



Jahresbericht 2020/21

**Material, Methoden und
Datengrundlage**

Inhalt

1	Überblick	3
2	Messkonzept	3
2.1	Überblick Messkonzept	4
2.2	Messsystem	6
2.2.1	Messclient Desktop-App	6
2.2.2	Messclient Web.....	12
2.2.3	Messclient Mobile-App	16
2.2.4	Daten-Referenz-System.....	21
2.3	Messverfahren.....	22
2.3.1	Datenübertragungsrate.....	22
2.3.3	Laufzeit	24
3	Datenauswertung und Darstellung	25
3.1	Stichprobenerhebung	25
3.2	Validierung	30
3.3	Statistisches Monitoring	38
3.3.1	Stationäre Breitbandanschlüsse	38
3.3.2	Mobile Breitbandanschlüsse	40
3.4	Statistische Auswertung der Daten	41
3.5	Darstellungsparameter	42
3.6	Darstellungsformen.....	44
3.7	Darstellungsvoraussetzung.....	48
4	Datengrundlage.....	49
4.1	Validierung	49
4.1.1	Stationäre Breitbandanschlüsse Desktop-App Messung	49
4.1.2	Stationäre Breitbandanschlüsse Browsermessung.....	51
4.1.3	Mobile Breitbandanschlüsse	53
4.2	Statistisches Monitoring	55
4.2.1	Struktur der Stichprobe	55
4.2.2	Stationäre Breitbandanschlüsse Desktop-App Messung	55
4.2.3	Stationäre Breitbandanschlüsse Browsermessung.....	61
4.3	Kundenzufriedenheit	68
4.3.1	Stationäre Breitbandanschlüsse Desktop-App Messung	68
4.3.3	Stationäre Breitbandanschlüsse Browsermessung.....	72
4.3.4	Mobile Breitbandanschlüsse	76
5	Statistiksoftware	82
6	Impressum	82

1 Überblick

In Ergänzung zum Hauptdokument des Jahresberichts der Breitbandmessung sowie der interaktiven Ergebnisdarstellung unter [➔ https://breitbandmessung.de/interaktive-darstellung](https://breitbandmessung.de/interaktive-darstellung) werden in diesem Dokument das Messkonzept, die statistischen Methoden sowie die Datengrundlage des Berichtes 2020/2021 dargestellt.

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 Datenübertragungsrates des Internetzugangsdienstes mit der vertraglich vereinbarten Datenübertragungsrates zu vergleichen.

Für eine detaillierte Beschreibung des Messkonzeptes wird auf folgende Dokumente verwiesen, die unter

[➔ https://breitbandmessung.de/ueber-den-test](https://breitbandmessung.de/ueber-den-test) abrufbar sind:

- Das Dokument „Technische Spezifikation“ stellt ausführlich den technischen Aufbau und die technischen Abläufe von Messsystem und Messverfahren dar.
- Im Dokument „Beschreibung - Die Desktop-App der Breitbandmessung aus Sicht des Nutzers“ sind die Bedienung der Desktop-App und der Ablauf aus Nutzersicht Schritt für Schritt erläutert.
- Im Dokument „Beschreibung - Die Breitbandmessung/ Funkloch-App aus Sicht des Nutzers“ sind detaillierte Informationen rund um den Test mit der Mobile-App zusammengestellt.

2.1 Überblick Messkonzept

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

Im Berichtszeitraum kamen für die Messung stationärer breitbandiger Internetzugangsdienste zwei unterschiedliche Messansätze zum Einsatz.

Vom 01.10.2020 bis zum 01.02.2021 erfolgte die Messung browserbasiert auf der Webseite

➔ <https://breitbandmessung.de> (Messclient Web).

Die Endkundenmessung wurde dabei durch einen HTML5-Messclient mit WebSockets im Browser des Endkunden-PC durchgeführt. Da mit WebSockets eine sogenannte native Webtechnologie zum Einsatz kam, erfolgte die Messung ohne zusätzliches Add-On.

Seit dem 01.02.2021 sind zwar weiterhin Messungen über den Browser möglich, diese fließen aber nicht mehr in den Jahresbericht ein, sondern dienen lediglich der Ermittlung der aktuellen Performance beim Surfen im Internet.

Vom 01.02.2021 bis zum 30.09.2021 erfolgten die Messungen für den Jahresbericht stattdessen durch eine installierbare Software (Messclient Desktop-App), die für unterschiedliche Betriebssysteme bereitgestellt wurde.

Mit der Desktop-App kann der Nutzer seit dem 01.02.2021 Einzelmessungen durchführen, um die Leistung seines Internetzugangs zu ermitteln und die mit dem Anbieter vertraglich vereinbarten Datenübertragungsraten zu überprüfen. Bei Einzelmessungen sind gleichermaßen Messungen von Internetzugängen mit geringen

Datenübertragungsraten bis in den Gigabitbereich möglich.¹

Weiterhin erlaubt die Desktop-App den Nachweis einer Minderleistung im Rahmen einer Messkampagne. Die im Rahmen des Nachweisverfahrens ermittelten Messungen sind jedoch nicht Bestandteil des Jahresberichtes.

Ein Mobile-App-basierter Messclient (Messclient Mobile-App) erlaubt die Messung mobiler 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, 5G 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 allen drei Fällen (Web, Desktop-App und Mobile-App) 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.

¹ Um den Vergleich der Stichproben zwischen Messclient Web und Desktop-App zu ermöglichen, wurden Messungen der Desktop-App mit Datenübertragungsraten von größer gleich 500 Mbit/s für den Bericht verworfen.

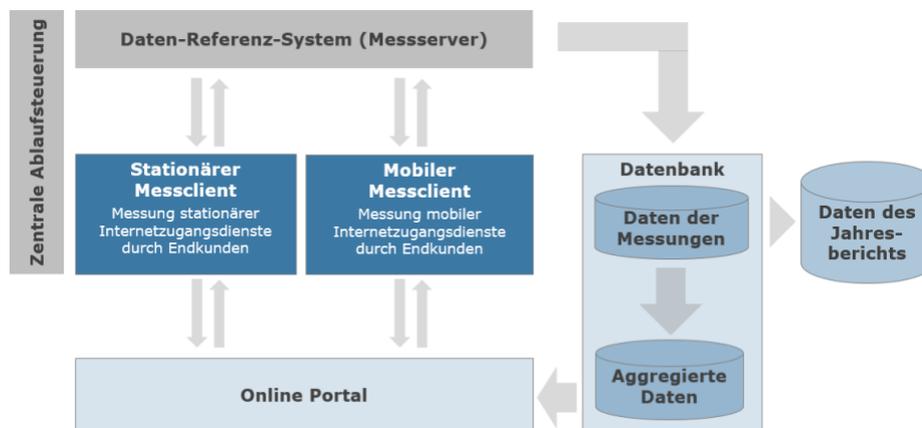


Abbildung 2.1: Übersicht Messkonzept

2.2 Messsystem

2.2.1 Messclient Desktop-App

Die im Berichtszeitraum berücksichtigten Messungen stationärer Breitbandanschlüsse wurden vom 01.02.2021 bis zum 30.09.2021 durch eine installierbare Software (Desktop-App) durchgeführt, die für unterschiedliche Betriebssysteme bereitgestellt wird.

Durch die plattformspezifische Umsetzung für Windows, MacOS und Linux (im speziellen Ubuntu) soll eine hohe Performance und möglichst vollständige Ausnutzung der Hardware erreicht werden.

Darüber hinaus ermöglicht die Desktop-App gegenüber der Browsermessung die automatische Abfrage von Systemeinstellungen aus dem Endgerät (s. 2.2.1). Diese werden hinsichtlich der Erfüllung der technischen Hinweise und Empfehlungen und in der Validierung der Daten des Jahresberichtes herangezogen.

Ablauf und erfasste Anschlussdaten

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

Zunächst wurden folgende Daten des zu messenden Anschlusses mittels Nutzerdialog erfasst: Postleitzahl, Standortfreigabe, Anbieter und Tarif (einschl. vertraglich vereinbarte maximale Datenübertragungsrate im Download).

Diese Angaben werden in der Desktop-App gespeichert und können durch den Nutzer aktualisiert werden. Eine Zusammenfassung wurde dem Nutzer vor Beginn jeder Messung angezeigt.

Für fünf Anbieter (1&1, techni Internet, NetCologne, NetAachen und M-net) 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 wurden die für diesen Anbieter in der Anbieterdatenbank der Breitbandmessung vorhandenen Tarife in einer Liste zur Auswahl gestellt. Die Liste kann vom Endkunden anhand einer Unter- und Obergrenze der vertraglich vereinbarten maximalen Download-Datenübertragungsrate eingeschränkt werden.

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 werden neben der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate auch die minimale und die normalerweise zur Verfügung stehende Datenübertragungsrate von den Anbietern abgefragt und im Messergebnis dargestellt.

Sollten die Tarifinformationen des Anbieters nicht zur Verfügung stehen, erfolgt keine Abfrage des Tarifs. Stattdessen können die Tarifinformationen manuell eingegeben werden. Dabei ist die vertraglich vereinbarte maximale Datenübertragungsrate im Download eine

Pflichtangabe. Bei fehlenden optionalen Werten können dann nicht alle Verhältniswerte in der Ergebnisdarstellung ausgegeben werden.

Verschiedene Faktoren können das Messergebnis beeinflussen. Vor Start der Messung erhält der Nutzer technische Hinweise, wie die verlässlichsten Ergebnisse einer Messung zu erzielen sind.

Dabei werden die folgenden technischen Voraussetzungen automatisch überprüft:

- WLAN am PC/Laptop deaktiviert
- Ausreichende Leistung der Netzwerkkarte
- Laptop an Stromversorgung angeschlossen

Die Einhaltung folgender technischer Voraussetzungen wird nicht automatisch erfasst und muss vom Nutzer sichergestellt werden:

- Keine parallel auf dem PC laufende Anwendungen und Datenströme (z. B. WebTV, IPTV, Betriebssystem-Updates)
- Ausreichend inkludiertes Datenvolumen
- Aktuelle Router-Firmware
- Deaktivierte Energiesparmodi

Schließlich wurde die Zufriedenheit des Nutzers mit seinem Anbieter abgefragt.

Bei der Messung wurden folgende Schritte nacheinander durchlaufen:

- Abfrage zusätzlicher Parameter aus dem Endgerät (s. Seite 10)
- Abfrage zusätzlicher Parameter aus dem Router (s. Seite 11)
- Durchführung der Laufzeit-Messung
- Durchführung der Download-Messung
- Durchführung der Upload-Messung (s. jeweils 2.3)

Am Ende der Messung erfolgte für Tarife, die laut Endkundenangabe eine Begrenzung der Datenübertragungsrate bzw. Drosselung nach Überschreiten eines inkludierten monatlichen Datenvolumens vorzusehen, 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 Bundesnetzagentur. 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.

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

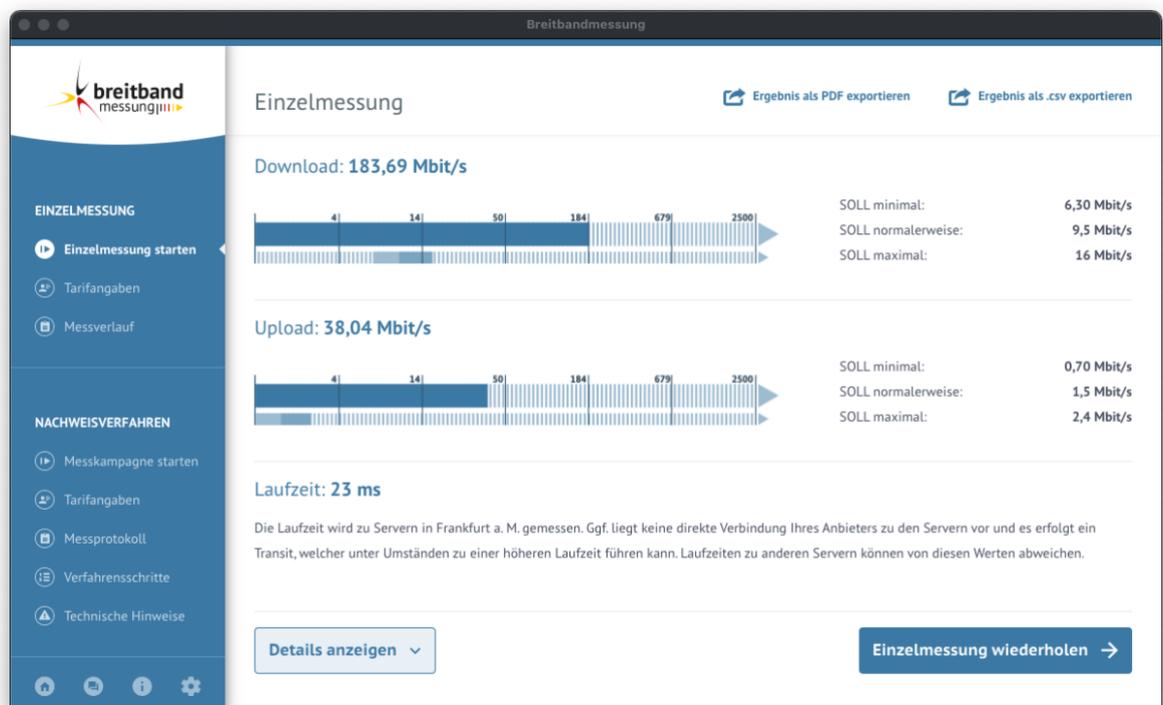


Abbildung 2.2: Individuelle Ergebnisdarstellung für stationäre Breitbandanschlüsse bei Desktop-App Messung

Abfrage zusätzlicher Werte aus Endgeräten

Vor einer Messung wurden folgende Systeminformationen über das Betriebssystem abgerufen:

WLAN

Vor einer Messung wurde der Verbindungstyp auf dem messenden Endgerät erfasst und geprüft, ob es sich um eine WLAN-Verbindung handelt.

Messungen mittels WLAN sind möglich, werden jedoch im Rahmen der Validierung für den Jahresbericht verworfen.

Ausreichende Leistung der Netzwerkkarte

Die Verbindungsgeschwindigkeit der Netzwerkkarte wurde über das Betriebssystem abgefragt.

Die Netzwerkkarte muss mindestens die gleiche Datenübertragungsrate wie der zu messende Anschluss aufweisen.

Die Datenübertragungsrate einer Netzwerkkarte wird für das Ethernet-Protokoll angegeben. Die Messung erfolgt auf Basis der TCP-Nutzdaten. Daher kann eine geringere Datenübertragungsrate des Anschlusses als die angegebene Datenübertragungsrate erreicht werden.

Messungen können auch mit einer Netzwerkkarte mit einer nicht ausreichenden Leistung durchgeführt werden. Allerdings wurden diese im Rahmen der Validierung für den Jahresbericht verworfen.

Stromversorgung

Der Status der Stromversorgung wurde über das Betriebssystem abgefragt.

Bei Messungen, die über einen Laptop durchgeführt werden, muss dieser an die Stromversorgung angeschlossen werden, um eventuelle Auswirkungen von Energiespareinstellungen des Gerätes auszuschließen.

Messungen, bei denen der Laptop nicht an die Stromversorgung angeschlossen war, werden nicht unterbunden, wurden jedoch bei der Validierung für den Jahresbericht verworfen.

Abfrage zusätzlicher Werte aus Routern

Für bestimmte Teilmengen von Routern (AVM FRITZ!Box, Telekom Speedport, Vodafone EasyBox u.a.) wurden je nach Modell unterschiedliche, zusätzliche Werte abgefragt:

Modell-Informationen

Einige Router unterstützen den Abruf der Modellbezeichnung, Firmware-Version und Router-ID, die zur Identifikation von Mehrfachmessungen genutzt wird.

Synchronisierte Datenrate der Leitung

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 Anschlusstechnologie - 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.

2.2.2 Messclient Web

Die im Berichtszeitraum für die Messung stationärer Breitbandanschlüsse berücksichtigten Messungen wurden vom 01.10.2020 bis zum 01.02.2021 browserbasiert auf der Webseite [➔ https://breitbandmessung.de/](https://breitbandmessung.de/) durchgeführt.

Ablauf und erfasste Anschlussdaten

Der Endkunde musste vor der Messung die Bestimmungen zum Datenschutz und die Nutzungsbedingungen akzeptieren. 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: Standort, Postleitzahl, Anbieter, Tarif (einschl. vertraglich vereinbarte maximale Datenübertragungsrate im Download), Begrenzung der Datenübertragungsrate nach Überschreiten eines inkludierten monatlichen Datenvolumens, Kundenzufriedenheit.

Für fünf Anbieter (1&1, techni Internet, NetCologne, NetAachen und M-net) 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 wurden die für diesen Anbieter in der Anbieterdatenbank der Breitbandmessung vorhandenen Tarife in einer Liste zur Auswahl gestellt. Die Liste kann vom Endkunden anhand einer Unter- und Obergrenze der vertraglich vereinbarten maximalen Download-Datenübertragungsrate eingeschränkt werden.

Sollten die Tarifinformationen des Anbieters nicht zur Verfügung stehen, erfolgt keine Abfrage des Tarifs. Stattdessen wird die vertraglich vereinbarte maximale Datenübertragungsrate im Download durch den Endkunden aus einer Liste üblicher Datenübertragungsraten ausgewählt. Aufgrund der fehlenden Werte können dann nicht alle Verhältnismerte in der Ergebnisdarstellung ausgegeben werden.

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 werden neben der vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsrate auch die minimale und die normalerweise zur Verfügung stehende Datenübertragungsrate von den Anbietern abgefragt und im Messergebnis dargestellt.

Bei der Messung wurden folgende Schritte der Reihe nach durchlaufen:

- Abfrage zusätzlicher Parameter aus dem Router (s. Seite 15)
- Durchführung der Laufzeit-Messung
- Durchführung der Download-Messung
- Durchführung der Upload-Messung (s. jeweils 2.3)

Am Ende der Messung erfolgte für Tarife, die laut Endkundenangabe eine Begrenzung der Datenübertragungsrate bzw. Drosselung nach Überschreiten eines inkludierten monatlichen Datenvolumens vorzusehen, 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 Bundesnetzagentur. 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.

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

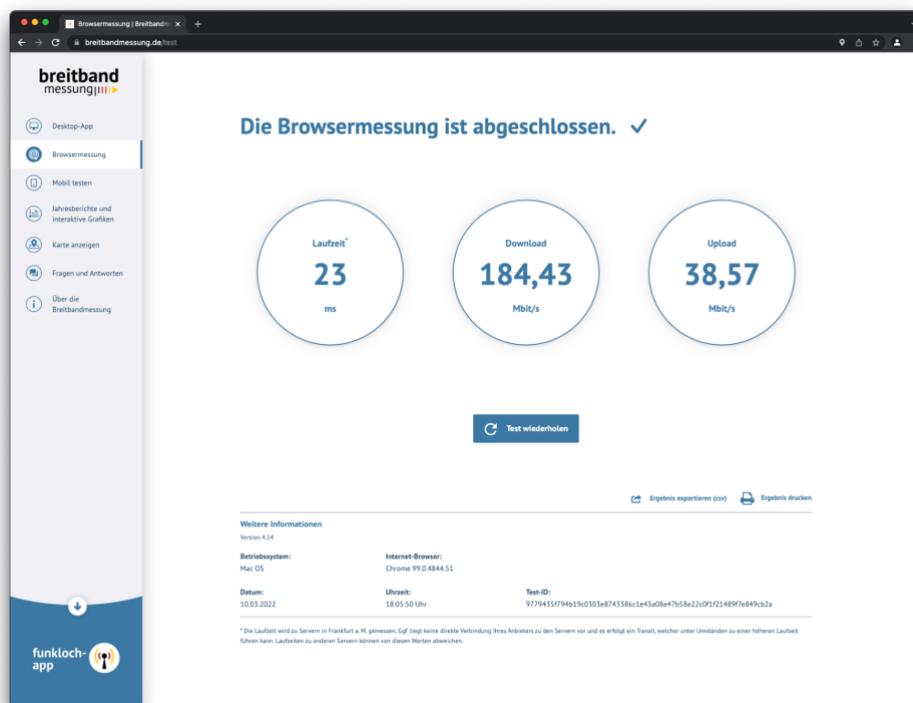


Abbildung 2.3: Individuelle Ergebnisdarstellung für stationäre Breitbandanschlüsse bei Browsermessung

Abfrage zusätzlicher Werte aus Routern

Für bestimmte Teilmengen von Routern (AVM FRITZ!Box, Telekom Speedport, Vodafone EasyBox u.a.) wurden je nach Modell unterschiedliche, zusätzliche Werte abgefragt:

Modell-Informationen

Einige Router unterstützen den Abruf der Modellbezeichnung, Firmware-Version und Router-ID, die zur Identifikation von Mehrfachmessungen genutzt wird.

Synchronisierte Datenrate der Leitung

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 Anslusstechologie - 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.

2.2.3 Messclient Mobile-App

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

Ablauf und erfasste Anschlussdaten

Der Endkunde musste vor der Messung die Bestimmungen zum Datenschutz und die Nutzungsbedingungen akzeptieren. 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: Anbieter, Tarif (einschließlich vertraglich vereinbarte geschätzte maximale Datenübertragungsrate im Download), Begrenzung der Datenübertragungsrate nach Überschreiten eines inkludierten monatlichen Datenvolumens sowie Kundenzufriedenheit.

Auf Basis des angegebenen Anbieters wurden die für diesen Anbieter in der Anbieterdatenbank der Breitbandmessung vorhandenen Tarife in einer Liste zur Auswahl gestellt. Die Liste kann vom Endkunden anhand einer Unter- und Obergrenze der vertraglich vereinbarten geschätzten maximalen Download-Datenübertragungsrate eingeschränkt werden.

Sollten die Tarifinformationen des Anbieters nicht zur Verfügung stehen, erfolgt keine Abfrage des Tarifs. Stattdessen wird die vertraglich vereinbarte geschätzte maximale Datenübertragungsrate im Download durch den Endkunden aus einer Liste üblicher Datenübertragungsraten ausgewählt. Aufgrund der fehlenden Werte können dann nicht alle Verhältniswerte in der Ergebnisdarstellung ausgegeben werden.

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.

Bei der Messung wurden folgende Schritte der Reihe nach durchlaufen:

- Abfrage zusätzlicher Parameter aus dem Endgerät (s. Seite 20)
- 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 Bundesnetzagentur. 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.

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.

Verschiedene Faktoren können das Testergebnis beeinflussen. Dazu zählen die oben angeführten, tarifbedingten Begrenzungen der Datenübertragungsrate (Drosselung nach Überschreiten eines inkludierten monatlichen Volumens) sowie 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, 5G) 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.



Abbildung 2.4: Individuelle Ergebnisdarstellung für mobile Breitbandanschlüsse

Abfrage zusätzlicher Werte aus Endgeräten

Für beide mobilen Betriebssysteme iOS und Android konnten aus dem Endgerät als zusätzliche Parameter Angaben zur Technologie, zu den Mobilfunkstandards und Smartphone-Informationen (Hersteller und Modellbezeichnung) abgefragt werden. Diese Angaben liegen für alle App-Messungen vor.²

Hinsichtlich der Technologie (Mobilfunk/WLAN) ist zu beachten, dass der Messclient die Wahl des Netzzugangs nicht beeinflusst. 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 Hot Spot (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 vier parallel betriebene Mobilfunkstandards angeboten (2G, 3G, 4G, 5G). Jede Generation von Mobilfunkstandards bietet eine Anzahl von weiteren Untergruppen, die unterschiedliche Übertragungsraten im Up- und Download ermöglichen.

² Für eine Untermenge von Endgeräten wurden weitere technische Parameter abgefragt (s. hierzu Datenschutzhinweise)

2.2.4 Daten-Referenz-System

Für Messungen mit dem Messclient Desktop-App sowie dem Messclient Web standen in Rechenzentren in Frankfurt/Main bis zum 15.07.2021 bis zu 5 dedizierte Messserver, für Messungen mit dem Messclient Mobile-App bis zu 3 dedizierte Messserver in Rechenzentren in Nürnberg mit einer Anbindung von jeweils 10 Gbit/s als Gegenstelle zur Verfügung. Die Rechenzentren verfügten über mehrfach redundante Außenanbindungen und Peerings zu unterschiedlichen Breitbandanbietern (12.520 Gbit/s Private Peering, 3.200 Gbit/s Transit). Die Rechenzentren in Frankfurt/Main befanden sich in unmittelbarer Nähe zum Deutschen Commercial Internet Exchange (DE-CIX) (600 Gbit/s Public Peering).

Ab dem 15.07.2021 wurde die Breitbandmessung direkt an den weltweit führenden Internet Knoten DE-CIX in Frankfurt/Main angebunden. Für Messungen mit den unterschiedlichen Messclients standen in Rechenzentren in Frankfurt/Main bis zu 10 dedizierte Messgegenstellen (Daten-Referenz-System) mit einer Anbindung von jeweils 10 Gbit/s zur Verfügung. Diese Messgegenstellen wurden in einem eigenen autonomen System (AS211319 - breitbandmessung) betrieben. Das AS war direkt und redundant mit der Apollo-Plattform des DE-CIX mit 2 x 100 Gbit/s in Frankfurt/Main und via Global Peer remote in Hamburg, Düsseldorf und München mit je 10 Gbit/s verbunden. Lag keine direkte Verbindung des Telekommunikationsnetzes zu den Messgegenstellen vor, wurden alternative Pfade (IP-Transit) über Core-Backbone verwendet. Diese erfolgte über eine redundante IP-Upstream-Anbindung mit 2 x 100 Gbit/s.

Die Breitbandmessung verfolgt eine für Netzbetreiber offene Peering-Policy. Durch die Anbindung an den DE-CIX haben Breitbandanbieter die Möglichkeit, eine unmittelbare Verbindung zwischen ihrem Netz und dem autonomen System der Breitbandmessung zu etablieren. Dies steigert nochmals die transparenten Voraussetzungen zur Durchführung einer Messung und damit zur Ermittlung der Leistung eines Internetzugangs.

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 Breitbandanschlüsse 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 Datenübertragungsrate wurde über das Netz eine Datenübertragung (TCP/IP) zwischen dem Messclient (Web, Desktop-App bzw. Mobile-App) und jeweils einem der 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.

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 wurden. 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 Messclient Web, 1 Gbit/s Messclient Mobile-App und 2,5 Gbit/s Messclient Desktop-App) 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.

Upload

Die Upload-Messung erfolgte analog zur Download-Messung.

2.3.3 Laufzeit

Das Prinzip der Laufzeitmessung basiert auf dem Versenden von WebSocket Control Frames auf den definierten Ports 80 und 443 vom Messserver zum Messclient. 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 Laufzeit-Mittelwert wurde die mittlere Antwortzeit aller einzelnen Laufzeiten (WebSocket) einer Laufzeitmessung in Millisekunden dargestellt.

3 Datenauswertung und Darstellung

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 (im Mobilfunk: geschätzte) 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 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 Nutzer eines Internetzugangsdienstes, 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. 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 Pressemitteilungen der Bundesnetzagentur und Kundenhinweise der Anbieter in den vergangenen Jahren stets 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. Bandbreiteklassen oder Anbieter.

In den Gesamtdarstellungen, zum Beispiel über alle Bandbreiteklassen oder Anbieter 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 4.2 zeigt anhand bestimmter erhobener Parameter, inwieweit die nach der Validierung verbleibende Stichprobe die Grundgesamtheit widerspiegelt.

Umstellung des Messverfahrens für stationäre Breitbandanschlüsse

Ab dem 01.02.2021 erfolgte die Messung stationärer Breitbandanschlüsse nicht mehr browserbasiert, sondern durch eine installierbare Software (Messclient Desktop-App).

Die Realisierung der neuen Messtechnik bedingt zwei wesentliche Änderungen an der Art der Stichprobenerhebung:

- Die Zugangsvoraussetzung zur Teilnahme wurde durch die Notwendigkeit einer Softwareinstallation auf dem verwendeten Rechner (Desktop-App) im Vergleich zur Nutzung eines vorinstallierten Internetbrowsers (Browser) verändert.

Es ist davon auszugehen, dass die Softwareinstallation nicht für alle interessierten Endkunden, die an einer Browsermessung teilnehmen würden, umsetzbar ist (z.B. aufgrund veralteter Betriebssysteme). Zudem erscheint es plausibel, dass diese zusätzliche Hürde und der damit verbundene Aufwand Endkunden von der Teilnahme abhalten könnte (höhere Teilnahmemotivation erforderlich).

- Die Desktop-App ermöglicht ein genaueres Messergebnis und dies insbesondere bei höherbitratigen Internetzugängen, da Einflüsse des Browsers auf das Messergebnis verhindert sowie weitere technische Aspekte wie ein WLAN-Anschluss, eine ausreichende Leistung der Netzwerkkarte und die Art der Stromversorgung technisch erkannt werden können. Dadurch verringert sich die Möglichkeit für Kundenfehlangaben bei der Art der Anschlussanbindung.

Aufgrund der veränderten Stichprobenerhebung ist zu erwarten, dass die Anzahl und vor allem Auswahl der teilnehmenden Endkunden sich verändert.

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 Desktop-App	Stationär Web	Mobil
Verwerfen von Messungen über WLAN lt. Endkundenangabe	x	✓	x
Verwerfen von Messungen ohne Beachtung der weiteren Einflussfaktoren lt. Endkundenangabe	x	✓	x
Verwerfen von Messungen über WLAN lt. technischer Erkennung	✓	x	✓
Verwerfen von Messungen ohne ausreichende Leistung der Netzwerkkarte lt. technischer Erkennung	✓	x	x
Verwerfen von Messungen ohne Anschluss an Stromversorgung lt. technischer Erkennung	✓	x	x
Verwerfen von Messungen mit Drosselung lt. Endkundenangabe	✓	✓	✓
Verwerfen von Messungen mit ungültiger Postleitzahl	✓	✓	x
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 nicht validen Messungen	x	✓	✓
Verwerfen von tariflich nicht validen Messungen	x	x	✓
Verwerfen von Ausreißern	✓	✓	✓
Reduktion von Mehrfachmessungen auf die letzte Messung im Quartal	✓	✓	x
Reduktion von Messungen für Stichprobenvergleich	✓	x	x

Messungen über WLAN oder ohne Beachtung der weiteren Einflussfaktoren bei Web-Browser

Die Kundenangaben zur optimalen Testumgebung wurden bei den Browsermessungen in den Bereichen Art der Anbindung (WLAN oder kabelgebunden) sowie weitere Einflussfaktoren (parallel laufende Anwendungen, Messung ohne Netzteil, Energiesparmodus, Messung über Powerline) erfasst. Dadurch wurde der Endkunde direkt auf die Nutzung von WLAN angesprochen und es konnte 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 Breitbandanschlüsse 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 Breitbandanschlüsse 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 Endnutzerumgebung das Ergebnis insgesamt verschlechtern dürften.

In der Desktop-App wird auf eine Beeinflussung des Messergebnisses durch die nicht automatisch überprüften technischen Voraussetzungen (parallel laufende Anwendungen und Datenverkehre, Energiesparmodus, aktuelle Router Firmware) im Rahmen der technischen Hinweise aufmerksam gemacht.

Messungen über WLAN bei Desktop-App und Mobile-App

Messungen über die Desktop-App und die Breitbandmessung/Funkloch-App, die mittels WLAN erfolgten, wurden verworfen. Im Gegensatz zur Browsermessung ist hier für alle Messungen die Art der Anbindung technisch eindeutig identifizierbar.

Messungen ohne ausreichende Leistung der Netzwerkkarte bei Desktop-App

Messungen über die Desktop-App, bei denen die Netzwerkkarte nicht mindestens die gleiche Datenübertragungsrate wie der zu messende Anschluss aufwies, wurden verworfen. Im Gegensatz zur Browsermessung ist hier für alle Messungen die Datenübertragungsrate der Netzwerkkarte technisch feststellbar.

Messungen von einem Laptop ohne Anschluss an die Stromversorgung bei Desktop-App

Messungen über die Desktop-App, bei denen der Laptop nicht an die Stromversorgung angeschlossen war, wurden verworfen. Im Gegensatz zur Browsermessung ist hier für alle Messungen die Art der Stromversorgung technisch eindeutig identifizierbar.

Drosselung

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

Postleitzahl

Messungen mit ungültiger Postleitzahl (nicht vergebene Postleitzahlen, Postfächer³) wurden verworfen.

³ Postleitzahlen für Postfächer blieben unberücksichtigt, weil diese keinen unmittelbaren geografischen Bezug aufweisen.

Internationale Messungen

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

Anbieter

Die Validierung der Anbieterbezeichnung erfolgte 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 außerhalb des Studienfokus

Im stationären Bereich wurden bei browserbasierten Messungen Breitbandanschlüsse mit vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsraten von 2 Mbit/s bis kleiner 500 Mbit/s im Download betrachtet. Bei Messungen der Desktop-App lag der Fokus auf vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsraten von 2 Mbit/s bis kleiner gleich 2,5 Gbit/s im Download. Bei mobilen Breitbandanschlüssen wurden geschätzte maximale Datenübertragungsraten von 2 Mbit/s bis kleiner gleich 500 Mbit/s im Download betrachtet.

Messungen von Breitbandanschlüssen außerhalb der genannten Bereiche wurden von der Auswertung ausgeschlossen.

Test- und Kontrollmessungen

Test- und Kontrollmessungen sind nicht in die Auswertung eingeflossen.

Technisch nicht valide Messungen

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

Im Berichtszeitraum trat dies bei der Browsermessung mit folgenden Browsern und Betriebssystemen auf:

Bei Nutzung des Safari Browsers unter MacOS bestand bei Messungen von Internetzugangsdiensten mit hoher Datenübertragungsrate die Möglichkeit, dass zu geringe Werte gemessen wurden. Ursache ist die unzureichende Performance der Browser-Implementierung. Der Endkunde erhielt bei Nutzung des Safari Browsers nach der Messung folgenden Hinweis, wenn die vertraglich vereinbarte maximale Download-Datenübertragungsrate des Anschlusses 250 Mbit/s oder mehr betrug:

Bei Verwendung des Safari Browsers unter Mac OS können die Download-Messergebnisse bei der von Ihnen angegebenen Datenübertragungsrate ggf. von der tatsächlich zur Verfügung stehenden Bandbreite abweichen.

Bitte nutzen Sie zur Durchführung der Messung einen alternativen Browser.

Die Messwerte für Internetzugangsdienste mit vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsraten ab 250 Mbit/s im Download, die mit Safari gemessen wurden, wurden von der Untersuchung ausgeschlossen.

Bei Nutzung des Betriebssystems Windows 7 bestand bei Messungen von Internetzugangsdiensten mit hoher Datenübertragungsrate die Möglichkeit, dass zu geringe Werte gemessen wurden. Ursache ist hier die unzureichende Performance der Betriebssystem-Implementierung. Der Endkunde erhielt bei Nutzung des Betriebssystems Windows 7 nach der Messung folgenden Hinweis, wenn die vertraglich vereinbarte maximale Download Datenübertragungsrate des Anschlusses 250 Mbit/s oder mehr betrug:

Bei Verwendung des Betriebssystems Windows 7 können die Download-Messergebnisse bei der von Ihnen angegebenen Datenübertragungsrate ggf. von der tatsächlich zur Verfügung stehenden Bandbreite abweichen.

Die Messwerte für Internetzugangsdienste mit vertraglich vereinbarten maximalen Datenübertragungsraten ab 250 Mbit/s im Download, die unter Windows 7 gemessen wurden, wurden von der Untersuchung ausgeschlossen.

Bei einem Teil der Messungen, die mit der Mobile-App erfolgten, konnte die Mobilfunktechnologie, unter der die Messung stattfand, nicht fehlerfrei und eindeutig aus der Endgeräteschnittstelle ausgelesen werden. Diese Messungen wurden verworfen.

Tariflich nicht valide Messungen bei Mobile-App

Messungen über die Breitbandmessung/Funkloch-App, bei denen zwischen Tarifauswahl und Durchführung der Messung die Zugangstechnologie von WLAN auf Mobilfunk wechselte, wurden von der Untersuchung ausgeschlossen, da in diesem Fall ansonsten eine Mobilfunkmessung einem Festnetztarif zugeordnet worden wäre.

Ausreißer

Messwerte mit einer ermittelten prozentualen Datenübertragungsrate jenseits von 120 % (Ausreißer) wurden von der Analyse ausgeschlossen.⁴

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 bekannter Tarifinformationen. Der Endkunde weist die vertraglich zugesicherte (im Mobilfunk: geschätzte) maximale Datenübertragungsrate daher teilweise zu niedrig oder zu hoch aus. Dies spiegelt sich in zu hohen bzw. zu niedrigen prozentualen Datenübertragungsraten wieder.

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.

⁴ Dies entspricht dem Vorgehen der Messstudien zur Initiative Netzqualität und der Vorjahresberichte.

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. 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 Breitbandanschlüssen 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.

Mehrfachmessungen werden unter Berücksichtigung der Router-ID erkannt. In dem Fall, dass die Router-ID nicht vorhanden ist, wurde bei den Browsermessungen eine Kombination aus PLZ, Browser-Cookie und Client-IP Hashcode für die Erkennung herangezogen. Mit der Einführung der Desktop-App Einzelmessungen wird statt dieser Kombination die Installations-ID verwendet, wenn die Router-ID nicht vorhanden ist.

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

Reduktion von Messungen für Stichprobenvergleich

Um den Vergleich der Stichproben zwischen Messclient Web und Desktop-App zu ermöglichen, wurden Messungen der Desktop-App mit Datenübertragungsraten von größer gleich 500 Mbit/s für den Bericht verworfen.

3.3 Statistisches Monitoring

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

Die während des Berichtsjahres durchgeführten, validierten Messungen wurden dann 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 Breitbandanschlüsse

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

Bandbreitenklassen

Für die Zwecke des statistischen Monitorings wurden die Datenübertragungsraten in die folgenden Bandbreitenklassen zusammengefasst:⁵

- 2 Mbit/s bis kleiner 10 Mbit/s
- 10 Mbit/s bis kleiner 30 Mbit/s
- 30 Mbit/s bis kleiner 100 Mbit/s
- 100 Mbit/s bis kleiner 500 Mbit/s⁶

⁵ Referenzverteilung gemäß Bandbreiteclusterung der Europäischen Kommission COCOM mit Stand von Ende 2020.

⁶ Die Referenzverteilung enthält in dieser Klasse Breitbandanschlüsse bis 1 Gbit/s.

Anbieter

Für das statistische Monitoring wurden die Marktanteile der neun größten Anbieter mit der Stichprobe abgeglichen (vgl. Tabelle 3.2).

Damit wurden 94 % 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 Q3/2021)

Stationäre Breitbandanschlüsse	
Anbieter	Marktanteil
Telekom	38,7%
Vodafone	30,2%
1&1	11,7%
Telefónica	6,3%
EWE	1,9%
PYUR	1,6%
M-net	1,4%
NetCologne	1,1%
Deutsche Glasfaser	1,1%
Sonstige	6,0%

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 aus der Bevölkerungsverteilung gemäß Gemeindeverzeichnis⁷ ermittelt.

Geografische Bereiche

Zudem wurde untersucht, wie sich die ermittelten Datenübertragungsraten auf städtische, halbstädtische und ländliche Regionen verteilen. Dabei wurde jede Messung basierend auf der Bevölkerungsdichte des jeweiligen Postleitzahlgebietes unter Prüfung der Gültigkeit der angegebenen Postleitzahl⁸ einem geografischen Bereich (städtisch, halbstädtisch oder ländlich) zugeordnet.

Die Referenzwerte für das statistische Monitoring wurden aus dem Gemeindeverzeichnis⁹ ermittelt.

Grundlage hierfür waren die vom Statistischen Amt der Europäischen Gemeinschaft (Eurostat) in Zusammenarbeit mit den Mitgliedstaaten entwickelten Kriterien:¹⁰

- Städtisch: Bevölkerungsdichte größer als 500 Einwohner/km²
- Halbstädtisch: Bevölkerungsdichte 100 bis 500 Einwohner/km²
- Ländlich: Bevölkerungsdichte weniger als 100 Einwohner/km²

3.3.2 Mobile Breitbandanschlüsse

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

⁷ Quelle: Statistisches Bundesamt: Gemeindeverzeichnis, Gebietsstand: 30.09.2021 (3. Quartal), Erscheinungsdatum: 31.08.2021

⁸ Postleitzahlen für Postfächer blieben unberücksichtigt, weil diese keinen unmittelbaren geografischen Bezug aufweisen.

⁹ Quelle: Statistisches Bundesamt: Gemeindeverzeichnis, Gebietsstand: 30.09.2021 (3. Quartal), Erscheinungsdatum: 31.08.2021

¹⁰ Quelle: Pressemitteilung Nr.237 vom 30.05.2005 des Stat. Bundesamtes

3.4 Statistische Auswertung der Daten

Die TK-Transparenzverordnung¹¹ 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 Breitbandanschlüsse 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.

¹¹ Anlage zu § 9 Absatz 1 der TK-Transparenzverordnung, veröffentlicht im Bundesgesetzblatt Jahrgang 2016 Teil I Nr. 62.

3.5 Darstellungsparameter

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

Bandbreiteklassen

Die Datenübertragungsraten werden in die folgenden Bandbreiteklassen zusammengefasst:¹²

- 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
- 500 Mbit/s (nur für mobile Breitbandanschlüsse)

Anbieter

Die Messergebnisse werden für Anbieter von stationären und mobilen Breitbandanschlüssen aufbereitet.

Im Jahresbericht werden jeweils die 10 Anbieter mit der größten Anzahl valider Messungen dargestellt. Alle anderen Anbieter, für die hinreichend¹³ viele Messungen vorliegen, können dem Internetangebot auf [➔ https://breitbandmessung.de/interaktive-darstellung](https://breitbandmessung.de/interaktive-darstellung) entnommen werden. Die weiteren Anbieter werden unter „Sonstige“ zusammengefasst.

¹² Im Gegensatz zu den Bandbreiteklassen, die dem statistischen Monitoring zugrunde liegen, wurden die Bandbreiteklassen 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.

¹³ Zur Erläuterung des Kriteriums siehe 3.7.

Geografische Bereiche

Außerdem werden unterschiedliche Regionen dargestellt. Bei stationären Breitbandanschlüssen wurde jede Messung basierend auf der Bevölkerungsdichte des jeweiligen Postleitzahlgebietes unter Prüfung der Gültigkeit der angegebenen Postleitzahl¹⁴ einem geografischen Bereich (städtisch, halbstädtisch oder ländlich) zugeordnet. Bei mobilen Breitbandanschlüssen erfolgte die Zuordnung zu den Postleitzahlgebieten und den zugehörigen geografischen Bereichen auf Basis der erfassten Geoposition.

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 auch nach Bundesländern dargestellt.¹⁵ Dabei werden nur Bundesländer einzeln betrachtet, für die hinreichend¹⁶ viele Messungen vorliegen.

Tageszeitlicher Verlauf

Der tageszeitliche Verlauf wird in Zeitfenstern von drei Stunden dargestellt; das erste Zeitfenster beginnt um 0 Uhr und endet um 2:59:59 Uhr. Dabei wird jeweils der Median¹⁷ aller Messungen ermittelt, deren Messzeitpunkt in das jeweilige 3-Stunden Zeitfenster fällt.

Quartalsverlauf

Um Entwicklungen innerhalb des Berichtszeitraums zu erkennen, werden die einzelnen Quartale des Berichtsjahres hinsichtlich des jeweils ermittelten Verhältnisses von ermittelter zu vertraglich vereinbarter Datenübertragungsrate abgebildet.¹⁵

¹⁴ Postleitzahlen für Postfächer blieben unberücksichtigt, weil diese keinen unmittelbaren geografischen Bezug aufweisen.

¹⁵ Diese Auswertung findet sich ausschließlich unter
➔ <https://breitbandmessung.de/interaktive-darstellung>.

¹⁶ Zur Erläuterung des Kriteriums siehe 3.7.

¹⁷ Die Definition des Medians erfolgt in Kapitel 3.6, Abschnitt „Boxplots“.

Der Berichtszeitraum umfasst die folgenden Quartale: 4. Quartal 2020, 1. Quartal 2021, 2. Quartal 2021 sowie das 3. Quartal 2021.¹⁸

Kundenzufriedenheit

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

3.6 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 3.1 zeigt beispielhaft zwei empirische Verteilungsfunktionen für die prozentuale Datenübertragungsrate. Dargestellt wird 1 minus der empirischen Verteilungsfunktion, also die empirische Überlebensfunktion $1 - F(x)$, da diese Darstellung für die intendierte Betrachtung besser geeignet erscheint. Diese Darstellung wird dadurch ermittelt, dass die gemessene Datenübertragungsrate durch die vom Nutzer angegebene vertraglich vereinbarte maximale Datenübertragungsrate des Anschlusses geteilt und anschließend mit

¹⁸ Aufgrund der Umstellung auf Desktop-App Messung erfolgt diese Darstellung in diesem Jahresbericht nur für mobile Breitbandanschlüsse.

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.

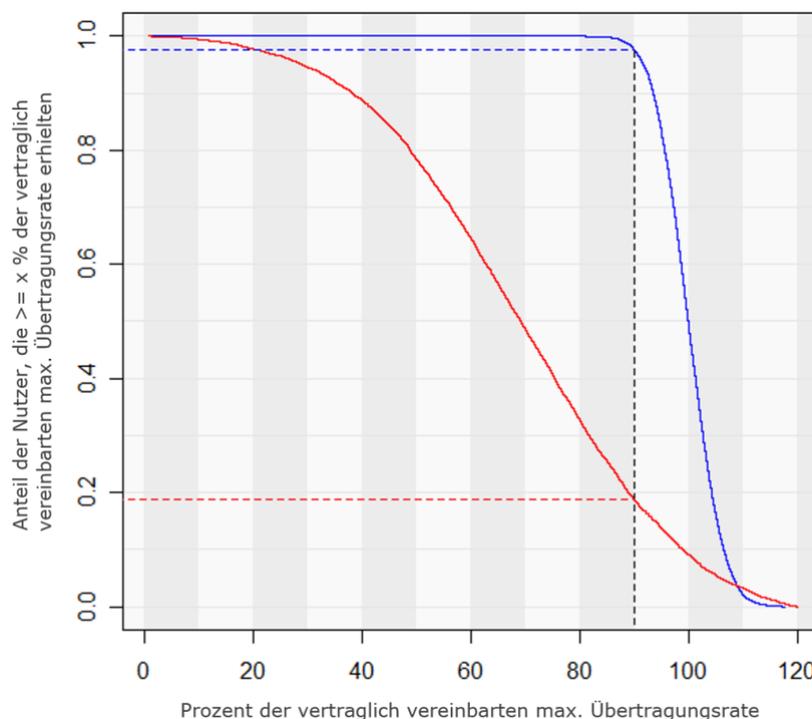


Abbildung 3.1: Beispiel für zwei empirische Verteilungsfunktionen ($y=1-F(x)$) der prozentual erreichten Datenübertragungsrate

Entsprechend zu Abbildung 3.1 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 auf einen Blick 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 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 Median¹⁹ 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

¹⁹ 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.

etwa in der Mitte der Box sowie Whisker gleicher Länge auf eine symmetrische Verteilung hinweisen.

Die Abbildung 3.2 zeigt ein Beispiel für einen Boxplot sowie das dazugehörige Histogramm.

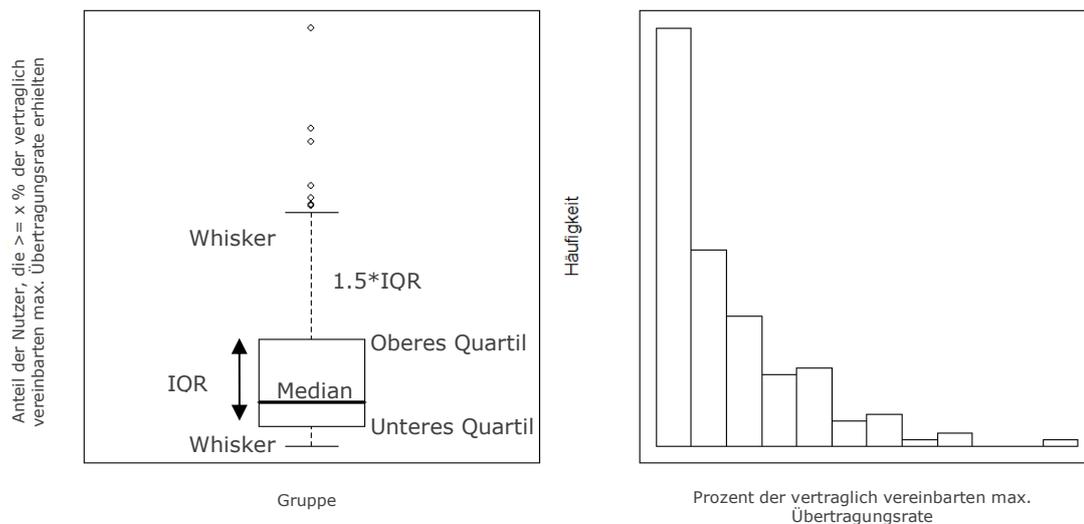


Abbildung 3.2: Beispiel für einen Boxplot und das zugehörige Histogramm

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.²⁰

²⁰ Diese Tabellen finden sich ausschließlich unter
[➔ https://breitbandmessung.de/interaktive-darstellung](https://breitbandmessung.de/interaktive-darstellung).

3.7 Darstellungsvoraussetzung

Ergebnisse für einzelne Bandbreitklassen, Anbieter, Regionen, etc. werden 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.

4 Datengrundlage

Die in diesem Bericht betrachteten Messungen stationärer Breitbandanschlüsse wurden vom 01.10.2020 bis zum 01.02.2021 per Browsermessung durchgeführt. Vom 01.02.2021 bis zum 30.09.2021 erfolgte die Messung über die Desktop-App.

Die in diesem Bericht dargestellten Messungen mobiler Breitbandanschlüsse wurden vom 01.10.2020 bis zum 30.09.2021 mittels Breitbandmessung/Funkloch-App durchgeführt.

4.1 Validierung

4.1.1 Stationäre Breitbandanschlüsse Desktop-App Messung

Die Validierung wurde gemäß Tabelle 3.1 durchgeführt. Von den 1.899.364 durchgeführten Messungen wurden aufgrund der kaskadierten Validierungsschritte 1.731.379 Messungen verworfen.

Tabelle 4.1 zeigt die Anzahl der in den einzelnen Validierungsschritten verworfenen Datensätze. Die Stichprobe verkleinert sich vor allem durch das Verwerfen von WLAN-Messungen und durch die Reduktion von Mehrfachmessungen auf die letzte Messung im Quartal (für Details zu den Validierungsschritten s. 3.2).

Weiterhin treten die automatisch ermittelten Einflussfaktoren Messung ohne ausreichende Leistung der Netzwerkkarte und Messung ohne Anschluss an die Stromversorgung deutlich in Erscheinung. Sie führten bei 3,9 % bzw. 3,2 % der Messungen zum Ausschluss.

Tabelle 4.1: Anzahl der bei der Validierung verworfenen Datensätze für stationäre Breitbandanschlüsse bei Desktop-App Messungen

Verworfenen Datensätze		
Validierungsschritt	Anzahl	Anteil
Gesamtanzahl Messungen	1.899.364	100,00%
Verwerfen von Messungen über WLAN lt. technischer Erkennung	657.162	34,60%
Verwerfen von Messungen ohne ausreichende Leistung der Netzwerkkarte lt. technischer Erkennung	73.484	3,87%
Verwerfen von Messungen ohne Anschluss an Stromversorgung lt. technischer Erkennung	60.474	3,18%
Verwerfen von Messungen mit Drosselung lt. Endkundenangabe	705	0,04%
Verwerfen von Messungen mit ungültiger Postleitzahl	5.526	0,29%
Verwerfen internationaler Messungen	3.589	0,19%
Verwerfen von Messungen mit Widerspruch zwischen Anbieterangabe und techn. Validierung	43.048	2,27%
Verwerfen von Messungen mit Anschlussgeschwindigkeit außerhalb des Studienfokus	890	0,05%
Verwerfen von Test- und Kontrollmessungen	19.825	1,04%
Verwerfen von Ausreißern	56.937	3,00%
Reduktion von Mehrfachmessungen auf die letzte Messung im Quartal	784.044	41,28%
Reduktion von Messungen für Stichprobenvergleich	25.695	1,35%
Anzahl valider Messungen	167.985	8,84%

4.1.2 Stationäre Breitbandanschlüsse Browsermessung

Die Validierung wurde gemäß Tabelle 3.1 durchgeführt. Von den 1.467.236 durchgeführten Messungen wurden aufgrund der kaskadierten Validierungsschritte 1.151.598 Messungen verworfen.

Tabelle 4.2 zeigt die Anzahl der in den einzelnen Validierungsschritten verworfenen Datensätze. Die Stichprobe verkleinert sich 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. 3.2).

Weitere Einflussfaktoren der Endnutzerumgebung wie paralleler Datenverkehr, Powerline etc. 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.

Für einen Vergleich der Anzahl valider Messungen zum Vorjahr wird der Anteil von vier Monaten an der Gesamtzahl valider Messungen herangezogen (2019/2020: gesamt 949.414 Messungen, erwartete Anzahl für vier Monate 316.471 Messungen). Die Zahl beobachteter valider Messungen von 315.638 Messungen (vier Monate in 2020/2021) hat sich gegenüber der erwarteten Anzahl basierend auf den Vorjahreszahlen leicht verringert.

Im Vergleich zur Desktop-App (s. Kapitel 4.1.1) sind deutlich mehr valide Messungen erfolgt, obwohl der Zeitraum von vier Monaten nur der Hälfte des Zeitraums der Desktop-App Messungen entsprach (acht Monate).

Tabelle 4.2: Anzahl der bei der Validierung verworfenen Datensätze für stationäre Breitbandanschlüsse (Browsermessung)

Verworfenen Datensätze		
Validierungsschritt	Anzahl	Anteil
Gesamtanzahl Messungen	1.467.236	100,00%
Verwerfen von Messungen über WLAN lt. Endkundenangabe	621.798	42,38%
Verwerfen von Messungen ohne Beachtung der weiteren Einflussfaktoren lt. Endkundenangabe	16.386	1,12%
Verwerfen von Messungen mit Drosselung lt. Endkundenangabe	1.409	0,10%
Verwerfen von Messungen mit ungültiger Postleitzahl	7.721	0,53%
Verwerfen internationaler Messungen	4.384	0,30%
Verwerfen von Messungen mit Widerspruch zwischen Anbieterangabe und techn. Validierung	54.880	3,74%
Verwerfen von Messungen mit Anschlussgeschwindigkeit außerhalb des Studienfokus	4.134	0,28%
Verwerfen von Test- und Kontrollmessungen	2.255	0,15%
Verwerfen von technisch nicht validen Messungen	6.452	0,44%
Verwerfen von Ausreißern	52.819	3,60%
Reduktion von Mehrfachmessungen auf die letzte Messung im Quartal	379.360	25,86%
Anzahl valider Messungen	315.638	21,51%

4.1.3 Mobile Breitbandanschlüsse

Die Validierung wurde gemäß Tabelle 3.1 durchgeführt. Von den 4.784.368 durchgeführten Messungen wurden aufgrund der kaskadierten Validierungsschritte 4.343.135 Messungen verworfen.

Tabelle 4.3 zeigt die Anzahl der in den einzelnen Validierungsschritten verworfenen Datensätze. Über 86 % der mit der App durchgeführten Messungen erfolgten über WLAN und wurden somit von der Auswertung bzgl. mobiler Breitbandanschlüsse ausgeschlossen.

Tabelle 4.3: Anzahl der bei der Validierung verworfenen Datensätze für mobile Breitbandanschlüsse

Verworfenе Datensätze		
Validierungsschritt	Anzahl	Anteil
Gesamtanzahl Messungen	4.784.368	100,00%
Verwerfen von Messungen über WLAN lt. technischer Erkennung	4.126.469	86,25%
Verwerfen von Messungen mit Drosselung lt. Endkundenangabe	36.790	0,77%
Verwerfen internationaler Messungen	2.085	0,04%
Verwerfen von Messungen mit Widerspruch zwischen Anbieterangabe und techn. Validierung	97.315	2,03%
Verwerfen von Messungen mit Anschlussgeschwindigkeit außerhalb des Studienfokus	723	0,02%
Verwerfen von Test- und Kontrollmessungen	2.971	0,06%
Verwerfen von technisch nicht validen Messungen	30.342	0,63%
Verwerfen von tariflich nicht validen Messungen	6.103	0,13%
Verwerfen von Ausreißern	40.337	0,84%
Anzahl valider Messungen	441.233	9,22%

Im Vergleich zum Vorjahreszeitraum hat sich die Zahl valider Messungen von 448.058 Messungen (2019/2020) auf 441.233 (2020/2021) verringert. Diese Entwicklung ist primär auf einen weiteren Anstieg an WLAN-Messungen zurückzuführen, die in der Validierung aussortiert wurden (WLAN-Anteil 2019/2020: 84,5 %; 2020/2021: 86,3 %). Die Gesamtanzahl der erfassten Messungen ist dagegen gegenüber der Vorjahresmessperiode deutlich gestiegen (2019/2020: 3.938.630; 2020/2021: 4.784.368).

4.2 Statistisches Monitoring

Nach erfolgter technischer Validierung verblieben für den sechsten Jahresbericht der Breitbandmessung für stationäre Breitbandanschlüsse mittels Desktop-App Messung 167.985, mittels Browsermessung 315.638 und für mobile Breitbandanschlüsse 441.223 valide Messungen.

4.2.1 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 für den stationären Bereich Bandbreitklassen, Anbieter, Bundesländer und geografische Bereiche (städtisch, halbstädtisch, ländlich).

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

4.2.2 Stationäre Breitbandanschlüsse Desktop-App Messung

Bandbreitklassen

In Abbildung 4.1 wird die Verteilung der Breitbandanschlüsse der Teilnehmer auf Bandbreitklassen dargestellt. Als Referenzverteilung wurde die Verteilung aller Breitbandanschlüsse in Deutschland gewählt.²¹

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

²¹ Referenzverteilung gemäß Bandbreiteclustering der Europäischen Kommission COCOM.

Verteilung der Bandbreiteklasse

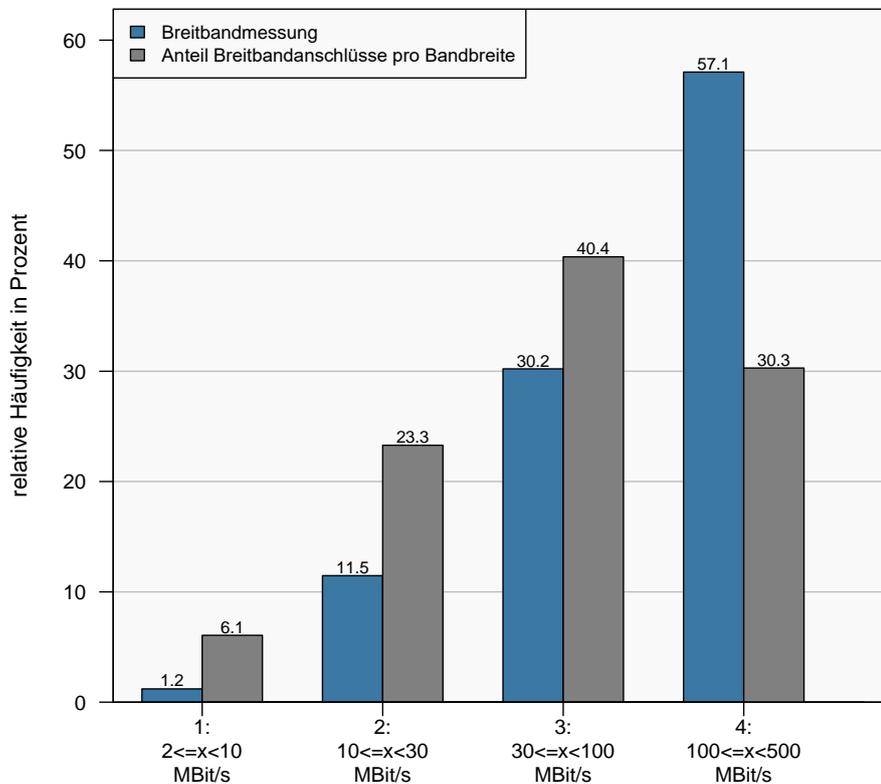


Abbildung 4.1: Stationäre Breitbandanschlüsse Desktop-App: Verteilung der Breitbandanschlüsse der Teilnehmer nach Bandbreiteklasse im Vergleich zur Referenzverteilung
(Quelle Referenzverteilung: Bundesnetzagentur, Stand: 31.12.2020)²²

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

²² Die Referenzverteilung enthält in der Bandbreiteklasse 4 Breitbandanschlüsse bis kleiner 1 Gbit/s.

Anbieter

In Abbildung 4.2 werden die prozentualen Anteile der Anbieter in der Stichprobe mit den Marktanteilen der Anbieter laut VATM TK-Marktanalyse vom 28.10.2021 verglichen (s. 3.3.1).

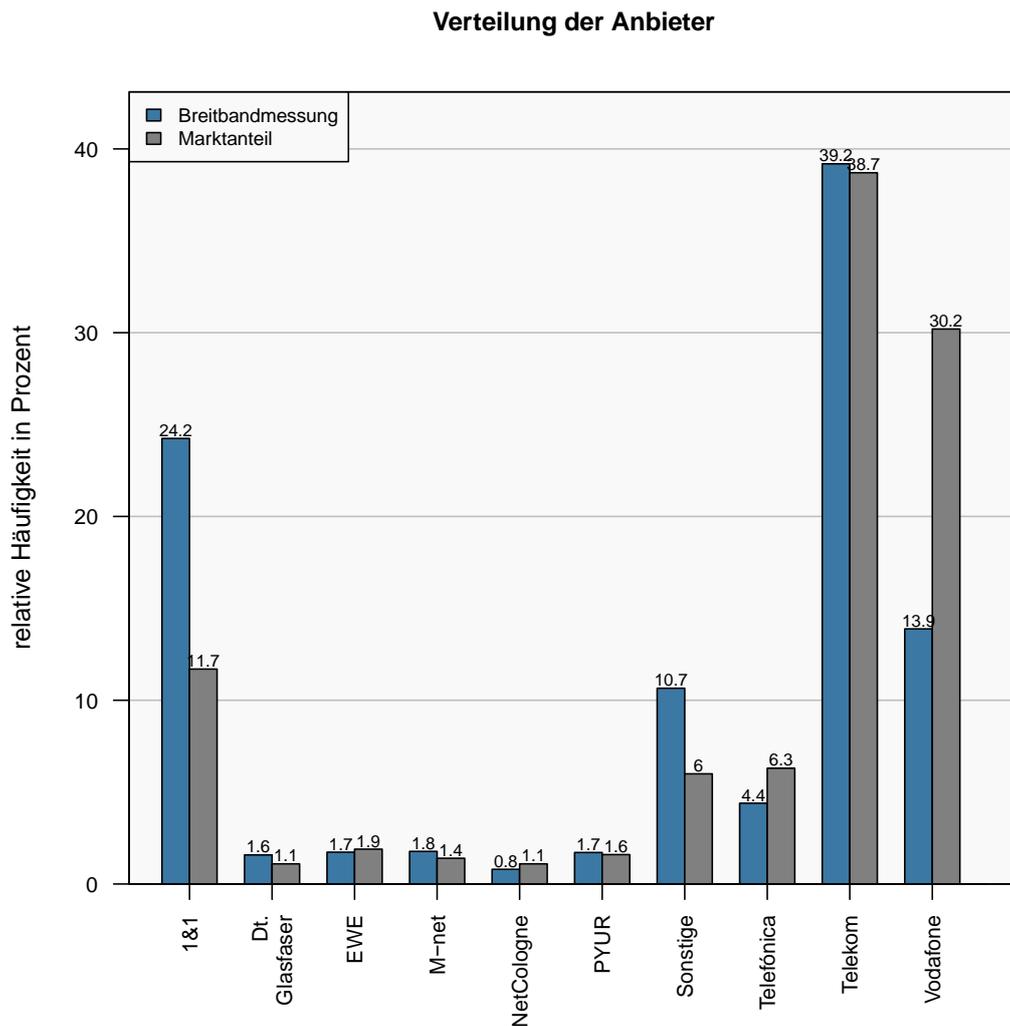


Abbildung 4.2: Stationäre Breitbandanschlüsse Desktop-App: Verteilung der Anbieter im Vergleich zu den VATM TK-Marktanteilen
(Quelle Referenzverteilung: VATM TK-Marktanalyse Q3/2021)

Insgesamt zeigt sich, dass bei der Verteilung der Anbieter in einigen Fällen Abweichungen von der Grundgesamtheit festgestellt werden.

Insbesondere sind Vodafone-Breitbandanschlüsse deutlich unterrepräsentiert und 1&1-Breitbandanschlüsse deutlich überrepräsentiert.

Für die Telekom als Anbieter mit den meisten Kundenmessungen ist der Anteil in der Stichprobe in guter Übereinstimmung mit dem Anteil in der Referenzverteilung. Breitbandanschlüsse kleinerer Anbieter (zusammengefasst unter Sonstige) sind verhältnismäßig stark vertreten.

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

Grundlage zur Ermittlung der Verteilung der Breitbandanschlüsse auf die Bundesländer war das Gemeindeverzeichnis des Statistischen Bundesamtes (s. 3.3.1). Die Messungen spiegeln die regionale Verteilung der Breitbandanschlüsse auf die Bundesländer größtenteils sehr gut wider.

Verteilung der Bundesländer

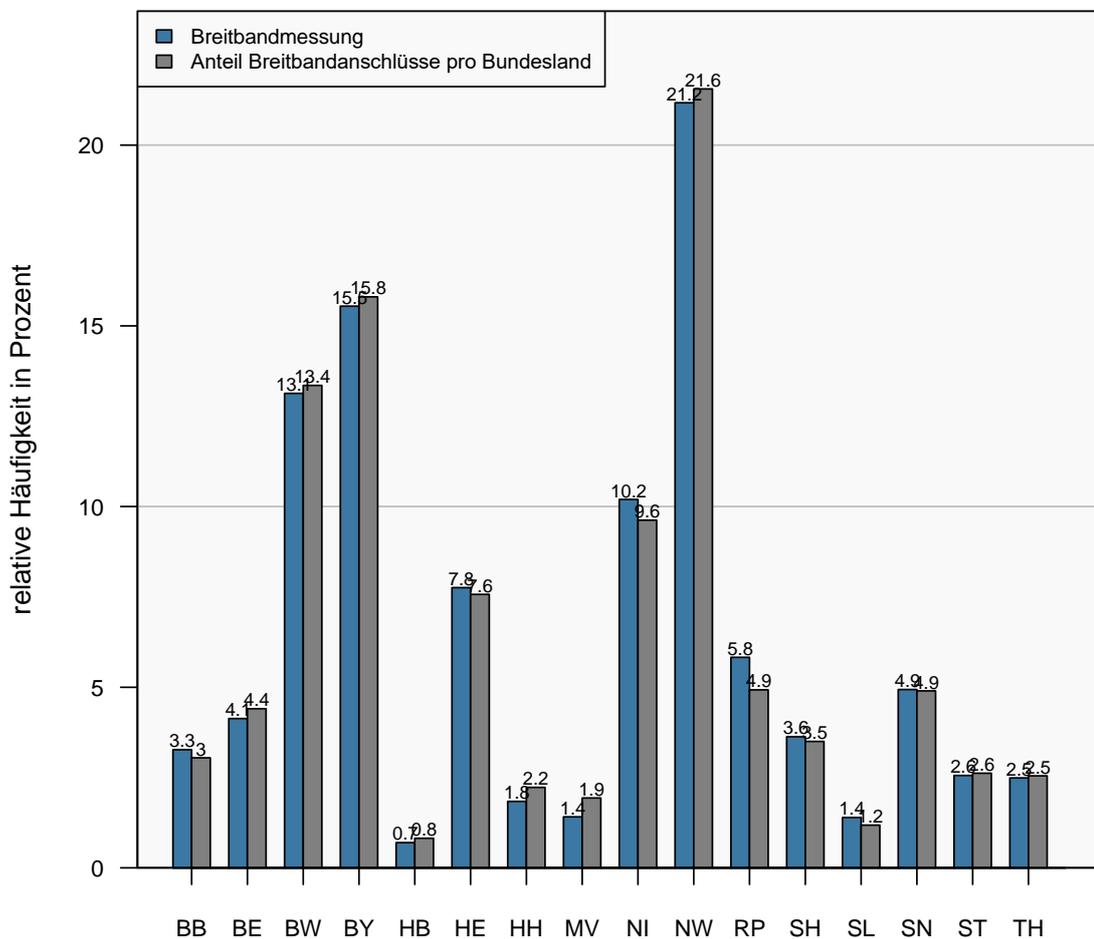


Abbildung 4.3: Stationäre Breitbandanschlüsse Desktop-App: Verteilung der Teilnehmer auf die Bundesländer im Vergleich zur Verteilung der Breitbandanschlüsse²³
 (Quelle Referenzverteilung: destatis, Stand: 31.12.2020)

²³ 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.

Geografische Bereiche

Anhand der angegebenen Postleitzahlen wurden die Breitbandanschlüsse der Teilnehmer in ländliche, halbstädtische und städtische Breitbandanschlüsse klassifiziert und in Abbildung 4.4 mit der Bevölkerungsverteilung auf diese Regionen verglichen. Als Vergleichsgröße wurde die Bevölkerungsstatistik des Statistischen Bundesamtes herangezogen (s. 3.3.1).

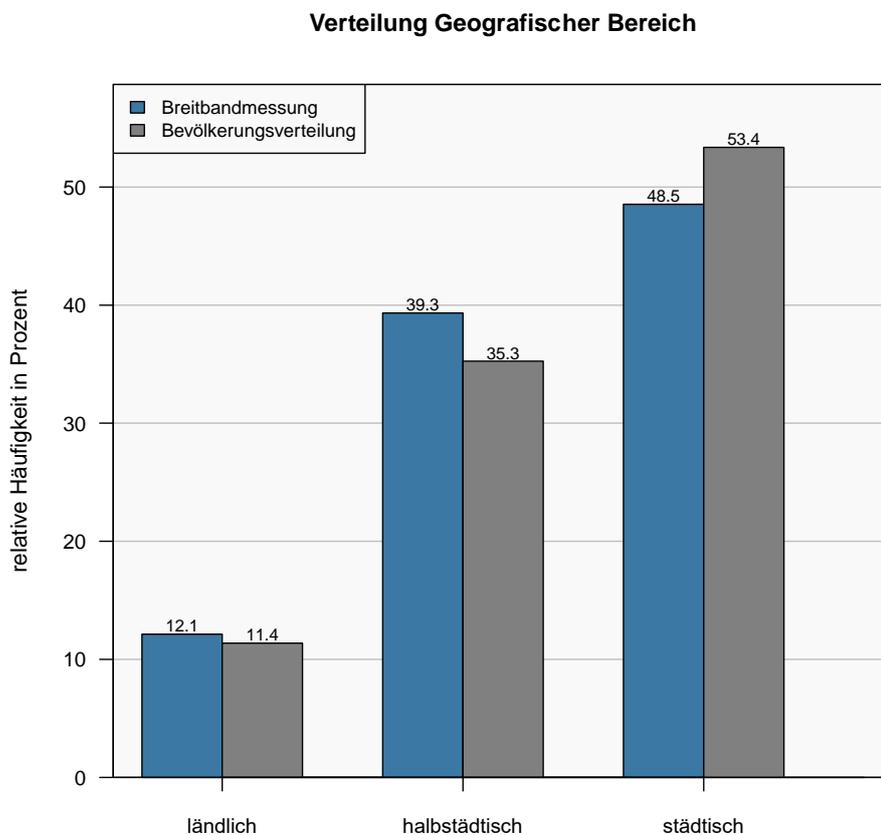


Abbildung 4.4: Stationäre Breitbandanschlüsse Desktop-App: Verteilung der Teilnehmer nach Regionen im Vergleich zur Bevölkerungsstatistik (Quelle Referenzverteilung: destatis, Stand: 30.09.2020)

Hier zeigt sich eine insgesamt gute Verteilung der Messergebnisse im Vergleich zur Referenzverteilung. Es zeigen sich Unterschiede im halbstädtischen und städtischen Bereich. Im halbstädtischen Bereich liegen mehr Messungen vor als entsprechend der Referenzverteilung zu erwarten sind. Umgekehrt verhält es sich im städtischen Bereich.

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 gut annähert.

Im Vergleich zu den VATM-Marktanteilen sind Vodafone-Breitbandanschlüsse deutlich unter- und 1&1-Breitbandanschlüsse überrepräsentiert. Die kleineren Anbieter sind verhältnismäßig stark vertreten.

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

4.2.3 Stationäre Breitbandanschlüsse Browsermessung

Bandbreitklassen

In Abbildung 4.5 wird die Verteilung der Breitbandanschlüsse der Teilnehmer auf Bandbreitklassen dargestellt. Als Referenzverteilung wurde die Verteilung aller Breitbandanschlüsse in Deutschland gewählt.²⁴ Die hier dargestellten Bandbreitklassen dienen ausschließlich dem Vergleich mit der Grundgesamtheit, während bei der eigentlichen Datenauswertung andere, technisch begründete Klassen (s. 3.3.1) gewählt werden.

²⁴ Referenzverteilung gemäß Bandbreiteclustering der Europäischen Kommission COCOM.

Verteilung der Bandbreiteklasse

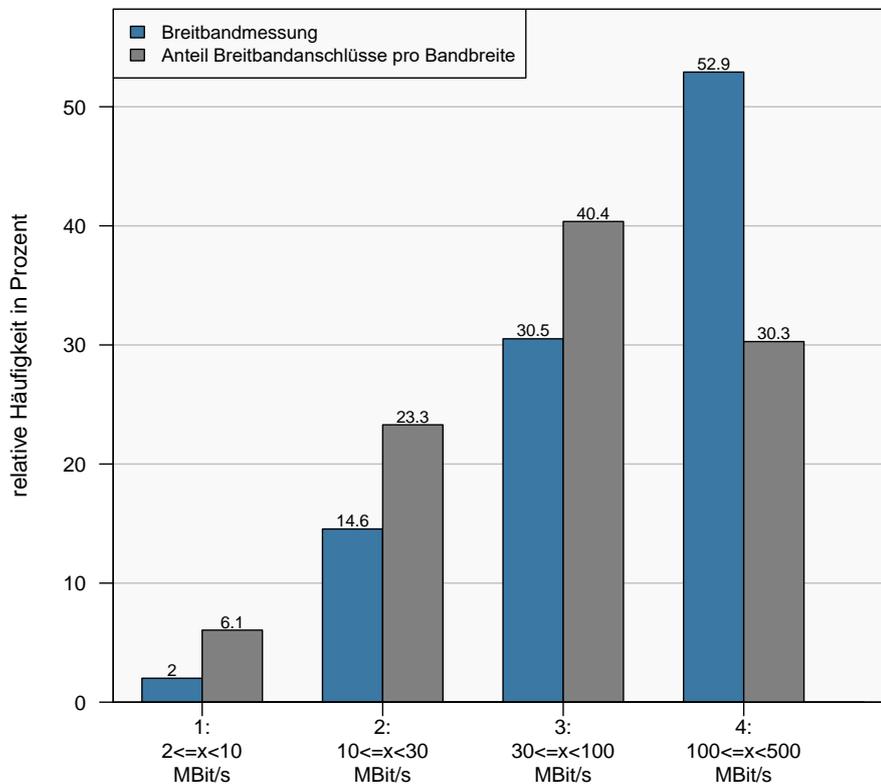


Abbildung 4.5: Stationäre Breitbandanschlüsse Browsermessung: Verteilung der Breitbandanschlüsse der Teilnehmer nach Bandbreiteklasse im Vergleich zur Referenzverteilung (Quelle Referenzverteilung: Bundesnetzagentur, Stand: 31.12.2020)²⁵

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

Im Vergleich zum Vorjahreszeitraum besteht sowohl bei den Referenzwerten als auch bei den Messungen ein klarer Trend hin zu höheren Bandbreiteklasse. Die Differenz zwischen Referenzverteilung und Verteilung der Messwerte der Breitbandmessung ist in den Bandbreiteklasse 3 und 4 größer geworden.

²⁵ Die Referenzverteilung enthält in der Bandbreiteklasse 4 Breitbandanschlüsse bis kleiner 1 Gbit/s.

Anbieter

In Abbildung 4.6 werden die prozentualen Anteile der Anbieter in der Stichprobe mit den Marktanteilen der Anbieter laut VATM TK-Marktanalyse vom 28.10.2021 verglichen (s. 3.3.1).

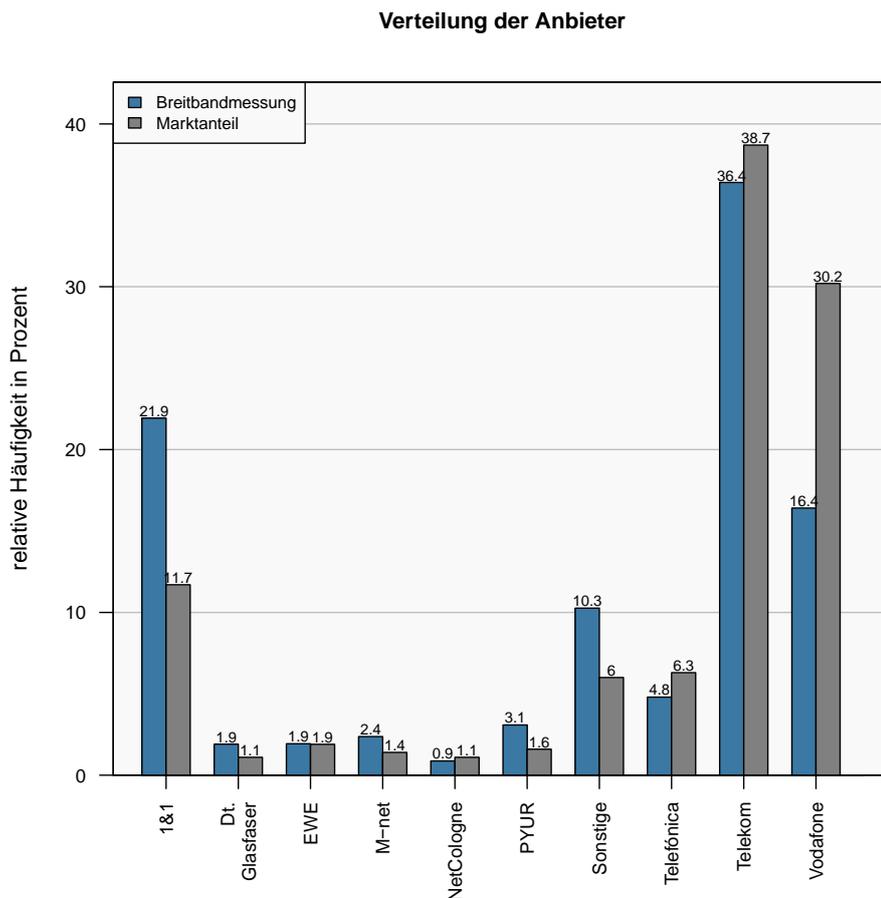


Abbildung 4.6: Stationäre Breitbandanschlüsse Browsermessung: Verteilung der Anbieter im Vergleich zu den VATM TK-Marktanteilen
(Quelle Referenzverteilung: VATM TK-Marktanalyse Q3/2021)

Insgesamt zeigt sich, dass bei der Verteilung der Anbieter in einigen Fällen Abweichungen von der Grundgesamtheit festgestellt werden.

Insbesondere sind Vodafone-Breitbandanschlüsse deutlich unterrepräsentiert und 1&1-Breitbandanschlüsse deutlich überrepräsentiert. Die Differenz hat sich im Vergleich zum Vorjahr deutlich vergrößert. Für die Telekom als Anbieter mit den meisten Kundenmessungen ist der Anteil in der Stichprobe in guter Übereinstimmung mit dem Anteil in der Referenzverteilung. Breitbandanschlüsse kleinerer Anbieter (zusammengefasst unter Sonstige) sind verhältnismäßig stark vertreten - wie bereits im Vorjahr beobachtet.

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

Grundlage zur Ermittlung der Verteilung der Breitbandanschlüsse auf die Bundesländer war das Gemeindeverzeichnis des Statistischen Bundesamtes (s. 3.3.1). Die Messungen spiegeln die regionale Verteilung der Breitbandanschlüsse auf die Bundesländer größtenteils sehr gut wider. Der in den Vorjahreszeiträumen beobachtete Effekt, dass in Baden-Württemberg weniger Messungen von Breitbandanschlüssen durchgeführt wurden, als nach der Verteilung der Breitbandanschlüsse zu erwarten wäre, hat sich stark verringert, eine deutliche Abweichung von der Referenzverteilung ist nicht mehr zu konstatieren.

Verteilung der Bundesländer

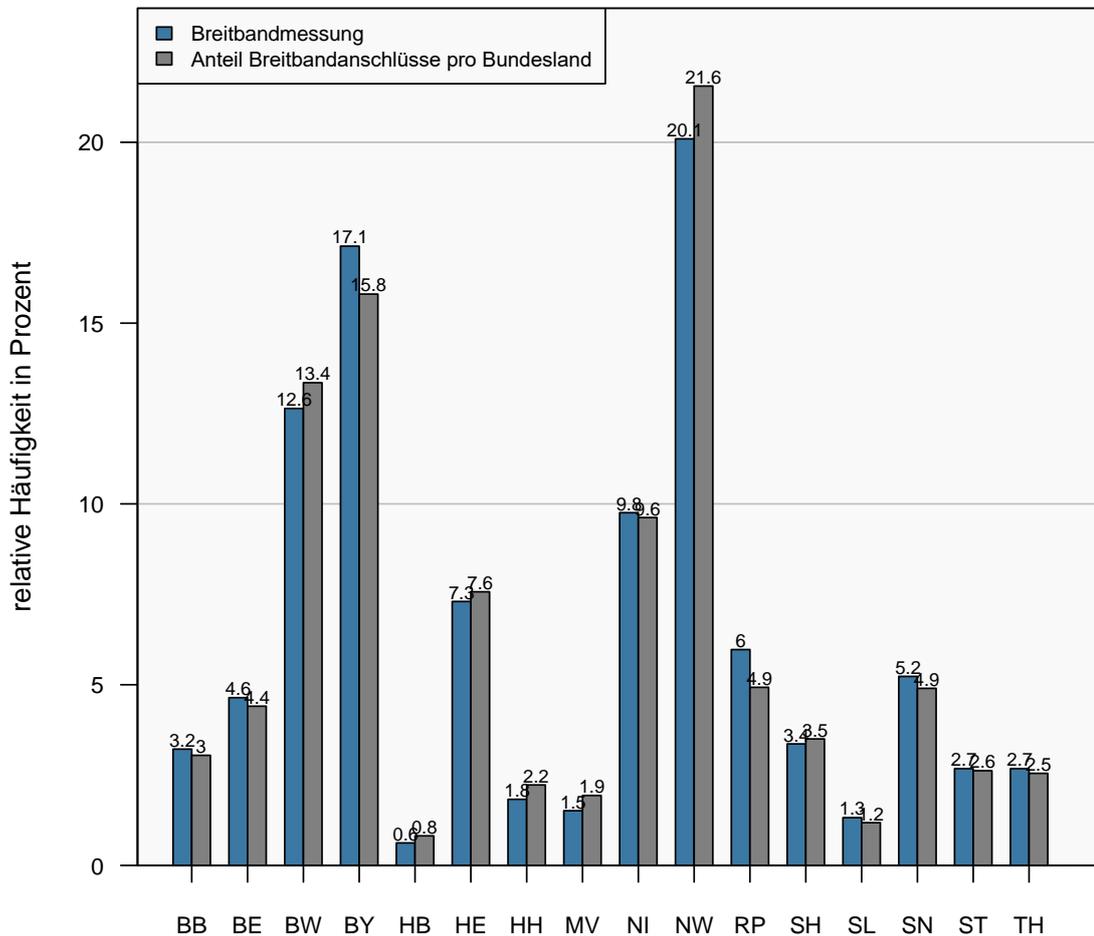


Abbildung 4.7: Stationäre Breitbandanschlüsse Browsermessung: Verteilung der Teilnehmer auf die Bundesländer im Vergleich zur Verteilung der Breitbandanschlüsse²⁶ (Quelle Referenzverteilung: destatis, Stand: 31.12.2020)

²⁶ 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.

Geografische Bereiche

Anhand der angegebenen Postleitzahlen wurden die Breitbandanschlüsse der Teilnehmer in ländliche, halbstädtische und städtische Breitbandanschlüsse klassifiziert und in Abbildung 4.8 mit der Bevölkerungsverteilung auf diese Regionen verglichen. Als Vergleichsgröße wurde die Bevölkerungsstatistik des Statistischen Bundesamtes herangezogen (s. 3.3.1).

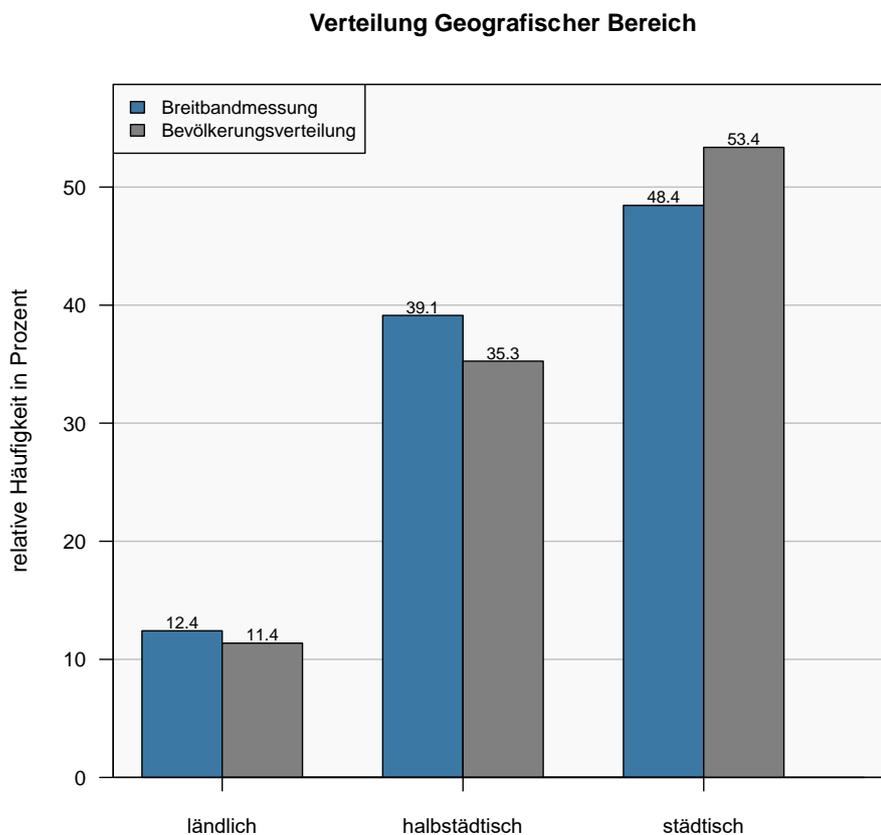


Abbildung 4.8: Stationäre Breitbandanschlüsse Browsermessung: Verteilung der Teilnehmer nach Regionen im Vergleich zur Bevölkerungsstatistik (Quelle Referenzverteilung: destatis, Stand: 31.12.2020)

Hier zeigt sich eine insgesamt gute Verteilung der Messergebnisse im Vergleich zur Referenzverteilung. Es zeigen sich Unterschiede im halbstädtischen und städtischen Bereich. Im halbstädtischen Bereich liegen mehr Messungen vor, als entsprechend der Referenzverteilung zu erwarten sind. Umgekehrt verhält es sich im städtischen Bereich. Diese Verlagerung war bereits im Vorjahreszeitraum zu beobachten. Die Differenzen zwischen den Anteilswerten haben im Vergleich zum Vorjahr leicht zugenommen.

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 gut annähert.

Im Vergleich zu den VATM-Marktanteilen sind Vodafone-Breitbandanschlüsse unter- und 1&1-Anschlüsse überrepräsentiert. Die Differenz hat sich im Vergleich zum Vorjahr deutlich vergrößert. Die kleineren Anbieter sind verhältnismäßig stark vertreten, wie bereits im Vorjahr zu beobachten war.

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

Im Vergleich zum Vorjahreszeitraum besteht sowohl bei der Referenzverteilung als auch bei der Breitbandmessung ein klarer Trend hin zu höheren Bandbreitklassen. Die Differenz zwischen Referenzverteilung und Verteilung der Messwerte der Breitbandmessung ist in den oberen Bandbreitklassen größer geworden.

4.3 Kundenzufriedenheit

4.3.1 Stationäre Breitbandanschlüsse Desktop-App Messung

Die Teilnehmer der Breitbandmessung haben vor Durchführung der Messung anhand von Schulnoten (1 bis 6) angegeben, wie zufrieden sie mit ihrem Anbieter sind. Die weit überwiegende Anzahl der Teilnehmer (80,3 %) bewertete ihren Anbieter positiv (vgl. Abbildung 4.9).

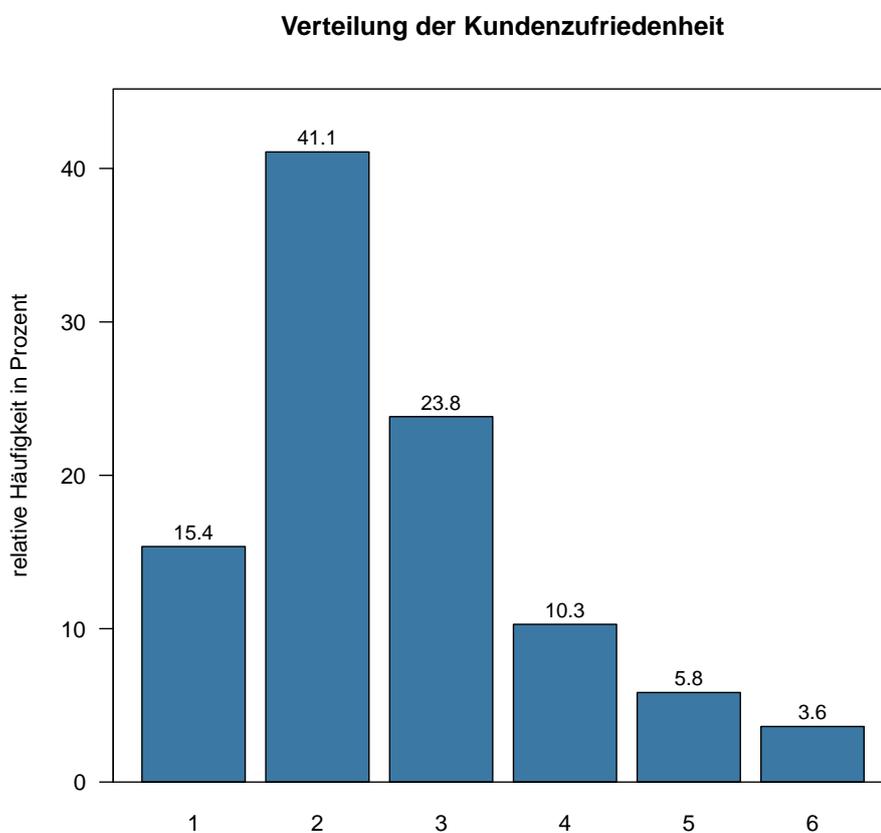
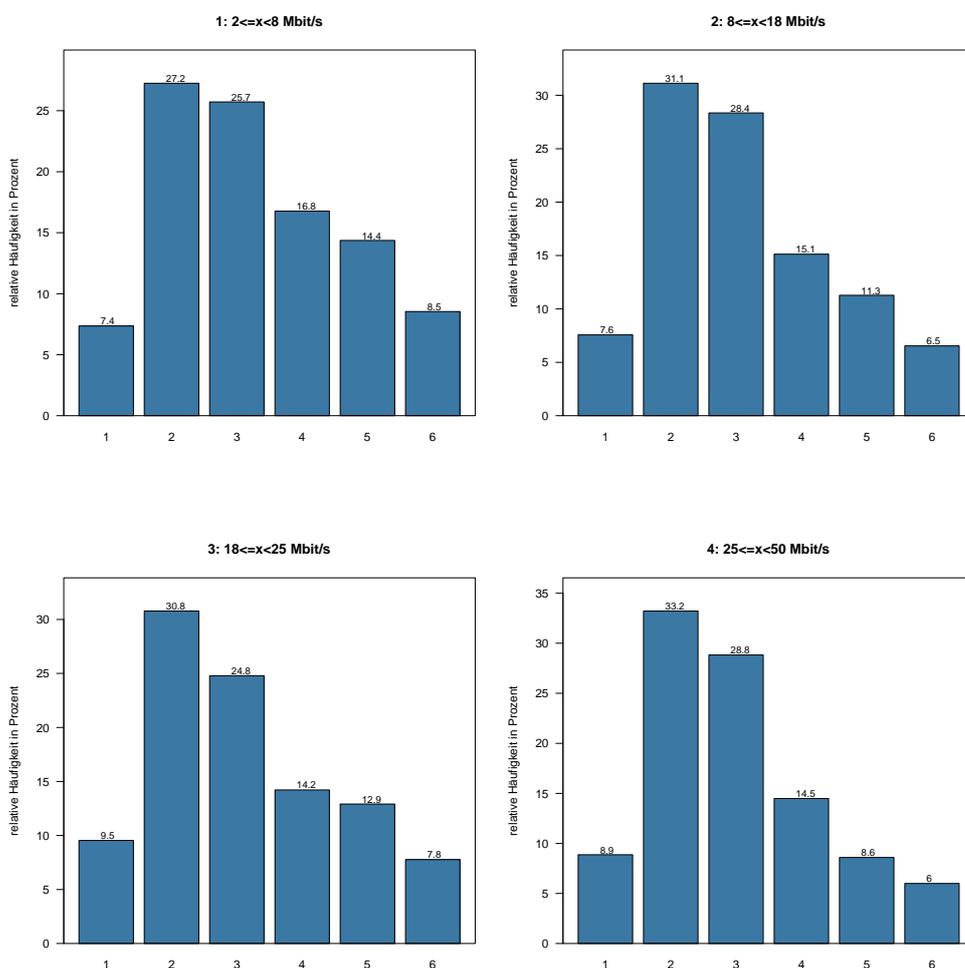


Abbildung 4.9: Stationäre Breitbandanschlüsse Desktop-App Messung: Verteilung der Kundenzufriedenheit der Teilnehmer

Bandbreiteklasse

Betrachtet man die Kundenzufriedenheit in den verschiedenen Bandbreiteklassen (s. Abbildung 4.10), so steigt die beobachtete Kundenzufriedenheit gemessen an der Häufigkeit der Noten von 1 bis 3 für Bandbreiteklassen 1 bis 5 kontinuierlich an, für Bandbreiteklassen 5 und 6 liegen die Anteile bei über 83 %. Für Bandbreiteklasse 7 fällt dieser Anteil etwas ab.



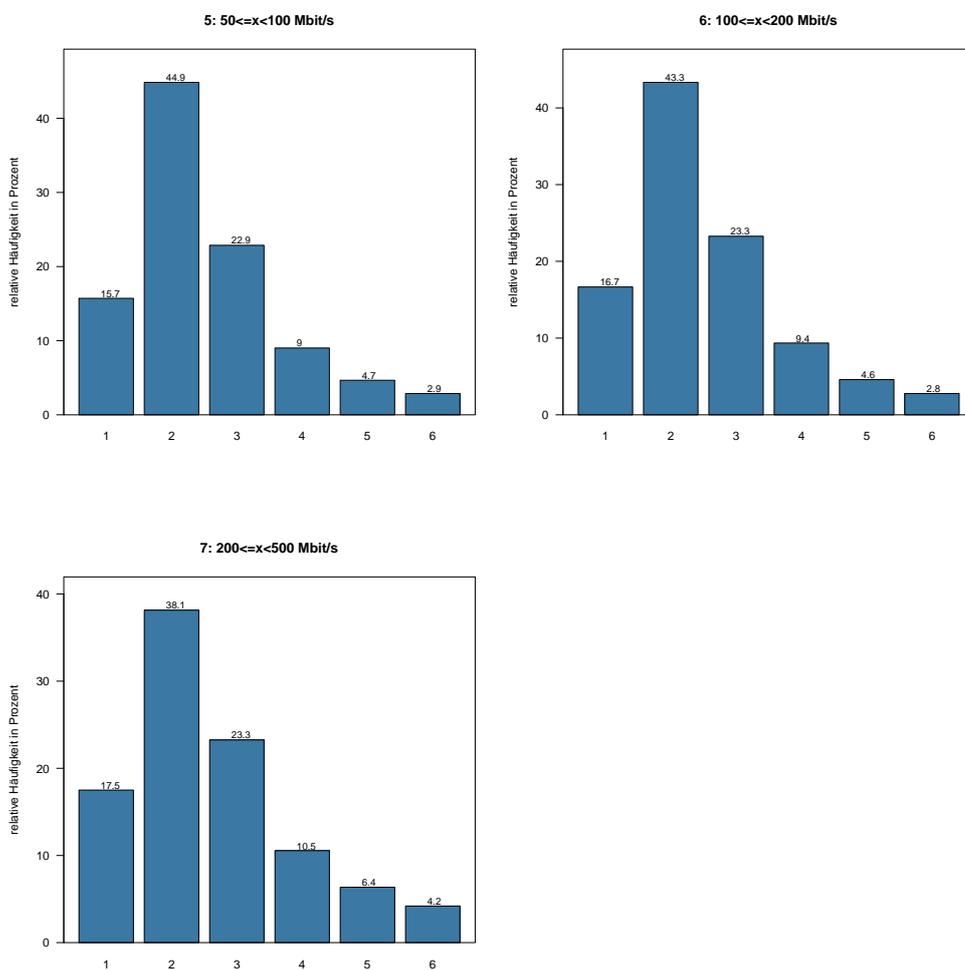


Abbildung 4.10: Stationäre Breitbandanschlüsse Desktop-App Messung: Verteilung der Kundenzufriedenheit der Teilnehmer nach Bandbreitklassen (Noten 1="sehr gut" bis 6="ungenügend")

Geografischer Bereich

Für alle drei geografischen Bereiche ist eine ausgeprägt gute Bewertung durch die Kunden zu erkennen, es sind in den drei verschiedenen regionalen Bereichen nur geringe Unterschiede in der Verteilung der Bewertungen zu beobachten (s. Abbildung 4.11).

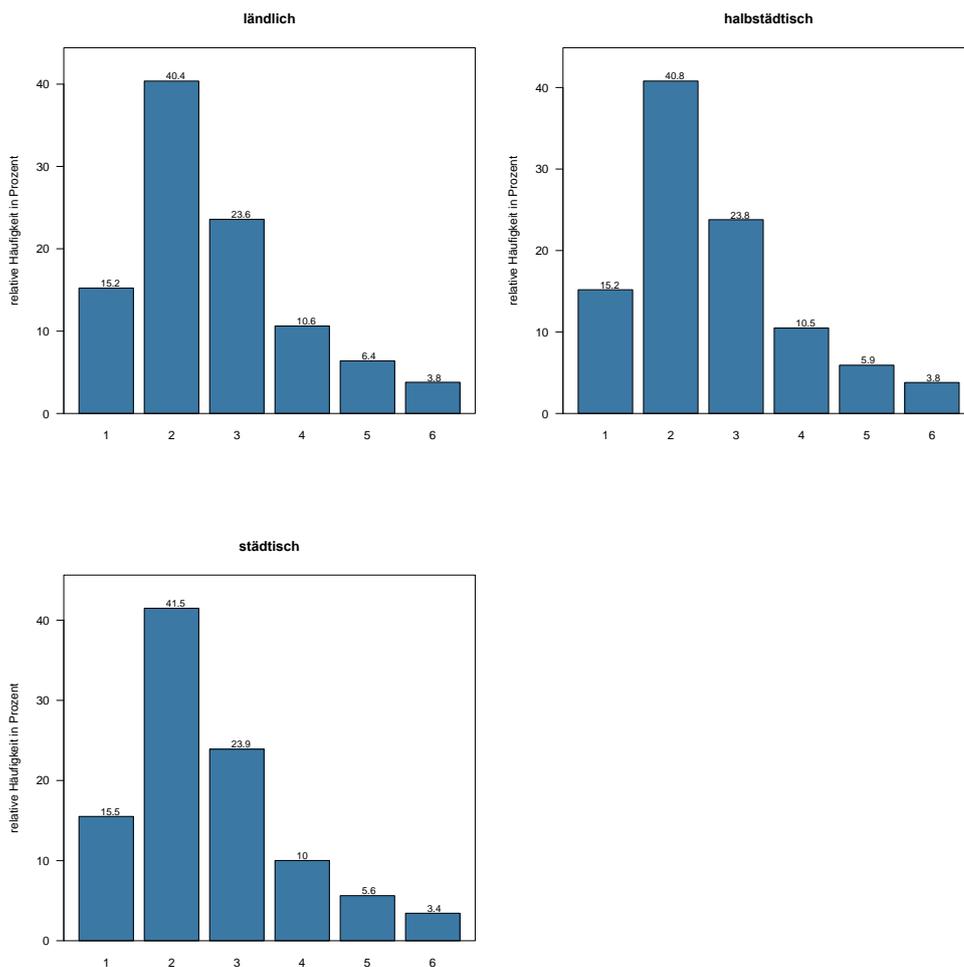


Abbildung 4.11: Stationäre Breitbandanschlüsse Desktop-App Messung: Verteilung der Kundenzufriedenheit der Teilnehmer nach geografischer Region (Noten 1=„sehr gut“ bis 6=„ungenügend“)

4.3.3 Stationäre Breitbandanschlüsse Browsermessung

Die Teilnehmer der Breitbandmessung haben vor Durchführung der Messung anhand von Schulnoten (1 bis 6) angegeben, wie zufrieden sie mit ihrem Anbieter sind. Mehr als die Hälfte der Teilnehmer (58,9 %) bewertete ihren Anbieter positiv mit den Noten 1 bis 3 (s. Abbildung 4.12).

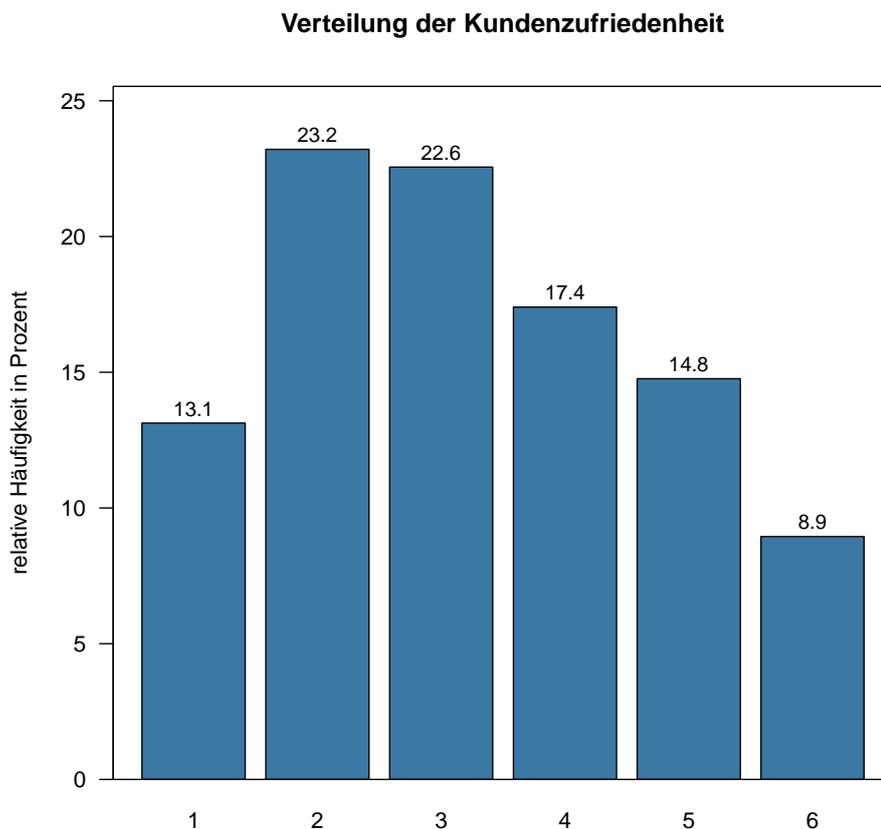


Abbildung 4.12: Stationäre Breitbandanschlüsse Browsermessung: Verteilung der Kundenzufriedenheit der Teilnehmer (Noten 1=„sehr gut“ bis 6=„ungenügend“)

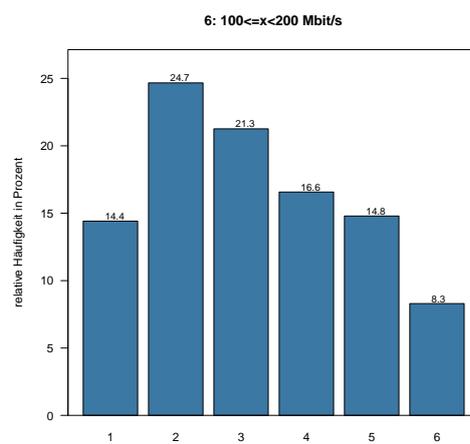
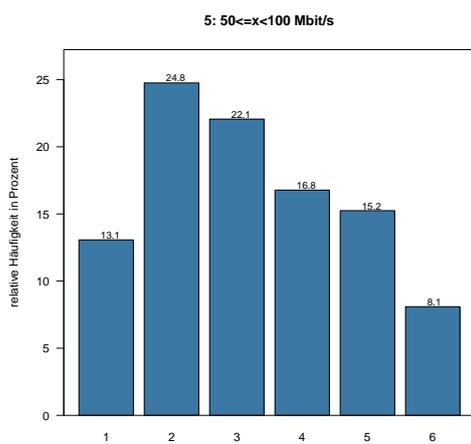
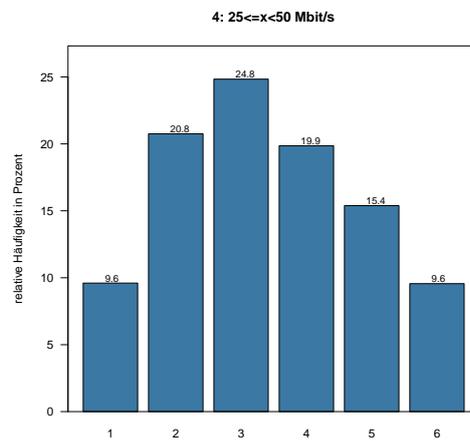
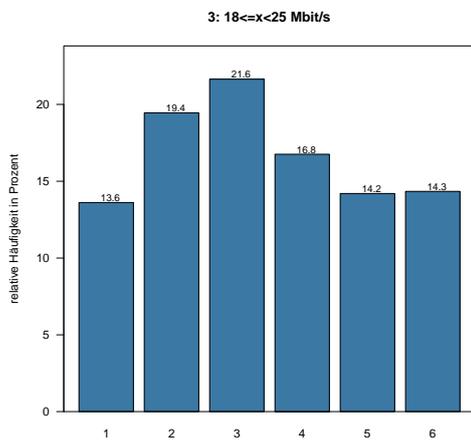
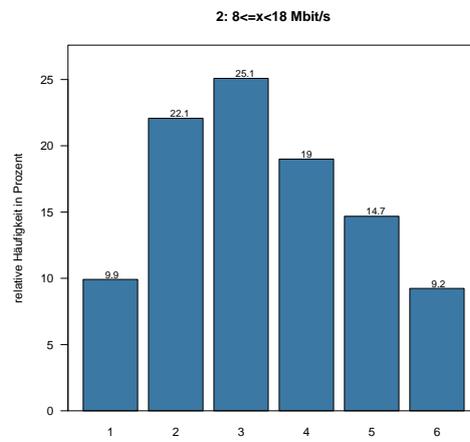
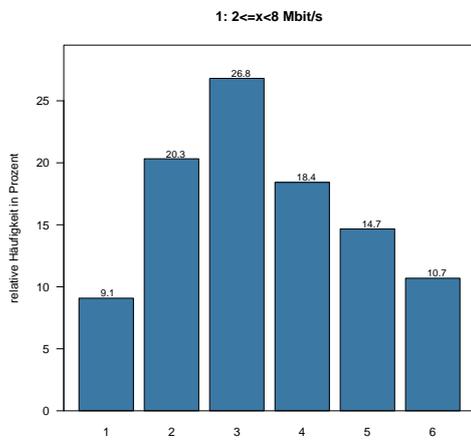
Im Vergleich zum Vorjahreszeitraum ist der prozentuale Anteil der Kunden, die ihren Anbieter mit Noten von 1 bis 3 bewerteten, jedoch erneut leicht gesunken (s. Tabelle 4.4).

Tabelle 4.4 Anteile der Messungen für stationäre Breitbandanschlüsse (Browsermessung) gruppiert nach Notengruppen 1-3 und 4-6.

Stationäre Breitbandanschlüsse		
Berichtsjahr	Noten 1 - 3	Noten 4 - 6
	Anteil	Anteil
2015/2016	65,4%	34,6%
2016/2017	64,2%	35,8%
2017/2018	62,0%	38,0%
2018/2019	61,4%	38,6%
2019/2020	60,7%	39,3%
2020/2021	58,9%	41,1%

Bandbreiteklasse

Betrachtet man die Kundenzufriedenheit in den verschiedenen Bandbreiteklassen (s. Abbildung 4.13), so ist die beobachtete Kundenzufriedenheit gemessen an der Häufigkeit der Noten von 1 bis 3 für Bandbreiteklassen 1 und 2, sowie für 3 und 4 nahezu gleich, auch für Bandbreiteklassen 5 und 6 sind die Anteile auf sehr ähnlichem Niveau. Für Bandbreiteklasse 7 fällt dieser Anteil etwas niedriger aus.



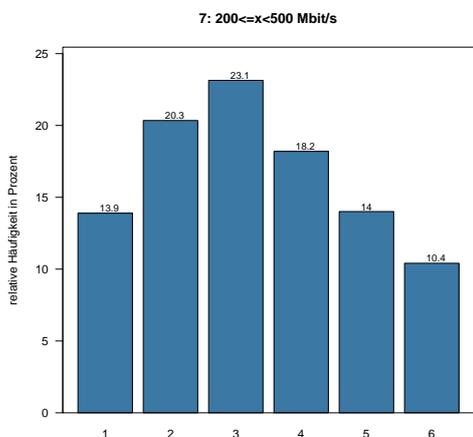
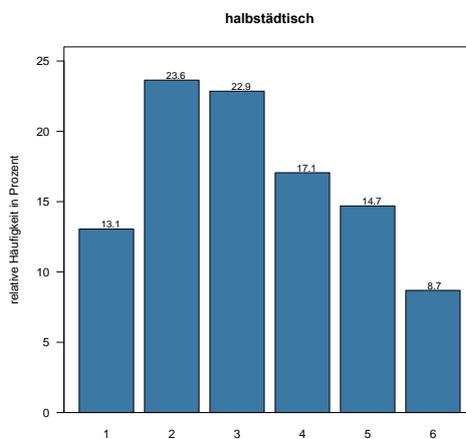
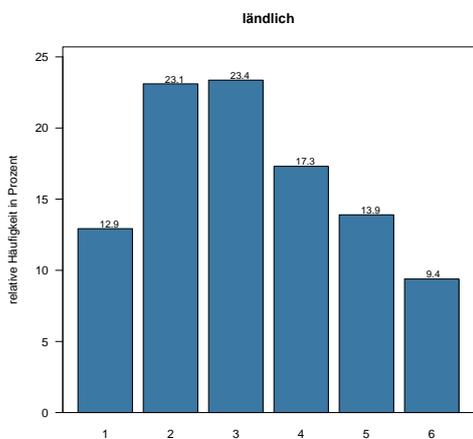


Abbildung 4.13: Stationäre Breitbandanschlüsse Browsermessung: Verteilung der Kundenzufriedenheit der Teilnehmer nach Bandbreiteklassen (Noten 1=„sehr gut“ bis 6=„ungenügend“)

Geografischer Bereich

Aufgeschlüsselt nach der geografischen Region des Breitbandanschlusses zeigt sich für alle drei Regionen eine Verteilung der Bewertungen (s. Abbildung 4.14), die nur leicht von der Verteilung für die Gesamtheit aller Teilnehmer (s. Abbildung 4.12) abweicht. Der Trend der Vorjahre hat sich bestätigt und setzt sich fort: Die Anteile der Endkunden, die ihren Anschluss positiv (Noten 1 bis 3) bewerten, ist weiterhin leicht rückläufig, dies betrifft alle drei Notenstufen gleichermaßen.



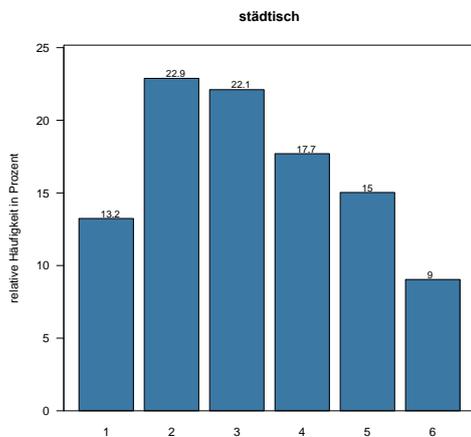


Abbildung 4.14: Stationäre Breitbandanschlüsse Browsermessung: Verteilung der Kundenzufriedenheit der Teilnehmer nach geografischer Region (Noten 1=„sehr gut“ bis 6=„ungenügend“)

4.3.4 Mobile Breitbandanschlüsse

Bei den mobilen Breitbandanschlüssen wurden die Anbieter überwiegend positiv bewertet. Mehr als dreiviertel (75,8 %) der Endkunden haben eine Bewertung aus den Notenstufen 1 bis 3 gewählt (s. Abbildung 4.15). Auffällig ist die hohe Anzahl an Kunden, die ihre Zufriedenheit mit Note 2 als insgesamt „gut“ bewertet haben.

Die von den Teilnehmern angegebene Kundenzufriedenheit liegt gemessen an der Häufigkeit der Noten von 1 bis 3 16,9 Prozentpunkte über der von Teilnehmern mit stationären Breitbandanschlüssen bei der Browsermessung. Im Vergleich zu stationären Breitbandanschlüssen der Desktop-App Messung (80,3 %) liegt dieser Wert 4,5 Prozentpunkte darunter.

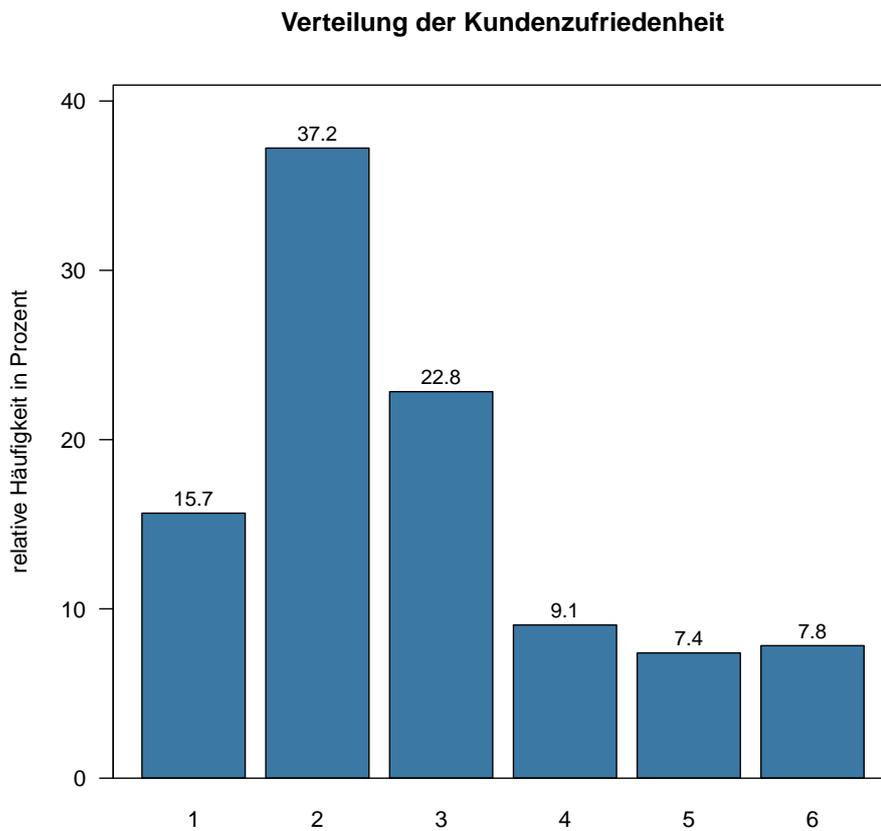


Abbildung 4.15: Mobile Breitbandanschlüsse: Verteilung der Kundenzufriedenheit der Teilnehmer (Noten 1="sehr gut" bis 6="ungenügend")

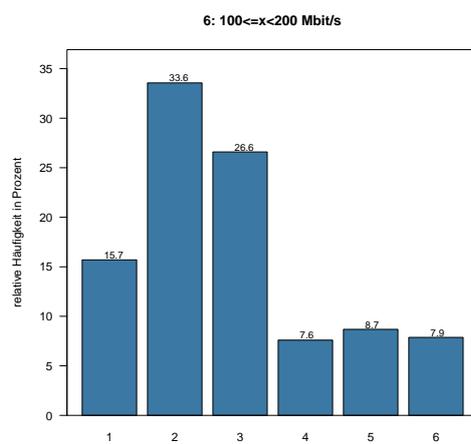
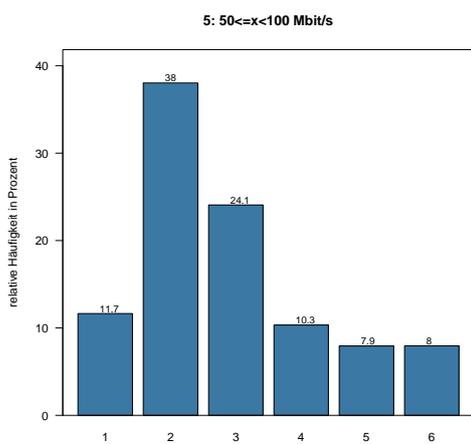
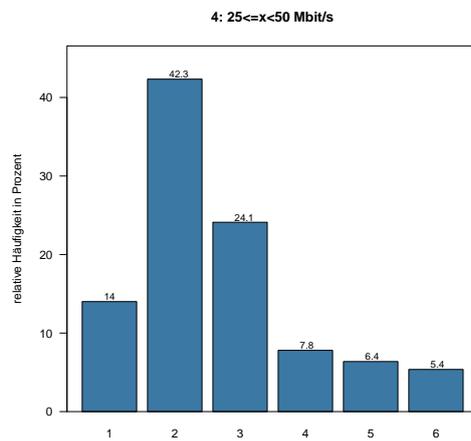
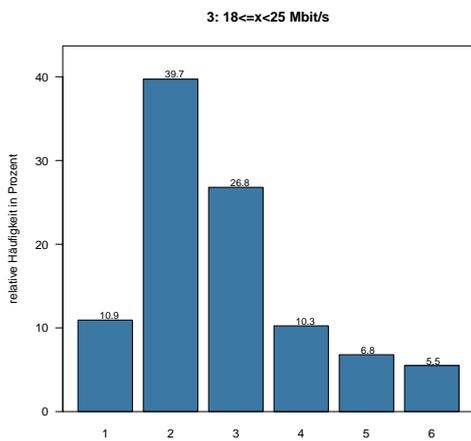
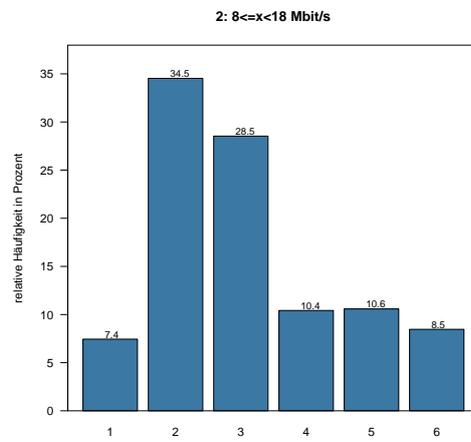
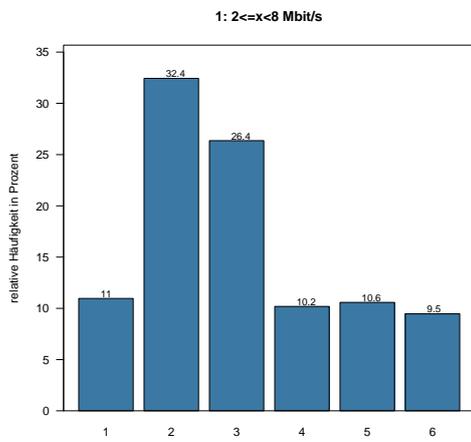
Im Vergleich zum Vorjahreszeitraum ist der Anteil der Kunden, die ihre Anbieter mit Noten von 1 bis 3 bewerteten, erstmals leicht angestiegen (s. Tabelle 4.5).

Tabelle 4.5 Anteile der Messungen von mobilen Breitbandanschlüssen gruppiert nach Notengruppen 1-3 und 4-6.

Mobile Breitbandanschlüsse		
Berichtsjahr	Noten 1 - 3	Noten 4 - 6
	Anteil	Anteil
2015/2016	82,8%	17,2%
2016/2017	76,6%	23,4%
2017/2018	74,7%	25,3%
2018/2019	74,3%	25,7%
2019/2020	74,2%	25,8%
2020/2021	75,7%	24,3%

Bandbreiteklasse

Im Mittel bewerteten rund Dreiviertel aller Nutzer ihren Anschluss positiv, gemessen an der Häufigkeit der Noten von 1 bis 3. Für Bandbreiteklasse 1, 2 und 8 liegt die Zufriedenheit um 5 Prozentpunkte niedriger (vgl. Abbildung 4.16). In der Gesamtbetrachtung sind Kunden mit mobilen Breitbandanschlüssen in allen Bandbreiteklassen deutlich zufriedener als Kunden mit stationären Breitbandanschlüssen bei der Browsermessung. Im Vergleich zur Desktop-App Messung ergibt sich ein differenziertes Bild. In den Bandbreiteklassen 1 bis 4 bewerteten Kunden mobile Breitbandanschlüsse positiver, in den Bandbreiteklassen 5 bis 7 wurden stationäre Breitbandanschlüsse besser bewertet.



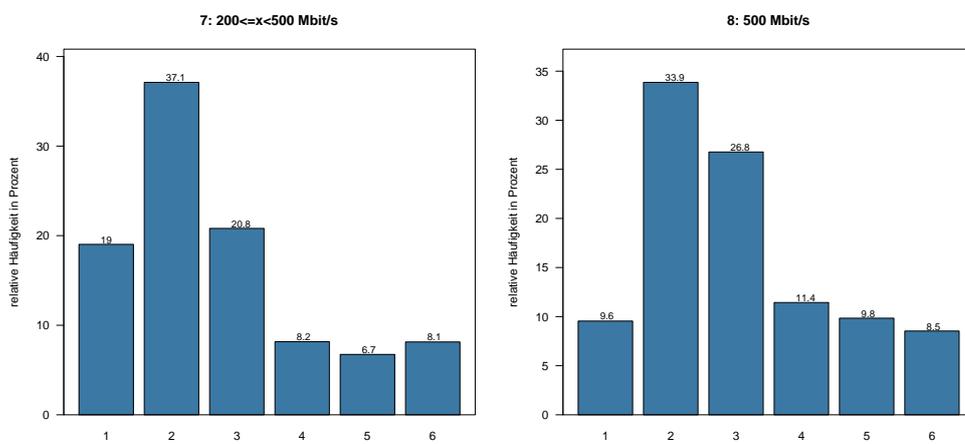


Abbildung 4.16: Mobile Breitbandanschlüsse: Verteilung der Kundenzufriedenheit der Teilnehmer nach Bandbreitklassen (Noten 1=„sehr gut“ bis 6=„ungenügend“)

Geografischer Bereich

Die regionale Betrachtung der Kundenzufriedenheit zeigt nur geringe Unterschiede zwischen den geografischen Bereichen (s. Abbildung 4.17).

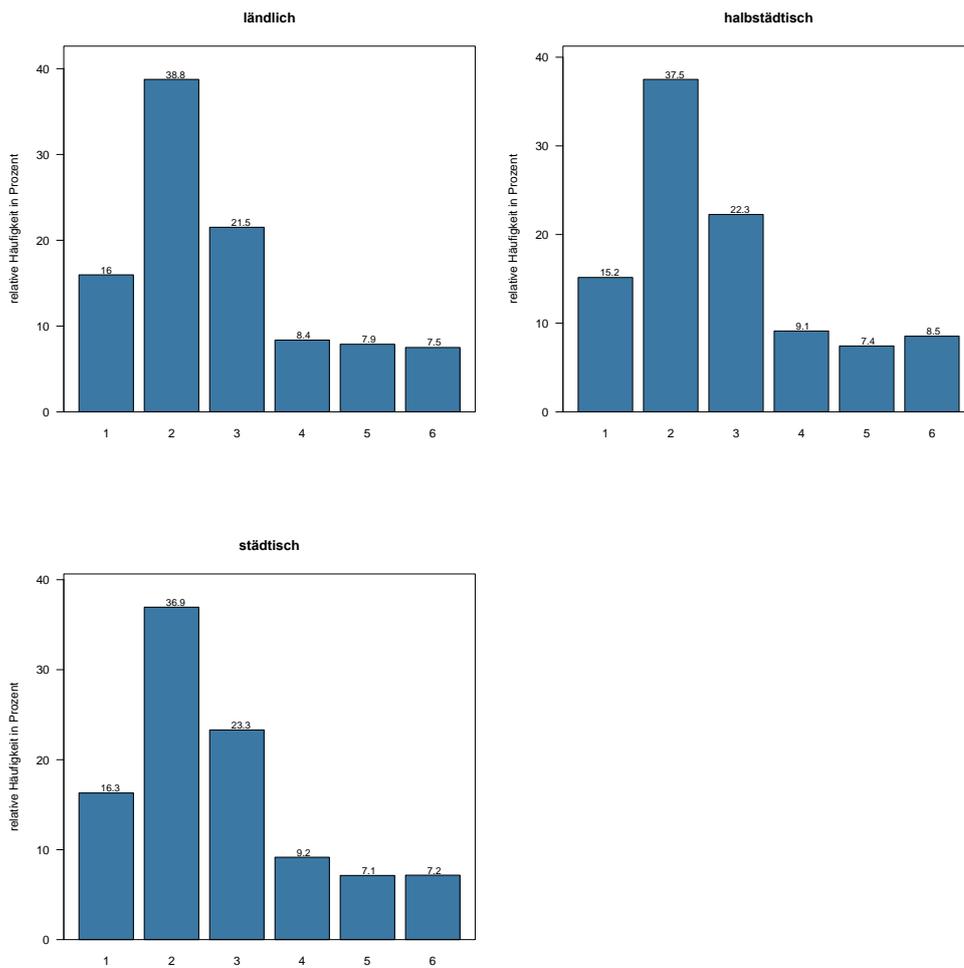


Abbildung 4.17: Mobile Breitbandanschlüsse: Verteilung der Kundenzufriedenheit der Teilnehmer nach Regionen (Noten 1="sehr gut" bis 6="ungenügend")

5 Statistiksoftware

R Version 4.1.1 und 4.1.2

R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing.

R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

www.R-project.org

6 Impressum

Die Breitbandmessung wurde von der zafaco GmbH im Auftrag der Bundesnetzagentur entwickelt.

Ansprechpartner:

zafaco GmbH

Münchener Str. 101/39

D-85737 Ismaning

Projektteam zafaco GmbH:

Matthias Burger

Kai Lukas

Bernd Oliver Schöttler

Christoph Sudhues

Ismaning, 14.06.2022

© zafaco GmbH

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