

**# GEMEINSAM
ZUKUNFT
GESTALTEN**

Mobilfunkversorgungsanalyse für die StädteRegion Aachen

(excl. Stadt Aachen)



Inhaltsverzeichnis

1	Projektbeschreibung	4
2	Chronologie der Besprechungen, Präsentationen und Messfahrten	6
2.1	Videokonferenzen bzw. Vor-Ort Besprechungen	6
2.2	Zeitplanung der Messungen und Präsentationen, Pressetermin	6
3	Bestandsaufnahme und Situation von Mobilfunk und Breitbandausbau	7
3.1	Mobilfunksituation in Deutschland	7
3.2	Breitbandversorgung	11
3.3	Private Netze (5G Campus) und Frequenzbänder	12
3.4	Smart City / Region	16
3.5	Gesellschaftliche Zukunftstrends	17
3.6	Situation in den Nachbarländern Belgien und Niederlanden	23
4	Erstellung einer Mobilfunkausbaustrategie	24
4.1	Identifizierung und Ausarbeitung von Themen- und Handlungsfeldern einer StädteRegionalen Mobilfunkkoordination	25
4.2	Erstellung einer 5G-Strategie	26
4.3	Aufzeigen von Entwicklungsmöglichkeiten im Bereich Mobilfunkinfrastruktur sowie sinnvolle Verknüpfung mit dem Glasfaserausbau	26
5	Ergebnisse der Bestandsaufnahme und Vormessungen zur Erfassung der Mobilfunksituation	27
5.1	Recherche zu Basisstation - Standorten der Netzbetreiber	27
5.2	Strecken	29
5.3	Potenzielle Interferenzen der Mobilfunkbetreiber	30
5.4	Roaming Situation in Grenzgebieten	34
6	Erarbeitung des Messkonzepts	35
6.1	Einstellung Messtechnik	35
6.2	Fahrstrecken Vorschlag	36
7	Methodik	38
7.1	Messaufbau	39
7.2	Messkonfiguration	41

7.3	Beschreibung der Messhardware / Messaufbau	42
7.4	Messstrecken und Messzeitraum	44
8	Ergebnisse	47
8.1	Funkversorgung 2G/4G/5G	47
8.2	Analyse der Funkbänder je Netzbetreiber	61
8.3	Funkstörungen aus den Nachbarländern	63
8.4	Mobiltelefone Daten- und Sprachdienste	66
8.5	Telefonate	88
9	Ganzheitliche Strategie für Mobilfunkausbau	90
9.1	Ziele pro Kommune	90
9.2	Messergebnisse zur Detektion von weißen / grauen Flecken	91
9.3	Bewertungsmatrix und Auswertung	92
10	Zusammenfassung der Ergebnisse der Messfahrten	94
11	Detailanalyse der Messergebnisse auf Kommunenebene	96
11.1	Gesamtüberblick: geordnet nach Mobilfunkqualität	97
11.2	Gesamtüberblick: geordnet nach Region / Kommunen	98
11.3	Gesamtüberblick: geordnet nach Nutzung	99
11.4	Mobilfunkversorgung nach geographischer Lage	100
11.5	Mobilfunkversorgung nach Kommunen	100
11.6	Mobilfunkversorgung nach Nutzungsart	101
11.7	Mobilfunkversorgung nach Netzanbieter	101
11.8	Mobilfunkversorgung in Abhängigkeit von der Bevölkerungsdichte	101
12	Perspektiven für die Kommunen in Bezug auf die Mobilfunkversorgung	103
12.1	Kriterien und Datenmaterial für die ergänzenden Beschreibungen	104
12.2	Beschreibung der Kommunen	105
13	Steckbriefe pro Kommune	110
14	Zusammenfassung	120

1 Projektbeschreibung

Die StädteRegion Aachen besteht aus den Städten Aachen, Alsdorf, Baesweiler, Eschweiler, Herzogenrath, Monschau, Stolberg und Würselen sowie den Gemeinden Simmerath und Roetgen. In der StädteRegion Aachen (ohne Stadt Aachen) leben rund 310.000 Menschen auf ca. 550 km².

Gemäß vieler Erfahrungsberichte aus der Bevölkerung, von Touristen, Gewerbe und Industrie in der StädteRegion Aachen existieren Klagen über die Mobilfunkqualität aller Netzbetreiber im Allgemeinen. Eine der Ursachen könnte im südlichen Gebiet durch die topografische hügelige Lage bedingt sein, aber auch durch die Grenzlage zu Belgien und den Niederlanden ist die Mobilfunkversorgung in westlichen Gebieten der StädteRegion Aachen als kritisch anzusehen. Hierbei können benachbarte Netzbetreiber ebenfalls auf ähnlichen Frequenzen senden und sich gegenseitig stören.



StädteRegion Aachen – Übersicht

Auf Grundlage dieser Strategie werden die weitergehenden Maßnahmen und übergreifenden Ziele einer kreisweiten Mobilfunkkoordination geplant und bearbeitet. Voraussetzung zur Strategieerstellung sind aus Sicht der Auftraggeberin beispielsweise ein belastbarer Überblick über die Versorgungslage, die Identifizierung von kommunalen und kreisweiten Zielen sowie von Tätigkeitsfeldern einer kreisweiten Mobilfunkkoordination ausgehend von folgenden Schritten:

- **Arbeitspaket 1**
In einem ersten Schritt soll hierfür eine Bestandsaufnahme der Mobilfunksituation durch unter anderem von der Bundesnetzagentur zur Verfügung gestellten

Daten ermittelt werden. Die Mobilfunksituation im Grenzbereich soll auch durch geeignete unterstützende Messungen erfasst werden. Hierbei soll auch eine exemplarische Vormessung und -auswertung der potenziellen Ursachen der subjektiv mangelhaften Mobilfunkversorgung durchgeführt werden.¹

- **Arbeitspakete 1.a und 1.b**
Für die Strategieentwicklung des Breitbandausbaus sowie für die Erarbeitung einer ganzheitlichen Strategie für den weiteren Mobilfunkausbau der Region werden Grundlagen, Empfehlungen und Erfahrungen von ähnlich gelagerten Projekten erstellt. In diesen Bericht fließen weiterhin eine Detailanalyse der Messergebnisse des Arbeitspakets 2 heruntergebrochen auf Kommunenebene mit ein. Dieses soll in der Kommunikation der Mobilfunkkoordination mit den Kommunen hinsichtlich der Beschreibung der Situation und der weiteren Strategie zur möglichen Verbesserung der gegenwärtigen Versorgungslage dienen² (siehe Arbeitspaket 3).
- **Arbeitspaket 2**
In einem zweiten Schritt wurden für das Gesamtgebiet der StädteRegion Aachen eine Versorgungsmessung zur Erfassung der Mobilfunkqualität aller drei deutschen Mobilfunkbetreiber (Telekom, Vodafone und O2 / Telefonica) durchgeführt. Schwerpunkt hierbei lag auf der Datenqualität von Smartphones sowie den Signalpegeln in 4G(LTE) und 5G.³
- **Arbeitspaket 3 und Zusammenfassender Bericht**
Durch eine detaillierte Analyse der erfassten Daten sollen abschließend Handlungsempfehlungen zu Folgemaßnahmen ausgearbeitet werden. Sowohl die erhobenen Daten als auch die Analyseergebnisse und die Handlungsempfehlungen sollen der Auftraggeberin als Grundlage für Gespräche mit den Mobilfunkanbietern sowie politischen Gremien und Bürgerinnen und Bürgern dienen.

¹ BBM Testlab Bericht N88154/B01 vom 05.09.2023

² BBM Testlab Bericht N88154/B03 vom 17.01.2024

³ BBM Testlab Bericht N88154/B02 vom 03.11.2023

2 Chronologie der Besprechungen, Präsentationen und Messfahrten

Die Beauftragung zu dem Projekt erfolgte per Mail zum 19. Mai 2023 und per Vertrag zum 6. Juni 2023.

Seit Projektstart wurden folgende Besprechungen – teils über Videokonferenz und auch als Präsenztreffen in Aachen durchgeführt.

2.1 Videokonferenzen bzw. Vor-Ort Besprechungen

- Montag, 5. Juni 2023 – 10 Uhr Zoom Konferenz.
Erstgespräch zur Mobilfunkversorgungsanalyse in der StädteRegion Aachen
Teilnehmende: Frau Fabian, Frau Lauffs, Herr Kleinsteuber, Gregor Feneberg – BBM Testlab.
Themen: gegenseitige Vorstellung, Vorstellung BBM Testlab. Erster Austausch hinsichtlich Methoden, Zeitvorstellung und Dokumentation der Messergebnisse.
- Montag, 3. Juli 2023 – 14:15 Uhr Zoom Konferenz.
Teilnehmende: Frau Fabian, Herr Pontzen, Gregor Feneberg – BBM Testlab.
Folgetreffen zum Austausch und Kennenlernen. Erläuterung des Sachstands und Vorbereitung sowie grobe Zeitplanung bis Anfang November (Termin 9. November Präsentation der Messergebnisse)
- Donnerstag, 3. August, 11 Uhr. Vor-Ort Besprechung in den Räumlichkeiten der StädteRegion Aachen, Zollernstr. 10.
Teilnehmende: Frau Fabian, Herr Pontzen, Gregor Feneberg – BBM Testlab.
Besprechung zur weiteren Vorgehensweise. Erläuterung zur nachfolgenden kurzen Messfahrt für die Bestandsaufnahme der Mobilfunksituation. Abstimmung des Zeitplanes. Abstimmung zur Ausnahmegenehmigung zum Befahren von Wald- und Forstwegen.
- Dienstag, 29. August, 10 Uhr Zoom Konferenz.
Teilnehmende: Frau Fabian, Herr Pontzen, Gregor Feneberg – BBM Testlab.
Ergebnispräsentation der Messfahrt, Abstimmung über Details der geplanten Messkampagne voraussichtlich in der KW 38. Besprechung zum geplanten Foto-/Pressetermin mit Herrn Dr. Grüttemeier am Mess-Fahrzeug in Stolberg.
- Weitere regelmäßige Zoom Videomeetings mit den Auftraggebern im Zeitraum September 2023 bis Mai 2024

2.2 Zeitplanung der Messungen und Präsentationen, Pressetermin

Neben den Besprechungen wurden in der ersten Phase (Arbeitspaket 1) folgende Untersuchungen und Recherchen durchgeführt:

- Erfassung der 4G Standorte der drei deutschen Netzbetreiber anhand von Unterlagen der Netzbetreiber in der Cloud des Auftraggebers (my-ucloud.regioit.de) sowie anhand eigener Quellen und Recherchen.
- Erfassung und Recherche der grenznahen belgischen und niederländischen 4G Basisstations-Standorte anhand eigener Recherchen.
- Zuordnungen der verwendeten Frequenzen bzw. Bänder auf die Netzbetreiber und Standorte.
- Durchführung einer zweitägigen Messfahrt am 3 / 4. August 2023 mit einem Mobilfunkscanner zur Erfassung der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Mobilfunkfrequenzen und -bänder der deutschen, belgischen und niederländischen 4G und 5G Netze.
Die Messfahrt führte durch 16 Ortschaften in Aachen, der Region Aachen, Belgien und den Niederlanden.
- Auswertung der Messfahrt und Abgleich mit der Basisstationsliste.
- Vorauswertung der potenziellen Interferenzbereiche aufgrund der gleichen Frequenzzuordnung in unterschiedlichen Ländern.
- Vorschlag für die Messstrecken in der großen Messkampagne mit Messfahrzeugen.
- Pressetermin am 12. September in der Zollernstraße am Haus der StädteRegion Aachen.
- Messfahrten zwischen dem 17. und dem 25. September 2024.
- Präsentation der ersten Ergebnisse im Ausschuss für Strukturentwicklung, Wirtschaft, (Eu-)regionale Zusammenarbeit und Tourismus der StädteRegion Aachen am 9. November 2023.

3 Bestandsaufnahme und Situation von Mobilfunk und Breitbandausbau

3.1 Mobilfunksituation in Deutschland

In Deutschland gibt es drei unabhängige Netzbetreiber ⁴):

- | | | |
|-----------------|----------------|--------------------|
| • Telekom | GSM / LTE / 5G | ca. 56 Mio. Kunden |
| • Vodafone | GSM / LTE / 5G | ca. 31 Mio. Kunden |
| • O2 Telefonica | GSM / LTE / 5G | ca. 44 Mio. Kunden |

⁴ [https://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_network_codes_in_ITU_region_2xx_\(Europe\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_network_codes_in_ITU_region_2xx_(Europe))

- Drillisch 1&1 5G (+ national Roaming mit O2) Anzahl Kunden unklar – Start 2023 mit 200 Antennen - Überwiegende Kunden als virtueller Netzbetreiber über O2 Netz.

Die Nutzung der mobilen Telefonie startete in großem Maßstab in Deutschland in den 90er Jahren mit der ersten Digital Generation 2G (GSM Global System for mobile Communications). Die Telefone waren ausschließlich für Sprachkommunikation ausgelegt, waren handlich und durch die zwei rasch aufgebauten Netze der Deutschen Telekom (DeTe Mobil) und Mannesmann-Mobilfunk (später Übernahme durch Vodafone) konnte schon bald flächendeckend mobil telefoniert werden. Trotz einer klar schlechteren Sprachqualität im Vergleich zum Festnetz war mobiles Telefonieren ein Game-changer und Statussymbol und gewann rasch an Beliebtheit. In den europäischen Nachbarländern war im Wesentlichen dasselbe Funksystem vorhanden, so dass man bei zwar deutlich höheren Kosten im Urlaub oder auf Dienstreise keine Telefonzelle mehr benutzen musste.

In Deutschland folgte 1995 der dritte Netzanbieter E-plus und 1998 VIAG Interkom (später O2), mit Unterstützung der British Telecom und KPN aus den Niederlanden. Durch den vergleichsweise späten Start dieser beiden Netzanbieter lagen sie im Netzausbau und Wettbewerb mit der Telekom oder Vodafone immer zurück und zeigten in Vergleichstests stets schlechtere Qualität und Abdeckung. Dieser Mangel durch die Verzögerung ist teilweise heute immer noch spürbar.

E-plus und O2 fusionierten ab 2014 zum gemeinsamen Firmennamen O2 durch die Mutterfirma Telefonica und legten die beiden Funknetze zusammen.

Der Kurznachrichtendienst SMS (short message service) wurde ab Mitte der 90er Jahre populär und konnte in den Folgejahren stetig an Bedeutung gewinnen. Mitte der 2000er Jahre überstiegen sie sogar die Umsätze der Sprachtelefonie (2005 mit einem Spitzenwert von 28 Mrd € in Deutschland). Durch die immer besser werdenden Datendienste wurde SMS aber dann von kostenlosen Messagediensten wie Whats App oder Signal abgelöst.

Die nächste Mobilfunkgeneration UMTS (Universal Mobile Telecommunication System), auch 3. Generation (3G) genannt, startete Anfang der 2000er Jahre mit einer für die öffentliche Hand sehr lukrativen Versteigerung der Funkfrequenzen um 2 GHz. Durch die hohen Ausgaben und die darüber hinaus nötigen Investitionen in den Netzausbau verschätzten sich einzelne Netzanbieter und so gaben auch Anbieter (QUAM und Mobilcom) die Lizenz zurück.

Es dauerte noch einige Zeit bis ca. 2010, bis sowohl die Netzbetreiber als auch die Gerätehersteller das UMTS System für Endkunden nutzbar machten. In der Sprachtelefonie gab es kaum Unterschiede zu UMTS. Aber auch erst mit den Ausbaustufen HSDPA bzw. HSUPA (High speed downlink/uplink package access) konnte man mit Einschränkungen von flüssiger Internetnutzung sprechen. In dieser Zeit fiel auch die Einführung der Smartphones (Organizer, Palm) im Vergleich zu den früheren Tastentelefonen, aber erst mit den 2007 vorgestellten iPhones mit Touchbedienung und hoch-

auflösendem Bildschirm wurde die Daten und Internetnutzung über Mobilfunk real nutzbar.

Einen weiteren gewaltigen Schritt für die mobile Datennutzung von Internet, Messaging Diensten, Social Media, E-Mail oder Cloudnutzung wurde aber erst mit der Einführung der 4. Mobilfunkgeneration (4G, LTE Long Term Evolution) gemacht. Für die 4G Nutzung wurden auch wichtige Frequenzblöcke um 800 MHz versteigert, die früher von Fernsehanstalten und in der Veranstaltungstechnik benutzt wurden. Diese wurden als digitale Dividende bezeichnet. Damit konnte man mit einem Standort deutlich höhere Reichweiten (Abdeckungen) erzielen, was auf dem Land und in den ländlichen Regionen zu einer deutlich verbesserten Internetnutzung führte.

Ausgehend wiederum von einer Versteigerung der Funkfrequenzen um das Jahr 2010 startete das Funksystem LTE/4G deutlich schneller als UMTS, so dass man in der ersten Hälfte der 2010er Jahre, mit dem damals immer populär werdenden Smartphone wirklich vom mobilen Internet sprechen konnte. Die Anwendungsfälle wuchsen auch in Fahrzeugen mit Navigationslösungen und damit auch mit dem Einbau in Fahrzeuge rasch an. Smartphones lösten damit die fest und nachträglich installierten Navigationsgeräte ab, ebenfalls durch immer besser werdende Kameramodule und Software die Kompaktkameras und wurden somit in diesen Jahren zu einem zentralen Gerät und Bestandteil der Kommunikation.

Durch den Erfolg von LTE wurde in Deutschland 2020/21 UMTS von allen drei Netzanbietern abgeschaltet. Die freiwerdenden Frequenzen wurden für LTE und 5G weiterverwendet, eine spürbare Auswirkung auf die Nutzer hatte diese Abschaltung nicht, da nahezu alle modernen Telefone über LTE verfügen.

Umgekehrt wäre das Abschalten des älteren Systems 2G/GSM (wie derzeit in der Schweiz) ein massiverer Eingriff in die vom Nutzer empfundene Qualität. Nicht zuletzt durch die auch in dieser Untersuchung festgestellte schwache Mobilfunkversorgung in ländlichen Regionen ist 2G/GSM immer noch eine wichtige Stütze für die Sprachtelefonie und vor allem auch für Notrufe. Hierbei kann man mit jedem Telefon (und auch im Auto über eCall) mit wahlweise einem der drei Netzanbieter, der gerade noch empfangbar ist, einen Notruf absetzen. Weiter funktionieren in Deutschland viele Dienste und Funkmodems - wie etwa das Autobahn LKW Mautsystem Toll Collect - ausschließlich über 2G.

Mit dem Start der nächsten Mobilfunk Ausbaustufe, 5G Ende der 2010er Jahre änderte sich für den Normalanwender zunächst sehr wenig. Die theoretisch denkbaren Beschleunigungen von 5G zu 4G (Datenraten oder Latenzzeiten) sind auch momentan per Smartphone nicht richtig spürbar. Hinzu kommt, dass trotz dem 5G Symbol im Smartphone sehr häufig das Funksystem eine Kombination von 4G und 5G ist. Man spricht hierbei von Non Standalone 5G (NSA-Mode). Gründe dafür sind weniger technisch begründet als aus Marketinggründen. Durch das enorme Medieninteresse zu 5G zu Corona-Zeiten war der Druck für eine sehr rasche Einführung von 5G stark. Mit der NSA Technik genügte - vereinfacht gesagt - nur ein Software Update auf den Funk Standort, um diesen als 5G gelten zu lassen.

Für reines 5G (SA / Stand Alone) sind momentan die meisten SIM Verträge noch nicht freigeschaltet, auch die Hardware (Smartphones) können nur mit den Spitzenmodellen reines 5G nutzen.

Momentan trägt in Bezug auf die mobile Netzversorgung also immer noch 4G die Hauptlast. Für einen durchschnittlichen Anwender, der auch Videodienste wie Netflix oder YouTube nutzt, ist eine gute bis sehr gute LTE-Versorgung völlig ausreichend, um ein sehr gutes Nutzererlebnis zu haben.

Auf der Seite der Netzbetreiber hingegen bietet jedoch 5G einige deutliche Vorteile, die der normale Anwender nicht unmittelbar bemerkt:

- Deutlich höhere Anzahl eingebuchter Telefone oder Modems in einer Funkzelle, dadurch weniger Funkmasten und Hardware (Faktor 1000)
- Deutlich verbesserte spektrale Effizienz: pro Frequenzblock können deutlich höhere Datenmengen verarbeitet werden. (Faktor 3).
- *Network Slicing*: hierbei kann der Netzanbieter je nach Vertrag oder SIM Karte völlig unterschiedliche Qualitätsstufen für die Datenübertragung, Priorisierung oder Telefon-Sprachqualität vorsehen. Ein Nutzer mit einer PrePaid SIM Karte eines virtuellen Netzanbieters bekommt somit eine deutlich schlechtere Qualität als ein „Premium“-Nutzer mit unbegrenztem Datenvolumen.

Diese Verbesserungen aus Sicht der Netzanbieter wirken sich insgesamt auch auf den verringerten Leistungsbedarf der Netzkomponenten aus. Dadurch aber, dass das benötigte Datenvolumen über die Jahre exponentiell wächst, bleibt der gesamte Energiebedarf eher konstant, als dass er zurückgeht.

So bietet die 5G Technologie eine Funkübertragung für - einerseits - Heizungsablese-Sensoren mit einer kleinen Batterie, die nur alle 10 Jahre gewechselt werden muss und – andererseits - einem autonomen Roboter mit Kameras und Scanner, der bei höherer Geschwindigkeit enorme Datenmengen blitzschnell und ausfallsicher verarbeiten muss, um eine Kollision zu vermeiden. Im Vergleich zu WiFi (WLAN) bedeutet 5G für die Anwender auch einen sichereren und stabileren Netzzugang.

Die 5G Technik bietet also vor allem mehr Flexibilität und effizientere Nutzung der Infrastruktur der Netzbetreiber. Inwieweit sich das auf die Kosten und die empfundene Mobilfunkqualität auswirkt, ist derzeit noch schwer abzuschätzen.

Parallel zu den „richtigen“ Netzanbietern, welche die Mobilfunk Infrastruktur aufbauen und vorhalten, betreiben die sogenannten Virtuellen Netzanbieter kein eigenes Funknetz. Sie haben jeweils Verträge mit den großen Netzbetreibern und kaufen ihnen Kontingente und Kapazitäten ab. Ein hin- oder herschalten zwischen den Netzen wie im Ausland im Roamingzustand funktioniert mit diesen Karten im Heimatland nicht. Auch sind meistens weder die volle Qualitätsstufe wie die schnellsten Datenraten über 4G/5G noch eine unbegrenzte Datenmenge verfügbar.

3.2 Breitbandversorgung

Unter Breitbandversorgung versteht man einen Internetzugang mit hoher Bandbreite bzw. Datenübertragungsrate. Nach derzeitigem Stand spricht man von Breitband mit mehr als 50 Mbit/s Datenübertragungsgeschwindigkeit im Download.

Die ersten Internetzugänge in den 80er Jahren wurden über analoge Telefonleitungen mit sog. Modems verwirklicht. Hierbei legte man den Telefonhörer auf einen Akustikkoppler und schickte Datenpakete, codiert mit verschiedenen Tönen, zum Empfänger. Die ersten digitalen Übertragungswege wurden über das ISDN System fortentwickelt. Man spricht bei diesen ersten beiden Systemen aber noch von Schmalbandversorgung.

Eine Breitbandversorgung kann über verschiedene Systeme und Leitungen bereitgestellt werden:

- Telefonnetz (einfach abgeschirmte mehrfache Kupferkabel)
- Kabelfernsehtnetz (ein effizienter abgeschirmtes Kupferkabel - Koaxialkabel)
- Glasfasernetz
- Mobilfunknetze (terrestrisch)
- Elektrizitätsnetze / Bahntrassen
- Internetzugang über Satelliten
- Luftfahrzeuge (Ballons oder Drohnen)

In den 90er Jahren entschied sich das damalige Postministerium für eine landesweite Verlegung des (damals schon technisch veralteten) Kupferkabels anstatt der moderneren Glasfaserleitungen. Diese Kabel (besser: Koaxialkabel) wurden zunächst vorrangig für die Fernsehnutzung verwendet, erst später wurden diese Kabel dann für eine im Vergleich zu den mehradrigen, schwach abgeschirmten Telefonie Kupferkabel, hochwertigere Datennutzung erweitert (DSL, VDLS).

Diese damalige Wahl (Kupfer statt Glasfaser) hat auch heute noch Auswirkungen auf die im Vergleich zu anderen Ländern schlechtere Internetversorgung in städtischen und ländlichen Gebieten.

Die derzeit schnellste Breitbandversorgung über Glasfaser könnten in Deutschland ca. 13 Millionen Haushalte nutzen, davon sind aber nur 3,4 Millionen angeschlossen (Quelle Statista ⁵), andere Quellen gehen von 2,6 Millionen Anschlüssen aus ⁶). Damit

⁵ <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/3339/umfrage/umsatz-in-der-deutschen-telekommunikationsbranche-seit-1998/>

⁶ https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Berichte/2023/JB_TK_2022.pdf?__blob=publicationFile&v=1

befindet sich Deutschland auf dem Platz 35 des Länderrankings. Eine weitere Ursache hierfür ist die Konkurrenzsituation der Glasfaser-Betreiber mit der Deutschen Telekom, die auch die Infrastruktur mit den Leerrohren besitzt. Generell besteht im Glasfaserausbau und -nutzung ein starkes Stadt-Land Gefälle in Deutschland. In Nordrhein-Westfalen kommt die StädteRegion Aachen auf eine Glasfaseranschluss-Quote von 29,1 % (Stadt Aachen 29,9%, Coesfeld 80,4%, Düren 16,6% ⁷)

Die Situation des Kabelnetzes in Deutschland ist derzeit eine Monopolstellung von Vodafone nach der Übernahme von Kabel Deutschland und Unitymedia. Derzeit besitzen 41% der deutschen Haushalte einen Kabelanschluss ⁸).

Mit einem Anteil von ca. 69% (35,4 Millionen) haben die deutschen Haushalte noch immer einen Internetanschluss basierend auf Kupferkabel und DSL-Technologien (Telekom 55%; Wettbewerber 45%). Davon hat das schnellere VDSL wiederum einen Anteil von 70%.

Alle anderen Breitbandzugänge wie funkbasierte LTE/5G Modems oder Satellitenfunk haben einen zu vernachlässigenden Anteil von weniger als 0,1 Millionen Anschlüsse in Deutschland.

Sucht man in der ländlichen Region bei unzureichender Breitbandversorgung nach Alternativen, so gibt es – ohne dass man selbst ein Kabel verlegt – nur die funkbasierten Technologien über Mobilfunk oder Satellit. Nachteilig für die Satellitenlösung sind neben den Kosten, dass der Uplink deutlich schlechter als der Downlink ist und die Latenzzeiten sehr hoch ausfallen (Quelle: SkyLink).

Ähnliches gilt für die LTE/5G Hotspot Modems wie GigaCube oder Homespot. Hierbei kommt es in erster Linie auf die gute Mobilfunkversorgung des Netzes am jeweiligen Nutzungsort an. Aber auch für den Fall, dass man einen guten Empfang hat, muss man sich wie auch mit den Satellitenübertragungen mit allen anderen Nutzern die Gesamtkapazität teilen. Bei 10 gleichzeitigen Nutzern bekommt jeder nur noch 1/10 der maximalen Datenrate. Diese Abhängigkeit von anderen Teilnehmern ist deutlich stärker als bei kabelgestützten Breitbandversorgungen.

3.3 Private Netze (5G Campus) und Frequenzbänder

Im Zuge der Evolution der Mobilfunktechnik von 4G (LTE – Long Term Evolution) nach 5G gibt es eine parallele Entwicklung zu den traditionellen etablierten Netzanbietern. Normale Netzanbieter wie in Deutschland die Deutsche Telekom, Vodafone, O2/Telefonica und neuerdings auch Drillisch (1&1) integrieren das neue 5G Netz in

<https://data.bundesnetzagentur.de/Bundesnetzagentur/SharedDocs/Mediathek/Taetigkeitsberichte/2023/taetigkeitsberichttk20222023.pdf>

⁷ Quelle Gigabit NRW, GlasfaserAtlas)

⁸ https://de.wikipedia.org/wiki/Vodafone_Deutschland#Digitales_Kabelfernsehen

ihre bestehende Netzarchitektur mit ein, wechseln ggf. bestehende Frequenzen von 3G/4G auf 5G (sogenanntes Refarming) und bieten derzeit somit 3 parallele Funkssysteme an. Der Nutzer am Mobiltelefon merkt in der Regel nicht direkt, über welches Funksystem er telefoniert oder surft. In der oberen Zeile am Telefon wird das System nur sehr klein eingeblendet.

Neu allerdings mit Einführung der 5G Technologie ist die Möglichkeit für Firmen, Bildungs- und Forschungseinrichtungen und Behörden, im Rahmen einer kleinräumigen Nutzung von 5G als 5G Campus ein eigenständiges Funknetz mit eigenen SIM-Karten für Telefone oder Funkmodems zu betreiben. Diese Institutionen sind somit eigene kleine Netzbetreiber. Voraussetzung hierfür ist eine Genehmigung durch die Bundesnetzagentur; ein unkomplizierter Vorgang mit einer – abhängig von der Gebietsgröße – überschaubaren Lizenzgebühr. Diese Beantragung startete ab dem Jahr 2019, inzwischen sind derzeit ca. 350 Campusnetze beantragt bzw. in Betrieb, im Raum Aachen zum Beispiel:

- Ericsson 5G Eurolab Herzogenrath
- IT-Center der RWTH Aachen (mit IPT Fraunhofer Gesellschaft)
- m3connect GmbH
- umlaut communications GmbH

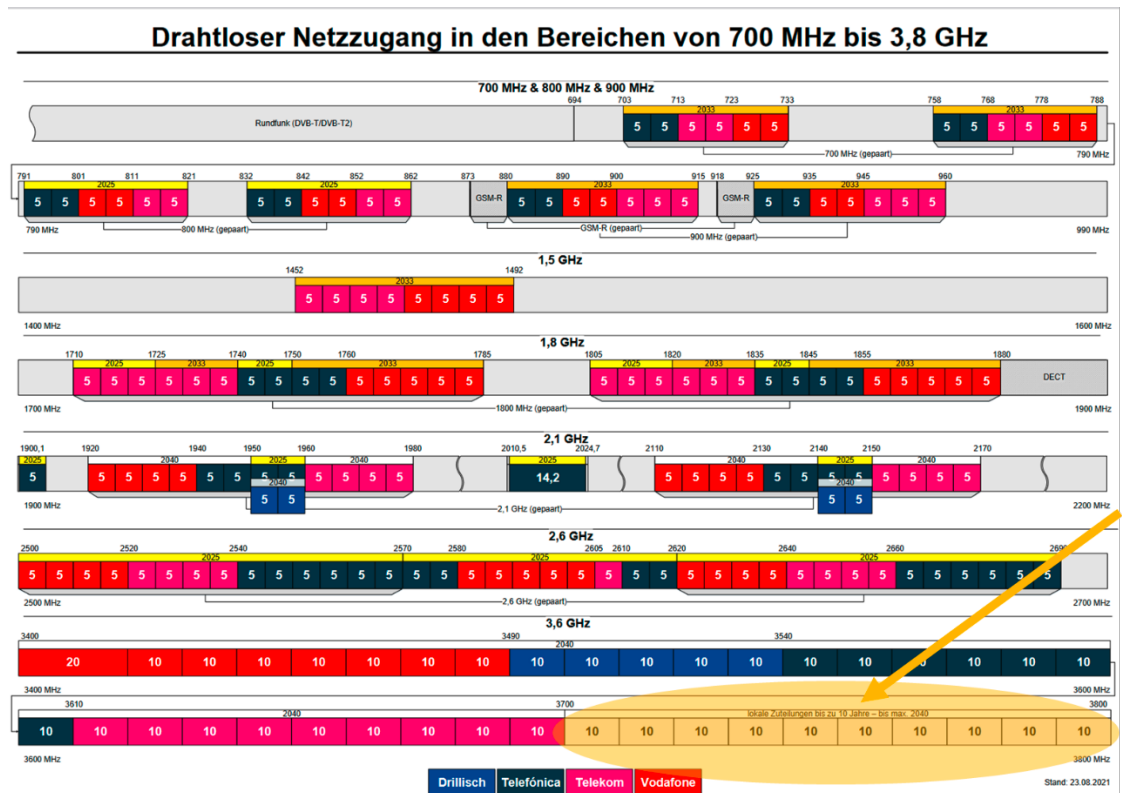
Die Bundesnetzagentur hat hierfür vor einigen Jahren zu den schon lizenzierten Frequenzen zwischen 700 MHz und 3.700 MHz (3,7 GHz) auch die sogenannten Bänder n78 für diese Campusnetze zwischen 3,7 und 3,8 GHz reserviert. Eine Übersicht zu den von den Netzbetreibern für die kommenden Jahre ersteigerten Frequenzen gibt die folgende Aufstellung (Quelle Bundesnetzagentur ⁹):

Aufgeführt werden hier die sogenannten Frequenzblöcke im Bereich des Funkspektrums zwischen 700 MHz (0,7 GHz) bis zu 3.600 MHz (3,6 GHz) für die Mobilfunksysteme 2G, 3G (früher), 4G, 5G sowie für die 5G Campusnetze. Die Farben der einzelnen Funkblöcke sind den Netzbetreibern zugeordnet, die Breite der Blöcke bilden die Leistungsfähigkeit der möglichen Datenübertragungsraten ab. Somit ist ein 10 MHz breiter Block deutlich performanter als ein 5 MHz breiter Block.

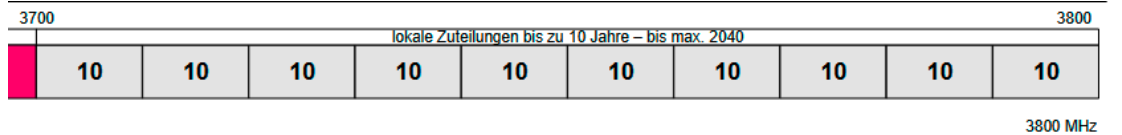
Bis auf den unten rechts mit Gelb markierten Bereich werden alle diese Blöcke deutschlandweit ausschließlich von den drei großen Netzbetreibern eingesetzt, Drillisch startet gerade mit seinem eigenen Netz.

9

Quelle:https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/LokaleNetze/Zuteilungsinhaber3,7GHz.pdf?__blob=publicationFile&v=9



Eine Vergrößerung des reservierten 5G Campus Bereichs zeigt folgende Abbildung, aufgeteilt in einzelnen Frequenzblöcke von 10 MHz Breite. Je breitbandiger man sein Campusnetz beantragt und betreibt, desto höhere Datenraten können hier verwirklicht werden.



Jeder Campusnetzbetreiber hat auch die Verpflichtung, seine Funksituation mit dem benachbarten Netzbetreiber oder den benachbarten Netzbetreibern (in diesem Falle mit der Deutsche Telekom) technisch in Bezug auf mögliche Störungen abzustimmen und zu überwachen. Beispielsweise können durch zeitliche Synchronisationsstörungen im sog. TDD (Time Division Duplexing) des Bandes n78 insbesondere im Uplink / Upload von Daten massive Störungen auftreten.

In den privaten Campus Netzen können unterschiedliche Anwendungen verwirklicht werden:

- WiFi / WLAN Ersatz durch eigene SIM-Karten / eSIM Verträge mit den Nutzern am Standort. Hierbei können, wie im WLAN-Netz verschiedene Datendienste und Zugriff auf Clouddienste für die Endgeräte wie Rechner oder Smartphones vorgesehen werden. Eine reine Sprachtelefonie über die Mobilfunknummer wie im normalen Mobilfunknetz ist hierbei nicht vorgesehen, jedoch können alle

internetbasierten IP-Telefonate oder Webdienste wie Zoom oder Teams benutzt werden.

- Kabellose Versorgung mit der Cloud oder Datenbanken von Maschinen, Robotern, Kränen oder autonomen Fahrzeugen in Gebäuden oder im Freien. Hierbei können mit mehreren Antennen auch großflächige Versuchsstrecken von Teststrecken oder auch in Häfen verwirklicht werden.
- Ankoppelung und Vernetzung auch einer sehr hohen Anzahl von Modems, Sensoren, Kameras, Mikrofonen in einem Areal, die alle mit einer internetbasierten Cloud kommunizieren sollen.
- Fernsteuerung von zeitkritischen Applikationen wie Operationen mit Robotern und deren Steuerung durch VR oder AR-Brillen (Virtual oder Augmented Reality). Hierbei kommt es insbesondere auf Aspekte wie Ausfallsicherheit und sehr schnelle Reaktionszeiten (niedrige Latenzen) an.

Der technische Aufbau bzw. die Installation und Inbetriebnahme von 5G Anlagen mit intelligenten Antennen und der Logik und den Rechnern zum Betrieb kann auf unterschiedliche Arten erfolgen: Die traditionellen Netzbetreiber wie die Telekom oder Vodafone können einer Firma oder einer Institution schlüsselfertige Campus Netze verkaufen oder vermieten. Es gibt aber auch Hersteller der Mobilfunkkomponenten (sogenannte Ausrüster wie Ericsson oder Nokia), die ebenfalls die Systeme vermieten oder verkaufen. Auch gibt es hier mit der sogenannten OpenRAN Technologie kompaktere Produkte über einen Mobilfunkausrüster hinweg, wo man sich Komponenten unterschiedlicher Hersteller zusammenstellen kann.

Inzwischen werden einzelne Komponenten des Mobilfunknetzes immer stärker von der Hardware auf Softwarelösungen und zum Teil völlig in der Cloud realisiert. Hinter den Sende- und Empfangsantennen sitzen hier nur noch leistungsfähige Rechner sowie eine schnelle Netzanbindung.

Diese Anbindung eines 5G Campusnetzes an das kabelgestützte Internet fordert eine deutlich höhere Bandbreite und Geschwindigkeit als ein herkömmlicher Netzanschluss. Schnelle Glasfaserverbindungen sind hierbei Grundvoraussetzungen für den Aufbau eines Campusnetzes.

Der Betrieb eines eigenen Funknetzes wird derzeit in vielen Bereichen der Industrie diskutiert, geprüft und getestet. Auch die Sicherheit vor Fremdzugriff eines abgeschlossenen und sich größtenteils in eigener Hand befindlichen Netzes wird durch IT Administratoren positiv bewertet.

Insgesamt werden so Firmen, Institutionen und Einrichtungen zu einer Smart Factory, in der viele Prozesse besser, schneller und arbeitsteiliger bewerkstelligt werden können. Von einer Smart Factory im Kleinen ist es ein logischer Schritt, dass sich auch Regionen, Gemeinden und Städte für diese technologischen Möglichkeiten interessieren. Hierbei spricht man dann von einer Smart City oder Smart Region.

Die Thematik 5G Campusnetze wird ebenso wie die folgenden Themenfelder in unserer Aufzählung von ca. 50 Orten der StädteRegion Aachen aufgenommen, verknüpft

und mit Handlungsempfehlungen für den Breitbandausbau im folgenden Schritt dieses Projekts versehen.

3.4 Smart City / Region

Der Begriff Smart City oder Region beinhaltet die Verbindung unterschiedlicher technischer Themen wie Digitalisierung, technologischer Fortschritt, Cloudtechnologien und Innovationen mit gesellschaftspolitischen Themen wie Umweltverschmutzung, Energieverbrauch, Ressourcenknappheit, Bevölkerungsentwicklung und Ökonomie in urbanen und ländlichen Räumen.

Auch in Verwaltungsabläufen sind hierzulande noch große Chancen zur Vernetzung und dem digitalen Austausch zur Vermeidung von System- und Medienbrüchen vorhanden. Vorreiter hierbei sind Staaten wie Estland, bei denen eine Vielzahl von Verwaltungsthemen bis hin zur Wahl ins Internet von zu Hause aus papierlos oder per Briefpost erledigt werden können.

Technologischer Fortschritt und Digitalisierung schafft Möglichkeiten für die Erfassung der Ist-Situation vieler Gegebenheiten in Städten wie die Erfassung der Luftqualität oder Verkehrsdichte und in der Vernetzung und Weiterverarbeitung in der Cloud mit unmittelbarer Reaktion und Steuerung. Ein wichtiger Bestandteil ist hierbei das Internet of Things. Eine Vielzahl von Kleinrechnern mit integrierten Sensoren sind für die Erfassung der Wirklichkeit zuständig und liefern somit permanent die nötige Basis für die Weiterverarbeitung und zusammenfassende Analyse oder Steuerungen von Prozessen.

Trotz dieser positiven Aussicht für die Verbesserung von beispielsweise der Lebensqualität und Energieeinsparungen sollten bei dem Thema Smart City dennoch Befürchtungen hinsichtlich der Datensicherheit nicht unerwähnt bleiben. Viele vernetzte Systeme, Geräte, Kameras und Ortungsgeräte können natürlich von IT-Spezialisten missbräuchlich gekapert und für kriminelle Zwecke verwendet werden (Hacking). Beispiele für Erpressungsversuche nach gehackten, verschlüsselten oder entwendeten Daten auch von Kommunen und Firmen finden sich laufend in den Medien. Auch die missbräuchliche Nutzung dieser Daten in illiberalen und diktatorischen Staaten ist hinlänglich dokumentiert.

Dennoch werden sich die Möglichkeiten und Chancen der digitalen Vernetzung und der damit einhergehenden Effizienzsteigerung und Steuerungsmöglichkeiten im städtischen und regionalen Raum nicht aufhalten lassen.

Grundvoraussetzung hierbei sind funktionierende Mobilfunknetze, die an jedem Ort – auch in einer Parkgarage im Keller – nutzbar sind, die ausreichend schnell und leistungsstark sehr kleine Datenpakete schnell oder riesige Datenmengen ohne Zeitdruck verarbeiten können. Ausfallsicherheit und Redundanz sind hierbei ebenfalls ein sehr wichtiges Thema bei sicherheits- oder systemrelevanten Aufgaben im öffentlichen Raum wie zum Beispiel im Straßenverkehr.

Auch hier hat die 5G (und jetzt schon absehbar 6G) Technologie deutliche Vorteile zu einer WiFi gestützten Funkübertragung oder auch einer kabelgeführten Übertragung. Allein durch die gesparten Kosten für das Aufgraben von Kanälen und Verlegen von Leitungen kann man in eine bessere Mobilfunkinfrastruktur investieren.

Die zukünftige (Elektro-)Mobilität wird immer vernetzter mit der Umgebung. Hierbei sind die Fahrzeuge – auch der derzeit noch nicht vollautonomen Fahrzuständen - hoch vernetzt mit der Umgebung. Sie kommunizieren untereinander mit Scanner, Abstandssensoren, Kameras und Entertainmentfunktionen im Inneren. Wenn man hierbei noch eine Kommunikation von Fahrzeugen untereinander (beispielsweise auch Kraftfahrzeug zu Fahrrad) berücksichtigt, unterstützen derartige Verfahren die Unfallvermeidung und -reduzierung und einen Rückgang von Verletzten und Toten.

Dezentralere und redundante Energieverteilung durch Kleinkraftwerke mit regenerativen Energien zum Eigenbedarf und Einspeisung ins Netz sind gerade in der ländlichen Region ein Schlüssel zur Attraktivität und langfristig auch zur Kostenersparnis. Diese Anlagen müssen im Verbund mit einer guten Breitbandanbindung versehen sein.

Das Leben auf dem Lande in einer smarten Haustechnik mit eigener Stromerzeugung und einer ausreichenden Mobilfunkversorgung bietet für Home-Office und Wohnen in einer Gegend bei guter Luft und geringem Lärm eine hoch attraktive Alternative zu einer Wohnung oder Haus in der Stadt.

Heute schon sowie auch verstärkt in Zukunft bedeutet die Qualität der Mobilfunk-Netzversorgung einen wichtigen Standortfaktor - vergleichbar durchaus mit der Trinkwasser- oder Elektrizitätsversorgung.

3.5 Gesellschaftliche Zukunftstrends

Im Rahmen der Mobilfunkstrategieberatung sollen Themen- und Handlungsfelder einer StädteRegionalen Mobilfunkkoordination identifiziert und ausgearbeitet werden. Hierbei bietet es sich an, Themen näher zu berücksichtigen, die aller Voraussicht nach in der Zukunft wichtiger werden. Damit kann man zielgerichteter und effizienter vorhandene Ressourcen bündeln und somit Kosten und Aufwand sparen.

Eine bewährte Methode für zukünftige Trends und Entwicklungen ist das Heranziehen einer komplexen Aufstellung und Darstellung des deutschen Zukunftsinstituts ¹⁰). Diese Megatrends, als Bahnlinien gestaltet, haben vielfache Überlappungen in Form von Bahnhöfen und können somit einen spielerischen Zugang zu dieser komplexen Thematik geben.

¹⁰ <https://www.zukunftsinstitut.de/zukunftsthemen/die-megatrend-map>

3.5.1 Megatrend Karte des Deutsches Zukunftsinstituts

Für die Strategieentwicklung eines Breitband- und Mobilfunkkonzepts sollten gesellschaftliche Veränderungen zu den gegenwärtigen Bedürfnissen berücksichtigt werden. Sehr gut passt hierzu eine komplexe Darstellung von Megatrends des deutschen Zukunftsinstituts. Megatrends benennen und beschreiben komplexe Veränderungsdynamiken und sind eine Methode, die dabei hilft, die hochkomplexen und vielfältigen Veränderungsdynamiken der Gesellschaft im 21. Jahrhundert verständlich und greifbar zu machen. Sie reduzieren Komplexität auf ein begreifbares Level. Megatrends kann man als „Lawinen in Zeitlupe“ bezeichnen, denn Megatrends entwickeln sich zwar langsam, sind aber enorm mächtig. Sie wirken auf alle Ebenen der Gesellschaft und beeinflussen so Unternehmen, Institutionen und Individuen.

Im Folgenden ist zunächst die gesamte Megatrend Karte abgebildet, anschließend werden einige der Trends mit dem bevorstehenden Projekt und der Aufgabenstellung konkret verknüpft. Es werden Folgerungen für die Handlungsempfehlung abgeleitet, inwieweit sich Trends für den Breitband- und Mobilfunkausbau der StädteRegion Aachen auswirken dürften.

zukunftsInstitut

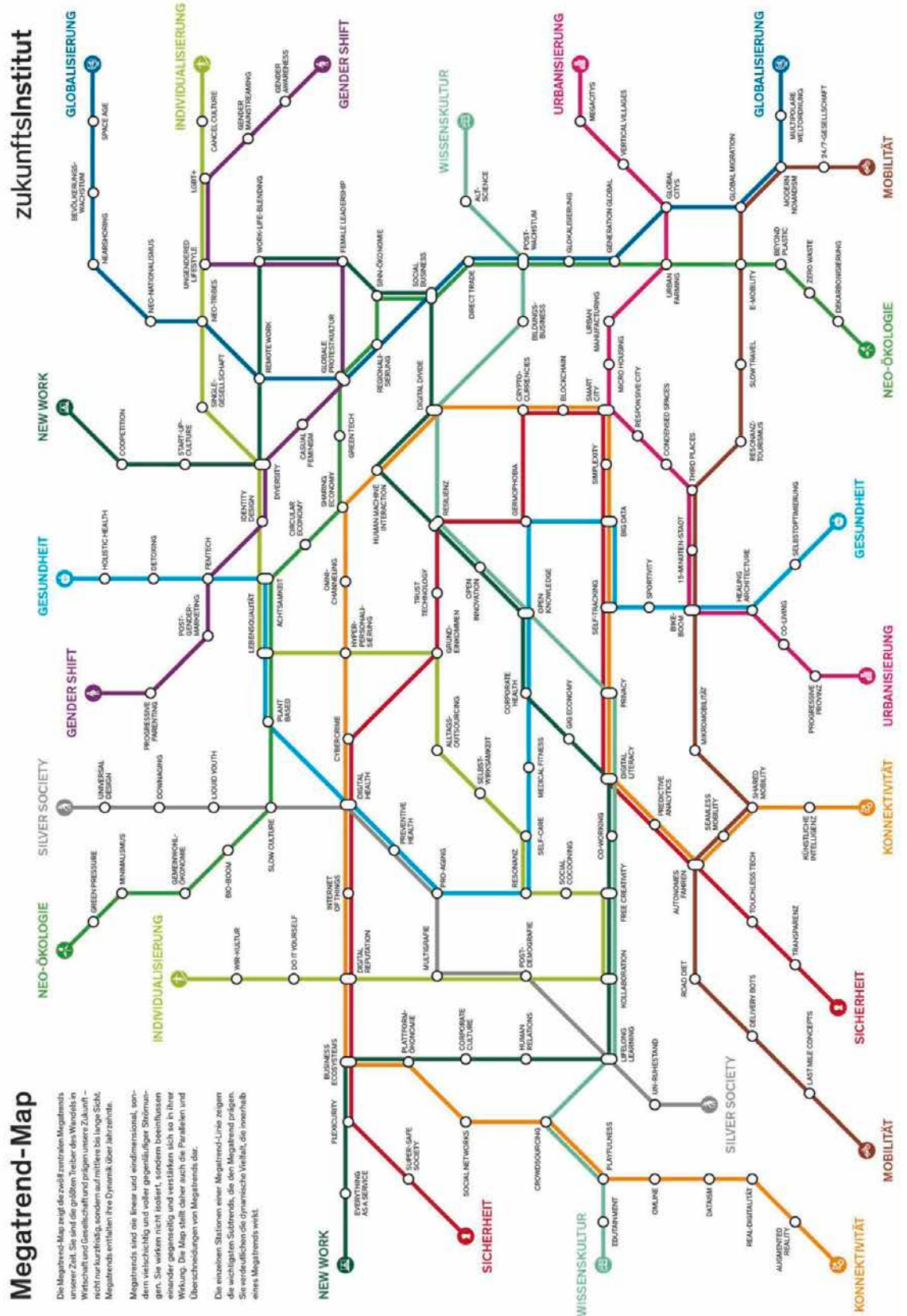
Das private Zukunftsinstitut wurde 1998 gegründet und sitzt in Frankfurt und Wien. Es ist ein Forschungs- und Beratungsunternehmen, welches sich auf die Analyse von Trends / Megatrends und die Vorhersage zukünftiger gesellschaftlicher und technischer Entwicklungen spezialisiert hat. Ein Team von vielen Fachleuten unterschiedlicher Perspektiven, wissenschaftlicher Laufbahnen und Hintergründen untersucht und recherchiert interdisziplinär mit wissenschaftlichen Methoden und systematischem Ansatz.

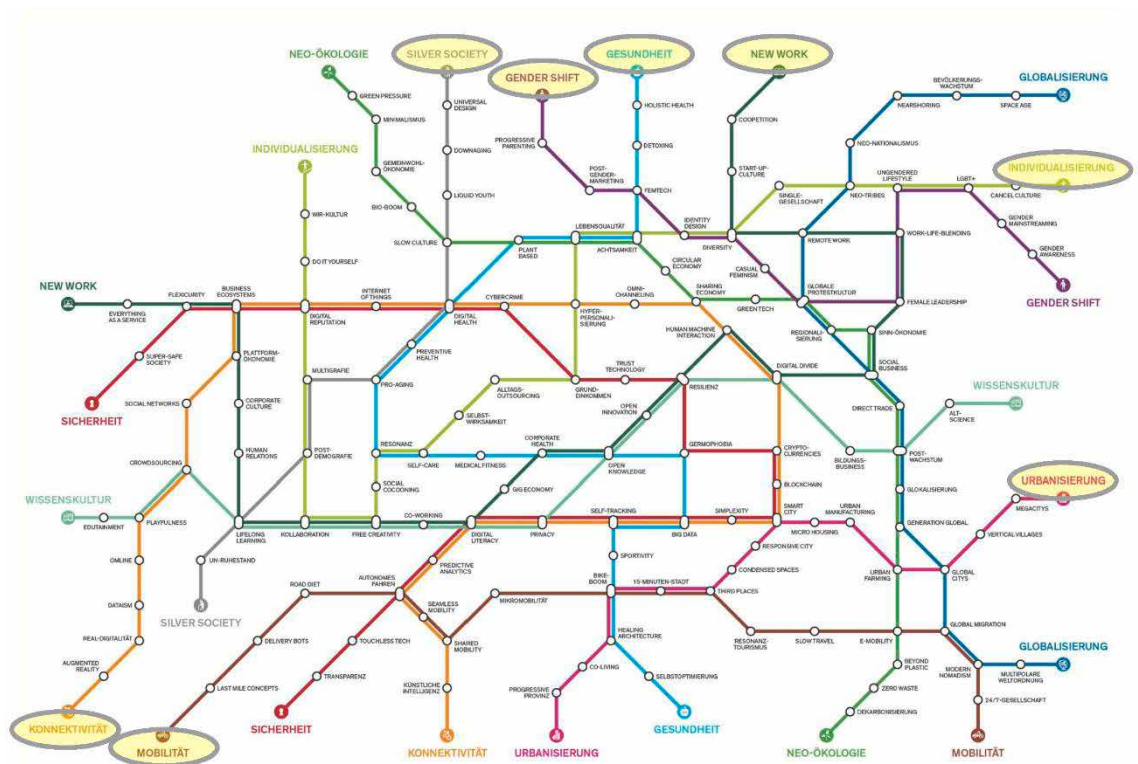
Megatrend-Map

Die Megatrend-Map zeigt die zwölf zentralen Megatrends unserer Zeit. Sie sind die größten Treiber des Wandels in Wirtschaft und Gesellschaft und prägen unsere Zukunft – nicht nur kurzfristig, sondern auf mittlere bis lange Sicht. Megatrends enthalten ihre Dynamik über Jahrzehnte.

Megatrends sind nie linear und eindimensional, sondern vielschichtig und voller gegenseitiger Stromungen. Sie wirken nicht isoliert, sondern beeinflussen einander gegenseitig und verstärken sich so in ihrer Wirkung. Die Map stellt daher auch die Parallelen und Überschneidungen von Megatrends dar.

Die einzelnen Stationen einer Megatrend-Linie zeigen die wichtigsten Subtrends, die den Megatrend prägen. Sie verdeutlichen die dynamische Vielfalt, die innerhalb eines Megatrends wirkt.





- **Konnektivität (Vernetzung)**

Dieser für das vorliegende Projekt wohl wichtigste Trend ist schon seit Jahren voll wirksam und ist vermutlich die Ursache für den Unmut und die Klagen aus der Bevölkerung. Das Smartphone und der häusliche Internetanschluss sind inzwischen unverzichtbare Bestandteile des täglichen Lebens wie es früher das Fernsehgerät war. Sogar der Fernseher ist inzwischen „Smart“ und neben Antenne oder Satellit mit dem Internet verbunden, um neben dem linearen Fernsehen auch zeitlich flexibel auf Inhalte der Mediatheken zugreifen zu können.

Der Bedarf an Bandbreite der mobilen und festen Übertragungssysteme steigt nahezu exponentiell und bedingt neue Übertragungsverfahren wie 5G, in den Startlöchern sitzt schon 6G.

- **Mobilität**

Dieser Trend beinhaltet nicht nur die Kraftfahrzeugwelt, auch Alternativen wie Bus und Bahn, das Fahrrad mit allen Facetten sowie auch in einer älter werdenden Freizeitgesellschaft das Wandern ist „im Trend“. Wichtig hierbei die permanente „always on“ Verknüpfung mit dem mobilen Internet für die Navigation, Karten, Social Media, Nachrichten; nicht zuletzt die Möglichkeit, einen Notruf an jedem Ort absetzen zu können.

Mobilität ist im ländlichen Bereich noch wichtiger als in der Stadt, in der die Infrastruktur teilweise fußläufig erreichbar ist.

Eine weitere Entwicklung dürften die Stufen des autonomen Fahrens sein, die

eine extrem reaktionsschnelle und sichere Netzversorgung voraussetzt. Diese Entwicklung ist jedoch zeitlich verzögert zu den oben genannten einzuschätzen.

Aber auch heutzutage sind in modernen Kraftfahrzeugen ein bis teilweise viele SIM-Karten in Modems für den Datenaustausch zum Hersteller, Services oder Zentralen integriert, von deren Funktion im Normalfall ein Autounutzer nichts mitbekommt.

- **Silver Society (alternde Gesellschaft)**

Diese Entwicklung zu einer älter werdenden Gesellschaft ist im vollen Gange, in den kommenden Jahren werden aber mit der Boomer Generation viele, oft noch relativ fitte, kaufkraftstarke und unternehmungslustige ältere Menschen ihre Freizeit im Urlaub in den schönen Regionen genießen wollen. Hierauf ist hinsichtlich der touristischen Planung verstärkt zu achten. Gerade Radreisen verbunden mit dem Trendthema Elektrofahrrad und Wanderungen sind stark zunehmend, gerade in Deutschland.

Natürlich sind die jetzigen älteren Menschen deutlich affiner bei der Nutzung von neuen Smartphones – basierenden Techniken und Programmen. Die frühere Hemmung bei der Erstnutzung eines Handys von älteren Menschen ist nahezu verschwunden. Es gibt eigene Gerätegattungen wie Seniorentelefone, Seniorensmartwatches (mit Sturzerkennung und Notruf) und weiteren technischen Hilfen für ältere Menschen. Nahezu alle dieser technischen Geräte benötigen eine Mobilfunkversorgung, bei Notruffunktionen ist eine lückenlose Netzversorgung unbedingt Voraussetzung.

- **Gender Shift (Geschlechter und Generationen)**

Dieser Begriff steht mit der Silver Society und der New Work in Zusammenhang und beschreibt die veränderte Arbeitswelt für die wandelnden Bedürfnisse einer jüngeren Generation hinsichtlich Themen wie Home-Office, Teilzeitarbeit, Konsumverhalten und Rollenverhalten der Geschlechter. Wichtig hierbei hinsichtlich des Themas der Mobilfunkversorgung ist die nahezu unbedingte Nutzung von Smartphones, Smartwatches, Tablets und zukünftig auch smarte Brillen. Der Besitz und Nutzung des klassischen Fernsehgeräts haben hingegen bei der Generation X, Y oder Z stark abnehmende Bedeutung.

- **Gesundheit**

In unzähligen wissenschaftlichen Untersuchungen ist die Bedeutung von (moderaten) Bewegungen auf die Gesundheit, Wohlbefinden und Stabilität im Alter belegt. Sich in der Freizeit bewegen und auch Bewegung in dem Alltag mit einzubauen, nimmt stark zu. Gerade auch durch Hilfe von Smartphone und Smartwatch können die Bewegungsmuster aufgezeichnet, analysiert und dokumentiert werden. Smartwatches unterstützen durch „Nudging“ die Aktivitäten. Untrennbar ist das Thema Gesundheit mit Mobilität im Freien und gesündere Freizeit und Urlaub verbunden und wird in attraktiven Regionen wie in der StädteRegion Aachen mit Hohem Venn, Rurtal, Wurmatal und

Voreifel stark nachgefragt. Moderne Urlauber auf dem Elektrofahrrad setzen eine gute mobile Infrastruktur für das Smartphone neben Ladestationen für das Fahrrad als selbstverständlich voraus und nehmen Funklöcher oder mangelnde Infrastruktur als sehr störend wahr. Dies ist für eine touristisch geprägte ländliche Gegend Herausforderung, aber auch eine große Chance, sich hier zu einem gesundheitsfördernden Erholungsgebiet zu entwickeln.

- **New Work (Arbeitsorte)**

Nicht erst seit Corona werden in der Arbeitswelt neue Wege und Alternativen für die Vereinbarkeit von Arbeit, Freizeit und Familie diskutiert. Eine der Lösungen liegt in der vermehrten Arbeit im Home-Office. Hierbei werden jedoch die Anforderungen an die Qualität und Sicherheit der Telekommunikation in der Firma auch an den Wohnort verlagert. Ein Home-Office Arbeitsplatz mit mangelhafter Netzversorgung (mobil oder Festnetz) ist unzureichend als sinnvoller Ersatz. Dementsprechend muss die Netzversorgung auch im ländlichen Gebiet für Home-Office vermehrt den gleichen Anforderungen wie im städtischen Raum genügen. Es ist zu vermuten, dass mit einer zunehmend besseren Netzversorgung dieser ländliche Raum aufgewertet wird und deshalb auch eine gewisse Verlagerung und stärkerer Zuzug von der Stadt in das Land stattfindet. Diese Entwicklung steht zwar dem Trend der Urbanisierung entgegen, es dürfte sich aber in hochentwickelten Ländern wie Deutschland eher ein Trend aufs Land stattfinden. Ähnliche Effekte der Stadt-Land Verlagerung werden auch durch das 49 € Deutschlandticket prognostiziert.

- **Individualisierung**

Dieser Aspekt trifft die Bereiche Arbeitsplatzsuche, Wohnortwechsel, Tourismus, Gestaltung der Freizeit und auch Mediennutzung zu. In allen diesen Themen ist eine ausreichende Breitbandversorgung Voraussetzung für die Wahlfreiheit, wo früher eher längerfristige, standorttreue und gleichbleibende Sozialkontakte die Regel waren. Ohne Mobiltelefone traf man sich eher im Gasthaus oder Vereinsheim zu regelmäßigen Zeiten. Touristische Aktivitäten werden vermehrt individuell gestaltet, die Busreise (Kaffeefahrt) oder Pauschalreise nimmt eher ab. Rad- oder Wandertouristen sind nicht wie früher Kosten sparende und im Zelt übernachtende Reisende, sondern fühlen sich als die Kultur, Kulinarik und Landschaft erlebende Reisende, die in Hotels der höheren Preisklasse die anstrengende Fahrt im Anschluss mit Wellnessangeboten ausklingen lassen möchten. Auch hier bieten bei einer guten Infrastruktur wie die Mobilfunk - Netzversorgung in Verbindung mit attraktiven Freizeitmöglichkeiten und Nähe zur Großstadt ein sehr gutes Entwicklungspotential für die StädteRegion Aachen.

- **Urbanisierung (Stadt – Land Beziehungen)**

Ein globaler Megatrend ist eine Verlagerung vom Land in die Städte meist aus Gründen der Arbeitssuche und Infrastruktur. Dieser Trend betrifft aber eher im globalen Maßstab die zweite und dritte Welt. In hochentwickelten Ländern ist

hier eher eine umgekehrte Tendenz festzustellen. Gründe dafür sind steigende Wohnkosten bei Kauf oder Miete, Verödung der Innenstädte durch Onlinehandel, erhöhte Attraktivität der ländlichen Umgebung von Städten bei gutem Arbeitsangebot im Umland und schnelle Verkehrsverbindungen. Auch hierbei sind die Qualität der Breitbandversorgung bei Festnetz und Mobilfunk klare Standortkriterien für Menschen, die sich auf die Suche nach einem für sie optimalen Wohnort machen.

Zusammengefasst werden 7 der 12 Trends durch die Qualität der Mobilfunk- bzw. Breitbandversorgung beeinflusst und können somit für eine Mobilfunkstrategie bewusst verknüpft werden.

In einem späteren Kapitel werden für die einzelnen Gebiete der StädteRegion Aachen die Bedeutung und Relevanz dieser Trend-Themen bewertet und übersichtlich tabellarisch dargestellt, um für diese Orte eine Handlungsempfehlung zum mobilen Breitbandausbau zu geben.

3.6 Situation in den Nachbarländern Belgien und Niederlanden

In den Niederlanden gibt es drei unabhängige Netzbetreiber ¹¹):

- | | | |
|-------------------|-----------------------|---------------------|
| • KPN | GSM / LTE / 5G | ca. 5,5 Mio. Kunden |
| • T-Mobile (Oido) | GSM / UMTS / LTE / 5G | ca. 6,8 Mio. Kunden |
| • Vodafone Ziggo | GSM / LTE / 5G | ca. 5,5 Mio. Kunden |

In Belgien gibt es drei unabhängige Netzbetreiber ¹²):

- | | | |
|---------------------|-----------------------|---------------------|
| • Orange (Mobistar) | GSM / UMTS / LTE | ca. 5,5 Mio. Kunden |
| • Proximus | GSM / UMTS / LTE / 5G | ca. 5,3 Mio. Kunden |
| • Telenet (Base) | GSM / UMTS / LTE | ca. 3 Mio. Kunden |
| • City Mesh | 5G | neu |
- (City Mesh wurde nicht im Grenzgebiet gemessen)

Wie in unserem ersten Bericht N88154/B01 schon näher beschrieben, funken die Betreiber aus beiden Nachbarländern auf mehreren Frequenzbändern mit den gleichen Unterfrequenzen (ARFCN) wie in Deutschland. Somit sind im Grenzgebiet in Deutschland Konflikte durch sogenannte Interferenzen vorhanden. In unserem zweiten Messbericht (Bericht N88154/B02) wurden für jedes Land getrennt die Messergebnisse dieser Einstreuungen in das Gebiet der StädteRegion Aachen dokumentiert.

¹¹ und

¹² [https://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_network_codes_in_ITU_region_2xx_\(Europe\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_network_codes_in_ITU_region_2xx_(Europe))

In Grenznähe schalten sich Mobiltelefone in Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten auch im Inland auf ausländische Netze, falls diese einen höheren Signalpegel als die nächsten inländischen Netze aufweisen.

Grundsätzlich ist in Europa inzwischen das Roaming nicht mehr mit Mehrkosten verbunden. Das Wechseln zwischen den Netzbetreibern im Inland und Ausland geschieht automatisch und sogar überwiegend unterbrechungsfrei während eines Telefonats. Dennoch weisen Telefone, die sich im Ausland eingebucht haben, ein paar Besonderheiten und Einschränkungen auf (Wiederholung des Berichts N88154/B01):

- Das vom inländischen Mobilfunk Vertrag garantierte Datenvolumen pro Monat wird im Ausland teils drastisch reduziert, insbesondere wenn man einen unlimitierten Tarif hat.
- Dasselbe gilt für kostengünstige Prepaid Tarife, die ebenfalls Serviceeinschränkungen in ausländischen Netzen aufweisen können.
- Der Umschaltvorgang in das fremde Netz und zurück kann teilweise länger dauern, da es sein kann, dass man im ausländischen Netz bei sich verringern dem Pegel noch auf GSM zurückfällt und dann erst wieder im 4G/5G Heimatnetz zurückgebucht wird. GSM (2G) ist mit deutlichen Qualitätsverschlechterungen versehen. Außerdem steigt der Batterieverbrauch an.
- Telefonanrufe aus dem Ausland sind teilweise mit unterschiedlichen Ruftonsignalen und auch Ansagen in ausländischer Sprache verbunden, dies könnte zu Irritationen und ungewollten Missverständnissen führen.
- Es gibt weitere Beeinträchtigungen eher psychologischer Natur, wenn ein fremder Netz-Name im Display angezeigt wird. Ebenfalls schicken Netzbetreiber beim Wechseln ins ausländische Netz SMS Infos zu („willkommen in Belgien“), was bei häufigerem Wechseln im grenznahen Gebiet sehr lästig werden kann.
- Selbst wenn man das Telefon mit manueller Netzsuche auf das Heimatnetz fixiert, fest einbucht und die obigen Nachteile vermeidet, kann in Funklöchern das Telefon nicht mehr genutzt werden, auch wenn es eine ausländische Alternative gäbe.

Fazit all dieser Restriktionen ist, dass bei einem in einem ausländischen Netzbetreiber eingebuchtes Telefon, aber im Inland betrieben, ggf. mit Qualitätseinschränkungen zu rechnen ist.

4 Erstellung einer Mobilfunkausbaustrategie

Im Rahmen dieses Projekts werden unterschiedliche Blöcke bearbeitet, um eine Mobilfunk-Ausbaustrategie für die StädteRegion Aachen zu erstellen:

- Identifizierung und Ausarbeitung von Themen- und Handlungsfeldern einer StädteRegionalen Mobilfunkkoordination
- Erstellung einer 5G-Strategie

- Aufzeigen von Potenzialen für Smart City/Region-Anwendungen
- Aufzeigen von Entwicklungsmöglichkeiten im Bereich Mobilfunkinfrastruktur sowie sinnvolle Verknüpfung mit dem Glasfaserausbau

In Übereinstimmung mit der Auftraggeberin wurde dieser Themenbereich nach Abschluss der Messkampagne und nach den Ergebnissen der ersten Sichtung zusammengefasst.

Mit den Ergebnissen der Mobilfunkversorgungsmessung können hierbei die bestehende Situation mit den erforderlichen Strategien zielgerichteter kombiniert werden.

Im Unterpunkt 4 werden deshalb insgesamt an 48 Standorten in der gesamten StädteRegion die Erfordernisse regional kleinräumig beschrieben und Potentiale aufgezeigt.

4.1 Identifizierung und Ausarbeitung von Themen- und Handlungsfeldern einer StädteRegionalen Mobilfunkkoordination

Die im Unterpunkt 2.5.1 ausgeführten Megatrends bieten einige Handlungsfelder einer zukünftigen Entwicklung unserer Gesellschaft, die unbedingt in zukünftige Schwerpunkte einer Mobilfunkausbaustrategie eingebaut werden sollte. Hierbei handelt es sich in dieser Untersuchung der StädteRegion Aachen um die folgenden Themen:

- Konnektivität
- Mobilität
- Silver Society
- Gender Shift
- Gesundheit
- New Work
- Individualisierung
- Urbanisierung
- Smart City/Region-Anwendungen

Letzterer Unterpunkt wurde schon eingehend im Unterpunkt 2.4 behandelt.

Die näheren Erläuterungen dieser Themen befinden sich im betreffenden Abschnitt. In den folgenden Schritten werden diese Themenfelder regional an den untersuchten Orten mit einer Bewertungsmatrix verknüpft.

4.2 Erstellung einer 5G-Strategie

In den Unterpunkten 2.1. und 2.3 wurden die 5G relevanten Grundlagen und die derzeitige Situation mit Campusnetzen sowie in den landesweiten Mobilfunknetzen erläutert und einen Ausblick in die Zukunft gegeben.

Das Thema ist weiterhin im Bereich der 5G Campusnetze mit der Breitbandversorgung – insbesondere bei leistungsfähigen Glasfaseranschlüssen – verknüpft. Hierbei gestaltet sich derzeit die Situation in Deutschland sehr dynamisch – aber auch schwer prognostizierbar.

Hinsichtlich des 5G Ausbaus der landesweiten Netze wird sich vermutlich nur ein evolutionärer – von den Anwendern kaum merkbarer – Fortschritt ergeben. Deutlich wichtiger ist die leistungsfähige Verdichtung der meist ländlichen Versorgungslücken vor allem mit 4G.

Hinsichtlich der 5G Campusnetze (Private Networks) durch Firmen, Institutionen oder Einrichtungen gibt es zum jetzigen Stand nur einige wenige funktionierende Netze in Großbetrieben und Forschungseinrichtungen. Aber auch diese sind im ersten Stadium mit „Kinderkrankheiten“ und noch vielen kleinen technischen Problemen und Hürden.

Weiterhin sind die angekündigten FR2 (Frequency Range) Frequenzen um 24 GHz noch nicht von der Bundesnetzagentur freigegeben bzw. lizenziert. Erst mit diesen werden einige der mit 5G verknüpften Performancesprünge möglich.

Aus unserer Sicht ist diese Entwicklung erst am Anfang und wird noch einige Jahre für einen stabilen und häufigen Einsatz in städtischer und ländlicher Gegend benötigen.

Hierbei wird ebenso wie bei den Handlungsfeldern Megatrends und Smart City dieser Aspekt in unserer Aufzählung der 48 Hotspots in der StädteRegion Aachen aufgenommen.

4.3 Aufzeigen von Entwicklungsmöglichkeiten im Bereich Mobilfunkinfrastruktur sowie sinnvolle Verknüpfung mit dem Glasfaserausbau

Diese Themenfelder werden in diesem Bericht in den Abschnitten 2.1 und 2.2 eingeführt und erläutert. Verknüpft werden sollte dieser Aspekt ebenfalls mit den speziellen Besonderheiten im Grenzgebiet zu Belgien und den Niederlanden.

Ein wichtiger Aspekt hierbei zur Verbesserung der Situation im Grenzgebiet ist die unmittelbare Kommunikation der Netzbetreiber untereinander über die Ländergrenzen hinweg.

Im Rahmen dieses Projekts wird im dritten Arbeitsabschnitt eine Handlungsempfehlung der sich direkt störenden Frequenzen für die Auftraggeberin zur weiteren Kommunikation mit den Netzbetreibern in den angrenzenden Ländern und hierzulande erstellt. Diese „kritischen“ Frequenzbänder könnten durch Umstellen der Antennen auf alternative Frequenzbänder oder einer koordinierten Leistungsregelung zu einer deutlichen Verbesserung der sich in unmittelbaren Grenznähe befindlichen Anwender beitragen.

5 Ergebnisse der Bestandsaufnahme und Vormessungen zur Erfassung der Mobilfunksituation

Für die Untersuchungen im Vorfeld der Qualitätstests wurden hauptsächlich der LTE / 4G Bereich untersucht. Grund dafür ist die Bedeutung der LTE-Versorgung für die Datennutzung von Smartphones. Derzeit läuft nahezu der vollständige Datenverkehr über 4G Frequenzen, sogar 5G basiert derzeit über sog. Non Stand Alone (NSA) auf 4G Frequenzträgern. Ausnahmen sind sogenannte 5G Campuslösungen. Die 5G Stand Alone Frequenzen sind derzeit für normale Anwender nur sehr eingeschränkt nutzbar.

2G (GSM) wird momentan nur noch für Sprache und Notruf verwendet, die Datenübertragungsqualität ist im Vergleich zu 4G oder 5G stark eingeschränkt bzw. kaum nutzbar.

3G wurde in Deutschland inzwischen von allen Netzbetreibern abgeschaltet, im Ausland (Belgien) ist 3G aber noch vorhanden.

5.1 Recherche zu Basisstation - Standorten der Netzbetreiber

Die von den Netzbetreibern der Auftraggeberin zugeschickten Basisstationslisten wurden heruntergeladen, gesichtet und auf gleiches Format übertragen. Diese Informationen der Netzbetreiber waren nur teilweise kompatibel zueinander. Es wurden weiterhin aus eigenen Recherchen die grenznahen Basisstationen der Nachbarländer mit eingebaut, um zu überprüfen, wo ggfls. Störungen bzw. Interferenzen zu erwarten wären.

Aus diesem Datensatz wurden getrennt nach Ländern bzw., auch nach Netzbetreiber Kartenmaterialien generiert, die in der ersten Präsenzsitzung an den Auftraggeber verteilt wurde.

Weiterhin wurde der Datensatz in unser Messsystem importiert, so dass während der Messfahrten bzw. auch bei der Auswertung die genauen Einbuchungsvorgänge bzw. die sogenannten Handover der Mobiltelefone in die jeweiligen Netze visualisiert dargestellt wird.

Eine exemplarische Darstellung der Visualisierung im Messsystem zeigen die folgenden Abbildungen. Hierbei sieht man sehr gut die unterschiedliche Dichte der Stationen in städtischer bzw. ländlicher Umgebung, die Wirkrichtung der meist drei Segmente der Antennen der einzelnen Stationen und – farbig codiert - die den jeweiligen Netzbetreibern zugehörigen Antennen, teilweise an einem Standort.

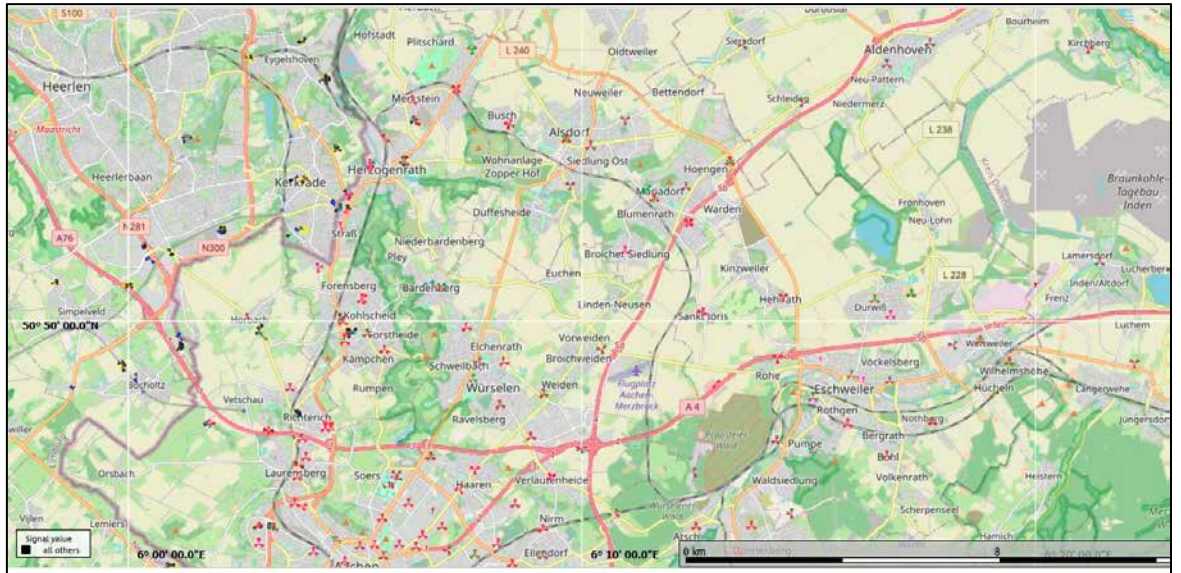


Abbildung: alle Basisstationen aller Netzbetreiber in der Kartendarstellung.

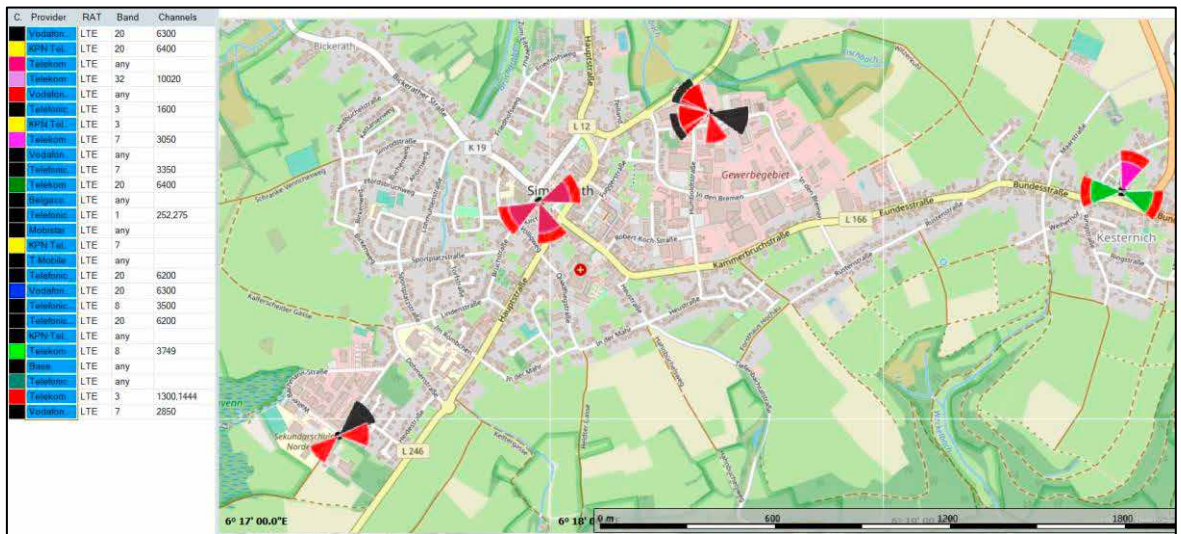


Abbildung: Detailansicht der Basisstationen einzelner Betreiber mit Segmenten und dazu gehörende Funkfrequenzen in Simmerath.

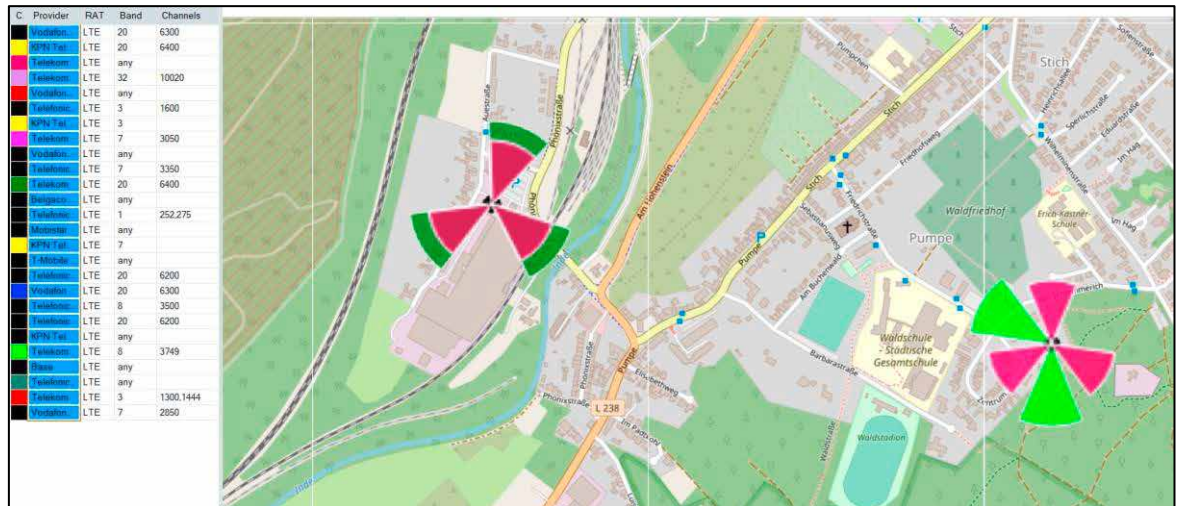
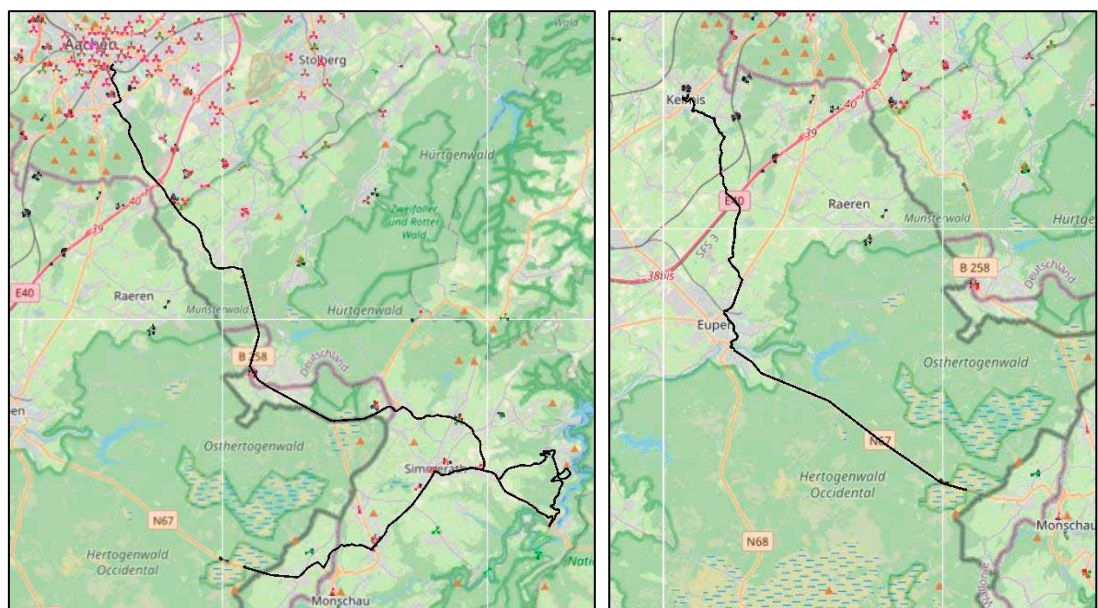


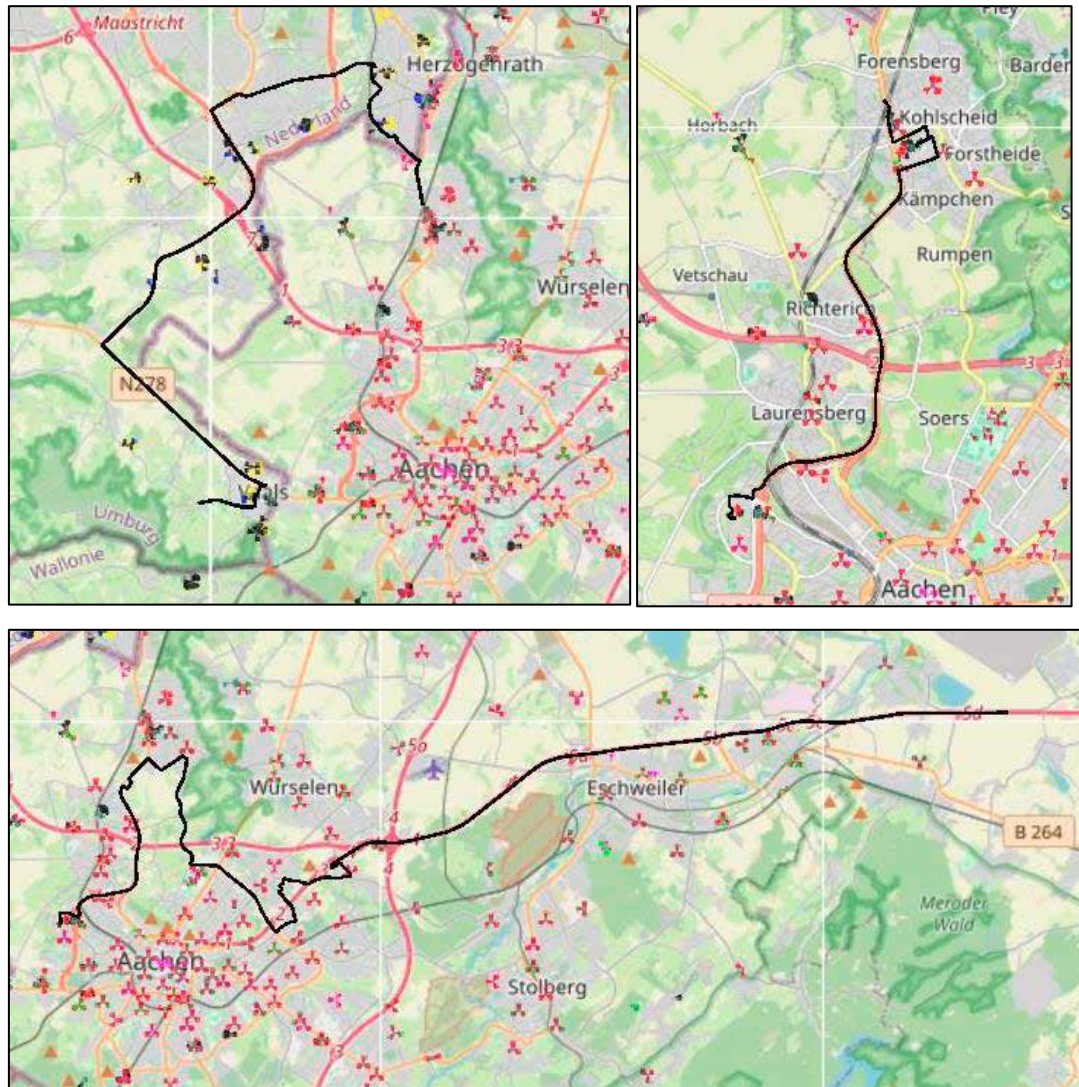
Abbildung: Detailansicht der Basisstationen einzelner Betreiber mit Segmenten und dazu gehörende Funkfrequenzen in Eschweiler Pumpe.

5.2 Strecken

Die Messpfade der ersten Übersichtsmessung wurde in Grenznähe zu Belgien und den Niederlanden gewählt, um die Versorgungssituation und mögliche Überlappungen von Frequenzbändern für eventuelle Interferenzen zu ermitteln. Es wurden mit dem Netzwerkscanner möglichst alle 4G und 5G Frequenzen entlang der Fahrstrecke und in einem mehrere Kilometer breiten Empfangsbereich ermittelt und aufgezeichnet.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Fahrstrecken der Vormessung:



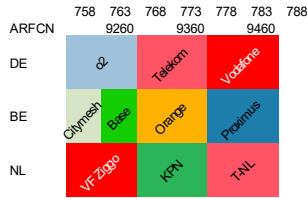


5.3 Potenzielle Interferenzen der Mobilfunkbetreiber

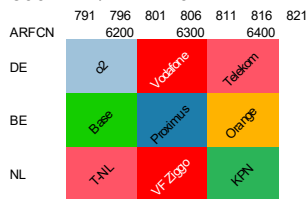
Aus den Unterlagen der Netzagenturen der drei betreffenden Länder können in einem ersten Schritt die potenziellen Frequenzüberlappungen (Interferenzen) im LTE und 5G Spektrum gewonnen werden.

Diese bilden einen ersten Überblick über die Konkurrenzsituation bei gleichen Frequenzen, die sich je nach Pegelverhältnissen als gegenseitig störend auswirken.

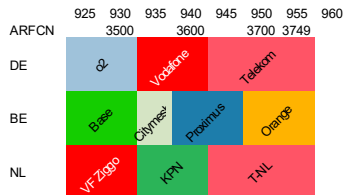
700 MHz / Band 28



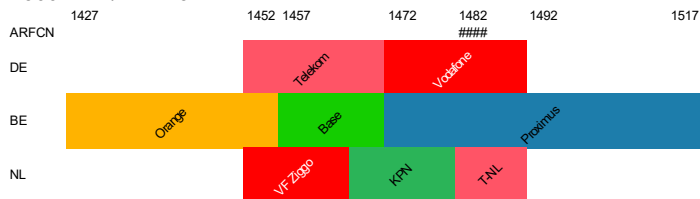
800 MHz / Band 20



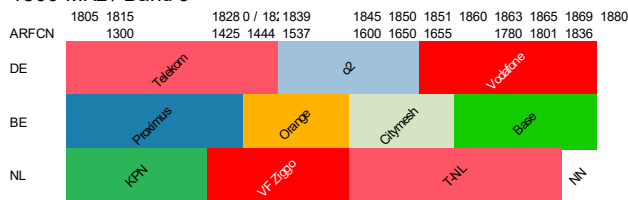
900 MHz / Band 8



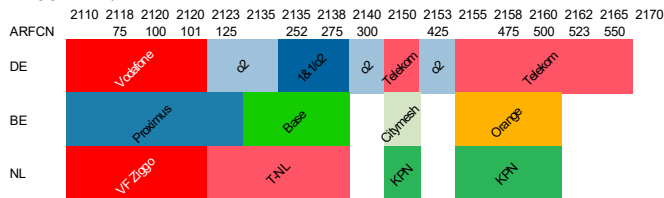
1500 MHz / Band 32



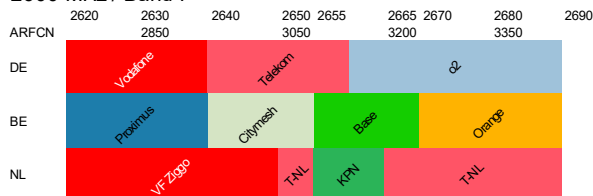
1800 MHz / Band 3



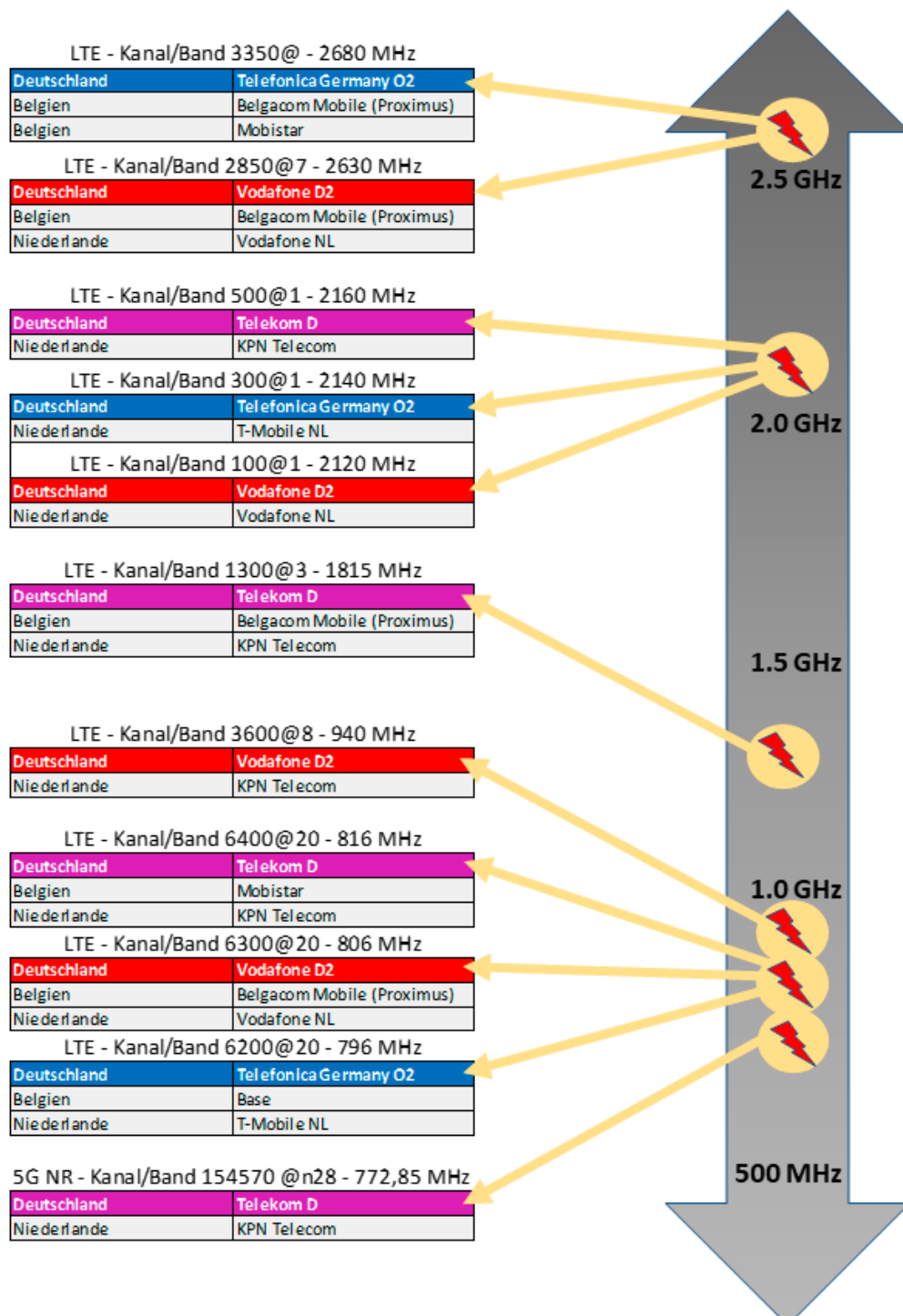
2100 MHz / Band 1



2600 MHz / Band 7



Frequenzüberlappungen zwischen Mobilfunknetzen in der Städteregion Aachen zwischen Deutschland / Niederlande / Belgien



5.4 Roaming Situation in Grenzgebieten

In Grenznähe schalten sich Mobiltelefone in Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten auch im Inland auf ausländische Netze, falls diese einen höheren Signalpegel als die nächsten inländischen Netze aufweisen.

Grundsätzlich besteht durch das EU Roamingabkommen zwischen Netzbetreibern eine Kompatibilität und weitgehende Kostenneutralität, wenn sich ein Mobiltelefon in ein Nachbarnetz im Ausland einbucht. Dennoch treten im praktischen Betrieb im fremden Netz einige Einschränkungen auf, die von den Anwendern als störend wahrgenommen werden können und auch die Qualität verschlechtern:

- Das vom inländischen Mobilfunk Vertrag garantierte Datenvolumen pro Monat wird im Ausland teils drastisch reduziert, insbesondere wenn man einen unlimitierten Tarif hat.
- Dasselbe gilt für kostengünstige Prepaid Tarife, die ebenfalls Serviceeinschränkungen in ausländischen Netzen aufweisen können.
- Der Umschaltvorgang in das fremde Netz und zurück kann teilweise länger dauern, da es sein kann, dass man im ausländischen Netz bei sich verringern dem Pegel noch auf GSM zurückfällt und dann erst wieder im 4G/5G Heimatnetz zurückgebucht wird. GSM (2G) ist mit deutlichen Qualitätsverschlechterungen versehen. Außerdem steigt der Batterieverbrauch an.
- Telefonanrufe aus dem Ausland sind teilweise mit unterschiedlichen Ruftonsignalen und auch Ansagen in ausländischer Sprache verbunden, dies könnte zu Irritationen und ungewollten Missverständnissen führen.
- Es gibt weitere Beeinträchtigungen eher psychologischer Natur, wenn ein fremder Netz-Name im Display angezeigt wird. Ebenfalls schicken Netzbetreiber beim Wechseln ins ausländische Netz SMS Infos zu („willkommen in Belgien“), was bei häufigerem Wechseln im grenznahen Gebiet sehr lästig werden kann.
- Selbst wenn man das Telefon mit manueller Netzsuche auf das Heimatnetz fixiert, fest einbucht und die obigen Nachteile vermeidet, kann in Funklöchern das Telefon nicht mehr genutzt werden, auch wenn es eine ausländische Alternative gäbe.

Fazit all dieser Restriktionen ist, dass bei einem in einem ausländischen Netzbetreiber eingebuchtes Telefon, aber im Inland betrieben, ggf. mit Qualitätseinschränkungen zu rechnen ist.

Wir schlagen vor, alle Telefone für die Qualitätstests fest auf die deutschen Heimatnetze eingebucht zu lassen (sogenannte „manuelle Netzsuche“).

Ausnahme wäre die sogenannte „Vennbahntrasse“, ein Fernradweg, der auf belgischem Staatsgebiet in Deutschland verläuft. Hierbei würden wir die Telefone auf freier Netzwahl belassen.

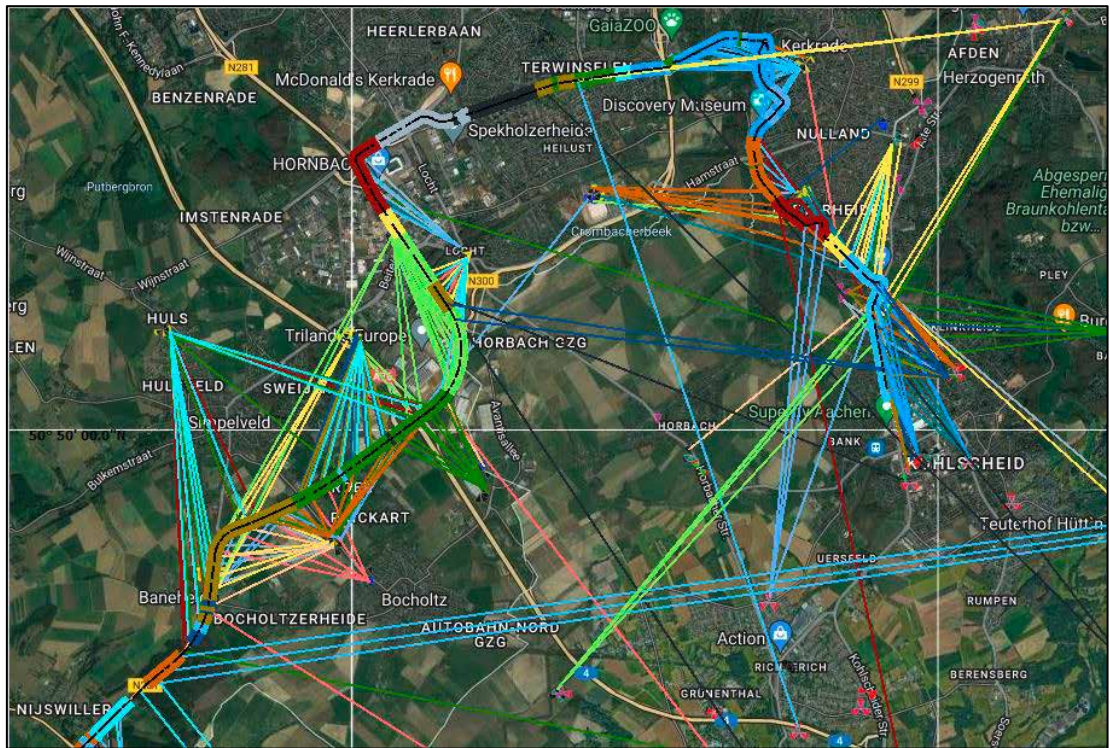


Abbildung: Verbindungen zu den unterschiedlichen Basisstationen entlang der Messstrecke (schwarzer Verlauf mit farbigen Hervorhebungen). Hierbei können auch weit entfernte, aber höher liegende Stationen mit den Telefonen verbunden sein. Ähnliche Verbindungen gibt es auch auf deutscher Seite mit Stationen im Nachbarland.

6 Erarbeitung des Messkonzepts

Im Folgenden werden für die große Befahrung des Untersuchungsgebiets – geplant in der KW38 im September 2023 – die Rahmenbedingungen hinsichtlich der Messtechnik und der Fahrstrecken aufgeführt.

6.1 Einstellung Messtechnik

Wir setzen überwiegend Messtechnik der Firma Rohde&Schwarz aus München sowie deren Auswertemöglichkeiten ein. Diese Messtechnik wie das Experten-Messsystem ROMES bzw. QualiPoc wird auch von Netzbetreibern, Behörden wie der Bundesnetzagentur und unabhängigen Messdienstleistern verwendet, um die Netze zu optimieren und zu prüfen. Wir können zudem auch auf einen langjährigen fachlichen Austausch mit der Firma Rohde&Schwarz verweisen.

Mit diesem System können über sogenannte Netzwerkscanner und auch für Messtelefone mit SIM Karten der drei Netzbetreiber für die Technologien 2G, 4G und 5G alle relevanten Netzparameter über Antennen ortsbezogen über GPS erfasst, gespeichert und dokumentiert werden. Aus den Rohdaten können vielfältige Auswertungen und Kartendarstellungen erstellt werden.

Wir können unsere Auswertedaten grundsätzlich in beliebige GIS-Programme überführen.

Alle in der Ausschreibung geforderten Parameter (Signalpegel, Cell ID, Frequenzbereich, Funktechnologie (2G, 4G, 5G DSS, 5G Stand Alone), Location Area Code in 2G) werden mit den eingesetzten Netzwerkscannern erfasst.

Weiter führen wir Qualitätsmessungen über die Scanner Messungen hinaus durch drei Messtelefone mit jeweils den SIM-Karten der drei Netzbetreiber (Up/Download von Datenpaketen, Videoqualität und Latenzzeiten / Interactivity Test). Die Latenzzeiten werden hierbei in geringen Zeitabständen während der Messfahrt ermittelt.

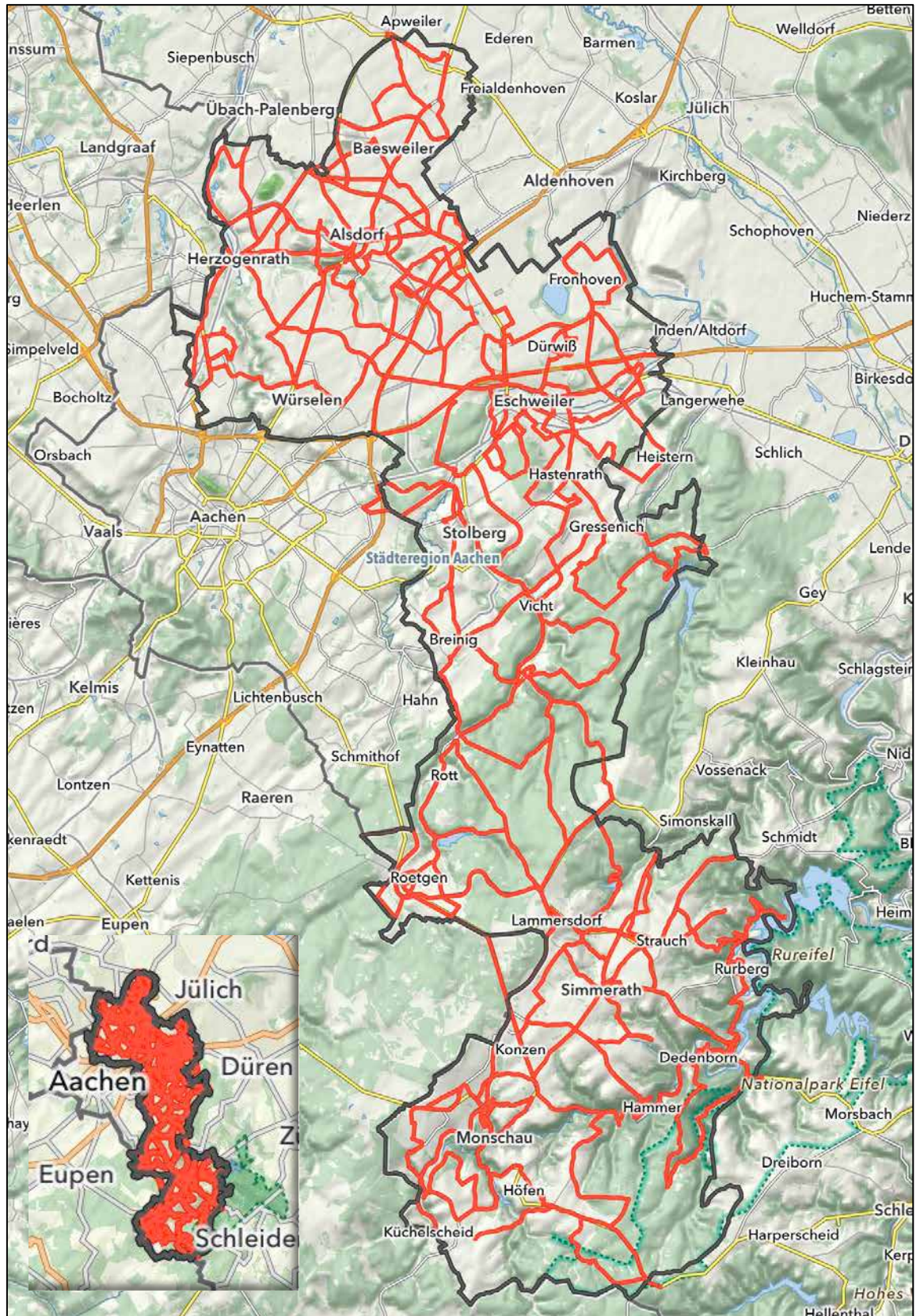
6.2 Fahrstrecken Vorschlag

In früheren Projekten für Landesbehörden in Rheinland-Pfalz und Saarland wurden in einem engmaschigen Raster die städtischen/dörflichen Gebiete, alle Bundesautobahnen, Bundesstraßen und Landstraßen abgefahren. In ländlichem Gebiet wurde ebenfalls ein Raster für die Befahrung gewählt. Hierbei wurden mit geländegängigen Fahrzeugen soweit möglich Feld- und Wirtschaftswege befahren.

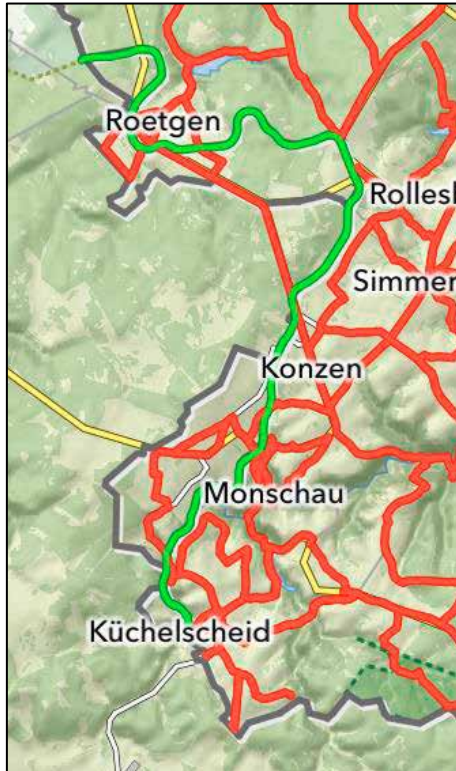
Wir halten die hohe Erfassungsdichte wie oben beschrieben für sinnvoll, um Schwachstellen im Netz auch außerhalb von bewohntem Gebiet mit dem Messfahrzeug hinreichend zu erfassen und dennoch einen möglichst hohen Anteil der Bevölkerung mit zu berücksichtigen. Nach der ETSI Richtlinie TR 103.559 soll die Versorgungsqualität von mindestens 25% der Bevölkerung ermittelt werden. Würden schwerpunktmäßig Autobahnen und große Straßen mit den Gemeinden erfasst, so würde vermutlich die Netzversorgung überdurchschnittlich gut ausfallen, da die Netzbetreiber wichtige Verkehrswege und Bevölkerungsdichten höher priorisieren als Randlagen oder Grenzgebiete.

Die Strecken werden, wenn möglich mit dem geländegängigen Messfahrzeug befahren. Voraussetzung hierfür ist eine Ausnahmegenehmigung zur Befahrung von Forst- und Waldwegen.

Darüber hinaus werden insbesondere der Vennbahn - Radweg und andere Wanderwege im südlichen Untersuchungsgebiet mit einem elektrisch unterstützten Messfahrrad und eingebauter Messtechnik abgefahren.



Die Streckenlänge aller abgefahrenen Straßen, Wege und Autobahnen beträgt ca. 850 km. Die gleichmäßige Befahrungsdichte ist in der verkleinerten Darstellung unten links illustriert.



Die Vennbahn – Fahrradweg (grün eingezeichnet) wird mit dem Mess-Fahrrad mit freier Netzsuche bei den Messtelefonen abgefahren (ca. 30 km).

Der Start der Messungen war in den Kalenderwochen 38 und 39 ab dem 18. September 2023.

7 Methodik

Zur Erfassung der Mobilfunksituationen bieten sich sowohl passive als auch aktive Messmethoden an, die passive (d.h. ohne SIM-Karten) Methode erfolgt über Netzwerks Scanner, die mit hoher Geschwindigkeit die Funkparameter aller vorhandener Netzbetreiber messen können. Daten oder Sprachdienste kann ein Netzwerks Scanner nicht erfassen. Unterstützt werden diese deshalb von handelsüblichen Endgeräten mit SIM-Karten der jeweiligen Netzanbieter, um nutzernah die Qualität von Datendiensten oder Sprachtelefonaten zu ermitteln. Diese Endgeräte haben jedoch eine deutlich geringere Datenerfassungsrate als ein Mobilfunkscanner, so dass die Kombination beider eine sinnvolle Ergänzung bietet.

Mit den geländegängigen Messfahrzeugen Kfz und Lastenrad konnten auch abseits der befestigten Straßen touristisch wichtige Wege erfasst werden.

Einen besonderen Schwerpunkt wurde auch auf den Venn-Fernradweg gelegt, der teilweise in der StädteRegion Aachen verläuft, jedoch in Radwegebreite auf belgischem Staatsgebiet verläuft. Westlich dieses Radwegs ist bis zur Landesgrenze wiederum bewohntes deutsches Staatsgebiet.



Pressetermin und Vorstellung der Messfahrzeuge und Methoden am 12.09.2023

7.1 Messaufbau

Sowohl für das Kraftfahrzeug als auch für das Lastenfahrrad wurde das identische selbe Messequipment eingesetzt. Das Messequipment wurde mit sogenannten Powerbanks versorgt, die über mehrere Stunden autark die Stromversorgung übernehmen.



Messeequipment im Messfahrad (Scanner verdeckt unterhalb der Mobiltelefone)



Messfahrad an der Vennbahn / Grenzgebiet zu Belgien

7.2 Messkonfiguration

Der Scanner wurde basierend auf der offiziellen Funkfrequenzzuweisung der Bundesnetzagentur konfiguriert. Die einzelnen Frequenzbereiche können sowohl auf 4G als auch auf 5G auftreten, oft sind diese 5G Frequenzen mit 4G in der sogenannten Non Stand Alone (NSA) Konfiguration gekoppelt, wodurch das 4G System die Netzanbindung organisiert und über 5G der Datendownload verläuft. Dies wird auch als 5G ENDC bezeichnet (Eutra / New Radio Dual Carrier).

Der Netzwerkscanner wurde weiterhin im Vorfeld und auch während der Messung im Automatic Detection Mode betrieben, so dass alle in der Region (und auch von den Nachbarnetzen) auftretenden Frequenzen erfasst wurden. Zu jeder erkannten Frequenz erfasst der Netzwerkscanner auch die individuellen Namen und Land des Netzbetreibers (Mobile Network Code / Mobile Country Code MNC/MCC).

Folgende Netzparameter für 4G wurden eingestellt:

4G / 5G NSA Frequenzen	Telekom D1	Vodafone D2	Telefonica O2
Lowband (< 1 MHz)			
700 MHz / Band 28	9360 (773 MHz)	9460 (783 MHz)	9260 (763 MHz)
800 MHz / Band 20	6400 (816 MHz)	6300 (806 MHz)	6200 (796 MHz)
900 MHz / Band 8	3700 (950 MHz)	3600 (940 MHz)	3500 (930 MHz)
	3749 (954,9 MHz)		
Highband (> 1 MHz)			
1500 MHz / Band 32		10220 (1482 MHz)	
1800 MHz / Band 3	1300 (1815 MHz)	1655 (1850,5 MHz)	1537 (1838,7 MHz)
2100 MHz / Band 1	475 (2157,5 MHz)	75 (2117,5 MHz)	125 (2122,5 MHz)
	500 (2160 MHz)	100 (2120 MHz)	252 (2135,2 MHz)
	523 (2162,3 MHz)	101 (2120,1 MHz)	300 (2140 MHz)
	550 (2165 MHz)		425 (2152,5 MHz)
2600 MHz / Band 7	3050 (2650 MHz)	2850 (2630 MHz)	3200 (2665 MHz)
			3350 (2680 MHz)

Eingestellte und gemessene LTE bzw. NSA 5G Frequenzen im Scanner

5G Stand Alone SA - n78		
Frequenz	ARFCN	Netzanbieter
3424,8	628320	Vodafone
3450	630000	
3479,52	631968	
3557,28	637152	o2
3574,56	638304	
3626,4	641760	Telekom
3654,81	643654	

Eingestellte und gemessene 5G Frequenzen im Scanner

Die sogenannte ARFCN wird als Absolute Radio Frequency Number bezeichnet und ist ein unverwechselbarer Code für die genaue Funkfrequenz. Es können jedoch in benachbarten Ländern die gleichen ARFCN Nummern für verschiedene Netzbetreiber

vergeben werden, womit dann in Grenznähe eine Überlappung und Störwirkung entsteht, so zum Beispiel bei den wichtigen ARFCN 6200, 6300 und 6400 im Band 20 bei etwa 800 MHz.

Darüber hinaus wurden im Scanner noch die von den Vorversuchen ermittelten LTE-Frequenzen der niederländischen und belgischen Netzbetreiber als eine eigene Konfiguration (Interferer) mit eingestellt und getrennt gemessen. Somit können potenzielle Beeinflussungen auf dem Gebiet der StädteRegion getrennt ausgewiesen werden. Diese kritischen Frequenzen wurden im Scanner einprogrammiert und während der Messfahrt kontinuierlich mit gemessen.

7.3 Beschreibung der Messhardware / Messaufbau

7.3.1 Netzwerkscanner

Für vorliegende Untersuchung wurden überwiegend Messgeräte und Software der Firma Rohde&Schwarz aus München sowie deren Auswertemöglichkeiten eingesetzt. Diese Messtechnik wie das Experten-Messsystem ROMES bzw. QualiPoc wird auch von Netzbetreibern, Behörden wie der Bundesnetzagentur und unabhängigen Messdienstleistern verwendet, um die Netze zu optimieren und zu prüfen. Mit diesem System können über sogenannte Netzwerkscanner und auch für Messtelefone mit SIM Karten der drei Netzbetreiber für die Technologien 2G, 4G und 5G alle relevanten Netzparameter über Antennen ortsbezogen über GPS erfasst, gespeichert und dokumentiert werden. Aus den Rohdaten können vielfältige Auswertungen und Kartendarstellungen erstellt werden.

Alle in der Ausschreibung geforderten Parameter (Signalpegel, Cell ID, Frequenzbereich, Funktechnologie (2G, 4G, 5G DSS, 5G Stand Alone), Location Area Code in 2G) werden mit den eingesetzten Netzwerkscannern erfasst.

7.3.2 Mobiltelefone

Weiter wurden Qualitätsmessungen über die Scanner Messungen hinaus durch drei Messtelefone der Oberklasse (Samsung Galaxy S21+/22+ 5G) mit jeweils in der Datenrate unlimitierten Laufzeitverträgen der drei Netzbetreiber (Up/Download von Datenpaketen, Videoqualität und Latenzzeiten / Interactivity Test). Die Latenzzeiten werden hierbei in geringen Zeitabständen während der Messfahrt ermittelt.

Die Telefone zeichnen wie auch der Scanner mit hoher Datenrate die Pegelsituationen des gerade aktiven Netzes mit einer geringeren Messrate ebenfalls auf und liefert somit einen Beitrag zu der momentan besten Versorgungslage eines Netzanbieters. Diese Messergebnisse ergänzen die Pegelwerte der Scanner und wurden parallel mit ausgewertet.

Weiterhin wurden, ergänzend zu unserem Vorschlag in unserem ersten Bericht vom August, Sprachtelefonate mit den Telefonen durchgeführt.

Das wiederkehrende Messprogramm unterteilte sich in die folgenden Dienste:

- Interactivity Test / Latenzzeiten / RTT (round trip times) - hierbei wurden pro Messzyklus 30 Pakete an eine Webadresse (www.google.com) geschickt und die Anzahl und Antwortzeiten protokolliert.
- http Download: Hierbei wurde eine 20 MB große Datei von einem BBM Testlab Firmenserver heruntergeladen und die Datenrate sowie Erfolg protokolliert
- http Upload: Hierbei wurde eine 20 MB große Datei an einen BBM Testlab Firmenserver geschickt und die Datenrate sowie Erfolg protokolliert
- YouTube Service: Über eine Zeitdauer von 30 Sekunden wurde ein Videoclip aufgerufen und abgespielt. Es wurde die Videoqualität des Clips ermittelt und mit einem sog. MOS Wert (Mean Opinion Score) bewertet.
- Sprachtelefonate: hierbei wurde eine deutschsprachige Netzbetreiber Hotline über einen Zeitraum von 3 Minuten angerufen. Die Rufaufbauzeit und die eventuellen Störungen wie Blocked Call, Dropped Call sowie das Funksystem (2G oder 4G) wurden protokolliert.

Dieser Prüfablauf wurde permanent wiederholend über die gesamte Prüfzeit durchgeführt, um möglichst viele Messresultate über die gesamte Strecke zu bekommen. Ein Prüfzyklus betrug ca. 5 Minuten.

Die Telefone wurden überwiegend auf das jeweilige Heimatnetz „geforct“, das heißt, auch in grenznahem Gebiet ist es auf den deutschen Netzbetreibern eingebucht. Ausnahme hierbei waren bewusst in Abstimmung mit der Auftraggeberin die Radwegstrecken auf der Vennbahn und im Wurmatal im Norden des Untersuchungsgebiets. Hierbei war freie Netzwahl auch in belgische oder niederländische Netze möglich.

Die Wahl der Netztechnologie 2G, 4G oder 5G war bei allen Telefonen frei, sie schalten in Abhängigkeit von der Netzsituation auf das jeweils „beste“ Netz um. Hierbei gibt es jedoch einige Besonderheiten:

- Auch wenn in dem Telefondisplay 5G angezeigt wird, ist in Abhängigkeit von den Möglichkeiten der SIM-Karte nur ein 4G Netz aktiv, nur der Download läuft über die 5G Technologie (sog. 5G ENDC). Die dabei erzielbaren Datenraten unterscheiden sich nicht wesentlich von der 4G Technologie. Reines 5G (Stand Alone SA) ist derzeit in Deutschland noch nicht weit verbreitet. Ausnahme sind hierbei jedoch die sogenannten 5G Private Networks, die jedoch nur auf Firmen- oder Universitätsgelände mit eigenen SIM-Karten arbeiten. Diese wurden in vorliegender Untersuchung nicht gemessen.
- Bei Sprachtelefonaten gibt es derzeit nur zwei Möglichkeiten: über 4G das sogenannte VoIP (Voice over IP), bei dem die Sprache über Internet übertragen wird und die herkömmliche Sprachtelefonie über 2G. Auf dieser werden auch die Notrufe übertragen, gegebenenfalls auch über einen anderen, noch empfangbaren Netzanbieter.

7.3.3 GPS Empfang

Sowohl der Scanner als auch die Mobiltelefone zeichneten permanent den Ortsbezug mit einer Genauigkeit von ca. 10 m auf. Die GPS Antenne wurde in Ausrichtung nach oben auf die Satelliten an den Fahrzeugen angebracht. Damit wurde auch der genaue Zeitstempel mit aufgezeichnet, um später auch die einzelnen Messresultate synchronisieren zu können.

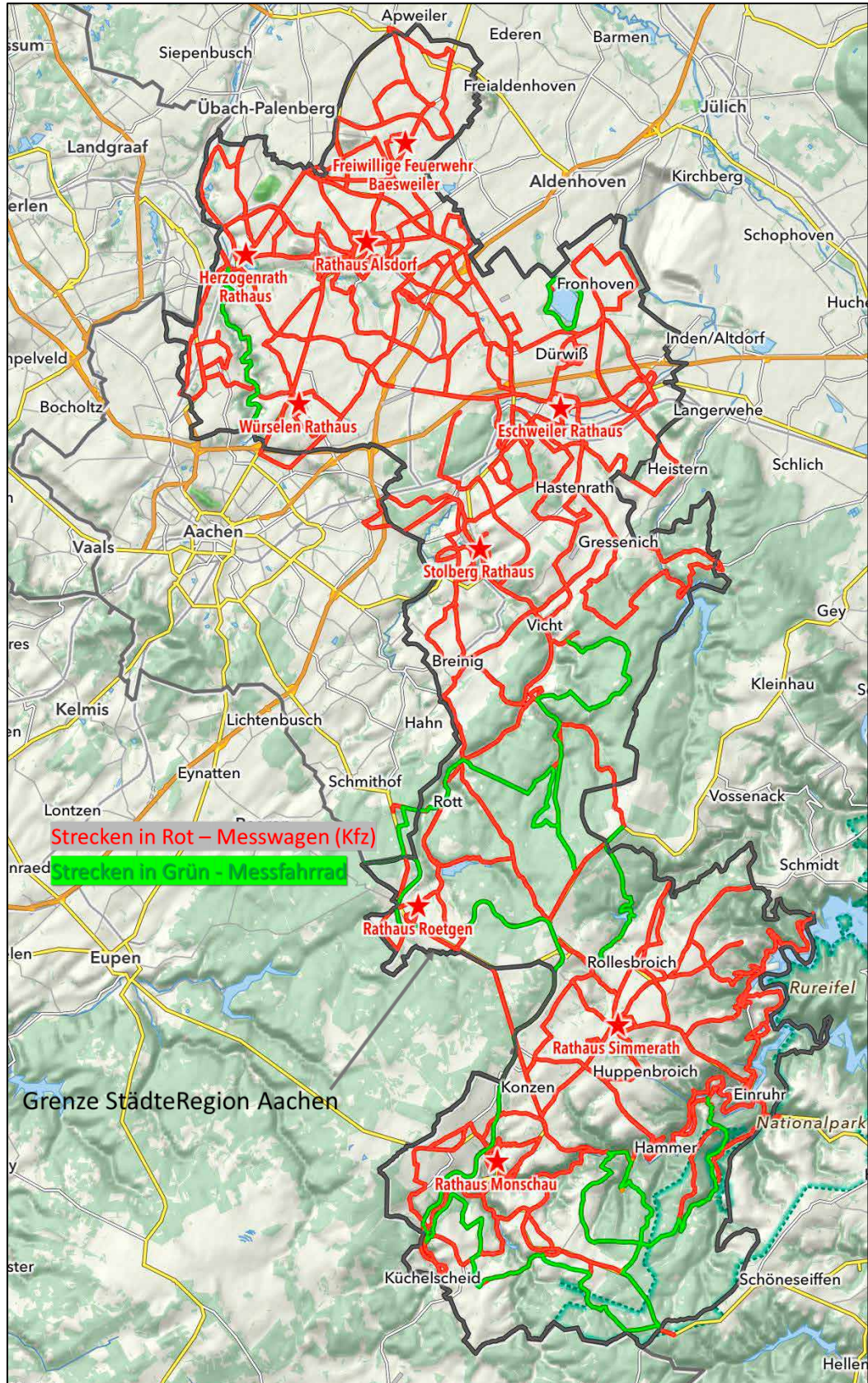
7.4 Messstrecken und Messzeitraum

In Absprache mit der Auftraggeberin wurden im Untersuchungsgebiet geeignete Messstrecken für die Messfahrzeuge definiert, um im zur Verfügung stehenden Messzeitraum die reale Versorgungslage möglichst effizient vermessen zu können.

Die Strecken wurden, wenn möglich, mit dem geländegängigen Messfahrzeug befahren. Diese Strecken sind in der unten abgebildeten Karte in Rot eingetragen. Voraussetzung hierfür war eine Ausnahmegenehmigung zur Befahrung von Forst- und Waldwegen. Darüber hinaus werden insbesondere der Vennbahn - Radweg und andere Wanderwege im südlichen Untersuchungsgebiet mit einem elektrisch unterstützten Messfahrrad und eingebauter Messtechnik abgefahren. Diese Strecken sind in der unten abgebildeten Karte in Grün eingezeichnet.

In Absprache mit der Auftraggeberin wurden die im ersten Bericht von uns vorgeschlagenen Strecke um einige touristische Fahrradstrecken und um wichtige Anlaufpunkte in den einzelnen Kommunen – hauptsächlich Rathäuser, Bildungseinrichtungen und touristische Sehenswürdigkeiten – erweitert.

Die Streckenlänge aller abgefahrenen Straßen, Wege und Autobahnen beträgt ca. 850 km. Dadurch, dass man teilweise schon abgefahrne Strecken zum Erreichen der weiteren Streckenabschnitte nochmals abfahren muss, erhöht sich die Streckenlänge auf ca. 1.300 km. Diese Passagen werden somit doppelt messtechnisch erfasst.



Die Navigation während der Messfahrten erfolgte mit einem kleinen Tablet, in dem die noch zu fahrende Messstrecke in Rot markiert war. Die abgefahrte Strecke wurde in blauer Farbe markiert, so dass während der Fahrt für den Fahrer der Überblick zwischen schon oder noch zu fahrenden Strecken deutlich erkennbar war. Im Falle von Sperrungen oder sonstigen Behinderungen konnte somit sehr leicht reagiert werden, was bei einer starren Navigation nicht möglich ist.



Tablet für die Streckennavigation in den Messfahrzeugen

Die Untersuchungen der Mobilfunksituationen fanden in der Kalenderwoche 38 im Zeitraum zwischen dem 17. September und dem 25. September statt.

Die Wetterbedingungen waren meist trocken bei einer Temperatur um 10 – 15 °C tagsüber.

8 Ergebnisse

Die Ergebnisse der mehrtägigen Messfahrten wurden auf unterschiedliche Weise analysiert:

- Jeweils bester empfangbarer Pegel pro Netzbetreiber für 4G (5G NSA) aus den Scannermessungen. Hierbei lagen die Messraten bei mehreren 10 Messungen pro Sekunde und wurde aus Übersichtsgründen auf eine Kachelgröße von 100x100 m (Mittelwert) reduziert.
- Jeweils bester empfangbarer Pegel pro Netzbetreiber (2G bis 5G) von den Mobiltelefonen. Die Messraten der Telefone waren hierbei deutlich geringer mit ca. 1 Messung pro Sekunde.
- Datentest Interactivity Test / RTT (Round Trip Time). Hierbei wurden insgesamt etwa 10.000 Messungen pro Netzbetreiber durchgeführt
- Datentest Download und Upload in MB: Hierbei wurden zyklisch jeweils ca. alle 5 Minuten insgesamt ca. 550 Messwerte pro Netzbetreiber ermittelt.
- YouTube Tests: aus den ebenfalls ca. 550 Aufrufen pro Netzanbieter wurden hier während der Abspielphase insgesamt 1.600 MOS-Messungen ermittelt.
- Sprachanrufe: Pro Netzanbieter wurden hier ebenfalls ca. 500 Telefonate mit einer reinen Telefonierzeit von etwa 25 Stunden durchgeführt.

8.1 Funkversorgung 2G/4G/5G

Die Funkversorgung kann in unterschiedlicher Weise ausgewertet und dargestellt werden. Wir haben zwei Optionen ausgewertet:

- Darstellung der Mobiltelefon-Daten über kml Daten in der Google Kartendarstellung
- Darstellung der RSRP Werte vom Netzwerkscanner und Darstellung in 3D Programm

8.1.1 Darstellung Messparameter (Mobiltelefone)

Auf den folgenden Seiten werden aus Google Earth generierte kml Daten der drei Netzbetreiber abgebildet. Die Farblegende ist oben bzw. unter den Karten beigelegt.

Der Vorteil von kml Daten ist das interaktive rein- und rauszoomen, um den Überblick oder auch eine Detailansicht zu gewinnen.

Die kml – Datenbanken der Messwerte sind dem Bericht beigelegt bzw. werden per Mail zur Verfügung gestellt. Sie können leicht in die Google Earth Professional Umge-

bung eingelesen werden und sind somit eine Ergänzung zu diesem Bericht hinsichtlich einer flexibleren Darstellungsart.



D1 / Telekom

Auswertung RSRP - Pegel - Mobiltelefon

Hellblau	> -87dBm	<i>gute Netzversorgung</i>
Grün	<= -87dbm ... > -102dBm	
Rot	<= -102dBm ... > -117dBm	
Violett	>= -117dBm	<i>schlechte Netzversorgung</i>
Gelb	nicht im Heimatnetz	
Schwarz	keine (Netz-) Versorgung	

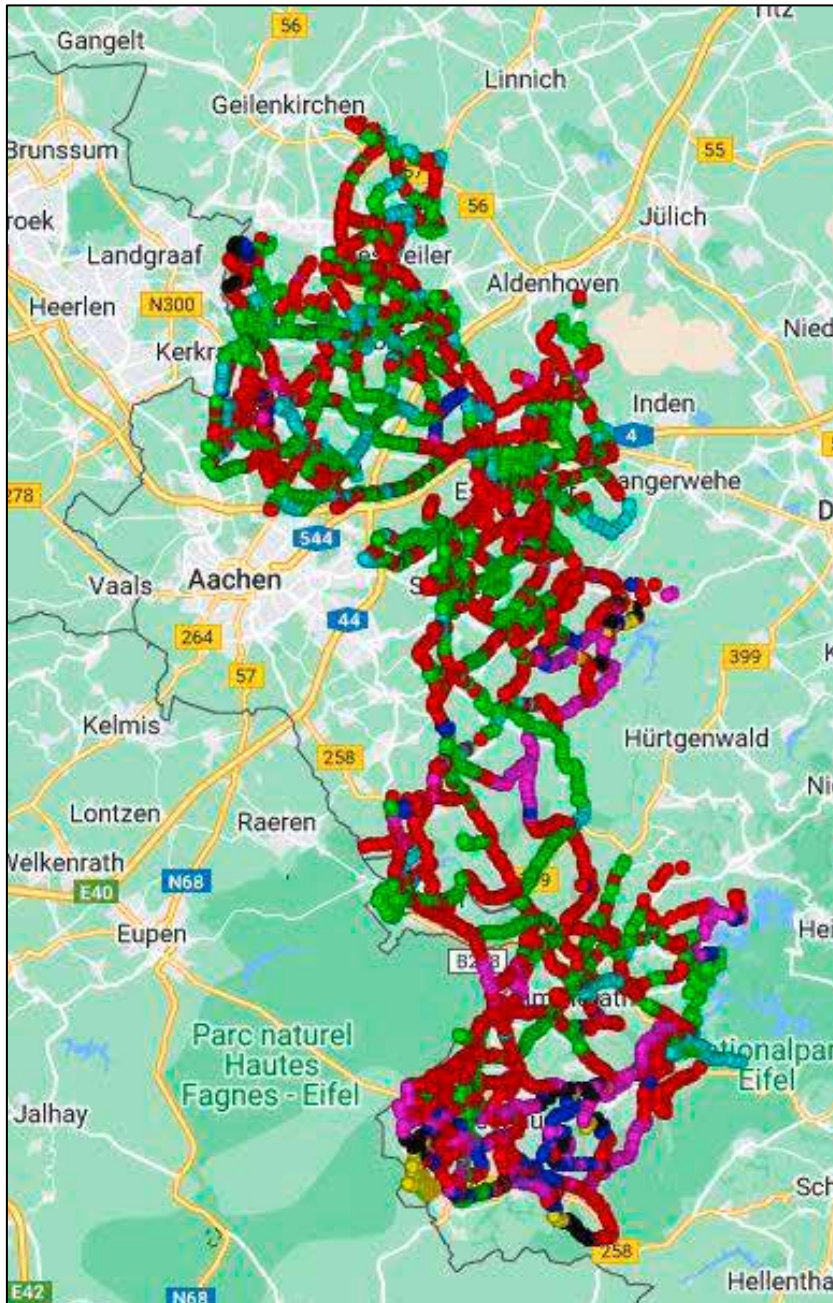


D2

D2 / Vodafone

Auswertung RSRP - Pegel - Mobiltelefon

Hellblau	> -87dBm	gute Netzversorgung
Grün	<= -87dbm ... > -102dBm	
Rot	<= -102dBm ... > -117dBm	
Violett	>= -117dBm	schlechte Netzversorgung
Gelb	nicht im Heimatnetz	
Schwarz	keine (Netz-) Versorgung	



O2 / Telefonica

Auswertung RSRP - Pegel - Mobiltelefon

Hellblau	> -87dBm	<i>gute Netzversorgung</i>
Grün	<= -87dbm ... > -102dBm	
Rot	<= -102dBm ... > -117dBm	
Violett	>= -117dBm	<i>schlechte Netzversorgung</i>
Gelb	nicht im Heimatnetz	
Schwarz	keine (Netz-) Versorgung	



D1 / Telekom

Auswertung Netztyp/Layer

Hellblau	5G
Grün	4G
Rot	3G
Violett	2G
Gelb	nicht im Heimatnetz
Schwarz	keine Versorgung



D2 / Vodafone

Auswertung Netztyp/Layer

Hellblau	5G
Grün	4G
Rot	3G
Violett	2G
Gelb	nicht im Heimatnetz
Schwarz	keine Versorgung



O2 / Telefonica

Auswertung Netztyp/Layer

Hellblau	5G
Grün	4G
Rot	3G
Violett	2G
Gelb	nicht im Heimatnetz
Schwarz	keine Versorgung

8.1.2 Darstellung RSRP Pegel (Scanner)

Aus den Messwerten des Scanners wurden jeweils die höchsten RSRP Pegel der besten LTE Zelle in einem 100x100m Raster gemittelt und exportiert. Das ergibt pro 100 m Quadrat den gemittelten LTE (5G NSA) Pegel am Standort pro Netzbetreiber. Diese Pegel wurden über Excel in einem 3D Programm in eine Kartendarstellung eingezeichnet. Hierbei kann die Messpfad-Breite frei eingestellt werden.

Die Farbdarstellung in dieser Ansicht ist fest und wird wie folgt visualisiert:



- Rot:** schlechter Empfang auch im Freien
- Gelb:** ausreichend im Freien, innerhalb von Häusern schlecht
- Grün:** auch in Häusern guter Empfang

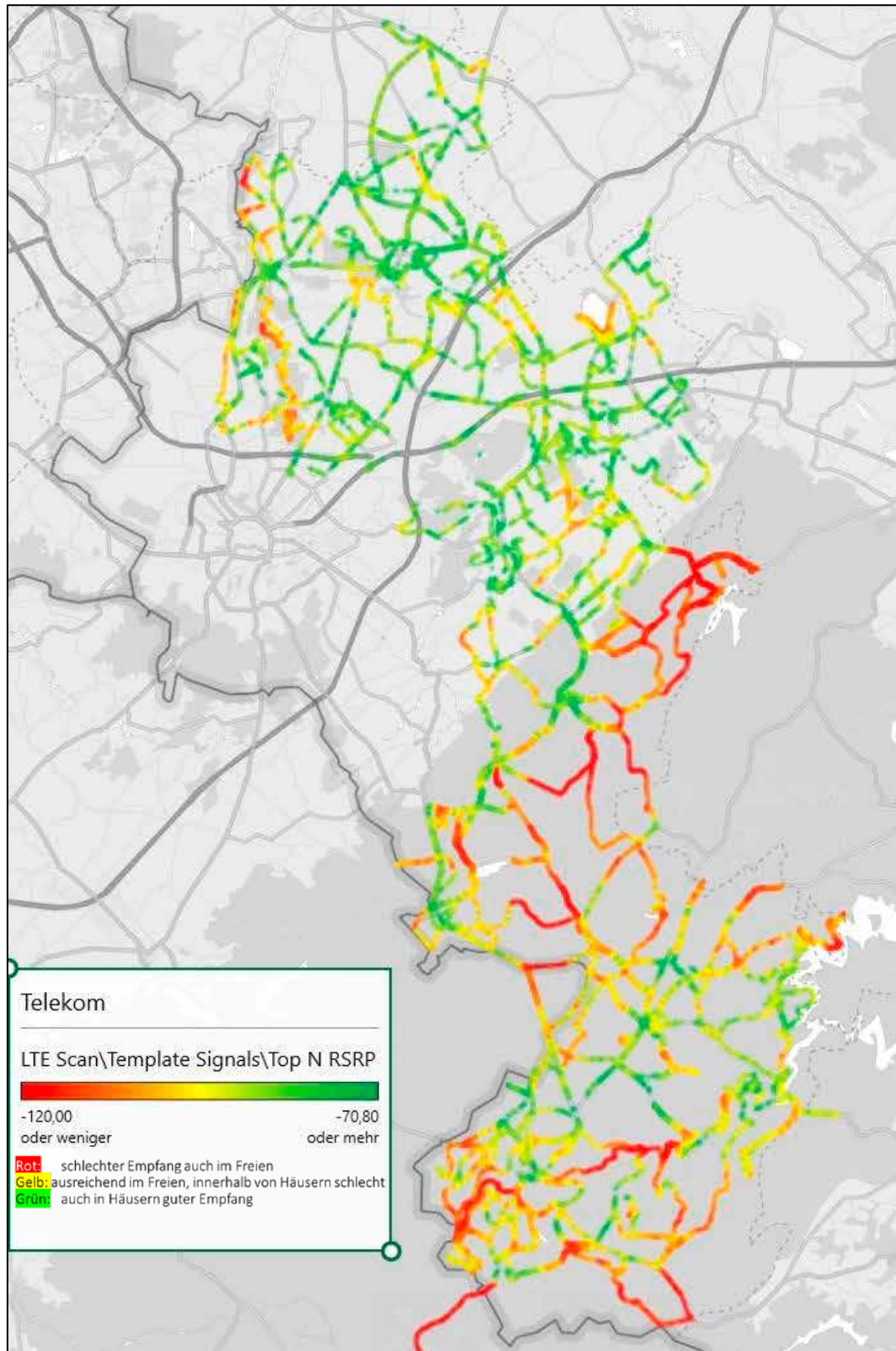
RSRP-Pegel mit weniger als -110 dBm werden als rot markiert. Dies entspricht einer sehr schlechten Funkversorgung auch im Außenbereich oder im Fahrzeug.

RSRP-Pegel mit einer orangen oder gelben Farbe können als ausreichende Funkversorgung betrachtet werden, bei in die grünlich gehenden Farben ist auch innerhalb von Häusern ein guter Empfang möglich. Ein Pegelwert von besser als -60 dBm bedeutet eine unmittelbare Nähe zu einem Funkstandort.

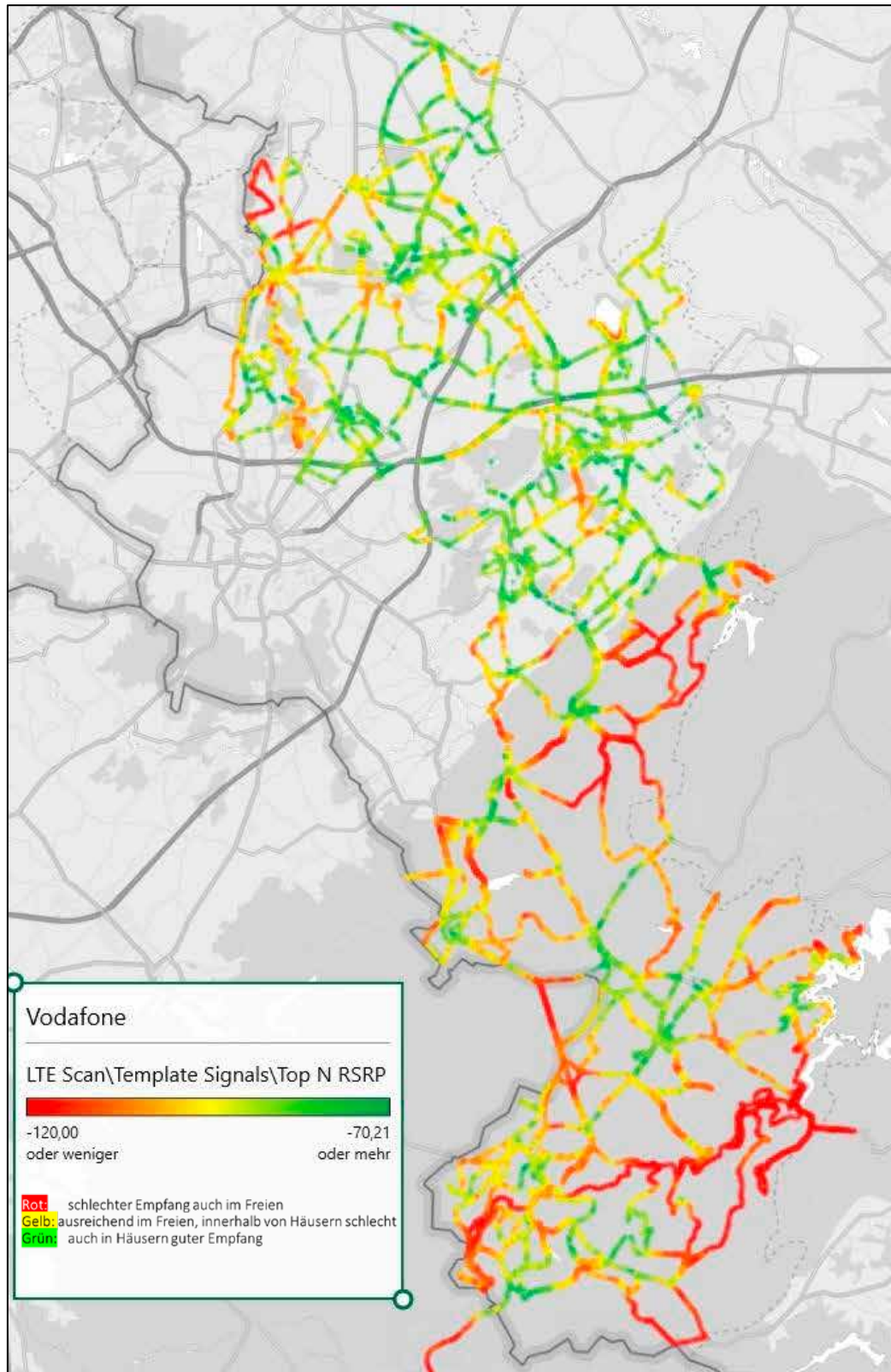
Die Kartendarstellung ist interaktiv in der Größe und im Zoomfaktor einzustellen und kann während einer Präsentation einfach verändert werden.

Im Folgenden werden zunächst alle drei Betreiber mit den detaillierten Messpfaden eingetragen dargestellt.

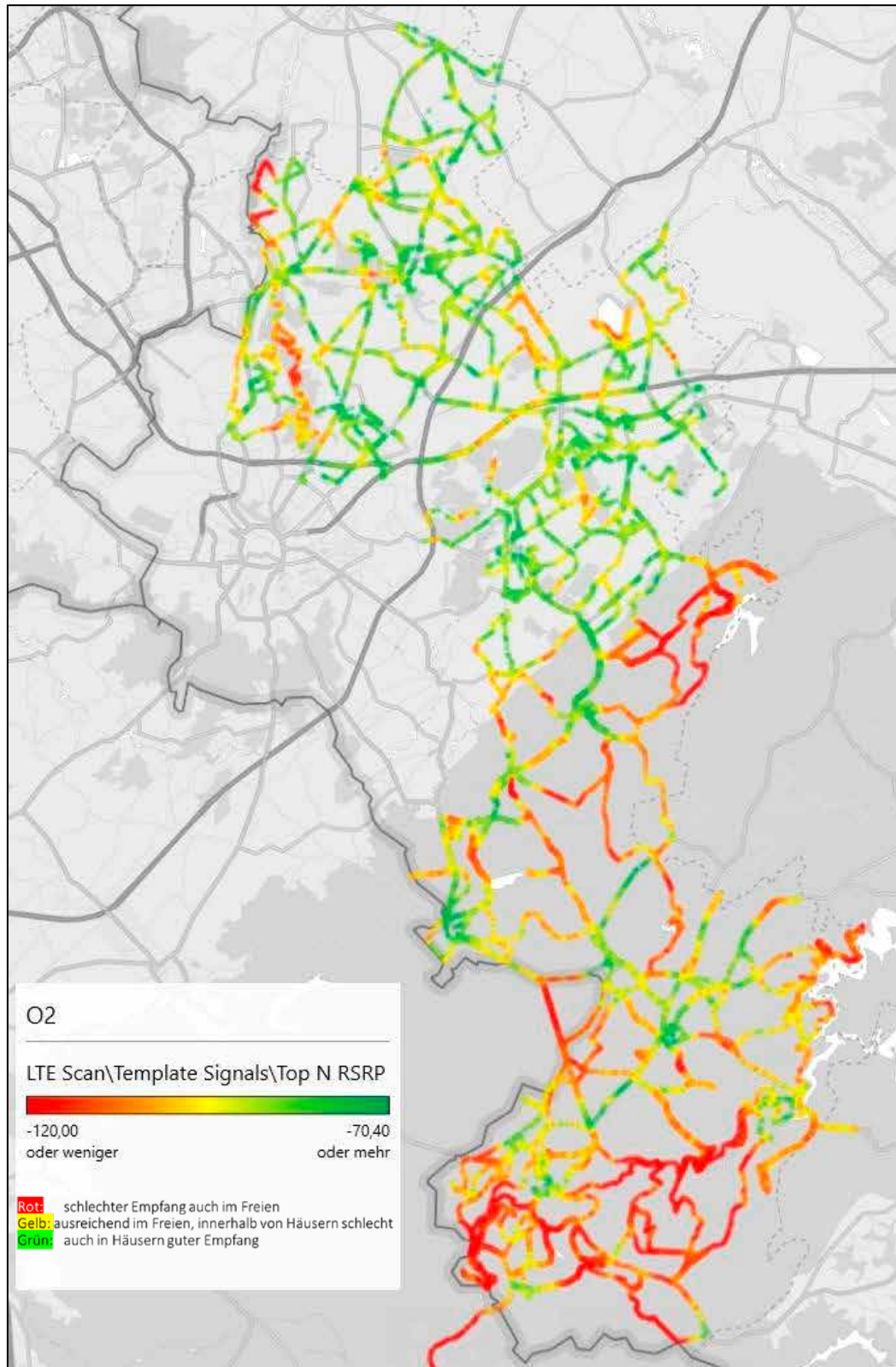
Anschließend wird die Breite der Messpfade vergrößert, so dass sich eine „Heatmap“-artige Visualisierung ergibt, die im Vergleich der drei Betreiber eine übersichtlichere Darstellung zeigt.



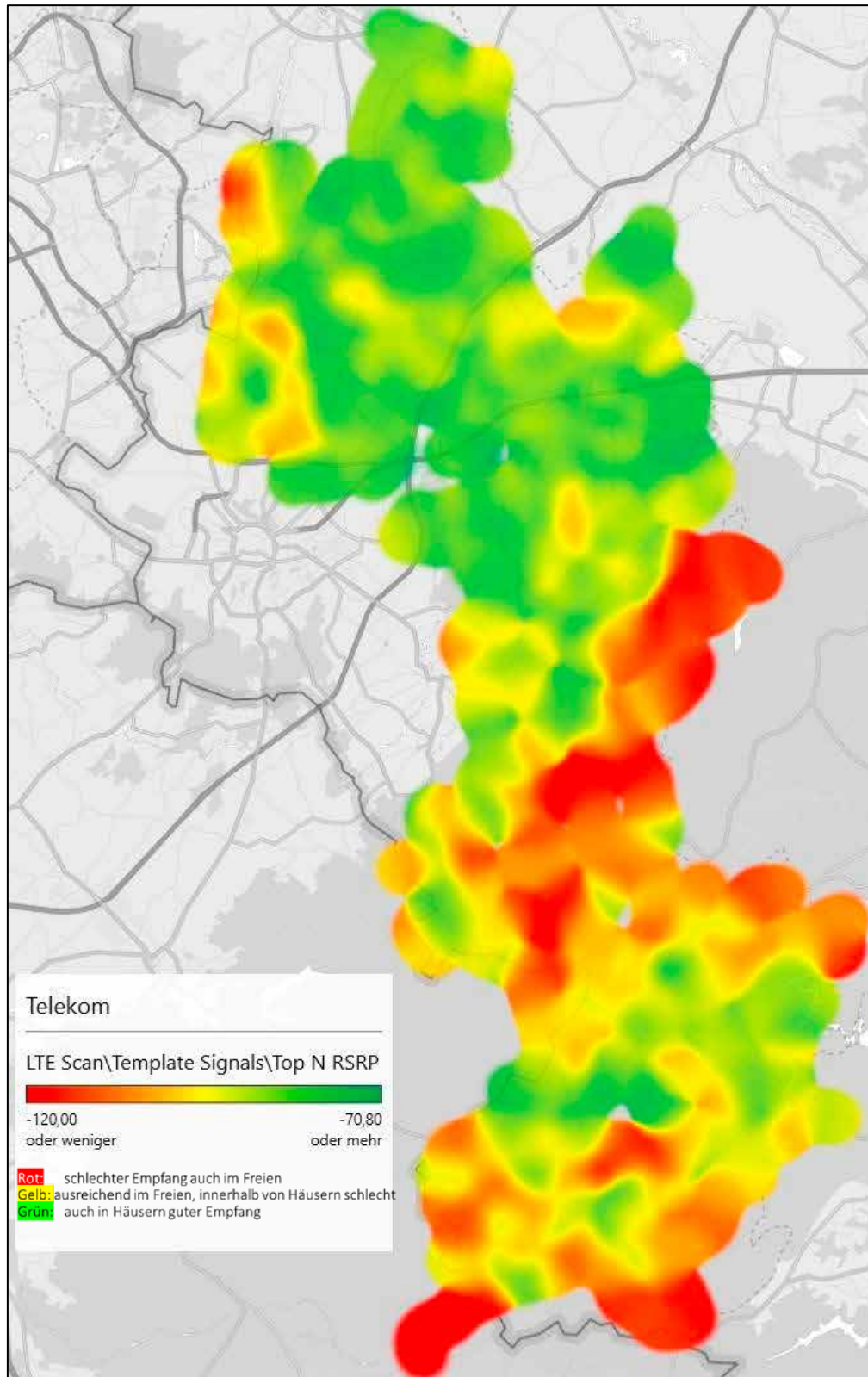
Deutsche Telekom / RSRP Pegel entlang der Messstrecke



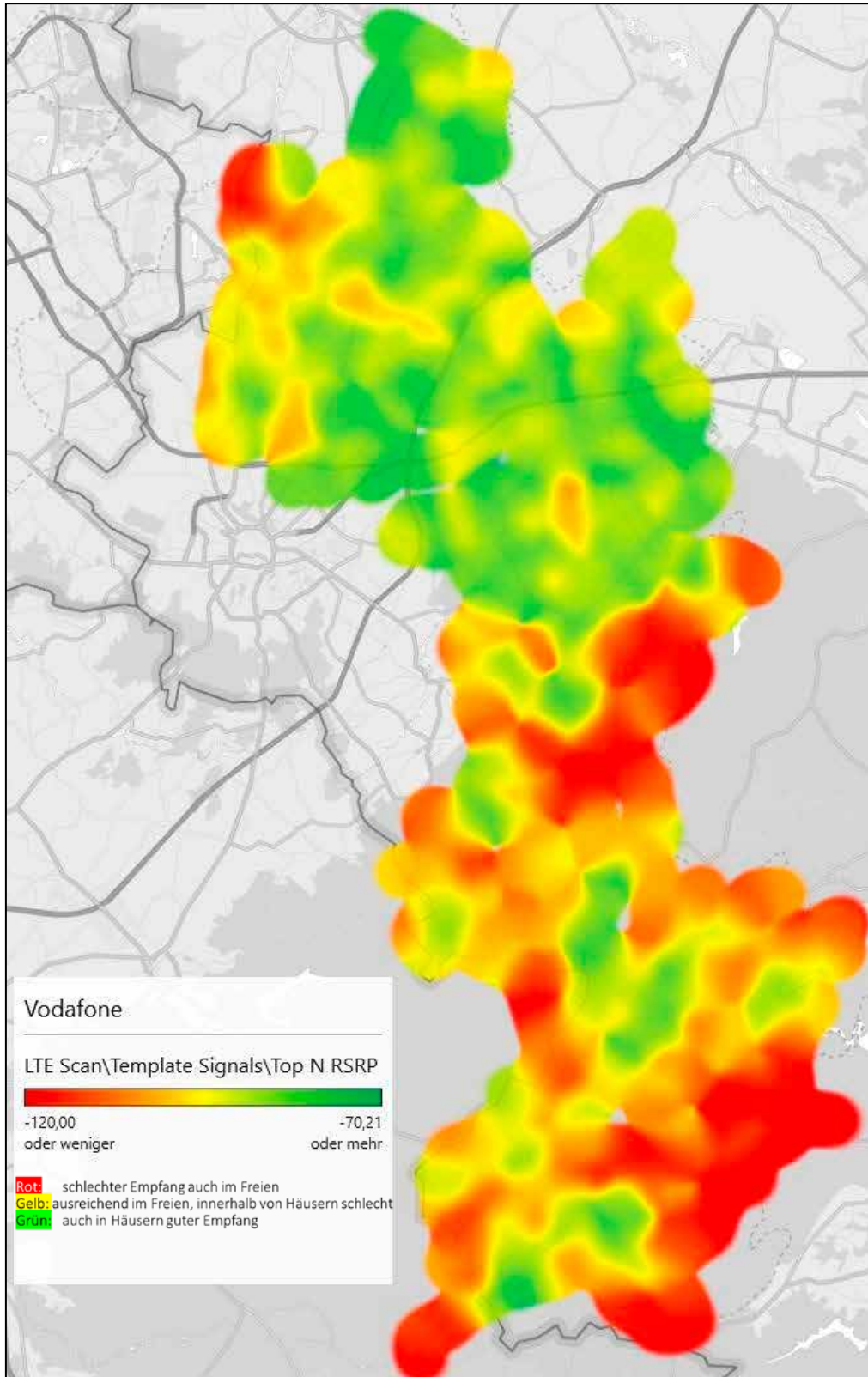
Vodafone / RSRP Pegel entlang der Messstrecke



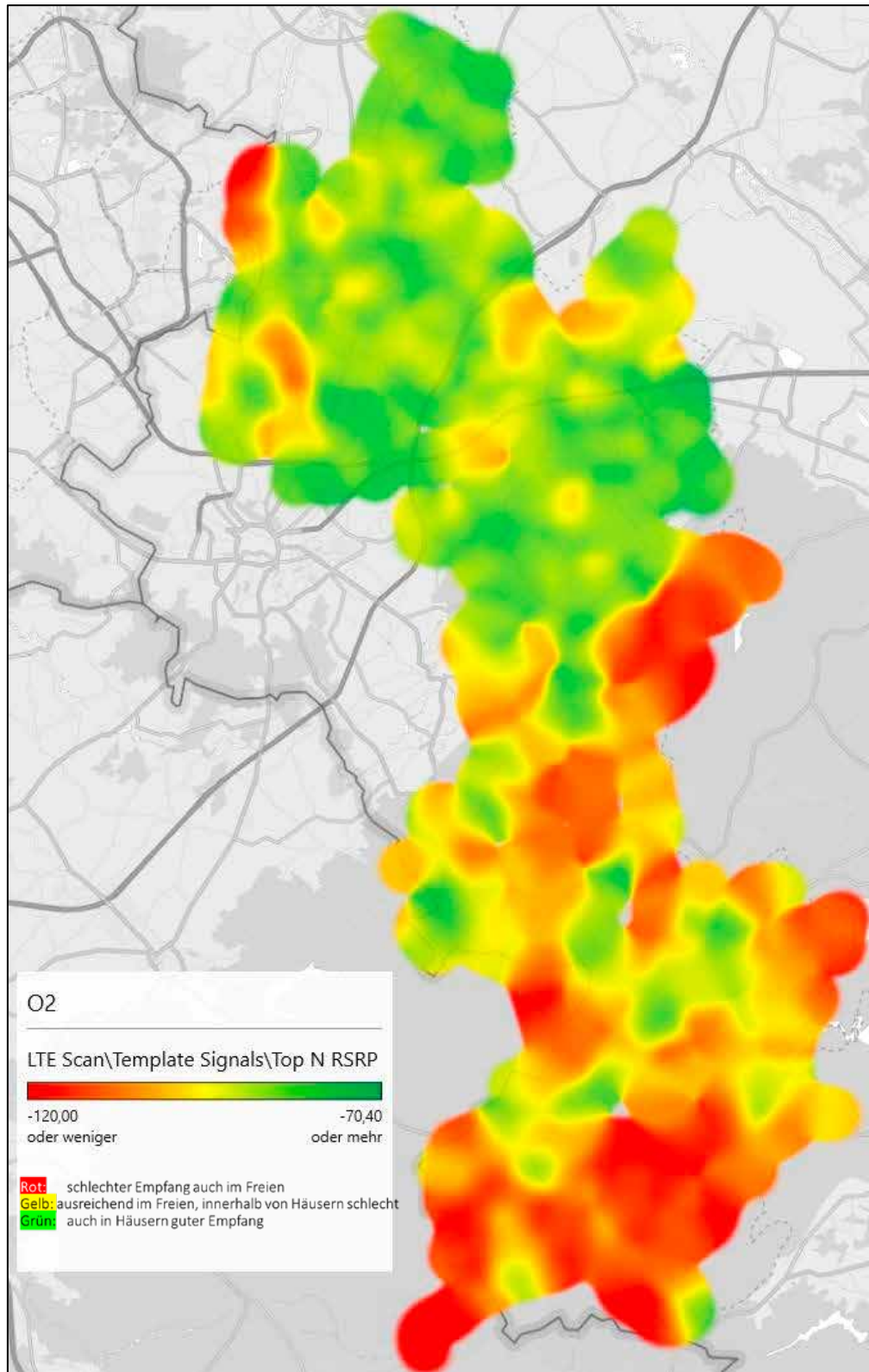
O2 Telefonica / RSRP Pegel entlang der Messstrecke



Deutsche Telekom / RSRP Pegel / Heatmap Darstellung



Vodafone / RSRP Pegel / Heatmap Darstellung



O2 Telefonica / RSRP Pegel / Heatmap Darstellung

8.1.3 Funkversorgung Mobiltelefone

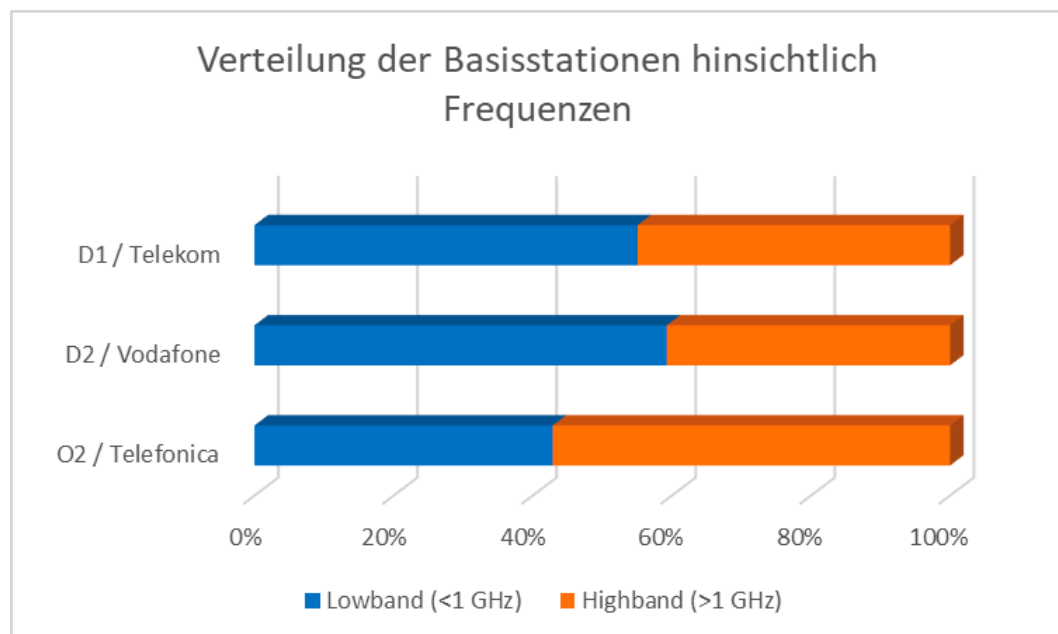
8.2 Analyse der Funkbänder je Netzbetreiber

In diesem Abschnitt werden aus den Messergebnissen der Mobiltelefone pro Netzanbieter die Einbuchung in verschiedene Bänder / Frequenzen genauer analysiert. Es gibt hierbei zwei für Netzbetreiber wichtige Frequenzbänder:

- **Lowband** für Bänder unter ca. 1 GHz (1000 MHz), insbesondere die Bänder 8, 20 und 28
- **Highband** für Bänder über 1 GHz, insbesondere die Bänder 1, 3, 7 und 38

Je tiefer die Frequenz, desto weiter ist der Versorgungsbereich pro Standort. Insbesondere die Frequenzen um 850 MHz des Bands 20 (ARFCN 6200 – 6400) sind sehr wichtig für die ländliche Versorgung abseits der Städte. Je mehr Lowband Versorgung ein Netzbetreiber bereitstellt, desto höher ist die Versorgungsqualität in der Fläche. Umgekehrt ist eine Highband Versorgung in der Stadt unabdingbar, da nur viele kleine Standorte mit begrenztem Radius das hohe Datenaufkommen bewältigen können.

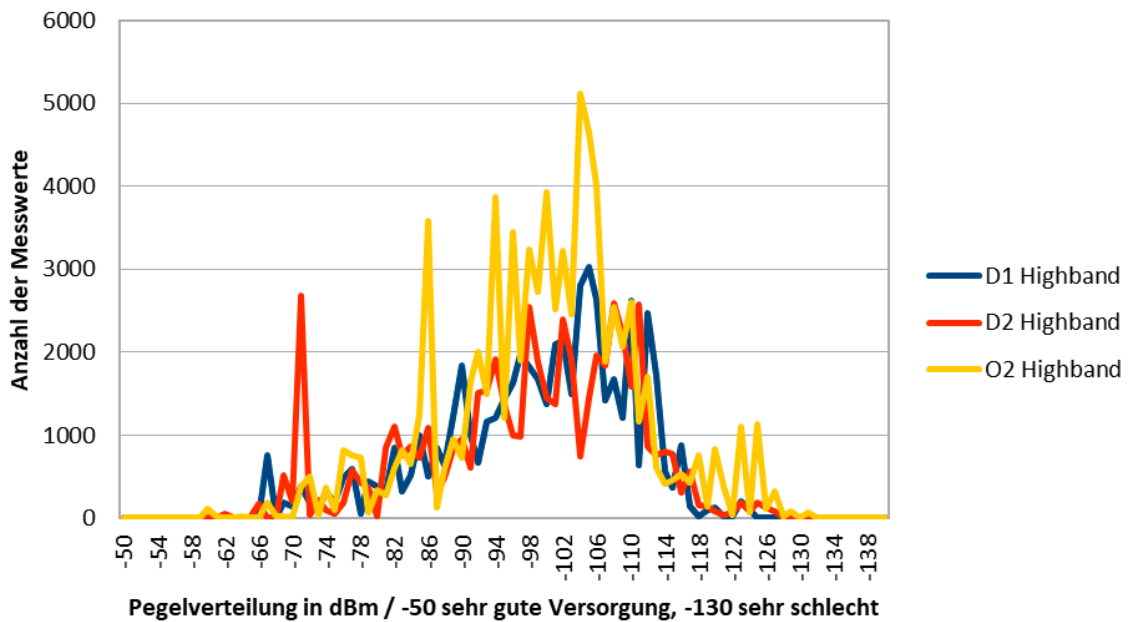
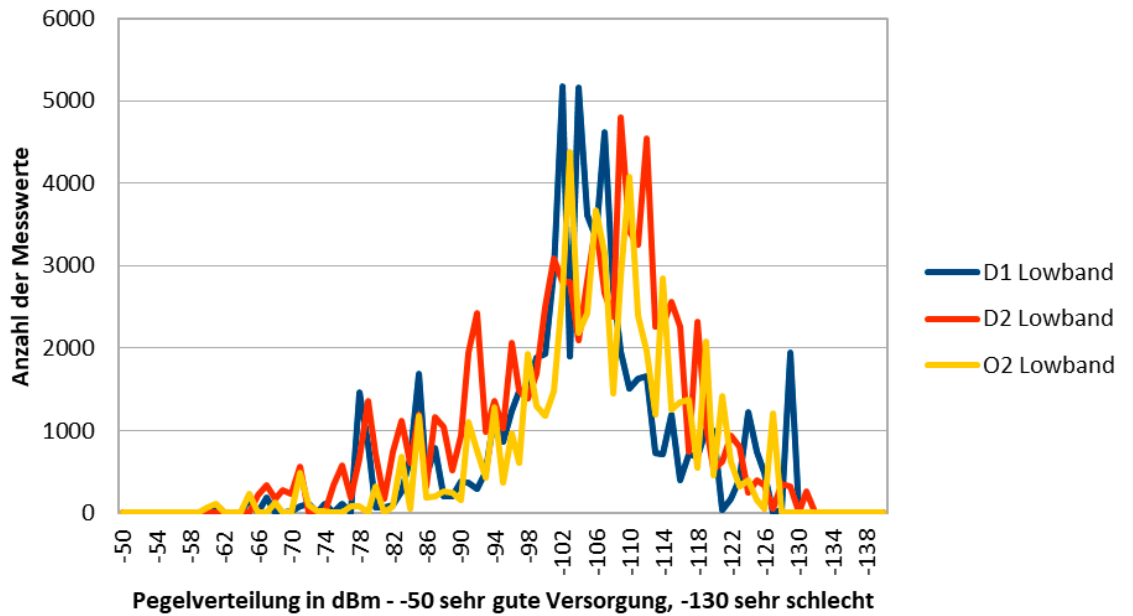
Im Falle der vorliegenden Untersuchungen treten nun signifikante Unterschiede der drei Netzanbieter im Untersuchungsgebiet auf:



Der Netzanbieter O2 verwendet deutlich mehr Highband Standorte als die anderen beiden Betreiber. Dadurch müssten die Standorte von O2 höher verdichtet werden, um hier die gleiche Ausleuchtung in der Fläche zu erzielen.

Im Detail können die drei Netzbetreiber bei diesem Aspekt wie folgt näher beschrieben werden: Eingezeichnet sind alle Einbuchungen im jeweiligen Band über die RSRP-Pegel der drei Mobiltelefone.

Hierbei ist deutlich zu sehen, dass O2 im Highband Bereich eine andere Strategie wählt. Offenbar konzentriert sich O2 eher auf die bevölkerungsreicheren Kommunen und bewohnten Gebiete als auf die ländlichen Flächengebiete.



8.3 Funkstörungen aus den Nachbarländern

Es wurden in einer gesonderten Analyse aufgrund der in Vorversuchen ermittelten ausländischen Netzparameter alle in Frage kommenden Netzbetreiber extrahiert und aus den Scannermessungen exportiert.

Dabei spielten die Netzbetreiber wie BASE, Proximus oder Vodafone NL oder die Bänder keine Rolle, es wurde nur der potenzielle maximale Pegel (sogenannter Top 1 Parameter RSRP) eines benachbarten Netzbetreibers auf dem Gebiet der StädteRegion betrachtet. Diese Daten wurden parallel mit den anderen Mobilfunkmessungen mitgemessen.

Die unten abgebildete Kartendarstellung zeigt - unabhängig ob ein niederländischer oder belgischer Netzbetreiber – die potenzielle Stärke eines benachbarten Senders, der sich in diesem insbesondere rotem Gebiet leicht als Roamingpartner anbietet, wenn man beispielsweise das Telefon aus dem Flugmodus zurückschaltet, oder wenn das Telefon noch im Ausland eingebucht war. Hierbei würde es sich erst relativ weit von der Grenze weg in das Heimatnetz wieder zurück buchen.

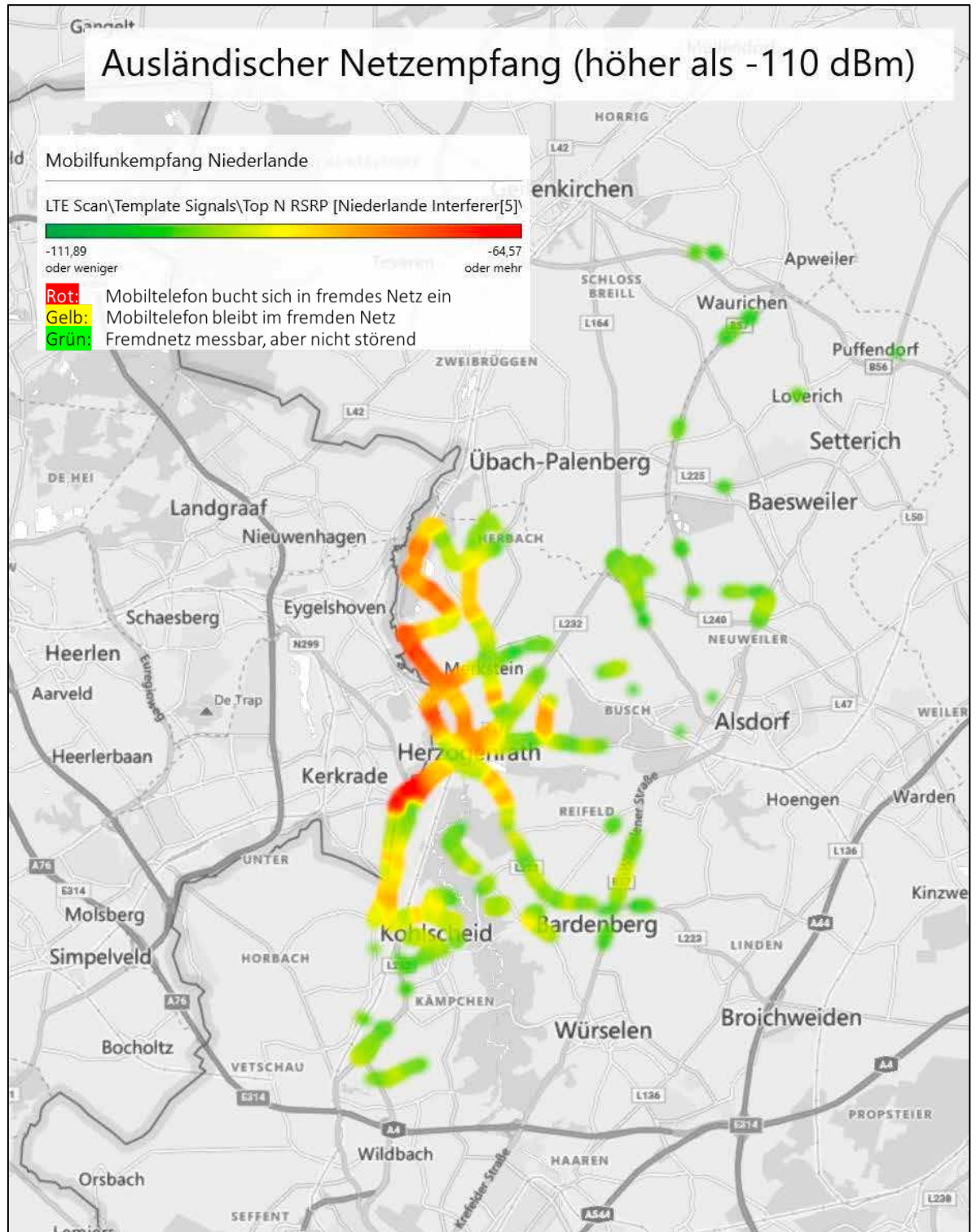
Teilweise gehen die Empfangsbereiche von einem Pegel von höher als -110 dBm bis nach Stolberg oder Baesweiler.

Ergänzend muss erwähnt werden, dass vermutlich die Situation im benachbarten Ausland ähnlich in Bezug auf die deutschen Netze ist. Dieser Fall wurde jedoch in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt.

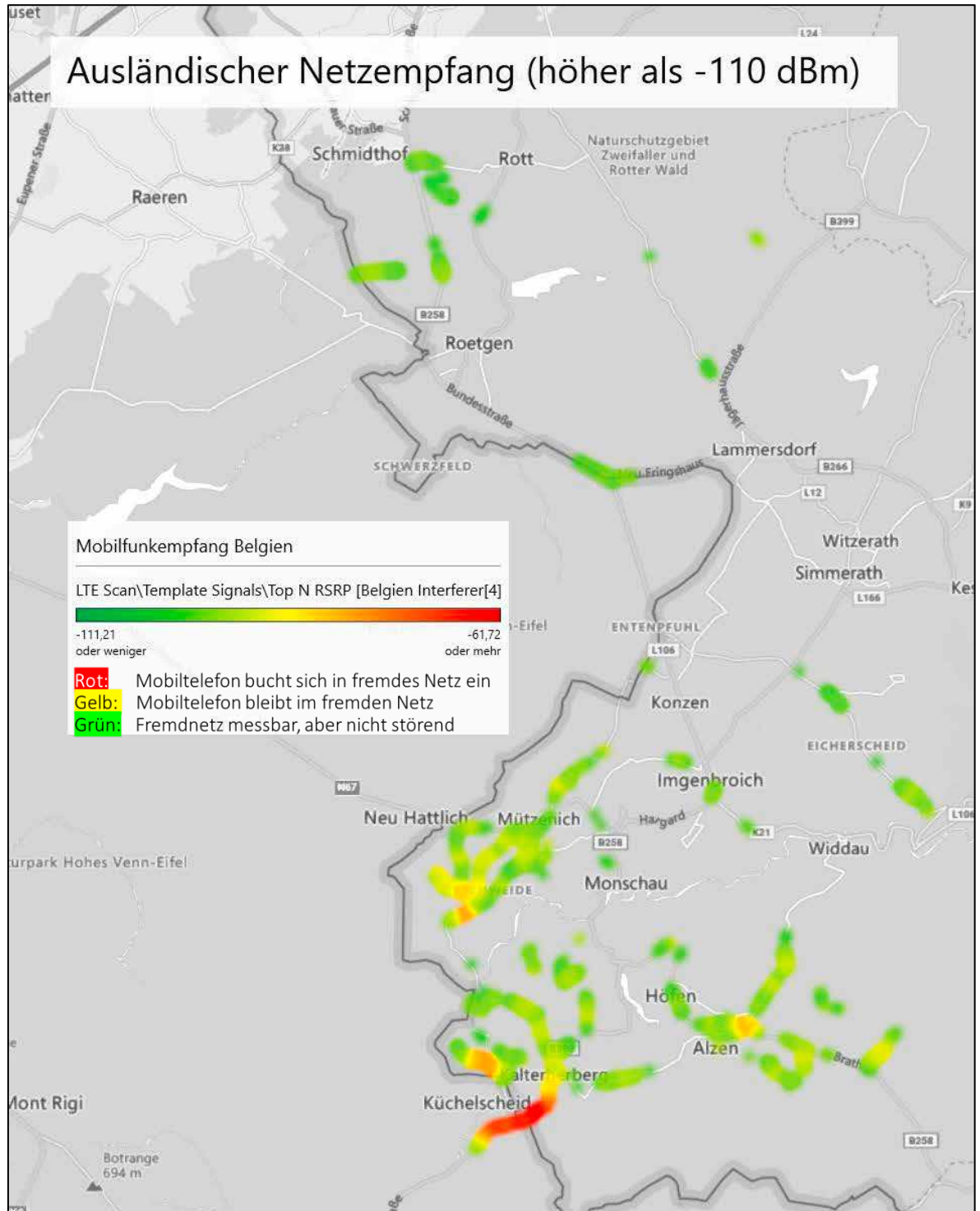
Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass es im nördlichen Gebiet der StädteRegion insbesondere von der niederländischen Seite in Kohlscheid und Herzogenrath sowie in der südlichen Venn Region von der belgischen Seite her in Monschau, Simmerath und Roetgen, aber auch in Exklaven wie Ruizhof bei Küchelscheid (B) die Funkversorgung aus den Nachbarländern mit den heimischen Netzen konkurriert.

Abhilfe für diese Situation kann das „Forcen“ in das heimische Netz durch die manuelle Netzwahl bringen. Dadurch verliert aber das Telefon die Möglichkeit, sich bei Auslandsreisen automatisch in das Auslandsnetz einzubuchen. In diesem Fall mit manueller Netzsuche hätte man wenige Kilometer nach der Grenze keinen Empfang mehr. Dieser Workaround geht also auf Kosten der leichten Bedienbarkeit.

Kartendarstellung mit potenziellen Störungen von benachbarten Netzen im Untersuchungsgebiet. Je röter, desto störender ist der Einfluss hinsichtlich versehentlichen Einbuchens oder auch Interferenzen.



Funkeinstreuung durch benachbarte Sender im nördlichen Gebiet der StädteRegion Aachen.



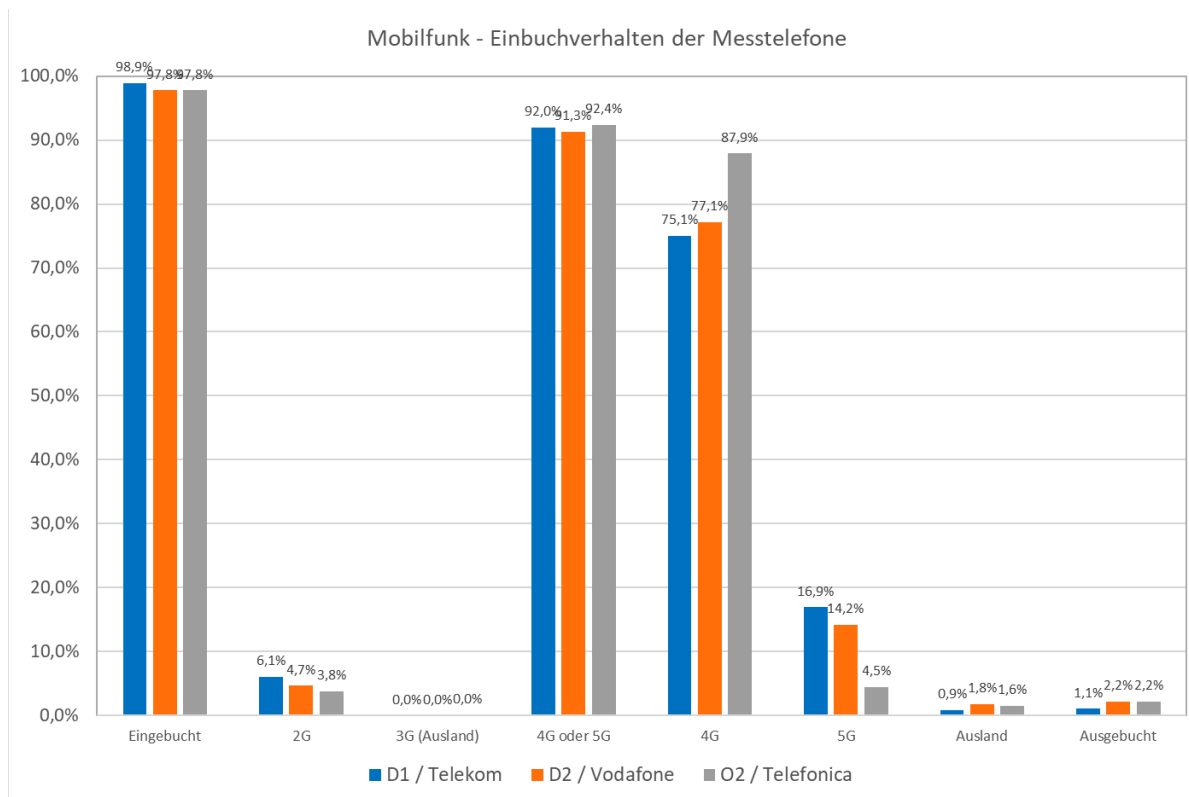
Funkeinstreuung durch benachbarte Sender im südlichen Gebiet der StädteRegion Aachen.

8.4 Mobiltelefone Daten- und Sprachdienste

Eine Auswertung im Vorfeld der Analyse der einzelnen Dienste ergibt hinsichtlich des Einbuchverhaltens folgendes Bild:

	D1 / Telekom	D2 / Vodafone	O2 / Telefonica
Eingebucht	98,9%	97,8%	97,8%
2G	6,1%	4,7%	3,8%
3G (Ausland)	0,0%	0,0%	0,0%
4G oder 5G	92,0%	91,3%	92,4%
4G	75,1%	77,1%	87,9%
5G	16,9%	14,2%	4,5%
Ausland	0,9%	1,8%	1,6%
Ausgebucht	1,1%	2,2%	2,2%

- Alle Telefone sind in die drei Netze fast vollständig eingebucht. Hierbei gibt es kaum Unterschiede zwischen den Betreibern.
- Die Deutsche Telekom hat sowohl bei der 2G Versorgung als auch bei der 5G Versorgung einen höheren Prozentsatz als die Wettbewerber. Dies lässt auf die bessere Versorgung in ländlichen oder bewaldeten Gebieten und auch im Grenzbereich schließen. Bei 5G liegt hierbei der Ausbaugrad höher.
- O2 hat insbesondere in der 5G Versorgung den niedrigsten Anteil, nur etwa ein Drittel von der Deutschen Telekom.
- Der Anteil der in ausländischen Netzen eingebuchten Telefone liegt nur bei etwa 1-2 % vor allem bei Vodafone und O2, was aber daran liegt, dass in den meisten Streckenabschnitten außer Radwege eine feste Netzwahl vorgegeben war. Hierbei verweisen wir auf die Scanner Ergebnisse im Unterpunkt 4.2.



8.4.1 Interactivity Tests (Round Trip Time)

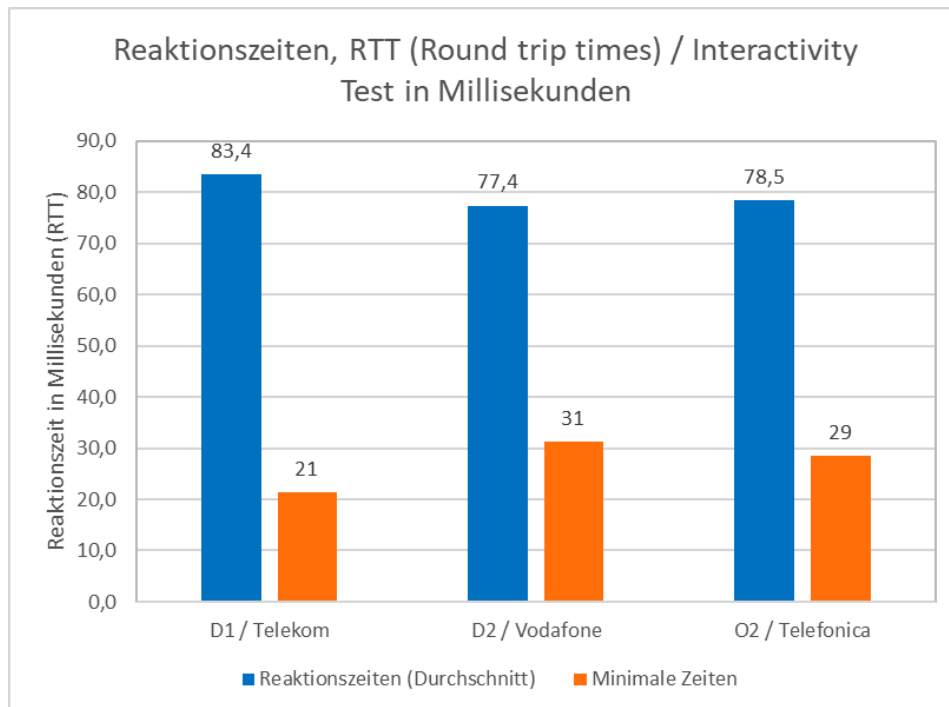
Diese Ergebnisse stammen aus insgesamt über 10.000 Einzelmessungen pro Netzbetreiber über die gesamte Messstrecke.

Es werden sehr viele einzelne Datenpakete zu einer Gegenstelle – in unserem Falle Google – geschickt und die Antwortzeit sowie der Erfolg erfasst. Der Interactivity Wert ergibt somit ein Maß für die Schnelligkeit bei Surfen, Social Media, Scrollen und den Seitenaufwurf über Mobilfunk.

Die gemittelten Werte liegen deutlich über den theoretisch möglichen schnellsten Werten von LTE oder 5G.

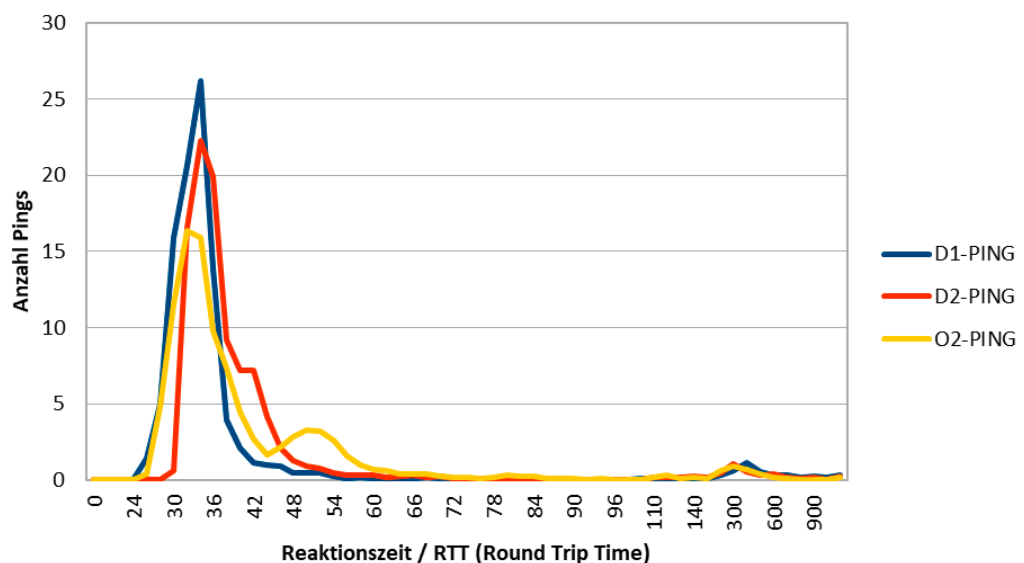
Eine Zusammenfassung der Ergebnisse zeigt folgende Tabelle:

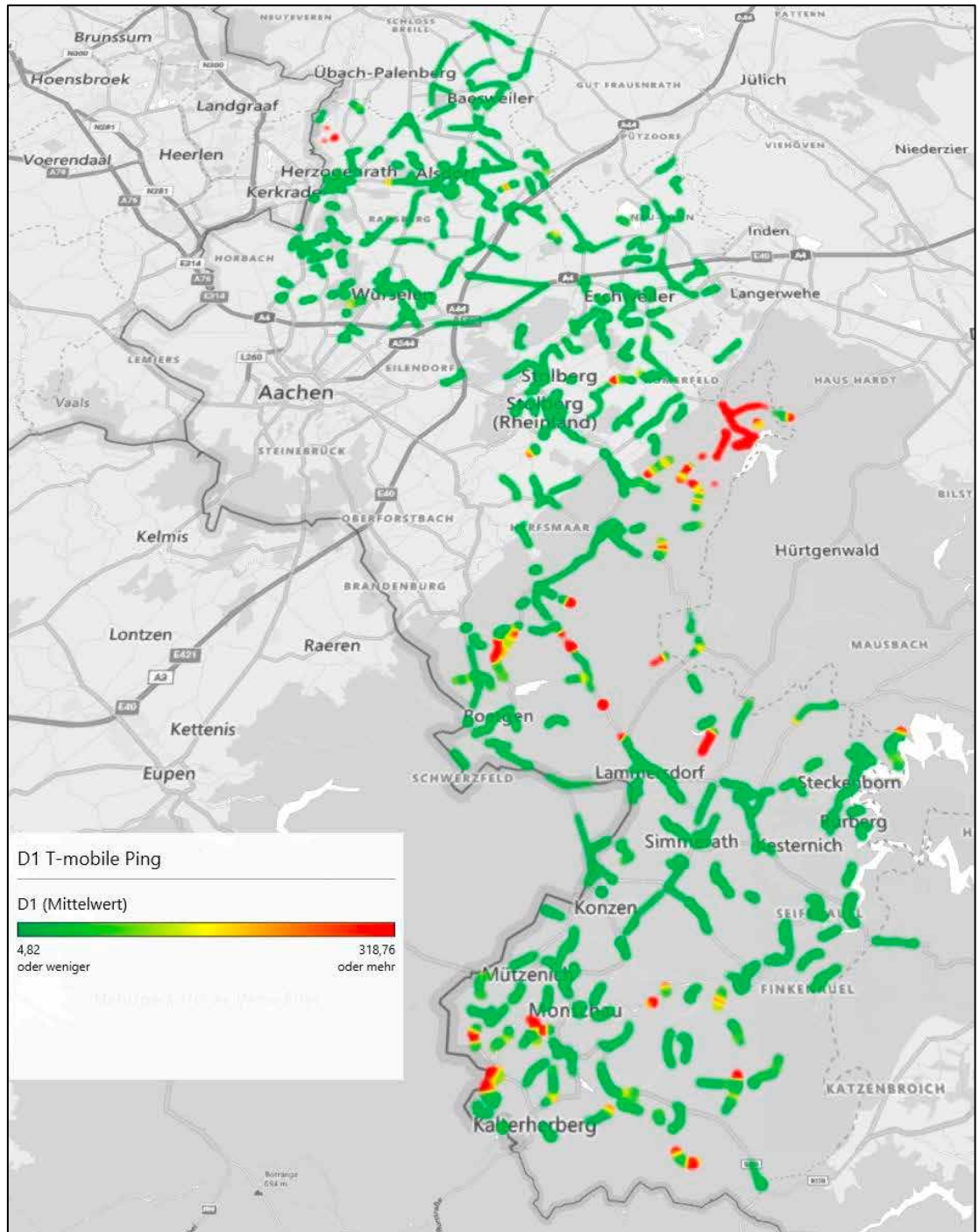
Reaktionszeiten, RTT (Round trip times)			
	D1 / Telekom	D2 / Vodafone	O2 / Telefonica
Reaktionszeiten, gemittelt in Millisekunden	83,4	77,4	78,5
Erfolgsrate	94,2%	88,4%	94,0%



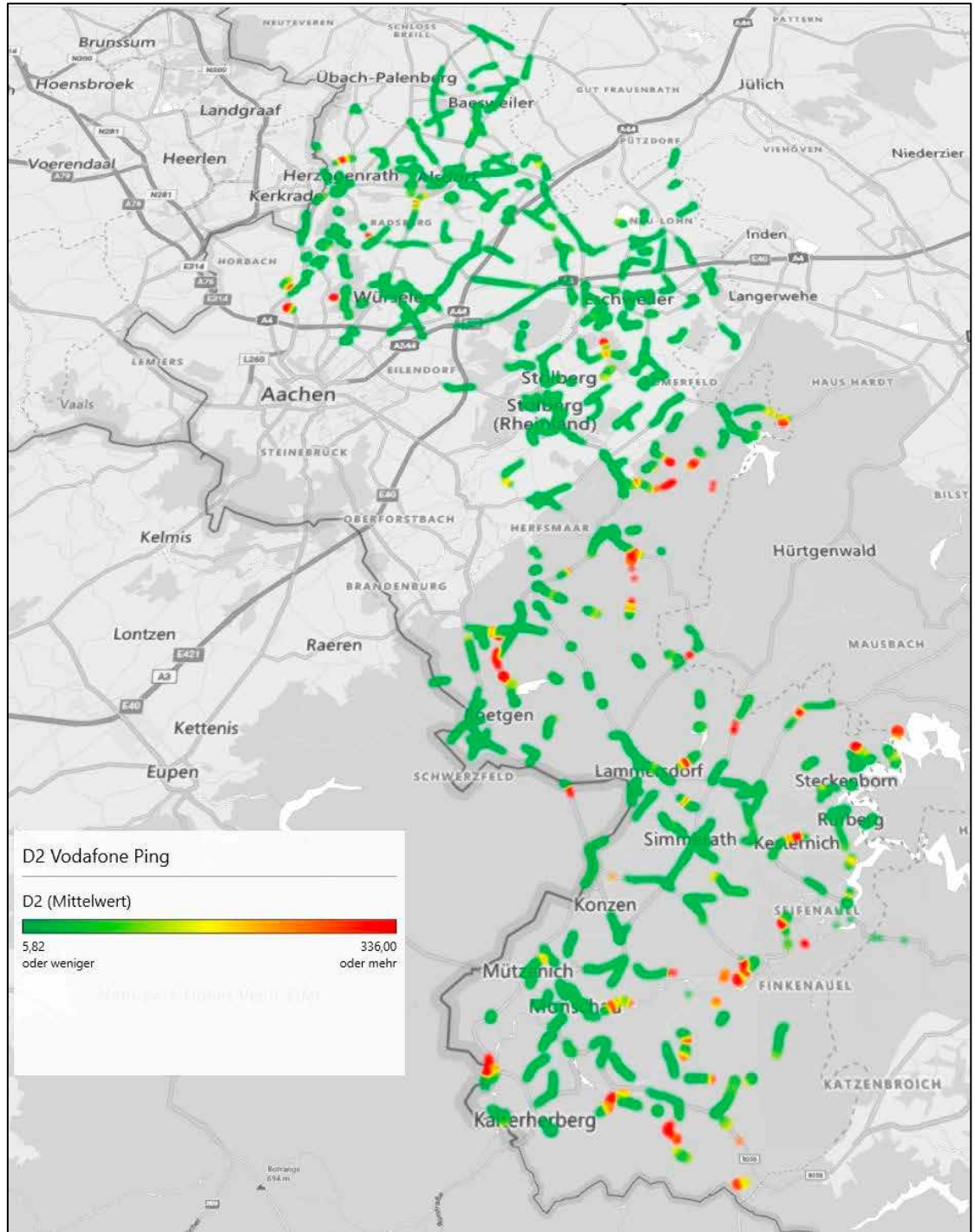
Eine Detailanalyse der einzelnen Datenpakete ergibt folgendes Bild: Schön zu sehen ist eine Häufung um 300 ms bei allen Netzanbietern, welche auf ein Einbuchen in das GSM-Netz hinweist. Es gibt keinen nennenswerten Unterschied zwischen dem 4G oder dem 5G (NSA oder SA) Netz, was ebenfalls darauf hinweist, dass dieses schnelle Netz noch nicht wirksam ist. Die schnellsten Zeiten bewegen sich um 20 ms.

O2 hat eine relativ häufige längere Reaktionszeit um 50 ms und deutlich weniger schnelle Zeiten um 30 ms als die beiden anderen Netze.

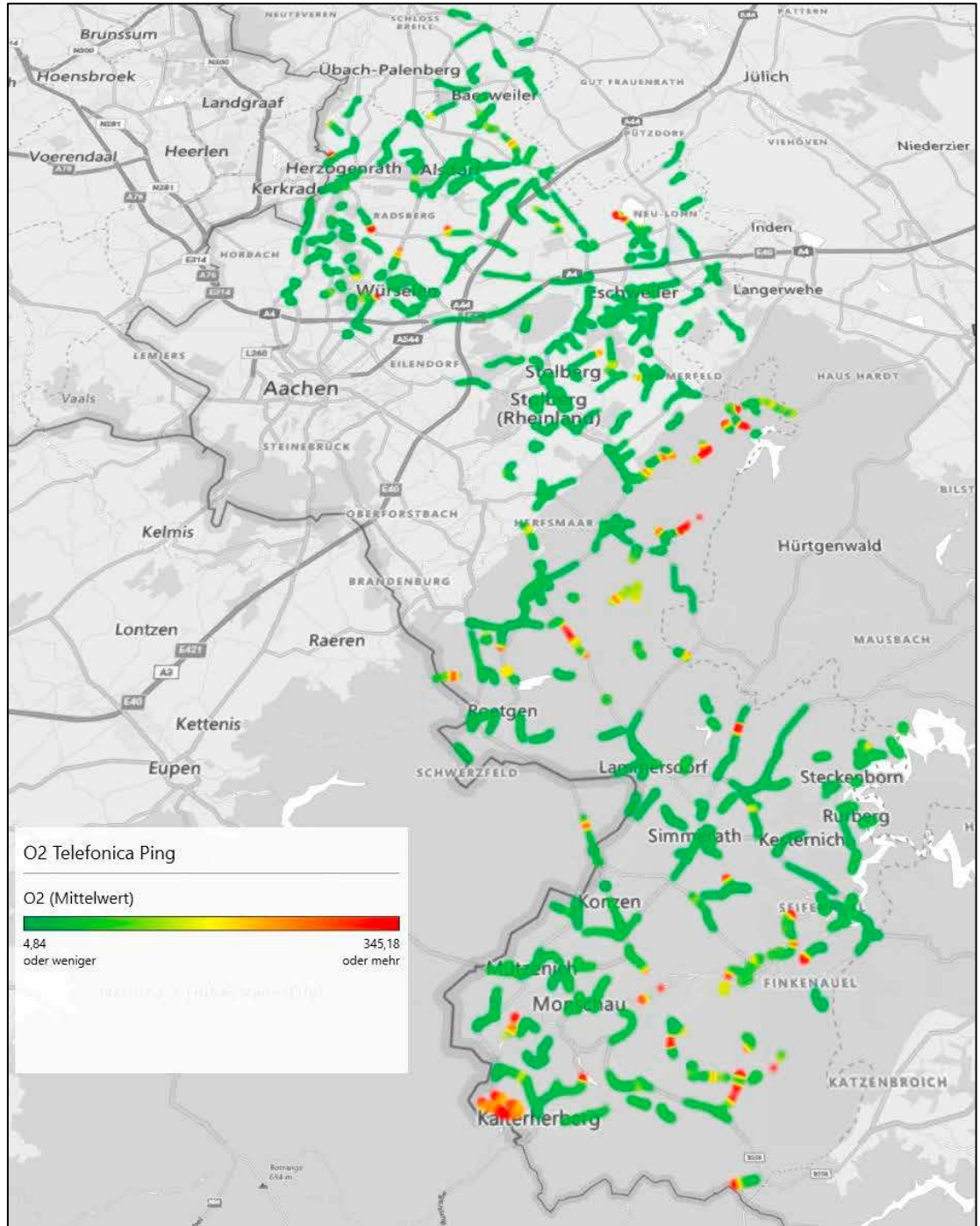




T-mobile - RTT Ergebnisse.
 Grün bedeutet sehr schnelle Reaktion, Rot langsame Antwortzeit vom Netz bei Internetdiensten.



Vodafone - RTT Ergebnisse.
 Grün bedeutet sehr schnelle Reaktion, Rot langsame Antwortzeit vom Netz bei Internetdiensten.



O2 Telefonica - RTT Ergebnisse.
Grün bedeutet sehr schnelle Reaktion, Rot langsame Antwortzeit vom Netz bei Inter-
netdiensten.

8.4.2 Download Tests

Über die gesamte Messstrecke wurden zyklisch jeweils ca. alle 5 Minuten insgesamt 530 Messwerte pro Netzbetreiber ermittelt.

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse zeigt folgende Tabelle:

Datenrate Download in MB			
	D1 / Telekom	D2 / Vodafone	O2 / Telefonica
Datenrate Download in MB - gemittelt	38,4	55,7	32,0
Erfolgsrate	88,7%	86,4%	88,4%

Die Erfolgsrate beträgt ca. 87%, das heißt, bei jedem 7-8 Versuch funktionierte der Datendownload nicht.

Die erzielten Datenraten liegen im Mittel bei 30 – 60 MB, was für normale Anwendungsfälle ausreichend ist. Die Verteilung unterscheidet sich jedoch sehr stark, von nur sehr mäßigen 2 MB falls möglich bis hin zu 100-200 MB, was mehr als ausreichend ist für Anwendungen von Smartphones.

Falls jedoch ein stationärer Netzanschluss über ein 4G/5G fähigen Netzwerk Router bei fehlender Glasfaser oder Kabel Verbindung in ländlichem Gebiet besteht, so sind selbst diese Datenraten als nur ausreichend anzusehen.

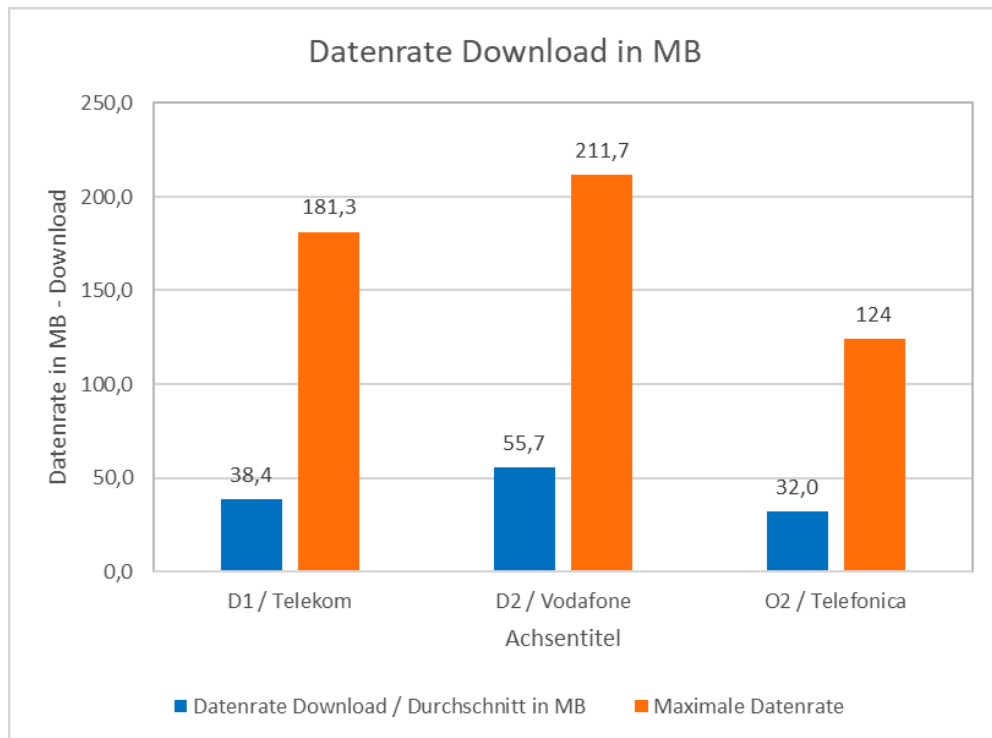
Vergleicht man die gemittelten Resultate der Datendownloads mit anderen Untersuchungen, die in der letzten Zeit in ähnlichen regionalen Lagen gemacht werden, so liegen die hier ermittelten Ergebnisse der Download Bandbreite niedriger. So wurden kürzlich in Bayern im Auftrag des Bayerischen Wirtschaftsministeriums an Landstraßen und in Zügen folgenden gemittelten Bandbreiten gemessen:

- T-Mobile 72,5 / 69,2 MB (Bundesstraßen/Züge)
- Vodafone 111,5 / 98,7 MB (Bundesstraßen/Züge)
- O2 Telefonica 67,2 / 79,3 MB (Bundesstraßen/Züge)

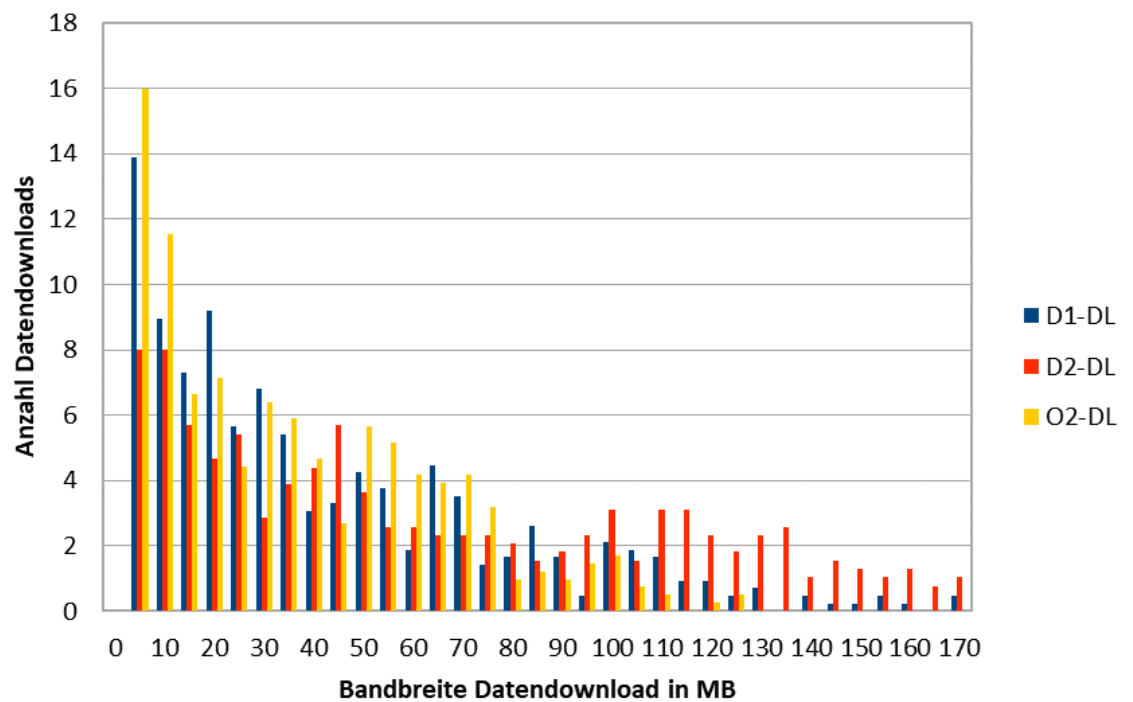
(Quelle: Mobilfunk-Messungen entlang von Bundesstraßen sowie fahrgaststarken Bahnstrecken in Bayern, Dr. Michael Lorenz /Rohde & Schwarz International GmbH, 2022).

Diese Ergebnisse liegen etwa um fast das Doppelte höher als in vorliegender Untersuchung. Die Messstrecken sind jedoch nur eingeschränkt vergleichbar, in dieser Untersuchung wurden auch sehr verkehrsarme Wege mit untersucht.

Die Ergebnisse werden in folgendem Balkendiagramm visualisiert:



Die Detailanalyse aller Datenpakete, die von den drei Anbietern ermittelt wurden, zeigt folgende Histogramm Darstellung der prozentualen Verteilung der Bandbreite:

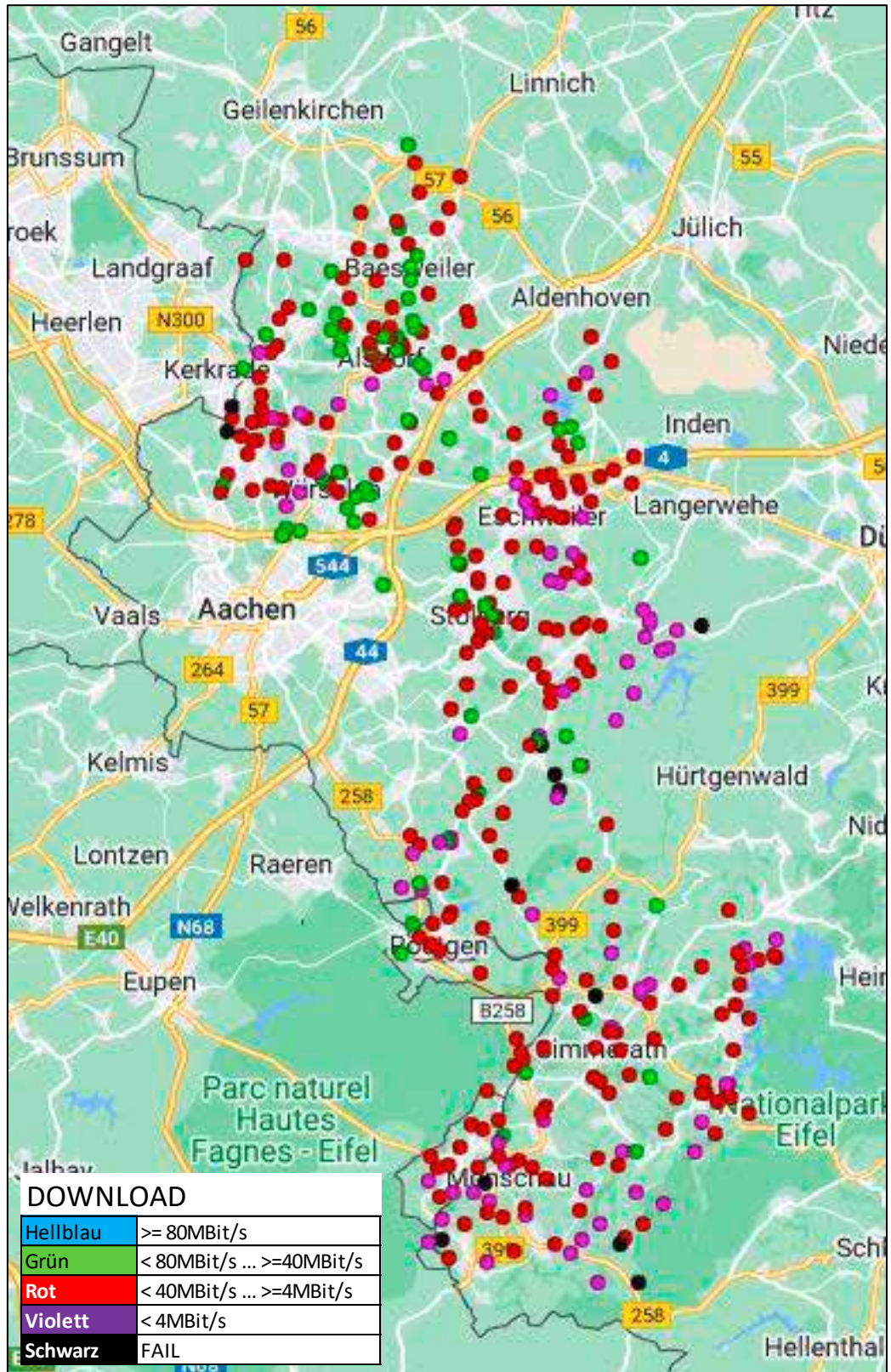


Der Netzbetreiber Vodafone profitiert von seinen häufigen schnelleren Datenraten zwischen 100 und 200 MB, womit er die höchsten gemittelten Raten aufweist. Die Anzahl der Fehlversuche ist jedoch etwas häufiger als bei den anderen beiden Betreibern.

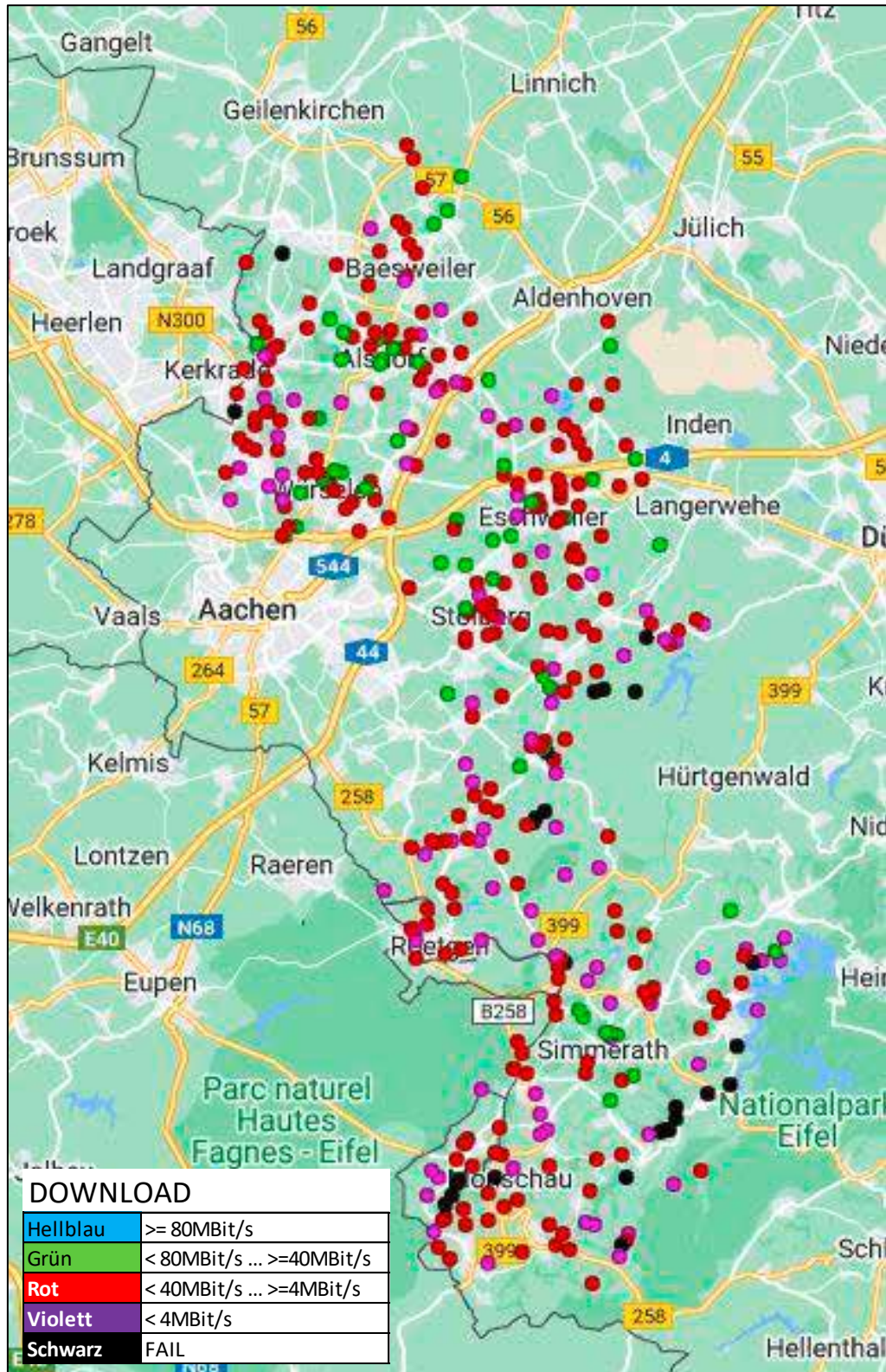
In den weitaus häufigsten Fällen sind nur unzureichende Datenraten gemessen, Werte unter 10 MB reichen für viele Anwendungsfälle nicht aus und sind auch keine Alternative zu stationären Festnetzanschlüssen. Hierbei sind die Fehlversuche (= 0 MB nicht eingezeichnet)

Kartendarstellung

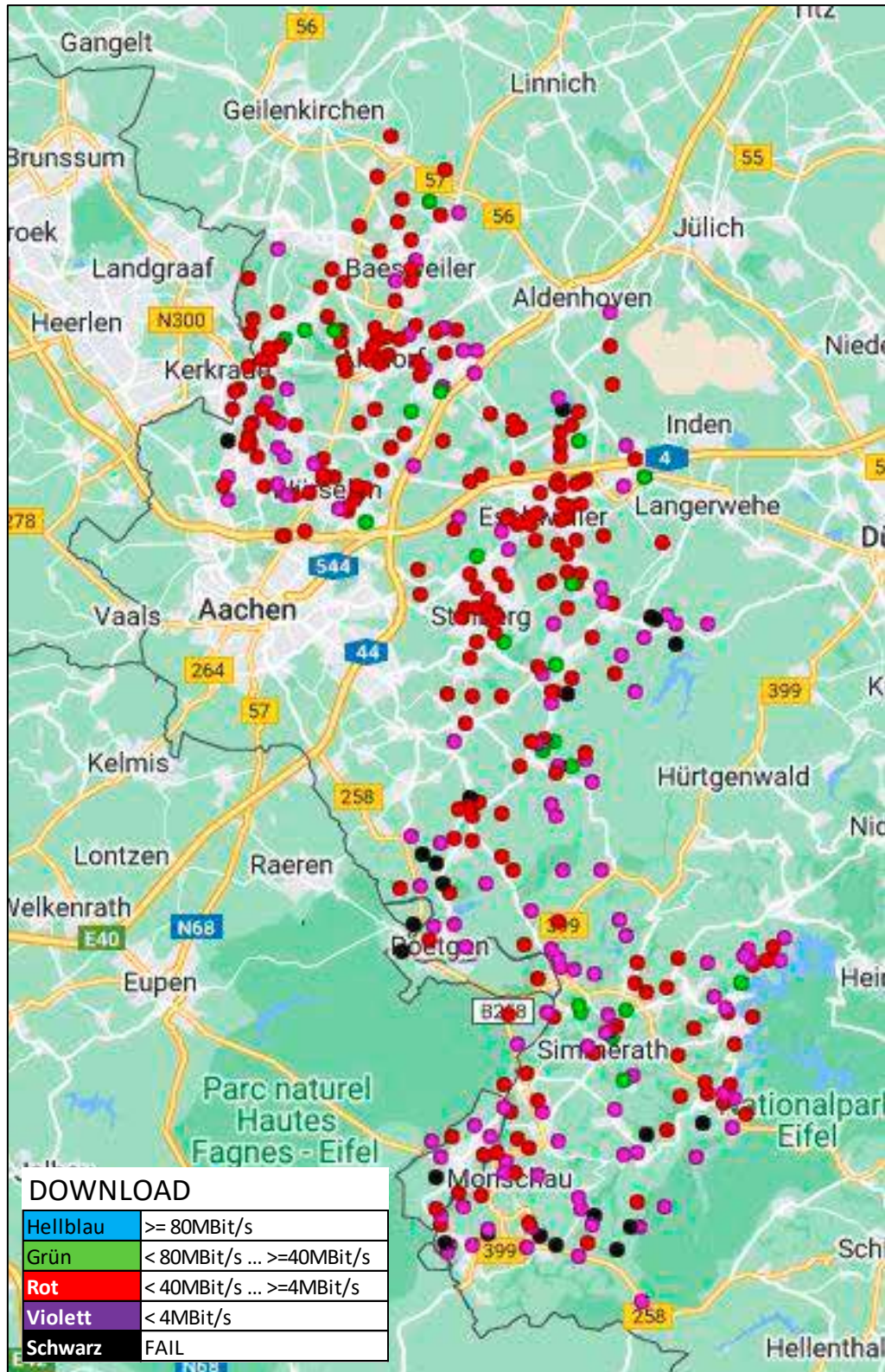
Im Anhang werden die über Google Earth dargestellten Einzelwerte aller Messergebnisse illustriert. Diese Darstellung kann auch interaktiv genutzt werden, um in einzelne Messungen an Standorten im Untersuchungsgebiet hereinzuzoomen.



D1 / Telekom – Datendownload Bandbreite



D2 / Vodafone – Datendownload Bandbreite



O2 / Telefonica – Datendownload Bandbreite

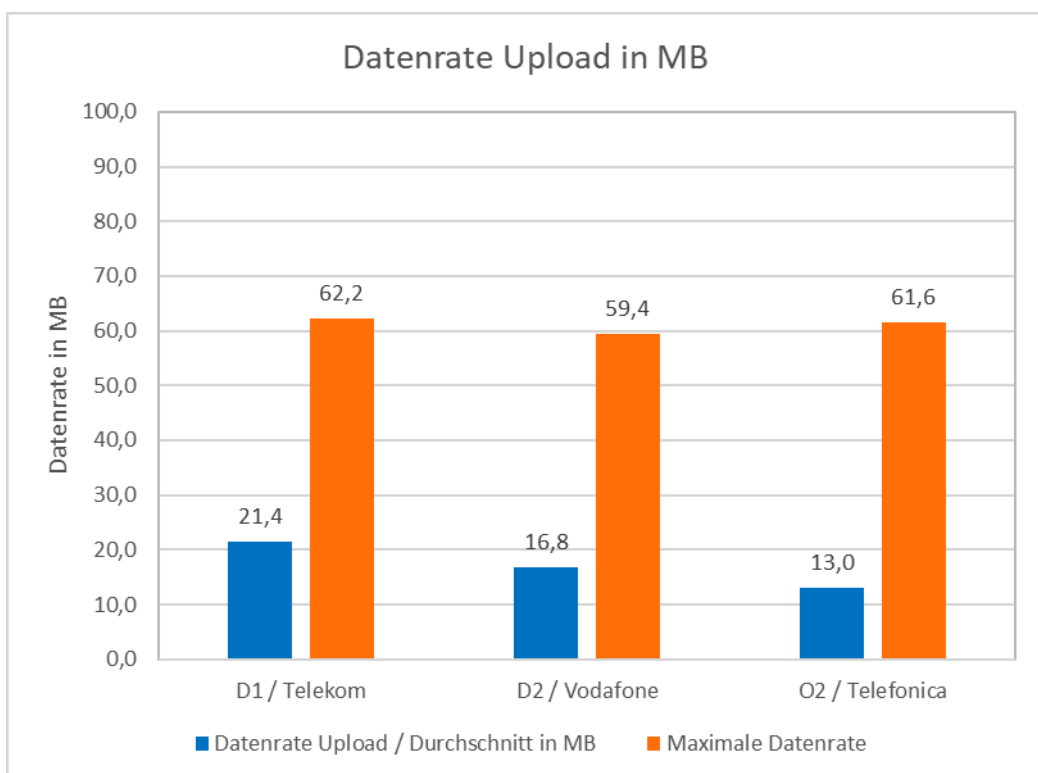
8.4.3 Upload Tests

Über die gesamte Messstrecke wurden zyklisch jeweils ca. alle 5 Minuten insgesamt 570 Messwerte pro Netzbetreiber ermittelt.

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse zeigt folgende Tabelle:

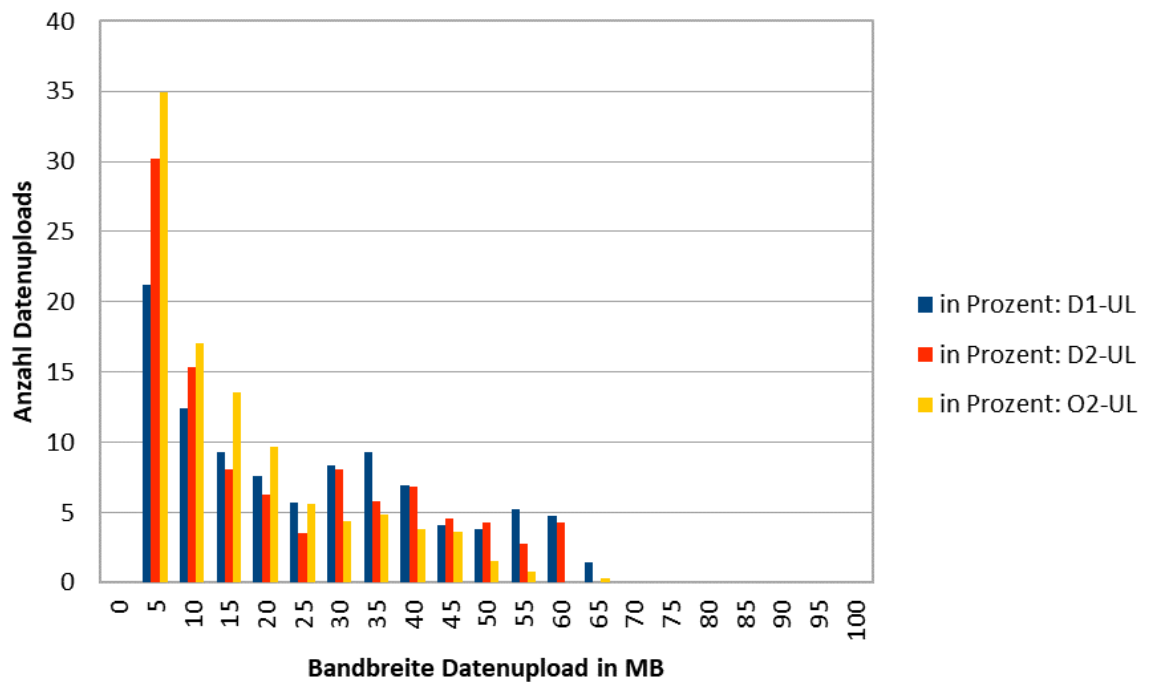
Datenrate Upload in MB			
	D1 / Telekom	D2 / Vodafone	O2 / Telefonica
Datenrate Upload in MB - gemittelt	21,4	16,8	13,0
Erfolgsrate	85,3%	78,9%	80,6%

Es treten im Upload weitaus mehr Fehlversuche auf, jeder 4-5 Versuch wird durch das Netz blockiert. Die erzielten Datenraten sind systembedingt geringer als bei den Downloads, sind aber im Mittel ausreichend. Jedoch wird die Kapazität bei weitem im Mittel nicht ausgeschöpft. Ursache dafür dürfte insbesondere die ländliche Lage des Gebiets sein, wodurch die Mobiltelefone mit erhöhter Leistung und über weitere Entfernung zur Basisstation kommunizieren müssen. Dies ist potentiell anfälliger auf Störungen als beim Download.



Alle drei Netzbetreiber haben ähnlichen maximale Kapazitätsgrenzen, im Mittel hat jedoch die Deutsche Telekom eine klar höhere Datenrate, was ein Indiz für ein engmaschigeres Netz ist. O2 bietet hierbei eine klar schlechtere Datenqualität an.

Die Detailanalyse aller Datenpakete, die von den drei Anbietern ermittelt wurden, zeigt folgende Histogramm Darstellung der prozentualen Verteilung der Bandbreite:



O2 bietet hier insbesondere deutlich häufiger geringere Datenraten, womit er die niedrigsten gemittelten Raten aufweist.

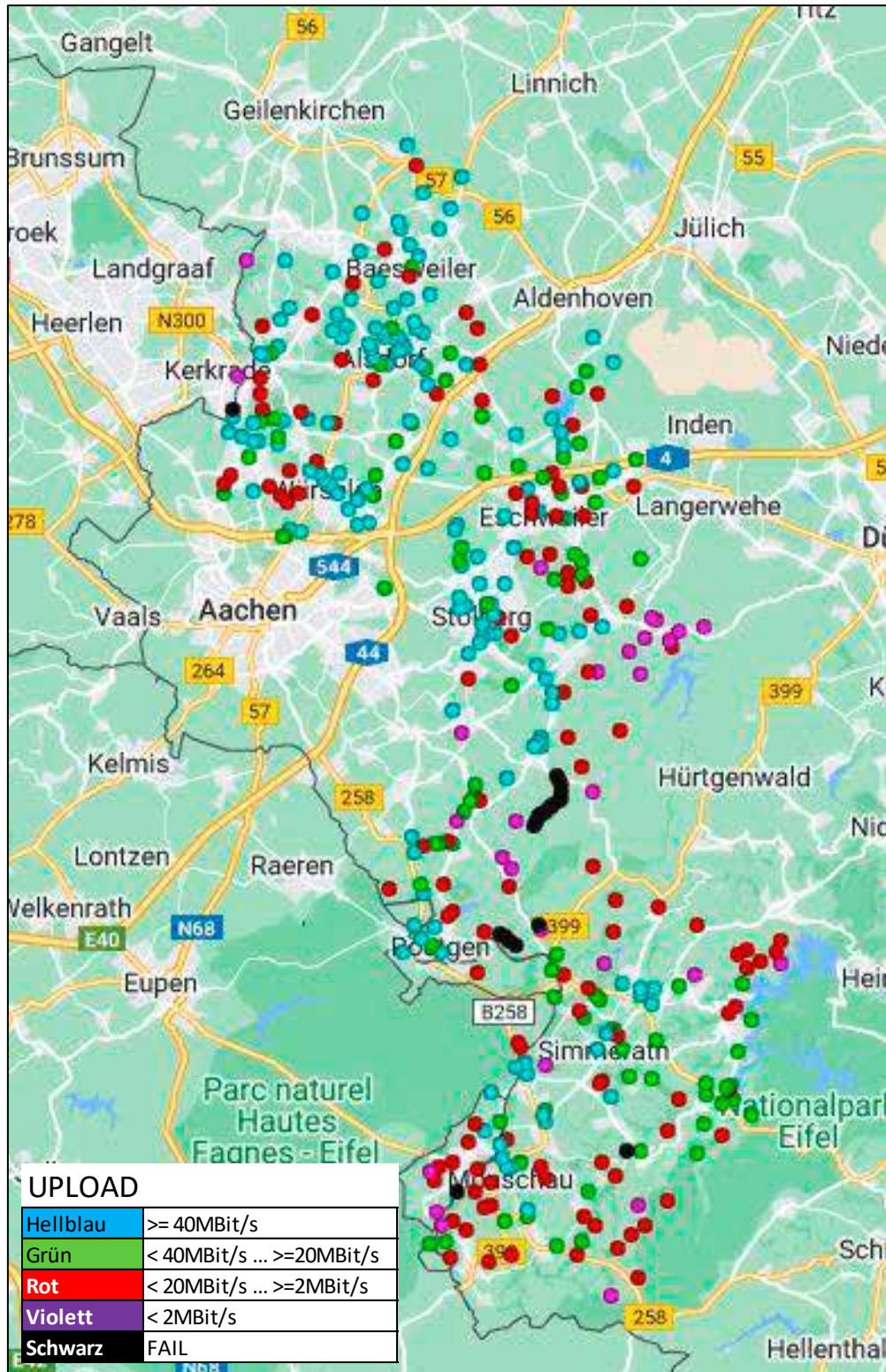
Auch hier sind die Fehlversuche wie im Download (= 0 MB nicht eingezeichnet)

In den weitaus häufigsten Fällen sind nur unzureichende Datenraten gemessen, Werte unter 10 MB reichen für viele Anwendungsfälle nicht aus und sind auch keine Alternative zu stationären Festnetzanschlüssen. Insbesondere Soziale Medien und interaktive Anwendungen verlangen deutlich höhere Datenraten im Upload bei dem Versand von Bildern und Videos.

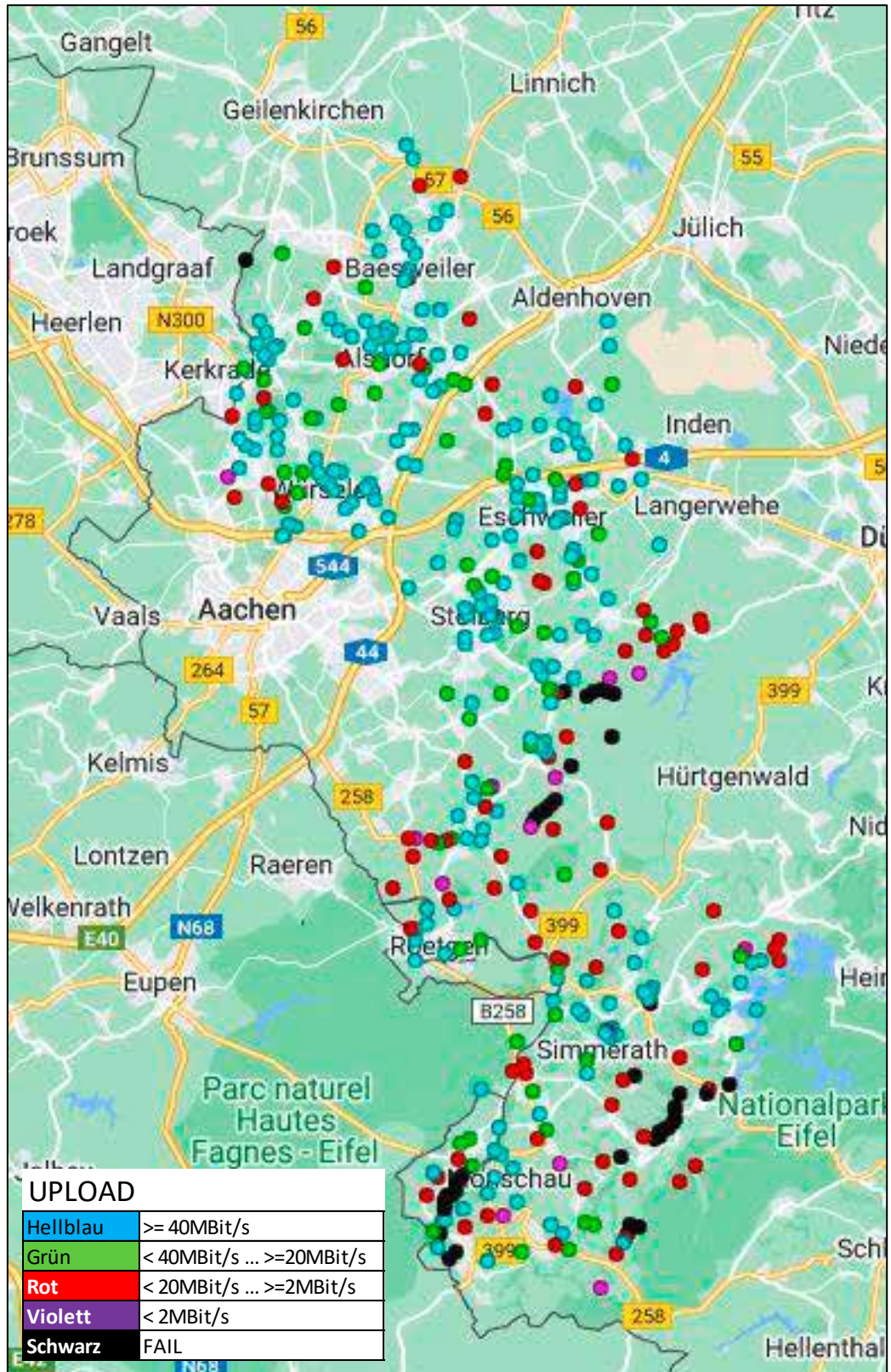
Hierbei könnte eine wichtige Ursache für die empfundene schlechte allgemeine Netzqualität aller Netzbetreiber in der Region liegen.

Kartendarstellung

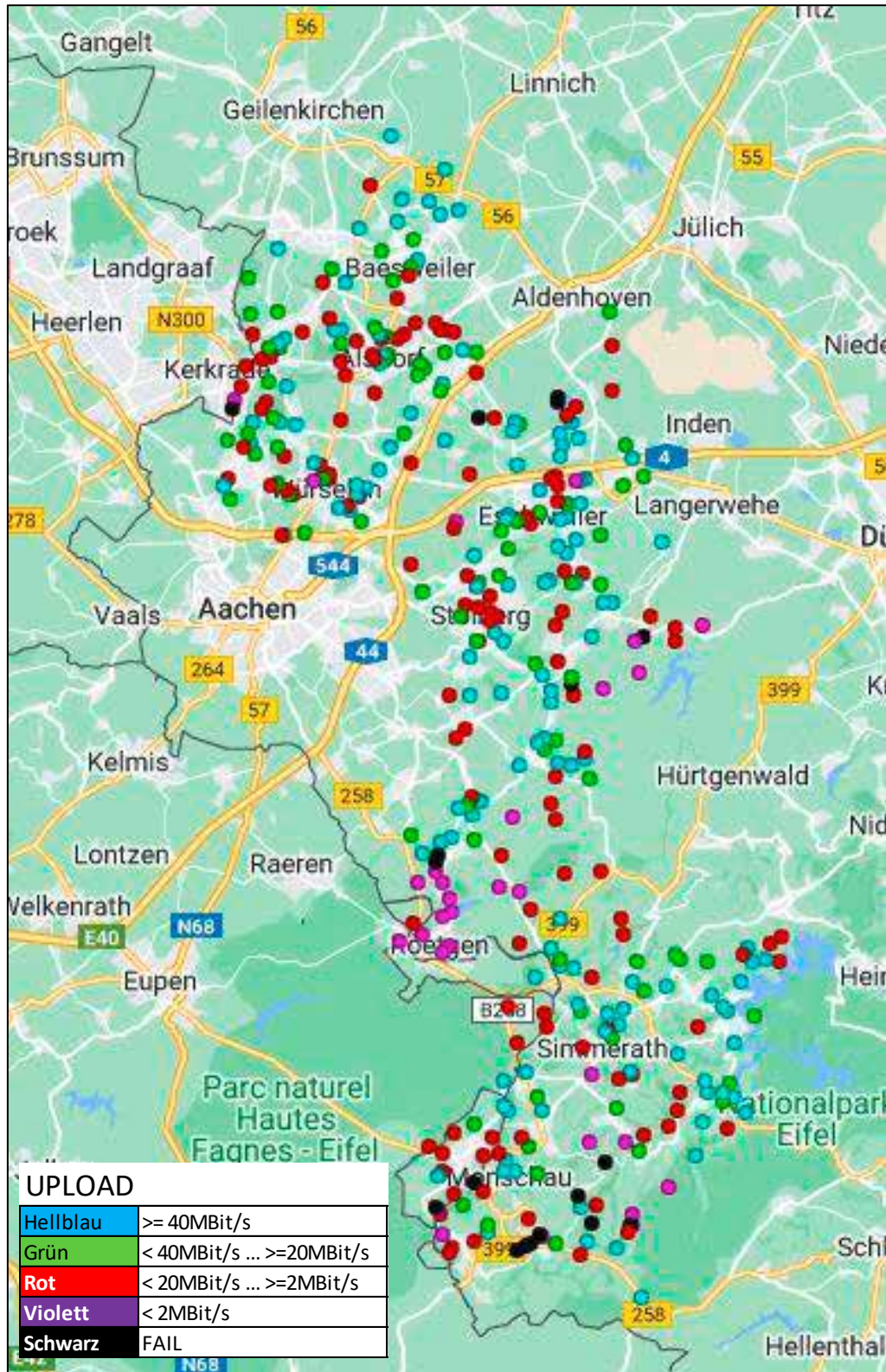
Im Anhang werden die über Google Earth dargestellten Einzelwerte aller Messergebnisse illustriert. Diese Darstellung kann auch interaktiv genutzt werden, um in einzelne Messungen an Standorten im Untersuchungsgebiet hereinzuzoomen.



D1 Telekom – Datendownload Bandbreite



D2 Vodafone – Datendownload Bandbreite



O2 Telefonica – Datendownload Bandbreite

8.4.4 YouTube Tests

Von den insgesamt etwa 550 pro Netzbetreiber aufgerufenen Videoclips mit über 1.700 Analysewerten waren etwa unabhängig von den Netzbetreibern etwa ¼ fehlerhaft bzw. wurden nicht aufgerufen. Diese wurden mit einem schlechten MOS Wert bewertet.

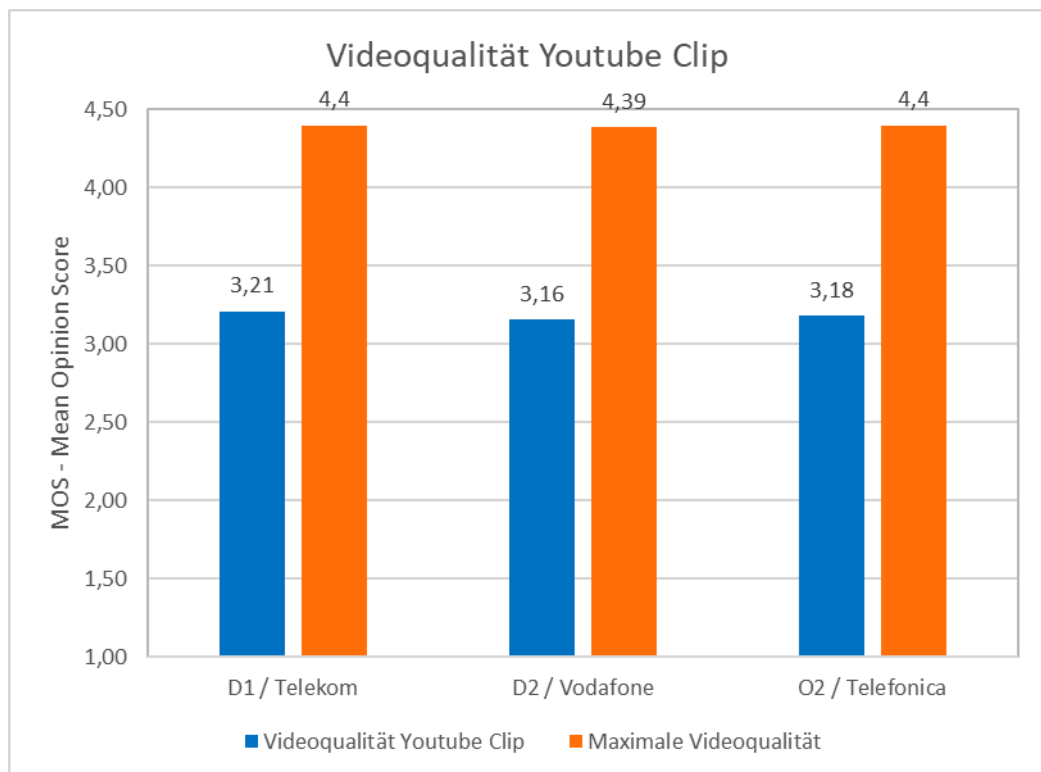
Die MOS Bewertung für Videosignale können wie folgt beschrieben werden:

Wert Qualität Bedeutung

- 5 - ausgezeichnet
Das Bild ist ruckelfrei und flüssig, keine Störsignale sind zu sehen
- 4 - gut
Leichtes Ruckeln oder Hängenbleiben, keine wesentlichen weiteren Störungen sind zu sehen.
- 3 ordentlich
Das Videosignal bleibt öfters hängen, es ruckelt und es gibt auch weitere Störungen im Bild.
- 2 mäßig
Starke Störungen und längeres Hängenbleiben des Videos stören stark.
- 1 mangelhaft
Kein Bildaufbau oder Standbild. Meist durch mangelhafte Funkversorgung oder durch 2G.

Daraus ergibt sich folgendes Bild:

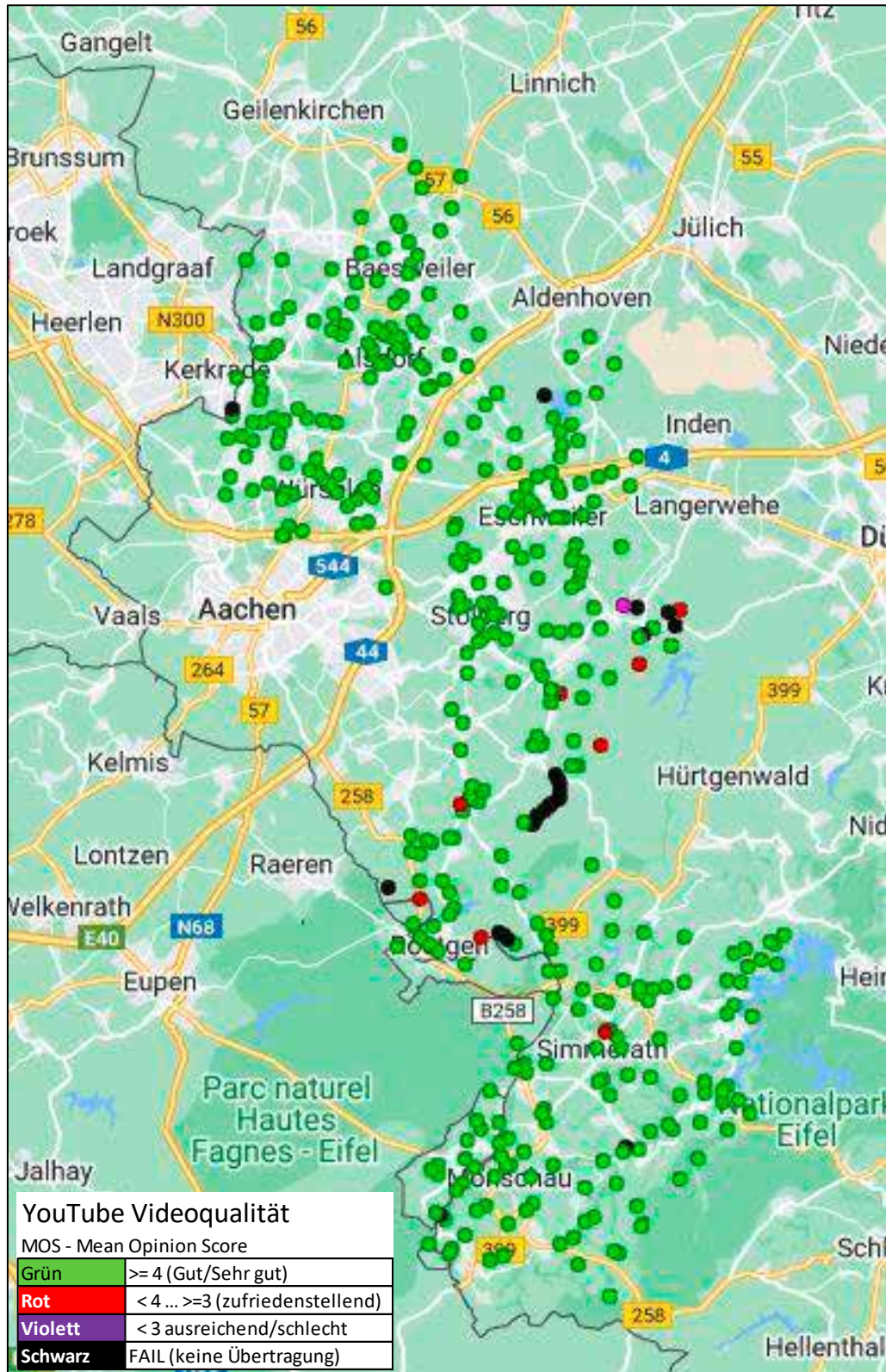
Videoqualität Youtube Clip			
	D1 / Telekom	D2 / Vodafone	O2 / Telefonica
Gemittelte Videoqualität	3,2	3,2	3,2
Erfolgsrate	73,3%	72,4%	72,9%
maximale Videoqualität	4,4	4,39	4,4



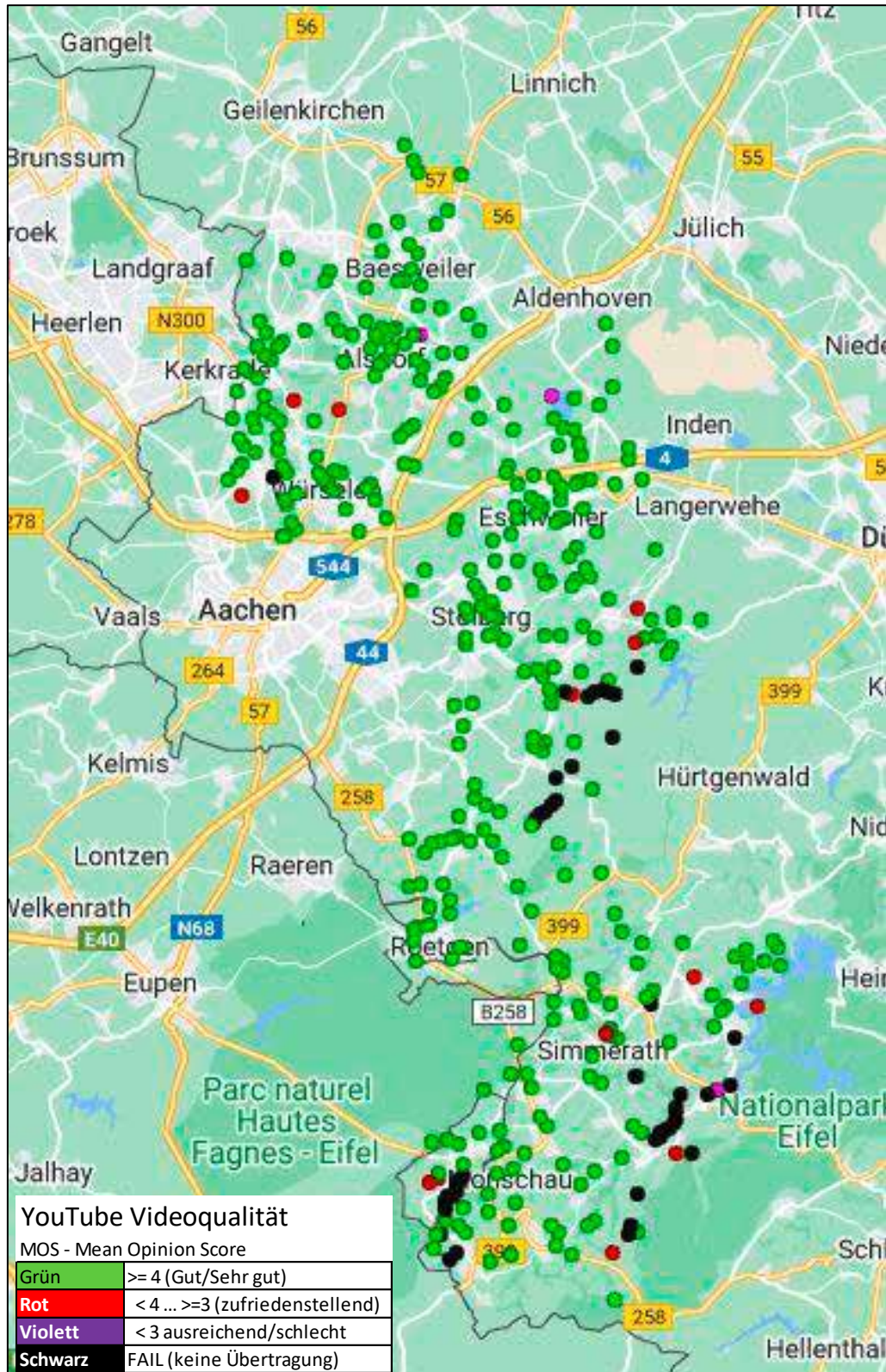
Alle Netzbetreiber konnten häufig das Video mit annähernd der besten Bildqualität (hoher MOS Wert) abspielen.

Kartendarstellung

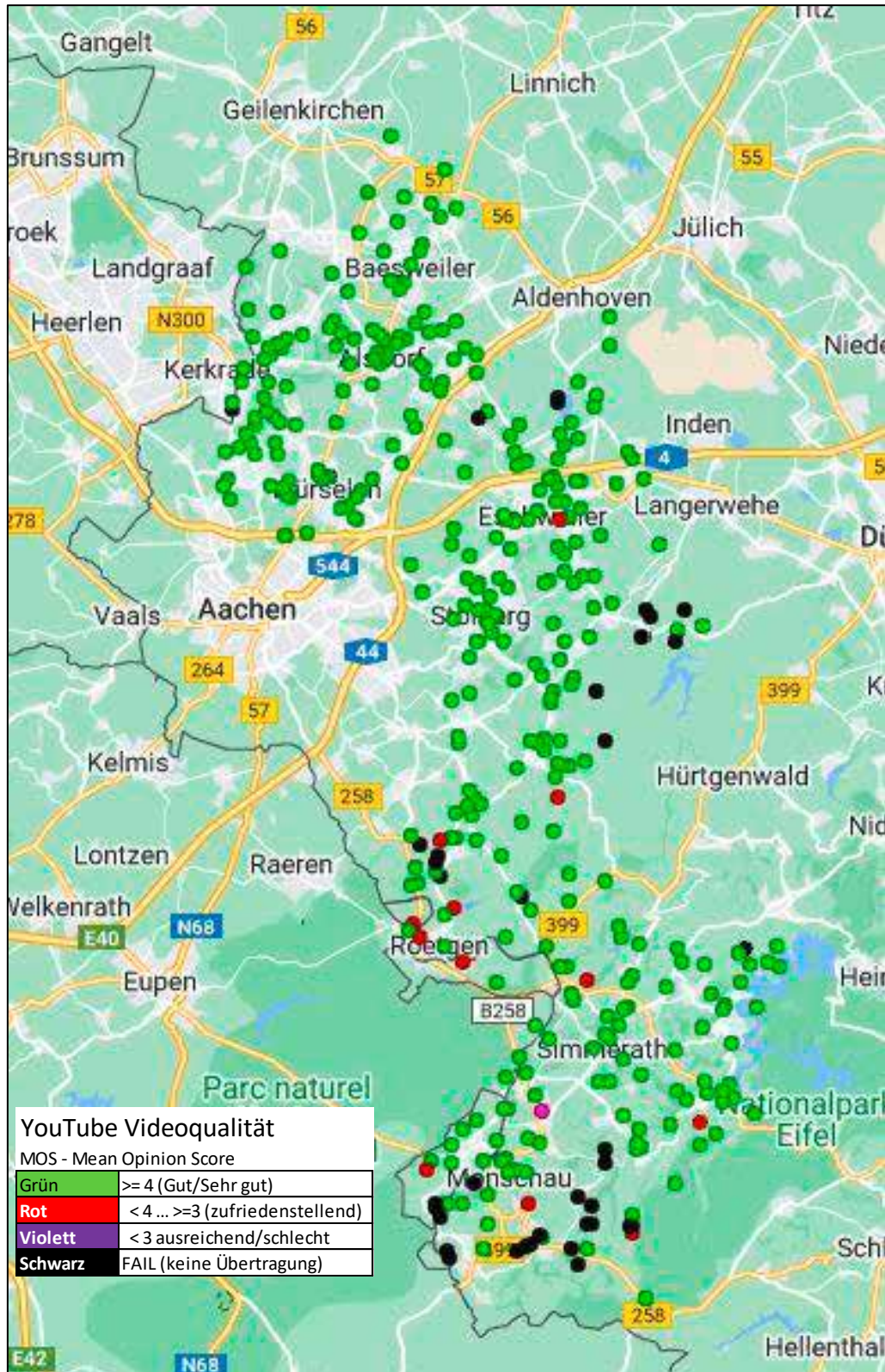
Im Anhang werden die über Google Earth dargestellten Einzelwerte aller Messergebnisse illustriert. Diese Darstellung kann auch interaktiv genutzt werden, um in einzelne Messungen an Standorten im Untersuchungsgebiet hereinzuzoomen.



D1 – T-mobile Videoqualität



D2 Vodafone - Videoqualität



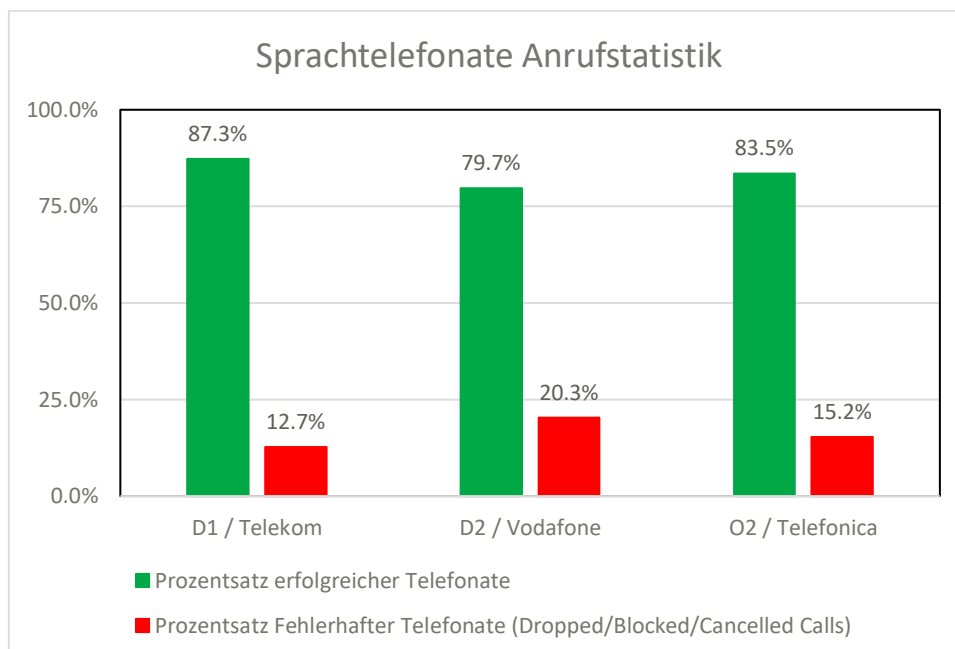
O2 Telefonica - Videoqualität

8.5 Telefonate

Die Auswertung der Telefonate über die drei Netzanbieter ergab folgendes Bild:

Telefonate Zusammenfassung			
	D1 / Telekom	D2 / Vodafone	O2 / Telefonica
Anzahl Telefonate	463	464	466
Prozentsatz erfolgreicher Telefonate	87,3%	79,7%	83,5%
Prozentsatz Blocked/dropped/cancelled Calls	12,7%	20,3%	15,2%
Rufaufbauzeit (s)	2,59	3,33	2,89
Prozentsatz 4G (5G)	87,3%	84,3%	86,0%
Prozentsatz 2G	12,7%	15,7%	14,0%

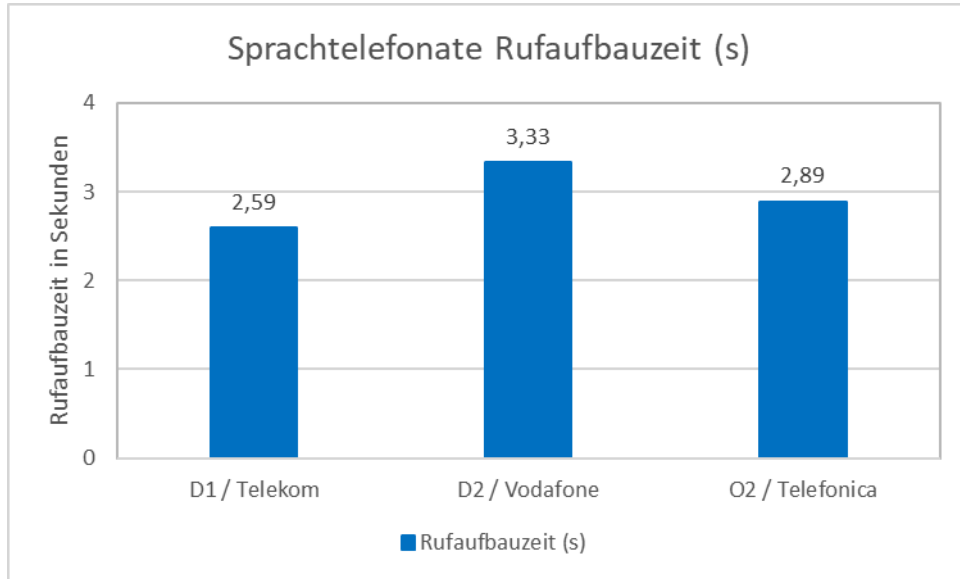
Insgesamt konnten 80 – 85% der Telefonate gestartet und beendet werden. Häufig schaltete das Telefon von 5G auf 4G oder von 4G auf 2G Versorgung um, was jedoch noch keinen hohen Einfluss auf die Sprachqualität hat. Dennoch haben 4G Telefonate generell eine bessere Sprachqualität als 2G Telefonate. Weiterhin kann man feststellen, dass 2G Telefonate nur in Gebieten eingeschaltet werden, in denen eine mangelhafte Netzversorgung ist.



Das Ergebnis der erfolgreichen Sprachtelefonate ergibt einen leichten Vorsprung vom Netz der Deutschen Telekom, gefolgt von O2. Der Prozentsatz von nicht erfolgreichen Telefonaten durch Dropped oder Blocked Calls bei der untersuchten Messstrecke ist im Vergleich zu anderen Untersuchungen relativ hoch.

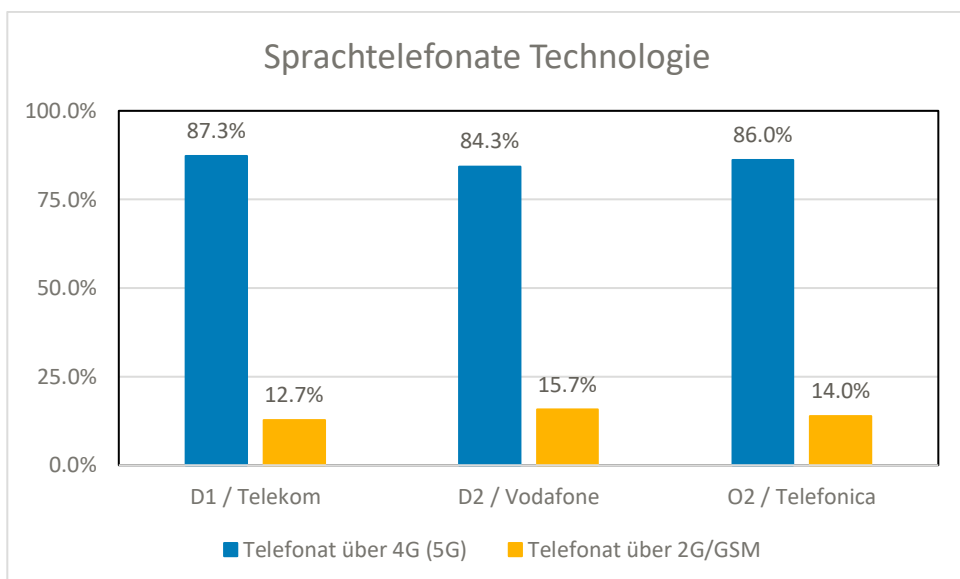
Die relativ schlechten Werte von Vodafone traten insbesondere im südlichen Gebiet entlang des Rurtal – Fahrradwegs und in einigen Waldgebieten auf, die deutlichen Einfluss auf das Gesamtergebnis hatten.

Eine weitere Auswertung der Telefonate betrifft die Rufaufbauzeit, das heißt die Zeitdauer, in der das Telefonat vom Drücken der Telefontaste in das Gespräch geht:



Die Bandbreite der Rufaufbauzeiten reicht von sehr schnellen 1,5 Sekunden bis vereinzelt über 18 Sekunden.

Eine Illustration der Telefonate, wo über welches Netz telefoniert wird, zeigt folgendes Diagramm:



Eine Detailanalyse der 2G/GSM Telefonate ergibt, dass in den meisten Fällen das Telefonat nach dem Aufbau in 4G (bzw. 5G NSA) in das GSM Netz abgefallen ist. Das

bedeutet in der Praxis eine gerade noch akzeptable LTE-Versorgung, die aber nicht für das Telefonieren ausreichte.

Im Grenzgebiet auf den Radwegen fiel auf, dass insbesondere O2 im Süden (Venn Radweg und in dem Radweg entlang des Rurtals nahezu permanent auf BASE (belgischer Sender) eingebucht war. Im Norden in Herzogenrath trat dies in der Nähe der niederländischen Grenze beim Netzanbieter Vodafone (hier zu Vodafone NL) auf.

9 Ganzheitliche Strategie für Mobilfunkausbau

Im folgenden Kapitel werden Allgemein und in Verbindung mit den schon erzielten Messungen und Messmethoden Definitionen für die Mobilfunksituation erstellt. Hierzu werden an exemplarisch ausgewählten 48 Orten in der StädteRegion Aachen die Messresultate aufgezeigt und bewertet. Anschließend werden für einige Parameter bzw. Aspekte die Messwerte zusammengefasst.

9.1 Ziele pro Kommune

Aus den Befahrungen und den Gesprächen mit der Auftraggeberin wurden sowohl im Vorfeld (Auswahl der Messstrecke) als auch in der Auswertephase 48 Orte in den unterschiedlichen Kommunen bzw. Gebieten der StädteRegion Aachen ausgewählt.

Im nördlichen Gebiet der StädteRegion Aachen wurden 20 Orte, im östlichen 8 Orte und im südlichen Gebiet 19 Orte ausgewählt.

Die Orte wurden meist mit folgenden Charakteristika versehen:

- Stadt (hier an der Stelle des Rathauses)
- Gemeinde (hier an der Stelle des Rathauses)
- Siedlung / Exklave
- Bildungseinrichtung
- Tourismus / Radweg
- Tourismus / Sehenswürdigkeit
- Erholungsgebiet / Gewässer

Im Rahmen dieses Projekts wird im dritten Arbeitsabschnitt eine Handlungsempfehlung des Breitbandausbaus für diese Orte hinsichtlich der Wichtigkeit von gesellschaftlichen Zukunftstrends auf lokaler Ebene erstellt.

9.2 Messergebnisse zur Detektion von weißen / grauen Flecken

Aus unseren Messresultaten vom September 2023 wurden in der näheren Umgebung der Orte jeweils die gemittelten Messresultate der Mobilfunkversorgung folgender Parameter der drei Netzbetreiber T-mobile, Vodafone und O2 Telefonica extrahiert:

- Netz (Funksystem)
5G, 4G, 2G, Fremdnetz oder kein Netzempfang möglich
- Funkpegel der Messtelefone (Empfangspegel) in dBm
- Funkpegel des Funkempfängers (Scanner) mit externer Antenne in dBm
- Ping (Reaktionszeit, Interactivity test bei Internetnutzung) in Millisekunden
- Download / Datenempfang – Geschwindigkeit in Mbps bei Internetnutzung
- Upload / Daten Senden - Geschwindigkeit in Mbps bei Internetnutzung

Anschließend wurde pro Netzanbieter eine Tabelle erzeugt, in der die jeweilige Qualität der Mobilfunkparameter in einen Wert zwischen 1 und 5 übertragen wurde. Die Werteskala ist wie folgt aufgebaut:

Bewertungsskala	
mangelhaft	1,0 - 1,4
mäßig	1,5 - 2,4
ordentlich	2,5 - 3,4
gut	3,5 - 4,4
ausgezeichnet	4,5 - 5,0

Anhand von diesen Bewertungen kann man pro Ort oder auch über alle Orte pro Netzbetreiber vergleichende Einstufungen erzeugen.

9.3 Bewertungsmatrix und Auswertung

Einen Auszug aus dieser Matrix zeigt folgende Tabelle mit den einzelnen Bewertungen für einen Netzanbieter:

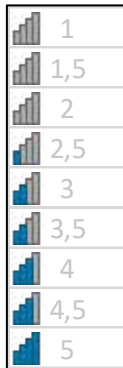
Hotspot	Kommune	Art	Zusatzinfos	Netz	Pegel Mobil	Pegel Rom	Ping	Download	Upload	Bewertung	
Nell-Breuning-Haus	Herzogenrath	Bildung	Wiesenstraße 17		4	5	5	5	3	2	4,0
Stadtverwaltung	Stolberg	Rathaus	Rathausstraße 11-1		4	5	5	5	3	5	4,5
Rathaus Herzogenrath	Herzogenrath	Rathaus	Rathausplatz 1		4	4	5	5	3	5	4,3
Gemeindeverwaltung	Simmerath	Rathaus	Rathaus 1		4	5	5	5	5	5	4,8
Rathaus Würselen	Würselen	Rathaus	Morlaixplatz 1		4	3	5	5	4	5	4,3
Rathaus Baesweiler	Baesweiler	Rathaus	Mariastraße 2 und \		4	1	5	5	5	4	4,0
Rathaus Monschau	Monschau	Rathaus	Laufenstraße 84		4	1	5	5	3	5	3,8
Berufsbildungszentrum	Simmerath	Bildung	Kranzbruchstraße 1		4	5	5	5	5	5	4,8
KuBiZ	Alsdorf	Bildung	Konrad-Adenauer-Platz		4	1	4	5	5	1	3,3
Rathaus Eschweiler	Eschweiler	Rathaus	Johannes-Rau-Platz		4	5	5	5	3	3	4,2
Berufskolleg Simmerath	Simmerath	Bildung	Im Römbchen 1		4	5	5	5	5	5	4,8
Rathaus Alsdorf	Alsdorf	Rathaus	Hubertusstraße 17		4	5	5	5	3	5	4,5
Vennbahn	Roetgen, Monschau	Radweg	https://www.vennbahn.de		2	1	2	1	3	1	1,7
RurUferRadweg	Monschau, Simmerath	Radweg	https://www.rurufuer.de		4	1	1	3	2	1	2,0
Gemeindeverwaltung	Roetgen	Rathaus	Hauptstraße 55		4	5	5	5	3,5	5	4,6
WBK Weiterbildung	Würselen	Bildung	Friedrichstraße 72		4	3	5	5	4	5	4,3
Bildungs Zentrum	Herzogenrath	Bildung	Dechenstraße 8		4	5	5	5	3	5	4,5

Aus diesen wird die Bewertung zusammengefasst für alle Netzanbieter gewonnen

Ort	Gemeinde	Lage (N Nordkreis, S Südkreis, O Östlicher)	Beschreibung / Nutzung	T-Mobile	Vodafone	O2 Telefonica
Berufsbildungszentrum BGZ Simmerath	Simmerath	S	Bildungseinrichtung	4,8	4,8	4,7
Berufskolleg Simmerath Eifel Campus	Simmerath	S	Bildungseinrichtung	4,8	4,8	4,7
Burg Monschau	Monschau	S	Tourismus / Sehenswürdigkeit	3,5	3,2	3,7
Dreilägerbachtalsperre	Roetgen	S	Erholungsgebiet / Gewässer	3,0	4,2	2,0
Einruhr	Simmerath	S	Gemeinde	3,8	2,0	4,0
Gemeindeverwaltung Roetgen	Roetgen	S	Gemeinde	3,5	4,3	3,5
Gemeindeverwaltung Simmerath	Simmerath	S	Gemeinde	4,8	4,8	4,7
Hammer	Simmerath	S	Gemeinde	3,6	1,3	2,3
Kalltalsperre	Simmerath	S	Erholungsgebiet / Gewässer	1,5	2,2	2,3
Konzen	Monschau	S	Gemeinde	4,2	2,8	3,4
Langschoß	Simmerath	S	Flüchtlingsunterkunft	2,4	4,2	3,5
Perlenbachtalsperre	Monschau	S	Erholungsgebiet / Gewässer	3,5	2,2	2,8
Rathaus Monschau	Monschau	S	Stadt	3,8	4,5	4,5
Rollsbroich	Simmerath	S	Gemeinde	3,3	4,3	3,9
Rott	Roetgen	S	Gemeinde	3,3	3,7	4,1

Anschließend kann über alle drei Netzbetreiber eine Abschlussbewertung hinsichtlich der von den durchschnittlichen Nutzern eines der drei Netzanbietern empfundene

Mobilfunkqualität in Form eines Symbols gemacht werden. Im Folgenden wird ein Kreissymbol gewählt, wo die Segmente wie folgt befüllt werden:



Eine unzureichende Funkversorgung würden nun für die Symbole bis 2,5 (ganz weiß bis $\frac{1}{4}$ ausgefüllt) gelten. Hierbei kann von weißen oder grauen Flecken gesprochen werden.

10 Zusammenfassung der Ergebnisse der Messfahrten

In diesem Bericht werden die Messresultate der Messkampagne im September 2023 in der StädteRegion Aachen vorgestellt.

Es wurden sowohl mit einem geländegängigen Messfahrzeug als auch mit einem Lastenfahrrad engmaschig Straßen, Wege und touristisch interessante Punkte in bewohnten Gebieten, aber auch abseits der großen Straßen abgefahren. Die Gesamtstrecke betrug ca. 1.300 km.

Mit zwei unabhängigen Messsystemen wurden die Funkversorgung über einen Netzwerkskanner sowie über 3 Mobiltelefone der Oberklasse mit jeweils einer Sprach- bzw. Datenkarte aller drei deutschen Netzbetreiber mit hoher Datenrate erfasst und eine Vielzahl von Daten und Sprachproben genommen. Diese wurden sowohl in Bezug auf den jeweiligen Messort als auch insgesamt statistisch ausgewertet und zusammengefasst.

Weiterhin wurden parallel die Funknetze der benachbarten Länder Belgien und den Niederlanden mitgemessen und können somit eine zusätzliche Information für die Ursache der als schwach empfundenen Mobilfunkqualität an manchen Orten geben.

Insgesamt ist die Funkversorgung aller drei Netzbetreiber hinsichtlich des wichtigsten Funksystems LTE / 4G in der StädteRegion Aachen bezogen auf den Funkpegel stark schwankend. Neben sehr gut versorgten Gebieten gibt es eine Reihe von unzureichend versorgten Gebieten, wo Handynutzung kaum möglich ist. Insbesondere die südlichen Gebiete um Monschau bis zur belgischen Grenze, Hammer, Dedenborn, weiter nördlich rund um den Zweifaller und Rotter Wald, Gressenich und Schevenhütte sowie auch im nördlichen Gebiet bei Herzogenrath nahe an der niederländischen Grenze sowie im Wurmatal treten bei allen drei Netzanbieter deutliche Lücken in der Netzversorgung auf. In den stärker besiedelten nördlichen Teilen des Untersuchungsgebiets sowie auch in den südlichen Kommunen hingegen ist die Netzversorgung ausreichend bis gut.

Die Ursache für die teilweise drastisch unterversorgten Gebiete, meist touristische Fahrrad- und Wanderwege in den südlichen Bereichen, aber auch im Wurmatal im Norden sind mit hoher Wahrscheinlichkeit die topografische Lage mit Tälern und Einschnitten, welche höher und zentral gelegene Mobilfunkstandorte nur schwer erreichen können.

Es sind aber auch in den Grenzgebieten zu Belgien oder den Niederlanden, insbesondere beim Netzbetreiber O2, deutliche unterversorgte Gebiete festzustellen, welche nicht durch die schwierige topografische Situation erklärt werden können.

Hierbei kommt hinzu, dass es von benachbarten Sendern leicht auch auf Bundesgebiet zu Einbuchungen in benachbarte Mobilfunknetze kommen kann, insbesondere südlich von Monschau, aber auch entlang der niederländischen Grenze im Norden. Dies konnte auch praktisch ermittelt werden. Eine Karte mit der Funkeinstreuung der Fremdnetze im Untersuchungsgebiet ist im Bericht gesondert eingebaut.

Ergänzt werden diese durchwachsenen Funkresultate durch die Ergebnisse der praktischen Daten- und Sprachtelefonietests über die Messtelefone. Trotz einer Einbuchrate für 4G oder 5G von mehr als 90 % konnten Datendienste im Download dann nur bei etwa 87 % aller Fälle sowie im Upload nur bei ca. 80 % der Fälle erfolgreich gestartet werden. Die gemittelten Datenraten betragen ca. 30 MB (O2) bis etwas über 50 MB (Vodafone) im Download, im Upload von etwa 13 MB (O2) bis etwas über 20 MB bei der Telekom. Hierbei kann man klare Unterschiede zu aktuellen Untersuchungen etwa in städtischen Gebieten, aber auch beispielsweise entlang von Bahnstrecken in Bayern feststellen, deren Werte durchweg höher liegen.

In der Auswertung der etwa 500 Sprachanrufe pro Netzanbieter wurden ebenfalls nur Erfolgsraten von etwa 4 von 5 Telefonaten (ca. 80%) - relativ unabhängig vom Netzbetreiber - ermittelt. In anderen Tests liegen die erfolgreichen Anrufe oft bei weit mehr als 90 %. Ca. 15% aller Anrufe wurden in dieser Untersuchung über das ältere GSM-Netz durchgeführt, was zu Beeinträchtigungen in der Sprachqualität führt.

Insgesamt bietet die deutsche Telekom im Vergleich noch die beste Versorgungsqualität, wohin gehend der Betreiber O2 deutliche Lücken in der Funkversorgung auf dem Land aufweist und Vodafone teilweise einige Schwächen in der generellen Netzversorgung bei dennoch vergleichsweise höheren Datenraten aufwies. Der Unterschied zwischen den Netzbetreibern ist hierbei klar geringer als der Unterschied zwischen den besten Standorten und schwierigen Empfangslagen.

Das schwache Abschneiden von O2 lässt sich vermutlich durch eine andere Ausbaustrategie erklären, die vorzugsweise höhere Frequenzbänder mit geringerer Reichweite in dichtem bebautem Gebieten bevorzugt.

Insbesondere in den südlichen hügeligen Waldgebieten zwischen Hohen Venn und Rursee bis nach Norden an der Wehebachtalsperre gibt es teilweise kilometerlange Versorgungslücken, wo teilweise nur noch Notrufe abgesetzt werden können.

Obwohl die Auswahl der untersuchten Strecken bewusst auch abseits der großen Straßen stattfand, sind diese doch gerade für Wanderer und (Fern-)Radfahrer touristisch wertvoll und stellen eine auch für Mobilfunknutzung immer anspruchsvollere Gruppe dar. Dies sollte bei zukünftigen Ausbaudiskussionen und Strategien berücksichtigt werden.

Die schwierige Situation im Grenzgebiet zu Belgien und den Niederlanden sollte durch Abstimmung und Kooperation um das knappe Gut der Frequenzverteilung und Nutzung verbessert werden. Viele Stationen senden genau auf dem gleichen Frequenzband und schwächen sich somit gegenseitig.

11 Detailanalyse der Messergebnisse auf Kommunenebene

In den folgenden Abschnitten werden die Detailergebnisse aller Orte in verschiedenen Gliederungs- und Filtereinstellungen aufgeführt.

Die Einzelwerte pro Netzanbieter werden zur Illustration farblich gekennzeichnet, grün ist hierbei gut und ausgezeichnet, gelb ordentlich und rot mangelhaft gekennzeichnet.

4,5	4,5	3,8
3,5	3,2	3,7
3,7	3,5	3,2
2,0	1,3	1,7
1,7	2,5	2,2
4,5	3,9	3,6
4,3	3,7	4,2
4,3	4,7	3,8

Bewertungsskala	
mangelhaft	1,0 - 1,4
mäßig	1,5 - 2,4
ordentlich	2,5 - 3,4
gut	3,5 - 4,4
ausgezeichnet	4,5 - 5,0

Im kommenden Schritt des Arbeitspakets 3. werden dann diese Orte mit den Erfordernissen hinsichtlich der Ausbaustrategie für bestimmte Nutzungsszenarien und Trends verknüpft und bieten somit eine Handlungsanweisung für den oder die jeweilige(n) Kommune, Ort, Gemeinde, Stadt oder tourististische Attraktivität.

11.1 Gesamtüberblick: geordnet nach Mobilfunkqualität

Ort	Gemeinde	Lage (N Nordkreis, S Südkreis, O Östlicher)	Beschreibung / Nutzung	T-Mobile	Vodafone	Telefonica	Mobilfunkversorgung
Ruitzhof	Monschau	S	Siedlung / Exklave	3,3	3,3	1,0	1,0
Wehebachtalsperre	Stolberg	N	Erholungsgebiet / Gewässer	1,2	1,8	1,2	1,2
Hammer	Simmerath	S	Gemeinde	3,6	1,3	2,3	1,3
RurUferRadweg	Monschau, Simmerath	S	Tourismus / Radweg	2,0	1,9	1,7	1,3
Rurtalsperre mit Rurstausee	Simmerath	S	Erholungsgebiet / Gewässer	2,3	1,5	2,3	1,5
Kalltalsperre	Simmerath	S	Erholungsgebiet / Gewässer	1,5	2,2	2,3	1,5
Vennbahn	Roetgen, Monschau	S	Tourismus / Radweg	1,7	2,5	2,2	1,7
Dreilägerbachtalsperre	Roetgen	S	Erholungsgebiet / Gewässer	3,0	4,2	2,0	2,0
Einruhr	Simmerath	S	Gemeinde	3,8	2,0	4,0	2,0
Perlenbachtalsperre	Monschau	S	Erholungsgebiet / Gewässer	3,5	2,2	2,8	2,2
Fronhoven	Eschweiler	N	Gemeinde	3,3	4,0	2,3	2,3
Langschoß	Simmerath	S	Flüchtlingsunterkunft	2,4	4,2	3,5	2,4
Blausteinsee	Eschweiler, Alsdorf	N	Erholungsgebiet / Gewässer	2,8	3,5	2,5	2,5
Konzen	Monschau	S	Gemeinde	4,2	2,8	3,4	2,8
Burg Wilhelmstein	Würselen	N	Tourismus / Sehenswürdigkeit	3,5	3,5	2,8	2,8
Gressenich	Stolberg	N	Gemeinde	3,0	3,7	3,7	3,0
Wurmtal	Herzogenrath	N	Tourismus / Radweg	3,7	3,5	3,2	3,2
Burg Monschau	Monschau	S	Tourismus / Sehenswürdigkeit	3,5	3,2	3,7	3,2
KuBiZ	Alsdorf	N	Bildungseinrichtung	3,3	3,3	3,8	3,3
Floverich	Baesweiler	N	Gemeinde	3,7	3,3	3,8	3,3
Rott	Roetgen	S	Gemeinde	3,3	3,7	4,1	3,3
Rollesbroich	Simmerath	S	Gemeinde	3,3	4,3	3,9	3,3
Gemeindeverwaltung Roetgen	Roetgen	S	Gemeinde	4,5	4,3	3,5	3,5
Alsdorfer Akademie Q-Kolleg	Alsdorf	N	Bildungseinrichtung	4,1	4,0	3,6	3,6
Rathaus Alsdorf	Alsdorf	N	Stadt	4,1	3,9	3,6	3,6
Bildungs Zentrum Herzogenrath	Herzogenrath	N	Bildungseinrichtung	4,1	3,7	4,0	3,7
Nell-Breuning-Haus	Herzogenrath	N	Bildungseinrichtung	4,0	3,7	3,7	3,7
Vicht	Stolberg	N	Gemeinde	4,3	4,3	3,7	3,7
Breinig	Stolberg	N	Gemeinde	3,9	3,8	3,7	3,7
Rathaus Herzogenrath	Herzogenrath	N	Stadt	4,3	3,7	4,2	3,7
Burg Rode	Herzogenrath	N	Tourismus / Sehenswürdigkeit	3,8	3,7	3,8	3,7
Berufskolleg Stolberg	Stolberg	N	Bildungseinrichtung	4,4	4,7	3,8	3,8
Weiterbildungskolleg d. StädteRegion	Würselen	N	Bildungseinrichtung	4,3	4,7	3,8	3,8
Rathaus Monschau	Monschau	S	Stadt	3,8	4,3	3,8	3,8
Stadtverwaltung Stolberg	Stolberg	N	Stadt	4,3	4,3	3,8	3,8
Rathaus Würselen	Würselen	N	Stadt	4,3	4,7	3,8	3,8
Burg Stolberg	Stolberg	N	Tourismus / Sehenswürdigkeit	4,1	4,2	3,8	3,8
Kupferhof Grüenthal	Stolberg	N	Tourismus / Sehenswürdigkeit	4,1	4,3	3,8	3,8
Burg Alsdorf	Alsdorf	N	Tourismus / Sehenswürdigkeit	4,2	4,3	3,9	3,9
Berufskolleg Eschweiler	Eschweiler	N	Bildungseinrichtung	4,0	4,3	4,3	4,0
Rathaus Baesweiler	Baesweiler	N	Stadt	4,0	4,2	4,2	4,0
Haus Kambach	Eschweiler	N	Tourismus / Sehenswürdigkeit	4,0	4,3	4,3	4,0
Nothberger Burg	Eschweiler	N	Tourismus / Sehenswürdigkeit	4,0	4,5	4,6	4,0
Rathaus Eschweiler	Eschweiler	N	Stadt	4,2	4,5	4,3	4,2
Berufsbildungszentrum BGZ Simmerath	Simmerath	S	Bildungseinrichtung	4,8	4,8	4,7	4,7
Berufskolleg Simmerath Eifel Campus	Simmerath	S	Bildungseinrichtung	4,8	4,8	4,7	4,7
Gemeindeverwaltung Simmerath	Simmerath	S	Gemeinde	4,8	4,8	4,7	4,7

11.2 Gesamtüberblick: geordnet nach Region / Kommunen

Ort	Gemeinde	Lage (N Nordkreis, S Südkreis, O Östlicher)	Beschreibung / Nutzung	Mobile	Landfone	Telefonica	Mobilfunkversorgung
KuBiZ	Alsdorf	N	Bildungseinrichtung	3,3	3,3	3,8	3,3
Alsdorfer Akademie Q-Kolleg	Alsdorf	N	Bildungseinrichtung	4,0	4,0	3,6	3,6
Rathaus Alsdorf	Alsdorf	N	Stadt	3,9	3,9	3,6	3,6
Burg Alsdorf	Alsdorf	N	Tourismus / Sehenswürdigkeit	4,2	4,3	3,9	3,9
Floverich	Baesweiler	N	Gemeinde	3,7	3,3	3,8	3,3
Rathaus Baesweiler	Baesweiler	N	Stadt	4,0	4,2	4,2	4,0
Fronhoven	Eschweiler	N	Gemeinde	3,3	4,0	2,3	2,3
Berufskolleg Eschweiler	Eschweiler	N	Bildungseinrichtung	4,0	4,3	4,3	4,0
Haus Kambach	Eschweiler	N	Tourismus / Sehenswürdigkeit	4,0	4,8	4,3	4,0
Nothberger Burg	Eschweiler	N	Tourismus / Sehenswürdigkeit	4,0	4,6	4,6	4,0
Rathaus Eschweiler	Eschweiler	N	Stadt	4,2	4,6	4,3	4,2
Blausteinsee	Eschweiler, Alsdorf	N	Erholungsgebiet / Gewässer	2,8	3,5	2,5	2,5
Wurmtal	Herzogenrath	N	Tourismus / Radweg	3,7	3,5	3,2	3,2
Bildungs Zentrum Herzogenrath	Herzogenrath	N	Bildungseinrichtung	3,7	3,7	4,0	3,7
Nell-Breuning-Haus	Herzogenrath	N	Bildungseinrichtung	4,0	3,7	3,7	3,7
Rathaus Herzogenrath	Herzogenrath	N	Stadt	4,3	3,7	4,2	3,7
Burg Rode	Herzogenrath	N	Tourismus / Sehenswürdigkeit	3,8	3,7	3,8	3,7
Ruitzhof	Monschau	S	Siedlung / Exklave	3,3	3,3	1,0	1,0
Perlenbachtalsperre	Monschau	S	Erholungsgebiet / Gewässer	3,5	2,2	2,8	2,2
Konzen	Monschau	S	Gemeinde	4,2	2,8	3,4	2,8
Burg Monschau	Monschau	S	Tourismus / Sehenswürdigkeit	3,5	3,2	3,7	3,2
Rathaus Monschau	Monschau	S	Stadt	3,8	3,3	3,8	3,8
RurUferRadweg	Monschau, Simmerath	S	Tourismus / Radweg	2,0	1,3	1,7	1,3
Dreilägerbachtalsperre	Roetgen	S	Erholungsgebiet / Gewässer	3,0	4,2	2,0	2,0
Rott	Roetgen	S	Gemeinde	3,3	3,7	4,1	3,3
Gemeindeverwaltung Roetgen	Roetgen	S	Gemeinde	4,6	4,3	3,5	3,5
Vennbahn	Roetgen, Monschau	S	Tourismus / Radweg	1,7	2,5	2,2	1,7
Hammer	Simmerath	S	Gemeinde	3,6	1,3	2,3	1,3
Rurtalsperre mit Rurstausee	Simmerath	S	Erholungsgebiet / Gewässer	2,3	1,5	2,3	1,5
Kalltalsperre	Simmerath	S	Erholungsgebiet / Gewässer	1,5	2,2	2,3	1,5
Einruhr	Simmerath	S	Gemeinde	3,8	2,0	4,0	2,0
Langschoß	Simmerath	S	Flüchtlingsunterkunft	2,4	4,2	3,5	2,4
Rollesbroich	Simmerath	S	Gemeinde	3,3	4,3	3,9	3,3
Berufsbildungszentrum BGZ Simmerath	Simmerath	S	Bildungseinrichtung	4,8	4,8	4,7	4,7
Berufskolleg Simmerath Eifel Campus	Simmerath	S	Bildungseinrichtung	4,8	4,8	4,7	4,7
Gemeindeverwaltung Simmerath	Simmerath	S	Gemeinde	4,8	4,8	4,7	4,7
Wehebachtalsperre	Stolberg	N	Erholungsgebiet / Gewässer	1,2	1,8	1,2	1,2
Gressenich	Stolberg	N	Gemeinde	3,0	3,7	3,7	3,0
Vicht	Stolberg	N	Gemeinde	4,3	4,3	3,7	3,7
Breinig	Stolberg	N	Gemeinde	3,9	3,8	3,7	3,7
Berufskolleg Stolberg	Stolberg	N	Bildungseinrichtung	4,6	4,7	3,8	3,8
Stadtverwaltung Stolberg	Stolberg	N	Stadt	4,6	4,6	3,8	3,8
Burg Stolberg	Stolberg	N	Tourismus / Sehenswürdigkeit	4,1	4,2	3,8	3,8
Kupferhof Grüenthal	Stolberg	N	Tourismus / Sehenswürdigkeit	4,3	4,3	3,8	3,8
Burg Wilhelmstein	Würselen	N	Tourismus / Sehenswürdigkeit	3,5	3,5	2,8	2,8
Weiterbildungskolleg d. StädteRegion	Würselen	N	Bildungseinrichtung	4,3	4,7	3,8	3,8
Rathaus Würselen	Würselen	N	Stadt	4,3	4,7	3,8	3,8

11.3 Gesamtüberblick: geordnet nach Nutzung

Ort	Gemeinde	Lage (N Nordkreis, S Südkreis, O Östlicher	Beschreibung / Nutzung	Mobile	Landfone	Telefonica	Mobilfunkversorgung
Burg Alsdorf	Alsdorf	N	Tourismus / Sehenswürdigkeit	4,2	4,3	3,9	3,9
Haus Kambach	Eschweiler	N	Tourismus / Sehenswürdigkeit	4,0	4,8	4,3	4,0
Nothberger Burg	Eschweiler	N	Tourismus / Sehenswürdigkeit	4,0	4,6	4,6	4,0
Burg Rode	Herzogenrath	N	Tourismus / Sehenswürdigkeit	3,8	3,7	3,8	3,7
Burg Monschau	Monschau	S	Tourismus / Sehenswürdigkeit	3,5	3,2	3,7	3,2
Burg Stolberg	Stolberg	N	Tourismus / Sehenswürdigkeit	4,2	4,2	3,8	3,8
Kupferhof Grüenthal	Stolberg	N	Tourismus / Sehenswürdigkeit	4,2	4,2	3,8	3,8
Burg Wilhelmstein	Würselen	N	Tourismus / Sehenswürdigkeit	3,5	3,5	2,8	2,8
Wurmtal	Herzogenrath	N	Tourismus / Radweg	3,7	3,5	3,2	3,2
RurUferRadweg	Monschau, Simmerath	S	Tourismus / Radweg	2,0	1,3	1,7	1,3
Vennbahn	Roetgen, Monschau	S	Tourismus / Radweg	1,7	2,5	2,2	1,7
Rathaus Alsdorf	Alsdorf	N	Stadt	3,9	3,9	3,6	3,6
Rathaus Baesweiler	Baesweiler	N	Stadt	4,0	4,2	4,2	4,0
Rathaus Eschweiler	Eschweiler	N	Stadt	4,2	4,6	4,3	4,2
Rathaus Herzogenrath	Herzogenrath	N	Stadt	4,3	3,7	4,2	3,7
Rathaus Monschau	Monschau	S	Stadt	3,8	4,2	3,8	3,8
Stadtverwaltung Stolberg	Stolberg	N	Stadt	4,2	4,2	3,8	3,8
Rathaus Würselen	Würselen	N	Stadt	4,3	4,7	3,8	3,8
Ruitzhof	Monschau	S	Siedlung / Exklave	3,3	3,3	1,0	1,0
Floverich	Baesweiler	N	Gemeinde	3,7	3,3	3,8	3,3
Fronhoven	Eschweiler	N	Gemeinde	3,3	4,0	2,3	2,3
Konzen	Monschau	S	Gemeinde	4,2	2,8	3,4	2,8
Rott	Roetgen	S	Gemeinde	3,3	3,7	4,1	3,3
Gemeindeverwaltung Roetgen	Roetgen	S	Gemeinde	4,6	4,3	3,5	3,5
Hammer	Simmerath	S	Gemeinde	3,6	1,3	2,3	1,3
Einruhr	Simmerath	S	Gemeinde	3,8	2,0	4,0	2,0
Rollesbroich	Simmerath	S	Gemeinde	3,3	4,3	3,9	3,3
Gemeindeverwaltung Simmerath	Simmerath	S	Gemeinde	4,8	4,8	4,7	4,7
Gressenich	Stolberg	N	Gemeinde	3,0	3,7	3,7	3,0
Vicht	Stolberg	N	Gemeinde	4,3	4,3	3,7	3,7
Breinig	Stolberg	N	Gemeinde	3,9	3,8	3,7	3,7
Langschoß	Simmerath	S	Flüchtlingsunterkunft	2,4	4,2	3,5	2,4
Blausteinsee	Eschweiler, Alsdorf	N	Erholungsgebiet / Gewässer	2,8	3,5	2,5	2,5
Perlenbachtalsperre	Monschau	S	Erholungsgebiet / Gewässer	3,5	2,2	2,8	2,2
Dreilägerbachtalsperre	Roetgen	S	Erholungsgebiet / Gewässer	3,0	4,2	2,0	2,0
Rurtalsperre mit Rurstauee	Simmerath	S	Erholungsgebiet / Gewässer	2,3	1,5	2,3	1,5
Kalltalsperre	Simmerath	S	Erholungsgebiet / Gewässer	1,9	2,2	2,3	1,5
Wehebachtalsperre	Stolberg	N	Erholungsgebiet / Gewässer	1,2	1,8	1,2	1,2
KuBiZ	Alsdorf	N	Bildungseinrichtung	3,3	3,3	3,8	3,3
Alsdorfer Akademie Q-Kolleg	Alsdorf	N	Bildungseinrichtung	4,0	4,0	3,6	3,6
Berufskolleg Eschweiler	Eschweiler	N	Bildungseinrichtung	4,0	4,3	4,3	4,0
Bildungs Zentrum Herzogenrath	Herzogenrath	N	Bildungseinrichtung	4,0	3,7	4,0	3,7
Neil-Breuning-Haus	Herzogenrath	N	Bildungseinrichtung	4,0	3,7	3,7	3,7
Berufsbildungszentrum BGZ Simmerath	Simmerath	S	Bildungseinrichtung	4,8	4,8	4,7	4,7
Berufskolleg Simmerath Eifel Campus	Simmerath	S	Bildungseinrichtung	4,8	4,8	4,7	4,7
Berufskolleg Stolberg	Stolberg	N	Bildungseinrichtung	4,2	4,7	3,8	3,8
Weiterbildungskolleg d. StädteRegion	Würselen	N	Bildungseinrichtung	4,3	4,7	3,8	3,8

11.4 Mobilfunkversorgung nach geographischer Lage

In den folgenden Diagrammen werden über alle 48 Orte verschiedene Aspekte zusammengefasst.

Zunächst wird der nördliche und der südliche Kreis der StädteRegion Aachen gegenübergestellt:

Mobilfunkversorgung nach geographischer Lage	
Nordkreis	3,5
Südkreis	2,7

Bewertungsskala	
mangelhaft	1,0 - 1,4
mäßig	1,5 - 2,4
ordentlich	2,5 - 3,4
gut	3,5 - 4,4
ausgezeichnet	4,5 - 5,0

Hierbei ist deutlich zu erkennen, dass der südliche Abschnitt mit insgesamt 19 Orten im Untersuchungsgebiet hinsichtlich der Mobilfunkversorgung deutlich unterversorgt ist. Der Nordkreis mit insgesamt 28 Orten mit seiner deutlich höheren Bevölkerungsdichte sowie dem flacheren Gelände ist hierbei deutlich besser versorgt, jedoch auch nur an der unteren Grenze zu einer guten Qualitätsstufe.

11.5 Mobilfunkversorgung nach Kommunen

Mobilfunkversorgung nach Kommunen	
Alsdorf	3,6
Baesweiler	3,7
Eschweiler	3,5
Herzogenrath	3,6
Monschau	2,4
Roetgen	2,6
Simmerath	2,9
Stolberg	3,4
Würselen	3,5

Bewertungsskala	
mangelhaft	1,0 - 1,4
mäßig	1,5 - 2,4
ordentlich	2,5 - 3,4
gut	3,5 - 4,4
ausgezeichnet	4,5 - 5,0

Wenn man die Situation stärker nach den einzelnen Kommunen aufschlüsselt, so wird hier eine bessere Differenzierung sichtbar. Im Wesentlichen werden die obigen Ergebnisse bestätigt: Kommunen im südlichen Teil des Untersuchungsgebiets sind schlechter Mobilfunkversorgt als die nördlichen Kommunen. Besonders kritisch schneidet hier das Gemeindegebiet und Umland von Monschau und Roetgen ab.

11.6 Mobilfunkversorgung nach Nutzungsart

Mobilfunkversorgung nach Nutzungsart	
Städte	3,8
Gemeinden	3
Erholungsgebiete / Gewässer	1,8
Tourismusorte	3,2
Bildungseinrichtungen	3,9

Bewertungsskala	
mangelhaft	1,0 - 1,4
mäßig	1,5 - 2,4
ordentlich	2,5 - 3,4
gut	3,5 - 4,4
ausgezeichnet	4,5 - 5,0

Hierbei werden die Nutzungsarten zusammengefasst. Nicht ganz überraschend sind Erholungsgebiete an Gewässern und in Waldgebieten deutlich schlechter versorgt als die Städte oder auch Bildungseinrichtungen, die allerdings meist in und an bevölkerungsreichen Stellen liegen.

Insbesondere hinsichtlich der Gebiete Erholung und Tourismus ist hierbei deutlich höherer Handlungsbedarf erkennbar als in den urbaneren Zentren. Aber auch der deutliche Unterschied zwischen den Städten und den Gemeinden ist nicht akzeptabel und sollte einen starken Handlungsdruck erzeugen.

11.7 Mobilfunkversorgung nach Netzanbieter

Mobilfunkversorgung nach Netzanbieter	
T-Mobile	3,7
Vodafone	3,65
O2 Telefonica	3,49

Bewertungsskala	
mangelhaft	1,0 - 1,4
mäßig	1,5 - 2,4
ordentlich	2,5 - 3,4
gut	3,5 - 4,4
ausgezeichnet	4,5 - 5,0

Abschließend werden über alle Orte die drei Netzbetreiber verglichen. Hierbei hat der Netzbetreiber T-Mobile eine etwas bessere Netzqualität als die beiden anderen Betreiber.

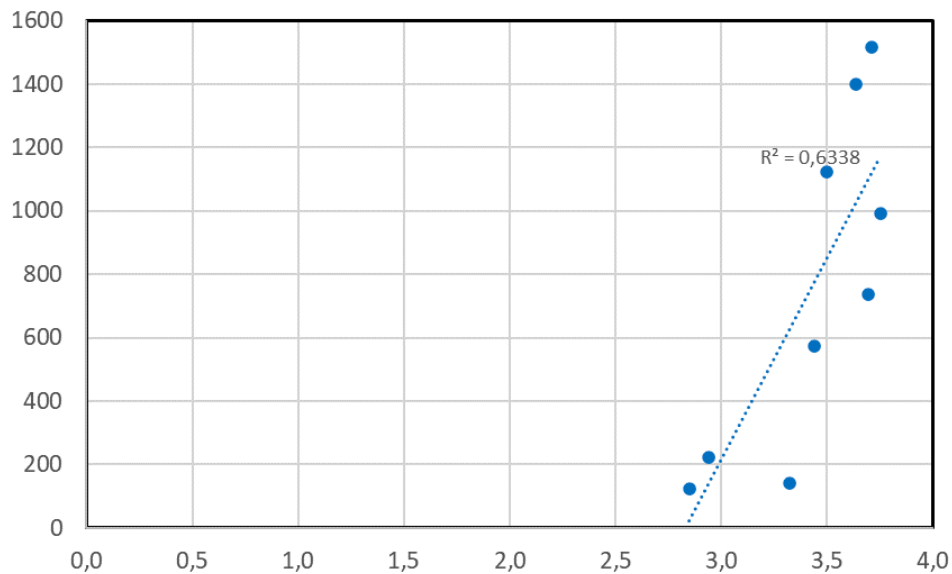
Bemerkenswert hierbei ist, dass der Unterschied des schlechtesten zum besten Betreiber deutlich geringer ist als die Unterschiede der Regionen, Gemeinden oder Nutzungsarten. Das bedeutet, dass alle drei Netzbetreiber ähnliche Strategien und Schwerpunktsetzungen hinsichtlich des Netzausbaus haben. Derzeit liegt ein Schwerpunkt aller drei Betreiber auf der Anzahl der Nutzer in urbanen Gebieten und an wichtigen Verkehrswegen. Das unmittelbare Grenzland an Belgien, Waldgebiete, Erholungsgebiete an Gewässern und Radwege sind deutlich unterversorgt.

11.8 Mobilfunkversorgung in Abhängigkeit von der Bevölkerungsdichte

Setzt man die gewonnenen Resultate der Mobilfunkqualität der 9 Kommunen in Relation zu der Bevölkerungsdichte (Einwohner pro Quadratkilometer), so kann man einen klaren statistisch signifikanten Zusammenhang erkennen, dass bei zunehmender Einwohnerdichte die Qualität besser wird. Dies unterstreicht die Strategie der Netzbetreiber, in nutzerreichen Gebieten vermehrt Standorte zu bauen, um kosteneffizienter arbeiten zu können. Nachteilig ist hierbei jedoch, dass in nutzerarmen Gebieten die

Mobilfunkversorgung klar schlechter ist und man als ländlicher Bewohner, Verkehrsteilnehmer oder Tourist darunter leidet.

Mobilfunkqualität - MOS vs. Bevölkerungsdichte in Einwohner pro km²



Kommune	Qualität der Mobilfunkversorgung	Bevölkerungsdichte (Einwohner pro km ²)
Alsdorf	3,7	1517
Baesweiler	3,8	990
Eschweiler	3,7	738
Herzogenrath	3,6	1401
Monschau	2,8	124
Roetgen	2,9	223
Simmerath	3,3	142
Stolberg	3,4	572
Würselen	3,5	1122

12 Perspektiven für die Kommunen in Bezug auf die Mobilfunkversorgung

Abschließend hinsichtlich dieses Projekts werden ausgehend von den Messresultaten und weiteren Kenngrößen der 9 Kommunen Perspektiven hinsichtlich der folgenden Themenfelder ausgearbeitet:

- Bildung
- Handel
- Tourismus
- Wirtschaft
- Wohnen

Als ersten Start wurde von der Auftraggeberin für die Kommunen folgende Schwerpunktsetzungen für die einzelnen Kommunen herausgearbeitet:

Kommune	Perspektive 1	Perspektive 2	Perspektive 3
Alsdorf	Wohnen	Bildung	Wirtschaft
Baesweiler	Wohnen	Wirtschaft	
Eschweiler	Wirtschaft	Wohnen	
Herzogenrath	Wohnen	Wirtschaft	Bildung
Monschau	Tourismus	Handel	
Roetgen	Tourismus	Wohnen	
Simmerath	Tourismus	Bildung	
Stolberg	Wirtschaft	Tourismus	Wohnen
Würselen	Wirtschaft	Handel	

Diese Zusammenstellung wurde nun mit weiteren Quantifizierungen wie Einwohnerzahl, Bevölkerungsdichte, Länge der Grenze zu Nachbarländern, Haushaltseinkommen sowie auch Pendlerbewegungen in angrenzende Kommunen oder Länder verknüpft.

Schwerpunkt bei der Zusammenfassung soll ausgehend von der bestehenden Qualität der Mobilfunkversorgung eine Abschätzung und Perspektive hinsichtlich der zu erwartenden Entwicklung und den Bedarf einer verbesserten Mobilfunk-Netzqualität sein.

12.1 Kriterien und Datenmaterial für die ergänzenden Beschreibungen

Aus verschiedenen Quellen wurden neben der Qualität der gemessenen Mobilfunkversorgung zusätzliche Kriterien und Daten für die Beschreibung herangezogen:

- Einwohnerzahl [2022]
- Fläche [km²]
- Bevölkerungsdichte (Einwohner pro km²)
- Durchschnittsalter Bevölkerung in Jahren
- Pendlersaldo (Auspendelnde / Einpendelnde)¹³
- Verfügbares Einkommen pro Einwohner in €/Jahr
- IHK-Gewerbefläche in ha¹⁴
- IHK-Einzelhandelszentralitätsziffer
- Länge der Grenze zu Nachbarländern (Roamingproblematik)
- größere Projekte (aus Webportalen oder Tagespresse)

Kommune	Einwohnerzahl [2022]	Fläche [km ²]	Bevölkerungsdichte (Einwohner pro km ²)	Durchschnittsalter Bevölkerung in Jahren	Pendlersaldo	Verfügbares Einkommen pro Einwohner in €/Jahr	IHK Gewerbefläche ha	IHK Einzelhandels-zentralitätsziffer	Länge der Grenze zu Nachbarländern (Roamingproblematik) in km
Alsdorf	48067	31,7	1517	43,5	-8836	18894	4,3	83,6	0
Baesweiler	27574	27,8	990	42,8	-5780	20826	3,1	80,7	0
Eschweiler	55888	75,8	738	43,9	-865	21162	28,4	118,5	0
Herzogenrath	46758	33,4	1401	45,0	-8529	22376	1,0	99,6	10
Monschau	11747	94,6	124	46,7	-570	25789	0,9	150,3	30
Roetgen	8699	39,0	223	45,0	-2066	29793	4,1	88,1	15
Simmerath	15741	110,9	142	45,5	-2409	25213	7,5	95,8	5
Stolberg	56379	98,5	572	44,2	-8051	22018	2,8	78,9	0
Würselen	38592	34,4	1122	44,6	-1918	23596	15,2	156,0	4

¹³ landesdatenbank.nrw.de

¹⁴ Quelle: Auftraggeber (www.it.nrw/sites/default/files/kommunalprofile/I05334.pdf)

12.2 Beschreibung der Kommunen

Ausgehend von den Messergebnissen, externen Daten und weiteren internen Informationen von der Auftraggeberin können für die 9 Kommunen folgende Beschreibungen extrahiert werden:

12.2.1 Alsdorf

Alsdorf im Norden der StädteRegion Aachen zeichnet sich durch seine gute Anbindung an Autobahnen und der Nähe zu Aachen aus. Im Zuge des Strukturwandels von der Montanindustrie sowie einer zunehmenden Überalterung versucht die Kommune über ein Leitbild als „Die Familienstadt“ junge Familien mit einer familienfreundlichen Umgebung und Kultur zu gewinnen. Ziele sind den Wohnraum zu erneuern, die Wirtschaft zu flexibilisieren und das sich im Durchschnitt befindliche Bevölkerungsalter zu senken.

In Alsdorf schnitt die Qualität der Mobilfunkversorgung ordentlich bis gut ab, eine Roamingproblematik mit den Niederlanden existiert nicht.

Als Perspektiven wurden die Themen Wohnen, Bildung und Wirtschaft definiert.

Hinsichtlich der Themen zu gesellschaftlichen Zukunftstrends sind für Alsdorf die Themenbereiche Konnektivität, Gender Shift (Geschlechter und Generationen), New Work (Arbeitsorte) und Individualisierung besonders zutreffend.

Hinsichtlich der Pendler wird in Alsdorf deutlich mehr aus- statt eingependelt, meist in die Stadt Aachen.

Insbesondere in den Themen Arbeiten von zuhause aus und einem verstärkten Bildungsschwerpunkt ist eine verbesserte Breitband- wie Mobilfunkversorgung für eine positive wirtschaftliche Entwicklung hilfreich.

Eine bessere Mobilfunkversorgung würde sich in der Kommune Alsdorf insbesondere in der Situation von Fahrzeugpendlern, am Heimarbeitsplatz und für Handel sowie in der verarbeitenden Industrie bemerkbar machen.

12.2.2 Baesweiler

Im äußersten Norden des Untersuchungsgebiets liegend, weist Baesweiler als die flächenmäßig kleinste Kommune der StädteRegion Aachen einen hohen Freiflächenanteil im Vergleich zu Siedlungs- oder Verkehrsflächen auf.

In Baesweiler ist die Qualität der Mobilfunkversorgung ordentlich bis gut, eine Roamingproblematik mit den Niederlanden existiert durch die Entfernung zur Grenze nicht.

Als Perspektiven wurden die Themen Wohnen und Wirtschaft definiert.

Hinsichtlich der Themen zu gesellschaftlichen Zukunftstrends sind für Baesweiler die Themenbereiche Konnektivität, Gender Shift (Geschlechter und Generationen) und Individualisierung besonders zutreffend.

Die Auspendlerquote ist deutlich höher als die Anzahl der Einpendler und auch im Vergleich zu anderen Regionen mit ca. 1/5 der Bevölkerung hoch.

Eine bessere Mobilfunkversorgung würde sich in der Kommune Baesweiler insbesondere in der Situation von Fahrzeuggpendlern, am Heimarbeitsplatz und für den Handel bemerkbar machen.

12.2.3 Eschweiler

Die Kommune Eschweiler liegt direkt an zwei Bundesautobahnen unmittelbar an drei Nachbarkommunen. Es findet ein Strukturwandel von der Energiewirtschaft mit einem großen Kraftwerksstandort hin zu einem diversifizierten Standort statt. Ehemalige Tagebauflächen werden beispielsweise in Naherholungsgebiete umgewandelt.

In Eschweiler ist die Qualität der Mobilfunkversorgung ordentlich bis gut, eine Roamingproblematik mit den Niederlanden existiert durch die Entfernung zur Grenze nicht.

Als Perspektiven wurden die Themen Wirtschaft und Wohnen definiert.

Hinsichtlich der Themen zu gesellschaftlichen Zukunftstrends sind für Eschweiler die Themenbereiche, Mobilität, Gender Shift (Geschlechter und Generationen) und Gesundheit besonders zutreffend.

Die Pendlerquote ist in Eschweiler ziemlich ausgeglichen.

Eine bessere Mobilfunkversorgung würde sich in der Kommune Eschweiler insbesondere in der Situation am Heimarbeitsplatz und für den Handel bzw. Neuansiedlungen bemerkbar machen, bei Pendlern in Fahrzeugen sind durch die günstigen Verkehrswege an Autobahnen schon gute Versorgungssituationen vorhanden.

12.2.4 Herzogenrath

Die Stadt Herzogenrath liegt direkt an der Grenze zu den Niederlanden und weist eine verhältnismäßig kleine Fläche auf. Die Verkehrsanbindung zu Nachbarkommunen und ins Ausland ist gut. In Herzogenrath hat ebenfalls ein Strukturwandel vom Steinkohlebergbau hin zu veränderten Wirtschaftszweigen, Wohnraumentwicklung und Naherholungsnutzung stattgefunden.

Hinsichtlich der Mobilfunkqualität befindet sich Herzogenrath ebenfalls im Mittelfeld, auffällig ist aber die problematische Roamingsituation der vergleichsweise langen Grenze direkt entlang der anschließenden Kommunen Kerkrade. Entlang dieses Gebiets sind die Nachteile der vielen konkurrierenden Netzbetreiber spürbar, wie im Abschnitt 3.6 erläutert.

In Herzogenrath befinden sich einige Hightech-Firmen, die die 5G Technologie für Campusnetze einsetzen bzw. anbieten. Weiterhin befindet sich das Naherholungsgebiet Wurmatal in einer attraktiven Nachbarschaft.

Als Perspektiven wurden die Themen Wohnen, Wirtschaft und Bildung definiert.

Hinsichtlich der Themen zu gesellschaftlichen Zukunftstrends sind für Herzogenrath die Themenbereiche Konnektivität, Mobilität, Silver Society und New Work (Arbeitsorte) besonders zutreffend.

Die Pendlerquote weist ein deutliches Auspendlersaldo auf, insbesondere in die benachbarten Niederlande fahren weitaus mehr Pendler hinaus als umgekehrt.

Insbesondere in den Themen Arbeiten von zuhause aus, einer verbesserten Versorgung für Unternehmensstandorte und einem verstärkten Bildungsschwerpunkt wird auch eine bessere Breitband- wie Mobilfunkversorgung nötig sein, um hier eine wirtschaftliche Stärkung zu erzielen.

12.2.5 Monschau

Monschau bildet das südliche Ende der StädteRegion Aachen und liegt im Naturraum Eifel, einer touristisch sehr attraktiven Region.

Hinsichtlich der Pendlerbewegungen ist das Pendlersaldo ausgeglichen bei hohen Aus- wie Einpendlern. Anders als im nördlichen Gebiet in Herzogenrath fahren zwischen Monschau und dem benachbarten Belgien deutlich weniger Pendler.

Dennoch hat Monschau eine lange Grenze zu Belgien, teilweise Exklaven-artige Gebiete, da der durch Monschau verlaufende Venn Radweg belgisches Staatsgebiet ist.

Hierbei wurde eine mäßige Mobilfunkversorgung gemessen, was sich als Mischung einer geographisch anspruchsvollen hügeligen Landschaft, der Grenzlage und der ländlichen Lage und dementsprechend spärlicher mit Mobilfunkmasten versorgten Situation erklären lässt.

Als Perspektiven wurden die Themen Tourismus und Handel definiert.

Hinsichtlich der Themen zu gesellschaftlichen Zukunftstrends sind für Monschau die Themenbereiche, Mobilität, Silver Society, Gesundheit und Individualisierung besonders zutreffend.

Der Tourismussektor wird ausgehend von einem hohen Niveau in Monschau unter Berücksichtigung der Trendfaktoren - wie im Abschnitt 3.5.1 beschrieben –zunehmen. Heutige und zukünftige Reisende fordern eine gute Mobilfunkversorgung auch in schwach besiedelten und ländlichen Gebieten für Zwecke der Kommunikation, Orientierung und auch für potenzielle Notrufe.

12.2.6 Roetgen

Die bevölkerungsmäßig kleinste Kommune Roetgen, im Süden der StädteRegion Aachen liegend hat eine ca. 15 km lange Grenze zu Belgien. Der Anteil von Freiflächen (meist Waldflächen) zu Siedlungs- und Verkehrsflächen ist sehr hoch, bei einer geringen Bevölkerungsdichte.

Es wurde eine mäßige Mobilfunkversorgung gemessen, was sich durch die großen Waldgebiete, der Venn-Bahn auf belgischem Gebiet mitten in der Kommune gelegen, der Grenzlage und dementsprechend spärlicher mit Mobilfunkmasten versorgten Situation erklären lässt.

Die Pendlerquote des hinsichtlich der Bevölkerungszahl kleinsten Kommune weist den negativsten Saldo der StädteRegion Aachen auf.

Als Perspektiven wurden die Themen Tourismus und Wohnen definiert.

Hinsichtlich der Themen zu gesellschaftlichen Zukunftstrends sind für Roetgen die Themenbereiche, Mobilität, Silver Society, Gesundheit und Individualisierung besonders zutreffend.

Der Tourismussektor wird ausgehend von einem hohen Niveau in Roetgen unter Berücksichtigung der Trendfaktoren - wie im Abschnitt 3.5.1 beschrieben –zunehmen. Heutige und zukünftige Reisende fordern eine gute Mobilfunkversorgung auch in schwach besiedelten und ländlichen Gebieten für Zwecke der Kommunikation, Orientierung und auch für potenzielle Notrufe.

12.2.7 Simmerath

Simmerath als die flächenmäßig größte Kommune liegt im südlichen Bereich der StädteRegion Aachen zwischen Roetgen und Monschau in einer landschaftlich reizvollen Lage mit Wäldern, Seen und Hügeln des Nationalparks Rureifel. Tourismus, Naherholung, Freizeit- und Wohnnutzung prägen die wirtschaftlichen Aspekte, neben Gewerbe, Handel und Handwerk.

In Simmerath wurde eine mäßige bis ordentliche Mobilfunkqualität gemessen, was sich als Mischung einer geographisch anspruchsvollen hügeligen Landschaft, großer Wald-

gebiete und der ländlichen Lage und dementsprechend spärlicher mit Mobilfunkmasten versorgten Situation erklären lässt.

Als Perspektiven wurden die Themen Tourismus und Bildung definiert.

Hinsichtlich der Themen zu gesellschaftlichen Zukunftstrends sind für Simmerath die Themenbereiche, Mobilität, Silver Society und Gesundheit besonders zutreffend.

Wie auch in Roetgen weist die Pendlerquote in Simmerath ein ähnliches negatives Saldo mit einer hohen Auspendlerrate auf.

Der Tourismussektor wird ausgehend von einem hohen Niveau unter Berücksichtigung der Trendfaktoren - wie im Abschnitt 3.5.1 beschrieben –zunehmen. Neben den Kommunen Monschau und Roetgen bietet hier Simmerath innerhalb der StädteRegion Aachen sehr gute Voraussetzungen. Derzeit wird die touristische Infrastruktur in Rurberg weiterentwickelt.

Auf dem Gebiet der Gemeinde Simmerath befindet sich ein großer Bildungscampus mit mehreren unterschiedlichen Bildungseinrichtungen.

12.2.8 Stolberg

Im Strukturwandel einer „Kupferstadt“ hin zu einer vielschichtigen Kommunalentwicklung mit verschiedenen Facetten bietet Stolberg breite Voraussetzungen. Als flächenmäßig eher größere Kommune mit der höchsten Einwohnerzahl liegt sie in den anderen Aspekten wie Durchschnittsalter oder Kaufkraft auf mittlerem Level.

In der Qualität der Mobilfunkversorgung schnitt Stolberg im Vergleich zu anderen Kommunen etwas höher, aber insgesamt durchschnittlich ab, eine Roamingproblematik mit den Nachbarländern existiert durch die Entfernung zur Grenze nicht.

Als Perspektiven wurden die Themen Wirtschaft, Tourismus und Wohnen definiert.

Hinsichtlich der Themen zu gesellschaftlichen Zukunftstrends sind für Stolberg die Themenbereiche Konnektivität, Gesundheit und New Work (Arbeitsorte) besonders zutreffend.

Die Pendlerquote weist in Stolberg ein negativer Saldo mit einer hohen Auspendlerrate – insbesondere nach Aachen - auf.

Insbesondere in der Kombination des naturnahen Gebiets, guter Verkehrswege, traditionsreicher Stadtgeschichte und Nähe zur Stadt Aachen könnten diese Themen sehr gut kombiniert werden. Für die Förderung aller diese Aspekte ist eine verbesserte Mobilfunkversorgung unabdingbar.

12.2.9 Würselen

Das im Norden der StädteRegion Aachen befindliche Würselen besitzt eine schnelle Erreichbarkeit zum Autobahnnetz und liegt direkt an der Stadt Aachen inmitten der benachbarten Regionen Herzogenrath, Alsdorf und Eschweiler. Alle die für diese Nachbarregionen genannten Merkmale und Aspekte gelten auch für Würselen, welches sich außerdem das große Naherholungsgebiet Wurmatal mit Herzogenrath teilt.

Hinsichtlich der Mobilfunkqualität befindet sich Würselen ebenfalls im Mittelfeld, auffällig ist auch hier die problematische Roamingsituation in der westlichen Seite in der Nähe zur niederländischen Grenze. An den Hängen im Wurmatal wurden deutliche Signale von niederländischen Netzanbietern gemessen.

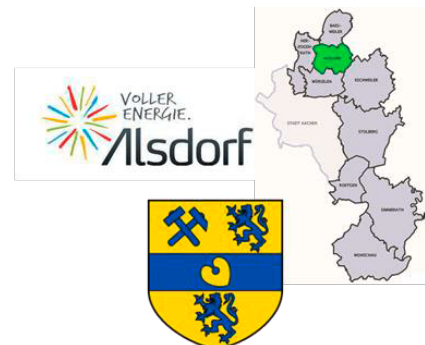
Als Perspektiven wurden die Themen Wirtschaft und Handel definiert.

Trotz der unmittelbaren Nähe zu Aachen ist das Pendlersaldo bei hoher Pendlerzahlen beiderseits ausgeglichen, die Einzelhandelszentralität ist (vermutlich durch das Gewerbegebiet Aachener Kreuz) sehr hoch.

Hinsichtlich der Themen zu gesellschaftlichen Zukunftstrends sind für Würselen die Themenbereiche Konnektivität, Gender Shift (Geschlechter und Generationen) und New Work (Arbeitsorte) besonders zutreffend.

13 Steckbriefe pro Kommune

In einer Form der Zusammenfassung werden in den folgenden Seiten pro Kommune die Beschreibungen, Perspektiven sowie Bewertungen und Zahlen auf einer Seite dargestellt.



Alsdorf








Qualität der Mobilfunkversorgung - Messung September 2023:

3,7

entspricht einer ordentlichen/guten Mobilfunkqualität

Fläche [km ²]	31,7
Bevölkerungsdichte (Einwohner pro km ²)	1.526
Einwohnerzahl	48.328
Durchschnittsalter Bevölkerung in Jahre	43,5
Pendlersaldo (negativ = mehr Auspendler)	- 8.836
Länge der Grenze zu Nachbarländer	0 km

Perspektiven bezüglich des Ausbaus der Mobilfunkversorgung

Perspektive Wohnen	
Perspektive Bildung	
Perspektive Tourismus	
Perspektive Wirtschaft	
Perspektive Handel	
Priorität hoch	
Priorität gering	

Beschreibung der Perspektiven für die Kommune	Alsdorf
	<p>In Alsdorf schnitt die Qualität der Mobilfunkversorgung ordentlich bis gut ab, eine Roamingproblematik mit den Niederlanden existiert nicht. Als Perspektiven wurden die Themen Wohnen, Bildung und Wirtschaft definiert.</p> <p>Hinsichtlich der Themen zu gesellschaftlichen Zukunftstrends sind für Alsdorf die Themenbereiche Konnektivität, Gender Shift (Geschlechter und Generationen), New Work (Arbeitsorte) und Individualisierung besonders zutreffend.</p> <p>Hinsichtlich der Pendler wird in Alsdorf deutlich mehr aus- statt eingependelt, meist in die Stadt Aachen.</p> <p>Insbesondere in den Themen Arbeiten von zuhause aus und einem verstärkten Bildungsschwerpunkt ist eine verbesserte Breitband- wie Mobilfunkversorgung für eine positive wirtschaftliche Entwicklung hilfreich.</p> <p>Eine bessere Mobilfunkversorgung würde sich in der Kommune Alsdorf insbesondere in der Situation von Fahrzeugpendlern, am Heimarbeitsplatz und für Handel sowie in der verarbeitenden Industrie bemerkbar machen.</p>



Baesweiler








Qualität der Mobilfunkversorgung - Messung September 2023:

3,8

entspricht einer ordentlichen/guten Mobilfunkqualität

Fläche [km ²]	27,8
Bevölkerungsdichte (Einwohner pro km ²)	992
Einwohnerzahl	27.620
Durchschnittsalter Bevölkerung in Jahre	42,8
Pendlersaldo (negativ = mehr Auspendler)	- 5.780
Länge der Grenze zu Nachbarländer	0 km

Perspektiven bezüglich des Ausbaus der Mobilfunkversorgung

Perspektive Wohnen	
Perspektive Bildung	
Perspektive Tourismus	
Perspektive Wirtschaft	
Perspektive Handel	
Priorität hoch	
Priorität gering	

Beschreibung der Perspektiven für die Kommune	Baesweiler
	<p>In Baesweiler ist die Qualität der Mobilfunkversorgung ordentlich bis gut, eine Roamingproblematik mit den Niederlanden existiert durch die Entfernung zur Grenze nicht. Als Perspektiven wurden die Themen Wohnen und Wirtschaft definiert. Hinsichtlich der Themen zu gesellschaftlichen Zukunftstrends sind für Baesweiler die Themenbereiche Konnektivität, Gender Shift (Geschlechter und Generationen) und Individualisierung besonders zutreffend. Die Auspendlerquote ist deutlich höher als die Anzahl der Einpendler und auch im Vergleich zu anderen Regionen mit ca. 1/5 der Bevölkerung hoch. Eine bessere Mobilfunkversorgung würde sich in der Kommune Baesweiler insbesondere in der Situation von Fahrzeugpendlern, am Heimarbeitsplatz und für den Handel bemerkbar machen.</p>



Eschweiler








Qualität der Mobilfunkversorgung - Messung September 2023:

3,7

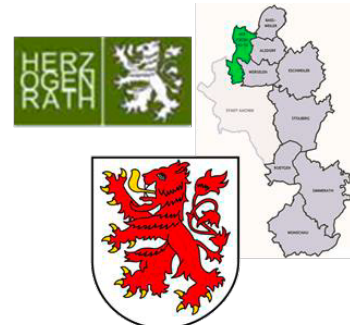
entspricht einer ordentlichen/guten Mobilfunkqualität

Fläche [km ²]	75,8
Bevölkerungsdichte (Einwohner pro km ²)	740
Einwohnerzahl	56.049
Durchschnittsalter Bevölkerung in Jahre	43,9
Pendlersaldo (negativ = mehr Auspendler)	- 865
Länge der Grenze zu Nachbarländer	0 km

Perspektiven bezüglich des Ausbaus der Mobilfunkversorgung

Perspektive Wohnen	
Perspektive Bildung	
Perspektive Tourismus	
Perspektive Wirtschaft	
Perspektive Handel	
Priorität hoch	
Priorität gering	

Beschreibung der Perspektiven für die Kommune	Eschweiler
<p>In Eschweiler ist die Qualität der Mobilfunkversorgung ordentlich bis gut, eine Roamingproblematik mit den Niederlanden existiert durch die Entfernung zur Grenze nicht. Als Perspektiven wurden die Themen Wirtschaft und Wohnen definiert. Hinsichtlich der Themen zu gesellschaftlichen Zukunftstrends sind für Eschweiler die Themenbereiche, Mobilität, Gender Shift (Geschlechter und Generationen) und Gesundheit besonders zutreffend. Die Pendlerquote ist in Eschweiler ziemlich ausgeglichen. Eine bessere Mobilfunkversorgung würde sich in der Kommune Eschweiler insbesondere in der Situation am Heimarbeitsplatz und für den Handel bzw. Neuansiedelungen bemerkbar machen, bei Pendlern in Fahrzeugen sind durch die günstigen Verkehrswege an Autobahnen schon gute Versorgungssituationen vorhanden.</p>	



Herzogenrath








Qualität der Mobilfunkversorgung - Messung September 2023:

3,6

entspricht einer ordentlichen/guten Mobilfunkqualität

Fläche [km ²]	33,4
Bevölkerungsdichte (Einwohner pro km ²)	1.406
Einwohnerzahl	46.941
Durchschnittsalter Bevölkerung in Jahre	45,0
Pendlersaldo (negativ = mehr Auspendler)	- 8.529
Länge der Grenze zu Nachbarländer	10 km

Perspektiven bezüglich des Ausbaus der Mobilfunkversorgung

Perspektive Wohnen	
Perspektive Bildung	
Perspektive Tourismus	
Perspektive Wirtschaft	
Perspektive Handel	
Priorität hoch	
Priorität gering	

Beschreibung der Perspektiven für die Kommune	Herzogenrath
<p>Hinsichtlich der Mobilfunkqualität befindet sich Herzogenrath ebenfalls im Mittelfeld, auffällig ist aber die problematische Roamingsituation der vergleichsweise langen Grenze direkt entlang der anschließenden Kommunen Kerkrade. Entlang dieses Gebiets sind die Nachteile der vielen konkurrierenden Netzbetreiber spürbar, wie im Abschnitt 3.6 erläutert.</p> <p>In Herzogenrath befinden sich einige Hochtechnologie-Firmen, die die 5G Technologie für Campusnetze einsetzen bzw. anbieten. Weiterhin befindet sich das Naherholungsgebiet Wurmatal in einer attraktiven Nachbarschaft.</p> <p>Als Perspektiven wurden die Themen Wohnen, Wirtschaft und Bildung definiert. Hinsichtlich der Themen zu gesellschaftlichen Zukunftstrends sind für Herzogenrath die Themenbereiche Konnektivität, Mobilität, Silver Society und New Work (Arbeitsorte) besonders zutreffend.</p> <p>Die Pendlerquote weist ein deutliches Auspendlersaldo auf, insbesondere in die benachbarten Niederlande fahren weitaus mehr Pendler hinaus als umgekehrt.</p> <p>Insbesondere in den Themen Arbeiten von zuhause aus, einer verbesserten Versorgung für Unternehmensstandorte und einem verstärkten Bildungsschwerpunkt wird auch eine bessere Breitband- wie Mobilfunkversorgung nötig sein, um hier eine wirtschaftliche Stärkung zu erzielen.</p>	



Monschau








Qualität der Mobilfunkversorgung - Messung September 2023:

2,8

entspricht einer mäßigen Mobilfunkqualität

Fläche [km ²]	94,6
Bevölkerungsdichte (Einwohner pro km ²)	125
Einwohnerzahl	11.864
Durchschnittsalter Bevölkerung in Jahre	46,7
Pendlersaldo (negativ = mehr Auspendler)	- 570
Länge der Grenze zu Nachbarländer	30 km

Perspektiven bezüglich des Ausbaus der Mobilfunkversorgung

Perspektive Wohnen	
Perspektive Bildung	
Perspektive Tourismus	
Perspektive Wirtschaft	
Perspektive Handel	
Priorität hoch	
Priorität gering	

Beschreibung der Perspektiven für die Kommune	Monschau
	<p>Hinsichtlich der Pendlerbewegungen ist das Pendlersaldo ausgeglichen bei hohen Aus- wie Einpendlern. Anders als im nördlichen Gebiet in Herzogenrath fahren zwischen Monschau und dem benachbarten Belgien deutlich weniger Pendler.</p> <p>Dennoch hat Monschau eine lange Grenze zu Belgien, teilweise Exklaven-artige Gebiete, da der durch Monschau verlaufende Venn Radweg belgisches Staatsgebiet ist.</p> <p>Hierbei wurde eine mäßige Mobilfunkversorgung gemessen, was sich als Mischung einer geographisch anspruchsvollen hügeligen Landschaft, der Grenzlage und der ländlichen Lage und dementsprechend spärlicher mit Mobilfunkmasten versorgten Situation erklären lässt.</p> <p>Als Perspektiven wurden die Themen Tourismus und Handel definiert.</p> <p>Hinsichtlich der Themen zu gesellschaftlichen Zukunftstrends sind für Monschau die Themenbereiche, Mobilität, Silver Society, Gesundheit und Individualisierung besonders zutreffend.</p>

Gemeinde Roetgen
Tor zur Eifel



Roetgen








Qualität der Mobilfunkversorgung - Messung September 2023:

2,9

entspricht einer mäßigen Mobilfunkqualität

Fläche [km ²]	39,0
Bevölkerungsdichte (Einwohner pro km ²)	224
Einwohnerzahl	8.727
Durchschnittsalter Bevölkerung in Jahre	45,0
Pendlersaldo (negativ = mehr Auspendler)	- 2.066
Länge der Grenze zu Nachbarländer	15 km

Perspektiven bezüglich des Ausbaus der Mobilfunkversorgung

Perspektive Wohnen	
Perspektive Bildung	
Perspektive Tourismus	
Perspektive Wirtschaft	
Perspektive Handel	
Priorität hoch	
Priorität gering	

Beschreibung der Perspektiven für die Kommune	Roetgen
Es wurde eine mäßige Mobilfunkversorgung gemessen, was sich durch die großen Waldgebiete, der Venn-Bahn auf belgischem Gebiet mitten in der Kommune gelegen, der Grenzlage und dementsprechend spärlicher mit Mobilfunkmasten versorgten Situation erklären lässt. Die Pendlerquote des hinsichtlich der Bevölkerungszahl kleinsten Kommune weist den negativsten Saldo der StädteRegion Aachen auf. Als Perspektiven wurden die Themen Tourismus und Wohnen definiert. Hinsichtlich der Themen zu gesellschaftlichen Zukunftstrends sind für Roetgen die Themenbereiche, Mobilität, Silver Society, Gesundheit und Individualisierung besonders zutreffend. Der Tourismussektor wird ausgehend von einem hohen Niveau in Roetgen unter Berücksichtigung der Trendfaktoren - wie im Abschnitt 3.5.1 beschrieben –zunehmen. Heutige und zukünftige Reisende fordern eine gute Mobilfunkversorgung auch in schwach besiedelten und ländlichen Gebieten für Zwecke der Kommunikation, Orientierung und auch für potenzielle Notrufe.	



Simmerath








Qualität der Mobilfunkversorgung - Messung September 2023:

3,3

entspricht einer mäßig/ordentlichen Mobilfunkqualität

Fläche [km ²]	110,9
Bevölkerungsdichte (Einwohner pro km ²)	143
Einwohnerzahl	15.841
Durchschnittsalter Bevölkerung in Jahre	45,5
Pendlersaldo (negativ = mehr Auspendler)	- 2.409
Länge der Grenze zu Nachbarländer	5 km

Perspektiven bezüglich des Ausbaus der Mobilfunkversorgung

Perspektive Wohnen	
Perspektive Bildung	
Perspektive Tourismus	
Perspektive Wirtschaft	
Perspektive Handel	
Priorität hoch	
Priorität gering	

Beschreibung der Perspektiven für die Kommune	Simmerath
	<p>In Simmerath wurde eine mäßige bis ordentliche Mobilfunkqualität gemessen, was sich als Mischung einer geographisch anspruchsvollen hügeligen Landschaft, großer Waldgebiete und der ländlichen Lage und dementsprechend spärlicher mit Mobilfunkmasten versorgten Situation erklären lässt.</p> <p>Als Perspektiven wurden die Themen Tourismus und Bildung definiert.</p> <p>Hinsichtlich der Themen zu gesellschaftlichen Zukunftstrends sind für Simmerath die Themenbereiche, Mobilität, Silver Society und Gesundheit besonders zutreffend.</p> <p>Wie auch in Roetgen weist die Pendlerquote in Simmerath ein ähnliches negatives Saldo mit einer hohen Auspendlerquote auf.</p> <p>Der Tourismussektor wird ausgehend von einem hohen Niveau unter Berücksichtigung der Trendfaktoren - wie im Abschnitt 3.5.1 beschrieben - zunehmen. Neben den Kommunen Monschau und Roetgen bietet hier Simmerath innerhalb der StädteRegion Aachen sehr gute Voraussetzungen. Derzeit wird die touristische Infrastruktur in Rurberg weiterentwickelt.</p>



Stolberg








Qualität der Mobilfunkversorgung - Messung September 2023:

3,4

entspricht einer mäßig/ordentlichen Mobilfunkqualität

Fläche [km ²]	98,5
Bevölkerungsdichte (Einwohner pro km ²)	573
Einwohnerzahl	56.455
Durchschnittsalter Bevölkerung in Jahre	44,2
Pendlersaldo (negativ = mehr Auspendler)	- 8.051
Länge der Grenze zu Nachbarländer	0 km

Perspektiven bezüglich des Ausbaus der Mobilfunkversorgung

Perspektive Wohnen	
Perspektive Bildung	
Perspektive Tourismus	
Perspektive Wirtschaft	
Perspektive Handel	
Priorität hoch	
Priorität gering	

Beschreibung der Perspektiven für die Kommune	Stolberg
	<p>In der Qualität der Mobilfunkversorgung schnitt Stolberg im Vergleich zu anderen Kommunen etwas höher, aber insgesamt durchschnittlich ab, eine Roamingproblematik mit den Nachbarländern existiert durch die Entfernung zur Grenze nicht.</p> <p>Als Perspektiven wurden die Themen Wirtschaft, Tourismus und Wohnen definiert. Hinsichtlich der Themen zu gesellschaftlichen Zukunftstrends sind für Stolberg die Themenbereiche Konnektivität, Gesundheit und New Work (Arbeitsorte) besonders zutreffend.</p> <p>Die Pendlerquote weist in Stolberg ein negativer Saldo mit einer hohen Auspendlerrate – insbesondere nach Aachen - auf.</p> <p>Insbesondere in der Kombination des naturnahen Gebiets, guter Verkehrswege, traditionsreicher Stadtgeschichte und Nähe zur Stadt Aachen könnten diese Themen sehr gut kombiniert werden. Für die Förderung aller diese Aspekte ist eine verbesserte Mobilfunkversorgung unabdingbar.</p>



Würselen








Qualität der Mobilfunkversorgung - Messung September 2023:

3,5

entspricht einer mäßig/ordentlichen Mobilfunkqualität

Fläche [km ²]	34,4
Bevölkerungsdichte (Einwohner pro km ²)	1.122
Einwohnerzahl	38.598
Durchschnittsalter Bevölkerung in Jahre	44,6
Pendlersaldo (negativ = mehr Auspendler)	- 1.918
Länge der Grenze zu Nachbarländer	0 km

Perspektiven bezüglich des Ausbaus der Mobilfunkversorgung

Perspektive Wohnen	
Perspektive Bildung	
Perspektive Tourismus	
Perspektive Wirtschaft	
Perspektive Handel	
Priorität hoch	
Priorität gering	

Beschreibung der Perspektiven für die Kommune	Würselen
<p>Hinsichtlich der Mobilfunkqualität befindet sich Würselen ebenfalls im Mittelfeld, auffällig ist auch hier die problematische Roamingsituation in der westlichen Seite in der Nähe zur niederländischen Grenze. An den Hängen im Wurmatal wurden deutliche Signale von niederländischen Netzanbietern gemessen.</p> <p>Als Perspektiven wurden die Themen Wirtschaft und Handel definiert.</p> <p>Trotz der unmittelbaren Nähe zu Aachen ist das Pendlersaldo bei hoher Pendlerzahlen beiderseits ausgeglichen, die Einzelhandeszentralität ist (vermutlich durch das Gewerbegebiet Aachener Kreuz) sehr hoch.</p> <p>Hinsichtlich der Themen zu gesellschaftlichen Zukunftstrends sind für Würselen die Themenbereiche Konnektivität, Gender Shift (Geschlechter und Generationen) und New Work (Arbeitsorte) besonders zutreffend.</p>	

14 Zusammenfassung

In diesem Bericht werden für das Projekt „Mobilfunkversorgungsanalyse in der Städte-Region Aachen“ Grundlagen für die Breitbandversorgung, der Mobilfunksituation, Trends, SmartRegion und neuartige 5G Campusnetze aufgezeigt. Aus diesen Grundlagen wird eine ganzheitliche Strategie für den Mobilfunkausbau der Region vor allem in den schlecht versorgten Gebieten entwickelt und vorgestellt. Basis dafür sind auch unsere kürzlich durchgeführten Mobilfunk Versorgungsmessungen in der Region. Aus diesen Ergebnissen wurden ca. 50 Orte in der Region ausgewählt, segmentiert und hinsichtlich der Mobilfunkqualität bewertet.

Die StädteRegion Aachen zeichnet sich durch geographische und siedlungsbedingte Unterschiede aus, der Norden ist deutlich dichter besiedelt und flacher, der Süden hügeliger, ländlicher und weniger dicht besiedelt. Beide Teile grenzen zudem direkt an Nachbarländer an, so dass sich entlang der Grenze eine ungünstige Konkurrenzsituation mit deren Mobilfunknetzen ergibt.

Die inzwischen fünfte Mobilfunkgeneration 5G wird gerade in Deutschland flächendeckend eingeführt, dennoch trägt das 4G (LTE) Netz die Hauptlast des mobilen Datenverkehrs. Die stationäre Breitbandversorgung fußt vor allem auf den Säulen der DSL/VDSL- und Kabelversorgung, Glasfaser ist insbesondere im ländlichen Bereich die Ausnahme. Dennoch werden für den Ausbau leistungsfähiger Mobilfunknetze wie 5G Campusnetze auch eine sehr gute stationäre Breitbandversorgung benötigt.

Zukünftige Entwicklungen und Trends wie die digitale Vernetzung der Regionen und Städte, zunehmende und sich verändernde Mobilität, veränderte Altersstrukturen, eine sich verändernde Arbeitswelt, vermehrter Fokus auf Gesundheitsthemen und eine rasant steigende Bedeutung des Tourismus im eigenen Land sind eng verknüpft mit einer dieser Entwicklung schritt haltenden Mobilfunk Infrastruktur. Eine Mobilfunkausbaustrategie ist eminent wichtig für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit von Gemeinden, Regionen und auch Ländern mit anderen nationalen oder internationalen Wachstumsregionen.

Nach der Bestandsaufnahme durch großflächige und engmaschige Vermessung der Mobilfunksituation in der StädteRegion Aachen wurden Schwachstellen in der Mobilfunkversorgung (graue oder weiße Flecken) anhand der ca. 50 Orte in folgenden Bereichen herausgearbeitet:

- Der südliche Bereich der StädteRegion ist klar schlechter versorgt als das nördliche Gebiet. Aber auch der Nordkreis hat nur eine ordentliche bis gute Versorgungsqualität.
- Die noch die beste Mobilfunkqualität ist in den Gemeinden Baesweiler, Herzogenrath und Alsdorf anzutreffen, wohin gehend die Gemeinden Simmerath, Roetgen und vor allem die Stadt Monschau eine klar schwächere Versorgungslage aufweisen.

- Bezogen auf die Nutzungsszenarien kann in den Städten und in großen Bildungseinrichtungen eine gute Versorgungslage bescheinigt werden. Klar schlechter versorgt sind Gemeinden und Tourismusorte nahe von urbanen Zentren. Sehr schlecht versorgt sind im Mittel die ländlichen und Waldreichen Erholungs- und Ausflugsgebiete an Seen, Wander- und Radwege.
- Die drei Netzbetreiber unterscheiden sich weniger stark untereinander als die unterschiedlichen geografischen Situationen oder Nutzungsarten. Dennoch hat insgesamt der Netzbetreiber T-Mobile eine etwas bessere Versorgungsqualität als die beiden Wettbewerber Vodafone oder O2.

Auch die Situation in den grenznahen Gebieten zu Belgien und den Niederlanden wird konkret durch Vorschläge zur Modifizierung des Frequenzspektrums aufgezeigt. Hierbei müsste man jedoch auch mit benachbarten Betreibern ins Gespräch kommen, um nachhaltige Erfolge in dieser speziellen Grenzlage zu erzielen.



Feneberg, Gregor

Herausgeberin

StädteRegion Aachen
Der Städteregionsrat
S 85 | Wirtschaftsförderung,
Tourismus und Europa
Zollernstraße 10
52070 Aachen

Telefon + 49 241 5198 2334
E-Mail mobilfunk@staedteregion-aachen.de
Internet www.staedteregion-aachen.de

Verantwortlich	Gregor Feneberg
Redaktion/Text	Gregor Feneberg
Gestaltung/Druck	StädteRegion Aachen, Druckerei
Bezeichnung	A85/Mobilfunkversorgungsanalyse 05.24
Bilder	©winyu - stock.adobe.com

Stand	Mai 2024
-------	----------

StädteRegion Aachen

Der Städteregionsrat
Postanschrift
StädteRegion Aachen
52090 Aachen

Telefon + 49 241 5198 0
E-Mail info@staedteregion-aachen.de
Internet staedteregion-aachen.de

Mehr von uns auf

