



# **Jahresbericht 2016/17**

## Inhalt

### Einleitung

1	Management Summary .....	6
1.1	Ziele der Breitbandmessung .....	6
1.2	Wesentliche Ergebnisse.....	8
1.3	Methoden der Breitbandmessung .....	14
1.4	Überblick über den Jahresbericht.....	16

### Material und Methoden

2	Messkonzept .....	17
2.1	Überblick Messkonzept.....	17
2.2	Messsystem.....	19
2.2.1	Messclient Festnetz .....	19
2.2.2	Messclient Mobilfunk.....	23
2.2.3	Daten-Referenz-System .....	27
2.3	Messverfahren .....	28
2.3.1	Datenübertragungsrate.....	28
2.3.2	Laufzeit.....	29
3	Datenauswertung.....	31
3.1	Stichprobenerhebung.....	31
3.2	Validierung .....	34
3.3	Statistisches Monitoring .....	41
3.3.1	Stationäre Anschlüsse.....	41
3.3.2	Mobile Anschlüsse .....	43
3.4	Statistische Auswertung der Daten .....	44
4	Darstellung der Messergebnisse .....	46
4.1	Darstellungsparameter.....	46
4.2	Darstellungsformen .....	48
4.3	Darstellungsvoraussetzung .....	51

## Ergebnisse

5	Datengrundlage .....	53
5.1	Validierung .....	53
5.1.1	Stationäre Breitbandanschlüsse .....	53
5.1.2	Mobile Breitbandanschlüsse .....	55
5.2	Statistisches Monitoring .....	57
5.2.1	Struktur der Stichprobe .....	57
5.2.2	Stationäre Breitbandanschlüsse .....	57
5.3	Kundenzufriedenheit .....	63
5.3.1	Stationäre Breitbandanschlüsse .....	63
5.3.2	Mobile Breitbandanschlüsse .....	67
6	Stationäre Breitbandanschlüsse .....	71
6.1	Datenübertragungsrate Download .....	71
6.1.1	Bandbreiteklasse .....	73
6.1.2	Anbieter .....	76
6.1.3	Geografischer Bereich .....	87
6.1.4	Bundesländer .....	90
6.1.5	Tageszeitlicher Verlauf .....	97
6.1.6	Quartalsverlauf .....	99
6.1.7	Kundenzufriedenheit .....	101
6.2	Datenübertragungsrate Upload .....	102
6.2.1	Bandbreiteklasse .....	103
6.2.2	Anbieter .....	107
6.2.3	Geografischer Bereich .....	111
6.2.4	Tageszeitlicher Verlauf .....	113
6.2.5	Quartalsverlauf .....	115
6.3	Laufzeit .....	117
6.3.1	Bandbreiteklasse .....	118
6.3.2	Anbieter .....	121
6.3.3	Geografischer Bereich .....	123
6.3.4	Tageszeitlicher Verlauf .....	124
6.3.5	Quartalsverlauf .....	125

7	Mobile Breitbandanschlüsse .....	127
7.1	Datenübertragungsrate Download .....	127
7.1.1	Bandbreiteklasse .....	128
7.1.2	Anbieter .....	131
7.1.3	Geografischer Bereich .....	141
7.1.4	Bundesländer .....	144
7.1.5	Tageszeitlicher Verlauf .....	151
7.1.6	Quartalsverlauf .....	154
7.1.7	Kundenzufriedenheit .....	155
7.2	Datenübertragungsrate Upload .....	157
7.2.1	Bandbreiteklasse .....	158
7.2.2	Anbieter .....	161
7.2.3	Geografischer Bereich .....	164
7.2.4	Tageszeitlicher Verlauf .....	166
7.2.5	Quartalsverlauf .....	168
7.3	Laufzeit .....	170
7.3.1	Bandbreiteklasse .....	171
7.3.2	Anbieter .....	173
7.3.3	Geografischer Bereich .....	174
7.3.4	Tageszeitlicher Verlauf .....	175
7.3.5	Quartalsverlauf .....	176
8	Jahresvergleich .....	178
8.1	Stationäre Breitbandanschlüsse .....	178
8.1.1	Download .....	178
8.1.2	Upload .....	188
8.1.3	Laufzeit .....	196
8.2	Mobile Breitbandanschlüsse .....	201
8.2.1	Download .....	201
8.2.2	Upload .....	213
8.2.3	Laufzeit .....	218
9	Sonderuntersuchung: Art der Anbindung .....	222

## **Anhang**

10	Glossar .....	226
11	Weitere Dokumente .....	231
11.1	Technische Spezifikation .....	231
11.2	Allgemeinverständliche Beschreibung .....	231
12	Abbildungsverzeichnis .....	232
13	Tabellenverzeichnis .....	239
14	Statistiksoftware .....	241
15	Impressum.....	241

# Einleitung

## 1 Management Summary

### 1.1 Ziele der Breitbandmessung

Endkunden können mit Hilfe der Breitbandmessung der Bundesnetzagentur schnell und einfach die Geschwindigkeit ihres Internetzugangs ermitteln und dadurch die Leistungsfähigkeit ihres stationären und/oder mobilen Breitbandanschlusses bestimmen. Ein Test ist anbieter- und technologieunabhängig möglich und kann kostenlos für stationäre Anschlüsse unter <https://breitbandmessung.de> durchgeführt werden. Für mobile Anschlüsse steht die kostenfreie Breitbandmessung-App zur Verfügung. Bei der eigentlichen Messung (Messverfahren) ist der technische Ablauf in beiden Fällen identisch.

Die individuellen Messergebnisse sind im Rahmen der Messungen elektronisch speicherbar. Endkunden haben dadurch die Möglichkeit, verschiedene Messungen durchzuführen und diese miteinander zu vergleichen. Hiervon machen viele Endkunden Gebrauch und nutzen die Breitbandmessung öfter und über einen längeren Zeitraum, um die Qualität ihres Breitbandanschlusses zu überprüfen.

Der Funktionsumfang der Ergebnisdarstellung auf <https://breitbandmessung.de> wurde im Berichtszeitraum in verschiedenen Bereichen erweitert.

Im Rahmen der Breitbandmessung wird eine browserbasierte Kartenfunktion bereitgestellt. In der Karte werden validierte Ergebnisse regional aufgegliedert und nach bestimmten Kriterien – z. B. nach Anbieter und/oder Bandbreiteklasse – abgebildet. Die Messergebnisse werden nun je nach Zoomstufe entweder als NUTS-3 Regionen (Kreise und kreisfreie Städte)<sup>1</sup> oder bei höheren

---

<sup>1</sup> NUTS (Nomenclature des unités territoriales statistiques) bezeichnet eine hierarchische Systematik zur eindeutigen Identifizierung und Klassifizierung der räumlichen Bezugseinheiten der amtlichen Statistik in den Mitgliedstaaten der

Auflösungen in unterschiedlich großen Rastern (10km und 2,5km) dargestellt. Der Endkunde kann jetzt auch den Betrachtungszeitraum der dargestellten Messungen festlegen. Als weitere Neuerung besteht die Möglichkeit, die aggregierten Messergebnisse der Kartendarstellung herunterzuladen.

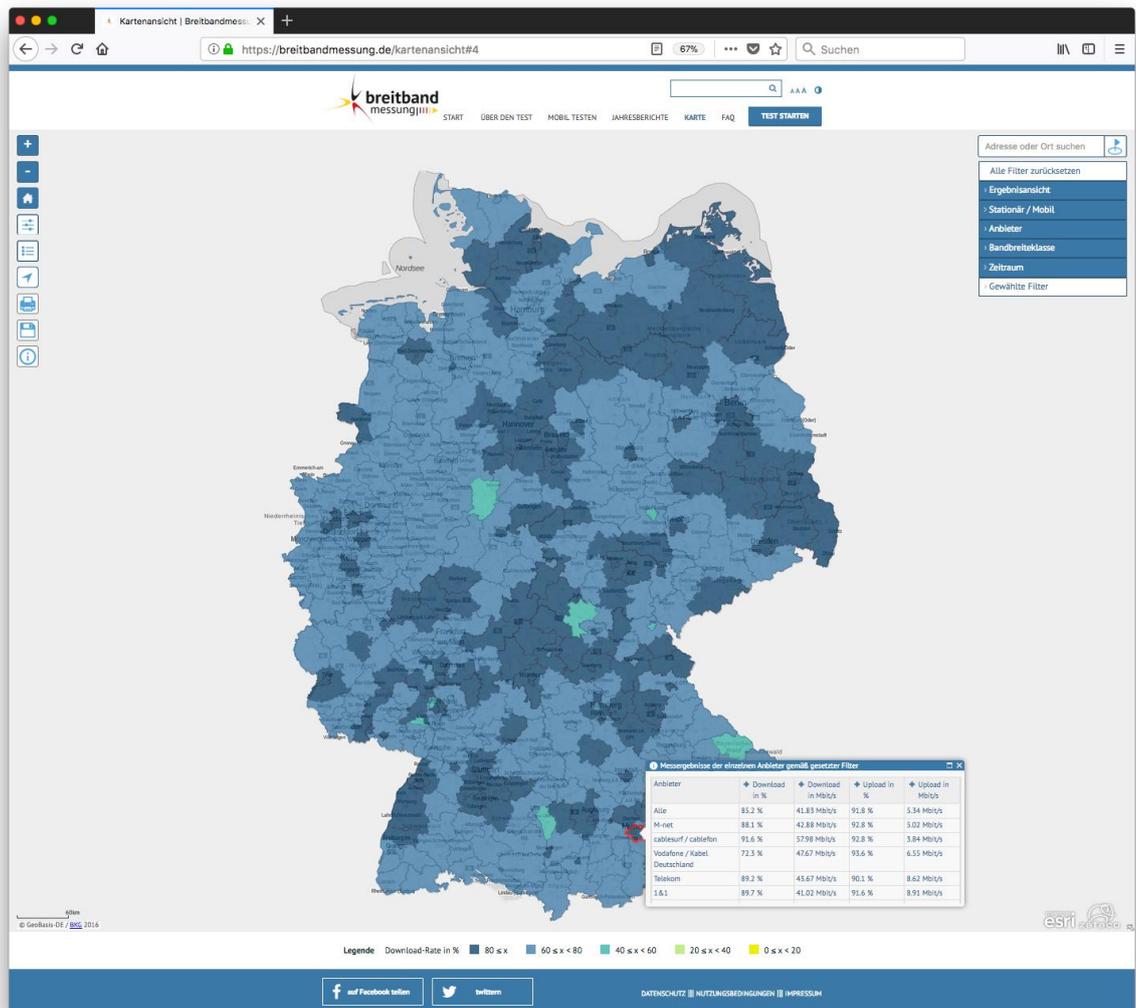


Abbildung 1.1: Kartendarstellung aggregierter Ergebnisse mit den Ergebnissen einer NUTS-3 Region

Die Jahresberichte sind auf <https://breitbandmessung.de> abrufbar. Außerdem wurde eine interaktive Ergebnisdarstellung der

Europäischen Union. In Deutschland entsprechen die NUTS-3 Regionen der Kreisebene (Kreise und kreisfreie Städte).

Jahresberichte implementiert. Der Endnutzer kann hier nach Auswahl verschiedener Filterkriterien und Darstellungsoptionen die Ergebnisse als aufbereitete Grafiken und Tabellen einsehen.

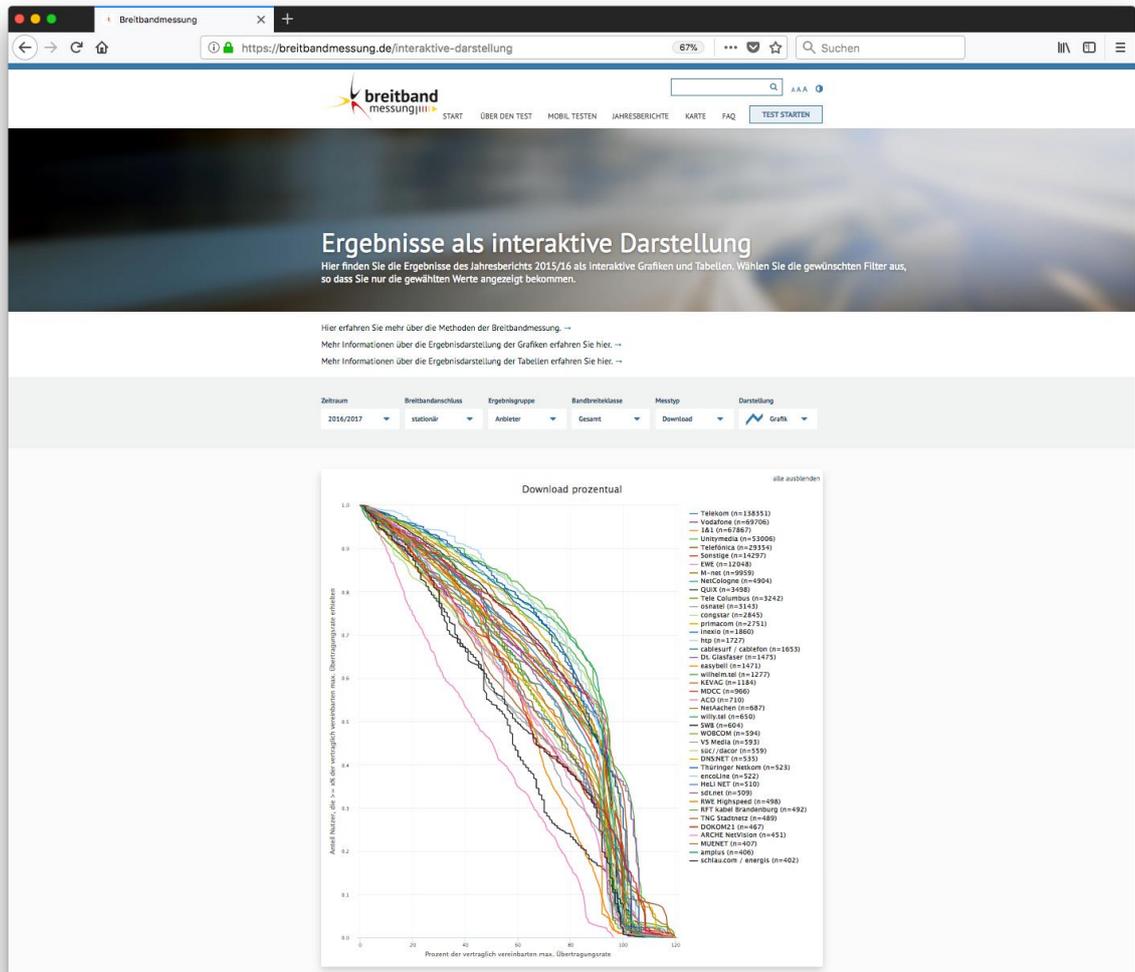


Abbildung 1.2: Interaktive Ergebnisdarstellung der Jahresberichte

## 1.2 Wesentliche Ergebnisse

In diesem Bericht werden die Ergebnisse der Breitbandmessung des zweiten Betriebsjahres zusammenfassend dargestellt. Im Vergleich zum ersten Jahresbericht wurde der Umfang der dargestellten Grafiken in einigen Unterkapiteln (hier insbesondere

für den Upload und die Laufzeit) reduziert. Weitergehende Informationen und Darstellungen können in der interaktiven Ergebnisdarstellung auf <https://breitbandmessung.de> abgerufen werden.

Die im Jahresbericht betrachteten Messungen wurden vom 01.10.2016 bis zum 30.09.2017 durchgeführt<sup>2</sup>. Insgesamt wurden für stationäre Breitbandanschlüsse 437.192 und für mobile Breitbandanschlüsse 245.143 valide Messungen berücksichtigt.

### **Stationäre Breitbandanschlüsse**

Über alle Bandbreitklassen und Anbieter hinweg erhielten im Download 71,6% der Nutzer mindestens die Hälfte der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate; bei 12% der Nutzer wurde diese voll erreicht oder überschritten. Gegenüber dem Vorjahreszeitraum sind die Werte annähernd gleichgeblieben (2015/2016: 70,8% der Nutzer erhielten mindestens die Hälfte, 12,4% mindestens die volle vereinbarte maximale Datenübertragungsrate). Auch im aktuellen Berichtsjahr haben Endkunden insofern oftmals nicht die vertraglich vereinbarte maximale Datenübertragungsrate erhalten.

Die Ergebnisse fielen in den einzelnen Bandbreitklassen wieder unterschiedlich aus. Die Spanne reichte bezogen auf mindestens 100% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate in den einzelnen Bandbreitklassen von 4,6% bis 23,3% der Endkunden. Wie im Vorjahreszeitraum wurde der niedrigste Wert in der – bezogen auf die Messungen – überwiegend von ADSL-Anschlüssen geprägten Bandbreitklasse 2 (8 Mbit/s bis kleiner 18 Mbit/s) erzielt, der höchste in der überwiegend von Kabelanschlüssen geprägten Bandbreitklasse 7 (200 Mbit/s bis kleiner 500 Mbit/s).

Die entsprechenden Spannen für 50%, 60%, 70%, 80% und 90% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate

---

<sup>2</sup> Der Vorjahresbericht betrachtete die Messungen vom 25.09.2015 bis zum 25.09.2016. Messungen vom 26.09.2016 bis zum 30.09.2016 werden nicht dargestellt.

betragen 56,7% bis 83,1%, 51,1% bis 78,4%, 42,7% bis 74%, 27,5% bis 67,6% und 14,5% bis 59,5%. Dabei war die Reihung der Bandbreitklassen an den entsprechenden Schwellwerten unterschiedlich. Generell niedrige Werte wurden ab 70% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate insbesondere in Bandbreiteklasse 2 (8 Mbit/s bis kleiner 18 Mbit/s) erzielt. Die Werte haben sich mit Blick auf den Vorjahreszeitraum in den einzelnen Bandbreitklassen kaum verändert.

Auch zwischen den Anbietern gab es mit Blick auf das Erreichen oder Überschreiten von 100% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate Unterschiede. Bezogen auf die Anbieter reichte die Spanne von 0% bis 37,1% der Endkunden. Im Vergleich zum Vorjahreszeitraum hat sich die Spanne etwas vergrößert. Allerdings ist anzumerken, dass sich die Zahl der im Bericht betrachteten Anbieter deutlich von 14 einzeln dargestellten Anbietern (2015/2016) auf 41 im aktuellen Berichtszeitraum erhöht hat.

Die entsprechenden Spannen für 50%, 60%, 70%, 80% und 90% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate betragen 45,2% bis 85,5%, 34,8% bis 81,9%, 26,8% bis 76,8%, 16,3% bis 69,9% und 3% bis 60,5%.

Bei fast allen einzeln dargestellten Anbietern erreichte die Hälfte der Nutzer mindestens 60% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate; lediglich zwei Anbieter liegen hier darunter. Beim Großteil der Anbieter erreichte ein Viertel der Kunden mindestens 90% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate.

Im Vergleich der Ergebnisse zwischen den Bundesländern zeigt sich, dass vor allem Stadtstaaten in bestimmten Bandbreitklassen deutlich bessere Ergebnisse vorweisen.

Im Tagesverlauf zeigten sich abermals Unterschiede zwischen den Bandbreitklassen. Insbesondere in der höchsten Bandbreiteklasse 7 (200 Mbit/s bis kleiner 500 Mbit/s) fiel die absolute Leistung – wie bereits im Vorjahreszeitraum – in der abendlichen Peak-Zeit stark

ab. Diese Bandbreiteklasse wird durch Produkte der Kabelnetzbetreiber geprägt.

Die meisten Kunden waren erneut mit der Leistung des Anbieters zufrieden (Noten 1 bis 3). Der Anteil lag bei 64,2% (2015/2016: 65,4%). Die Kundenzufriedenheit wird im Vorfeld der Messung abgefragt. Wie bereits im Vorjahreszeitraum hat sich gezeigt, dass zufriedene Endkunden einen besseren Verhältniswert der tatsächlichen gemessenen Datenübertragungsrate im Vergleich zur vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erzielten.

Im Upload lag das generelle Niveau des prozentualen Verhältnisses von ermittelter zu vertraglich vereinbarter maximaler Datenübertragungsrate wieder über dem entsprechenden Niveau im Download.

Bezüglich der Laufzeit erreichten 83,7% der Nutzer über alle Bandbreiteklassen und Anbieter hinweg 40ms oder weniger. Der Anteil hat sich gegenüber dem Vorjahreszeitraum erhöht (2015/2016: knapp 80%). Erneut wurden in den beiden hohen Bandbreiteklassen die geringsten Laufzeiten gemessen. Geringe Laufzeiten sind insbesondere im Bereich der Video-Telefonie und von Online-Spielen von entscheidender Bedeutung.

### **Mobile Breitbandanschlüsse**

Das generelle Niveau lag bei mobilen Breitbandanschlüssen auch im aktuellen Berichtszeitraum deutlich unter dem von stationären Breitbandanschlüssen.

Über alle Bandbreiteklassen und Anbieter hinweg erhielten im Download 18,6% der Nutzer mindestens die Hälfte der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate; bei 1,6% der Nutzer wurde diese voll erreicht oder überschritten. Gegenüber dem Vorjahreszeitraum sind insgesamt deutlich geringere prozentuale Datenübertragungsraten gemessen worden (2015/2016: 27,6% der Nutzer erhielten mindestens die Hälfte, 3,4% die volle vereinbarte maximale Datenübertragungsrate und mehr).

Die Spanne bezogen auf mindestens 100% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate reichte in den Bandbreitklassen von 0% bis 9,1% der Endkunden. Der Anteil der Endkunden, der die vertraglich vereinbarte maximale Datenübertragungsrate erreichte, ist dabei von der niedrigsten zur höchsten Bandbreitklasse abfallend.

Die entsprechenden Spannen für 50%, 60%, 70%, 80% und 90% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate betragen 0,8% bis 49,5%, 0,4% bis 44,3%, 0,2% bis 39,2%, 0,2% bis 34,1% und 0,2% bis 28,5%. Dabei wurden in höheren Bandbreitklassen tendenziell niedrigere Prozentwerte erreicht. Im Vergleich zum Vorjahreszeitraum haben sich die Werte zum Teil deutlich verschlechtert.

Auch hinsichtlich der Anbieter zeigten sich Unterschiede. Die Spanne bezogen auf das Erreichen von mindestens 100% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate reichte hier von 0,4% bis 8,3% der Endkunden. Im Vorjahresvergleich haben sich die Werte nach unten verschoben (2015/2016: 1,5% bis 10,5%). Wie im Festnetz ist auch im Mobilfunk die Zahl der einzelnen betrachteten Anbieter deutlich von 13 (2015/2016) auf 28 im aktuellen Berichtszeitraum gestiegen.

Die entsprechenden Spannen für 50%, 60%, 70%, 80% und 90% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate betragen 4,5% bis 39,6%, 3,3% bis 28%, 2,5% bis 26,7%, 1,6% bis 21% und 1,1% bis 13,9%. Die Reihung der Anbieter an den entsprechenden Schwellwerten war unterschiedlich.

Während die Hälfte der Nutzer (entspricht dem Median) in 2015/2016 bei allen betrachteten Anbietern mindestens 20% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erhielt, wurde dieser Wert in 2016/2017 bei einer Vielzahl von Anbietern unterschritten. Die Verschlechterung ist u. a. auf tarifliche Anpassungen zurückzuführen. So haben einige Anbieter die vertraglich in Aussicht gestellten maximalen Datenübertragungsraten deutlich erhöht. Zwar nehmen die gemessenen Datenübertragungs-

raten zu, allerdings nicht im gleichen Maße wie die vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsraten, sodass hieraus ein reduzierter Verhältniswert resultiert.

Die Ergebnisse unterscheiden sich zwischen den Bundesländern – im Gegensatz zur Betrachtung der stationären Breitbandanschlüsse – nur moderat, auch gesondert betrachtet nach Bandbreiteklassen.

Die Endkunden bewerteten die Anbieter erneut weit überwiegend mit Noten von 1 bis 3 (76,6%). Im Vergleich zum Vorjahreszeitraum ist der Anteil jedoch rückläufig (2015/2016: 82,8%). Die Kundenzufriedenheit wird im Vorfeld der Messung abgefragt.

Der im Rahmen der Breitbandmessung ermittelte Verhältniswert lag bezogen auf die Ergebnisse im Mobilfunk wieder auf einem geringen Niveau. Dies legt weiterhin den Schluss nahe, dass die Nutzer bei mobilen Breitbandanschlüssen eher die Mobilität und die zur Verfügung stehende Performance bewerten als das Erreichen der in Aussicht gestellten Datenübertragungsrate.

Im Upload lag das prozentuale Verhältnis von ermittelter zu vertraglich vereinbarter maximaler Datenübertragungsrate auf einem ähnlichen Niveau wie im Download. Auch hier hat sich das prozentuale Verhältnis im Vorjahresvergleich deutlich verschlechtert.

Generell wurden bei mobilen Breitbandanschlüssen höhere Laufzeiten als bei stationären Breitbandanschlüssen ermittelt. Eine Laufzeit von 40ms oder weniger wurde im aktuellen Berichtszeitraum nur von 3,1% der Nutzer bei mobilen Breitbandanschlüssen erreicht. Im Jahresvergleich zeigt sich jedoch, dass die gemessenen Laufzeiten im aktuellen Berichtszeitraum deutlich unter denen aus dem Vorjahreszeitraum lagen. Laufzeiten von 100ms oder weniger wurden in 2016/2017 von 75,2% der Nutzer gemessen, gegenüber 54,9% der Nutzer in 2015/2016.

## Sonderuntersuchung

Im Rahmen einer Sonderuntersuchung wurde der Einfluss der während der Messung genutzten Art der Anbindung (LAN/WLAN) analysiert. Die Analyse basiert auf der Endkundenangabe im Vorfeld der Messung, ob diese über eine kabelgebundene Verbindung (LAN) oder über eine drahtlose Verbindung (WLAN) durchgeführt wurde.<sup>3</sup>

Es zeigte sich, dass die Messergebnisse von LAN-Messungen über denen von WLAN-Messungen liegen. Beim Vergleich der LAN- und WLAN-Messungen innerhalb der Bandbreitklassen sind Unterschiede sowohl der absoluten als auch der prozentualen Datenübertragungsraten vor allem in den drei oberen Bandbreitklassen zu beobachten. Damit bestätigt sich der Befund aus dem letzten Jahresbericht.

### 1.3 Methoden der Breitbandmessung

Die Teilnahme von Endnutzern an der Breitbandmessung ist eigen-initiiert und damit nicht zufällig.

Die Ergebnisse der Breitbandmessung hängen davon ab, welchen Tarif der Nutzer mit dem Anbieter vereinbart hat. Insofern können auf der Grundlage der Breitbandmessung keine Aussagen zur Versorgungssituation oder Verfügbarkeit von breitbandigen Internetzugangsdiensten getroffen werden.

Die Breitbandmessung basiert u. a. auf Endkundenangaben, z. B. zur vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate und hinsichtlich der Testumgebung (Anbindung und weitere Einflussfaktoren), deren technische Überprüfbarkeit nur in Teilen möglich ist. Im Rahmen der Breitbandmessung werden die Tarifinformationen der Anbieter mittels Auswahlmenü vorgefiltert. Dabei wird auf die seitens der TK-Unternehmen gemeldeten Tarifdaten zurückgegriffen.

---

<sup>3</sup> Auf eine vergleichende Analyse der Auswirkungen der technischen WLAN-Erkennung auf die Ergebnisse (Sonderuntersuchung 8.2 im Jahresbericht 2015/2016) wird verzichtet. Weitere Informationen siehe Kapitel 9 Sonderuntersuchung.

Die individuelle Tarifauswahl erfolgt durch den Nutzer. Eine fehlerhafte Tarifauswahl kann dabei nicht ausgeschlossen werden. Dies kann auch Auswirkungen auf die Zuordnung von Messungen zu einzelnen Bandbreiteklassen haben.

Im Rahmen der Auswertung der Messergebnisse erfolgte eine umfangreiche Validierung. So wurden bei stationären Breitbandanschlüssen Messungen, die laut Kundenangabe über WLAN oder unter Vorliegen weiterer potenzieller Einflussfaktoren erfolgten (insbesondere Messungen mit parallelem Datenverkehr), nicht berücksichtigt.

Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass Endkunden ihre Testumgebung unzutreffend eingeschätzt haben. Es ist daher davon auszugehen, dass die im Bericht wiedergegebenen Ergebnisse der Endkundenmessungen regelmäßig ungünstiger sind, als sie bei einer optimalen Testumgebung konstatiert würden.

Bei Messungen über die Breitbandmessung-App können WLAN-Messungen technisch erkannt werden und wurden ebenfalls nicht berücksichtigt.

Mehrfachmessungen wurden bei stationären Breitbandanschlüssen auf die jeweils letzte Messung je Anschluss und Quartal beschränkt. Im Mobilfunkumfeld sind Mehrfachmessungen nicht relevant, da eine minimale örtliche Änderung bereits zu einem gänzlich anderen Messergebnis führt.

Messwerte mit einer ermittelten prozentualen Datenübertragungsrate jenseits von 120% wurden von der Analyse ausgeschlossen, da diese Werte größtenteils auf Fehleingaben der Nutzer oder fehlerhaften Tarifmeldungen hinsichtlich der vertraglich zugesicherten Bandbreite beruhen dürften. Mögliche Ausreißer nach unten wurden nicht gefiltert.

Im Bericht erfolgt eine Darstellung, wenn eine Mindestzahl von 400 validen Messungen vorliegt. Dies trifft z. B. auf eine namentliche Nennung von Anbietern zu.

## 1.4 Überblick über den Jahresbericht

In Kapitel 2 des Berichts wird das Messkonzept beschrieben. Anschließend wird in Kapitel 3 das Konzept zur Datenauswertung dargelegt. Dies beinhaltet Erläuterungen zur Stichprobengewinnung, zu den einzelnen Validierungsschritten und zum durchgeführten statistischen Monitoring. Die Darstellung der Messergebnisse wird in Kapitel 4 beschrieben. Kapitel 5 enthält die Ergebnisse der Validierung und des statistischen Monitorings sowie zur Kundenzufriedenheit.

Die Ergebnisse der Messungen stationärer Anschlüsse, die Ergebnisse für die mobilen Breitbandanschlüsse, der Vergleich mit dem Vorjahreszeitraum sowie die Sonderuntersuchung zur Art der Anbindung erfolgen in den Kapitel 6, 7, 8 und 9.

## Material und Methoden

### 2 Messkonzept

Mit der Breitbandmessung können Endkunden schnell und einfach die Geschwindigkeit ihres Internetzugangs messen und dadurch die Leistungsfähigkeit ihres stationären und/oder mobilen Breitbandanschlusses ermitteln. Eine Messung ist anbieter- und technologieunabhängig möglich.

Die Breitbandmessung erlaubt es, die tatsächliche Datenübertragungsrate des Breitbandanschlusses mit der vertraglich vereinbarten Datenübertragungsrate zu vergleichen.

Für eine detaillierte Beschreibung des Messkonzeptes wird auf folgende Dokumente verwiesen, die separat vorliegen und unter <https://breitbandmessung.de> abrufbar sind:

- Das Dokument „Technische Spezifikation“ stellt ausführlich den technischen Aufbau und die technischen Abläufe von Messsystem und Messverfahren dar.
- Im Dokument „Beschreibung – Die Breitbandmessung aus Sicht des Endkunden“ sind die Bedienung und der Ablauf aus Endkundensicht Schritt für Schritt erläutert.

#### 2.1 Überblick Messkonzept

Das der Breitbandmessung zugrunde liegende Messkonzept besteht aus einem Messsystem und einem Messverfahren. Dabei bezeichnet das Messsystem die Kombination aus Messstelle (Messclient) und Gegenmessstelle (Daten-Referenz-System) und das Messverfahren den technischen Messprozess.

Die Messung stationärer breitbandiger Internetzugangsdienste erfolgt browserbasiert auf der Webseite <https://breitbandmessung.de>.

Die Endkundenmessung wurde im Berichtszeitraum durch einen HTML5 Messclient mit WebSockets im Browser des Endkunden-PC durchgeführt.<sup>4</sup> Mit Beginn des Berichtsjahres erfolgte eine Umstellung von Java PlugIn auf HTML5 mit WebSockets. Dadurch wurde die Messmöglichkeit auf weitere Browser und die aktuellen Browserversionen ausgeweitet. Da mit WebSockets eine sog. native Webtechnologie zum Einsatz kommt, erfolgt die Messung nun ohne zusätzliches Add-On, das in der Vergangenheit erforderlich war.

Ein App-basierter Messclient erlaubt die Messung mobiler breitbandiger Internetzugangsdienste durch Endkunden mittels Smartphones oder Tablets, wobei Android (Java) und iOS (ObjectiveC) unterstützt werden. Es werden Messungen auf dem Endkunden-Gerät für alle Technologien wie z. B. GPRS, UMTS, LTE und WIFI ermöglicht.

Die Gegenstelle für die Messungen bilden Messserver (Daten-Referenz-System). Eine zentrale Ablaufsteuerung stellt einen kontrollierten Ablauf des Messverfahrens sicher.

Bei der eigentlichen Messung (Messverfahren) ist der technische Ablauf in beiden Fällen (stationär und mobil) identisch.

Sämtliche Messdaten werden in zentralen Datenbank-Systemen gespeichert und verarbeitet. Dort werden die Daten zum einen für eine zeitnahe, aggregierte Darstellung validiert und aufbereitet. Zum anderen erfolgt hier eine ausführliche Auswertung für den jährlichen Bericht.

---

<sup>4</sup> Der Berichtszeitraum erstreckt sich auf den Zeitraum vom 01.10.2016 bis zum 30.09.2017.

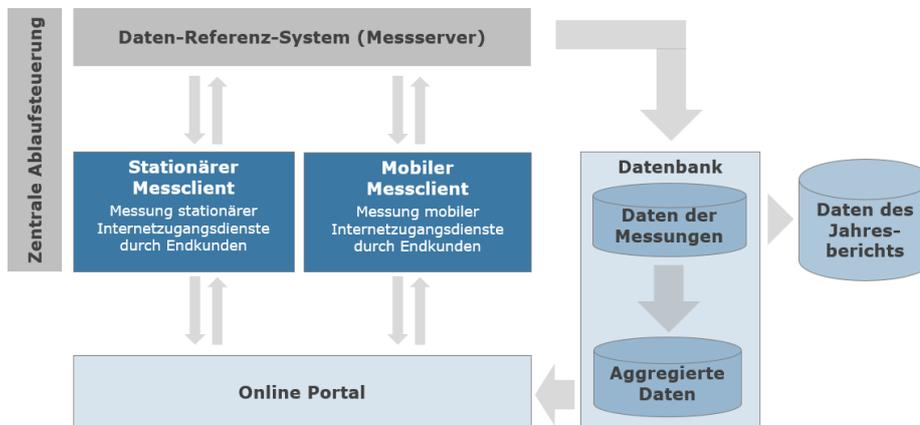


Abbildung 2.1: Übersicht Messkonzept

## 2.2 Messsystem

### 2.2.1 Messclient Festnetz

Die für den Berichtszeitraum berücksichtigten Messungen wurden browserbasiert auf der Webseite <https://breitbandmessung.de> durchgeführt.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass verschiedene Effekte auftreten können, die das Messergebnis beeinflussen. Dazu zählen die Art der Anbindung (LAN, WLAN), paralleler Datenverkehr durch zusätzliche Endgeräte (z. B. Smartphones, Tablets), aktive Prozesse/Anwendungen (z. B. Virens Scanner oder Firewalls) sowie das auf dem Endkundengerät verwendete Betriebssystem und die Browserversion (z. B. Implementierung des TCP/IP-Protocol Stacks).

#### 2.2.1.1 Ablauf und erfasste Anschlussdaten

Der Endkunde musste vor der Messung die Bestimmungen zum Datenschutz und die Nutzungsbedingungen akzeptiert haben. Dabei wurde insbesondere auch die Einwilligung in die Nutzung der im Rahmen des Messverfahrens erhobenen Daten bestätigt.

Der Endkunde wurde vor der Messung gefragt, ob die Messung über eine kabelgebundene Verbindung (LAN) oder eine drahtlose Verbindung (WLAN) erfolgt. Der Nutzer wurde darauf hingewiesen,

dass eine Messung über WLAN möglich ist, sich aber nachteilig auf das Messergebnis auswirken kann.

Neben der Art der Anbindung (LAN/WLAN) können weitere Faktoren das Messergebnis nachteilig beeinflussen. Deshalb sollte der Test ohne andere parallel auf dem PC laufende Anwendungen (z. B. WebTV, IPTV, Betriebssystem-Updates) durchgeführt werden. Außerdem sollte die Messung mit angeschlossenem Netzteil und deaktiviertem Energiesparmodus sowie ohne Nutzung von Powerline erfolgen. Der Endkunde wurde vor der Messung gefragt, ob die oben genannten Punkte bei der Messung beachtet wurden.

Vor Durchführung der Messung wurden darüber hinaus folgende Daten des zu messenden Anschlusses mittels Nutzerdialog erfasst: Postleitzahl, Anbieter, vertraglich vereinbarte maximale Datenübertragungsrate im Download, Tarif-Typ, Kundenzufriedenheit. Für einen Anbieter (1&1) wurde bereits die Möglichkeit der automatischen Auslesung der Tarifinformationen aus einem Vertragsdatenserver des Anbieters implementiert. Durch dieses Verfahren werden die individuellen Tarifdaten des Endkunden automatisiert zur Verfügung gestellt, wenn der Endkunde dieses wünscht und die Zustimmung dazu erteilt. Eine manuelle Eingabe ist weiterhin möglich.

Auf Basis des angegebenen Anbieters und der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate wurden die Tarif-Typen der Anbieter – soweit vorhanden – aus der Tarifdatenbank der Breitbandmessung abgerufen.

Im Zuge des Inkrafttretens der TK-Transparenzverordnung besteht seit dem 01.06.2017 eine Meldepflicht für Tarifdaten. Bis zu diesem Zeitpunkt hatte eine Vielzahl von Anbietern ihre Tarifdaten freiwillig übermittelt.

Zur Erfassung der Daten wurde ein Tarifdatenportal erstellt, über das die Unternehmen seit dem 01.05.2017 ihre Tarife melden.

Im Zuge der Transparenzverordnung wird außerdem zusätzlich die normalerweise zur Verfügung stehende Datenübertragungsrate von den Anbietern abgefragt und im Messergebnis dargestellt.

Bei der Messung wurden folgende Schritte nacheinander durchlaufen:

- Abfrage zusätzlicher Parameter aus dem Router (s. 2.2.1.2),
- Durchführung der Laufzeit-Messung,
- Durchführung der Download-Messung,
- Durchführung der Upload-Messung (s. jeweils 2.3).

Im Rahmen einer Messung wird zudem erfasst, ob der Tarif eine Begrenzung der Datenübertragungsrate bzw. Drosselung nach Überschreiten eines inkludierten monatlichen Datenvolumens vorsieht. Dies war mittels der von Anbietern zur Verfügung gestellten Tarifinformationen bzw. in Fällen, in denen die entsprechenden Informationen nicht vorlagen, über eine Endkundenabfrage möglich. Am Ende der Messung erfolgte für Tarife, die laut Tarifangabe/Endkundenangabe eine Begrenzung der Datenübertragungsrate bzw. Drosselung nach Überschreiten eines inkludierten monatlichen Datenvolumens vorsehen, die Abfrage, ob das „Inklusivvolumen“ während der Messung bereits überschritten war und deshalb eine Drosselung vorlag.

Mit Inkrafttreten der TK-Transparenzverordnung zum 01.06.2017 unterliegen die TK-Anbieter einer allgemeinen Meldepflicht gegenüber der BNetzA. Diese umfasst die wesentlichen Leistungsmerkmale (Datenübertragungsraten) eines Tarifs. Nicht umfasst sind hingegen weitere Tarifmerkmale wie beispielsweise ein bestimmtes „Inklusivvolumen“. Daher ist es seit dem Inkrafttreten der TK-Transparenzverordnung notwendig, eine mögliche vertraglich vorgesehene Drosselung ausschließlich beim Endnutzer abzufragen. Insoweit erfolgte seit dem 01.07.2017 eine Umstellung der Abfrage.

Abschließend erfolgte eine Darstellung des individuellen Ergebnisses des Endkunden. Das Ergebnis konnte elektronisch gespeichert sowie ausgedruckt werden.

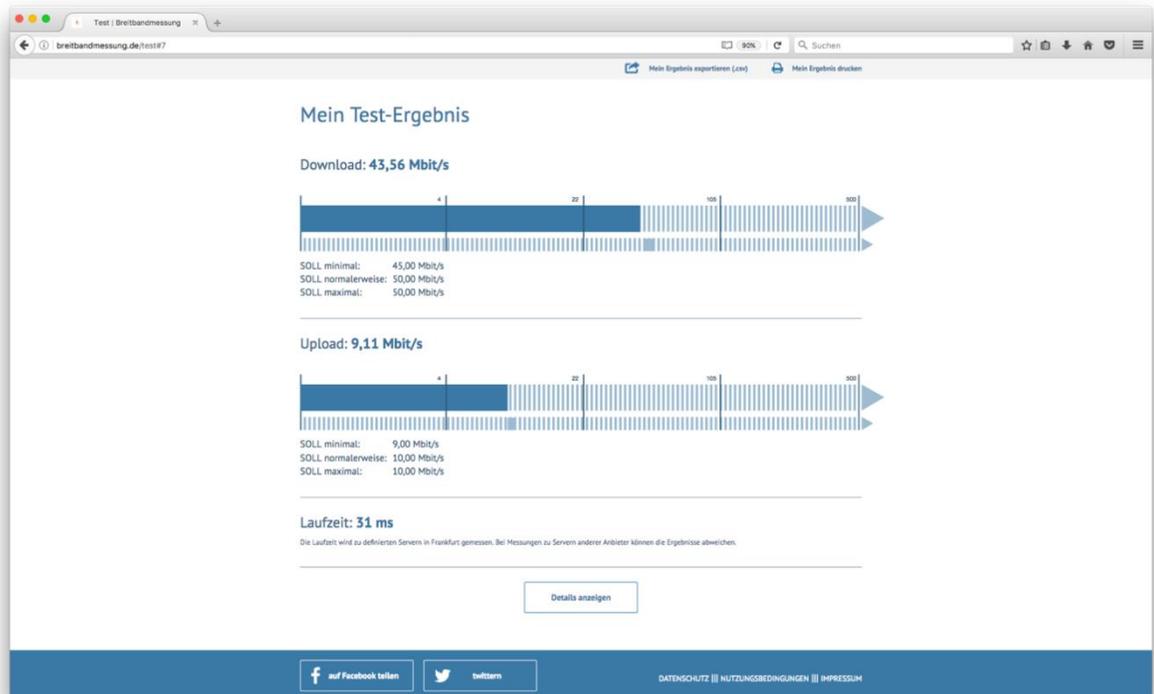


Abbildung 2.2: Individuelle Ergebnisdarstellung für stationäre Anschlüsse

### 2.2.1.2 Abfrage zusätzlicher Werte aus Routern

Die Abfrage zusätzlicher Parameter aus dem Router konnte nur bei bestimmten Teilmengen von Routern (aktuell: AVM FRITZ!Box) erfolgen. Hierdurch konnten Angaben zur synchronisierten Datenrate der Leitung und zur Art der Anbindung ermittelt werden.

Mit der synchronisierten Datenrate wird die Datenrate bezeichnet, mit der sich das Modem mit dem Anschlussnetz des Breitbandanbieters verbindet, d.h. diese stellt die Datenübertragungsrate der Anschlussleitung dar. Sie kann dabei je nach der Produktgestaltung des Breitbandanbieters unter der Datenrate liegen, die die Teilnehmeranschlussleitung entsprechend ihrer Qualität und – in Abhängigkeit von der Anlusstechnologie – entsprechend ihrer Länge maximal zulässt. Die synchronisierte Datenrate kann

abweichend davon auch die vom Breitbandanbieter provisionierte Datenrate darstellen. Darüber hinaus ist z.B. zu berücksichtigen, dass bei einigen Technologien bereits im Anschlussnetz dessen Ressourcen durch mehrere Nutzer gemeinsam verwendet werden (z.B. bei Kabelanschlüssen). Zudem erfasst die synchronisierte Datenrate nicht die – technologieunabhängige – gemeinsame Nutzung von Ressourcen im Konzentrationsnetz.

Hinsichtlich der Art der Anbindung erfolgte eine Abfrage der Schnittstellen des Endkunden-PC und des Routers (LAN/WLAN). Daher konnte für diese Teilmenge an Routern – unabhängig von der Endnutzer-Angabe zur Art der Anbindung – erkannt werden, ob die Messung über WLAN erfolgte und mit welcher Datenrate der Endkunden-PC mit dem Router verbunden war.

## **2.2.2 Messclient Mobilfunk**

Die Messung wurde App-basiert mittels Java (Android) bzw. ObjectiveC (iOS) auf dem Endkunden-Gerät durchgeführt.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass verschiedene Faktoren das Testergebnis beeinflussen können. Dazu zählen tarifbedingte Begrenzungen der Datenübertragungsrate (Drosselung nach Überschreiten eines inkludierten monatlichen Volumens), die Auslastung des Internetzugangsanbieters und die Anzahl der aktiven Nutzer in der gleichen Mobilfunkzelle oder dem gleichen Netzsegment. Daneben können das Endgerät, die bei der Messung verwendete Mobilfunk-Technologie (GPRS, UMTS, LTE) sowie die Netzabdeckung und Versorgungsqualität am Messstandort eine Rolle spielen. Hierunter fällt auch, ob die Mobilfunkmessung innerhalb oder außerhalb eines Gebäudes oder in Bewegung (z. B. während einer Auto- oder Zugfahrt) erfolgt ist.

### **2.2.2.1 Ablauf und erfasste Anschlussdaten**

Der Endkunde musste vor der Messung die Bestimmungen zum Datenschutz und die Nutzungsbedingungen akzeptiert haben. Dabei wurde insbesondere auch die Einwilligung in die Nutzung der im Rahmen des Messverfahrens erhobenen Daten bestätigt.

Wenn vor Beginn der Messung festgestellt wurde, dass das Gerät über WLAN verbunden ist, wurde der Endkunde hierüber informiert. Die anschließende Messung wurde dann als WLAN Messung erfasst.

Mittels Nutzerdialog wurden anschließend folgende Daten des zu messenden Anschlusses ermittelt: Standort („in einem Gebäude“, „im Freien“, „in Bewegung“), Anbieter, vertraglich vereinbarte maximale Datenübertragungsrate im Download, Tarif-Typ, Kundenzufriedenheit. Bei einigen Anbietern (momentan Telekom und Vodafone) ist der automatische Abruf von Teilen der Tarifinformationen aus der Breitbandmessung heraus möglich. Durch dieses Verfahren werden die individuellen Tarifdaten des Endkunden automatisiert zur Verfügung gestellt, wenn der Endkunde die Zustimmung dazu erteilt. Eine manuelle Eingabe ist weiterhin möglich.

Auf Basis des angegebenen Anbieters und der vertraglich vereinbarten geschätzten maximalen Datenübertragungsrate wurden die Tarif-Typen der Anbieter – soweit vorhanden – aus der Tarifdatenbank der Breitbandmessung abgerufen.

Im Zuge des Inkrafttretens der TK-Transparenzverordnung besteht seit dem 01.06.2017 eine Meldepflicht für Tarifdaten. Bis zu diesem Zeitpunkt hatte eine Vielzahl von Anbietern ihre Tarifdaten freiwillig übermittelt. Zur Erfassung der Daten wurde ein Tarifdatenportal erstellt, über das die Unternehmen ab dem 01.05.2017 ihre Tarife melden.

Im Zuge der Transparenzverordnung wurde außerdem ab dem 01.06.2017 im Mobilfunk-Bereich eine Präzisierung derart vorgenommen, dass statt der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate die vertraglich vereinbarte geschätzte maximale Datenübertragungsrate von den Anbietern abgefragt und im Messergebnis dargestellt wird.

Bei der Messung wurden folgende Schritte nacheinander durchlaufen:

- Abfrage zusätzlicher Parameter aus dem Endgerät (s. 2.2.2.2),
- Durchführung der Laufzeit-Messung,
- Durchführung der Download-Messung,
- Durchführung der Upload-Messung (s. jeweils 2.3).

Im Rahmen einer Messung wird zudem erfasst, ob der Tarif eine Begrenzung der Datenübertragungsrate bzw. Drosselung nach Überschreiten eines inkludierten monatlichen Datenvolumens vorsieht. Dies war mittels der von Anbietern zur Verfügung gestellten Tarifinformationen bzw. in Fällen, in denen die entsprechenden Informationen nicht vorlagen, über eine Endkundenabfrage möglich. Am Ende der Messung erfolgte für Tarife, die laut Tarifangabe/Endkundenangabe eine Begrenzung der Datenübertragungsrate bzw. Drosselung nach Überschreiten eines inkludierten monatlichen Datenvolumens vorsehen, die Abfrage, ob das „Inklusivvolumen“ während der Messung bereits überschritten war und deshalb eine Drosselung vorlag.

Mit Inkrafttreten der TK-Transparenzverordnung zum 01.06.2017 unterliegen die TK-Anbieter einer allgemeinen Meldepflicht gegenüber der BNetzA. Diese umfasst die wesentlichen Leistungsmerkmale (Datenübertragungsraten) eines Tarifs. Nicht umfasst sind hingegen weitere Tarifmerkmale wie beispielsweise ein bestimmtes „Inklusivvolumen“. Daher ist es seit dem Inkrafttreten der TK-Transparenzverordnung notwendig, eine mögliche vertraglich vorgesehene Drosselung ausschließlich beim Endnutzer abzufragen. Insoweit erfolgte seit dem 01.06.2017 eine Umstellung der Abfrage

Abschließend erfolgte eine Darstellung der individuellen Ergebnisse des Endkunden. Die App ermöglicht einen Zugriff auf alle von einem Endgerät durchgeführten Messungen. Diese werden entweder in einer tabellarischen Ansicht oder als Kartenansicht dargestellt, in der der Ort der Messung markiert ist und Messwerte und Messbedingungen in einem Pop-Up angezeigt werden.

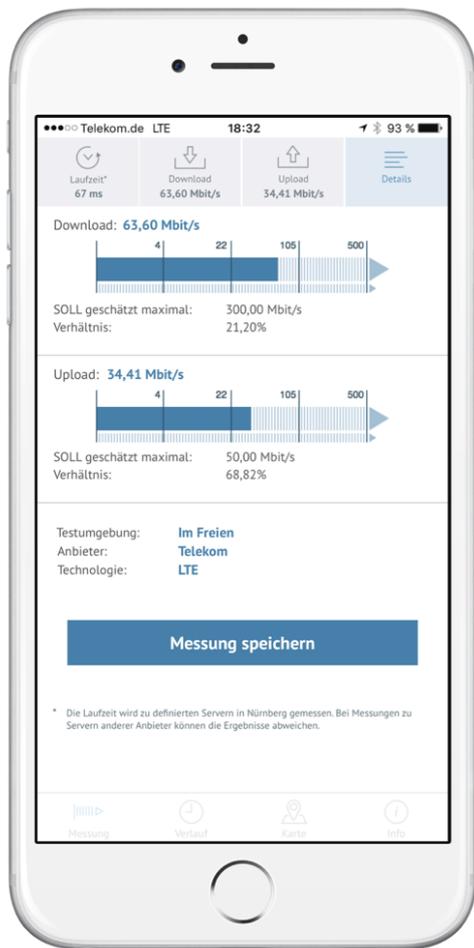


Abbildung 2.3: Individuelle Ergebnisdarstellung für mobile Anschlüsse

### 2.2.2.2 Abfrage zusätzlicher Werte aus Endgeräten

Für beide mobilen Betriebssysteme iOS und Android konnten aus dem Endgerät als zusätzliche Parameter Angaben zur Technologie und zu den Mobilfunkstandards abgefragt werden. Diese Angaben liegen für alle App-Messungen vor.

Hinsichtlich der Technologie (Mobilfunk/WLAN) ist zu beachten, dass der Messclient die Wahl des Netzzugangs nicht beeinflusst hat. Dem Nutzer wurde während des Tests lediglich signalisiert, über welche Technologie die Messung abläuft. Auch nach der Messung wurde dies in der Ergebnishistorie dargestellt. So konnten Nutzer auch über einen verfügbaren WLAN-Zugang, z. B. am heimischen DSL-Anschluss oder an einem öffentlichen HotSpot (Bahnhof, Flughafen,

Hotel, Restaurant, etc.), die augenblickliche Performance der Datenübertragung von ihrem Endgerät bis zum Messserver messen.

Des Weiteren erkannte der Messclient den verwendeten Mobilfunkstandard. Im Berichtszeitraum wurden in deutschen Mobilfunknetzen drei parallel betriebene Mobilfunkstandards angeboten (2G, 3G, 4G). Jede Generation von Mobilfunkstandards bietet eine Anzahl von weiteren Gruppen, die unterschiedliche Übertragungsraten im Up- und Download ermöglichen.

### 2.2.3 Daten-Referenz-System

Für die stationären Endkundenmessungen wurden in Rechenzentren in Frankfurt bis zu 5 dedizierte Messserver und für die mobilen Endkundenmessungen bis zu 3 dedizierte Messserver in Nürnberg (Daten-Referenz-System) mit einer Anbindung von jeweils 10 Gbit/s als Gegenstelle eingerichtet. Die Rechenzentren verfügten über mehrfach redundante Außenanbindungen und Peerings zu unterschiedlichen Breitbandanbietern (3520 Gbit/s Private Peering). Die Rechenzentren in Frankfurt befinden sich in unmittelbarer Nähe zum Deutschen Commercial Internet Exchange (DE-CIX) (200 Gbit/s Public Peering). Diese sind direkt über mehrere BGP Router redundant mit der Apollon Plattform des DE-CIX, dem wichtigsten Internet-Knoten Deutschlands, verbunden. Hierüber hinaus bestehen weitere Verbindungen zu Austauschknoten wie N-IX Nürnberg (30 Gbit/s Public Peering), BCIX Berlin (10 Gbit/s Public Peering) und ECIX Düsseldorf (10 Gbit/s Public Peering). Durch diese Anbindung (insgesamt 660 Gbit/s Public Peering) wurde eine kostengünstige und unmittelbare Erreichbarkeit für die Anbieter erreicht.

Das Daten-Referenz-System bestand aus Messservern und Load Balancer. Dieses System gewährleistete eine ausreichende Performance über die gesamte Messdauer.

## 2.3 Messverfahren

Für die Messung stationärer und mobiler Anschlüsse kam dasselbe Messverfahren zum Einsatz.

Das Messverfahren berücksichtigt die im Bericht „BEREC Net Neutrality Regulatory Assessment Methodology“ (BoR (17) 178) veröffentlichten Empfehlungen des Gremiums Europäischer Regulierungsstellen für elektronische Kommunikation (BEREC).

### 2.3.1 Datenübertragungsrate

Zur Messung der verfügbaren Datenübertragungsrate wurde über das Netz eine Datenübertragung (TCP/IP) zwischen dem Messclient (stationär bzw. mobil) und jeweils einem der bis zu 5 bzw. 3 zugewiesenen Messserver mit einer Anbindung von jeweils 10 Gbit/s durchgeführt. Während der Messung kommunizierte der Messclient ausschließlich mit dem zugewiesenen Messserver.

Durch die Monitoring-basierte Laststeuerung wurde sichergestellt, dass die Messserver bei jeder Messung über eine ausreichende Bandbreite verfügen.

#### 2.3.1.1 Download

Um eine realitätsnahe Nutzungssituation abzubilden, wurde das von Endkunden häufig angewandte Hypertext Transfer Protokoll (HTTP) eingesetzt. Aufbauend auf diesem Protokoll werden die Nutzdaten zur Lastgenerierung innerhalb von WebSocket-Verbindungen übermittelt.

Hierzu wurden vier parallele HTTP- WebSocket-Datenströme initiiert, die mit ausreichend Daten von dem Daten-Referenz-System auf den Messclient übertragen werden. Dazu wurde während der Messung kontinuierlich eine zufällige und hinreichend große Datenmenge auf dem Daten-Referenz-System bereitgestellt. Hinreichend groß bedeutet hier, dass auch bei der maximal betrachteten Datenübertragungsrate (500 Mbit/s) sichergestellt wurde, dass während des gesamten Messzeitraums ein Datentransfer stattfand und die auf

dieser Strecke maximal mögliche Datenübertragungsrate gemessen werden konnte.

Die Datenübertragung aller Datenströme wurde nach einer festgelegten Zeit von 10 Sekunden abgebrochen. Bei der Bestimmung des Zeitfensters wurden die Effekte der TCP Congestion Control (Überlaststeuerung) berücksichtigt.

Die Download-Zeit ergibt sich als Zeit vom Startzeitpunkt der letzten HTTP-Verbindung inklusive der Berücksichtigung der Effekte der TCP Congestion Control bis zum ersten Abbruchzeitpunkt der parallelen HTTP-Verbindung der WebSocket-Datenübertragung. Damit bezeichnet die Download-Zeit den Zeitraum, während dem alle parallelen WebSockets-Verbindungen Last erzeugen.

Die Datenmenge, die übertragen wurde, berechnet sich aus der Summe der geladenen TCP-Nutzdaten der einzelnen WebSocket-Verbindungen während der Download-Zeit.

Aus Datenmenge und Download-Zeit wurden der Download-Durchsatz und damit die zur Verfügung stehende Download-Datenübertragungsrate in Mbit/s berechnet.

### **2.3.1.2 Upload**

Die Upload-Messung erfolgte analog zur Download-Messung.

### **2.3.2 Laufzeit**

Das Prinzip der Laufzeitmessung basierte für den Berichtszeitraum auf dem Versenden von WebSocket Control Frames auf dem definierten Port 80 vom Messserver. Diese Anfrage wird von den auf der Übertragungstrecke beteiligten Netzknoten weitergeleitet und vom angesprochenen System in umgekehrter Richtung beantwortet. Die Laufzeit entspricht der Zeit, die vom Absenden der Anfrage bis zum Erhalt der Antwort vergangen ist (Round Trip Time, RTT).

Eine Laufzeitmessung bestand aus 10 hintereinander im Abstand von jeweils einer Sekunde ausgeführten WebSocket Requests vom Messserver zu einem Messclient.

Mit dem Wert Laufzeit-Mittelwert wurde die mittlere Antwortzeit aller einzelnen Laufzeiten (WebSocket) einer Laufzeitmessung in Millisekunden dargestellt.

Mit Beginn des Berichtsjahres erfolgte wegen der Änderung der Implementierungstechnologie von Java PlugIn auf HTML5 mit WebSockets die Umstellung auf ein Verfahren, das WebSocket Control Frames nutzt. Das vorherige Verfahren basierte auf dem Versenden von UDP-Paketen. Die Ergebnisse beider Verfahren sind miteinander vergleichbar.

### 3 Datenauswertung

Die Ergebnisse der Breitbandmessung beruhen auf den durchgeführten Endkundenmessungen. Diese hängen davon ab, welchen Tarif der Nutzer mit dem Anbieter vereinbart hat. Insofern können auf der Grundlage der Breitbandmessung keine Aussagen zur Versorgungssituation oder Verfügbarkeit von breitbandigen Internetzugangsdiensten getroffen werden.

Die Breitbandmessung bildet vielmehr nachfrageseitig die im Markt bestehenden Verträge ab und zeigt auf, inwieweit im Rahmen der Messungen die vertraglich vereinbarte maximale Datenübertragungsrate erreicht oder überschritten wurde.

#### 3.1 Stichprobenerhebung

Der Jahresbericht der Breitbandmessung basiert auf einer Stichprobe der Breitbandanschlüsse in Deutschland. Die Stichprobe wurde über ein sogenanntes Crowdsourcing-Verfahren, d.h. eine offene Endkundenmessumgebung, gewonnen. Dabei wurde jeder messende Anschluss – nach erfolgter Validierung – in die Stichprobe aufgenommen.

#### **Warum ist die Stichprobe nicht im statistischen Sinne repräsentativ?**

Im statistischen Sinne repräsentativ ist eine Stichprobe dann, wenn jedes Mitglied der Grundgesamtheit, d.h. jeder Besitzer eines Breitbandanschlusses, mit derselben Wahrscheinlichkeit als Teilnehmer in die Stichprobe aufgenommen wird. Dies ist z.B. bei einer einfachen Zufallsstichprobe der Fall. Für den Jahresbericht der Breitbandmessung gilt dies nicht, da Endkunden aus eigenem Antrieb – und damit nicht zufällig – an der Breitbandmessung teilgenommen haben.

## **Warum ist eine optimale Stichprobe für die Breitbandmessung nicht möglich?**

Das primäre Ziel der Breitbandmessung ist es, Endkunden eine schnelle und einfache Möglichkeit zu bieten, anbieter- und technologieunabhängig die Leistungsfähigkeit ihres stationären oder mobilen Internetzugangsdienstes zu erfassen und zu bewerten. Vor diesem Hintergrund wurde das Verfahren der offenen Endkundenmessung gewählt, in dem Endkunden lediglich das Angebot einer Messung zur Verfügung gestellt wird; ob diese dann messen oder nicht, liegt in deren eigenen Ermessen.

Eine zufällige Auswahl würde verlangen, dass zufällig aus der Grundgesamtheit ausgewählte Privathaushalte mit Breitbandanschlüssen zur Messung herangezogen würden. Eine solche Ziehung der Teilnehmer erfordert, dass alle Internetzugangsanbieter Daten über ihre Kunden zur Verfügung stellen. Die Alternative, den Internetzugangsanbietern die zufällige Auswahl der Stichprobe aus ihren Datenbeständen zu überlassen, scheidet aus Neutralitätsgründen aus, da dann das Auswahlverfahren nicht überprüfbar wäre und die Gefahr einer Beeinflussung bestünde.

Selbst wenn es möglich wäre, eine Zufallsauswahl aus allen Haushalten mit Breitbandanschlüssen zu treffen, würde eine Verzerrung dadurch entstehen, dass nicht alle ausgewählten Haushalte zur Teilnahme bereit wären. Dies wäre nur durch eine „Messpflicht“ zu umgehen. Das Konzept der offenen Endkundenmessung ist in dieser Hinsicht einfacher und praktikabler.

### **Offene Endkundenmessung**

Die offene Endkundenmessung basiert auf der eigeninitiierten Teilnahme von Endnutzern. Ob ein Endnutzer sich beteiligt, hängt davon ab, ob er von der Breitbandmessung Kenntnis hat und ob er willens ist, den Test zu nutzen. Der Bekanntheitsgrad der Breitbandmessung wurde durch verschiedene Pressemitteilungen der Bundesnetzagentur und Kundenhinweise der Anbieter auch im zweiten Jahr der Breitbandmessung erhöht.

Dennoch kann nicht ausgeschlossen werden, dass bestimmte Nutzergruppen schlechter informiert sind als andere. Die Teilnahmebereitschaft hängt von persönlichen und lokalen Faktoren wie beispielsweise der Kundenzufriedenheit, der Internetaffinität oder der Wettbewerbssituation vor Ort ab. Es ist beispielsweise möglich, dass Kunden, die unzufrieden mit der Qualität ihrer Internetverbindung sind, tendenziell ein größeres Interesse haben, die tatsächliche Bandbreite zu messen als solche, die im Großen und Ganzen zufrieden sind. Die Stichprobenauswahl bei der freiwilligen Teilnahme ist also einer Selbstselektion unterworfen.

### **Auswirkungen der Selbstselektion**

Durch die Selbstselektion ist eine erwartungstreue Schätzung der Mittelwerte in der Grundgesamtheit nicht gewährleistet. Erwartungstreu bedeutet, dass bei wiederholter Stichprobenziehung im Mittel die Mittelwerte in der Stichprobe genau denen in der Grundgesamtheit entsprechen.

Inwieweit Verzerrungen bei der Stichprobensammensetzung die Aussagekraft beeinflussen, hängt von der Art der Aussagen ab, die gemacht werden. Es ist wahrscheinlich, dass mögliche Verzerrungen Anbieter, Produkte und Regionen gleichermaßen betreffen. Beispielsweise ist nicht zu erwarten, dass von Anbieter A nur sehr unzufriedene, von Anbieter B hingegen nur die besonders zufriedenen Kunden teilnehmen. Unter der Voraussetzung, dass die Teilnahmemotivation unabhängig von den Faktoren ist, die das eigentliche Ziel der Untersuchung darstellen (Anbieter, Produkt, geografischer Bereich), können trotz einer möglichen Verzerrung der Stichprobe valide Aussagen über die Unterschiede, z. B. zwischen Anbietern und Regionen, gemacht werden.

Die offene Endkundenmessung beruht auf einer großen Zahl an Messergebnissen, die auch die Darstellung der Messergebnisse für Untergruppen erlaubt, wie z.B. Bandbreitklassen oder Anbieter.

In den Gesamtdarstellungen, zum Beispiel über alle Bandbreitklassen, Anbieter oder Bundesländer hinweg, finden Untergruppen mit wenigen Messungen eine geringere Berücksichtigung, wohingegen Untergruppen mit vielen Messungen den Kurvenverlauf deutlicher prägen. Durch die Betrachtung von Untergruppen kann sich folglich ein differenzierteres Bild ergeben, das auch von der Gesamtdarstellung abweichen kann.

Abschnitt 5.2 zeigt anhand bestimmter erhobener Parameter, inwieweit die nach der Validierung verbleibende Stichprobe die Grundgesamtheit widerspiegelt.

## 3.2 Validierung

Die ermittelten Messwerte und Endkundenangaben wurden in einem mehrstufigen Validierungsprozess überprüft. Dabei wurden Datensätze verworfen, die das jeweilige Validierungskriterium nicht erfüllen.

Tabelle 3.1 zeigt die jeweils durchgeführten Validierungsschritte. Die einzelnen Schritte werden im Anschluss erläutert.

Tabelle 3.1: Validierungsschritte

Validierung		
Validierungsschritt	Stationär	Mobil
Verwerfen von Messungen über WLAN lt. Endkundenangabe	✓	n.a.
Verwerfen von Messungen ohne Beachtung der weiteren Einflussfaktoren lt. Endkundenangabe	✓	n.a.
Verwerfen von Messungen über WLAN lt. technischer Erkennung	n.a.	✓
Verwerfen von Messungen mit Drosselung lt. Endkundenangabe	✓	✓
Verwerfen von Messungen mit ungültiger Postleitzahl	✓	n.a.
Verwerfen internationaler Messungen	✓	✓
Verwerfen von Messungen mit Widerspruch zwischen Anbieterangabe und techn. Validierung	✓	✓
Verwerfen von Messungen mit Anschlussgeschwindigkeit außerhalb des Studienfokus	✓	✓
Verwerfen von Test- und Kontrollmessungen	✓	✓
Verwerfen von technisch invaliden Messungen	✓	n.a.
Verwerfen von Ausreißern	✓	✓
Reduktion von Mehrfachmessungen auf die letzte Messung im Quartal	✓	n.a.

### Messungen über WLAN oder ohne Beachtung der weiteren Einflussfaktoren bei stationären Anschlüssen

Mit Beginn dieses Berichtszeitraumes wurde die Erfassung der Kundenangabe zur optimalen Testumgebung in die Bereiche Art der Anbindung (WLAN oder kabelgebunden) sowie weitere Einflussfaktoren (parallel laufende Anwendungen, Messung ohne Netzteil, Energiesparmodus, Messung über Powerline) aufgespalten. Dadurch wird der Endkunde direkt auf die Nutzung von WLAN angesprochen und es kann eine differenzierte Darstellung der Ausschlussgründe zwischen WLAN und den weiteren Einflussfaktoren erfolgen.

Für den Jahresbericht wurden nur Messungen berücksichtigt, bei denen der Kunde angegeben hatte, die Messung kabelgebunden und unter Beachtung der weiteren Einflussfaktoren durchgeführt zu haben.

Grundsätzlich kann mit Blick auf die Qualität der Stichprobe nicht ausgeschlossen werden, dass Endkunden ihre Testumgebung unzutreffend eingeschätzt haben. Dies dürfte aber gleichmäßig auf die betrachteten Anschlüsse wirken. Es besteht kein Grund zur Annahme, dass nur Endkunden bestimmter Anbieter oder Bandbreitklassen ihre Testumgebung unzutreffend eingeschätzt haben, so dass sich der Einflussfaktor auf alle getesteten Anschlüsse gleichmäßig verteilen dürfte und ein Vergleich zwischen Anbietern, Bandbreitklassen etc. hierdurch nicht verzerrt wird.

Verzerrungen können dagegen hinsichtlich des Niveaus der dargestellten Messergebnisse entstehen, weil in der Stichprobe verbleibende Kundenfalschangaben das Messergebnis beeinflussen. Dies ist insbesondere mit Blick auf WLAN-Messungen und den parallelen Datenverkehr von Bedeutung, da beide Parameter der Endnutzernumgebung das Ergebnis insgesamt verschlechtern dürften. Durch die getrennte Abfrage (WLAN/LAN) ist aber von einem geringeren Fehler als im Vorjahreszeitraum auszugehen.

Kapitel 9 widmet sich im Rahmen einer Sonderuntersuchung speziell den Effekten der zur Messung genutzten Art der Anbindung (LAN/WLAN).

### **Messungen über WLAN bei mobilen Anschlüssen**

Messungen über die Breitbandmessung-App, die mittels WLAN erfolgten, wurden verworfen. Im Gegensatz zu den stationären Breitbandanschlüssen ist hier für alle Messungen die Art der Anbindung technisch eindeutig identifizierbar. Eine Endkundenangabe wird daher nicht benötigt.

## **Drosselung**

Messungen, die laut Endkundenangabe wegen Überschreiten eines inkludierten monatlichen Datenvolumens unter Drosselung erfolgten, wurden verworfen.

## **Postleitzahl**

Messungen mit ungültiger Postleitzahl (nicht vergebene Postleitzahlen, Postfächer<sup>5</sup>) wurden verworfen.

## **Internationale Messungen**

Messungen, die nicht in Deutschland durchgeführt wurden, wurden verworfen.

## **Anbieter**

Die Validierung der Anbieterbezeichnung erfolgt basierend auf der IP-Adresse in Verbindung mit Reverse DNS Lookup / whois-Abfrage.

Messungen, die über ausländische Anbieter durchgeführt wurden, wurden verworfen.

Des Weiteren wurde im Rahmen der Validierung der Anbieter ermittelt, dessen Vorleistungsprodukt der Reseller nutzt, um den Endkunden einen Internetzugangsdienst anzubieten. Wenn dieser Anbieter kein möglicher Vorleister für den vom Endkunden angegebenen Anbieter war, wurde der Datensatz als unplausibel verworfen.

## **Anschlussgeschwindigkeit**

Der Fokus der Breitbandmessung liegt auf der Messung von Anschlüssen mit vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsraten von 2 Mbit/s bis kleiner 500 Mbit/s im Download. Messungen von Anschlüssen außerhalb dieses Bereiches wurden von der Auswertung ausgeschlossen.

---

<sup>5</sup> Postleitzahlen für Postfächer blieben unberücksichtigt, weil diese keinen unmittelbaren geografischen Bezug aufweisen.

## Test- und Kontrollmessungen

Test- und Kontrollmessungen sind nicht in die Auswertung eingeflossen.

## Technisch invalide Messungen

Messungen, deren Ergebnisse aufgrund von systematischen technischen Problemen invalide sind, wurden verworfen.

Im Berichtszeitraum trat dies bei Durchführung der Messung mit bestimmten Browser-Versionen auf.

Bei Nutzung von Google Chrome ab Version 58 (Releasedatum 19.04.2017) bestand bei Messungen von Anschlüssen mit hoher Datenübertragungsrate die Möglichkeit, dass zu geringe Werte gemessen wurden. Ursache ist hier eine umfangreiche technische Änderung im Message Processing des Chrome Browsers ab der genannten Version. Der Endkunde erhielt bei Nutzung der genannten Versionen nach der Messung folgenden Hinweis:

Mögliche Messbeeinflussung

Aufgrund einer Inkompatibilität des Browsers Chrome in den Versionen 58, 59, 60 bzw. 61 können Ihre Download-Messergebnisse ggf. von Ihrer tatsächlich zur Verfügung stehenden Bandbreite abweichen.

Bitte nutzen Sie zur Durchführung der Download-Messung einen alternativen Browser.

Die Messwerte, die mit diesen Browser-Versionen gemessen wurden, wurden von der Untersuchung ausgeschlossen. Am 26.09.2017 wurde das Problem behoben. Messungen mit dem Browser Chrome ab der Version 58 sind seitdem wieder uneingeschränkt möglich.

## Ausreißer

Messwerte mit einer ermittelten prozentualen Datenübertragungsrate jenseits von 120% (Ausreißer) wurden von der Analyse ausgeschlossen.<sup>6</sup>

Als Ausreißer werden Beobachtungen bezeichnet, die deutlich von der erwarteten Verteilung der Messwerte abweichen. Diese können gültige Messungen darstellen, die unter bestimmten technischen Bedingungen plausibel sind (beispielsweise Annex J-Verträge im Uploadbereich). Größtenteils dürfte es sich aber um Tarif-Fehleingaben der Nutzer handeln, z.B. aufgrund nicht vorliegender oder nicht bekannter Tarifinformationen bzw. (noch) nicht in der Tarifiedatenbank hinterlegter Tarifinformationen der Anbieter. Der Endkunde weist die vertraglich zugesicherte maximale Datenübertragungsrate daher teilweise zu niedrig oder zu hoch aus. Dies spiegelt sich in zu hohen bzw. zu niedrigen prozentualen Datenübertragungsraten wider.

Für Tariffehlinformationen, die zu zu kleinen prozentualen Datenübertragungsraten führen, wird keine derartige Filterung durchgeführt, da eine Abgrenzung von korrekten Messungen nicht möglich ist. Der Anteil valider Messungen wird in diesem Bereich deutlich größer geschätzt als im Bereich über 120%. Aus dem gleichen Grund werden Messergebnisse zwischen 100% und 120% in der Stichprobe belassen.

Da bei Endkundenmessungen trotz umfangreicher Validierung eine vollständige Kontrolle der Kundenangaben nicht möglich ist, kann nicht ausgeschlossen werden, dass auf Tariffehlinformationen beruhende Messergebnisse im Jahresbericht verbleiben. Diese können die dargestellten Ergebnisse sowohl nach oben als auch nach unten verzerren.

---

<sup>6</sup> Dies entspricht dem Vorgehen der Messstudien zur Initiative Netzqualität und des Vorjahresberichtes.

## Mehrfachmessungen

Mehrfachmessungen beschreiben die Situation, dass von einem eindeutig identifizierbaren Anschluss innerhalb der Messperiode mehr als eine Messung durchgeführt und die Messdaten erfasst wurden. Im Hinblick auf die statistische Untersuchung wird eine Stichprobe stochastisch unabhängiger Messwerte benötigt. Nur eine solche Stichprobe erlaubt eine valide Schätzung der Varianzen und damit insbesondere der Konfidenzintervalle. Messungen, die unter nahezu identischen Bedingungen durchgeführt und somit als reine Wiederholungsmessung durchgeführt werden, sind stochastisch abhängig.

Da die Messergebnisse eine statistisch möglichst unabhängige Stichprobe darstellen sollen, müssen Mehrfachmessungen als solche erkannt werden. Deshalb erfolgt bei den stationären Anschlüssen eine Beschränkung auf die jeweils letzte Messung je Anschluss und Quartal. Das Quartal wurde gewählt, da davon auszugehen ist, dass sich die Randbedingungen, unter denen die Messung eines spezifischen Anschlusses erfolgt, auch innerhalb des Berichtszeitraumes ändern können.

Im Mobilfunkumfeld sind Mehrfachmessungen nicht relevant, da eine minimale örtliche Änderung bereits zu einem gänzlich anderen Messergebnis führt. Daher entfällt hier dieser Validierungsschritt.

### 3.3 Statistisches Monitoring

Primäres Ziel der Breitbandmessung ist es, möglichst vielen Endkunden eine Möglichkeit zur Messung ihres Breitbandschlusses zur Verfügung zu stellen.

Im Jahresbericht wurden dann die während des Berichtsjahres durchgeführten validierten Messungen einem statistischen Monitoring unterzogen.

Dabei wurde die Struktur der Stichprobe anhand bestimmter erhobener Parameter mit der jeweiligen Verteilung in der Grundgesamtheit verglichen, um festzustellen, in welchem Umfang die Messungen die Grundgesamtheit der Breitbandanschlüsse in Deutschland mit Blick auf diese Parameter zutreffend abbilden.

#### 3.3.1 Stationäre Anschlüsse

Im Rahmen des Jahresberichts wurde untersucht, inwieweit die Messungen die Grundgesamtheit der Breitbandanschlüsse in Deutschland mit Blick auf Bandbreitklassen, Anbieter, Bundesländer und geografische Bereiche (städtisch, halbstädtisch, ländlich) zutreffend abbilden. Dabei wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

##### **Bandbreitklassen**

Für die Zwecke des statistischen Monitorings wurden die Datenübertragungsraten in die folgenden Bandbreitklassen zusammengefasst<sup>7</sup>:

- 2 Mbit/s bis kleiner 10 Mbit/s
- 10 Mbit/s bis kleiner 30 Mbit/s
- 30 Mbit/s bis kleiner 100 Mbit/s
- Größer gleich 100 Mbit/s

---

<sup>7</sup> Referenzverteilung gemäß Bandbreiteclusterung der Europäischen Kommission COCOM mit Stand von Ende 2016.

## Anbieter

Für das statistische Monitoring wurden die Marktanteile der neun größten Anbieter mit der Stichprobe abgeglichen.

Dies umfasst überregionale, regionale und lokale Anbieter, um die am Markt vertretenen Anbieter repräsentativ abbilden zu können. (vgl. Tabelle 3.2). Damit wurden 96,3% des Marktes abgedeckt. Die restlichen Anbieter wurden unter der Kategorie „sonstige“ zusammengefasst.

Tabelle 3.2: Im statistischen Monitoring untersuchte Anbieter stationärer Breitbandanschlüsse (Quelle: VATM TK-Marktanalyse Q3/2017)

<b>Stationäre Breitbandanschlüsse</b>	
<b>Anbieter</b>	<b>Marktanteil</b>
<b>Telekom</b>	40.1%
<b>Vodafone</b>	19.7%
<b>1&amp;1</b>	13.8%
<b>Unitymedia KabelBW</b>	10.5%
<b>Telefónica</b>	6.5%
<b>EWE</b>	1.8%
<b>Tele Columbus</b>	1.5%
<b>NetCologne</b>	1.2%
<b>M-net</b>	1.2%
<b>sonstige</b>	3.7%

## Bundesländer

Weiterhin wurde untersucht, wie sich die ermittelten Datenübertragungsraten auf die Bundesländer verteilen.

Die Zuordnung einer Messung zu einem Bundesland erfolgte basierend auf der Postleitzahl.

Die Referenzwerte für das statistische Monitoring wurden durch Multiplikation der Bevölkerungsverteilung aus dem Gemeindeverzeichnis<sup>8</sup> mit dem Breitbandfaktor gemäß (N)onliner Atlas<sup>9</sup> ermittelt.

### Geografische Bereiche

Im Rahmen der Breitbandmessung wurde zudem untersucht, wie sich die ermittelten Datenübertragungsraten auf städtische, halb-städtische und ländliche Regionen verteilen. Dabei wurde jede Messung basierend auf der Bevölkerungsdichte des jeweiligen Postleitzahlgebietes unter Prüfung der Gültigkeit der angegebenen Postleitzahl<sup>10</sup> einem geografischen Bereich (städtisch, halbstädtisch oder ländlich) zugeordnet.

Die Referenzwerte für das statistische Monitoring wurden aus dem Gemeindeverzeichnis<sup>11</sup> ermittelt.

Grundlage hierfür waren die vom Statistischen Amt der Europäischen Gemeinschaft (Eurostat) in Zusammenarbeit mit den Mitgliedstaaten entwickelten Kriterien<sup>12</sup>:

- Städtisch: Bevölkerungsdichte größer als 500 Einwohner/km<sup>2</sup>
- Halbstädtisch: Bevölkerungsdichte 100 bis 500 Einwohner/km<sup>2</sup>
- Ländlich: Bevölkerungsdichte weniger als 100 Einwohner/km<sup>2</sup>

### 3.3.2 Mobile Anschlüsse

Für mobile Breitbandanschlüsse waren keine Referenzwerte verfügbar. Deshalb konnte kein statistisches Monitoring erfolgen.

---

<sup>8</sup> Quelle: Statistisches Bundesamt: Gemeindeverzeichnis, Gebietsstand: 31.12.2015 (4. Quartal), Erscheinungsmonat: Dezember 2016

<sup>9</sup> Quelle: Initiative D21, „D21 - Digital - Index - (N)onliner Atlas 2015“ S. 61 Breitbandnutzung nach Bundesländern, November 2015

<sup>10</sup> Postleitzahlen für Postfächer blieben unberücksichtigt, weil diese keinen unmittelbaren geografischen Bezug aufweisen.

<sup>11</sup> Quelle: Statistisches Bundesamt: Gemeindeverzeichnis, Gebietsstand: 31.12.2015 (4. Quartal), Erscheinungsmonat: Dezember 2016

<sup>12</sup> Quelle: Pressemitteilung Nr.237 vom 30.05.2005 des Stat. Bundesamtes

### 3.4 Statistische Auswertung der Daten

Die TK-Transparenzverordnung<sup>13</sup> macht Vorgaben zur Darstellung von Messergebnissen. Unter anderem soll die tatsächlich gemessene Datenübertragungsrate im Verhältnis zur vertraglich vereinbarten (im Mobilfunk: geschätzten) maximalen Datenübertragungsrate für den Download und Upload in Prozent sowie die Paketlaufzeit angegeben werden.

Als wesentliches Merkmal wird im Jahresbericht „das Verhältnis der gemessenen Datenübertragungsrate zur vertraglich vereinbarten maximalen Rate in Prozent“ ausgewertet. Die gemessenen mittleren Datenübertragungsraten werden durch die von den Nutzern angegebenen vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsraten der Anschlüsse geteilt und anschließend mit 100 multipliziert. Für unterschiedliche Schwellenwerte  $x$  werden die Anteile der Nutzer bestimmt, bei denen mindestens  $x\%$  der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate gemessen wurden.

Den prozentualen Datenübertragungsraten werden für einzelne Auswertungen die gemessenen mittleren Datenübertragungsraten gegenübergestellt, um neben dem relativen auch einen absoluten Maßstab für die Bewertung der Untersuchungsergebnisse zu erhalten.

Zudem wird die Laufzeit analysiert. Die Laufzeit gibt die Zeit in Millisekunden an, die ein Datenpaket benötigt, um von einem Sender (hier: Messclient) zu einem Empfänger (hier: Messserver) und zurück zu gelangen. Analog zur Analyse der Datenübertragungsraten werden die Anteile der Nutzer bestimmt, die eine Laufzeit (Round-Trip-Time) von bis zu  $x$  Millisekunden beobachtet haben.

Zusätzlich werden 95%-Konfidenzintervalle berechnet. Ein Konfidenzintervall ist ein Intervall, das den tatsächlichen Anteil in der Grundgesamtheit mit Wahrscheinlichkeit 0.95 überdeckt.

---

<sup>13</sup> Anlage zu § 9 Absatz 1 der TK-Transparenzverordnung, veröffentlicht im Bundesgesetzblatt Jahrgang 2016 Teil I Nr. 62.

Für die Berechnung wird die Approximation nach Wilson verwendet, das Konfidenzintervall wird angegeben als  $[p_u, p_o]$  mit

$$p_{o,u} = \frac{1}{1 + \frac{c^2}{n}} \cdot \left( \hat{p} + \frac{c^2}{2n} \pm c \cdot \sqrt{\frac{\hat{p} \cdot (1 - \hat{p})}{n} + \frac{c^2}{4n^2}} \right)$$

Dabei ist  $c=1.96$  (0.975-Quantil der Standardnormalverteilung<sup>14</sup>).

---

<sup>14</sup> Agresti, Alan, und Coull, Brent A.: *Approximate is better than 'exact' for interval estimation of binomial proportions*, The American Statistician 52, 119-126 (1998)

## 4 Darstellung der Messergebnisse

### 4.1 Darstellungsparameter

Im Folgenden werden die Parameter beschrieben, anhand derer die ausgewerteten Datensätze dargestellt werden.

#### Bandbreitklassen

Die Datenübertragungsraten werden in die folgenden Bandbreitklassen zusammengefasst<sup>15</sup>:

- 2 Mbit/s bis kleiner 8 Mbit/s
- 8 Mbit/s bis kleiner 18 Mbit/s
- 18 Mbit/s bis kleiner 25 Mbit/s
- 25 Mbit/s bis kleiner 50 Mbit/s
- 50 Mbit/s bis kleiner 100 Mbit/s
- 100 Mbit/s bis kleiner 200 Mbit/s
- 200 Mbit/s bis kleiner 500 Mbit/s

#### Anbieter

Im Jahresbericht werden die Messergebnisse der Anbieter von stationären und mobilen Breitbandanschlüssen untersucht.

Anbieter, für die hinreichend<sup>16</sup> viele Messungen vorliegen, werden einzeln dargestellt. Alle anderen Anbieter werden unter „Sonstige“ zusammengefasst.

---

<sup>15</sup> Im Gegensatz zu den Bandbreitklassen, die dem statistischen Monitoring zugrunde liegen, wurden die Bandbreitklassen für die Auswertung der Messwerte auf Grundlage der sich typischerweise einstellenden Datenübertragungsraten je nach verwendeter Übertragungstechnologie (z. B. xDSL, Kabel) als auch der marktüblichen Produkte gebildet. Auf diese Weise konnten sinnvolle Vergleichsgruppen gebildet und auch technologietypische Effekte bei den Datenübertragungsraten dargestellt werden.

<sup>16</sup> Zur Erläuterung des Kriteriums siehe 4.3.

## Geografische Bereiche

Außerdem werden unterschiedliche Regionen dargestellt. Dabei werden für die Abgrenzung städtischer, halbstädtischer und ländlicher Gebiete die bereits im Rahmen des statistischen Monitorings verwendeten Kriterien zugrunde gelegt (siehe 3.3.1).

## Bundesländer

Die Messergebnisse werden nach Bundesländern dargestellt. Dabei werden nur Bundesländer einzeln betrachtet, für die hinreichend<sup>17</sup> viele Messungen vorliegen.

## Tageszeitlicher Verlauf

Im Rahmen des Berichts wird der tageszeitliche Verlauf in Zeitfenstern von drei Stunden dargestellt; das erste Zeitfenster beginnt um 0 Uhr und endet um 2:59:59 Uhr. Dabei wird jeweils der Median<sup>18</sup> aller Messungen ermittelt, deren Messzeitpunkt in das jeweilige 3-Stunden Zeitfenster fällt.

## Quartalsverlauf

Um Entwicklungen innerhalb des Berichtszeitraums zu erkennen, werden zudem die einzelnen Quartale des Berichtsjahres hinsichtlich des jeweils ermittelten Verhältnisses von ermittelter zu vertraglich vereinbarter Datenübertragungsrate abgebildet.

Der Berichtszeitraum umfasst die folgenden Quartale: 4. Quartal 2016, 1. Quartal 2017, 2. Quartal 2017 sowie das 3. Quartal 2017.

## Kundenzufriedenheit

Im Rahmen der Breitbandmessung wurde die Kundenzufriedenheit abgefragt. Im Bericht wird das Verhältnis der ermittelten zur vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate, das die Nutzer in den einzelnen Kategorien der erhobenen Kundenzufriedenheit erhalten haben, dargestellt.

---

<sup>17</sup> Zur Erläuterung des Kriteriums siehe 4.3.

<sup>18</sup> Die Definition des Medians erfolgt in Kapitel 4.2, Abschnitt „Boxplots“.

## 4.2 Darstellungsformen

Die Ergebnisse werden zum einen grafisch als empirische Verteilungsfunktionen und Boxplots und zum anderen tabellarisch dargestellt.

### Empirische Verteilungsfunktionen

Durchschnittswerte geben nicht immer ein zutreffendes Bild darüber, wie sich die Stichprobe mit Blick auf das untersuchte Merkmal verhält. Der Durchschnittswert kann erreicht werden, wenn alle Nutzer genau den Durchschnitt des Merkmals erhalten. Aber auch eine Stichprobe, in der die eine Hälfte der Nutzer  $x$  Einheiten mehr und die andere Hälfte der Nutzer  $x$  Einheiten weniger als das durchschnittliche Merkmal erhält, hätte denselben Mittelwert. Deshalb können Verteilungsfunktionen einen besseren Überblick über die Struktur der Messwerte vermitteln.

Abbildung 4.1 zeigt beispielhaft zwei empirische Verteilungsfunktionen für die prozentuale Datenübertragungsrate. Diese wird dadurch ermittelt, dass die gemessene Datenübertragungsrate durch die vom Nutzer angegebene vertraglich vereinbarte maximale Datenübertragungsrate des Anschlusses geteilt und anschließend mit 100 multipliziert wird. Die dargestellten prozentualen Datenübertragungsraten liegen zwischen 0 und 120% (x-Achse). Zu jeder prozentual erreichten Datenübertragungsrate  $x$  kann abgelesen werden, wie viele Nutzer mindestens  $x\%$  der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erhalten haben.

Die blaue Kurve ist ein Beispiel für ein nahezu optimales Verhältnis zwischen vertraglich vereinbarter maximaler und ermittelter Datenübertragungsrate. In dieser Gruppe erhalten 97,6% der Nutzer mindestens 90% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate, in der roten Gruppe trifft dies auf ca. 20% der Nutzer zu.

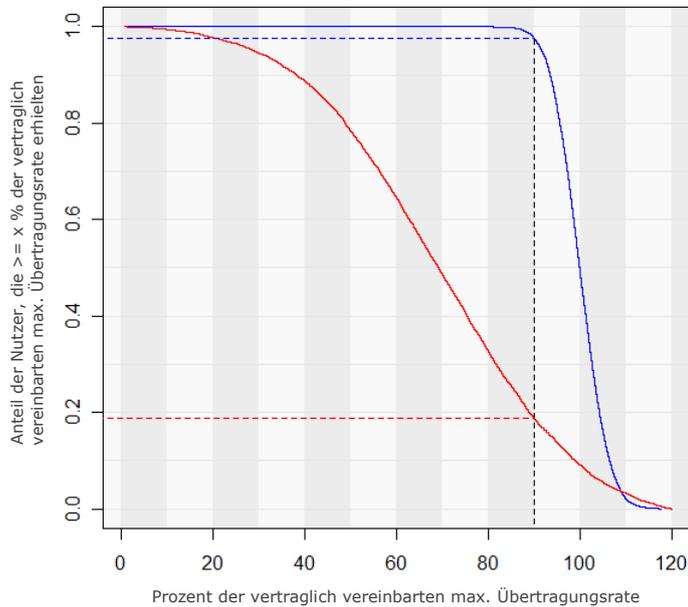


Abbildung 4.1: Beispiel für zwei empirische Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten Datenübertragungsrate

Entsprechend zu Abbildung 4.1 lassen sich empirische Verteilungsfunktionen für die absolute Datenübertragungsrate und die Laufzeit bilden. In diesem Fall wird lediglich das entsprechende Merkmal auf der x-Achse verändert. Die Interpretation bezieht sich dann auf die Anzahl der Nutzer, die mindestens x Mbit/s an Datenübertragungsrate bzw. bis zu x Millisekunden Laufzeit beobachtet haben.

## Boxplots

Ein Boxplot soll schnell einen Eindruck darüber vermitteln, in welchem Wertebereich die Daten unterschiedlicher Parameter (Bandbreiteklasse, Anbieter, Region, etc.) liegen und wie sie sich über diesen Bereich verteilen.

Ein Boxplot besteht immer aus einem Rechteck, genannt Box, und zwei Linien, die dieses Rechteck verlängern. Diese Linien werden als „Antennen“ oder "Whisker" bezeichnet und werden durch einen Strich abgeschlossen. Die Box entspricht dem Bereich, in dem die mittleren 50% der Daten liegen und gibt somit einen Eindruck von

der Streuung der Daten. 25% aller Werte sind kleiner als die untere Boxbegrenzung und 25% sind größer als das obere Ende der Box.

Die waagerechte Linie in der Box stellt den Median<sup>19</sup> der Verteilung dar. Diese Linie teilt das gesamte Diagramm in zwei Hälften, in denen jeweils 50% der Daten liegen. Ein Median von 80% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate heißt z. B., dass die Hälfte aller Kunden weniger als 80% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erhalten haben, die andere Hälfte mehr als 80%.

Die Länge der *Whisker* ist durch das 1,5fache der Boxlänge begrenzt, die Whiskers reichen jedoch maximal bis zum kleinsten bzw. größten Wert. Messwerte, die weiter als das 1,5fache der Boxlänge vom unteren bzw. oberen Quartil entfernt sind, werden als Ausreißer einzeln dargestellt.

Durch die Lage des Median innerhalb der Box bekommt man einen Eindruck von der Schiefe – d.h. der Asymmetrie – der den Daten zugrunde liegenden Verteilung. Liegt der Median am unteren Ende der Box und ist der obere Whisker länger als der untere, deutet dies auf eine rechtsschiefe Verteilung der Daten hin, während ein Median etwa in der Mitte der Box sowie Whisker gleicher Länge auf eine symmetrische Verteilung hinweisen.

Die Abbildung 4.2 zeigt ein Beispiel für einen Boxplot sowie das dazugehörige Histogramm.

---

<sup>19</sup> Der Median ist der mittlere Wert einer nach Größe sortierten Wertereihe. Er kann auf folgende Weise bestimmt werden:  
Zunächst werden alle Werte aufsteigend geordnet. Wenn die Anzahl der Werte ungerade ist, ist die mittlere Zahl der Median. Wenn die Anzahl der Werte gerade ist, wird der Median als arithmetisches Mittel der beiden mittleren Zahlen definiert. Der Median ist gegenüber Ausreißern robuster als das arithmetische Mittel.

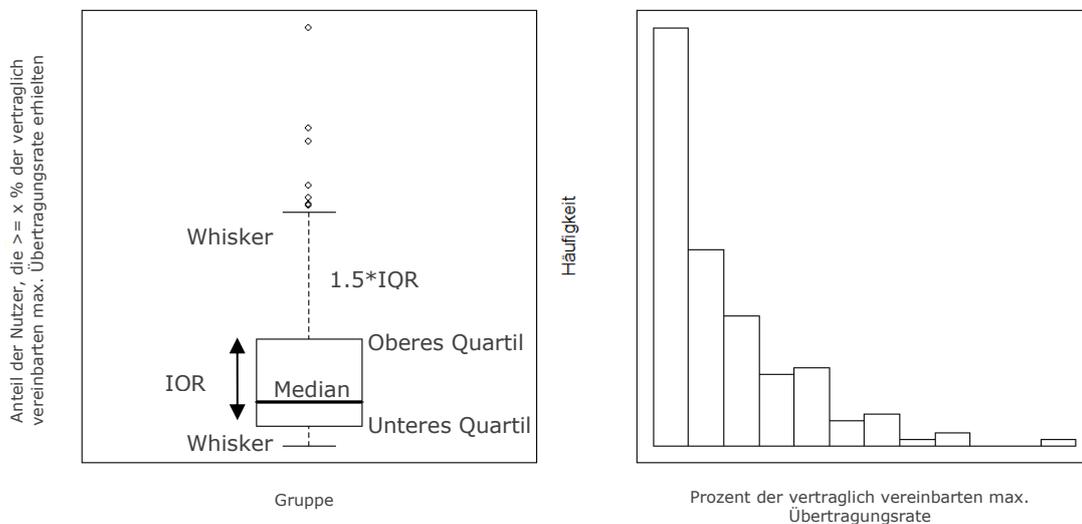


Abbildung 4.2: Beispiel für einen Boxplot und das zugehörige Histogramm

## Tabellen

Ergänzend werden für ausgewählte Ergebnisse Tabellen präsentiert. In diesen werden für ausgewählte Werte die Anteile der Nutzer dargestellt, die mindestens  $x\%$  der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erhalten haben.

Zusätzlich werden zu den ermittelten Ergebnissen die 95%-Konfidenzintervalle (s. Kap. 3.4) in eckigen Klammern angegeben.

## 4.3 Darstellungsvoraussetzung

Ergebnisse für einzelne Bandbreitklassen, Anbieter, Regionen, etc. werden im Ergebnisteil dargestellt, wenn der Verlauf der aus der Stichprobe ermittelten empirischen Verteilungsfunktion einer vorbestimmten Mindest-Auflösung genügt.

Die empirische Verteilungsfunktion ist als Treppenfunktion aus einzelnen Teilnehmer-Messungen zusammensetzt. Entsprechend lässt sich eine bestimmte Auflösung in die Anzahl von benötigten Messungen umrechnen. Die Auflösung für die Schritthöhe entlang der vertikalen Achse ( $y$ -Achse) soll so festgelegt werden, dass der Beitrag je einzelner Messung nicht mehr als 0,25 Prozentpunkte beträgt. Eine einzelne Messung verschiebt die Verteilungsfunktion

daher um maximal 0,25 Prozentpunkte nach unten bzw. oben. Der Einfluss einer einzelnen Messung wird dadurch begrenzt.

Diese auf den ersten Blick sehr genaue Prozentangabe wurde insbesondere in Bezug darauf gewählt, dass mehr als eine möglicherweise unzuverlässige Messung im Datenmaterial vorhanden sein kann. Dies soll sicherstellen, dass Auffälligkeiten im Kurvenverlauf wie z.B. hohe Stufen (durch das Aufeinanderfallen mehrerer Messergebnisse an der gleichen x-Achsenstelle) oder Plateaus (fehlende Messergebnisse auf einem bestimmten x-Achsen-Intervall) nicht durch wenige und ggf. rein zufällige Beobachtungen hervorgerufen worden sind, sondern auf hinreichend vielen Messungen unterschiedlicher Nutzer basieren.

### **Darstellungsschwelle**

Um die oben beschriebene Auflösung zu erreichen, muss eine bestimmte Mindestanzahl von Messwerten je Faktor vorliegen. Da die Treppenhöhe einer empirischen Verteilungsfunktion per Konstruktion  $100/N$  Prozent beträgt, liegt die Darstellungsschwelle bei  $N = 400$  validen Messwerten.

Durch diese Wahl von Faktoren, die einzeln in den empirischen Verteilungsfunktionsgrafiken dargestellt werden, wird auch die Darstellung in Boxplots und Tabellen definiert.

## Ergebnisse

### 5 Datengrundlage

Die in diesem Bericht betrachteten Messungen wurden vom 01.10.2016 bis zum 30.09.2017 durchgeführt.

#### 5.1 Validierung

##### 5.1.1 Stationäre Breitbandanschlüsse

Die Validierung wurde gemäß Tabelle 3.1 durchgeführt. Von den 2.097.567 durchgeführten Messungen wurden aufgrund der kaskadierten Validierungsschritte 1.660.375 Messungen verworfen.

Tabelle 5.1 zeigt die Anzahl der in den einzelnen Validierungsschritten verworfenen Datensätze. Dabei ist auffällig, dass sich die Stichprobe vor allem durch das Verwerfen von WLAN-Messungen laut Endkundenangabe und durch die Reduktion von Mehrfachmessungen auf die letzte Messung im Quartal (für Details zu den Validierungsschritten s. Kapitel 3.2) verkleinert hat.

Weitere Einflussfaktoren der Endnutzerumgebung wie paralleler Datenverkehr, Powerline etc. (in diesem Berichtsjahr erstmals separat erfasst) spielen laut Endkundenangabe dagegen nur eine untergeordnete Rolle. Die Endkunden stellen nach eigenen Angaben bei LAN-Messungen größtenteils sicher, dass auch die weiteren Einflussfaktoren berücksichtigt werden.

Tabelle 5.1: Anzahl der bei der Validierung verworfenen Datensätze für stationäre Breitbandanschlüsse

<b>Verworfenе Datensätze</b>		
<b>Validierungsschritt</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Anteil</b>
<b>Gesamtanzahl Messungen</b>	2.097.567	100,00%
<b>Verwerfen von Messungen über WLAN lt. Endkundenangabe</b>	807.267	38,49%
<b>Verwerfen von Messungen ohne Beachtung der weiteren Einflussfaktoren lt. Endkundenangabe</b>	26.122	1,25%
<b>Verwerfen von Messungen mit Drosselung lt. Endkundenangabe</b>	83.586	3,98%
<b>Verwerfen von Messungen mit ungültiger Postleitzahl</b>	16.673	0,79%
<b>Verwerfen internationaler Messungen</b>	4.436	0,21%
<b>Verwerfen von Messungen mit Widerspruch zwischen Anbieterangabe und techn. Validierung</b>	85.794	4,09%
<b>Verwerfen von Messungen mit Anschlussgeschwindigkeit außerhalb des Studienfokus</b>	24.552	1,17%
<b>Verwerfen von Test- und Kontrollmessungen</b>	13.191	0,63%
<b>Verwerfen von technisch invaliden Messungen</b>	138.596	6,61%
<b>Verwerfen von Ausreißern</b>	36.495	1,74%
<b>Reduktion von Mehrfachmessungen auf die letzte Messung im Quartal</b>	423.663	20,20%
<b>Anzahl valider Messungen</b>	437.192	20,84%

Im Vergleich zum Vorjahreszeitraum hat sich die Zahl valider Messungen im Berichtsjahr 2016/2017 deutlich auf 437.192 erhöht (2015/2016: 106.159). Dies ist auf eine gestiegene Gesamtzahl an Messungen zurückzuführen (2016/2017: 2.097.567; 2015/2016: 389.502).

### 5.1.2 Mobile Breitbandanschlüsse

Die Validierung wurde gemäß Tabelle 3.1 durchgeführt. Von den 1.624.022 durchgeführten Messungen wurden aufgrund der kaskadierten Validierungsschritte 1.378.879 Messungen verworfen.

Tabelle 5.2 zeigt die Anzahl der in den einzelnen Validierungsschritten verworfenen Datensätze. Dabei ist auffällig, dass mehr als drei Viertel der mit der App durchgeführten Messungen über WLAN erfolgte und somit von der Auswertung bzgl. mobiler Breitbandanschlüsse ausgeschlossen wurde.

Tabelle 5.2: Anzahl der bei der Validierung verworfenen Datensätze für mobile Breitbandanschlüsse

Verworfenen Datensätze		
Validierungsschritt	Anzahl	Anteil
Gesamtanzahl Messungen	1.624.022	100,00%
Verwerfen von Messungen über WLAN lt. technischer Erkennung	1.270.455	78,23%
Verwerfen von Messungen mit Drosselung lt. Endkundenangabe	21.598	1,33%
Verwerfen internationaler Messungen	639	0,04%
Verwerfen von Messungen mit Widerspruch zwischen Anbieterangabe und techn. Validierung	56.519	3,48%
Verwerfen von Messungen mit Anschlussgeschwindigkeit außerhalb des Studienfokus	5.635	0,35%
Verwerfen von Test- und Kontrollmessungen	8.930	0,55%
Verwerfen von Ausreißern	15.103	0,93%
Anzahl valider Messungen	245.143	15,09%

Wie bei den stationären Breitbandanschlüssen hat sich auch bei den mobilen Breitbandanschlüssen die Zahl valider Messungen im Vorjahresvergleich deutlich von 53.651 (2015/2016) auf 245.143 Messungen (2016/2017) erhöht. Die Erhöhung ist auch hier auf eine

gestiegene Gesamtzahl an Messungen zurückzuführen (2016/2017: 1.624.022; 2015/2016: 521.316). Nach wie vor werden die meisten Messungen mittels App aufgrund der WLAN-Nutzung verworfen. Allerdings ist der prozentuale Anteil der verworfenen Messungen in diesem ersten Validierungsschritt rückläufig (2016/2017: 78,2%; 2015/2016: 86,4 %). Im Berichtszeitraum wurde fast ein Viertel der Messungen mittels App genutzt, um die Geschwindigkeit eines mobilen Breitbandanschlusses zu überprüfen.

## 5.2 Statistisches Monitoring

Nach erfolgter technischer Validierung verblieben für den ersten Jahresbericht der Breitbandmessung für stationäre Anschlüsse 437.192 und für mobile Anschlüsse 245.143 valide Messungen.

### 5.2.1 Struktur der Stichprobe

Bei der vorliegenden Stichprobe handelt es sich nicht um eine Zufallsstichprobe, sondern es konnten alle Kunden teilnehmen, die Kenntnis von der Breitbandmessung erlangt haben und gleichzeitig motiviert waren, die Messung bei sich durchzuführen.

Die Struktur der Stichprobe wurde anhand der erhobenen Parameter überprüft und – soweit möglich – mit der jeweiligen Verteilung in der Grundgesamtheit abgeglichen. Im Einzelnen sind dies Bandbreitklassen, Anbieter, Bundesländer und geografische Bereiche (städtisch, halbstädtisch, ländlich).

Da für mobile Breitbandanschlüsse keine Referenzwerte verfügbar waren, konnte hier kein statistisches Monitoring erfolgen.

### 5.2.2 Stationäre Breitbandanschlüsse

#### Bandbreitklassen

In Abbildung 5.1 wird die Verteilung der Anschlüsse der Teilnehmer auf Bandbreitklassen dargestellt. Als Referenzverteilung wurde die Verteilung aller Breitbandanschlüsse in Deutschland gewählt<sup>20</sup>.

Die hier dargestellten Bandbreitklassen dienen ausschließlich dem Vergleich mit der Grundgesamtheit, während bei der eigentlichen Datenauswertung in den nachfolgenden Kapiteln andere, technisch begründete Klassen (s. 3.3.1) gewählt werden.

---

<sup>20</sup> Referenzverteilung gemäß Bandbreiteclusterung der Europäischen Kommission COCOM.

Verteilung der Bandbreiteklasse

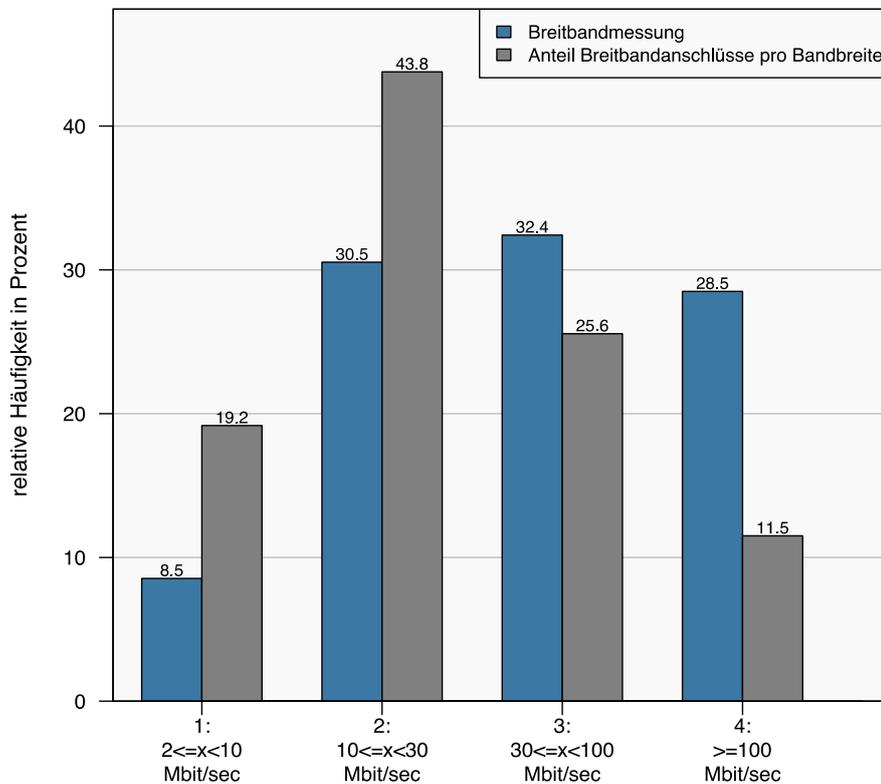


Abbildung 5.1: Verteilung der Anschlüsse der Teilnehmer nach Bandbreiteklasse im Vergleich zur Referenzverteilung (Quelle Referenzverteilung: Bundesnetzagentur, Stand: 31.12.2016)

Es ist auffällig, dass die unteren beiden Bandbreiteklasse unterrepräsentiert sind, die oberen hingegen stärker in der Stichprobe vertreten sind, als bei einer Zufallsstichprobe zu erwarten wäre.

Im Vergleich zum Vorjahreszeitraum besteht sowohl bei den Referenzwerten als auch bei den Messungen ein Trend hin zu höheren Bandbreiteklasse.

## Anbieter

In Abbildung 5.2 werden die prozentualen Anteile der Anbieter in der Stichprobe mit den Marktanteilen der Anbieter laut VATM TK-Marktanalyse vom 18.10.2017 verglichen (s. 3.3.1).

Verteilung der Anbieter

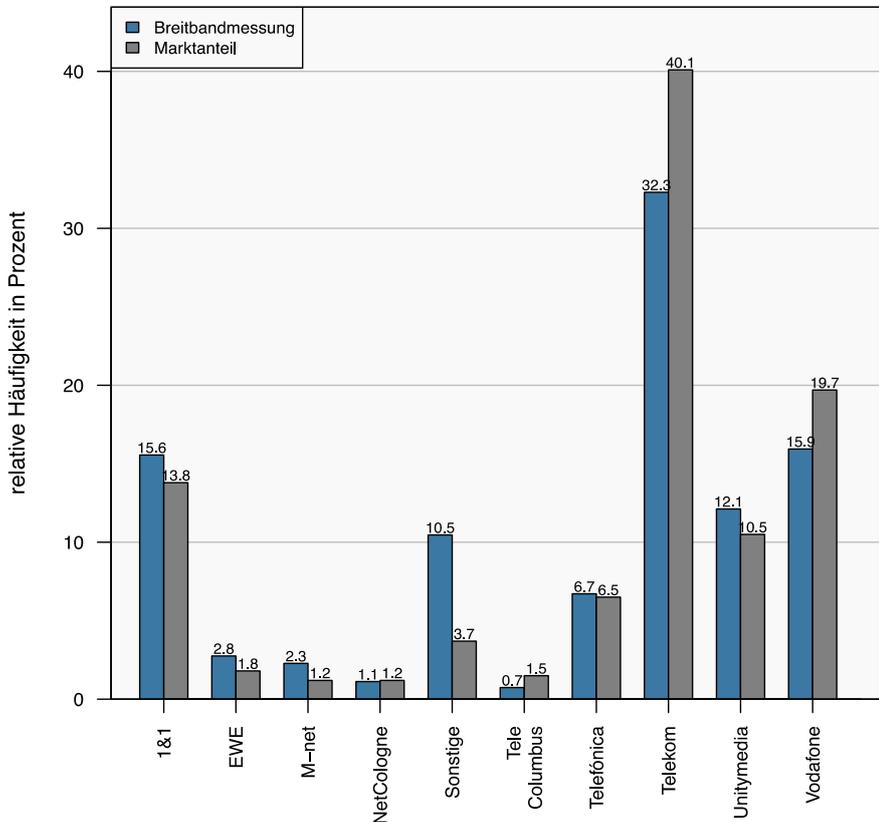


Abbildung 5.2: Verteilung der Anbieter im Vergleich zu den VATM TK-Marktanteilen (Quelle Referenzverteilung: VATM TK-Marktanalyse, Veröffentlichung: 18.10.2017)

Insgesamt zeigt sich, dass die Verteilung der Anbieter in der Breitbandmessung den Marktanteilen ganz gut entspricht. Dennoch können gewisse Abweichungen von der Grundgesamtheit festgestellt werden. Insbesondere sind Telekom-Anschlüsse unterrepräsentiert. Demgegenüber sind kleinere Anbieter (zusammengefasst unter Sonstige) verhältnismäßig stark vertreten. Der Umfang der im Vorjahreszeitraum festgestellten Überrepräsentanz von Unitymedia-Anschlüssen hat sich deutlich verringert.

Abweichungen von der Grundgesamtheit können verschiedene Ursachen haben. Dazu zählen die regional unterschiedliche Berichterstattung oder die Wettbewerbssituation vor Ort. Abweichungen von der Grundgesamtheit können auch darauf

zurückzuführen sein, dass einige Anbieter zur Überprüfung der Datenübertragungsrate auf die Breitbandmessung verweisen.

## Bundesländer

Abbildung 5.3 gibt die Verteilung der Teilnehmer an der Breitbandmessung auf die Bundesländer im Vergleich zur Verteilung der Breitbandanschlüsse wieder.

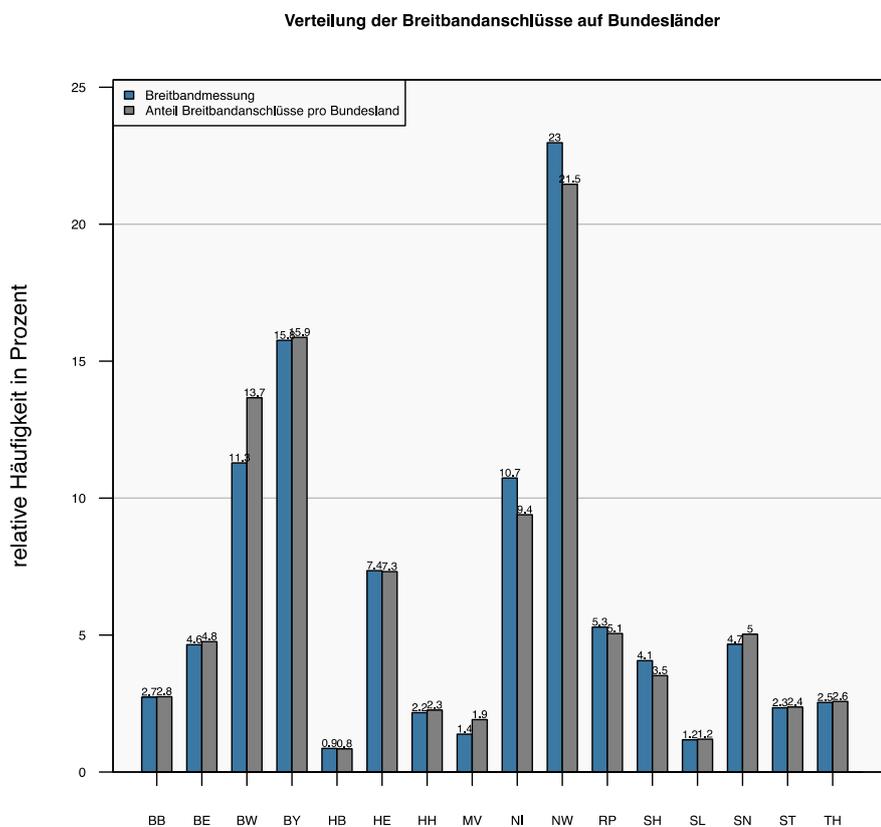


Abbildung 5.3: Verteilung der Teilnehmer auf die Bundesländer im Vergleich zur Verteilung der Breitbandanschlüsse<sup>21</sup> (Quelle Referenzverteilung: Destatis, Stand: 31.12.2015)

Grundlage zur Ermittlung der Verteilung der Breitbandanschlüsse auf die Bundesländer war das Gemeindeverzeichnis des Statistischen

<sup>21</sup> BB: Brandenburg; BE: Berlin; BW: Baden-Württemberg; BY: Bayern; HB: Bremen; HE: Hessen; HH: Hamburg; MV: Mecklenburg-Vorpommern; NI: Niedersachsen; NW: Nordrhein-Westfalen; RP: Rheinland-Pfalz; SH: Schleswig-Holstein; SL: Saarland; SN: Sachsen; ST: Sachsen-Anhalt; TH: Thüringen.

Bundesamtes (s. 3.3.1). Die Messungen spiegeln die regionale Verteilung der Breitbandanschlüsse auf die Bundesländer größtenteils sehr gut wider. Der im Vorjahreszeitraum beobachtete Effekt, dass in Nordrhein-Westfalen wesentlich mehr Messungen von Breitbandanschlüssen durchgeführt wurden, als nach der Verteilung der Breitbandanschlüsse zu erwarten wäre, hat sich deutlich verringert. Die vermutete Ursache dieses Phänomens war eine stark öffentlichkeitswirksame lokale Berichterstattung.

### Geografische Bereiche

Anhand der angegebenen Postleitzahlen wurden die Anschlüsse der Teilnehmer in ländliche, halbstädtische und städtische Anschlüsse klassifiziert und in Abbildung 5.4 mit der Bevölkerungsverteilung auf diese Regionen verglichen. Als Vergleichsgröße wurde die Bevölkerungsstatistik des Statistischen Bundesamtes herangezogen (s. Kapitel 3.3.1).

Verteilung Geografischer Bereich

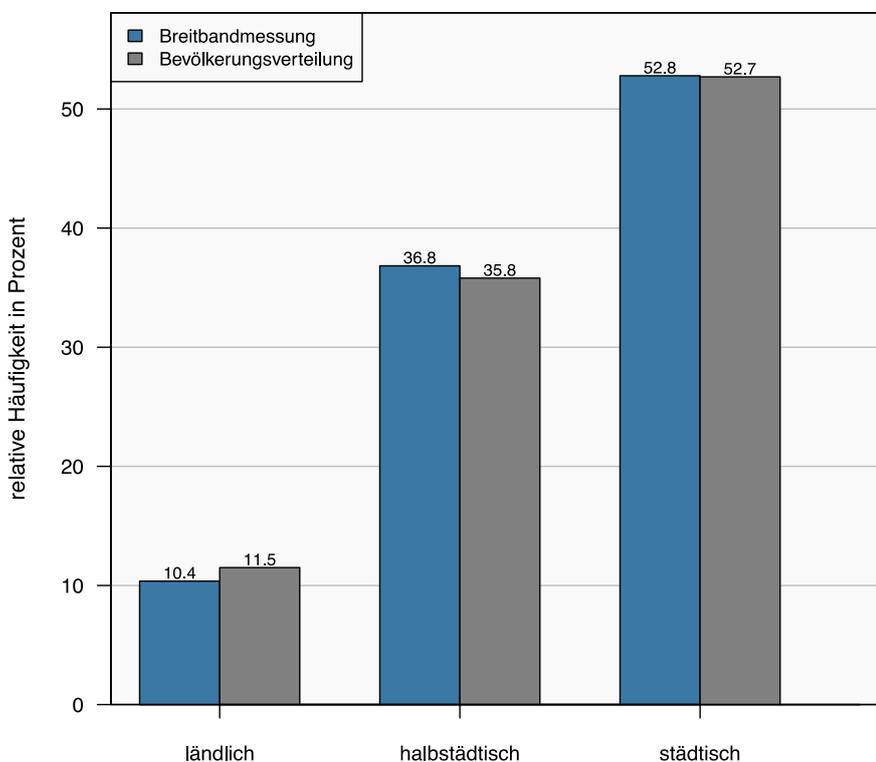


Abbildung 5.4: Verteilung der Teilnehmer nach Regionen im Vergleich zur Bevölkerungsstatistik (Quelle Referenzverteilung: Destatis, Stand: 31.12.2015)

Hier zeigt sich eine insgesamt sehr gute Verteilung der Messergebnisse im Vergleich zur Referenzverteilung. Die Unterrepräsentanz von Teilnehmern aus dem ländlichen Bereich bei gleichzeitiger Überrepräsentanz von Teilnehmern aus dem städtischen Bereich ist gegenüber dem Vorjahreszeitraum zurückgegangen.

### **Fazit**

Die Ergebnisse des durchgeführten statistischen Monitorings zeigen, dass sich die Stichprobe im Hinblick auf die geografische Verteilung (Bundesländer sowie städtische, halbstädtische und ländliche Regionen) der Grundgesamtheit sehr gut annähert.

Die Stichprobe bildet auch die Marktanteile der Anbieter gut ab. Im Vergleich zum Marktanteil sind Telekom-Anschlüsse jedoch unterrepräsentiert. Die kleineren Anbieter sind verhältnismäßig stark vertreten.

Kunden mit hochbitratigen Anschlüssen sind häufiger in der Stichprobe vertreten, als bei einer Zufallsauswahl zu erwarten gewesen wäre. Demgegenüber war die Teilnahmemotivation bei Kunden der unteren Bandbreitklassen offenbar geringer.

## 5.3 Kundenzufriedenheit

### 5.3.1 Stationäre Breitbandanschlüsse

Die Teilnehmer der Breitbandmessung haben vor Durchführung der Messung anhand von Schulnoten (1-6) angegeben, wie zufrieden sie mit ihrem Anbieter sind. Dabei ergaben sich in allen Betrachtungsaspekten eingipfelige Verteilungen. Die überwiegende Anzahl der Teilnehmer bewertete ihren Anbieter positiv (vgl. Abbildung 5.5). Im Vergleich zum Vorjahreszeitraum ist der prozentuale Anteil der Kunden, die ihren Anbieter mit Noten von 1 bis 3 bewerteten, annähernd gleich geblieben (2016/2017: 64,2%; 2015/2016: 65,4%).

Auch im Berichtszeitraum haben somit nicht nur hauptsächlich unzufriedene Kunden an der Breitbandmessung teilgenommen. Dies spricht gegen eine Verzerrung der Stichprobe in diese Richtung.

Verteilung der Kundenzufriedenheit

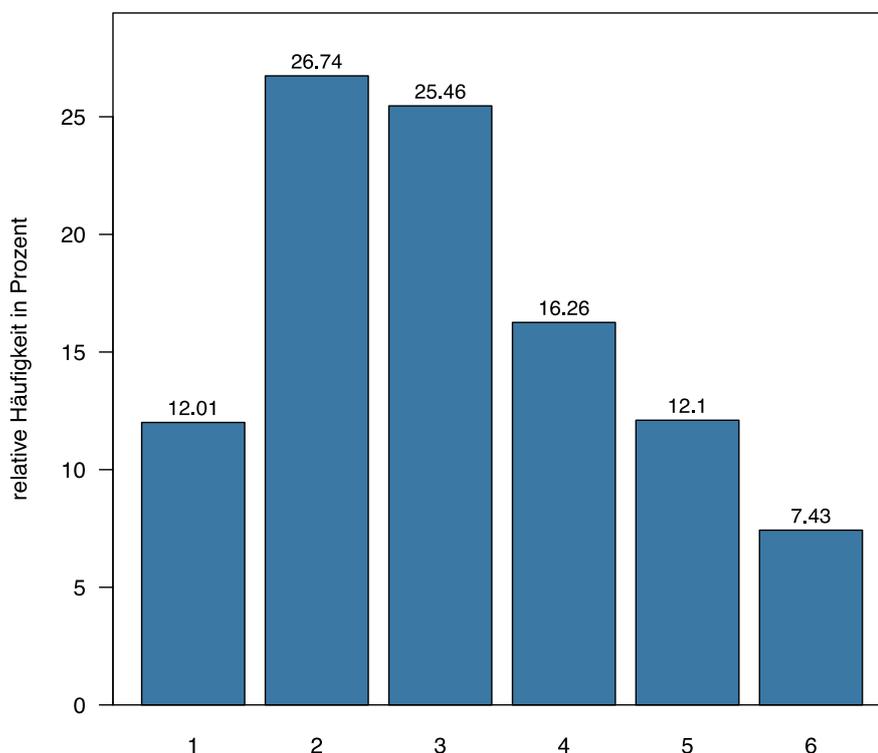
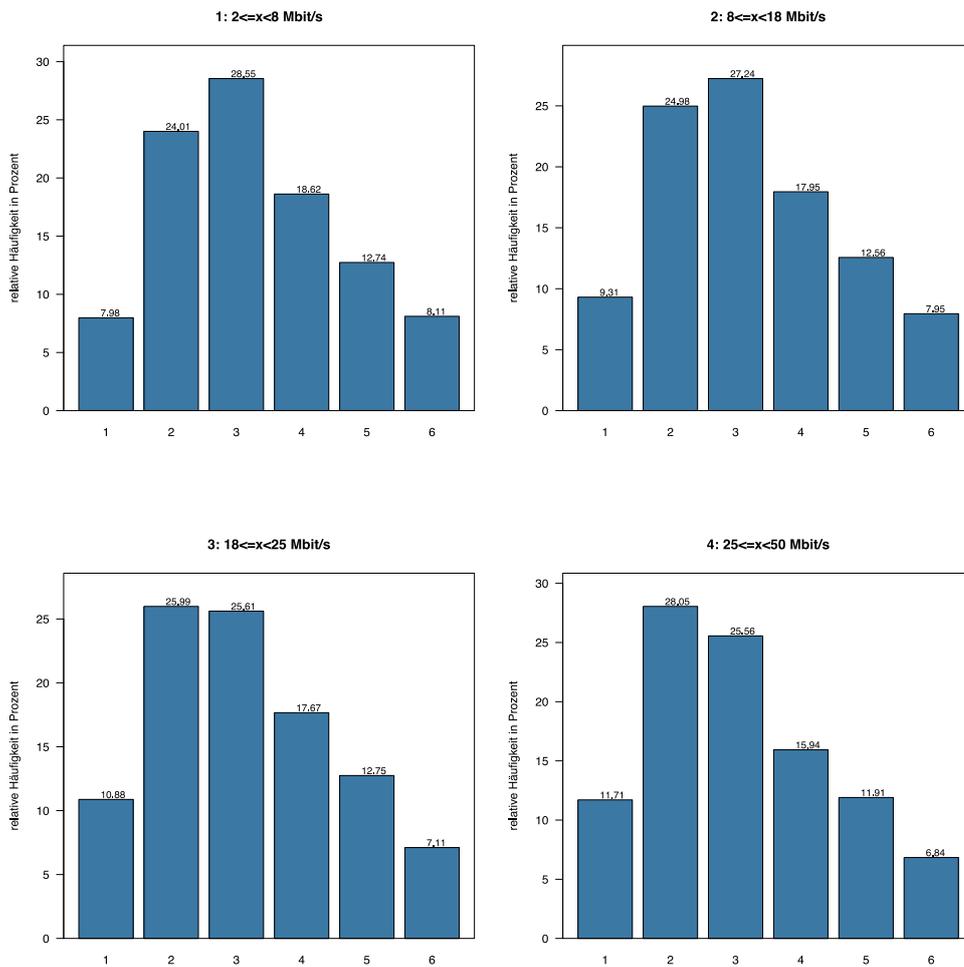


Abbildung 5.5: Verteilung der Kundenzufriedenheit der Teilnehmer (Noten 1="sehr gut" bis 6="ungenügend")

## Bandbreiteklasse

Betrachtet man die Häufigkeiten der Kundenzufriedenheit in den verschiedenen Bandbreiteklassen (s. Abbildung 5.6), so nimmt die Kundenzufriedenheit gemessen an der Häufigkeit der Noten von 1 bis 3 von Bandbreiteklasse 1 bis 5 leicht zu und ist in Bandbreiteklasse 6 und 7 wieder rückläufig.



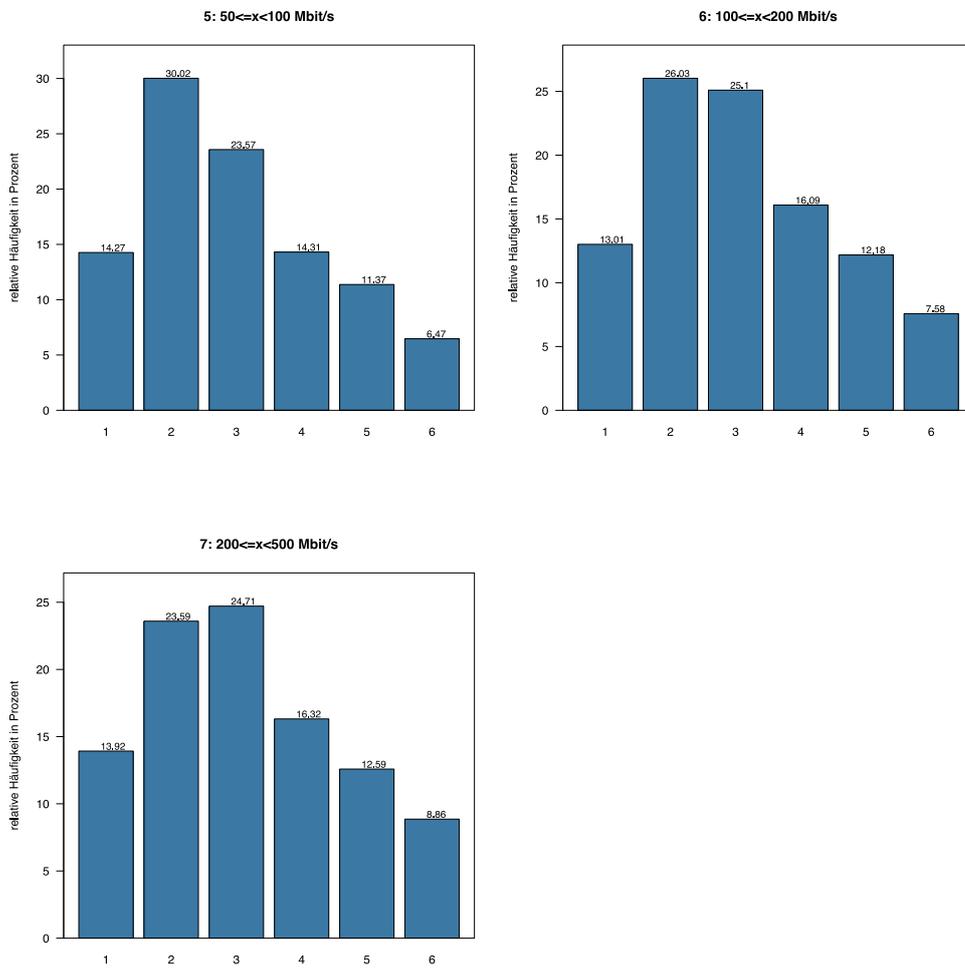


Abbildung 5.6: Verteilung der Kundenzufriedenheit der Teilnehmer nach Bandbreitklassen (Noten 1="sehr gut" bis 6="ungenügend")

## Geografischer Bereich

Wie bereits im Vorjahreszeitraum bestehen in den verschiedenen regionalen Bereichen nur geringe Unterschiede in der Verteilung der Kundenzufriedenheit (s. Abbildung 5.7).

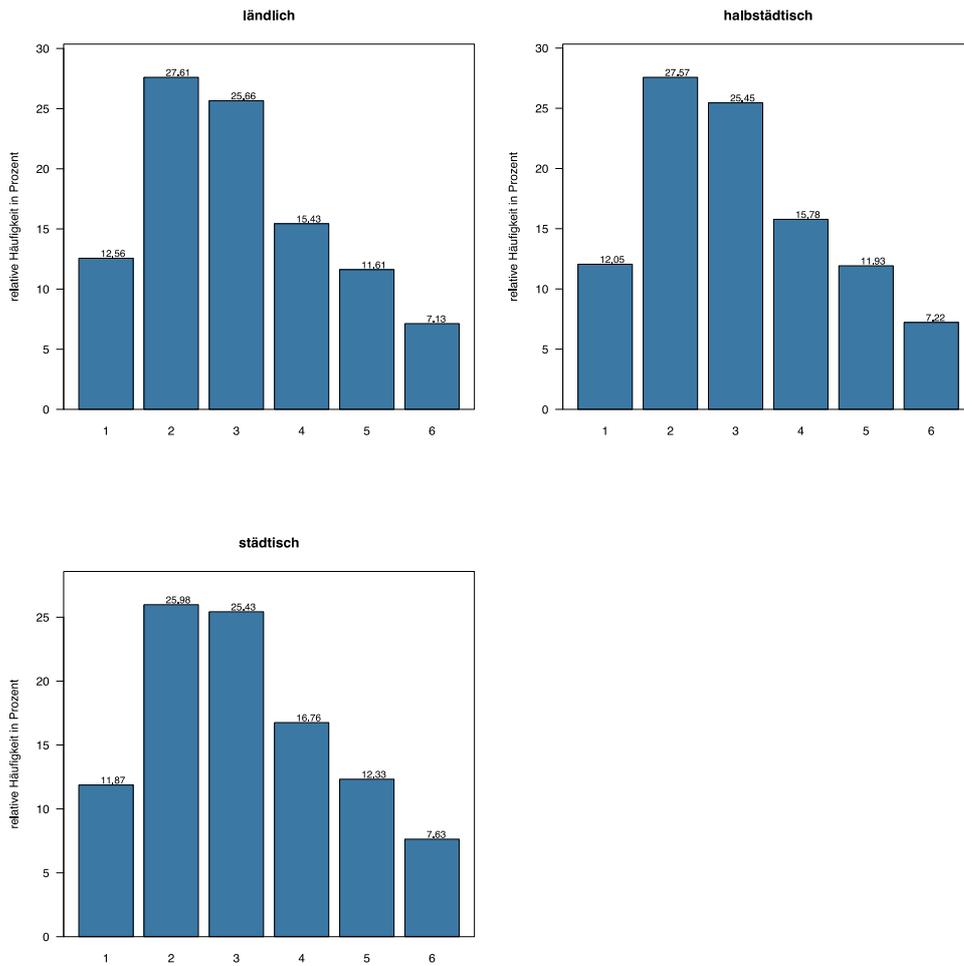


Abbildung 5.7: Verteilung der Kundenzufriedenheit der Teilnehmer nach Regionen (Noten 1="sehr gut" bis 6="ungenügend")

### 5.3.2 Mobile Breitbandanschlüsse

Auch für mobile Anschlüsse wurden die Anbieter überwiegend positiv bewertet (vgl. Abbildung 5.8). Eine Verzerrung der Stichprobe in Richtung besonders unzufriedener Kunden ist auch hier nicht zu erkennen. Tendenziell liegt die von den Teilnehmern angegebene Kundenzufriedenheit von Teilnehmern mit mobilen Anschlüssen über der von Teilnehmern mit stationären Anschlüssen.

Im Vergleich zum Vorjahreszeitraum ist der Anteil der Kunden, die ihren Anbieter mit Noten von 1 bis 3 bewerteten, jedoch zurückgegangen (2016/2017: 76,6%; 2015/2016: 82,8%).

Verteilung der Kundenzufriedenheit

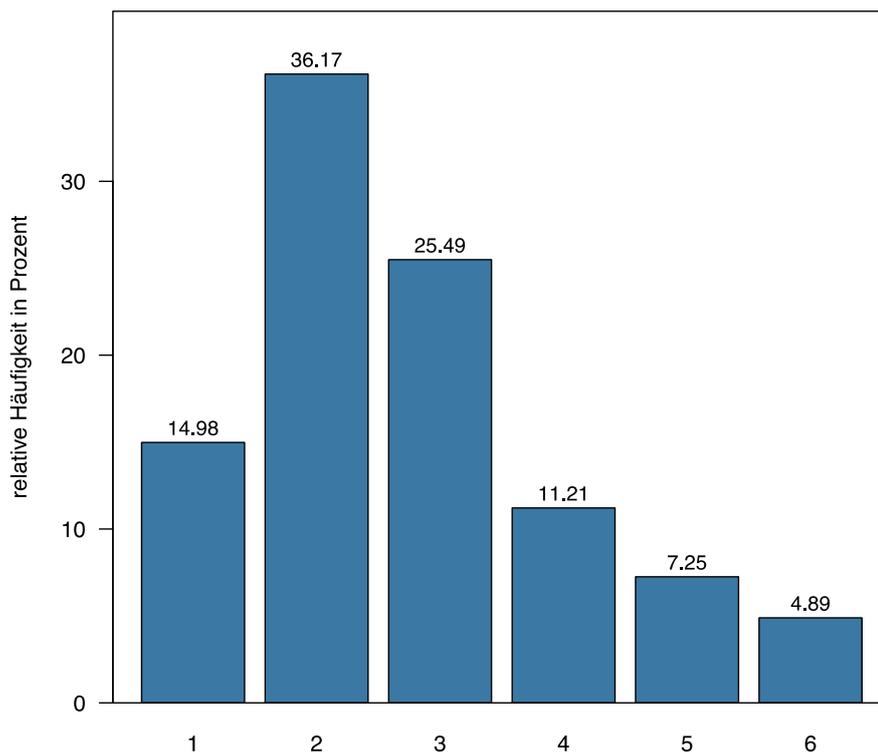
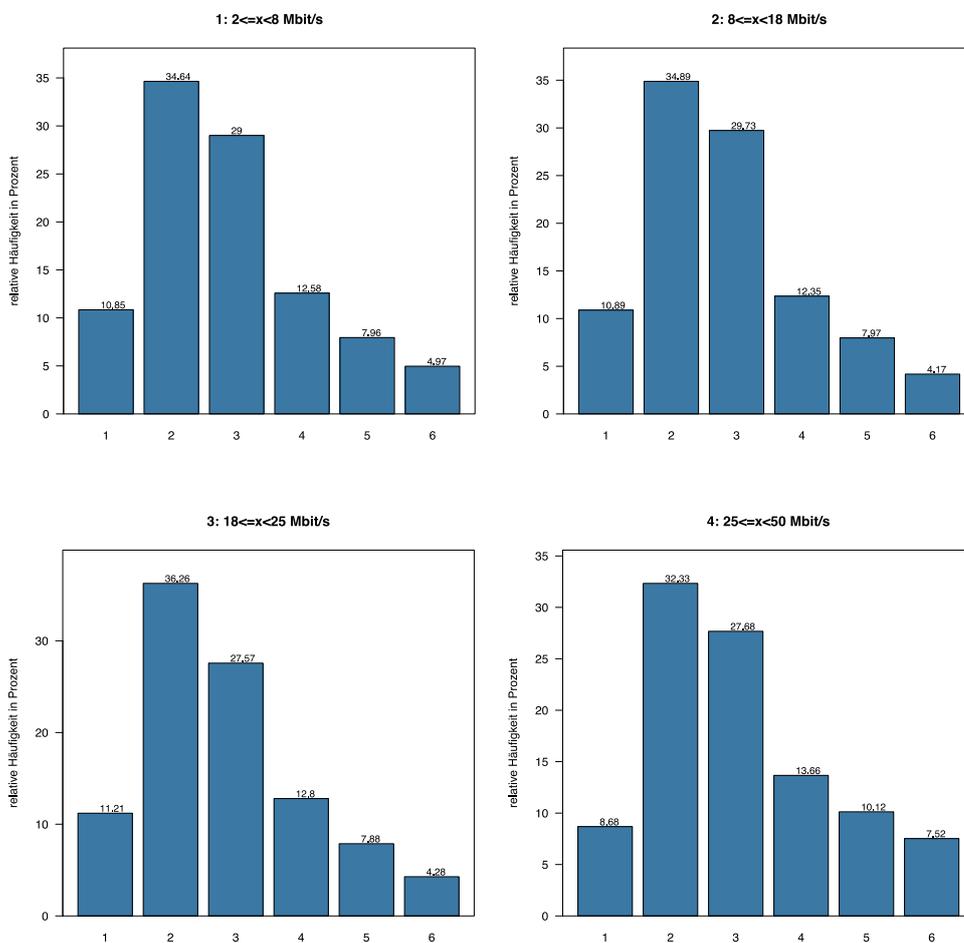


Abbildung 5.8: Verteilung der Kundenzufriedenheit der Teilnehmer (Noten 1="sehr gut" bis 6="ungenügend")

## Bandbreiteklasse

Kunden von Anschlüssen mit höherer vertraglich vereinbarter geschätzter maximaler Datenübertragungsrate (Bandbreiteklasse 6 und 7) sind gemessen an der Häufigkeit der Noten von 1 bis 3 zufriedener mit ihrem Anbieter als solche von Anschlüssen mit geringerer vertraglich vereinbarter geschätzter maximaler Datenübertragungsrate (vgl. Abbildung 5.9).



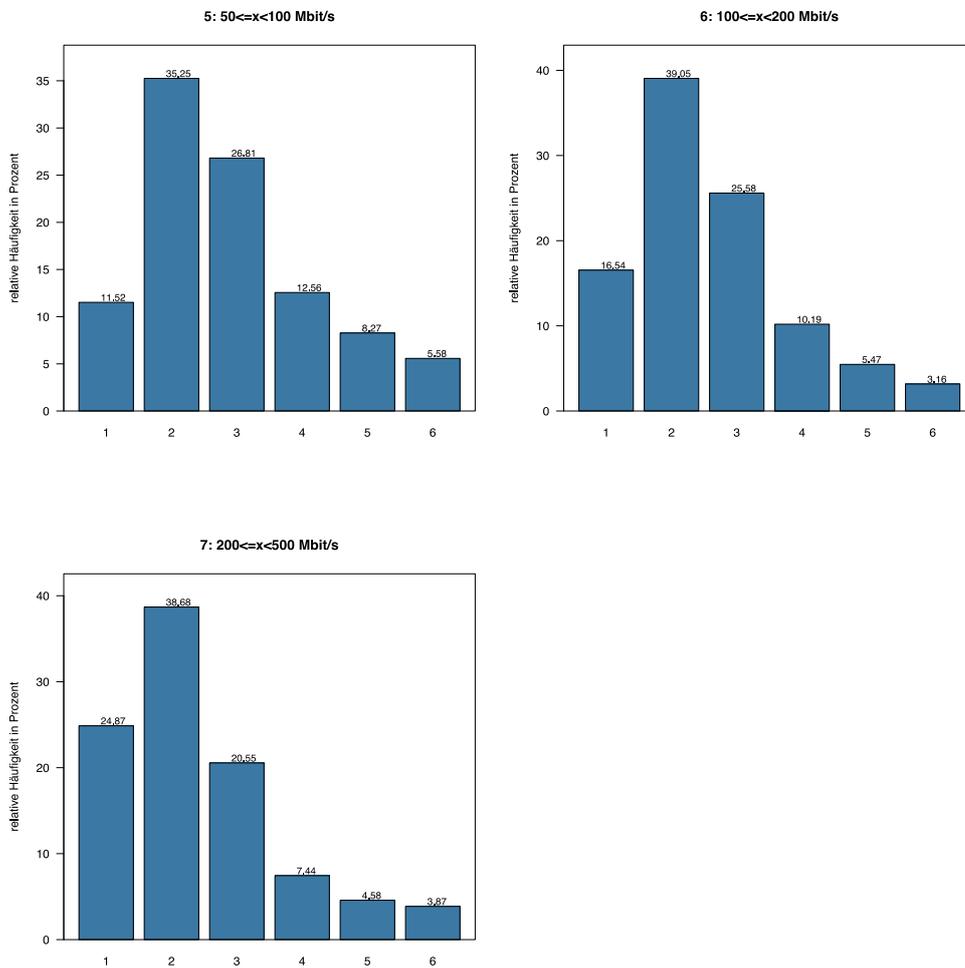


Abbildung 5.9: Verteilung der Kundenzufriedenheit der Teilnehmer nach Bandbreitklassen (Noten 1="sehr gut" bis 6="ungenügend")

## Geografischer Bereich

Die regionale Betrachtung der Kundenzufriedenheit ergibt insgesamt relativ geringe Unterschiede zwischen den Bereichen (s. Abbildung 5.10).

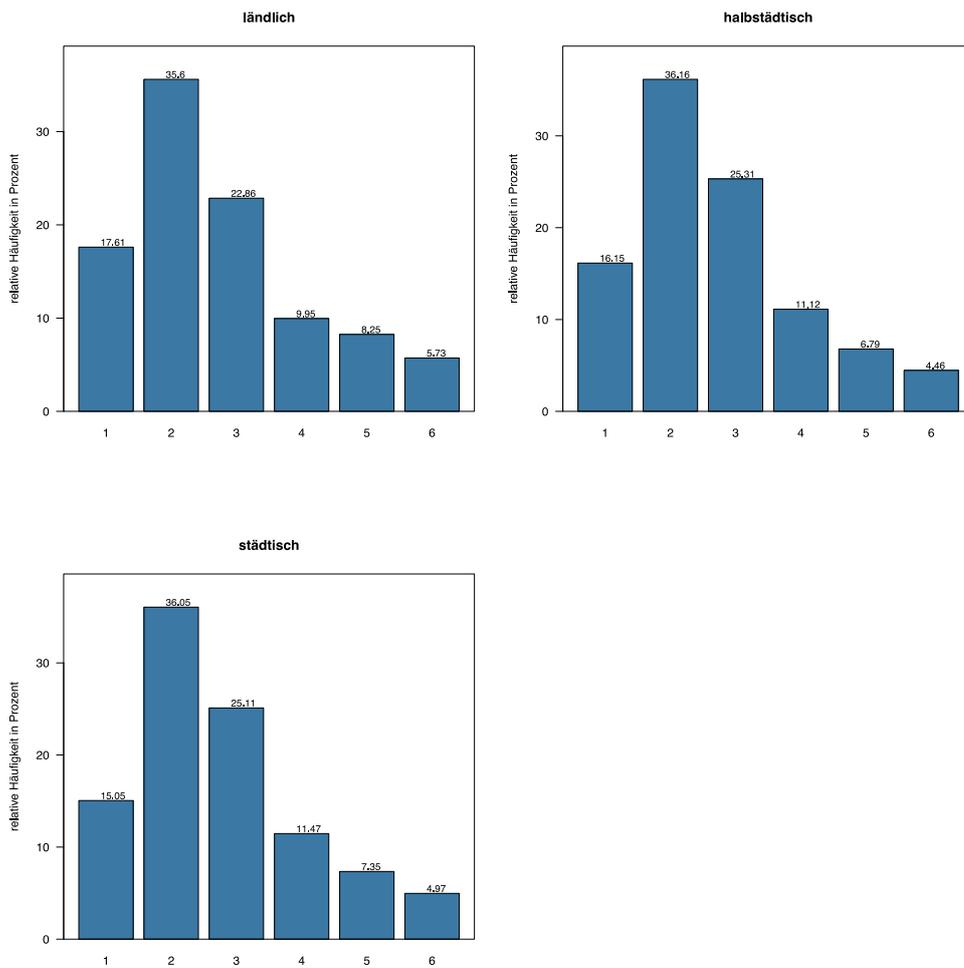


Abbildung 5.10: Verteilung der Kundenzufriedenheit der Teilnehmer nach Regionen (Noten 1="sehr gut" bis 6="ungenügend")

## 6 Stationäre Breitbandanschlüsse

### 6.1 Datenübertragungsrate Download

Der Fokus der Breitbandmessung lag auf der Ermittlung des Verhältniswertes zwischen tatsächlicher Datenübertragungsrate im Download und der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate. Im Rahmen der Breitbandmessung wurden Nutzer nach ihrer vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate befragt. Dem erhobenen Wert wurde die tatsächlich ermittelte Datenübertragungsrate im Download gegenüber gestellt.

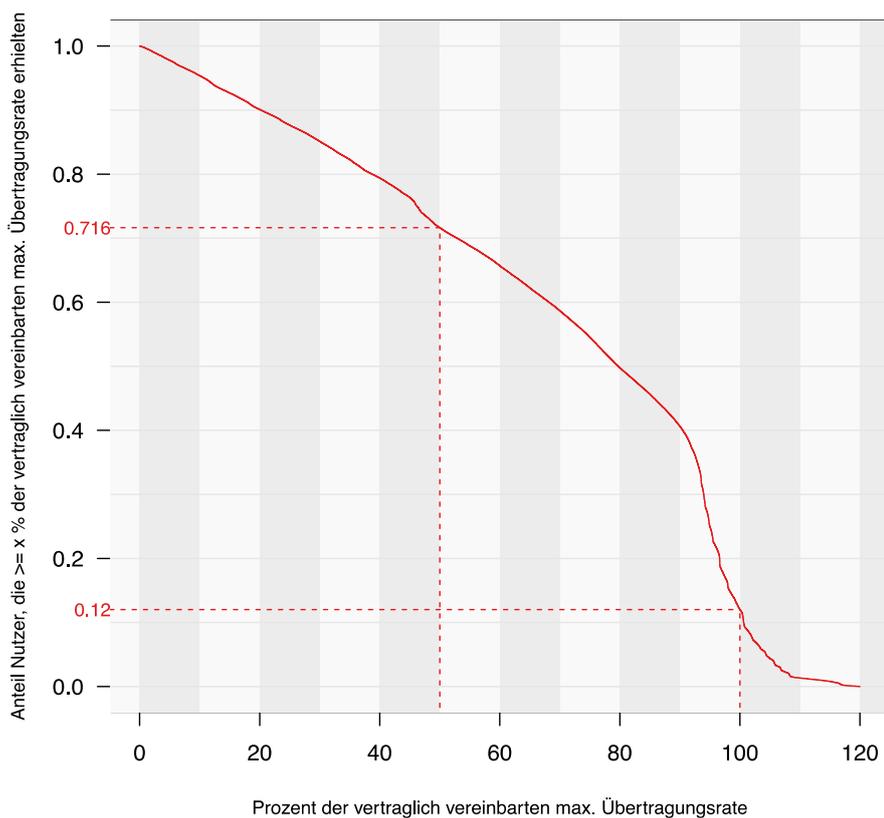


Abbildung 6.1: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download für alle Nutzer in der Stichprobe (N = 437.192)

Das Verhältnis der ermittelten Datenübertragungsrate zur vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate in Prozent wird in Abbildung 6.1 als empirische Verteilungsfunktion<sup>22</sup> der prozentual erreichten Datenübertragungsraten über alle Anbieter und Bandbreiteklassen hinweg dargestellt. Bei 12% der Nutzer wurde die volle vermarktete Datenübertragungsrate (100%) erreicht oder überschritten; 71,6% der Nutzer erreichten mindestens 50% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate. Bei der im Folgenden dargestellten Analyse erfolgt keine separate Auswertung der Technologie. Dennoch spielt diese an vielen Stellen eine Rolle. So ist zu beachten, dass in den Bandbreiteklassen teilweise unterschiedliche Technologien zum Einsatz kommen. Die unteren Bandbreiteklassen sind primär von ADSL-Anschlüssen geprägt. In den höheren Bandbreiteklassen finden sich überwiegend Kabelanschlüsse und teilweise auch Glasfaseranschlüsse.

Die Leistungsfähigkeit eines Anschlusses hängt von den technologischen Rahmenbedingungen ab. Bei ADSL-Infrastrukturen ist beispielsweise die Dämpfung der Anschlussleitung ein besonders wichtiger Faktor. Demgegenüber ist bei Kabelnetzen die gemeinsame Nutzung von Ressourcen (sog. Shared Medium) ein wichtiger Einflussfaktor. Je mehr Nutzer über die Kabelinfrastruktur versorgt werden, desto geringer wird die Datenübertragungsrate sein, die dem einzelnen Nutzer verbleibt, solange die Kapazität des Netzes nicht erweitert wird.

---

<sup>22</sup> Ausführliche Erläuterung der empirischen Verteilungsfunktion s. Kapitel 4.2

### 6.1.1 Bandbreiteklasse

Im Rahmen der Breitbandmessung werden die Breitbandanschlüsse in sieben Bandbreiteklassen eingeteilt (s. Kapitel 4.1). Die Zuordnung einzelner Anschlüsse bzw. der zugrundeliegenden Verträge wurde anhand der von den Nutzern angegebenen vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate im Download vorgenommen.

In Abbildung 6.2 werden die Messergebnisse in den einzelnen Bandbreiteklassen dargestellt. Es sind deutliche Unterschiede erkennbar.

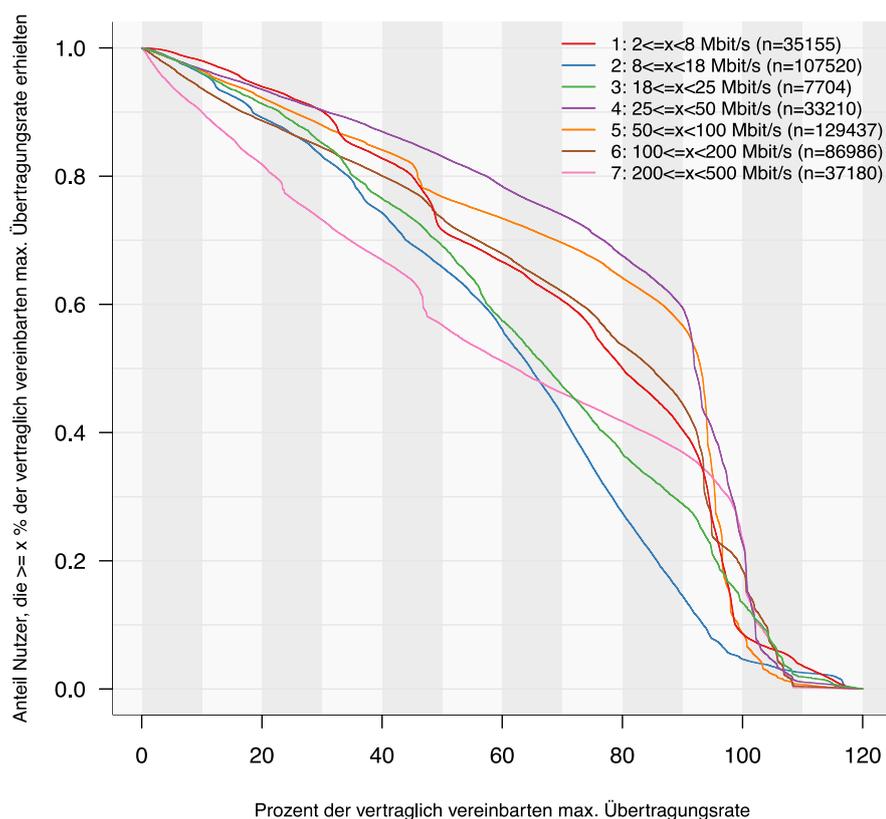


Abbildung 6.2: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bandbreiteklassen

Die Kurven der Bandbreiteklasse 4 (25 Mbit/s bis kleiner 50 Mbit/s) und 5 (50 Mbit/s bis kleiner 100 Mbit/s) fallen zunächst in vergleichsweise geringem Maße und jenseits von 90% der vertraglich vereinbarten maximalen Übertragungsrate stark. Mehr als die Hälfte der Nutzer in diesen beiden Bandbreiteklasse erreicht 90% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate (Bandbreiteklasse 4: 59,5%; Bandbreiteklasse 5: 56,7%); der Anteil der Nutzer, der tatsächlich 100% oder mehr erhalten hat, ist demgegenüber geringer (Bandbreiteklasse 4: 22,7%; Bandbreiteklasse 5: 8,6%).

Andere Kurven fallen von Beginn an stärker und weisen keinen ausgeprägten Knick ab einem bestimmten Wert auf. Besonders deutlich wird dies mit Blick auf die Bandbreiteklasse 2 (8 Mbit/s bis kleiner 18 Mbit/s) und 3 (18 Mbit/s bis kleiner 25 Mbit/s). Die größte Spanne zwischen der obersten und untersten Kurve liegt im Bereich zwischen 80% bis 90% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate vor. Diese beträgt zwischen den einzelnen Kurven bis zu 45 Prozentpunkte. Im Bereich zwischen 80% bis 90% liegen die Bandbreiteklasse 4 (25 Mbit/s bis kleiner 50 Mbit/s) am oberen und die Bandbreiteklasse 2 (8 Mbit/s bis kleiner 18 Mbit/s) am unteren Ende.

In Abbildung 6.3 ist das Verhältnis der ermittelten Datenübertragungsrate zur vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate in den unterschiedlichen Bandbreiteklasse als Boxplot<sup>23</sup> dargestellt.

---

<sup>23</sup> Ausführliche Erläuterung der Boxplots s. Kap. 4.2

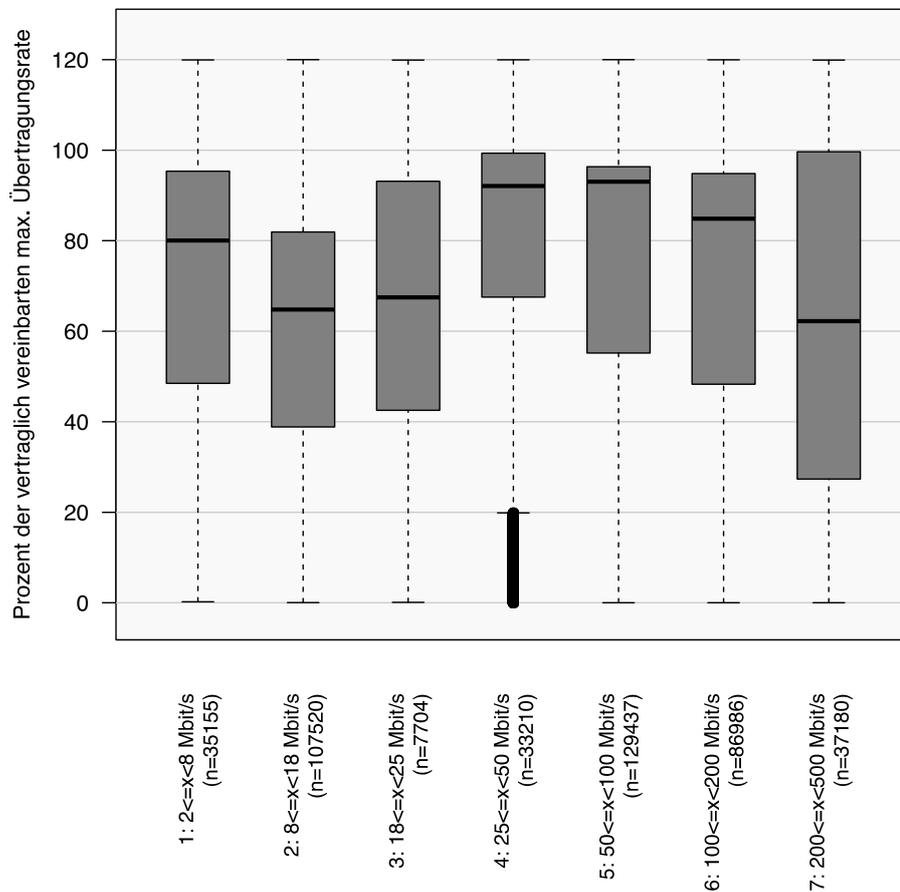


Abbildung 6.3: Boxplot der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bandbreitklassen

Wie bereits in Abbildung 6.2 ersichtlich, zeigen die in den Boxplots dargestellten Mediane Unterschiede zwischen den einzelnen Bandbreitklassen an. Während der Median in den Bandbreitklassen 1, 4, 5 und 6 über 80% liegt – in den Bandbreitklassen 4 und 5 sogar über 90% –, liegt dieser in den Bandbreitklassen 2, 3 und 7 zwischen 60% und 70%.

Auch die Streuung der Messergebnisse variiert zwischen den Bandbreitklassen. So beträgt die Länge der Box in der Bandbreitklasse 4 (25 Mbit/s bis kleiner 50 Mbit/s) 31,8 Prozentpunkte. In Bandbreitklasse 7 (200 Mbit/s bis kleiner 500 Mbit/s) ist die entsprechende Box 72,3 Prozentpunkte lang und damit mehr als doppelt so groß.

Die Tabelle 6.1 stellt ergänzend für ausgewählte Werte die Anteile der Nutzer bezogen auf die einzelnen Bandbreitklassen dar, die mindestens x% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erhalten haben, sowie die dazugehörigen 95%-Konfidenzintervalle, die in den eckigen Klammern ablesbar sind.

Tabelle 6.1: Anteile der Nutzer, die mindestens x% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erhielten und 95%-Konfidenzintervalle nach Bandbreitklassen

Bandbreiteklasse	50%	60%	70%	80%	90%	100%
1: $2 \leq x < 8$ Mbit/s	71.6 [71.1-72.1]	66.6 [66.1-67.1]	60.6 [60.1-61.1]	50.0 [49.5-50.6]	40.4 [39.9-40.9]	8.6 [8.3-8.9]
2: $8 \leq x < 18$ Mbit/s	65.8 [65.5-66.1]	56.1 [55.8-56.4]	42.7 [42.4-43.0]	27.5 [27.2-27.7]	14.5 [14.3-14.8]	4.6 [4.5-4.8]
3: $18 \leq x < 25$ Mbit/s	69.1 [68.1-70.1]	57.4 [56.3-58.5]	47.2 [46.1-48.4]	36.7 [35.7-37.8]	28.9 [27.9-29.9]	13.4 [12.7-14.2]
4: $25 \leq x < 50$ Mbit/s	83.1 [82.7-83.5]	78.4 [78.0-78.9]	74.0 [73.5-74.4]	67.6 [67.1-68.1]	59.5 [59.0-60.0]	22.7 [22.2-23.1]
5: $50 \leq x < 100$ Mbit/s	76.8 [76.5-77.0]	73.4 [73.2-73.6]	69.6 [69.3-69.8]	64.1 [63.9-64.4]	56.7 [56.4-57.0]	8.6 [8.5-8.8]
6: $100 \leq x < 200$ Mbit/s	73.4 [73.1-73.7]	67.9 [67.6-68.2]	62.0 [61.7-62.3]	53.6 [53.3-54.0]	44.5 [44.1-44.8]	18.5 [18.3-18.8]
7: $200 \leq x < 500$ Mbit/s	56.7 [56.2-57.3]	51.1 [50.6-51.6]	46.2 [45.7-46.7]	41.7 [41.2-42.3]	36.9 [36.4-37.4]	23.3 [22.9-23.7]

### 6.1.2 Anbieter

In diesem Abschnitt werden die Messungen der Datenübertragungsrate im Download in Gruppen von je acht Anbietern nach absteigender Anzahl valider Messungen dargestellt. Wie oben beschrieben (s. Kapitel 4.3) wurde eine Anzahl von mindestens 400 validen Messungen zugrunde gelegt, bevor eine separate Darstellung für einen einzelnen Anbieter erfolgt.

Insgesamt liegt für eine Anzahl von 41 einzelnen Anbietern eine entsprechende Zahl an validen Messungen vor. Die Abbildung 6.4 enthält die Verteilungsfunktionen der entsprechenden Anbieter.<sup>24</sup> In der Gruppe „Sonstige“ werden Anbieter zusammengefasst, die die nötige Anzahl nicht erreicht haben.

<sup>24</sup> Beim Anbieter 1&1 besteht neben der manuellen Auswahl des Tarif-Typs auch die Möglichkeit eines automatischen Abrufs der Tarifinformationen.

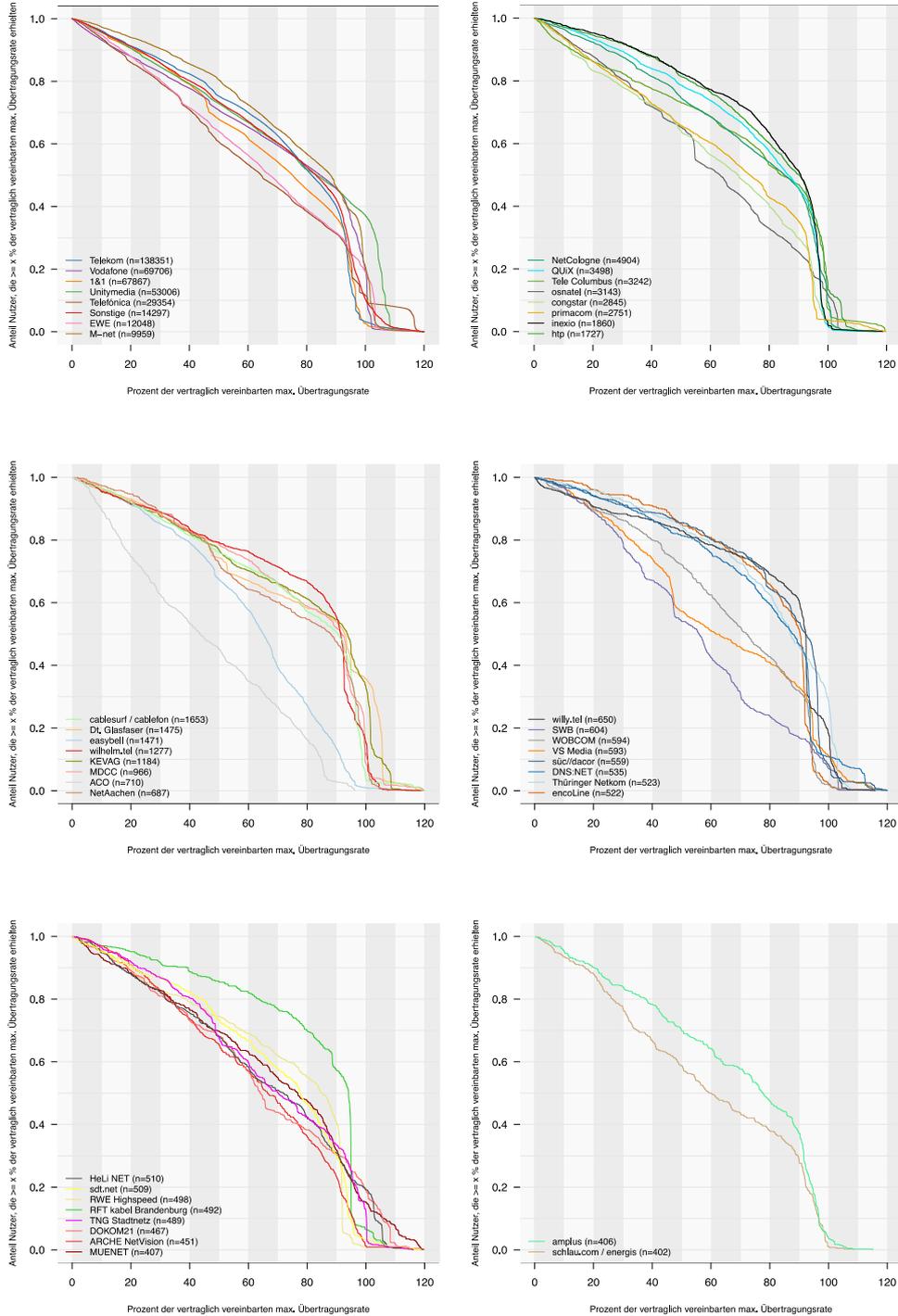


Abbildung 6.4: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach Anbietern

Mit Blick auf die Anzahl der Nutzer, die tatsächlich 100% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erreichten, fallen die Ergebnisse bezogen auf die einzelnen Anbieter unterschiedlich aus. Die Spannweite reicht von 0% bis 37,1% der Nutzer des jeweiligen Anbieters (vgl. Tabelle 6.2). Beim Großteil der Anbieter erreichte mindestens ein Viertel der Kunden 90% der vertraglich vereinbarten Rate. Der höchste Wert liegt hier bei 60,5% der Nutzer. Bei vier Anbietern erreichte ein geringerer Anteil der Nutzer 90% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate.

Bei fast allen einzeln dargestellten Anbietern erreichte die Hälfte aller Nutzer mindestens 60% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate (vgl. auch Abb. 6.7); zwei Anbieter liegen hier darunter. Der höchste Wert liegt bei 94,1%.

In Abbildung 6.5 ist das Verhältnis der ermittelten Datenübertragungsrate zur vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate für die einzelnen Anbieter als Boxplot dargestellt.

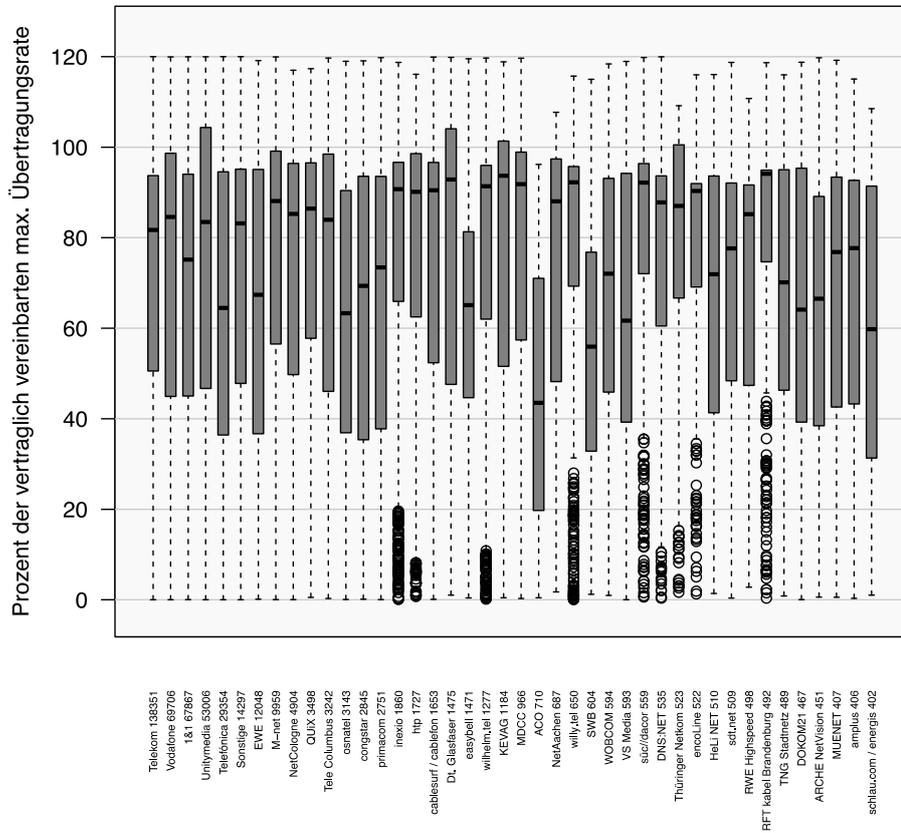


Abbildung 6.5: Boxplot der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach Anbietern

Die Tabelle 6.2 stellt die Anteile der Nutzer bezogen auf den jeweiligen Anbieter dar, die mindestens x% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erhalten haben, sowie die dazugehörigen 95%-Konfidenzintervalle.

Tabelle 6.2: Anteile der Nutzer, die mindestens x% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erhielten und 95%-Konfidenzintervalle nach Anbietern

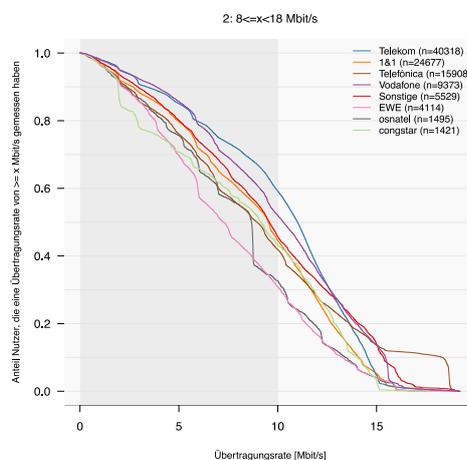
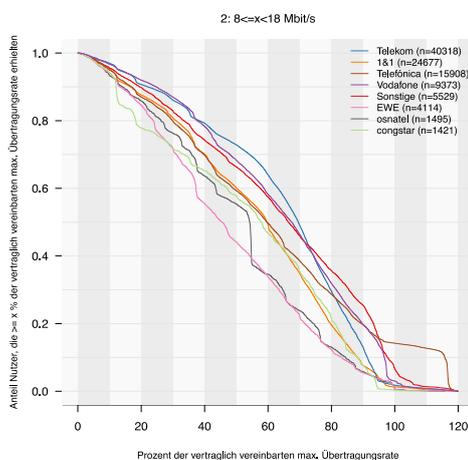
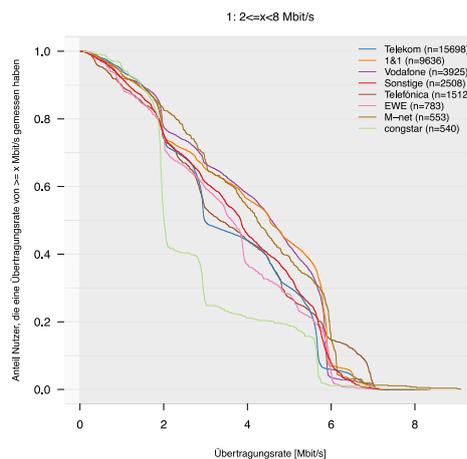
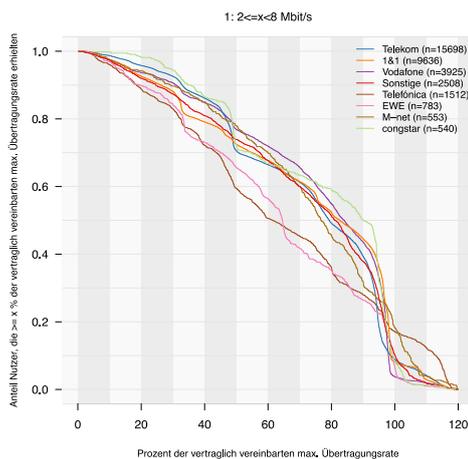
Anbieter	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Telekom	75.3 [75.1-75.5]	70.0 [69.8-70.3]	62.7 [62.5-63.0]	51.8 [51.5-52.1]	40.2 [39.9-40.5]	3.2 [3.1-3.3]
Vodafone	70.8 [70.5-71.1]	65.4 [65.0-65.7]	59.6 [59.2-60.0]	53.1 [52.7-53.5]	45.7 [45.4-46.1]	19.5 [19.2-19.7]
1&1	67.9 [67.5-68.2]	61.9 [61.5-62.3]	54.3 [53.9-54.7]	45.5 [45.1-45.8]	36.5 [36.2-36.9]	2.6 [2.5-2.7]
Unitymedia	72.9 [72.5-73.3]	66.8 [66.4-67.2]	60.2 [59.8-60.6]	51.8 [51.4-52.3]	45.8 [45.4-46.3]	37.1 [36.7-37.5]
Telefónica	60.7 [60.1-61.2]	53.4 [52.8-54.0]	46.0 [45.4-46.6]	38.4 [37.9-39.0]	31.3 [30.8-31.9]	11.5 [11.2-11.9]
Sonstige	73.4 [72.7-74.2]	67.2 [66.5-68.0]	60.4 [59.6-61.2]	52.6 [51.8-53.4]	42.4 [41.6-43.2]	10.4 [9.9-10.9]
EWE	64.1 [63.2-64.9]	56.4 [55.5-57.3]	47.8 [46.9-48.7]	39.1 [38.2-40.0]	31.7 [30.9-32.5]	19.0 [18.3-19.7]
M-net	80.5 [79.7-81.2]	72.5 [71.6-73.3]	64.8 [63.8-65.7]	56.8 [55.9-57.8]	46.4 [45.4-47.4]	20.8 [20.0-21.6]
NetCologne	74.6 [73.3-75.8]	68.6 [67.3-69.9]	61.3 [60.0-62.7]	54.0 [52.6-55.4]	45.8 [44.4-47.2]	9.4 [8.6-10.2]
QUiX	78.6 [77.3-80.0]	73.8 [72.3-75.2]	67.1 [65.5-68.6]	57.5 [55.9-59.1]	46.1 [44.4-47.7]	1.8 [1.4-2.3]
Tele Columbus	73.1 [71.5-74.6]	68.7 [67.1-70.3]	62.6 [60.9-64.2]	53.1 [51.4-54.9]	46.9 [45.2-48.6]	7.2 [6.4-8.2]
osnatel	65.2 [63.5-66.8]	52.1 [50.3-53.8]	43.6 [41.9-45.4]	33.0 [31.3-34.6]	25.4 [23.9-26.9]	11.8 [10.8-13.0]
congstar	64.0 [62.3-65.8]	56.4 [54.5-58.2]	49.1 [47.2-50.9]	40.3 [38.5-42.1]	29.9 [28.2-31.6]	3.2 [2.6-3.9]
primacom	65.8 [64.0-67.5]	60.2 [58.4-62.0]	52.8 [50.9-54.6]	42.9 [41.0-44.7]	35.2 [33.4-37.0]	3.7 [3.1-4.5]
inexio	82.4 [80.6-84.1]	77.3 [75.3-79.1]	72.3 [70.2-74.2]	63.5 [61.3-65.7]	51.3 [49.1-53.6]	2.3 [1.7-3.1]
htp	81.4 [79.5-83.2]	76.5 [74.4-78.4]	69.0 [66.7-71.1]	60.2 [57.8-62.4]	50.1 [47.8-52.5]	14.7 [13.1-16.5]
cablesurf / cablefon	76.0 [73.9-78.0]	71.1 [68.9-73.3]	65.9 [63.6-68.1]	57.1 [54.7-59.5]	50.6 [48.2-53.0]	4.1 [3.2-5.1]
Dt. Glasfaser	74.3 [72.0-76.5]	67.1 [64.6-69.4]	62.7 [60.2-65.1]	58.4 [55.8-60.9]	53.8 [51.2-56.3]	35.6 [33.2-38.1]
easybell	67.3 [64.9-69.7]	57.7 [55.2-60.2]	39.4 [37.0-42.0]	27.3 [25.0-29.6]	13.4 [11.7-15.2]	1.0 [0.6-1.6]

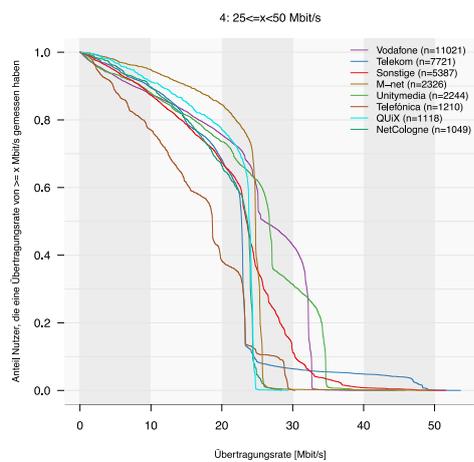
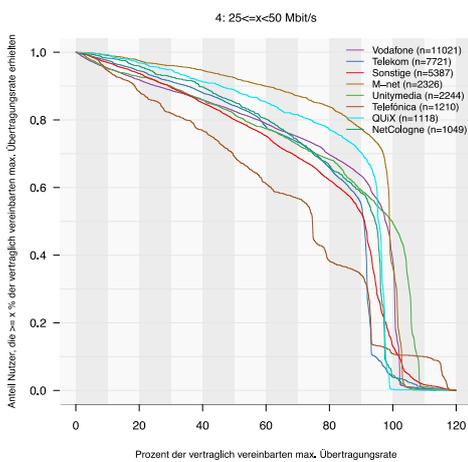
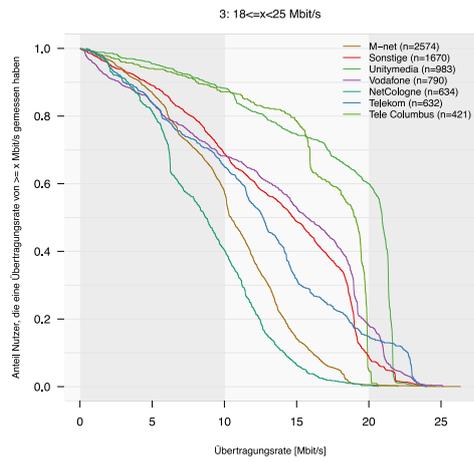
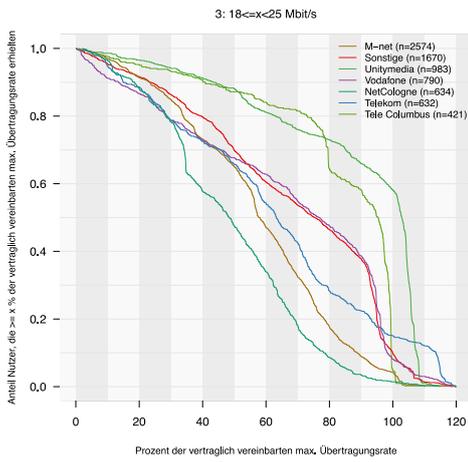
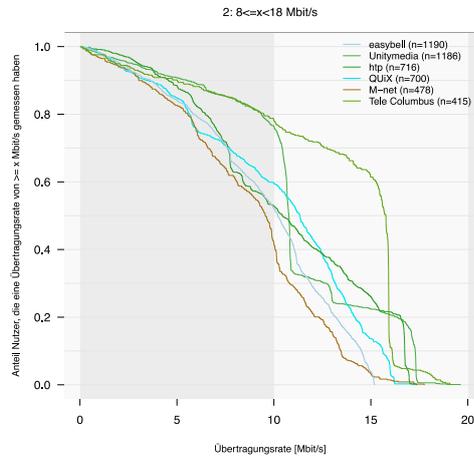
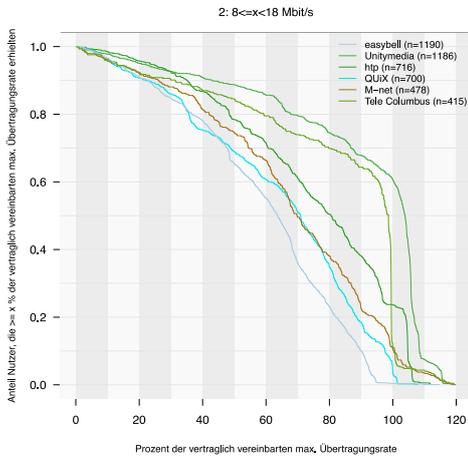
Anbieter	50%	60%	70%	80%	90%	100%
wilhelm.tel	79.2 [76.9-81.4]	76.4 [73.9-78.6]	71.4 [68.9-73.8]	66.8 [64.2-69.3]	55.5 [52.8-58.2]	15.3 [13.5-17.4]
KEVAG	76.9 [74.5-79.3]	70.2 [67.5-72.7]	66.1 [63.4-68.8]	61.2 [58.4-64.0]	54.5 [51.6-57.3]	33.1 [30.5-35.8]
MDCC	78.6 [75.9-81.0]	73.6 [70.7-76.3]	66.3 [63.2-69.2]	58.9 [55.8-62.0]	52.0 [48.8-55.1]	8.7 [7.1-10.6]
ACO	45.2 [41.6-48.9]	34.8 [31.4-38.4]	26.8 [23.6-30.1]	16.3 [13.8-19.2]	3.0 [1.9-4.5]	0.0 [0.0-0.5]
NetAachen	72.3 [68.9-75.6]	64.2 [60.5-67.7]	60.1 [56.4-63.7]	54.7 [51.0-58.4]	47.6 [43.9-51.3]	11.6 [9.5-14.3]
willy.tel	82.9 [79.8-85.6]	78.5 [75.1-81.4]	74.8 [71.3-78.0]	69.1 [65.4-72.5]	60.5 [56.7-64.1]	18.3 [15.5-21.5]
SWB	54.0 [50.0-57.9]	42.5 [38.7-46.5]	31.1 [27.6-34.9]	23.8 [20.6-27.4]	16.9 [14.1-20.1]	7.1 [5.3-9.5]
WOBCOM	72.2 [68.5-75.7]	62.5 [58.5-66.3]	52.2 [48.2-56.2]	42.8 [38.8-46.8]	32.0 [28.4-35.8]	1.9 [1.0-3.3]
VS Media	57.3 [53.3-61.3]	50.9 [46.9-54.9]	45.7 [41.7-49.7]	41.0 [37.1-45.0]	33.1 [29.4-36.9]	11.1 [8.8-13.9]
süc//dacor	85.5 [82.3-88.2]	80.3 [76.8-83.4]	76.2 [72.5-79.6]	64.4 [60.3-68.3]	53.7 [49.5-57.8]	8.4 [6.4-11.0]
DNS:NET	81.3 [77.8-84.4]	75.9 [72.1-79.3]	69.3 [65.3-73.1]	59.4 [55.2-63.5]	46.5 [42.4-50.8]	10.8 [8.5-13.8]
Thüringer Netkom	84.5 [81.2-87.4]	78.6 [74.9-81.9]	72.7 [68.7-76.3]	62.3 [58.1-66.4]	46.3 [42.0-50.6]	28.7 [25.0-32.7]
encoLine	85.1 [81.7-87.9]	80.8 [77.2-84.0]	74.5 [70.6-78.1]	65.9 [61.7-69.8]	51.5 [47.2-55.8]	2.1 [1.2-3.7]
HeLi NET	68.0 [63.9-71.9]	58.4 [54.1-62.6]	51.0 [46.7-55.3]	42.2 [37.9-46.5]	31.0 [27.1-35.1]	19.2 [16.0-22.9]
sdt.net	73.3 [69.3-76.9]	66.6 [62.4-70.6]	57.8 [53.4-62.0]	46.6 [42.3-50.9]	29.9 [26.0-34.0]	3.3 [2.1-5.3]
RWE Highspeed	74.5 [70.5-78.1]	68.9 [64.7-72.8]	62.0 [57.7-66.2]	55.2 [50.8-59.5]	40.6 [36.3-44.9]	1.0 [0.4-2.3]
RFT kabel Brandenburg	85.4 [82.0-88.2]	81.9 [78.3-85.1]	76.8 [72.9-80.3]	69.9 [65.7-73.8]	57.3 [52.9-61.6]	6.5 [4.6-9.0]
TNG Stadtnetz	67.7 [63.4-71.7]	59.7 [55.3-64.0]	50.1 [45.7-54.5]	42.3 [38.0-46.8]	33.3 [29.3-37.6]	12.1 [9.5-15.3]
DOKOM21	68.1 [63.7-72.2]	57.0 [52.4-61.4]	43.9 [39.5-48.4]	38.3 [34.0-42.8]	30.4 [26.4-34.7]	19.1 [15.8-22.9]
ARCHE NetVision	65.4 [60.9-69.7]	57.2 [52.6-61.7]	46.8 [42.2-51.4]	36.1 [31.8-40.7]	23.3 [19.6-27.4]	1.3 [0.6-2.9]
MUENET	69.8 [65.1-74.0]	63.1 [58.4-67.7]	55.0 [50.2-59.8]	47.4 [42.6-52.3]	31.7 [27.4-36.4]	15.2 [12.1-19.0]
amplus	70.2 [65.6-74.4]	64.0 [59.3-68.6]	57.6 [52.8-62.3]	47.5 [42.7-52.4]	37.2 [32.6-42.0]	3.9 [2.4-6.3]
schlau.com / energis	58.7 [53.8-63.4]	50.0 [45.1-54.9]	43.8 [39.0-48.7]	38.1 [33.4-42.9]	28.1 [23.9-32.7]	1.0 [0.4-2.5]

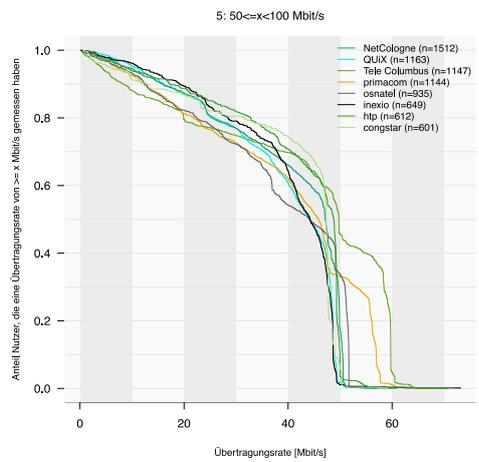
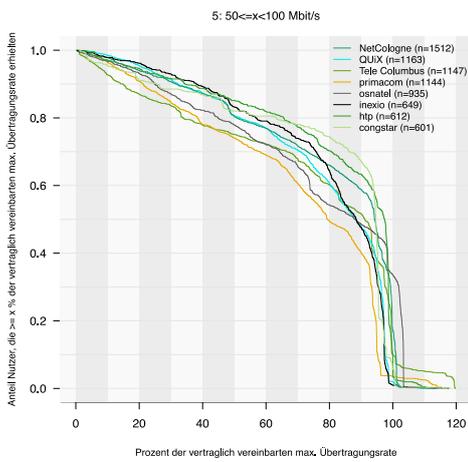
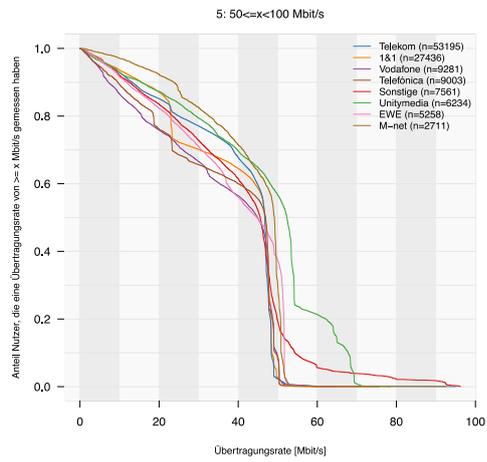
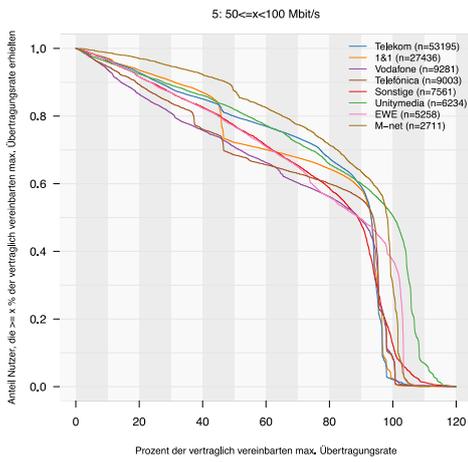
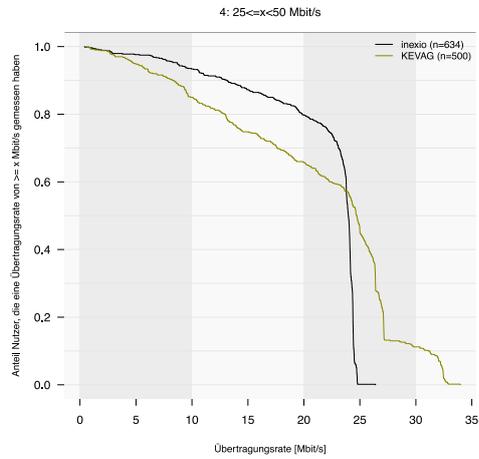
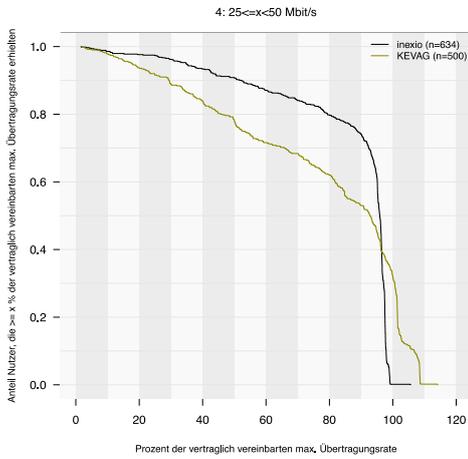
## Anbieter je Bandbreiteklasse

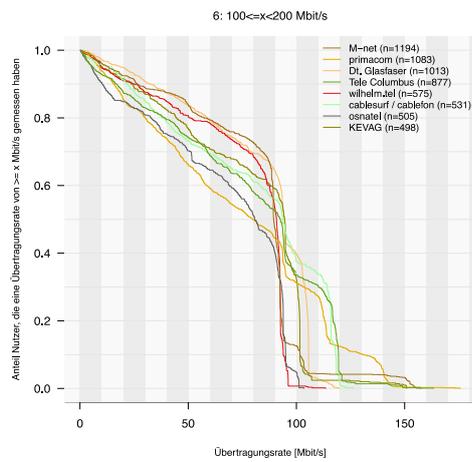
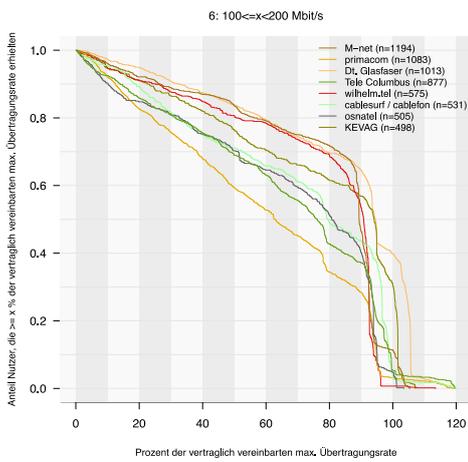
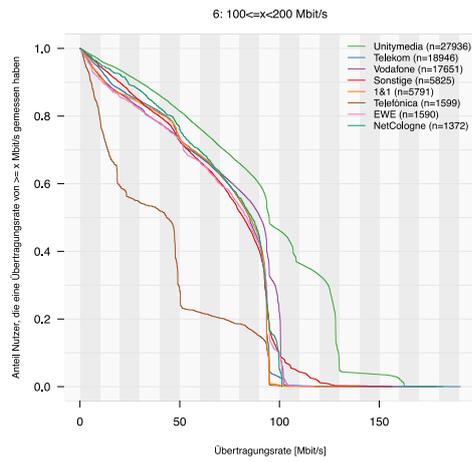
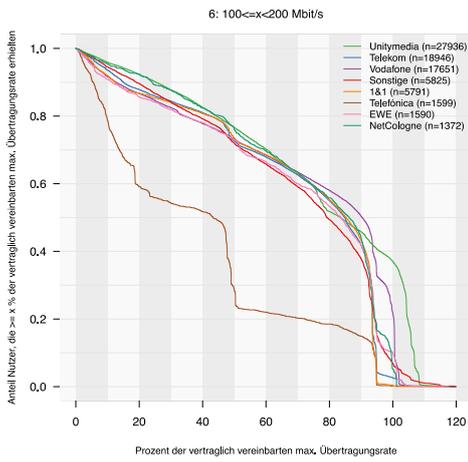
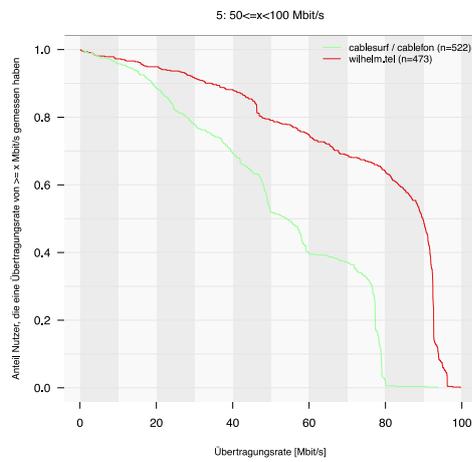
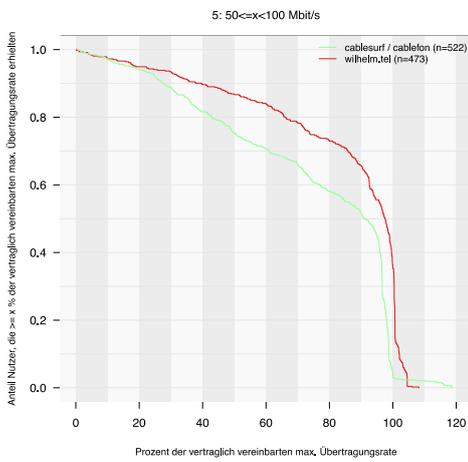
In den folgenden Abbildungen werden die Verteilungen nach Anbieter und Bandbreiteklasse dargestellt. Anbieter mit weniger als 400 validen Messungen werden in den einzelnen Bandbreiteklassen jeweils zur Gruppe „Sonstige“ zusammengefasst.

Die Abbildung 6.6 zeigt die Messergebnisse in den einzelnen Klassen. Es werden je Bandbreiteklasse das prozentuale Verhältnis von tatsächlicher zu vertraglich vereinbarter maximaler Datenübertragungsrate sowie die ermittelte Datenübertragungsrate im Download in Mbit/s bezogen auf den Anteil der Nutzer, die einen entsprechenden Wert mit Blick auf den jeweiligen Anbieter erhalten, dargestellt.









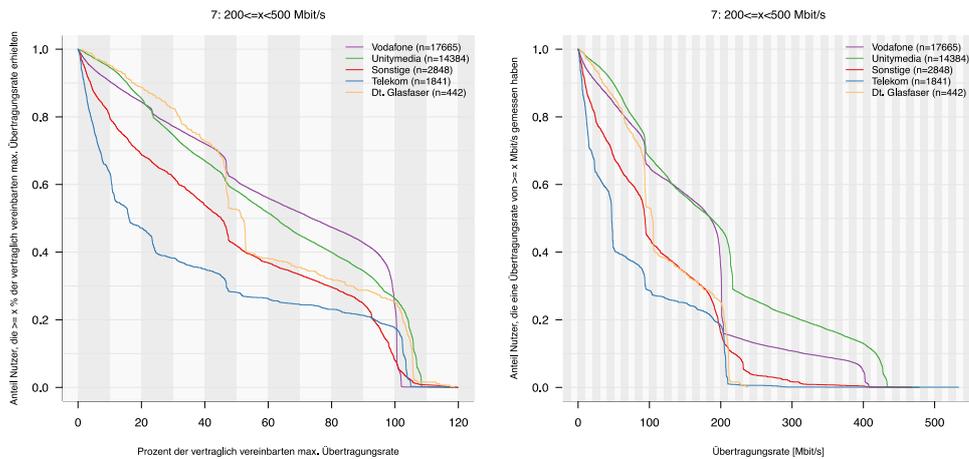


Abbildung 6.6: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual (links) und absolut (rechts) erreichten Datenübertragungsrate Download nach Anbietern je Bandbreiteklasse

Wie oben bereits beschrieben (s. 6.1.1), unterscheiden sich die erzielten Ergebnisse in den einzelnen Bandbreiteklassen. Dies betrifft sowohl das prozentuale Verhältnis von tatsächlicher zu vertraglich vereinbarter maximaler Datenübertragungsrate als auch die ermittelte Datenübertragungsrate im Download in Mbit/s.

In den Bandbreiteklassen 2 (8 Mbit/s bis kleiner 18 Mbit/s) und 3 (18 Mbit/s bis kleiner 25 Mbit/s) heben sich beispielsweise die Kurvenverläufe zweier Kabelnetzbetreiber von den Kurvenverläufen anderer Anbieter ab, die auch auf DSL-Infrastrukturen basierende Produkte anbieten.

In der Bandbreiteklasse 5 (50 Mbit/s bis kleiner 100 Mbit/s) wurden die homogensten Ergebnisse erzielt.

Im Rahmen der Breitbandmessung werden die Tarifinformationen der Anbieter mittels Auswahlmenü vorgefiltert. Dabei wird auf die seitens der TK-Unternehmen gemeldeten Tarifdaten zurückgegriffen. Die individuelle Tarifauswahl erfolgt durch den Nutzer. Eine fehlerhafte Tarifauswahl kann dabei nicht ausgeschlossen werden. Dies kann auch Auswirkungen auf die Zuordnung von Messungen zu einzelnen Bandbreiteklassen haben.

In Bandbreiteklassen, in denen ein Anbieter im Hinblick auf die anbieterbezogene Gesamtzahl an Messungen mit relativ wenigen Messungen vertreten ist, können sich derartige Falschangaben stärker auf den Kurvenverlauf auswirken.

### 6.1.3 Geografischer Bereich

In Abbildung 6.7 werden die Ergebnisse der Breitbandmessung für stationäre Breitbandanschlüsse mit Blick auf den geografischen Bereich dargestellt. Die Kurvenverläufe sind sehr ähnlich, wobei das generelle Niveau des prozentualen Verhältnisses zwischen tatsächlicher und vertraglich vereinbarter maximaler Datenübertragungsrate im städtischen Bereich etwas höher als im halb-städtischen und ländlichen Bereich liegt.

Die größte Spanne weisen die Kurven im Bereich von 80% bis 90% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate auf. Bei allen Kurvenverläufen ist ein starker Abfall bei 90% der vertraglich vereinbarten Datenübertragungsrate festzustellen. Im städtischen Bereich erreichten 43,2% der Nutzer 90% der vermarkteten Datenübertragungsrate, in ländlichen Gebieten waren es 35,6%.

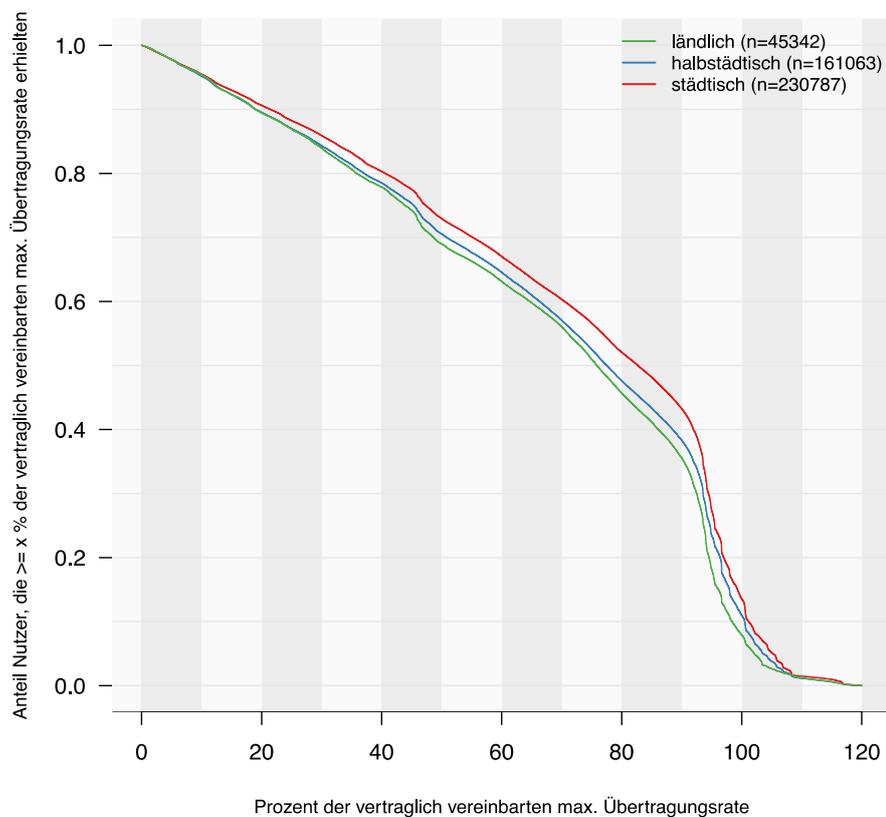


Abbildung 6.7: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach geografischem Bereich

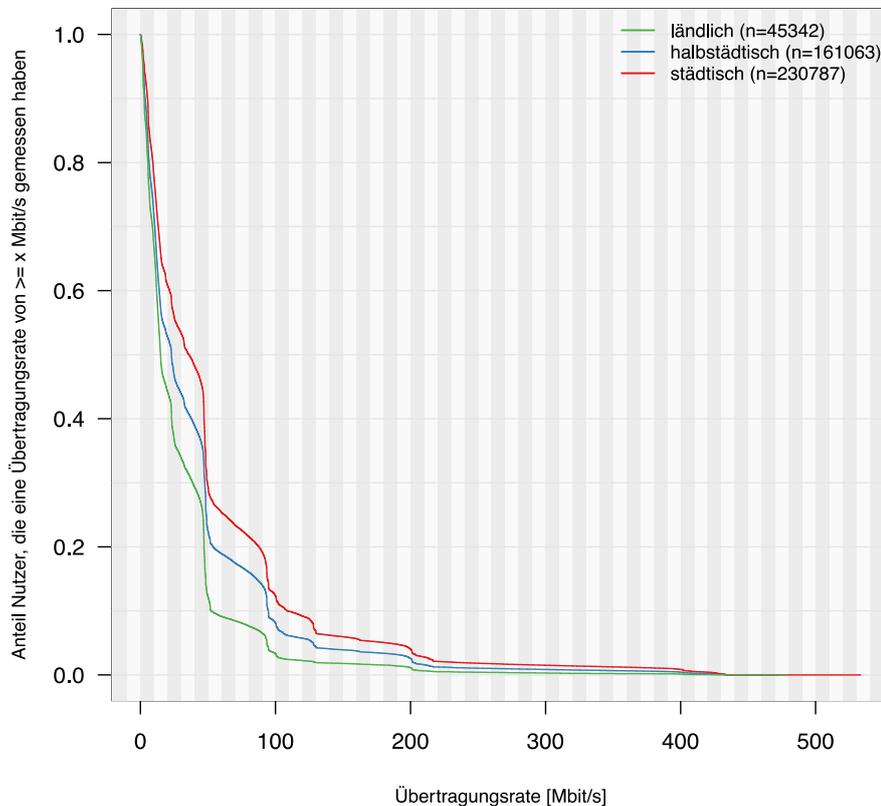


Abbildung 6.8: Empirische Verteilungsfunktion der absolut erreichten Datenübertragungsrate Download nach geografischem Bereich

Hinsichtlich der tatsächlich gemessenen Datenübertragungsrate im Download zeigen sich in Abbildung 6.8 Unterschiede in den einzelnen Bereichen. So haben Nutzer in städtischen Gebieten durchweg die höchsten Datenübertragungsraten gemessen.

Die Tabelle 6.3 stellt die Anteile der Nutzer bezogen auf die einzelnen Bereiche dar, die mindestens  $x\%$  der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erhalten haben, sowie die dazugehörigen 95%-Konfidenzintervalle.

Tabelle 6.3: Anteile der Nutzer, die mindestens x% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erhielten und 95%-Konfidenzintervalle nach geografischem Bereich

Geografischer Bereich	50%	60%	70%	80%	90%	100%
ländlich	69.0 [68.6-69.4]	63.1 [62.7-63.6]	56.0 [55.6-56.5]	45.7 [45.2-46.2]	35.6 [35.1-36.0]	7.9 [7.7-8.2]
halbstädtisch	70.5 [70.3-70.7]	64.6 [64.3-64.8]	57.1 [56.8-57.3]	47.6 [47.4-47.8]	38.3 [38.1-38.6]	11.0 [10.8-11.1]
städtisch	72.9 [72.8-73.1]	67.0 [66.8-67.2]	60.3 [60.1-60.5]	52.1 [51.9-52.3]	43.2 [43.0-43.4]	13.6 [13.4-13.7]

### 6.1.4 Bundesländer

In Abbildung 6.9 sind die Messergebnisse über alle Bandbreite-  
klassen je Bundesland zusammengefasst. Die Kurvenverläufe sind  
sehr ähnlich. Die maximale Spanne der Kurven ist im Bereich von  
100% bis 110% der vertraglich vereinbarten maximalen Daten-  
übertragungsrate zu beobachten. Bei allen Kurvenverläufen ist ein  
starker Abfall bei 90% der vertraglich vereinbarten maximalen  
Datenübertragungsrate festzustellen, wie er auch bei den  
geografischen Regionen in Abschnitt 6.1.3 beobachtet wurde.

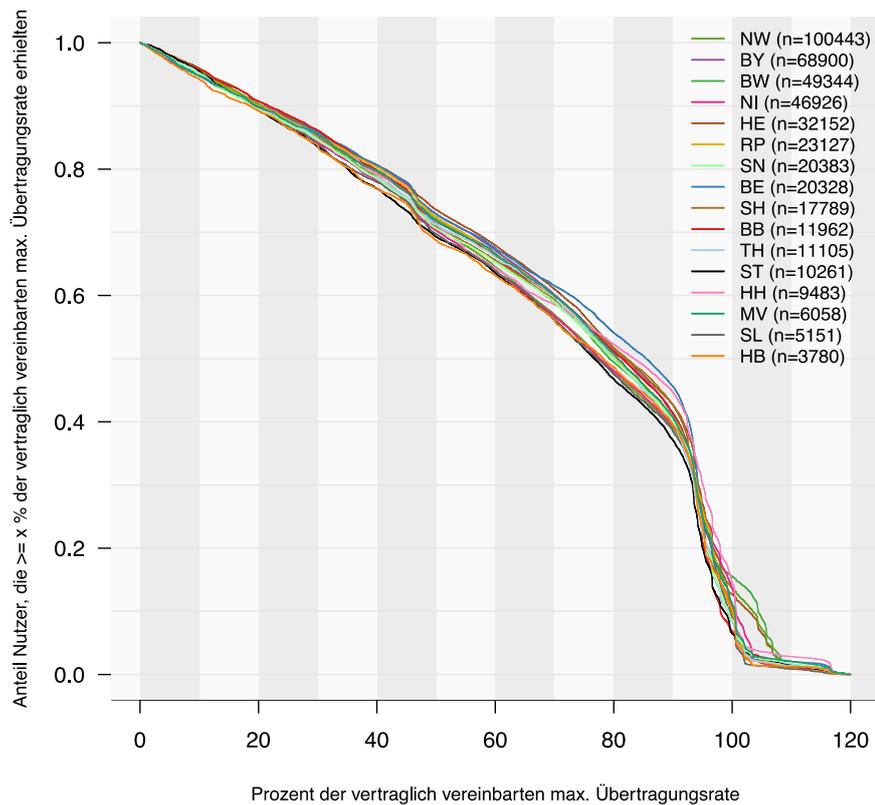


Abbildung 6.9: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten  
Datenübertragungsrate Download nach Bundesländern<sup>25</sup>

<sup>25</sup> BB: Brandenburg; BE: Berlin; BW: Baden-Württemberg; BY: Bayern; HB: Bremen; HE: Hessen; HH: Hamburg; MV: Mecklenburg-Vorpommern; NI: Niedersachsen; NW: Nordrhein-Westfalen; RP: Rheinland-Pfalz; SH: Schleswig-Holstein; SL: Saarland; SN: Sachsen; ST: Sachsen-Anhalt; TH: Thüringen

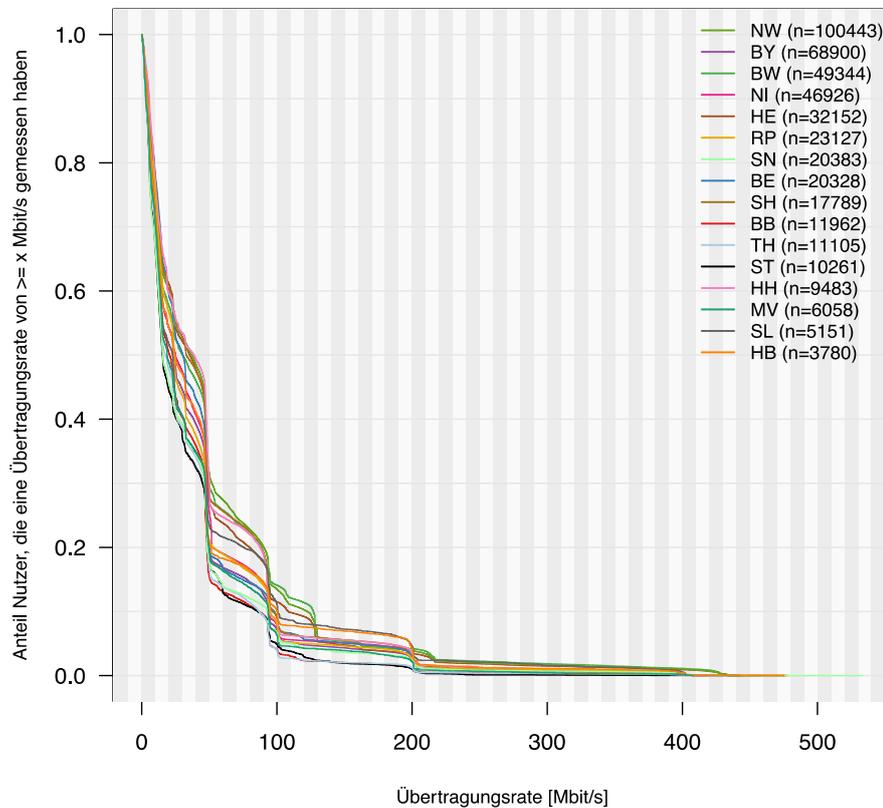


Abbildung 6.10: Empirische Verteilungsfunktion der absolut erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bundesländern

Für die Verteilung der tatsächlich gemessenen absoluten Datenübertragungsrate im Download zeigen sich Unterschiede zwischen den Bundesländern. Die größte Auffächerung der Bundesländer zeigt sich im Bereich von 50 Mbit/s bis 100 Mbit/s. Die Spanne beträgt hier bis zu 15 Prozentpunkte. Zu berücksichtigen ist dabei, dass die Bandbreitklassen von Bundesland zu Bundesland unterschiedlich stark besetzt sind (siehe Tabelle 6.5).

Tabelle 6.4: Anteile der Nutzer, die mindestens x% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erhielten und 95%-Konfidenzintervalle nach Bundesländern

Bundesland	50%	60%	70%	80%	90%	100%
NW	70.9 [70.6-71.2]	64.5 [64.2-64.8]	56.9 [56.6-57.2]	47.7 [47.4-48.0]	39.0 [38.7-39.3]	13.6 [13.4-13.9]
BY	72.9 [72.6-73.2]	67.2 [66.8-67.5]	60.1 [59.7-60.5]	51.2 [50.8-51.6]	41.4 [41.0-41.8]	10.7 [10.5-11.0]
BW	72.1 [71.7-72.5]	66.3 [65.8-66.7]	58.9 [58.5-59.3]	49.4 [49.0-49.9]	40.5 [40.1-41.0]	15.5 [15.2-15.8]
NI	70.3 [69.9-70.7]	63.9 [63.5-64.3]	56.7 [56.3-57.2]	48.1 [47.6-48.5]	39.3 [38.9-39.8]	13.6 [13.3-13.9]
HE	73.6 [73.1-74.1]	68.0 [67.4-68.5]	61.0 [60.5-61.5]	51.7 [51.2-52.3]	42.7 [42.2-43.3]	12.7 [12.3-13.1]
RP	72.4 [71.9-73.0]	66.6 [66.0-67.2]	59.7 [59.0-60.3]	50.4 [49.7-51.0]	40.7 [40.1-41.3]	10.1 [9.7-10.5]
SN	70.6 [70.0-71.2]	65.3 [64.6-65.9]	59.0 [58.3-59.7]	49.9 [49.2-50.6]	40.2 [39.6-40.9]	8.6 [8.3-9.0]
BE	72.9 [72.3-73.5]	67.5 [66.8-68.1]	61.5 [60.9-62.2]	54.1 [53.4-54.8]	45.6 [44.9-46.3]	9.9 [9.5-10.3]
SH	71.1 [70.4-71.8]	65.6 [64.9-66.3]	59.3 [58.6-60.0]	51.7 [51.0-52.5]	42.6 [41.9-43.4]	10.8 [10.3-11.2]
BB	71.7 [70.9-72.5]	66.1 [65.3-67.0]	59.7 [58.8-60.6]	51.2 [50.3-52.1]	41.3 [40.4-42.2]	6.8 [6.4-7.3]
TH	71.2 [70.3-72.0]	66.0 [65.1-66.9]	59.8 [58.9-60.7]	50.1 [49.2-51.1]	39.7 [38.8-40.6]	8.4 [7.9-8.9]
ST	69.3 [68.4-70.2]	63.6 [62.6-64.5]	56.1 [55.1-57.1]	46.7 [45.8-47.7]	37.1 [36.1-38.0]	6.5 [6.0-7.0]
HH	71.6 [70.7-72.5]	64.4 [63.4-65.3]	58.5 [57.5-59.5]	52.3 [51.3-53.3]	44.6 [43.7-45.7]	14.5 [13.8-15.3]
MV	71.8 [70.7-72.9]	66.6 [65.4-67.8]	59.9 [58.6-61.1]	50.7 [49.5-52.0]	40.7 [39.5-42.0]	11.2 [10.4-12.0]
SL	69.7 [68.5-71.0]	63.9 [62.6-65.2]	56.4 [55.0-57.7]	47.5 [46.2-48.9]	38.5 [37.2-39.8]	9.0 [8.3-9.8]
HB	68.7 [67.2-70.2]	63.2 [61.7-64.7]	56.1 [54.5-57.6]	48.7 [47.1-50.3]	39.5 [38.0-41.1]	9.9 [9.0-10.9]

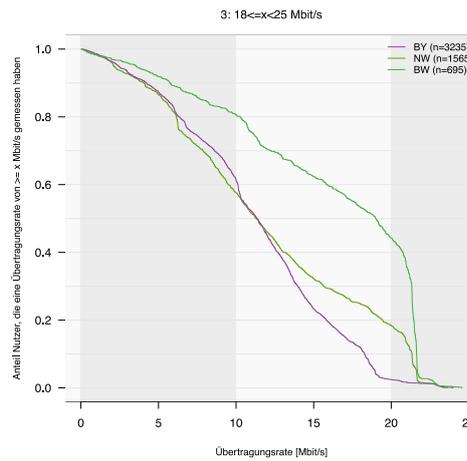
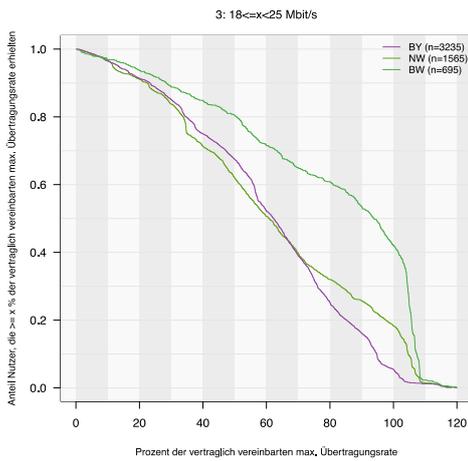
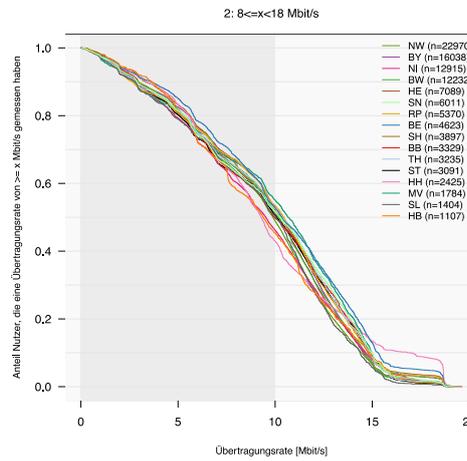
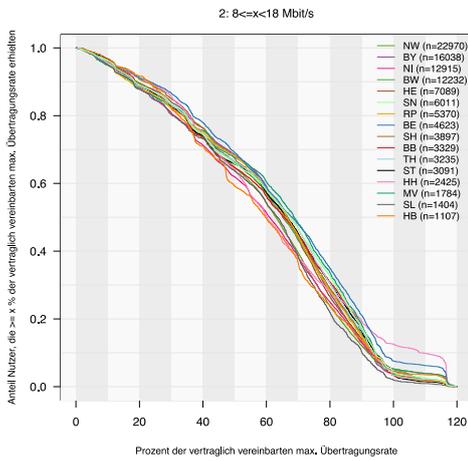
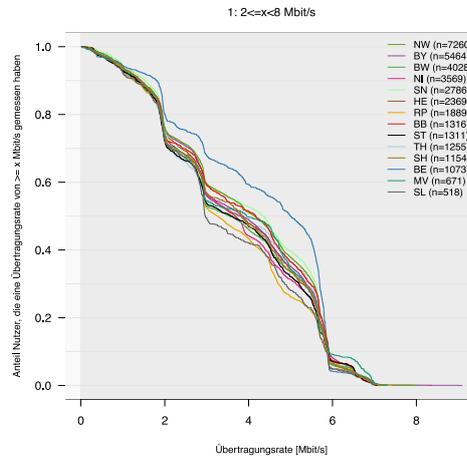
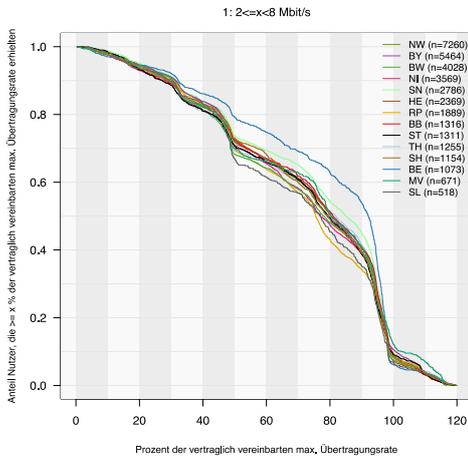
## Bundesländer nach Bandbreiteklasse

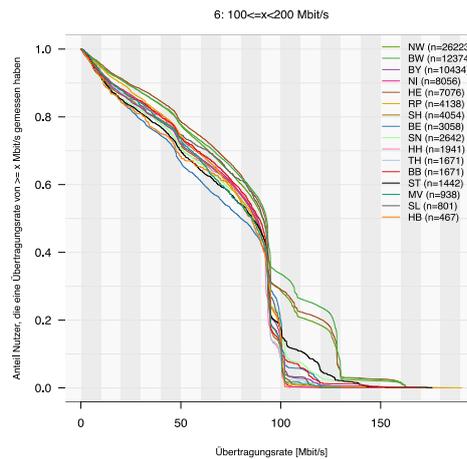
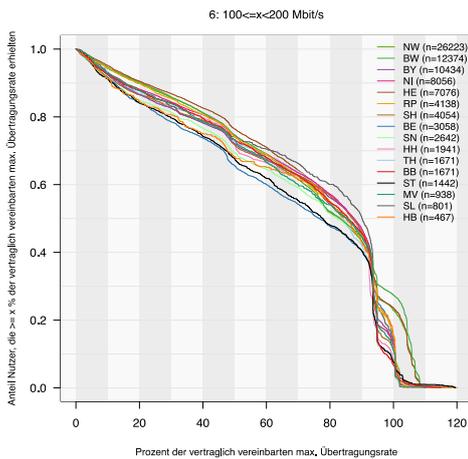
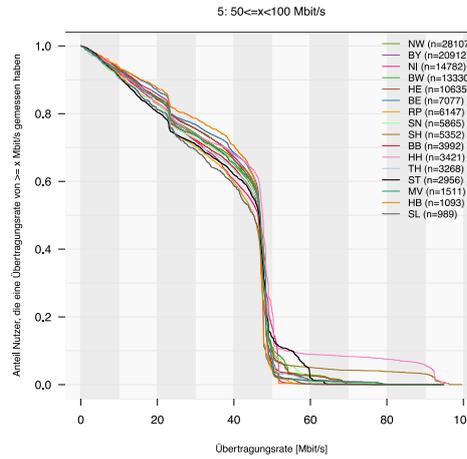
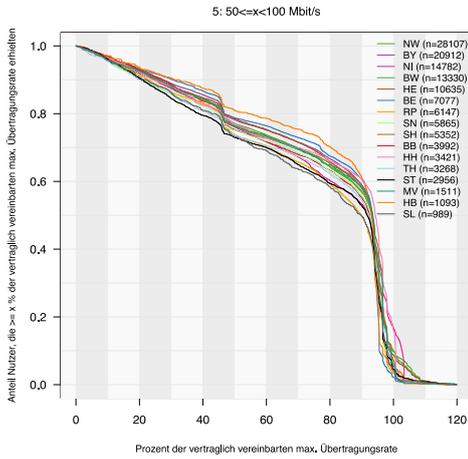
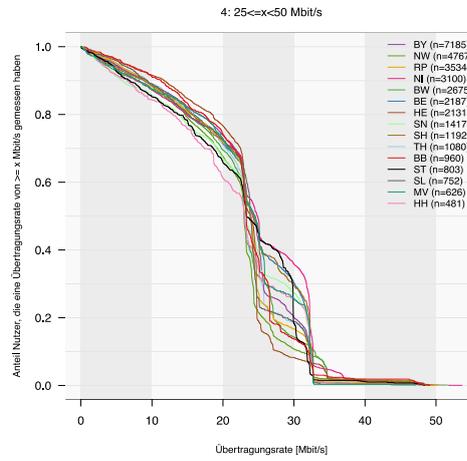
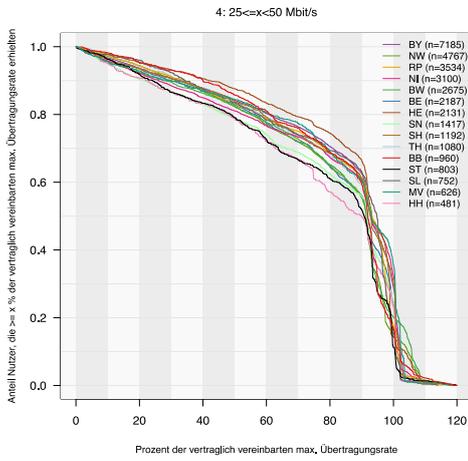
In der folgenden Abbildung werden die Verteilungen nach Bundesland und Bandbreiteklasse dargestellt. Bundesländer mit weniger als 400 validen Messungen je Bandbreiteklasse werden in der entsprechenden Bandbreiteklasse nicht dargestellt.

In der Gesamtschau zeigen sich Unterschiede zwischen den Bundesländern, die zum Teil nur für eine Bandbreiteklasse beobachtbar sind. Es zeigt sich, dass vor allem Stadtstaaten in bestimmten Bandbreiteklassen deutlich bessere Ergebnisse vorweisen.

Tabelle 6.5 Anteil der Messungen in Prozent je Bundesland und Bandbreiteklasse

Stationäre Breitbandanschlüsse							
Bundesland	1: $2 \leq x < 8$ Mbit/s	2: $8 \leq x < 18$ Mbit/s	3: $18 \leq x < 25$ Mbit/s	4: $25 \leq x < 50$ Mbit/s	5: $50 \leq x < 100$ Mbit/s	6: $100 \leq x < 200$ Mbit/s	7: $200 \leq x < 500$ Mbit/s
	Anteil	Anteil	Anteil	Anteil	Anteil	Anteil	Anteil
NW	20,65%	21,36%	20,31%	14,35%	21,71%	30,15%	25,69%
BY	15,54%	14,92%	41,99%	21,64%	16,16%	12,00%	15,15%
BW	11,46%	11,38%	9,02%	8,05%	10,30%	14,23%	10,79%
NI	10,15%	12,01%	4,06%	9,33%	11,42%	9,26%	11,27%
HE	6,74%	6,59%	3,88%	6,42%	8,22%	8,13%	6,87%
RP	5,37%	4,99%	1,95%	10,64%	4,75%	4,76%	5,11%
SN	7,92%	5,59%	4,02%	4,27%	4,53%	3,04%	3,64%
BE	3,05%	4,30%	3,58%	6,59%	5,47%	3,52%	5,47%
SH	3,28%	3,62%	2,04%	3,59%	4,13%	4,66%	5,33%
BB	3,74%	3,10%	2,75%	2,89%	3,08%	1,92%	1,30%
TH	3,57%	3,01%	1,71%	3,25%	2,52%	1,92%	1,25%
ST	3,73%	2,87%	2,54%	2,42%	2,28%	1,66%	1,24%
HH	0,73%	2,26%	0,48%	1,45%	2,64%	2,23%	2,48%
MV	1,91%	1,66%	1,17%	1,88%	1,17%	1,08%	1,18%
SL	1,47%	1,31%	0,30%	2,26%	0,76%	0,92%	1,79%
HB	0,67%	1,03%	0,18%	0,96%	0,84%	0,54%	1,46%





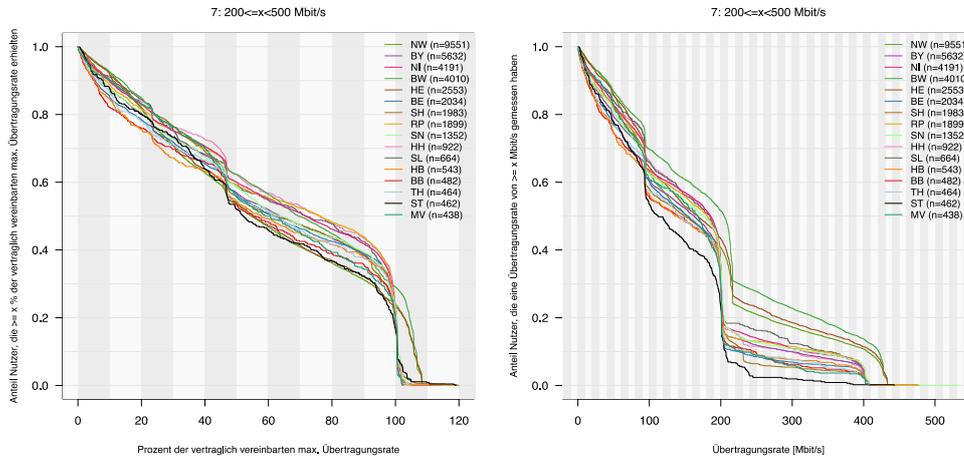


Abbildung 6.11: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual (links) und absolut (rechts) erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bundesländern je Bandbreiteklasse

### 6.1.5 Tageszeitlicher Verlauf

Bei den Bandbreiteklassen wurde eine Abhängigkeit des prozentualen Verhältnisses zwischen tatsächlicher und vertraglich vereinbarter maximaler Datenübertragungsrate im Download von der Tageszeit festgestellt (vgl. Abbildung 6.12), wobei sich die Bandbreiteklassen voneinander unterscheiden. Gerade bei den höheren Bandbreiteklassen 6 (100 Mbit/s bis kleiner 200 Mbit/s) und 7 (200 Mbit/s bis kleiner 500 Mbit/s) konnten niedrigere Download-Datenübertragungsraten in den Abendstunden beobachtet werden. Beide Bandbreiteklassen werden von Messungen bei Kabelnetzbetreibern geprägt. Abends sank die gemessene Datenübertragungsrate in der Bandbreiteklasse 7 (200 Mbit/s bis kleiner 500 Mbit/s) um fast 40 Prozentpunkte gegenüber dem morgens gemessenen Maximalwert ab. In den anderen Bandbreiteklassen waren die Abfälle deutlich weniger ausgeprägt.

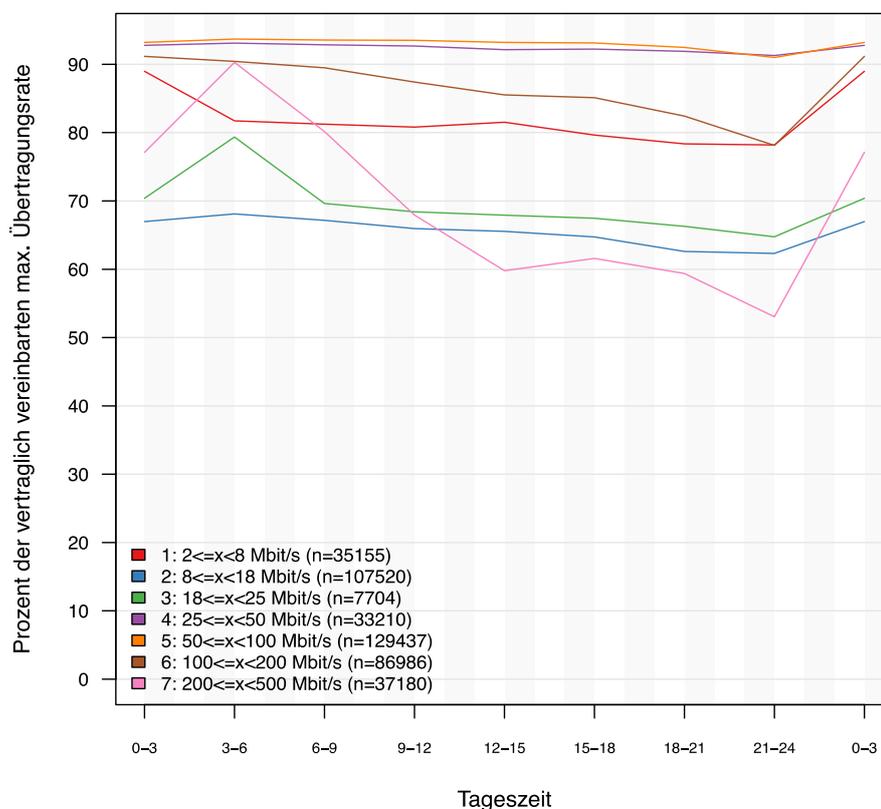


Abbildung 6.12: Tageszeitlicher Verlauf der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bandbreiteklassen

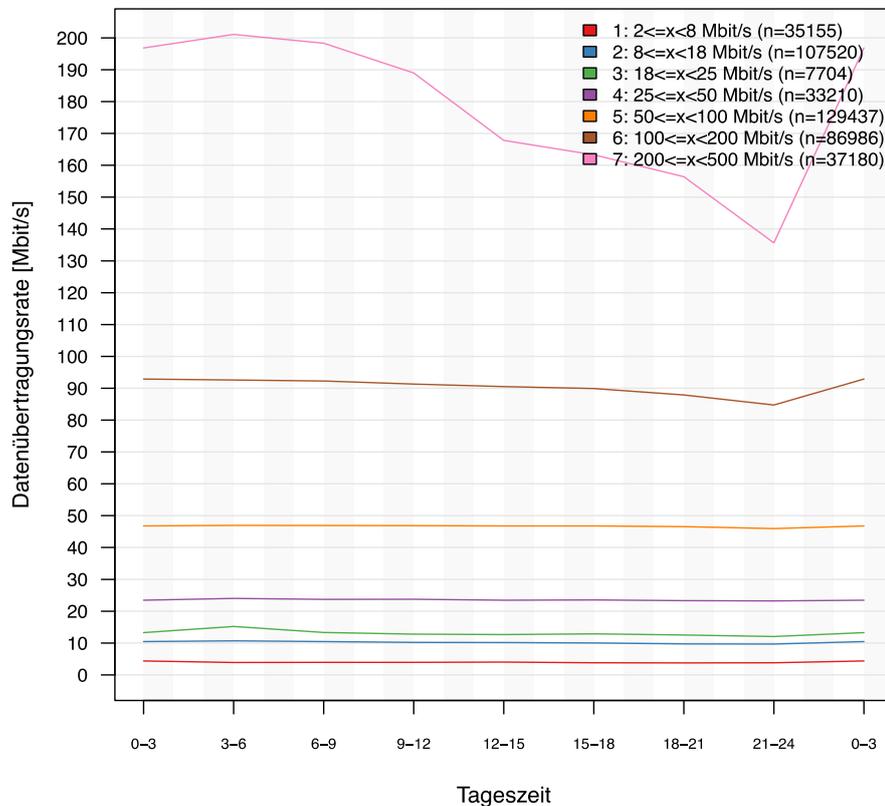


Abbildung 6.13: Tageszeitlicher Verlauf der absolut erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bandbreitklassen

Abbildung 6.13 stellt die ermittelten Datenübertragungsraten im Download im Tagesverlauf dar. In den unteren und mittleren Bandbreitklassen (Bandbreitklassen 1 bis 5) sind die Kurvenverläufe mit Blick auf die ermittelten Datenübertragungsraten im Download weitgehend stabil. Die tatsächlich verfügbare Datenübertragungsrate im Download verändert sich hier im Tagesverlauf nur geringfügig. Hingegen sind in den beiden oberen Klassen 6 und 7 deutliche Abfälle der absolut gemessenen Datenübertragungsraten zu beobachten. Am stärksten wird der Abfall in der Bandbreitklasse 7 sichtbar.

### 6.1.6 Quartalsverlauf

Abbildung 6.14 stellt die Verhältniswerte bezogen auf das jeweilige Quartal dar. Die Kurvenverläufe sind ähnlich, das Niveau des prozentualen Verhältnisses zwischen tatsächlicher und vertraglich vereinbarter maximaler Datenübertragungsrate ist annähernd gleich.

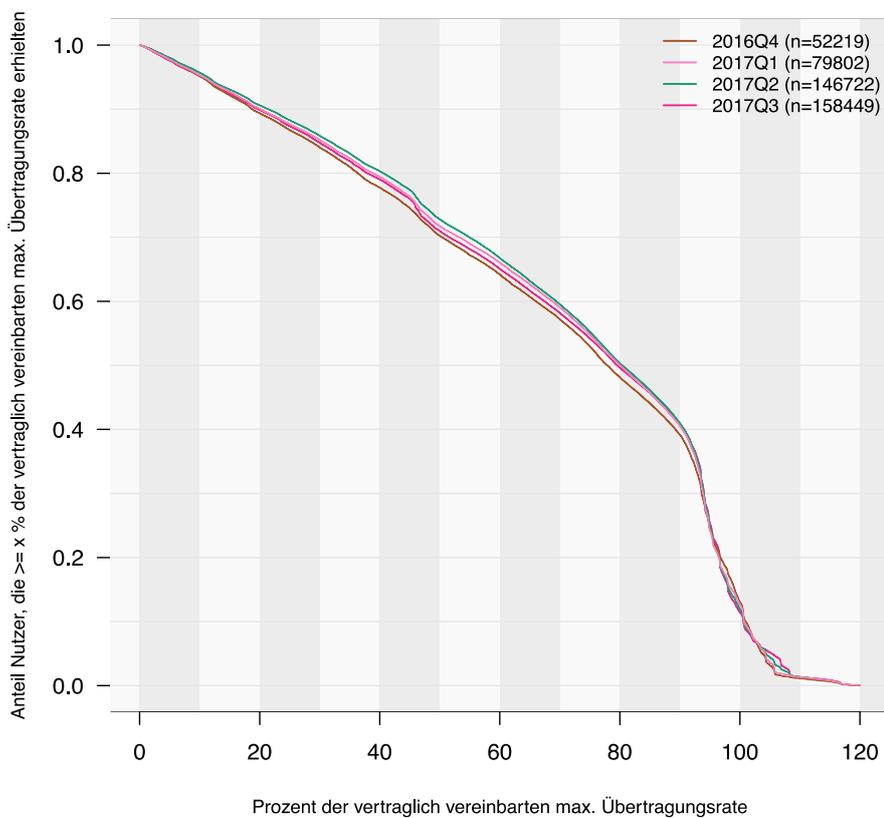


Abbildung 6.14: Quartalsverlauf der empirischen Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download

Mit Blick auf den Quartalsverlauf lassen sich keine Entwicklungen bzw. Trends feststellen. Dies zeigt sich auch in den in Abbildung 6.15 dargestellten Boxplots.

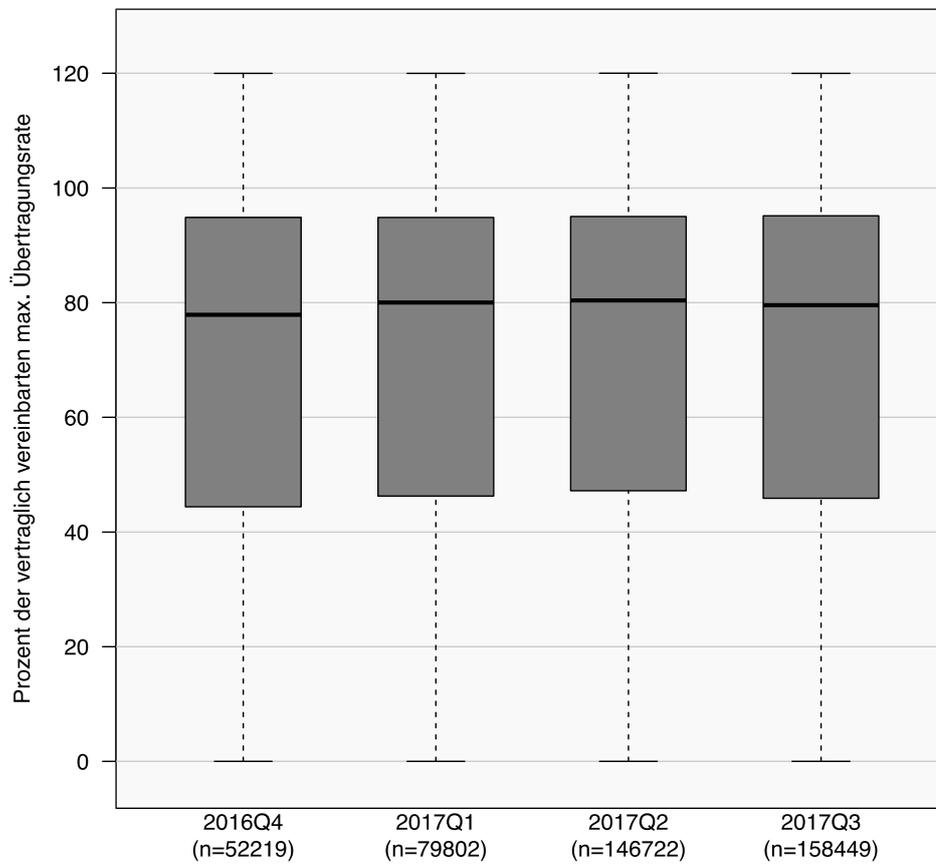


Abbildung 6.15: Quartalsverlauf der Boxplots der prozentual erreichten Datenübertragungsraten Download

## 6.1.7 Kundenzufriedenheit

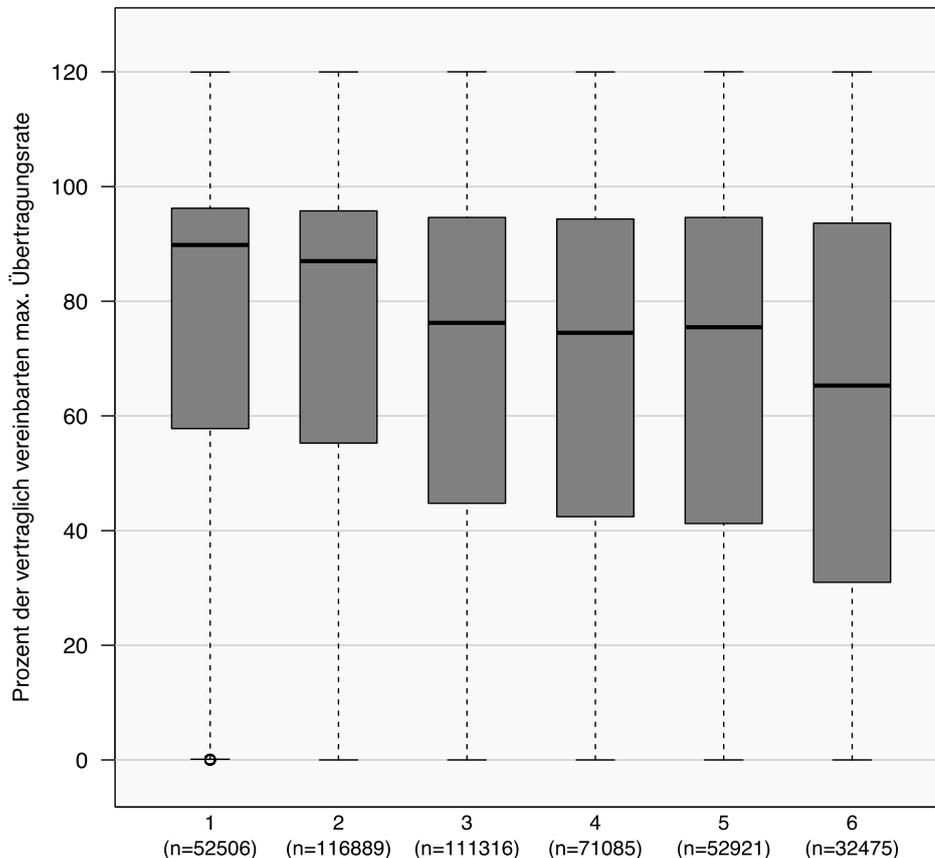


Abbildung 6.16: Boxplot der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach Kundenzufriedenheit

Die in Abbildung 6.16 dargestellten Boxplots zeigen das Verhältnis der ermittelten Datenübertragungsrate zur vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate, das die Nutzer in den einzelnen Kategorien der erhobenen Kundenzufriedenheit erhalten haben.

Die Kundenzufriedenheit wurde im Vorfeld der eigentlichen Messung abgefragt, sodass der Nutzer hier bereits eine Aussage traf, bevor das Ergebnis der Breitbandmessung vorlag.

Die Boxplots zeigen, dass tendenziell die Nutzer, die mit ihrem Anbieter zufrieden waren, einen höheren Prozentwert der vertraglich vereinbarten Datenübertragungsrate im Rahmen der Messung

erhalten haben, als Nutzer, die ihrem Anbieter eine schlechte Bewertung gegeben hatten. Ausgeprägt sind diese Unterschiede vor allem zwischen sehr guter oder guter Bewertung (Noten 1 und 2) gegenüber den Noten 3 bis 5. Innerhalb dieser Gruppen sind die Unterschiede in den gemessenen Datenübertragungsraten gering. Die niedrigsten Datenübertragungsraten wurden von den Nutzern gemessen, die ihren Anbieter mit der Note 6 (ungenügend) bewertet hatten.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Nutzer, die von ihrem jeweiligen Anbieter generell auch einen hohen prozentualen Anteil der vertraglich zugesicherten Datenübertragungsrate erhalten, eher mit der Leistung des Anbieters zufrieden sind.

## 6.2 Datenübertragungsrate Upload

Abbildung 6.17 zeigt das Verhältnis der tatsächlichen Datenübertragungsrate zur vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate in Prozent für den Upload als empirische Verteilungsfunktion über alle Anbieter und Bandbreitklassen hinweg.

Ab einem Wert von 90% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate fällt der Kurvenverlauf stark ab, lediglich 9,8% der Nutzer haben die vertraglich vereinbarte maximale Datenübertragungsrate im Upload erreicht. Über weite Teile des Kurvenverlaufs bewegt sich das Ergebnis auf einem höheren Niveau als im Download.

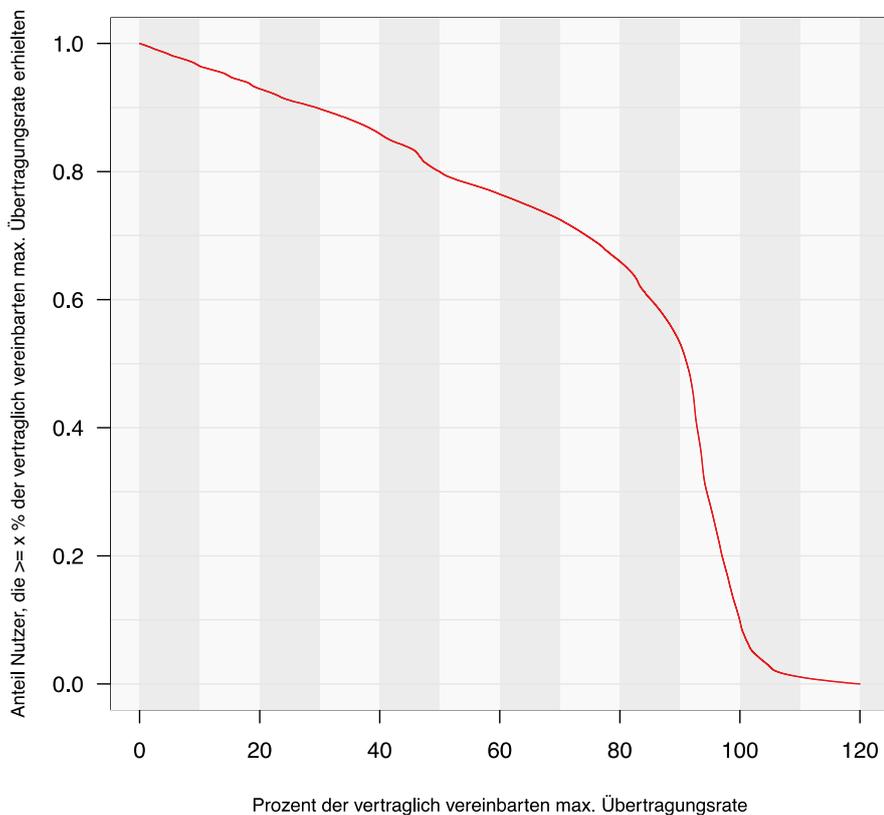


Abbildung 6.17: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload für alle Nutzer in der Stichprobe (N = 326518).

### 6.2.1 Bandbreiteklasse

Die Messergebnisse für die einzelnen Bandbreiteklassen werden in Abbildung 6.18 dargestellt. Die Ergebnisse in den einzelnen Bandbreiteklassen fallen zum Teil sehr unterschiedlich aus. Die Kurve der Bandbreiteklasse 7 (200 Mbit/s bis kleiner 500 Mbit/s) bildet das obere Ende der Spanne zwischen den Kurven, die Kurve der Bandbreiteklasse 2 (8 Mbit/s bis kleiner 18 Mbit/s) das untere Ende.

Die Ergebnisse unterscheiden sich damit deutlich vom Download (s. Abbildung 6.1). Hier bildet Bandbreiteklasse 7 im Bereich von 0% bis 65% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate das untere Ende der Spanne zwischen den Kurven. Im Bereich von 30% bis 90% der vertraglich vereinbarten maximalen

Datenübertragungsrate stellt Bandbreiteklasse 4 (25 Mbit/s bis kleiner 50 Mbit/s) das obere Ende der Spanne im Download dar.

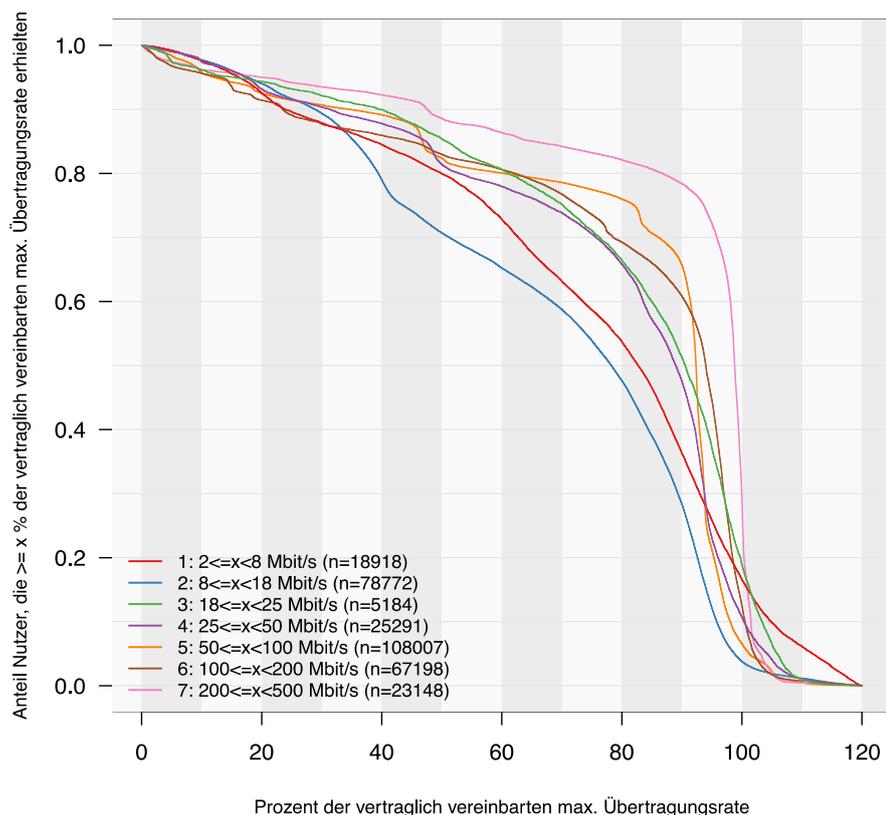


Abbildung 6.18: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Bandbreiteklassen

In Abbildung 6.19 ist das Verhältnis der ermittelten Datenübertragungsrate zur vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate in den unterschiedlichen Bandbreiteklassen als Boxplot dargestellt.

Es fällt auf, dass in den höheren Bandbreiteklassen tendenziell höhere Mediane erreicht werden, während die Streuung der Messergebnisse in diesen Klassen tendenziell abnimmt. Dies resultiert aus der typischen Produktgestaltung (Verhältnis Download/Upload) in den jeweiligen Bandbreiteklassen.

In Bandbreiteklasse 7 erreichte die Hälfte aller Nutzer (Median) nahezu die volle vertraglich zugesicherte maximale Upload-Datenübertragungsrate.

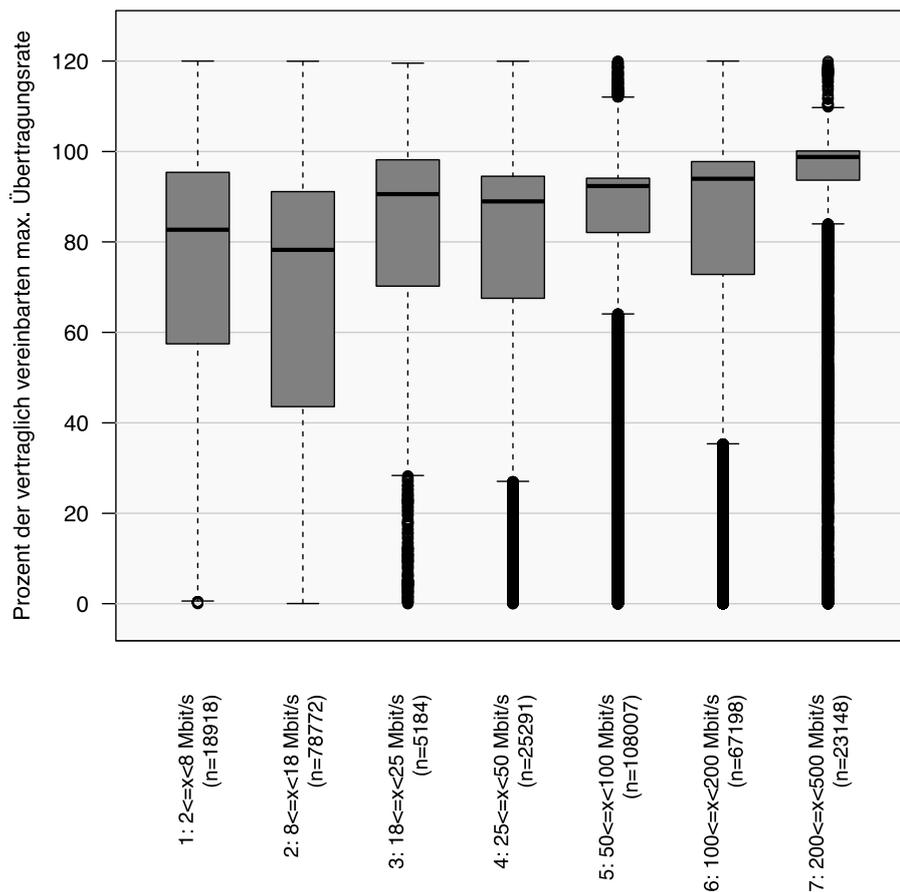


Abbildung 6.19: Boxplot der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Bandbreiteklassen

Die Anteile der Nutzer, die mindestens x% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erhalten haben, bezogen auf die einzelnen Bandbreiteklassen sowie die dazugehörigen 95%-Konfidenzintervalle werden in Tabelle 6.6 dargestellt.

Tabelle 6.6: Anteile der Nutzer, die mindestens x% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate Upload erhielten und 95%-Konfidenzintervalle nach Bandbreiteklasse

Bandbreiteklasse	50%	60%	70%	80%	90%	100%
1: $2 \leq x < 8$ Mbit/s	80.0 [79.4-80.5]	72.8 [72.2-73.4]	63.2 [62.5-63.9]	53.8 [53.0-54.5]	36.3 [35.6-37.0]	16.6 [16.0-17.1]
2: $8 \leq x < 18$ Mbit/s	70.7 [70.4-71.0]	65.2 [64.9-65.6]	58.8 [58.4-59.1]	47.7 [47.3-48.0]	28.3 [28.0-28.7]	3.8 [3.7-3.9]
3: $18 \leq x < 25$ Mbit/s	85.4 [84.4-86.3]	80.6 [79.5-81.6]	75.2 [74.0-76.3]	66.5 [65.2-67.7]	51.3 [49.9-52.6]	18.9 [17.9-20.0]
4: $25 \leq x < 50$ Mbit/s	81.4 [80.9-81.9]	77.9 [77.4-78.4]	73.8 [73.3-74.4]	65.8 [65.2-66.4]	47.5 [46.9-48.2]	10.7 [10.4-11.1]
5: $50 \leq x < 100$ Mbit/s	82.4 [82.2-82.6]	80.0 [79.8-80.3]	78.6 [78.3-78.8]	76.0 [75.7-76.2]	65.7 [65.4-66.0]	6.6 [6.4-6.7]
6: $100 \leq x < 200$ Mbit/s	83.0 [82.7-83.3]	80.6 [80.3-80.9]	76.7 [76.4-77.1]	69.3 [68.9-69.6]	60.8 [60.5-61.2]	12.5 [12.3-12.8]
7: $200 \leq x < 500$ Mbit/s	88.6 [88.2-89.0]	86.4 [85.9-86.8]	84.2 [83.7-84.7]	82.1 [81.6-82.6]	78.4 [77.8-78.9]	29.1 [28.5-29.7]

## 6.2.2 Anbieter

In Abbildung 6.20 werden die Verteilungsfunktionen der Anbieter gruppiert dargestellt, für die eine Anzahl von mindestens 400 validen Upload-Messungen vorliegt. Dies trifft auf insgesamt 23 Anbieter zu. Anbieter, für die diese Anzahl an Messungen nicht vorliegt, werden in der Gruppe „Sonstige“ zusammengefasst.

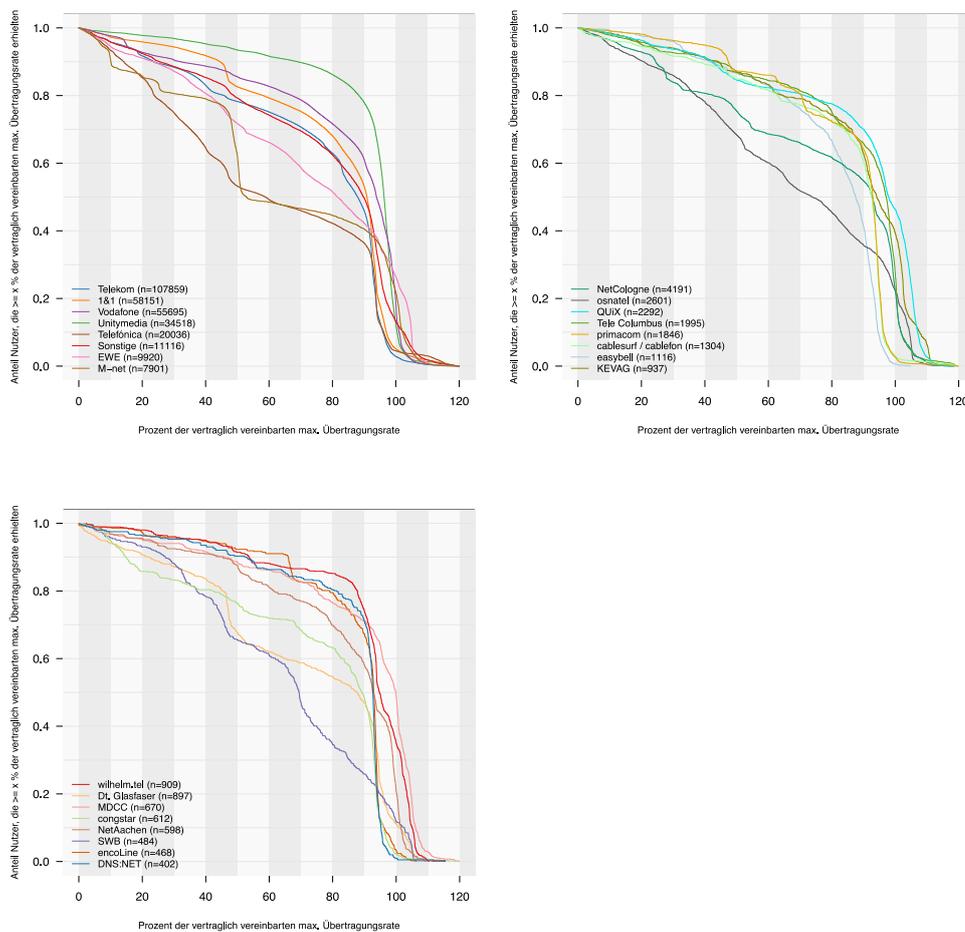


Abbildung 6.20: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Anbietern

Analog zu den Ergebnissen im Download-Bereich fallen mit Blick auf die Anzahl der Nutzer, die tatsächlich 100% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate im Upload erreichten, die Ergebnisse bezogen auf die einzelnen Anbieter sehr unterschiedlich aus. Die Spannweite reicht von 48,7% bis zu 0,5% der Nutzer des

jeweiligen Anbieters. Die größte Spanne zwischen den Kurven ist im Bereich von 80% bis 90% festzustellen. Die detaillierten Werte der einzelnen Anbieter können der Tabelle 6.7 entnommen werden.

In Abbildung 6.21 ist das Verhältnis der ermittelten Upload-Datenübertragungsrate zur vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate für die einzelnen Anbieter als Boxplot dargestellt. Ebenso wie beim Download gibt es erhebliche Unterschiede zwischen den Medianen der einzelnen Anbieter. Während für einzelne Anbieter 50% der Nutzer nahezu die volle vermarktete Datenübertragungsrate gemessen haben, lag der Median bei anderen Anbietern bei weniger als 60% der vermarkteten Rate.

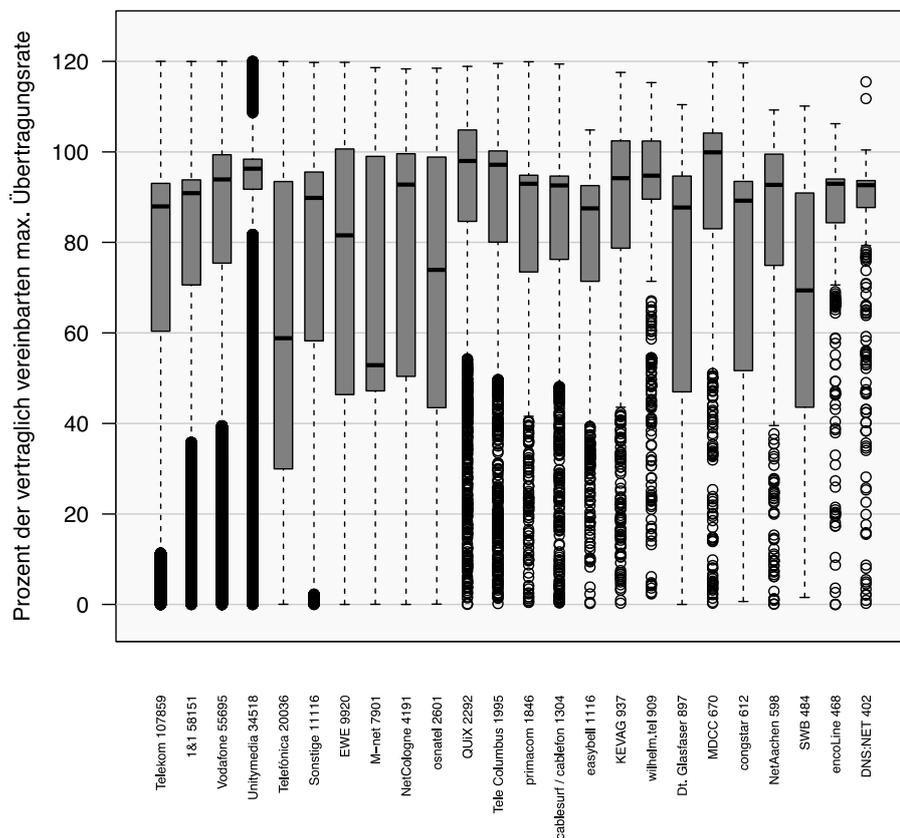


Abbildung 6.21: Boxplot der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Anbietern

Die Boxgröße variiert zwischen den Anbietern enorm. Während bei zwei Anbietern alle Messungen zwischen dem 25%- und 75%-Quantil im Bereich von weniger als 10 Prozentpunkten liegen, beträgt die Boxgröße bei anderen Anbietern mehr als 50 Prozentpunkte.

Tabelle 6.7: Anteile der Nutzer, die mindestens x% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate Upload erhielten und 95%-Konfidenzintervalle nach Anbietern

Anbieter	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Telekom	78.3 [78.0-78.5]	75.1 [74.9-75.4]	70.7 [70.5-71.0]	63.0 [62.7-63.2]	46.0 [45.7-46.3]	2.9 [2.8-3.0]
1&1	82.6 [82.3-82.9]	79.3 [79.0-79.6]	75.3 [75.0-75.7]	68.1 [67.7-68.5]	53.2 [52.8-53.6]	5.1 [5.0-5.3]
Vodafone	85.6 [85.3-85.8]	82.7 [82.4-83.0]	78.7 [78.4-79.1]	71.7 [71.3-72.0]	61.2 [60.8-61.6]	18.7 [18.4-19.1]
Unitymedia	93.5 [93.2-93.7]	91.6 [91.3-91.9]	89.8 [89.4-90.1]	86.2 [85.8-86.6]	77.9 [77.5-78.4]	12.4 [12.0-12.7]
Telefónica	53.2 [52.5-53.9]	49.2 [48.5-49.9]	46.0 [45.3-46.7]	42.2 [41.6-42.9]	36.4 [35.7-37.1]	4.5 [4.3-4.8]
Sonstige	79.3 [78.5-80.0]	74.2 [73.4-75.0]	69.5 [68.7-70.4]	62.5 [61.6-63.4]	49.7 [48.8-50.7]	13.2 [12.6-13.8]
EWE	71.7 [70.8-72.6]	66.1 [65.2-67.1]	58.8 [57.8-59.8]	51.5 [50.5-52.5]	42.3 [41.3-43.2]	26.4 [25.5-27.3]
M-net	62.3 [61.2-63.4]	48.5 [47.4-49.6]	46.6 [45.5-47.7]	44.6 [43.5-45.7]	40.6 [39.5-41.7]	21.9 [21.0-22.8]
NetCologne	75.4 [74.1-76.7]	68.6 [67.2-70.0]	66.0 [64.6-67.4]	61.7 [60.2-63.2]	54.8 [53.2-56.3]	22.3 [21.1-23.6]
osnatel	68.4 [66.5-70.1]	60.1 [58.2-62.0]	51.9 [49.9-53.8]	45.5 [43.6-47.4]	35.7 [33.9-37.6]	22.3 [20.7-23.9]
QUIX	84.6 [83.0-86.0]	82.3 [80.7-83.8]	80.5 [78.8-82.0]	77.5 [75.8-79.2]	70.0 [68.1-71.8]	46.2 [44.2-48.3]
Tele Columbus	87.0 [85.4-88.4]	84.4 [82.8-85.9]	81.4 [79.6-83.0]	75.2 [73.2-77.0]	65.8 [63.7-67.9]	27.4 [25.5-29.4]
primacom	87.3 [85.7-88.8]	86.0 [84.4-87.5]	80.6 [78.7-82.3]	72.4 [70.3-74.4]	64.1 [61.9-66.3]	2.7 [2.0-3.5]
cablesurf / cablefon	84.9 [82.8-86.7]	81.5 [79.3-83.5]	77.3 [74.9-79.5]	72.5 [70.0-74.8]	60.6 [57.9-63.2]	2.8 [2.1-3.9]
easybell	86.6 [84.4-88.4]	83.1 [80.8-85.2]	76.2 [73.6-78.6]	66.8 [63.9-69.5]	41.2 [38.4-44.1]	0.5 [0.2-1.2]
KEVAG	86.9 [84.6-88.9]	83.2 [80.7-85.5]	79.1 [76.4-81.6]	74.2 [71.3-76.9]	62.9 [59.7-65.9]	39.5 [36.4-42.7]
wilhelm.tel	91.4 [89.4-93.1]	88.1 [85.9-90.1]	86.6 [84.2-88.6]	85.1 [82.7-87.3]	74.1 [71.2-76.9]	35.1 [32.1-38.3]
Dt. Glasfaser	67.8 [64.7-70.8]	62.1 [58.9-65.2]	58.8 [55.5-61.9]	54.6 [51.4-57.9]	47.0 [43.8-50.3]	11.1 [9.3-13.4]
MDCC	88.5 [85.9-90.7]	86.3 [83.5-88.7]	82.7 [79.6-85.4]	76.6 [73.2-79.6]	71.2 [67.7-74.5]	48.7 [44.9-52.4]
congstar	76.3 [72.8-79.5]	71.9 [68.2-75.3]	68.3 [64.5-71.9]	63.1 [59.2-66.8]	48.5 [44.6-52.5]	2.1 [1.2-3.6]
NetAachen	87.5 [84.6-89.9]	81.1 [77.8-84.0]	76.9 [73.4-80.1]	69.7 [65.9-73.3]	58.2 [54.2-62.1]	21.1 [18.0-24.5]
SWB	65.5 [61.2-69.6]	61.0 [56.5-65.2]	46.9 [42.5-51.4]	34.5 [30.4-38.8]	25.8 [22.1-29.9]	11.8 [9.2-15.0]
encoLine	92.3 [89.5-94.4]	91.0 [88.1-93.3]	82.7 [79.0-85.9]	79.5 [75.6-82.9]	67.3 [62.9-71.4]	3.2 [2.0-5.2]
DNS:NET	90.3 [87.0-92.8]	86.3 [82.6-89.3]	84.1 [80.2-87.3]	80.3 [76.2-83.9]	70.9 [66.3-75.1]	1.0 [0.4-2.5]

### 6.2.3 Geografischer Bereich

Abbildung 6.22 stellt die Upload-Messergebnisse mit Blick auf den geografischen Bereich dar. Wie im Download-Bereich liegt das Niveau des prozentualen Verhältnisses zwischen tatsächlicher und vertraglich vereinbarter maximaler Datenübertragungsrate auch hier im städtischen Bereich höher als im halbstädtischen und ländlichen Bereich.

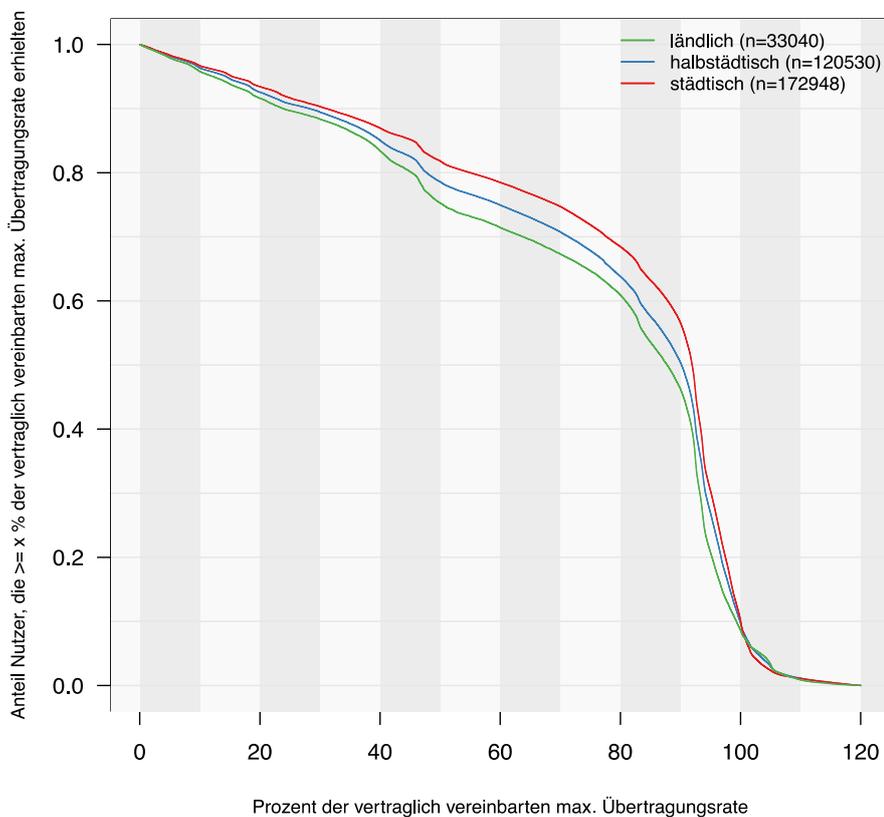


Abbildung 6.22: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Regionen

In den einzelnen Bereichen (städtisch, halbstädtisch und ländlich) lassen sich hinsichtlich der tatsächlich gemessenen Datenübertragungsrate im Upload – im Unterschied zum Download – keine deutlichen Unterschiede feststellen. Insbesondere die Kurvenverläufe im städtischen und halbstädtischen Bereich sind sehr ähnlich. Dies zeigt Abbildung 6.23. Eine Erklärung könnte sein, dass das Niveau der Upload-Werte in den Verträgen grundsätzlich deutlich unter dem der Download-Werte liegt und der Upload aufgrund seiner Übertragung im unteren Frequenzspektrum weniger entfernungsabhängig als der Download ist.

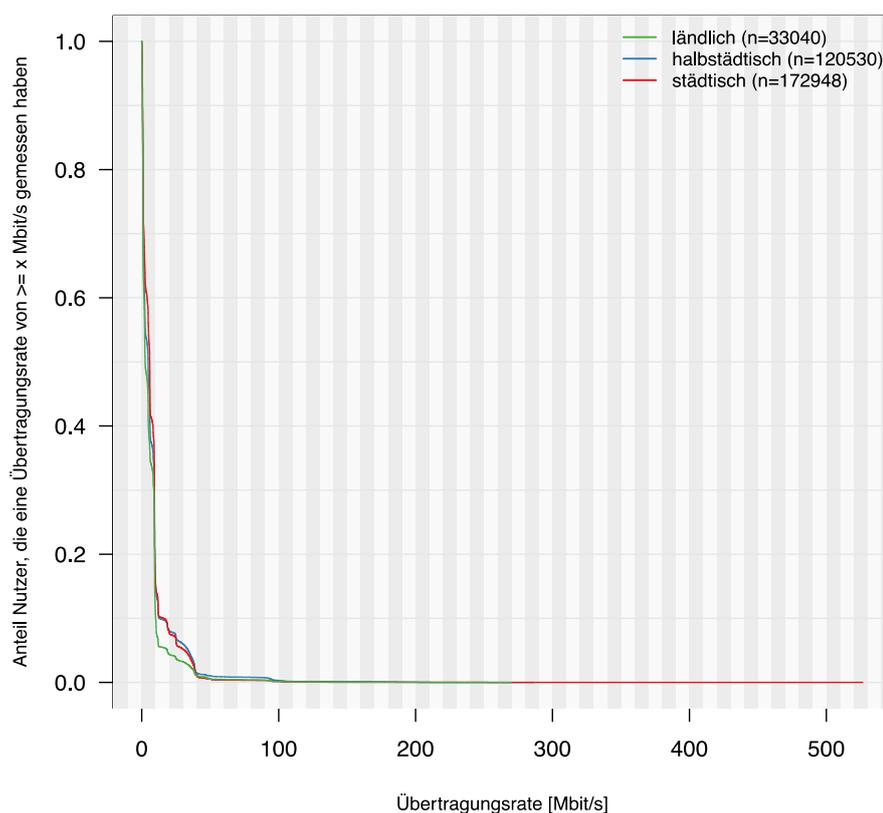


Abbildung 6.23: Empirische Verteilungsfunktion der absolut erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Regionen

## 6.2.4 Tageszeitlicher Verlauf

In den Bandbreiteklassen wurde analog zum Download-Bereich eine Abhängigkeit der Datenübertragungsrate von der Tageszeit festgestellt. Allerdings ist diese Abhängigkeit deutlich geringer ausgeprägt als im Download-Bereich. Dies gilt sowohl für das prozentuale Verhältnis zwischen tatsächlicher und vertraglich vereinbarter maximaler Datenübertragungsrate (Abbildung 6.24) als auch für die ermittelte Datenübertragungsrate im Upload in Mbit/s (Abbildung 6.25).

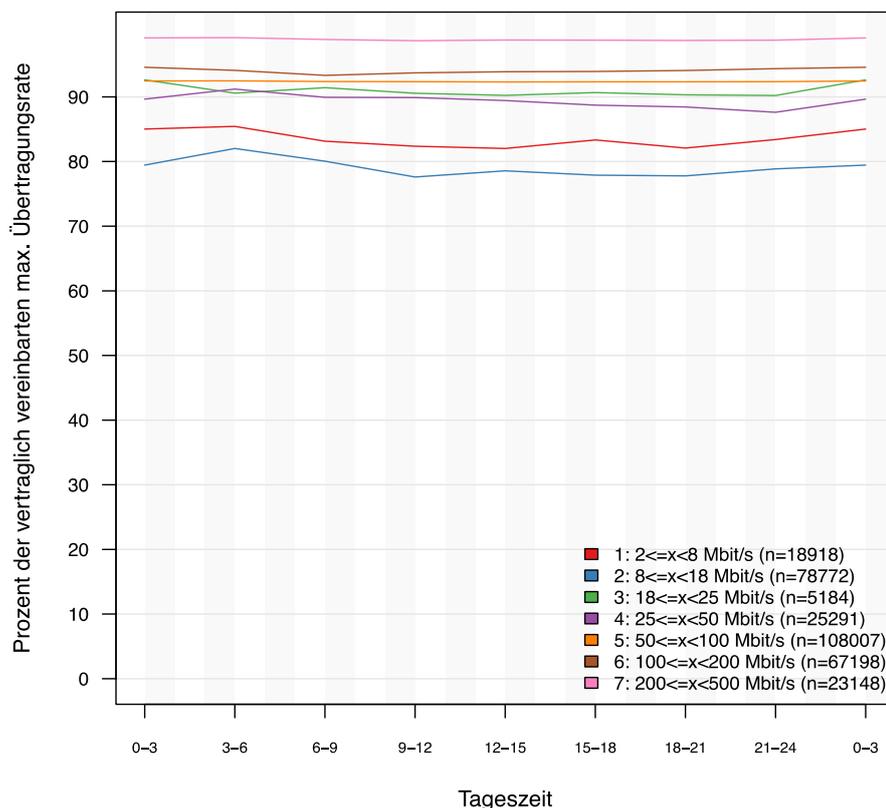


Abbildung 6.24: Tageszeitlicher Verlauf der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Bandbreiteklassen

In der Bandbreiteklasse 7 (200 Mbit/s bis kleiner 500 Mbit/s), in der im Download-Bereich die größten Schwankungen im Tagesverlauf aufgetreten sind, wird im Upload-Bereich gantztägig annähernd die

volle vertraglich vereinbarte maximale Datenübertragungsrate erreicht. Die ermittelte Datenübertragungsrate im Upload in Mbit/s liegt in dieser Bandbreiteklasse immer bei ca. 12 Mbit/s, während das hohe Niveau im Download (teilweise 200 Mbit/s) in dieser Bandbreiteklasse Schwankungen unterworfen ist (niedrigster Wert <100 Mbit/s im Zeitraum von 18 bis 21 Uhr; vgl. Abbildung 6.13).

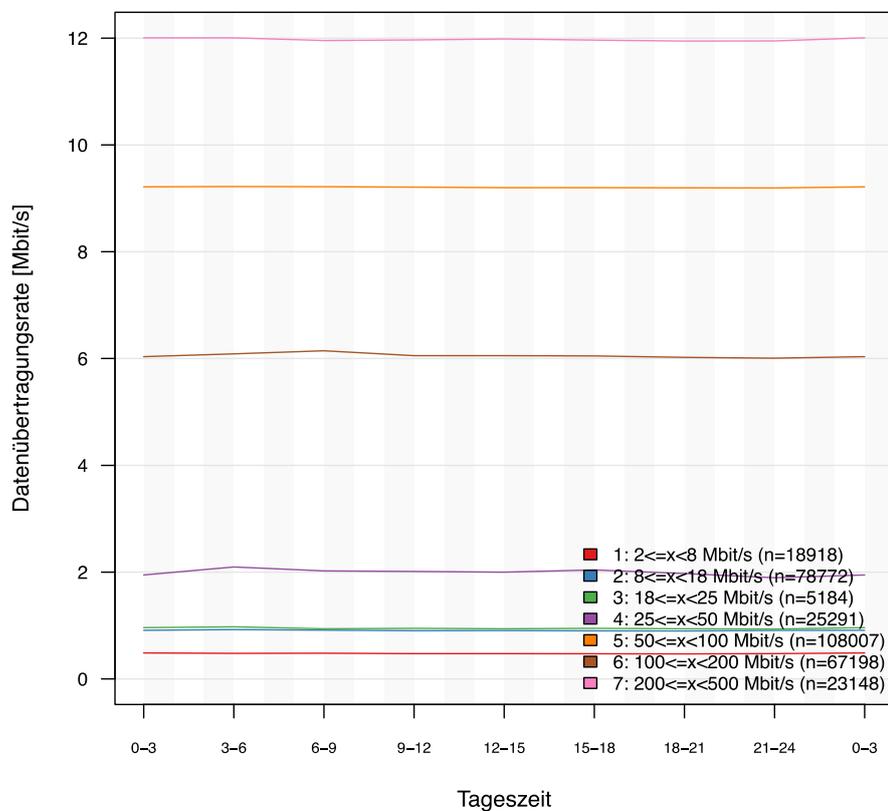


Abbildung 6.25: Tageszeitlicher Verlauf der absolut erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Bandbreitklassen

### 6.2.5 Quartalsverlauf

Wie Abbildung 6.26 zeigt, ist das Niveau des prozentualen Verhältnisses zwischen tatsächlicher und vertraglich vereinbarter maximaler Datenübertragungsrate mit Blick auf den Anteil der Nutzer, der die vertraglich vereinbarte maximale Datenübertragungsrate erhalten hat, vom vierten Quartal 2016 zum ersten Quartal 2017 gestiegen. Die Messergebnisse aus dem dritten Quartal 2017 entsprechen ungefähr denen des ersten Quartals 2017, während im zweiten Quartal 2017 etwas schlechtere Messergebnisse erzielt wurden.

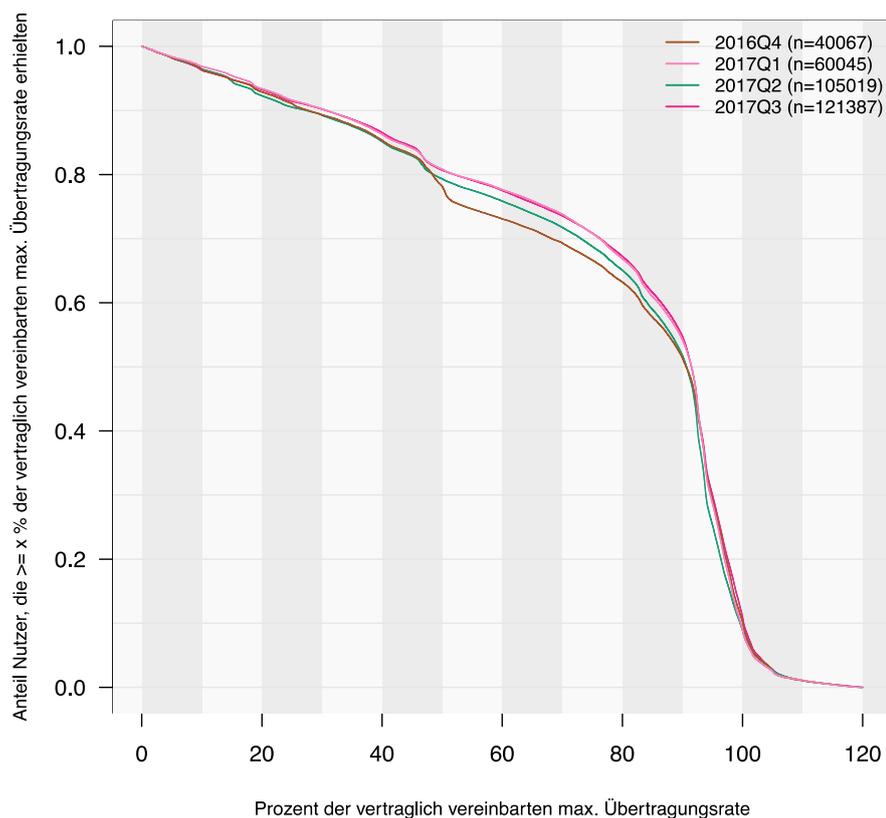


Abbildung 6.26: Quartalsverlauf der empirischen Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload

Der Boxplot in Abbildung 6.27 verdeutlicht, dass die Mediane sich in den Quartalen kaum verändert haben. Allerdings gibt es in allen drei Quartalen 2017 eine größere Anzahl besonders niedriger prozentual erreichter Datenübertragungsraten, was die Unterschiede zwischen den Kurven in Abbildung 6.26 erklärt.

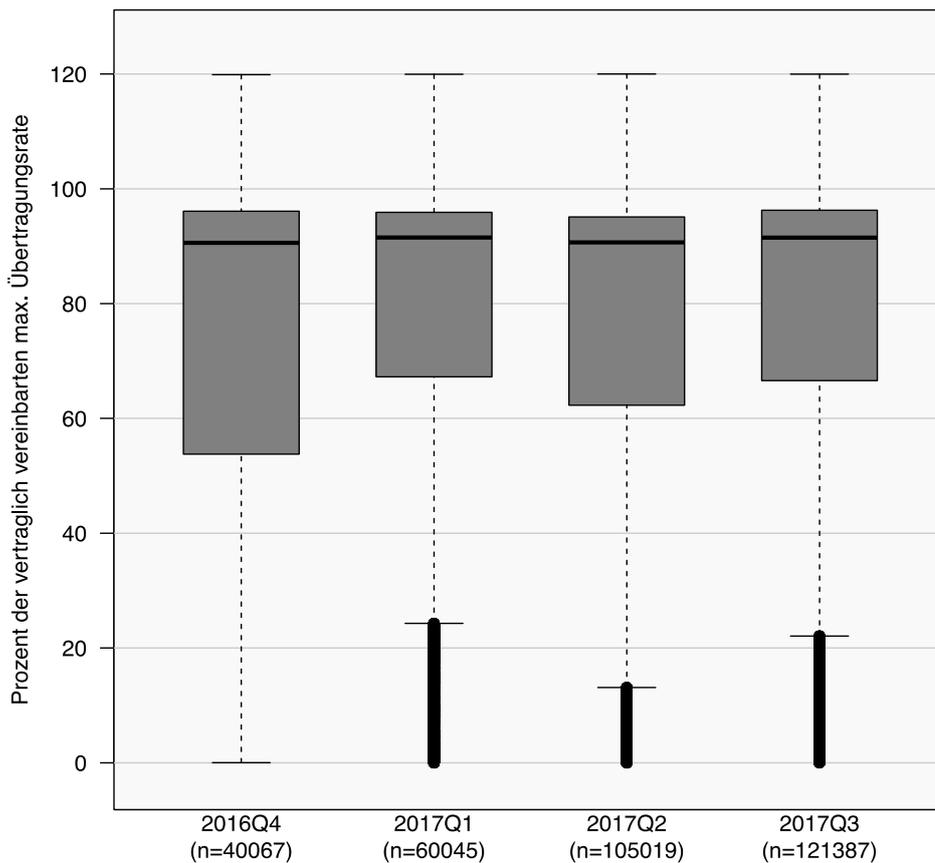


Abbildung 6.27: Quartalsverlauf der Boxplots der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload

## 6.3 Laufzeit

Die Laufzeit gibt die Zeit in Millisekunden an, die ein Datenpaket benötigt, um von einem Sender (hier: Messclient) zu einem Empfänger (hier: Messserver) und zurück zu gelangen. Während die Laufzeit bei Streaming-Diensten wie z. B. Video-Streaming aufgrund der genutzten Puffer eher eine untergeordnete Rolle spielt, ist sie im Bereich der Video-Telefonie und von Online-Spielen von entscheidender Bedeutung. Nur bei sehr geringen Laufzeiten ist hier ein Echtzeit-Erlebnis möglich.

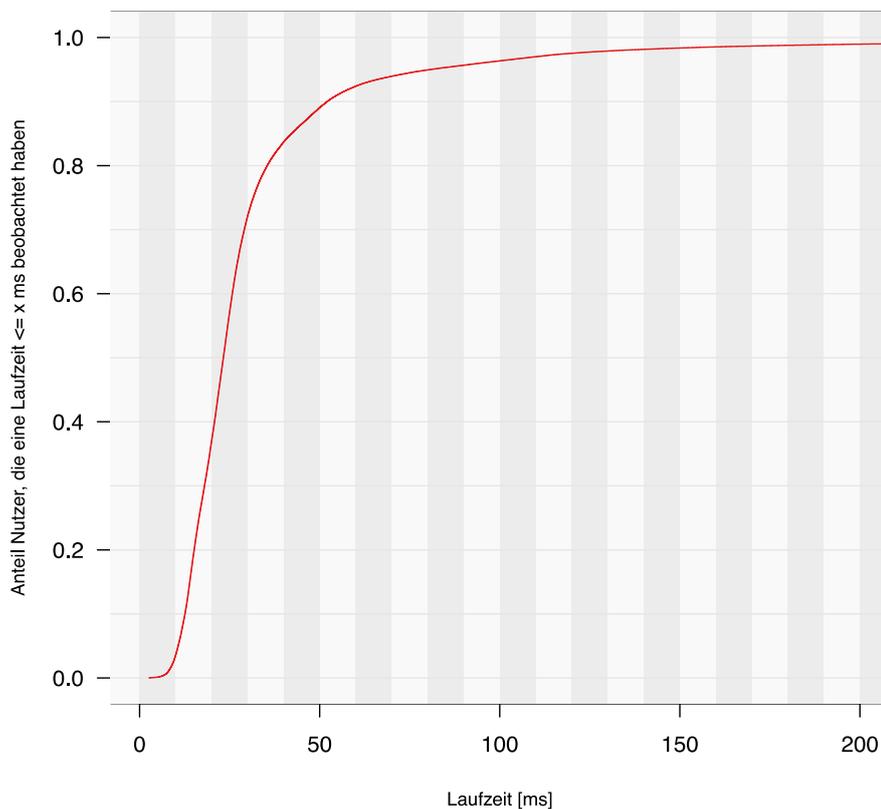


Abbildung 6.28: Empirische Verteilungsfunktion der Laufzeit für alle Nutzer in der Stichprobe (N = 425993).

Abbildung 6.28 stellt die Laufzeit über alle Bandbreitklassen und Anbieter hinweg als empirische Verteilungsfunktion dar. Die Kurve verläuft stark steigend. 83,7% der Nutzer haben eine Laufzeit von 40ms oder weniger gemessen.

### 6.3.1 Bandbreiteklasse

In Abbildung 6.29 werden die Messergebnisse mit Blick auf die ermittelte Laufzeit in den einzelnen Bandbreiteklassen dargestellt. In den beiden hohen Bandbreiteklassen 6 (100 Mbit/s bis kleiner 200 Mbit/s) und 7 (200 Mbit/s bis kleiner 500 Mbit/s) haben weniger als 10% der Nutzer Laufzeiten von 40ms und mehr festgestellt, in der Klasse 1 (2 Mbit/s bis kleiner 8 Mbit/s) waren es annähernd 50%.

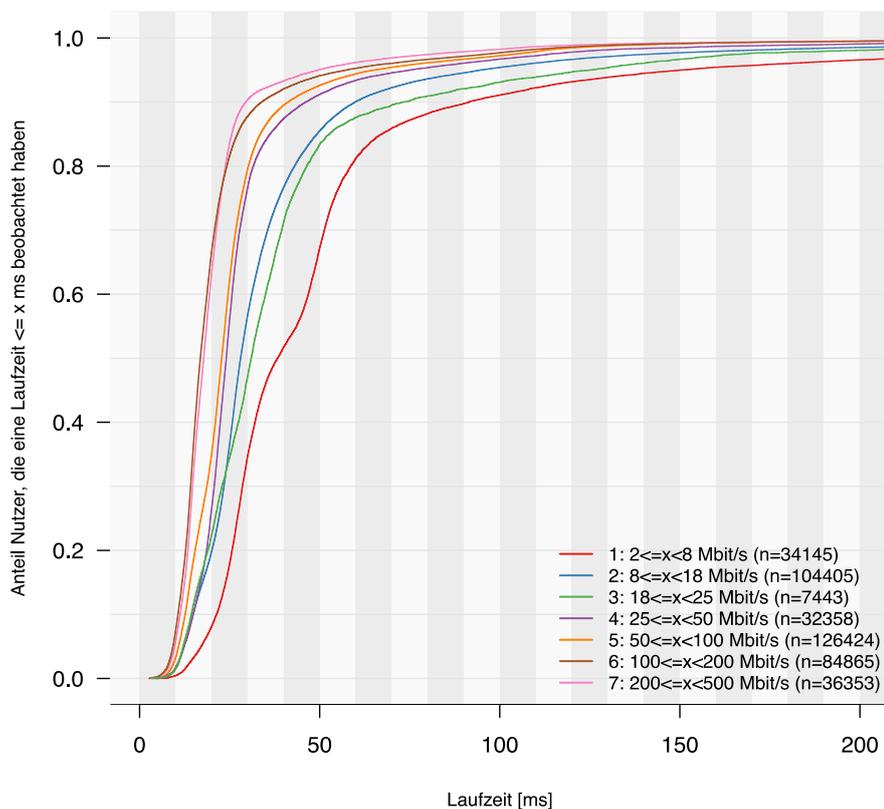


Abbildung 6.29: Empirische Verteilungsfunktion der Laufzeit nach Bandbreiteklassen

Die in den Boxplots der Abbildung 6.30 dargestellten Mediane verdeutlichen die Unterschiede zwischen den einzelnen Bandbreitewerten. Während in der Bandbreitewerte Klasse 6 (100 Mbit/s bis kleiner 200 Mbit/s) die kürzesten Laufzeiten ermittelt wurden, sind in der Bandbreitewerte Klasse 1 (2 Mbit/s bis kleiner 8 Mbit/s) die längsten Laufzeiten festgestellt worden.

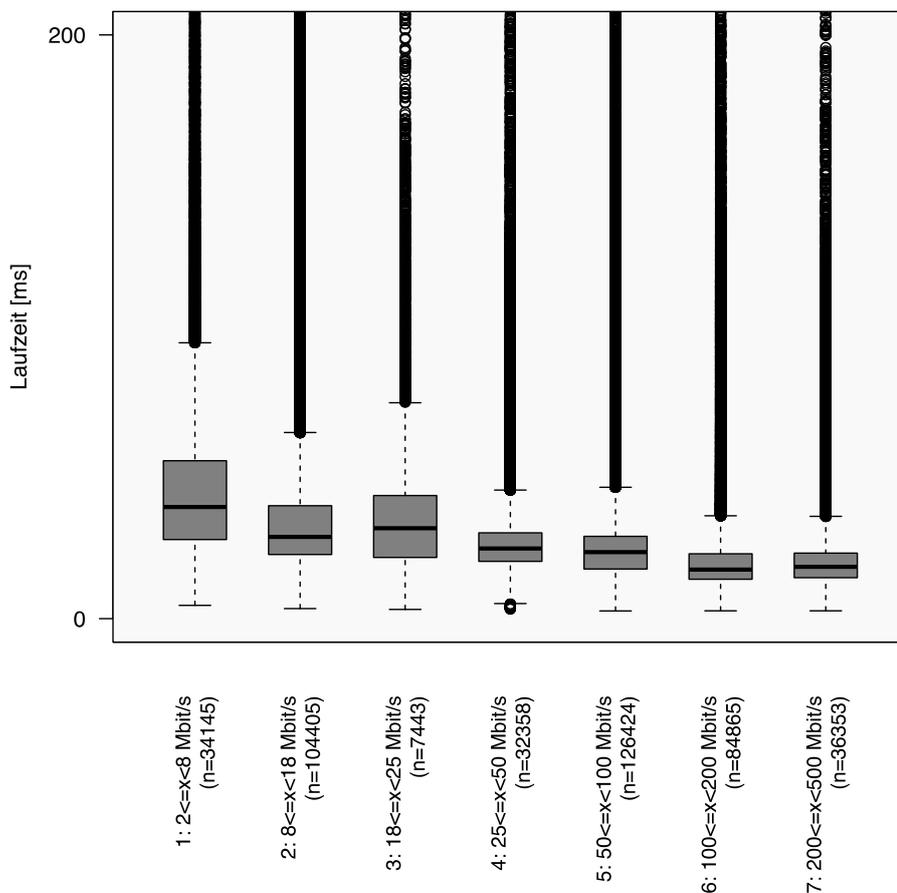


Abbildung 6.30: Boxplot der Laufzeit nach Bandbreitewerte Klassen

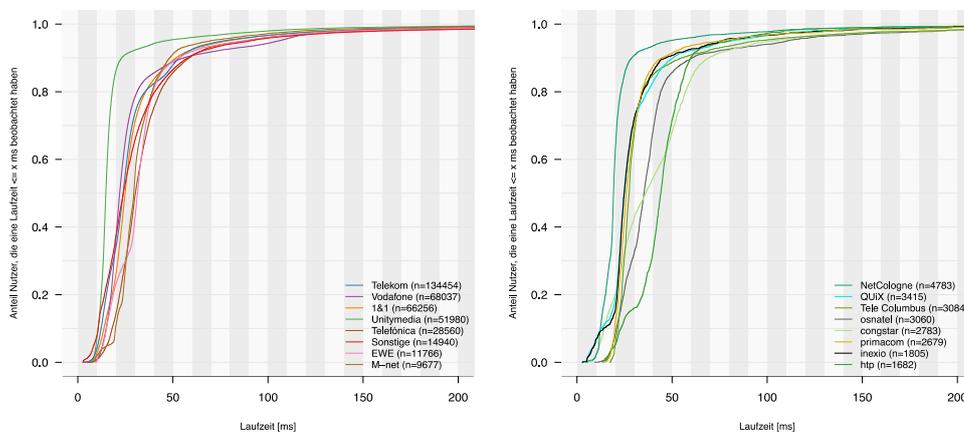
Tabelle 6.7 Tabelle 6.8 stellt den Anteil der Nutzer bezogen auf die Höhe der Laufzeiten mit Blick auf die einzelnen Bandbreitklassen dar. So haben beispielsweise 66,8% der Nutzer in der Bandbreiteklasse 6 (100 Mbit/s bis kleiner 200 Mbit/s) Laufzeiten von 20ms oder weniger gemessen. In der Bandbreiteklasse 1 (2 Mbit/s bis kleiner 8 Mbit/s) liegt dieser Wert bei 8,2%.

Tabelle 6.8: Anteile der Nutzer, die eine Laufzeit (Round-Trip-Time) von bis zu x Millisekunden beobachtet haben und 95%-Konfidenzintervalle

Bandbreiteklasse	10ms	20ms	30ms	40ms	50ms
1: $2 \leq x < 8$ Mbit/s	0.4 [0.4-0.5]	8.2 [7.9-8.5]	34.8 [34.3-35.3]	51.7 [51.2-52.3]	67.2 [66.7-67.7]
2: $8 \leq x < 18$ Mbit/s	1.7 [1.6-1.8]	19.9 [19.7-20.2]	56.8 [56.5-57.1]	76.7 [76.4-77.0]	85.5 [85.3-85.7]
3: $18 \leq x < 25$ Mbit/s	1.5 [1.3-1.8]	22.5 [21.5-23.4]	47.2 [46.1-48.3]	71.3 [70.3-72.3]	83.4 [82.5-84.2]
4: $25 \leq x < 50$ Mbit/s	1.7 [1.6-1.8]	26.6 [26.2-27.1]	76.6 [76.2-77.1]	87.4 [87.1-87.8]	91.2 [90.9-91.5]
5: $50 \leq x < 100$ Mbit/s	3.3 [3.2-3.4]	35.2 [34.9-35.4]	79.6 [79.4-79.8]	89.5 [89.3-89.7]	92.6 [92.5-92.7]
6: $100 \leq x < 200$ Mbit/s	7.5 [7.4-7.7]	66.8 [66.5-67.1]	87.8 [87.5-88.0]	92.1 [91.9-92.2]	94.1 [94.0-94.3]
7: $200 \leq x < 500$ Mbit/s	5.8 [5.5-6.0]	63.4 [62.9-63.9]	90.3 [90.0-90.6]	93.3 [93.0-93.6]	95.1 [94.8-95.3]

### 6.3.2 Anbieter

Abbildung 6.31 stellt die Messergebnisse mit Blick auf die Laufzeiten bezogen auf die einzelnen Anbieter als empirische Verteilungsfunktion gruppiert dar. Hier zeigen sich Unterschiede zwischen den einzelnen Anbietern. Dies könnte auf den unterschiedlich hohen Anteil von Produkten in höheren Bandbreiteklassen im jeweiligen Portfolio der Anbieter zurückzuführen sein. Bietet ein Anbieter überwiegend Produkte in höheren Bandbreiteklassen an, dann wurden vermehrt kürzere Laufzeiten im Rahmen der Breitbandmessung ermittelt. Die Kurven derartiger Anbieter heben sich insbesondere im Bereich bis 70ms von den Kurven der anderen ab. Auch nach unten weichen einige Anbieter sichtbar ab, für die entsprechend deutlich längere Laufzeiten gemessen wurden. Dies liegt möglicherweise daran, dass solche Anbieter vorwiegend Produkte in den unteren Bandbreiteklassen anbieten, bei denen die Laufzeiten tendenziell länger sind.



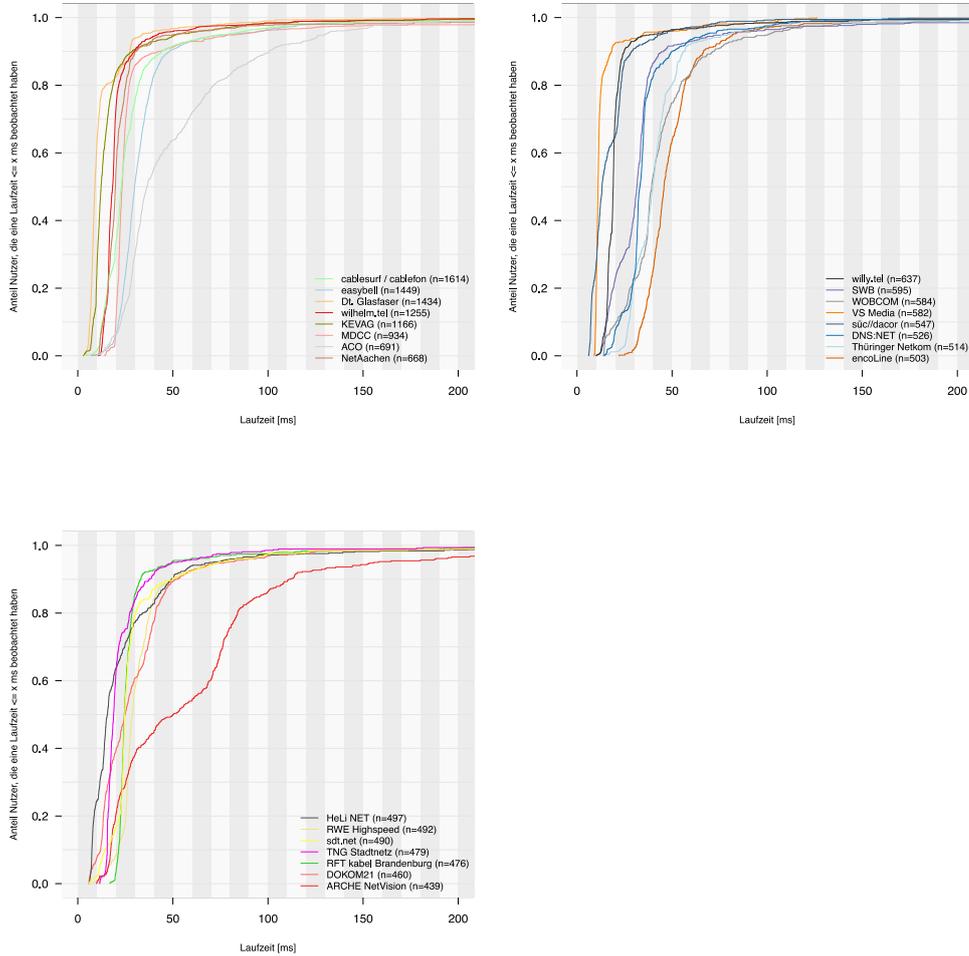


Abbildung 6.31: Empirische Verteilungsfunktion der Laufzeit nach Anbietern

### 6.3.3 Geografischer Bereich

Bezogen auf die geografischen Bereiche (ländlich, halbstädtisch und städtisch) konnten im Rahmen der Breitbandmessung leichte Unterschiede bezüglich der Laufzeiten festgestellt werden. Wie Abbildung 6.32 zeigt, wurden im städtischen Bereich kürzere Laufzeiten als im halbstädtischen und im ländlichen Bereich ermittelt.

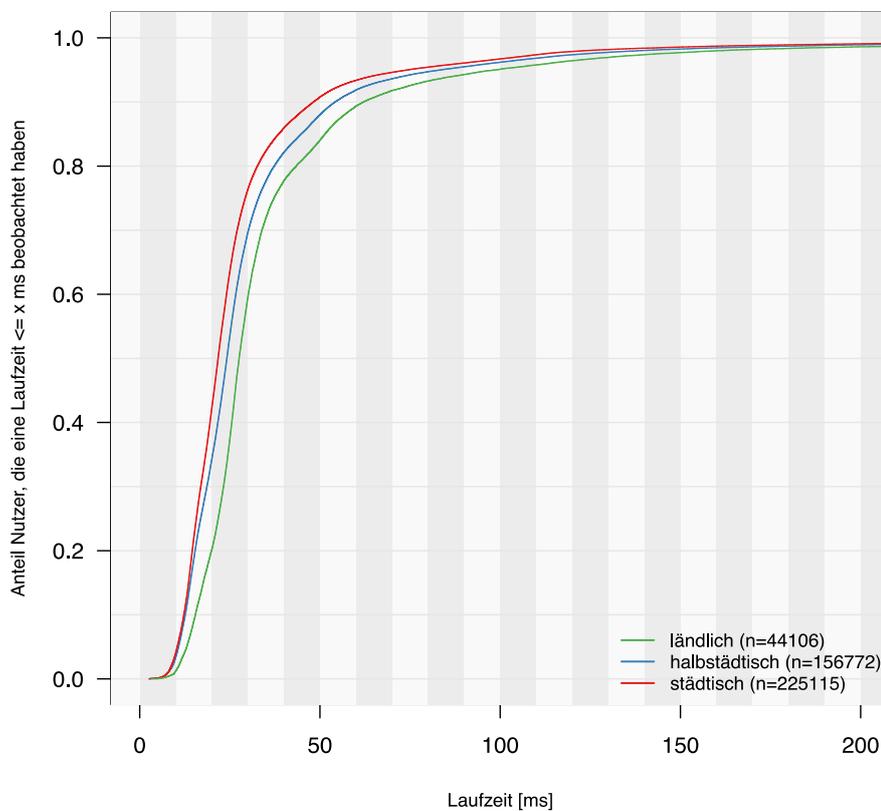


Abbildung 6.32: Empirische Verteilungsfunktion der Laufzeit nach Regionen

### 6.3.4 Tageszeitlicher Verlauf

#### Bandbreiteklasse

In allen Bandbreiteklassen zeigen sich die Laufzeiten im tageszeitlichen Verlauf relativ stabil. Lediglich in den Bandbreiteklassen 1 und 3 lassen sich stärkere Schwankungen feststellen.

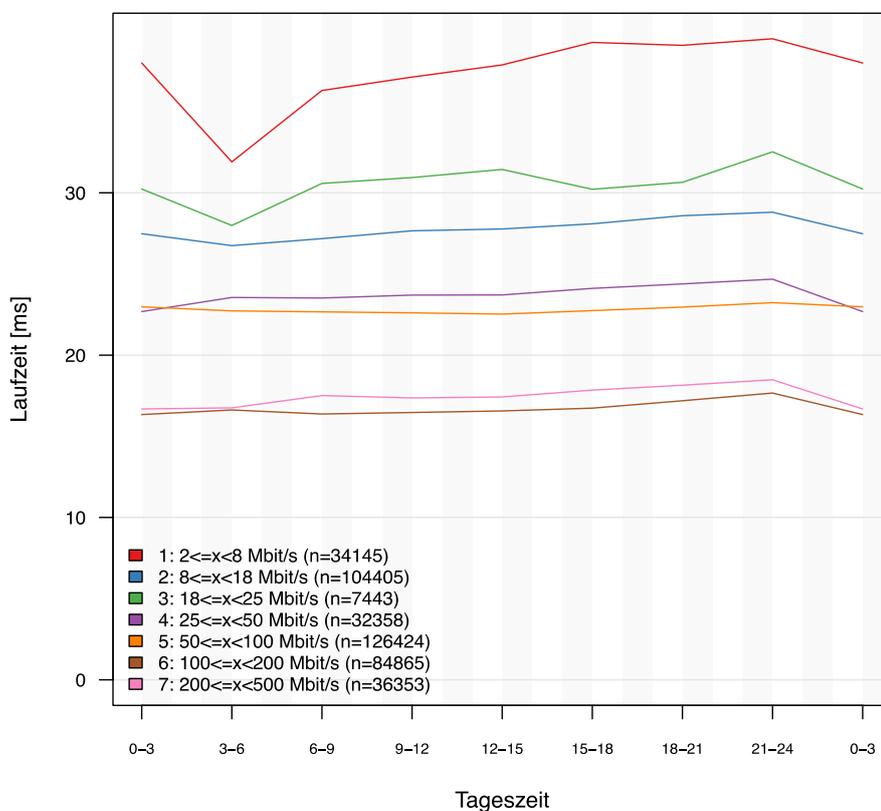


Abbildung 6.33: Tageszeitlicher Verlauf der Laufzeit nach Bandbreiteklassen

### 6.3.5 Quartalsverlauf

In Abbildung 6.34 sind die Laufzeiten in Abhängigkeit von den Quartalen als empirische Verteilungsfunktionen, in Abbildung 6.35 als Boxplots dargestellt. Es zeigt sich eine Verkürzung der Laufzeiten vom vierten Quartal 2016 gegenüber den Quartalen in 2017, während die Unterschiede zwischen den drei Quartalen 2017 gering sind.

Zurückzuführen ist die Entwicklung auf die gestiegene Zahl von Messungen in höheren Bandbreitklassen. Da in diesen Bandbreitklassen generell niedrigere Laufzeiten gemessen werden, verändert sich durch die gestiegene Anzahl derartiger Messungen auch das Gesamtniveau.

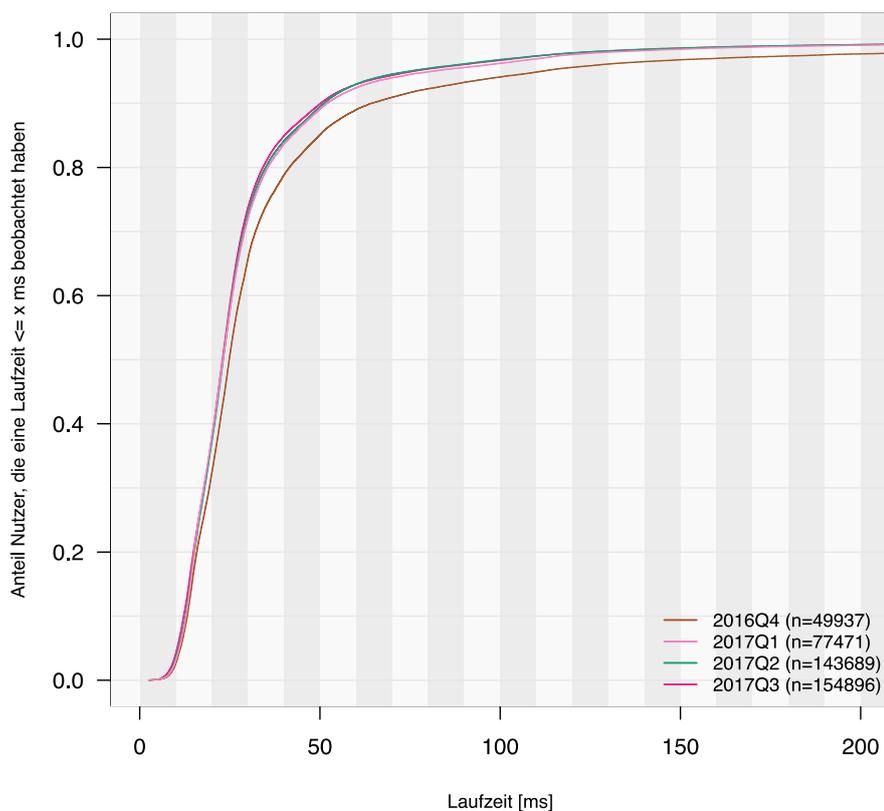


Abbildung 6.34: Quartalsverlauf der empirischen Verteilungsfunktionen der Laufzeit

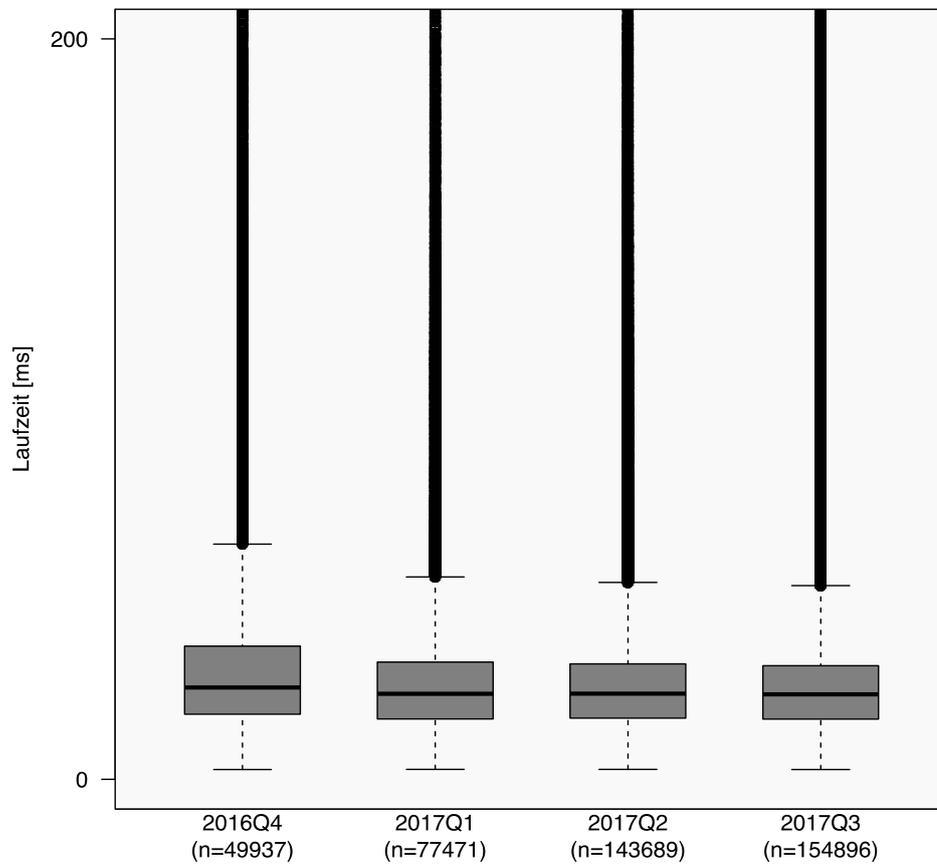


Abbildung 6.35: Quartalsverlauf der Boxplots der Laufzeit

## 7 Mobile Breitbandanschlüsse

### 7.1 Datenübertragungsrate Download

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Breitbandmessung mit Blick auf mobile Breitbandanschlüsse betrachtet. Abbildung 7.1 stellt das Verhältnis der tatsächlichen Datenübertragungsrate zur vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate in Prozent über alle Anbieter und Bandbreitklassen hinweg dar.

Der Kurvenverlauf unterscheidet sich deutlich von der Darstellung bei stationären Breitbandanschlüssen (vgl. Kap. 6.1). Die Kurve fällt hier bereits von Beginn an stark ab. Über alle Bandbreitklassen und Anbieter hinweg erhielten im Download 18,6% der Nutzer mindestens die Hälfte der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate; bei 1,6% der Nutzer wurde diese voll erreicht oder überschritten.

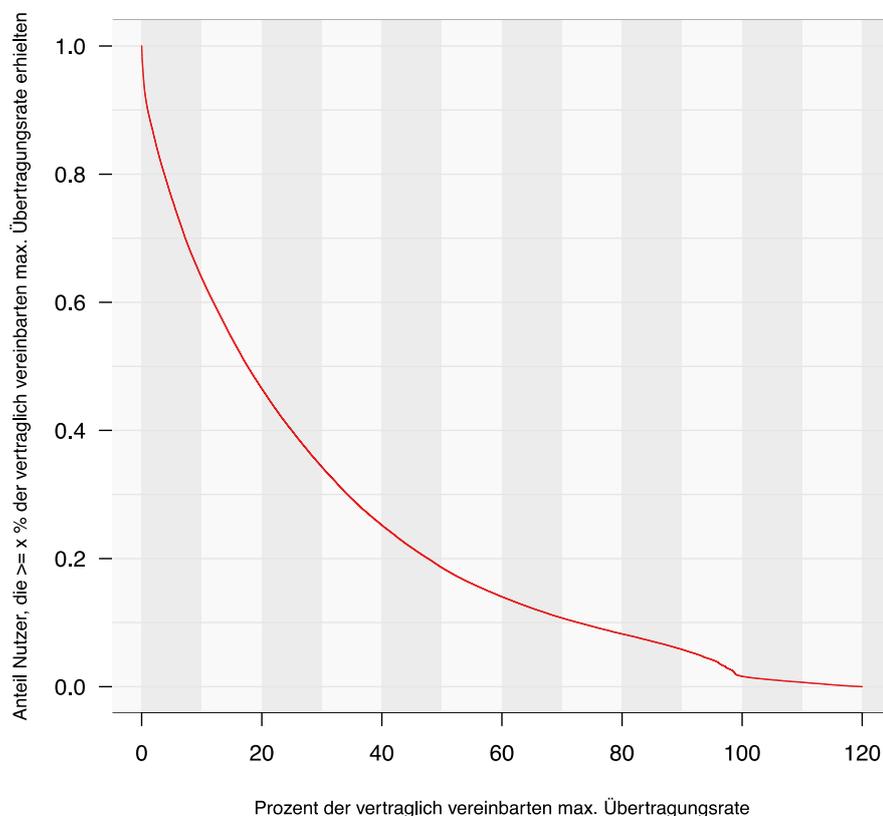


Abbildung 7.1: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download für alle Nutzer in der Stichprobe (N = 245.143).

### 7.1.1 Bandbreiteklasse

Wie bereits bei den stationären Breitbandanschlüssen lassen sich mit Blick auf den ermittelten Prozentwert der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate auch bei den mobilen Breitbandanschlüssen zwischen den einzelnen Bandbreiteklassen Unterschiede feststellen. Abbildung 7.2 zeigt eine generell abnehmende Tendenz von den kleinen zu den hohen Bandbreiteklassen. In den Bandbreiteklassen 4 (25 Mbit/s bis kleiner 50 Mbit/s) bis 7 (200 Mbit/s bis kleiner 500 Mbit/s) wurde die vertraglich vereinbarte maximale Datenrate nur zu einem geringen Prozentsatz erreicht.

Der Anteil der Nutzer, der die volle vermarktete Bandbreite erhielt, liegt in der Bandbreiteklasse 7 bei 0%, in der Bandbreiteklasse 1 bei 9,1%. Die Hälfte der vermarkteten Bandbreite erhielten in der Klasse 7 0,8%, in der Klasse 1 waren dies 49,5%.

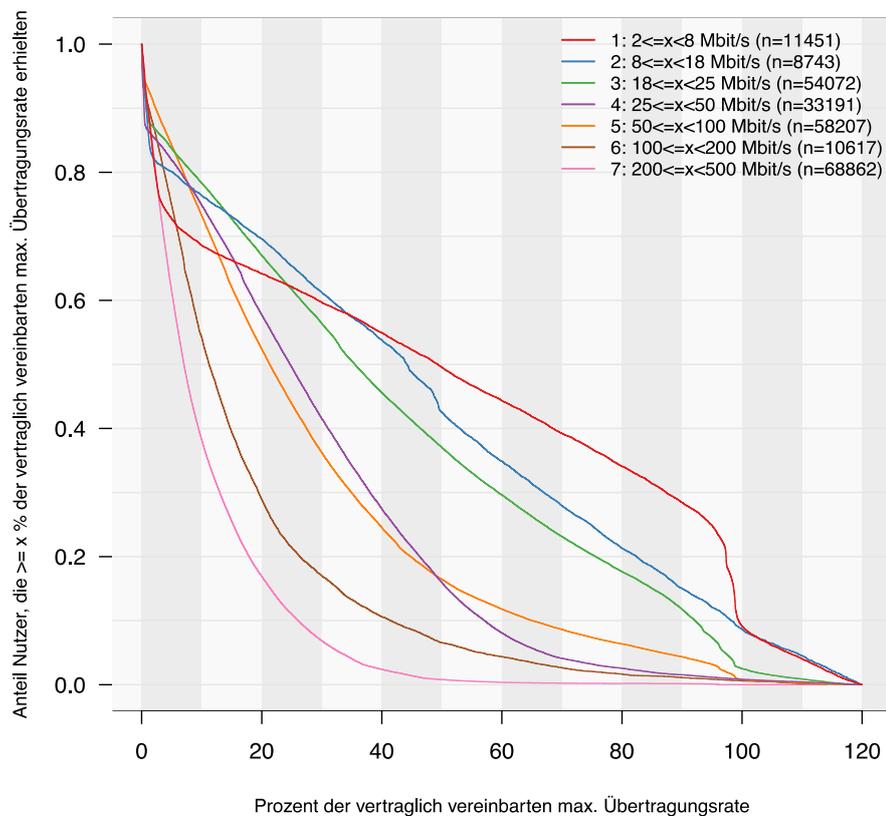


Abbildung 7.2: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bandbreiteklassen

Die bereits beschriebene abnehmende Tendenz des prozentualen Verhältniswertes in höheren Bandbreitklassen zeigt sich auch in den in Abbildung 7.3 dargestellten Boxplots. Gleichmaßen sinkt die Streuung der mittleren 50% der Messwerte (Länge der Boxen). Diese ist in den unteren Bandbreitklassen 1, 2 und 3 größer als in den mittleren Bandbreitklasse 4 und 5 sowie den höheren Bandbreitklassen 6 und 7.

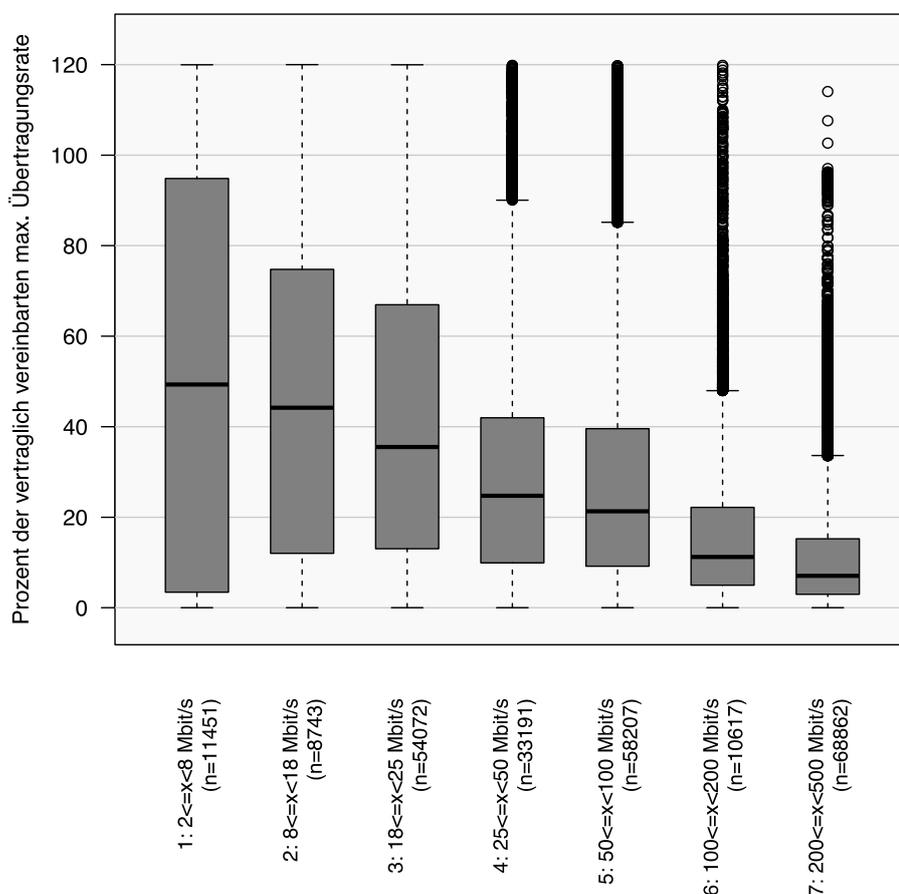


Abbildung 7.3: Boxplot der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bandbreitklassen

Die Tabelle 7.1 stellt ergänzend für ausgewählte Werte die Anteile der Nutzer bezogen auf die einzelnen Bandbreitklassen dar, die mindestens x% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erhalten haben, sowie in den eckigen Klammern die dazugehörigen 95%-Konfidenzintervalle.

Tabelle 7.1: Anteile der Nutzer, die mindestens x% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erhielten und 95%-Konfidenzintervalle nach Bandbreiteklassen

Bandbreiteklasse	50%	60%	70%	80%	90%	100%
1: $2 \leq x < 8$ Mbit/s	49.5 [48.6-50.4]	44.3 [43.4-45.3]	39.2 [38.3-40.1]	34.1 [33.2-35.0]	28.5 [27.6-29.3]	9.1 [8.6-9.7]
2: $8 \leq x < 18$ Mbit/s	42.5 [41.5-43.6]	34.9 [33.9-35.9]	28.0 [27.0-28.9]	21.3 [20.5-22.2]	15.0 [14.3-15.8]	8.7 [8.1-9.3]
3: $18 \leq x < 25$ Mbit/s	37.0 [36.6-37.4]	29.6 [29.2-30.0]	23.1 [22.8-23.5]	17.6 [17.3-18.0]	11.8 [11.5-12.0]	2.5 [2.4-2.6]
4: $25 \leq x < 50$ Mbit/s	16.0 [15.6-16.4]	8.1 [7.8-8.4]	4.1 [3.9-4.3]	2.6 [2.4-2.7]	1.5 [1.4-1.7]	0.8 [0.7-0.9]
5: $50 \leq x < 100$ Mbit/s	16.4 [16.1-16.7]	11.8 [11.5-12.0]	8.6 [8.4-8.9]	6.4 [6.2-6.6]	4.3 [4.2-4.5]	0.8 [0.7-0.8]
6: $100 \leq x < 200$ Mbit/s	6.6 [6.1-7.0]	4.4 [4.0-4.8]	2.7 [2.4-3.0]	1.7 [1.4-1.9]	1.1 [0.9-1.3]	0.6 [0.5-0.8]
7: $200 \leq x < 500$ Mbit/s	0.8 [0.7-0.9]	0.4 [0.3-0.4]	0.2 [0.2-0.3]	0.2 [0.2-0.2]	0.2 [0.1-0.2]	0.0 [0.0-0.0]

## 7.1.2 Anbieter

In Abbildung 7.4 werden die Messungen der Datenübertragungsrate im Download von Anbietern<sup>26</sup> dargestellt, für die mindestens eine Anzahl von 400 validen Messungen vorliegt. Insgesamt liegt für 28 Anbieter eine entsprechende Zahl an Messungen vor. Anbieter, für die die Anzahl von 400 validen Messungen nicht vorliegt, werden in der Gruppe „Sonstige“ erfasst.

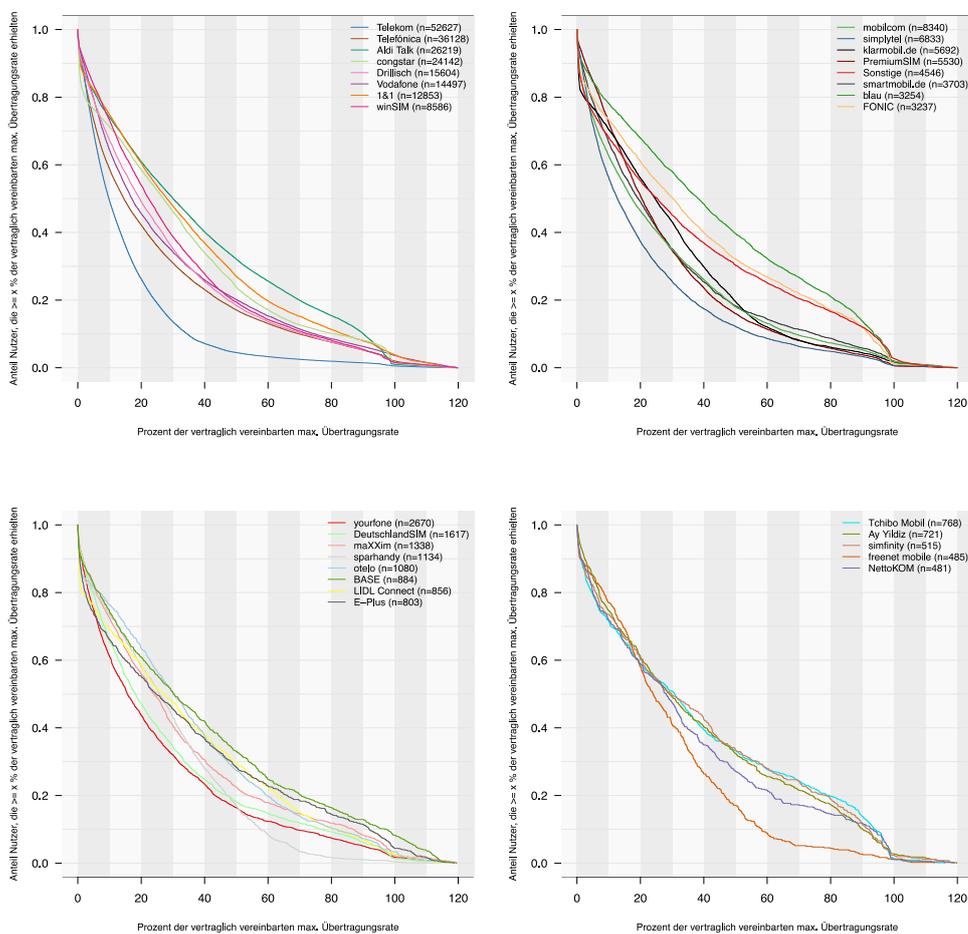


Abbildung 7.4: Empirische Verteilungsfunktion der absolut erreichten Datenübertragungsrate Download nach Anbietern

<sup>26</sup> Als Anbieter gelten im Folgenden auch eigenständige Marken von Telekommunikationsunternehmen.

Es sind deutliche Unterschiede in den Kurvenverläufen erkennbar. Diese sind primär darauf zurückzuführen, dass die Verteilung der Anschlüsse auf die Bandbreitklassen für jeden Anbieter unterschiedlich ausfällt. Damit wirken sich die für die Bandbreitklassen gezeigten Unterschiede auch auf den Anbietervergleich insgesamt aus<sup>27</sup>.

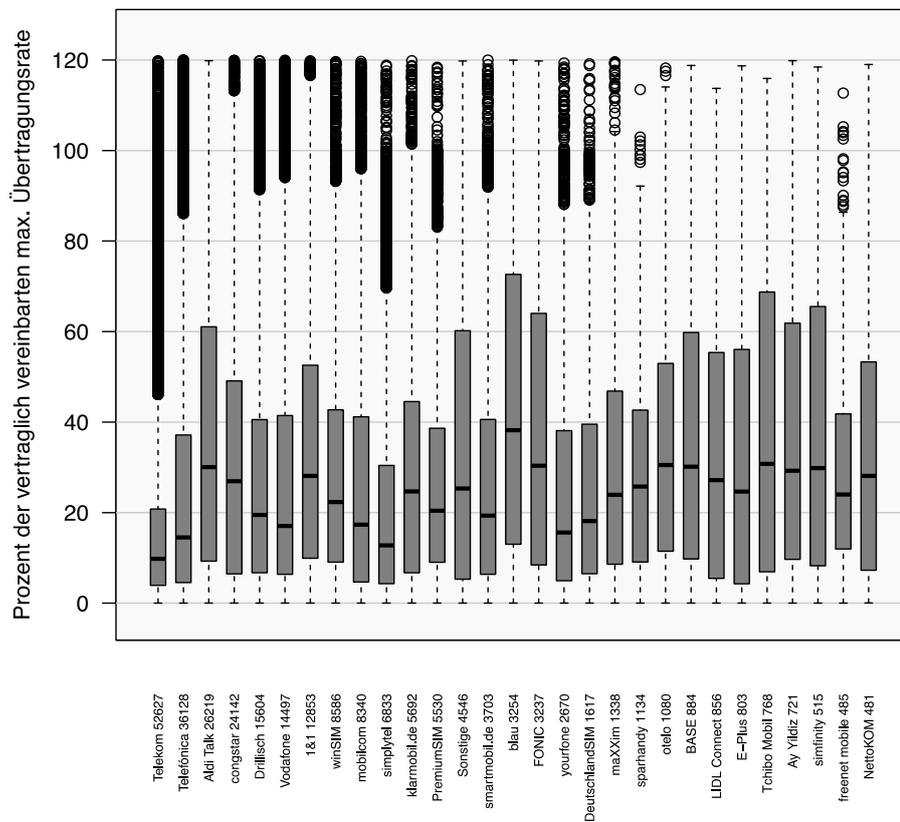


Abbildung 7.5: Boxplot der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach Anbietern

<sup>27</sup> Bei der Telekom ist zu berücksichtigen, dass der Abruf der vertraglich vereinbarten geschätzten maximalen Datenübertragungsrate automatisiert aus der Breitbandmessung heraus möglich ist.

Abbildung 7.5 stellt das Verhältnis der ermittelten Datenübertragungsrate zur vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate für die einzelnen Anbieter als Boxplot dar. Auch hier sind deutliche Unterschiede sowohl bei den Medianen als auch der Streuung, erkennbar insbesondere an der Länge der Boxen, zu beobachten.

Tabelle 7.2 stellt die Anteile der Nutzer bezogen auf den jeweiligen Anbieter dar, die mindestens  $x\%$  der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erhalten haben, sowie die dazugehörigen 95%-Konfidenzintervalle.

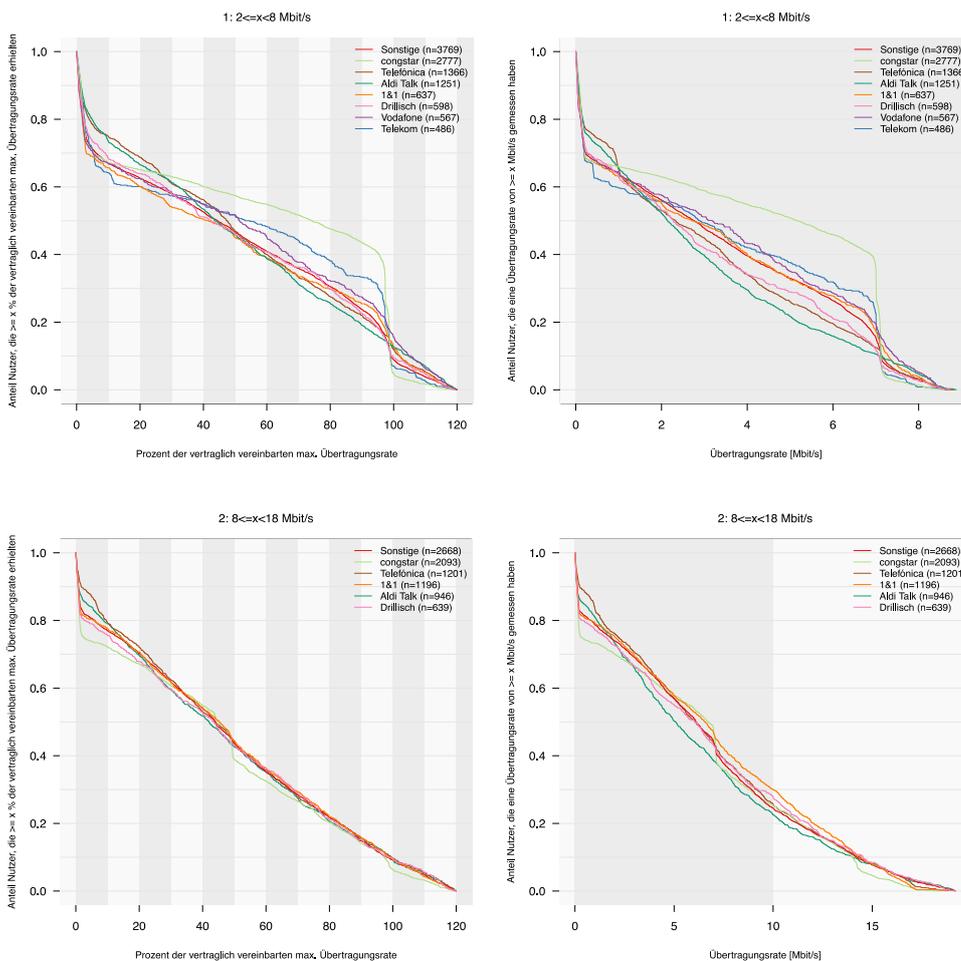
Tabelle 7.2: Anteile der Nutzer, die mindestens x% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erhielten und 95%-Konfidenzintervalle nach Anbietern

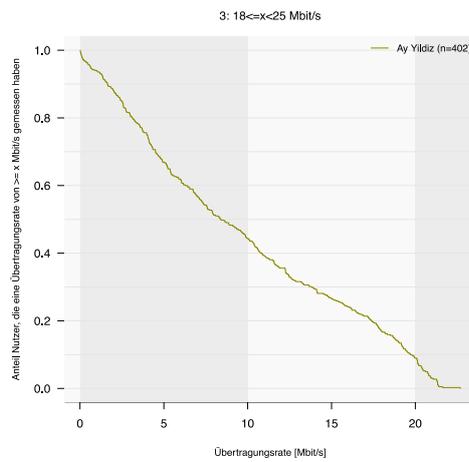
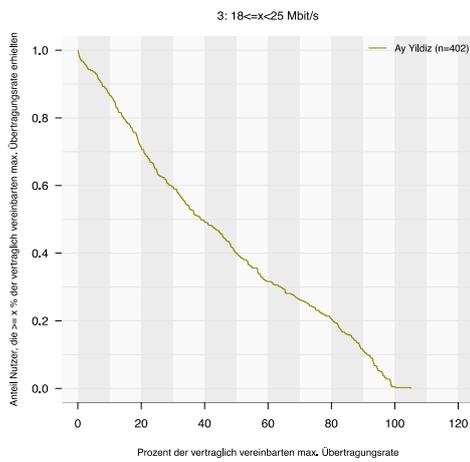
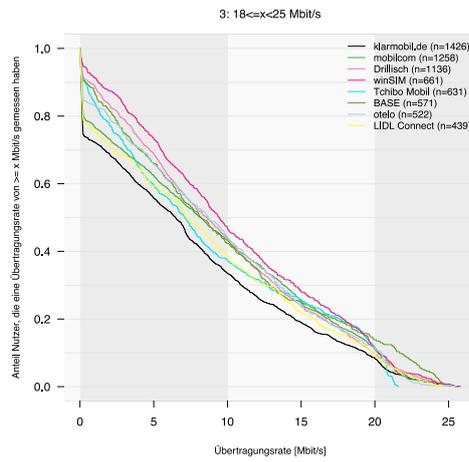
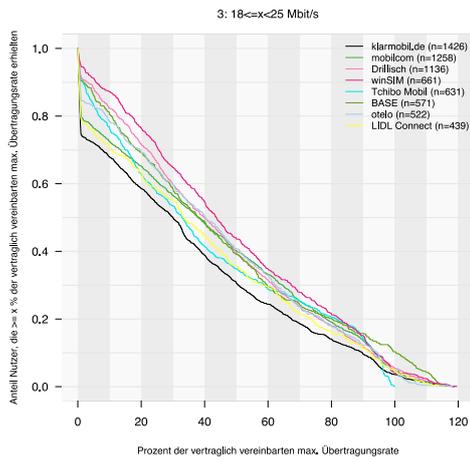
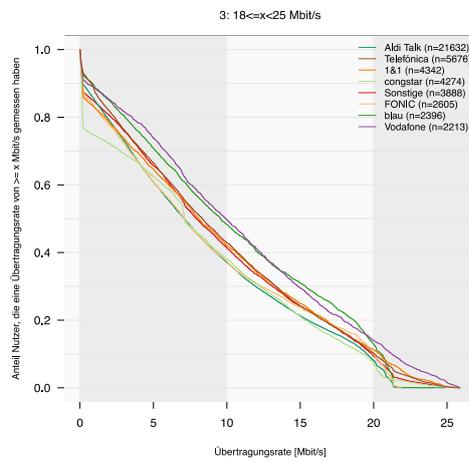
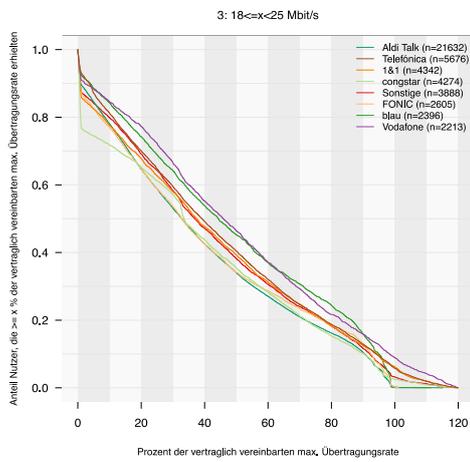
Anbieter	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Telekom	4,5 [4.3-4.7]	3,3 [3.1-3.4]	2,5 [2.4-2.6]	1,9 [1.8-2.0]	1,4 [1.4-1.6]	0,5 [0.5-0.6]
Telefónica	17,1 [16.7-17.5]	13,1 [12.7-13.4]	9,9 [9.6-10.3]	7,5 [7.3-7.8]	5,2 [5.0-5.5]	2,0 [1.8-2.1]
Aldi Talk	32,1 [31.5-32.7]	25,6 [25.1-26.2]	19,9 [19.4-20.4]	15,4 [15.0-15.8]	10,1 [9.7-10.4]	1,0 [0.9-1.1]
congstar	23,9 [23.3-24.4]	17,1 [16.7-17.6]	12,7 [12.2-13.1]	10,2 [9.8-10.6]	8,2 [7.8-8.5]	1,6 [1.4-1.7]
Drillisch	18,4 [17.8-19.0]	13,7 [13.2-14.2]	10,3 [9.9-10.8]	7,6 [7.2-8.0]	5,3 [4.9-5.6]	1,6 [1.4-1.8]
Vodafone	20,1 [19.5-20.8]	15,3 [14.8-15.9]	11,4 [10.9-12.0]	8,6 [8.1-9.0]	6,3 [5.9-6.7]	3,6 [3.3-3.9]
1&1	27,0 [26.3-27.8]	19,8 [19.1-20.5]	15,2 [14.6-15.8]	11,3 [10.7-11.8]	7,9 [7.5-8.4]	3,8 [3.5-4.2]
winSIM	19,4 [18.6-20.3]	14,2 [13.5-15.0]	10,8 [10.2-11.5]	8,1 [7.6-8.7]	5,4 [5.0-5.9]	1,5 [1.3-1.8]
mobilcom	18,0 [17.2-18.9]	13,1 [12.4-13.8]	9,6 [9.0-10.3]	7,3 [6.8-7.9]	5,3 [4.9-5.8]	1,8 [1.6-2.2]
simplytel	12,2 [11.4-13.0]	8,6 [8.0-9.3]	6,3 [5.7-6.9]	4,9 [4.4-5.4]	3,3 [2.9-3.8]	0,7 [0.5-0.9]
klarmobil.de	19,5 [18.5-20.6]	12,0 [11.2-12.9]	8,0 [7.4-8.8]	6,1 [5.5-6.7]	4,4 [3.9-5.0]	1,7 [1.4-2.0]
PremiumSIM	16,0 [15.0-17.0]	11,4 [10.6-12.2]	8,2 [7.5-9.0]	5,8 [5.2-6.4]	3,9 [3.4-4.4]	0,6 [0.4-0.8]
Sonstige	30,3 [29.0-31.6]	25,1 [23.9-26.4]	20,5 [19.3-21.7]	16,6 [15.6-17.7]	12,0 [11.1-13.0]	2,7 [2.3-3.3]
smartmobil.de	18,3 [17.1-19.6]	14,4 [13.3-15.5]	11,3 [10.4-12.4]	8,7 [7.8-9.6]	5,8 [5.1-6.6]	1,9 [1.5-2.4]
blau	39,6 [38.0-41.3]	32,3 [30.7-33.9]	26,7 [25.2-28.3]	21,0 [19.6-22.4]	13,8 [12.7-15.0]	1,5 [1.1-2.0]
FONIC	32,1 [30.5-33.8]	26,9 [25.4-28.5]	22,0 [20.6-23.4]	17,0 [15.7-18.3]	12,0 [10.9-13.1]	1,2 [0.9-1.7]
yourfone	16,4 [15.0-17.8]	12,3 [11.1-13.6]	9,7 [8.6-10.9]	7,4 [6.4-8.4]	5,1 [4.3-6.0]	1,7 [1.3-2.3]
DeutschlandSIM	18,1 [16.3-20.1]	14,7 [13.1-16.5]	11,9 [10.4-13.5]	9,3 [8.0-10.8]	6,2 [5.1-7.5]	1,4 [0.9-2.1]
maXXim	22,4 [20.3-24.7]	17,9 [16.0-20.1]	14,6 [12.9-16.6]	11,8 [10.2-13.6]	8,3 [6.9-9.9]	2,2 [1.6-3.2]
sparhandy	17,1 [15.0-19.4]	8,4 [6.9-10.1]	3,4 [2.5-4.6]	1,6 [1.0-2.5]	1,1 [0.6-1.8]	0,4 [0.2-1.0]
otelo	27,4 [24.8-30.1]	19,8 [17.5-22.3]	13,9 [12.0-16.1]	10,5 [8.8-12.4]	7,2 [5.8-8.9]	3,3 [2.4-4.6]
BASE	33,0 [30.0-36.2]	24,8 [22.0-27.7]	20,2 [17.7-23.0]	16,4 [14.1-19.0]	12,9 [10.8-15.3]	8,3 [6.6-10.3]
LIDL Connect	29,8 [26.8-32.9]	22,5 [19.9-25.5]	15,1 [12.8-17.6]	10,6 [8.7-12.9]	6,9 [5.4-8.8]	2,5 [1.6-3.7]
E-Plus	28,3 [25.3-31.5]	22,8 [20.0-25.8]	18,4 [15.9-21.3]	14,4 [12.2-17.0]	11,5 [9.4-13.8]	4,4 [3.2-6.0]
Tchibo Mobil	33,3 [30.1-36.7]	27,7 [24.7-31.0]	24,2 [21.3-27.4]	19,8 [17.1-22.8]	13,9 [11.7-16.6]	1,2 [0.6-2.2]
Ay Yildiz	32,5 [29.1-36.0]	25,5 [22.5-28.8]	21,6 [18.8-24.8]	17,2 [14.6-20.1]	10,0 [8.0-12.4]	2,8 [1.8-4.2]
simfinity	33,2 [29.3-37.4]	28,0 [24.3-32.0]	24,3 [20.8-28.2]	18,8 [15.7-22.4]	11,5 [9.0-14.5]	2,3 [1.3-4.0]
freenet mobile	17,1 [14.0-20.7]	8,9 [6.6-11.7]	5,2 [3.5-7.5]	4,3 [2.8-6.5]	2,7 [1.6-4.5]	1,2 [0.6-2.7]
NettoKOM	27,2 [23.4-31.4]	21,6 [18.2-25.5]	17,3 [14.1-20.9]	14,6 [11.7-18.0]	11,9 [9.3-15.0]	1,0 [0.4-2.4]

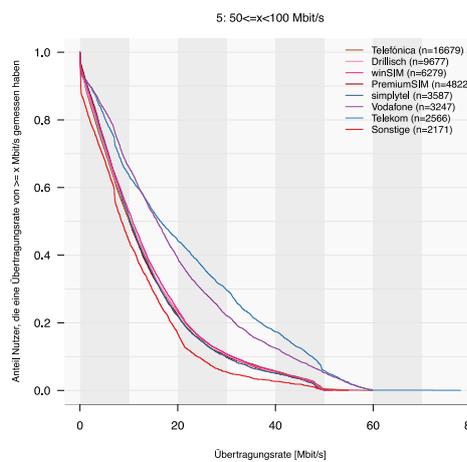
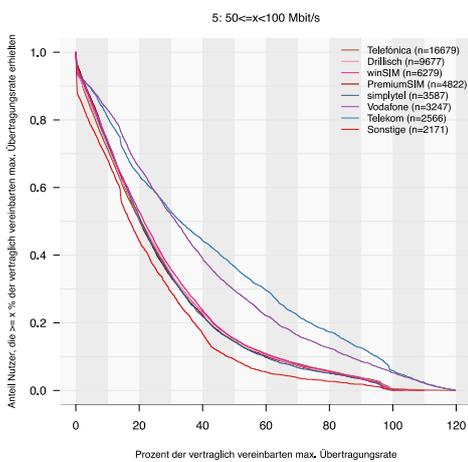
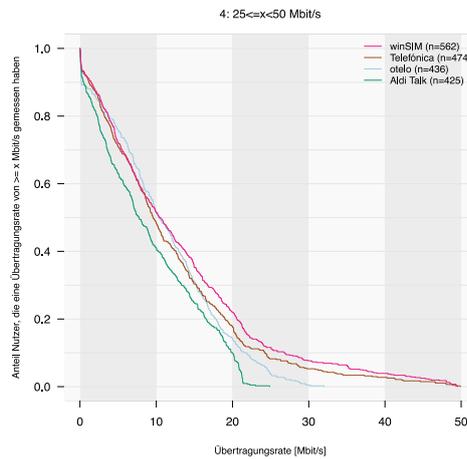
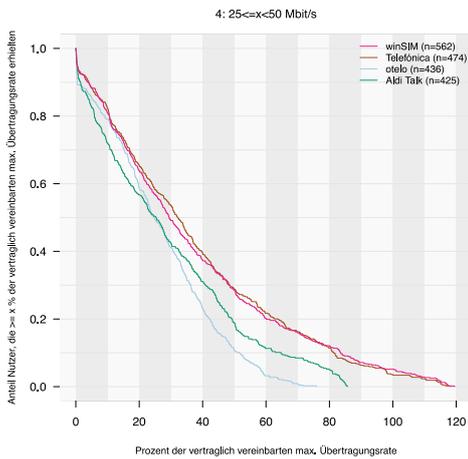
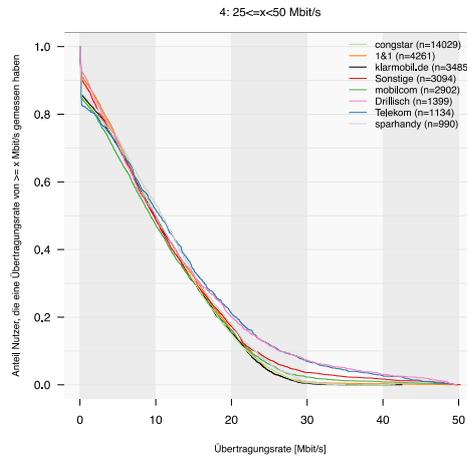
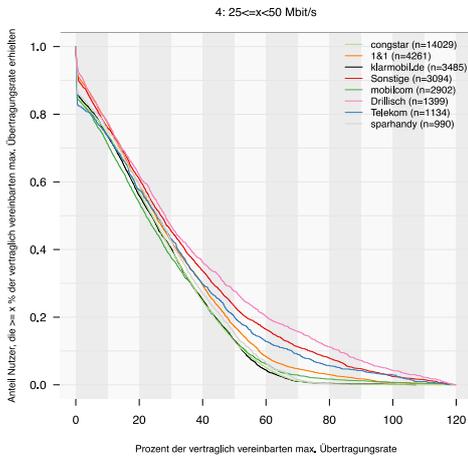
## Anbieter je Bandbreiteklasse

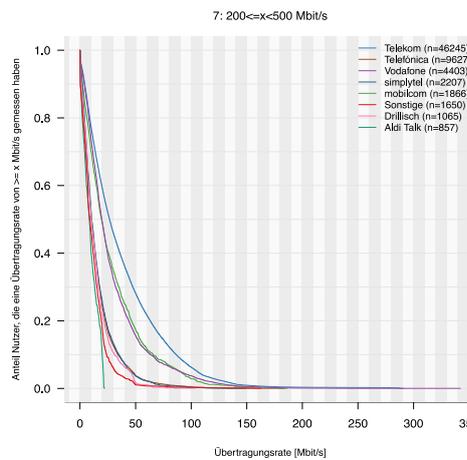
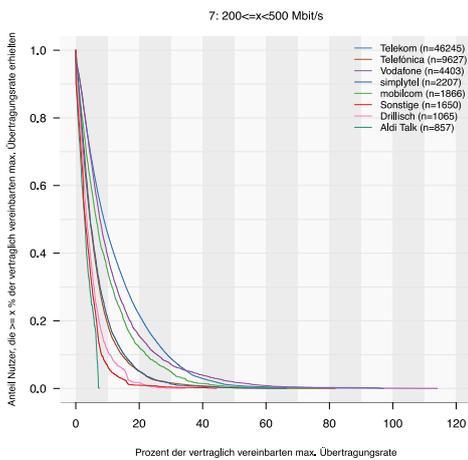
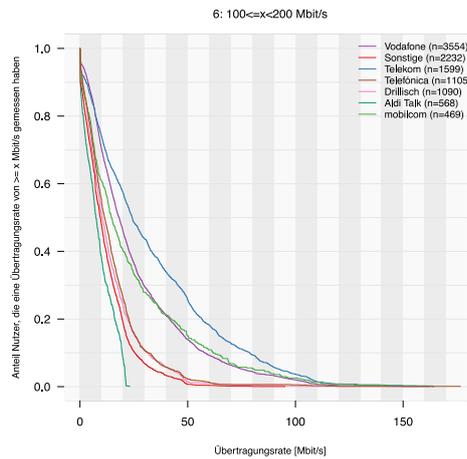
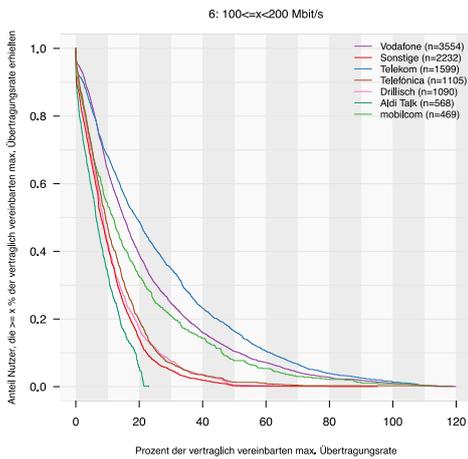
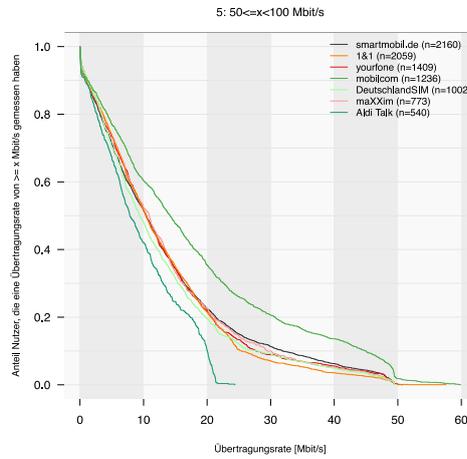
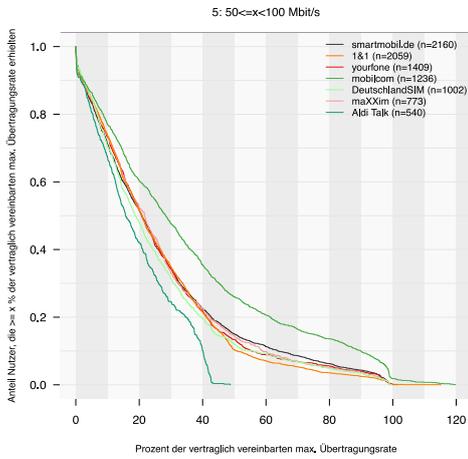
In Abbildung 7.6 werden die Verteilungen der relativ und absolut erreichten Datenübertragungsraten nach Anbieter und Bandbreiteklasse dargestellt. Anbieter mit weniger als 400 validen Messungen werden in den einzelnen Bandbreiteklassen jeweils zur Gruppe „Sonstige“ zusammengefasst.

Auffällig ist in der Bandbreiteklasse 1 (2 Mbit/s bis kleiner 8 Mbit/s), dass der Kurvenverlauf eines Anbieters weiter rechts verläuft als der Verlauf der anderen Anbieter. Größere Unterschiede zwischen den Anbietern zeigen sich vor allem in den höheren Bandbreiteklassen 5, 6 und 7.









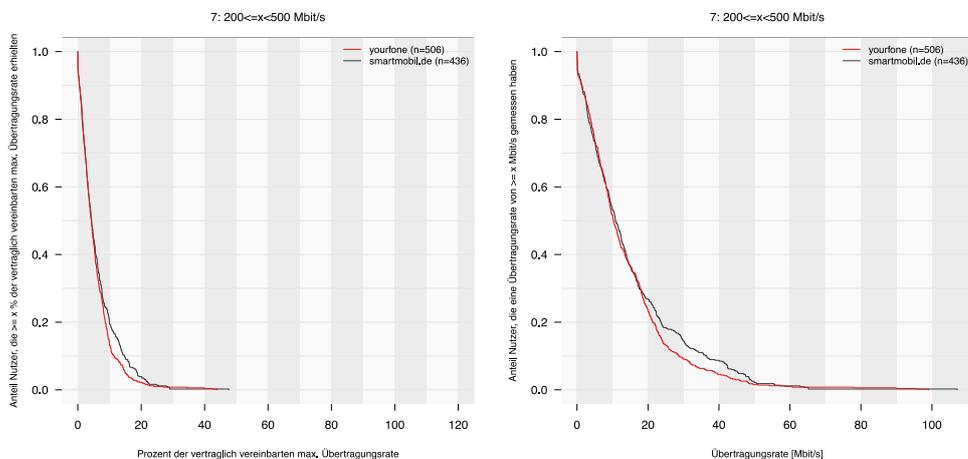


Abbildung 7.6: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual (links) und absolut (rechts) erreichten Datenübertragungsrate Download nach Anbietern je Bandbreiteklasse

Mit Blick auf die einzelnen Grafiken lässt sich wie bereits oben beschrieben (vgl. Kap. 7.1.1) eine abnehmende Tendenz des Verhältnisses von tatsächlicher zu vertraglich vereinbarter maximaler Datenübertragungsrate von Bandbreiteklasse zu Bandbreiteklasse feststellen. Die gemessenen Datenübertragungsraten nehmen hier nicht im gleichen Maße zu wie die vertraglich vereinbarte maximale Datenübertragungsrate.

Bei einigen Mobilfunk-Laufzeittarifen wurde im Berichtszeitraum eine Anpassung auf die maximal verfügbare LTE-Geschwindigkeit (max. 300 MBit/s im Download) vorgenommen.

Im Rahmen der Breitbandmessung werden die Tarifinformationen der Anbieter mittels Auswahlmenü vorgefiltert. Dabei wird auf die seitens der TK-Unternehmen gemeldeten Tarifdaten zurückgegriffen. Die individuelle Tarifauswahl erfolgt durch den Nutzer. Eine fehlerhafte Tarifauswahl kann dabei nicht ausgeschlossen werden. Dies kann auch Auswirkungen auf die Zuordnung von Messungen zu einzelnen Bandbreiteklassen haben.

In Bandbreiteklassen, in denen ein Anbieter im Hinblick auf die anbieterbezogene Gesamtzahl an Messungen mit relativ wenigen Messungen vertreten ist, können sich Falschangaben stärker auf den Kurvenverlauf auswirken.

Mit Inkrafttreten der TK-Transparenzverordnung sind die Anbieter verpflichtet, der Bundesnetzagentur Informationen zu ihren Tarifen und den vermarkteten Datenübertragungsraten zur Verfügung zu stellen. Die durch die Anbieter bereitgestellten Daten werden im Rahmen der Breitbandmessung hinterlegt. Die Tarifauswahl des Endkunden wird hierdurch erleichtert.

Da die TK-Transparenzverordnung zum 01.06.2017 in Kraft getreten ist, lagen die Tarifangaben somit erst zum Ende des Berichtsjahres vor. Daher konnten die Tarifdaten für die im Rahmen der Breitbandmessung implementierte Tarifauswahl nicht für den gesamten Berichtszeitraum zur Verfügung gestellt werden. Mit Blick auf das nachfolgende Berichtsjahr ist dies jedoch gewährleistet. Zwar können Kundenfalschangaben – z.B. eine falsche Tarifauswahl – auch dadurch nicht gänzlich ausgeschlossen werden; allerdings ist durch die Beschränkung auf die von den Anbieter zur Verfügung gestellten Tarifangaben gewährleistet, dass Messungen nur noch Bandbreitklassen zugeordnet werden können, in denen der jeweilige Anbieter auch Produkte anbietet. Im laufenden Berichtsjahr können derartige Zuordnungsfehler bei einzelnen Anbietern in unterschiedlichem Ausmaße auftreten.

### 7.1.3 Geografischer Bereich

Abbildung 7.7 stellt die Ergebnisse der Breitbandmessung für mobile Breitbandanschlüsse mit Blick auf den geografischen Bereich dar. Die Kurvenverläufe unterscheiden sich zwischen den drei Bereichen deutlich, wobei im städtischen Bereich tendenziell bessere Ergebnisse erzielt wurden als in den beiden anderen Bereichen. Am schlechtesten fielen die Ergebnisse im ländlichen Bereich aus. Unterschiede in den Kurvenverläufen sind vor allem bis zu ca. 60% der vermarkteten Datenübertragungsrate zu beobachten, während sich die Kurven danach annähern.

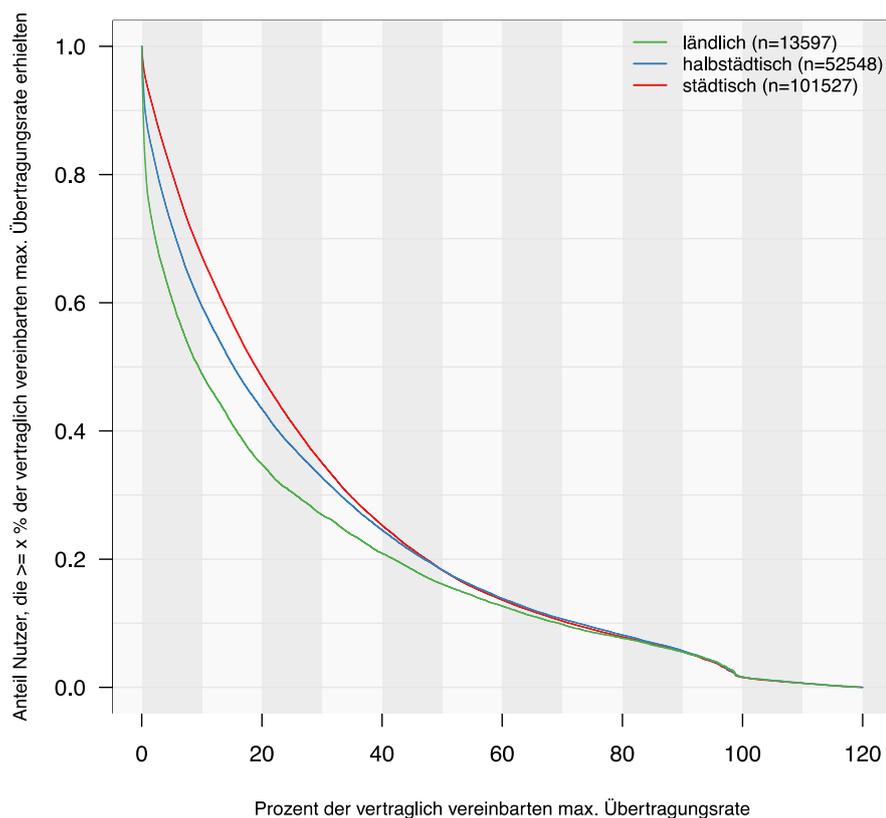


Abbildung 7.7: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach geografischem Bereich

Hinsichtlich der tatsächlich gemessenen Datenübertragungsrate im Download lässt sich feststellen, dass die Kurvenverläufe grundsätzlich ähnlich sind (vgl. Abbildung 7.8), wobei das Niveau der gemessenen Werte in städtischen Gebieten ebenfalls am höchsten ist. Unterschiede sind vor allem im Bereich zwischen 30 und 100 Mbit/s zu beobachten.

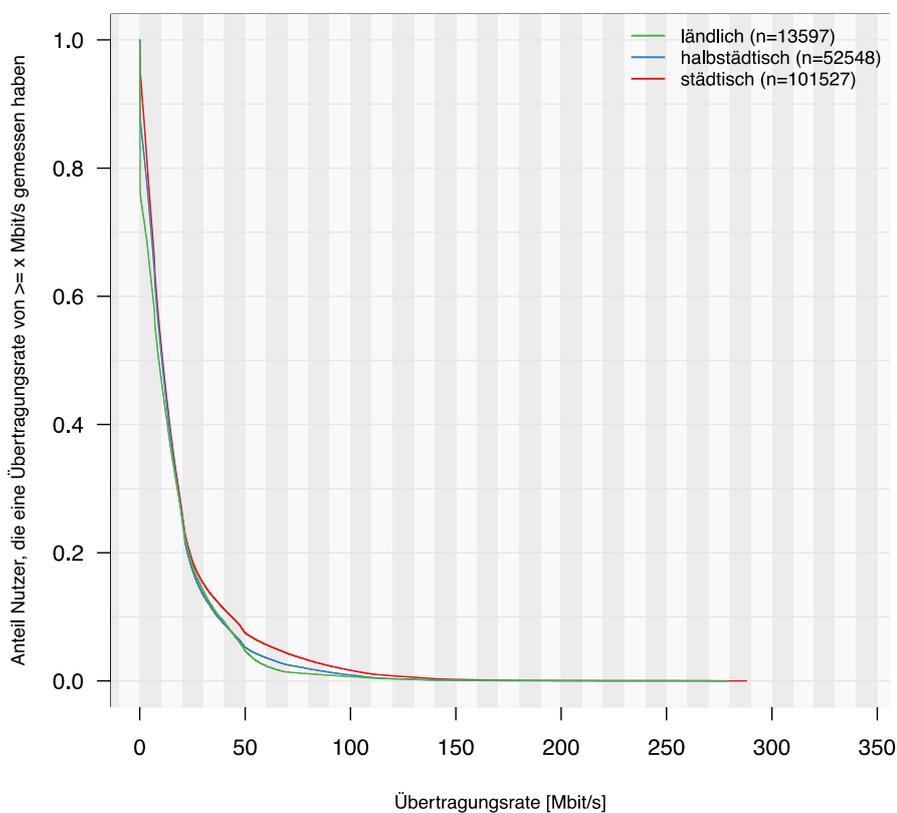


Abbildung 7.8: Empirische Verteilungsfunktion der absolut erreichten Datenübertragungsrate Download nach geografischem Bereich

Die Tabelle 7.3 stellt die Anteile der Nutzer bezogen auf die einzelnen Bereiche dar, die mindestens  $x\%$  der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erhalten haben, sowie die dazugehörigen 95%-Konfidenzintervalle.

Tabelle 7.3: Anteile der Nutzer, die mindestens x% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erhielten und 95%-Konfidenzintervalle nach geografischem Bereich

Geografischer Bereich	50%	60%	70%	80%	90%	100%
ländlich	16.1	12.7	9.8	7.7	5.5	1.6
	[15.5-16.7]	[12.1-13.3]	[9.3-10.3]	[7.2-8.1]	[5.1-5.9]	[1.4-1.9]
halbstädtisch	18.3	13.9	10.7	8.2	5.7	1.6
	[18.0-18.6]	[13.6-14.2]	[10.4-10.9]	[7.9-8.4]	[5.5-5.9]	[1.5-1.7]
städtisch	18.3	13.6	10.3	7.9	5.6	1.5
	[18.1-18.5]	[13.4-13.9]	[10.2-10.5]	[7.7-8.0]	[5.4-5.7]	[1.5-1.6]

### 7.1.4 Bundesländer

In Abbildung 7.9 sind die Messergebnisse für mobile Anschlüsse über alle Bandbreitklassen je Bundesland zusammengefasst. Die Kurvenverläufe sind über den gesamten Wertebereich sehr ähnlich.

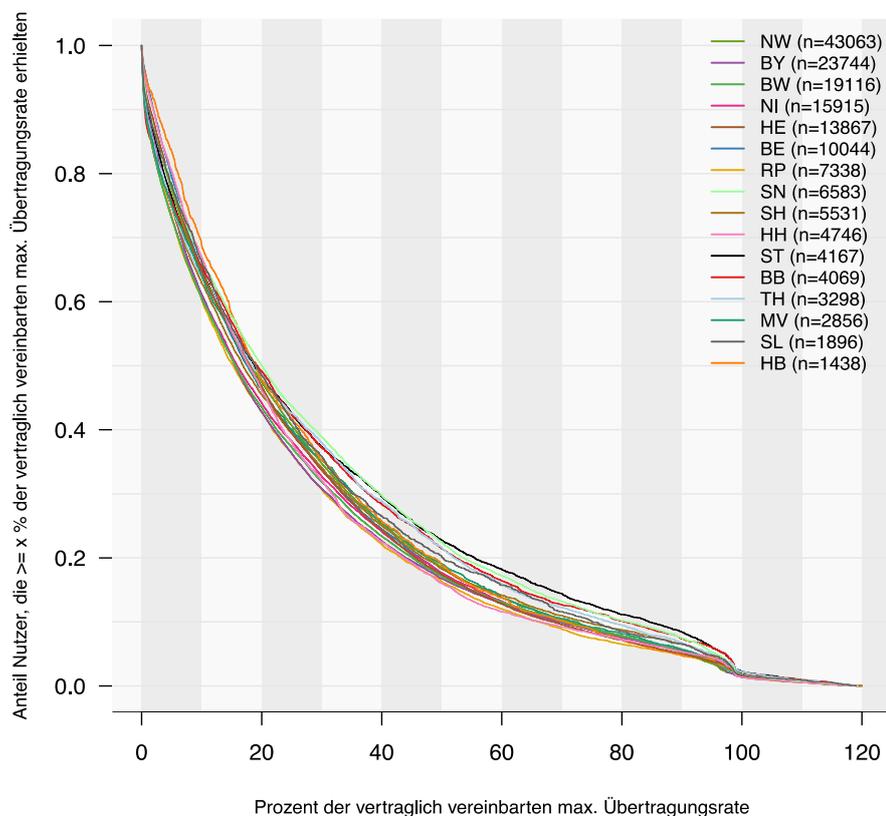


Abbildung 7.9: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bundesländern<sup>28</sup>

Auch für die Verteilung der tatsächlich gemessenen absoluten Datenübertragungsrate im Download zeigen sich keine deutlichen Unterschiede zwischen den Bundesländern.

<sup>28</sup> BB: Brandenburg; BE: Berlin; BW: Baden-Württemberg; BY: Bayern; HB: Bremen; HE: Hessen; HH: Hamburg; MV: Mecklenburg-Vorpommern; NI: Niedersachsen; NW: Nordrhein-Westfalen; RP: Rheinland-Pfalz; SH: Schleswig-Holstein; SL: Saarland; SN: Sachsen; ST: Sachsen-Anhalt; TH: Thüringen

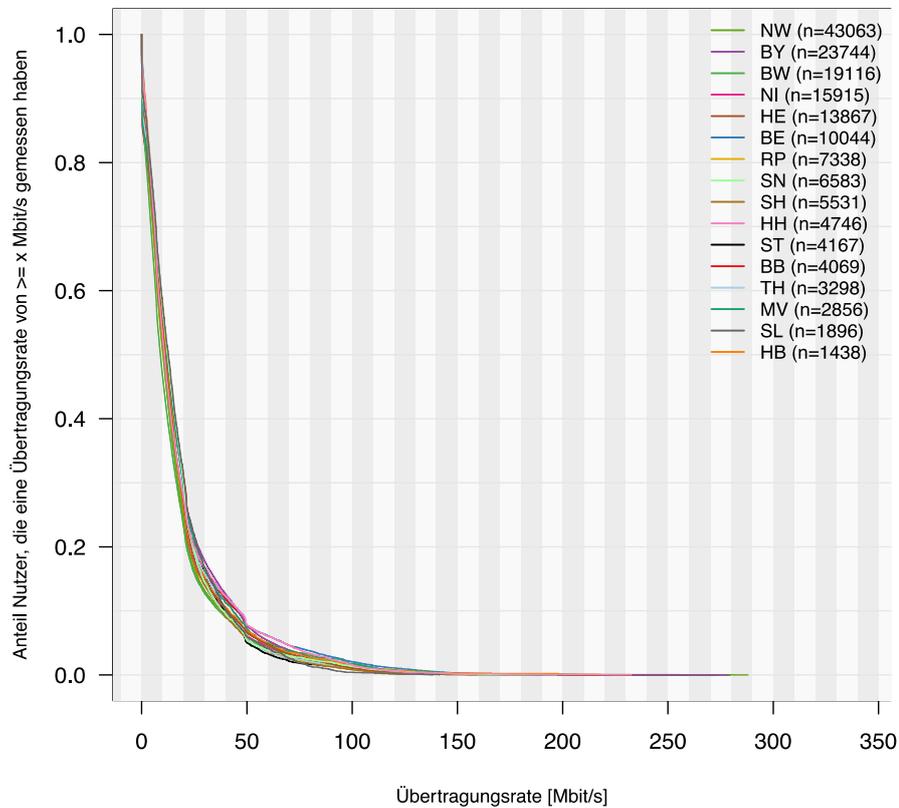


Abbildung 7.10: Empirische Verteilungsfunktion der absolut erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bundesländern

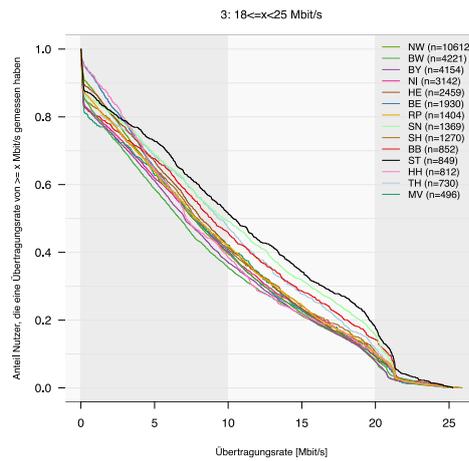
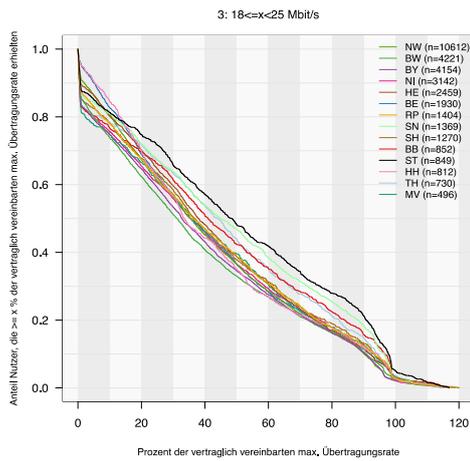
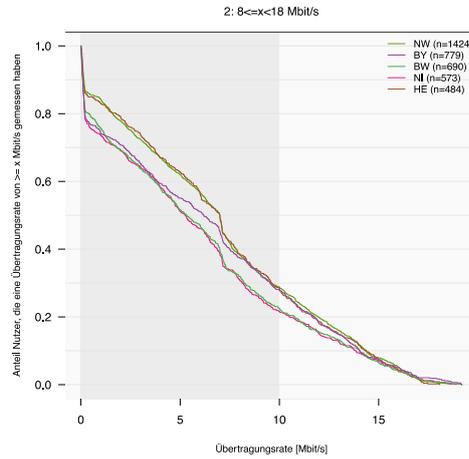
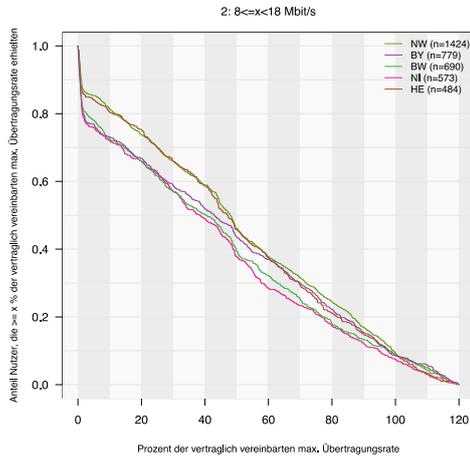
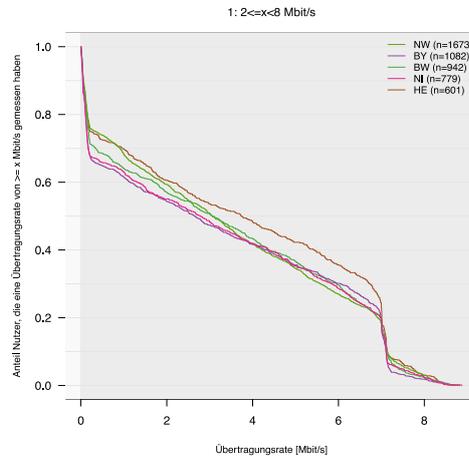
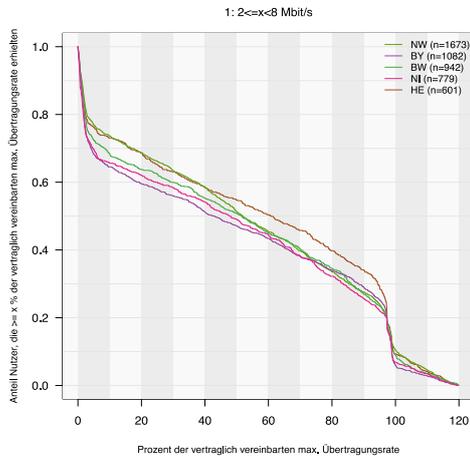
### Bundesländer nach Bandbreiteklasse

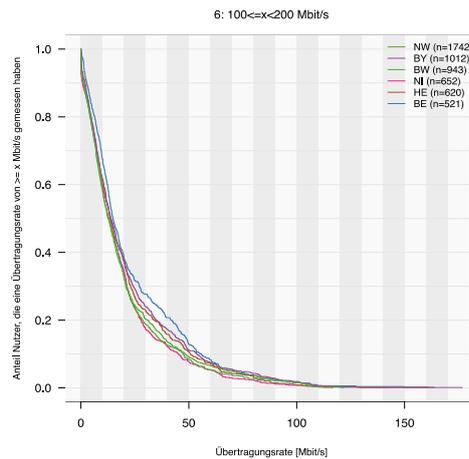
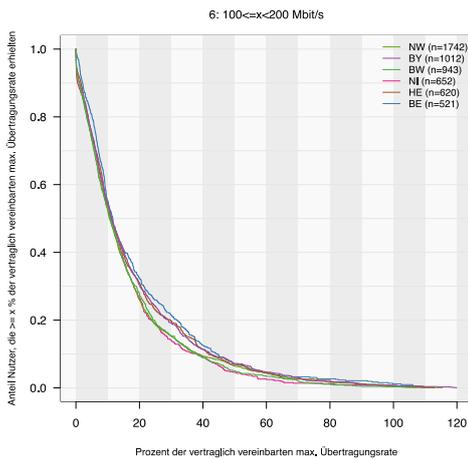
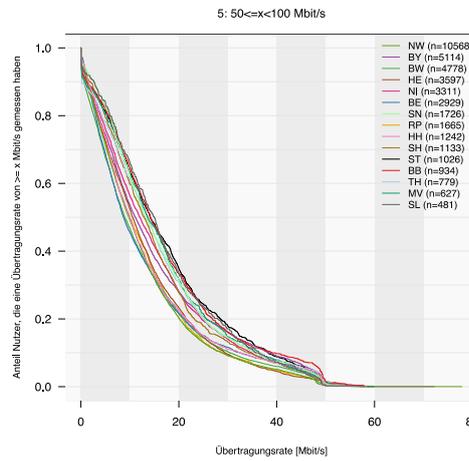
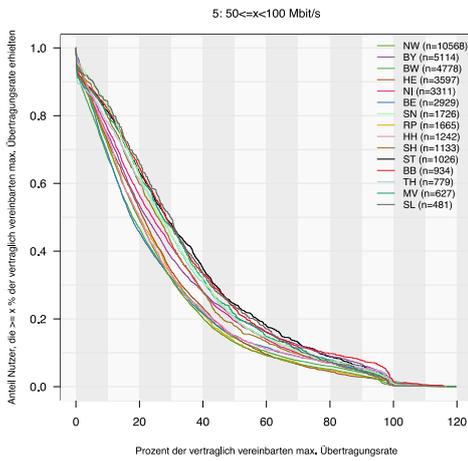
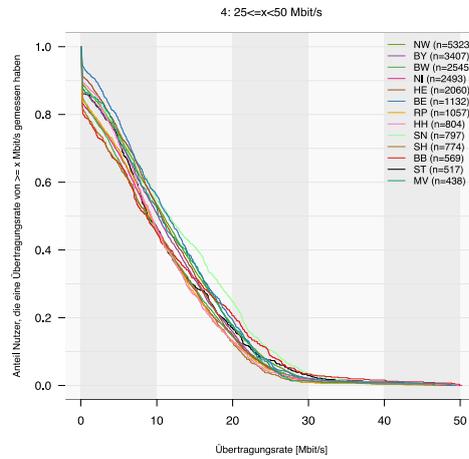
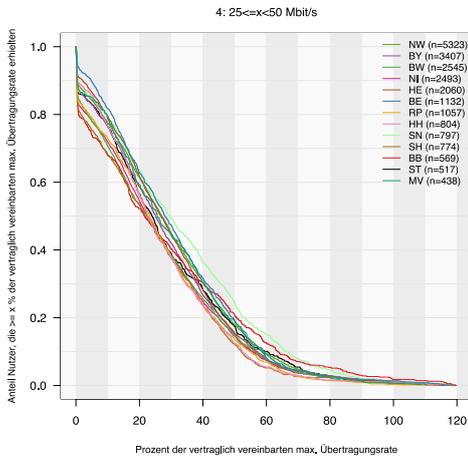
In der folgenden Abbildung werden die Verteilungen nach Bundesland und Bandbreiteklasse dargestellt. Bundesländer mit weniger als 400 validen Messungen werden in der entsprechenden Bandbreiteklasse nicht dargestellt.

Tabelle 7.4 Anteil der Messungen in Prozent je Bundesland und Bandbreiteklasse

Mobile Breitbandanschlüsse							
Bundesland	1: 2 ≤ x < 8 Mbit/s	2: 8 ≤ x < 18 Mbit/s	3: 18 ≤ x < 25 Mbit/s	4: 25 ≤ x < 50 Mbit/s	5: 50 ≤ x < 100 Mbit/s	6: 100 ≤ x < 200 Mbit/s	7: 200 ≤ x < 500 Mbit/s
	Anteil	Anteil	Anteil	Anteil	Anteil	Anteil	Anteil
NW	22,30%	24,84%	30,40%	23,30%	26,24%	23,60%	23,91%
BY	14,42%	13,59%	11,90%	14,91%	12,70%	13,71%	16,72%
BW	12,56%	12,04%	12,09%	11,14%	11,86%	12,77%	10,19%
NI	10,39%	9,99%	9,00%	10,91%	8,22%	8,83%	10,13%
HE	8,01%	8,44%	7,04%	9,02%	8,93%	8,40%	8,25%
BE	5,01%	4,88%	5,53%	4,96%	7,27%	7,06%	5,87%
RP	4,53%	5,02%	4,02%	4,63%	4,13%	4,78%	4,55%
SN	4,25%	4,05%	3,92%	3,49%	4,28%	4,52%	3,68%
SH	3,93%	3,04%	3,64%	3,39%	2,81%	3,28%	3,35%
HH	2,19%	2,08%	2,33%	3,52%	3,08%	2,71%	2,87%
ST	3,01%	2,88%	2,43%	2,26%	2,55%	2,06%	2,51%
BB	2,88%	3,33%	2,44%	2,49%	2,32%	3,01%	2,21%
TH	2,19%	2,11%	2,09%	1,74%	1,93%	1,63%	2,01%
MV	2,55%	1,73%	1,42%	1,92%	1,56%	1,79%	1,78%
SL	0,89%	1,26%	0,95%	1,31%	1,19%	1,06%	1,16%
HB	0,88%	0,73%	0,80%	1,02%	0,92%	0,80%	0,79%

Im Vergleich zur Betrachtung der stationären Breitbandanschlüsse im Abschnitt 6.1.4 fällt auf, dass für mobile Breitbandanschlüsse die Unterschiede je Bandbreiteklasse zwischen den Bundesländern deutlich moderater ausfallen.





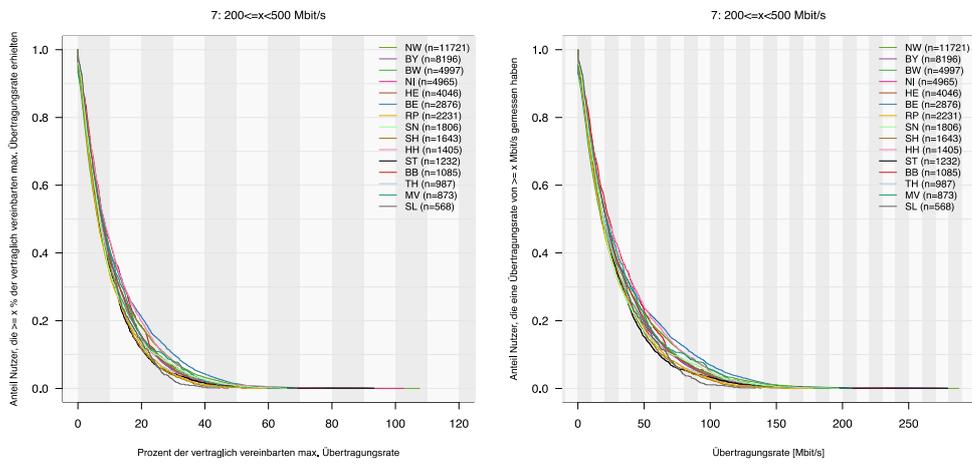


Abbildung 7.11: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual (links) und absolut (rechts) erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bundesländer je Bandbreitenklasse

Tabelle 7.5 Anteile der Nutzer, die mindestens x% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erhielten und 95%-Konfidenzintervalle nach Bundesländern

Bundesland	50%	60%	70%	80%	90%	100%
NW	18.5 [18.2-18.9]	13.8 [13.4-14.1]	10.4 [10.1-10.7]	7.9 [7.6-8.1]	5.2 [5.0-5.4]	1.5 [1.4-1.6]
BY	16.8 [16.3-17.2]	12.8 [12.4-13.2]	9.9 [9.5-10.3]	7.5 [7.2-7.9]	5.4 [5.1-5.7]	1.4 [1.3-1.6]
BW	17.1 [16.6-17.6]	13.1 [12.7-13.6]	10.1 [9.7-10.5]	7.8 [7.4-8.1]	5.3 [5.0-5.7]	1.7 [1.6-1.9]
NI	17.6 [17.0-18.2]	13.2 [12.7-13.7]	9.9 [9.5-10.4]	7.7 [7.3-8.1]	5.6 [5.2-5.9]	1.4 [1.2-1.6]
HE	17.4 [16.8-18.0]	12.9 [12.3-13.4]	9.6 [9.1-10.1]	7.2 [6.8-7.6]	5.1 [4.7-5.4]	1.5 [1.3-1.8]
BE	17.7 [17.0-18.5]	13.0 [12.3-13.7]	10.1 [9.6-10.7]	7.8 [7.2-8.3]	5.6 [5.2-6.1]	1.6 [1.4-1.9]
RP	16.3 [15.5-17.2]	12.0 [11.3-12.8]	8.9 [8.2-9.5]	6.5 [6.0-7.1]	4.8 [4.3-5.3]	1.5 [1.2-1.8]
SN	22.5 [21.5-23.5]	17.2 [16.3-18.1]	13.2 [12.4-14.0]	10.2 [9.5-11.0]	7.5 [6.9-8.1]	1.7 [1.5-2.1]
SH	18.2 [17.2-19.3]	14.1 [13.2-15.1]	11.0 [10.2-11.8]	8.8 [8.1-9.5]	6.5 [5.9-7.2]	1.6 [1.3-2.0]
HH	16.0 [15.0-17.1]	11.6 [10.7-12.5]	9.2 [8.4-10.1]	7.2 [6.5-8.0]	5.3 [4.7-6.0]	1.4 [1.1-1.7]
ST	22.8 [21.5-24.0]	18.2 [17.1-19.4]	14.4 [13.4-15.5]	11.1 [10.2-12.1]	8.4 [7.6-9.3]	2.3 [1.8-2.8]
BB	21.4 [20.2-22.7]	16.4 [15.3-17.6]	12.7 [11.7-13.8]	10.1 [9.3-11.1]	7.3 [6.6-8.2]	1.8 [1.5-2.3]
TH	21.6 [20.2-23.0]	15.9 [14.7-17.2]	12.3 [11.2-13.4]	9.5 [8.5-10.5]	6.7 [5.9-7.6]	2.2 [1.8-2.8]
MV	19.1 [17.7-20.6]	13.8 [12.6-15.1]	10.5 [9.4-11.7]	8.2 [7.2-9.2]	5.7 [4.9-6.6]	1.9 [1.4-2.4]
SL	20.1 [18.4-22.0]	15.7 [14.1-17.4]	11.6 [10.2-13.1]	8.5 [7.3-9.8]	6.5 [5.5-7.7]	1.7 [1.2-2.4]
HB	18.9 [17.0-21.0]	13.8 [12.1-15.6]	10.2 [8.7-11.8]	7.3 [6.1-8.8]	4.7 [3.7-6.0]	1.6 [1.1-2.4]

## 7.1.5 Tageszeitlicher Verlauf

### Bandbreiteklasse

Eine Abhängigkeit der Datenübertragungsrate im Download von der Tageszeit wurde bei allen Bandbreiteklassen festgestellt (vgl. Abbildung 7.12), wobei sich die Bandbreiteklassen voneinander unterscheiden.

In der Bandbreiteklasse 1 wurden die höchsten prozentualen Datenübertragungsraten zwischen 6 und 9 Uhr gemessen, während das Minimum zwischen 0 und 3 Uhr liegt. In allen anderen Bandbreiteklassen liegt das Maximum jeweils entweder bei 0-3 Uhr oder 3-6 Uhr, während das Minimum entweder nachmittags oder in den frühen Abendstunden gemessen wurde. Dasselbe gilt, wenn statt der prozentualen die absolut gemessenen Datenübertragungsraten betrachtet werden (Abbildung 7.13). Dies könnte darauf beruhen, dass nachts und in den Randzeiten des Tages das Mobilfunknetz weniger ausgelastet ist, da für die Nutzung mit dem Smartphone zu Hause eher das WLAN des stationären Anschlusses genutzt wird als das Mobilfunknetz.

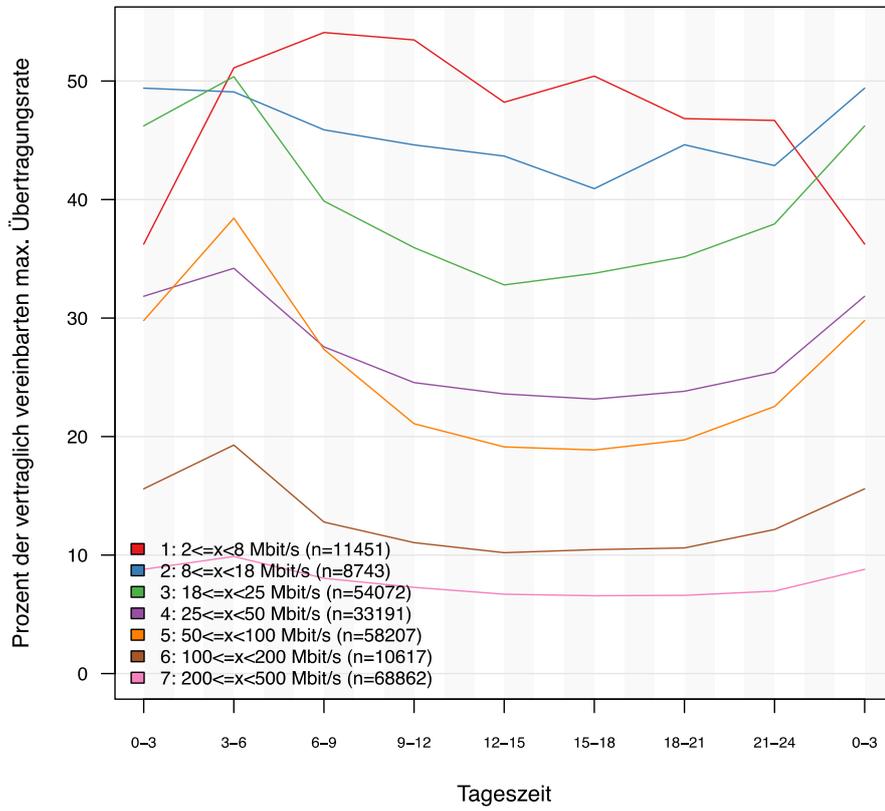


Abbildung 7.12: Tageszeitlicher Verlauf der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bandbreitklassen

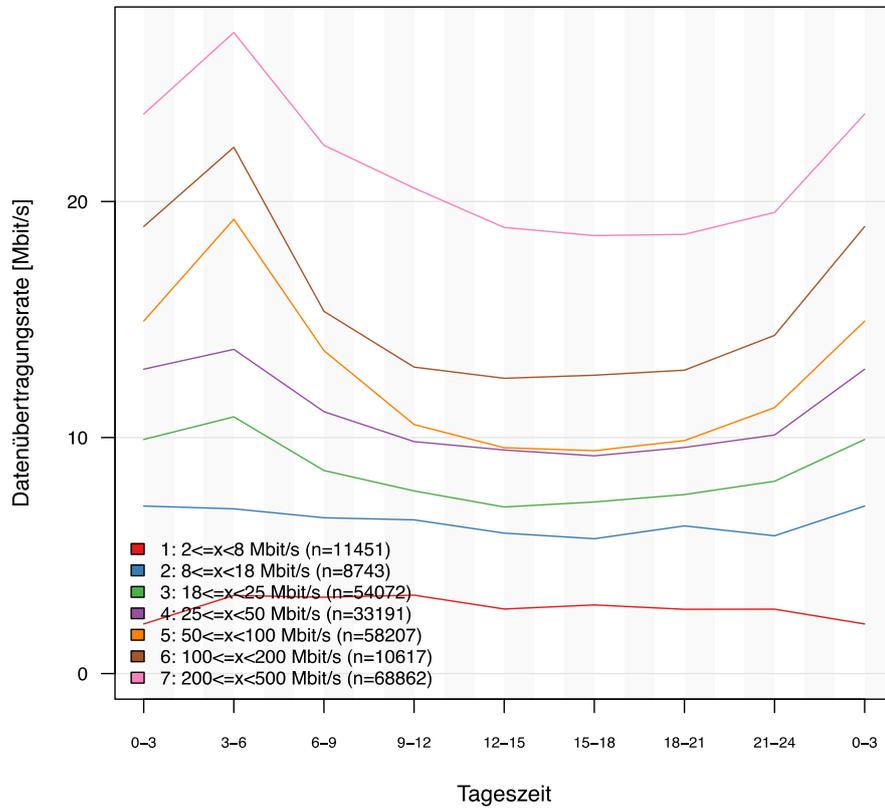


Abbildung 7.13: Tageszeitlicher Verlauf der absolut erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bandbreitklassen

### 7.1.6 Quartalsverlauf

Wie der Quartalsverlauf in Abbildung 7.14 sowie die Boxplots in Abbildung 7.15 zeigen, hat sich das Verhältnis von ermittelter zu vertraglich vereinbarter maximaler Datenübertragungsrate im Zeitverlauf kaum verändert.

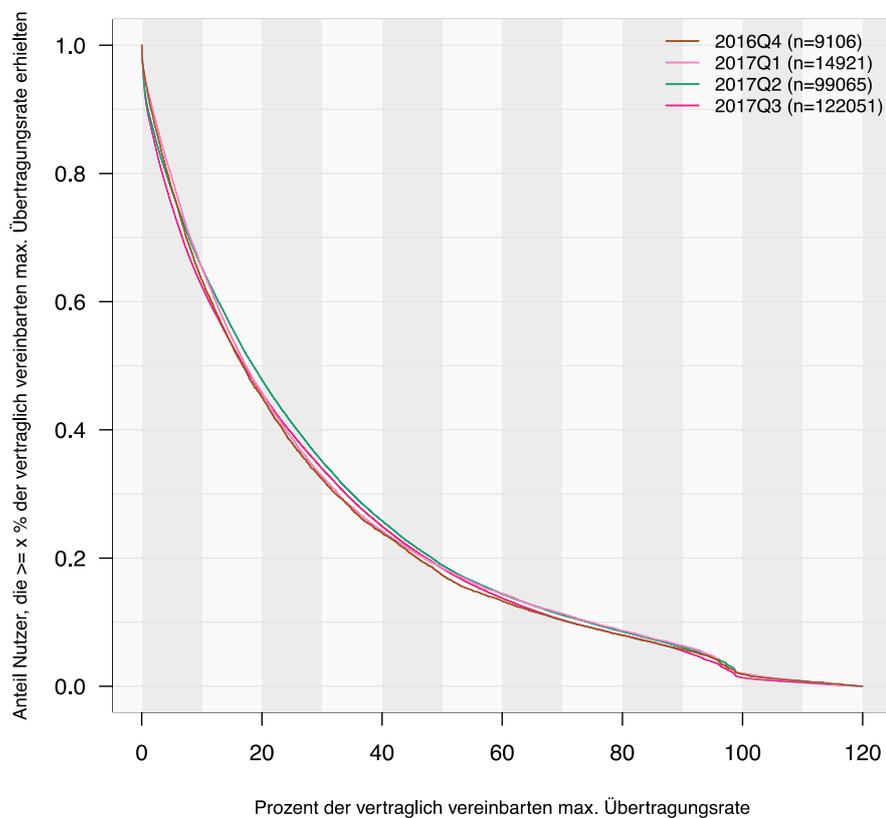


Abbildung 7.14: Quartalsverlauf der empirischen Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download

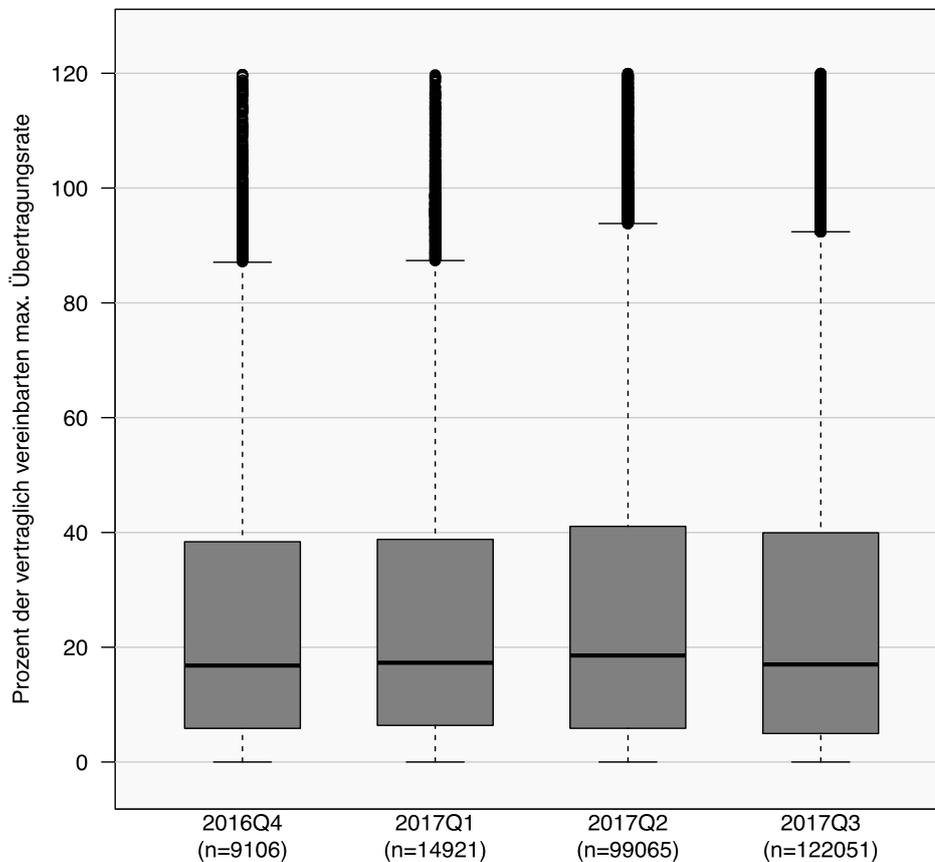


Abbildung 7.15: Quartalsverlauf der Boxplots der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download

### 7.1.7 Kundenzufriedenheit

Abbildung 7.16 zeigt das prozentuale Verhältnis der ermittelten Datenübertragungsrate zur vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate, das die Nutzer in den einzelnen Kategorien erhalten haben. Wie bereits bei den stationären Breitbandanschlüssen (vgl. Kap. 6.1.7) zeigen die Boxplots, dass generell die Nutzer, die mit ihrem Anbieter zufrieden waren, einen höheren Prozentwert der vertraglich vereinbarten Datenübertragungsrate im Rahmen der Messung erhalten haben, als Nutzer, die ihrem Anbieter eine schlechte Bewertung gegeben hatten. Die Kategorie „sehr gut“ stellt hier eine Ausnahme dar: Kunden, die ihren Anbieter mit dieser

Note bewertet haben, erzielten insgesamt schlechtere Ergebnisse als solche, die den Anbieter mit „gut“ oder „befriedigend“ bewertet haben

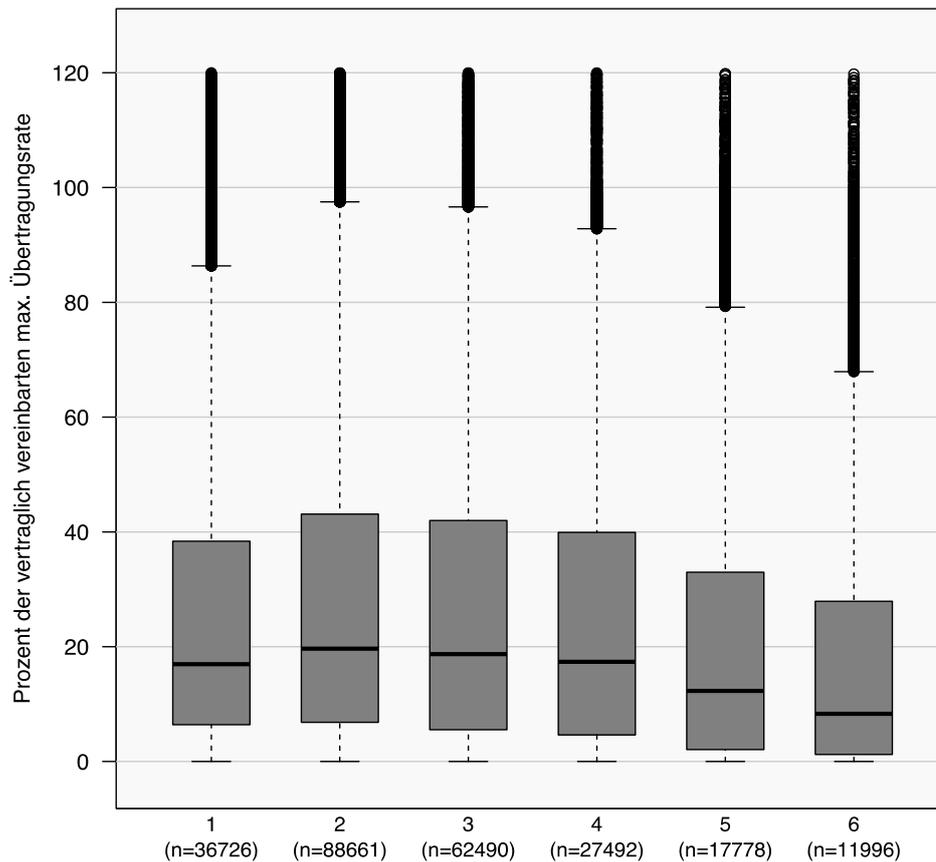


Abbildung 7.16: Boxplot der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach Kundenzufriedenheit

Der Großteil der befragten Nutzer gab den Anbietern Noten im Bereich von 1 bis 3.

## 7.2 Datenübertragungsrate Upload

Abbildung 7.17 stellt das Verhältnis der tatsächlichen Datenübertragungsrate zur vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate in Prozent für den Upload als empirische Verteilungsfunktion über alle Anbieter und Bandbreitklassen dar. Die Kurve ist der entsprechenden Download-Kurve ähnlich. Bei stationären Anschlüssen sind die prozentualen Datenübertragungsraten im Upload tendenziell höher als im Download (vgl. Kap. 6.1 und 6.2), während bei den mobilen Anschlüssen die Werte im Upload und Download annähernd gleich sind. Im Upload erhielten 18,3% der Nutzer mobiler Anschlüsse mindestens die Hälfte der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate. Dieser Wert liegt für den Download bei 18,6%.

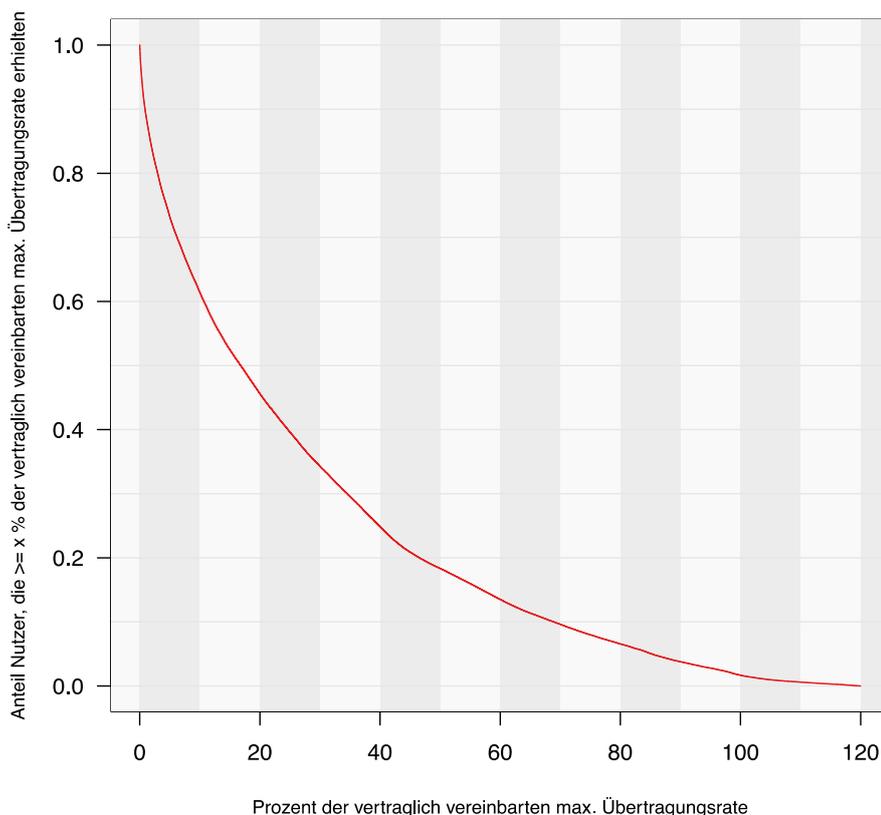


Abbildung 7.17: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload für alle Nutzer in der Stichprobe (N = 119.713).

### 7.2.1 Bandbreiteklasse

Für den ermittelten Prozentwert der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate lässt sich mit Blick auf die einzelnen Bandbreiteklassen im Gegensatz zu den entsprechenden Download-Werten keine generell abnehmende Tendenz von den kleinen zu den hohen Bandbreiteklassen erkennen (vgl. Abbildung 7.18). Am schlechtesten fielen die Messwerte in den Bandbreiteklassen 5 und 7 aus.

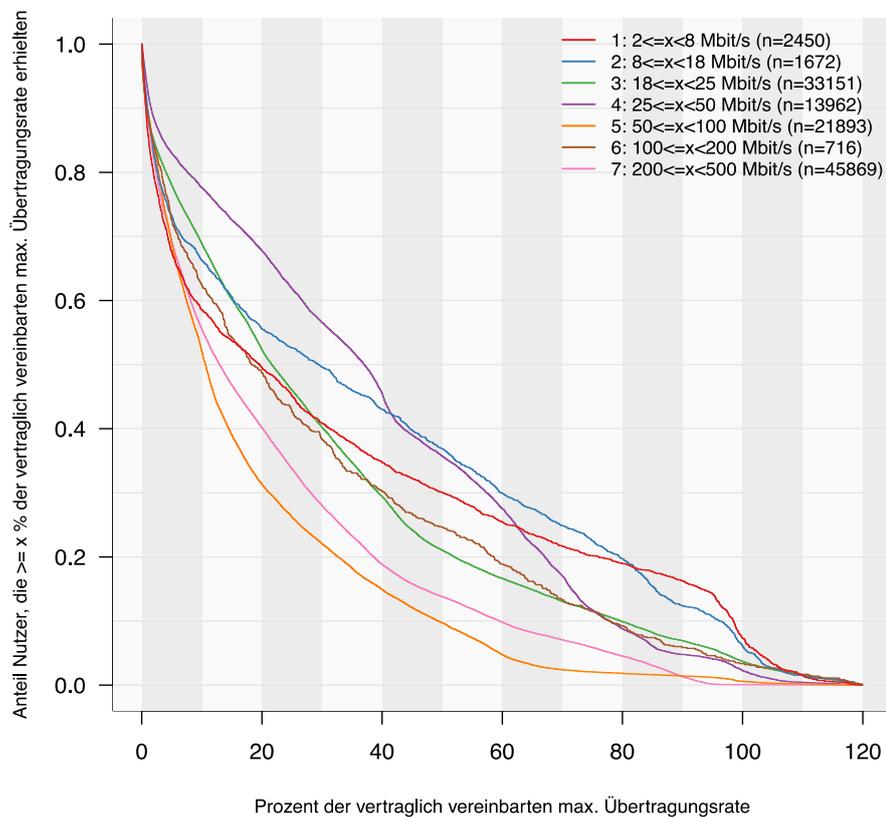


Abbildung 7.18: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Bandbreiteklassen

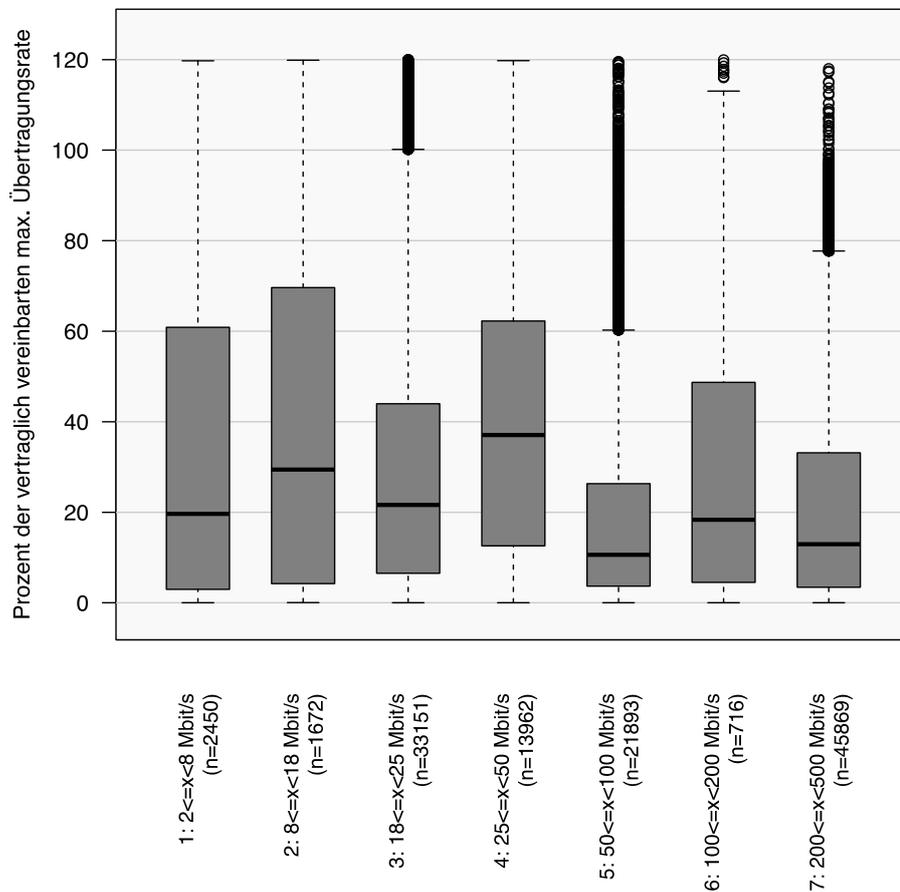


Abbildung 7.19: Boxplot der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Bandbreitklassen

Die in Abbildung 7.19 dargestellten Boxplots zeigen das Verhältnis der ermittelten Datenübertragungsrate zur vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate, das die Nutzer in den einzelnen Bandbreitklassen erhalten haben.

Die Anteile der Nutzer, die mindestens x% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erhalten haben, bezogen auf die einzelnen Bandbreitklassen sowie die dazugehörigen 95%-Konfidenzintervalle werden in Tabelle 7.6 dargestellt.

Tabelle 7.6: Anteile der Nutzer, die mindestens x% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate Upload erhielten und 95%-Konfidenzintervalle nach Bandbreitklassen

Bandbreiteklasse	50%	60%	70%	80%	90%	100%
1: $2 \leq x < 8$ Mbit/s	30.1 [28.3-31.9]	25.5 [23.8-27.2]	21.6 [20.0-23.3]	19.0 [17.5-20.6]	16.3 [14.9-17.8]	7.3 [6.3-8.4]
2: $8 \leq x < 18$ Mbit/s	36.9 [34.6-39.2]	29.9 [27.8-32.1]	24.9 [22.9-27.0]	19.7 [17.9-21.7]	12.4 [10.9-14.0]	6.2 [5.1-7.4]
3: $18 \leq x < 25$ Mbit/s	21.0 [20.6-21.5]	16.6 [16.2-17.0]	13.1 [12.7-13.4]	9.9 [9.6-10.2]	6.9 [6.7-7.2]	3.7 [3.5-3.9]
4: $25 \leq x < 50$ Mbit/s	35.7 [34.9-36.5]	27.6 [26.8-28.3]	17.0 [16.4-17.7]	8.8 [8.3-9.3]	4.8 [4.4-5.1]	2.3 [2.0-2.5]
5: $50 \leq x < 100$ Mbit/s	9.7 [9.3-10.1]	4.8 [4.5-5.0]	2.4 [2.2-2.6]	1.8 [1.7-2.0]	1.4 [1.3-1.6]	0.6 [0.5-0.7]
6: $100 \leq x < 200$ Mbit/s	24.6 [21.6-27.9]	18.9 [16.2-21.9]	13.3 [11.0-16.0]	9.2 [7.3-11.6]	5.9 [4.4-7.8]	3.4 [2.3-4.9]
7: $200 \leq x < 500$ Mbit/s	13.8 [13.5-14.1]	9.8 [9.6-10.1]	7.1 [6.8-7.3]	4.5 [4.3-4.7]	1.3 [1.2-1.4]	0.1 [0.0-0.1]

### 7.2.2 Anbieter

Abbildung 7.20 stellt die Verteilungsfunktionen des prozentualen Verhältniswertes der Anbieter dar, für die eine Anzahl von mindestens 400 validen Upload-Messungen vorliegt. Diese wird bei 18 Anbietern erreicht.

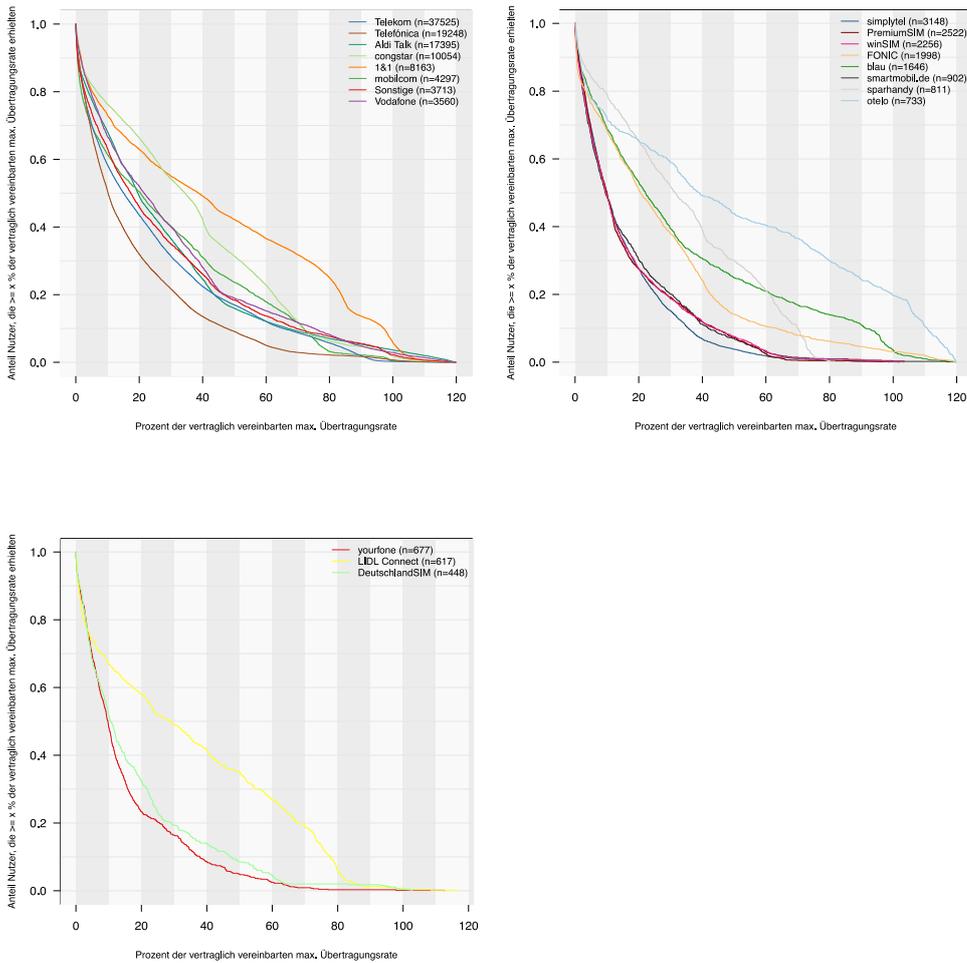


Abbildung 7.20: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Anbietern

Abbildung 7.21 zeigt das Verhältnis der ermittelten Upload-Datenübertragungsrate zur vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate für die einzelnen Anbieter als Boxplot.

Es sind deutliche Unterschiede zwischen den Anbietern erkennbar. Ein Grund hierfür ist die tarifliche Gestaltung der Produkte. Einige Anbieter bieten geringere Upload-Datenübertragungsraten an, die dann bei einem höheren Prozentsatz als bei anderen Anbietern erreicht werden.

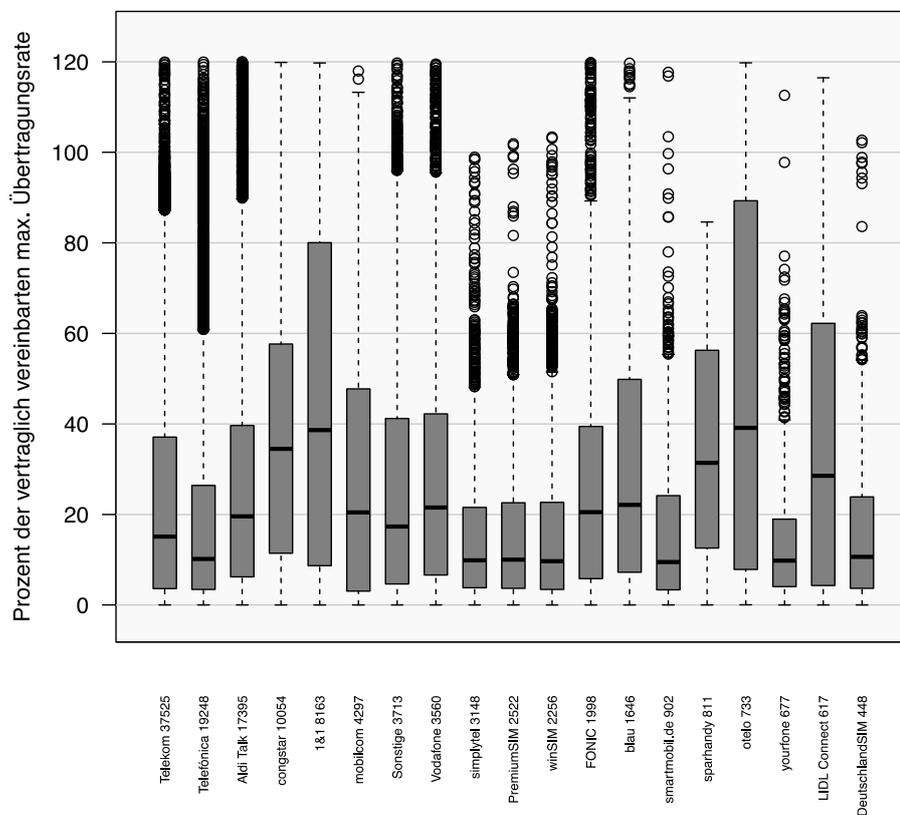


Abbildung 7.21: Boxplot der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Anbietern

Tabelle 7.7 stellt die Anteile der Nutzer bezogen auf den jeweiligen Anbieter dar, die mindestens x% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erhalten haben, sowie die dazugehörigen 95%-Konfidenzintervalle.

Tabelle 7.7: Anteile der Nutzer, die mindestens x% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate Upload erhielten und 95%-Konfidenzintervalle nach Anbietern

Anbieter	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Telekom	17.0 [16.6-17.4]	12.1 [11.8-12.4]	8.7 [8.4-9.0]	5.7 [5.5-5.9]	1.9 [1.7-2.0]	0.2 [0.2-0.3]
Telefónica	9.1 [8.7-9.5]	5.0 [4.7-5.3]	2.9 [2.7-3.1]	2.2 [2.0-2.4]	1.7 [1.5-1.9]	0.7 [0.6-0.8]
Aldi Talk	16.0 [15.4-16.5]	12.1 [11.6-12.6]	9.2 [8.7-9.6]	7.0 [6.6-7.4]	5.4 [5.0-5.7]	3.6 [3.4-3.9]
congstar	31.4 [30.5-32.3]	22.9 [22.1-23.7]	12.0 [11.4-12.7]	6.3 [5.9-6.8]	4.6 [4.3-5.1]	1.8 [1.6-2.1]
1&1	42.2 [41.1-43.3]	36.6 [35.6-37.7]	31.8 [30.8-32.8]	25.0 [24.1-26.0]	13.6 [12.9-14.4]	5.8 [5.3-6.4]
mobilcom	23.7 [22.4-25.0]	17.9 [16.8-19.1]	11.8 [10.9-12.8]	3.2 [2.7-3.8]	2.2 [1.8-2.6]	0.4 [0.3-0.7]
Sonstige	18.4 [17.2-19.7]	13.7 [12.6-14.8]	9.9 [9.0-10.9]	7.7 [6.9-8.6]	5.5 [4.8-6.3]	2.2 [1.8-2.8]
Vodafone	19.0 [17.7-20.3]	15.2 [14.1-16.4]	11.7 [10.7-12.8]	8.2 [7.4-9.2]	4.8 [4.1-5.6]	2.9 [2.4-3.5]
simplytel	3.8 [3.2-4.5]	1.8 [1.4-2.3]	1.0 [0.7-1.4]	0.6 [0.4-0.9]	0.3 [0.2-0.6]	0.0 [0.0-0.1]
PremiumSIM	7.2 [6.3-8.3]	2.5 [2.0-3.2]	0.5 [0.3-0.9]	0.4 [0.2-0.8]	0.2 [0.1-0.5]	0.1 [0.0-0.3]
winSIM	7.5 [6.5-8.7]	3.4 [2.7-4.2]	1.2 [0.8-1.7]	0.9 [0.6-1.4]	0.7 [0.4-1.1]	0.1 [0.0-0.4]
FONIC	14.2 [12.7-15.8]	10.6 [9.3-12.0]	7.9 [6.8-9.2]	6.2 [5.2-7.3]	4.6 [3.8-5.6]	3.1 [2.4-3.9]
blau	24.9 [22.9-27.1]	20.9 [19.0-22.9]	17.0 [15.2-18.8]	14.0 [12.4-15.7]	10.9 [9.5-12.5]	3.5 [2.7-4.5]
smartmobil.de	7.0 [5.5-8.8]	3.0 [2.1-4.3]	1.4 [0.8-2.5]	1.0 [0.5-1.9]	0.7 [0.3-1.4]	0.3 [0.1-1.0]
sparhandy	30.0 [26.9-33.2]	21.1 [18.4-24.0]	10.0 [8.1-12.2]	0.4 [0.1-1.1]	0.0 [0.0-0.5]	0.0 [0.0-0.5]
otelo	43.9 [40.4-47.5]	40.4 [36.9-44.0]	36.6 [33.2-40.1]	30.0 [26.8-33.4]	24.4 [21.4-27.7]	19.6 [16.9-22.7]
yourfone	4.9 [3.5-6.8]	2.5 [1.6-4.0]	0.9 [0.4-1.9]	0.3 [0.1-1.1]	0.3 [0.1-1.1]	0.1 [0.0-0.8]
LIDL Connect	34.8 [31.2-38.7]	26.9 [23.6-30.5]	18.8 [15.9-22.1]	5.8 [4.2-8.0]	1.3 [0.7-2.5]	0.8 [0.3-1.9]
DeutschlandSIM	8.5 [6.2-11.4]	4.5 [2.9-6.8]	2.0 [1.1-3.8]	2.0 [1.1-3.8]	1.8 [0.9-3.5]	0.4 [0.1-1.6]

Auch innerhalb der Bandbreitklassen sind deutliche Unterschiede zwischen den Anbietern erkennbar. Auf eine Darstellung wird verzichtet.

### 7.2.3 Geografischer Bereich

Abbildung 7.22 und Abbildung 7.23 stellen die Ergebnisse mit Blick auf den geografischen Bereich dar. Das generelle Niveau nimmt wie bereits im Download vom städtischen zum ländlichen Bereich ab. Dabei sind die Unterschiede zwischen halbstädtischen und ländlichen Regionen bezogen auf die absolut gemessenen Datenübertragungsraten (Abbildung 7.23) gering.

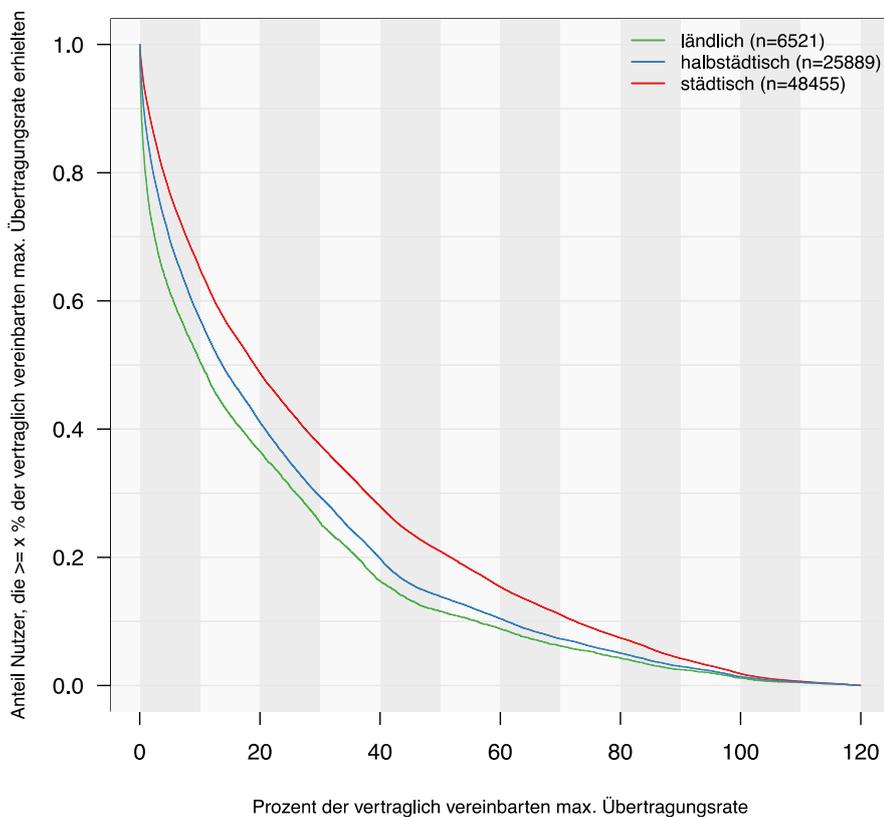


Abbildung 7.22: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Regionen

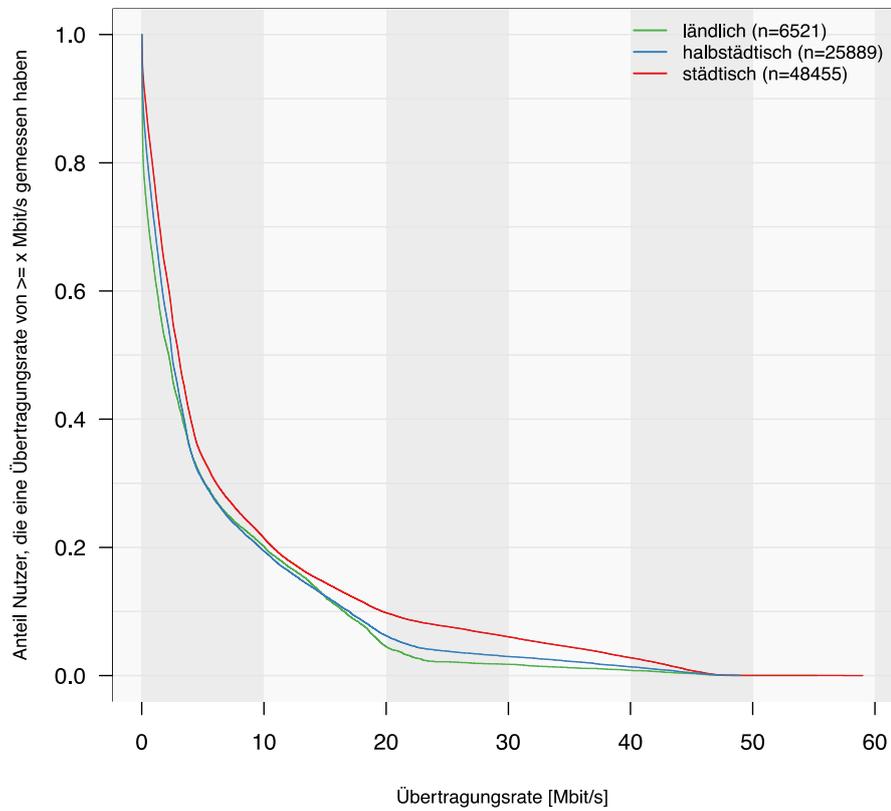


Abbildung 7.23: Empirische Verteilungsfunktion der absolut erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Regionen

## 7.2.4 Tageszeitlicher Verlauf

### Bandbreiteklasse

Wie bereits im Download lässt sich auch im Upload bei allen Bandbreitklassen eine Abhängigkeit der Datenübertragungsrate von der Tageszeit feststellen (vgl. Abbildung 7.24 und Abbildung 7.25). Die Minima und Maxima der Kurvenverläufe werden in den einzelnen Bandbreitklassen zu unterschiedlichen Tageszeiten erreicht. Es ist kein einheitlicher Trend zu beobachten.

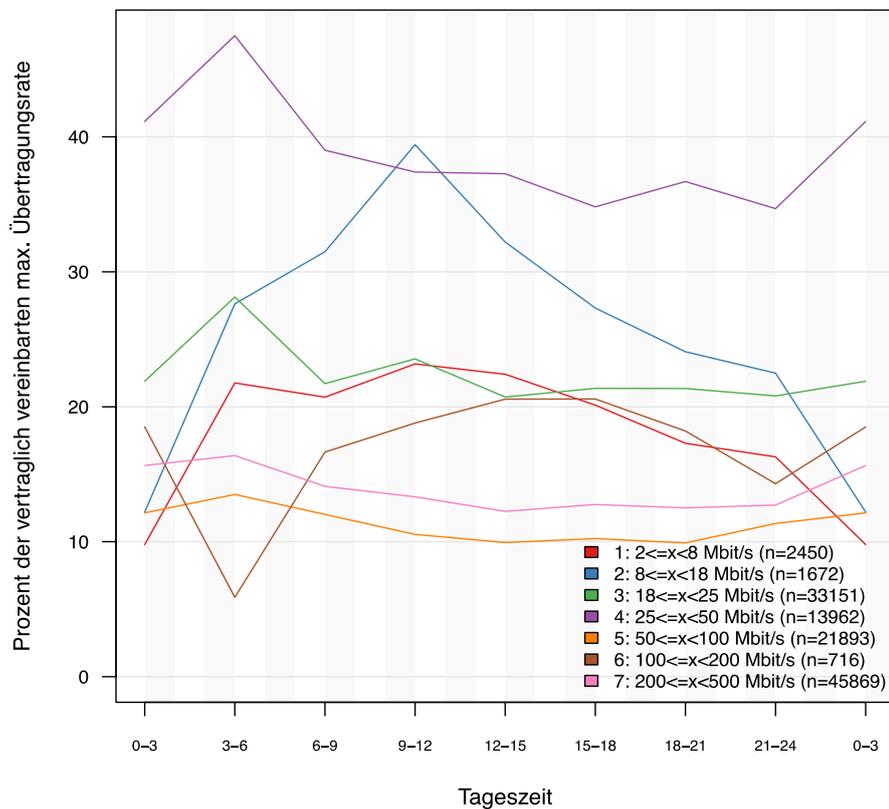


Abbildung 7.24: Tageszeitlicher Verlauf der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Bandbreitklassen

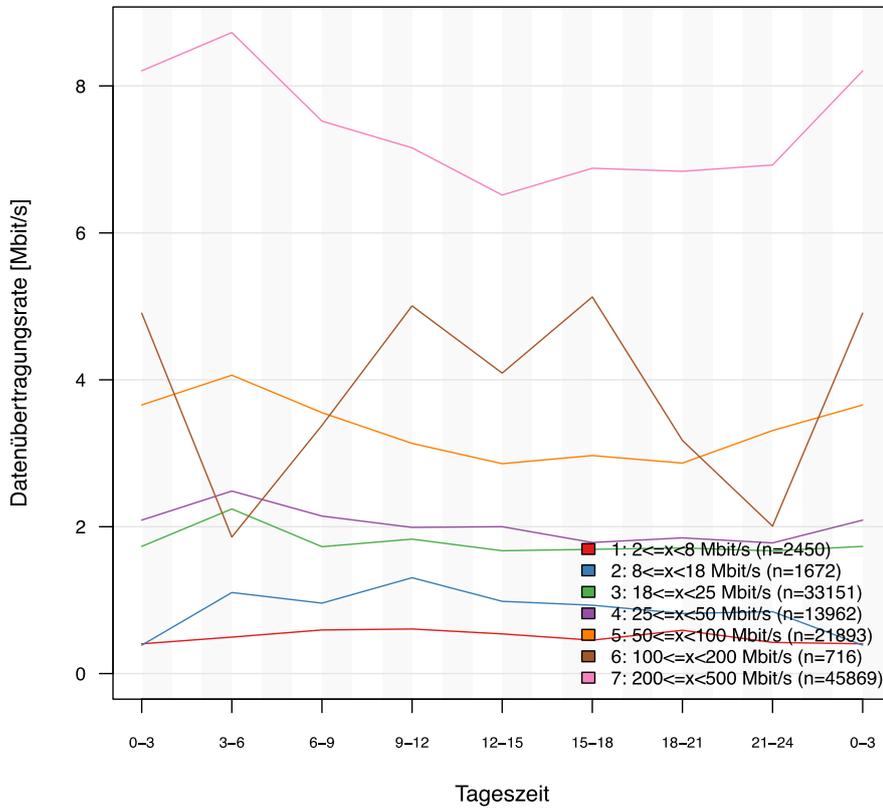


Abbildung 7.25: Tageszeitlicher Verlauf der absolut erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Bandbreitklassen

## 7.2.5 Quartalsverlauf

Ebenso wie im Download (s. Kap. 7.1.6) haben sich die Upload-Messergebnisse im Quartalsverlauf kaum verändert (Abbildung 7.26 und Abbildung 7.27).

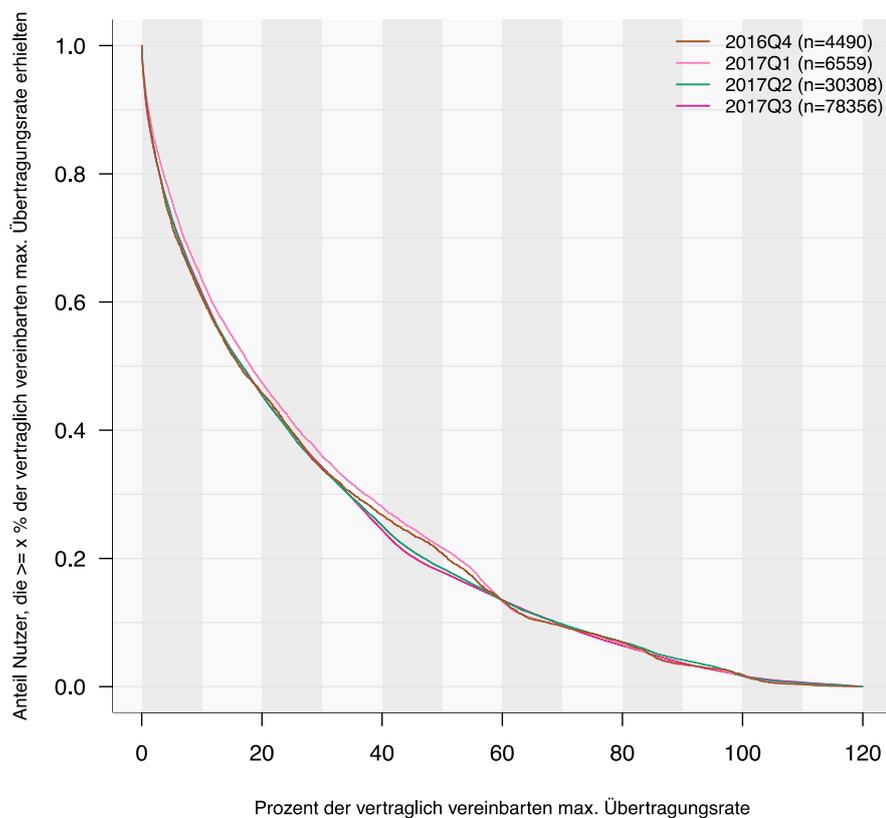


Abbildung 7.26: Quartalsverlauf der empirischen Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload

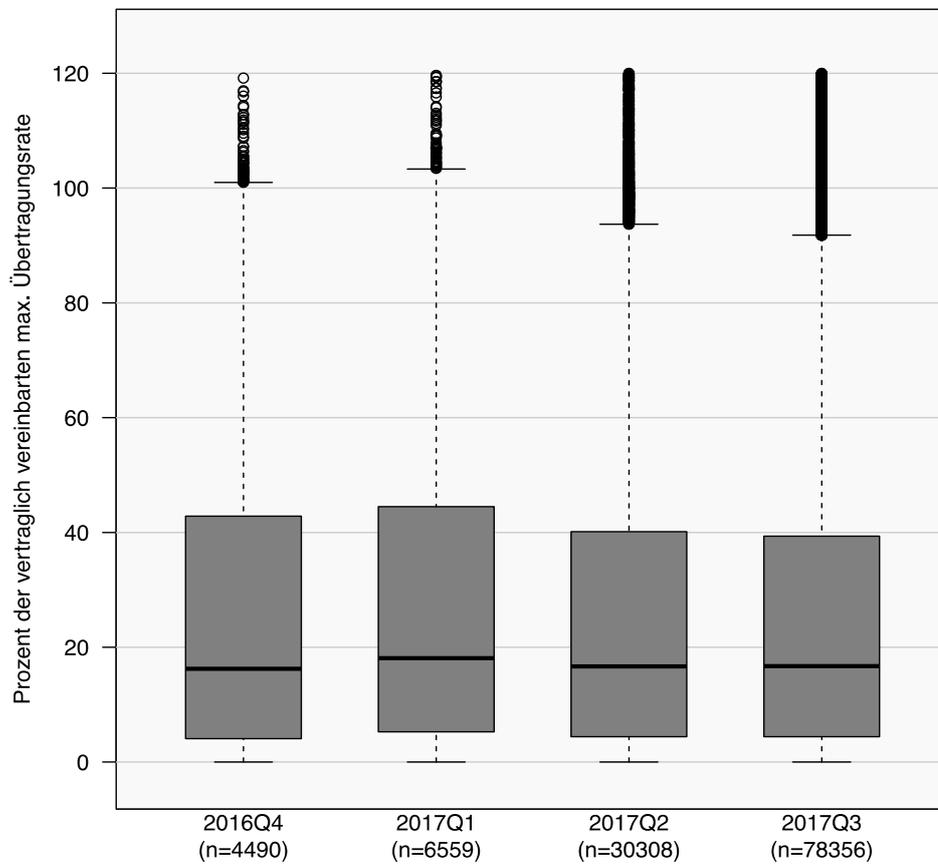


Abbildung 7.27: Quartalsverlauf der Boxplots der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload

## 7.3 Laufzeit

Die Laufzeit gibt die Zeit in Millisekunden an, die ein Datenpaket benötigt, um von einem Sender (hier: Messclient) zu einem Empfänger (hier: Messserver) und zurück zu gelangen. Sie spielt insbesondere bei Echtzeit-Anwendungen eine Rolle (z. B. Video-Telefonie, Online-Gaming).

Abbildung 7.28 stellt die Laufzeit über alle Bandbreiteklassen und Anbieter hinweg dar. Es lassen sich Unterschiede zum stationären Bereich feststellen (vgl. Kap. 6.3). Haben bei den stationären Breitbandanschlüssen 83,7% der Nutzer eine Laufzeit von 40ms oder weniger gemessen, so unterschritten bzw. erreichten diesen Wert bei den mobilen Breitbandanschlüssen nur 3,1% der Nutzer.

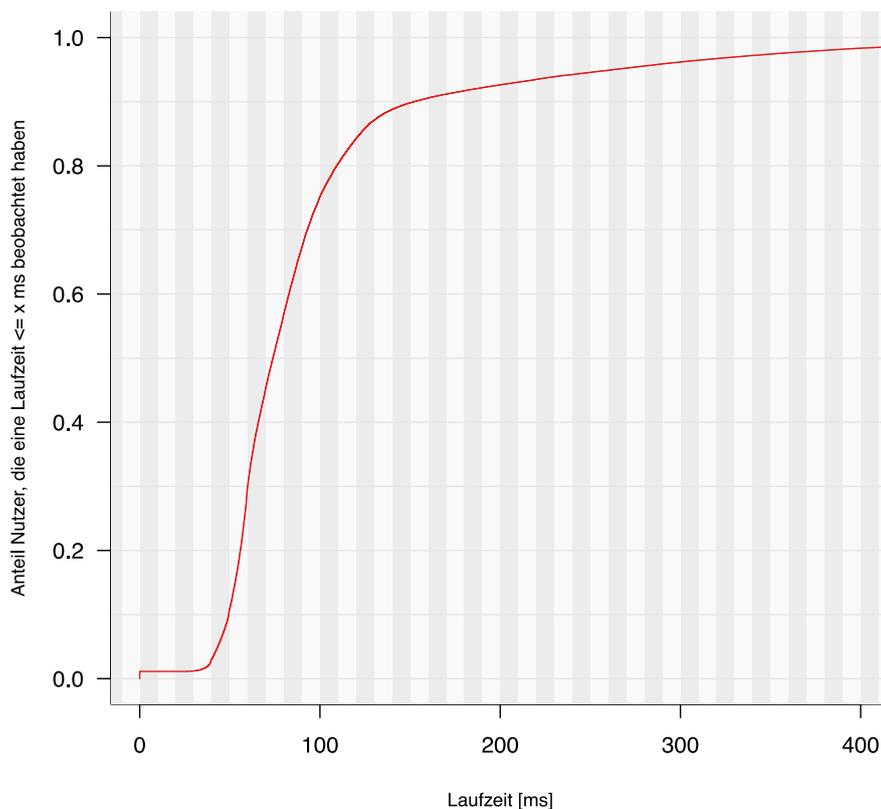


Abbildung 7.28: Empirische Verteilungsfunktion der Laufzeit für alle Nutzer in der Stichprobe (N = 241.114).

### 7.3.1 Bandbreiteklasse

In Abbildung 7.29 werden die Messergebnisse mit Blick auf die ermittelte Laufzeit in den einzelnen Bandbreiteklassen dargestellt.

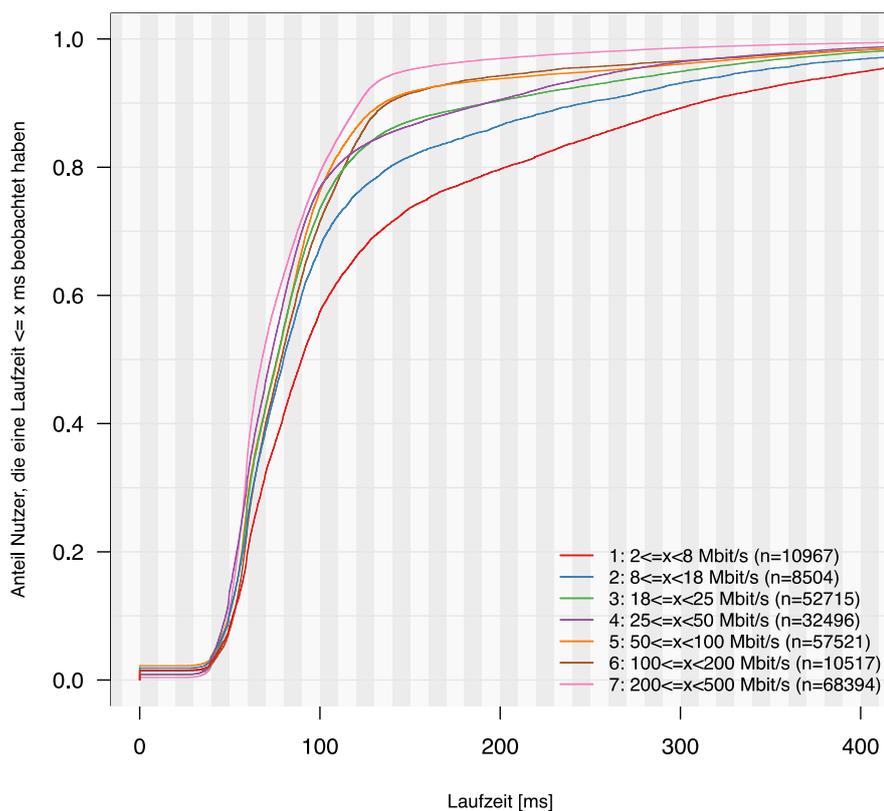


Abbildung 7.29: Empirische Verteilungsfunktion der Laufzeit nach Bandbreiteklassen

In den Boxplots der Abbildung 7.30 wird der Median für die einzelnen Bandbreiteklassen dargestellt. Die kürzesten Laufzeiten wurden in der Bandbreiteklasse 7 (200 Mbit/s bis kleiner 500 Mbit/s) ermittelt. Hier wurden bei 79,2% der Nutzer Laufzeiten von 100ms oder weniger gemessen. In der Bandbreiteklasse 1 (2 Mbit/s bis kleiner 8 Mbit/s) war dies nur bei 57,5% der Kunden der Fall.

Tabelle 7.8 gibt die Ergebnisse für die einzelnen Bandbreiteklassen und Laufzeiten wieder.

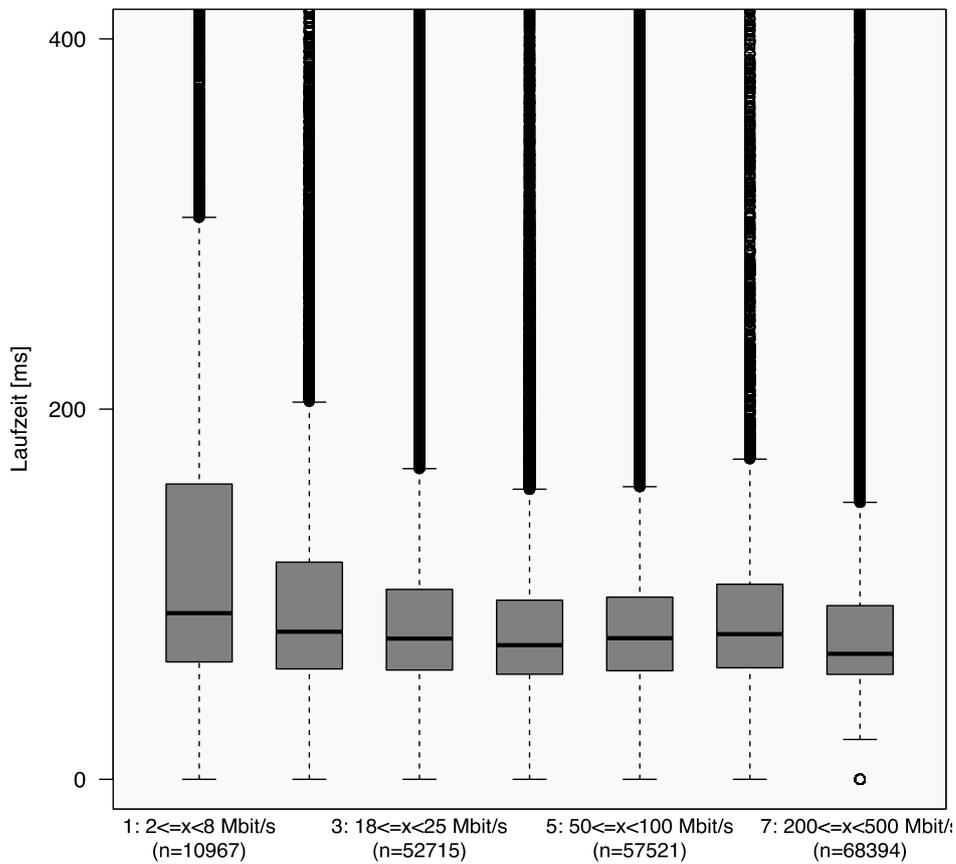


Abbildung 7.30: Boxplot der Laufzeit nach Bandbreitklassen

Tabelle 7.8: Anteile der Nutzer, die eine Laufzeit (Round-Trip-Time) von bis zu x Millisekunden beobachtet haben und 95%-Konfidenzintervalle

Bandbreiteklasse	20ms	40ms	60ms	80ms	100ms
1: $2 \leq x < 8$ Mbit/s	1.5 [1.3-1.7]	2.9 [2.6-3.2]	20.2 [19.5-21.0]	41.5 [40.6-42.4]	57.5 [56.6-58.4]
2: $8 \leq x < 18$ Mbit/s	1.8 [1.6-2.2]	3.7 [3.3-4.1]	25.6 [24.7-26.5]	50.4 [49.3-51.4]	67.6 [66.6-68.6]
3: $18 \leq x < 25$ Mbit/s	0.8 [0.8-0.9]	2.8 [2.7-3.0]	28.0 [27.6-28.4]	55.1 [54.7-55.5]	73.6 [73.2-74.0]
4: $25 \leq x < 50$ Mbit/s	0.9 [0.8-1.0]	3.4 [3.2-3.6]	31.9 [31.4-32.4]	59.4 [58.8-59.9]	76.8 [76.3-77.3]
5: $50 \leq x < 100$ Mbit/s	2.2 [2.1-2.3]	3.8 [3.7-4.0]	28.9 [28.5-29.2]	54.7 [54.3-55.1]	76.3 [76.0-76.7]
6: $100 \leq x < 200$ Mbit/s	1.4 [1.2-1.7]	2.5 [2.2-2.8]	24.4 [23.6-25.2]	51.9 [51.0-52.9]	71.6 [70.7-72.4]
7: $200 \leq x < 500$ Mbit/s	0.4 [0.3-0.4]	2.5 [2.4-2.6]	35.7 [35.4-36.1]	63.3 [63.0-63.7]	79.2 [78.9-79.5]

### 7.3.2 Anbieter

Abbildung 7.31 stellt die Messergebnisse mit Blick auf die Laufzeiten bezogen auf die einzelnen Anbieter als empirische Verteilungsfunktion dar. Hier zeigen sich Unterschiede zwischen den einzelnen Anbietern. Dies kann auf den unterschiedlich hohen Anteil von Produkten in höheren Bandbreitklassen im jeweiligen Portfolio der Anbieter zurückzuführen sein. Bietet ein Anbieter überwiegend Produkte in höheren Bandbreitklassen an, dann wurden vermehrt kürzere Laufzeiten im Rahmen der Breitbandmessung ermittelt.

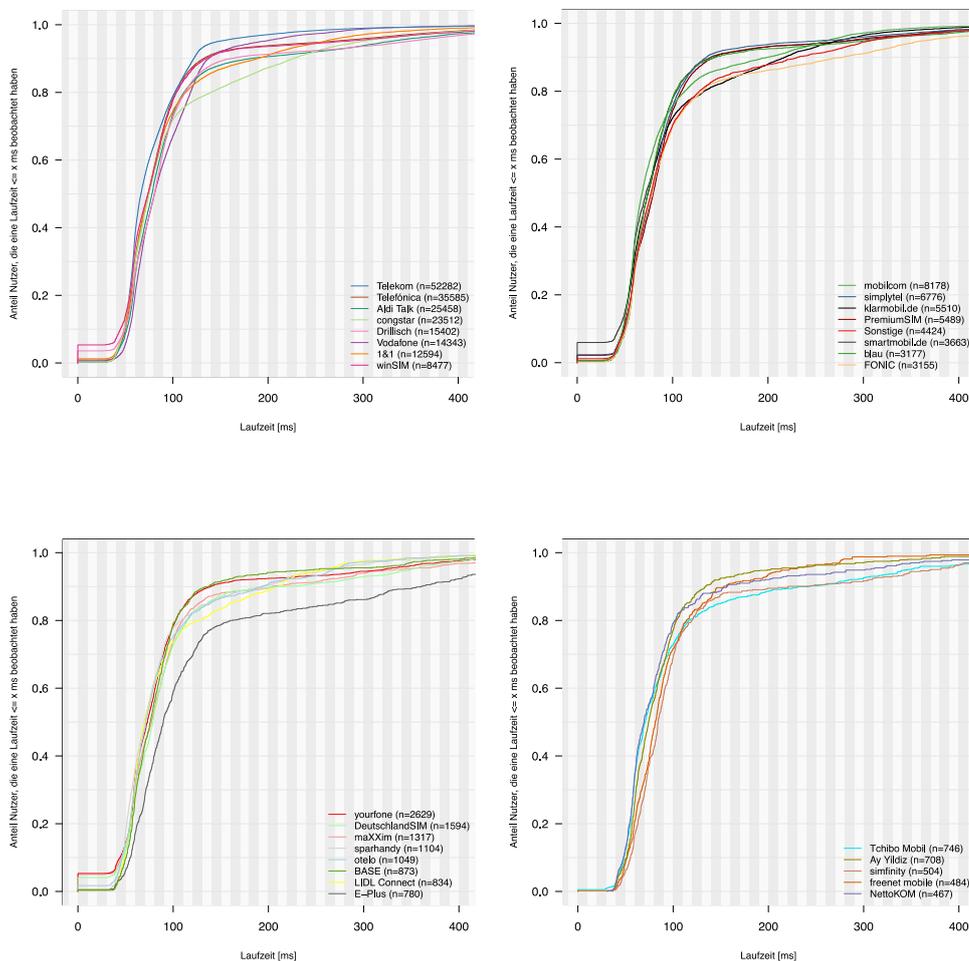


Abbildung 7.31: Empirische Verteilungsfunktion der Laufzeit nach Anbietern

### 7.3.3 Geografischer Bereich

Ebenso wie bei den stationären Breitbandanschlüssen sind bei den mobilen Breitbandanschlüssen bis zu einer Laufzeit von 100ms Unterschiede zwischen den Regionen (ländlich, halbstädtisch und städtisch) zu beobachten, wobei die Unterschiede hier noch ausgeprägter sind. Zu berücksichtigen ist, dass die Laufzeiten bei mobilen Breitbandanschlüssen jedoch generell höher sind. Die Verteilungsfunktion für den städtischen Bereich liegt durchgängig oberhalb der beiden anderen Kurven, hier wurden also die kürzesten Laufzeiten gemessen. Laufzeiten von 100ms oder weniger konnten in diesem Bereich bei 78,6% der Kunden ermittelt werden, im halbstädtischen Bereich waren es 69,6%, im ländlichen 61,6% der Kunden.

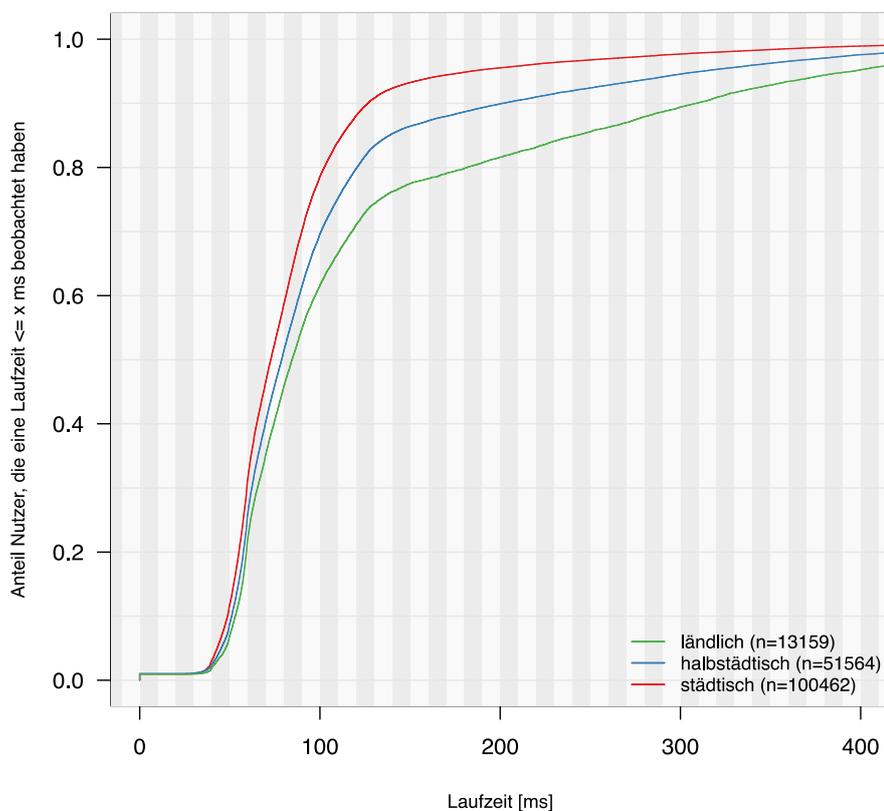


Abbildung 7.32: Empirische Verteilungsfunktion der Laufzeit nach Regionen

### 7.3.4 Tageszeitlicher Verlauf

#### Bandbreiteklasse

Die Laufzeiten sind in allen Bandbreiteklassen im tageszeitlichen Verlauf relativ stabil (vgl. Abbildung 7.33). Einige Klassen, z. B. die Bandbreiteklasse 4 (25 Mbit/s bis kleiner 50 Mbit/s), verzeichnen in den Nachtstunden etwas kürzere Laufzeiten als am Tage.

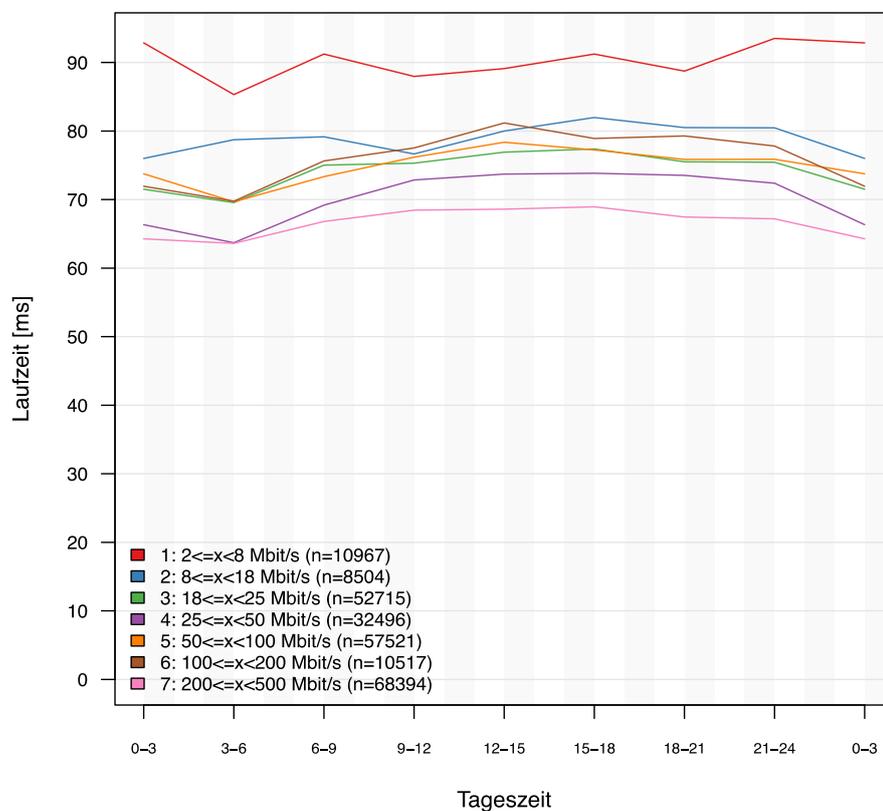


Abbildung 7.33: Tageszeitlicher Verlauf der Laufzeit nach Bandbreiteklassen

Mit Blick auf die Regionen lässt sich kein deutlicher Unterschied bezogen auf den tageszeitlichen Verlauf feststellen.

### 7.3.5 Quartalsverlauf

Mit Blick auf den Quartalsverlauf in Abbildung 7.34 ist kein eindeutiger Trend erkennbar. Die Kurve aus dem Quartal 4 in 2016 liegt bis zu einer Laufzeit von ca. 130 ms unterhalb der anderen Kurven, gleicht sich dann aber den anderen an. Das bedeutet, dass die Anteile der Kunden, die geringe Laufzeiten gemessen haben, in den ersten drei Quartalen 2017 im Vergleich zu Quartal 4 in 2016 etwas gestiegen sind.

Im Boxplot (Abbildung 7.35) zeigt sich, dass der Median der Laufzeiten im Quartal 4 in 2016 einen Wert von 84,54 ms hatte, d.h. 50% der Kunden hat in diesem Quartal 84,54 ms oder weniger gemessen. Die Mediane in den drei Quartalen in 2017 betragen 73,73 ms, 74,82 ms bzw. 72,28 ms. Im Mittel waren also die Laufzeiten in den ersten drei Quartalen 2017 geringer als im Quartal 4 in 2016.

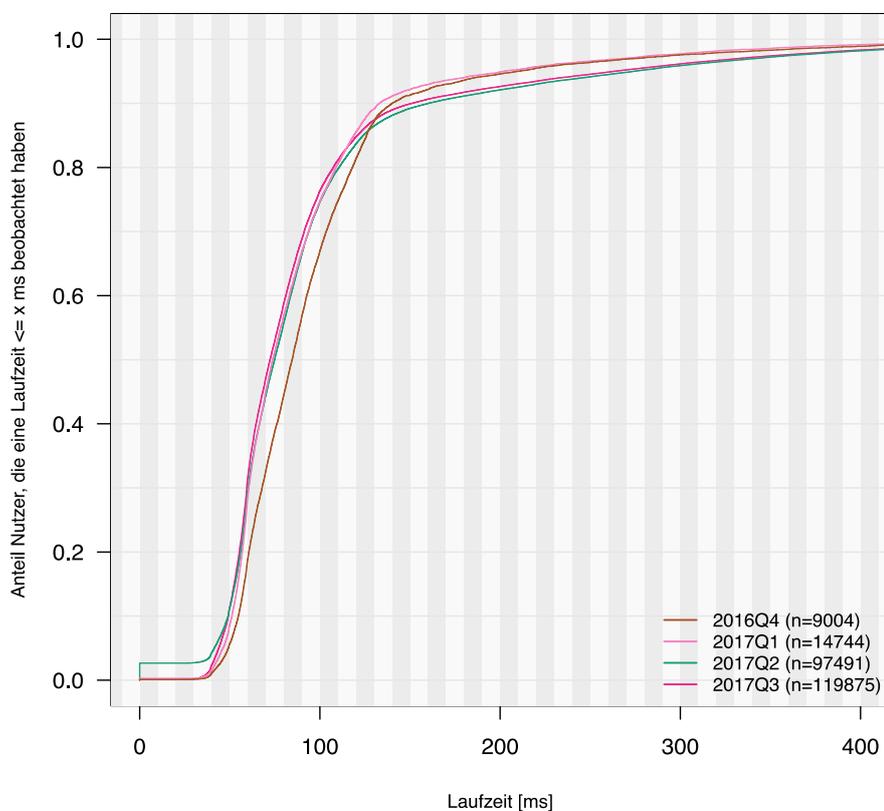


Abbildung 7.34: Quartalsverlauf der empirischen Verteilungsfunktionen der Laufzeit

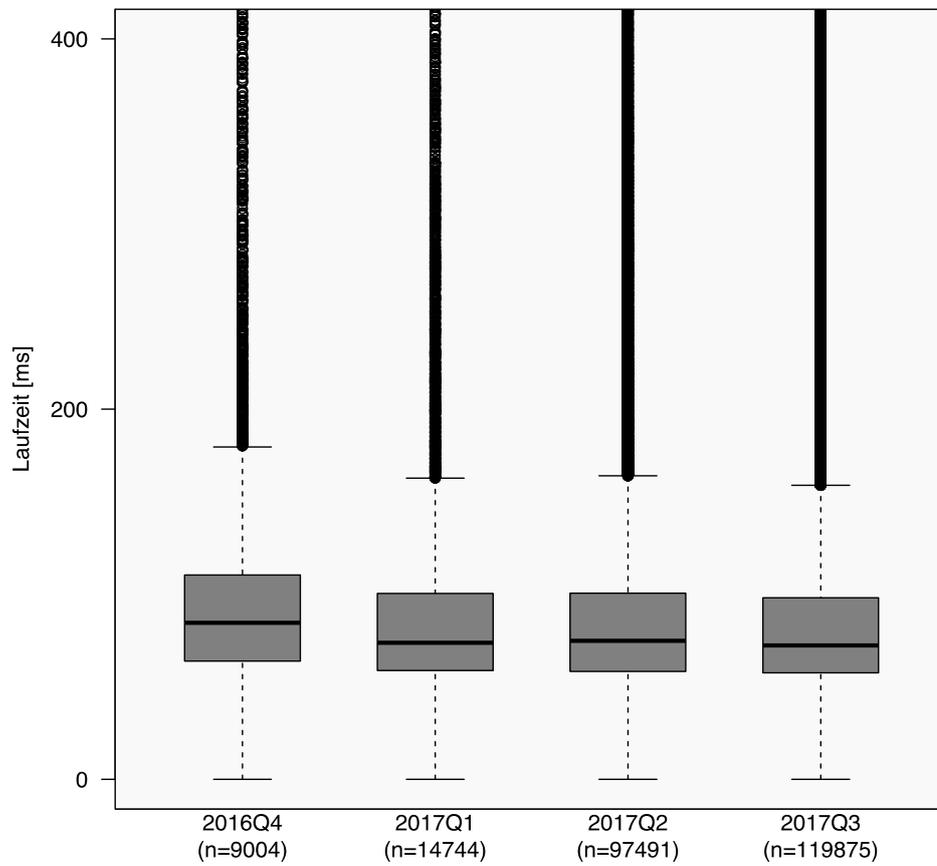


Abbildung 7.35: Quartalsverlauf der Boxplots der Laufzeit

## 8 Jahresvergleich

### 8.1 Stationäre Breitbandanschlüsse

#### 8.1.1 Download

Abbildung 8.1 stellt das Verhältnis der tatsächlichen Datenübertragungsrate zur vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate in Prozent für stationäre Breitbandanschlüsse im Jahresvergleich dar. Die Kurve aus dem aktuellen Berichtszeitraum 2016/2017 liegt im Bereich zwischen 30% und 95% oberhalb der Kurve aus dem Vergleichszeitraum 2015/2016. So ist der Anteil der Kunden, die mindestens 90% der vertraglich vereinbarten Übertragungsrate gemessen haben von 37,7% auf 40,6% gestiegen. Der Anteil der Kunden, die die volle vermarktete Bandbreite erhielten, ist jedoch mit 12% gegenüber 12,4% etwas zurückgegangen. Insgesamt ist das Niveau ähnlich wie im Vorjahreszeitraum.

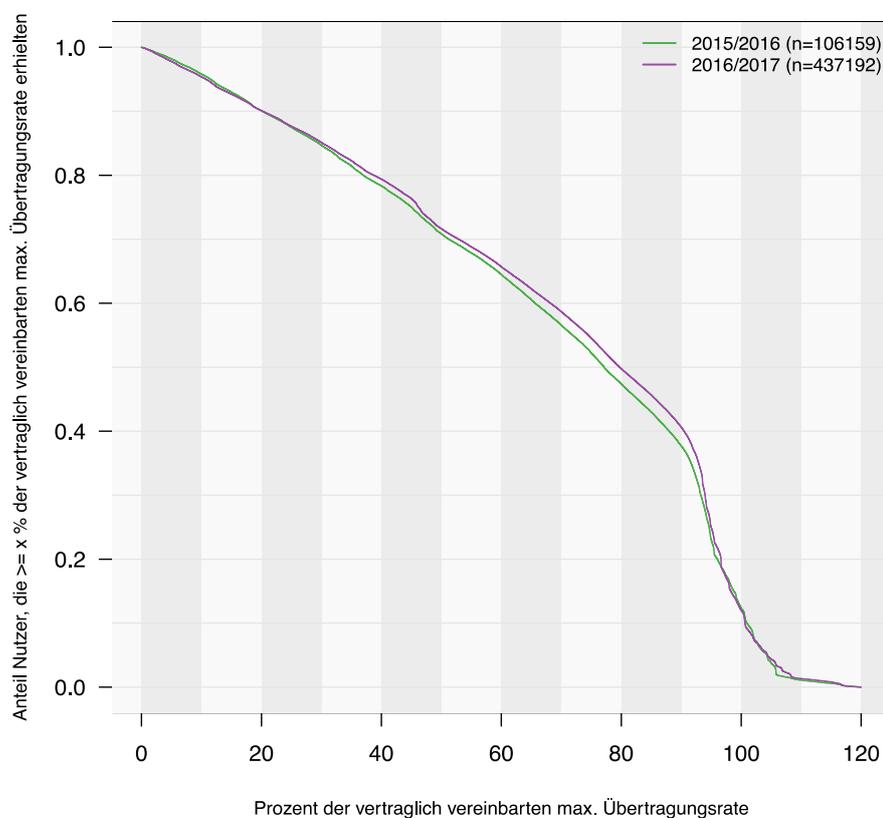


Abbildung 8.1: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download im Jahresvergleich

Der Boxplot in Abbildung 8.2 zeigt, dass der Median mit 79,7% gegenüber 77,1% in 2015/2016 leicht gestiegen ist. Die Streuung der mittleren 50% der Messergebnisse ähnelt dem Vorjahreszeitraum.

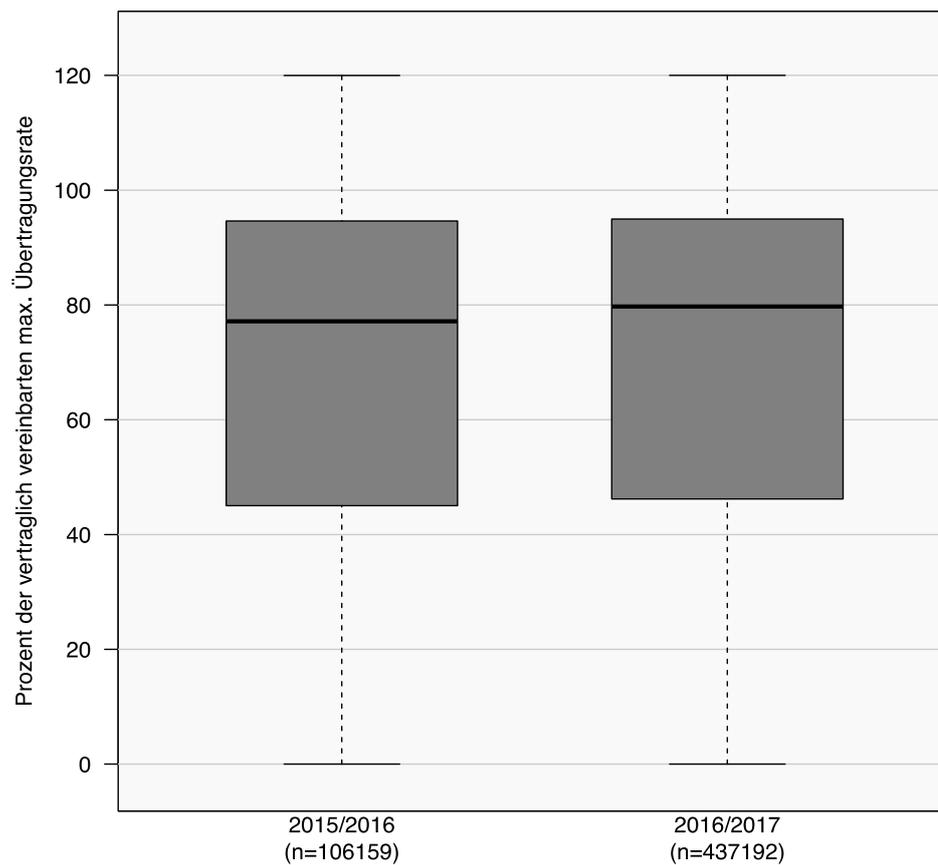


Abbildung 8.2: Boxplot der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download im Jahresvergleich

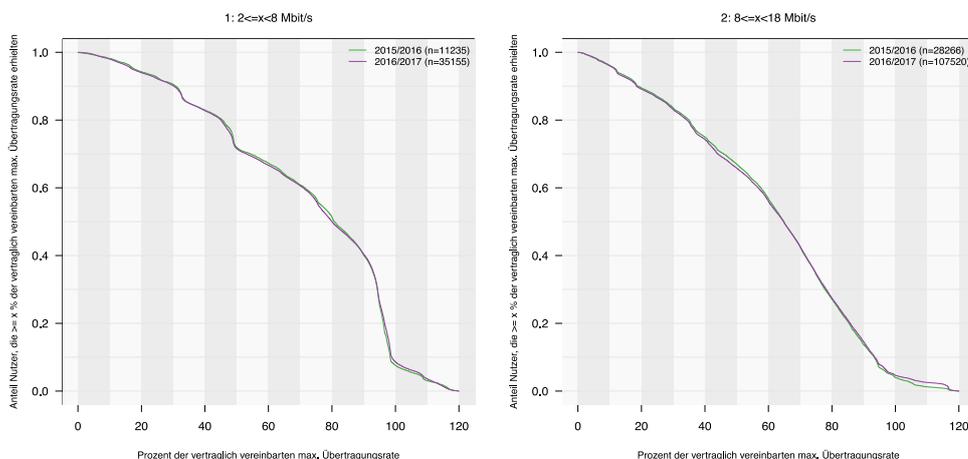
## Bandbreiteklasse

Die Verteilung der Stichprobe auf die Bandbreiteklasse hat sich im aktuellen Berichtszeitraum gegenüber dem Vorjahreszeitraum leicht verändert mit einer Tendenz zu höherwertigen Anschlüssen (Tabelle 8.1).

Tabelle 8.1: Prozentuale Verteilung der Stichproben auf die Bandbreiteklasse

Bandbreiteklasse	2015/2016	2016/2017
1: $2 \leq x < 8$ Mbit/s	10.58	8.04
2: $8 \leq x < 18$ Mbit/s	26.63	24.59
3: $18 \leq x < 25$ Mbit/s	2.01	1.76
4: $25 \leq x < 50$ Mbit/s	7.94	7.60
5: $50 \leq x < 100$ Mbit/s	26.09	29.61
6: $100 \leq x < 200$ Mbit/s	22.03	19.90
7: $200 \leq x < 500$ Mbit/s	4.72	8.50

Die prozentual erreichten Datenübertragungsraten in den einzelnen Bandbreiteklasse im Jahresvergleich sind in Abbildung 8.3 dargestellt. Während in den unteren vier Bandbreiteklasse die beiden Kurven jeweils einen sehr ähnlich Verlauf zeigen, liegen die Kurven aus 2016/2017 in der Klasse 5 (50 Mbit/s bis kleiner 100 Mbit/s) und 6 (100 Mbit/s bis kleiner 200 Mbit/s) deutlich oberhalb der entsprechenden Kurven aus 2015/2016. In der Bandbreiteklasse 7 (200 Mbit/s bis kleiner 500 Mbit/s) dreht sich dieses Verhältnis in abgeschwächter Form um.



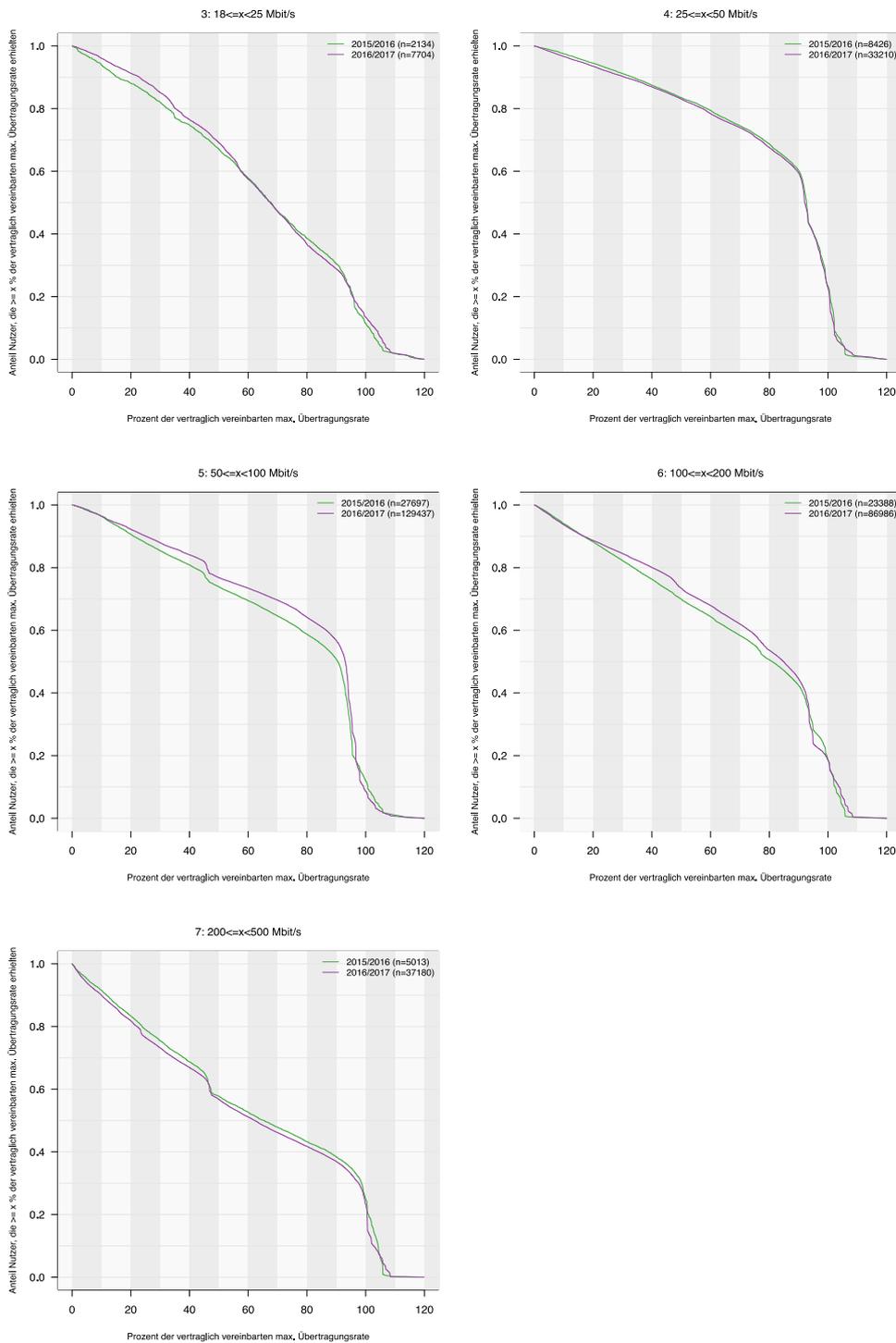


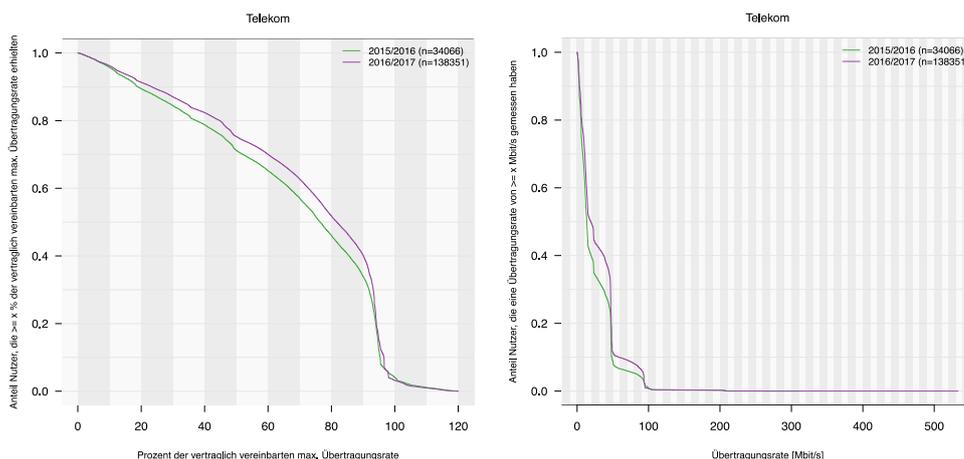
Abbildung 8.3: Empirische Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bandbreiteklassen im Jahresvergleich

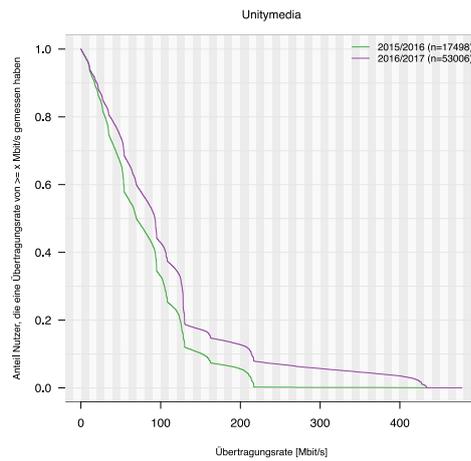
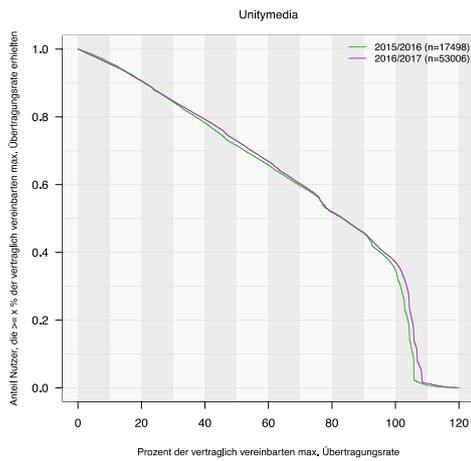
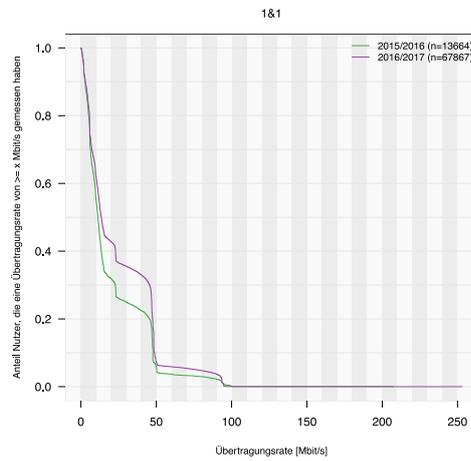
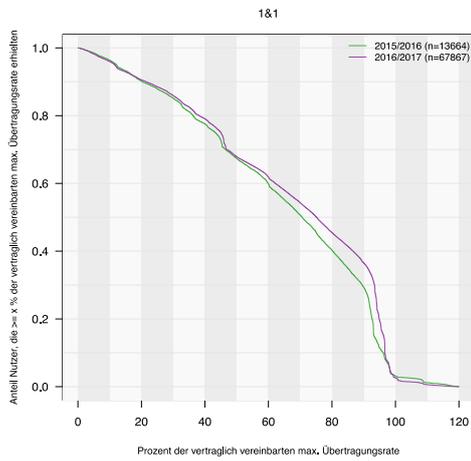
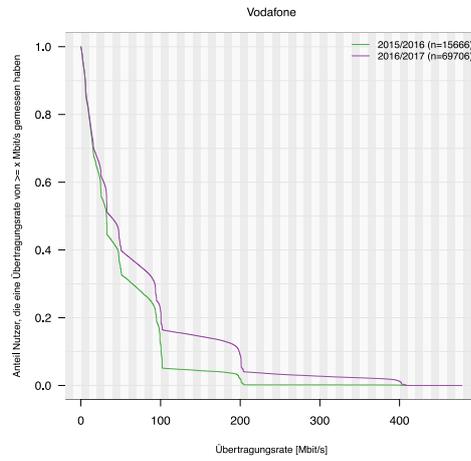
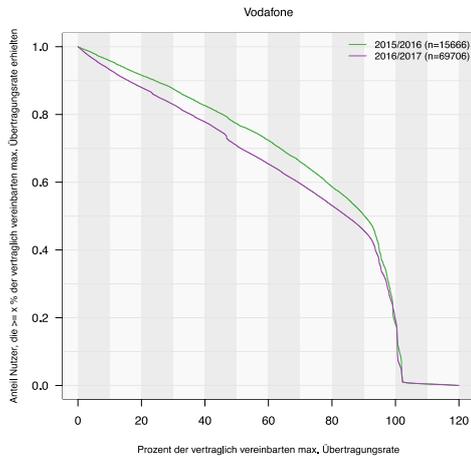
## Anbieter

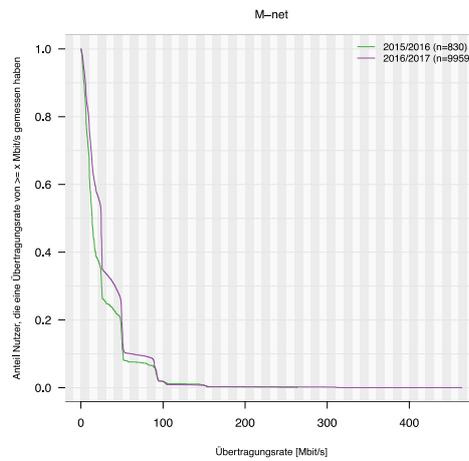
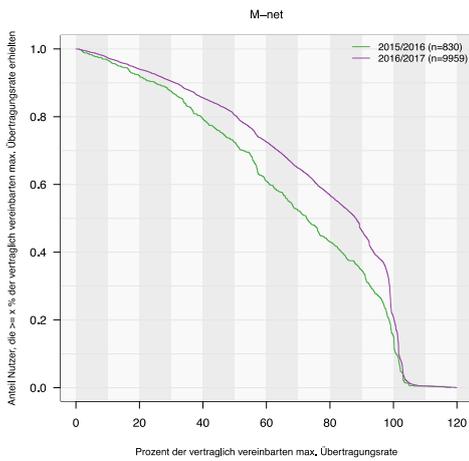
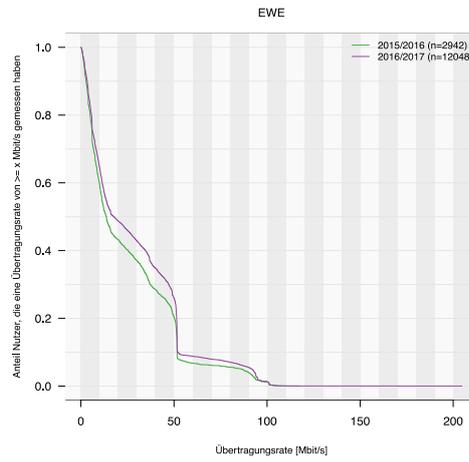
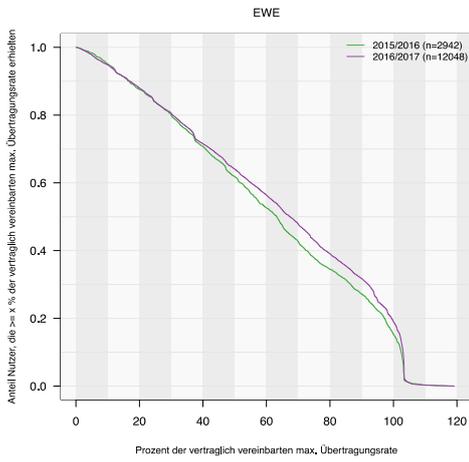
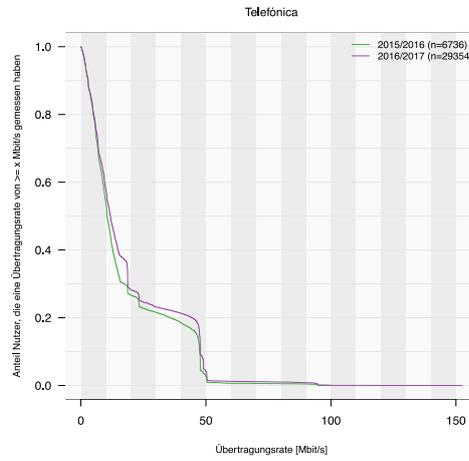
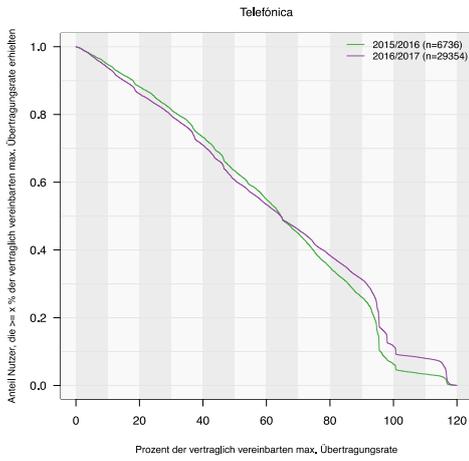
In Abbildung 8.4 sind die empirischen Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten (links) sowie der absoluten (rechts) Datenübertragungsraten für alle Anbieter dargestellt, für die in beiden Berichtszeiträumen 2015/2016 und 2016/2017 jeweils mindestens 400 Messwerte vorlagen. Für 14 Anbieter sind Ergebnisse aus beiden Berichtszeiträumen für diese Auswertung verfügbar. Bei fast allen Anbietern (13 von 14) wurden in 2016/2017 durchschnittlich höhere absolute Datenübertragungsraten gemessen als in 2015/2016.

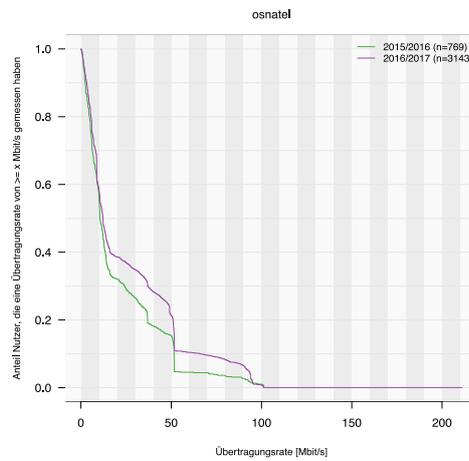
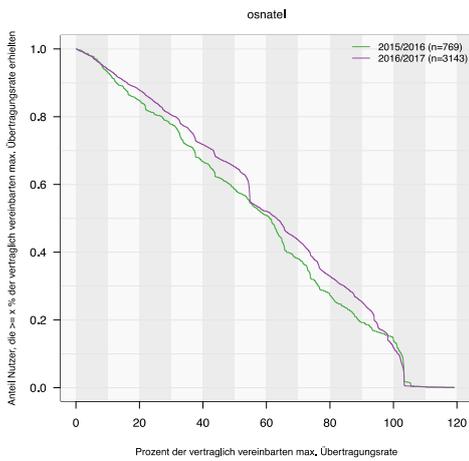
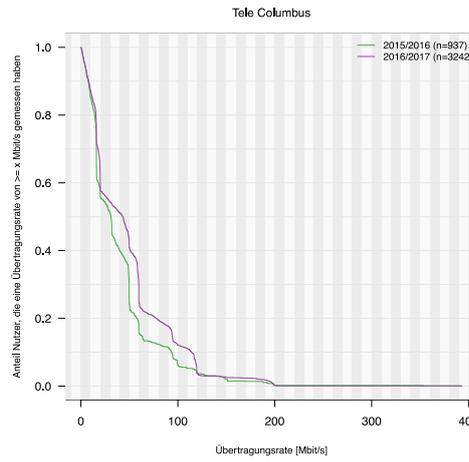
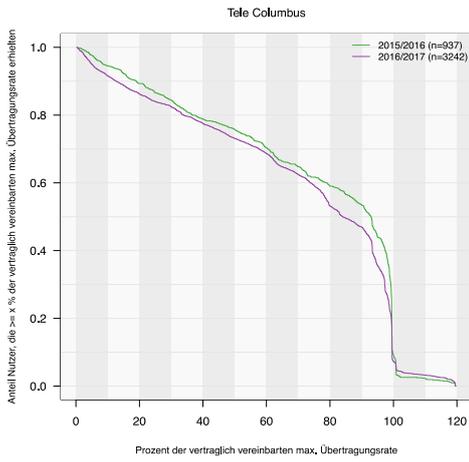
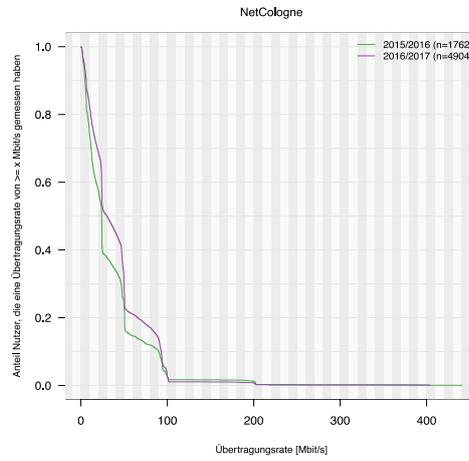
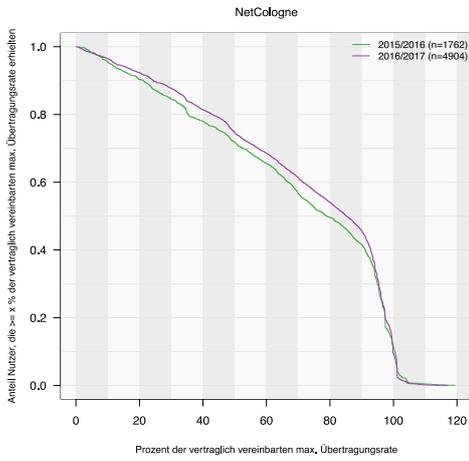
Die empirischen Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten vermarkteten Datenübertragungsrate liegen bei der Mehrzahl der Anbieter (11 von 14) ebenfalls über den entsprechenden Kurven aus dem Vorjahreszeitraum. Zwei Anbieter verzeichneten 2016/2017 zwar höhere gemessene Datenübertragungsraten (absolut), allerdings entwickelte sich das Verhältnis der prozentual erreichten vermarkteten Datenübertragungsrate gegenläufig.

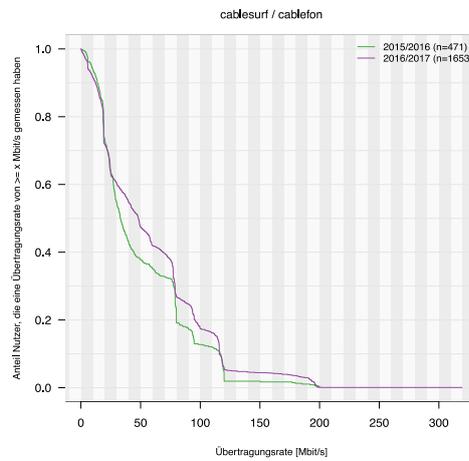
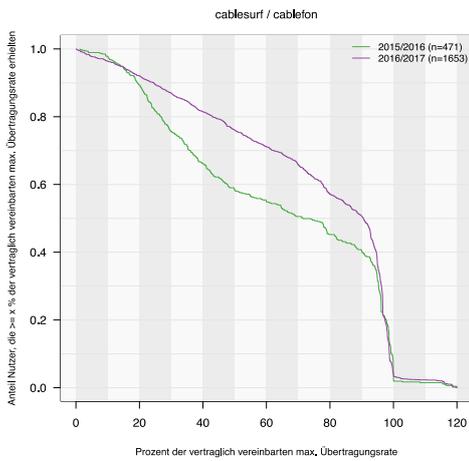
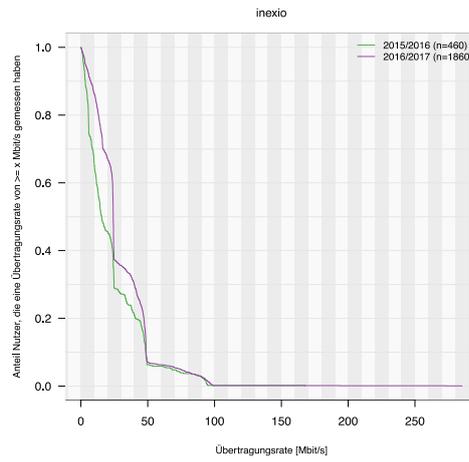
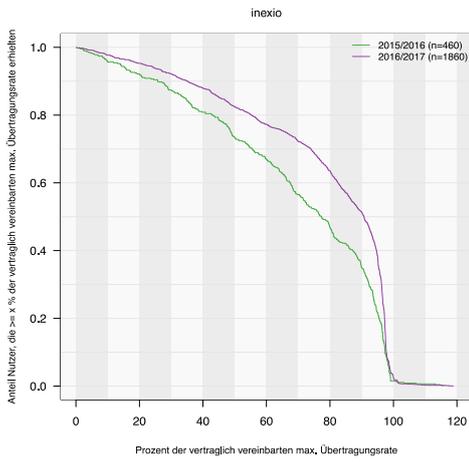
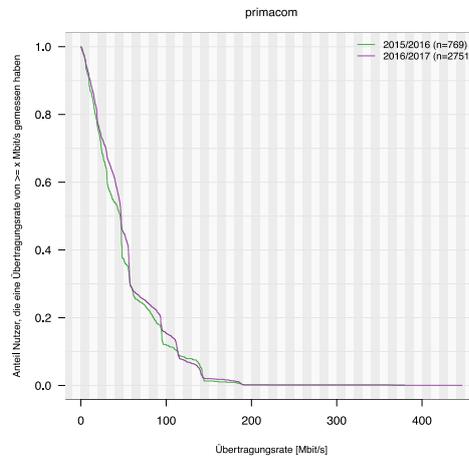
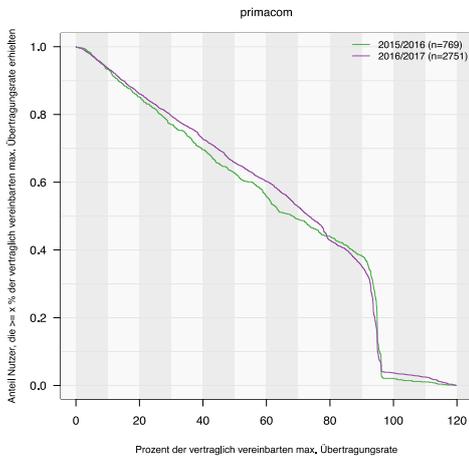
Die Anteile von Kunden, die jeweils die volle vermarktete Bandbreite gemessen haben, haben sich bei den meisten Anbietern kaum geändert.











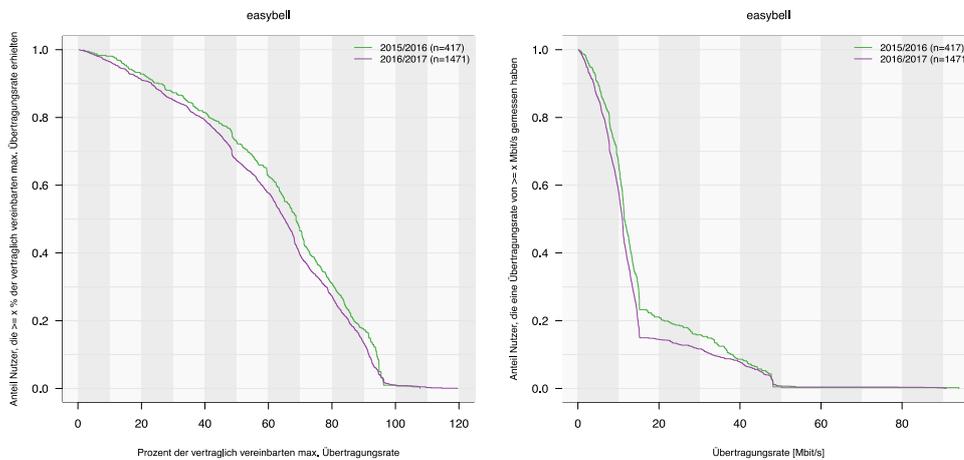


Abbildung 8.4: Empirische Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten (links) und der absoluten (rechts) Datenübertragungsrate Download nach Anbieter im Jahresvergleich

## Geografischer Bereich

Im Vergleich zu 2015/2016 ist der Anteil der Messungen im städtischen Bereich in 2016/2017 leicht gesunken (52,8% gegenüber 55,1%), während anteilig mehr Messungen im ländlichen und halbstädtische Bereich vorliegen (ländlich 10,4% vs. 9,2%, halbstädtisch 36,8% vs. 35,7%). Die Veränderungen in den prozentual erreichten Datenübertragungsraten sind in allen drei Bereichen ähnlich und gleichförmig, sodass auf eine Darstellung verzichtet wird.

## Tageszeitlicher Verlauf

Es sind keine wesentlichen Veränderungen hinsichtlich des tageszeitlichen Verlaufs der prozentual erreichten Datenübertragungsraten zu beobachten. Wie bereits in der vorangehenden Messperiode beobachtet, ist tendenziell eine Abnahme der prozentualen Datenübertragungsrate im Tagesverlauf zu konstatieren, die sich im Vergleich zur vorhergehenden Messperiode abgeschwächt hat.

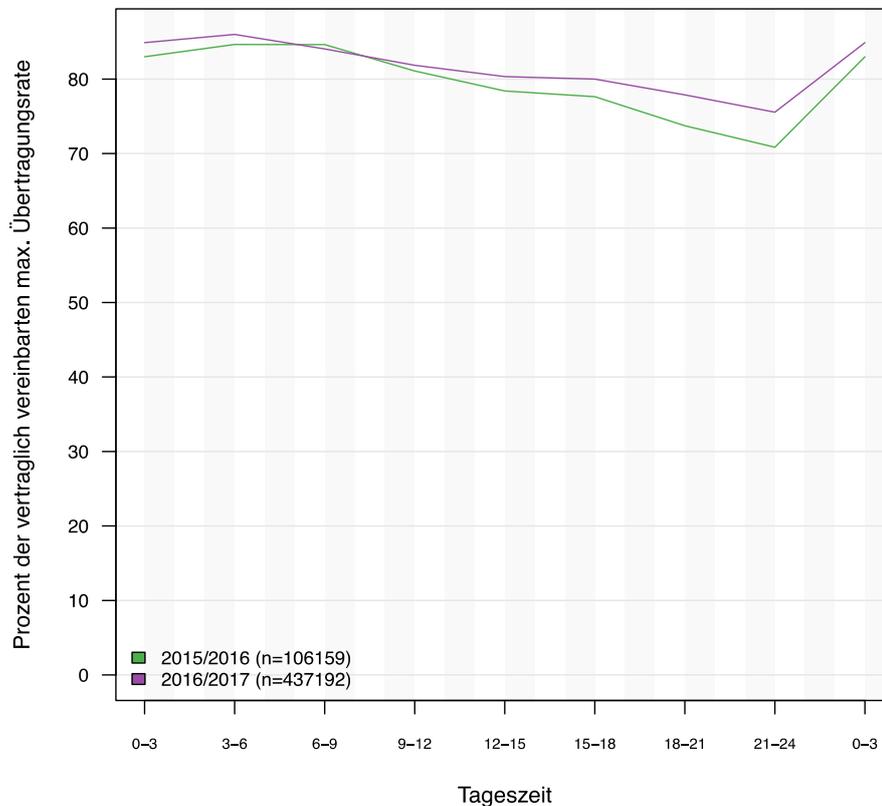


Abbildung 8.5: Tageszeitlicher Verlauf der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download im Jahresvergleich.

### 8.1.2 Upload

Abbildung 8.6 stellt das Verhältnis der tatsächlichen Datenübertragungsrate im Upload zur vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate in Prozent im Jahresvergleich dar. Die Kurve aus dem aktuellen Berichtszeitraum 2016/2017 liegt im Bereich bis zu 75% unterhalb-, danach oberhalb der Kurve aus dem Vergleichszeitraum 2015/2016.

Entsprechend ist der Anteil der Kunden, die mindestens 50% der vertraglich vereinbarten Übertragungsrate gemessen haben, von 82,2% auf 80% etwas gesunken. Der Anteil der Kunden, die die volle vermarktete Bandbreite erhielten, ist hingegen mit 9,8% gegenüber 6,8% leicht angestiegen.

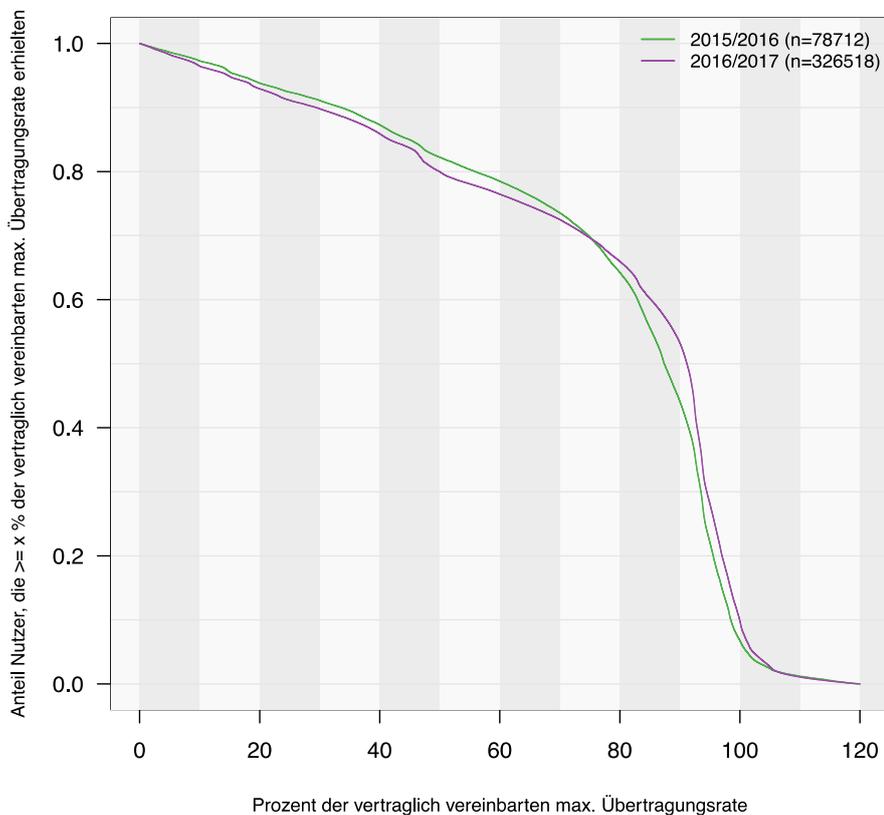
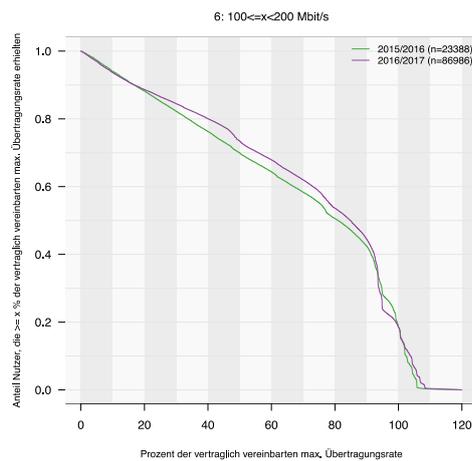
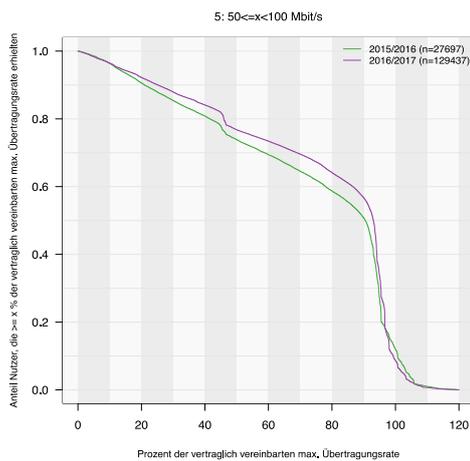
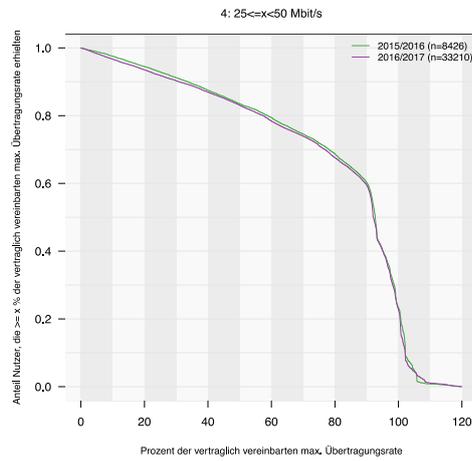
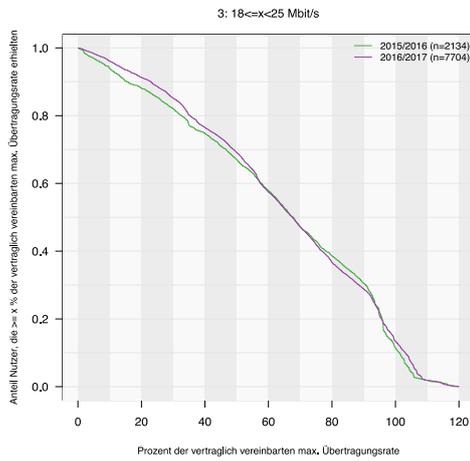
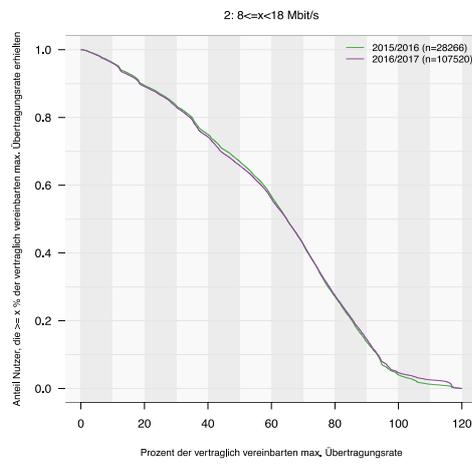
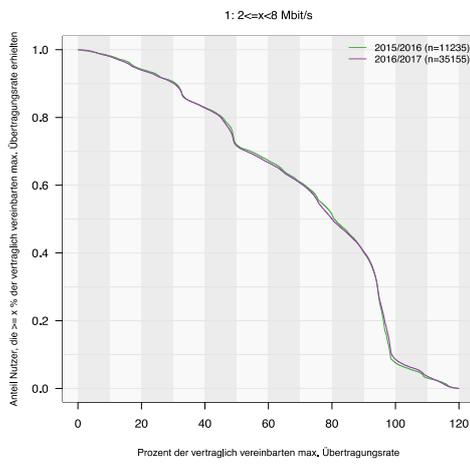


Abbildung 8.6: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload im Jahresvergleich

### Bandbreiteklasse

Die prozentual erreichten Uploaddatenübertragungsraten in den einzelnen Bandbreiteklassen im Jahresvergleich sind in Abbildung 8.7 dargestellt. Auffällige Veränderungen hin zu höheren erreichten prozentualen Datenübertragungsraten lassen sich in den Bandbreiteklassen 3 (18 Mbit/s bis kleiner 25 Mbit/s) und 7 (200 Mbit/s bis kleiner 500 Mbit/s) beobachten. In diesen Klassen stieg der Anteil der Nutzer, die die volle vermarktete Bandbreite erhielten, von 10,2% auf 18,9% bzw. von 8,7% auf 29,1%.



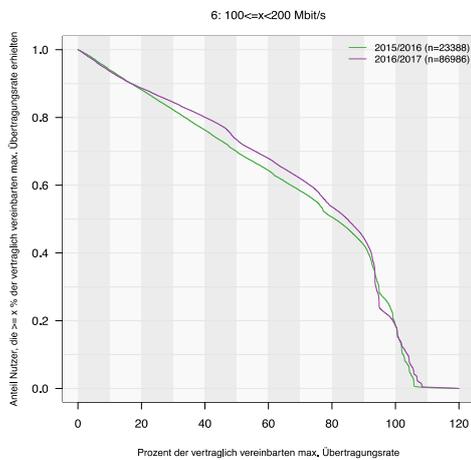
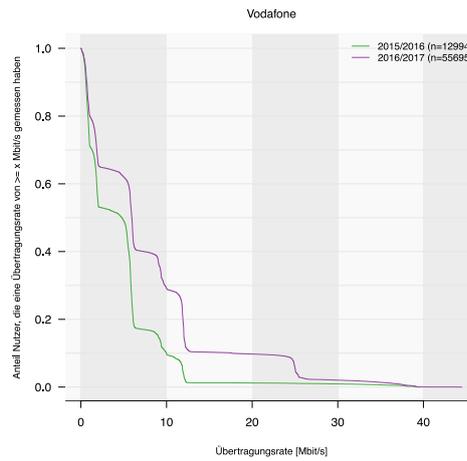
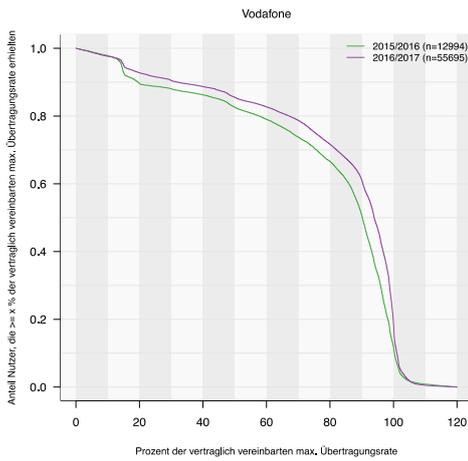
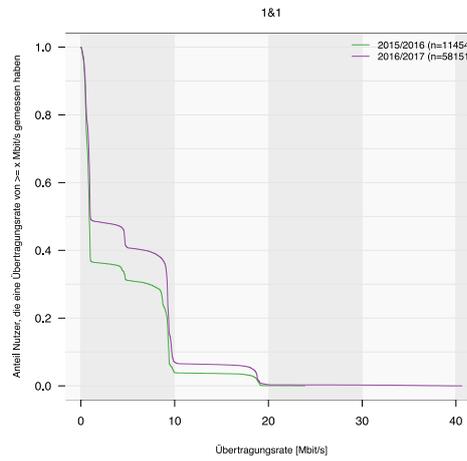
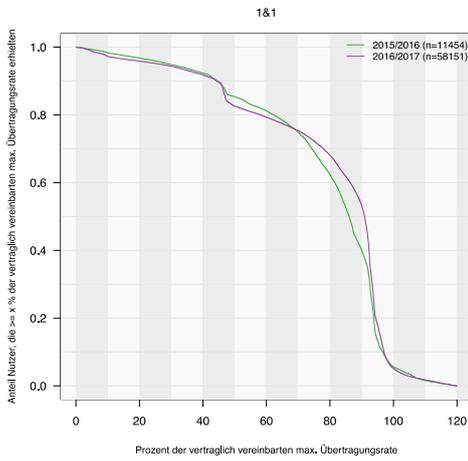
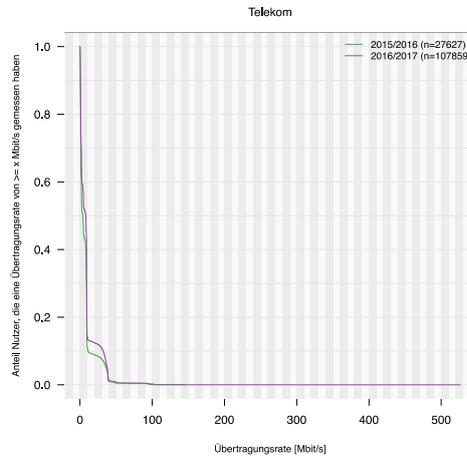
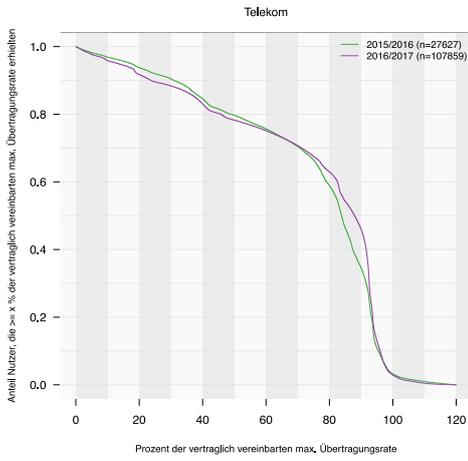
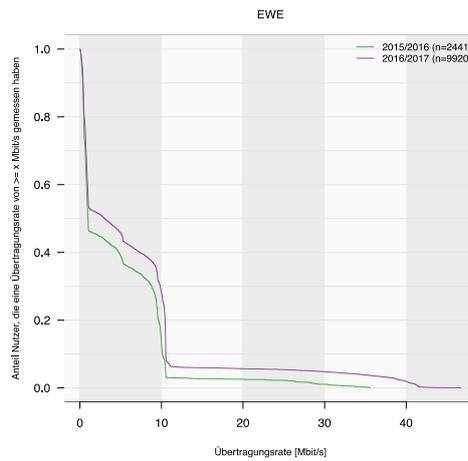
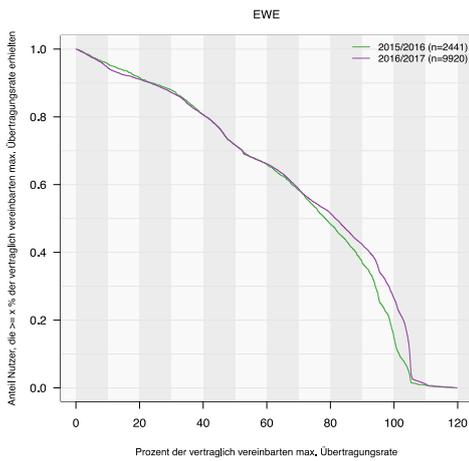
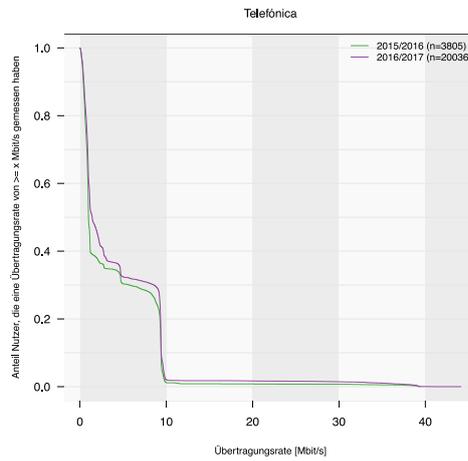
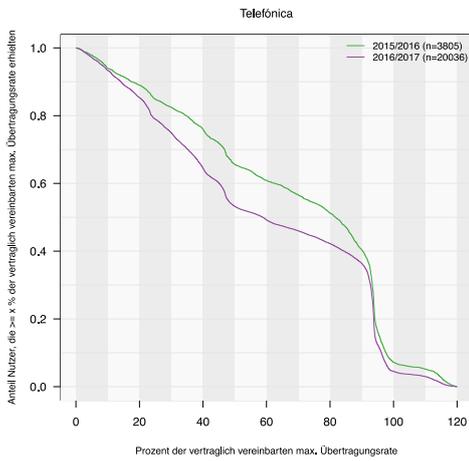
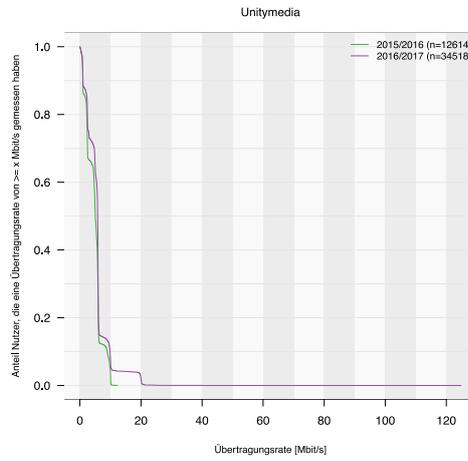
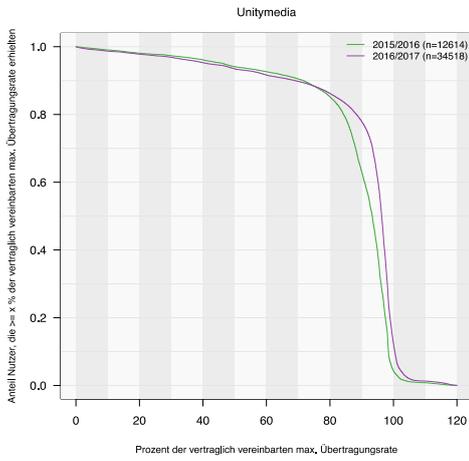


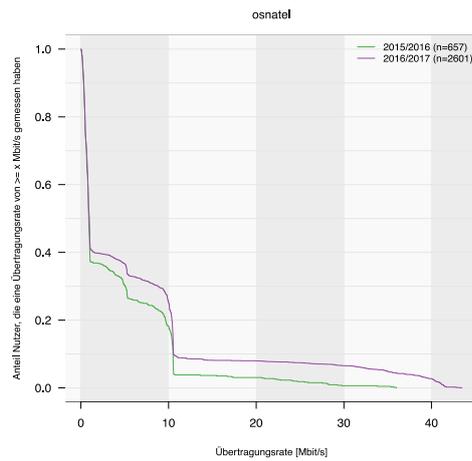
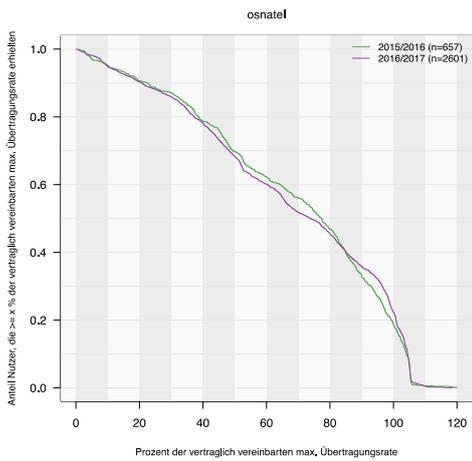
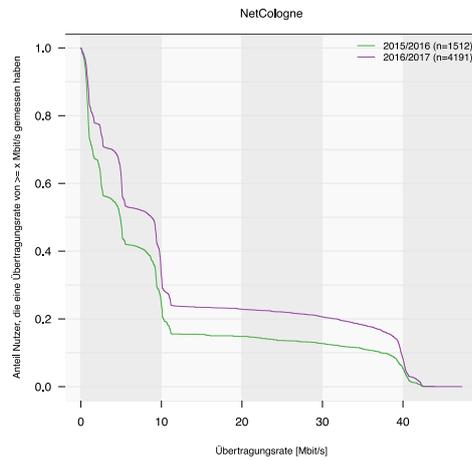
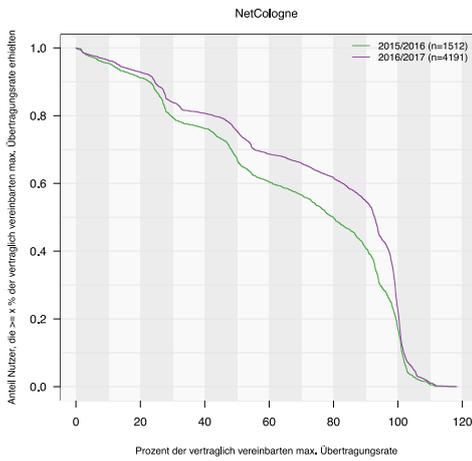
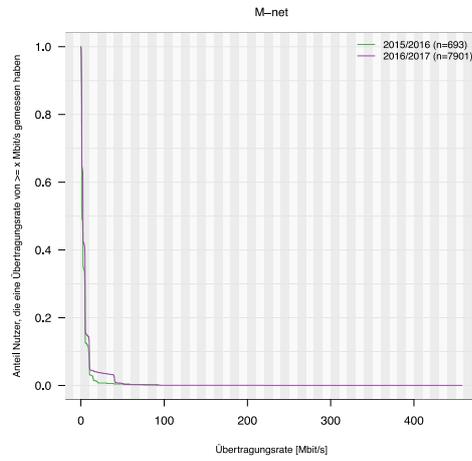
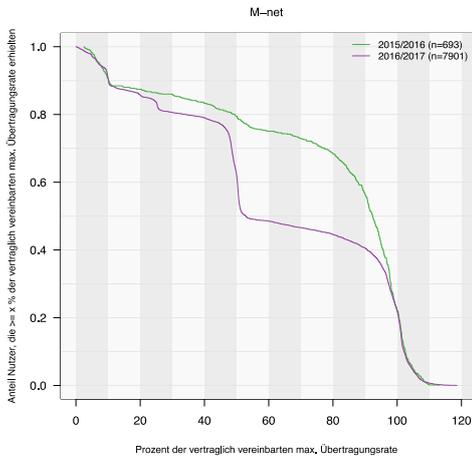
Abbildung 8.7: Empirische Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Bandbreiteklassen im Jahresvergleich

## Anbieter

In Abbildung 8.8 sind die empirischen Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten (links) sowie der absoluten (rechts) Datenübertragungsraten im Upload für alle Anbieter dargestellt, für die in beiden Berichtszeiträumen 2015/2016 und 2016/2017 jeweils mindestens 400 Messwerte vorlagen. Für die meisten Anbieter liegen die empirischen Verteilungsfunktionen der absolut gemessenen Datenübertragungsraten aus dem aktuellen Zeitraum deutlich oberhalb der Kurven aus dem Vorjahreszeitraum. Allerdings wirkt sich das nicht für alle Anbieter auf die prozentual erreichten Datenübertragungsraten aus. Diese liegen teilweise unter den Vergleichswerten aus dem Vorjahr.







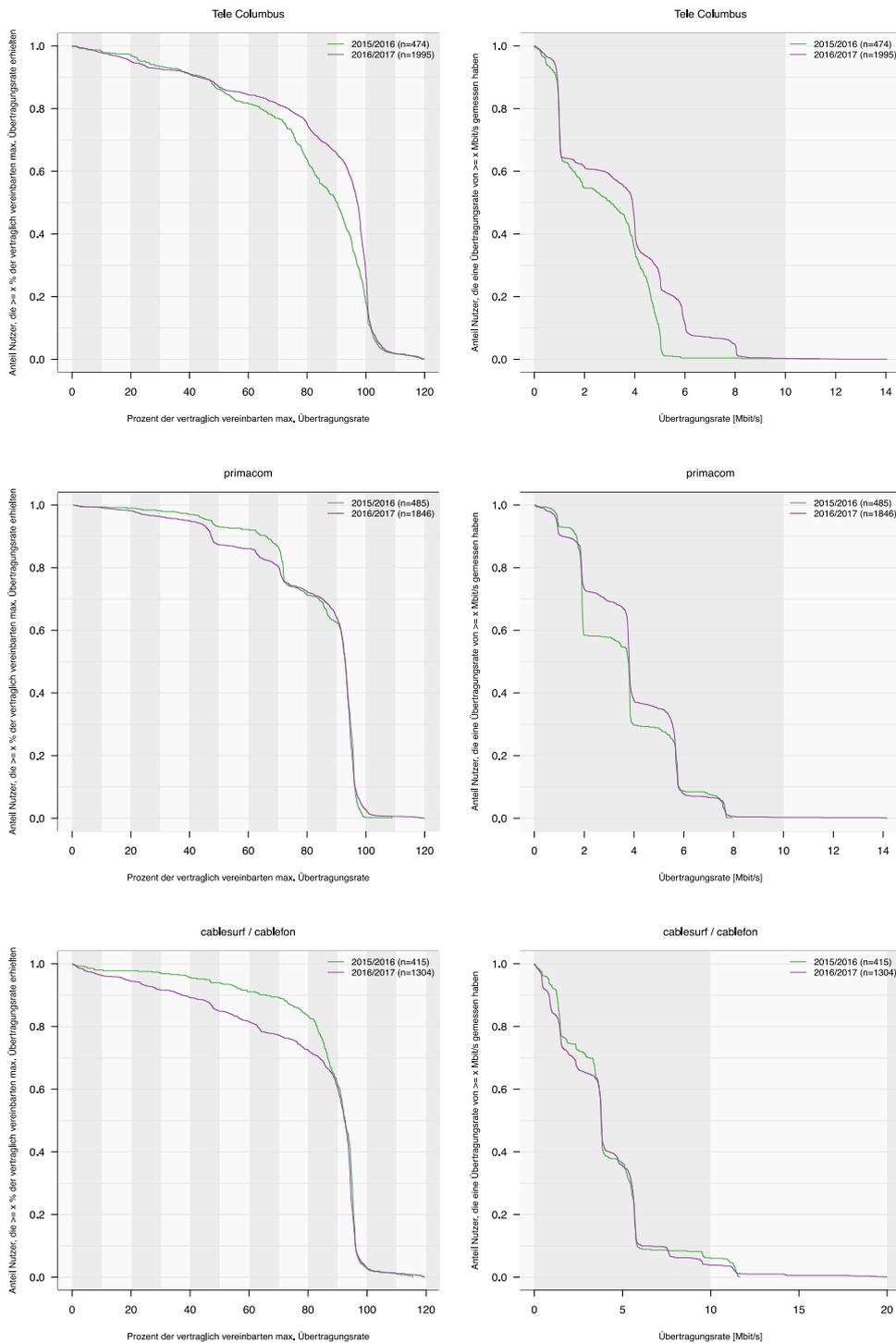


Abbildung 8.8: Empirische Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten (links) und der absoluten (rechts) Datenübertragungsrate Upload nach Anbieter im Jahresvergleich

### 8.1.3 Laufzeit

Die empirischen Verteilungsfunktionen in Abbildung 8.9 zeigen, dass im aktuellen Berichtszeitraum im Mittel etwas kürzere Laufzeiten gemessen wurden als im Vorjahr. Der Anteil der Kunden, die Laufzeiten von 40 ms oder weniger gemessen haben, ist mit 83,7% gegenüber 78,3% in 2015/2016 gestiegen.

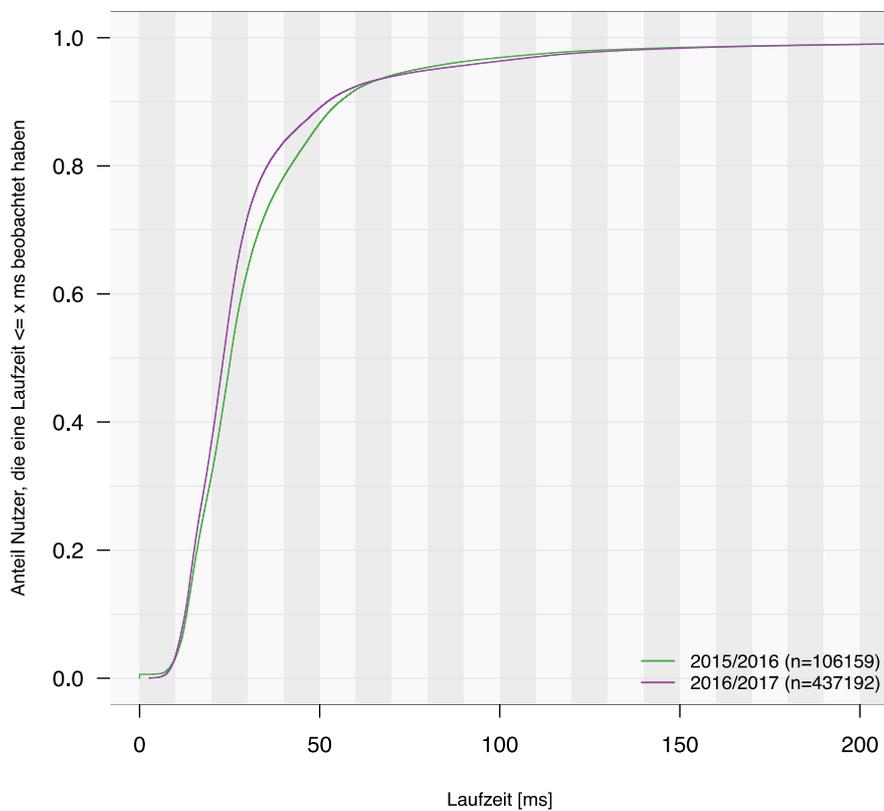
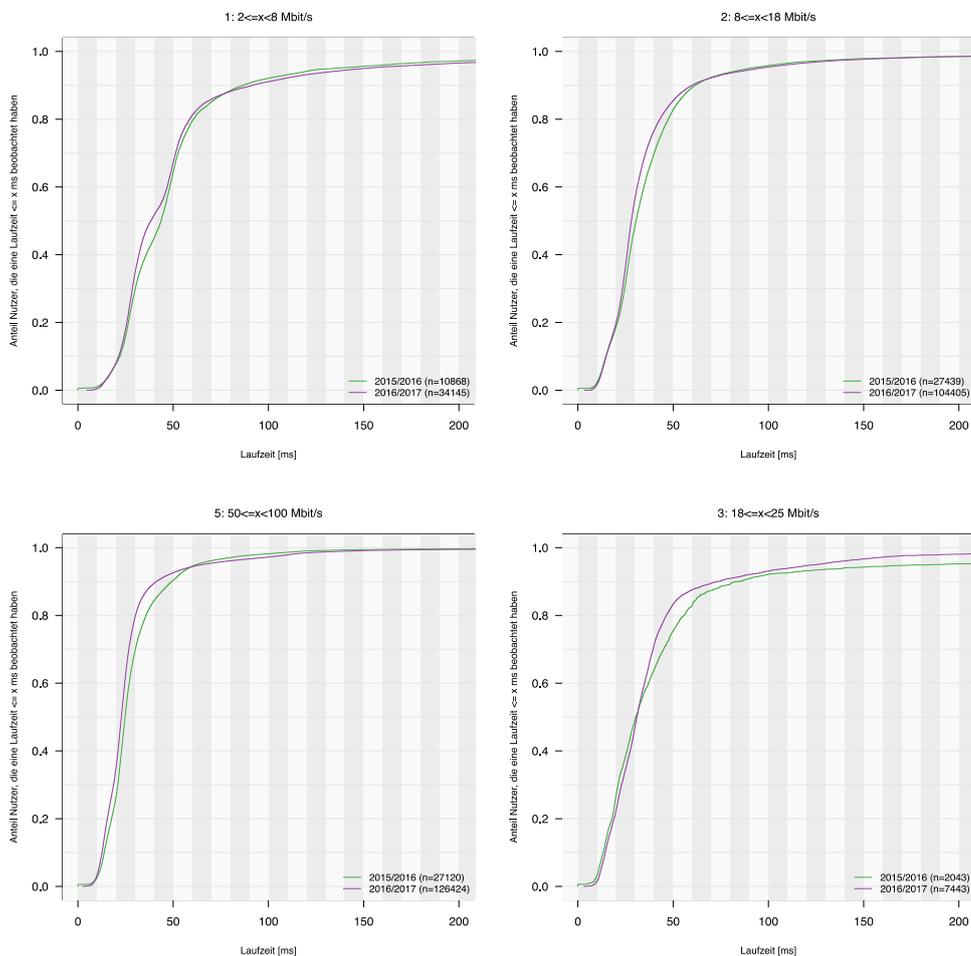


Abbildung 8.9: Empirische Verteilungsfunktion der Laufzeit im Jahresvergleich

## Bandbreiteklasse

Eine Verkürzung der durchschnittlichen Laufzeiten ist vor allem in den mittleren Bandbreiteklassen zu beobachten (Abbildung 8.10). Am deutlichsten unterscheiden sich die beiden Verteilungsfunktionen in der Bandbreiteklasse 3 (18 Mbit/s bis unter 25 Mbit/s).

In den beiden oberen Bandbreiteklassen 6 (100 Mbit/s bis unter 200 Mbit/s) und 7 (200 Mbit/s bis unter 500 Mbit/s) sind dagegen kaum Veränderungen zu sehen, die beiden Kurven zeigen jeweils einen sehr ähnlichen Verlauf.



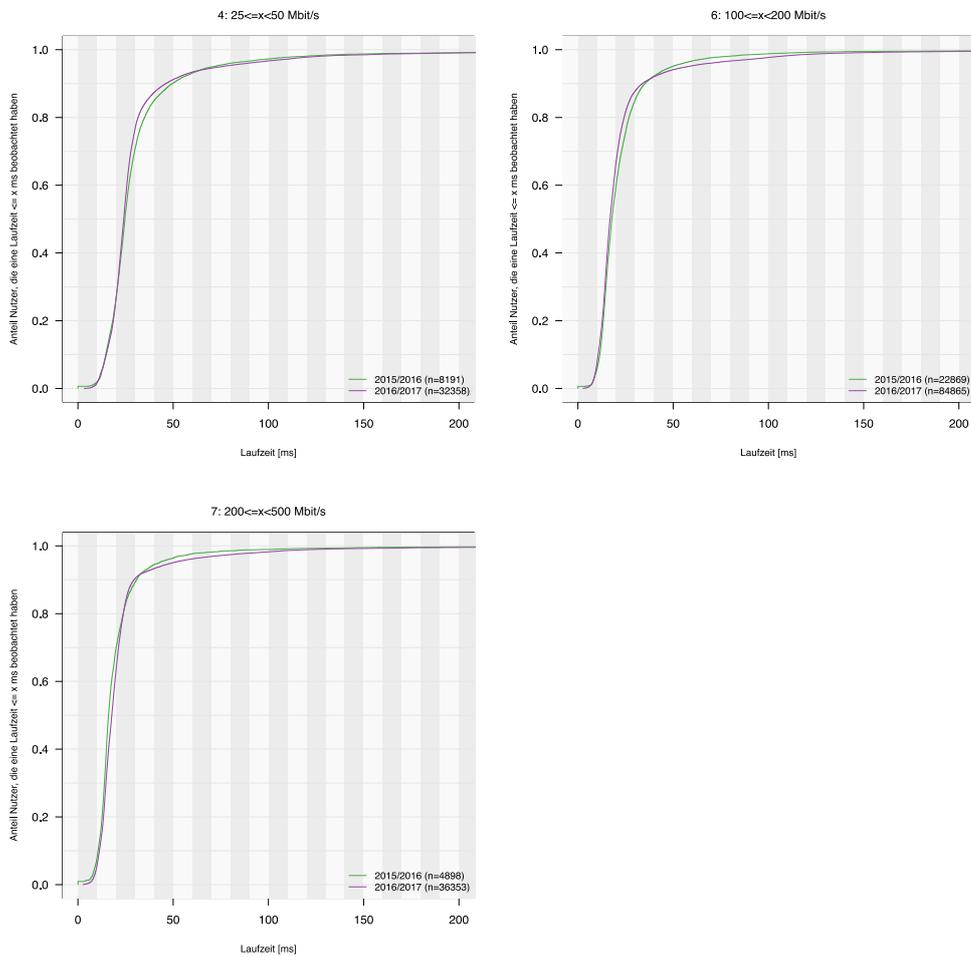
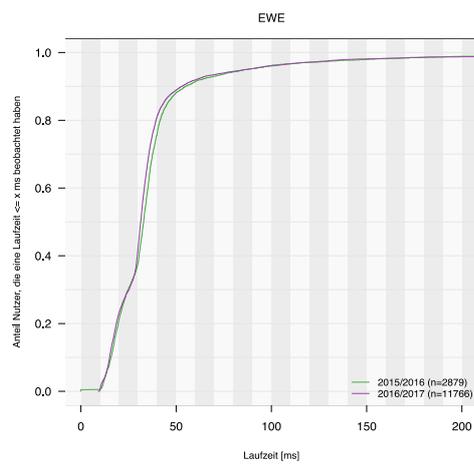
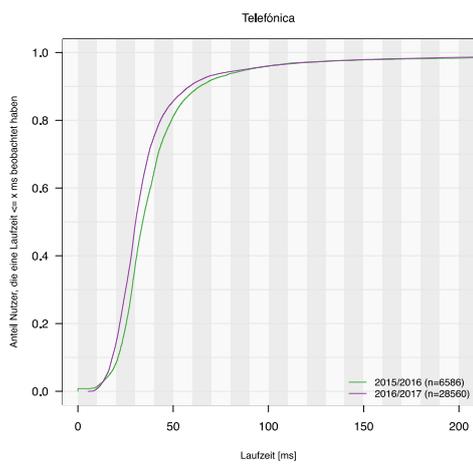
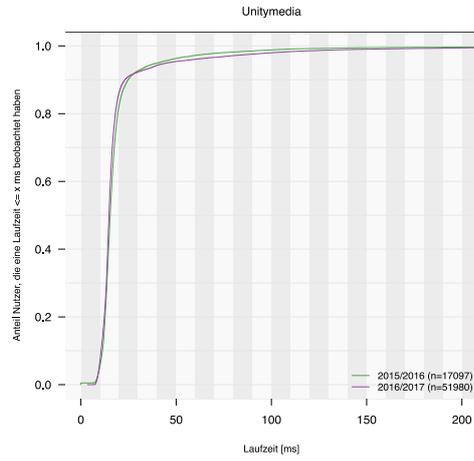
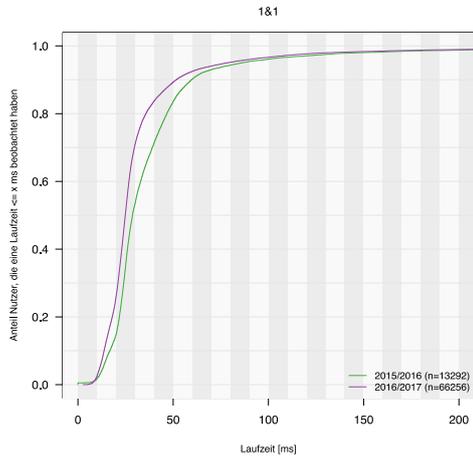
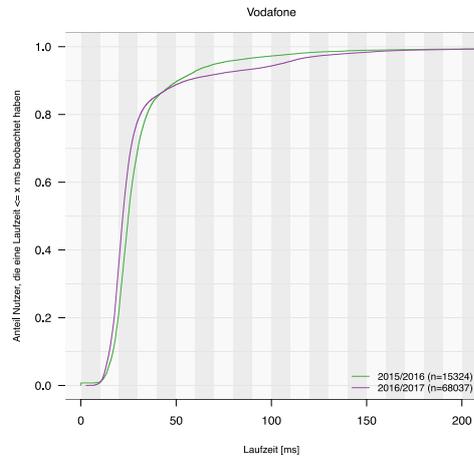
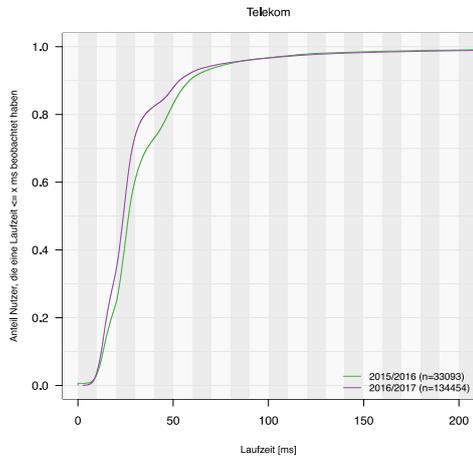
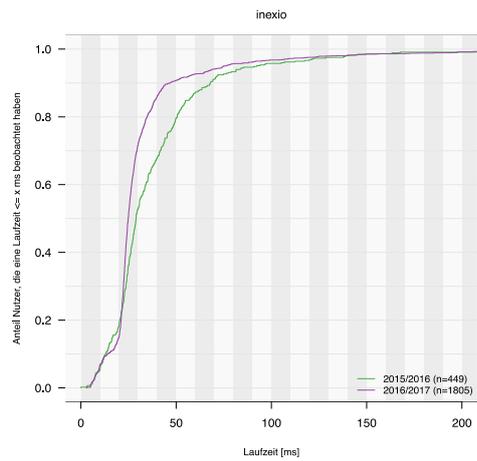
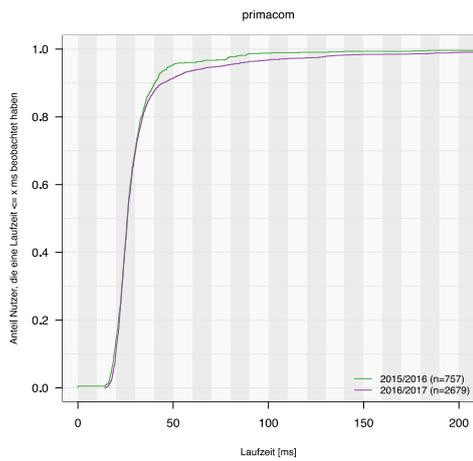
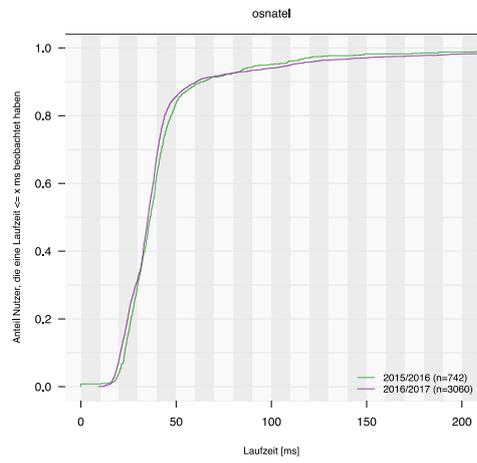
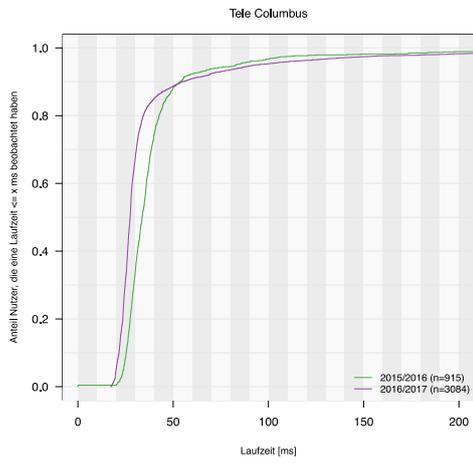
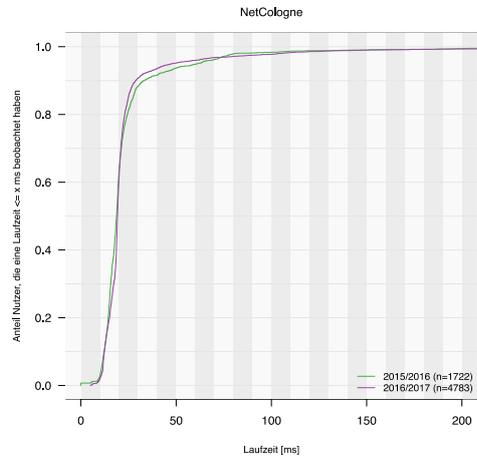
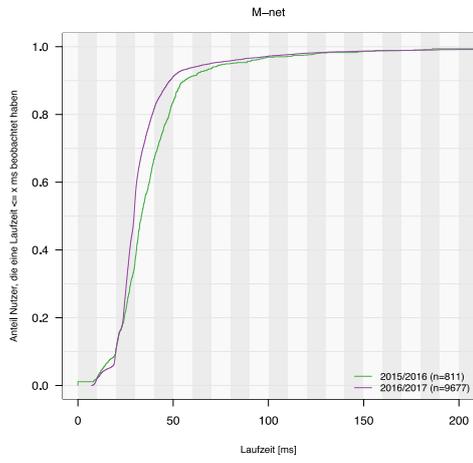


Abbildung 8.10: Empirische Verteilungsfunktionen der Laufzeit nach Bandbreitklassen im Jahresvergleich

## Anbieter

Die Darstellung für alle Anbieter mit jeweils mindestens 400 Messungen in beiden Berichtszeiträumen (Abbildung 8.11) zeigt, dass für manche Anbieter die Laufzeiten deutlich geringer geworden sind, während für andere kaum ein Effekt beobachtet werden kann.





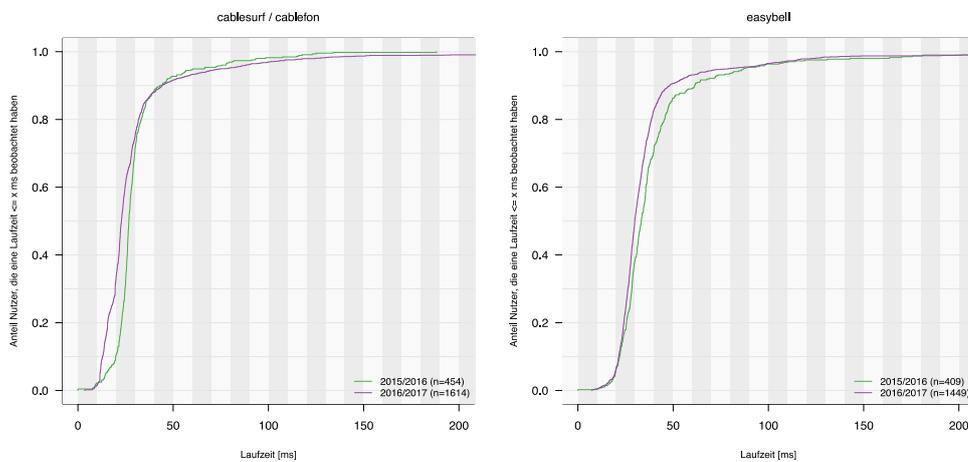


Abbildung 8.11: Empirische Verteilungsfunktionen der Laufzeit nach Anbieter im Jahresvergleich

## 8.2 Mobile Breitbandanschlüsse

### 8.2.1 Download

Das Verhältnis der tatsächlichen Datenübertragungsrate zur vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate in Prozent wird in Abbildung 8.12 für alle Mobilfunkmessungen im Jahresvergleich dargestellt. Die Kurven zeigen, dass im aktuellen Berichtszeitraum 2016/2017 im Mittel deutlich geringere prozentuale Datenübertragungsraten gemessen wurden als im Vergleichszeitraum 2015/2016. Der Anteil der Kunden, die die volle vertraglich vereinbarte maximale Übertragungsrate gemessen haben, ist von 3,4% auf 1,6% gesunken. Mindestens die Hälfte der vertraglich vereinbarten maximalen Rate wurde in 2016/2017 bei 18,6% der Kunden gemessen gegenüber 27,6% in 2015/2016.

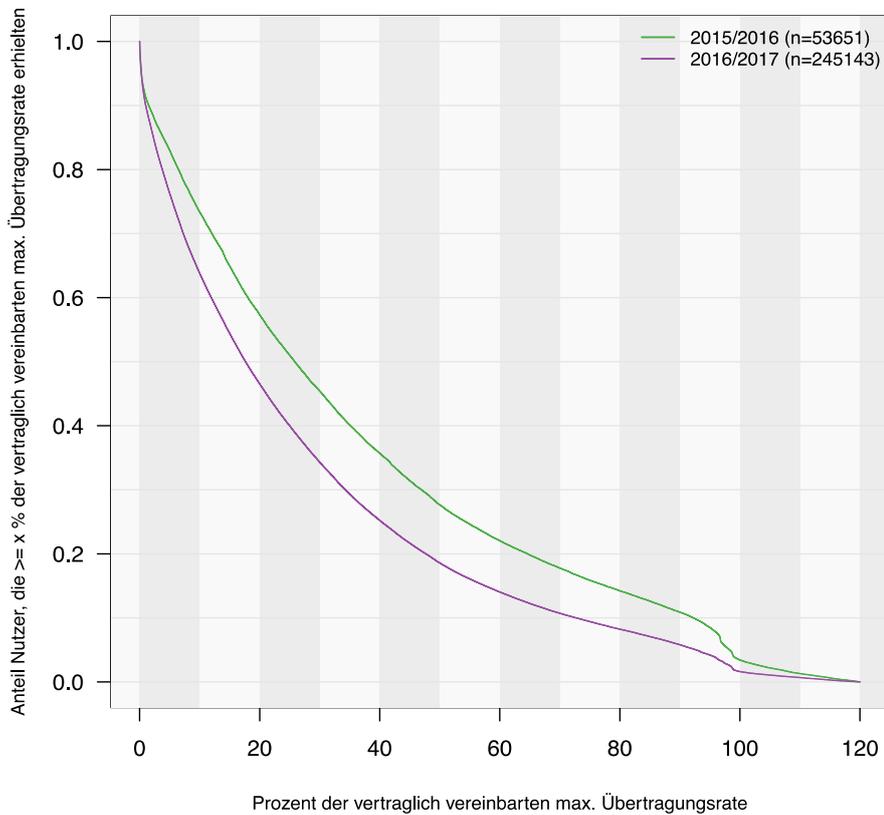


Abbildung 8.12: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download für die Mobilfunkmessungen im Jahresvergleich

Der Median ist mit 17,6% gegenüber 25,6% in 2015/2016 ebenfalls deutlich gesunken (Abbildung 8.13). Auch die Streuung der mittleren 50% der Messergebnisse ist im Zuge des gesunkenen Medians zurückgegangen.

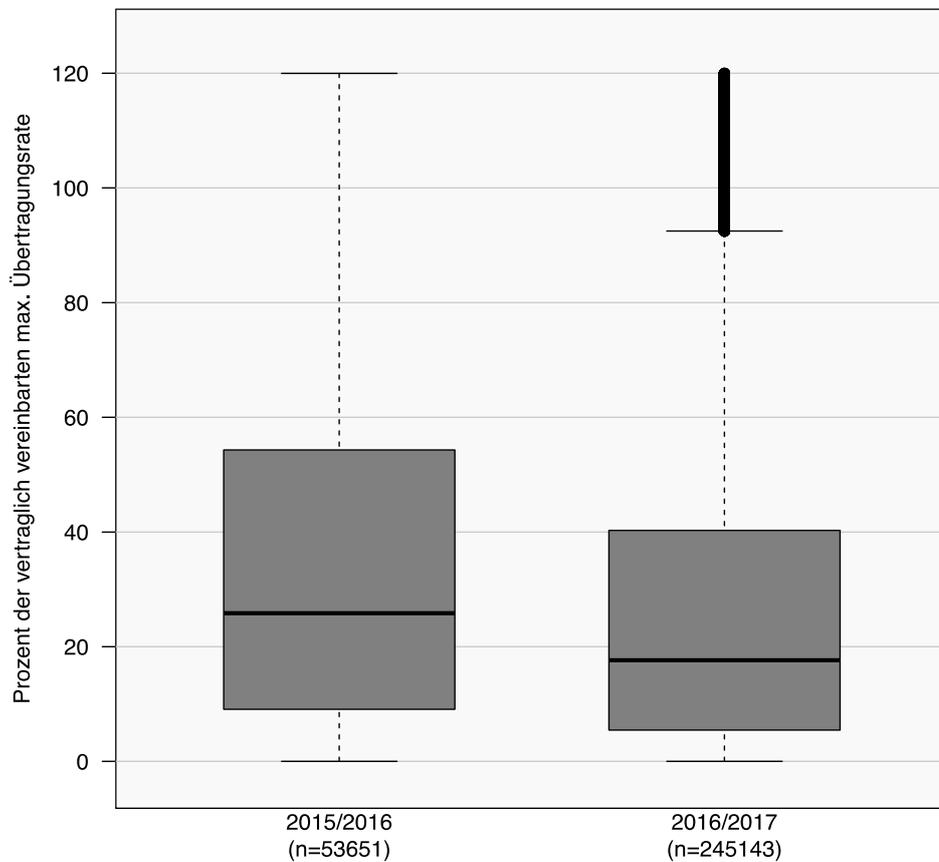


Abbildung 8.13: Boxplot der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download für die Mobilfunkmessungen im Jahresvergleich

Die Darstellung der empirischen Verteilungsfunktionen der absolut gemessenen Downloadraten (Abbildung 8.14) zeigt, dass auch diese im Jahresvergleich gesunken sind, allerdings in deutlich geringerem Umfang als die prozentual erreichten Downloadraten.

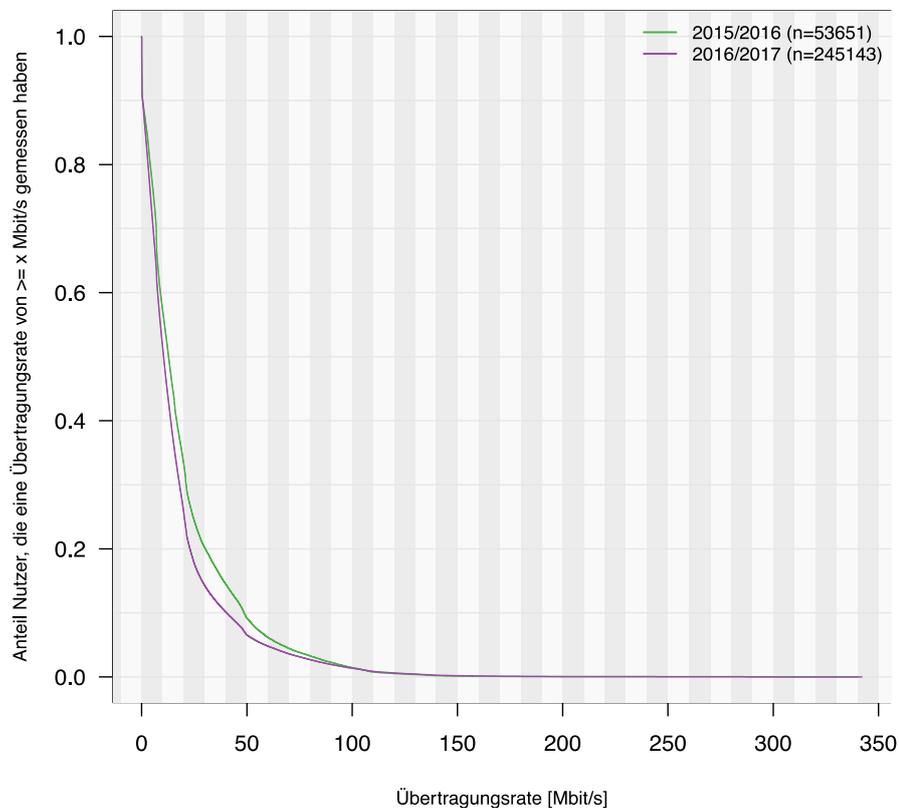


Abbildung 8.14: Empirische Verteilungsfunktion der gemessenen Datenübertragungsrate Download für die Mobilfunkmessungen im Jahresvergleich

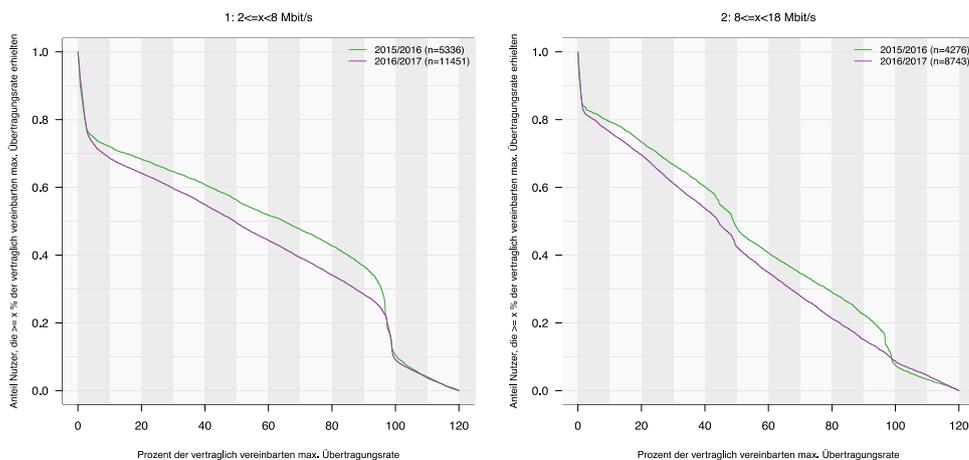
### Bandbreiteklasse

Die Verteilung der Stichprobe auf die Bandbreiteklassen hat sich im aktuellen Berichtszeitraum gegenüber dem Vorjahreszeitraum deutlich verändert (Tabelle 8.1). Anteilig weniger stark vertreten als in 2015/2016 sind in der aktuellen Stichprobe vor allem die Bandbreiteklassen 1 (2 Mbit/s bis unter 8 Mbit/s), 2 (8 Mbit/s bis unter 18 Mbit/s) und 6 (100 Mbit/s bis unter 200 Mbit/s), während in den anderen Klassen eine Zunahme zu verzeichnen ist. In besonderem Maß gilt das für die Bandbreiteklasse 7 (200 Mbit/s bis unter 500 Mbit/s), deren Anteil sich mit 28,1% gegenüber 14,6% fast verdoppelt hat.

Tabelle 8.2: Prozentuale Verteilung der Mobilfunk-Stichproben auf die Bandbreitklassen

Bandbreiteklasse	2015/2016	2016/2017
1: $2 \leq x < 8$ Mbit/s	9.95	4.67
2: $8 \leq x < 18$ Mbit/s	7.97	3.57
3: $18 \leq x < 25$ Mbit/s	15.65	22.06
4: $25 \leq x < 50$ Mbit/s	9.14	13.54
5: $50 \leq x < 100$ Mbit/s	20.35	23.74
6: $100 \leq x < 200$ Mbit/s	22.36	4.33
7: $200 \leq x < 500$ Mbit/s	14.59	28.09

Eine separate Darstellung der empirischen Verteilungsfunktionen der beiden Berichtszeiträume nach Bandbreitklassen (Abbildung 8.15) zeigt, dass die in Abbildung 8.12 gezeigte Verschlechterung der prozentual erreichten Datenübertragungsraten alle Bandbreitklassen betrifft. Am geringsten fällt der Unterschied zwischen den Berichtszeiträumen in der Bandbreiteklasse 7 aus.



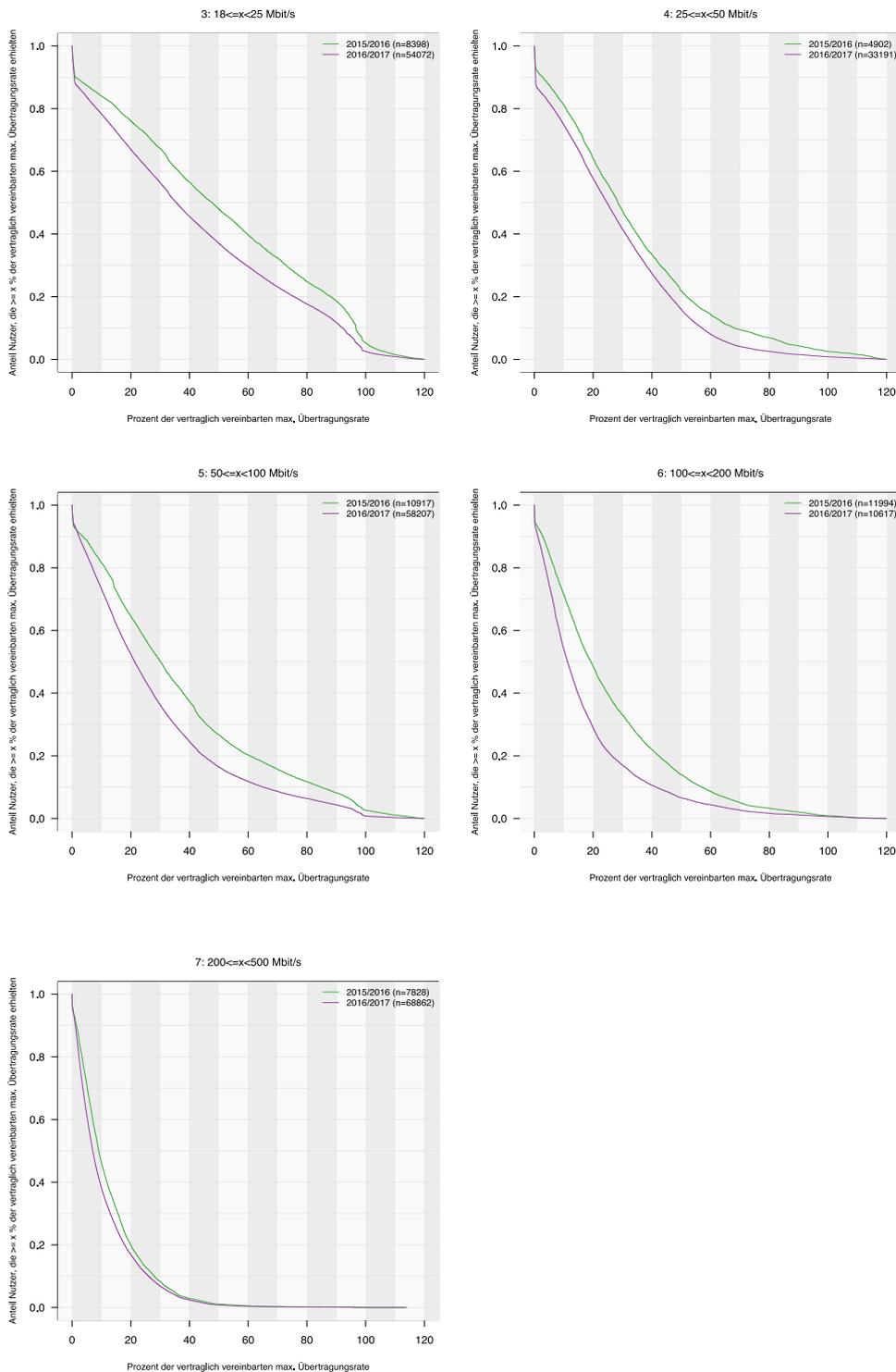
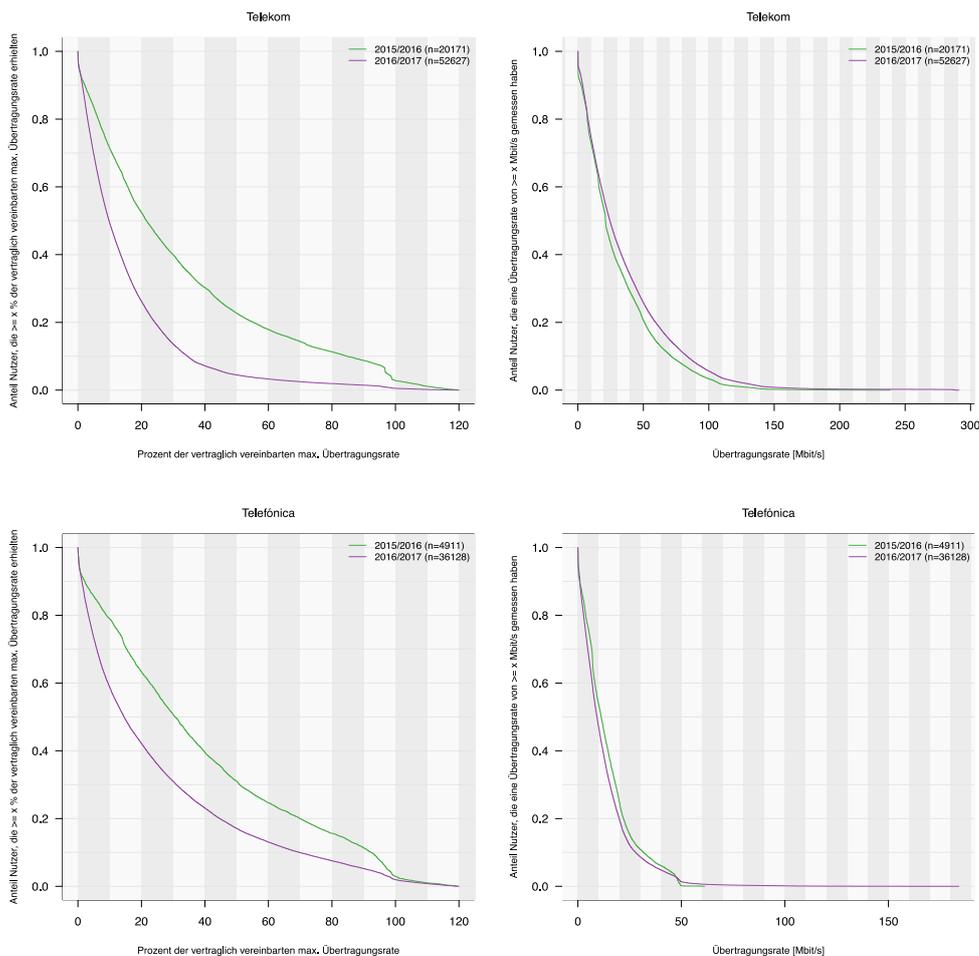


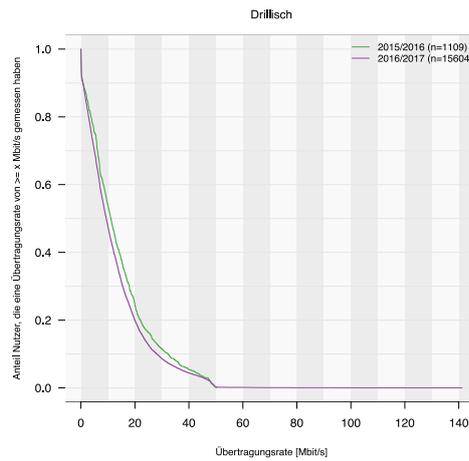
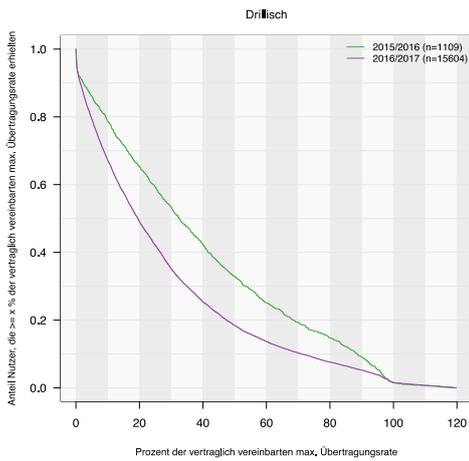
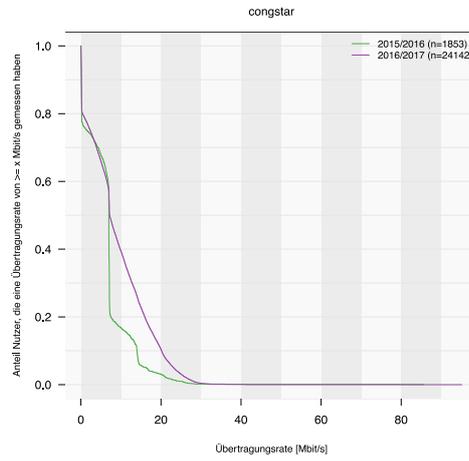
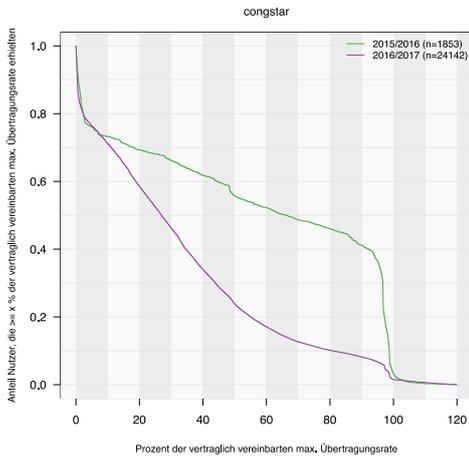
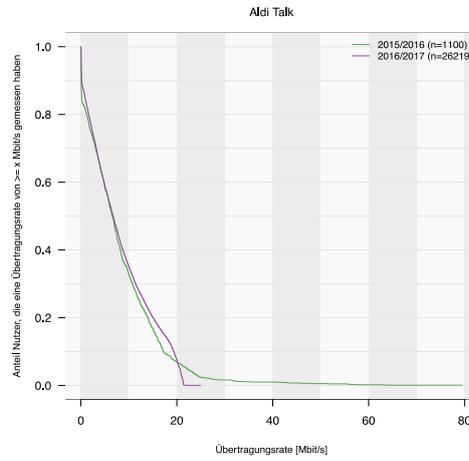
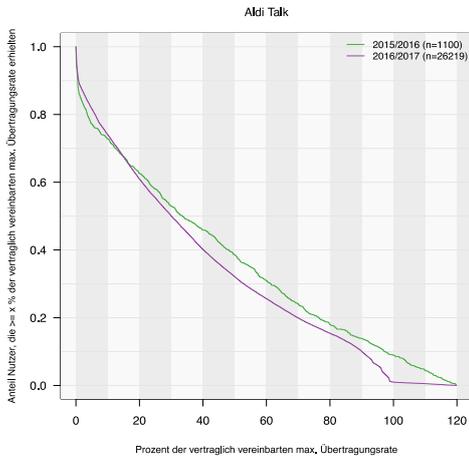
Abbildung 8.15: Empirische Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bandbreiteklassen für die Mobilfunkmessungen im Jahresvergleich

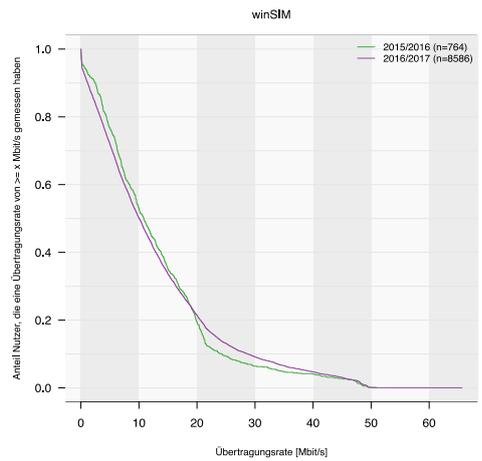
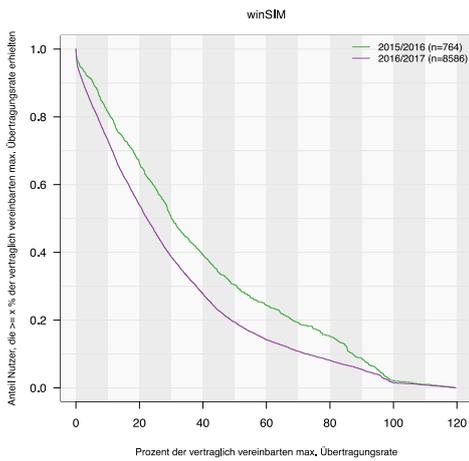
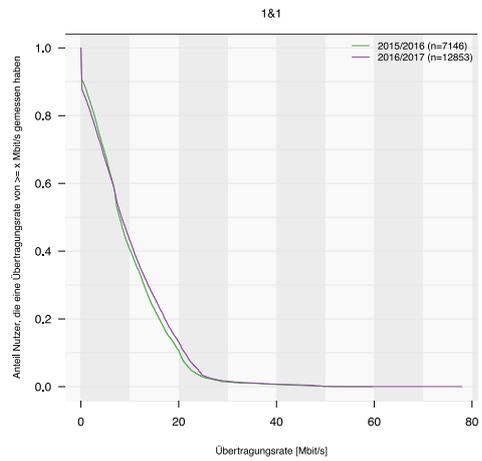
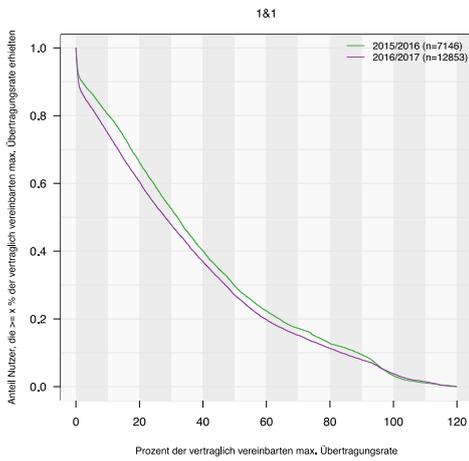
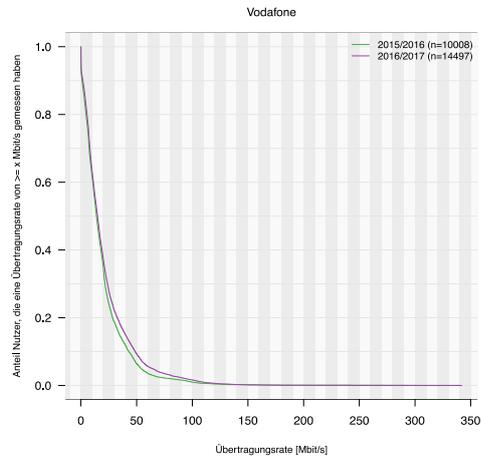
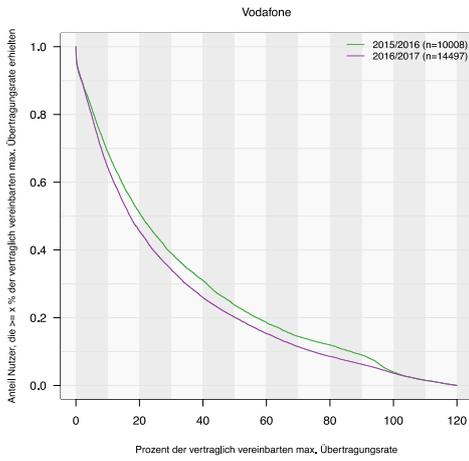
## Anbieter

In Abbildung 8.16 sind die empirischen Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten Datenübertragungsraten (links) sowie der absolut gemessenen Datenübertragungsraten (rechts) für alle Anbieter dargestellt, für die in beiden Berichtszeiträumen 2015/2016 und 2016/2017 jeweils mindestens 400 Messwerte vorlagen.

Die Abbildung zeigt, dass in 2016/2017 für einige Anbieter sowohl die absolut gemessenen als auch die prozentualen Datenübertragungsraten im Mittel kleiner waren als in 2015/2016. Bei anderen Anbietern stiegen zwar die absolut gemessenen Übertragungsraten, während die prozentualen Übertragungsraten teils deutlich geringer wurden.







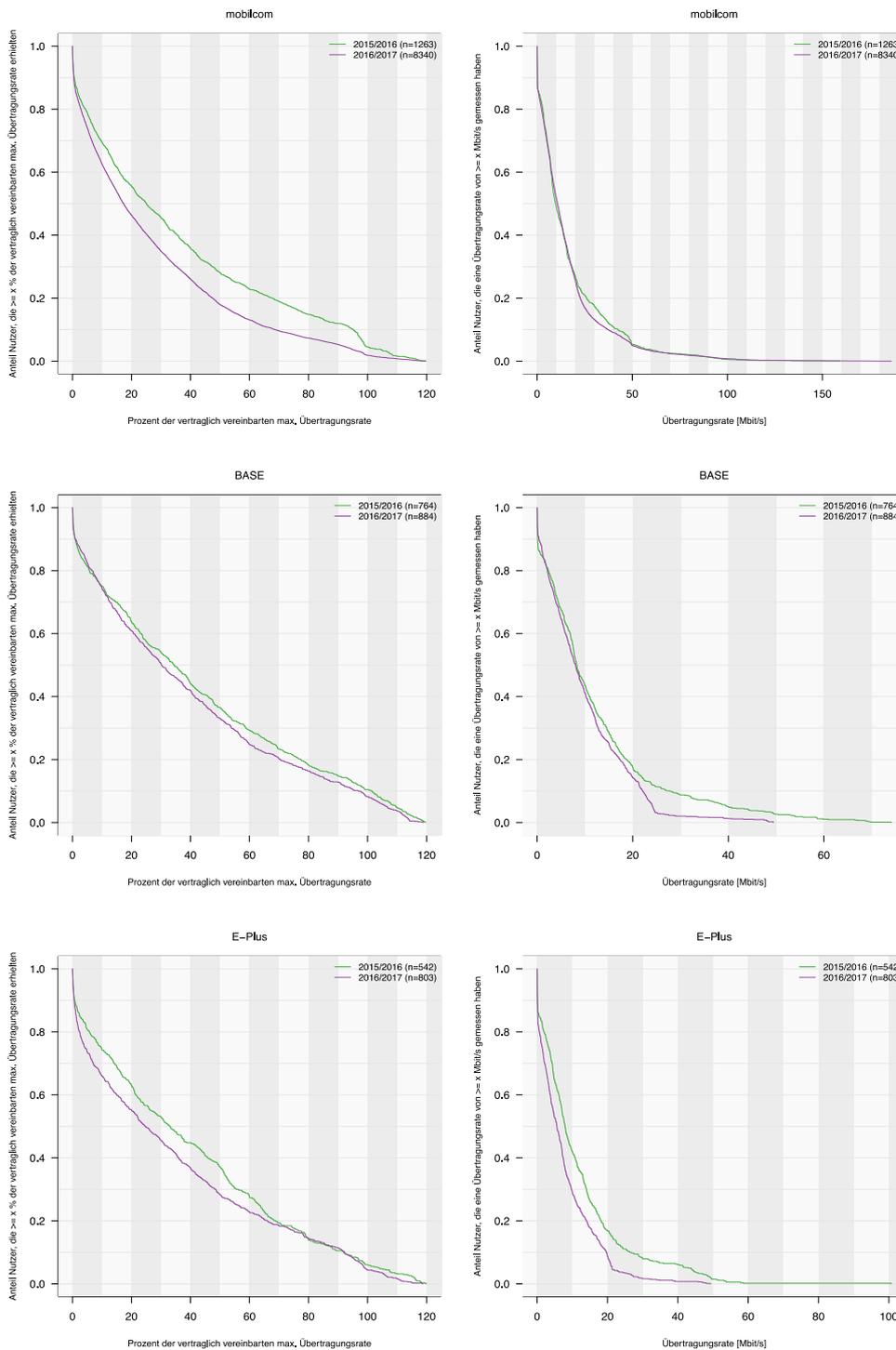


Abbildung 8.16: Empirische Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten (links) und der absoluten (rechts) Datenübertragungsrate Download nach Anbieter für die Mobilfunkmessungen im Jahresvergleich

## Geografischer Bereich

Die Verteilung der Stichprobe auf die drei geografischen Bereiche ist nahezu konstant geblieben. Unterschiede in den gemessenen Datenübertragungsraten zwischen 2015/2016 und 2016/2017 betreffen alle drei geografischen Bereiche in gleichem Maße, generell ist eine Abnahme der prozentualen Datenübertragungsrate über den gesamten Wertebereich im Vergleich zur vorangehenden Messperiode zu konstatieren.

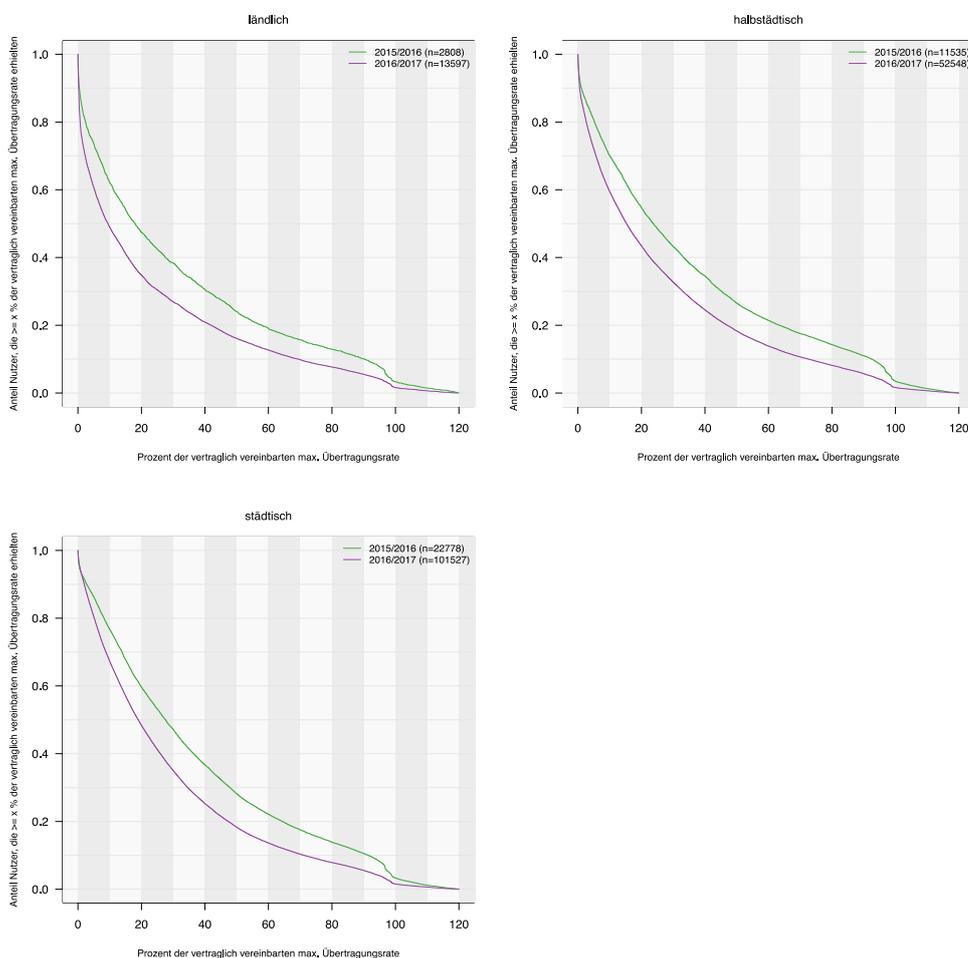


Abbildung 8.17: Empirische Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach geografischem Bereich für die Mobilfunkmessungen im Jahresvergleich

## Tageszeitlicher Verlauf

Die Kurvenverläufe der prozentual erreichten Datenübertragungsraten zeigen keine Unterschiede zwischen den Berichtszeiträumen, sondern verlaufen fast exakt parallel. Auffällig ist, dass im Vergleich zur vorhergehenden Messperiode die Ergebnisse über den gesamten Tagesverlauf um bis zu 10% niedriger ausfallen.

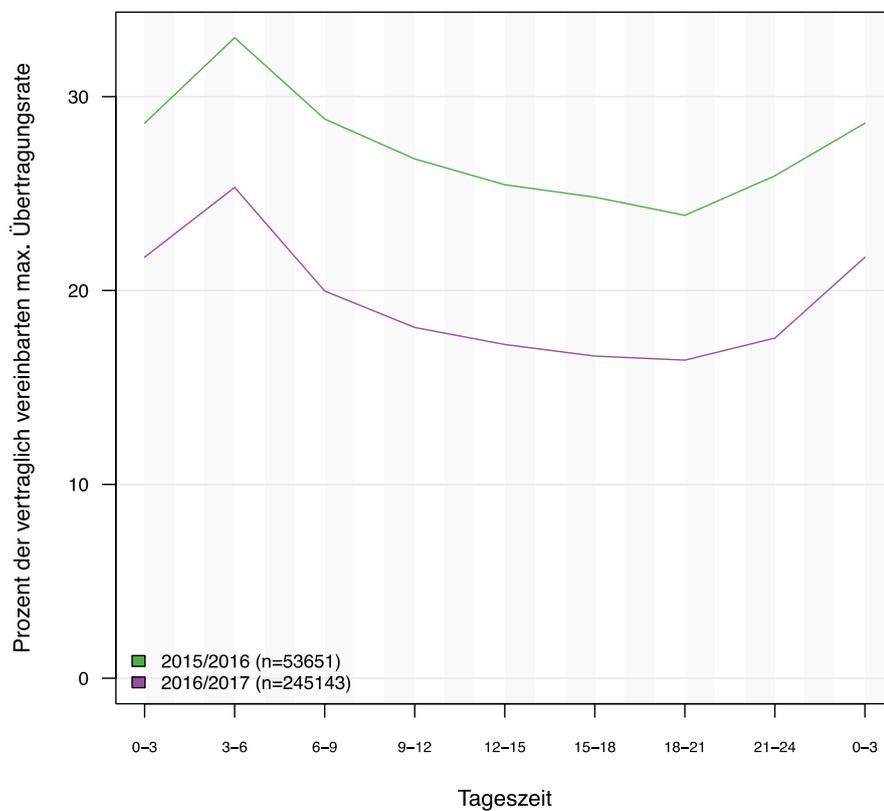


Abbildung 8.18: Tageszeitlicher Verlauf der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download im Jahresvergleich.

## 8.2.2 Upload

Auch beim Upload zeigt sich, dass das Verhältnis der gemessenen Datenübertragungsrate zur vertraglich vereinbarten maximalen Übertragungsrate im Mittel zwischen den Berichtszeiträumen deutlich gesunken ist (Abbildung 8.19). Die Kurve aus dem aktuellen Berichtszeitraum 2016/2017 liegt klar unterhalb der Kurve aus dem Vergleichszeitraum 2015/2016. Bei den absolut gemessenen Übertragungsraten sind die beiden Kurven hingegen vergleichbar (Abbildung 8.20). Der Verschlechterung bei den prozentual erreichten Datenübertragungsraten ist also primär darauf zurückzuführen, dass die vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsraten gestiegen sind, während die gemessenen Übertragungsraten ungefähr denen aus dem Vorjahreszeitraum entsprechen.

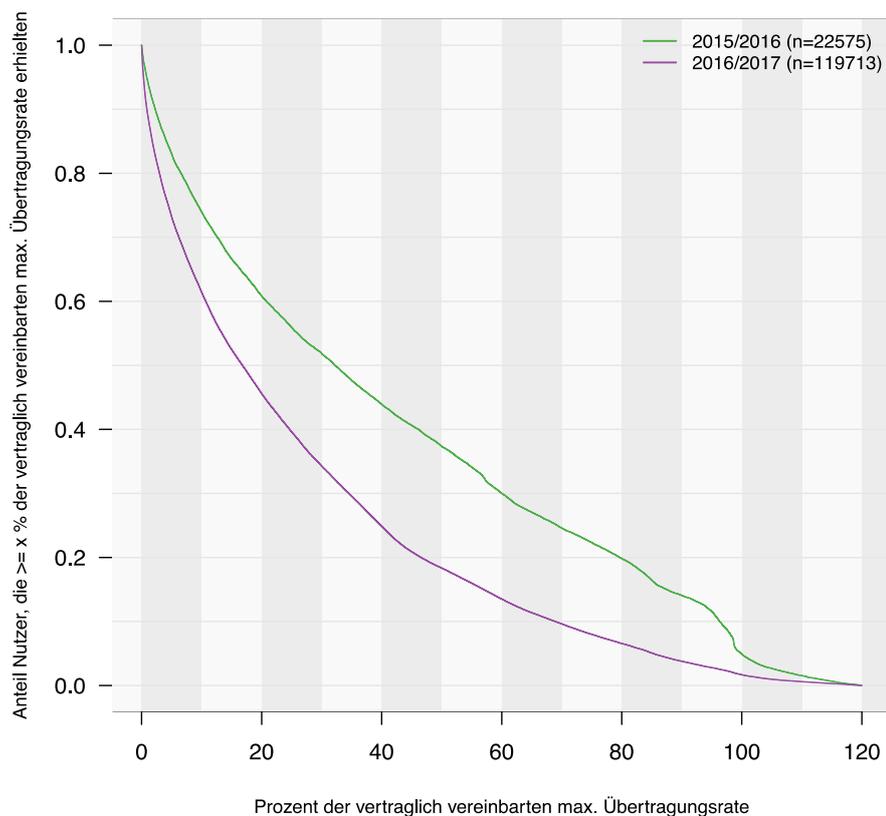


Abbildung 8.19: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload im Mobilfunk im Jahresvergleich

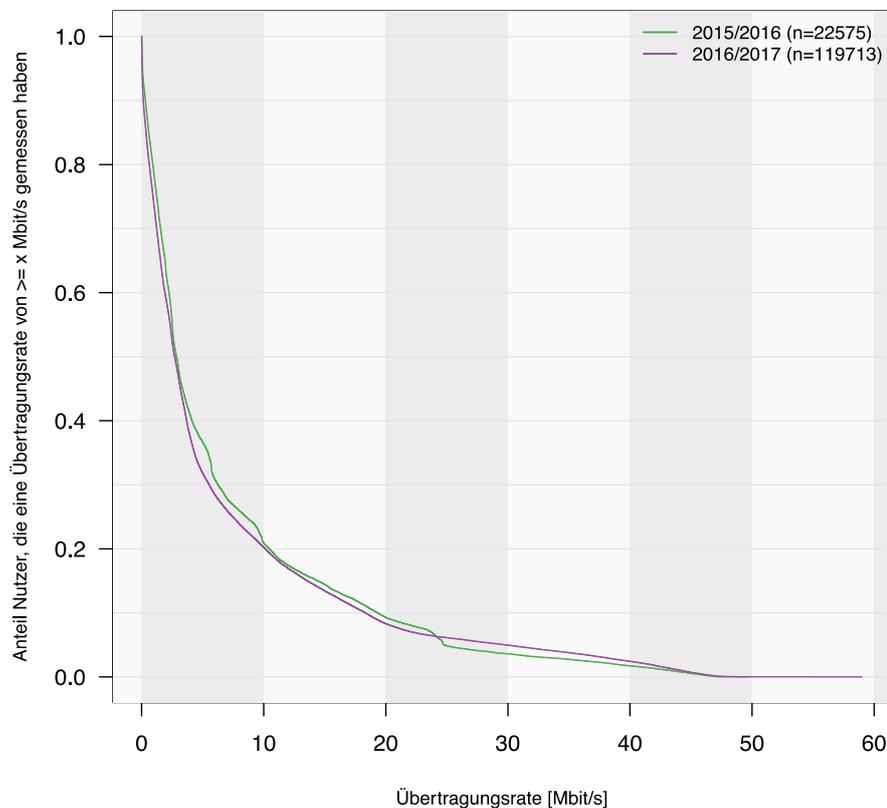
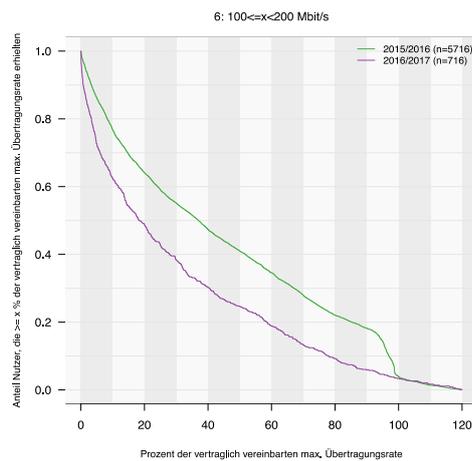
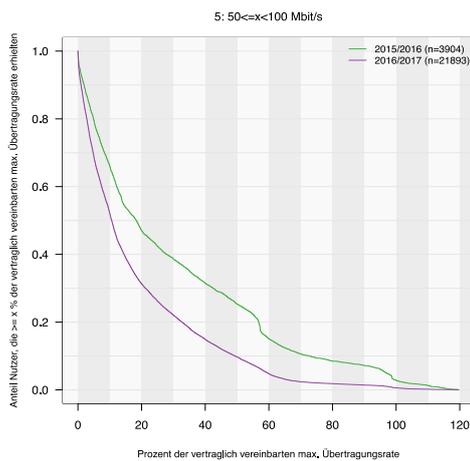
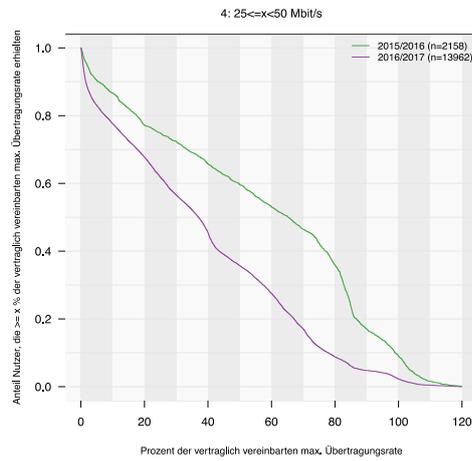
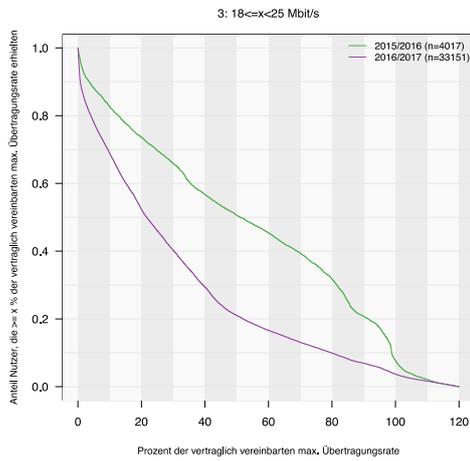
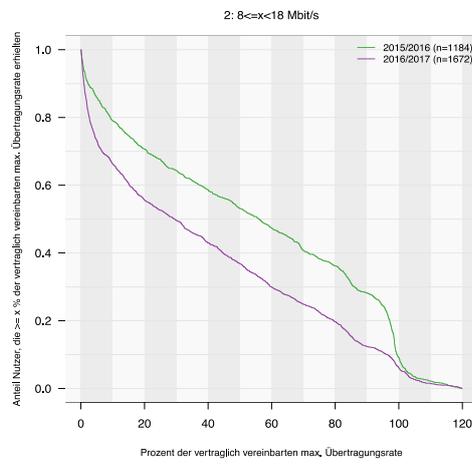
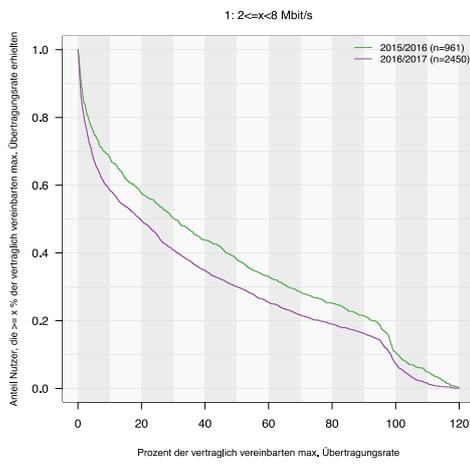


Abbildung 8.20: Empirische Verteilungsfunktion der absolut gemessenen Datenübertragungsrate Upload im Mobilfunk im Jahresvergleich

## Bandbreiteklasse

Die prozentual erreichten Uploaddatenübertragungsraten in den einzelnen Bandbreiteklassen im Jahresvergleich sind in Abbildung 8.21 dargestellt. Die Verschlechterung in 2016/2017 gegenüber 2015/2016 ist in allen Bandbreiteklassen zu beobachten. Am geringsten sind die Unterschiede in der Bandbreiteklasse 7 (200 Mbit/s bis unter 500 Mbit/s). In der Klasse 7 überschneiden sich die Kurven und die Kurve aus 2016/2017 liegt teilweise oberhalb der Kurve aus 2015/2016. Besonders ausgeprägt sind die Unterschiede vor allem in den Klassen 3 (18 Mbit/s bis unter 25 Mbit/s) und 4 (25 Mbit/s bis unter 50 Mbit/s).



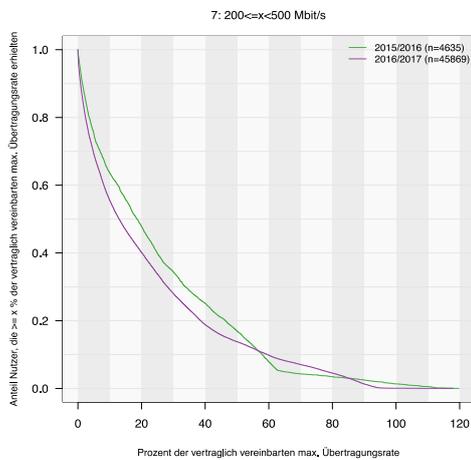
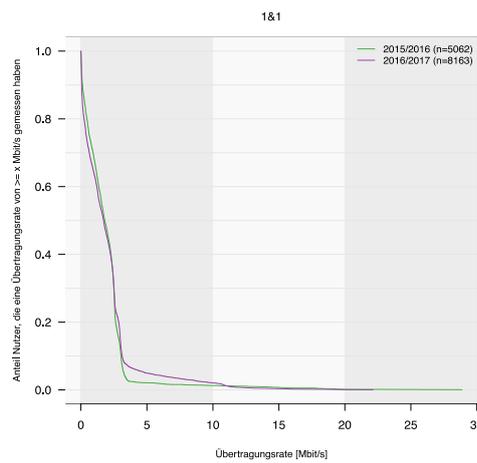
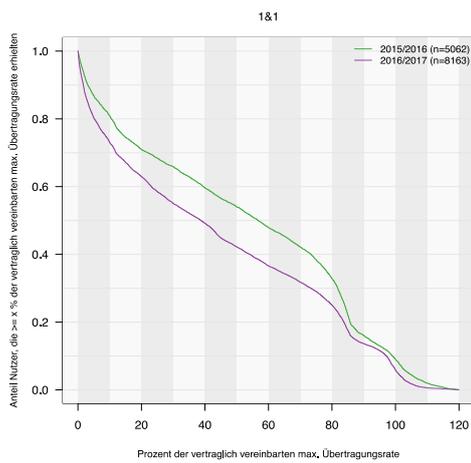
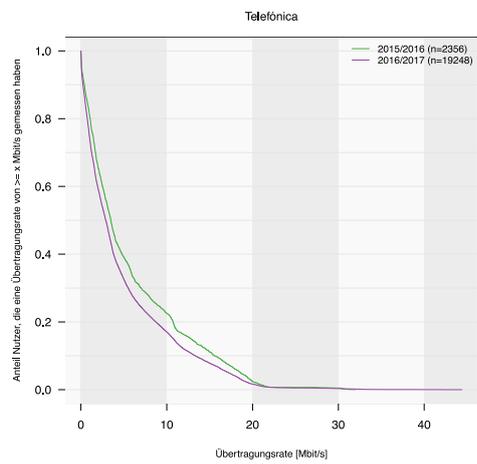
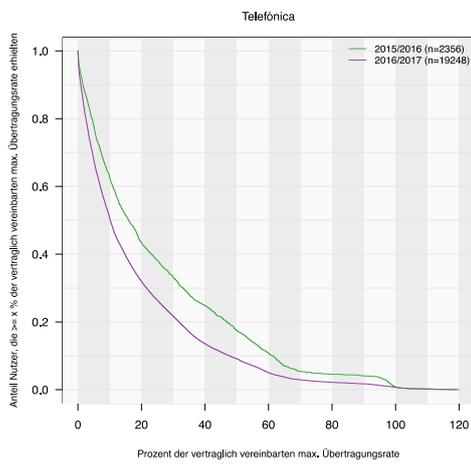
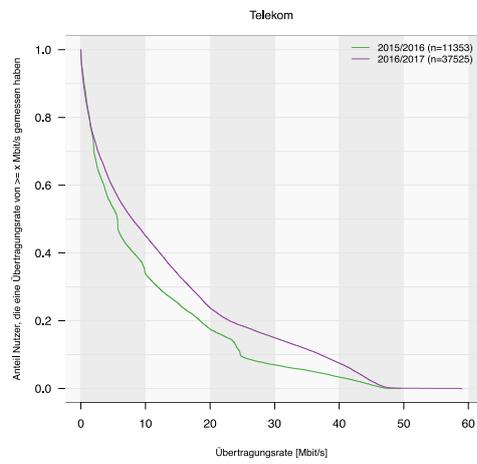
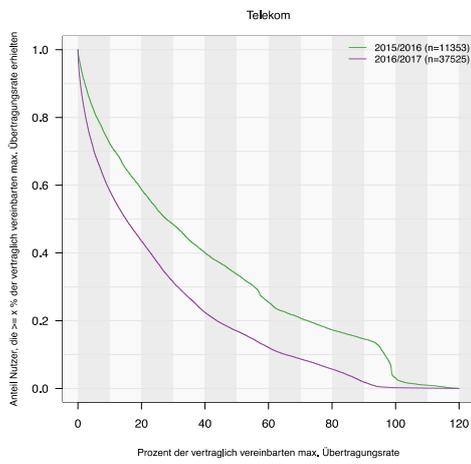


Abbildung 8.21: Empirische Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Bandbreiteklassen im Mobilfunk im Jahresvergleich

## Anbieter

In Abbildung 8.8 sind die empirischen Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten (links) sowie der absoluten (rechts) Datenübertragungsraten im Upload für alle Anbieter dargestellt, für die in beiden Berichtszeiträumen 2015/2016 und 2016/2017 jeweils mindestens 400 Messwerte vorlagen. Bei allen dargestellten Anbietern liegen die empirischen Verteilungsfunktionen der prozentualen Datenübertragungsraten für den Zeitraum 2016/2017 deutlich unterhalb der entsprechenden Kurven aus 2015/2016. Für drei der vier dargestellten Anbieter ist bei den absoluten Datenübertragungsraten aber ein umgekehrter Effekt zu beobachten. Die tatsächlich gemessenen Werte sind im Jahresvergleich gestiegen.



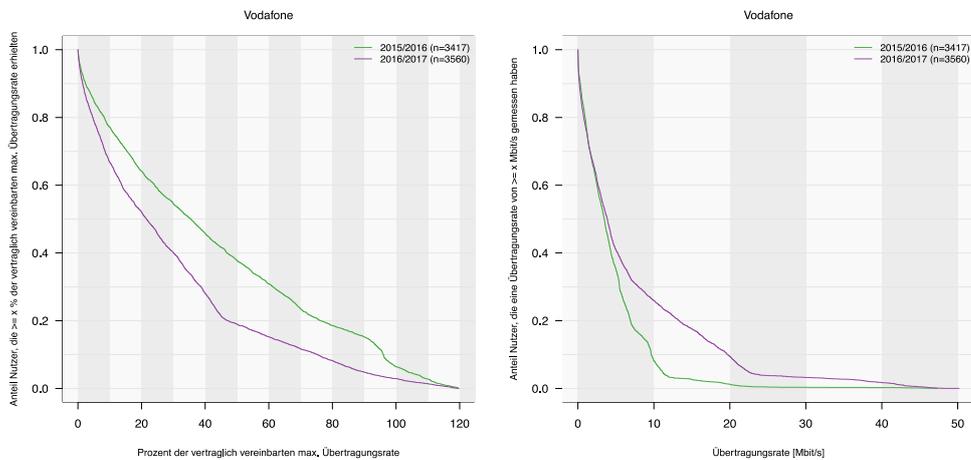


Abbildung 8.22: Empirische Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten (links) und der absoluten (rechts) Datenübertragungsrate Upload im Mobilfunk nach Anbieter im Jahresvergleich

### 8.2.3 Laufzeit

Die gemessenen Laufzeiten lagen im aktuellen Berichtszeitraum deutlich unter denen aus dem Vorjahr (Abbildung 8.23). Laufzeiten von 100 ms oder weniger wurden in 2016/2017 von 75,2% der Kunden gemessen, gegenüber 54,9% in 2015/2016.

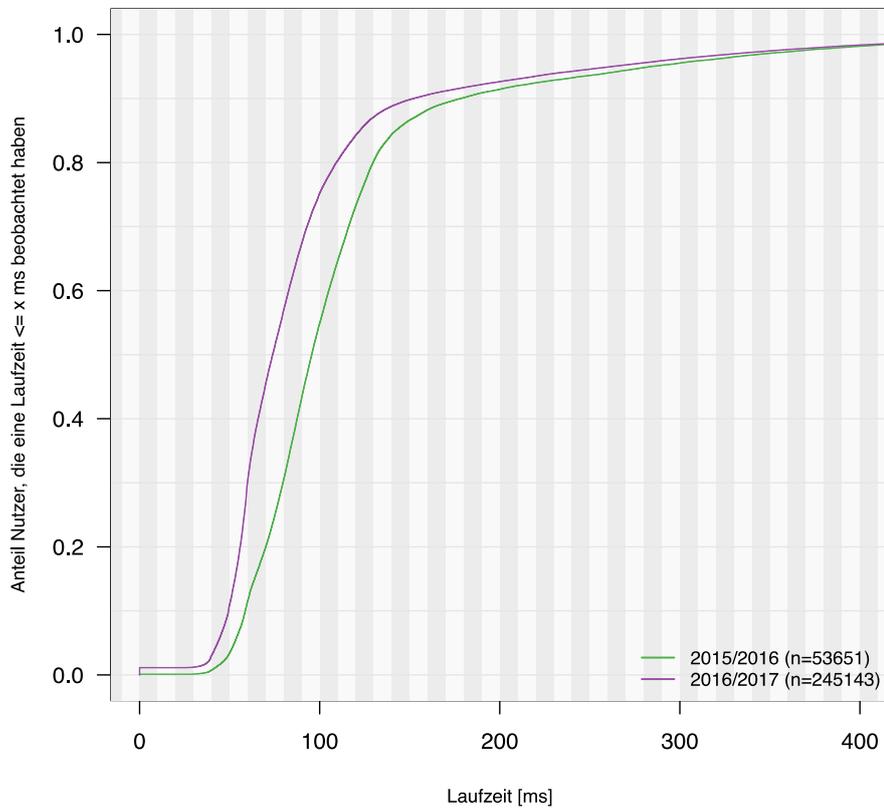
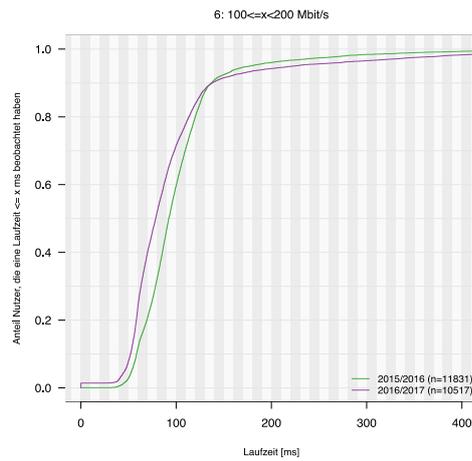
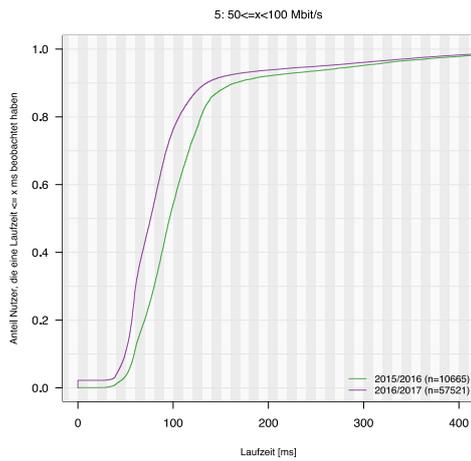
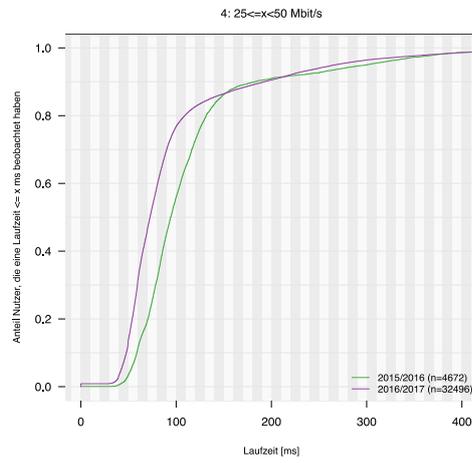
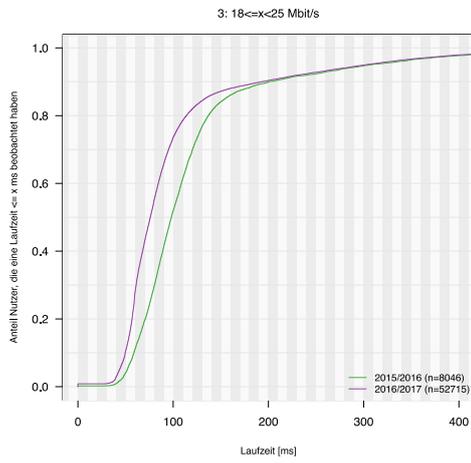
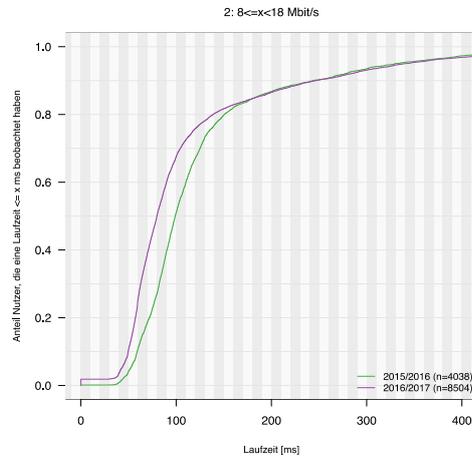
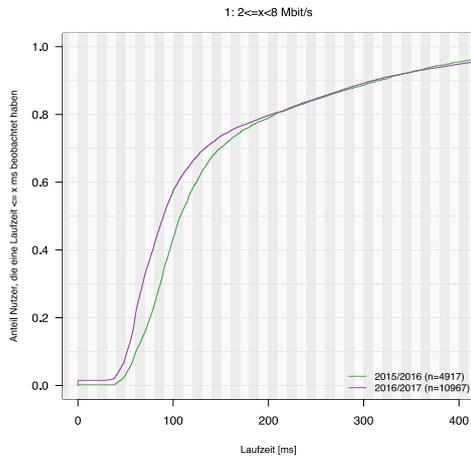


Abbildung 8.23: Empirische Verteilungsfunktion der Laufzeit im Mobilfunk im Jahresvergleich

## Bandbreiteklasse

Die Verkürzung der durchschnittlichen Laufzeiten ist in allen Bandbreiteklassen zu beobachten (Abbildung 8.24).



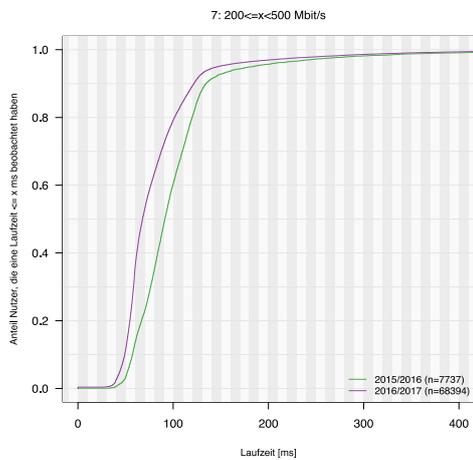


Abbildung 8.24: Empirische Verteilungsfunktionen der Laufzeit nach Bandbreitklassen im Jahresvergleich

## Anbieter

Eine separate Analyse für alle Anbieter mit jeweils mindestens 400 Messungen in beiden Berichtszeiträumen zeigt, dass eine Verkürzung der Laufzeiten in ähnlichem Umfang für alle Anbieter zu beobachten ist. Auf eine Darstellung wird deswegen verzichtet.

## 9 Sonderuntersuchung: Art der Anbindung

In der Sonderuntersuchung soll der Einfluss der während der Messung genutzten Art der Anbindung (LAN/WLAN) analysiert werden. Betrachtet werden jeweils nur die im Download erzielten Datenübertragungsraten.

Diese Analyse basiert auf der Endkundenangabe im Vorfeld der Messung, ob diese über eine kabelgebundene Verbindung (LAN) oder über eine drahtlose Verbindung (WLAN) durchgeführt wird.<sup>29</sup>

Beim Vergleich der LAN- und WLAN-Messungen innerhalb der Bandbreitklassen (s. Abbildung 9.1) zeigen sich besonders große Unterschiede sowohl der absoluten als auch der prozentualen Datenübertragungsraten in den drei oberen Bandbreitklassen.

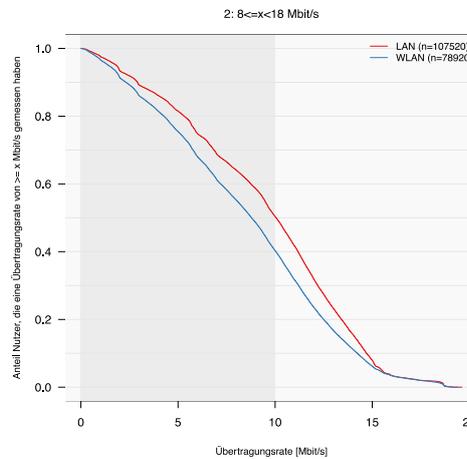
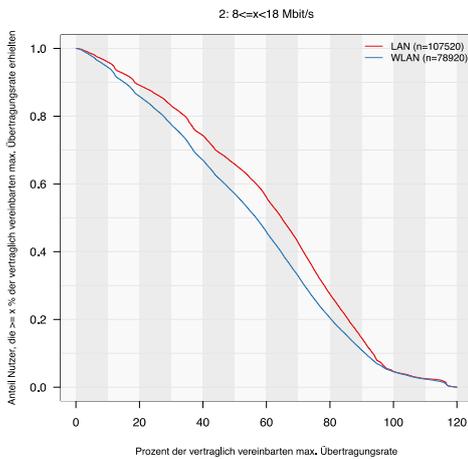
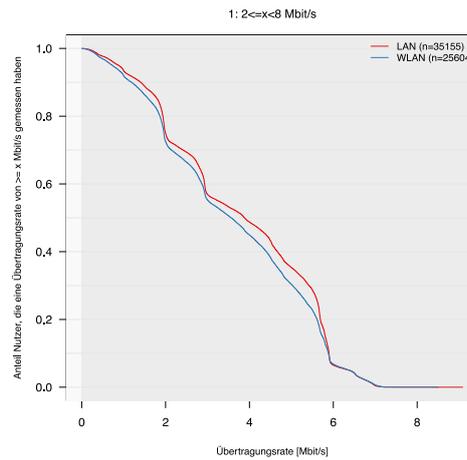
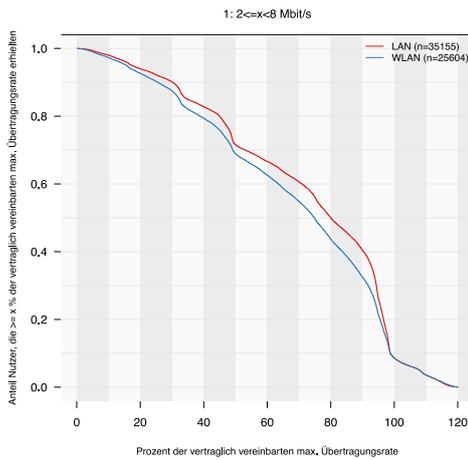
In der Bandbreiteklasse 1 wurde die volle vermarktete Bandbreite bei 9,9% der Nutzer, die angegeben hatten, über LAN zu messen, erreicht. In der Gruppe der Nutzer, die über WLAN gemessen hatten, waren es 8,2%. In der Bandbreiteklasse 7 waren es 26,8% in der LAN-Gruppe gegenüber 5,2% in der WLAN-Gruppe.

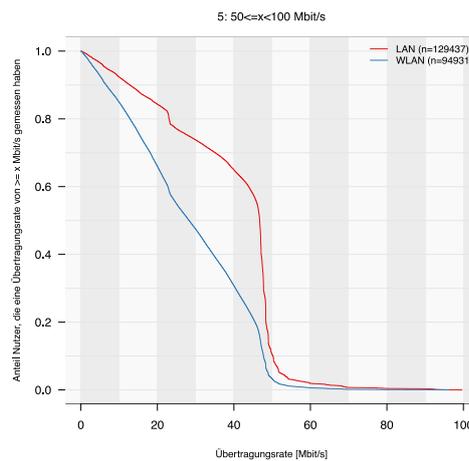
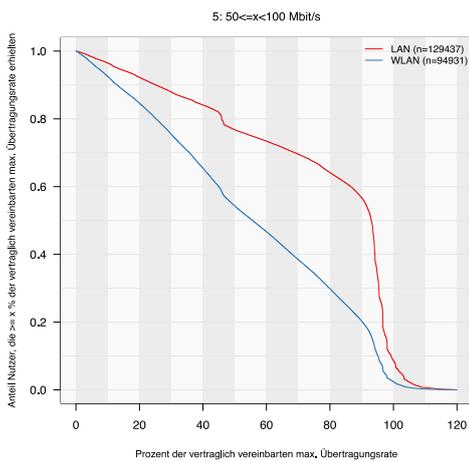
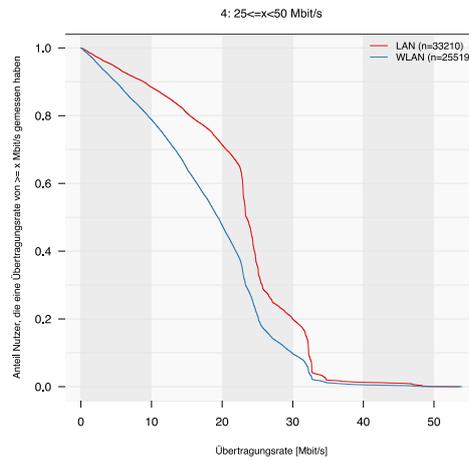
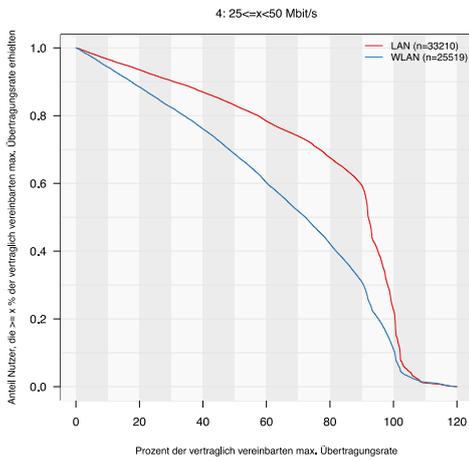
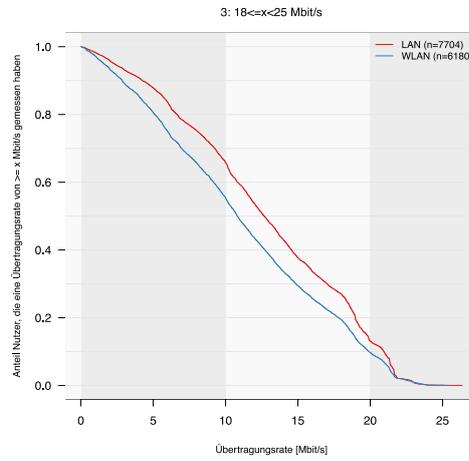
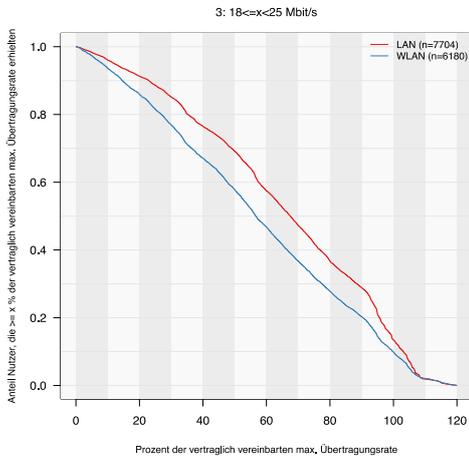
Die beobachteten Unterschiede könnten auf den genutzten WLAN-Standard zurückzuführen sein. Unter Umständen kommen Standards zum Einsatz, deren maximal unterstützte Datenübertragungsrate unterhalb der am Anschluss verfügbaren Datenübertragungsrate liegt. Die Möglichkeit, dass diese Situation auftritt, steigt hin zu höheren Bandbreitklassen.

---

<sup>29</sup> Für eine Teilmenge an Messungen konnte beim Einsatz bestimmter Router technisch erkannt werden, ob Kundenangaben im Hinblick auf die LAN/WLAN-Nutzung zutreffend waren. Im Vergleich zum Vorjahr ist der Anteil an Messungen, bei denen der Kunde eine LAN-Verbindung angegeben hatte, jedoch eine WLAN-Verbindung durch technische Erkennung festgestellt wurde, deutlich zurückgegangen (2015/2016: 4,55%, 2016/2017: 1,2%). Dies dürfte auf den geänderten Abfragedialog (s. Kapitel 3.2) zurückzuführen sein. Durch eine technische Umstellung zu Beginn des zweiten Betriebsjahrs ist zudem der Anteil auslesbarer Router leicht gesunken. Auf eine vergleichende Analyse der Auswirkungen der technischen WLAN-Erkennung auf die Ergebnisse (Sonderuntersuchung 8.2 im Jahresbericht 2015/2016) wird daher verzichtet.

Eine Beeinträchtigung kann darüber hinaus weitere Ursachen haben. Wenn während der Messung über WLAN eine größere Entfernung oder dämpfende Materialien (Wände) das Signal vermindern, kann die praktisch erzielbare Datenübertragungsrate unter dem verfügbaren Wert des Anschlusses liegen.





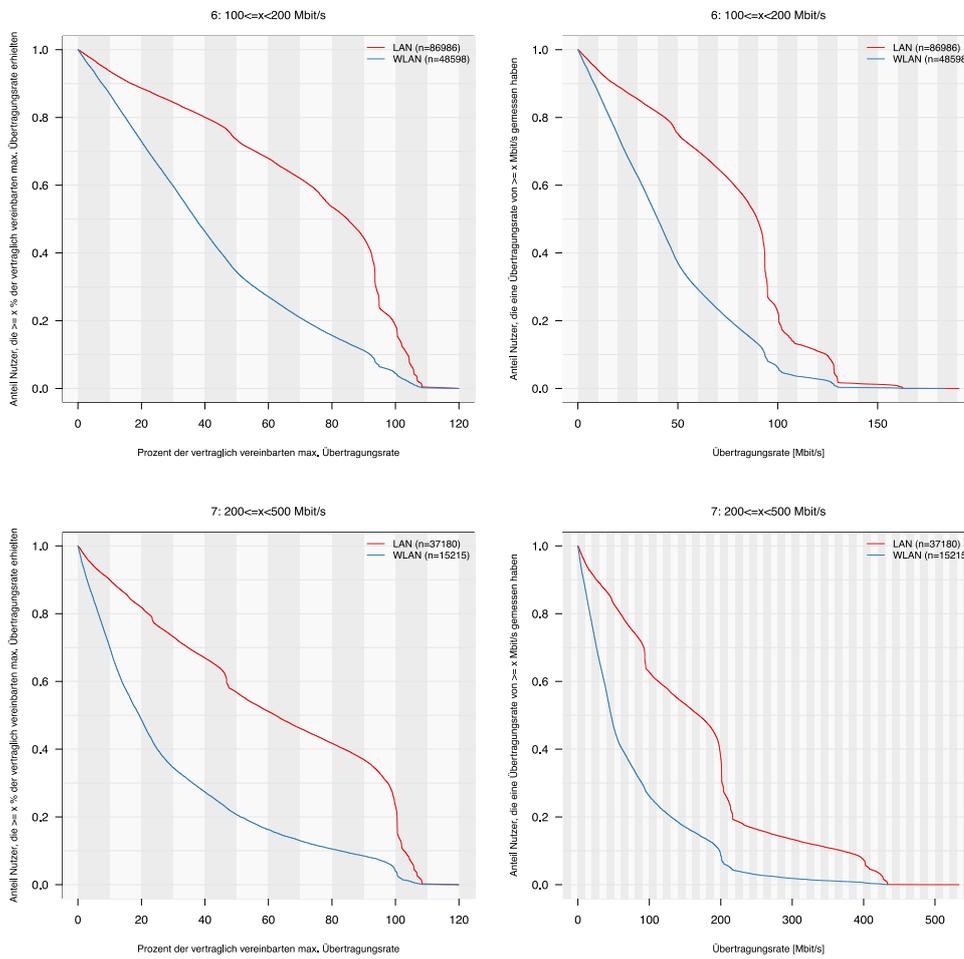


Abbildung 9.1: LAN/WLAN Vergleich der empirischen Verteilungsfunktionen der prozentual (links) und absolut (rechts) erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bandbreitklassen

## Anhang

### 10 Glossar

#### **Anbieter**

Partei, mit der der Endkunde einen Vertrag über die Bereitstellung eines Internet-Zugangs abgeschlossen hat.

#### **„Bis zu“-Bandbreite**

Häufig unterschreitet die in der praktischen Nutzung erzielte Datenübertragungsrate eines Internetzugangs die vertraglich vereinbarte maximale Datenübertragungsrate. Das kann von verschiedenen Faktoren abhängen, z B. von der Länge der Anschlussleitung, davon, wie viele Nutzer zeitgleich die Leitung nutzen, oder aber auch von den Modem-Einstellungen. In vielen Telekommunikationsverträgen werden deshalb keine festen Datenübertragungsraten garantiert, sondern nur Geschwindigkeiten "bis zu" einer bestimmten Grenze versprochen. Dabei bleibt oft unklar, wie stark die tatsächlich erreichbare Datenübertragungsrate von der maximal versprochenen abweichen kann.

#### **Datenübertragungsrate**

Geschwindigkeit, mit der Daten über eine (Breitband-) Verbindung übertragen werden. Gemessen in Megabit pro Sekunde (Mbit/s). Die Beschreibung des im Rahmen der Breitbandmessung eingesetzten Messverfahrens für die Datenübertragungsrate befindet sich in 2.3.1.

#### **DNS**

Domain Name System - Hierarchischer Verzeichnisdienst im Internet zur Verwaltung des Namensraums, d.h. zur Beantwortung von Anfragen zur Namensauflösung in IP-Adressen.

#### **Download/Downstream**

Übertragungsrichtung vom Netz hin zur Endkundeneinrichtung.

**DSL**

Digital Subscriber Line (DSL, xDSL) - Digitale Breitband-Verbindungen für Teilnehmeranschlüsse über einfache Kupferleitungen des herkömmlichen Telefonnetzes. Ausprägungen von xDSL sind u. a. ADSL (asymmetric digital subscriber line), HDSL (high data rate digital subscriber line) und VDSL (very high data rate digital subscriber line).

**Endgerät**

Technisches Gerät, das durch den Endkunden zur Nutzung des Internetzugangs verwendet wird. Es kann unmittelbar an die Endkunden-Schnittstelle (Dienstzugang) angeschlossen sein oder aber über eine Endkundeninfrastruktur mit dieser verbunden sein.

**Endkunde**

Partei, die einen Vertrag mit einem Anbieter über die Bereitstellung des Internet-Zugangs abgeschlossen hat. Im Sinne dieses Dokuments gelten Telekommunikationsdienstanbieter, die ihrerseits Telekommunikationsdienstleistungen von anderen Dienst Anbietern beziehen, nicht als Endkunden.

**Endkundeninfrastruktur**

Gesamtheit der Systeme und Einrichtungen auf der Endkundenseite, die zur Nutzung einer Telekommunikation über eine TK-Infrastruktur benutzt werden.

**Endnutzer**

Partei, die einen Vertrag mit einem Anbieter über die Bereitstellung des Internet-Zugangs abgeschlossen hat.

Wird in diesem Dokument gleichbedeutend mit dem Begriff

**Endkunde** nach DIN 66274 verwendet.

**FTTB**

Fibre to the Building – Glasfaser bis an das Gebäude, weitere Verteilung im Gebäude mit Kupferkabeln.

**FTTC/FTTN**

Fibre to the Curb / Fibre to the Node – Glasfaser bis zum Kabelverzweiger, weitere Übertragung zum Teilnehmeranschluss über Kupferkabel.

**FTTH**

Fibre to the Home – Glasfaser bis ins Haus/ in die Wohnung.

**Glasfaser**

Technologie zur Realisierung von Breitbandanschlüssen unter Nutzung von Glasfaser-Leitungen.

Ausprägungen: FTTH, FTTB, FTTC/FTTN

**GPRS**

General Packet Radio Service - Paketorientierter Dienst zur Datenübertragung in GSM-Netzen.

**GSM**

Global System for Mobile Communications - Digitaler Mobilfunkstandard der zweiten Generation als Nachfolger der analogen Systeme der ersten Generation.

**HTTP**

Hypertext Transfer Protocol - Protokoll der ISO/OSI-Anwendungsschicht zur Übertragung von Daten über IP-Netze (wird hauptsächlich verwendet, um Webseiten aus dem World Wide Web – www - zu laden).

**IP**

Internet Protocol - Protokoll der ISO/OSI-Vermittlungsschicht zum Austausch von Daten über Rechnernetze.

**IPTV**

Internet Protocol Television - Gattungsbegriff für audiovisuelle Dienste wie z. B. Fernsehen und Video, die über IP-basierte Netze übertragen werden.

**Kabel**

Technologie zur Realisierung von Breitbandanschlüssen über Breitband TV Kabel (Kupfer Koaxial).

**LAN**

Local Area Network - Ein in seiner Ausdehnung begrenztes und somit lokales Rechnernetz.

**Laufzeit**

Zeit, die ein Datenpaket benötigt, um von einem Sender zu einem Empfänger zu gelangen - i.A. angegeben in Millisekunden. Die Beschreibung des im Rahmen der Breitbandmessung hierfür eingesetzten Messverfahrens befindet sich in 2.3.2.

Im Rahmen der Breitbandmessung wird die Laufzeit betrachtet, die ein Datenpaket benötigt, um vom Messclient zum Messserver und zurück zu gelangen.

**LTE**

Long Term Evolution - Digitaler Mobilfunkstandard der vierten Generation, mit dem wiederum höhere Datenübertragungsraten als mit dem der dritten Generation möglich sind.

**LTE stationär**

Insbesondere im ländlichen Bereich wird die LTE-Zugangstechnologie als Ersatz für Festnetzanschlüsse eingesetzt. Der Zugang erfolgt dabei über ein LTE-taugliches Endgerät.

**Mbit/s**

Megabit pro Sekunde: Einheit zur Messung der Datenübertragungsrates. 1 Mbit/s entspricht SI-konform 1000 kbit/s bzw. 1000000 bit/s.

**Mobiler Breitbandanschluss**

Breitbandanschluss zur Nutzung an wechselnden Orten.

Die Realisierung erfolgt in verschiedenen Technologien (z. B. UMTS, LTE).

**Modem/Router**

Funktionsgruppe, die die Endkunden-Schnittstelle zur Nutzung des Internet-Zugangs bereitstellt. Je nach verwendeter Zugangstechnologie und Dienstangebot kann es sich hierbei um einen einfachen Netzabschlusspunkt oder aber auch um eine komplexe Hardware-Einheit handeln, die vom Diensteanbieter bereitgestellt

wird (z. B. eine Modem/Router-Einheit bei Double und Triple Play-Produkten).

### **Stationärer Breitbandanschluss**

Breitbandanschluss zur Nutzung an einem festen Ort. Die Realisierung kann sowohl drahtgebunden (z. B. DSL, Kabel, Glasfaser) als auch drahtlos (z. B. LTE stationär, Richtfunk, Satellit) erfolgen.

### **Synchronisierte Datenrate der Leitung**

Datenrate, mit der das Endgerät mit dem Netz des Anbieters synchronisiert ist. Diese stellt die maximale Datenübertragungsrate dar, die unter optimalen Bedingungen erreicht, aber nicht überschritten werden kann. Sie kann dabei je nach der Produktgestaltung des Anbieters unter der Datenrate liegen, die die Teilnehmeranschlussleitung entsprechend ihrer Qualität und ggfls. Länge in Abhängigkeit von der Anschlusstechnologie maximal zulässt. Dabei ist z. B. außerdem zu berücksichtigen, dass bei einigen Technologien die Nutzung von Ressourcen durch mehrere Verbraucher erfolgen kann (z. B. bei Kabel- und Mobilfunkanschlüssen).

### **TCP**

Transmission Control Protocol - Verbindungsorientiertes, paketvermittelndes Protokoll der ISO/OSI-Transportschicht zur Übertragungssteuerung von Daten.

### **Upload/Upstream**

Übertragungsrichtung von der Endkundeneinrichtung ins Netz.

### **UMTS**

Universal Mobile Telecommunications System - Digitaler Mobilfunkstandard der dritten Generation, mit dem höhere Datenübertragungsraten als mit dem der zweiten Generation möglich sind.

### **Vertraglich vereinbarte Datenübertragungsrate**

Datenübertragungsrate, die der Anbieter mit dem Endkunden

vertraglich vereinbart hat, und diesem in Rechnungs- und Vertragsunterlagen sowie im Kundencenter kommuniziert.

- Für stationäre Breitbandanschlüsse wird dabei die **maximale, minimale** und die **normalweise zur Verfügung stehende** Datenübertragungsrate angegeben.
- Für mobile Breitbandanschlüsse wird die **geschätzte maximale** Datenübertragungsrate vereinbart.

### **VoIP**

Voice over IP - Sprachübertragung über IP-basierte Datennetze.

### **WAN**

Wide Area Network - Ein sich über einen sehr großen geografischen Bereich ausdehnendes Rechnernetz.

### **WLAN**

Wireless Local Area Network - Ein in seiner Ausdehnung begrenztes und somit lokales Rechnernetz, auf das drahtlos zugegriffen wird.

## **11 Weitere Dokumente**

### **11.1 Technische Spezifikation**

Das Dokument „Technische Spezifikation“ stellt in komprimierter Form den technischen Aufbau und die technischen Abläufe von Messsystem und Messverfahren dar.

### **11.2 Allgemeinverständliche Beschreibung**

Im Dokument „Beschreibung – Die Breitbandmessung aus Sicht des Endkunden“ sind detaillierte Informationen rund um den Test zusammengestellt.

Insbesondere sind hier die Bedienung und der Ablauf aus Endkundensicht Schritt für Schritt erläutert.

## 12 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1:	Kartendarstellung aggregierter Ergebnisse mit den Ergebnissen einer NUTS-3 Region.....	7
Abbildung 1.2:	Interaktive Ergebnisdarstellung der Jahresberichte .....	8
Abbildung 2.1:	Übersicht Messkonzept .....	19
Abbildung 2.2:	Individuelle Ergebnisdarstellung für stationäre Anschlüsse .....	22
Abbildung 2.3:	Individuelle Ergebnisdarstellung für mobile Anschlüsse.....	26
Abbildung 4.1:	Beispiel für zwei empirische Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten Datenübertragungsrate .....	49
Abbildung 4.2:	Beispiel für einen Boxplot und das zugehörige Histogramm ....	51
Abbildung 5.1:	Verteilung der Anschlüsse der Teilnehmer nach Bandbreitklassen im Vergleich zur Referenzverteilung (Quelle Referenzverteilung: Bundesnetzagentur, Stand: 31.12.2016).	58
Abbildung 5.2:	Verteilung der Anbieter im Vergleich zu den VATM TK-Marktanteilen (Quelle Referenzverteilung: VATM TK-Marktanalyse, Veröffentlichung: 18.10.2017) .....	59
Abbildung 5.3:	Verteilung der Teilnehmer auf die Bundesländer im Vergleich zur Verteilung der Breitbandanschlüsse (Quelle Referenzverteilung: Destatis, Stand: 31.12.2015) .....	60
Abbildung 5.4:	Verteilung der Teilnehmer nach Regionen im Vergleich zur Bevölkerungsstatistik (Quelle Referenzverteilung: Destatis, Stand: 31.12.2015) .....	61
Abbildung 5.5:	Verteilung der Kundenzufriedenheit der Teilnehmer .....	63
Abbildung 5.6:	Verteilung der Kundenzufriedenheit der Teilnehmer nach Bandbreitklassen .....	65
Abbildung 5.7:	Verteilung der Kundenzufriedenheit der Teilnehmer nach Regionen .....	66
Abbildung 5.8:	Verteilung der Kundenzufriedenheit der Teilnehmer .....	67
Abbildung 5.9:	Verteilung der Kundenzufriedenheit der Teilnehmer nach Bandbreitklassen .....	69
Abbildung 5.10:	Verteilung der Kundenzufriedenheit der Teilnehmer nach Regionen .....	70
Abbildung 6.1:	Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download für alle Nutzer in der Stichprobe (N = 437.192).....	71
Abbildung 6.2:	Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bandbreitklassen.....	73

Abbildung 6.3:	Boxplot der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bandbreitklassen .....	75
Abbildung 6.4:	Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach Anbietern.....	77
Abbildung 6.5:	Boxplot der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach Anbietern .....	79
Abbildung 6.6:	Empirische Verteilungsfunktion der prozentual (links) und absolut (rechts) erreichten Datenübertragungsrate Download nach Anbietern je Bandbreitklasse.....	86
Abbildung 6.7:	Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach geografischem Bereich .....	87
Abbildung 6.8:	Empirische Verteilungsfunktion der absolut erreichten Datenübertragungsrate Download nach geografischem Bereich .....	88
Abbildung 6.9:	Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bundesländern .....	90
Abbildung 6.10:	Empirische Verteilungsfunktion der absolut erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bundesländern .....	91
Abbildung 6.11:	Empirische Verteilungsfunktion der prozentual (links) und absolut (rechts) erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bundesländern je Bandbreitklasse .....	96
Abbildung 6.12:	Tageszeitlicher Verlauf der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bandbreitklassen.....	97
Abbildung 6.13:	Tageszeitlicher Verlauf der absolut erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bandbreitklassen.....	98
Abbildung 6.14:	Quartalsverlauf der empirischen Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download .....	99
Abbildung 6.15:	Quartalsverlauf der Boxplots der prozentual erreichten Datenübertragungsraten Download .....	100
Abbildung 6.16:	Boxplot der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach Kundenzufriedenheit .....	101
Abbildung 6.17:	Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload für alle Nutzer in der Stichprobe (N = 326518).....	103
Abbildung 6.18:	Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Bandbreitklassen.....	104
Abbildung 6.19:	Boxplot der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Bandbreitklassen .....	105

Abbildung 6.20: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Anbietern.....	107
Abbildung 6.21: Boxplot der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Anbietern .....	108
Abbildung 6.22: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Regionen .....	111
Abbildung 6.23: Empirische Verteilungsfunktion der absolut erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Regionen .....	112
Abbildung 6.24: Tageszeitlicher Verlauf der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Bandbreitklassen.....	113
Abbildung 6.25: Tageszeitlicher Verlauf der absolut erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Bandbreitklassen.....	114
Abbildung 6.26: Quartalsverlauf der empirischen Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload .....	115
Abbildung 6.27: Quartalsverlauf der Boxplots der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload .....	116
Abbildung 6.28: Empirische Verteilungsfunktion der Laufzeit für alle Nutzer in der Stichprobe (N = 425993).....	117
Abbildung 6.29: Empirische Verteilungsfunktion der Laufzeit nach Bandbreitklassen .....	118
Abbildung 6.30: Boxplot der Laufzeit nach Bandbreitklassen .....	119
Abbildung 6.31: Empirische Verteilungsfunktion der Laufzeit nach Anbietern ..	122
Abbildung 6.32: Empirische Verteilungsfunktion der Laufzeit nach Regionen...	123
Abbildung 6.33: Tageszeitlicher Verlauf der Laufzeit nach Bandbreitklassen..	124
Abbildung 6.34: Quartalsverlauf der empirischen Verteilungsfunktionen der Laufzeit .....	125
Abbildung 6.35: Quartalsverlauf der Boxplots der Laufzeit.....	126
Abbildung 7.1: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download für alle Nutzer in der Stichprobe (N = 245.143).....	127
Abbildung 7.2: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bandbreitklassen....	128
Abbildung 7.3: Boxplot der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bandbreitklassen .....	129
Abbildung 7.4: Empirische Verteilungsfunktion der absolut erreichten Datenübertragungsrate Download nach Anbietern.....	131
Abbildung 7.5: Boxplot der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach Anbietern .....	132

Abbildung 7.6:	Empirische Verteilungsfunktion der prozentual (links) und absolut (rechts) erreichten Datenübertragungsrate Download nach Anbietern je Bandbreiteklasse.....	139
Abbildung 7.7:	Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach geografischem Bereich .....	141
Abbildung 7.8:	Empirische Verteilungsfunktion der absolut erreichten Datenübertragungsrate Download nach geografischem Bereich .....	142
Abbildung 7.9:	Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bundesländern .....	144
Abbildung 7.10:	Empirische Verteilungsfunktion der absolut erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bundesländern .....	145
Abbildung 7.11:	Empirische Verteilungsfunktion der prozentual (links) und absolut (rechts) erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bundesländer je Bandbreiteklasse .....	149
Abbildung 7.12:	Tageszeitlicher Verlauf der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bandbreiteklassen....	152
Abbildung 7.13:	Tageszeitlicher Verlauf der absolut erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bandbreiteklassen....	153
Abbildung 7.14:	Quartalsverlauf der empirischen Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download .....	154
Abbildung 7.15:	Quartalsverlauf der Boxplots der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download.....	155
Abbildung 7.16:	Boxplot der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach Kundenzufriedenheit .....	156
Abbildung 7.17:	Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload für alle Nutzer in der Stichprobe (N = 119.713).....	157
Abbildung 7.18:	Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Bandbreiteklassen.....	158
Abbildung 7.19:	Boxplot der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Bandbreiteklassen .....	159
Abbildung 7.20:	Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Anbietern.....	161
Abbildung 7.21:	Boxplot der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Anbietern .....	162
Abbildung 7.22:	Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Regionen .....	164

Abbildung 7.23: Empirische Verteilungsfunktion der absolut erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Regionen .....	165
Abbildung 7.24: Tageszeitlicher Verlauf der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Bandbreitklassen.....	166
Abbildung 7.25: Tageszeitlicher Verlauf der absolut erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Bandbreitklassen.....	167
Abbildung 7.26: Quartalsverlauf der empirischen Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload .....	168
Abbildung 7.27: Quartalsverlauf der Boxplots der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload .....	169
Abbildung 7.28: Empirische Verteilungsfunktion der Laufzeit für alle Nutzer in der Stichprobe (N = 241.114).....	170
Abbildung 7.29: Empirische Verteilungsfunktion der Laufzeit nach Bandbreitklassen .....	171
Abbildung 7.30: Boxplot der Laufzeit nach Bandbreitklassen .....	172
Abbildung 7.31: Empirische Verteilungsfunktion der Laufzeit nach Anbietern ..	173
Abbildung 7.32: Empirische Verteilungsfunktion der Laufzeit nach Regionen...	174
Abbildung 7.33: Tageszeitlicher Verlauf der Laufzeit nach Bandbreitklassen..	175
Abbildung 7.34: Quartalsverlauf der empirischen Verteilungsfunktionen der Laufzeit .....	176
Abbildung 7.35: Quartalsverlauf der Boxplots der Laufzeit.....	177
Abbildung 8.1: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download im Jahresvergleich.....	178
Abbildung 8.2: Boxplot der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download im Jahresvergleich .....	179
Abbildung 8.3: Empirische Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bandbreitklassen im Jahresvergleich .....	181
Abbildung 8.4: Empirische Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten (links) und der absoluten (rechts) Datenübertragungsrate Download nach Anbieter im Jahresvergleich .....	187
Abbildung 8.5: Tageszeitlicher Verlauf der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download im Jahresvergleich.....	188
Abbildung 8.6: Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload im Jahresvergleich .....	189
Abbildung 8.7: Empirische Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Bandbreitklassen im Jahresvergleich .....	191

Abbildung 8.8:	Empirische Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten (links) und der absoluten (rechts) Datenübertragungsrate Upload nach Anbieter im Jahresvergleich .....	195
Abbildung 8.9:	Empirische Verteilungsfunktion der Laufzeit im Jahresvergleich .....	196
Abbildung 8.10:	Empirische Verteilungsfunktionen der Laufzeit nach Bandbreitklassen im Jahresvergleich .....	198
Abbildung 8.11:	Empirische Verteilungsfunktionen der Laufzeit nach Anbieter im Jahresvergleich .....	201
Abbildung 8.12:	Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download für die Mobilfunkmessungen im Jahresvergleich .....	202
Abbildung 8.13:	Boxplot der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download für die Mobilfunkmessungen im Jahresvergleich ....	203
Abbildung 8.14:	Empirische Verteilungsfunktion der gemessenen Datenübertragungsrate Download für die Mobilfunkmessungen im Jahresvergleich .....	204
Abbildung 8.15:	Empirische Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bandbreitklassen für die Mobilfunkmessungen im Jahresvergleich.....	206
Abbildung 8.16:	Empirische Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten (links) und der absoluten (rechts) Datenübertragungsrate Download nach Anbieter für die Mobilfunkmessungen im Jahresvergleich .....	210
Abbildung 8.17:	Empirische Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download nach geografischem Bereich für die Mobilfunkmessungen im Jahresvergleich.....	211
Abbildung 8.18:	Tageszeitlicher Verlauf der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Download im Jahresvergleich.....	212
Abbildung 8.19:	Empirische Verteilungsfunktion der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload im Mobilfunk im Jahresvergleich .....	213
Abbildung 8.20:	Empirische Verteilungsfunktion der absolut gemessenen Datenübertragungsrate Upload im Mobilfunk im Jahresvergleich .....	214
Abbildung 8.21:	Empirische Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten Datenübertragungsrate Upload nach Bandbreitklassen im Mobilfunk im Jahresvergleich.....	216

Abbildung 8.22: Empirische Verteilungsfunktionen der prozentual erreichten (links) und der absoluten (rechts) Datenübertragungsrate Upload im Mobilfunk nach Anbieter im Jahresvergleich .....	218
Abbildung 8.23: Empirische Verteilungsfunktion der Laufzeit im Mobilfunk im Jahresvergleich .....	219
Abbildung 8.24: Empirische Verteilungsfunktionen der Laufzeit nach Bandbreitklassen im Jahresvergleich .....	221
Abbildung 9.1: LAN/WLAN Vergleich der empirischen Verteilungsfunktionen der prozentual (links) und absolut (rechts) erreichten Datenübertragungsrate Download nach Bandbreitklassen....	225

## 13 Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1:	Validierungsschritte .....	35
Tabelle 3.2:	Im statistischen Monitoring untersuchte Anbieter stationärer Breitbandanschlüsse (Quelle: VATM TK-Marktanalyse Q3/2017) .....	42
Tabelle 5.1:	Anzahl der bei der Validierung verworfenen Datensätze für stationäre Breitbandanschlüsse .....	54
Tabelle 5.2:	Anzahl der bei der Validierung verworfenen Datensätze für mobile Breitbandanschlüsse .....	55
Tabelle 6.1:	Anteile der Nutzer, die mindestens x% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erhielten und 95%-Konfidenzintervalle nach Bandbreitklassen .....	76
Tabelle 6.2:	Anteile der Nutzer, die mindestens x% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erhielten und 95%-Konfidenzintervalle nach Anbietern .....	80
Tabelle 6.3:	Anteile der Nutzer, die mindestens x% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erhielten und 95%-Konfidenzintervalle nach geografischem Bereich .....	89
Tabelle 6.4:	Anteile der Nutzer, die mindestens x% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erhielten und 95%-Konfidenzintervalle nach Bundesländern .....	92
Tabelle 6.5:	Anteil der Messungen in Prozent je Bundesland und Bandbreitklasse .....	93
Tabelle 6.6:	Anteile der Nutzer, die mindestens x% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate Upload erhielten und 95%-Konfidenzintervalle nach Bandbreitklassen .....	106
Tabelle 6.7:	Anteile der Nutzer, die mindestens x% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate Upload erhielten und 95%-Konfidenzintervalle nach Anbietern .....	110
Tabelle 6.8:	Anteile der Nutzer, die eine Laufzeit (Round-Trip-Time) von bis zu x Millisekunden beobachtet haben und 95%-Konfidenzintervalle .....	120
Tabelle 7.1:	Anteile der Nutzer, die mindestens x% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erhielten und 95%-Konfidenzintervalle nach Bandbreitklassen .....	130

Tabelle 7.2:	Anteile der Nutzer, die mindestens x% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erhielten und 95%-Konfidenzintervalle nach Anbietern .....	134
Tabelle 7.3:	Anteile der Nutzer, die mindestens x% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erhielten und 95%-Konfidenzintervalle nach geografischem Bereich .....	143
Tabelle 7.4	Anteil der Messungen in Prozent je Bundesland und Bandbreiteklasse .....	146
Tabelle 7.5	Anteile der Nutzer, die mindestens x% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate erhielten und 95%-Konfidenzintervalle nach Bundesländern .....	150
Tabelle 7.6:	Anteile der Nutzer, die mindestens x% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate Upload erhielten und 95%-Konfidenzintervalle nach Bandbreiteklassen .....	160
Tabelle 7.7:	Anteile der Nutzer, die mindestens x% der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate Upload erhielten und 95%-Konfidenzintervalle nach Anbietern .....	163
Tabelle 7.8:	Anteile der Nutzer, die eine Laufzeit (Round-Trip-Time) von bis zu x Millisekunden beobachtet haben und 95%-Konfidenzintervalle .....	172
Tabelle 8.1:	Prozentuale Verteilung der Stichproben auf die Bandbreiteklassen .....	180
Tabelle 8.2:	Prozentuale Verteilung der Mobilfunk-Stichproben auf die Bandbreiteklassen .....	205

## 14 Statistiksoftware

R Version 3.4.2

R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing.

R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

[www.R-project.org](http://www.R-project.org)

## 15 Impressum

Die Breitbandmessung wurde von der zafaco GmbH im Auftrag der Bundesnetzagentur entwickelt. Der Bericht enthält die Ergebnisse von Messungen, die im zweiten Betriebsjahr der Breitbandmessung durchgeführt worden sind.

Ansprechpartner:

zafaco GmbH

Münchener Str. 101/39

D-85737 Ismaning

Projektteam zafaco GmbH:

Matthias Burger

Kai Lukas

Dr. Almuth Marx

Bernd Oliver Schöttler

Christoph Sudhues

Ismaning, 11.01.2018

© zafaco GmbH

Vervielfältigung und Nachdruck – auch auszugsweise –  
nur nach vorheriger schriftlicher Genehmigung.