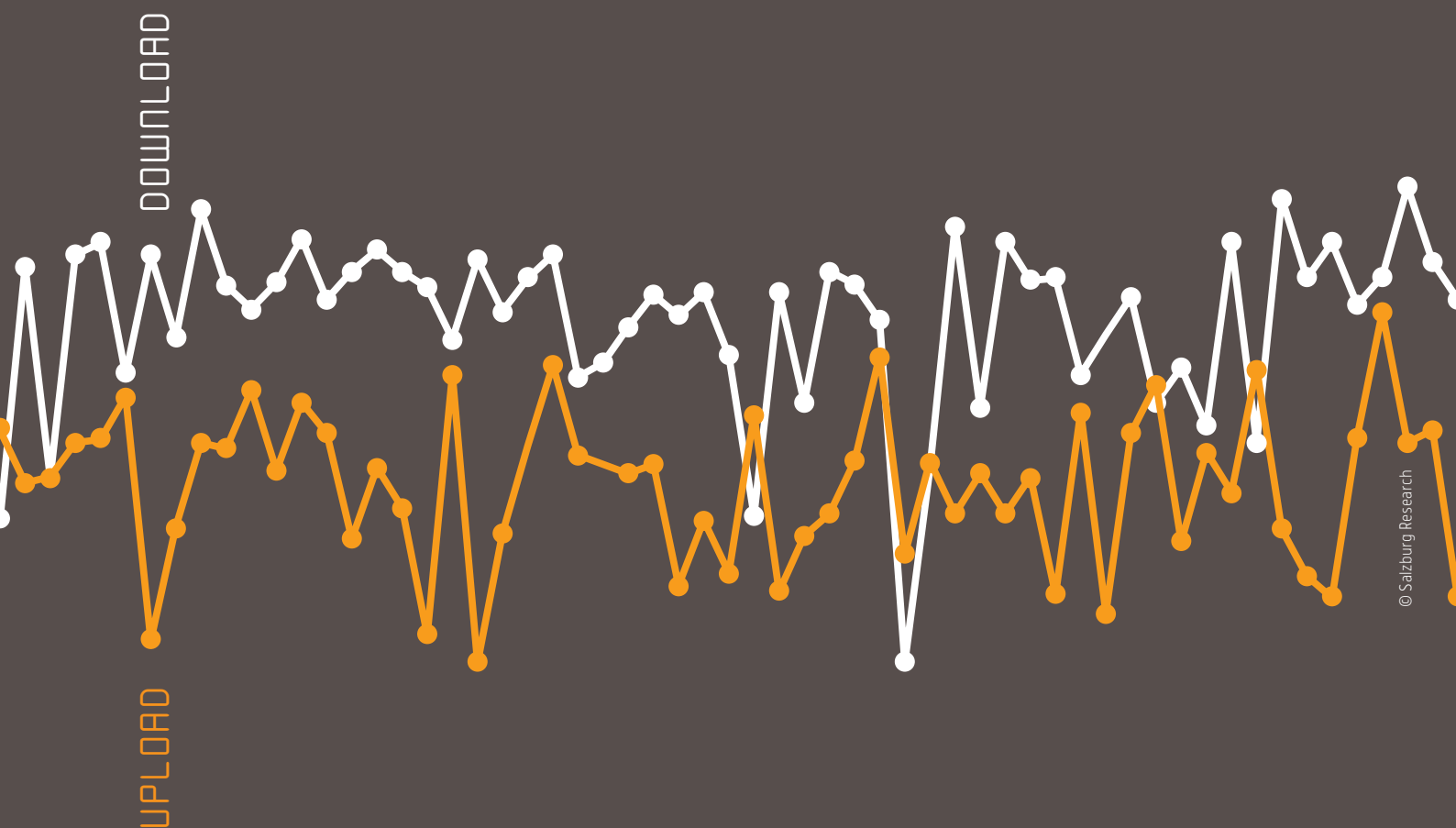


Kabellose Breitbandoptionen begleitend zum Infrastrukturausbau

Breitband in ländlichen Regionen



Peter Dorfinger, Georg Panholzer, Christof Brandauer, Ferdinand von Tüllenburg

Einleitung

In der Breitbandstrategie des Landes Salzburg¹ wurde der ungefähre Finanzierungsbedarf für eine vollständige Versorgung nahezu aller Haushalte mit Glasfaser ermittelt. Einzellagen wurden hier nicht berücksichtigt, auch wird der Umsetzungszeitraum noch mehrere Jahre in Anspruch nehmen. Bei Datenübertragungsraten von teilweise unter 2 Mbit/s in einzelnen Regionen besteht aber bereits jetzt akuter Handlungsbedarf, um zumindest Datenraten von mehr als 10 Mbit/s zu bieten.

Im Grenzgebiet von Seekirchen/Köstendorf/Obertrum/Mattsee ist ein Großteil der Fläche gemäß Bundesförderrichtlinien förderbar. Doch selbst in als versorgt gemeldeten Gebieten ist die Zufriedenheit oft nicht gegeben. Um jedoch gerade in zersiedelten Gebieten Lösungen bieten zu können, wurden dort mögliche Übergangs- bzw. mittelfristige Alternativlösungen zum Bau eines Infrastrukturprojekts untersucht. Hier sollen vor allem bei akuter Unterversorgung (Übertragungsrate < 2 Mbit/s) Lösungsansätze erarbeitet werden. Salzburg Research führte dazu unter anderem Messungen der Mobilfunkdatenraten an ausgewählten Standorten durch.

Auf Basis der Ergebnisse aus den Untersuchungen der Grenzregion Seekirchen/Köstendorf/Obertrum/Mattsee werden für andere Gebiete, die ebenfalls nur teilversorgt sind, Handlungsempfehlungen außerhalb der jeweiligen durch Infrastrukturprojekte versorgten Gebiete abgeleitet. Ziel der erweiterten Betrachtung des Pilotprojekts „Grenzgebiet Seekirchen/Köstendorf/Obertrum/Mattsee“ ist daher die Erarbeitung einer allgemeinen Vorgehensweise bzw. Liste aus Punkten, die auch in anderen – üblicherweise sehr komplexen – Projektkonstellationen zu berücksichtigen ist.

Potentielle Technologien

Wenn aktuell in einem Gebiet mit kabelgebundenen Lösungen keine ausreichende Versorgung gewährleistet werden kann, bleibt nur noch der Wechsel zu drahtlosen Technologien. Hier sind vier verschiedene Kategorien möglicher Lösungen zu unterscheiden:

1. Mobiles Internet der Mobilfunkanbieter
2. Lizenzfreies Internet über WLAN-Technologien
3. Lizenziertes Internet im 3,5 GHz Bereich von lokalen Anbietern
4. Internet über Satellit

Alle vier Optionen eignen sich dazu, Breitband mit mehr als 10 Mbit/s in ländlichen Regionen anzubieten. Es erfolgt eine kurze Beschreibung der unterschiedlichen Technologien.

Mobiles Internet der Mobilfunkanbieter

In Österreich gibt es eine Vielzahl von Mobilfunkanbietern, die Produkte für Endkunden anbieten. Alle Mobilfunkanbieter greifen dabei aber auf die Infrastruktur von drei Providern zu. Es gibt somit nur drei Netze in Österreich und damit sind auch nur diese drei für die Abdeckung ver-

¹ <https://www.salzburg.gv.at/themen/wirtschaft/breitband/breitbandstrategie>

antwortlich. Eigene Netze betreiben die A1 Telekom Austria (A1), T-Mobile Austria (T-Mobile) und Hutchison Drei Austria (Drei). Alle anderen Anbieter sind „virtuelle“ Mobilfunkler und haben Verträge mit einem der drei Netzbetreiber (bspw. Bob und yesss! mit A1, HOT und Telering mit T-Mobile). Für die Abdeckungsübersicht der einzelnen Provider gibt es jeweils (eher optimistische) Simulationsergebnisse, welche die Versorgung widerspiegeln sollen. Die Abdeckung von A1 Telekom Austria² bietet die Unterscheidung in „bis zu“-Geschwindigkeiten in den Kategorien 236 Kbit/s (EDGE bzw. 2G), 42Mbit/s (UMTS bzw. 3G), 150 Mbit/s und 300 Mbit/s (jeweils LTE bzw. 4G). T-Mobile³ liefert die Übersicht in den Kategorien EDGE (bis zu 236 Kbit/s), 3G (bis zu 42 Mbit/s) und LTE (bis zu 150 Mbit/s). Drei⁴ liefert die Ergebnisse des Simulationsmodells in den Kategorien 2G, 3G (bis 42 Mbit/s) und 4G/LTE (bis 150 Mbit/s).

Mobilfunkler verwenden aktuell zwei Technologien, die für Breitband geeignet sind: UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) erlaubt Datenraten bis zu 42 Mbit/s. LTE (Long Term Evolution) erlaubt im aktuellen Ausbaustatus Datenraten bis 150 Mbit/s bzw. 300 Mbit/s. Die Mobilfunkler werben in Ihren Paketen generell mit „bis zu“-Datenraten, die vor allem in ländlichen Regionen nur selten erreicht werden. Der Grund dafür ist, dass die Datenrate mit anderen Nutzern in derselben Zelle geteilt wird.

Lizenzfreies Internet über WLAN-Technologien

Es gibt zwei freie Frequenzbänder - 2,4 GHz und 5 GHz - die für WLAN outdoor verwendet werden dürfen und auch für Breitbandversorgung geeignet sind. Es haben sich einige Anbieter in Österreich etabliert, die Lösungen auf Basis dieser Technologien bieten. In Salzburg sind hier vor allem Rauter-IT, Xlink und Andomtec aktiv. Es wird auf Basis von im Vergleich zu Mobilfunk sehr günstiger Hardware eine Infrastruktur aufgebaut, die es ermöglicht, Haushalte mit kabellosem Internet zu versorgen. Bei den Haushalten wird eine Außenantenne montiert, und die Internetverbindung dann im Gebäude zur Verfügung gestellt. Diese Technologie eignet sich im Gegensatz zum Mobilfunk wegen der geringen Kosten auch, um nur für wenige Haushalte eine eigene Infrastruktur zu errichten. Da die Frequenzen nicht lizenziert sind, steht die Nutzung allen offen. Dadurch kann es auch zu gegenseitigen Störungen und Beeinflussungen kommen, was die Qualität der Verbindungen mindern kann.

Lizenziertes Internet im 3,5GHz Bereich von lokalen Anbietern

Im 3,5GHz Bereich wurden Frequenzen für die Breitbandversorgung vor allem im ländlichen Bereich vergeben. Die Lizenzen zur Nutzung laufen 2019 ab. In Salzburg betreiben derzeit zwei Betreiber Netze in diesem Frequenzband. Die Firma Rauter-IT verfügt über ein 3,5GHz WiMAX-Netzwerk im nördlichen Landesteil (vor allem Flachgau und Stadt Salzburg). Es werden dort Datenraten bis zu 25Mbit/s im Download angeboten (auf Nachfrage auch höhere Datenraten).

² <https://www.a1.net/hilfe-support/netzabdeckung/frontend/main.html>

³ <http://www.t-mobile.at/netz/>

⁴ <https://www.drei.at/portal/de/bottomnavi/kontakt-und-hilfe/netzabdeckung/>

Die Salzburg AG verfügt über ein 3,5GHz WiMAX-Netzwerk in weiten Teilen des Bundeslandes Salzburg. Es werden dort 15Mbit/s im Download und 1,5Mbit/s im Upload angeboten. Es ist noch für 2017 ein Technologiewechsel auf LTE geplant. Es werden dann voraussichtlich Datenraten von 30Mbit/s im Download und 3Mbit/s im Upload angeboten.

Durch die Nutzung von lizenzierten Frequenzbändern ist die Frequenz exklusiv für den jeweiligen Anbieter geschützt. Für die Salzburger Breitbandversorgung ist es essentiell, dass diese Frequenzen auch in der nächsten Vergabe wieder für lokale Anbieter zu überschaubaren Kosten zur Verfügung gestellt werden. Nur so kann der Wettbewerb zwischen Mobilfunkbetreibern und regionalen Anbietern sichergestellt und ausreichend Versorgungsoptionen für entlegene Haushalte geboten werden.

Beide Anbieter installieren je Haushalt eine eigene Außenantenne und stellen dann die Internetverbindung im Gebäude zur Verfügung.

Internet über Satellit

Hier wird unterschieden, ob beide Kanäle über Satellit erfolgen oder ob der Rückkanal eine Kabel-/Mobilfunkverbindung benötigt. Im zweiten Fall müsste somit am Standort zumindest eine schmalbandige Verbindung ohne Satellit möglich sein. Dies schränkt die Verwendung wiederum ein. Besonders interessant sind somit Anbindungen, bei denen beide Richtungen über eine Satellitenverbindung abgewickelt werden. Sowohl Astra mit Astra Connect als auch Eutelsat mit TooWay bieten solche technologischen Lösungen an. Auf Basis dieser Technologien bieten jeweils mehrere Provider Produkte für Endkunden an. Es werden hier verschiedenste Produkte mit Datenraten von ca. 30Mbit/s im Download und ca. 2Mbit/s im Upload und verschiedensten Limits beim Datenvolumen geboten.

Durch die Nutzung von Satelliten kann Internet überall dort angeboten werden, wo freie Sicht zu einem dieser Satelliten gegeben ist. Durch die große Distanz zwischen Satelliten und Erde ergibt sich jedoch eine höhere Signallaufzeit. Dies stellt vor allem bei VoIP-Telefonie, Remote Desktop und Online-Gaming eine Einschränkung dar.

Beschreibung der Messungen und des Messequipments

Für Indoor-Messungen wurde von Drei ein LTE-Router (3HuiPocket) zur Verfügung gestellt. Die Verbindung zum 3HuiPocket wurde über WLAN hergestellt. Hier sollte ein sehr einfaches, für den Endanwender typisches Setup getestet werden.

Für die Outdoor-Messungen (hier sollen für ein besseres Signal Outdoor-Richtantennen vermessen werden) wurden Lösungen von Salzburg Research eingesetzt. Für die UMTS Messungen wurde ein UMTS Mobile Broadband Extender⁵ (U-MBE) und für LTE ein LTE Mobile Broadband Extender (L-MBE) verwendet.

⁵ https://www.salzburgresearch.at/wp-content/uploads/2011/05/Flyer_MBE_Idira_15.pdf

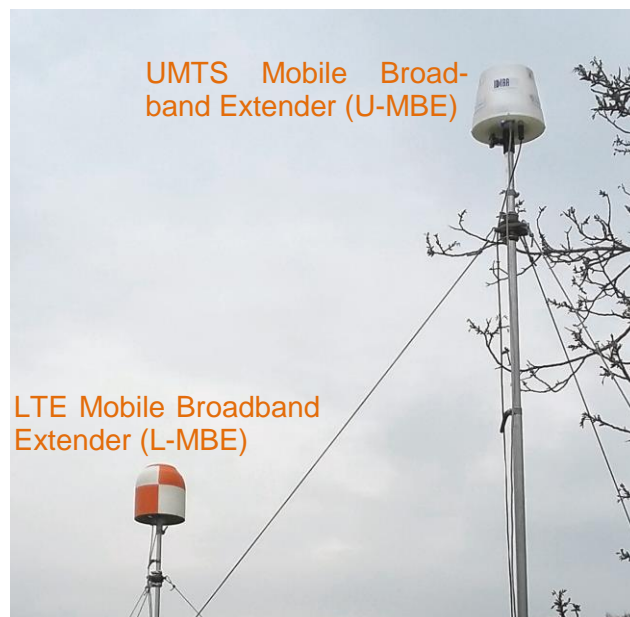


Abbildung 1: Mobile Broadband Extender

Der Mobile Broadband Extender ist ein mobiler Kommunikationsknoten welcher auf einem Masten oder Fahrzeugdach montiert werden kann. Er verfügt über eine sich selbst ausrichtende Antenne zur Verstärkung des Mobilfunksignals. Für Endgeräte wird die Internetverbindung über WLAN und Ethernet zur Verfügung gestellt. Die gesamte Hardware inkl. Richtantenne ist in einem gemeinsamen Gehäuse verbaut.

Die Messungen selbst wurden über das MINER⁶ Framework der Salzburg Research koordiniert und von Mini-PCs durchgeführt. MINER ist ein modulares Framework, welches koordinierte Aufgaben (in diesem Fall Messungen der Datenübertragungsraten) und die zentrale Sammlung der Ergebnisse ermöglicht. Die Verbindungen von den Mobile Broadband Extendern zu den Mini-PCs wurden über Ethernet hergestellt.

Für den Uplink (Verbindung vom Kunden zum Internet) sind in den Mobile Broadband Extendern UMTS bzw. LTE Modems von Huawei verbaut. Beim U-MBE ist ein Huawei E3131 als UMTS Modem verbaut, beim L-MBE ein Huawei E3372. Der L-MBE wurde so konfiguriert, dass er nur das LTE Netz verwendet. Die verwendeten SIM Karten wurden jeweils auf Verträge angemeldet, die Datenraten von bis zu 150 Mbit/s im Download und 50 Mbit/s im Upload erlauben.

Salzburg Research führte zyklisch Speedtest-Messungen mit dem Programm speedtest-cli⁷ durch und erfasste die Ergebnisse für Download, Upload und Round-Trip-Time. Zusätzlich wurden sporadisch auch File-Downloads bzw. File-Uploads durchgeführt, um Vergleichswerte zu den Speedtest-Ergebnissen zu erhalten. Diese zusätzlichen Messungen wurden vor allem bei sehr niedrigen Ergebnissen im Speedtest durchgeführt, um diese niedrigen Geschwindigkeiten auch bei längerer Download- bzw. Uploaddauer zu überprüfen.

⁶ <https://miner.salzburgresearch.at>

⁷ <https://github.com/sivel/speedtest-cli>

Auswahl der Messstandorte

Die Messstandorte wurden gemeinsam mit dem Auftraggeber (Land Salzburg) ausgewählt. Die Indoor-Versorgung von Drei wurde an einem Standort durchgeführt, der gemäß Drei-Versorgungskarte in einem als vollständig versorgt geltenden Gebiet liegt. Das Messequipment wurde dafür in Köstendorf im Objekt Toedtleinsdorf 15 installiert.

Die A1 UMTS Abdeckung sollte an einem Standort ohne LTE Abdeckung untersucht werden. Es wurde dazu ein UMTS Mobile Broadband Extender im Bereich Hohengarten 3 in Obertrum installiert. Die LTE-Versorgung sollte an einem Punkt untersucht werden, welcher lt. A1-Netzabdeckungskarte genau an der Grenze der LTE-Versorgung liegt. Es wurde dazu ein L-MBE im Bereich Schöngumprechtling 10 in der Gemeinde Seekirchen installiert.

Anschließend wurde auf Wunsch des Auftraggebers noch ein Standort gewählt, an dem eine LTE-Abdeckung durch beide Betreiber gegeben ist. Daher wurden sowohl der U-MBE, der L-MBE als auch der 3HuiPocket am Standort Gaisberg 1 in Mattsee installiert.

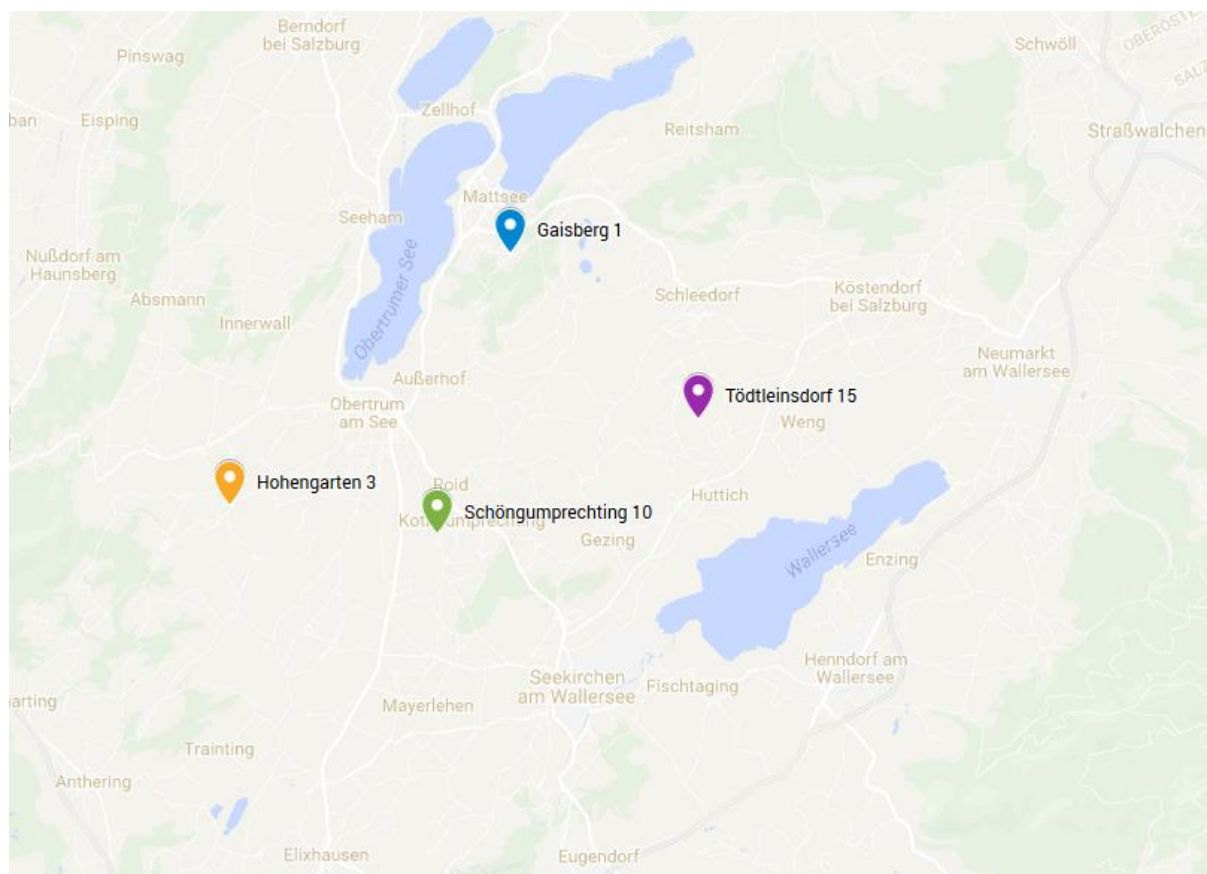


Abbildung 2: Positionen der Messstandorte

Ziel der Messungen war eine Beurteilung, wie stabil die Datenraten über mehrere Tage an den ausgewählten Standorten zur Verfügung gestellt werden können.

Zusätzlich wurde ein Kurztest der WiMAX-Anbindung der Salzburg AG am Standort Hohengarten 3 in Obertrum durchgeführt.

Auswertung der Messergebnisse

Salzburg Research führte in Absprache mit dem Auftraggeber an allen Standorten Messungen über mehrere Tage durch. Die Messwerte wurden je nach Tageszeit in 3 Blöcke unterteilt: Einen Nachtblock von 0 bis 7 Uhr, einen Tagesblock von 7 bis 17 Uhr und einen Abendblock von 17 bis 0 Uhr. In den Nachtstunden ist wegen der geringen Aktivitäten anderer Anwender mit den höchsten Messwerten zu rechnen.

Drei-Messungen in Köstendorf

Am Standort Tödtleinsdorf 15 in Köstendorf wurden Indoor-Messungen mit einem 3HuiPocket (LTE Technologie) durchgeführt. Die Datenraten sind in Mbit/s angegeben.

Tageszeit	Messwerte	Min	1. Qu.	Median	Mean	3. Qu.	Max	90% >als	80% >als	Up/Down
0 bis 24	1195	5.34	29.93	32.93	31.92	33.93	38.44	27.7	29.6	Down
0 bis 7	343	5.34	29.82	32.84	31.80	33.99	38.00	27.00	29.58	Down
7 bis 17	504	11.37	29.93	32.77	31.76	33.80	38.21	27.62	29.57	Down
17 bis 0	348	20.16	30.08	32.98	32.26	34.13	38.44	28.82	29,70	Down
0 bis 24	1195	10.14	14.64	15.33	15.64	16.65	20.89	14.13	14.50	Up
0 bis 7	343	10.14	14.99	15.67	15.96	16.90	20.89	14.58	14.85	Up
7 bis 17	504	10.16	14.62	15.21	15.61	16.73	20.42	14.11	14.50	Up
17 bis 0	348	10.75	14.42	15.00	15.36	16.26	19.58	14.03	14.30	Up

Abbildung 3 zeigt die kumulierte Verteilungsfunktion für den Download, Abbildung 4 zeigt die kumulierte Verteilungsfunktion für den Upload.

Bei den durchgeführten Messungen konnte in 90% der Fälle eine Datenrate im Download von mehr als 27.7 Mbit/s und im Upload 14.13 Mbit/s erreicht werden.

Die Tageszeitunterschiede in den 3 Blöcken sind sowohl im Download als auch im Upload kleiner 10%. Im Download waren, entgegen den Erwartungen, die Messwerte am Tag und Abend geringfügig höher als in den Nachtstunden.

Unter den gegebenen Messwerten kann an diesem Standort die Technologie als mittelfristige Übergangslösung empfohlen werden.

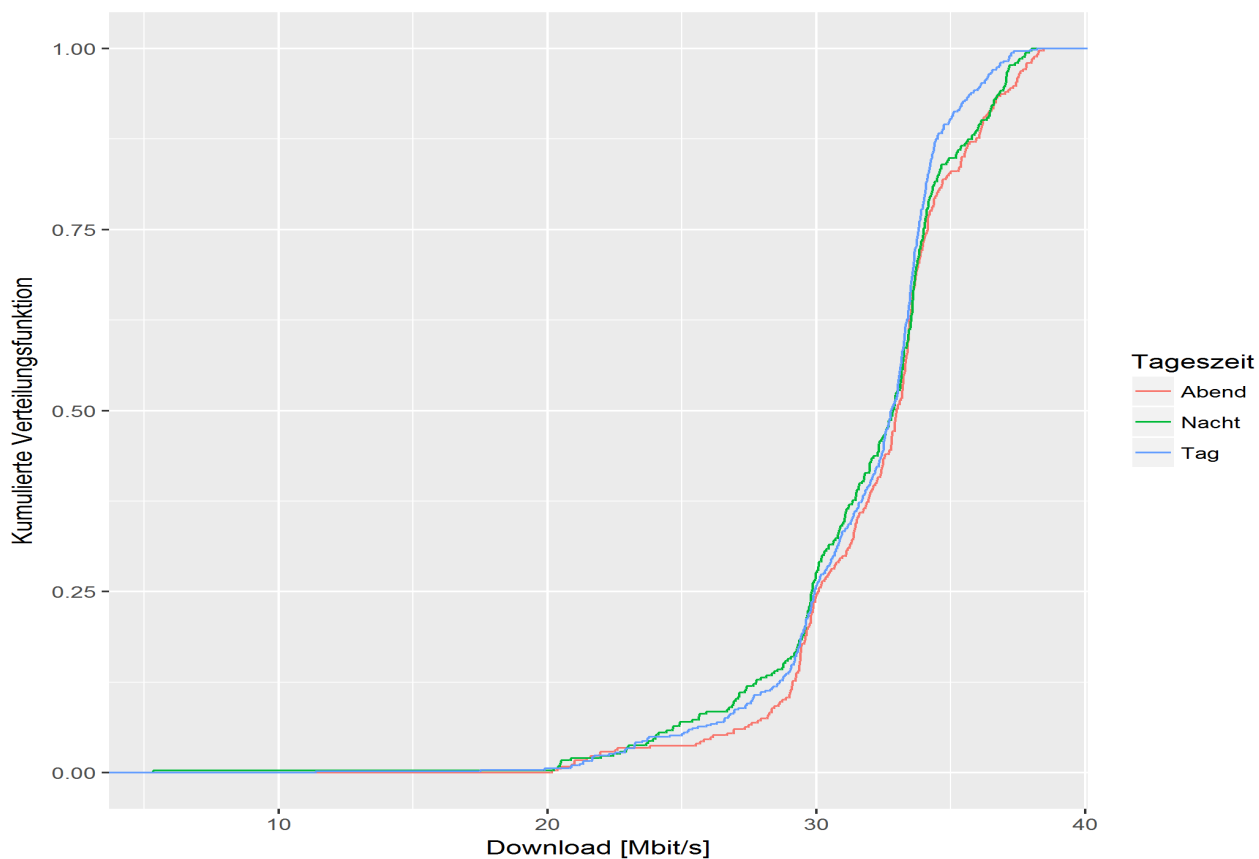


Abbildung 3: Kumulierte Verteilungsfunktion Tödtleinsdorf 15 Download

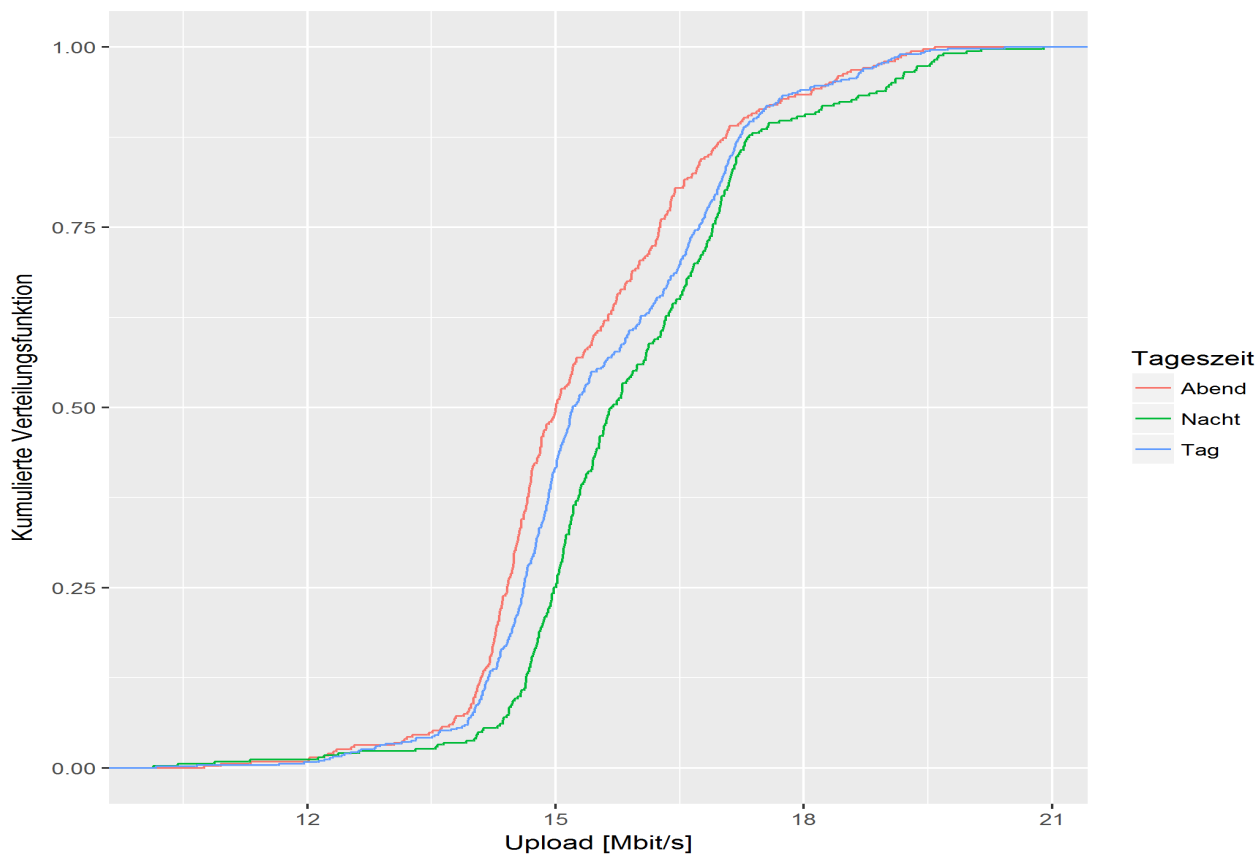


Abbildung 4: Kumulierte Verteilungsfunktion Tödtleinsdorf 15 Upload

A1 UMTS-Messungen in Obertrum

Am Standort Hohengarten 3 in Obertrum wurden Outdoor-Messungen mit dem U-MBE durchgeführt. Die Datenraten sind in Mbit/s angegeben.

Tageszeit	Messwerte	Min	1. Qu.	Median	Mean	3. Qu.	Max	90% >als	80% >als	Up/Down
0 bis 24	1091	6.34	12.96	13.77	13.58	14.84	15.65	11.85	12.74	Down
0 bis 7	307	1.64	14.20	14.68	14.55	15.16	15.65	13.71	14.04	Down
7 bis 17	464	7.80	12.82	13.48	13.27	13.99	15.54	11.74	12.64	Down
17 bis 0	320	6.63	12.36	13.36	13.10	14.10	15.55	11.31	12.10	Down
0 bis 24	1091	1.51	4.59	4.75	4.56	4.87	5.47	4.10	4.47	Up
0 bis 7	307	1.74	4.74	4.83	4.66	4.93	5.13	4.45	4.69	Up
7 bis 17	464	1.51	4.58	4.72	4.54	4.84	5.12	4.12	4.45	Up
17 bis 0	320	1.69	4.41	4.70	4.48	4.83	5.47	4.06	4.16	Up

Abbildung 5 zeigt die kumulierte Verteilungsfunktion für den Download, Abbildung 6 zeigt die kumulierte Verteilungsfunktion für den Upload.

Bei den durchgeführten Messungen konnte in 90% der Fälle eine Datenrate im Download von mehr als 11.85 Mbit/s und im Upload 4.10 Mbit/s erreicht werden.

In der Nacht konnten 90% der Messungen mehr als 13.71 Mbit/s im Download erzielen. Am Abend lag dieser Wert nur bei 11.31 Mbit/s. Während des Tages bei 11.74 Mbit/s. Die Abweichung zwischen Tag und Nacht liegt somit bei ca. 20%. Für den Upload liegen die Tag/Nacht Unterschiede bei ca. 10%.

Bei sehr schlechter Versorgung mit kabelgebundenem Internet (Datenraten kleiner 8 Mbit/s) kann in diesem Bereich der Einsatz von UMTS-Außenantennen als Übergangslösung bis zum Ausbau von LTE bzw. bis zum Infrastrukturausbau empfohlen werden.

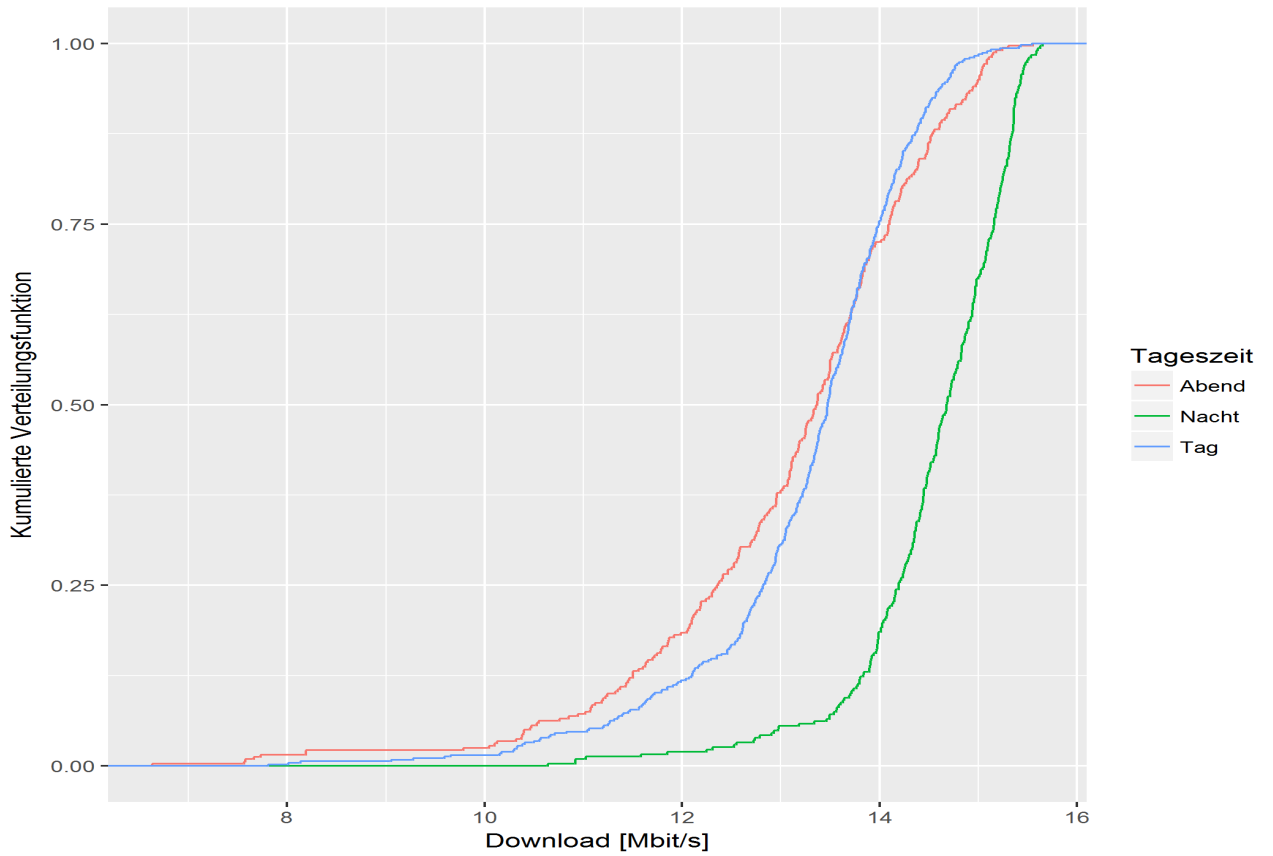


Abbildung 5: Kumulierte Verteilungsfunktion Hohengarten 3 Download

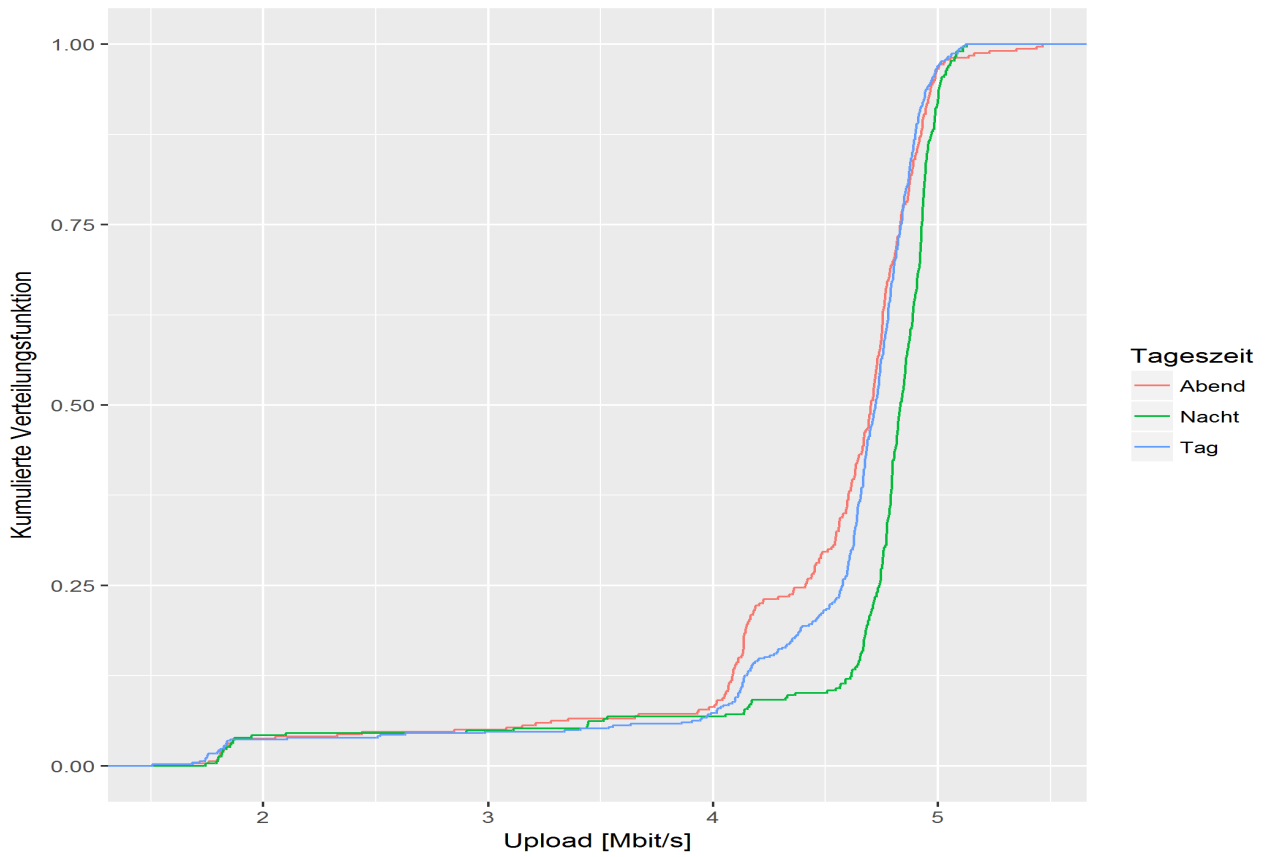


Abbildung 6: Kumulierte Verteilungsfunktion Hohengarten 3 Upload

A1 LTE-Messungen in Seekirchen

Am Standort Schöngumprechtling 10 in Seekirchen wurden Outdoor-Messungen mit dem L-MBE durchgeführt.

Der Standort wurde gewählt, da er genau am Übergang zwischen LTE- und UMTS-Versorgung (lt. A1 Netzabdeckungskarte) liegt. An diesem Standort wurde kurz vor Ende der Messungen noch eine Neuausrichtung der LTE-Antenne initiiert. Dabei wurde eine Verbindung zu einer anderen Basisstation hergestellt. Die Ergebnisse werden getrennt für den Zeitraum vor der Neuausrichtung und für den Zeitraum nach der Neuausrichtung betrachtet.

Die Ergebnisse der Messungen vor der Neuausrichtung (Datenraten in Mbit/s):

Tageszeit	Messwerte	Min	1. Qu.	Median	Mean	3. Qu.	Max	90% >als	80% >als	Up/Down
0 bis 24	940	1.66	5.35	6.82	7.13	8.65	13.22	4.18	4.97	Down
0 bis 7	259	4.34	8.77	10.26	9.93	11.38	13.22	7.16	8.31	Down
7 bis 17	408	2.84	5.79	6.74	6.76	7.81	11.0	4.90	5.54	Down
17 bis 0	273	1.66	4.10	4.95	5.02	5.98	8.48	3.28	3.76	Down
0 bis 24	940	1.80	2.50	3.04	3.25	3.76	6.54	2.20	2.39	Up
0 bis 7	259	2.13	3.83	4.31	4.40	4.93	6.54	3.43	3.74	Up
7 bis 17	408	1.80	2.37	2.75	2.80	3.18	5.04	2.16	2.27	Up
17 bis 0	273	1.86	2.37	2.76	2.83	3.28	4.57	2.13	2.30	Up

Abbildung 7 zeigt die kumulierte Verteilungsfunktion für den Download und Abbildung 8 zeigt die kumulierte Verteilungsfunktion für den Upload.

Bei den durchgeführten Messungen konnte in 90% der Fälle eine Datenrate im Download von mehr als 4.18 Mbit/s und im Upload 2.20 Mbit/s erreicht werden.

Die Abweichung im Download zwischen Tag/Abend bzw. Nacht liegt bei ca. 100%.

Die Tag/Nacht Unterschiede im Upload liegen bei ca. 50%.

Die hier erzielten Datenraten sind zwar im selben Bereich, der gemäß Breitbandatlas⁸ mit kabelgebundenen Technologien an diesem Standort erreicht werden kann, sind aber weit von den "bis zu"-Datenraten des LTE-Netzes entfernt.

⁸ <https://www.breitbandatlas.info/>

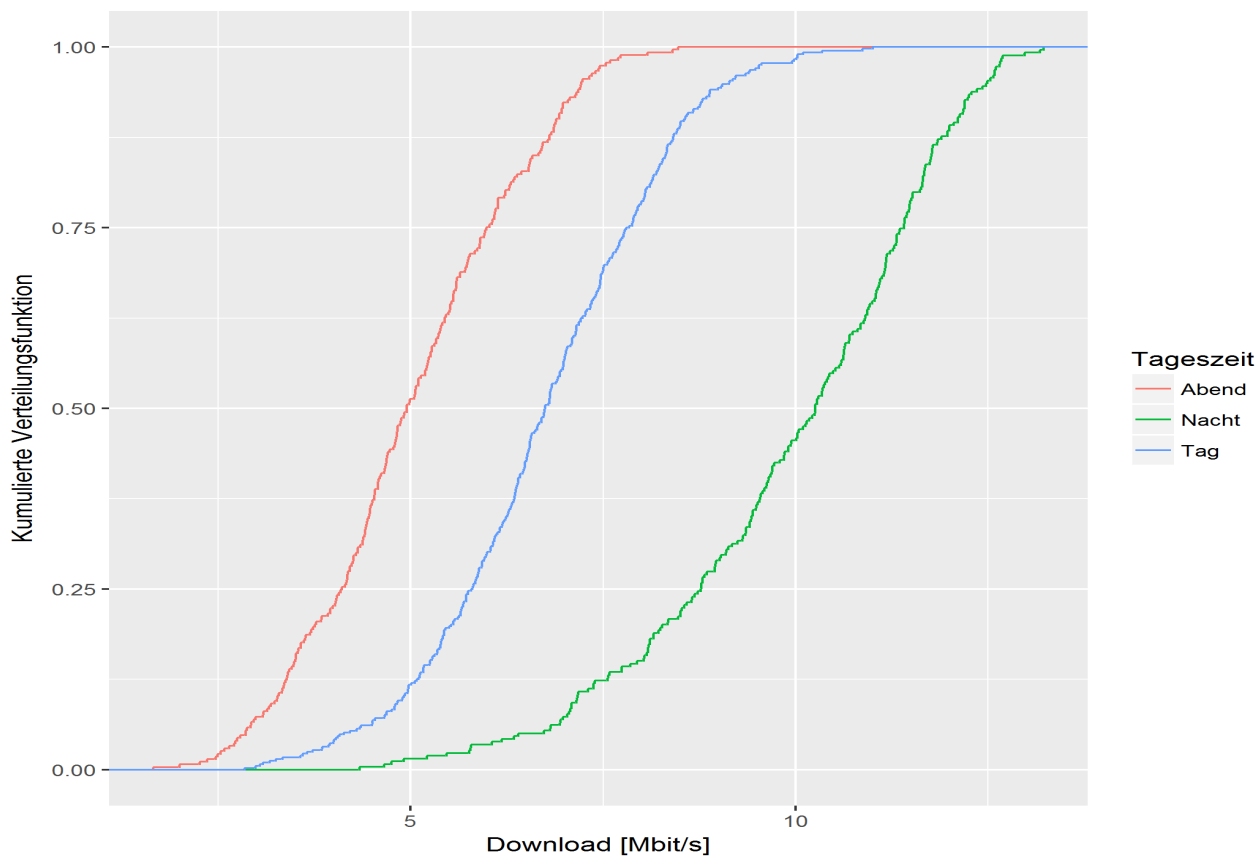


Abbildung 7: Kumulierte Verteilungsfunktion Schöngumprechtung 10 Download

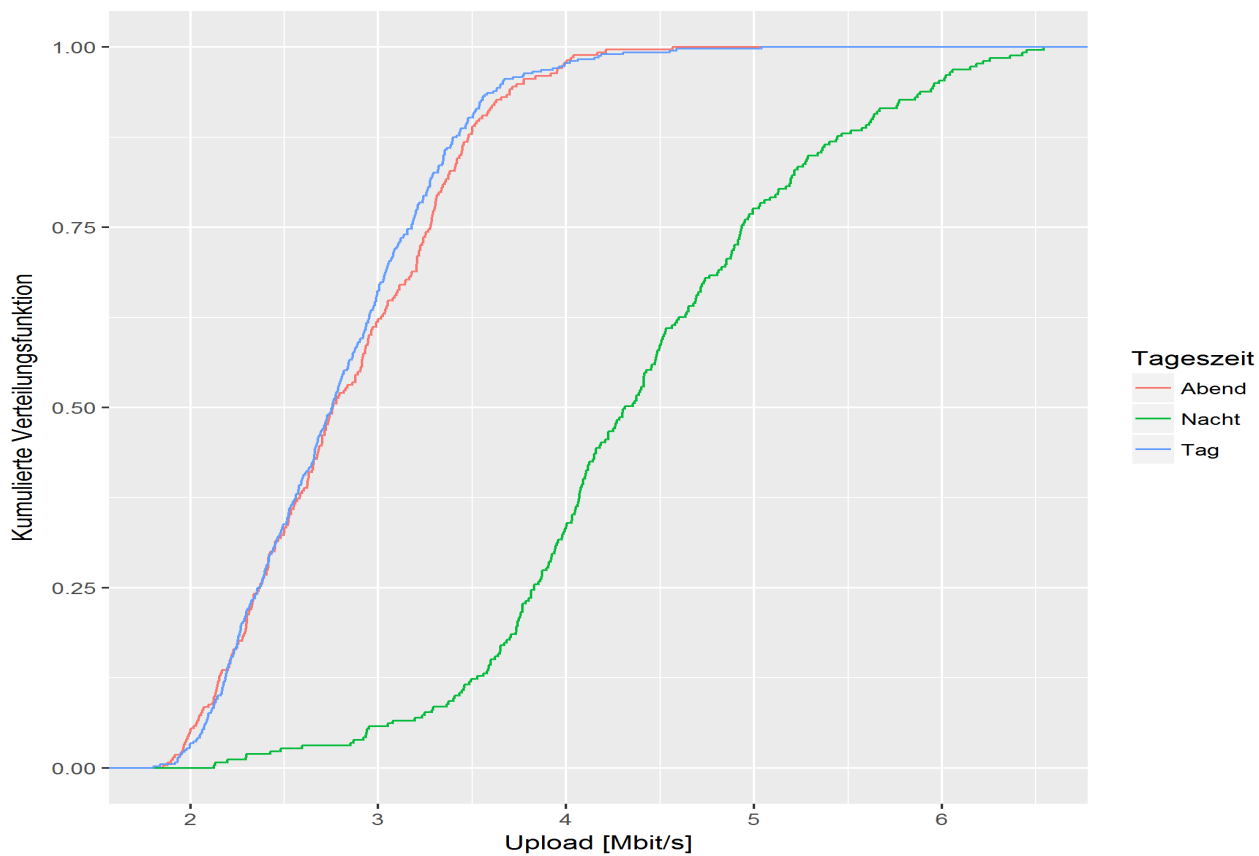


Abbildung 8: Kumulierte Verteilungsfunktion Schöngumprechtung 10 Upload

Für eine detaillierte Betrachtung der Tag/Nacht Unterschiede nach der Neuausrichtung der Antenne war der Messzeitraum zu kurz. Es werden somit lediglich kumulierte Werte dargestellt.

Tageszeit	Messwerte	Min	1. Qu.	Median	Mean	3. Qu.	Max	90% >als	80% >als	Up/Down
0 bis 24	247	5.86	24.74	35.71	34.16	44.86	49.49	18.25	23.04	Down
0 bis 24	247	1.94	3.80	5.29	5.83	6.74	35.19	3.07	3.80	Up

Bei den durchgeführten Messungen konnte in 90% der Fälle eine Datenrate im Download von mehr als 18.25Mbit/s erreicht werden. Dies ist eine Steigerung im Vergleich zu den Messungen vor der Neuausrichtung von mehr als 400%.

Eine erneute Betrachtung der Abdeckungskarte von A1 im Zuge der Auswertung hat ergeben, dass der Messpunkt jetzt nicht mehr an der Grenze der LTE-Versorgung sondern mitten im versorgten Gebiet liegt. Es dürfte während des Messzeitraumes dort eine neue LTE-Basisstation in Betrieb gegangen sein.

UMTS/LTE-Messungen in Mattsee

Am Standort Gaisberg 1 in Mattsee wurden Messungen mit 3HuiPocket, dem L-MBE mit A1-Sim sowie dem U-MBE mit A1-Sim durchgeführt. Die Messungen mit dem 3HuiPocket wurden noch während der Installation wieder eingestellt, da keine Drei Indoor-Versorgung gegeben war. Die Ergebnisse der A1 UMTS-Messung sind in der folgenden Tabelle zu finden.

Tageszeit	Messwerte	Min	1. Qu.	Median	Mean	3. Qu.	Max	90% >als	80% >als	Up/Down
0 bis 24	632	3.34	8.57	9.45	9.36	10.26	13.21	7.75	8.32	Down
0 bis 7	209	4.70	9.69	10.29	10.25	10.82	13.21	9.11	9.52	Down
7 bis 17	224	3.34	8.04	8.85	8.80	9.64	11.51	7.41	7.92	Down
17 bis 0	199	5.02	8.50	9.17	9.07	9.68	12.26	7.64	8.25	Down
0 bis 24	632	1.64	3.76	3.90	3.98	4.17	5.31	3.70	3.74	Up
0 bis 7	209	1.64	3.80	4.05	4.10	4.70	5.17	3.72	3.76	Up
7 bis 17	224	1.87	3.74	3.83	3.84	4.00	4.92	3.64	3.73	Up
17 bis 0	199	1.81	3.79	3.93	4.00	4.15	5.31	3.70	3.75	Up

Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der A1 LTE-Messung (Datenraten in Mbit/s):

Tageszeit	Messwerte	Min	1. Qu.	Median	Mean	3. Qu.	Max	90% >als	80% >als	Up/Down
0 bis 24	968	11.57	27.99	38.77	35.92	44.56	49.36	19.85	25.22	Down
0 bis 7	294	14.93	39.97	44.34	42.21	46.90	49.36	34.13	38.18	Down
7 bis 17	384	11.57	26.95	36.29	34.88	43.82	48.90	20.94	24.84	Down
17 bis 0	290	11.84	21.62	31.29	30.91	40.52	48.75	16.10	19.83	Down
0 bis 24	968	2.09	37.69	39.20	37.85	40.10	43.08	33.40	36.89	Up
0 bis 7	294	8.42	39.51	40.09	39.22	40.81	43.08	38.08	39.31	Up
7 bis 17	384	2.09	37.33	38.82	37.43	39.78	42.02	33.29	36.61	Up
17 bis 0	290	16.25	36.39	38.34	37.02	39.49	41.84	32.10	35.68	Up

Bei den durchgeführten UMTS-Messungen konnte in 90% der Fälle eine Datenrate im Download von mehr als 7.75 Mbit/s und im Upload 3.70 Mbit/s erreicht werden.

In der Nacht konnten 90% der Messungen mehr als 9.11 Mbit/s im Download erzielen. Am Abend lag dieser Wert nur bei 7.41 Mbit/s. Die Datenratenabweichung zwischen Tag und Nacht liegt bei ca. 20%. Für den Upload gibt es kaum Tag/Nacht Unterschiede.

Bei den LTE-Messungen konnte in 90% der Fälle eine Datenrate im Download von mehr als 19.85 Mbit/s erreicht werden. In der Nacht lag dieser Wert bei 34.13 Mbit/s am Abend bei 16.10 Mbit/s. Dies ergibt einen Abend/Nacht-Unterschied von mehr als 100%. Im Upload konnte in 90% der Fälle ein Wert größer als 33.40 Mbit/s erzielt werden. In der Nacht lag dieser Wert bei 38.08 Mbit/s und am Abend bei 32.10 Mbit/s. Es ergibt sich somit ein moderater Tag/Abend-Unterschied von ca. 20%.

Beim Vergleich zwischen UMTS und LTE zeigt sich vor allem der große Zugewinn im Upload von einem Faktor von ca. 10. Auch im Download konnten wesentlich höhere Datenraten erzielt werden. Während UMTS im Download an diesem Standort Datenraten unter 10 Mbit/s liefert, konnte LTE Downloadraten von mehr als 30 Mbit/s erzielen. Dafür waren die Datenraten bei UMTS jedoch wesentlich stabiler und weniger abhängig von der Tageszeit. Dennoch ist an diesem Standort klar LTE der Vorzug zu geben.

Bei sehr schlechter Versorgung mit kabelgebundenem Internet (Datenraten kleiner 2 Mbit/s) kann in diesem Bereich der Einsatz von UMTS-Außenantennen als Übergangslösung bis zum Infrastrukturausbau empfohlen werden. Bei kabelgebundenen Datenraten kleiner 10 Mbit/s könnte LTE hier als Alternative bis zum Infrastrukturausbau verwendet werden. An diesem Standort ist jetzt über kabelgebundene Technologien lt. Breitbandatlas bereits eine Datenrate von mehr als 100 Mbit/s möglich.

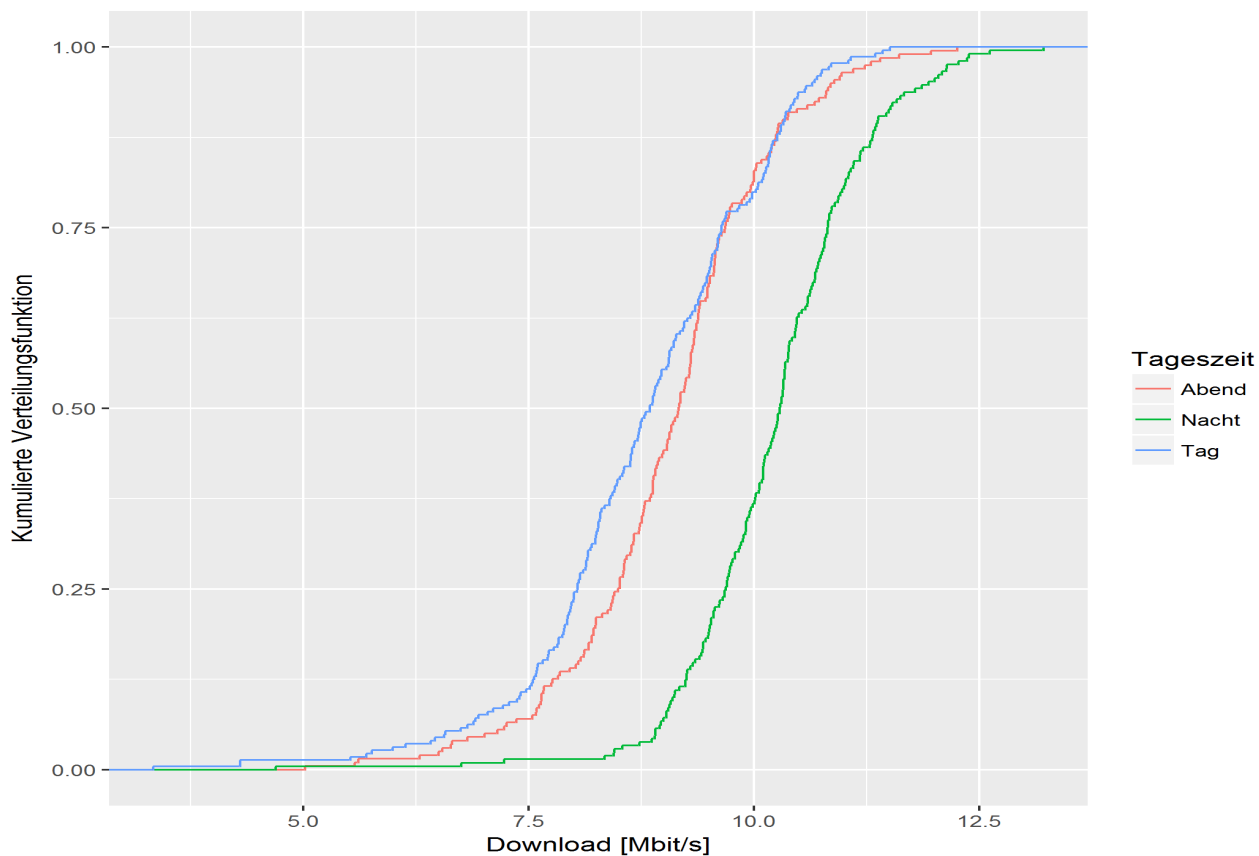


Abbildung 9: Kumulierte Verteilungsfunktion Gaisberg 1 UMTS Download

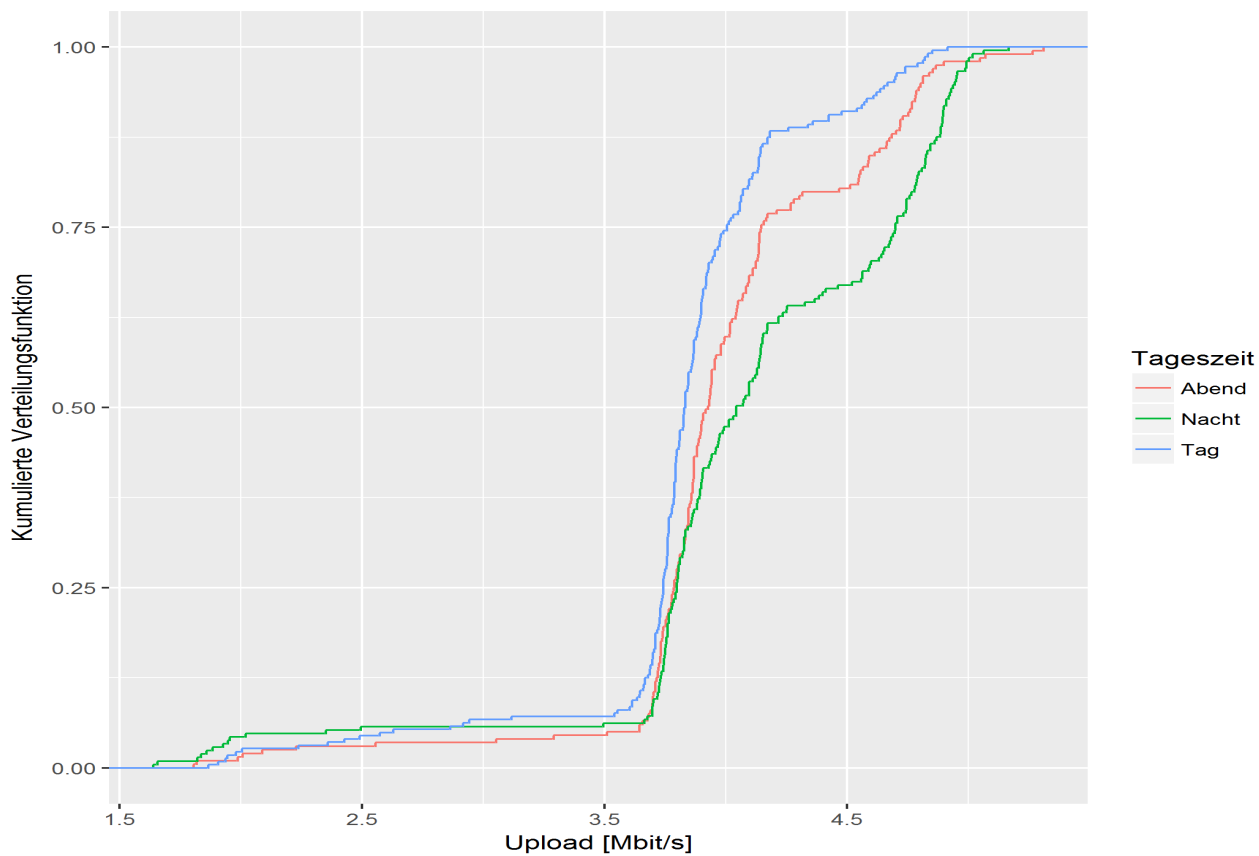


Abbildung 10: Kumulierte Verteilungsfunktion Gaisberg 1 UMTS Upload

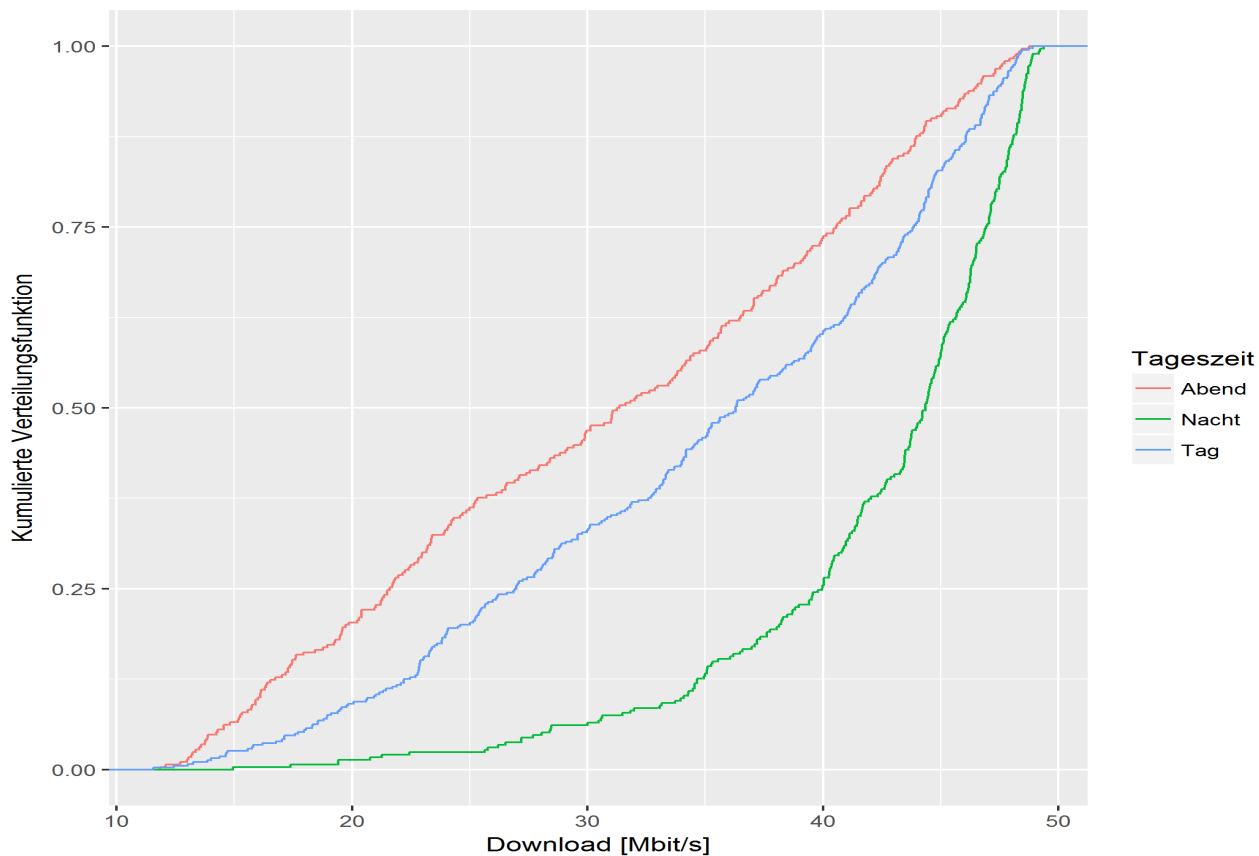


Abbildung 11: Kumulierte Verteilungsfunktion Gaisberg 1 LTE Download

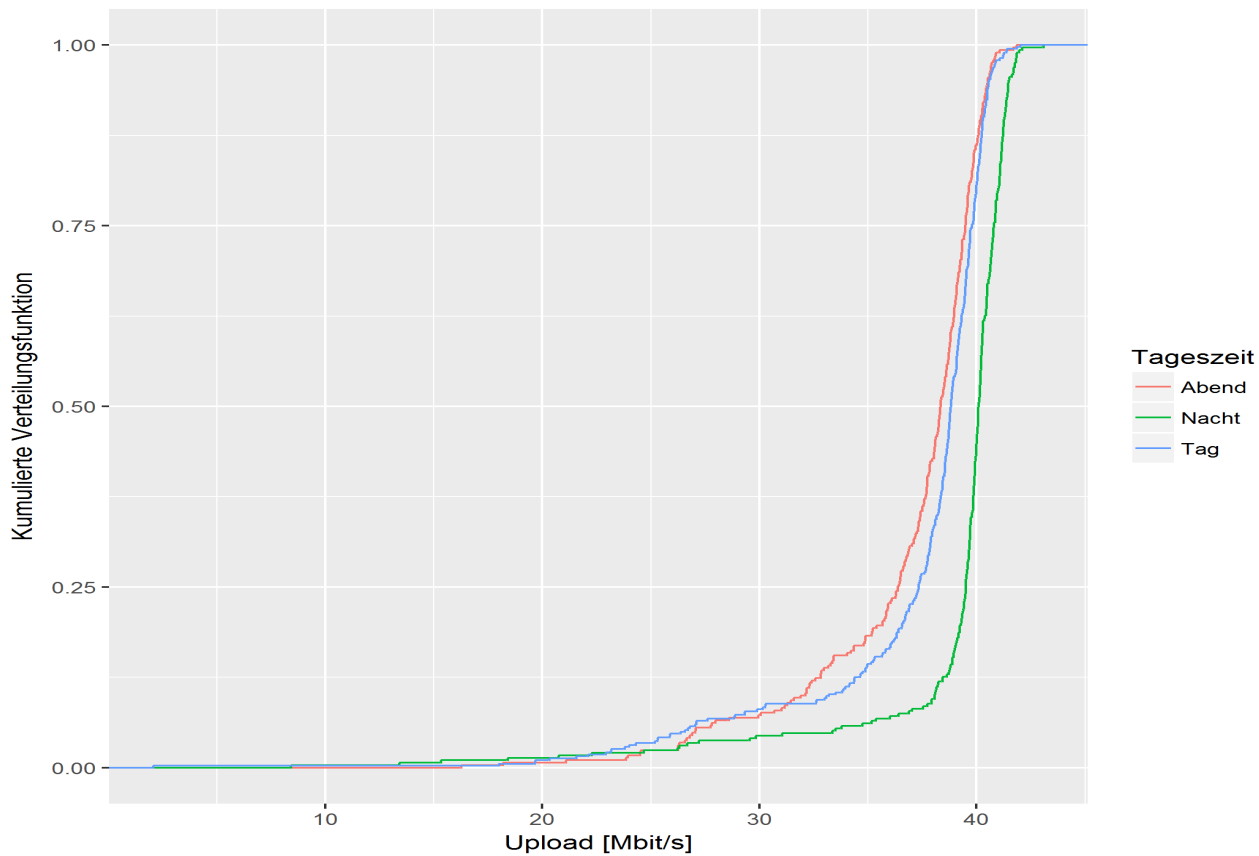


Abbildung 12: Kumulierte Verteilungsfunktion Gaisberg 1 LTE Upload

WiMAX-Messungen in Obertrum

Am Standort Hohengarten 3 in Obertrum wurden mit Equipment der Salzburg AG fünf Messungen der WiMAX-Verbindungen durchgeführt. Die erzielten Werte aller Messungen lagen über den damals im Produkt angebotenen Datenraten von 10Mbit/s im Download und 1Mbit/s im Upload.

Zusammenfassung

Abseits von Infrastrukturprojekten gibt es aktuell zwei Klassen von Internetanschlüssen, die für Breitband in ländlichen Regionen am Land (zersiedelte Gebiete) geeignet sind. Zum einen bauen die drei Mobilfunkanbieter Mobilfunknetze und versorgen so weite Teile des ländlichen Raums. Zusätzlich bieten regionale LTE-, WLAN- bzw. WiMAX-Provider dezidierte Versorgungslösungen auch in Bereichen, wo der Mobilfunk von A1, Drei und T-Mobile unzureichend ausgebaut ist. Um nicht in die Abhängigkeit der Mobilfunkanbieter bei der kabellosen Versorgung zu gelangen, ist der Erhalt dieser regionalen Anbieter entscheidend. Dafür ist es vor allem erforderlich, dass die Frequenzen im Bereich 3,5GHz, die jetzt für WiMAX verwendet werden, auch zukünftig den regionalen Anbietern zur Verfügung stehen.

Wenn die hohen Signallaufzeiten von Satelliten-Internet für die verwendeten Anwendungen keine Einschränkungen darstellen, kann für Einzellagen auch diese Technologie verwendet werden.

Bei der Auswahl der geeigneten Produkte ist stets auf die Unterscheidung von tatsächlich zur Verfügung gestellten Datenraten und "bis zu"-Datenraten zu achten. Häufig verwenden die Mobilfunkanbieter "bis zu"-Datenraten, die teilweise an den Standorten technisch gar nicht verfügbar sind. Regionale Anbieter sehen meist von diesen "bis zu"-Datenraten ab und liefern die angegebenen Datenraten am Standort auch tatsächlich.

Die durchgeführten Messungen im Mobilfunknetz haben gezeigt, dass verfügbare Datenraten teilweise deutlich über jenen lagen, die über kabelgebundene Technologien in ländlichen Regionen verfügbar sind. Eine Generalisierung der Messergebnisse auf andere Standorte ist jedoch nicht zulässig. Die Messungen können lediglich einen Indikator zur Versorgung bieten. Ob Mobilfunk als Breitbandoption an einem Standort in Frage kommt, muss in jedem konkreten Fall entweder durch Messungen oder durch einen Testbetrieb des Nutzers bewertet werden.

Als Hilfestellung bei der Wahl des geeigneten Anbieters für einen Standort wären Abdeckungskarten sehr hilfreich. Die Mobilfunkanbieter stellen solche Karten im Netz zur Verfügung.

gung. Auch die Salzburg AG verfügt intern über eine solche Abdeckungskarte. Kleinere, regionale Anbieter haben meist keine solchen Abdeckungskarten. Das Land Salzburg verfügt über Gelände- und Oberflächenmodelle und die Salzburg Research über das notwendige Know-how und die Software, um sehr exakte Abdeckungskarten für regionale Anbieter erstellen zu können. Die Zusammenführung dieses Wissens könnte für das Land Salzburg exakte Karten als neutrale Informationsquelle für zukünftige Infrastrukturentwicklungen oder die Auswahl geeigneter Anbieter generieren. Es muss jedoch angemerkt werden, dass selbst mit hochgenauen Karten, bedingt durch modellierungsbedingte Unschärfe, nicht sichergestellt werden kann, dass Verbindungen an bestimmten Standorten tatsächlich wie modelliert funktionieren (wie auch die Drei-Messung am Standort Gaisberg 1 in Mattsee gezeigt hat).

Für die Versorgung mit WLAN oder WiMAX ist die Montage einer Außenantenne notwendig. Um diese Technologie verwenden zu können, muss die Montage dieser Außenantenne mit freier Sicht zur Basisstation gegeben sein.

Mobiles Breitband der Mobilfunkeer benötigt im Gegensatz dazu eine Indoor-Abdeckung, damit das Modem im Inneren des Gebäudes auch funktioniert. Dafür kann dieses Modem auch jederzeit mitgenommen werden und an einem beliebigen anderen Standort verwendet werden. Sollte keine Indoor-Versorgung gegeben sein, können auch spezielle Modems mit Außenantenne verwendet werden. Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass das Antennenkabel möglichst kurz ist und die Antenne von einem Fachmann installiert bzw. eingemessen wird.