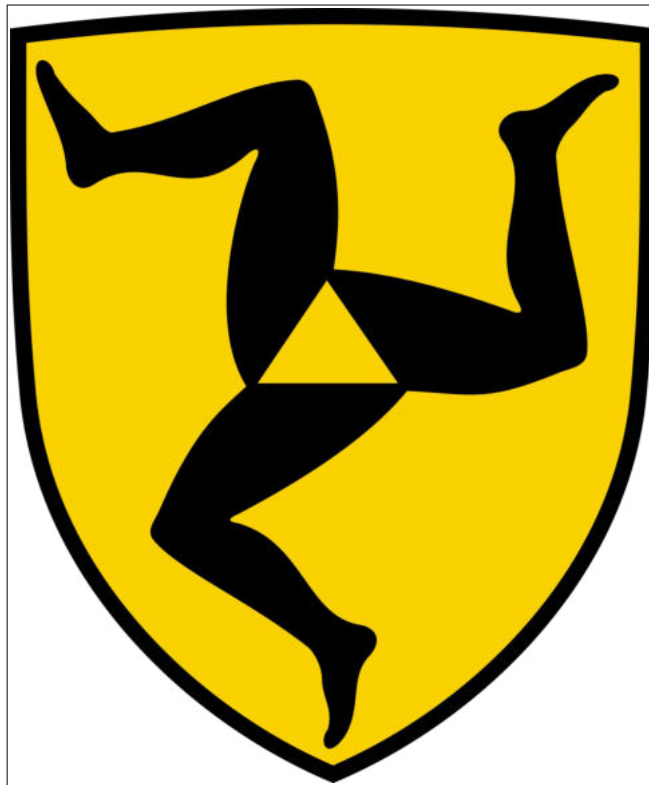


STUDIE ZUR MOBILFUNKVERSORGUNG
IN DER



STADT FÜSSEN



16. Januar 2026

Corwese GmbH
Beratung, Strategie, Prozesse

Dipl. Ing. Roland Werb

Peter Ditz

Fritz-Müller-Straße 3a
82229 Seefeld

Mobil: +49 (0) 171 / 540 04 47

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



Inhaltsverzeichnis

1 Sachlage.....	3
2 Technik im Funknetz.....	6
2.1 Mobilfunk allgemein.....	6
2.2 Funkdienste im Überblick.....	7
3 Anforderungen der Funknetzplanung.....	10
3.1 Planungsgrundsatz zur Mobilfunkversorgung.....	10
3.2 Verfügbarkeit der Mobilfunkversorgung.....	11
3.3 Planungsprogramm.....	12
3.4 Datenverkehr im Mobilfunk.....	15
4 Planung einer Sendeanlage.....	19
4.1 Infrastruktur einer Sendeanlage.....	19
4.2 Vorschläge für mögliche neue Mobilfunkstandorte.....	22
5 Untersucher Mobilfunkstandort in der Stadt Füssen.....	24
5.1 Vorgeschlagener Standort, Füssen Alatsee.....	24
5.2 Planungsparameter für die Simulationen.....	25
5.3 Versorgungssimulation der ausgewählten Standorte.....	25
5.4 Zusammenfassung der möglichen Versorgung.....	35
6 Empfehlung.....	38
7 Abbildungs- Tabellenverzeichnis.....	39
8 Anlagen.....	40
9 Abkürzungsverzeichnis.....	41
10 Hinweis zum Kartenmaterial:.....	43



1 Sachlage

Ende Juli 2026 läuft der Bauantrag der Firma ATC für einen Standort am Alatsee aus.

Dazu erreichte uns eine EMail der Stadt Füssen mit folgenden Inhalt:

Bis dahin, Ende Juli 2026, muss der zur Aufstellung beschlossene Teilflächennutzungsplan wirksam geworden sein, um sicher zu vermeiden, dass es zu einer Genehmigung des unerwünschten Standorts kommt.

Zwar kann der Zeitraum auf Antrag der Stadt Füssen noch einmal um ein Jahr verlängert werden (§ 15 Abs. 3 Satz 4 BauGB); dies setzt aber das Vorliegen „besonderer Umstände“ voraus und ob diese anerkannt werden und die Zurückstellung verlängert wird entscheidet das Landratsamt Ostallgäu.

Möglicher Zeitablauf:

- Vorlage Gutachten: Mitte Januar
- Einarbeitung in Teilflächennutzungsplan bis Ende Januar
- Billigung des Vorentwurfs in öffentlicher Sitzung des Planungs-, Bau-, Umwelt- und Verkehrsausschusses: 03.02.2026
- Frühzeitige Öffentlichkeits- und Behördenbeteiligung Mitte Februar bis Mitte März
- Behandlung der Stellungnahmen und Billigung des Entwurfs in öffentlicher Sitzung des Planungs-, Bau-, Umwelt- und Verkehrsausschusses: 14.04.2026
- Öffentlichkeits- und Behördenbeteiligung Ende April bis Ende Mai
- Behandlung der Stellungnahmen und Feststellungsbeschluss (falls keine weiteren Änderungen und neue Beteiligung) in öffentlicher Sitzung des Planungs-, Bau-, Umwelt- und Verkehrsausschusses oder Stadtrates: Juni (?)
- Einreichen der Teilflächennutzungsplanänderung zur Genehmigung beim LRA OAL
- Entscheidung über die Genehmigung: innerhalb eines Monats mit der Möglichkeit der Verlängerung auf bis zu drei Monate (§ 6 Abs. 4 BauGB)

Dieser Zeitplan ist teilweise bereits extrem kurz gefasst und er setzt voraus, dass sich keine Besonderheiten ergeben.

Umso wichtiger ist dementsprechend der möglichst baldige Eingang Ihrer Ergebnisse, da die Bauleitplanung – wie Ihnen bekannt ist – positive Planungsinhalte voraussetzt.

Soweit der Inhalt der EMail.

Die Mobilfunkversorgung im Faulenbacher Tal sowie im Bereich Weißensee soll nachhaltig und gleichermaßen verbessert werden.

Dazu wurden von EMF-Institut Dr. Niessen unterschiedliche Varianten geprüft. Im Ergebnis soll die Variante V-U4 untersucht werden.

Dieser Standort soll sowohl das Faulenbacher Tal einschließlich Alatsee und Bad Faulenbach als auch den Bereich Weißensee mit den Ortsteilen Moos, Oberkirch, Oberried, Schwarzenbach und Wiedmar abdecken, siehe Abbildung 1.1.

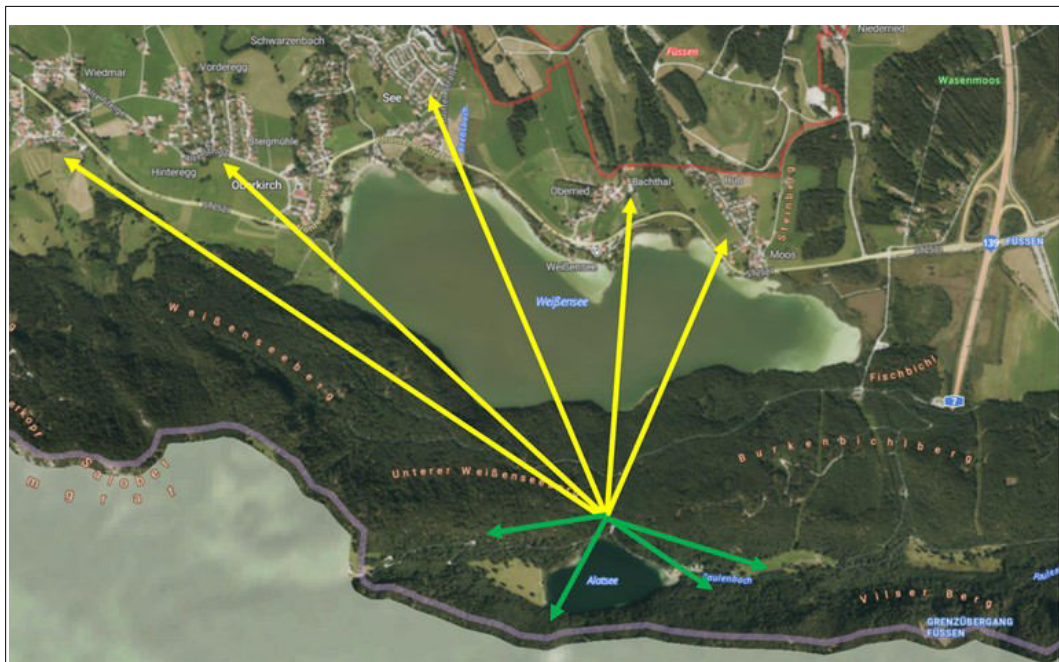


Abbildung 1.1: Vorgesehene Versorgungsansprüche an den Standort

Damit könnte ein Standort realisiert werden, von dem die genannten Stadtteile gleichermaßen profitieren und zugleich eine bislang unzureichend versorgte Tallage erschlossen wird.

In Abbildung 1.2 ist die Lage des geplanten Standortes, aus dem Dokument vom EMF-Institut, erkennbar.

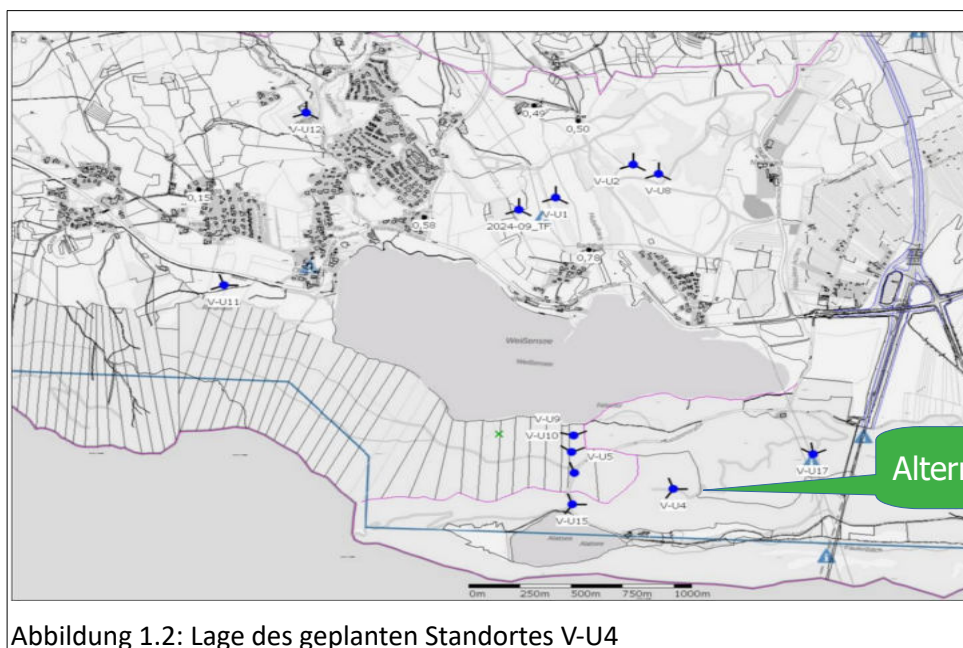


Abbildung 1.2: Lage des geplanten Standortes V-U4

Ziel soll es sein zu klären, ob der Standort V-U4 Alatsee mobilfunktechnisch geeignet ist, das Faulenbacher Tal und Weißensee gleichermaßen zu versorgen.



2 Technik im Funknetz

2.1 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 E-Mails 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.

2.2 Funkdienste im Überblick

Für die kommerzielle Nutzung stehen hauptsächlich vier Funkdienste zur Verfügung:

- GSM
- LTE
- 5G
- 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 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.

2.2.1 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.

2.2.2 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.

2.2.3 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 2.1.

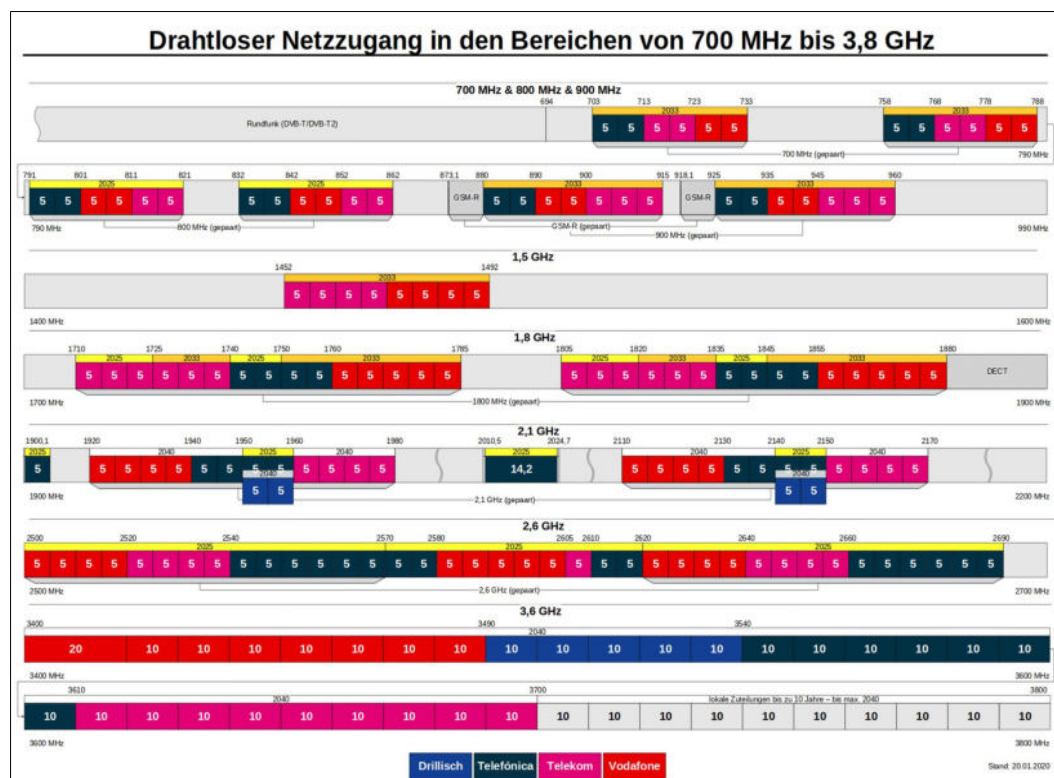


Abbildung 2.1: Frequenzbänder im Mobilfunk inkl. 5G

Die Datenrate ist gegenüber 4G um den Faktor 100 gesteigert. 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 oder sogar bei 36 GHz einzusetzen.

Bei letzterer Frequenz ist die Reichweite der Mobilfunkzelle sehr gering und beträgt im Mittel wenige hundert Meter.

Dieses Netz soll auch das autonome Fahren unterstützen, die Internetverfügbarkeit in Zügen verbessern und in Ballungsräumen die meist an der Auslastungsgrenze betriebenen 4G-Standorte entlasten bzw. ersetzen.

2.2.4 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.



3 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

3.1 Planungsgrundsatz zur Mobilfunkversorgung

Grundsätzlich ist ein Standort sehr 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 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, auch eine Versorgung innerhalb dieser gewährleisten. Durch die Leistungseinbuße, Dämpfung des Mobilfunksignales, des Gebäudes ist für diese Funkverbindung ein höheres Leistungspotential notwendig.



Ein weiter entfernter 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.

Ein ortsnaher Sender, besser noch ein Sender im Zentrum des Versorgungsgebietes, kann mit bis zu drei Antennensektoren ausgebaut werden und dadurch die dreifache Menge an Datenverkehr abführen. Der selben Anzahl Endgeräte steht eine bis zu dreifache höhere Datenrate zur Verfügung.

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.

3.2 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 sogenannten 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 m², 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.

3.3 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.

3.3.1 Rasterdaten im Planungsprogramm

In Abbildung 3.1 ist der Einfluss der Höhenunterschiede zwischen Sender und Empfänger grafisch dargestellt.

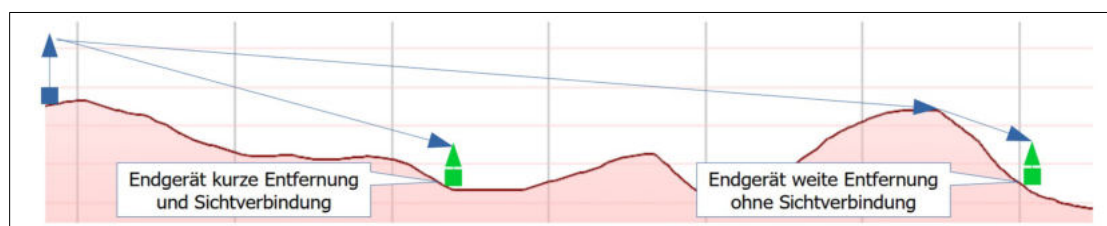


Abbildung 3.1: Beispielhaftes Höhenprofil

Die nächste Abbildung 3.2 zeigt die im Planungsprogramm verwendeten Landnutzungsdaten und Abbildung 3.3 die Höhendaten im Bereich der Stadt Füssen

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.

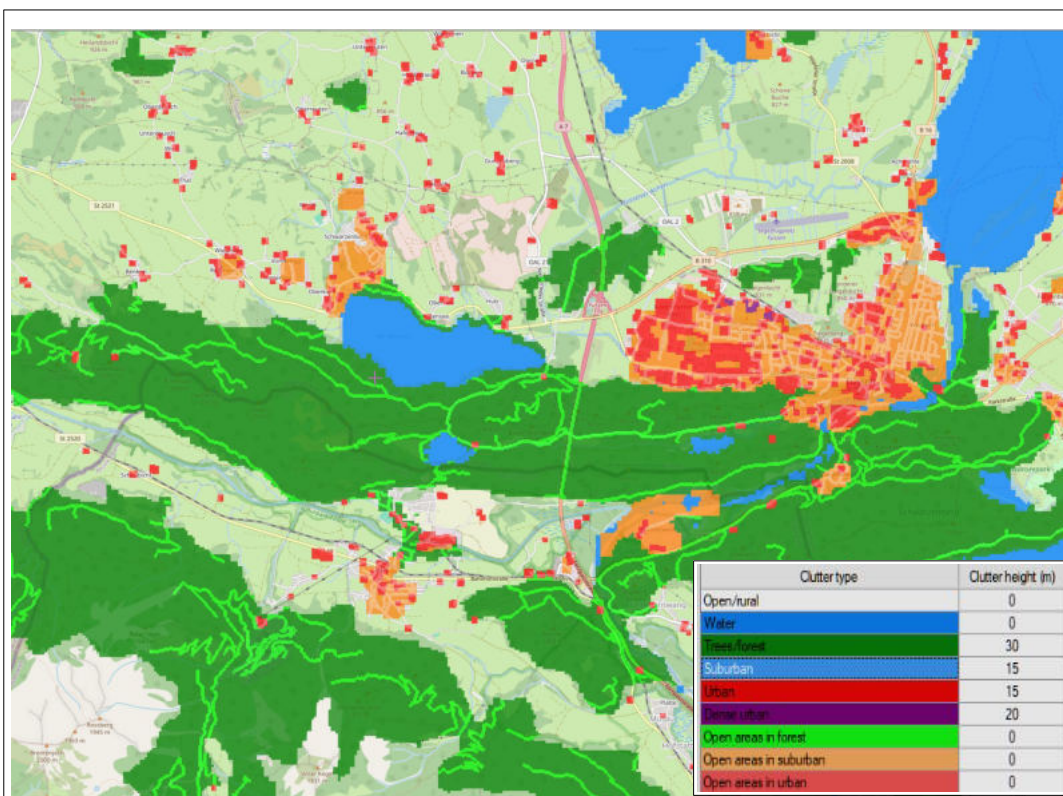


Abbildung 3.2: Landnutzungsdaten

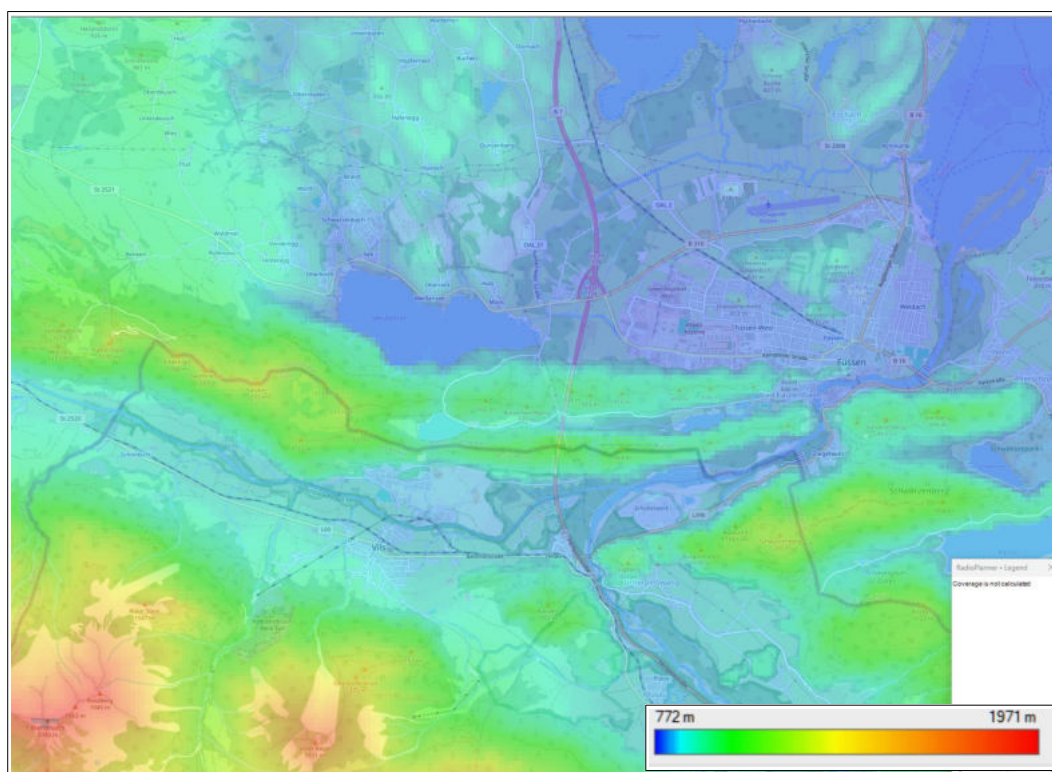


Abbildung 3.3 Höhendaten

3.3.2 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 3.4 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 3.4: Antennendiagramm einer Sektorantenne

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

Abbildung 3.5 zeigt auf der rechten Seite die übliche Antennenkonstellation bei Sektorantennen in der Draufsicht.

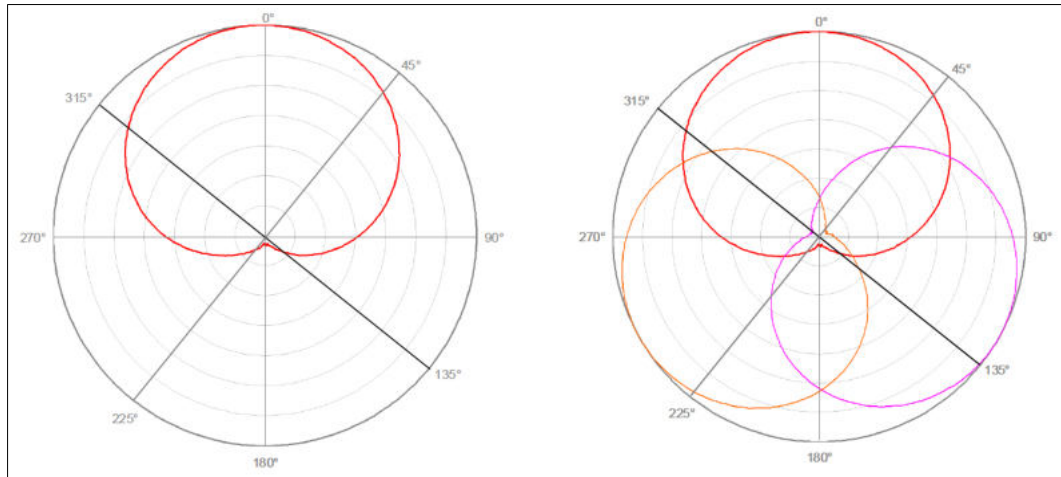


Abbildung 3.5: rechts Anordnung von drei Sektorantennen / Draufsicht

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.

3.4 Datenverkehr im Mobilfunk

Die schon im Kapitel 2.1 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:

3.4.1 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.

3.4.2 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.

3.4.3 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.

3.4.4 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.

3.4.5 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.

3.4.6 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 immer währenden 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.

3.4.7 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.

4 Planung einer Sendeanlage

Dieses Kapitel behandelt mögliche Standorte zur Verbesserung der Mobilfunk-Versorgung in der Stadt Füssen.

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

4.1 Infrastruktur einer Sendeanlage

4.1.1 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, 4G (LTE) und 5G, betrieben werden können.

Dazu bieten sich speziell im ländlichen Raum freistehende Antennenträger an.

Dazu sehen Sie in Abbildung 4.1 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.

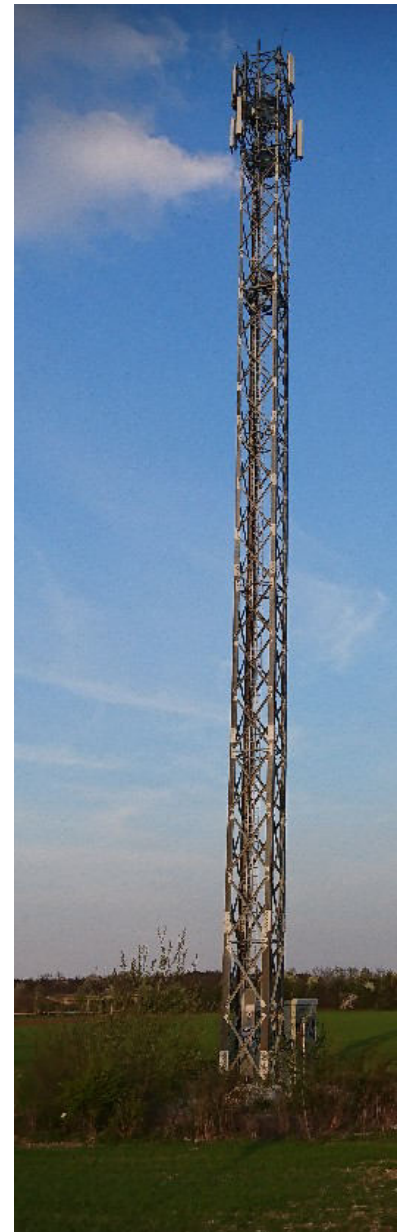


Abbildung 4.1: Beispielhafter Antennenträger



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.

4.1.2 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 kurz gehalten 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.

4.1.3 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 Datenverkehr 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 4.2 zeigt eine beispielhafte Ausrichtungen von Sektorantennen.

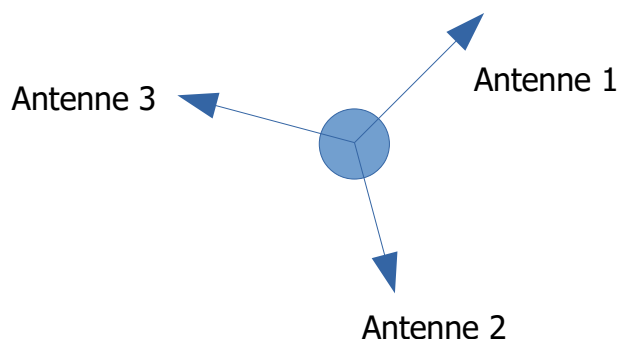


Abbildung 4.2: beispielhafte Ausrichtung der Antennen in Draufsicht

4.1.4 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 zurück gebaut werden, dass Wartungsfahrzeuge auch bei schwierigeren Wetterbedingungen den Träger gut erreichen können.

Für die Simulation wurde eine von den Antennen abgegebene Sendeleistung von 46 dBm im Frequenzband 700 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.



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

Die Ausrichtung der einzelnen Antennensysteme richtet sich nach funktechnischen Gegebenheiten wie Störungsreichweite, Datendurchsatz, Versorgungsgebiet etc.

An unterschiedlichen Standorten, auch wenn diese z.B. nur 200m auseinander liegen, kann die Ausrichtung der Antennen unterschiedlich sein.

5 Untersucher Mobilfunkstandort in der Stadt Füssen

5.1 Vorgeschlagener Standort, Füssen Alatsee

In Tabelle 5.1 sind die Koordinaten des Standortes eingetragen. Die Koordinaten hierzu ermittelten wir aus der in der EMail übermittelten Karte. Genau Koordinaten lagen nicht vor.

Koordinaten des vorgeschlagenen Standortes				
Koordinaten WGS 84 / dezimal				
Standort	Longitude / x	Latitude / y	Höhe NN	Höhe der Antennenanlagen
Alatsee Alternative V-U4	10,646736	47,564009	946 m	40 m

Tabelle 5.1: Vorgeschlagener Mobilfunk-Standort am Alatsee

In Abbildung 5.1 und Abbildung 5.2 ist die Lage des Standortes gemäß der Tabelle in einer Karte zu sehen.

Alle Karten sind in der Anlage deutlich besser erkennbar.



Abbildung 5.1: Standort Füssen Alatsee Übersicht



Abbildung 5.2: Standort Füssen Alatsee Detail

5.2 Planungsparameter für die Simulationen

Bei den Simulationsberechnungen wurden unterschiedliche Ausrichtungen der Antennen angenommen.

In der Studie vom EMF-Institut Dr. Niessen sind die Antennenausrichtungen 90°, 210° und 330° N.ü.O. erkennbar. Da uns keine genauen Daten aus der Studie vorliegen, sind diese Ausrichtungen aus den Grafiken entnommen und deshalb etwas ungenau.

Bei unseren Simulationen unterstellten wir die Ausrichtungen der Antennen mit 60°, 180° und 300° N.ü.O.. Dadurch wird aus unserer Sicht der Datenverkehr besser auf die einzelnen Sektoren verteilt.

In den Versorgungsplots sind beide Ausrichtungsvarianten dargestellt und entsprechend beschriftet.

5.3 Versorgungssimulation der ausgewählten Standorte

Nachstehend sind die Versorgungen des vorgesehenen Standortes dargestellt. Dabei wurde eine Antennenhöhe von 40m angenommen.

Bei der Simulation wurden zwei unterschiedliche Antennenausrichtungen verfolgt:

- Antennenausrichtung gemäß dem EMF-Institut
Ausrichtungen: 90°, 210° und 330° N.ü.O.
- Antennenausrichtung nach gleichmäßiger Verkehrsauslastung der Sektoren
Ausrichtungen 60°, 180° und 300° N.ü.O.

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse steht in Kapitel 5.4.

5.3.1 Simulation mit der Antennenkonfiguration vom EMF-Institut

Wie oben beschrieben, wurde bei dieser Simulation die Ausrichtungen des EMF-Institutes verwendet.

Bei der grundsätzlichen Versorgung zeigen sich kaum Unterschiede, Abbildung 5.3. Doch bei der „Best Server“ Betrachtung, siehe Abbildung 5.4, ist die Zuordnung von den versorgten Bereichen zu den einzelnen Sektoren sichtbar.

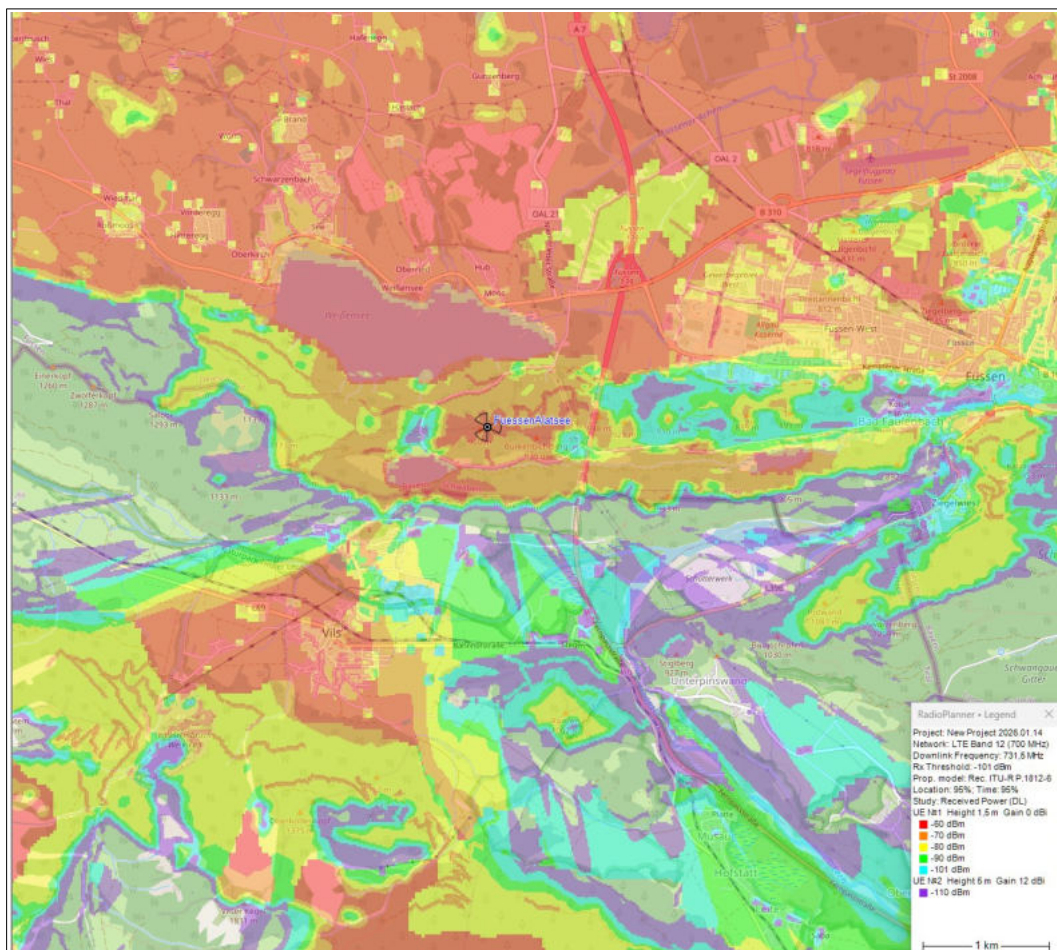


Abbildung 5.3 Versorgungsdarstellung Parameter EMF-Institut

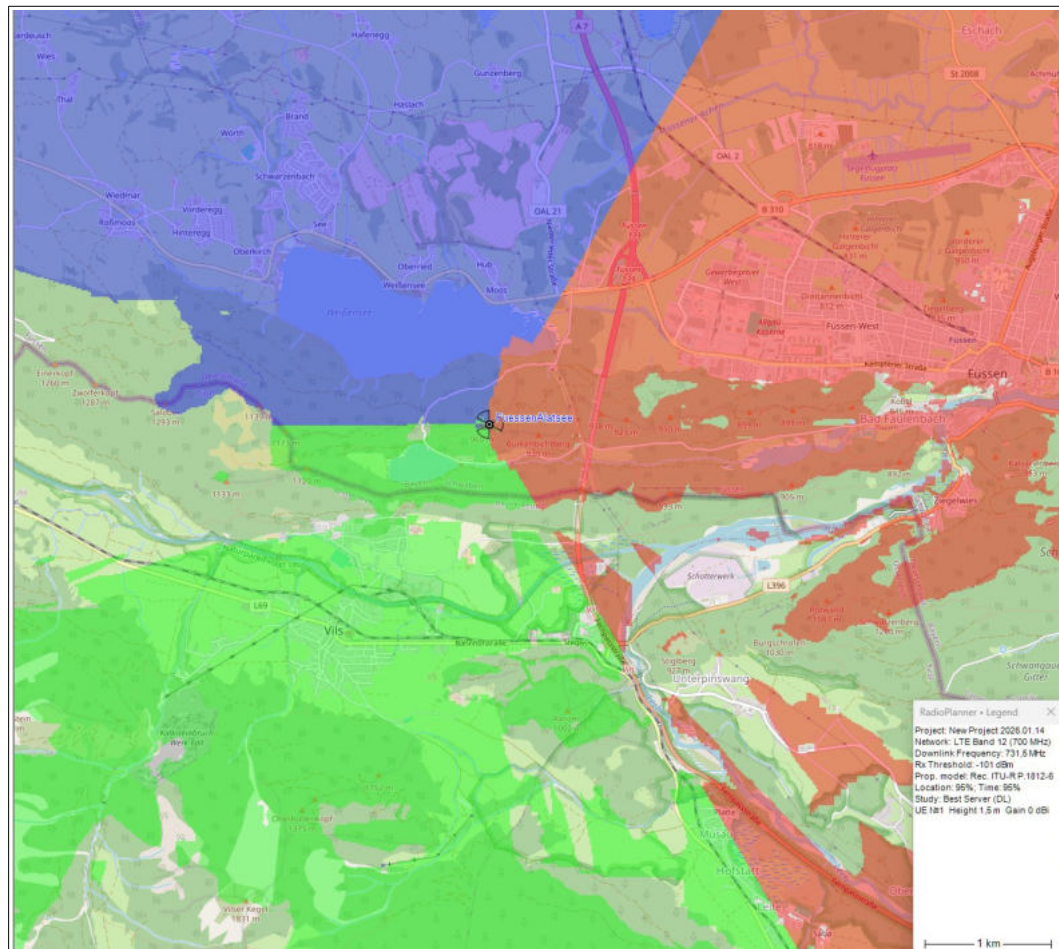


Abbildung 5.4 „Best Server“ Darstellung Parameter EMF-Institut

5.3.2 Simulation mit der Antennenkonfiguration mit gleichmäßiger Auslastung

In dieser Simulation werden leicht unterschiedliche Antennenausrichtungen gegenüber den Ausrichtungen des EMF-Institutes gewählt. Damit soll der Datenverkehr gleichmäßiger den Sektoren zugeteilt werden.

Allerdings bleibt die Ausrichtung wie auch Antennenabsenkungen den Gegebenheiten der jeweiligen Netzbetreiber überlassen.

Abbildung 5.5 zeigt die Versorgung ist mit der vorherigen Simulation, Abbildung 5.3, vergleichbar und unterscheidet sich nur in Nuancen.

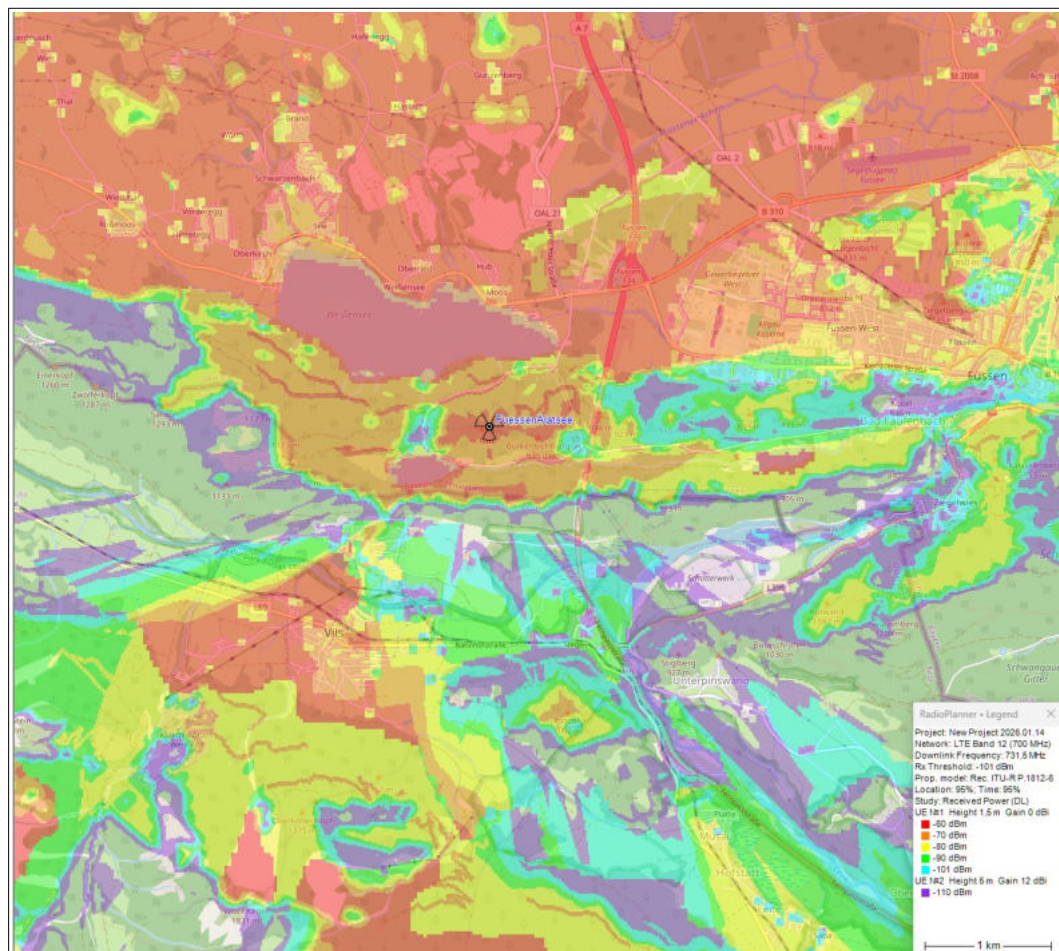


Abbildung 5.5 Versorgungsdarstellung mit geänderter Antennenausrichtung

In der Abbildung 5.6 hingegen ist die unterschiedliche Ausrichtung der Sektoren gegenüber Abbildung 5.4 deutlich sichtbar.

Bei dieser Ausrichtung erwarten wir eine gleichmäßigere Verteilung des Datenverkehrs.

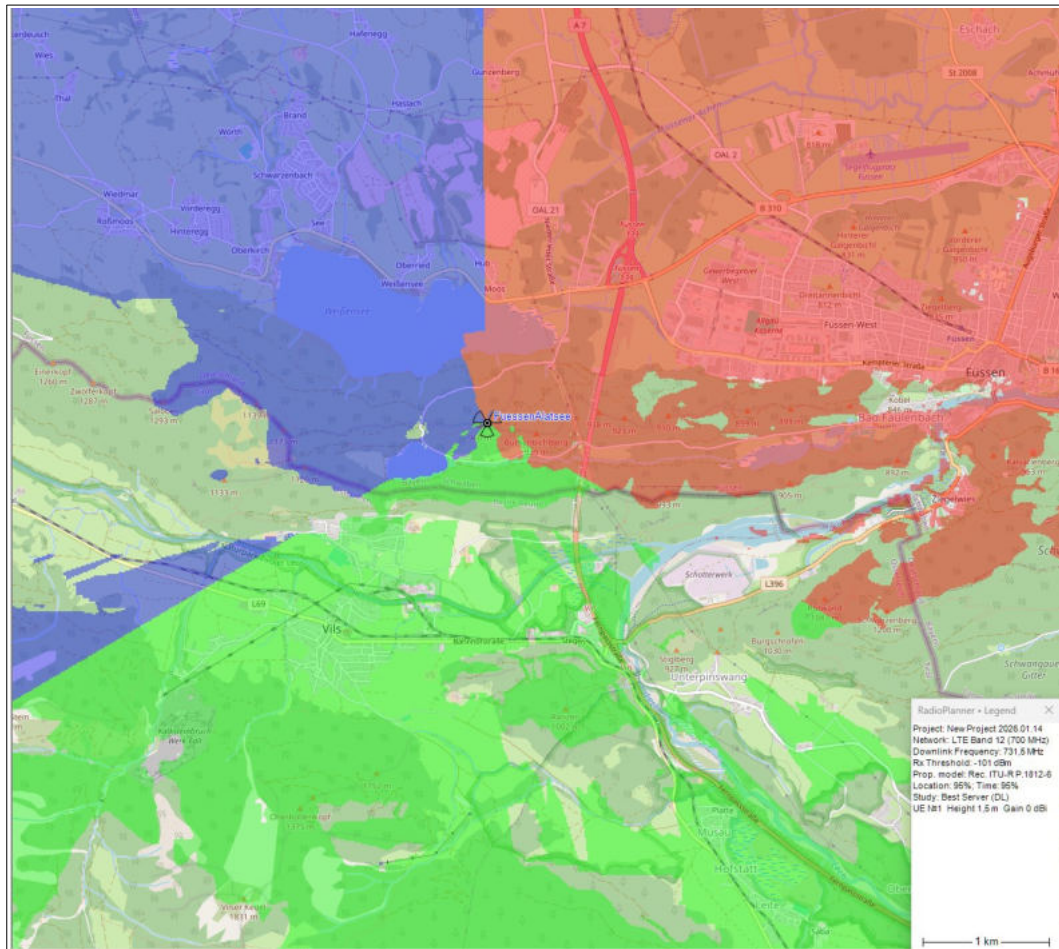


Abbildung 5.6 "Best Server" Darstellung mit geänderter Antennenausrichtung

5.3.3 Geländeschnitte vom vorgeschlagenen Standort zu den zu versorgenden Gebieten

Ein Geländeschnitt dient zur Einschätzung über die Versorgung zu einem bestimmten Punkt. Dabei wird die Ausgangshöhe einer möglichen Antennenanlage zu einem bestimmten Punkt im Gelände betrachtet. Die Höhe am Zielpunkt ist mit 1,5 m festgelegt, da dies in der Regel der genutzten Höhe des Endgerätes entspricht.

In der erwähnten EMail legte die Stadt Füssen eine Karte mit den zu versorgenden Bereichen bei.

In dieser Karte, Abbildung 5.7, sind die neun Punkte mit Ziffern markiert. Zu diesen Punkten bzw. Stadtteilen wurden ausgehend vom vorgeschlagenen Standort jeweils ein Geländeschnitt erstellt. In diesem ist die Ausbreitung des Funksignales ersichtlich.

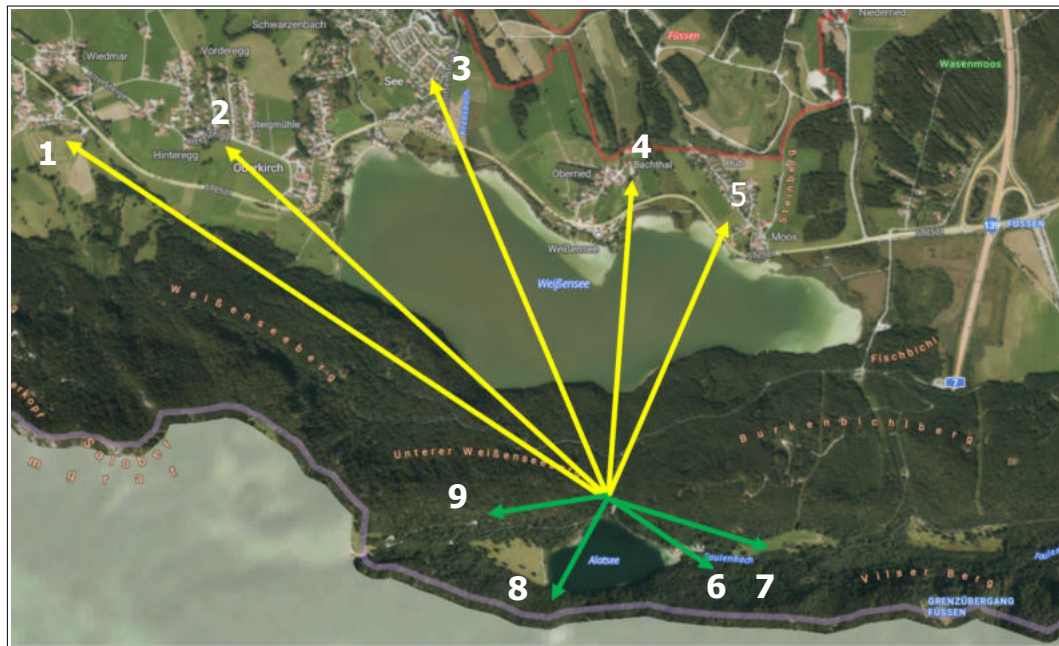


Abbildung 5.7 Zu versorgende Gebiete gemäß Vorgabe der Stadt Füssen

Geländeschnitt zu dem jeweiligen Punkt in der Karte von Abbildung 5.7	
Punkt in der Karte	zugehörige Abbildung
Punkt 1	Wiedmar Abbildung 5.8
Punkt 2	Oberkirch Abbildung 5.9
Punkt 3	Schwarzenbach Abbildung 5.10
Punkt 4	Oberried Abbildung 5.11
Punkt 5	Moos Abbildung 5.12
Punkt 6 und 7	Faulenbachtal Abbildung 5.13 und Abbildung 5.14
Punkt 8	Alatsee Süd Abbildung 5.15
Punkt 9	Alatsee West Abbildung 5.16
Nicht auf der Karte	Bad Faulenbach Abbildung 5.17

Tabelle 5.2: Liste der Geländeschnitte

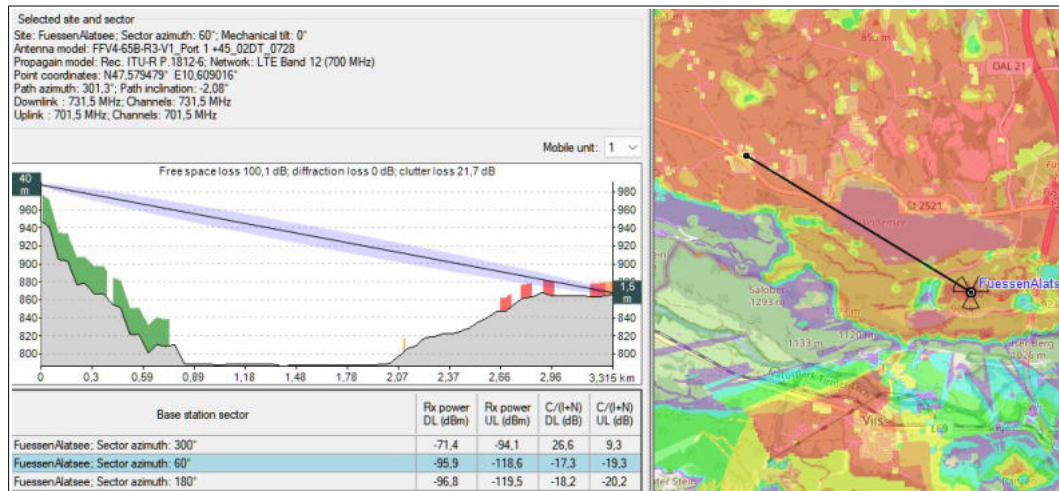


Abbildung 5.8 Geländeschnitt nach Wiedmar

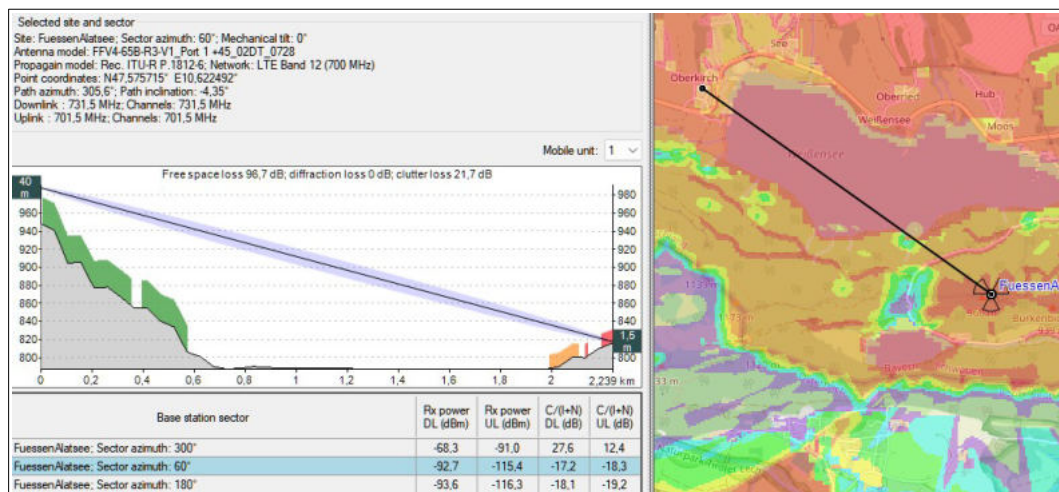


Abbildung 5.9 Geländeschnitt nach Oberkirch

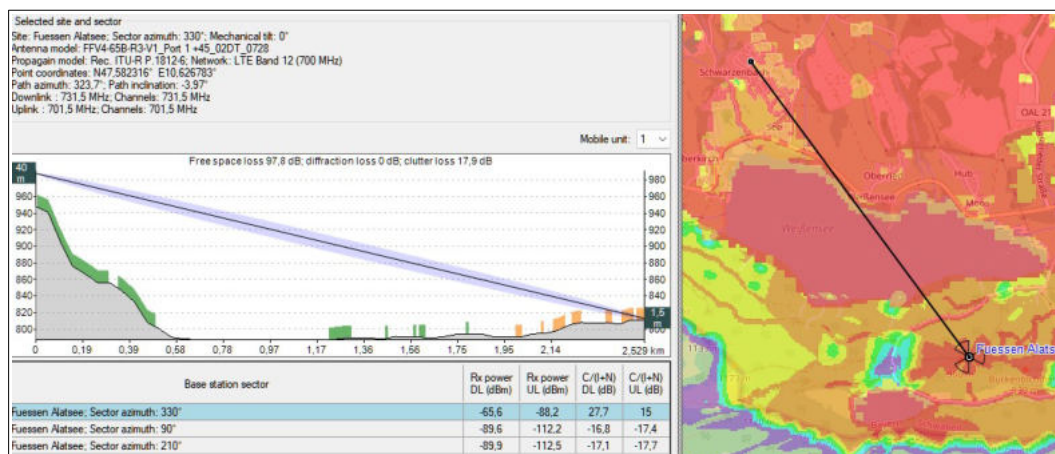


Abbildung 5.10 Geländeschnitt nach Schwarzzenbach

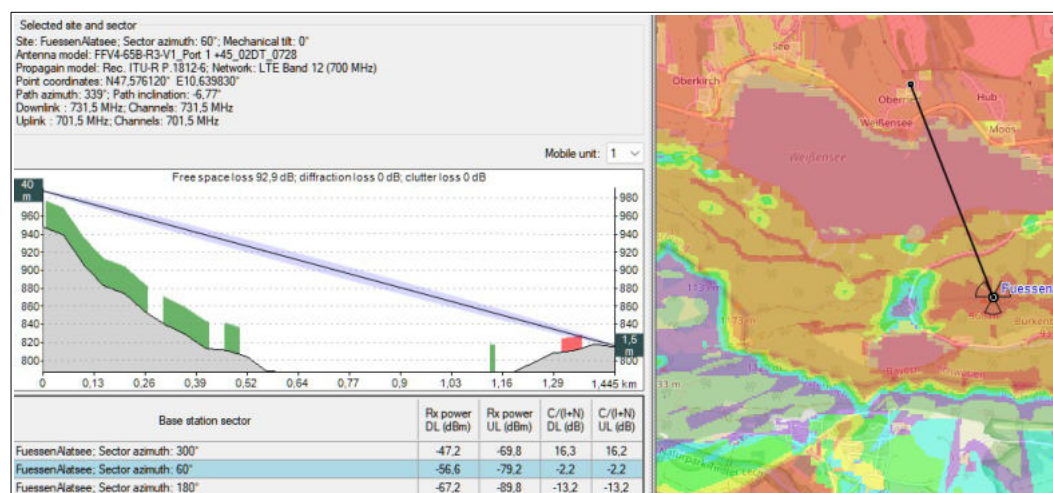


Abbildung 5.11 Geländeschnitt nach Oberried

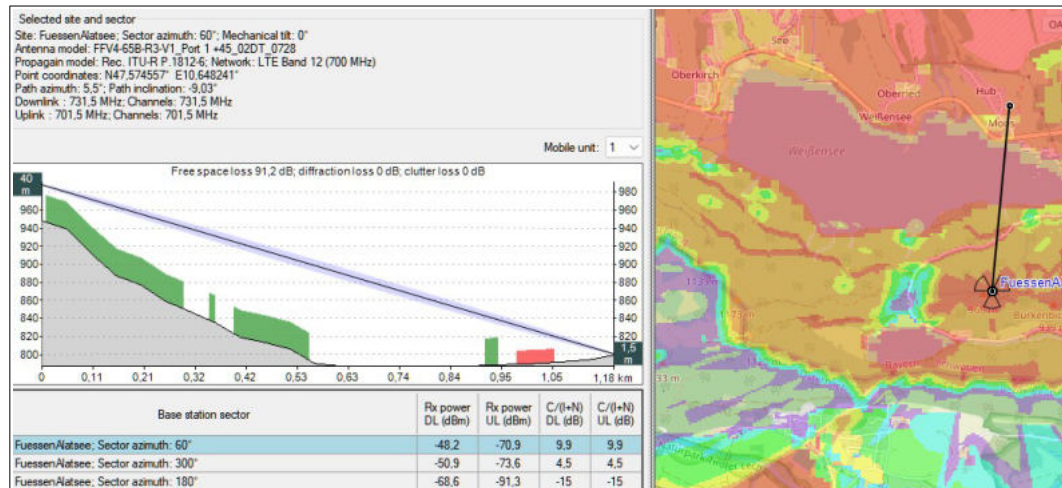


Abbildung 5.12 Geländeschnitt nach Moos

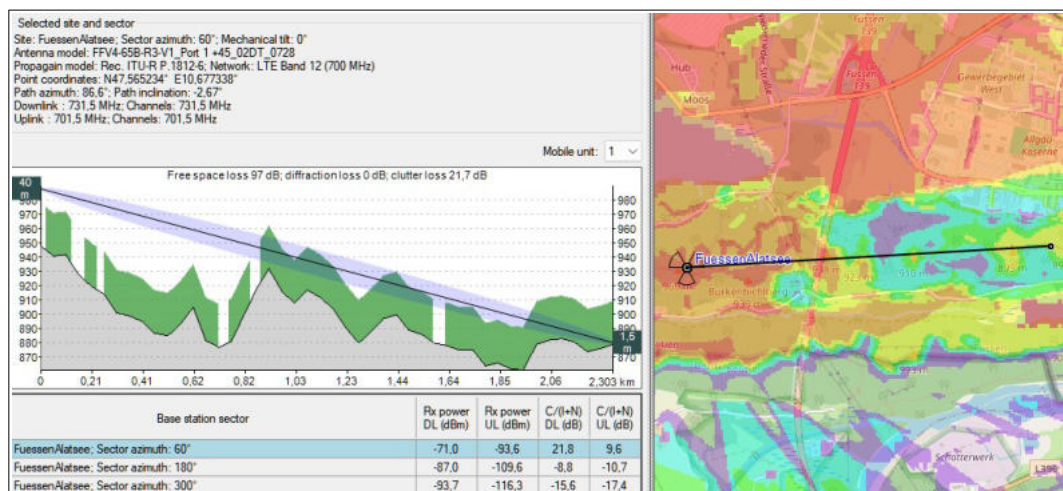


Abbildung 5.13 Geländeschnitt zum Faulenbachtal östlicher Bereich

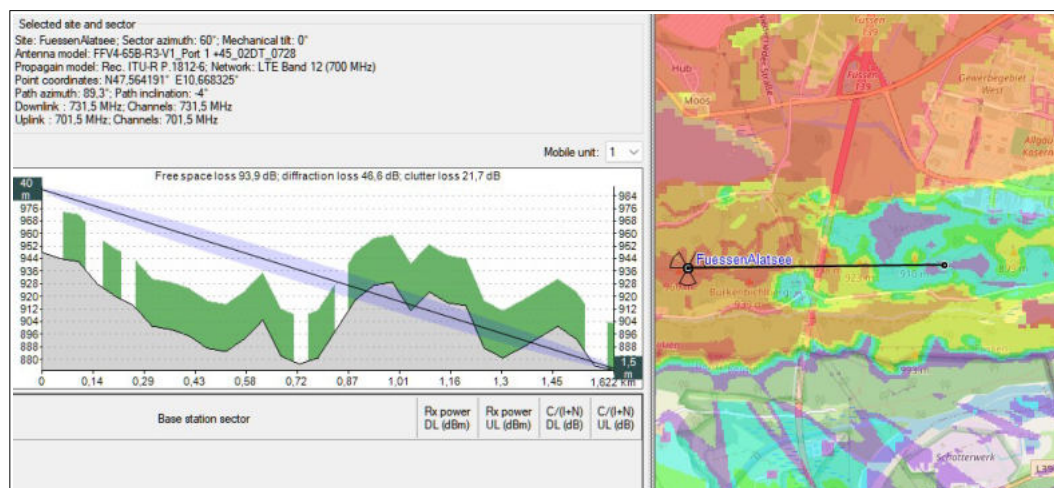


Abbildung 5.14 Geländeschnitt zum Faulenbachtal westlicher Bereich

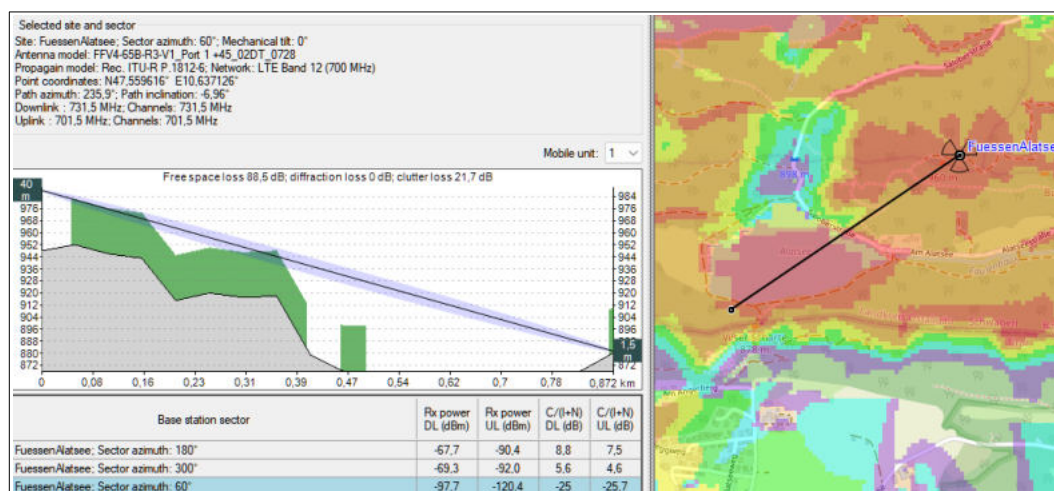


Abbildung 5.15 Geländeschnitt zum Alatsee südlicher Bereich

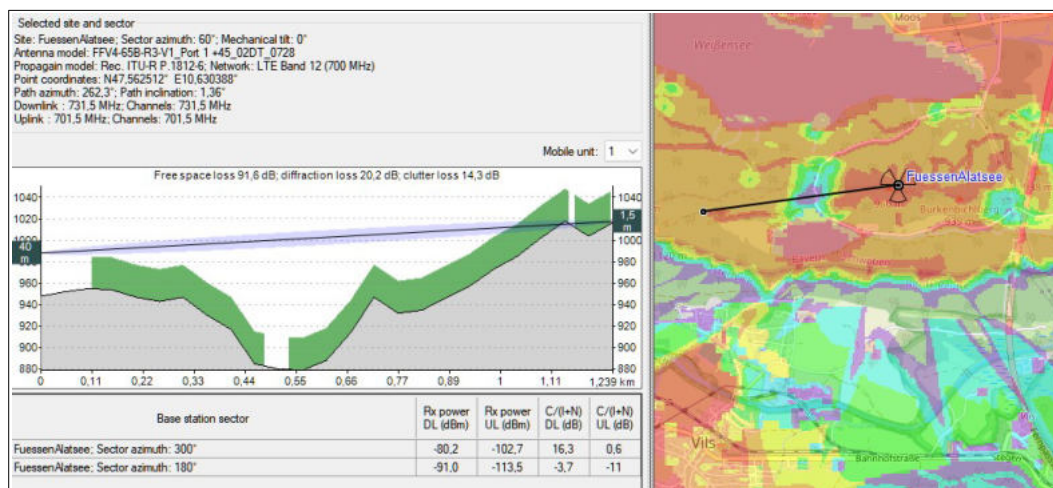


Abbildung 5.16 Geländeschnitt zum Alatsee westlicher Bereich

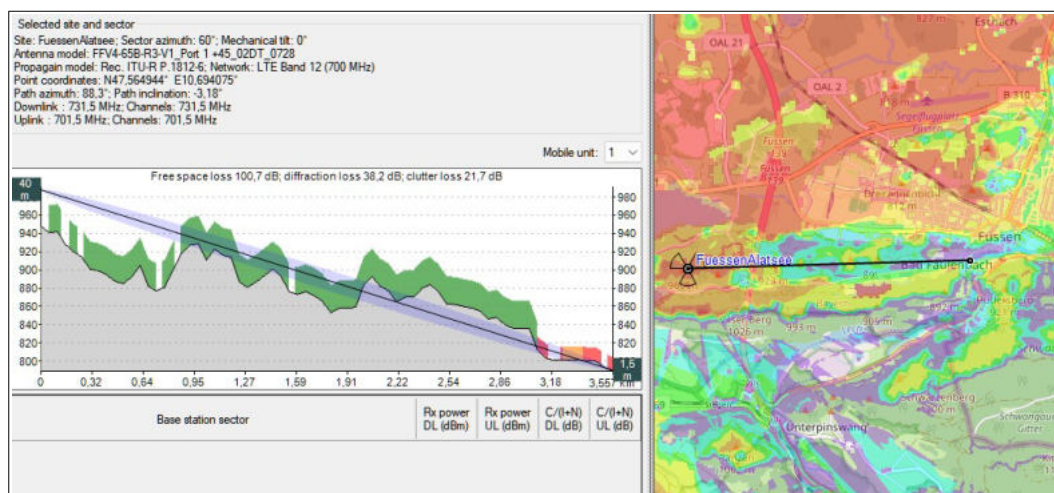


Abbildung 5.17 Geländeschnitt nach Bad Faulenbach

5.4 Zusammenfassung der möglichen Versorgung

Nachfolgend ist die funktechnische Bewertung auf Grundlage der Simulationen zu sehen. Auch die Erstellung der Infrastruktur, sprich des Antennenträgers und den zugehörigen Komponenten, wird erläutert.



5.4.1 Funktechnische Bewertung

Der vorgeschlagene Mobilfunkstandort kann alle Stadtteile des nördlichen Weißensees sehr gut erreichen.

Aufgrund der größeren Entfernung von bis zu 3,3 km zur Zielörtlichkeit kann die Datenübertragung oft nicht mit voller Bandbreite erfolgen. Abhängig ist dies auch vom bestehenden Mobilfunknetz des jeweiligen Netzbetreibers.

Der Bereich südlich und westlich des Alatsees wird auch sehr gut versorgt. Gleiches ist auch für die Alatseestraße gültig.

Der etwas nördlich und parallel zur Alatseestraße verlaufende Wanderweg ist nicht durchgehend versorgt. Dies liegt an der vorherrschenden Topographie.

Bad Faulenbach kann von der Versorgung durch den betrachteten Standort nicht profitieren. Abbildung 5.17 zeigt dies beim Geländeschnitt recht deutlich, dass durch die dazwischen liegenden Höhenrücken eine Sichtverbindung und damit gute Mobilfunkversorgung nicht gegeben ist. Zudem spielt zusätzlich die Entfernung eine Rolle.

5.4.2 Bewertung zur Infrastruktur

Bei der Lage des Standortes sind hinsichtlich der Infrastruktur einige Punkte zu berücksichtigen.

Die Höhe des Antennenträgers muss mindestens 40 m. Damit kann die simulierte Versorgung erreicht werden.

Sollten mehrere Netzbetreiber diesen Standort nutzen, sind entsprechende Antennenflächen notwendig. Im Normalfall beträgt die vertikale Länge einer Antennenanlage ca. 2 m. Zwischen den Antennenanlagen der Netzbetreiber ist auch ein vertikaler Abstand von ca. einem Meter vorzusehen, damit sich die Anlagen funktechnisch nicht beeinflussen.

Wenn also mehrere Netzbetreiber diesen Standort für deren Mobilfunknetz nutzen, entsteht bei mehreren Antennenanlagen eine vertikale Länge von ca. 10 m. Das bedeutet, dass bei einer Höhe des Antennenträgers von 40 m die unterste Antennenanlage in einer Höhe von ca. 30 m aufgebaut wird.

Dies führt bei dieser Höhe zu einer deutlichen Verschlechterung der Versorgung. Dies ist durch den Baumbewuchs und der Topographie geschuldet.

Sollten also mehrere Netzbetreiber eine Nutzung dieses Standortes bekunden, kann eine Höhe des Antennenträgers von 50 m dienlich sein.

Des weiteren ist die zusätzliche Infrastruktur zu berücksichtigen.



Der Standort liegt in unwegsamem Gebiet. Für den Bau des Antennenträgers ist ein Kran notwendig, mit dem sich der Antennenträger auch erreichen lässt.

Dies stellt für die Zuwegung einen erhöhten Aufwand dar, da die Baustraße entsprechend ausgeführt werden muss.

Zusätzlichen Aufwand bedeutet die Verlegung der Strom- und Glasfaseranschlüsse. Auch diese Aufwände sind einzuplanen.



6 Empfehlung

Die Ergebnisse der LTE (4G) Simulation lassen sich auch auf die 5G Technik übertragen, wenn diese in ähnlichen Frequenzbereichen für ländliche Bereiche angeboten wird.

Die Kosten für die Errichtung des vorgeschlagenen Standortes werden recht hoch eingeschätzt. Somit kann er sich für die Netzbetreiber nur rechnen, wenn auch alle diesen Standort nutzen möchten.

Für einen Netzbetreiber alleine wird sich die Investition voraussichtlich nicht rechnen.

Damit eine Einschätzung zur Realisierung vorgenommen werden kann, sind alle Mobilfunknetzbetreiber wie auch andere Betreiber von Funkdiensten anzufragen.

Möglich weitere Nutzer können Sicherheitsbehörden, Rettungsdienste und Rundfunkbetreiber sein.

Je mehr Funkdienste an diesem Standort aufgebaut werden, desto wahrscheinlicher ist auch die Realisierung.

Alternativ, jetzt nur für die Mobilfunkbetreiber gesprochen, können mehrere kleinere Standorte die selbe Versorgung mit eventuell deutlich geringeren Kosten sicherstellen.

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



7 Abbildungs- Tabellenverzeichnis

Abbildungen

Abbildung 1.1: Vorgesehene Versorgungsansprüche an den Standort.....	4
Abbildung 1.2: Lage des geplanten Standortes V-U4.....	5
Abbildung 2.1: Frequenzbänder im Mobilfunk inkl. 5G.....	9
Abbildung 3.1: Beispielhaftes Höhenprofil.....	12
Abbildung 3.2: Landnutzungsdaten.....	13
Abbildung 3.3 Höhendaten.....	13
Abbildung 3.4: Antennendiagramm einer Sektorantenne.....	14
Abbildung 3.5: rechts Anordnung von drei Sektorantennen / Draufsicht.....	15
Abbildung 4.1: Beispielhafter Antennenträger.....	19
Abbildung 4.2: beispielhafte Ausrichtung der Antennen in Draufsicht.....	21
Abbildung 5.1: Standort Füssen Alatsee Übersicht.....	24
Abbildung 5.2: Standort Füssen Alatsee Detail.....	25
Abbildung 5.3 Versorgungsdarstellung Parameter EMF-Institut.....	26
Abbildung 5.4 „Best Server“ Darstellung Parameter EMF-Institut.....	27
Abbildung 5.5 Versorgungsdarstellung mit geänderter Antennenausrichtung.....	28
Abbildung 5.6 „Best Server“ Darstellung mit geänderter Antennenausrichtung.....	29
Abbildung 5.7 Zu versorgende Gebiete gemäß Vorgabe der Stadt Füssen.....	30
Abbildung 5.8 Geländeschnitt nach Wiedmar.....	31
Abbildung 5.9 Geländeschnitt nach Oberkirch.....	31
Abbildung 5.10 Geländeschnitt nach Schwarzenbach.....	32
Abbildung 5.11 Geländeschnitt nach Oberried.....	32
Abbildung 5.12 Geländeschnitt nach Moos.....	33
Abbildung 5.13 Geländeschnitt zum Faulenbachtal östlicher Bereich.....	33
Abbildung 5.14 Geländeschnitt zum Faulenbachtal westlicher Bereich.....	34
Abbildung 5.15 Geländeschnitt zum Alatsee südlicher Bereich.....	34
Abbildung 5.16 Geländeschnitt zum Alatsee westlicher Bereich.....	35
Abbildung 5.17 Geländeschnitt nach Bad Faulenbach.....	35

Tabellen

Tabelle 5.1: Vorgeschlagener Mobilfunk-Standort am Alatsee.....	24
Tabelle 5.2: Liste der Geländeschnitte.....	30



8 Anlagen

02FuessenMobFuAnlagen260116.pdf



9 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
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

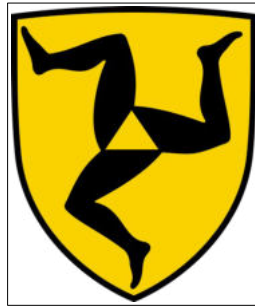


ITIL	IT Infrastructure Library, beschreibt professionelle Betriebsprozesse für IT-Infrastruktur
KVZ	Kabelverzweiger
LTE	Long Term Evolution / 4G
MBit/s	Datengeschwindigkeit in Megabit / Sekunde
MHz	Megahertz
NGA	Next Generation Access
PDF	Portable Document Format / plattformunabhängiges Dateiformat
POP	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



10 Hinweis zum Kartenmaterial:

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



Standortdokumentation / Versorgungssimulationen



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Vorgesehene Versorgungsansprüche.....	2
Abbildung 2: Standort Albstadt Übersicht.....	3
Abbildung 3: Standort Albstadt Detail.....	4
Abbildung 4 Versorgungsdarstellung Parameter EMF-Institut.....	5
Abbildung 5 „Best Server“ Darstellung Parameter EMF-Institut.....	6
Abbildung 6 Versorgungsdarstellung mit geänderter Antennenausrichtung.....	7
Abbildung 7 „Best Server“ Darstellung mit geänderter Antennenausrichtung.....	8
Abbildung 8 Geländeschnitt nach Widmar.....	9
Abbildung 9 Geländeschnitt nach Oberkirch.....	10
Abbildung 10 Geländeschnitt nach Schwarzenbach.....	11
Abbildung 11 Geländeschnitt nach Oberried.....	12
Abbildung 12 Geländeschnitt nach Moos.....	13
Abbildung 13 Geländeschnitt zum Faulenbachtal östlicher Bereich.....	14
Abbildung 14 Geländeschnitt zum Faulenbachtal westlicher Bereich.....	15
Abbildung 15 Geländeschnitt zum Albstadt südlicher Bereich.....	16
Abbildung 16 Geländeschnitt zum Albstadt westlicher Bereich.....	17
Abbildung 17 Geländeschnitt nach Bad Faulenbach.....	18

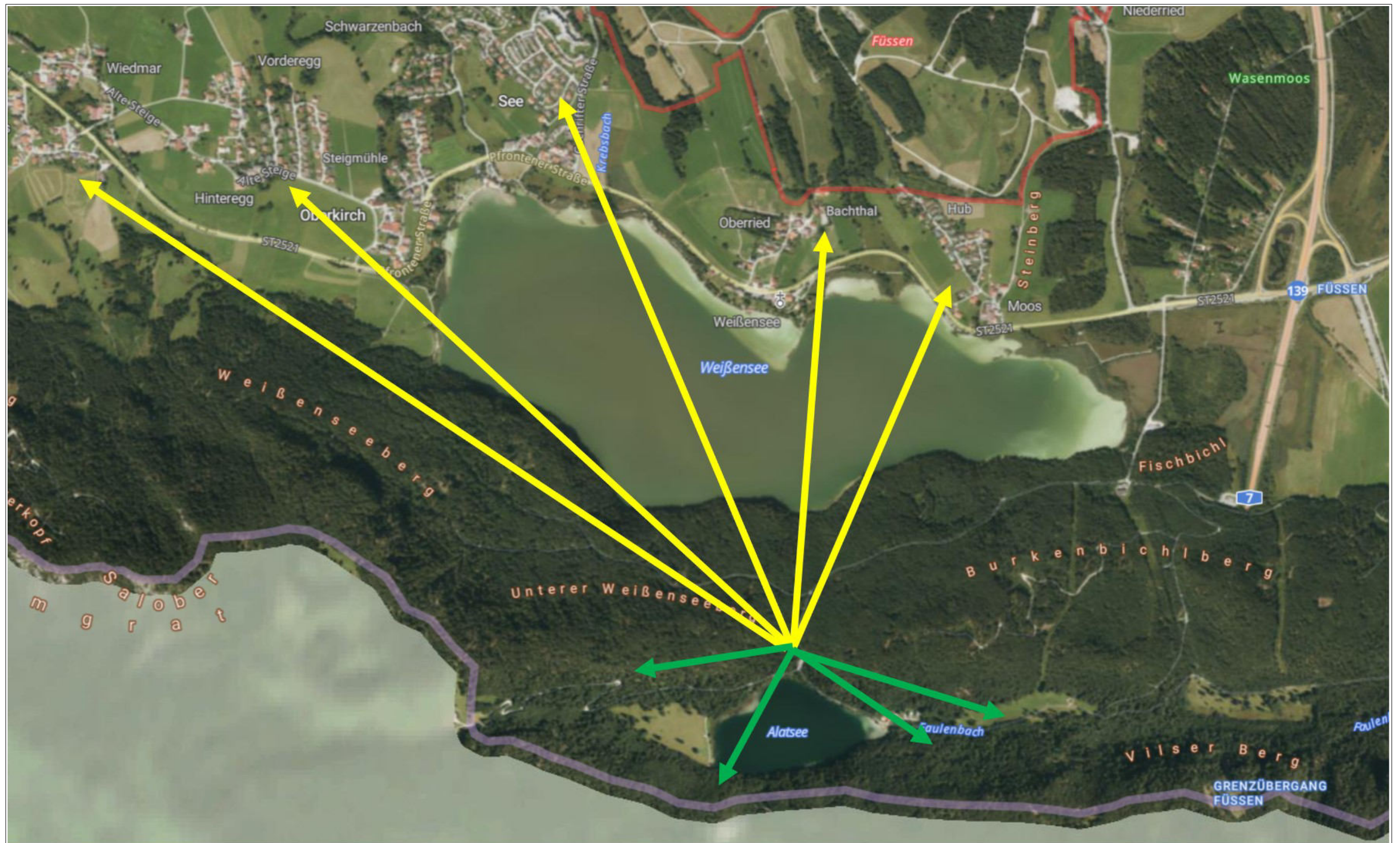


Abbildung 1 Vorgesehene Versorgungsansprüche



Abbildung 2: Standort Alatsee Übersicht



Abbildung 3: Standort Alatsee Detail

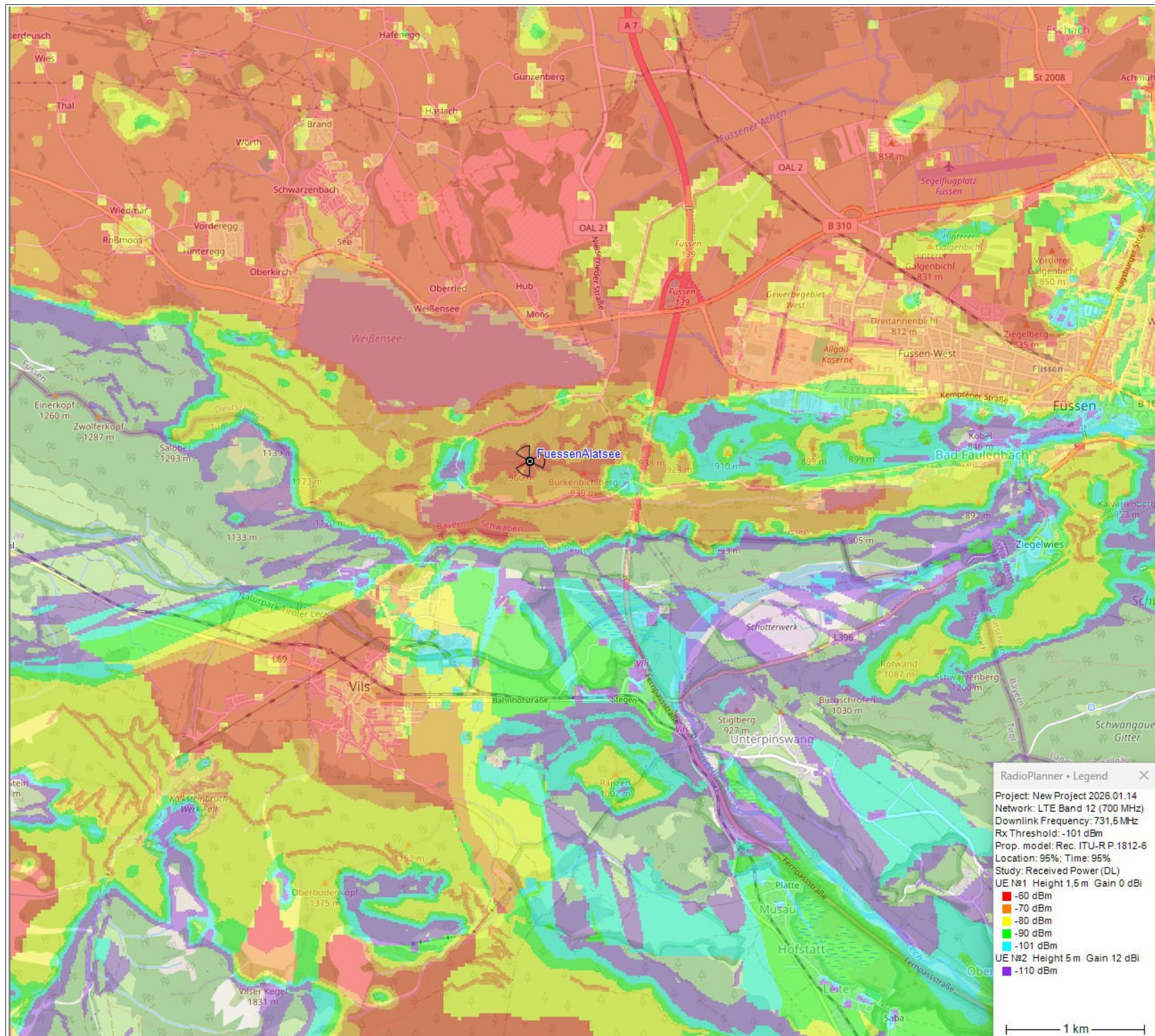


Abbildung 4 Versorgungsdarstellung Parameter EMF-Institut

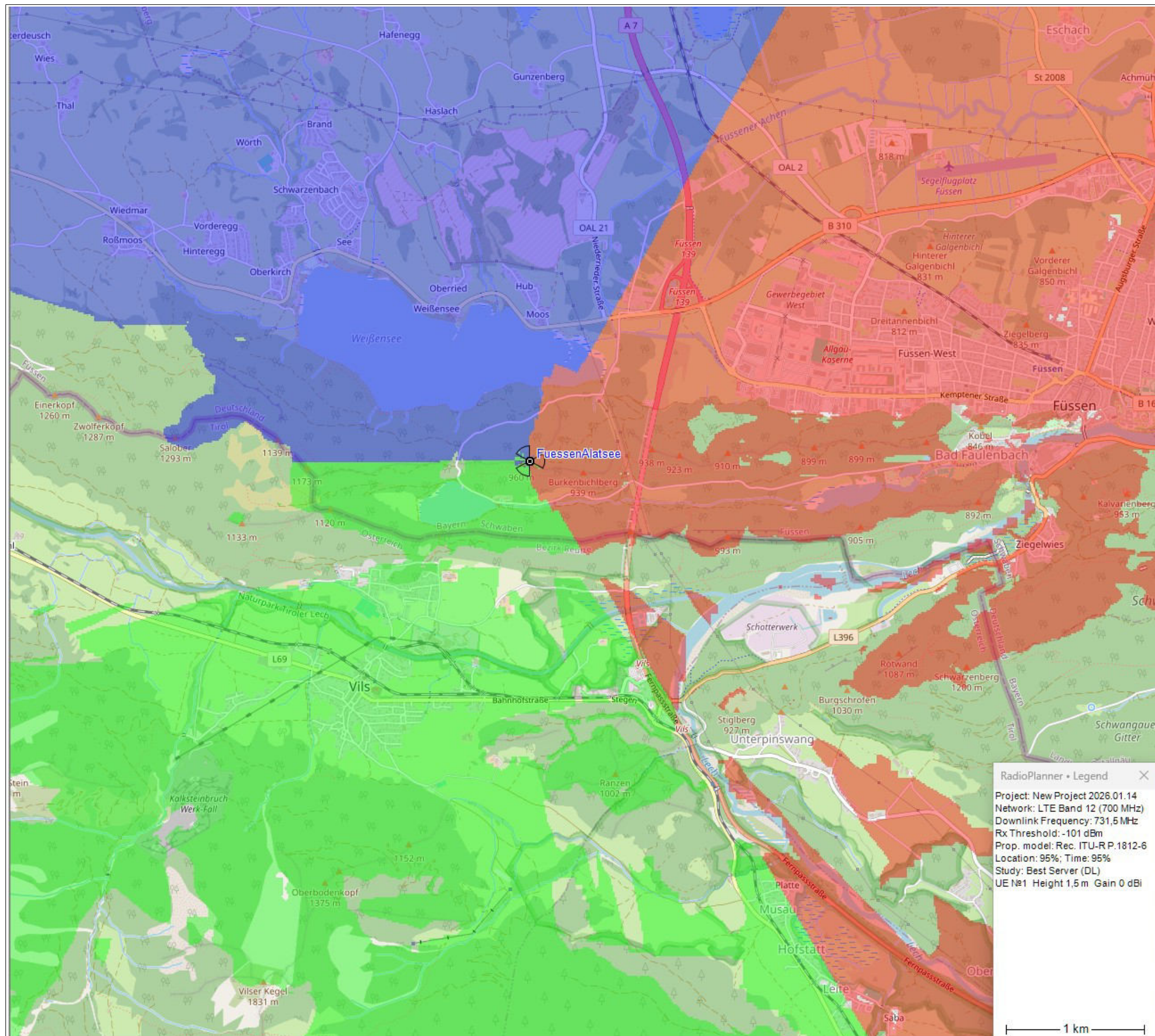


Abbildung 5 „Best Server“ Darstellung Parameter EMF-Institut

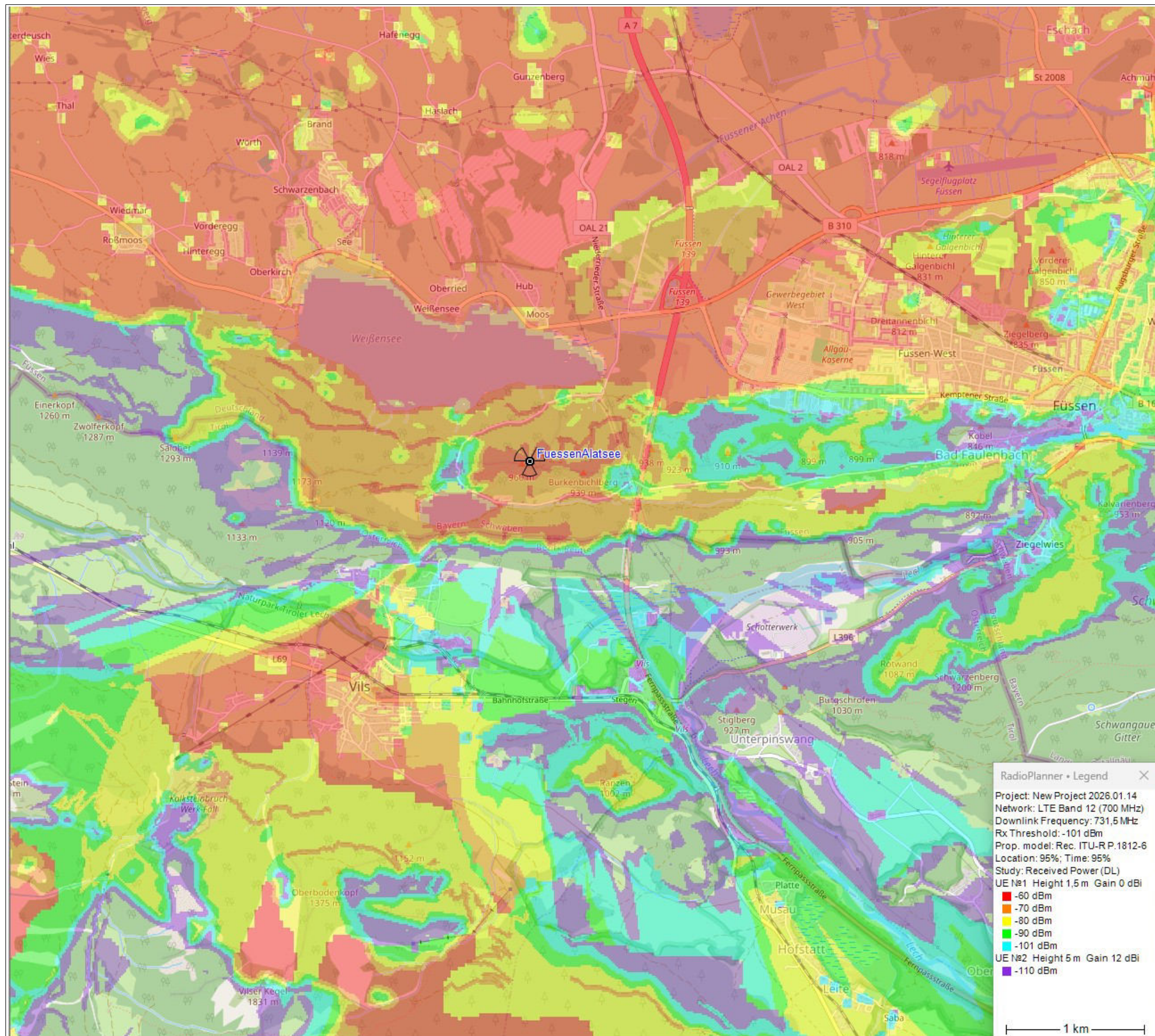


Abbildung 6 Versorgungsdarstellung mit geänderter Antennenausrichtung

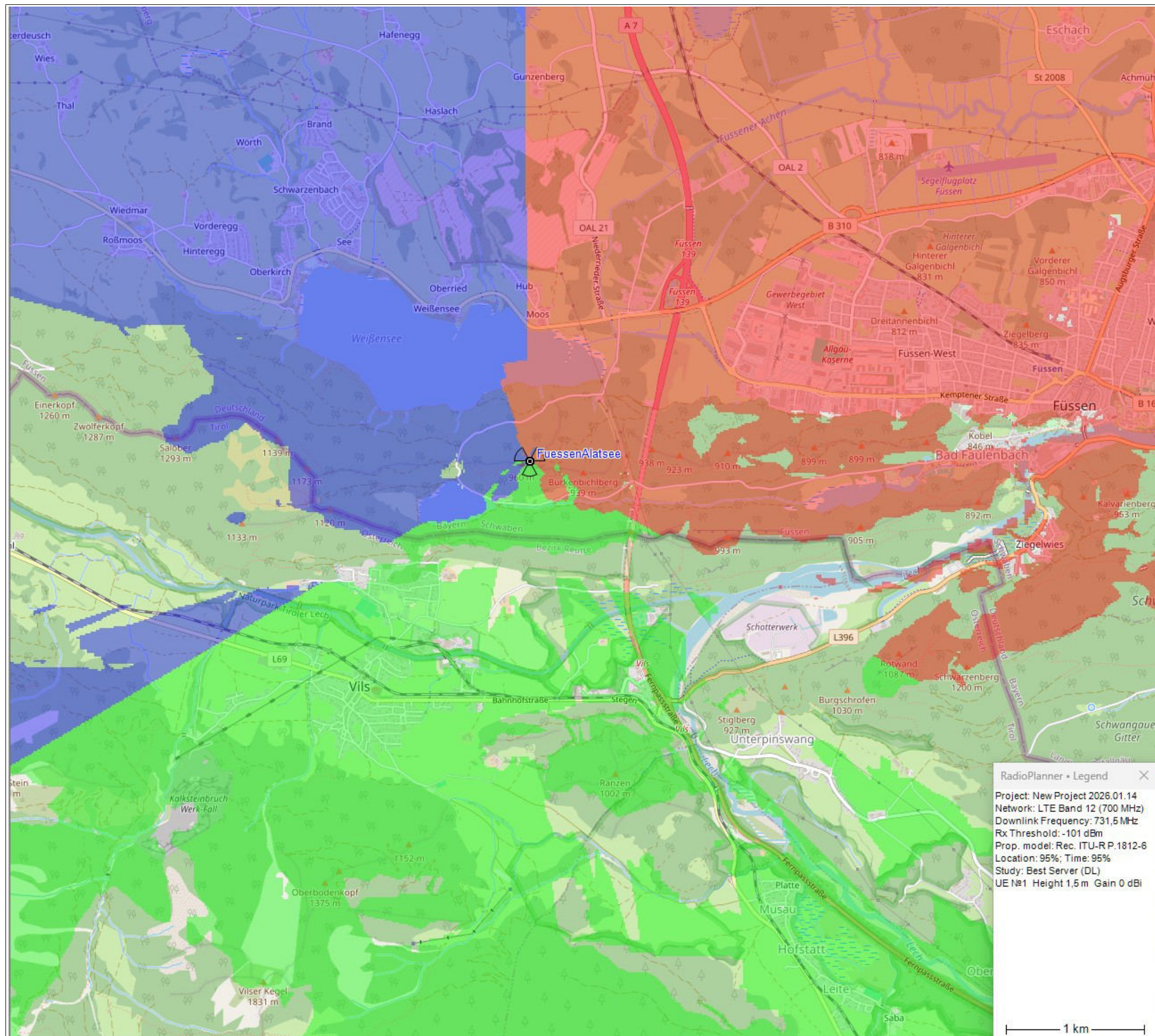


Abbildung 7 “Best Server” Darstellung mit geänderter Antennenausrichtung

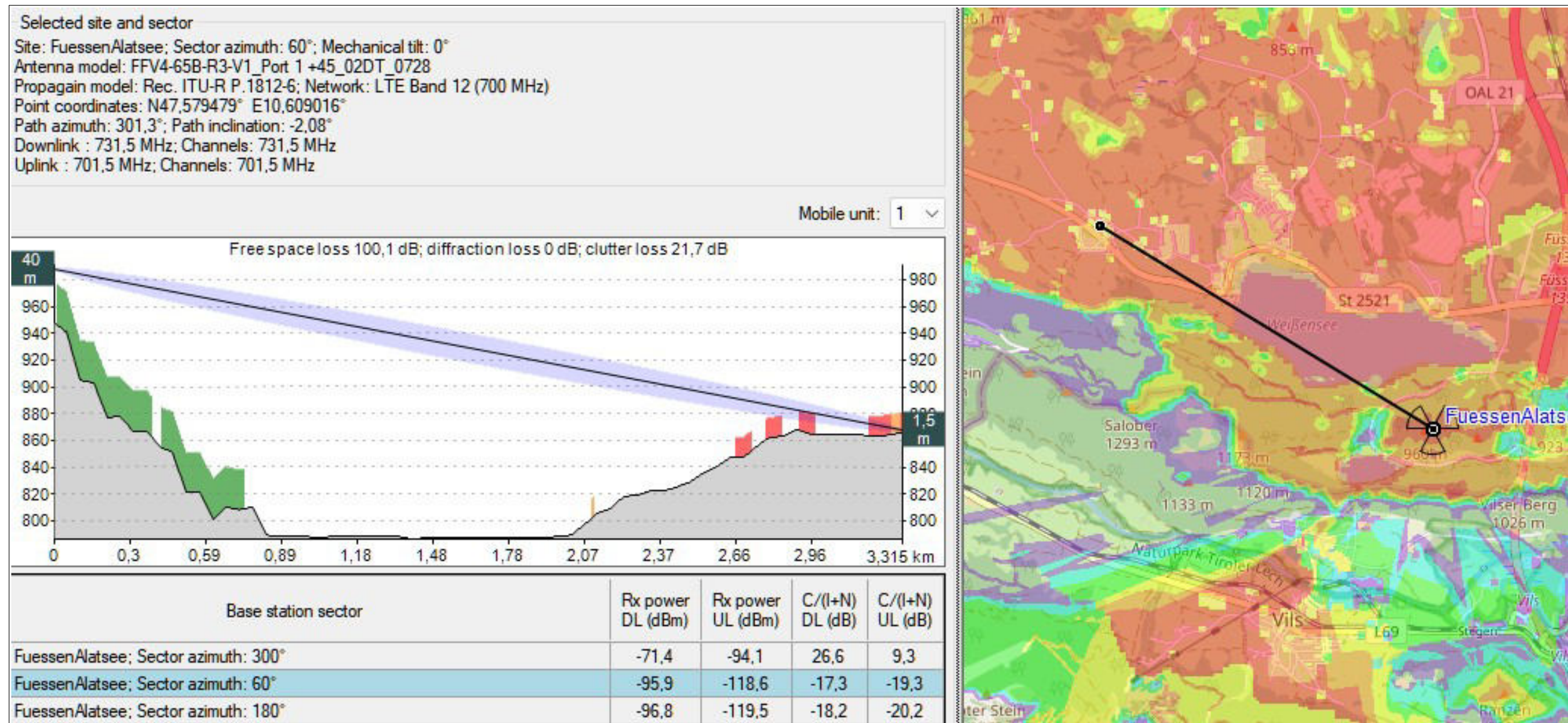


Abbildung 8 Geländeschnitt nach Wiedmar

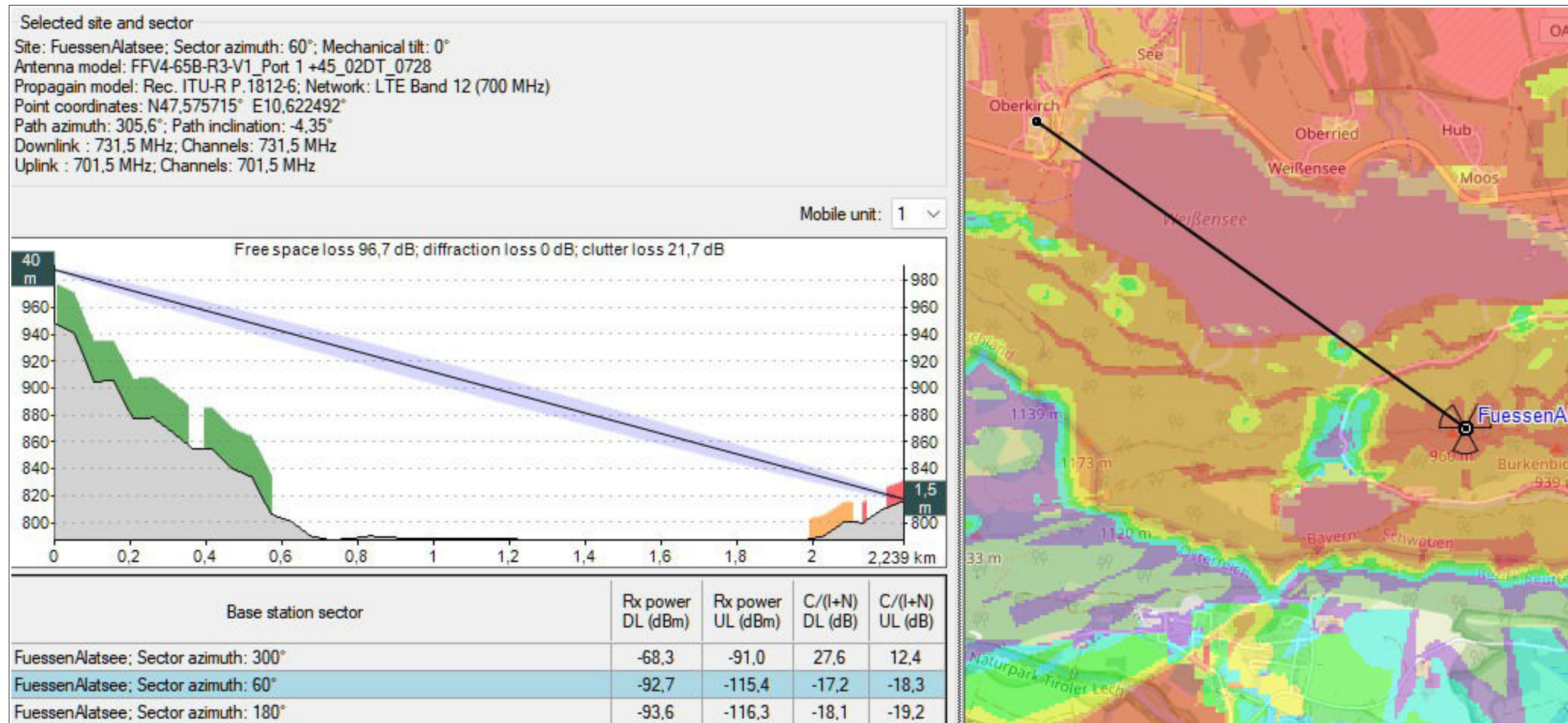


Abbildung 9 Geländeschnitt nach Oberkirch

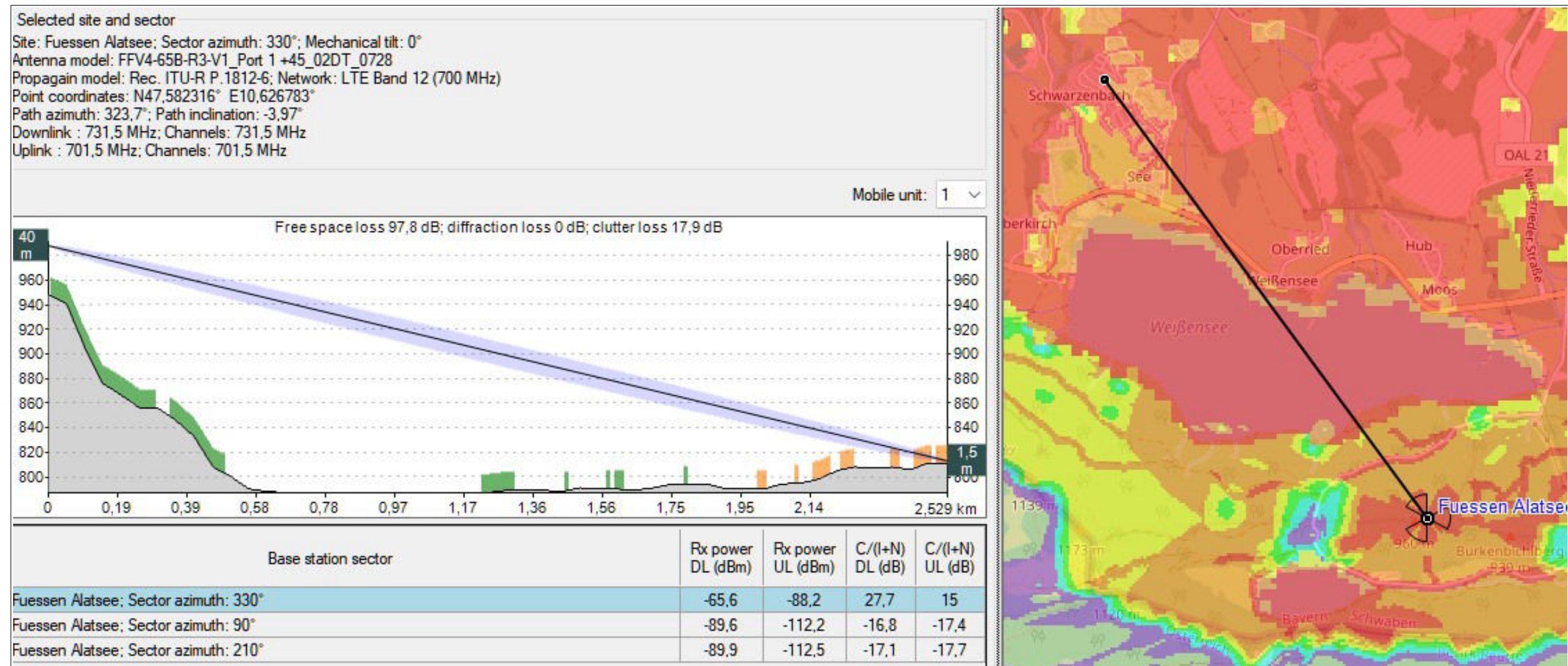


Abbildung 10 Geländeschnitt nach Schwarzenbach

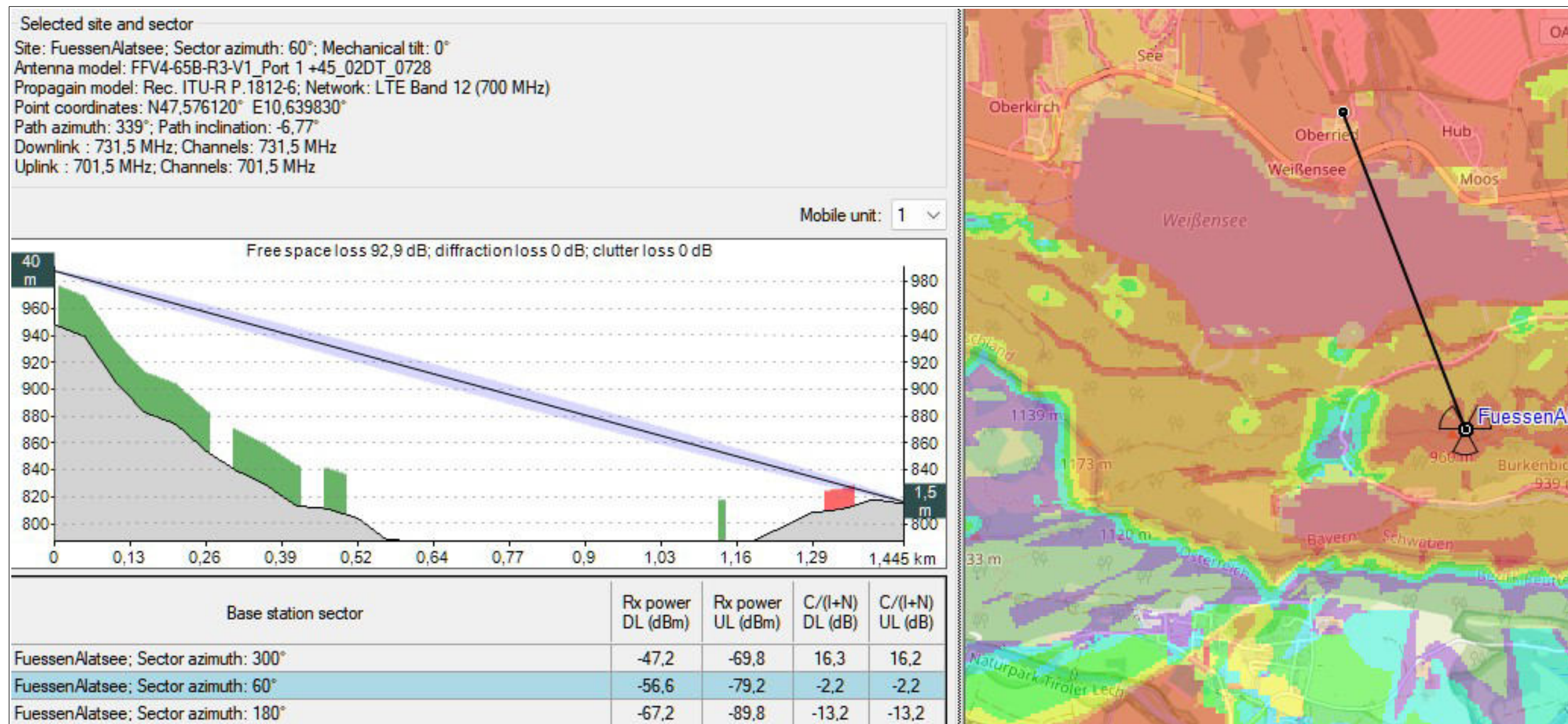


Abbildung 11 Geländeschnitt nach Oberried

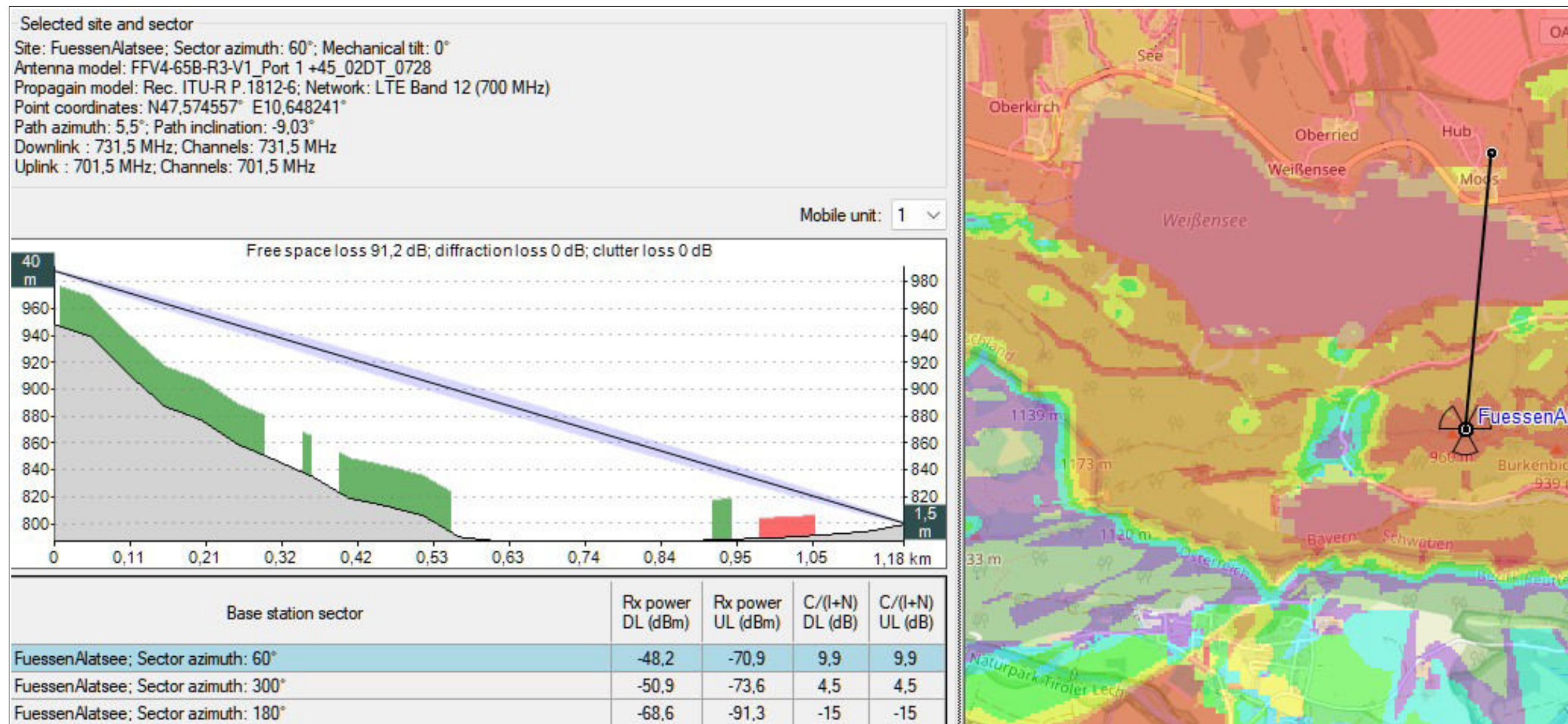


Abbildung 12 Geländeschnitt nach Moos

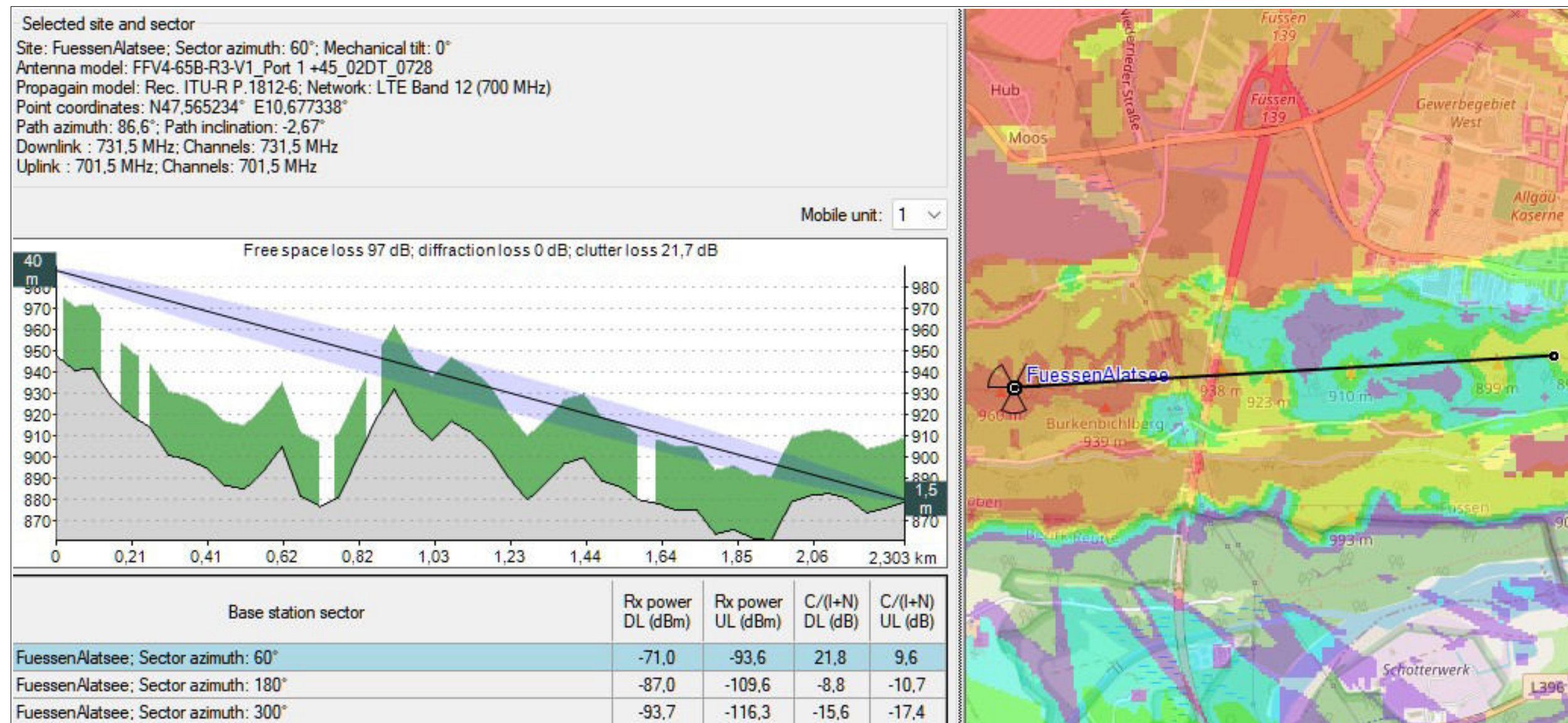


Abbildung 13 Geländeschnitt zum Faulenbachtal östlicher Bereich

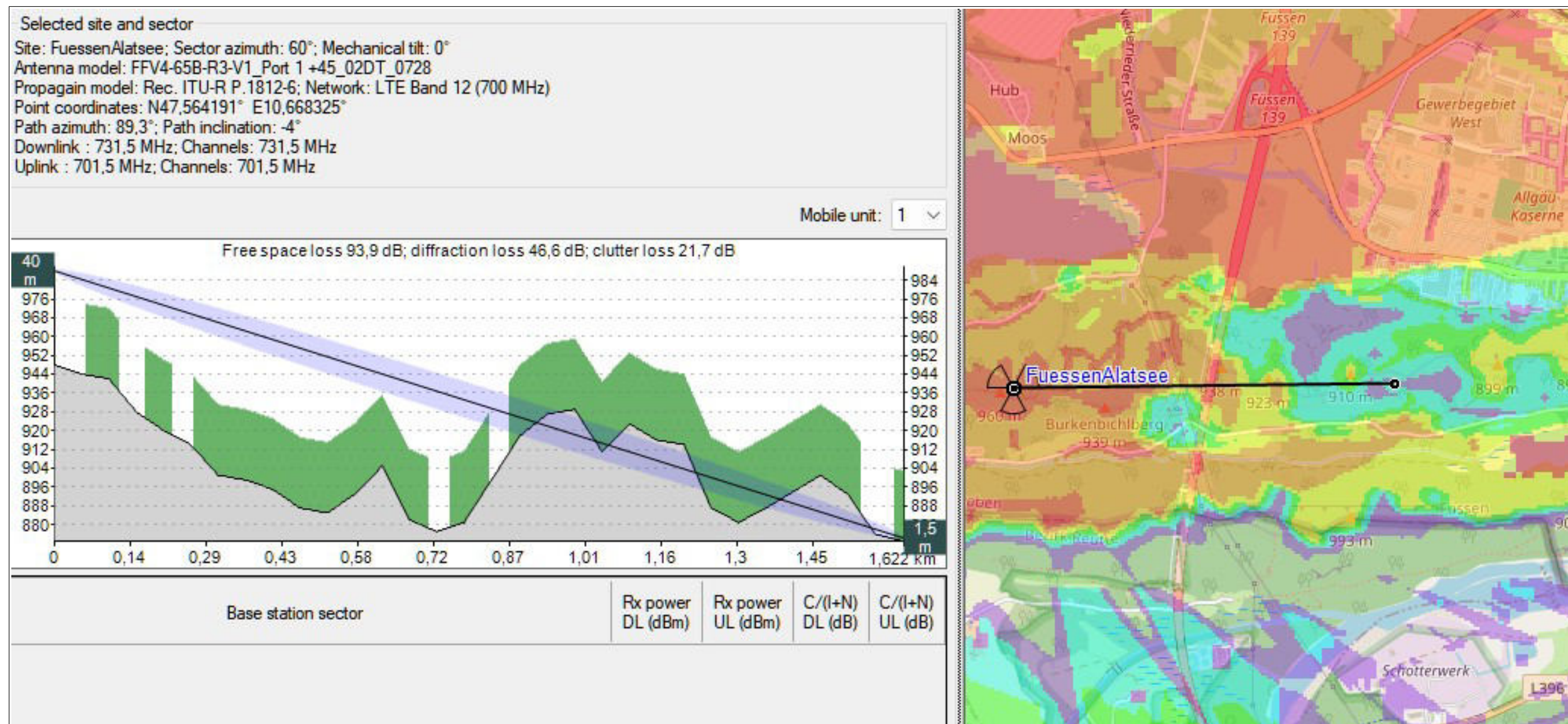


Abbildung 14 Geländeschnitt zum Faulenbachtal westlicher Bereich

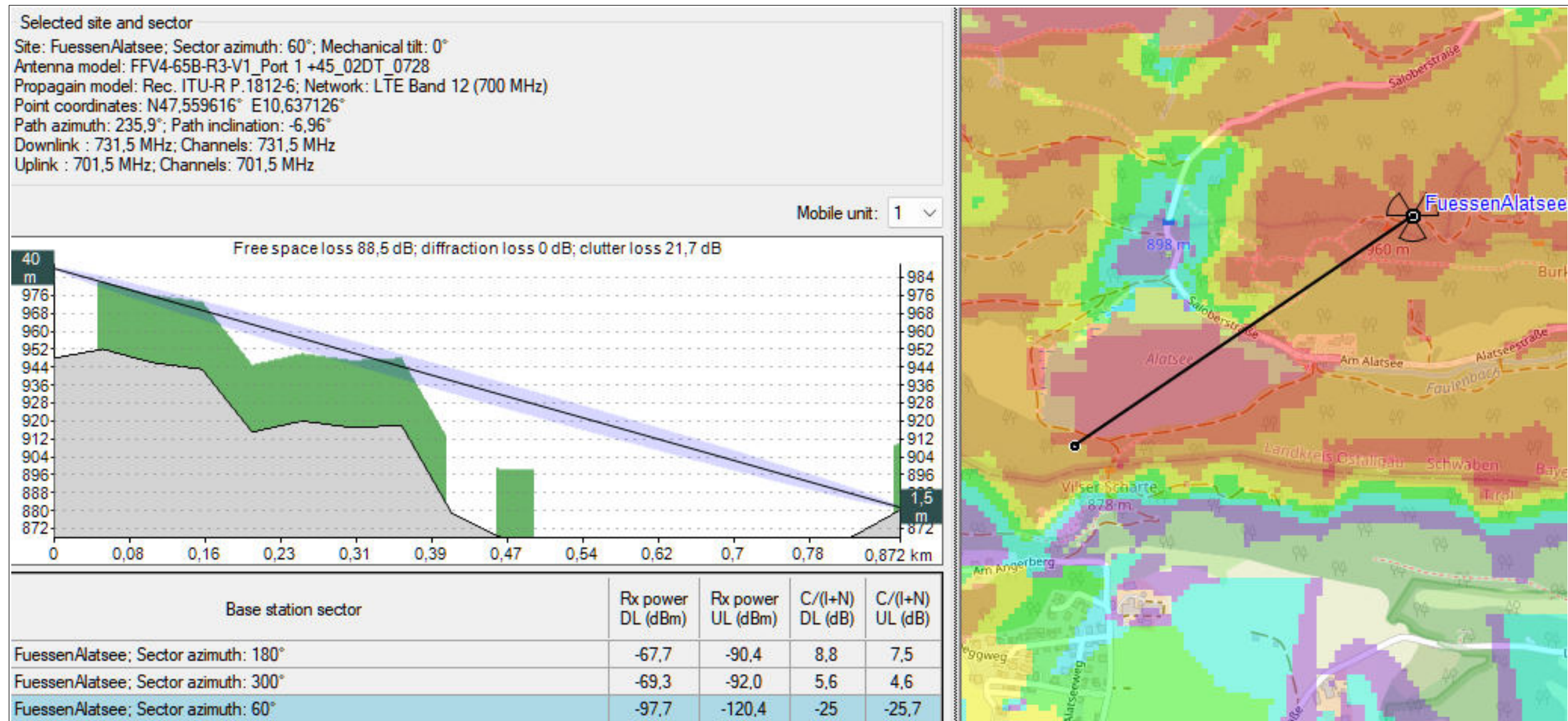


Abbildung 15 Geländeschnitt zum Alatsee südlicher Bereich

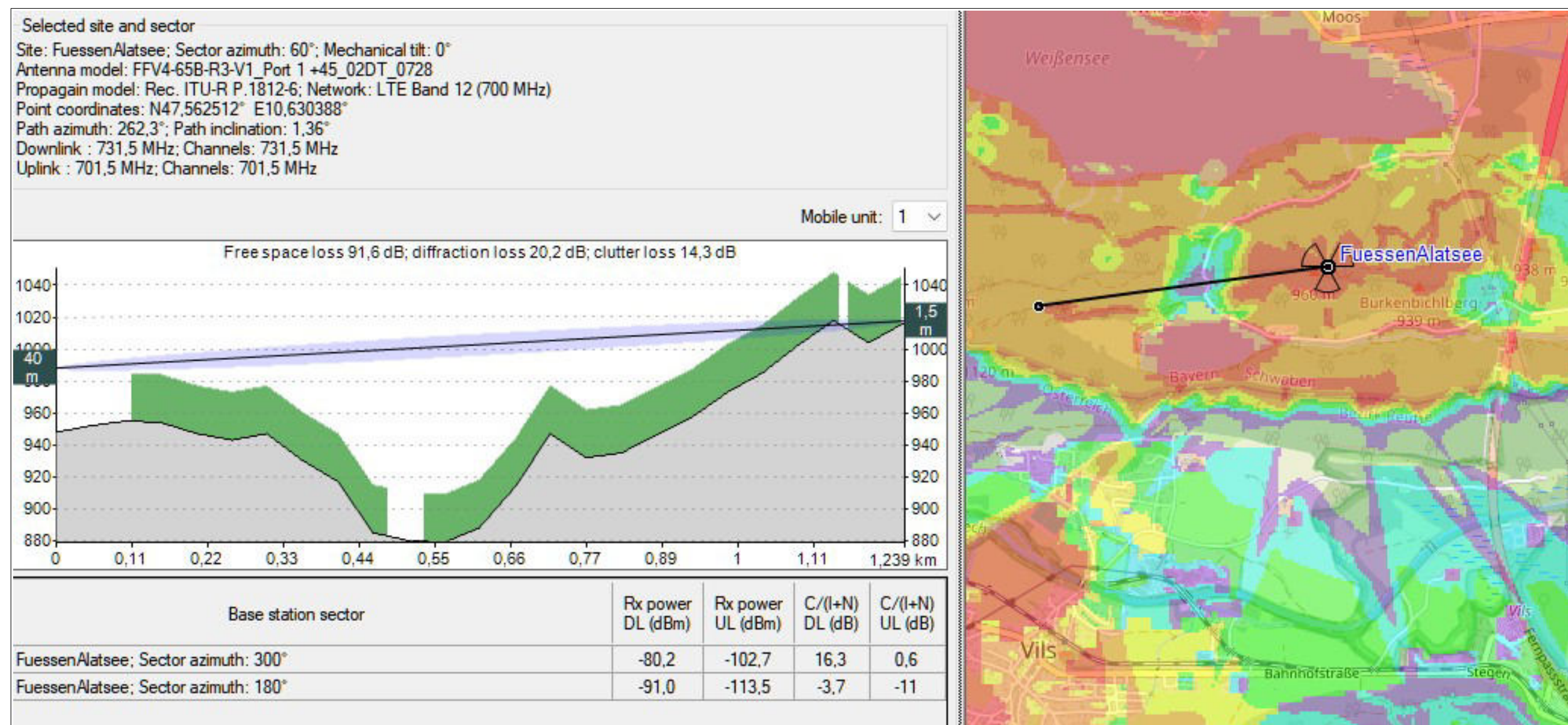


Abbildung 16 Geländeschnitt zum Alatsee westlicher Bereich

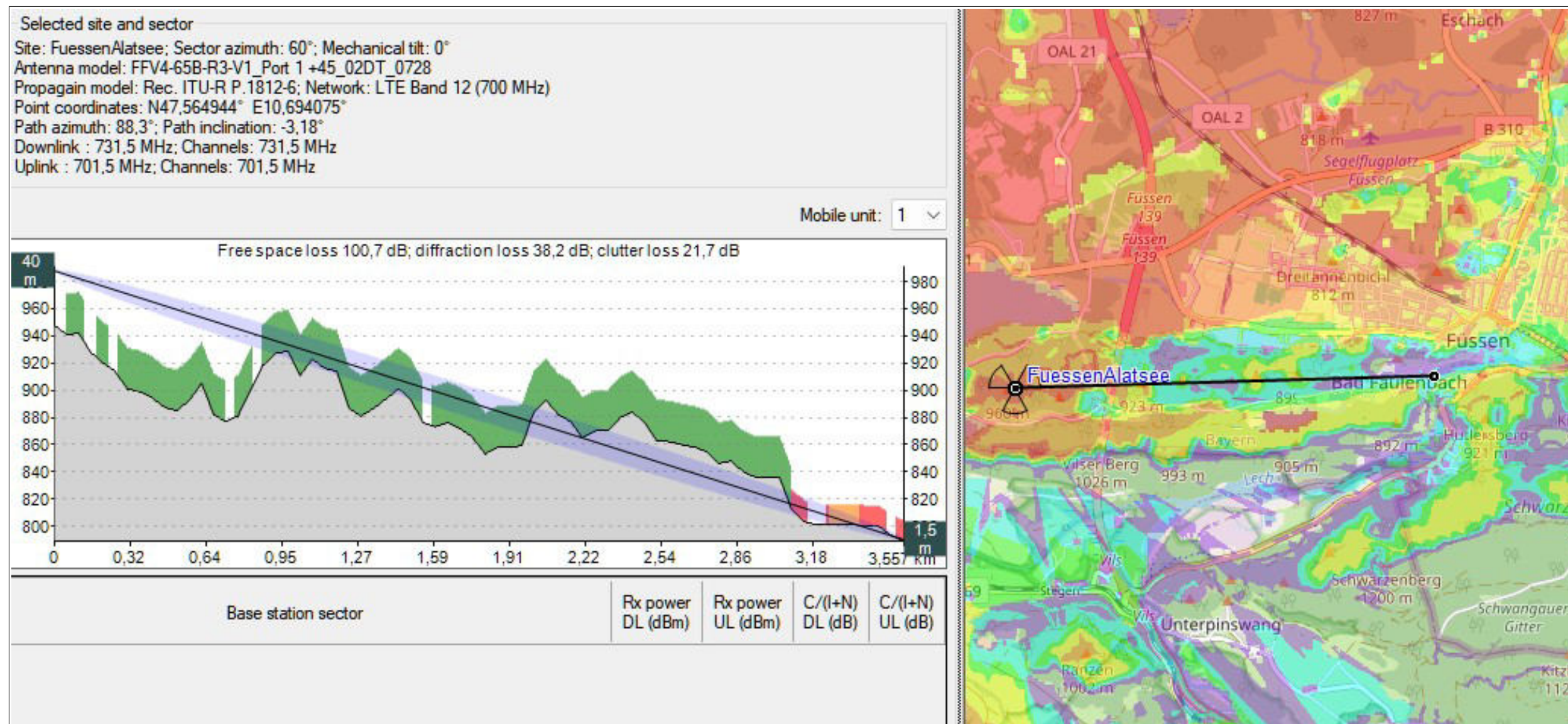


Abbildung 17 Geländeschnitt nach Bad Faulenbach