren unterstützen, die Internetverfügbarkeit in Zügen verbessern und in Ballungsräumen die meist an der Auslastungsgrenze betriebenen 4G-Standorte entlasten.

Somit ist anfangs eine Versorgung in größeren Städten, entlang der Autobahnen und ICE-Trassen angedacht.



**Abbildung 3.1: Frequenzbänder im Mobilfunk inkl. 5G**

In ländlichen Bereichen wird daher das 4G-Netz (LTE) weiterhin eine große Rolle spielen, es sei denn, Kunden sind auf Anwendungen angewiesen, die in "Echtzeit" ohne Verzögerung Steuerungsaufgaben übernehmen. Wir denken, die Netzbetreiber werden diese Flexibilität im Aufbau von 5G mit Leben füllen, zumal auch in diesem neuen Netz die selben Frequenzen im 800 MHz-Bereich genutzt werden.

Ein Problem im 5G-Ausbau steckt im Angebot der Systemtechnik. Derzeit ist aus politischen Gründen noch nicht einwandfrei sicher, ob die Netzbetreiber HUAWEI als Systemlieferant verpflichten können.

Europäische Hersteller sind in der Regel teurer und müssen in der Technologie noch zu HUAWEI aufschließen.

Die Frage stellt sich, wie die sich die Politik entscheidet. In den USA ist HUAWEI als Systemlieferant ausgeschlossen. Die dortige Regierung baut politischen Druck in Richtung Deutschland / EU auf, auch hier HUAWEI zu verbannen.



Damit steht die Versorgungsaufgabe, die mit der 5G-Lizenz verknüpft ist, in Frage. Bis Ende 2022 sollen 98% der Haushalte je Bundesland, alle Bundesautobahnen, die wichtigsten Bundesstraßen und Schienenwege mit mindestens 100 MBit/s versorgt sein.

Dieser Zeitplan wankt. Außerdem müssen die Netzbetreiber auf Grund der teureren Systemtechnik neue Kalkulationen aufstellen.

für den reibungslosen Betrieb von 5G Basisstationen sind Glasfaseranbindungen unbedingt erforderlich.

### **3.2.5 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.

Wie bei den anderen Funklösungen beschrieben ist auch hier die Nutzung eines Funkkanals für mehrere Nutzer ein limitierender Faktor. Alle Nutzer eines Funkkanals müssen sich die Bandbreite teilen.

Prinzipiell bleibt WLAN nur eine Notlösung auf kurze Entfernung wenn neu zu verlegende Glasfaser-Trassen sehr 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 zur Errichtung von freistehenden Antennenträgern
- Planungsprogramm zur Simulation der Versorgung

### **4.1 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.

### **4.2 Verfügbarkeit der Mobilfunkversorgung**

Die grundsätzliche Verfügbarkeit wird mit einem statistischen Wert zum Ausdruck gebracht:

Die sogenannten Orts- und Zeitwahrscheinlichkeit.

Eine 100%-ige Versorgung kann niemals realisiert werden, da sich die Umgebung des 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.

## 4.3 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.

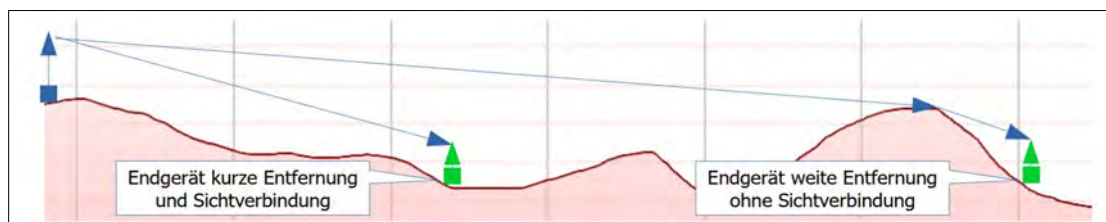
Dazu müsste jedes Gebäude, jeder Baum, jedes Fahrzeug, ja sogar jedes Garagentor ob es gerade offen steht oder geschlossen ist in Echtzeit übermittelt werden.

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.

### 4.3.1 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 Stadt Lauf.

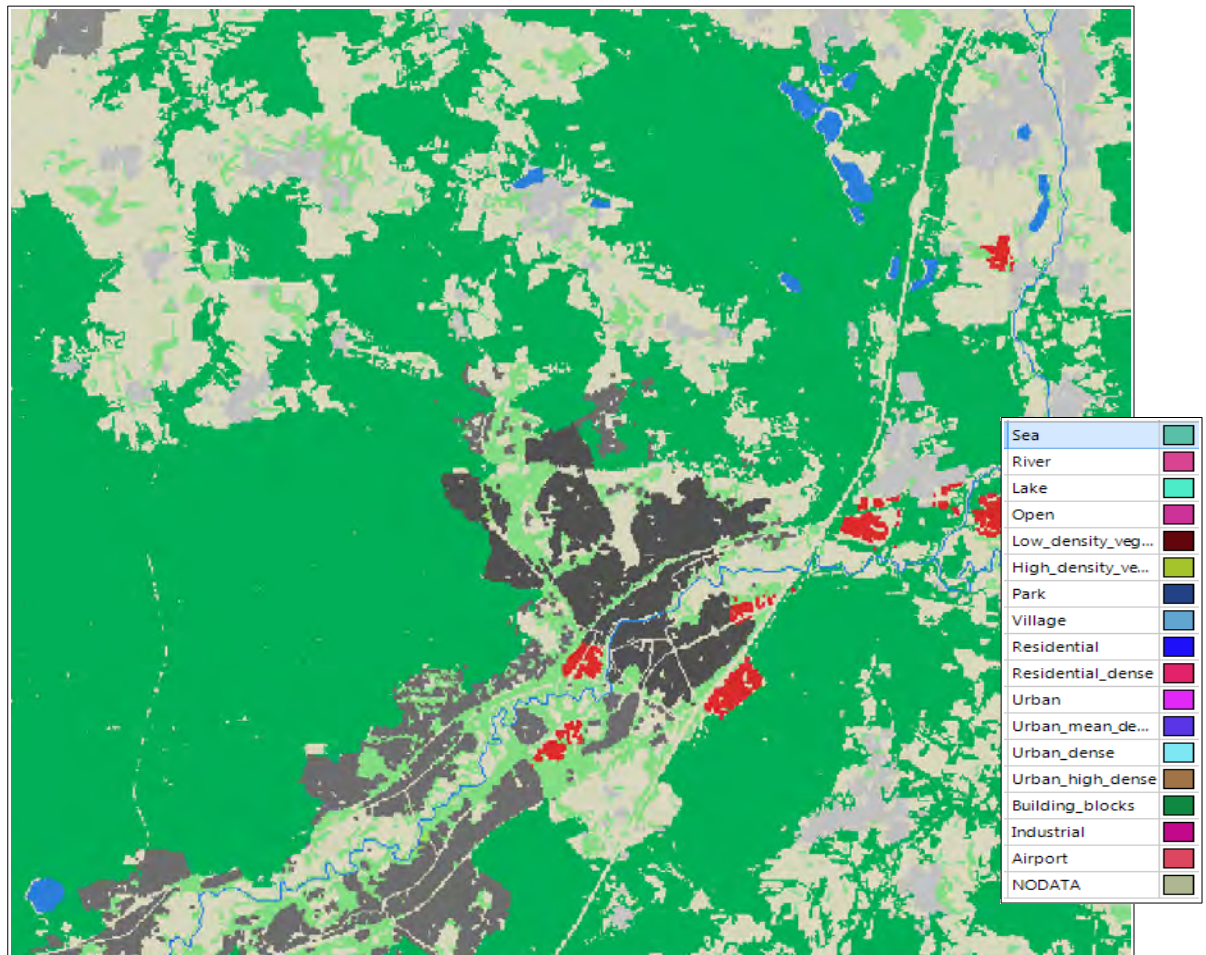
Den Farben sind einzelne Kategorien zugeordnet, die bei den Berechnungen mit zusätzlichen Dämpfungen des Funksignales beaufschlagt werden.

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.



**Abbildung 4.2: Landnutzungsdaten der Stadt Lauf a.d. Pegnitz**

#### **4.3.2 Antennen im Planungsprogramm**

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

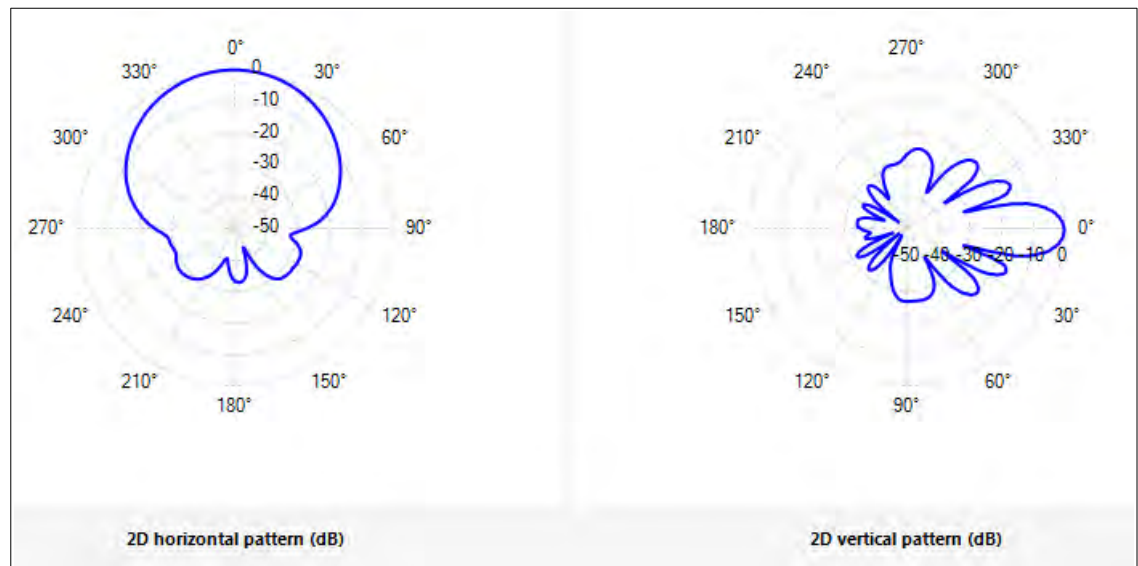
Beispielhaft ist in Abbildung 4.3 das Diagramm einer Sektorantenne abgebildet.

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.

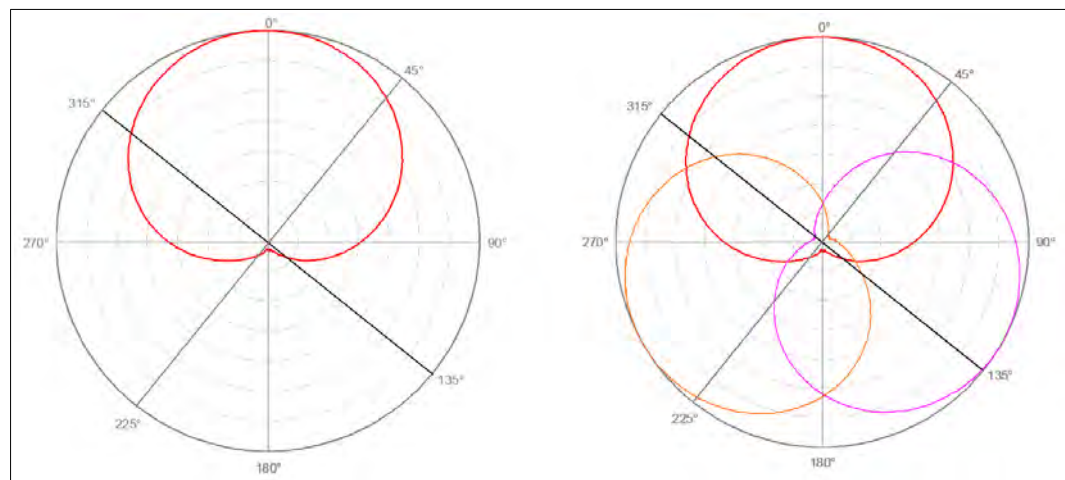
Die Ausbreitungsberechnung erfolgt somit auf eine definierte Fläche und nicht nur auf einen spezifizierten Punkt.



**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.

## **4.4 Datenverkehr im Mobilfunk**

Die 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:

### **4.4.1 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.



#### **4.4.2 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 länger 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.

#### **4.4.3 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.

#### **4.4.4 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.



#### **4.4.5 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 von 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.

#### **4.4.6 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.

#### **4.4.7 Sportstätten**

Wie z.B. an manchen Sportstätten, die nur zu einem begrenzten Zeitraum besucht werden.

Dies ist z.B. bei Weltmeisterschaften der Fall, die an manchen Orten nur einmal im Jahr stattfinden.

Auch hier kann die mobile Systemtechnik zum Einsatz kommen. Die Versorgungsradien sind relativ gering und für die Abführung des Datenverkehrs sind mehrere Container aufzustellen.

Jeder mit Stromversorgung und Anschluss an das Glasfasernetz.



## **5 Stadt Lauf a.d. Pegnitz: Versorgung im Mobilfunk**

In diesem Kapitel wird die Mobilfunk-Versorgung der Stadt Lauf a.d. Pegnitz dargestellt. Dies umfasst eine Versorgungsdarstellung in allen Funknetzen 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**

In diesem Abschnitt folgt die Versorgung nach den Angaben im Breitbandatlas des Bundesministeriums für Verkehr und Infrastruktur (BMVI).

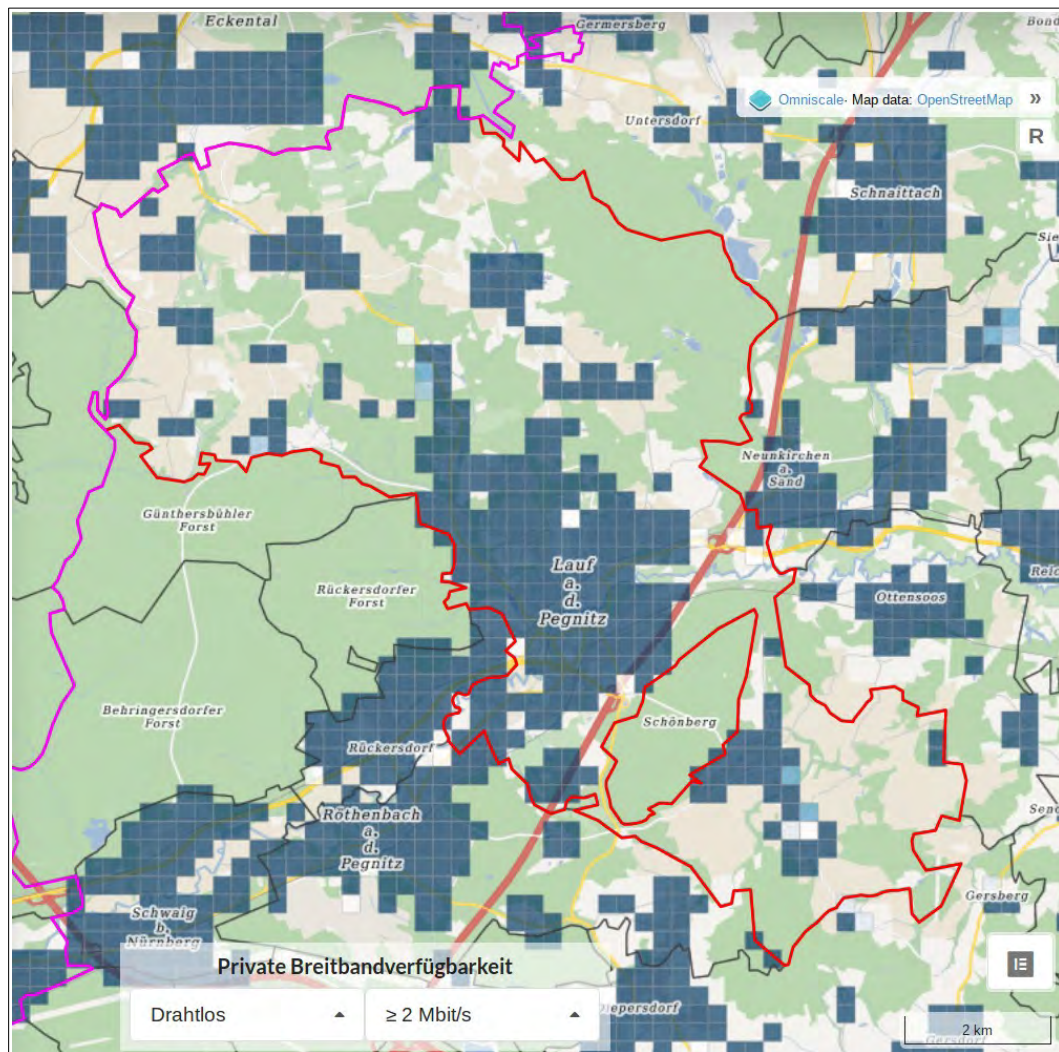
Die Darstellungen zeigen die Breitbandverfügbarkeit in Prozent der Haushalte mit Stand 27. März 2020.

In Abbildung 5.1 und Abbildung 5.2 ist die Breitband-Versorgung für Mobilfunk laut Breitbandatlas über alle Netzbetreiber gesehen, abgebildet. Als Schwellwerte werden 2 MBit/s und 6 MBit/s unterstellt.

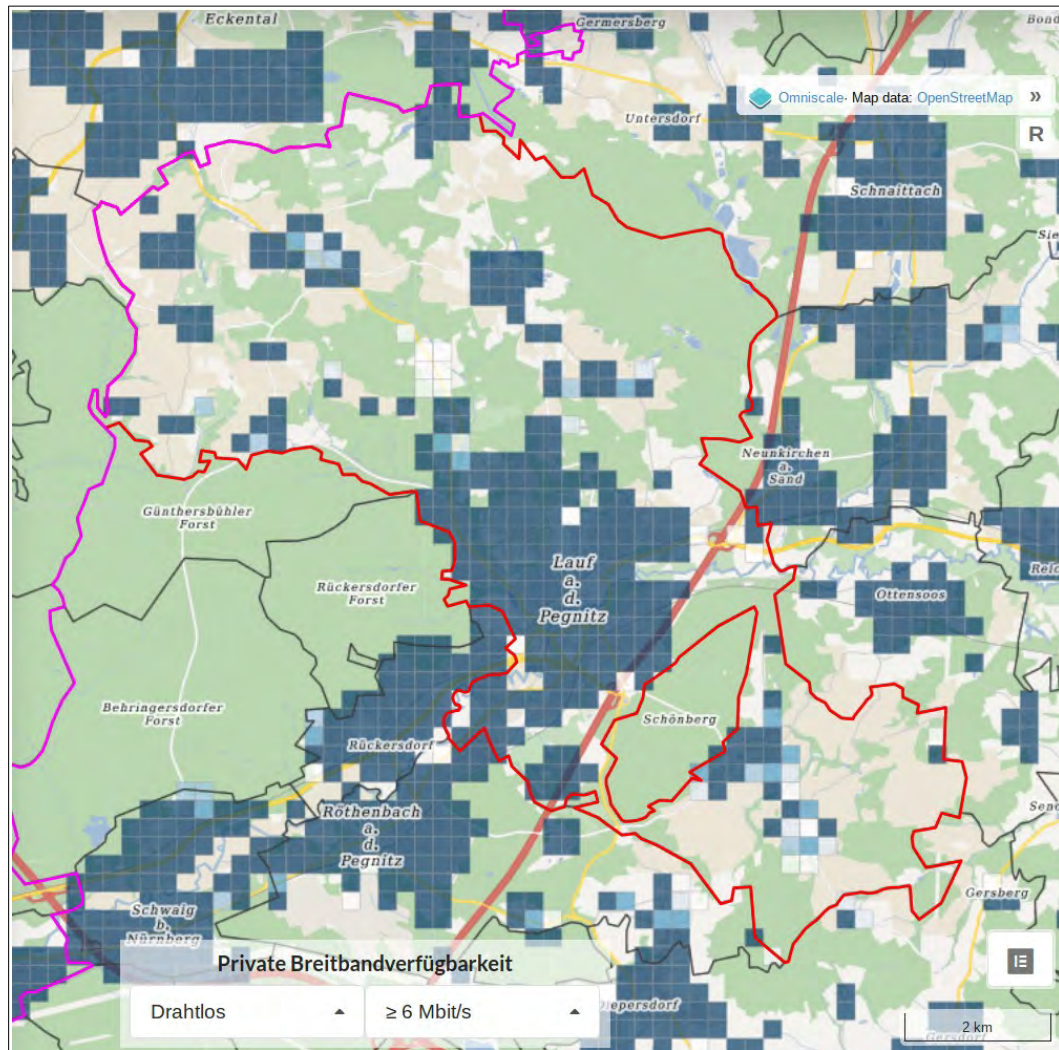
Die Versorgung im Zentrum von Lauf a.d. Pegnitz ist gut, in den anderen Stadtteilen teilweise lückenhaft.

Die Legende ist in den Karten eingeblendet.





**Abbildung 5.1: Funkversorgung  $\leq 2$  MBit/S**



**Abbildung 5.2: Funkversorgung  $\leq 6$  MBit/S**

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

In diesem Kapitel wird die Versorgung der in Deutschland operierenden Netzbetreiber im Stadt Lauf a.d. Pegnitz dargestellt. Diese Netzbetreiber sind:

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

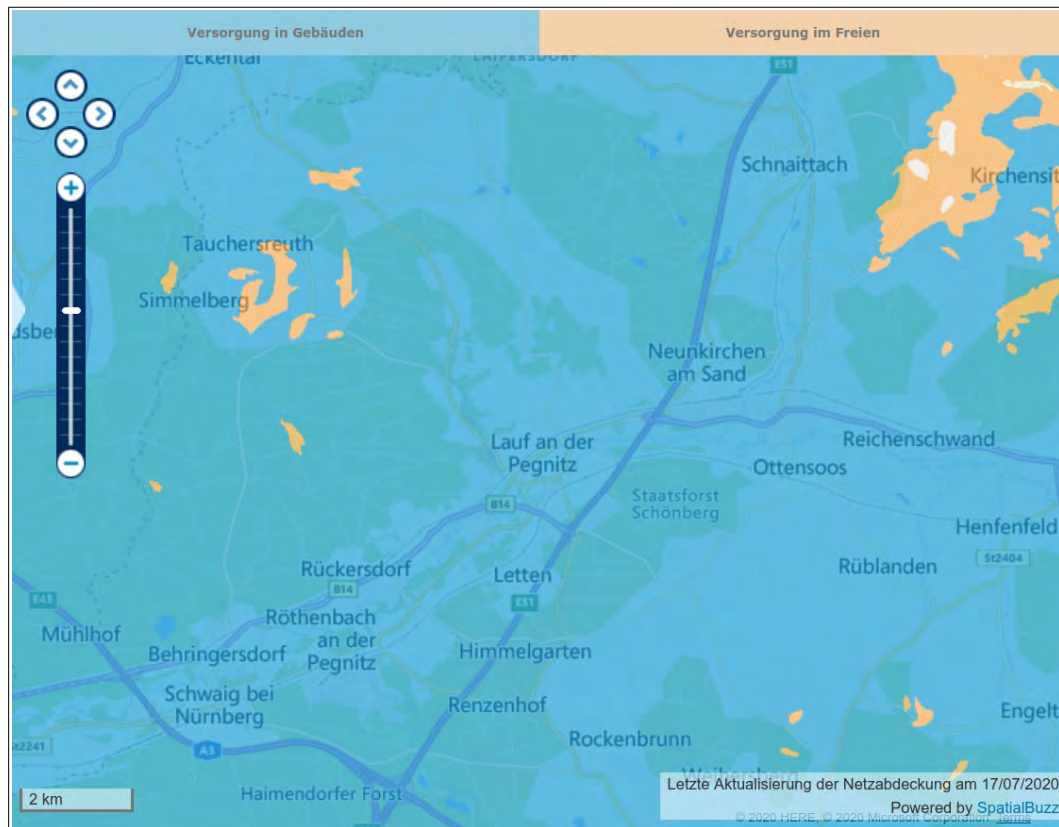
### **5.2.1 2G-Versorgung von O<sup>2</sup>**

Abbildung 5.3 zeigt die Versorgung für 2G (GSM).





Fast im gesamten Stadtgebiet stellt O<sup>2</sup> eine Versorgung auch innerhalb von Gebäuden zur Verfügung.

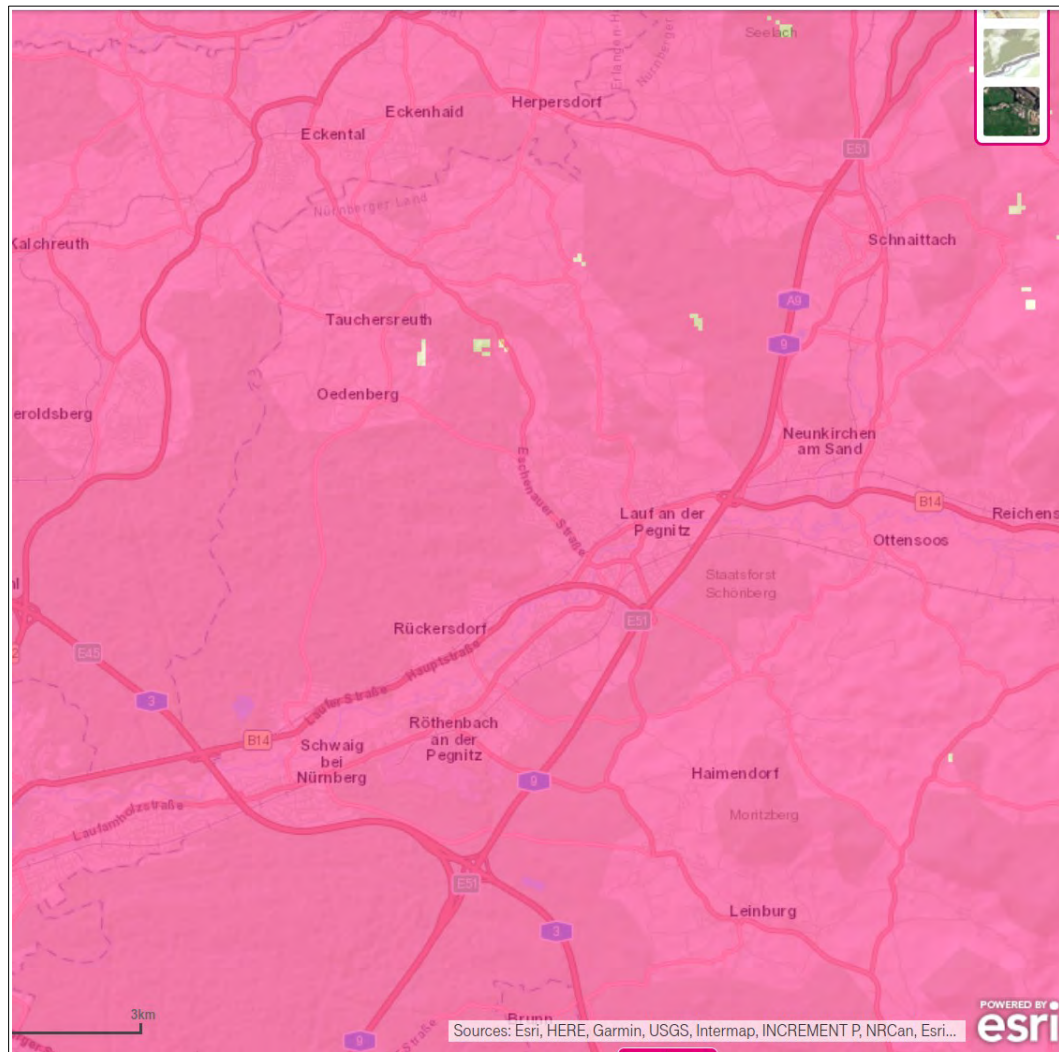


**Abbildung 5.3: 2G-Versorgung O<sup>2</sup>**

### **5.2.2 2G-Versorgung von Telekom**

Die Karten des Konzerns, auch in den nachfolgenden Kapiteln, zeigen nur die Versorgung außerhalb von Gebäuden an.

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



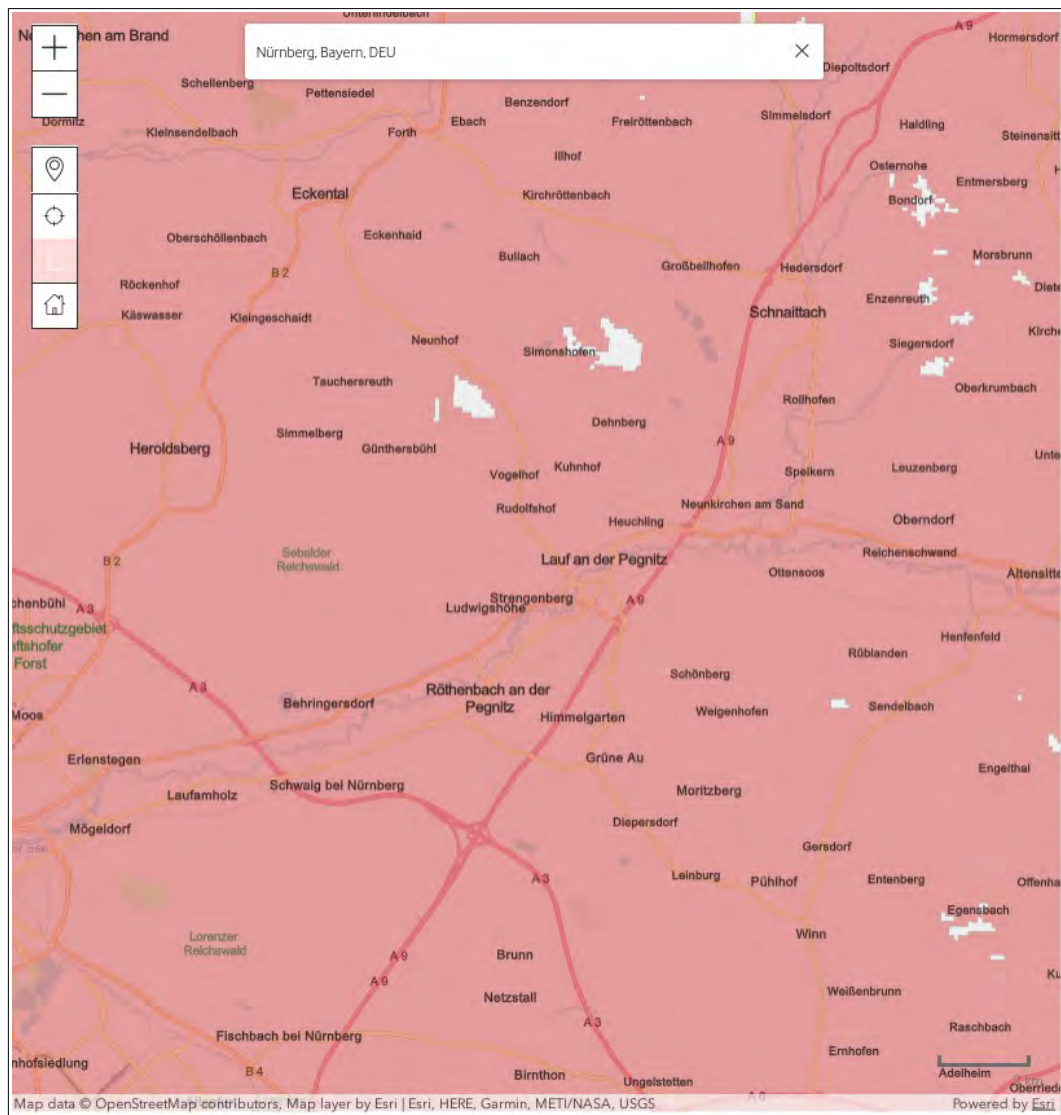
**Abbildung 5.4: 2G-Versorgung Telekom Deutschland**

Die Stadt Lauf a.d. Pegnitz wird flächendeckend versorgt.

### **5.2.3 2G-Versorgung von Vodafone**

Die Versorgung durch Vodafone ist den beiden vorher genannten Netzbetreibern gleichzusetzen.

Die Versorgungskarte Abbildung 5.6 zeigt die 2G-Versorgung.



**Abbildung 5.5: 2G-Versorgung Vodafone**

### **5.3 3G-Versorgung (UMTS) der Netzbetreiber**

Die in diesem Kapitel gezeigten Versorgungskarten der Netzbetreiber sind für die 3G (UMTS) Versorgung maßgebend.

Wie bereits erwähnt sind pro eingesetzter Frequenz bis zu 7,2 MBit/s möglich. Diese Geschwindigkeit wird nur erreicht, wenn lediglich ein Teilnehmer eine aktive Verbindung nutzt.

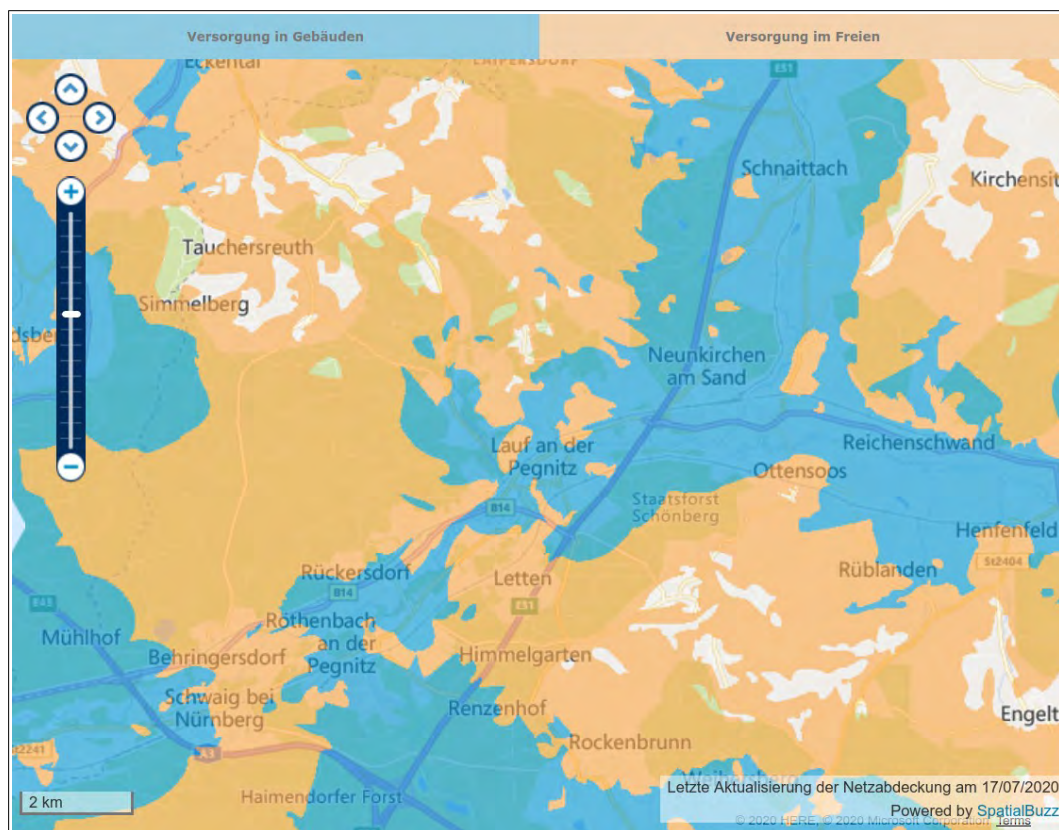




### 5.3.1 3G-Versorgung von O<sup>2</sup>

Eine 3G-Nutzung innerhalb von Gebäuden wird von O<sup>2</sup> nur in Stadtmitte angeboten.

In den umliegenden Stadtteilen ist dieser Dienst nur außerhalb von Gebäuden nutzbar.



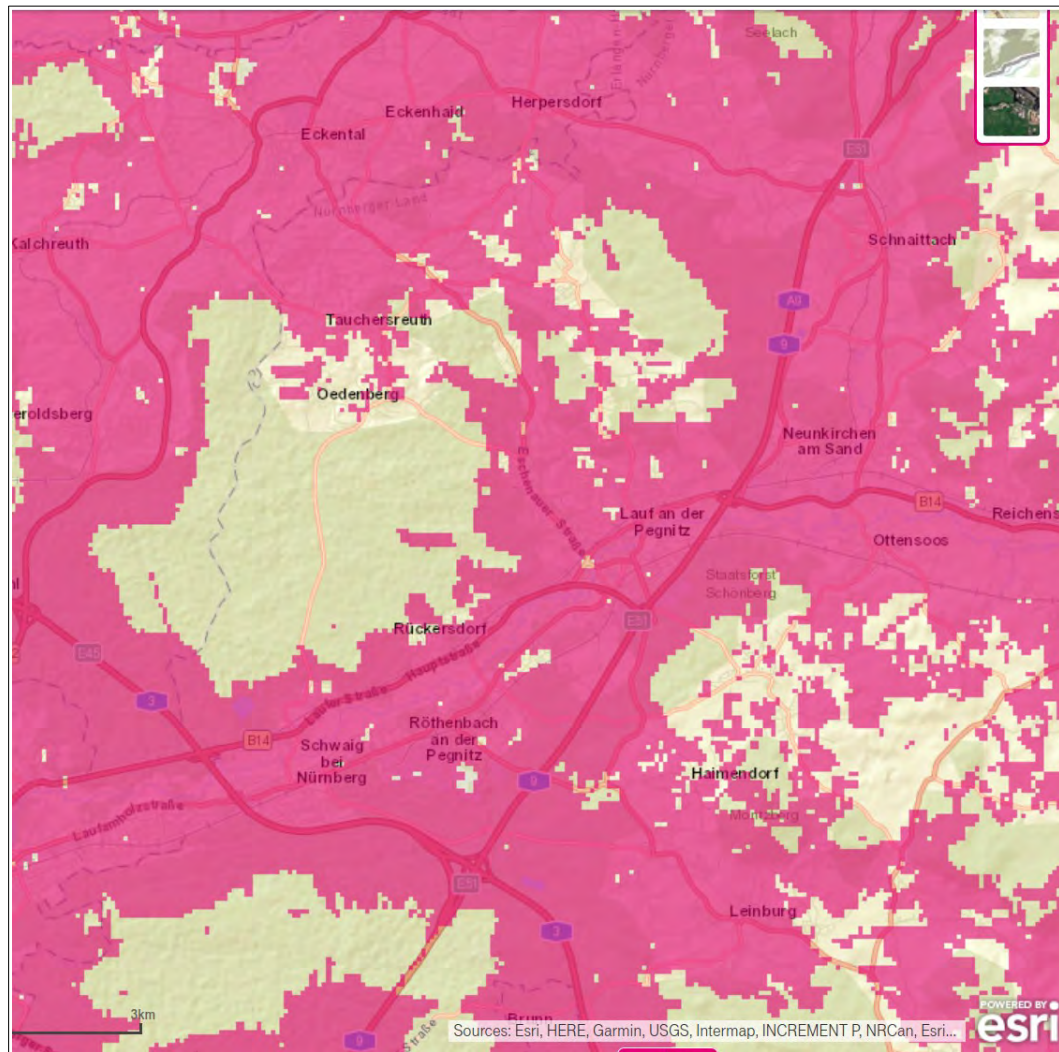
**Abbildung 5.6: 3G-Versorgung O<sup>2</sup>**

### 5.3.2 3G-Versorgung von Telekom Deutschland

Eine UMTS-Versorgung durch Telekom Deutschland steht in Lauf a.d. Pegnitz auch nur in Stadtmittel mit guter Qualität zur Verfügung.

Dies dokumentiert Abbildung 5.7.

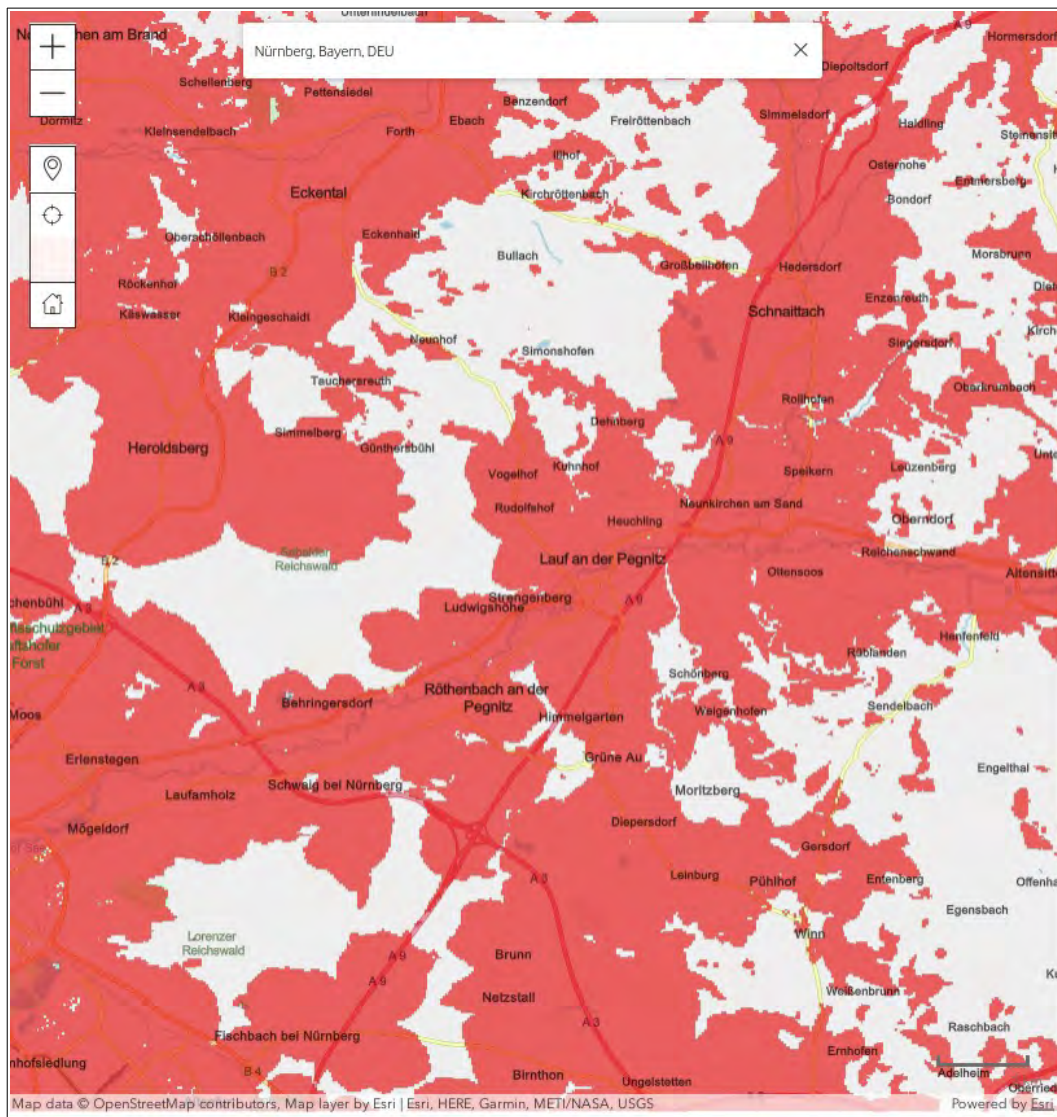




**Abbildung 5.7: 3G-Versorgung Telekom**

### **5.3.3 3G-Versorgung von Vodafone**

Vodafone bietet die selbe Versorgung wie die beiden anderen Netzbetreiber, einsehbar in Abbildung 5.8.



**Abbildung 5.8: 3G-Versorgung Vodafone**

## 5.4 4G-Versorgung (LTE) der Netzbetreiber

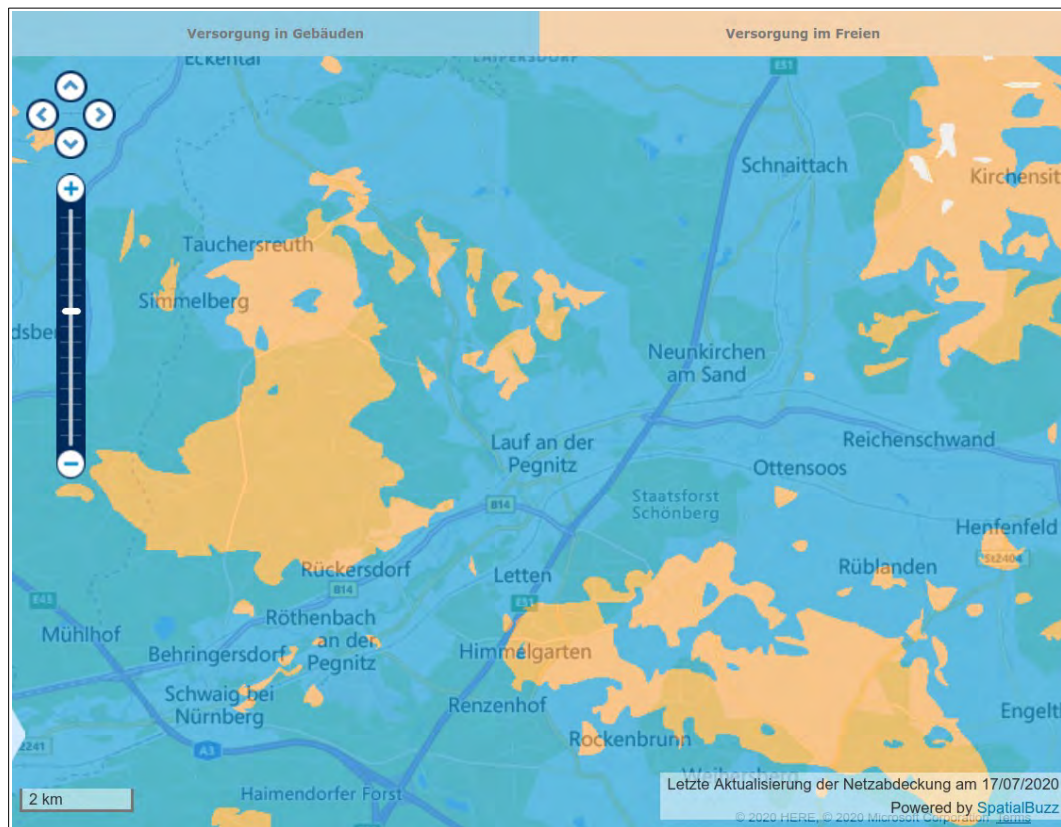
Die Versorgungsqualitäten bei 4G unterscheiden sich bei den einzelnen Netzbetreibern nur geringfügig.

Von allen Netzbetreibern wird fast eine Flächendeckung erreicht.

### 5.4.1 4G-Versorgung von O<sup>2</sup>

Die Versorgung von O<sup>2</sup> ist in Abbildung 5.9 ersichtlich.

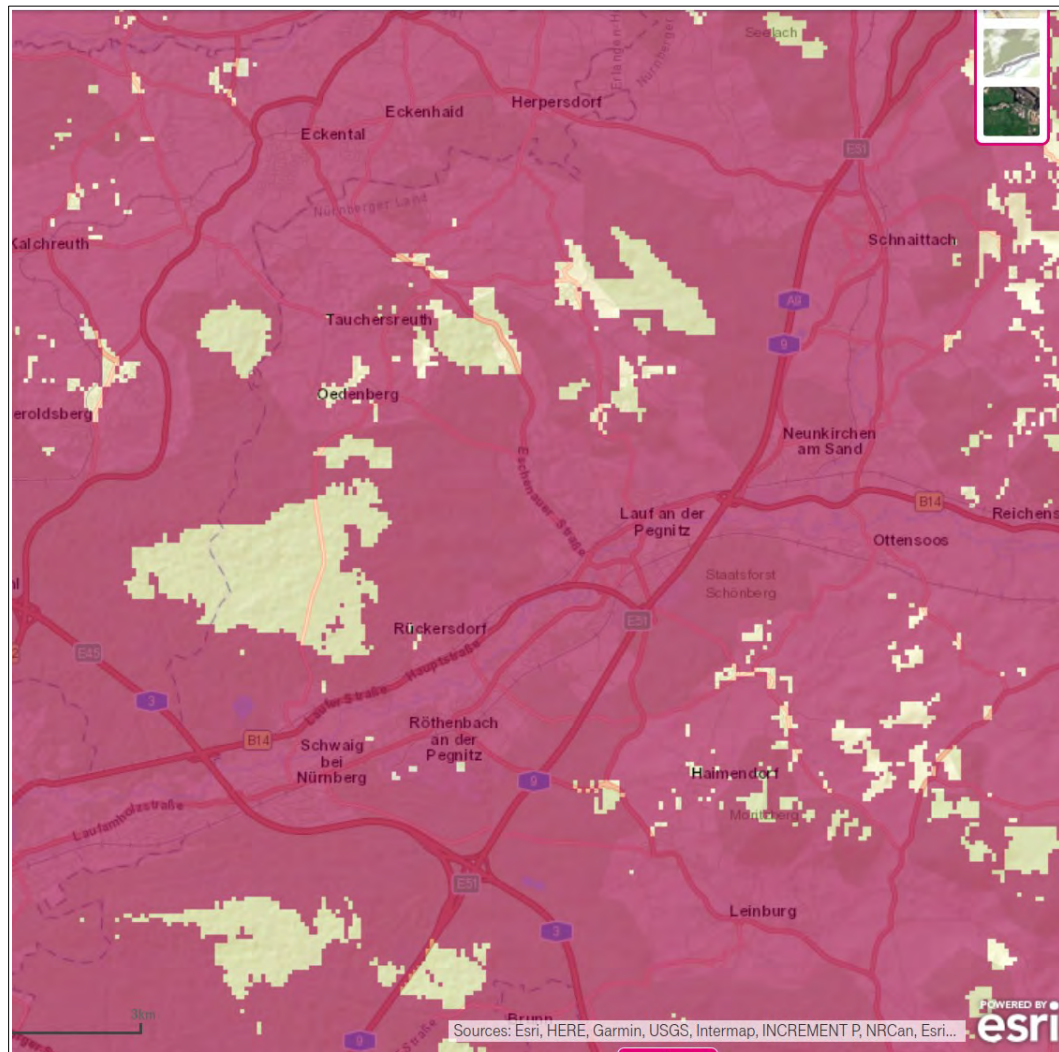




**Abbildung 5.9: 4G-Versorgung O<sup>2</sup>**

#### **5.4.2 4G-Versorgung von Telekom Deutschland**

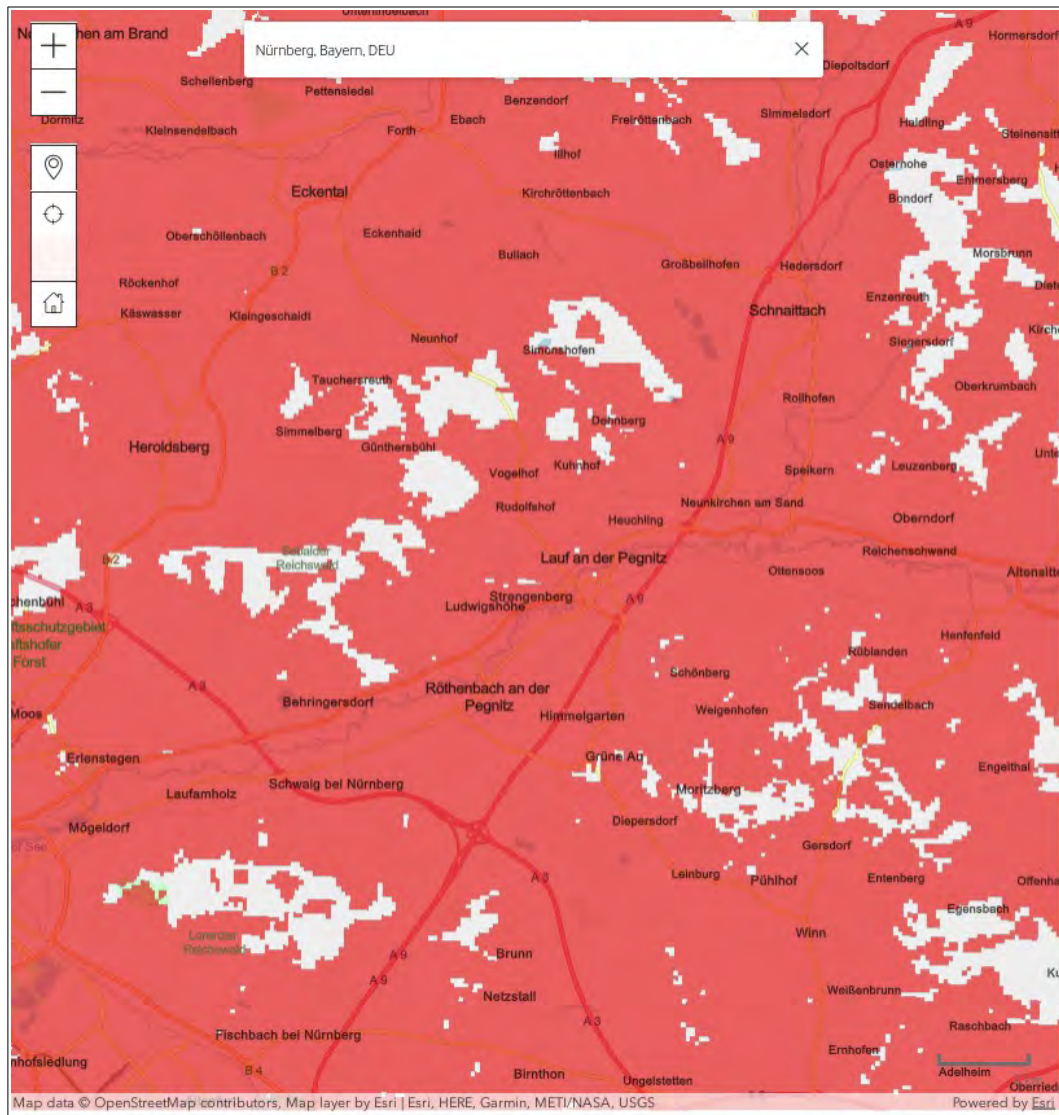
Abbildung 5.10 zeigt die Versorgung durch Telekom.



**Abbildung 5.10: 4G-Versorgung Telekom Deutschland**

### **5.4.3 4G-Versorgung von Vodafone**

Die letzte Versorgungskarte Abbildung 5.11 in diesem Kapitel zeigt eine zu den anderen Netzbetreibern ähnliche 4G-Versorgung auf.



**Abbildung 5.11: 4G-Versorgung Vodafone**

## **5.5 5G-Versorgung der Netzbetreiber**

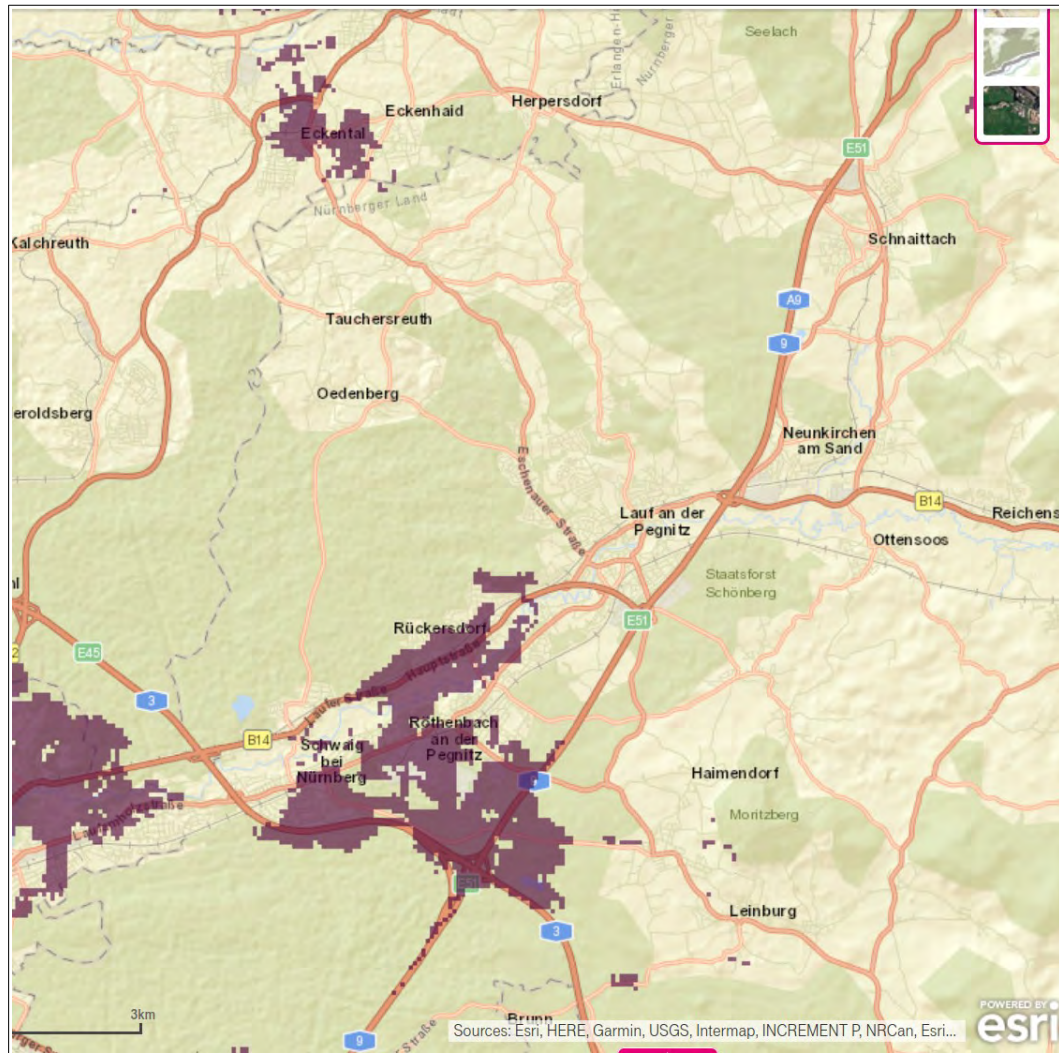
### **5.5.1 5G-Versorgung von Telekom Deutschland**

Abbildung 5.12 zeigt die 5G-Versorgung durch Telekom.

Diese ist noch sehr gering ausgeprägt und nur in Röthenbach erkennbar. Über die Qualität der Versorgung kann derzeit noch keine Einschätzung gegeben werden.



Die beiden anderen Netzbetreiber, O<sup>2</sup> und Vodafone, zeigen auf deren Homepage keine 5G-Versorgung an



**Abbildung 5.12: 5G-Versorgung Telekom Deutschland**

## **5.6 Versorgungsmessung Mobilfunk**

Ende September 2020 führte Corwese GmbH eine Versorgungsmessung für Mobilfunk durch. Bei dieser Messung wurden die Versorgung von GSM und LTE berücksichtigt. Da UMTS in den nächsten Jahren nicht mehr gewartet und zurückgebaut wird, fand für diesen Dienst keine Messung statt.

Die Ergebnisse der Versorgungsmessung werden in einem gesonderten Dokument übermittelt.

### 5.6.1 Messaufbau

In Abbildung 5.13 ist das Messfahrzeug abgebildet. Die für die Pegelmessungen und Positionsbestimmung per GPS sind in der hochfrequenz durchlässigen Dachbox untergebracht, siehe Abbildung 5.14.

Das Messsystem Rohde & Schwarz TSMA befindet sich im Fahrzeug und ist mit einem Laptop zur Aufzeichnung der Position und der dazugehörigen Messwerte verbunden.



**Abbildung 5.13: Messfahrzeug**



**Abbildung 5.14: Messantennen in der Dachbox**

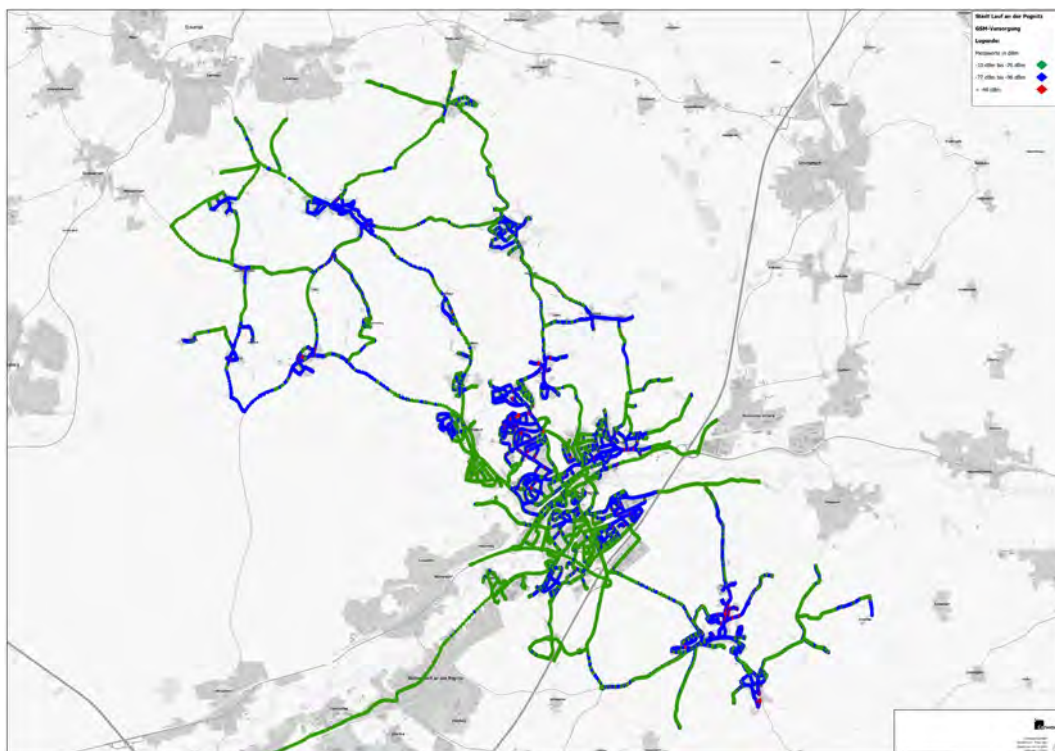


### 5.6.2 Kartendarstellung der Messergebnisse

Hier werden die zusammengefassten Karten über alle Netzbetreiber jeweils für GSM und LTE dargestellt. Die Versorgungskarten für jeden Netzbetreiber mit dem jeweiligen Dienst sind in der Anlage enthalten.

### 5.6.3 Messergebnisse GSM

In Abbildung 5.15 ist die gemessene Versorgung für GSM über alle Netzbetreiber ersichtlich.



**Abbildung 5.15: GSM-Versorgung über alle Netzbetreiber**

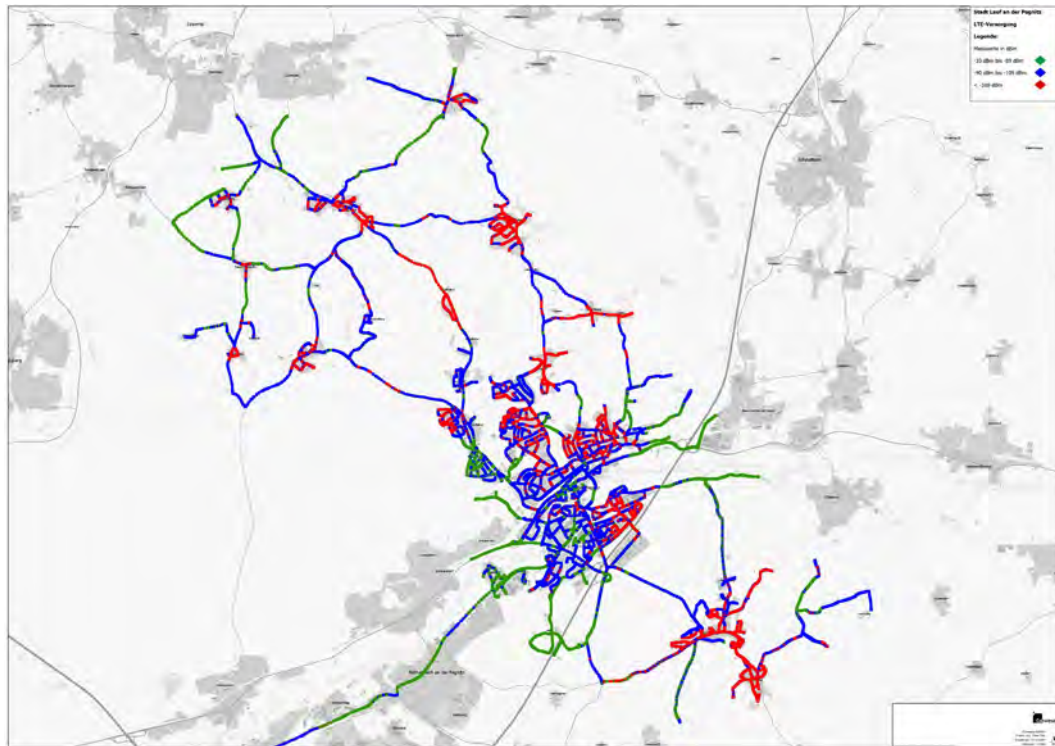
Bei den grünen Punkten ist eine gute bis sehr gute Versorgung gewährleistet.

Die blauen Punkten zeigen eine befriedigende Versorgung an. In bebauten Bereichen kann es außerhalb von Gebäuden punktuell zu Gesprächsabbrüchen kommen. Diese sind von der Dichte der Bebauung und den Gebäudehöhen abhängig.

In den roten Bereichen können außerhalb von Gebäuden Gespräche abbrechen und innerhalb von Gebäuden ist, je nach Gebäudestruktur, eine Mobilfunknutzung fast ausgeschlossen.

#### 5.6.4 Messergebnisse LTE

Die Abbildung 5.16 zeigt die gemessene LTE-Versorgung auch über alle Netzbetreiber.



**Abbildung 5.16: LTE-Versorgung über alle Netzbetreiber**

Wie bei GSM ähnlich ist bei den grünen Punkten eine gute bis sehr gute Versorgung gewährleistet.

Die blauen Punkten zeigen eine befriedigende Versorgung an. In bebauten Bereichen kann es außerhalb von Gebäuden punktuell zu Gesprächsabbrüchen und eingeschränkter Internetnutzung kommen. Diese sind von der Dichte der Bebauung und den Gebäudehöhen abhängig.

In den roten Bereichen kann außerhalb von Gebäuden die Internetverbindung abbrechen und innerhalb von Gebäuden ist, je nach Gebäudestruktur, eine Mobilfunknutzung auch für LTE fast ausgeschlossen.





---

## **5.7 Zusammenfassung der Mobilfunkversorgung**

Für den Mobilfunkstandard 2G (GSM) stellen alle drei Netzbetreiber eine Versorgung, stellenweise auch in sehr guter Qualität innerhalb von Gebäuden, sicher. Für schnelle Datenübertragung eignet sich dieser Dienst jedoch nicht.

3G (UMTS) wurde in der Stadt Lauf a.d. Pegnitz von allen Netzbetreiber in guter Qualität beim Netzausbau berücksichtigt. Dabei lag der Schwerpunkt auf dem Zentrum der Stadt. Wie bereits in Kapitel 3.2.2 erwähnt wird dieser Dienst im Jahr 2021 von Telekom und Vodafone außer Betrieb genommen.

Bei der Frequenzvergabe durch die Regulierungsbehörde für 4G (LTE) stand der Ausbau ländlicher Bereiche vorrangig im Fokus. Dies ist durchaus in Lauf a.d. Pegnitz erreicht.

In den Stadtteilen Beerbach, Simonshofen, Neunhof, Günthersbühl, Oedenberg, Kuhnshof, Rudolfshof, nord- westliche Bereiche im Stadtgebiet von Lauf a.d. Pegnitz, Schönberg und Weigenhofen ist die LTE-Versorgung verbesserungswürdig.

5G wird allein nur von Telekom allerdings nur in sehr kleinen Bereichen der Nachbargemeinde Röthenbach angeboten.

Von einer nennenswerten Nutzung dieses neuen Dienstes kann nicht ausgegangen werden. Dazu ist das versorgte Gebiet zu klein.

## **6 Planung weiterer Sendeanlagen / Grundlagen**

Dieses Kapitel behandelt mögliche Standorte zur Verbesserung der Mobilfunk-Versorgung im Stadt Lauf a.d. Pegnitz.

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

### **6.1 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, 4G (LTE) und 5G, betrieben werden können.

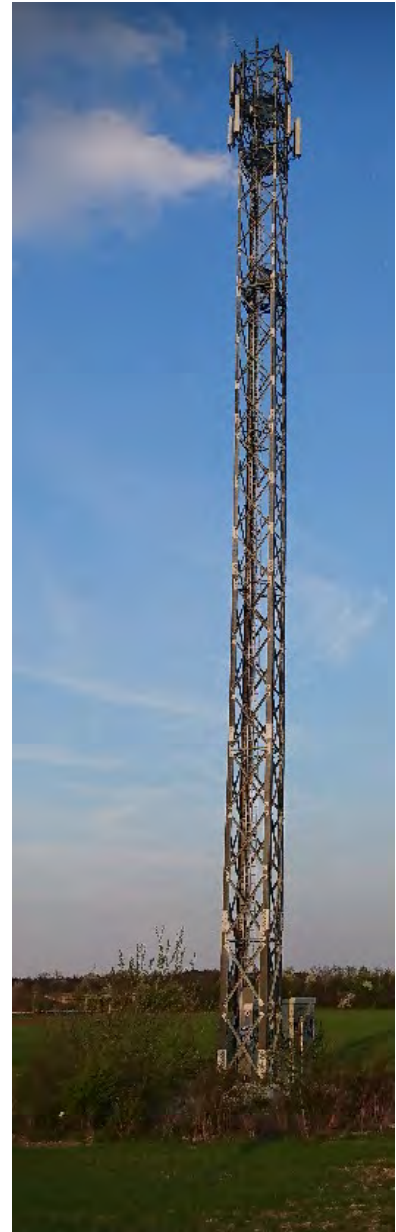
Dazu bieten sich speziell im ländlichen Raum freistehende Antennenträger an.

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: Möglicher 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.

## **6.2 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.

Nur damit lassen sich hohe Bandbreiten auch auf der Funkebene erreichen. Da für 5G die Latenzzeiten sehr gering sein sollen, ist eine qualitativ hochwertige Anbindung Grundvoraussetzung.

## **6.3 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 Datenverkehr erhöht. Gleichzeitig werden etwaige Funkstörungen durch benachbarte Sendeanlagen in der Umgebung besser ausgeregelt.

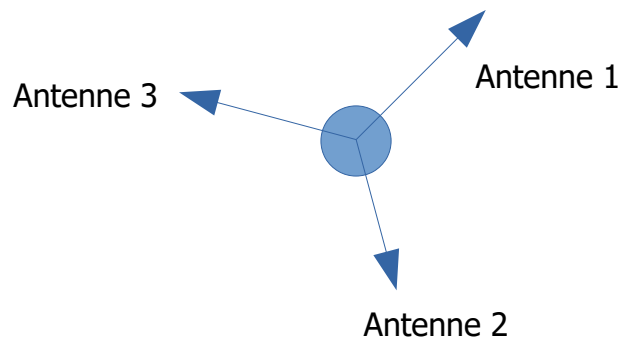
Frequenzen sind ein sehr kostbares Gut, die Auktionspreise bei den Frequenzversteigerungen durch die Regulierungsbehörde bestätigen dies umfänglich.

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  $120^\circ$  versetzt.

Abbildung 6.2 zeigt eine beispielhafte Ausrichtungen von Sektorantennen.



**Abbildung 6.2: beispielhafte Ausrichtung der Antennen in Draufsicht**

## **6.4 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.



## 7 Neue Mobilfunkstandorte

In diesem Kapitel werden Suchkreise erläutert, mit denen die Versorgungslücken bei 4G (LTE) geschlossen bzw. deutlich verbessert werden können. In den einzelnen Unterverzeichnissen wurden für die festgestellten Versorgungslücken Standortvorschläge erarbeitet.

### 7.1 Ausgangslage

Wie auf den Versorgungskarten des Breitbandatlas und der Netzbetreiber zu sehen ist, wird Lauf a.d. Pegnitz bei 4G je nach Stadtteil qualitativ unterschiedlich versorgt. Nur bei GSM wird eine fast flächendeckende Nutzbarkeit erreicht.

Die Messergebnisse unterstreichen dies eindeutig.

Das Mobilfunkzentrum Regensburg stellte keine versorgbaren Gebiete fest, die durch geförderte Infrastruktur für Mobilfunk geschlossen werden können. Diese Lücken befinden sich im 2G-Netz (GSM).

Weitere Funkdienste bleiben außen vor.

**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.**

### 7.2 Versorgung durch neue Mobilfunk-Standorte

In diesem Kapitel wird die Versorgungsverbesserung durch mögliche neue Standorte untersucht.

Für die Standortwahl möglicher Mobilfunkstandorte sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

1. das Versorgungsgebiet wird abgedeckt
2. Kosten der Errichtung des Standortes
3. Landschaftsschutz
4. Stromversorgung



5. Netzanbindung über Glasfaser-Direktanschluss
6. Zuwegung

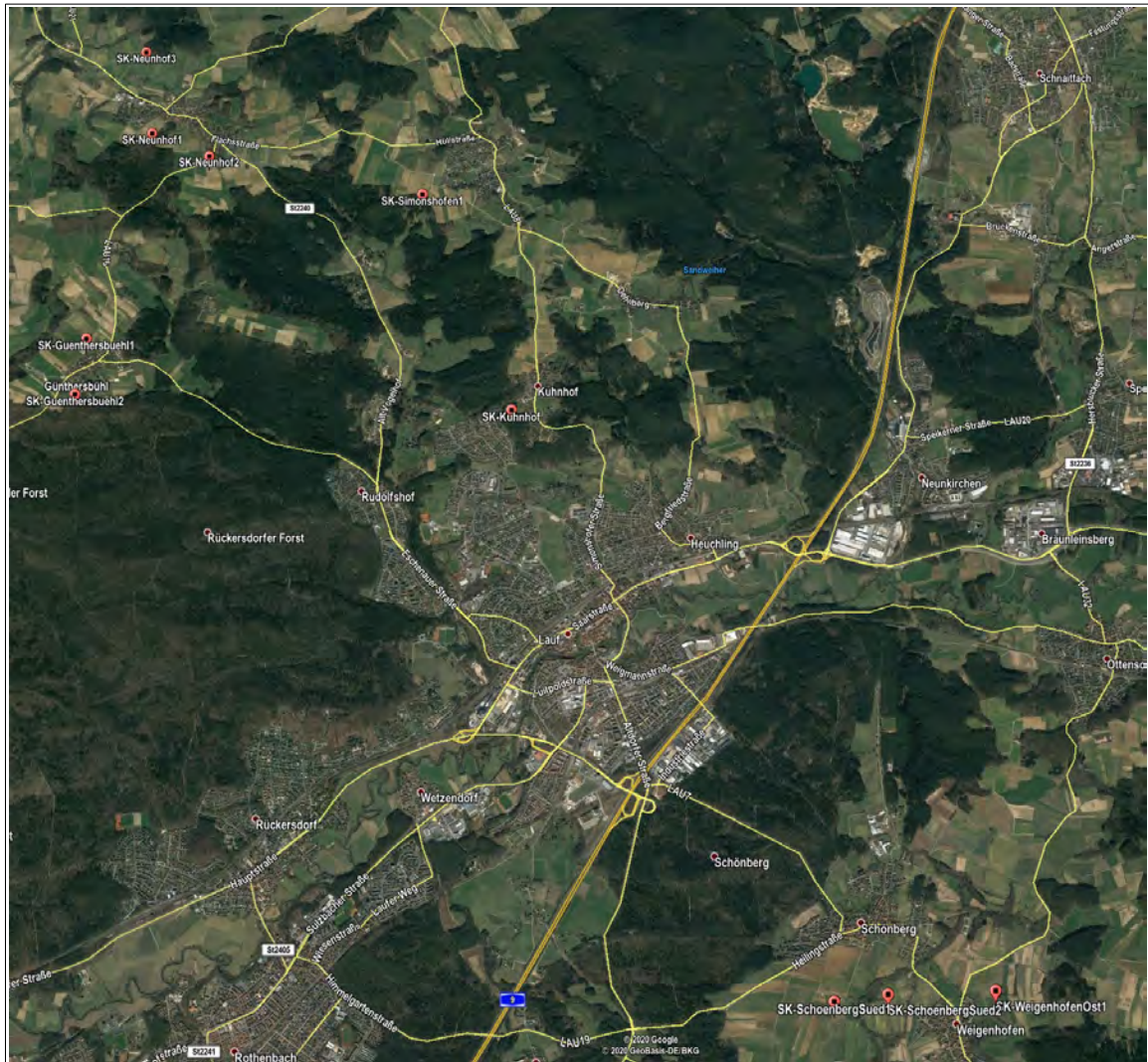
In einer computergestützten Simulation wurde die mögliche Versorgung von Standortalternativen errechnet. Dabei wurde unter Zuhilfenahme von Kartenmaterial, topografische Karten und Luftbilder, auch eine mögliche Zuwegung berücksichtigt.

### **7.3 Mögliche Standortalternativen in den Stadtteilen**

Die Koordinaten für die ermittelten Suchkreise sind in Tabelle 7.1 aufgezählt und in Abbildung 7.1 grafisch abgebildet.

| <b>Koordinaten möglicher Standorte</b> |                        |                      |                     |
|----------------------------------------|------------------------|----------------------|---------------------|
| <b>Koordinaten WGS 84 / dezimal</b>    |                        |                      |                     |
| <b>Stadtteil</b>                       | <b>Alternative Nr.</b> | <b>Longitude / x</b> | <b>Latitude / y</b> |
| Günthersbühl                           | 1                      | 11.219918°           | 49.534502°          |
| Günthersbühl                           | 2                      | 11.219183°           | 49.529845°          |
| Kuhnhof                                | 1                      | 11.271403°           | 49.528059°          |
| Neunhof                                | 1                      | 11.226048°           | 49.552205°          |
| Neunhof                                | 2                      | 11.233366°           | 49.550111°          |
| Neunhof                                | 3                      | 11.224402°           | 49.559750°          |
| Schönberg Süd                          | 1                      | 11.306885°           | 49.484021°          |
| Schönberg Süd                          | 2                      | 11.312794°           | 49.484453°          |
| Simonshofen                            | 1                      | 11.260107°           | 49.546463°          |
| Weighofen Ost                          | 1                      | 11.324514°           | 49.484586°          |

**Tabelle 7.1: Koordinaten möglicher Standorte**



### Abbildung 7.1: mögliche Standortalternativen

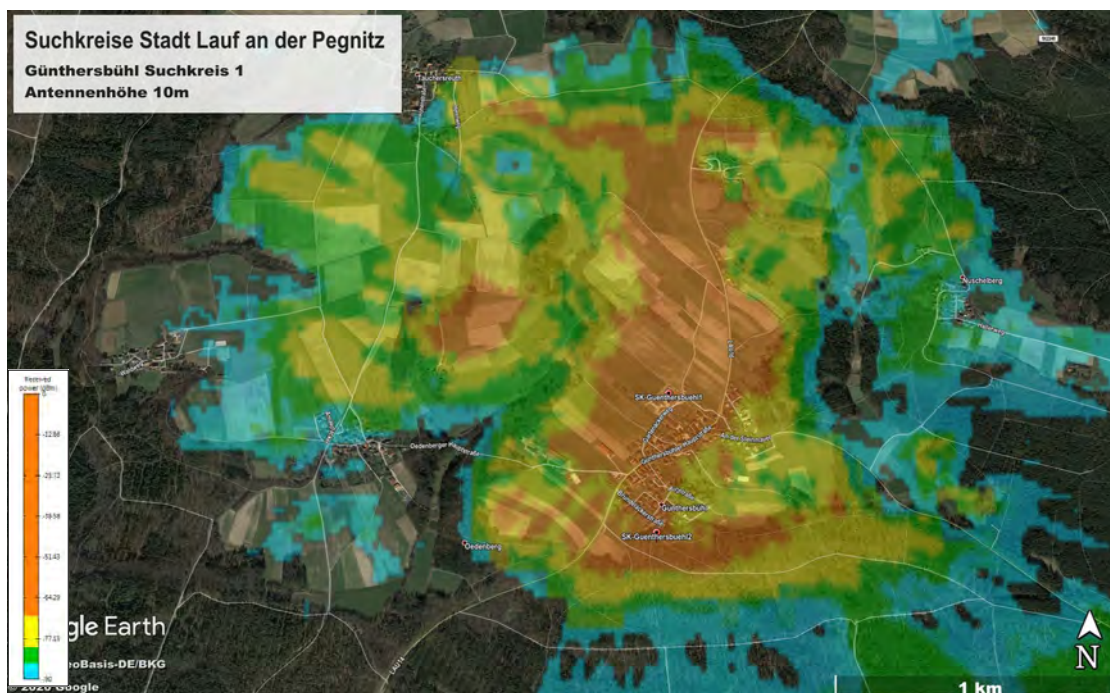
In den anschließenden Kapiteln wird die Berechnung der Versorgung auf Grund einer Computersimulation gezeigt. Alle Versorgungskarten liegen in der Anlage als PDF bzw. KMZ zur Einbindung in Google Earth bei.

## 7.4 Stadtteil Günthersbühl

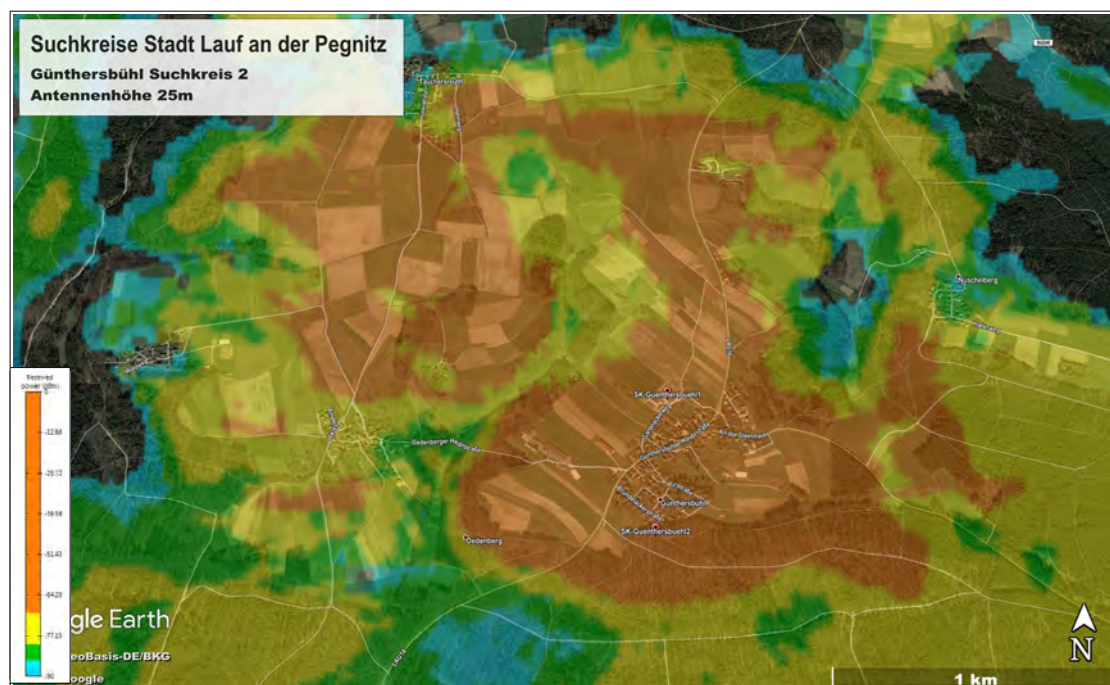
Im Stadtteil Günthersbühl zeichnen sich zwei mögliche Alternativen ab. Im Norden von Günthersbühl wurde ein Gebäude, das topographisch gut liegt, als verwendet. Im südlichen Bereich des Stadtteiles würde ein freistehender Antennenträger die Versorgung verbessern.

Die eingeblendeten Antennenhöhen beziehen sich dabei auf die Unterkante der Antennen.





**Abbildung 7.2: Günthersbühl mögliche Alternative 1, Antennenhöhe 10 m**



**Abbildung 7.3: Günthersbühl mögliche Alternative 2, Antennenhöhe 25 m**



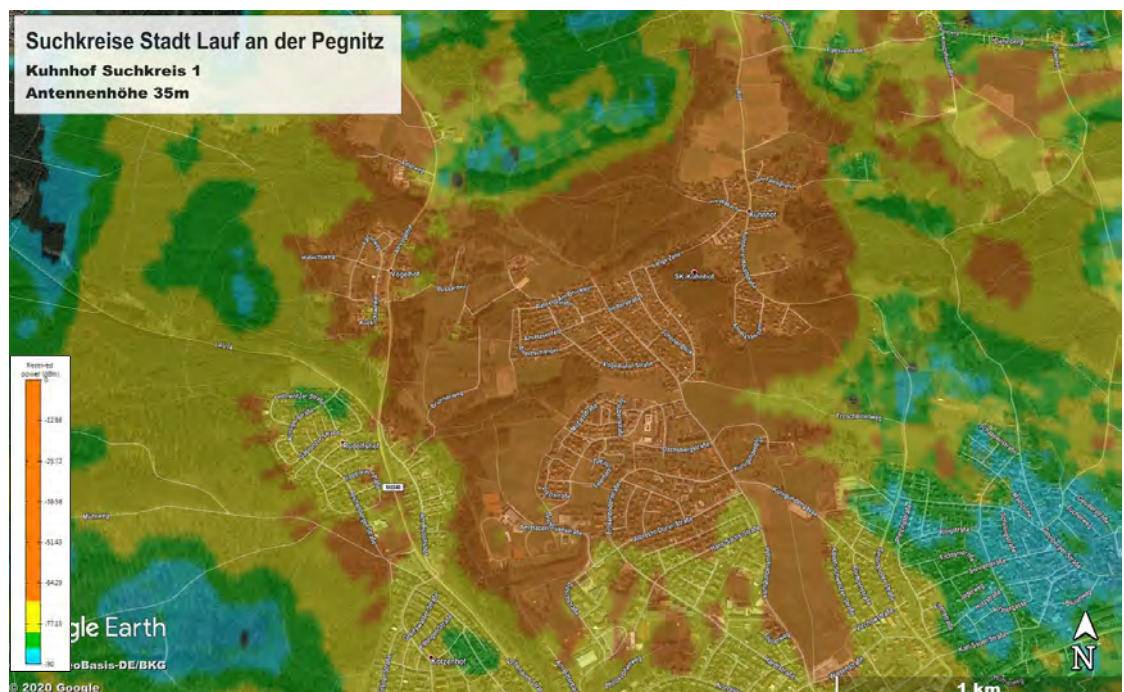
Abbildung 7.2 zeigt die vorgeschlagene Alternative 1 mit einer Antennenhöhe von 10m auf einem vorhandenen Gebäude und Abbildung 7.3 stellt die Versorgung dar, die durch einen freistehenden Antennenträger mit einer Höhe von 25m erreichbar ist.

## **7.5 Stadtteil Kuhnhof**

In diesem Stadtteil erscheint eine Alternative für die unterversorgten Teilbereiche als ausreichend.

Von diesem Standort profitiert nicht nur Kuhnhof sondern auch Vogelhof westlich und Kotzenhof südlich gelegen.

Als Standort bietet sich ein Antennenträger an, der in der Simulation mit einer Höhe von 35m berechnet wurde, siehe Abbildung 7.4.



**Abbildung 7.4: Kuhnhof mögliche Alternative 1, Antennenhöhe 35 m**



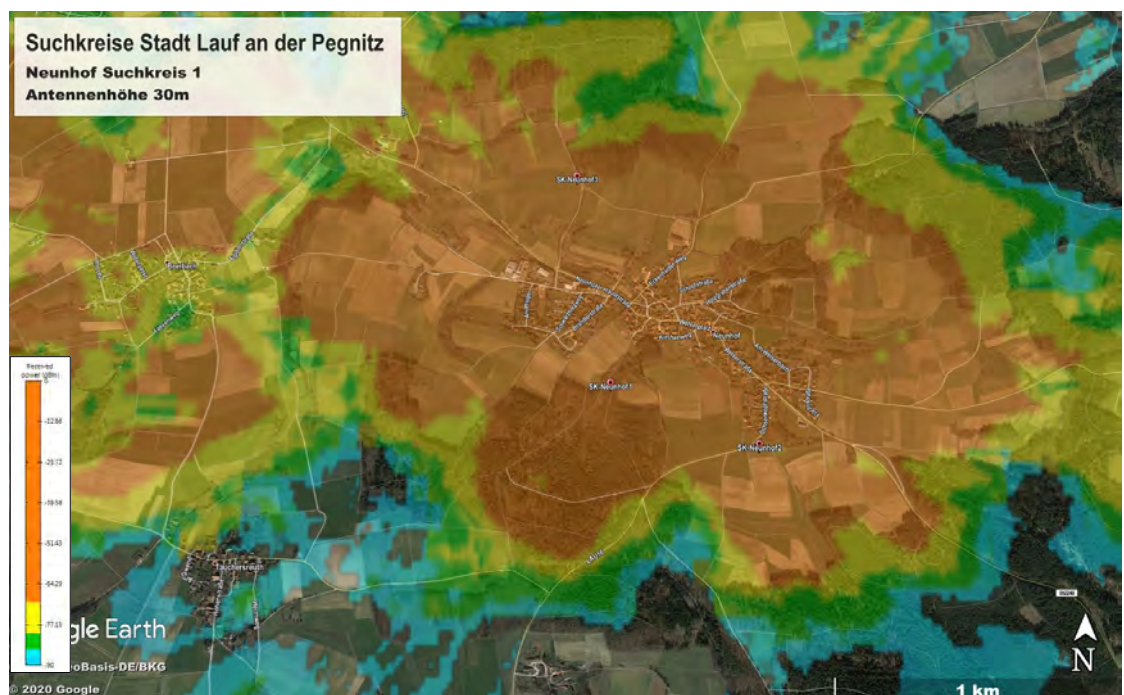
## **7.6 Stadtteil Neunhof**

Da der Stadtteil Neunhof mehr ländliche Struktur aufweist, wurden hier drei Standortpositionen simuliert.

Ein möglicher Standort liegt südlich von Neunhof, einer im Südosten und einer im nördlichen Bereich.

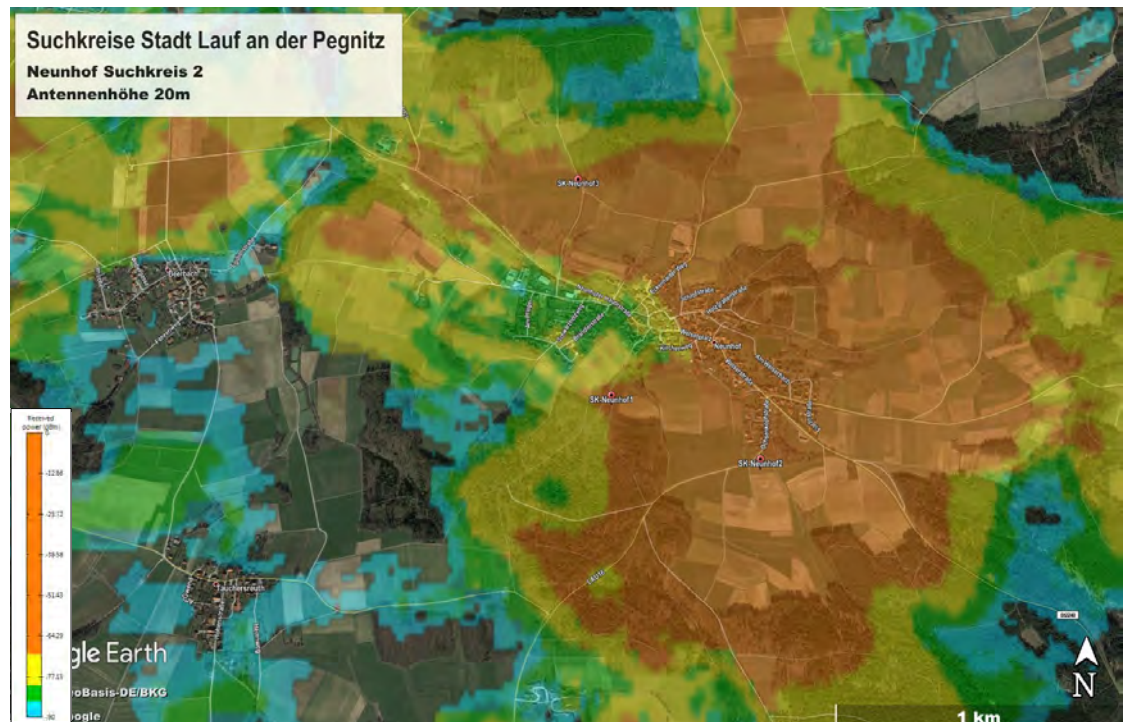
Der Standort im südöstlichen Bereich wurde mit zwei verschiedenen Antennenhöhen berechnet. Mit einer simulierten Antennenhöhe von 20m wird der westliche Bereich von Neunhof nicht mehr optimal versorgt, mit einer Höhe von 30m nimmt die Qualität deutlich zu.

In Abbildung 7.5 ist die mögliche Alternative 1, südlich von Neunhof gelegen, mit einer simulierten Antennenhöhe von 30m dargestellt.

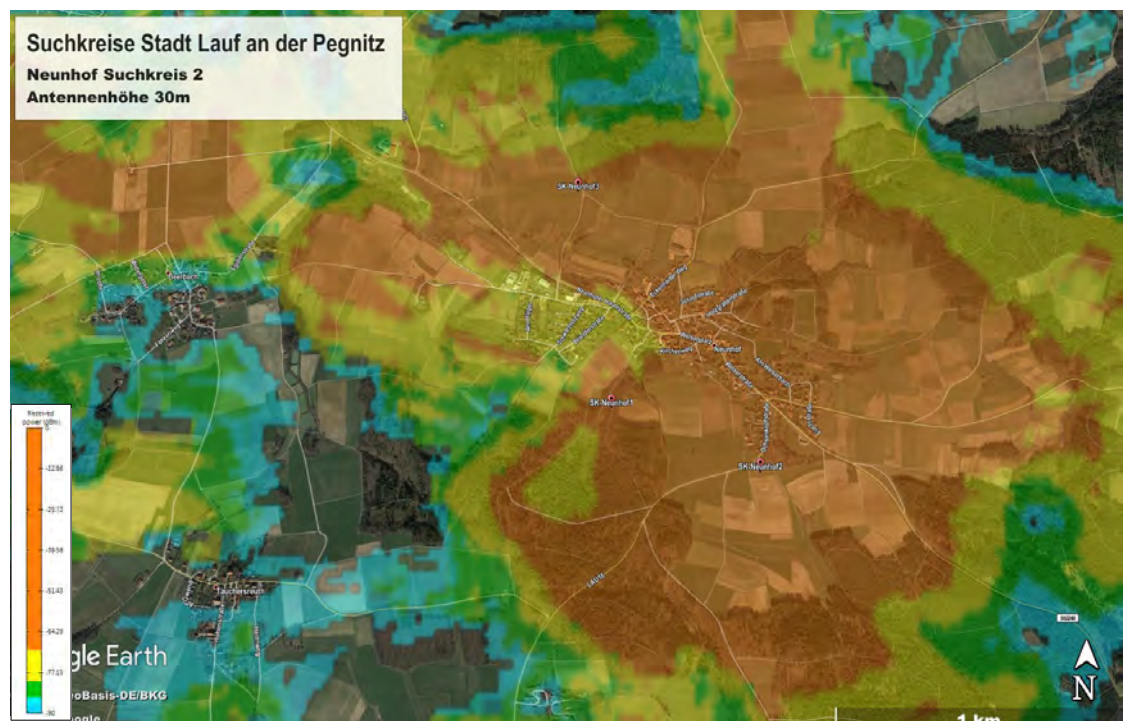


**Abbildung 7.5: Neunhof mögliche Alternative 1, Antennenhöhe 30 m**

In den beiden nächsten Abbildungen, Abbildung 7.6 mit 20m Antennenhöhe und Abbildung 7.7 mit 30m Antennenhöhe, sind die unterschiedlichen Versorgungsqualitäten deutlich sichtbar.



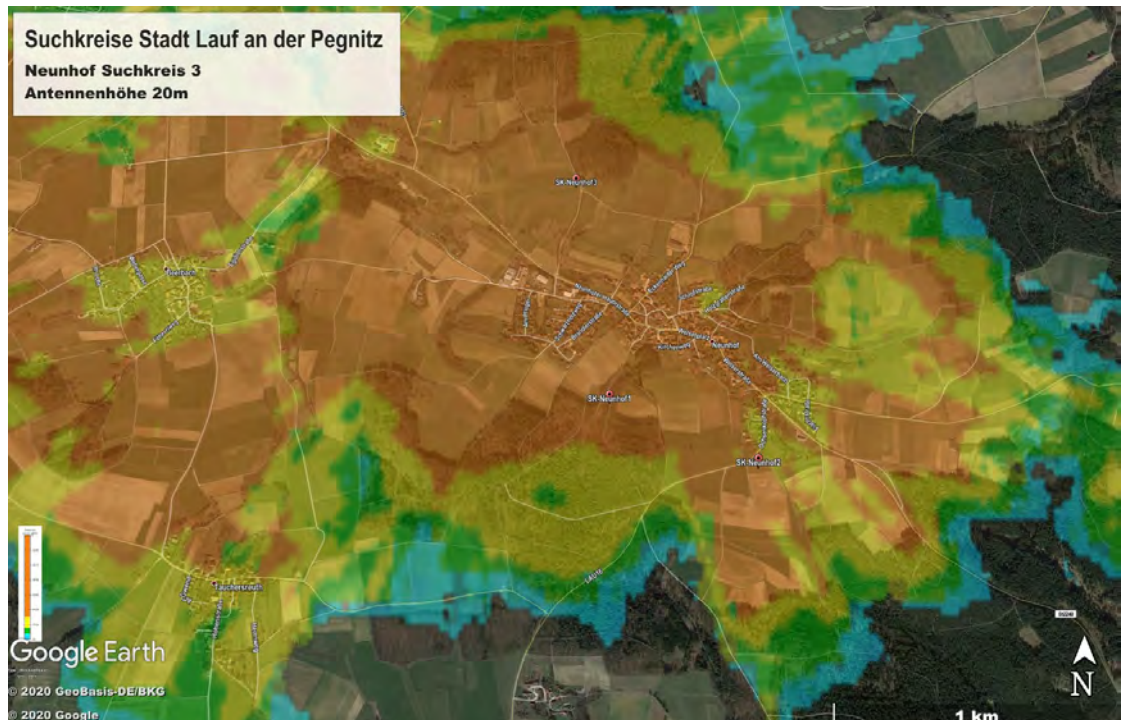
**Abbildung 7.6: Neunhof mögliche Alternative 2, Antennenhöhe 20 m**



**Abbildung 7.7: Neunhof mögliche Alternative 2, Antennenhöhe 30 m**



Die dritte Alternative Abbildung 7.8 befindet sich nördlich von Neunhof und ist ein bestehender Antennenträger mit einer Höhe von 20m.



**Abbildung 7.8: Neunhof mögliche Alternative 3, Antennenhöhe 20 m**

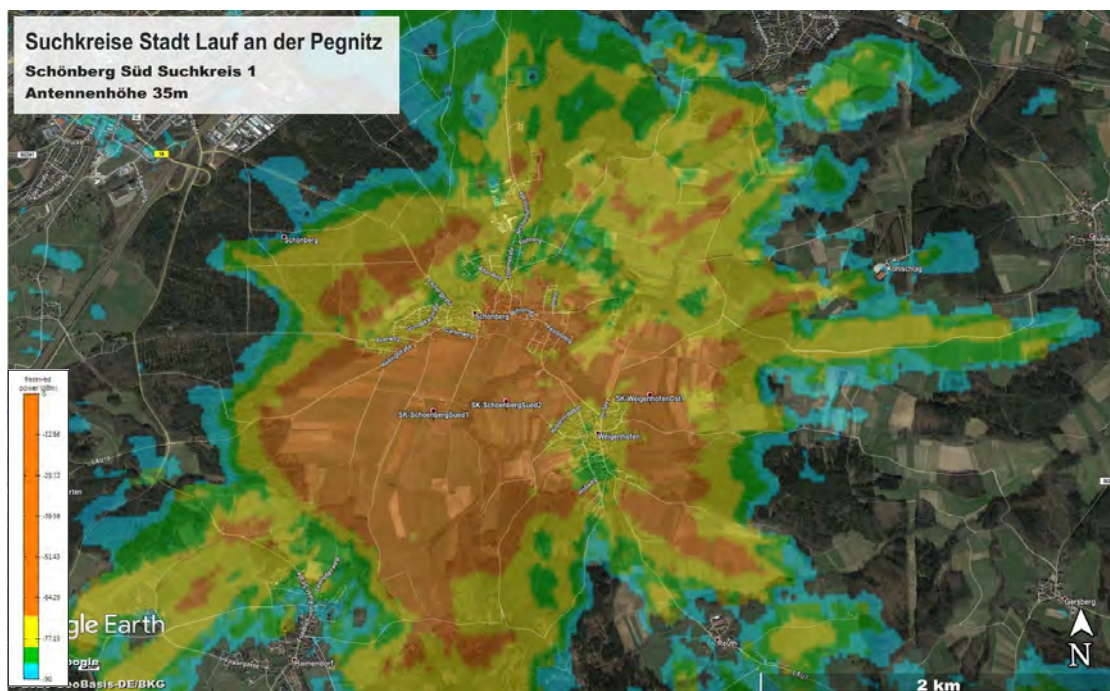
## **7.7 Stadtteile Schönberg und Weigenhofen**

Die nächsten Suchkreise befassen sich mit der Versorgung der Stadtteile Schönberg und Weigenhofen.

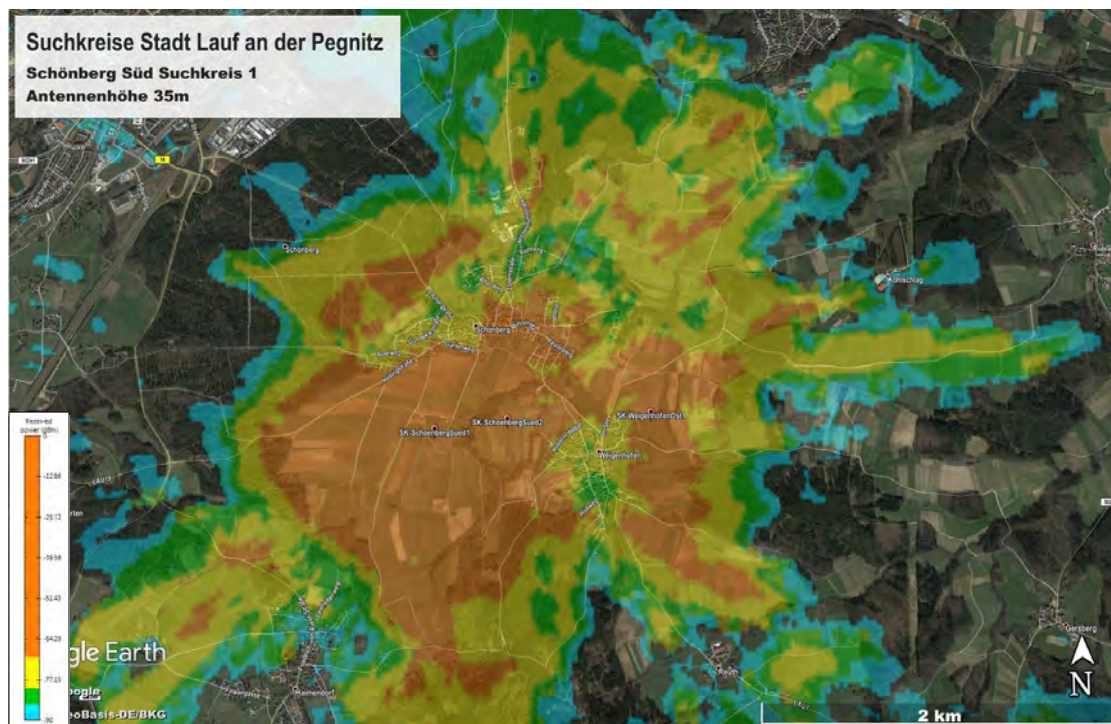
Auch hier untersuchten wir drei mögliche Standortalternativen mit unterschiedlichen Antennenhöhen.

Im Oktober 2019 übermittelte uns die Stadtverwaltung Lauf an der Pegnitz einen Suchkreis der Telekom. Darin wird seitens Telekom Flur Nummer 528 bevorzugt. Die geplante Antennenhöhe soll 45m betragen.

Dieser Standort ist hier als "Schönberg Süd Alternative 1" bezeichnet. Wir führten zwei Simulationsberechnungen einmal mit 35m, siehe Abbildung 7.9, und ein zweites Mal mit 45m durch, siehe Abbildung 7.10.



**Abbildung 7.9: Schönberg mögliche Alternative 1, Antennenhöhe 35 m**

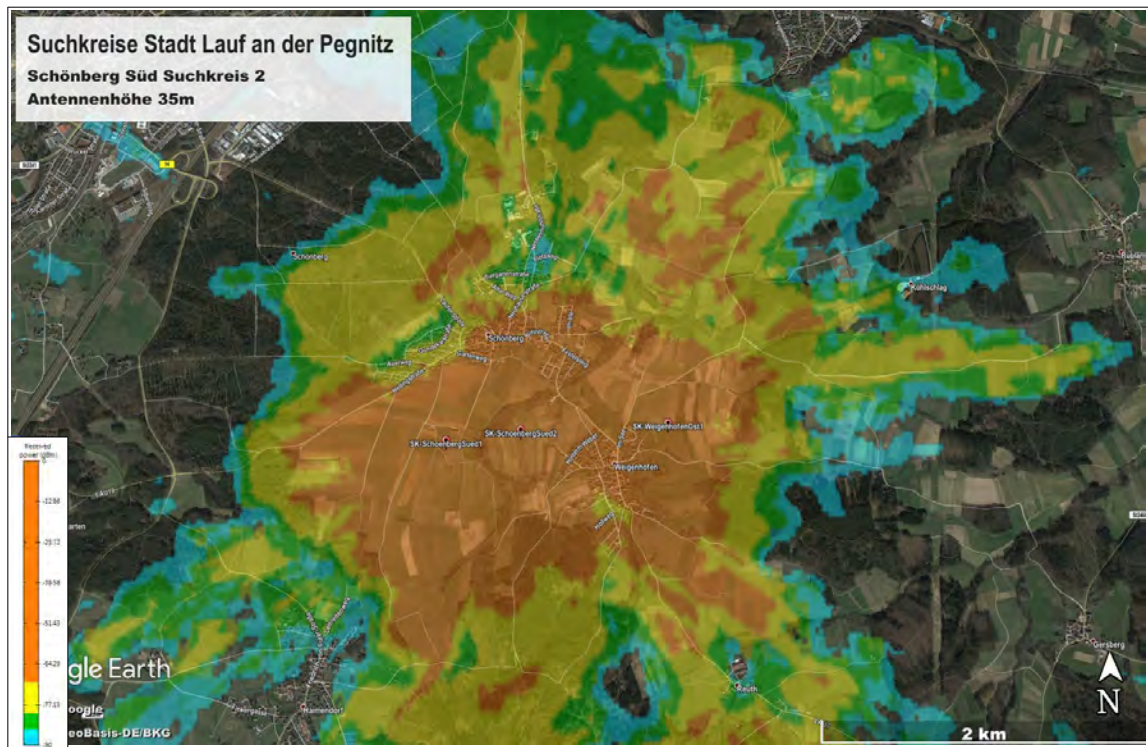


**Abbildung 7.10: Schönberg mögliche Alternative 1, Antennenhöhe 45 m**



Eine weitere Alternative südlich von Schönberg, ca. 440m östlich der Flur Nummer 528 gelegen.

Von diesem Standort aus, Abbildung 7.11, ist Weigenhofen bei einer simulierten Antennenhöhe von 35m besser versorgt, jedoch der nördliche Teil von Schönberg wird nicht vollständig erreicht.



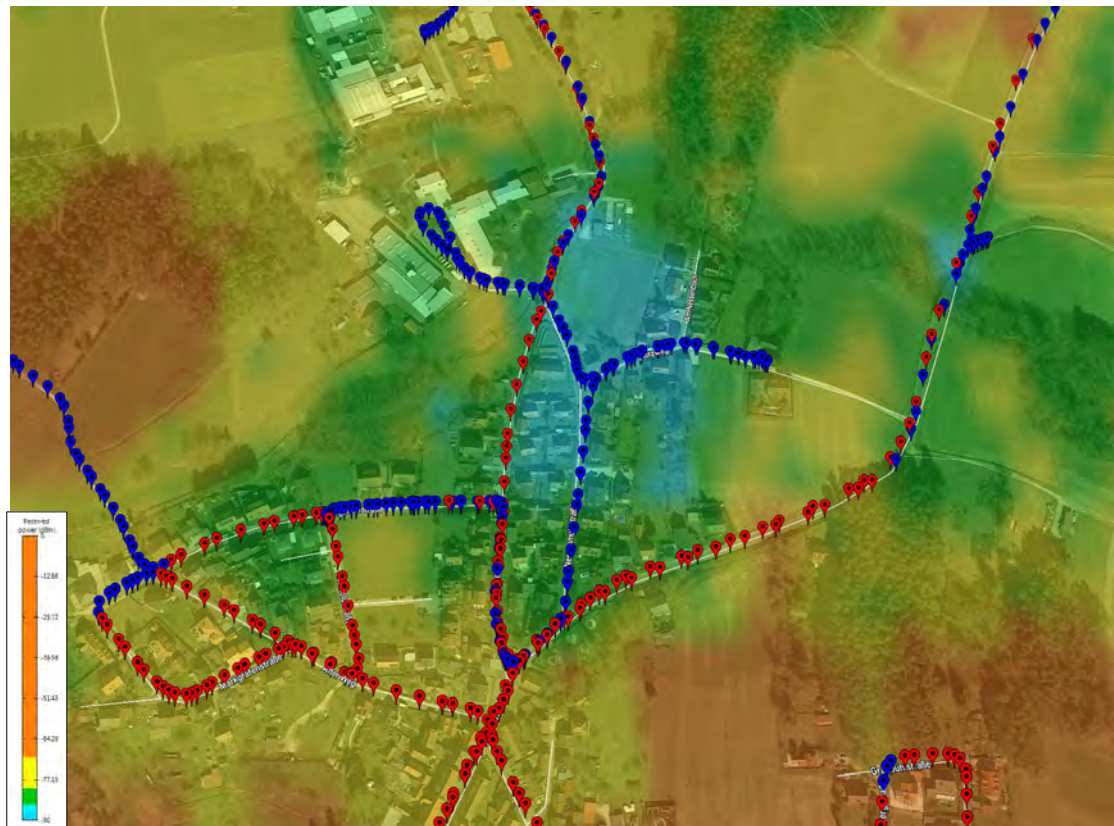
**Abbildung 7.11: Schönberg mögliche Alternative 2, Antennenhöhe 35 m**

Abbildung 7.12 zeigt einen Ausschnitt des nördlichen Bereiches von Schönberg mit hinterlegtem Ergebnis der Messfahrt.

Die blauen Messpunkte zeigen eine gute Versorgung an und an den roten Markierungen ist der Empfang deutlich schlechter bzw. fast unmöglich.

Die Simulation ergab, dass die roten Markierungen, bei denen eine schlechte bis keine Versorgung messbar ist, von diesem Standort erreichbar sind und eine deutlich Verbesserung gewährleistet ist.

Punktuell wird auch eine Versorgung innerhalb von Gebäuden möglich sein.



**Abbildung 7.12: Versorgung Schönberg Nord mit Messergebnissen**

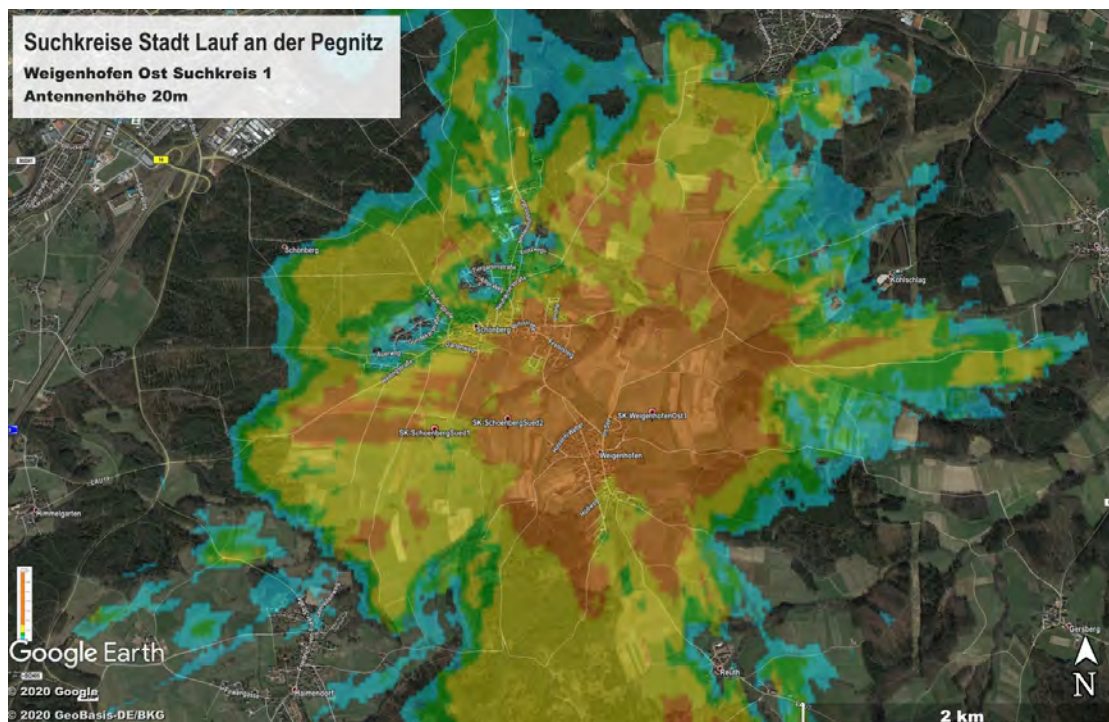
Des weiteren untersuchten wir eine Alternative östlich von Weichenhofen mit zwei unterschiedlichen Antennenhöhen, die in Abbildung 7.13 und Abbildung 7.14 abgebildet sind.

Auch dieser Standort kann mit einer Antennenhöhe von 20m Weichenhofen sehr gut versorgen. Der nördliche Bereich von Schönberg wird nicht vollständig erreicht.

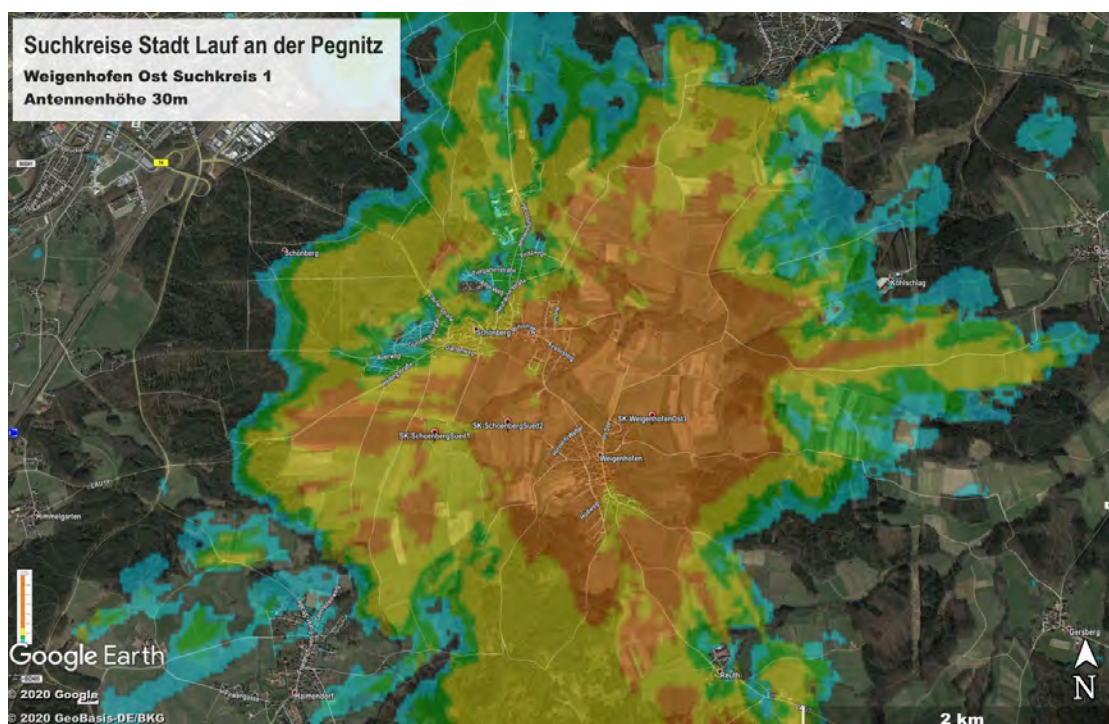
Dazu müssen die Antennen in einer Höhe von mindestens 30m montiert werden.

Damit wird eine ähnliche Versorgung im nördlichen Schönberg wie von Alternative 2 erreicht.





**Abbildung 7.13: Weichenhofen Ost mögliche Alternative 1, Antennenhöhe 20 m**



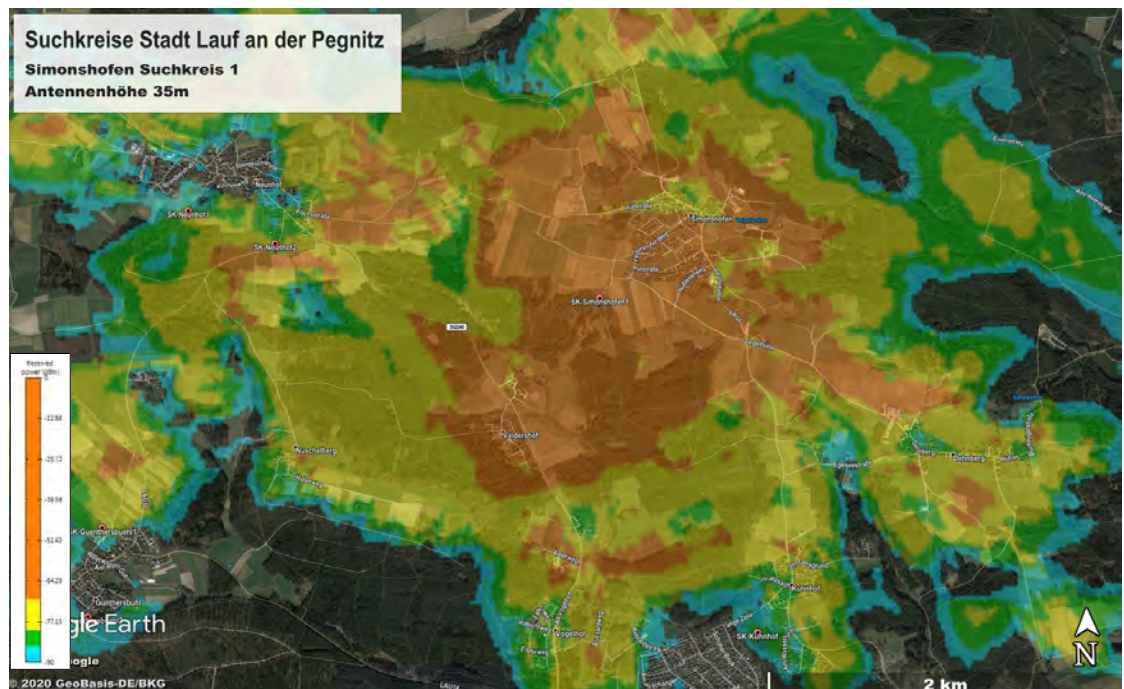
**Abbildung 7.14: Weichenhofen Ost mögliche Alternative 1, Antennenhöhe 30 m**

## 7.8 Stadtteil Simonshofen

In diesem Stadtteil wiederum erscheint eine Alternative für die unterversorgten Teilbereiche als ausreichend.

Von diesem Standort, ein freistehender Antennenträger auf einem Höhenrücken zwischen Simonshofen und Veldershof, können beide Stadtteile gut erreicht werden..

In der Simulation rechneten wir mit einer Höhe von 35m, das Ergebnis zeigt Abbildung 7.15.



**Abbildung 7.15: Simonshofen mögliche Alternative 1, Antennenhöhe 35 m**

## 7.9 Versorgungskonzept

Mobilfunk-Standorte können nicht als „Versorgungsinseln“ 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. Deshalb ist eine Versorgung unsererseits mit den Nachbarstandorten nicht möglich.

## **7.10 Infrastruktur Stromversorgung / Glasfaser**

Wie in Kapitel 3.2 bereits erwähnt sind für den Betrieb von 4G- und 5G-Standorten Glasfaser-Direktanschlüsse notwendig. Zu den vorgeschlagenen Standorten muss deshalb der Anschluss per Glasfaser möglich sein.

Im Zuge des bayerischen Förderverfahrens konnte der Stadt Lauf a.d. Pegnitz erfolgreich eine Verbesserung der Festnetz-Versorgung erzielen. In diesem Zusammenhang verlegte die Telekom Deutschland weitere Glasfaserleitungen, die auch für neue Mobilfunkstandorte nutzbar sind.

### **7.10.1 Glasfaseranbindung**

Glasfaseranbindungen können zu dem möglichen Mobilfunkstandort erweitert werden. Dies ergibt eine hohe Kosteneinsparung, da sonst von einer weit entfernten Glasfasertrasse die Leitung herangeführt werden müsste.

Dennoch sind Leerrohre und Glasfaserkabel zu dem möglichen Mobilfunkstandort zu verlegen. In Tabelle 7.2 sind die Längen zu den Alternativen zu entnehmen.

Im Stadtteil Günthersbühl reichen die bestehenden Glasfaserleitungen bis an die simulierten Standorte heran. Gleiches ist in Neunhof bei der Alternative 2 der Fall. Diese Standorte wurden deshalb in der Tabelle nicht berücksichtigt.

Bei den Längen der Glasfaserleitungen wurde in pauschaler Aufschlag von ca. 10% angenommen und gerundet. Die Anschaltunkte an die bestehende Glasfaser sind von der Lage des nächstgelegenen DSLAM oder Glasfaserverteilers abhängig.

| <b>Längen der Glasfaserkabel und Leerrohre zu den Standortvorschlägen</b> |                        |                       |                        |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| <b>Stadtteil</b>                                                          | <b>Alternative Nr.</b> | <b>Länge Leerrohr</b> | <b>Länge Glasfaser</b> |
| Kuhnhof                                                                   | 1                      | 250 m                 | 275 m                  |
| Neunhof                                                                   | 1                      | 210 m                 | 230 m                  |



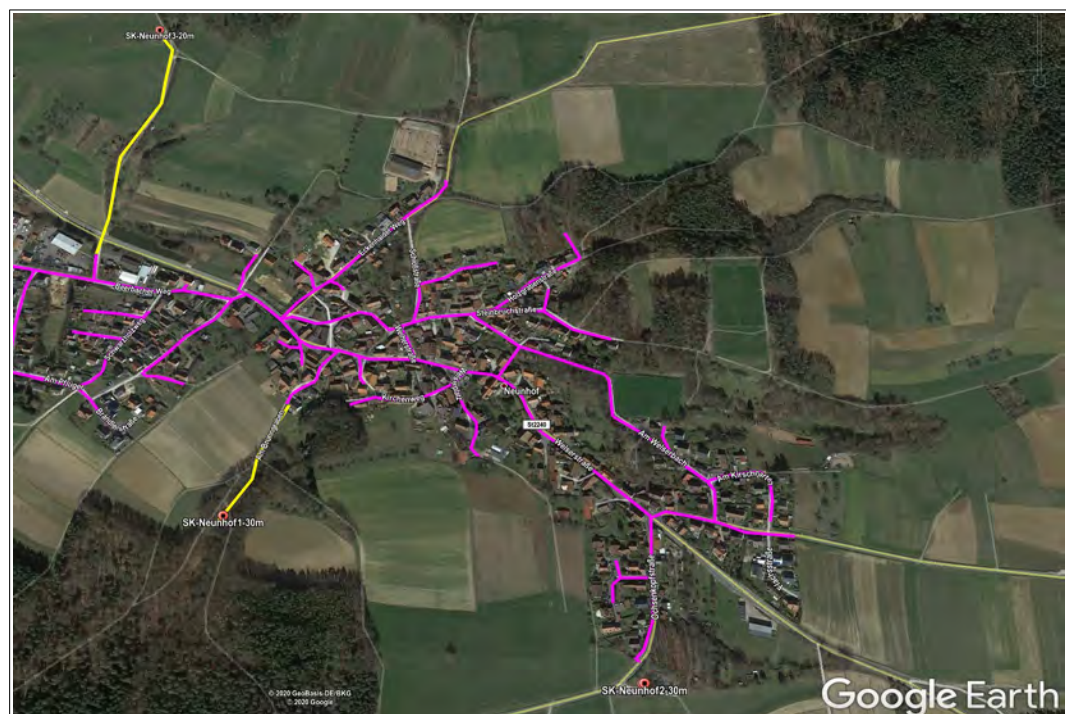
| <b>Längen der Glasfaserkabel und Leerrohre zu den Standortvorschlägen</b> |                        |                       |                        |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| <b>Stadtteil</b>                                                          | <b>Alternative Nr.</b> | <b>Länge Leerrohr</b> | <b>Länge Glasfaser</b> |
| Neunhof                                                                   | 3                      | 420 m                 | 460 m                  |
| Schönberg Süd                                                             | 1                      | 610 m                 | 670 m                  |
| Schönberg Süd                                                             | 2                      | 600 m                 | 660 m                  |
| Simonshofen                                                               | 1                      | 320 m                 | 350 m                  |
| Weigenhofen Ost                                                           | 1                      | 600 m                 | 660 m                  |

**Tabelle 7.2: Längen der Glasfaserkabel und Leerrohre**

### 7.10.2 Glasfaseranbindung grafisch dargestellt

In den nächsten Abbildungen sind die vorgesehenen Glasfasertrassen in gelber Farbe hervorgehoben, die bestehenden Glasfasertrassen in Magenta.

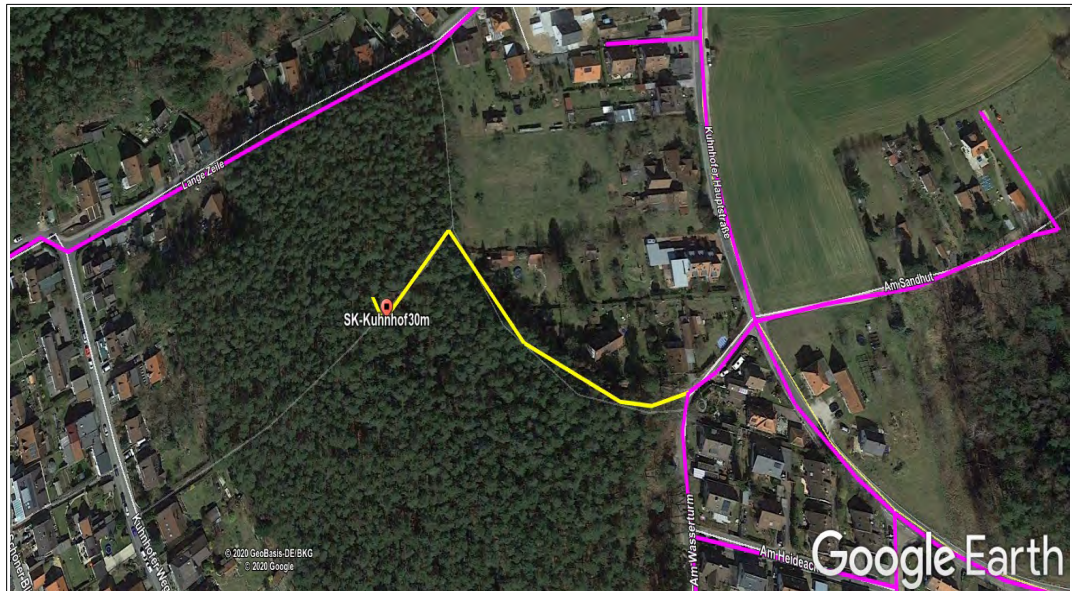
Stadtteil Neunhof siehe Abbildung 7.16



**Abbildung 7.16: mögliche Glasfasertrassen in Neunhof**

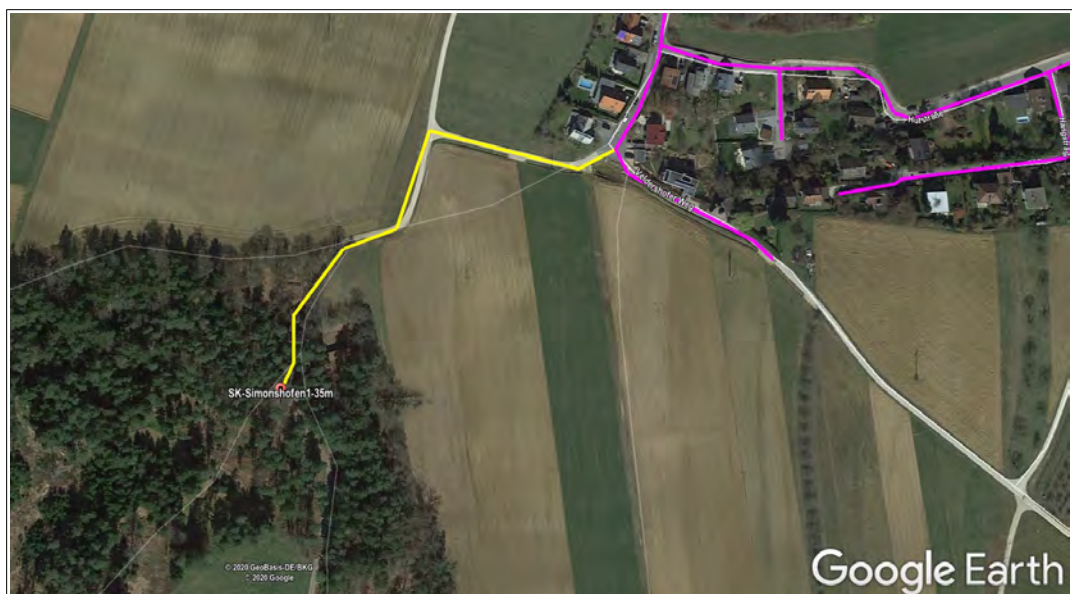


Stadtteil Kuhnhof siehe Abbildung 7.17



**Abbildung 7.17: mögliche Glasfasertrasse in Kuhnhof**

Stadtteil Simonshofen siehe Abbildung 7.18



**Abbildung 7.18: mögliche Glasfasertrasse in Simonshofen**

Stadtteile Schönberg und Weigenhofen siehe Abbildung 7.19



**Abbildung 7.19: mögliche Glasfasertrasse in Schönberg und Weigenhofen**

### **7.10.3 Kosten der Glasfaser-Direktanschlüsse**

Da an den möglichen Senderstandorten keine Glasfaserleitungen zur Verfügung stehen, sind zusätzliche Leitungen zu verlegen.

In Fehler: Verweis nicht gefunden sind die Kosten für die jeweiligen, möglichen Senderstandorte ersichtlich. Für die Kostenschätzung sind folgende Preise angenommen, die nach derzeitigem Stand marktüblich sind:

- Grabungskosten versiegelte Oberfläche: 150,-- € / m
- Verlegung der Glasfaser im Leerrohr: 20,-- € / m

Die Längen hierzu sind der vorherigen Tabelle 7.2 für den jeweils zugehörigen Standort eingetragen.

| <b>Kosten der Glasfaserkabel und Leerrohre zu den Standortvorschlägen</b> |                        |                         |                      |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|
| <b>Standort</b>                                                           | <b>Kosten Leerrohr</b> | <b>Kosten Glasfaser</b> | <b>Kosten gesamt</b> |
| Kuhnhof 1                                                                 | 37.500,00 €            | 5.500,00 €              | 43.000,00 €          |
| Neunhof 1                                                                 | 31.500,00 €            | 4.600,00 €              | 36.100,00 €          |



| <b>Kosten der Glasfaserkabel und Leerrohre zu den Standortvorschlägen</b> |                        |                         |                      |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|
| <b>Standort</b>                                                           | <b>Kosten Leerrohr</b> | <b>Kosten Glasfaser</b> | <b>Kosten gesamt</b> |
| Neunhof 3                                                                 | 63.000,00 €            | 9.200,00 €              | 72.200,00 €          |
| Schönberg Süd 1                                                           | 91.500,00 €            | 13.400,00 €             | 104.900,00 €         |
| Schönberg Süd 2                                                           | 90.000,00 €            | 13.200,00 €             | 103.200,00 €         |
| Simonshofen 1                                                             | 48.000,00 €            | 7.000,00 €              | 55.000,00 €          |
| Weigenhofen Ost 1                                                         | 90.000,00 €            | 13.200,00 €             | 103.200,00 €         |

**Tabelle 7.3: Kosten für die Zubringung der Glasfaserleitungen**

Bei der Verlegung in bestehende Leerrohre fallen keine weiteren Kosten für Grabungen an.

Es kann der Aufbau von zusätzlichen Glasfaser-Verteilern notwendig sein. Da diese bedarfsgerecht beschafft werden, sind sie hier nicht eingerechnet.

#### **7.10.4 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.





## **8 Zusammenfassung und Empfehlung für die Stadt Lauf an der Pegnitz**

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Simulationen zusammengefasst. Prinzipiell wird mit allen in der Simulation berechneten möglichen Standorten eine deutlich Versorgungsverbesserung bei 4G erreicht.

Da bei 2G die Versorgung schon recht gut ist, wurde diese nicht speziell betrachtet. Selbstverständlich kann auch für 2G eine Verbesserung erreicht werden, wenn die bei 4G untersuchten Standortalternativen auch für 2G genutzt werden.

Nach unserer Einschätzung wird hier 4G oder 5G im 800 MHz Frequenzband zum Einsatz kommen. Dies ist gerechtfertigt, da es einen sehr guten Kompromiss zwischen Reichweite und Datengeschwindigkeit darstellt.

### **8.1 Zusammenfassung der simulierten Standorte für 4G**

#### **Stadtteil Günthersbühl:**

beide Standortalternativen versorgen Günthersbühl sehr gut. Die preiswertere Variante ist die Alternative 1 auf einem bestehenden Gebäude. Grundsätzlich sind freistehende Antennenträger deutlich kostspieliger.

#### **Stadtteil Kuhnhof:**

wie bereits im zugehörigen Kapitel 7.5 erwähnt profitieren von diesem Standort nicht nur Kuhnhof sondern auch Vogelhof westlich und Kotzenhof südlich davon.

#### **Stadtteil Neundorf:**

jeder der drei vorgeschlagenen Alternativen verbessert die schlechte Versorgung dieses Stadtteiles erheblich. Je nach den Anforderungen der Netzbetreiber kann der eine oder andere Standort favorisiert werden.

#### **Stadtteile Schönberg und Weigenhofen:**

Die Alternative "Schönberg 1" mit einer Antennenhöhe versorgt Schönberg gut, in Weigenhofen speziell im südlichen Bereich treten Lücken auf. Diese Lücken minimieren sich bei einer Antennenhöhe von 45m.

Die nächste Alternative "Schönberg 2" erreicht Weigenhofen deutlich besser. Dies ist durch die geringere Entfernung zu erklären. Auch die Topographie trägt





dazu bei. Zu erwähnen bleibt, dass der nördliche Bereich Schönberg's durch diesen Standort nicht optimal erreicht wird.

In diesem Trio zuletzt betrachtet der Standort "Weigenhofen 1". Der nordwestliche Bereich von Schönberg wird auch bei einer Antennenhöhe von 30m nicht vollständig erreicht. Weigenhofen und der südliche Bereich von Schönberg erfahren eine deutliche Verbesserung der Versorgung.

### **Stadtteil Simonshofen:**

Simonshofen und Veldershof würden von diesem Standort eine deutliche Verbesserung erfahren. Auch dieser Standort, ein freistehender Antennenträger, müsste auf dem Höhenrücken zwischen den beiden Stadtteilen errichtet werden.

## **8.2 Handlungsempfehlung für den Stadt Lauf a.d. Pegnitz**

Wir empfehlen dem Stadt Lauf a.d. Pegnitz mit allen Netzbetreibern wie auch BOS Kontakt aufzunehmen und die möglichen Standorte anzubieten.

Für die Stadtteile Schönberg und Weigenhofen obliegt Telekom die erste Standortwahl, da sie den Suchkreis erstellen und beabsichtigen, die Versorgungslücke dieser Stadtteile zu schließen.

Gleichzeitig ist beim Förderzentrum Mobilfunk die Förderfähigkeit für die Errichtung der Antennenträger anzufragen.

Eine Kostenschätzung der gesamten Baumaßnahme kann nicht erfolgen, da

1. die Höhe und die Art des zu errichtenden Antennenträgers offen und
2. die Abfragen anderer Funkdienste durchzuführen ist.

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

gez. Dipl.-Ing. Roland Werb



## **9 Grafiken und Tabellen**

### **Abbildungen**

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1.1: Schätzung der Entwicklung des Datenverkehrs 2015 – 2025 in Deutschland..... | 6  |
| Abbildung 1.2: grafische Darstellung der Ausbauphasen.....                                 | 7  |
| Abbildung 3.1: Frequenzbänder im Mobilfunk inkl. 5G.....                                   | 13 |
| Abbildung 4.1: Beispielhaftes Höhenprofil.....                                             | 16 |
| Abbildung 4.2: Landnutzungsdaten der Stadt Lauf a.d. Pegnitz.....                          | 17 |
| Abbildung 4.3: Antennendiagramm einer Sektorantenne.....                                   | 18 |
| Abbildung 4.4: rechts Anordnung von drei Sektorantennen / Draufsicht.....                  | 18 |
| Abbildung 5.1: Funkversorgung $\leq 2$ MBit/S.....                                         | 24 |
| Abbildung 5.2: Funkversorgung $\leq 6$ MBit/S.....                                         | 25 |
| Abbildung 5.3: 2G-Versorgung $O^2$ .....                                                   | 26 |
| Abbildung 5.4: 2G-Versorgung Telekom Deutschland.....                                      | 27 |
| Abbildung 5.5: 2G-Versorgung Vodafone.....                                                 | 28 |
| Abbildung 5.6: 3G-Versorgung $O^2$ .....                                                   | 29 |
| Abbildung 5.7: 3G-Versorgung Telekom.....                                                  | 30 |
| Abbildung 5.8: 3G-Versorgung Vodafone.....                                                 | 31 |
| Abbildung 5.9: 4G-Versorgung $O^2$ .....                                                   | 32 |
| Abbildung 5.10: 4G-Versorgung Telekom Deutschland.....                                     | 33 |
| Abbildung 5.11: 4G-Versorgung Vodafone.....                                                | 34 |
| Abbildung 5.12: 5G-Versorgung Telekom Deutschland.....                                     | 35 |
| Abbildung 5.13: Messfahrzeug.....                                                          | 36 |
| Abbildung 5.14: Messantennen in der Dachbox.....                                           | 36 |
| Abbildung 5.15: GSM-Versorgung über alle Netzbetreiber.....                                | 37 |
| Abbildung 5.16: LTE-Versorgung über alle Netzbetreiber.....                                | 38 |
| Abbildung 6.1: Möglicher Antennenträger.....                                               | 40 |
| Abbildung 6.2: beispielhafte Ausrichtung der Antennen in Draufsicht.....                   | 42 |
| Abbildung 7.1: mögliche Standortalternativen.....                                          | 46 |
| Abbildung 7.2: Günthersbühl mögliche Alternative 1, Antennenhöhe 10 m.....                 | 47 |
| Abbildung 7.3: Günthersbühl mögliche Alternative 2, Antennenhöhe 25 m.....                 | 47 |
| Abbildung 7.4: Kuhnshof mögliche Alternative 1, Antennenhöhe 35 m.....                     | 48 |
| Abbildung 7.5: Neunhof mögliche Alternative 1, Antennenhöhe 30 m.....                      | 49 |
| Abbildung 7.6: Neunhof mögliche Alternative 2, Antennenhöhe 20 m.....                      | 50 |
| Abbildung 7.7: Neunhof mögliche Alternative 2, Antennenhöhe 30 m.....                      | 50 |
| Abbildung 7.8: Neunhof mögliche Alternative 3, Antennenhöhe 20 m.....                      | 51 |



---

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 7.9: Schönberg mögliche Alternative 1, Antennenhöhe 35 m.....        | 52 |
| Abbildung 7.10: Schönberg mögliche Alternative 1, Antennenhöhe 45 m.....       | 52 |
| Abbildung 7.11: Schönberg mögliche Alternative 2, Antennenhöhe 35 m.....       | 53 |
| Abbildung 7.12: Versorgung Schönberg Nord mit Messergebnissen.....             | 54 |
| Abbildung 7.13: Weigenhofen Ost mögliche Alternative 1, Antennenhöhe 20 m..... | 55 |
| Abbildung 7.14: Weigenhofen Ost mögliche Alternative 1, Antennenhöhe 30 m..... | 55 |
| Abbildung 7.15: Simonshofen mögliche Alternative 1, Antennenhöhe 35 m.....     | 56 |
| Abbildung 7.16: mögliche Glasfasertrassen in Neunhof.....                      | 58 |
| Abbildung 7.17: mögliche Glasfasertrasse in Kuhnshof.....                      | 59 |
| Abbildung 7.18: mögliche Glasfasertrasse in Simonshofen.....                   | 59 |
| Abbildung 7.19: mögliche Glasfasertrasse in Schönberg und Weigenhofen.....     | 60 |

## **Tabellen**

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 7.1: Koordinaten möglicher Standorte.....                  | 55 |
| Tabelle 7.2: Längen der Glasfaserkabel und Leerrohre.....          | 68 |
| Tabelle 7.3: Kosten für die Zubringung der Glasfaserleitungen..... | 71 |



---

## **10 Anlagen**

werden noch zusammengestellt





## **11 Abkürzungsverzeichnis**

2G Mobilfunkstandard der zweiten Generation / GSM

3G Mobilfunkstandard der dritten Generation / UMTS

4G Mobilfunkstandard der vierten Generation / LTE

5G Mobilfunkstandard der fünften Generation

BMVI Bundesministeriums für Verkehr und Infrastruktur

Carrier engl. für Telefonanbieter

Downlink Verbindung Sendestation > Endgerät

Download Daten werden in Richtung Endgerät gesendet

EIRP abgegebene Sendeleistung an der Antenne

GPRS General Packet Radio Service / Datenübertragung in GSM Netzen

GSM Global System for Mobile Communications / Funktelefonstandard der 2. Generation / 2G

HSPA High Speed Packet Access / höhere Datenrate für UMTS

LTE Long Term Evolution / 4G

MBit/s Datengeschwindigkeit in Megabit / Sekunde

MHz Megahertz

NGA Next Generation Access

PDF Portable Document Format / plattformunabhängiges Dateiformat

UMTS Universal Mobile Telecommunications System / 3G

Uplink Verbindung Endgerät > Sendestation



---

## **12 Hinweis zum Kartenmaterial:**

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