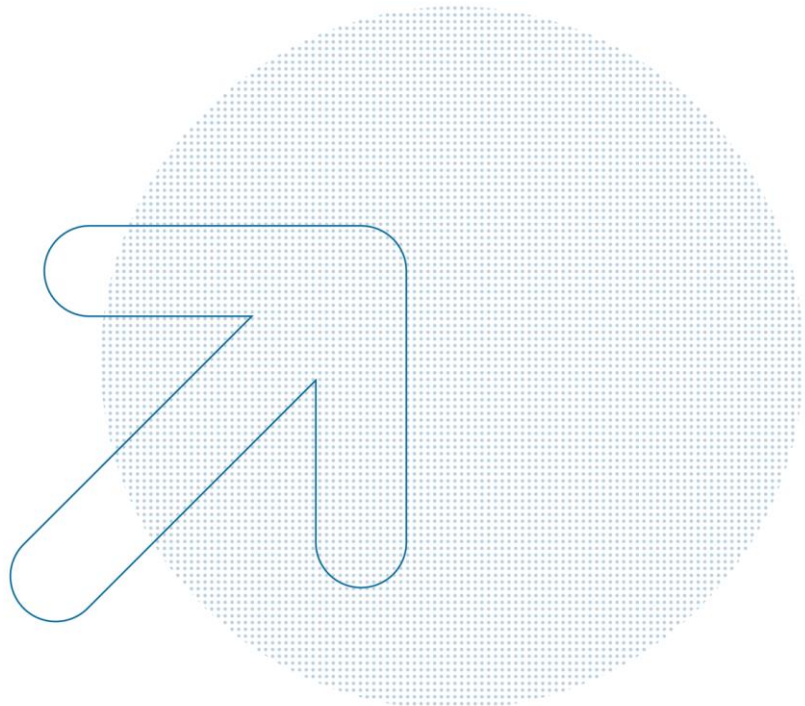


# WIK-Consult & zafaco • Anhang

Gutachten für die  
Bundesnetzagentur



---

## Gutachten Mehrpersonenhaushalte

**– ÖFFENTLICHE FASSUNG –**

**(enthält keine Betriebs- und Geschäftsgeheimnisse)**

Bad Honnef, 31. Januar 2024



# Impressum



WIK-Consult GmbH  
Rhöndorfer Str. 68  
53604 Bad Honnef  
Deutschland  
Tel.: +49 2224 9225-0  
Fax: +49 2224 9225-63  
E-Mail: [info@wik-consult.com](mailto:info@wik-consult.com)  
[www.wik-consult.com](http://www.wik-consult.com)

## Vertretungs- und zeichnungsberechtigte Personen

Geschäftsführerin und Direktorin	Dr. Cara Schwarz-Schilling
Direktor, Verwaltungs- und Abteilungsleiter	Alex Kalevi Dieke
Direktor, Abteilungsleiter	Dr. Bernd Sörries
Abteilungsleiter	Dr. Christian Wernick
Abteilungsleiter	Dr. Lukas Wiewiorra
Vorsitzender des Aufsichtsrates	Dr. Thomas Solbach
Handelsregister	Amtsgericht Siegburg, HRB 7043
Steuer-Nr.	222/5751/0926
Umsatzsteueridentifikations-Nr.	DE 329 763 261

Stand: Januar 2024



zafaco GmbH  
Münchener Str. 101/39  
85737 Ismaning  
Deutschland  
Tel.: +49 89 820308 200  
Fax: +49 89 820308 299  
E-Mail: [info@zafaco.de](mailto:info@zafaco.de)  
[www.zafaco.de](http://www.zafaco.de)

## Geschäftsführende Gesellschafter:

Gründer und Geschäftsführer	Christoph Sudhues
Geschäftsführer Technik	Bernd Oliver Schöttler
Handelsregister	Amtsgericht München, HRB 174425
Umsatzsteueridentifikations-Nr.	DE 260 524 045

## **Inhalt**

**Anhang 1: Teleheimarbeit und Ergebnisübersicht zu den Kategorien**

**Anhang V-Dienste, Teleheimarbeit inkl. VPN, Online-Inhaltedienste**

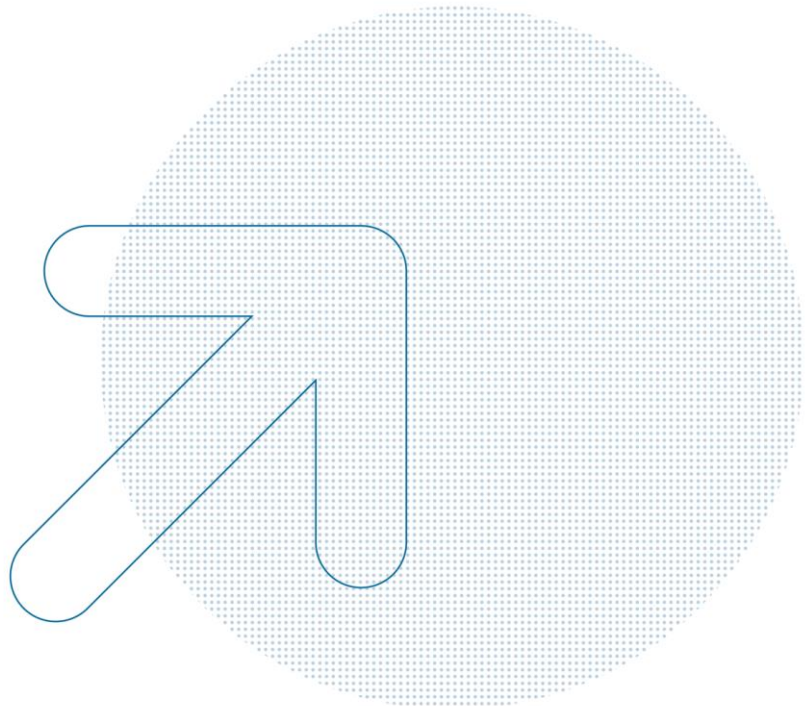
**Anhang 2: Datenbasis und Messergebnisse**

**Anhang 3: Simulationsmodell**

**Anhang 4: Messaufbau - Beschreibung von Top-down-Messungen und Parallel-Nutzungsszenarien**

# WIK-Consult & zafaco • Anhang 1

Gutachten für die  
Bundesnetzagentur



---

Anhang 1  
Teleheimarbeit und Ergebnisübersicht  
zu den Kategorien  
Anhang V-Dienste  
Teleheimarbeit inkl. VPN  
Online-Inhaltedienste  
Gutachten Mehrpersonenhaushalte

Bad Honnef, Januar 2024



# Impressum



WIK-Consult GmbH  
Rhöndorfer Str. 68  
53604 Bad Honnef  
Deutschland  
Tel.: +49 2224 9225-0  
Fax: +49 2224 9225-63  
E-Mail: [info@wik-consult.com](mailto:info@wik-consult.com)  
[www.wik-consult.com](http://www.wik-consult.com)

## Vertretungs- und zeichnungsberechtigte Personen

Geschäftsführerin und Direktorin	Dr. Cara Schwarz-Schilling
Direktor, Verwaltungs- und Abteilungsleiter	Alex Kalevi Dieke
Direktor, Abteilungsleiter	Dr. Bernd Sörries
Abteilungsleiter	Dr. Christian Wernick
Abteilungsleiter	Dr. Lukas Wiewiorra
Vorsitzender des Aufsichtsrates	Dr. Thomas Solbach
Handelsregister	Amtsgericht Siegburg, HRB 7043
Steuer-Nr.	222/5751/0926
Umsatzsteueridentifikations-Nr.	DE 329 763 261

Stand: Januar 2024



zafaco GmbH  
Münchener Str. 101/39  
85737 Ismaning  
Deutschland  
Tel.: +49 89 820308 200  
Fax: +49 89 820308 299  
E-Mail: [info@zafaco.de](mailto:info@zafaco.de)  
[www.zafaco.de](http://www.zafaco.de)

## Geschäftsführende Gesellschafter:

Gründer und Geschäftsführer	Christoph Sudhues
Geschäftsführer Technik	Bernd Oliver Schöttler
Handelsregister	Amtsgericht München, HRB 174425
Umsatzsteueridentifikations-Nr.	DE 260 524 045

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>I</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>I</b>
<b>1 Relevanz von Teleheimarbeit</b>	<b>1</b>
<b>2 Tabellarische Darstellung der dienstespezifischen Datenübertragungsraten – Anhang V-Dienste, Teleheimarbeit inkl. VPN und Online-Inhaltedienste</b>	<b>5</b>
Teleheimarbeit	7
Online-Inhaltedienste	8

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entwicklung des Anteils von Erwerbstätigen im Homeoffice	1
Abbildung 2: Erwerbstätige, die von zu Hause aus arbeiten, nach Berufsklassen 2021	2
Abbildung 3: Anteil der abhängig Beschäftigten, die von zu Hause aus arbeiten, ausgewählte Wirtschaftsbereiche 2021	3
Abbildung 4: Erwerbstätige in Freien Berufen (Jan. 2022)	4

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anhang V-Dienste: Mindestanforderungen an die Datenübertragungsrate	5
Tabelle 2: Anhang V-Dienste: Ergebnisvergleich – Download	6
Tabelle 3: Anhang V-Dienste: Ergebnisvergleich – Upload	6
Tabelle 4: Teleheimarbeit: Mindestanforderungen an die Datenübertragungsrate	7
Tabelle 5: Teleheimarbeit: Ergebnisvergleich – Download	8
Tabelle 6: Teleheimarbeit: Ergebnisvergleich – Upload	8
Tabelle 7: Online-Inhaltedienste: Mindestanforderungen an die Datenübertragungsrate	8
Tabelle 8: Online-Inhaltedienste: Ergebnisvergleich – Download	9

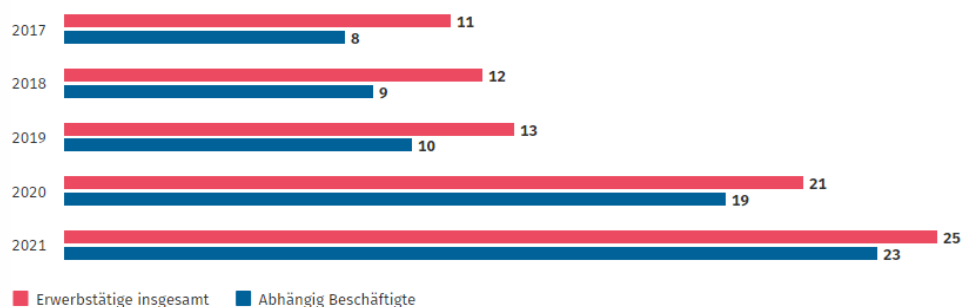


## 1 Relevanz von Teleheimarbeit

### Bedeutung von Teleheimarbeit

Laut Angaben des Statistischen Bundesamts ist der Anteil an Erwerbstätigen, die von zu Hause aus arbeiten, von 11% im Jahr 2017 auf 25% im Jahr 2021 kräftig gestiegen. Hierzu könnten coronabedingte Maßnahmen (beispielsweise die Homeoffice-Pflicht) im Früh- und Spätjahr 2021 beigetragen haben.<sup>1</sup>

Abbildung 1: Entwicklung des Anteils von Erwerbstätigen im Homeoffice



Quelle: Statistisches Bundesamt (Destatis) (2023 a).

### Berufsgruppen und Teleheimarbeit

Allerdings hängt der Umfang der Dienste-Nutzung stark von der betreffenden Berufsgruppe ab, so kann oder darf nicht jede Berufstätigkeit von zu Hause ausgeübt werden. Der Zugang zu einer Teleheimarbeit-Option wird maßgeblich von der Art des ausgeübten Berufes bzw. von der auszuführenden Tätigkeit bestimmt. Berufe, für die oft kognitive Fähigkeiten eingesetzt werden und die an digitale IKT gekoppelt sind (beispielsweise Informatik, Marketing, Finanzdienstleistungen) haben höhere Chancen auf Homeoffice. Erwerbstätige in Berufen, für die vorwiegend manuelle Tätigkeiten, die an Geräten, Maschinen oder Transportmittel gebunden sind, haben dagegen niedrige Chancen auf Homeoffice.<sup>2</sup>

Laut Statistiken des Statistischen Bundesamts für das Jahr 2021 haben Wissenschaftler (52,5%) und Führungskräfte (43,2%) den höchsten Anteil an Erwerbstätigen, die von zu Hause aus arbeiten, gefolgt von Bürokräften und kaufmännischen Angestellten (27,9 %) sowie Technikerinnen und Technikern (27,4%). Anlagen- und Maschinenbediener (1,8%) sowie Hilfsarbeitskräfte (2,3%) sind dagegen Berufsklassen, die den niedrigsten Anteil an Erwerbstätigen im Homeoffice haben.

<sup>1</sup> Statistisches Bundesamt (Destatis) (2023 a).

<sup>2</sup> Mergener (2020).



Abbildung 2: Erwerbstätige, die von zu Hause aus arbeiten, nach Berufsklassen 2021

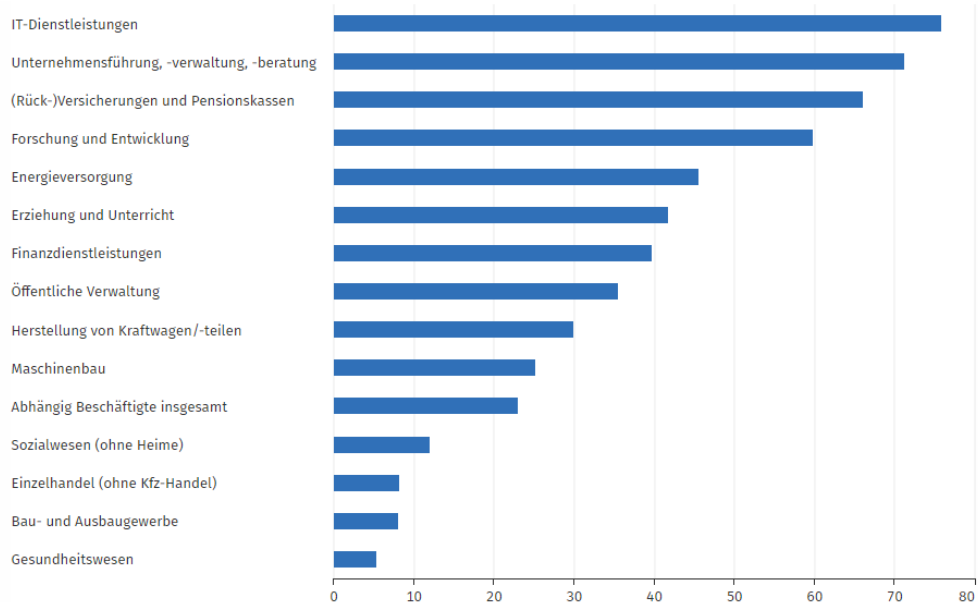
Berufsklassen	in %
Führungskräfte	43,2
Wissenschaftler	52,5
Techniker und gleichrangige nichttechnische Berufe	27,4
Bürokräfte, kaufmännische Angestellte	27,9
Dienstleistungsberufe, Verkäufer in Geschäften und auf Märkten	6,4
Fachkräfte in der Landwirtschaft und Fischerei	21,5
Handwerks- und verwandte Berufe	6,4
Anlagen- und Maschinenbediener sowie Montierer	1,8
Hilfsarbeitskräfte	2,3

Quelle: Statistisches Bundesamt (Destatis) (2023 b) auf Basis von Arbeitskräfteerhebung.

### Bedeutung von Teleheimarbeit nach Wirtschaftsbereichen

Nach Wirtschaftsbereichen ergibt sich ein ähnliches Bild (selbst wenn nur abhängig Beschäftigte die Grundlage der Statistiken bilden). Laut den Angaben des Statistischen Bundesamts für das Jahr 2021 arbeiteten im Bereich der IT-Dienstleistungen 76% der abhängig Beschäftigten von zu Hause aus, gefolgt von Unternehmensführung, -verwaltung, und -beratung (71%), (Rück-)Versicherungen und Pensionskassen (66%) und Forschung und Entwicklung (60%). Bei allen anderen analysierten Wirtschaftszweigen wird der Grenzwert von 50% nicht überschritten. Vor allem im Gesundheitswesen (5%), Bau- und Ausbaugewerbe (8%) sowie im Einzelhandel (8%) war Homeoffice eher selten der Fall (siehe Abbildung 3).

Abbildung 3: Anteil der abhängig Beschäftigten, die von zu Hause aus arbeiten, ausgewählte Wirtschaftsbereiche 2021



Quelle: Statistisches Bundesamt (Destatis) (2023 a).

Anhand dieser Statistiken werden Berufsgruppen identifiziert, für die die Nutzung von Teleheimarbeit-Diensten maßgeblich sind. Dadurch kann der Fokus unserer Analyse verfeinert werden. Die folgenden Berufskategorien bilden somit die Grundlage für die weitere Analyse ab:<sup>3</sup>

- Informatik-, Informations- und Kommunikationstechnologieberufe<sup>4</sup>
- Unternehmensführung und -organisation<sup>5</sup>
- Finanzdienstleistungen, Rechnungswesen und Steuerberatung<sup>6</sup>
- Recht und Verwaltung<sup>7</sup>

<sup>3</sup> In Anlehnung an die Statistiken in Statistisches Bundesamt (Destatis) (2023 a), allerdings nach Berufsklassifikation der Bundesagentur für Arbeit (Bundesagentur für Arbeit (2020)). Dadurch ist eine Herunterbrechung der Berufskategorien in einzelnen konkreten Berufen möglich.

<sup>4</sup> 431 Informatik, 432 IT-Systemanalyse, IT-Anwendungsberatung und IT-Vertrieb, 433 IT-Netzwerktechnik, IT-Koordination, IT-Administration und IT-Organisation, 434 Softwareentwicklung und Programmierung.

<sup>5</sup> 711 Geschäftsführung und Vorstand, 712 Angehörige gesetzgebender Körperschaften und leitende Bedienstete von Interessenorganisationen, 713 Unternehmensorganisation und -strategie, 714 Büro und Sekretariat, 715 Personalwesen und -dienstleistung.

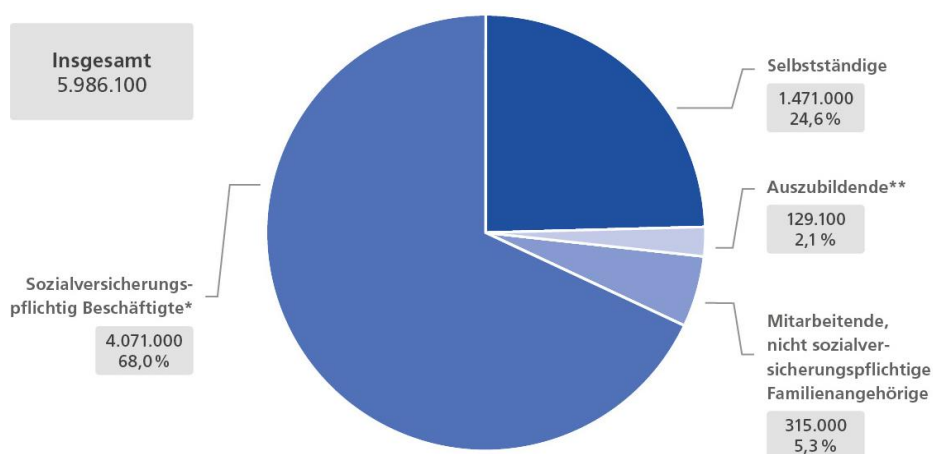
<sup>6</sup> 721 Versicherungs- und Finanzdienstleistungen, 722 Rechnungswesen, Controlling und Revision, 723 Steuerberatung.

<sup>7</sup> 731 Rechtsberatung, -sprechung und -ordnung, 732 Verwaltung, 733 Medien-, Dokumentations- und Informationsdienste.

## Erwerbstätige in Freien Berufen

Von den 46 Mio. Erwerbstätigen<sup>8</sup> in Deutschland im Jahr 2022 lag die Anzahl von Erwerbstätigen in Freien Berufen bei knapp 6 Mio. Das entspricht 13% aller Erwerbstätigen. Von Erwerbstätigen in Freien Berufen waren im Jahr 2022 1,47 Mio. (24,6%) Selbständige ohne weitere Beschäftigte (sogenannte „Solo-Selbständige“).

Abbildung 4: Erwerbstätige in Freien Berufen (Jan. 2022)



Quelle: Bundesverband der Freien Berufe e.V. auf Basis der Institut für Freie Berufe (IFB) (<https://www.freieberufe.de/freie-berufe/fakten/>).

Angehörige freier Berufe können sich nach §1 Absatz 1 PartGG zur Ausübung ihrer Berufe zusammenschließen. Bekannte Beispiele sind Gemeinschaftspraxen von Ärzten, Steuerberatungs- oder Anwaltskanzleien sowie Genossenschaften. Wie aus der Abbildung 4 ersichtlich, steht die Beschäftigung von Arbeitskräften der Definition des Freiberuflers nicht entgegen (sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in Freien Berufen machen 68% der Erwerbstätigen in Freien Berufen aus).

<sup>8</sup> Statistisches Bundesamt (Destatis) (2023 c).

## 2 Tabellarische Darstellung der dienstespezifischen Datenübertragungsraten – Anhang V-Dienste, Teleheimarbeit inkl. VPN und Online-Inhaltedienste

Tabelle 1: Anhang V-Dienste: Mindestanforderungen an die Datenübertragungsrate

Anhang V-Dienst	Produkt	Download [Mbps]	Upload [Mbps]	Quelle
(1) eMail	mit Attachment	0,74	0,74	WIK Befragung 2021
	ohne Attachment	0,05	0,05	WIK Befragung 2021
(2) Suchmaschinen, die das Suchen und Auffinden aller Arten von Informationen ermöglichen	<a href="http://www.google.de">www.google.de</a>	3,96	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<a href="http://www.idealo.de">www.idealo.de</a>	2,52	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<a href="http://www.dhl.de">www.dhl.de</a>	2,81	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<a href="http://www.booking.com">www.booking.com</a>	3,89	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<a href="http://www.bahn.de">www.bahn.de</a>	1,73	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<a href="http://www.arbeitsagentur.de/kursnet">www.arbeitsagentur.de/kursnet</a>	3,71	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<a href="http://www.tk.de">www.tk.de</a>	1,38	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<a href="http://www.wetteronline.de">www.wetteronline.de</a>	5,04	-	WIK webbasierte Messung 2023
(3) grundlegende Online-Werkzeuge für die Aus- und Weiterbildung	<a href="http://de.wikipedia.org">de.wikipedia.org</a>	0,89	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<a href="http://scholar.google.de">scholar.google.de</a>	0,12	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<a href="http://www.fahrschule.de">www.fahrschule.de</a>	1,80	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<a href="http://anton.app/de">anton.app/de</a>	1,59	-	WIK webbasierte Messung 2023
(4) Online-Zeitungen oder Online-Nachrichten	<a href="http://www.bild.de">www.bild.de</a>	4,01	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<a href="http://www.tagesschau.de">www.tagesschau.de</a>	1,99	-	WIK webbasierte Messung 2023
(5) Online-Einkauf oder Online-Bestellung von Waren und Dienstleistungen	<a href="http://www.amazon.de">www.amazon.de</a>	3,39	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<a href="http://www.ebay-kleinanzeigen.de">www.ebay-kleinanzeigen.de</a>	4,42	-	WIK webbasierte Messung 2023
(6) Arbeitssuche und Werkzeuge für die Arbeitssuche	<a href="http://www.arbeitsagentur.de">www.arbeitsagentur.de</a>	3,23	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<a href="http://www.stepstone.de">www.stepstone.de</a>	6,08	-	WIK webbasierte Messung 2023
(7) Berufliche Vernetzung	<a href="http://de.linkedin.com">de.linkedin.com</a>	4,50	-	WIK webbasierte Messung 2023
(8) Online-Banking	<a href="http://www.vvr-bank.de">www.vvr-bank.de</a>	1,55	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<a href="http://www.deutsche-bank.de">www.deutsche-bank.de</a>	4,56	-	WIK webbasierte Messung 2023
(9) Nutzung elektronischer Behördendienste	<a href="http://service.berlin.de">service.berlin.de</a>	1,61	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<a href="http://www.stadt-koeln.de">www.stadt-koeln.de</a>	2,47	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<a href="http://verwaltung.bund.de/portal/">verwaltung.bund.de/portal/</a>	3,57	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<a href="http://www.elster.de">www.elster.de</a>	2,13	-	WIK webbasierte Messung 2023
(10) soziale Medien und Sofortnachrichten-übermittlung	<a href="http://www.youtube.com">www.youtube.com</a>	0,77	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<a href="http://www.facebook.com">www.facebook.com</a>	7,41	-	WIK webbasierte Messung 2023
(11) Anrufe und Videoanrufe (Standardqualität: SD)	Audio (G.711)	0,09	0,09	Yu, Ajarmeh (2017)
	Videoanrufe (1:1) über Skype	0,128	0,128	skype.com (=0,128 Mbps Video calling /Screen sharing, minimum)
	Videoanrufe (1:1) über Teams	0,200	0,200	Microsoft (=0,200 Mbps screen-sharing one-to-one, minimum)
	Videoanrufe (1;1) über WhatsApp	0,700	0,700	pcwelt.de (=0,7 Mbps 1:1 Video-konferenz)
	Videoanrufe (1:1) über Zoom	0,600	0,600	zoom (=0,6 Mbps 1:1 high-quality video calling)

Quelle: wik

Tabelle 2: Anhang V-Dienste: Ergebnisvergleich – Download

Anhang V-Dienst	WIK & zafaco (2023) Download [Mbps]	WIK & zafaco (2021) Download [Mbps]
(1) eMail	0,74	0,74
(2) Suchmaschinen, die das Suchen und Auffinden aller Arten von Informationen ermöglichen	5,04	3,55
(3) grundlegende Online-Werkzeuge für die Aus- und Weiterbildung	1,80	2,54
(4) Online-Zeitungen oder Online-Nachrichten	4,01	7,00
(5) Online-Einkauf oder Online-Bestellung von Waren und Dienstleistungen	4,42	7,68
(6) Arbeitssuche und Werkzeuge für die Arbeitssuche	6,08	3,64
(7) Berufliche Vernetzung	4,50	4,41
(8) Online-Banking	4,56	2,86
(9) Nutzung elektronischer Behördendienste	2,47	2,69
(10) soziale Medien und Sofortnachrichten-übermittlung	7,41	6,56
(11) Anrufe und Videoanrufe (Standardqualität: SD)	0,70	0,70

Quelle: wik

Tabelle 3: Anhang V-Dienste: Ergebnisvergleich – Upload

Anhang V-Dienst	WIK & zafaco (2023) Upload [Mbps]	WIK & zafaco (2021) Upload [Mbps]
(1) eMail	0,74	0,74
(2) Suchmaschinen, die das Suchen und Auffinden aller Arten von Informationen ermöglichen	1,24 <sup>1</sup>	1,24 <sup>1</sup>
(3) grundlegende Online-Werkzeuge für die Aus- und Weiterbildung		
(4) Online-Zeitungen oder Online-Nachrichten		
(5) Online-Einkauf oder Online-Bestellung von Waren und Dienstleistungen		
(6) Arbeitssuche und Werkzeuge für die Arbeitssuche		
(7) Berufliche Vernetzung		
(8) Online-Banking		
(9) Nutzung elektronischer Behördendienste		
(10) soziale Medien und Sofortnachrichten-übermittlung	0,70	0,70
(11) Anrufe und Videoanrufe (Standardqualität: SD)		

Quelle: wik

Anmerkung: <sup>1</sup> aus Datenaustausch

## Teleheimarbeit

Tabelle 4: Teleheimarbeit: Mindestanforderungen an die Datenübertragungsrate

Teleheimarbeit	Produkt	Download [Mbps]	Upload [Mbps]	Quelle
eMail [beruflich] (inkl. VPN)	mit Attachment	0,79	0,79	WIK Befragung 2021
	ohne Attachment	0,05	0,05	WIK Befragung 2021
Datenaustausch (inkl. VPN)	Durchschnittliche Dateigröße	1,31	1,31	WIK-Berechnung auf Basis der Ø-Dateigröße (1,5 MB) aus Dinnen and Nguyen (2021). How Big Are Peoples' Computer Files?
Cloudbasierte Dienste (inkl. VPN)	<a href="http://www.office.com/launch/word">www.office.com/launch/word</a>	1,92	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<a href="http://www.office.com/launch/excel">www.office.com/launch/excel</a>	2,49	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<a href="http://www.office.com/launch/powerpoint">www.office.com/launch/powerpoint</a>	3,51	-	WIK webbasierte Messung 2023
Remote Desktop (inkl. VPN)	Microsoft Remote Desktop	1,91	-	MS Azure (=1,8 Mbps ist max. Mbps unter den MS-Anwendungen bei Modus H.264/AVC 444 )
Anrufe und Videoanrufe (Standardqualität: SD) [beruflich] (inkl. VPN)	Audio (G.711)	0,14	0,14	Yu, Ajarmeh (2017)
	Videoanrufe (1:1) über Skype	0,136	0,136	skype.com (=0,128 Mbps Video calling /Screen sharing, minimum)
	Videoanrufe (1:1) über Teams	0,212	0,212	Microsoft (=0,200 Mbps screen-sharing one-to-one, minimum)
	Videoanrufe (1;1) über WhatsApp	0,742	0,742	pcwelt.de (=0,7 Mbps 1:1 Videokonferenz)
	Videoanrufe (1:1) über Zoom	0,636	0,636	zoom (=0,6 Mbps 1:1 high-quality video calling)
(Gruppen-) Videokonferenzen (Standardqualität: SD) [beruflich] (inkl. VPN)	Videokonferenz über Skype	0,543	0,136	skype (Group video 3 people: 0,512 Mbps down/ 0,128 Mbps up, minimum)
	Videokonferenz über Teams	0,265	0,265	Microsoft (=0,250 Mbps screen-sharing meetings, minimum)
	Videokonferenz über WhatsApp	0,742	0,742	pcwelt.de (=0,7 Mbps)
	Videokonferenz über Zoom	0,636	1,060	zoom (= 1,0 /0,6 Mbps (Up/Down) for group high-quality video calling)

Quelle: wik

Tabelle 5: Teleheimarbeit: Ergebnisvergleich – Download

Teleheimarbeit	WIK & zafaco (2023) Download [Mbps]	WIK & zafaco (2021) Download [Mbps]
eMail [beruflich] (inkl. VPN)	0,79	0,79
Datenaustausch (inkl. VPN)	1,31	1,31
Cloudbasierte Dienste (inkl. VPN)	3,51	2,21
Remote Desktop (inkl. VPN)	1,91	1,91
Anrufe und Videoanrufe (Standardqualität: SD) [beruflich] (inkl. VPN)	0,74	0,74
(Gruppen-) Videokonferenzen (Standardqualität: SD) [beruflich] (inkl. VPN)	0,74	0,74

Quelle: wik

Tabelle 6: Teleheimarbeit: Ergebnisvergleich – Upload

Teleheimarbeit	WIK & zafaco (2023) Upload [Mbps]	WIK & zafaco (2021) Upload [Mbps]
eMail [beruflich] (inkl. VPN)	0,79	0,79
Datenaustausch (inkl. VPN)	1,31	1,31
Cloudbasierte Dienste (inkl. VPN)	-	-
Remote Desktop (inkl. VPN)	-	-
Anrufe und Videoanrufe (Standardqualität: SD) [beruflich] (inkl. VPN)	0,74	0,74
(Gruppen-) Videokonferenzen (Standardqualität: SD) [beruflich] (inkl. VPN)	1,06	1,06

Quelle: wik

## Online-Inhaltedienste

Tabelle 7: Online-Inhaltedienste: Mindestanforderungen an die Datenübertragungsrates

Online-Inhalte-dienste	Produkt	Download [Mbps]	Upload [Mbps]	Quelle
Videostreaming (Standardqualität: SD)	YouTube	1,1	-	YouTube (SD 480p)
	Netflix	3,0	-	Netflix (SD 480p)
	Amazon Prime Video	1,0	-	Amazon (SD 480p)
Musikstreaming (Standardqualität: SD)	Spotify	0,320	-	Spotify
	Amazon Music	0,320	-	Amazon
	YouTube Music	0,128	-	YouTube Music
Internetradio (Standardqualität: SD)	Bayern1	0,128	-	BR.de
	WDR2	0,128	-	WDR-Radios
	SWR3	0,128	-	SWR

Quelle: wik

Tabelle 8: Online-Inhaltedienste: Ergebnisvergleich – Download

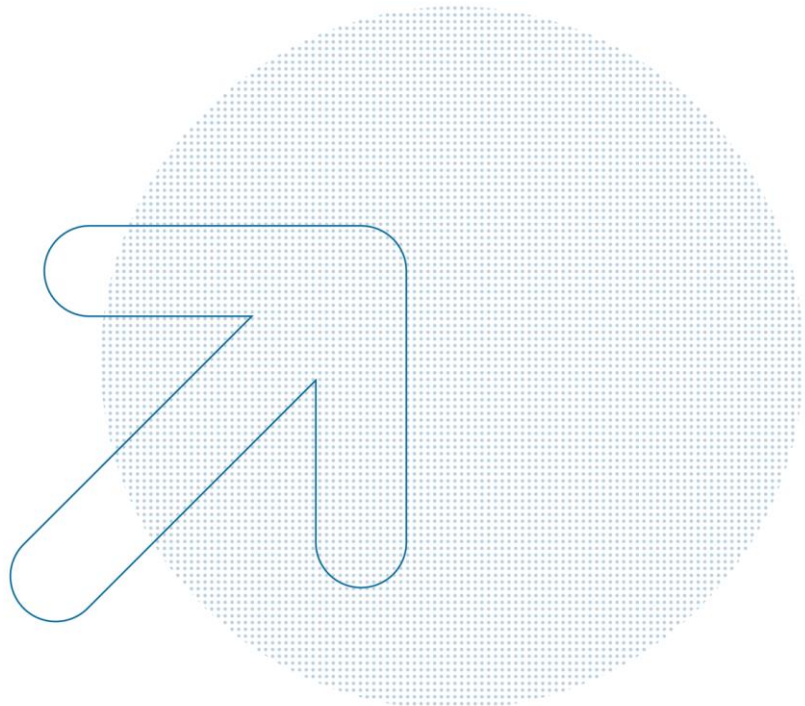
Teleheimarbeit	WIK & zafaco (2023) Download [Mbps]	WIK & zafaco (2021) Download [Mbps]
Videostreaming (Standardqualität: SD)	3,000	3,000
Musikstreaming (Standardqualität: SD)	0,320	0,320
Internetradio (Standardqualität: SD)	0,128	-

Quelle: wik



# WIK-Consult & zafaco • Anhang 2

Gutachten für die  
Bundesnetzagentur



---

## Anhang 2: Datenbasis und Messergebnisse Gutachten Mehrpersonenhaushalte

**– ÖFFENTLICHE FASSUNG –**

**(enthält keine Betriebs- und Geschäftsgeheimnisse)**

Bad Honnef, Januar 2024

 **WIK**  
CONSULT

  
zafaco

# Impressum



WIK-Consult GmbH  
Rhöndorfer Str. 68  
53604 Bad Honnef  
Deutschland  
Tel.: +49 2224 9225-0  
Fax: +49 2224 9225-63  
E-Mail: [info@wik-consult.com](mailto:info@wik-consult.com)  
[www.wik-consult.com](http://www.wik-consult.com)

## Vertretungs- und zeichnungsberechtigte Personen

Geschäftsführerin und Direktorin	Dr. Cara Schwarz-Schilling
Direktor, Verwaltungs- und Abteilungsleiter	Alex Kalevi Dieke
Direktor, Abteilungsleiter	Dr. Bernd Sörries
Abteilungsleiter	Dr. Christian Wernick
Abteilungsleiter	Dr. Lukas Wiewiorra
Vorsitzender des Aufsichtsrates	Dr. Thomas Solbach
Handelsregister	Amtsgericht Siegburg, HRB 7043
Steuer-Nr.	222/5751/0926
Umsatzsteueridentifikations-Nr.	DE 329 763 261

Stand: Januar 2024



zafaco GmbH  
Münchener Str. 101/39  
85737 Ismaning  
Deutschland  
Tel.: +49 89 820308 200  
Fax: +49 89 820308 299  
E-Mail: [info@zafaco.de](mailto:info@zafaco.de)  
[www.zafaco.de](http://www.zafaco.de)

## Geschäftsführende Gesellschafter:

Gründer und Geschäftsführer	Christoph Sudhues
Geschäftsführer Technik	Bernd Oliver Schöttler
Handelsregister	Amtsgericht München, HRB 174425
Umsatzsteueridentifikations-Nr.	DE 260 524 045

## Inhaltsverzeichnis

<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>II</b>
<b>1 Identifikation von Diensten und Produkten</b>	<b>1</b>
1.1 Anhang V-Dienste	1
1.2 Teleheimarbeit inkl. VPN	5
1.3 Online-Inhaltendienste	6
<b>2 Datenbasis zur Ableitung der technischen Anforderungen</b>	<b>7</b>
2.1 Bottom-up Messergebnisse webbrowserbasierter Dienste [Zeitraum der Erhebung: 12.04.2023 bis 27.04.2023]	7
2.2 Datenvolumen E-Mail – Befragungen [BuGG]	38
2.2.1 Datenvolumen von E-Mails OHNE Attachment	38
2.2.2 Datenvolumen von E-Mails MIT Attachment	38
2.2.3 Anteil von E-Mails mit Attachment an gesamter Anzahl E-Mails	39
<b>3 Einzelergebnisse technische Mindestanforderungen</b>	<b>40</b>
3.1 Datenübertragungsraten Anhang V-Dienste	40
3.2 Datenübertragungsraten Teleheimarbeit inkl. VPN	41
3.3 Datenübertragungsraten Online-Inhaltendienste	42

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1:	Anhang V-Dienste – Dienste, Top-Produkte und Quellen (1)	1
Tabelle 1-2:	Anhang V-Dienste – Dienste, Top-Produkte und Quellen (2)	2
Tabelle 1-3:	Anhang V-Dienste – Dienste, Top-Produkte und Quellen (3 bis 4)	3
Tabelle 1-4:	Anhang V-Dienste – Dienste, Top-Produkte und Quellen (5 bis 11)	4
Tabelle 1-5:	Teleheimarbeit – Dienste, Top-Produkte und Quellen	5
Tabelle 1-6:	Online-Inhaltedienste – Dienste, Top-Produkte und Quellen	6
Tabelle 2-1:	Messwerte pro Nutzungsvorgang bei Google.de [Erhebung: 12.04.2023]	8
Tabelle 2-2:	Messwerte pro Nutzungsvorgang bei Idealo.de [Erhebung: 12.04.2023]	9
Tabelle 2-3:	Messwerte pro Nutzungsvorgang bei dhl.de [Erhebung: 17.04.2023]	10
Tabelle 2-4:	Messwerte pro Nutzungsvorgang bei booking.com [Erhebung: 12.04.2023]	11
Tabelle 2-5:	Messwerte pro Nutzungsvorgang bei bahn.de [Erhebung: 13.04.2023]	12
Tabelle 2-6:	Messwerte pro Nutzungsvorgang bei arbeitsagentur.de/kursnet [Erhebung: 17.04.2023]	13
Tabelle 2-7:	Messwerte pro Nutzungsvorgang bei tk.de [Erhebung: 26.04.2023]	14
Tabelle 2-8:	Messwerte pro Nutzungsvorgang bei service.berlin.de [Erhebung: 17.04.2023]	15
Tabelle 2-9:	Messwerte pro st.bund.de/portal/ [Erhebung: 17.04.2023]	16
Tabelle 2-10:	Messwerte pro Nutzungsvorgang bei wetteronline.de [Erhebung: 17.04.2023]	17
Tabelle 2-11:	Messwerte pro Nutzungsvorgang bei de.wikipedia.org [Erhebung: 17.04.2023]	18
Tabelle 2-12:	Messwerte pro Nutzungsvorgang bei scholar.google.de [Erhebung: 17.04.2023]	19
Tabelle 2-13:	Messwerte pro Nutzungsvorgang bei fahrschule.de [Erhebung: 17.04.2023]	20
Tabelle 2-14:	Messwerte pro Nutzungsvorgang bei anton.app/de/ [Erhebung: 26.04.2023]	21
Tabelle 2-15:	Messwerte pro Nutzungsvorgang bei bild.de [Erhebung: 17.04.2023]	22
Tabelle 2-16:	Messwerte pro Nutzungsvorgang bei tagesschau.de [Erhebung: 18.04.2023]	23
Tabelle 2-17:	Messwerte pro Nutzungsvorgang bei amazon.de [Erhebung: 18.04.2023]	24

Tabelle 2-18:	Messwerte pro Nutzungsvorgang bei ebay-kleinanzeigen.de [Erhebung: 18.04.2023]	25
Tabelle 2-19:	Messwerte pro Nutzungsvorgang bei arbeitsagentur.de [Erhebung: 18.04.2023]	26
Tabelle 2-20:	Messwerte pro Nutzungsvorgang bei stepstone.de [Erhebung: 18.04.2023]	27
Tabelle 2-21:	Messwerte pro Nutzungsvorgang bei de.linkedin.com [Erhebung: 20.04.2023]	28
Tabelle 2-22:	Messwerte pro Nutzungsvorgang bei voba-rheinahreifel.de [Erhebung: 27.04.2023]	29
Tabelle 2-23:	Messwerte pro Nutzungsvorgang bei deutsche-bank.de [Erhebung: 20.04.2023]	30
Tabelle 2-24:	Messwerte pro Nutzungsvorgang bei stadt-koeln.de/service/onlinedienste [Erhebung: 18.04.2023]	31
Tabelle 2-25:	Messwerte pro Nutzungsvorgang bei elster.de [Erhebung: 19.04.2023]	32
Tabelle 2-26:	Messwerte pro Nutzungsvorgang bei youtube.com [Erhebung: 26.04.2023]	33
Tabelle 2-27:	Messwerte pro Nutzungsvorgang bei facebook.com [Erhebung: 19.04.2023]	34
Tabelle 2-28:	Messwerte pro Nutzungsvorgang bei MS Word [Erhebung: 27.04.2023]	35
Tabelle 2-29:	Messwerte pro Nutzungsvorgang bei MS Excel [Erhebung: 27.04.2023]	36
Tabelle 2-30:	Messwerte pro Nutzungsvorgang bei MS PowerPoint [Erhebung: 27.04.2023]	37
Tabelle 2-31:	Datenvolumen von E-Mails ohne Attachment:	38
Tabelle 2-32:	Datenvolumen von E-Mails mit Attachment:	38
Tabelle 3-1:	Anhang V-Dienste: Mindestanforderungen an die Datenübertragungsrate	40
Tabelle 3-2:	Teleheimarbeit: Mindestanforderungen an die Datenübertragungsrate	41
Tabelle 3-3:	Online-Inhalte-Dienste: Mindestanforderungen an die Datenübertragungsrate	42



# 1 Identifikation von Diensten und Produkten

## 1.1 Anhang V-Dienste

Tabelle 1-1: Anhang V-Dienste – Dienste, Top-Produkte und Quellen (1)

Dienst	Unterkategorie	Top-Produkte	Quelle	Titel	Jahr	Link
(1) eMail		web.de; gmx.net; gmail.com	statista/ convios consulting	<i>"Bei welchem Anbieter haben Sie Ihre am häufigsten genutzte E-Mail-Adresse"</i>	2022	<a href="https://de.statista.com/statistik/daten/studie/151754/umfrage/nutzeranteile-von-e-mail-anbietern-in-deutschland/">https://de.statista.com/statistik/daten/studie/151754/umfrage/nutzeranteile-von-e-mail-anbietern-in-deutschland/</a>

Quelle: wik

Tabelle 1-2: Anhang V-Dienste – Dienste, Top-Produkte und Quellen (2)

Dienst	Unter-kategorie	Top-Produkte	Quelle	Titel	Jahr	Link
(2) Suchmaschinen, die das Suchen und Auffinden aller Arten von Informationen ermöglichen	Allgemeine Informations- suche	google.de; bing.com; yahoo.com	statista	"Beliebteste Such-maschinen in Deutschland im Jahr"	2022	<a href="https://de.statista.com/p/rognosen/999767/deutschland-beliebteste-suchmaschinen">https://de.statista.com/p/rognosen/999767/deutschland-beliebteste-suchmaschinen</a>
	Information über Produkte und Dienste	amazon.de (Kunden- bewertungen)	similarweb	Top Websites für eCommerce &Shopping	2023	<a href="https://www.similarweb.com/de/top-websites/germany/category/e-commerce-and-shopping/">https://www.similarweb.com/de/top-websites/germany/category/e-commerce-and-shopping/</a>
		dhl.de (Internetseite des Herstellers/ Anbieters)	similarweb	"Top Websites für Dienst-leistungen für Unternehmen und Verbraucher"	2023	<a href="https://www.similarweb.com/de/top-websites/germany/business-and-consumer-services/">https://www.similarweb.com/de/top-websites/germany/business-and-consumer-services/</a>
		idealo.de (Preis- vergleiche)	similarweb	"Top Websites für eCommerce and Shopping"	2023	<a href="https://www.similarweb.com/de/top-websites/germany/e-commerce-and-shopping/">https://www.similarweb.com/de/top-websites/germany/e-commerce-and-shopping/</a>
		testberichte.de (Testberichte)	Bitkom Research	"Wie informieren Sie sich vor dem Online-Kauf eines Produkts"	2021	<a href="https://www.bitkom.org/sites/main/files/2021-12/211210-kundenbewertungen-online-shopping-web.png">https://www.bitkom.org/sites/main/files/2021-12/211210-kundenbewertungen-online-shopping-web.png</a>
		YouTube.com (Videoportale)				-
	Reiseinforma- tionen	bahn.de; booking.com; tripadvisor.com	similarweb	"Top Websites für Reisen und Tourismus"	2023	<a href="https://www.similarweb.com/de/top-websites/germany/category/travel-and-tourism/">https://www.similarweb.com/de/top-websites/germany/category/travel-and-tourism/</a>
	Wetterinforma- tionen	wetteronline; wetter.com; weather.com	similarweb	"Top Websites für Wetter"	2023	<a href="https://www.similarweb.com/de/top-websites/germany/science-and-education/weather">https://www.similarweb.com/de/top-websites/germany/science-and-education/weather</a>
	Ausbildungs- information	arbeitsagentur.d e/kursnet; verwaltung.uni- koeln.de; digitale Bildungstheke	-		-	
Gesundheits- information	tk.de; barmer.de; dak.de	statista/ kranken- kasse.de	"Größte gesetzliche Kranken-kassen in Deutschland nach der Versicherten-zahl"	2022	<a href="https://de.statista.com/statistik/daten/studie/856392/umfrage/groesste-gesetzliche-kranken-kassen-in-deutschland-nach-der-versichertenzahl/">https://de.statista.com/statistik/daten/studie/856392/umfrage/groesste-gesetzliche-kranken-kassen-in-deutschland-nach-der-versichertenzahl/</a>	

Quelle: wik



Tabelle 1-3: Anhang V-Dienste – Dienste, Top-Produkte und Quellen (3 bis 4)

Dienst	Unter-kategorie	Top-Produkte	Quelle	Titel	Jahr	Link
(3) grundlegende Online-Werkzeuge für die Aus- und Weiterbildung	Nutzung für Lern- oder Bildungszwecke	wikipedia.org; youtube.com (Videoangebote)	Bertelmann-Stiftung (Schmid, Goertz und Behrens, 2017)	Monitor Digitale Bildung - Die Schulen im digitalen Zeitalter. S.24, Abb. 15: "Welche der folgenden Programme nutzt Du bei welcher Gelegenheit zum Lernen?"	2017	<a href="https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSSt/Publikationen/GrauePublikationen/BSSt_MDB3_Schulen_web.pdf">https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSSt/Publikationen/GrauePublikationen/BSSt_MDB3_Schulen_web.pdf</a>
		fahrschule.de (elektronische Tests oder Übungen)				
	Schul- oder Hochschulbildung	studyflix.de (lernapp); anton.app (digitale Lernspiele); moodle.de (Lern-managementsystem)				
	Weiterbildung aus privatem Interesse	scholar.google.de (Webseiten mit fachlichen Inhalten); google.com/drive (Clouddienste)				
	Weiterbildung aus beruflichem Interesse	webex.com (Webinar); wbstraining.de (webbasiertes Lernen); edx.org (MOOCs)	Bertelmann-Stiftung (Schmid, Goertz und Behrens, 2017)	Monitor Digitale Bildung - Die Weiterbildung im digitalen Zeitalter S.22, Abb. 8: "Von denen, die digitale Lernmedien benutzen: Bei welcher Gelegenheit nutzen Sie diese Technologie und Anwendung zum Lernen?" beruflich vs. privat	2017	<a href="https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/user_upload/BSSt_Monitor_Digitale_Bildung_WB_web.pdf">https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/user_upload/BSSt_Monitor_Digitale_Bildung_WB_web.pdf</a>
(4) Online-Zeitungen oder Online-Nachrichten	Online-Zeitungen/ Nachrichten	bild.de; n-tv.de focus.de spiegel.de	statista/ IVW	"Anzahl der Visits (Online + Mobile + CTV) der Nachrichtenportale in Deutschland"	2023	<a href="https://de.statista.com/statistik/daten/studie/154154/umfang/anzahl-der-visits-von-nachrichtenportalen/#:~:text=Bei%20der%20Nettoreichweite%20der%20Nachrichtenseiten,rund%2026%2C6%20Millionen">https://de.statista.com/statistik/daten/studie/154154/umfang/anzahl-der-visits-von-nachrichtenportalen/#:~:text=Bei%20der%20Nettoreichweite%20der%20Nachrichtenseiten,rund%2026%2C6%20Millionen</a>
		tagesschau.de	similarweb	Top Websites - Germany	2023	<a href="https://www.similarweb.com/de/top-websites/germany/">https://www.similarweb.com/de/top-websites/germany/</a>

Quelle: wik

Tabelle 1-4: Anhang V-Dienste – Dienste, Top-Produkte und Quellen (5 bis 11)

Dienst	Unter-kategorie	Top-Produkte	Quelle	Titel	Jahr	Link
(5) Online-Einkauf oder Online-Bestellung von Waren und Dienstleistungen	Kauf/ Bestellung von Waren oder Dienstleistungen	amazon.de; ebay.de; ebay-kleinanzeigen.de	similarweb	Top Websites für eCommerce & Shopping	2023	<a href="https://www.similarweb.com/de/top-websites/germany/category/e-commerce-and-shopping/">https://www.similarweb.com/de/top-websites/germany/category/e-commerce-and-shopping/</a>
	Herunterladen von Software (ohne Spiele)	ccleaner.com; Google play Store für Amazon-fire tablets; Windows 10 update; Firefox 64Bit	computerbild.de	Top-Software 2022	2022	<a href="https://www.computerbild.de/artikel/cb-Ratgeber-Software-Downloads-Diese-Gratis-Programme-laedt-Deutschland-4473835.html">https://www.computerbild.de/artikel/cb-Ratgeber-Software-Downloads-Diese-Gratis-Programme-laedt-Deutschland-4473835.html</a>
(6) Arbeitssuche und Werkzeuge für die Arbeitssuche		arbeitsagentur.de; de.indeed.com; stepstone.de	similarweb	Top Websites für Job & Karriere	2023	<a href="https://www.similarweb.com/de/top-websites/germany/jobs-and-career/">https://www.similarweb.com/de/top-websites/germany/jobs-and-career/</a>
(7) Berufliche Vernetzung		xing.com; linkedin.com	statista	Beliebteste soziale Netzwerke in Deutschland im Jahr 2022	2022	<a href="https://de.statista.com/prognosen/999733/deutschland-beliebteste-soziale-netzwerke">https://de.statista.com/prognosen/999733/deutschland-beliebteste-soziale-netzwerke</a>
(8) Online-Banking		sparkasse.de; vr.de; commerzbank.de; deutsche-bank.de; postbank.de; ing.de	statista	"Bei welchem Geldinstitut haben Sie Ihr hauptsächlich genutztes Bankkonto?"	2022	<a href="https://de.statista.com/prognosen/999886/deutschland-beliebteste-geldinstitute-fuer-das-privatkonto">https://de.statista.com/prognosen/999886/deutschland-beliebteste-geldinstitute-fuer-das-privatkonto</a>
(9) Nutzung elektronischer Behörden-dienste		service.berlin.de; verwaltung.bund.de; stadt-koeln.de; elster.de; arbeitsagentur.de	Initiative D21 & technische Universität München (TUM)	eGovernment Monitor Studie - S. 19 "Haben Sie diesen Behördenvorgang schon einmal (teilweise oder vollständig) online erledigt?"	2022	<a href="https://initiated21.de/publikationen/egovernment-monitor/2022">https://initiated21.de/publikationen/egovernment-monitor/2022</a>
(10) soziale Medien und Sofort-nachrichten-übermittlung		youtube.com; whatsapp.com; facebook.com; instagram.com	statista/ Fakten-kontor; IMWF	"Anteil der befragten Internetnutzer, die folgende soziale Netzwerke nutzen, in Deutschland"	2021/ 2022	<a href="https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1026109/umfrage/beliebteste-soziale-netzwerke-in-deutschland/">https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1026109/umfrage/beliebteste-soziale-netzwerke-in-deutschland/</a>
(11) Anrufe und Videoanrufe (Standard-qualität: SD)		WhatsApp; skype; zoom.us; Microsoft teams	Bundesnetz-agentur	Nutzung von Online-Kommunikations-diensten in Deutschland. Ergebnisse der Verbraucherbefragung 2021. S. 13.	2021	<a href="https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Digitales/OnlineKom/befragung_lang21.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=3">https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Digitales/OnlineKom/befragung_lang21.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=3</a>

Quelle: wik

## 1.2 Teleheimarbeit inkl. VPN

Tabelle 1-5: Teleheimarbeit – Dienste, Top-Produkte und Quellen

Dienst	Unterkategorie	Top-Produkte	Quelle	Titel	Jahr	Link
Teleheimarbeit inkl. VPN	E-Mail (beruflich)	web.de; gmx.net; gmail.com	statista/ convios consulting	"Bei welchem Anbieter haben Sie Ihre am häufigsten genutzte E-Mail-Adresse"	2022	<a href="https://de.statista.com/statistik/daten/studie/151754/umfrage/nutzeranteile-von-e-mail-anbietern-in-deutschland/">https://de.statista.com/statistik/daten/studie/151754/umfrage/nutzeranteile-von-e-mail-anbietern-in-deutschland/</a>
	Datenaustausch	-	-		-	
	cloudbasierte Dienste	MS Office Anwendungen	Bitkom	Presseinformation - "Cloud Nutzung wird rasant zunehmen"	2023	<a href="https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Cloud-Report-2023-Nutzung-rasant-zunehmen">https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Cloud-Report-2023-Nutzung-rasant-zunehmen</a>
	Remote-Desktop	MS Remote Desktop	-		-	
	Anrufe und Videoanrufe (Standard-qualität: SD)	WhatsApp; skype; zoom.us; Microsoft teams	Bundes-netzagentur	Nutzung von Online-Kommunikationsdiensten in Deutschland. Ergebnisse der Verbraucherbefragung 2021. S. 13.	2021	<a href="https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Digitales/OnlineKom/befragung_lang21.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=3">https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Digitales/OnlineKom/befragung_lang21.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=3</a>
	Gruppenvideokonferenzen (Standardqualität: SD)					

Quelle: wik

### 1.3 Online-Inhaltedienste

Tabelle 1-6: Online-Inhaltedienste – Dienste, Top-Produkte und Quellen

Dienst	Unter-kategorie	Top-Produkte	Quelle	Tittel	Jahr	Link
Online-Inhalte-dienste	Video-Streaming (SD)	YouTube; ARD / ZDF Mediathek; Netflix; Amazon Prime-Video; Arte Mediathek; Disney	Onlinestudie ARD/ZDF (Rhody, A.)	Ergebnisse der ARD/ZDF-Onlinestudie 2022, " <i>Bewegtbild im Internet erreicht immer mehr Menschen</i> ", S.491, Abb. 3	2022	<a href="https://www.ard-zdf-onlinestudie.de/files/2022/2210_Rhody.pdf">https://www.ard-zdf-onlinestudie.de/files/2022/2210_Rhody.pdf</a>
	Musik-Streaming (SD)	Spotify; Amazon Music; YouTube Music	Onlinestudie ARD/ZDF (von Oehsen, D.)	Ergebnisse der ARD/ZDF-Onlinestudie 2022, " <i>Lineare und non- lineare Audionutzung im Internet nehmen weiter zu</i> ", S.482, Abb. 3	2022	<a href="https://www.ard-zdf-onlinestudie.de/files/2022/2210_vonOehsen.pdf">https://www.ard-zdf-onlinestudie.de/files/2022/2210_vonOehsen.pdf</a>
	Internetradio	Radio NRW; Bayern 1; WDR 2; WDR 3	MA Audio I (Schröder, J.)	" <i>Audio-MA: Viele große Radiosender verlieren Hörer</i> "	2022	<a href="https://www.meedia.de/marktdaten-medien/blitz-analyse-der-reichweiten-2022-i-audio-ma-viele-grosse-radiosender-verlieren-hoerer-c265abf822e4fc9870de9299e62c173b">https://www.meedia.de/marktdaten-medien/blitz-analyse-der-reichweiten-2022-i-audio-ma-viele-grosse-radiosender-verlieren-hoerer-c265abf822e4fc9870de9299e62c173b</a>

Quelle: wik

## 2 Datenbasis zur Ableitung der technischen Anforderungen

### 2.1 Bottom-up Messergebnisse webbrowserbasierter Dienste [Zeitraum der Erhebung: 12.04.2023 bis 27.04.2023]

Anhand der Developer-Edition des Google-Chrome Browsers („Entwicklertools“) wurde im Zeitraum zwischen 12.04.2023 und 27.04.2023 das übertragene Datenvolumen bei Nutzung eines Browsers gemessen. Dabei wurden folgende Daten pro webbasiertes Produkt erhoben:

- „Messung“: Name der Messung
- „Nr.“: Interne Identifikationsnummer der Messung A1, A2, A3, B1, B2 oder B3
- „Ggf. alternatives Nutzerverhalten“: ggf. Suchbegriffe bzw. Suchoptionen
- „Schritt“: Schrittnummer des Nutzungsvorgangs (1 bis 5)
- „Nutzungsvorgang“: Name der typischen messbaren Aktionen von Usern auf webbasierten Produkten, z. B. konkrete Abrufe von Webseiten („Klicks“)
- „Daten@Load [MB]“: initial geladenes Datenvolumen, das bis zum Zeitpunkt des Onload Events heruntergeladen wird
- „Load [s]“: Dauer der gemessenen Datenübertragung (für den Anschlussort der Messung; Angabe nur zur internen Kontrolle)
- „Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachladen oder Werbung)“: Datenvolumen der gesamten Seite ohne weitere Daten, die nach oder während des Scrollens oder Anzeigens von Werbung nachgeladen werden
- Kategorisierung ITU Q.1010: von der ITU etablierte Kategorien (interactive, responsive, timely und non-critical) zu tolerierten Übertragungsdauern

Tabelle 2-1: Messwerte pro Nutzungsvorgang bei Google.de [Erhebung: 12.04.2023]

Messung	Nr	ggf. alternatives Nutzerverhalten	Schritt	Nutzungsvorgang	Daten @ Load [MB]	Load [s]	Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachladen oder Werbung)	Kategorisierung ITU G.1010			
								interactive [X]	responsive [X]	timely [X]	non-critical [X]
<b>Messung A1</b>											
	A1		1	Seite aufrufen	0,63	0,833	0,633		X		
	A1	Fahrrad	2	Suchbegriff eingeben (Alles)	2,5	3,43	2,6		X		
	A1		3	Rubrik Shopping	3,5	4,13	3,5		X		
	A1		4	Rubrik Maps	2,2	3,52	3,1		X		
	A1		5	Rubrik Bilder	1,8	2,55	1,9		X		
<b>Messung A2</b>											
	A2		1	Seite aufrufen	0,616	0,864	0,617		X		
	A2	Fahrrad	2	Suchbegriff eingeben (Alles)	2,5	3,73	2,6		X		
	A2		3	Rubrik Shopping	3,5	3,48	3,5		X		
	A2		4	Rubrik Maps	2,2	3,51	3,1		X		
	A2		5	Rubrik Bilder	1,8	2,58	1,9		X		
<b>Messung A3</b>											
	A3		1	Seite aufrufen	0,617	0,63	0,617		X		
	A3	Fahrrad	2	Suchbegriff eingeben (Alles)	2,5	3,43	2,6		X		
	A3		3	Rubrik Shopping	3,5	3,18	3,6		X		
	A3		4	Rubrik Maps	2,2	3,48	3,3		X		
	A3		5	Rubrik Bilder	1,8	2,48	1,9		X		
<b>Messung B1</b>											
	B1		1	Seite aufrufen	0,616	0,846	0,617		X		
	B1	Kaffeemaschine	2	Suchbegriff eingeben (Alles)	2,1	3,12	2,1		X		
	B1		3	Rubrik Shopping	2,6	3,56	2,6		X		
	B1		4	Rubrik Maps	1,7	2,65	3,1		X		
	B1		5	Rubrik Bilder	1,8	2,88	2		X		
<b>Messung B2</b>											
	B2		1	Seite aufrufen	0,616	0,78	0,617		X		
	B2	Kaffeemaschine	2	Suchbegriff eingeben (Alles)	2,1	2,79	2,1		X		
	B2		3	Rubrik Shopping	2,6	3,05	2,6		X		
	B2		4	Rubrik Maps	1,7	2,01	3,1		X		
	B2		5	Rubrik Bilder	1,7	2,54	1,9		X		
<b>Messung B3</b>											
	B3		1	Seite aufrufen	0,616	0,946	0,617		X		
	B3	Kaffeemaschine	2	Suchbegriff eingeben (Alles)	2	2,79	2		X		
	B3		3	Rubrik Shopping	2,3	2,9	2,3		X		
	B3		4	Rubrik Maps	1,7	2,67	3,1		X		
	B3		5	Rubrik Bilder	1,6	2,56	1,6		X		

Quelle: wik

Tabelle 2-2: Messwerte pro Nutzungsvorgang bei Idealo.de [Erhebung: 12.04.2023]

Messung	Nr	ggf. alternatives Nutzerverhalten	Schritt	Nutzungsvorgang	Daten @ Load [MB]	Load [s]	Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachladen oder Werbung)	Kategorisierung ITU G.1010			
								interactive [X]	responsive [X]	timely [X]	non-critical [X]
<b>Messung A1</b>											
	A1		1	Seite aufrufen	0,983	1,55	1,7		X		
	A1 Sport		2	Suchbegriff eingeben	1,1	1,62	1,8		X		
	A1 Sporttaschen		3	Erste Rubrik	1,5	2,91	1,7		X		
	A1 Mode&Accessoires		4	Zweite Rubrik	1,3	3,93	1,7		X		
	A1 Sport & Outdoor		5	Dritte Rubrik	1,2	4,71	1,7		X		
<b>Messung A2</b>											
	A2		1	Seite aufrufen	1,1	1,8	1,7		X		
	A2 Kaffeemaschine		2	Suchbegriff eingeben	1,2	2,6	1,7		X		
	A2 Kaffeemaschinen		3	Erste Rubrik	1,3	2,92	1,7		X		
	A2 Espressomaschinen		4	Zweite Rubrik	1,3	3,1	1,7		X		
	A2 Kapselmaschinen		5	Dritte Rubrik	1,2	2,95	1,7		X		
<b>Messung A3</b>											
	A3		1	Seite aufrufen	1,1	1,51	1,7		X		
	A3 Computer		2	Suchbegriff eingeben	1,3	2,48	1,6		X		
	A3 PC-Komponenten		3	Erste Rubrik	1,5	2,75	1,6		X		
	A3 Notebooks		4	Zweite Rubrik	1,6	3,13	1,6		X		
	A3 Tablets		5	Dritte Rubrik	1,4	2,83	1,7		X		
<b>Messung B1</b>											
	B1		1	Seite aufrufen	1,1	1,52	1,7		X		
	B1 Möbel		2	Suchbegriff eingeben	1,3	2,71	1,5		X		
	B1 Gartenmöbel		3	Erste Rubrik	1,1	2,84	1,5		X		
	B1 Schlafzimmermöbel		4	Zweite Rubrik	1,2	2,39	1,5		X		
	B1 Kinderzimmermöbel		5	Dritte Rubrik	1	2,17	1,5		X		
<b>Messung B2</b>											
	B2		1	Seite aufrufen	1,1	1,53	1,7		X		
	B2 Schuhe		2	Suchbegriff eingeben	1,3	2,33	1,6		X		
	B2 Sneakers		3	Erste Rubrik	1,3	3,33	1,6		X		
	B2 Laufschuhe		4	Zweite Rubrik	1,2	2,65	1,7		X		
	B2 Outdoor-Schuhe		5	Dritte Rubrik	1,2	2,86	1,7		X		
<b>Messung B3</b>											
	B3		1	Seite aufrufen	1,1	1,5	1,7		X		
	B3 Video		2	Suchbegriff eingeben	1,2	3,3	1,8		X		
	B3 Babyfone		3	Erste Rubrik	1,2	3,04	1,6		X		
	B3 Türklingeln		4	Zweite Rubrik	1,1	2,68	1,6		X		
	B3 Digitalkamera-Zuehör		5	Dritte Rubrik	1,2	3,27	1,6		X		

Quelle: wik

Tabelle 2-3: Messwerte pro Nutzungsvorgang bei dhl.de [Erhebung: 17.04.2023]

Messung	Nr	ggf. alternatives Nutzerverhalten	Schritt	Nutzungsvorgang	Daten @ Load [MB]	Load [s]	Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachladen oder Werbung)	Kategorisierung ITU G.1010			
								interactive [X]	responsive [X]	timely [X]	non-critical [X]
<b>Messung A1</b>											
	A1		1	Seite aufrufen	2,3	1,64	2,3		X		
	A1 612383379636		2	Sendungsnummer suchen	0,967	0,826	1,3		X		
	A1		3	Privatkunden Seite aufrufen	0,907	0,591	1,2		X		
	A1		4	Rubrik Produktübersicht	0,898	0,64	1,1		X		
	A1		5	Rubrik Überblick: Versand bis 2 kg	1	1,04	1		X		
<b>Messung A2</b>											
	A2		1	Seite aufrufen	2,3	1,8	2,3		X		
	A2		2	Privatkunden Hilfe und Kontakt	0,797	0,685	1		X		
	A2		3	Rubrik rund um mein Paket	0,778	0,696	1,1		X		
	A2		4	Rubrik Internationale Paketsendung	0,948	0,841	1		X		
	A2		5	Rubrik Hier geht es zum Kontakt	0,877	1,08	0,895		X		
<b>Messung A3</b>											
	A3		1	Seite aufrufen	2,3	1,51	2,3		X		
	A3		2	Standorte finden (PLZ 50935)	0,821	0,695	3,6		X		
	A3		3	Online versenden	1	1,09	1,4		X		
	A3		4	Ablageort (Startseite)	2,8	2,81	3,9		X		
	A3		5	GOGREEN PLUS auswählen (Startseite)	1,1	1,38	1,1		X		
<b>Messung B1</b>											
	B1		1	Seite aufrufen	2,3	1,87	2,3		X		
	B1 612383379636		2	Sendungsnummer suchen	0,967	0,807	1,3		X		
	B1		3	Geschäftskunden Seite aufrufen	1	1,01	1		X		
	B1		4	Rubrik Paketversand	1,1	0,857	1,1		X		
	B1		5	Rubrik Leistungen und Services	1,2	0,991	1,2		X		
<b>Messung B2</b>											
	B2		1	Seite aufrufen	2,3	1,7	2,3		X		
	B2		2	Geschäftskunden Paket	1,1	0,873	1,1		X		
	B2		3	GK Leistungen und Services	1,1	0,918	1,2		X		
	B2		4	Rubrik Pakete International versenden	1,2	0,916	1,3		X		
	B2		5	Weltweiter Paketversand	2,4	1,79	3,4		X		
<b>Messung B3</b>											
	B3		1	Seite aufrufen	2,3	1,76	2,3		X		
	B3		2	Seite Geschäftskunden	0,948	0,73	1		X		
	B3		3	Rubrik Logistiklösungen	1,1	0,884	1,1		X		
	B3		4	Privatkunden Portoberater	0,975	0,782	1,2		X		
	B3		5	Paketankündigung	1,2	1,1	1,4		X		

Quelle: wik



Tabelle 2-4: Messwerte pro Nutzungsvorgang bei booking.com [Erhebung: 12.04.2023]

Messung	Nr	ggf. alternatives Nutzerverhalten	Schritt	Nutzungsvorgang	Daten @ Load [MB]	Load [s]	Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachladen oder Werbung)	Kategorisierung ITU G.1010			
								interactive [X]	responsive [X]	timely [X]	non-critical [X]
<b>Messung A1</b>											
	A1		1	Seite aufrufen	3,2	2,69	4,5		X		
	A1		2	Rubrik auswählen	1,7	4,12	3,6		X		
	A1		3	Suche	2,5	4,3	3,9		X		
	A1		4	Erstes auswählen	4	6,24	4,9		X		
	A1		5	Reservieren	1,4	5,19	2,5		X		
<b>Messung A2</b>											
	A2		1	Seite aufrufen	3,2	2,88	4,4		X		
	A2		2	Rubrik auswählen	0,796	1,84	1		X		
	A2		3	Suche	0,668	1,32	1,2		X		
	A2		4	Erstes auswählen	0,5	0,884	0,834		X		
	A2		5	Zweites auswählen	0,5	0,82	0,83		X		
<b>Messung A3</b>											
	A3		1	Seite aufrufen	3,1	2,69	4,4		X		
	A3		2	Rubrik auswählen	0,662	1,38	2,7		X		
	A3		3	Suche	3,2	5,75	5,5		X		
	A3		4	Erstes auswählen	1,4	5,07	2,6		X		
	A3		5	Zweites auswählen	1,4	3,56	2,7		X		
<b>Messung B1</b>											
	B1		1	Seite aufrufen	3,2	2,75	4,5		X		
	B1		2	Rubrik auswählen	1,9	2,49	2,7		X		
	B1		3	Suche	1,3	1,65	2		X		
	B1		4	Auswählen	1,4	1,7	2		X		
	B1		5	Erstes auswählen	1,4	1,54	1,8		X		
<b>Messung B2</b>											
	B2		1	Seite aufrufen	3,2	2,68	4,4		X		
	B2		2	Rubrik auswählen	0,815	1,38	1		X		
	B2		3	Suche	0,835	1,4	0,88		X		
	B2		4	Auswählen	0,769	1,39	0,797		X		
	B2		5	Erstes auswählen	2,1	2,46	2,2		X		
<b>Messung B3</b>											
	B3		1	Seite aufrufen	3,2	2,77	4,5		X		
	B3		2	Rubrik auswählen	2,5	3,33	2,8		X		
	B3		3	Suche	3,2	5,13	7,7		X		
	B3		4	Auswählen	1,3	5,56	2,7		X		
	B3		5	Zweites auswählen	1,3	3,99	2,6		X		

Quelle: wik

Tabelle 2-5: Messwerte pro Nutzungsvorgang bei bahn.de [Erhebung: 13.04.2023]

Messung	Nr	ggf. alternatives Nutzerverhalten	Schritt	Nutzungsvorgang	Daten @ Load [MB]	Load [s]	Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachladen oder Werbung)	Kategorisierung ITU G.1010			
								interactive [X]	responsive [X]	timely [X]	non-critical [X]
<b>Messung A1</b>											
	A1		1	Seite aufrufen	1.3	1.3	1.3		X		
	A1	Bonn-Freiburg	2	Zugverbindung suchen	1.1	3.08	1.1		X		
	A1		3	Verbindung auswählen	0.666	1.05	0.889		X		
	A1		4	Angebot auswählen	0.704	1.23	0.926		X		
	A1		5	Keine Bahncard auswählen	0.993	0.592	1.2		X		
<b>Messung A2</b>											
	A2		1	Seite aufrufen	1.2	1.86	1.2		X		
	A2	Info und Service	2	Kategorie wählen	1.1	1.4	1.3		X		
	A2		3	Fahrplan eingeben	0.839	0.881	0.935		X		
	A2	Köln	4	Köln eingeben	0.828	0.901	0.934		X		
	A2		5	PDF auswählen	0.312	0.43	0.312		X		
<b>Messung A3</b>											
	A3		1	Seite aufrufen	1.1	1.71	1.4		X		
	A3	Info und Service	2	Kategorie wählen	1.1	1.1	1.3		X		
	A3	Streckenkart	3	Kategorie wählen Streckenkart	0.648	1.2	0.954		X		
	A3	ICE Liniennetz	4	PDF herunterladen	0.366	1.12	0.366			X	
<b>Messung B1</b>											
	B1		1	Seite aufrufen	1	1.51	1.3		X		
	B1	Köln-Hamburg	2	Zugverbindung suchen	0.679	2.71	1.1		X		
	B1		3	Verbindung auswählen	0.701	0.746	0.882		X		
	B1		4	Angebot auswählen	0.743	1.23	0.924		X		
	B1		5	Keine Bahncard auswählen	0.993	0.63	1.2		X		
<b>Messung B2</b>											
	B2		1	Seite aufrufen	1.2	1.81	1.3		X		
	B2	Info und Service	2	Kategorie wählen	1.1	1.11	1.3		X		
	B2		3	Fahrplan eingeben	0.625	1.28	0.935		X		
	B2	Köln	4	Köln eingeben	0.66	1.52	1.1		X		
	B2		5	PDF auswählen	0.312	0.154	0.312		X		
<b>Messung B3</b>											
	B3		1	Seite aufrufen	1.1	1.53	1.3		X		
	B3	Info und Service	2	Kategorie wählen	1.2	1.43	1.3		X		
	B3	Streckenkart	3	Kategorie wählen Streckenkart	0.605	1.2	0.809		X		
	B3	IC Liniennetz	4	PDF herunterladen	0.366	0.74	0.366			X	

Quelle: wik

Tabelle 2-6: Messwerte pro Nutzungsvorgang bei arbeitsagentur.de/kursnet [Erhebung: 17.04.2023]

Messung	Nr	ggf. alternatives Nutzerverhalten	Schritt	Nutzungsvorgang	Daten @ Load [MB]	Load [s]	Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachladen oder Werbung)	Kategorisierung ITU G.1010			
								interactive [X]	responsive [X]	timely [X]	non-critical [X]
<b>Messung A1</b>											
	A1		1	Seite aufrufen	0.978	1.57	0.978		X		
	A1	Karriere und Weiterbildung	2	Kategorie wählen	3.1	3.5	3.1		X		
	A1		3	Beruflich weiterbilden	3.1	3.85	3.1		X		
	A1		4	2. möglichkeiten prüfen	1.2	1.27	1.2		X		
	A1	(weiterleitung auf neuen T	5	Berufliche Kenntnisse erweitern	1.1	2.4	1.1		X		
<b>Messung A2</b>											
	A2		1	Seite aufrufen	0.972	1.72	0.979		X		
	A2	Karriere und Weiterbildung	2	Kategorie wählen	3.1	3.69	3.1		X		
	A2		3	Beruflich wieder einsteigen	1.2	1.72	1.2		X		
	A2		4	Informieren und orientieren	1	2.08	1		X		
	A2		5	Verdienstmöglichkeiten	0.732	2.12	0.795		X		
<b>Messung A3</b>											
	A3		1	Seite aufrufen	0.972	1.68	0.977		X		
	A3	Karriere und Weiterbildung	2	Kategorie wählen	3.1	3.77	3.1		X		
	A3	Beruf wechseln	3	Kategorie wählen	5.1	4.97	5.1		X		
	A3		4	Jobsuche	1.1	4.17	1.1		X		
	A3	Genussmittelherstellung	5	Lebensmittel und Gastgewerbe	0.979	4.28	1		X		
<b>Messung B1</b>											
	B1		1	Seite aufrufen	0.974	1.71	0.978		X		
	B1	Weiterbildung	2	Kategorie wählen	1.2	3.63	1.2		X		
	B1	50935	3	Suche ausführen	2.3	5.39	2.3		X		
	B1		4	Treffer auswählen	1.4	2.27	1.4		X		
<b>Messung B2</b>											
	B2		1	Seite aufrufen	0.978	1.36	0.978		X		
	B2	Für Bildungssuchende	2	Kategorie wählen	3.1	3.19	3.1		X		
	B2	Weiterbildungsangebote f	3	Kategorie wählen	1.2	4.07	1.2		X		
	B2	Installateur	4	Suche ausführen	2.1	5	2.1		X		
	B2		5	Treffer auswählen	1.9	3.83	1.9		X		
<b>Messung B3</b>											
	B3		1	Seite aufrufen	0.977	1.4	0.978		X		
	B3	Für Bildungssuchende	2	Kategorie wählen	3.1	3.1	3.1		X		
	B3	Arzthelfer	3	Suche ausführen	1.6	2.82	1.6		X		
	B3		4	Treffer auswählen	1.9	3.54	1.9		X		

Quelle: wik

Tabelle 2-7: Messwerte pro Nutzungsvorgang bei tk.de [Erhebung: 26.04.2023]

Messung	Nr	ggf. alternatives Nutzerverhalten	Schritt	Nutzungsvorgang	Daten @ Load [MB]	Load [s]	Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachladen oder Werbung)	Kategorisierung ITU G.1010			
								interactive [X]	responsive [X]	timely [X]	non-critical [X]
<b>Messung A1</b>											
	A1	Meine TK-Startseite	1	Seite aufrufen	0,894	0,709	0,898		X		
	A1		2	Login Meine TK	1,1	1,08	1,3		X		
	A1		3	Bescheinigungen auswählen	0,52	0,575	0,524		X		
	A1		4	Versicherungsbescheinigung herunterladen	0,865	2	0,869		X		
	A1		5	PDF herunterladen (Nur Dokumentengröße)	0,1		0,1			X	
<b>Messung A2</b>											
	A2	Ohne Login	1	Seite aufrufen	0,639	0,778	0,864		X		
	A2	Service	2	Kategorie wählen	0,543	0,669	0,547		X		
	A2	Lohnfortzahlung	3	Suche ausführen	0,521	0,636	0,524		X		
	A2	erste	4	Ergebnis auswählen	0,525	0,693	0,528		X		
	A2	zweite	5	Ergebnis auswählen	0,522	0,568	0,525		X		
<b>Messung A3</b>											
	A3	Ohne Login	1	Seite aufrufen	0,639	0,642	0,789		X		
	A3	Gesundheit	2	Kategorie wählen	0,629	0,427	0,693		X		
	A3	Behandlung und Medizin	3	Kategorie wählen	0,601	0,564	0,783		X		
	A3	Heuschnupfen	4	Suche ausführen	0,517	0,526	0,555		X		
	A3	erste	5	Information aufrufen	1,5	1,01	1,5		X		
<b>Messung B1</b>											
	B1	Meine TK-Startseite	1	Seite aufrufen	0,892	0,924	0,899		X		
	B1	Versichertenr. & -passw	2	Login Meine TK	1,1	0,999	1,3		X		
	B1		3	Bescheinigungen auswählen	0,52	0,625	0,524		X		
	B1	Button auf Website	4	Versicherungsbescheinigung herunterladen	0,865	1,69	0,869		X		
	B1	PDF Dokument	5	PDF herunterladen (Nur Dokumentengröße)	0,104		0,104			X	
<b>Messung B2</b>											
	B2	Ohne Login	1	Seite aufrufen	0,648	1,14	0,798		X		
	B2	Service	2	Kategorie wählen	0,552	1,04	0,556		X		
	B2	Lohnfortzahlung	3	Suche ausführen	0,53	0,793	0,533		X		
	B2	erste	4	Ergebnis auswählen	0,534	0,856	0,537		X		
	B2	zweite	5	Ergebnis auswählen	0,531	0,7	0,537		X		
<b>Messung B3</b>											
	B3	Ohne Login	1	Seite aufrufen	0,552	0,727	0,558		X		
	B3	Gesundheit	2	Kategorie wählen	0,633	0,756	0,702		X		
	B3	Behandlung und Medizin	3	Kategorie wählen	0,629	0,708	0,705		X		
	B3	Heuschnupfen	4	Suche ausführen	0,526	0,799	0,564		X		
	B3	erste	5	Information aufrufen	1,4	1,45	1,5		X		

Quelle: wik

Tabelle 2-8: Messwerte pro Nutzungsvorgang bei service.berlin.de [Erhebung: 17.04.2023]

Messung	Nr	ggf. alternatives Nutzerverhalten	Schritt	Nutzungsvorgang	Daten @ Load [MB]	Load [s]	Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachladen oder Werbung)	Kategorisierung ITU G.1010			
								interactive [X]	responsive [X]	timely [X]	non-critical [X]
<b>Messung A1</b>											
	A1		1	Seite aufrufen	0.959	2.49	0.959		X		
	A1	Öffnungszeiten	2	Rubrik wählen	0.535	0.56	0.535		X		
	A1	Standorte	3	Rubrik wählen	0.912	3.33	1.7		X		
	A1	online Terminvergabe	4	Rubrik wählen	0.572	0.718	0.572		X		
	A1	Personalausweis	5	Dienst wählen	0.606	0.594	0.606		X		
<b>Messung A2</b>											
	A2		1	Seite aufrufen	0.957	2.14	0.957		X		
	A2	Themen	2	Rubrik wählen	0.609	0.989	0.609		X		
	A2	Abfall und Entsorgung	3	Dienst wählen	0.611	0.973	0.611		X		
	A2	Abfall	4	Dienst wählen	1.7	1.47	1.7		X		
	A2	Publikationen	5	Dienst wählen	1.5	1.8	1.5		X		
<b>Messung A3</b>											
	A3		1	Seite aufrufen	0.957	0.792	0.957		X		
	A3	Themen	2	Rubrik wählen	0.609	0.757	0.609		X		
	A3	Beglaubigungen	3	Dienst wählen	0.613	0.734	0.613		X		
	A3	Beglaubigungen Fingerab	4	Dienst wählen	0.609	0.653	0.609		X		
	A3	PDF herunterladen	5	PDF herunterladen	0.334	0.286	0.334		X		
<b>Messung B1</b>											
	B1		1	Seite aufrufen	0.959	2.51	0.959		X		
	B1	Öffnungszeiten	2	Rubrik wählen	0.535	0.53	0.535		X		
	B1	Standorte	3	Rubrik wählen	0.917	2.53	1.7		X		
	B1	online Terminvergabe	4	Rubrik wählen	0.572	0.645	0.573		X		
	B1	Rechtsdienstleistung	5	Dienst wählen	0.62	0.744	0.62		X		
<b>Messung B2</b>											
	B2		1	Seite aufrufen	0.959	2.47	0.959		X		
	B2	Themen	2	Rubrik wählen	0.609	0.775	0.609		X		
	B2	Fahrrad und Parken	3	Dienst wählen	0.613	1.1	0.613		X		
	B2	Parkausweis	4	Dienst wählen	0.606	0.845	0.606		X		
	B2	Formular	5	PDF herunterladen	0.8	0.2	0.8		X		
<b>Messung B3</b>											
	B3		1	Seite aufrufen	0.958	3.6	0.958		X		
	B3	Themen	2	Rubrik wählen	0.609	1.36	0.609		X		
	B3	Museen	3	Dienst wählen	0.611	0.26	0.611		X		
	B3	Museumsführer	4	Dienst wählen	1.2	2.07	1.2		X		
	B3	Museen A-Z	5	Dienst wählen	0.854	1.01	0.854		X		

Quelle: wik

Tabelle 2-9: Messwerte pro st.bund.de/portal/ [Erhebung: 17.04.2023]

Messung	Nr	ggf. alternatives Nutzerverhalten	Schritt	Nutzungsvorgang	Daten @ Load [MB]	Load [s]	Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachladen oder Werbung)	Kategorisierung ITU G.1010			
								interactive [X]	responsive [X]	timely [X]	non-critical [X]
<b>Messung A1</b>											
	A1		1	Seite aufrufen	1,7	1,56	1,7		X		
	A1	Alle Lebenslagen	2	Kategorie auswählen	2,5	2,38	3,6		X		
	A1	Bildung	3	Kategorie auswählen	1,6	1,66	1,6		X		
	A1	Berufsausbildung	4	Kategorie auswählen	1,3	1,28	1,3		X		
	A1	Ausbildungsgeld beantragen	5	Kategorie auswählen	1,6	1,22	1,9		X		
<b>Messung A2</b>											
	A2		1	Seite aufrufen	1,7	1,69	1,7		X		
	A2	Alle Lebenslagen	2	Kategorie auswählen	2,5	2,35	3,6		X		
	A2	Ausweis	3	Kategorie auswählen	1,6	1,24	1,6		X		
	A2	Urkunden und Bescheinigungen	4	Kategorie auswählen	1,2	0,951	1,2		X		
	A2	Rufnummernmissbrauch	5	Kategorie auswählen	1,5	1,1	1,6		X		
<b>Messung A3</b>											
	A3		1	Seite aufrufen	1,8	1,41	1,8		X		
	A3	Alle Lebenslagen	2	Kategorie auswählen	2,5	1,7	3,6		X		
	A3	Reisen	3	Kategorie auswählen	1,6	1,18	1,6		X		
	A3	Auswanderung	4	Kategorie auswählen	1,2	1,08	1,2		X		
	A3	Verzicht deutsche Staatsangehörigkeit	5	Kategorie auswählen	1,5	1,23	1,6		X		
<b>Messung B1</b>											
	B1		1	Seite aufrufen	1,6	1,47	1,6		X		
	B1	Alle Lebenslagen	2	Kategorie auswählen	2,5	1,54	3,6		X		
	B1	Gesundheit	3	Kategorie auswählen	1,6	1,28	1,6		X		
	B1	Pflege	4	Kategorie auswählen	1,2	1,06	1,2		X		
	B1	Pflegezulage für Kriegssopfer	5	Kategorie auswählen	1,7	1,39	1,8		X		
<b>Messung B2</b>											
	B2		1	Seite aufrufen	1,7	1,55	1,9		X		
	B2	Alle Lebenslagen	2	Kategorie auswählen	2,5	1,66	3,6		X		
	B2	Fahrzeug	3	Kategorie auswählen	1,6	1,26	1,6		X		
	B2	Führerschein	4	Kategorie auswählen	1,2	1,13	1,2		X		
	B2	Mofa	5	Kategorie auswählen	1,6	1,45	1,7		X		
<b>Messung B3</b>											
	B3		1	Seite aufrufen	1,7	1,45	1,9		X		
	B3	Alle Lebenslagen	2	Kategorie auswählen	2,5	1,76	3,6		X		
	B3	Verbraucherschutz	3	Kategorie auswählen	1,6	1,2	1,6		X		
	B3	Klima, Beantragung Förderung	4	Kategorie auswählen	1,5	1,09	1,6		X		
	B3	Elektroschrott Entsorgung	5	Kategorie auswählen	1,7	1,44	1,8		X		

Quelle: wik

Tabelle 2-10: Messwerte pro Nutzungsvorgang bei wetteronline.de [Erhebung: 17.04.2023]

Messung	Nr	ggf. alternatives Nutzerverhalten	Schritt	Nutzungsvorgang	Daten @ Load [MB]	Load [s]	Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachladen oder Werbung)	Kategorisierung ITU G.1010				
								interactive [X]	responsive [X]	timely [X]	non-critical [X]	
<b>Messung A1</b>												
	A1		1 Seite aufrufen		4.1	3.67	7.9		X			
	A1 Köln		2 Suchen		3.4	4.52	12.1		X			
	A1 14-Tage Wetter		3 Rubrik		2.9	6.73	5.5		X			
	A1 Regenradar		4 Rubrik		2	3.15	5.6		X			
	A1 Regenradar kompakt		5 Rubrik		3.6	7.59	6.9		X			
<b>Messung A2</b>												
	A2		1 Seite aufrufen		2.2	3.49	11.3		X			
	A2 Windradar		2 Rubrik		1.7	6.14	6.4		X			
	A2 Unwetter - Deutschland		3 Rubrik		2.4	3.82	7.7		X			
	A2 Wetterdaten		4 Rubrik		2.5	3.45	6.6		X			
	A2 NRW		5 Aussuchen		1.2	3.71	7.7		X			
<b>Messung A3</b>												
	A3		1 Seite aufrufen		2.2	3.66	7.8		X			
	A3 Hamburg		2 Suchen		3.1	4.48	8.7		X			
	A3 Wetterrückblick letzte Wochen		3 Kategorie		1.5	1.45	4.5		X			
	A3 Pollenflug		4 Kategorie		1.9	2.26	5.8		X			
	A3 14-Tage Wetter		5 Kategorie		2.7	6.8	6.2		X			
<b>Messung B1</b>												
	B1		1 Seite aufrufen		2.2	3.65	7.1		X			
	B1 Kopenhagen		2 Suchen		2.5	5.1	10.6		X			
	B1 14 Tage Wetter		3 Rubrik		2.8	3.68	6.3		X			
	B1 Regenradar		4 Rubrik		3.2	3.28	6.1		X			
	B1 Regenradar kompakt		5 Rubrik		2.3	3.38	6.4		X			
<b>Messung B2</b>												
	B2		1 Seite aufrufen		2.6	7.17	7.4		X			
	B2 Windradar		2 Rubrik		1.4	3.39	10.4		X			
	B2 Unwetter - Deutschland		3 Rubrik		2.4	2.89	4.1		X			
	B2 Wetterdaten		4 Rubrik		2.2	3.19	5.4		X			
	B2 Schleswig-Holstein		5 Aussuchen		2.3	3.81	3.7		X			
<b>Messung B3</b>												
	B3		1 Seite aufrufen		2.6	3.68	7.8		X			
	B3 New York		2 Suchen		3.3	9.88	10.7		X			
	B3 Wetterrückblick letzte Wochen		3 Kategorie		2.3	3.29	3.6		X			
	B3 Wetter Spanien		4 Kategorie		1.5	1.7	6.1		X			
	B3 Segelwetter		5 Kategorie		2.4	3	4.2		X			

Quelle: wik

Tabelle 2-11: Messwerte pro Nutzungsvorgang bei de.wikipedia.org [Erhebung: 17.04.2023]

Messung	Nr	ggf. alternatives Nutzerverhalten	Schritt	Nutzungsvorgang	Daten @ Load [MB]	Load [s]	Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachladen oder Werbung)	Kategorisierung ITU G.1010			
								interactive [X]	responsive [X]	timely [X]	non-critical [X]
<b>Messung A1</b>											
	A1		1	Seite aufrufen	0.473	0.55	0.473		X		
	A1		2	Suche eingeben	0.842	1.49	0.842		X		
	A1		3	Link in Artikel auswählen	3.1	1.55	3.1		X		
	A1		4	Andere Sprache auswählen	0.355	1.9	0.4		X		
	A1		5	Bild auswählen	0.46	0.264	0.46		X		
<b>Messung A2</b>											
	A2		1	Seite aufrufen	0.471	0.487	0.471		X		
	A2		2	Suche eingeben	0.19	0.559	0.206		X		
	A2		3	Link in Artikel auswählen	0.144	0.313	0.16		X		
	A2		4	Andere Sprache auswählen	0.27	0.541	0.296		X		
	A2		5	Bild auswählen	0.18	0.26	0.18		X		
<b>Messung A3</b>											
	A3		1	Seite aufrufen	0.471	0.413	0.471		X		
	A3		2	Suche eingeben	0.12	0.82	0.12		X		
	A3		3	Person Auswählen	0.152	0.513	0.17		X		
	A3		4	Link in Artikel auswählen	0.147	0.347	0.308		X		
	A3		5	Bild auswählen	0.404	0.315	0.404		X		
<b>Messung B1</b>											
	B1		1	Seite aufrufen	0.471	0.319	0.471		X		
	B1		2	Suche eingeben	0.872	0.855	0.888		X		
	B1		3	Link in Artikel auswählen	0.36	0.673	0.361		X		
	B1		4	Andere Sprache auswählen	0.197	0.803	0.246		X		
	B1		5	Bild auswählen	0.199	0.264	0.199		X		
<b>Messung B2</b>											
	B2		1	Seite aufrufen	0.471	0.551	0.471		X		
	B2		2	Suche eingeben	0.314	0.473	0.33		X		
	B2		3	Link in Artikel auswählen	0.266	0.402	0.337		X		
	B2		4	Link in Artikel auswählen	0.235	0.38	0.304		X		
	B2		5	Bild auswählen	0.252	0.228	0.252		X		
<b>Messung B3</b>											
	B3		1	Seite aufrufen	0.471	0.394	0.471		X		
	B3		2	Suche eingeben	0.106	0.529	0.119		X		
	B3		3	Person Auswählen	0.122	0.671	0.138		X		
	B3		4	Link in Artikel auswählen	0.525	0.48	0.557		X		
	B3		5	Bild auswählen	0.251	0.311	0.251		X		

Quelle: wik



Tabelle 2-12: Messwerte pro Nutzungsvorgang bei scholar.google.de [Erhebung: 17.04.2023]

Messung	Nr	ggf. alternatives Nutzerverhalten	Schritt	Nutzungsvorgang	Daten @ Load [MB]	Load [s]	Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachladen oder Werbung)	Kategorisierung ITU G.1010			
								interactive [X]	responsive [X]	timely [X]	non-critical [X]
<b>Messung A1</b>											
	A1		1	Seite aufrufen	0,06	0,477	0,065		X		
	A1	binomische Formel	2	Suche eingeben	0,056	1,09	0,059		X		
	A1	nach Datum sortieren	3	Reihenfolge ändern	0,0521	0,409	0,056		X		
	A1	Seit 2019	4	Zeitraum wählen	0,052	1,57	0,052		X		
	A1	Patente einschliessen	5	Suchoption ändern	0,055	0,482	0,056		X		
<b>Messung A2</b>											
	A2		1	Seite aufrufen	0,06	1,94	0,067		X		
	A2	Faraday	2	Suche eingeben	0,056	1,76	0,0567		X		
	A2	nach Datum sortieren	3	Reihenfolge ändern	0,056	1,61	0,0567		X		
	A2	Seit 2019	4	Zeitraum wählen	0,056	0,82	0,0567		X		
	A2	Patente einschliessen	5	Suchoption ändern	0,056	0,6	0,0567		X		
<b>Messung A3</b>											
	A3		1	Seite aufrufen	0,061	0,648	0,61		X		
	A3	Lyrik im Deutschunterricht	2	Suche eingeben	0,0564	0,83	0,0564		X		
	A3	nach Datum sortieren	3	Reihenfolge ändern	0,0564	0,656	0,0564		X		
	A3	Seit 2019	4	Zeitraum wählen	0,0566	0,772	0,0566		X		
	A3	Patente einschliessen	5	Suchoption ändern	0,0566	1,09	0,566		X		
<b>Messung B1</b>											
	B1		1	Seite aufrufen	0,069	0,615	0,069		X		
	B1	Osmose model	2	Suche eingeben	0,0569	0,655	0,0569		X		
	B1	nach Datum sortieren	3	Reihenfolge ändern	0,0548	0,559	0,056		X		
	B1	Seit 2019	4	Zeitraum wählen	0,0567	1,03	0,0567		X		
	B1	Patente einschliessen	5	Suchoption ändern	0,0567	1,07	0,0567		X		
<b>Messung B2</b>											
	B2		1	Seite aufrufen	0,0607	1,23	0,0607		X		
	B2	Lyrik im Deutschunterricht	2	Suche eingeben	0,0561	0,587	0,0561		X		
	B2	nach Datum sortieren	3	Reihenfolge ändern	0,0561	0,546	0,0561		X		
	B2	Seit 2019	4	Zeitraum wählen	0,0561	0,544	0,0561		X		
	B2	Patente einschliessen	5	Suchoption ändern	0,0561	0,52	0,0561		X		
<b>Messung B3</b>											
	B3		1	Seite aufrufen	0,0607	0,576	0,0607		X		
	B3	Lyrik im Deutschunterricht	2	Suche eingeben	0,0561	0,527	0,0561		X		
	B3	nach Datum sortieren	3	Reihenfolge ändern	0,0561	0,506	0,0561		X		
	B3	Seit 2019	4	Zeitraum wählen	0,0564	1,69	0,0564		X		
	B3	Patente einschliessen	5	Suchoption ändern	0,0564	0,48	0,0564		X		

Quelle: wik

Tabelle 2-13: Messwerte pro Nutzungsvorgang bei fahrschule.de [Erhebung: 17.04.2023]

Messung	Nr	ggf. alternatives Nutzerverhalten	Schritt	Nutzungsvorgang	Daten @ Load [MB]	Load [s]	Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachladen oder Werbung)	Kategorisierung ITU G.1010			
								interactive [X]	responsive [X]	timely [X]	non-critical [X]
<b>Messung A1</b>											
	A1		1	Seite aufrufen	0.422	1.36	0.422		X		
	A1	Fahrschule suchen	2	Kategorie wählen	0.519	1.65	0.525		X		
	A1	Köln	3	Standort suchen	0.994	2.31	0.994		X		
	A1	Eerste in der Liste	4	Fahrschule auswählen	1.2	2.25	1.2		X		
	A1		5	Formular für Anfrage aufrufen	0.0524	0.004	0.0524		X		
<b>Messung A2</b>											
	A2		1	Seite aufrufen	0.495	1.3	0.495		X		
	A2	Für Fahrlehrer	2	Kategorie wählen	2	1.04	2		X		
	A2		3	Fahrschule eintragen	0.363	0.408	0.435		X		
	A2	Recht	4	Kategorie wählen	0.736	3.37	4.9		X		
	A2	STVO Text	5	Eintrag anwählen	0.756	3.61	5.4		X		
<b>Messung A3</b>											
	A3		1	Seite aufrufen	0.49	0.99	0.49		X		
	A3	Theorie lernen	2	Kategorie wählen	1	2.75	4.2		X		
	A3	Kostenloser Testbogen	3	Kategorie wählen	1	1.22	3.1		X		
	A3	Test erstellen für KL. B	4	Test erstellen	1.4	5.58	3.5		X		
	A3		5	Test auswerten	0.878	4.31	0.878		X		
<b>Messung B1</b>											
	B1		1	Seite aufrufen	0.49	1.09	0.49		X		
	B1	Fahrschule suchen	2	Kategorie wählen	0.532	0.922	0.532		X		
	B1	Hamburg	3	Standort suchen	0.64	1.97	0.725		X		
	B1	Holst (erster in Liste)	4	Fahrschule auswählen	1.4	1.68	1.4		X		
	B1		5	Formular für Anfrage aufrufen	0.0405	0.004	0.0405		X		
<b>Messung B2</b>											
	B2		1	Seite aufrufen	0.49	1.13	0.49		X		
	B2	Für Fahrlehrer	2	Kategorie wählen	2	2.61	2		X		
	B2	Werbung für Fahrschulen	3	Kategorie wählen	2	2.1	2		X		
	B2	TIPPS	4	Kategorie wählen	1	1.35	1.2		X		
	B2	Führerscheinfinanzierung	5	Eintrag anwählen	0.912	2.72	4.3		X		
<b>Messung B3</b>											
	B3		1	Seite aufrufen	0.49	1.08	0.49		X		
	B3	Theorie lernen	2	Kategorie wählen	0.619	1.36	3.6		X		
	B3	Kostenloser Testbogen	3	Kategorie wählen	0.698	1.36	2.9		X		
	B3	Test erstellen für KL. AM	4	Test erstellen	1.5	6.81	2.8		X		
	B3		5	Test auswerten	1.1	4.73	1.1		X		

Quelle: wik

Tabelle 2-14: Messwerte pro Nutzungsvorgang bei anton.app/de/ [Erhebung: 26.04.2023]

Messung	Nr	ggf. alternatives Nutzerverhalten	Schritt	Nutzungsvorgang	Upload/Download [up/down]	ggf. enthält notwendige/sinnvolle Videos [X]	Daten @ Load [MB]	Load [s]	Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachladen oder Werbung)	Kategorisierung ITU G.1010				
										interactive [X]	responsive [X]	timely [X]	non-critical [X]	
<b>Messung A1</b>														
	A1		1	Seite aufrufen	down		0.116	0.515	0.47	X				
	A1		2	Nutzer einloggen	down		0.154			X				
	A1	Deutsch (9/10 Klasse) fi	3	Rubrik wählen	down		0.683			X				
	A1	Musik (ab 1. Klasse)	4	Rubrik wählen	down		0.154			X				
	A1	Häufige Fragen/Hilfe	5	Rubrik wählen	down		0.116	0.25	0.462	X				
<b>Messung A2</b>														
	A2		1	Seite aufrufen	down		0.116	0.235	0.463	X				
	A2		2	Nutzer einloggen	down		0.154			X				
	A2	Spiele	3	Rubrik wählen	down		2.3			X				
	A2	Fach Biologie ab Klasse	4	Rubrik wählen	down		1.5			X				
	A2	Säugetiere erkennen	5	Rubrik wählen	down		1.5			X				
<b>Messung A3</b>														
	A3		1	Seite aufrufen	down		0.116	0.269	0.463	X				
	A3		2	Nutzer einloggen	down		1.5			X				
	A3	Physik (5-8 Klasse)	3	Rubrik wählen	down		0.388			X				
	A3	Entmagnetisierem	4	Rubrik wählen	down		0.63			X				
	A3	Sachunterricht 1 Klasse	5	Rubrik wählen	down		0.955			X				
<b>Messung B1</b>														
	B1		1	Seite aufrufen	down		0.116	0.261	0.463	X				
	B1		2	Nutzer einloggen	down		0.955			X				
	B1	Geschichte (ab 5. Klasse)	3	Rubrik wählen	down		0.804			X				
	B1	Rom Test	4	Rubrik wählen	down		0.796			X				
	B1	Häufige Fragen	5	Rubrik wählen	down		0.116	0.263	0.462	X				
<b>Messung B2</b>														
	B2		1	Seite aufrufen	down		0.116	0.168	0.47	X				
	B2		2	Nutzer einloggen	down		0.804			X				
	B2	Spiele	3	Rubrik wählen	down		2.3			X				
	B2	Fach Deutsch als Zweitsprache	4	Rubrik wählen	down		2.2			X				
	B2	Hallo & Tschüss	5	Rubrik wählen	down		0.128			X				
<b>Messung B3</b>														
	B3		1	Seite aufrufen	down		0.116	0.275	0.463	X				
	B3		2	Nutzer einloggen	down		2.2			X				
	B3	Deutsch 9/10 Klasse	3	Rubrik wählen	down		0.67			X				
	B3	Wortbildung	4	Rubrik wählen	down		0.506			X				
	B3	Mathematik 5 Klasse	5	Rubrik wählen	down		0.952			X				

Quelle: wik

Tabelle 2-15: Messwerte pro Nutzungsvorgang bei bild.de [Erhebung: 17.04.2023]

Messung	Nr	ggf. alternatives Nutzerverhalten	Schritt	Nutzungsvorgang	Daten @ Load [MB]	Load [s]	Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachladen oder Werbung)	Kategorisierung ITU G.1010			
								interactive [X]	responsive [X]	timely [X]	non-critical [X]
<b>Messung A1</b>											
	A1		1	Seite aufrufen	2,9	4,66	3,7		X		
	A1		2	Ersten Artikel aufrufen	1,7	9,46	6,2		X		
	A1 Politik		3	Rubrik auswählen	1,5	6,43	5,2		X		
	A1		4	Leitartikel Rubrik aufrufen	1,3	3,37	5,6		X		
	A1 Unterhaltung		5	Rubrik auswählen	3,2	3,53	6,7		X		
<b>Messung A2</b>											
	A2		1	Seite aufrufen	3	5,3	3,7		X		
	A2		2	Ersten Artikel aufrufen	1,1	8,79	5,9		X		
	A2 News		3	Rubrik auswählen	2,5	3,36	6,1		X		
	A2		4	Leitartikel Rubrik aufrufen	1,6	3,62	5,3		X		
	A2 Geld		5	Rubrik auswählen	1,1	3,92	2,6		X		
<b>Messung A3</b>											
	A3		1	Seite aufrufen	3	4,9	3,7		X		
	A3		2	Ersten Artikel aufrufen	1,1	3,79	5,9		X		
	A3 Sport		3	Rubrik auswählen	2,8	7,25	5,2		X		
	A3		4	Leitartikel Rubrik aufrufen	1,2	8,98	7,4		X		
	A3 Lifestyle		5	Rubrik auswählen	2,4	15,03	5,6		X		
<b>Messung B1</b>											
	B1		1	Seite aufrufen	3	5,22	3,7		X		
	B1		2	Ersten Artikel aufrufen	1	4,86	5,6		X		
	B1 Ratgeber		3	Rubrik auswählen	2,9	6,48	5,6		X		
	B1		4	Leitartikel Rubrik aufrufen	1,7	5,18	7,5		X		
	B1 Reise		5	Rubrik auswählen	1,2	3,58	4,4		X		
<b>Messung B2</b>											
	B2		1	Seite aufrufen	3	5,05	3,7		X		
	B2 0		2	Ersten Artikel aufrufen	1,2	4,67	5,6		X		
	B2 Auto		3	Rubrik auswählen	2,7	3,39	5,4		X		
	B2		4	Leitartikel Rubrik aufrufen	1,2	3,73	7,6		X		
	B2 Spiele		5	Rubrik auswählen	1,1	3,41	5,5		X		
<b>Messung B3</b>											
	B3		1	Seite aufrufen	2,9	5,32	3,7		X		
	B3 0		2	Ersten Artikel aufrufen	1	4,55	5,8		X		
	B3 Spiele		3	Rubrik auswählen	2,3	3,78	5,9		X		
	B3		4	Leitartikel Rubrik aufrufen	1,1	4,02	7,1		X		
	B3 Regio		5	Rubrik auswählen	1,7	5,43	3,4		X		

Quelle: wik

Tabelle 2-16: Messwerte pro Nutzungsvorgang bei tagesschau.de [Erhebung: 18.04.2023]

Messung	Nr	ggf. alternatives Nutzerverhalten	Schritt	Nutzungsvorgang	Daten @ Load [MB]	Load [s]	Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachrichten oder Werbung)	Kategorisierung ITU G.1010			
								interactive [X]	responsive [X]	timely [X]	non-critical [X]
<b>Messung A1</b>											
	A1		1	Seite aufrufen	1	1.04	2.2		X		
	A1		2	Ersten Artikel aufrufen	1	0.766	1.3		X		
	A1 Inland		3	Rubrik auswählen	0.855	0.872	1.7		X		
	A1		4	Leitartikel Rubrik aufrufen	0.875	0.684	1.2		X		
	A1		5	Zweiten Artikel aufrufen	0.912	0.81	1.5		X		
<b>Messung A2</b>											
	A2		1	Seite aufrufen	0.992	0.934	2.2		X		
	A2 0		2	Ersten Artikel aufrufen	1	0.823	1.3		X		
	A2 Ausland		3	Rubrik auswählen	0.997	0.925	2.3		X		
	A2		4	Leitartikel Rubrik aufrufen	0.947	0.979	1.4		X		
	A2		5	Zweiten Artikel aufrufen	0.886	0.759	1.3		X		
<b>Messung A3</b>											
	A3		1	Seite aufrufen	0.992	0.91	2.5		X		
	A3 0		2	Ersten Artikel aufrufen	1	0.715	1.3		X		
	A3 Wirtschaft		3	Rubrik auswählen	0.904	1.05	1.7		X		
	A3		4	Leitartikel Rubrik aufrufen	0.983	0.813	1.3		X		
	A3		5	Zweiten Artikel aufrufen	1	0.659	1.5		X		
<b>Messung B1</b>											
	B1		1	Seite aufrufen	1	0.966	2.2		X		
	B1		2	Ersten Artikel aufrufen	1	0.818	1.3		X		
	B1 Fakten Finder		3	Rubrik auswählen	0.924	0.822	1.3		X		
	B1		4	Leitartikel Rubrik aufrufen	0.92	0.935	1.2		X		
	B1		5	Zweiten Artikel aufrufen	0.932	0.886	1.2		X		
<b>Messung B2</b>											
	B2		1	Seite aufrufen	0.992	0.951	2.5		X		
	B2 0		2	Ersten Artikel aufrufen	1	0.722	1.3		X		
	B2 Investigativ		3	Rubrik auswählen	0.952	0.999	1.5		X		
	B2		4	Leitartikel Rubrik aufrufen	0.903	0.729	1.2		X		
	B2		5	Zweiten Artikel aufrufen	0.925	0.639	1.2		X		
<b>Messung B3</b>											
	B3		1	Seite aufrufen	0.992	0.936	2.2		X		
	B3 0		2	Ersten Artikel aufrufen	1	0.725	1.3		X		
	B3 Wetter		3	Rubrik auswählen	0.888	0.783	1.2		X		
	B3		4	Leitartikel Rubrik aufrufen	1.4	1.18	1.6		X		
	B3		5	Zweiten Artikel aufrufen	0.79	0.601	1.4		X		

Quelle: wik

Tabelle 2-17: Messwerte pro Nutzungsvorgang bei amazon.de [Erhebung: 18.04.2023]

Messung	Nr	ggf. alternatives Nutzerverhalten	Schritt	Nutzungsvorgang	Daten @ Load [MB]	Load [s]	Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachladen oder Werbung)	Kategorisierung ITU G.1010			
								interactive [X]	responsive [X]	timely [X]	non-critical [X]
<b>Messung A1</b>											
	A1		1	Seite aufrufen	1.3	2.67	3.8		X		
	A1 Fahrrad		2	Suchbegriff eingeben	2	3.42	2.1		X		
	A1 Fahrrad, erstgelistet		3	Produkt aufrufen	1.5	4.72	6.6		X		
	A1		4	Produktbewertungen lesen	0.68	0.897	1.1		X		
	A1		5	Zum Warenkorb hinzufügen	1.2	2.13	2.4		X		
<b>Messung A2</b>											
	A2		1	Seite aufrufen	1.8	2.62	4.2		X		
	A2 Fahrrad		2	Suchbegriff eingeben	2.2	3.65	2.3		X		
	A2 Fahrrad, anderes		3	Produkt aufrufen	1.6	4.84	7.1		X		
	A2		4	Produktbewertungen lesen	1.6	4.35	9.8		X		
	A2		5	Zum Warenkorb hinzufügen	1.1	2.05	1.6		X		
<b>Messung A3</b>											
	A3		1	Seite aufrufen	3.1	2.65	4.1		X		
	A3 Fahrrad		2	Suchbegriff eingeben	2.2	3.72	2.3		X		
	A3 Fahrrad, anderes		3	Produkt aufrufen	1.7	5.25	5.7		X		
	A3		4	Produktbewertungen lesen	0.88	1.37	1.2		X		
	A3		5	Zum Warenkorb hinzufügen	1.2	2.2	1.6		X		
<b>Messung B1</b>											
	B1		1	Seite aufrufen	3	2.55	3.8		X		
	B1 Kaffeemaschine		2	Suchbegriff eingeben	2.3	3.32	2.4		X		
	B1 Kaffeemaschine, erstgelistet		3	Produkt aufrufen	1.6	6.22	8.7		X		
	B1		4	Produktbewertungen lesen	0.696	1.16	1.1		X		
	B1		5	Zum Warenkorb hinzufügen	1.2	2.3	1.5		X		
<b>Messung B2</b>											
	B2		1	Seite aufrufen	1.7	2.89	4.3		X		
	B2 Kaffeemaschine		2	Suchbegriff eingeben	2.2	3.51	2.3		X		
	B2 Kaffeemaschine, anderes		3	Produkt aufrufen	1.6	5.92	7.3		X		
	B2		4	Produktbewertungen lesen	0.675	1.04	1.1		X		
	B2		5	Zum Warenkorb hinzufügen	1.2	3.19	1.6		X		
<b>Messung B3</b>											
	B3		1	Seite aufrufen	2.7	2.63	3.8		X		
	B3 Kaffeemaschine		2	Suchbegriff eingeben	2.2	3.58	2.3		X		
	B3 Kaffeemaschine, anderes		3	Produkt aufrufen	1.6	5.42	7.4		X		
	B3		4	Produktbewertungen lesen	1.6	5.88	1.8		X		
	B3		5	Zum Warenkorb hinzufügen	1	5.88	2		X		

Quelle: wik

Tabelle 2-18: Messwerte pro Nutzungsvorgang bei ebay-kleinanzeigen.de [Erhebung: 18.04.2023]

Messung	Nr	ggf. alternatives Nutzerverhalten	Schritt	Nutzungsvorgang	Daten @ Load [MB]	Load [s]	Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachladen oder Werbung)	Kategorisierung ITU G.1010			
								interactive [X]	responsive [X]	timely [X]	non-critical [X]
<b>Messung A1</b>											
	A1		1	Seite aufrufen	2,1	12,77	3,3		X		
	A1 Fahrrad		2	Suchbegriff eingeben	1,8	4,06	6,9		X		
	A1 Fahrrad, erstgelistet		3	Produkt aufrufen	1,1	3,41	2		X		
	A1		4	Zum Warenkorb hinzufügen	0,537	0,861	1,6		X		
<b>Messung A2</b>											
	A2		1	Seite aufrufen	2,2	6,87	3,8		X		
	A2 Fahrrad		2	Suche ausführen	1,8	12,44	6,6		X		
	A2 erster		3	Treffer auswählen	3,5	6,35	5		X		
	A2 Mercedes		4	Suche ausführen	1,8	4,8	5,7		X		
	A2 erster		5	Treffer auswählen	2,8	8,52	7,9		X		
<b>Messung A3</b>											
	A3		1	Seite aufrufen	2,1	8,3	3,5		X		
	A3 Fernseher		2	Suche ausführen	1,7	9,26	8,7		X		
	A3 erster		3	Treffer auswählen	2,6	9,66	4,5		X		
	A3 Winterreifen		4	Suche ausführen	1,7	9,993	7,3		X		
	A3 erster		5	Treffer auswählen	2,7	8,55	7,9		X		
<b>Messung B1</b>											
	B1		1	Seite aufrufen	2,3	15,04	3,3		X		
	B1 Fahrrad		2	Suchbegriff eingeben	1,7	4,46	4,9		X		
	B1 Fahrrad, erstgelistet		3	Produkt aufrufen	3,2	4,24	8,6		X		
	B1		4	Verkäuferseite	1,9	3,05	3,1		X		
<b>Messung B2</b>											
	B2		1	Seite aufrufen	2,2	4,04	3,4		X		
	B2 Fahrrad		2	Suche ausführen	1,7	7,83	4,4		X		
	B2 dritter		3	Treffer auswählen	2,8	1,38	6,7		X		
	B2 Mercedes		4	Suche ausführen	1,7	4,31	4,5		X		
	B2 dritter		5	Treffer auswählen	2,3	11,13	4,3		X		
<b>Messung B3</b>											
	B3		1	Seite aufrufen	2,2	3,98	2,7		X		
	B3 Fernseher		2	Suche ausführen	1,7	1,09	7,2		X		
	B3 erster		3	Treffer auswählen	3,3	6,57	6,9		X		
	B3 Winterreifen		4	Suche ausführen	1,7	4,12	4		X		
	B3 erster		5	Treffer auswählen	2,9	4,52	5,7		X		

Quelle: wik

Tabelle 2-19: Messwerte pro Nutzungsvorgang bei arbeitsagentur.de [Erhebung: 18.04.2023]

Messung	Nr	ggf. alternatives Nutzerverhalten	Schritt	Nutzungsvorgang	Daten @ Load [MB]	Load [s]	Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachladen oder Werbung)	Kategorisierung ITU G.1010		
								interactive [X]	responsive [X]	timely [X]
<b>Messung A1</b>										
	A1		1	Seite aufrufen	2.3	2.75	2.3		X	
	A1 Privatperson		2	Rubrik wählen	2.3	2.11	2.3		X	
	A1 Gebärdensprache (ohne Video abzuspielen)		3	Rubrik wählen	0.597	0.888	1.7		X	
	A1 Arbeitslos und Arbeit finden		4	Rubrik wählen	1.5	2.76	1.5		X	
	A1 Arbeitslos melden		5	Rubrik wählen	0.973	2.96	1.7		X	
<b>Messung A2</b>										
	A2		1	Seite aufrufen	2.3	2.78	2.3		X	
	A2 e-service		2	Rubrik wählen	2.8	2.1	2.8		X	
	A2 Arbeitslosengeld beantragen		3	Rubrik wählen	0.702	3.73	1.3		X	
	A2 Einloggen Maske		4	Einloggen (Maske)	0.32	1.56	0.66		X	
	A2 Jobsuche		5	Rubrik wählen	0.976	2.02	1.1		X	
<b>Messung A3</b>										
	A3		1	Seite aufrufen	2.3	1.82	2.3		X	
	A3 Schlosser Köln		2	Jobsuche	1	4	2.6		X	
	A3 Erste in Liste		3	Stelle auswählen	1.9	2.79	1.9		X	
	A3 Bank Düsseldorf		4	Jobsuche	0.868	1.96	0.9		X	
	A3 Erste in Gesamtliste		5	Stelle auswählen	1.9	5.26	2.3		X	
<b>Messung B1</b>										
	B1		1	Seite aufrufen	2.3	3.09	2.3		X	
	B1 Berufswahl (Ausbildung)		2	Rubrik wählen	2.9	1.43	3		X	
	B1 Ausbildungswege Überblick		3	Rubrik wählen	2.1	1.94	2.1		X	
	B1 Ausbildung vorbereiten und unterstützen		4	Rubrik wählen	1.6	2.49	1.6		X	
	B1 Ausbildungsablauf und Prüfungen in der betrieblichen Ausbildung		5	Rubrik wählen	0.639	1.55	0.639		X	
<b>Messung B2</b>										
	B2		1	Seite aufrufen	2.3	2.28	2.3		X	
	B2 Jobsuche		2	Rubrik auswählen	1	1.84	1.1		X	
	B2 Einzelhandelskaufmann		3	Suche eingeben	0.865	3.63	1		X	
	B2 Erste in Liste		4	Stelle auswählen	1.9	2.13	2.1		X	
	B2 Zweite in Liste		5	Stelle auswählen	1.9	2.12	2.2		X	
<b>Messung B3</b>										
	B3		1	Seite aufrufen	2.3	2.43	2.3		X	
	B3 Für Menschen aus dem Ausland		2	Rubrik auswählen	0.654	2.79	0.654		X	
	B3 Jobsuche		3	Rubrik auswählen	1.1	5.11	1.1		X	
	B3 KFZ Mechatroniker		4	Suche eingeben	0.872	1.74	0.933		X	
	B3 Erste Stelle		5	Stelle auswählen	1.9	2.29	2.1		X	

Quelle: wik



Tabelle 2-20: Messwerte pro Nutzungsvorgang bei stepstone.de [Erhebung: 18.04.2023]

Messung	Nr	ggf. alternatives Nutzerverhalten	Schritt	Nutzungsvorgang	Daten @ Load [MB]	Load [s]	Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachladen oder Werbung)	Kategorisierung ITU G.1010			
								interactive [X]	responsive [X]	timely [X]	non-critical [X]
<b>Messung A1</b>											
	A1		1	Seite aufrufen	1,9	3,08	2,5			X	
	A1 Schlosser Köln		2	Jobsuche	3	7,99	3,5			X	
	A1 Erste in Liste		3	Stelle auswählen	3,7	17,3	4,1			X	
	A1 Jobs nach Städten (Köln)		4	Rubrik wählen	3,2	5,33	4			X	
	A1 Erste in Gesamtliste		5	Stelle auswählen	3,5	6,11	3,9			X	
<b>Messung A2</b>											
	A2		1	Seite aufrufen	2	3,95	2,5			X	
	A2 Jobs nach Berufsgruppen (Arzt)		2	Rubrik auswählen	3,3	7,13	4			X	
	A2 Erste in Gesamtliste		3	Stelle auswählen	3,4	15,22	3,9			X	
	A2 Artikel		4	Rubrik Auswählen	3,8	5,92	5,3			X	
	A2 Erste in Liste		5	Artikel auswählen	2,3	4,23	3,4			X	
<b>Messung A3</b>											
	A3		1	Seite aufrufen	2,2	4,4	2,5			X	
	A3 Projektmanager Köln		2	Jobsuche	3,3	6,86	4			X	
	A3 Erste in Liste		3	Stelle auswählen	3,3	5,22	3,8			X	
	A3 Dritte in Liste		4	Stelle auswählen	3,6	6,77	4,1			X	
	A3 Für Arbeitgeber		5	Rubrik auswählen	0,838	4,09	1,9			X	
<b>Messung B1</b>											
	B1		1	Seite aufrufen	2	3,92	2,5			X	
	B1 Speditionskaufmann Hamburg		2	Jobsuche	3,2	7,07	3,9			X	
	B1 Erste in Liste		3	Stelle auswählen	3,7	6,71	4,1			X	
	B1 Pilot (ohne Ort)		4	Jobsuche	3,1	6,34	3,4			X	
	B1 Erste in Gesamtliste		5	Stelle auswählen	3,8	5,81	4,2			X	
<b>Messung B2</b>											
	B2		1	Seite aufrufen	2,2	5,91	2,4			X	
	B2 Jobs nach Berufsgruppen (Bank)		2	Rubrik auswählen	3,1	6,41	3,9			X	
	B2 Erste in Gesamtliste		3	Stelle auswählen	3,7	23,04	4,1			X	
	B2 Beliebte suchen (Stadtwerke)		4	Rubrik auswählen	3,1	6,31	3,9			X	
	B2 Erste in Gesamtliste		5	Stelle auswählen	3,9	7,29	4,3			X	
<b>Messung B3</b>											
	B3		1	Seite aufrufen	2	4,71	2,5			X	
	B3 Jobs nach Städten (Hamburg)		2	Rubrik wählen	3,2	6,92	3,6			X	
	B3 Erste in Gesamtliste		3	Stelle auswählen	3,4	5,01	3,9			X	
	B3 Unternehmensprofil		4	Rubrik auswählen	1,8	5,34	2,3			X	
	B3 Jobs nach Titeln (Quereinsteiger)		5	Rubrik auswählen	3	6,11	3,8			X	

Quelle: wik

Tabelle 2-21: Messwerte pro Nutzungsvorgang bei de.linkedin.com [Erhebung: 20.04.2023]

Messung	Nr	ggf. alternatives Nutzerverhalten	Schritt	Nutzungsvorgang	Daten @ Load [MB]	Load [s]	Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachladen oder Werbung)	Kategorisierung ITU G.1010			
								interactive [X]	responsive [X]	timely [X]	non-critical [X]
<b>Messung A1</b>											
	A1		1 Seite aufrufen		0.255	0.92	0.491	X			
	A1 WIK		2 Suche ausführen		0.328	0.731	0.392	X			
	A1 Erste in Liste		3 Treffer anschauen		0.282	0.984	0.987	X			
<b>Messung A2</b>											
	A2		1 Seite aufrufen		0.255	0.943	0.489	X			
	A2		2 Person ansehen		0.282	1.15	0.984	X			
	A2		3 Netzwerk aufrufen		4.5	5.47	4.5	X			
	A2		4 Nachrichten aufrufen		3.6	4.08	4.7	X			
	A2		5 Stellenmarkt aufrufen		3.8	3.75	4	X			
<b>Messung A3</b>											
	A3		1 Seite aufrufen		0.249	0.673	0.492	X			
	A3		2 Person ansehen		3.9	3.45	4	X			
	A3		3 Netzwerk aufrufen		2.9	2.44	3.8	X			
	A3		4 Nachrichten aufrufen		3.1	2.52	3.3	X			
	A3		5 Stellenmarkt aufrufen		3.8	3.9	4	X			
<b>Messung B1</b>											
	B1		1 Seite aufrufen		0.255	0.85	0.491	X			
	B1 BNetzA		2 Suche ausführen		0.33	0.731	0.396	X			
	B1		3 Treffer anschauen		0.29	0.984	0.983	X			
<b>Messung B2</b>											
	B2		1 Seite aufrufen		0.255	0.91	0.489	X			
	B2		2 Person ansehen		4.9	5.67	4.9	X			
	B2		3 Netzwerk aufrufen		2.9	2.56	3.9	X			
	B2		4 Nachrichten aufrufen		3.1	2.37	3.3	X			
	B2		5 Stellenmarkt aufrufen		3.8	4.73	4	X			
<b>Messung B3</b>											
	B3		1 Seite aufrufen		0.255	0.98	0.489	X			
	B3		2 Person ansehen		3.7	4.7	4.5	X			
	B3		3 Netzwerk aufrufen		2.9	2.41	4.3	X			
	B3		4 Nachrichten aufrufen		3.1	2.82	3.3	X			
	B3		5 Stellenmarkt aufrufen		3.8	3.91	4	X			

Quelle: wik

Tabelle 2-22: Messwerte pro Nutzungsvorgang bei voba-rheinahreifel.de [Erhebung: 27.04.2023]

Messung	Nr	ggf. alternatives Nutzerverhalten	Schritt	Nutzungsvorgang	Daten @ Load [MB]	Load [s]	Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachladen oder Werbung)	Kategorisierung ITU G.1010			
								interactive [X]	responsive [X]	timely [X]	non-critical [X]
<b>Messung A1</b>											
	A1		1	Seite aufrufen	0,6	0,3	5,9		X		
	A1		2	Online-Banking aufrufen	0,6	0,8	1,5		X		
	A1		3	Online-Banking anmelden	0,6	0,6	3,5		X		
	A1		4	Umsatzanzeige auswählen	0,5	0,5	4,2		X		
<b>Messung A2</b>											
	A2		1	Seite aufrufen	0,6	0,2	5,9		X		
	A2 nach Postleitzahl		2	Filiale suchen	1,2	1,2	1,7		X		
	A2 nach Postleitzahl		3	Geldautomat suchen	0,9	0,2	1,4		X		
	A2 Ausgabe PDF		4	Preisaushang suchen	0,5	0,3	2,7				X
<b>Messung A3</b>											
	A3		1	Seite aufrufen	0,6	0,4	5,9		X		
	A3 andere Postleitzahl		2	Filiale suchen	1,2	1,4	1,7		X		
	A3 andere Postleitzahl		3	Geldautomat suchen	0,9	1,2	1,4		X		
	A3 Ausgabe PDF		4	Preisaushang suchen	0,5	0,6	2,7				X
<b>Messung B1</b>											
	B1		1	Seite aufrufen	0,6	0,9	5,9		X		
	B1		2	Online-Banking aufrufen	0,6	0,8	1,5		X		
	B1		3	Online-Banking anmelden	0,6	0,6	3,5		X		
	B1		4	Umsatzanzeige auswählen	0,6	0,5	4,2		X		
<b>Messung B2</b>											
	B2		1	Seite aufrufen	0,6	0,6	5,9		X		
	B2 nach Postleitzahl		2	Filiale suchen	1,2	1	1,7		X		
	B2 nach Postleitzahl		3	Geldautomat suchen	1,2	0,4	1,4		X		
	B2 Ausgabe PDF		4	Preisaushang suchen	0,6	0,3	2,1				X
<b>Messung B3</b>											
	B3		1	Seite aufrufen	0,6	0,3	5,9		X		
	B3 andere Postleitzahl		2	Filiale suchen	1,2	1,1	1,7		X		
	B3 andere Postleitzahl		3	Geldautomat suchen	0,9	1,6	1,4		X		
	B3 Ausgabe PDF		4	Preisaushang suchen	0,6	0,4	2,1				X

Quelle: wik

Tabelle 2-23: Messwerte pro Nutzungsvorgang bei deutsche-bank.de [Erhebung: 20.04.2023]

Messung	Nr	ggf. alternatives Nutzerverhalten	Schritt	Nutzungsvorgang	Daten @ Load [MB]	Load [s]	Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachladen oder Werbung)	Kategorisierung ITU G.1010			
								interactive [X]	responsive [X]	timely [X]	non-critical [X]
<b>Messung A1</b>											
	A1		1	Seite aufrufen	3.1	3.09	3.2	X			
	A1		2	Online-Banking aufrufen	2.2	0.874	2.2	X			
	A1		3	Online-Banking anmelden	2.3	1.46	2.3	X			
	A1		4	mit photoTAN bestätigen	3.9	1.14	3.9	X			
	A1		5	Umsatzanzeige auswählen	2.7	1.62	4.4	X			
<b>Messung A2</b>											
	A2		1	Seite aufrufen	3.1	3.14	3.2	X			
	A2 nach Postleitzahl		2	Filiale suchen	1.6	2.17	2.8	X			
	A2 nach Postleitzahl		3	Geldautomat suchen	1.6	2.1	2.8	X			
	A2		4	Preisaushang suchen	1	0.941	1			X	
<b>Messung A3</b>											
	A3		1	Seite aufrufen	3.1	3.2	3.2	X			
	A3 andere Postleitzahl		2	Filiale suchen	1.6	2.31	2.8	X			
	A3 andere Postleitzahl		3	Geldautomat suchen	1.6	2.05	2.8	X			
	A3		4	Preisaushang suchen	1	0.923	1			X	
<b>Messung B1</b>											
	B1		1	Seite aufrufen	3.1	3.2	3.2	X			
	B1		2	Online-Banking aufrufen	2.1	0.8	2.1	X			
	B1		3	Online-Banking anmelden	2.3	1.6	2.3	X			
	B1		4	mit photoTAN bestätigen	3.9	1.32	3.9			X	
	B1		5	Umsatzanzeige auswählen	2.8	1.55	4.5	X			
<b>Messung B2</b>											
	B2		1	Seite aufrufen	3.1	3.05	3.2	X			
	B2 nach Postleitzahl		2	Filiale suchen	1.6	2.1	2.8	X			
	B2 nach Postleitzahl		3	Geldautomat suchen	1.6	2.2	2.8	X			
	B2		4	Preisaushang suchen	1	0.96	1			X	
<b>Messung B3</b>											
	B3		1	Seite aufrufen	3.1	3.44	3.2	X			
	B3 andere Postleitzahl		2	Filiale suchen	1.6	2.26	2.8	X			
	B3 andere Postleitzahl		3	Geldautomat suchen	1.6	2.2	2.8	X			
	B3		4	Preisaushang suchen	1	0.92	1			X	

Quelle: wik

Tabelle 2-24: Messwerte pro Nutzungsvorgang bei stadt-koeln.de/service/onlinedienste [Erhebung: 18.04.2023]

Messung	Nr	ggf. alternatives Nutzerverhalten	Schritt	Nutzungsvorgang	Daten @ Load [MB]	Load [s]	Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachladen oder Werbung)	Kategorisierung ITU G.1010			
								interactive [X]	responsive [X]	timely [X]	non-critical [X]
<b>Messung A1</b>											
	A1		1	Seite aufrufen	2	2.05	2.2		X		
	A1	Service; Formulare und Onlinedienste	2	Kategorie auswählen	2	1.97	2.2		X		
	A1	Meldewesen, Ausweis	3	Kategorie auswählen	0.536	1.68	0.536		X		
	A1	Formular Ummelden	4	PDF laden	0.372	0.368	0.372			X	
<b>Messung A2</b>											
	A2		1	Seite aufrufen	2	2.16	2.2		X		
	A2	Service; Formulare und Onlinedienste	2	Kategorie auswählen	2	1.83	2.2		X		
	A2	Auto, Verkehr	3	Kategorie auswählen	0.554	1.61	0.554		X		
	A2	Formular Begleitperson	4	PDF laden	0.242	0.3	0.242			X	
<b>Messung A3</b>											
	A3		1	Seite aufrufen	2	2.3	2.2		X		
	A3	Service; Dienstleistungen	2	Kategorie auswählen	0.674	2.37	0.674		X		
	A3	Abbruch und Beseitigung von baulichen Anlagen und Gebäuden	3	Kategorie auswählen	0.599	1.78	0.599		X		
	A3	Formular Bauministerium NRW	4	PDF laden	1.177	0.237	1.177			X	
<b>Messung B1</b>											
	B1		1	Seite aufrufen	2	1.82	2.2		X		
	B1	Service; Formulare und Onlinedienste	2	Kategorie auswählen	2	1.78	2.2		X		
	B1	Trautermine	3	Kategorie auswählen	0.536	2.18	0.536		X		
	B1	Antrag Ehefähigkeitszeugnis	4	PDF laden	0.402	0.377	0.402			X	
<b>Messung B2</b>											
	B2		1	Seite aufrufen	2	1.69	2.2		X		
	B2	Service; Dienstleistungen	2	Kategorie auswählen	0.659	2.59	0.659		X		
	B2	Abbruch und Beseitigung von baulichen Anlagen und Gebäuden	3	Kategorie auswählen	0.619	1.7	0.619		X		
	B2	Formular Bauministerium NRW	4	PDF laden	1.177	0.251	1.177			X	
<b>Messung B3</b>											
	B3		1	Seite aufrufen	2	2.01	2.2		X		
	B3	Service; Formulare und Onlinedienste	2	Kategorie auswählen	2	1.84	2.2		X		
	B3	Anmeldung Hund	3	Kategorie auswählen	0.542	1.63	0.542		X		
	B3	Formular Anmeldung Hundesteuer	4	PDF laden	0.719	1.72	0.719			X	

Quelle: wik

Tabelle 2-25: Messwerte pro Nutzungsvorgang bei elster.de [Erhebung: 19.04.2023]

Messung	Nr	ggf. alternatives Nutzerverhalten	Schritt	Nutzungsvorgang	Daten @ Load [MB]	Load [s]	Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachladen oder Werbung)	Kategorisierung ITU G.1010			
								interactive [X]	responsive [X]	timely [X]	non-critical [X]
<b>Messung A1</b>											
	A1		1	Seite aufrufen	1.1	1.03	1.1		X		
	A1	Was kann ich hier machen	2	Kategorie auswählen	1	0.893	1		X		
	A1	Alle Formulare	3	Kategorie auswählen	1	0.852	1		X		
	A1	Einkommensteuer unb. Steuerpflicht	4	Kategorie auswählen	1	0.829	1		X		
	A1	Bereitstellungstermine	5	Kategorie auswählen	1	1.01	1		X		
<b>Messung A2</b>											
	A2		1	Seite aufrufen	1.1	0.992	1.1		X		
	A2	Formulare und Leistungen	2	Kategorie auswählen	1	0.978	1		X		
	A2	Auskunft zur elektronischen Lohnsteuerkarte (ELStAM)	3	Kategorie auswählen	1	0.784	1		X		
	A2	Für wen ist Elster	4	Kategorie auswählen	1	1.06	1		X		
	A2	Privatpersonen	5	Kategorie auswählen	1	1.27	1		X		
<b>Messung A3</b>											
	A3		1	Seite aufrufen	1.1	1.36	1.1		X		
	A3	Weitere Softwareprodukte	2	Kategorie auswählen	1	1.74	1		X		
	A3	Unterstützte Formulare und Funktionen	3	Kategorie auswählen	1	1.34	1		X		
	A3	Benutzergruppen	4	Kategorie auswählen	1	0.932	1		X		
	A3	Privatpersonen	5	Kategorie auswählen	1	0.925	1		X		
<b>Messung B1</b>											
	B1		1	Seite aufrufen	1.1	1.19	1.1		X		
	B1	Aktuelles	2	Kategorie auswählen	1.4	1.05	1,4		X		
	B1	Übersichtsseite	3	Kategorie auswählen	1	0.953	1		X		
	B1	Verfügbarkeitshistorie anzeigen	4	Kategorie auswählen	1	0.899	1		X		
	B1		5	Startseite aufrufen	1	0.899	1		X		
<b>Messung B2</b>											
	B2		1	Seite aufrufen	1.1	0.939	1.1		X		
	B2	Was kann ich hier machen	2	Kategorie auswählen	1	0.868	1		X		
	B2	Bescheinigungen verwalten	3	Kategorie auswählen	1	0.803	1		X		
	B2	Alle Formulare	4	Kategorie auswählen	1	0.864	1		X		
	B2	Grundsteuer (Hamburg)	5	Kategorie auswählen	1	0.756	1		X		
<b>Messung B3</b>											
	B3		1	Seite aufrufen	1.1	1.01	1.1		X		
	B3	Weitere Softwareprodukte	2	Kategorie auswählen	1	1.58	1		X		
	B3	Unterstützte Formulare und Funktionen	3	Kategorie auswählen	1	1.5	1		X		
	B3	Benutzergruppen	4	Kategorie auswählen	1	0.894	1		X		
	B3	Unternehmer	5	Kategorie auswählen	1	0.94	1		X		

Quelle: wik

Tabelle 2-26: Messwerte pro Nutzungsvorgang bei youtube.com [Erhebung: 26.04.2023]

Messung	Nr	ggf. alternatives Nutzerverhalten	Schritt	Nutzungsvorgang	Daten @ Load [MB]	Load [s]	Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachladen oder Werbung)	Kategorisierung ITU G.1010			
								interactive [X]	responsive [X]	timely [X]	non-critical [X]
<b>Messung A1</b>											
	A1		1	Seite aufrufen	1.7	8.69	5.8		X		
	A1 Hund		2	Suchbegriff eingeben	0.136	1.43	2.4		X		
	A1 Lehrinhalte		3	Kategorie auswählen	0.127	3.89	38.5		X		
	A1 Live		4	Kategorie auswählen	0.117	1.4	2.7		X		
	A1 Nachrichten		5	Kategorie auswählen	0.121	1.29	1.2		X		
<b>Messung A2</b>											
	A2		1	Seite aufrufen	1.1	3.15	4.9		X		
	A2 Segelschiff		2	Suchbegriff eingeben	0.124	1.35	3.5		X		
	A2 Trends		3	Kategorie auswählen	0.15	1.44	1.7		X		
	A2 Startseite		4	Seite aufrufen	0.112	1.3	2.8		X		
	A2 Nachrichten		5	Kategorie auswählen	0.122	1.39	1.2		X		
<b>Messung A3</b>											
	A3		1	Seite aufrufen	1.2	2.89	1.9		X		
	A3 Trends		2	Kategorie auswählen	0.15	1.39	1.5		X		
	A3 Tends Musik		3	Kategorie auswählen	0.101	1.24	0.289		X		
	A3 Lehrinhalte		4	Kategorie auswählen	0.118	1.82	39.2		X		
	A3 Kanäle finden		5	Kategorie auswählen	0.133	1.44	0.575		X		
<b>Messung B1</b>											
	B1		1	Seite aufrufen	1.3	2.77	2.4		X		
	B1 Kochen		2	Suchbegriff eingeben	0.135	1.3	0.692		X		
	B1 Sport		3	Kategorie auswählen	0.101	1.77	79.3		X		
	B1 Gaming		4	Kategorie auswählen	0.102	1.73	39.5		X		
	B1		5	Zurück zur Startseite	0.102	1.7	1.9		X		
<b>Messung B2</b>											
	B2		1	Seite aufrufen	1.1	2.3	3		X		
	B2 Auto		2	Suchbegriff eingeben	0.126	1.36	1.2		X		
	B2 Filme & Serien		3	Kategorie auswählen	0.975	1.64	0.737		X		
	B2 sport		4	Kategorie auswählen	0.1	1.68	41.1		X		
	B2		5	Zurück zur Startseite	0.104	1.6	1.9		X		
<b>Messung B3</b>											
	B3		1	Seite aufrufen	1.1	2.54	2.9		X		
	B3 Spass		2	Suchbegriff eingeben	0.104	1.45	0.485		X		
	B3 Lehrinhalte		3	Kategorie auswählen	0.121	1.84	19.8		X		
	B3 Tourismus		4	Suchbegriff eingeben	0.118	1.34	0.686		X		
	B3 Natur		5	Suchbegriff eingeben	0.123	1.41	2.1		X		

Quelle: wik

Tabelle 2-27: Messwerte pro Nutzungsvorgang bei facebook.com [Erhebung: 19.04.2023]

Messung	Nr	ggf. alternatives Nutzerverhalten	Schritt	Nutzungsvorgang	Daten @ Load [MB]	Load [s]	Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachladen oder Werbung)	Kategorisierung ITU G.1010			
								interactive [X]	responsive [X]	timely [X]	non-critical [X]
<b>Messung A1</b>											
	A1		1	Seite aufrufen	0.409	1.12	0.409		X		
	A1		2	Login	4.7	2.87	5.8		X		
	A1	eigenes Profil	3	Kategorie auswählen	5	2.89	6.6		X		
	A1	Info	4	Kategorie auswählen	3.9	3.07	5.1		X		
	A1	Veranstaltungen	5	Kategorie auswählen	3.9	3.24	4.8		X		
<b>Messung A2</b>											
	A2		1	Seite aufrufen	0.409	1.08	0.409		X		
	A2		2	Login	4.6	2.96	5.9		X		
	A2	Kontakt	3	suchen	4.9	2.99	5.4		X		
	A2	unbekannten Kontakt	4	suchen	4	3.2	5.3		X		
	A2	ersten in der Liste	5	auswählen	4.7	3.25	4.9		X		
<b>Messung A3</b>											
	A3		1	Seite aufrufen	0.41	0.98	0.41		X		
	A3		2	Login	4.5	2.67	6		X		
	A3	erster Beitrag	3	Auswählen	4.9	3.49	4.9		X		
	A3	Marketplace	4	Kategorie auswählen	2.4	2.7	6		X		
	A3		5	zurück zur Startseite	4	2.9	9.9		X		
<b>Messung B1</b>											
	B1		1	Seite aufrufen	0.409	1.02	0.409		X		
	B1		2	Login	4.7	2.6	6.1		X		
	B1	Freundschaftsanfragen	3	Kategorie auswählen	3.8	3.24	4		X		
	B1	Geburtstage	4	Kategorie auswählen	4.1	3.24	4.1		X		
	B1	Kontakt	5	suchen	5	2.98	6.2		X		
<b>Messung B2</b>											
	B2		1	Seite aufrufen	0.409	1.2	0.409		X		
	B2		2	Login	4.4	2.81	5.8		X		
	B2	Kontakt	3	suchen	4.9	2.92	6.4		X		
	B2	ersten in der Liste	4	Beitrag auswählen	4.6	3.23	4.6		X		
	B2		5	zurück zur Startseite	4.6	3.13	5.8		X		
<b>Messung B3</b>											
	B3		1	Seite aufrufen	0.409	1.11	0.409		X		
	B3		2	Login	4.5	2.54	5.9		X		
	B3	eigenes Profil	3	Kategorie auswählen	4.7	3.17	8.5		X		
	B3	Fotos (Fotos von dir)	4	Kategorie auswählen	4.3	2.99	4.7		X		
	B3	Fotos (Deine Fotos)	5	Kategorie auswählen	4.3	3.03	4.9		X		

Quelle: wik



Tabelle 2-28: Messwerte pro Nutzungsvorgang bei MS Word [Erhebung: 27.04.2023]

Messung	Nr	ggf. alternatives Nutzerverhalten	Schritt	Nutzungsvorgang	Upload/Download [up/down]	ggf. enthält notwendige/sinnvolle Videos [X]	Daten @ Load [MB]	Load [s]	Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachladen oder Werbung)	Kategorisierung ITU G.1010				
										Error-tolerant [ja/nein]	interactive [X]	responsive [X]	timely [X]	non-critical [X]
<b>Messung A1</b>														
	A1			1 Office aufrufen	down		1,3	3,26	5,7	nein			X	
	A1			2 Word öffnen (ohne Cache)	down		0,565	2,74	5,2	nein			X	
	A1			3 Word öffnen (mit Cache)	down		0,105	2,27	0,148	nein			X	
	A1			4 Neues Dokument anlegen (mit Cache)	down		0,186	1,16	0,286	nein			X	
	A1			5 Vorhandenes Dokument öffnen (mit Cache)	down		0,189	1,05	0,295	nein			X	
<b>Messung A2</b>														
	A2			1 Office aufrufen	down		1,7	3,3	5,7	nein			X	
	A2			2 Word öffnen (ohne Cache)	down		0,567	2,8	5,2	nein			X	
	A2			3 Word öffnen (mit Cache)	down		0,106	2,2	0,15	nein			X	
	A2			4 Neues Dokument anlegen (mit Cache)	down		0,187	1,1	0,289	nein			X	
	A2			5 Vorhandenes Dokument öffnen (mit Cache)	down		0,189	1,15	0,297	nein			X	
<b>Messung A3</b>														
	A3			1 Office aufrufen	down		1,5	3,2	5,7	nein			X	
	A3			2 Word öffnen (ohne Cache)	down		0,565	2,7	5,2	nein			X	
	A3			3 Word öffnen (mit Cache)	down		0,105	2,15	0,147	nein			X	
	A3			4 Neues Dokument anlegen (mit Cache)	down		0,186	1,06	0,285	nein			X	
	A3			5 Vorhandenes Dokument öffnen (mit Cache)	down		0,189	1,02	0,293	nein			X	
<b>Messung B1</b>														
	B1			1 Office aufrufen	down		1,5	3,1	5,7	nein			X	
	B1			2 Word öffnen (ohne Cache)	down		0,566	2,9	5,2	nein			X	
	B1			3 Word öffnen (mit Cache)	down		0,105	2,3	0,15	nein			X	
	B1			4 Neues Dokument anlegen (ohne Cache)	down		2,3	1,36	10,2	nein			X	
	B1			5 Vorhandenes Dokument öffnen (ohne Cache)	down		2,3	1,78	10,2	nein			X	
<b>Messung B2</b>														
	B2			1 Office aufrufen	down		1,7	3,4	5,7	nein			X	
	B2			2 Word öffnen (ohne Cache)	down		0,563	2,72	5,2	nein			X	
	B2			3 Word öffnen (mit Cache)	down		0,106	2,11	0,147	nein			X	
	B2			4 Neues Dokument anlegen (ohne Cache)	down		2,3	1,5	10,2	nein			X	
	B2			5 Vorhandenes Dokument öffnen (ohne Cache)	down		2,3	1,93	10,2	nein			X	
<b>Messung B3</b>														
	B3			1 Office aufrufen	down		1,3	3,22	5,7	nein			X	
	B3			2 Word öffnen (ohne Cache)	down		0,56	2,74	5,2	nein			X	
	B3			3 Word öffnen (mit Cache)	down		0,101	2,19	0,148	nein			X	
	B3			4 Neues Dokument anlegen (ohne Cache)	down		2,3	1,7	10,2	nein			X	
	B3			5 Vorhandenes Dokument öffnen (ohne Cache)	down		2,3	2	10,2	nein			X	

Quelle: wik

Tabelle 2-29: Messwerte pro Nutzungsvorgang bei MS Excel [Erhebung: 27.04.2023]

Messung	Nr	ggf. alternatives Nutzerverhalten	Schritt	Nutzungsvorgang	Upload/Download [up/down]	ggf. enthält notwendige/sinnvolle Videos [X]	Daten @ Load [MB]	Load [s]	Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachladen oder Werbung)	Kategorisierung ITU G.1010			
										Error tolerant [ja/nein]	interactive [X]	responsive [X]	timely [X]
<b>Messung A1</b>													
	A1		1	Office aufrufen	down		2,3	5,54	5,6	nein			X
	A1		2	Excel öffnen (ohne Cache)	down		0,478	3,79	5,1	nein			X
	A1		3	Excel öffnen (mit Cache)	down		0,105	2,82	0,159	nein			X
	A1		4	Neues Dokument anlegen (mit Cache)	down		0,127	2,8	4	nein			X
	A1		5	Vorhandenes Dokument öffnen (mit Cache)	down		0,151	2,48	0,238	nein			X
<b>Messung A2</b>													
	A2		1	Office aufrufen	down		2,2	5,9	5,6	nein			X
	A2		2	Excel öffnen (ohne Cache)	down		0,49	3,87	5,1	nein			X
	A2		3	Excel öffnen (mit Cache)	down		0,111	2,74	0,17	nein			X
	A2		4	Neues Dokument anlegen (mit Cache)	down		0,13	2,9	4	nein			X
	A2		5	Vorhandenes Dokument öffnen (mit Cache)	down		0,16	2,45	0,29	nein			X
<b>Messung A3</b>													
	A3		1	Office aufrufen	down		2,3	6,01	5,6	nein			X
	A3		2	Excel öffnen (ohne Cache)	down		0,477	4,34	5,1	nein			X
	A3		3	Excel öffnen (mit Cache)	down		0,108	3,18	0,158	nein			X
	A3		4	Neues Dokument anlegen (mit Cache)	down		0,129	2,8	4	nein			X
	A3		5	Vorhandenes Dokument öffnen (mit Cache)	down		0,15	2,02	0,241	nein			X
<b>Messung B1</b>													
	B1		1	Office aufrufen	down		2,4	5,7	5,6	nein			X
	B1		2	Excel öffnen (ohne Cache)	down		0,5	3,36	5,1	nein			X
	B1		3	Excel öffnen (mit Cache)	down		0,11	3,18	0,16	nein			X
	B1		4	Neues Dokument anlegen (ohne Cache)	down		3,1	2,06	8,3	nein			X
	B1		5	Vorhandenes Dokument öffnen (ohne Cache)	down		2,9	2,02	7	nein			X
<b>Messung B2</b>													
	B2		1	Office aufrufen	down		2,3	6	5,6	nein			X
	B2		2	Excel öffnen (ohne Cache)	down		0,55	5,12	5,1	nein			X
	B2		3	Excel öffnen (mit Cache)	down		0,1	3,92	0,16	nein			X
	B2		4	Neues Dokument anlegen (ohne Cache)	down		3,1	1,92	8,3	nein			X
	B2		5	Vorhandenes Dokument öffnen (ohne Cache)	down		2,9	2,56	7	nein			X
<b>Messung B3</b>													
	B3		1	Office aufrufen	down		2,3	8,7	5,6	nein			X
	B3		2	Excel öffnen (ohne Cache)	down		0,55	5,6	5,1	nein			X
	B3		3	Excel öffnen (mit Cache)	down		0,1	4,03	0,16	nein			X
	B3		4	Neues Dokument anlegen (ohne Cache)	down		3,1	2,87	8,3	nein			X
	B3		5	Vorhandenes Dokument öffnen (ohne Cache)	down		2,9	3,14	7	nein			X

Quelle: wik

Tabelle 2-30: Messwerte pro Nutzungsvorgang bei MS PowerPoint [Erhebung: 27.04.2023]

Messung	Nr	ggf. alternatives Nutzerverhalten	Schritt	Nutzungsvorgang	Upload/Download [up/down]	ggf. enthält notwendige/sinnvolle Videos [X]	Daten @ Load [MB]	Load [s]	Datenvolumen [MB], Gesamt (ohne Nachladen oder Werbung)	Kategorisierung ITU G.1010				
										Error tolerant [ja/nein]	interactive [X]	responsive [X]	timely [X]	non-critical [X]
<b>Messung A1</b>														
	A1		1	Office aufrufen	down		1,7	4,56	5,1	nein				X
	A1		2	PPT öffnen (ohne Cache)	down		0,691	2,84	3,6	nein				X
	A1		3	PPT öffnen (mit Cache)	down		0,117	2,08	0,15	nein				X
	A1		4	Neues Dokument anlegen (mit Cache)	down		0,2	6,33	0,367	nein				X
	A1		5	Vorhandenes Dokument öffnen (mit Cache)	down		0,171	1,6	0,417	nein				X
<b>Messung A2</b>														
	A2		1	Office aufrufen	down		1,5	7,12	5,1	nein				X
	A2		2	PPT öffnen (ohne Cache)	down		0,69	3,98	3,6	nein				X
	A2		3	PPT öffnen (mit Cache)	down		0,116	2,7	0,151	nein				X
	A2		4	Neues Dokument anlegen (mit Cache)	down		0,21	7,2	0,369	nein				X
	A2		5	Vorhandenes Dokument öffnen (mit Cache)	down		0,17	2	0,415	nein				X
<b>Messung A3</b>														
	A3		1	Office aufrufen	down		1,7	3,94	5,1	nein				X
	A3		2	PPT öffnen (ohne Cache)	down		0,692	4,01	3,6	nein				X
	A3		3	PPT öffnen (mit Cache)	down		0,117	3,1	0,149	nein				X
	A3		4	Neues Dokument anlegen (mit Cache)	down		0,2	5,8	0,361	nein				X
	A3		5	Vorhandenes Dokument öffnen (mit Cache)	down		0,17	1,5	0,417	nein				X
<b>Messung B1</b>														
	B1		1	Office aufrufen	down		1,8	5,12	5,1	nein				X
	B1		2	PPT öffnen (ohne Cache)	down		0,69	2,72	3,6	nein				X
	B1		3	PPT öffnen (mit Cache)	down		0,119	3,72	0,153	nein				X
	B1		4	Neues Dokument anlegen (ohne Cache)	down		6,4	6,1	11,5	nein				X
	B1		5	Vorhandenes Dokument öffnen (ohne Cache)	down		5,3	3,84	11,3	nein				X
<b>Messung B2</b>														
	B2		1	Office aufrufen	down		1,6	7,1	5,1	nein				X
	B2		2	PPT öffnen (ohne Cache)	down		0,691	3,5	3,6	nein				X
	B2		3	PPT öffnen (mit Cache)	down		0,114	4,12	0,15	nein				X
	B2		4	Neues Dokument anlegen (ohne Cache)	down		6,4	7,1	11,5	nein				X
	B2		5	Vorhandenes Dokument öffnen (ohne Cache)	down		5,3	2,98	11,3	nein				X
<b>Messung B3</b>														
	B3		1	Office aufrufen	down		1,8	6,87	5,1	nein				X
	B3		2	PPT öffnen (ohne Cache)	down		0,69	4	3,6	nein				X
	B3		3	PPT öffnen (mit Cache)	down		0,117	5,23	0,154	nein				X
	B3		4	Neues Dokument anlegen (ohne Cache)	down		6,4	3,9	11,5	nein				X
	B3		5	Vorhandenes Dokument öffnen (ohne Cache)	down		5,3	4,12	11,3	nein				X

Quelle: wik

## 2.2 Datenvolumen E-Mail – Befragungen

### 2.2.1 Datenvolumen von E-Mails OHNE Attachment

Tabelle 2-31: Datenvolumen von E-Mails ohne Attachment:

Rücklauf **[BuGG]**

	Datenvolumen von <u>gesendeten</u> E-Mails ohne Attachment in Mbyte	Datenvolumen von <u>empfangenen</u> E-Mails ohne Attachment in Mbyte	Zeitpunkt (bzw. Zeitraum) der Datenerhebung
Minimum			
Maximum			
Mittelwert			
Median			

**[Frage]** Bitte geben Sie an, auf welcher Basis die angegebenen Werte beruhen. Zum Beispiel: Auf welchem Zeitraum basieren die Daten, in der von Ihnen bereitgestellten Stichprobe (bspw. Tag, Woche....)?

**[Antwort]** **[BuGG]**

### 2.2.2 Datenvolumen von E-Mails MIT Attachment

Tabelle 2-32: Datenvolumen von E-Mails mit Attachment:

Rücklauf **[BuGG]**

	Datenvolumen von <u>gesendeten</u> E-Mails mit Attachment in Mbyte	Datenvolumen von <u>empfangenen</u> E-Mails mit Attachment in Mbyte	Zeitpunkt (bzw. Zeitraum) der Datenerhebung
Minimum			
Maximum			
Mittelwert			
Median			

**[Frage]** Bitte geben Sie an, auf welcher Basis die angegebenen Werte beruhen. Auf welchem Zeitraum basieren die Daten, in der von Ihnen bereitgestellten Stichprobe (bspw. Tag, Woche....)?

**[Antwort]** **[BuGG]**

### 2.2.3 Anteil von E-Mails mit Attachment an gesamter Anzahl E-Mails

**[Frage]** In welchem Verhältnis steht die Häufigkeit von E-Mails mit Attachment zu der Gesamtanzahl von E-Mails (beispielsweise 20% der E-Mails enthalten ein Attachment)?

**[Antwort]** [BuGG]

### 3 Einzelergebnisse technische Mindestanforderungen

#### 3.1 Datenübertragungsraten Anhang V-Dienste

Tabelle 3-1: Anhang V-Dienste: Mindestanforderungen an die Datenübertragungsrate

Anhang V-Dienst	Produkt	Download [Mbps]	Upload [Mbps]	Quelle
(1) eMail	mit Attachment	0,74	0,74	WIK Befragung 2021
	ohne Attachment	0,05	0,05	WIK Befragung 2021
(2) Suchmaschinen, die das Suchen und Auffinden aller Arten von Informationen ermöglichen	<i>www.google.de</i>	3,96	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<i>www.idealo.de</i>	2,52	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<i>www.dhl.de</i>	2,81	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<i>www.booking.com</i>	3,89	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<i>www.bahn.de</i>	1,73	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<i>www.arbeitsagentur.de/kursnet</i>	3,71	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<i>www.tk.de</i>	1,38	-	WIK webbasierte Messung 2023
(3) grundlegende Online-Werkzeuge für die Aus- und Weiterbildung	<i>de.wikipedia.org</i>	0,89	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<i>scholar.google.de</i>	0,12	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<i>www.fahrschule.de</i>	1,80	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<i>anton.app/de</i>	1,59	-	WIK webbasierte Messung 2023
(4) Online-Zeitungen oder Online-Nachrichten	<i>www.bild.de</i>	4,01	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<i>www.tagesschau.de</i>	1,99	-	WIK webbasierte Messung 2023
(5) Online-Einkauf oder Online-Bestellung von Waren und Dienstleistungen	<i>www.amazon.de</i>	3,39	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<i>www.ebay-kleinanzeigen.de</i>	4,42	-	WIK webbasierte Messung 2023
(6) Arbeitssuche und Werkzeuge für die Arbeitssuche	<i>www.arbeitsagentur.de</i>	3,23	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<i>www.stepstone.de</i>	6,08	-	WIK webbasierte Messung 2023
(7) Berufliche Vernetzung	<i>de.linkedin.com</i>	4,50	-	WIK webbasierte Messung 2023
(8) Online-Banking	<i>www.vvr-bank.de</i>	1,55	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<i>www.deutsche-bank.de</i>	4,56	-	WIK webbasierte Messung 2023
(9) Nutzung elektronischer Behördendienste	<i>service.berlin.de</i>	1,61	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<i>www.stadt-koeln.de</i>	2,47	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<i>verwaltung.bund.de/portal/</i>	3,57	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<i>www.elster.de</i>	2,13	-	WIK webbasierte Messung 2023
(10) soziale Medien und Sofortnachrichten-übermittlung	<i>www.youtube.com</i>	0,77	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<i>www.facebook.com</i>	7,41	-	WIK webbasierte Messung 2023
(11) Anrufe und Videoanrufe (Standardqualität: SD)	Audio (G.711)	0,09	0,09	Yu, Ajarmeh (2017)
	Videoanrufe (1:1) über Skype	0,128	0,128	skype.com (=0,128 Mbps Video calling /Screen sharing, minimum)
	Videoanrufe (1:1) über Teams	0,200	0,200	Microsoft (=0,200 Mbps screen-sharing one-to-one, minimum)
	Videoanrufe (1;1) über WhatsApp	0,700	0,700	pcwelt.de (=0,7 Mbps 1:1 Videokonferenz)
	Videoanrufe (1:1) über Zoom	0,600	0,600	zoom (=0,6 Mbps 1:1 high-quality video calling)

Quelle: wik

### 3.2 Datenübertragungsraten Teleheimarbeit inkl. VPN

Tabelle 3-2: Teleheimarbeit: Mindestanforderungen an die Datenübertragungsrate

Teleheimarbeit	Produkt	Download [Mbps]	Upload [Mbps]	Quelle
eMail [beruflich] (inkl. VPN)	mit Attachment	0,79	0,79	WIK Befragung 2021
	ohne Attachment	0,05	0,05	WIK Befragung 2021
Datenaustausch (inkl. VPN)	Durchschnittliche Dateigröße	1,31	1,31	WIK-Berechnung auf Basis der Ø-Dateigröße (1,5 MB) aus Dinnen and Nguyen (2021). How Big Are Peoples' Computer Files?
Cloudbasierte Dienste (inkl. VPN)	<a href="http://www.office.com/launch/word">www.office.com/launch/word</a>	1,92	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<a href="http://www.office.com/launch/excel">www.office.com/launch/excel</a>	2,49	-	WIK webbasierte Messung 2023
	<a href="http://www.office.com/launch/powerpoint">www.office.com/launch/powerpoint</a>	3,51	-	WIK webbasierte Messung 2023
Remote Desktop (inkl. VPN)	Microsoft Remote Desktop	1,91	-	MS Azure (=1,8 Mbps ist max. Mbps unter den MS-Anwendungen bei Modus H.264/AVC 444 )
Anrufe und Videoanrufe (Standardqualität: SD) [beruflich] (inkl. VPN)	Audio (G.711)	0,14	0,14	Yu, Ajarmeh (2017)
	Videoanrufe (1:1) über Skype	0,136	0,136	skype.com (=0,128 Mbps Video calling /Screen sharing, minimum)
	Videoanrufe (1:1) über Teams	0,212	0,212	Microsoft (=0,200 Mbps screen-sharing one-to-one, minimum)
	Videoanrufe (1;1) über WhatsApp	0,742	0,742	pcwelt.de (=0,7 Mbps 1:1 Videokonferenz)
	Videoanrufe (1:1) über Zoom	0,636	0,636	zoom (=0,6 Mbps 1:1 high-quality video calling)
(Gruppen-) Videokonferenzen (Standardqualität: SD) [beruflich] (inkl. VPN)	Videokonferenz über Skype	0,543	0,136	skype (Group video 3 people: 0,512 Mbps down/ 0,128 Mbps up, minimum)
	Videokonferenz über Teams	0,265	0,265	Microsoft (=0,250 Mbps screen-sharing meetings, minimum)
	Videokonferenz über WhatsApp	0,742	0,742	pcwelt.de (=0,7 Mbps)
	Videokonferenz über Zoom	0,636	1,060	zoom (= 1,0 /0,6 Mbps (Up/Down) for group high-quality video calling)

Quelle: wik

### 3.3 Datenübertragungsraten Online-Inhaltedienste

Tabelle 3-3: Online-Inhalte-Dienste: Mindestanforderungen an die Datenübertragungsrate

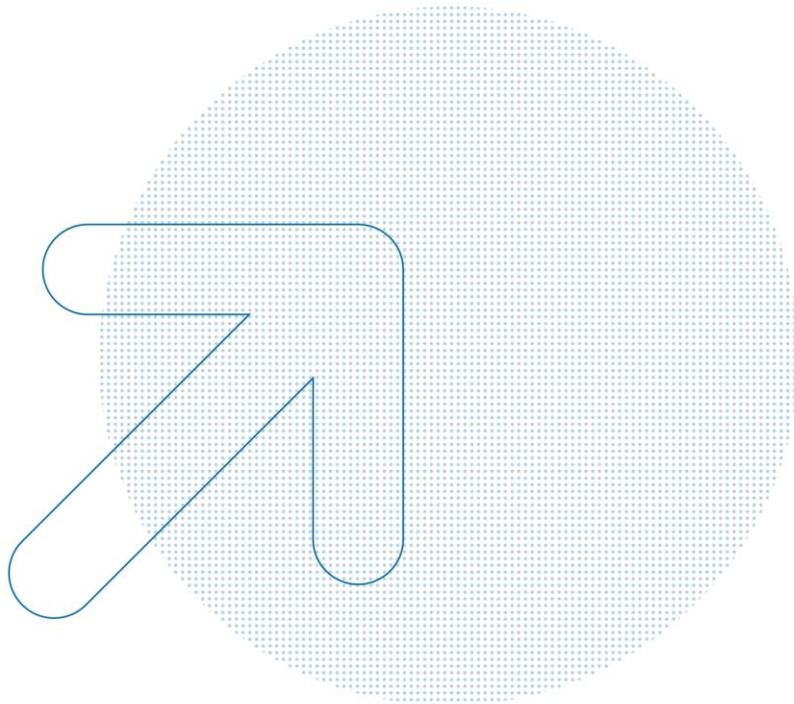
Online-Inhalte-Dienste	Produkt	Download [Mbps]	Upload [Mbps]	Quelle
Videostreaming (Standardqualität: SD)	YouTube	1,1	-	YouTube (SD 480p)
	Netflix	3,0	-	Netflix (SD 480p)
	Amazon Prime Video	1,0	-	Amazon (SD 480p)
Musikstreaming (Standardqualität: SD)	Spotify	0,320	-	Spotify
	Amazon Music	0,320	-	Amazon
	YouTube Music	0,128	-	YouTube Music
Internetradio (Standardqualität: SD)	Bayern1	0,128	-	BR.de
	WDR2	0,128	-	WDR-Radios
	SWR3	0,128	-	SWR

Quelle: wik



# WIK-Consult & zafaco • Anhang 3

Gutachten für die  
Bundesnetzagentur



---

## Anhang 3: Simulationsmodell

### Gutachten Mehrpersonenhaushalte

Autor:  
Prof. Dr. Jörg Ott

# Impressum



WIK-Consult GmbH  
Rhöndorfer Str. 68  
53604 Bad Honnef  
Deutschland  
Tel.: +49 2224 9225-0  
Fax: +49 2224 9225-63  
E-Mail: [info@wik-consult.com](mailto:info@wik-consult.com)  
[www.wik-consult.com](http://www.wik-consult.com)

## Vertretungs- und zeichnungsberechtigte Personen

Geschäftsführerin und Direktorin	Dr. Cara Schwarz-Schilling
Direktor, Verwaltungs- und Abteilungsleiter	Alex Kalevi Dieke
Direktor, Abteilungsleiter	Dr. Bernd Sörries
Abteilungsleiter	Dr. Christian Wernick
Abteilungsleiter	Dr. Lukas Wiewiorra
Vorsitzender des Aufsichtsrates	Dr. Thomas Solbach
Handelsregister	Amtsgericht Siegburg, HRB 7043
Steuer-Nr.	222/5751/0926
Umsatzsteueridentifikations-Nr.	DE 329 763 261

Stand: Januar 2024



zafaco GmbH  
Münchener Str. 101/39  
85737 Ismaning  
Deutschland  
Tel.: +49 89 820308 200  
Fax: +49 89 820308 299  
E-Mail: [info@zafaco.de](mailto:info@zafaco.de)  
[www.zafaco.de](http://www.zafaco.de)

## Geschäftsführende Gesellschafter:

Gründer und Geschäftsführer	Christoph Sudhues
Geschäftsführer Technik	Bernd Oliver Schöttler
Handelsregister	Amtsgericht München, HRB 174425
Umsatzsteueridentifikations-Nr.	DE 260 524 045

## 1 Simulationsmodell

Zur Gewinnung einer Einschätzung, welchen Einfluss eine parallele, zeitgleiche Nutzung von webbasierten Diensten auch durch mehrere Nutzer auf die benötigte Übertragungskapazität hat, wurde ein Simulationsmodell genutzt, welches die Nutzung im Zeitablauf als dynamisches Phänomen berücksichtigt.

### 1.1 Parallelnutzung im Mehrpersonenhaushalt

Für die verschiedenen Dienste aus Anhang V zuzüglich Teleheimarbeit und Online-Inhalte-Dienste lassen sich zwar individuell Datenraten ermitteln, diese sind allerdings punktuelle Datenraten, die während der Nutzung eines Dienstes entstehen. Daher ist für Parallelnutzungsszenarien abzuschätzen, wie lange einzelne Dienste jeweils aktiv die Zugangsleitung belasten (etwa beim Laden einer Webseite oder beim Betrachten eines Videos). Hierbei sind (mindestens) zwei Unterscheidungen möglich:

1. Wie verhält sich die aktive Belastung der Leitung zur Nutzung eines Dienstes?

Einige Dienste – wie Videokonferenzen oder Video-Streaming – belasten das Netz kontinuierlich während ihrer Nutzung, denn Daten werden dauerhaft gesendet oder empfangen<sup>1</sup>. Wenn diese Dienste parallel genutzt werden, addieren sich ihre Datenraten. Andere Dienste – etwa Web-Browsing oder E-Mail – erzeugen punktuelle Lasten beim Laden einer Webseite bzw. beim Senden/Empfangen einer E-Mail. D.h., hier gibt es vor oder nach einer kurzen Phase der Belastung des Netzes potentiell eine längere Phase des Lesens oder Schreibens. Gerade letztere Arten von Diensten sind bei der Betrachtung von Parallelnutzungsszenarien von Bedeutung, weil sich die Anforderungen der einzelnen Dienstanutzer aufgrund des zeitlichen Versatzes der Netzbelastung auch bei gleichzeitiger Nutzung nicht einfach addieren. Um dieser Besonderheit Rechnung zu tragen, wird in Abschnitt 1.2 ein beispielhaftes Modell entwickelt.

2. Wie ausgeprägt ist die Nutzung eines Dienstes pro Tag?

Es gibt dominante Internet-Anwendungen wie den Web-basierten Zugriff auf eine Vielzahl von Diensten bzw. die durch entsprechende Anwendungen (oder Apps) spezialisierten Zugriffe auf dieselben, die wir als weitgehend äquivalent betrachten (vgl. hierzu auch die Ausführungen „Apps vs. Web“ (siehe hierzu Fußnote 2). Intensiv genutzte Anwendungen dieser Art sind beispielsweise Dienste sozialer

---

<sup>1</sup> In der Praxis kommt es häufig zu einem sägezahnartigen Verlauf, da immer mit einer hohen Datenrate Daten in den Puffer übertragen werden und erst wieder, bevor der Puffer aufgebraucht ist, weitere Daten nachgeladen werden. Dies wird aber im Simulationsmodell vernachlässigt und als geglättet angenommen, da sich der Verlauf mit einer Verringerung der verfügbaren Datenrate immer mehr einem kontinuierlichen Datenbedarf annähert.

Netzwerke, Messaging, Nachrichten, Online-Shopping usw. Andere Dienste werden eher sporadisch genutzt, etwa E-Mail (primär Versenden) oder das Hochladen von bzw. der Zugriff auf Dateien. Die Nutzungsintensität ist relevant für die Modellierung des Bedarfs, denn eine gelegentliche Nutzung belastet zwar punktuell die Anschlussleitung, hat aber bei der Betrachtung des ganzen Tages kaum Relevanz. Wie viele E-Mails versendet man am Tag? Wie oft lädt man Dokumente zum Editieren herunter und anschließend wieder auf einen Server hoch?

Die im Abschnitt 1.2 vorgestellte Modellierung ist auf Basis dieser Überlegungen gestaltet und konzentriert sich auf intensiv genutzte Dienste. Sie liefert aus Sicht der Nutzungsintensität ein Modell für Webseitenzugriffe allgemein, das als konservativ einzuschätzen ist, weil es eine deutlich stärkere Nutzung generiert als jüngere Studien für US-Haushalte (siehe Fußnote 3) ermittelt haben. Außerdem fokussieren wir uns bei der Auswertung des Modells auf die Hauptverkehrszeiten („Busy Hour“), denn damit sind geringere Nutzungen implizit abgedeckt („Worst-Case-Betrachtung“).

Auf viele Dienste kann heutzutage vom Rechner aus sowohl über den Web-Browser als auch über dedizierte Anwendungen zugegriffen werden. Beispiele sind E-Mail (Apple Mail, Outlook, Thunderbird), Messaging und Kooperation (MS Teams, Slack, Jabber, Zulip), Video-Streaming (YouTube), Multimedia-Konferenzen (MS Teams, Cisco Webex, Zoom), Dateizugriff (Google Drive, MS OneDrive, DropBox) und viele mehr. Im allgemeinen funktionieren die entsprechenden Dienste im Web-Browser ganz ähnlich wie die eigenständigen Anwendungen/Apps. Unabhängig von der protokolltechnischen Realisierung im Detail, die nicht öffentlich dokumentiert sein muss, sind die Arten der ausgetauschten Daten (etwa Video oder Audio, Textnachrichten) ähnlich, so dass sich auch ähnliche Leitungsbelastungen erwarten lassen. Eine Unterscheidung in Dienstezugriff via Anwendungen/Apps vs. Web-basierter Dienstezugriff wird im Rahmen dieses Modells nicht getroffen.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Es sei aber auf ein Beispiel eines Sonderfalls hingewiesen: Beim Dateizugriff über den Web-Browser navigiert eine Nutzerin typischerweise zu einer Datei, um diese dann per Klick anzufordern oder um eine Datei per Drag&Drop oder per Menüsteuerung hochzuladen. Eine Anwendung/App hingegen kann so konfiguriert sein, dass sie einen Verzeichnisbaum auf dem lokalen Rechner spiegelt und automatisch im Hintergrund mit einem Server synchronisiert, statt auf eine Nutzerinteraktion zu warten. Dann läuft sämtliche Synchronisation im Hintergrund ab, ohne dass der Nutzer Einfluss darauf hat. Dies bedeutet einerseits, dass zuzugreifende oder zu teilende Dateien meist gar nicht erst explizit angefordert bzw. hochgeladen werden müssen, andererseits, dass ein kontinuierlicher Abgleich von Datenbeständen im Hintergrund stattfindet, der zu einer wiederkehrenden (aber schwer zu beziffernden) Belastung der Anschlussleitung führen kann.

## 1.2 Operationalisierung der Parallelnutzung – ein Simulationsmodell für den Web-Zugriff

Das in diesem Abschnitt dokumentierte Modell nimmt Webnutzung durch einen Konsumenten an, d.h. eine Person, die Inhalte aus dem Internet abfragt, selbst aber nur unwesentlich Daten an Dienste übermittelt. Suchen, Online-Shopping usw. sind dadurch sicherlich abgedeckt, das Verhalten von Produzenten von Inhalten (etwa YouTubern) wird hierdurch bewusst nicht erfasst.

### **Vorweg über Einschränkungen zu dem vorliegenden Modell:**

Das Nutzerverhalten beim Abruf von Webdiensten ist vielfältig und komplex. Das **vorliegende Modell versucht gar nicht erst, ein realistisches Abbild zu liefern**. Vielmehr stellt es auf ein plausibles mögliches Verhalten ab. Dieses dient ausschließlich dazu, einen Eindruck von Parallelnutzung zu vermitteln und dadurch eine erste Annäherung an die zeitlich variablen punktuellen Anforderungen an das Netz (Belastung der Anschlussleitung) zu ermöglichen.

Sowohl die verwendeten Verteilungsfunktionen als auch deren Parameter sind durchdacht, aber dennoch willkürlich gewählt – sie lassen sich aber leicht für Vergleichsstudien anpassen. Das Modell liefert in der aktuellen Parametrisierung eher eine Überschätzung der Nutzung, denn es liefert rund 1.000 Webzugriffe pro Nutzer und Tag. Zum Vergleich: Für die USA wurden rund 130 Aufrufe von Webseiten pro Tag ermittelt (Stand Februar 2023).<sup>3</sup>

### **Zum Modell selbst:**

Das Modell „simuliert“ das Verhalten eines einzelnen Nutzers beim Abruf von und der Interaktion mit Webseiten und dadurch potentiell generierten Folgeaufrufen. Gibt es mehrere Nutzer in einem Haushalt, werden diese in ihrem Nutzungsverhalten als voneinander unabhängig angesehen, d.h. jeder Nutzer agiert entsprechend des Modells für sich selbst. Das Aufrufen von Webseiten führt zum Herunterladen von Daten, die dann die Zugangsleitung belasten. Im Folgenden wird zunächst vorgestellt, (a) wie das pro Aufruf einer Webseite herunterzuladende Datenvolumen modelliert wird. Im Anschluss (b) wird das Nutzermodell detailliert, was sowohl ein einfaches Modell eines Tagesablaufs umfasst als auch die Nutzeraktivität beim Zugriff auf Webseiten. Abschließend (c) wird ein Haushalt bestehend aus einem oder mehreren Nutzern definiert und die daraus resultierenden Anforderungen an die Netzkapazität bestimmt.

---

<sup>3</sup> Flynn, Jack (2023): 20+ crucial website statistics [2023]: How company success depends on a good website, 23.02.2023, ZIPPPIA, [https://www.zippia.com/advice/website-statistics/#:-:text=The%20average%20US%20internet%20user,users\)%20to%20find%20your%20website](https://www.zippia.com/advice/website-statistics/#:-:text=The%20average%20US%20internet%20user,users)%20to%20find%20your%20website), letzter Zugriff 16.01.2024.

### (a) Modell für Webseiten

Webseiten enthalten unterschiedlich viele Inhalte: Texte mit variabler Länge, unterschiedliche Anzahlen von Bildern mit verschiedenen Größen und Auflösungen, ggf. Elemente von externen Webseiten und heute oftmals (Javascript-)Code etwa zur dynamischen Darstellung von Inhalten oder zur Nutzerinteraktion. Zur Vereinfachung der Handhabung wird wie im Gutachten zu Los 2 nur das Gesamtvolumen einer Webseite betrachtet. Die Größenverteilung wird aus den im Rahmen von Los 2 von zafaco durchgeführten Messungen gewonnen. Hierbei ergibt sich folgende Verteilung, wobei die Minimalgröße (10 KB) und die Maximalgröße (10 MB) frei gewählt sind.<sup>4</sup>

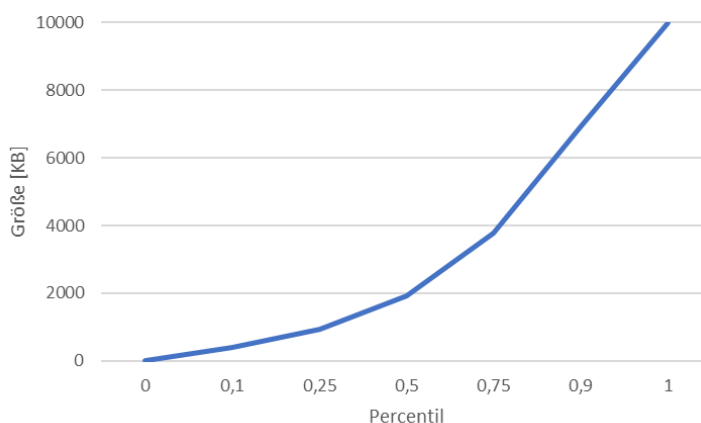
Tabelle 1-1: Größenverteilung von Webseiten

Percentil	0	10	25	50	75	90	100
Größe (KB)	10	397	924	1934	3774	6945	10000

Quelle: wik

Auf Basis dieser Verteilung wird durch lineare Interpolation zwischen den Punkten eine kumulative Verteilungsfunktion erzeugt. Diese ist in Abbildung 1-1 dargestellt.

Abbildung 1-1: Verteilungsfunktion für Webseitengrößen



Quelle: wik

Zur Bestimmung einer zufälligen Webseite und damit Webseitengröße wird eine Zufallszahl zwischen 0 und 1 gemäß einer Gleichverteilung gezogen und dann auf die X-Achse der Größenverteilungskurve projiziert. Die Verteilungsfunktion liefert dann dazu die entsprechende Webseitengröße.

<sup>4</sup> Zum Vergleich: diese Größenverteilung ist grob vergleichbar mit anderen Erhebungen wie etwa Everts, T. & Hempenius, K. (2019): Page Weight, Part IV Chapter 18, date published: Nov 11, 2019, last updated: Mar 2, 2022, von Web Almanac, <https://almanac.httparchive.org/en/2019/page-weight>, letzter Zugriff: 16.01.2024.

Das Laden von Webseiten führt zu einer Reihe von Interaktionen zwischen Web-Browser und Web-Server:<sup>5</sup> In unserem Modell werden sowohl der Verbindungsaufbau also auch das wiederholte Anfragen von Objekten nicht weiter betrachtet, da die hierbei ausgetauschten Daten im Mittel vernachlässigbar sind im Vergleich zur Größe der Webseite. Der Uplink wird hierbei wenig belastet. Ebenfalls nicht betrachtet werden Bestätigungspakete, die zwischen Web-Browser und Web-Server ausgetauscht werden, um zu garantieren, dass die jeweils gesendeten Information auch vollständig ankommen. Der Fokus liegt auf dem Downlink, der am stärksten durch Web-Zugriffe belastet wird. Auch die erforderlichen DNS-Anfragen zur Namensauflösung von Web-Servern werden hier vernachlässigt.

Schließlich wird davon ausgegangen, dass das vereinzelte Senden von Zeichen, etwa wenn die Nutzerin in ein Formular (etwa Suche mit Vorschlägen) tippt, keinen nennenswerten Einfluss auf die Netzlast hat. Selbst wenn jedes Zeichen in einem eigenen Datenpaket übermittelt wird, ergeben sich bei einer durchschnittlichen Tippgeschwindigkeit von 40 Wörtern pro Minute und einer mittleren Wortlänge von 5 Zeichen rund 3–4 Zeichen pro Sekunde, was je nach protokolltechnischer Realisierung zu Datenraten von beispielsweise (für Secure Shell) 36 Bytes TLS + Daten zuzüglich TCP/IP-Header von mindestens 40 Bytes pro Zeichen führt. Das ergibt dann bei rund 100 Bytes pro Zeichen 300–400 Bytes und damit 2,4–3,2 kbit/s. Aufgrund des Overheads pro Paket fällt die Tatsache, dass vom Server ebenfalls Daten (das Echo eines Zeichens) und ggf. mehr Daten (etwa Vorschläge zur Vervollständigung eines Suchbegriffs) zum Browser übertragen werden, kaum zusätzlich ins Gewicht.

#### (b) Ein einfaches Nutzermodell

Es wird davon ausgegangen, dass ein Nutzer zu unterschiedlichen Tageszeiten naturgemäß unterschiedlich stark ausgeprägte Web-Aktivitäten durchführt. Hierfür wird für verschiedene Zeiträume eines Tages (ohne Unterscheidung zwischen Wochentagen, Feiertagen usw.) jeweils eine Wahrscheinlichkeit  $p_a$  angenommen, wie in Tabelle 1-2 dargestellt. Die in der Tabelle angegebenen Werte sind plausible Annahmen, allerdings nicht durch empirische Untersuchungen belegt. Aufgrund der Vielfalt von Nutzerinnen und deren Aktivitäten ist hier ein einheitliches Modell schwierig zu gestalten. Wesentlich ist vielmehr die Hauptaktivität der Nutzer – aller Nutzer eines Haushalts – im gleichen Zeitraum

---

<sup>5</sup> Zunächst muss eine Transport-Verbindung (TCP oder QUIC) aufgebaut werden, gefolgt vom Herstellen einer verschlüsselten Übertragung (bei TCP, denn QUIC umfasst diesen Schritt bereits). Dies führt zum Austausch von Daten in geringem Umfang (wenige Pakete in jede Richtung, wobei jedes Paket weniger als 1.500 Bytes umfasst). Dann wird eine HTTP-Anfrage an der Server gesendet, die üblicherweise in ein Paket passt, auf die dann der Server antwortet. Für jedes angefragte Objekt der Webseite wird eine erneute Anfrage gestellt.  
Zur protokolltechnischen Realisierung der Dienste über TCP bzw. QUIC siehe wik-zafaco-Gutachten (2023): Qualitätsparameter, Gutachten für die Bundesnetzagentur, Kulenkampff, G. / Hackbarth, K. / Ott, J. / Plückebaum, T. / Portugall, O. und unter Mitarbeit von Ockenfels, M., Bad Honnef, Dezember 2023, [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Grundversorgung/Gutachten\\_WIK\\_zafaco\\_Qualit%C3%A4tsparameter%20-%20Vorabfassung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Grundversorgung/Gutachten_WIK_zafaco_Qualit%C3%A4tsparameter%20-%20Vorabfassung.pdf?__blob=publicationFile&v=3), letzter Zugriff: 16.01.2024.

(in diesem Beispiel von 12 bis 14 Uhr). Dabei ist es quasi gleichgültig, wann die Nutzer auf diese Weise aktiv sind, auf die Gleichzeitigkeit kommt es für die Betrachtung an.

Tabelle 1-2: Wahrscheinlichkeit von Nutzeraktivität im Tagesverlauf

Uhrzeit	0–6	6–9	9–12	12–14	14–18	18–21	21–24
$p_a$	0.1	0.2	0.4	0.8	0.4	0.6	0.6

Quelle: wik

Die Angabe eines kompletten Tagesablaufs liefert allerdings ein Indiz dafür, wie das Nutzerverhalten insgesamt einzuordnen ist. Im vorliegenden Modell ergeben sich daraus, wie oben bereits erwähnt, rund 1.000 Webseitenzugriffe pro Tag (920–1.116, Mittelwert: 1.003), was deutlich über dem Mittel eines typischen Internet-Nutzers in den USA (130 Zugriffe) liegt. Selbst in den zwei Stunden der Hauptverkehrszeit wird mit 173–261 (im Mittel 219) Zugriffen pro Nutzer dieser Wert überschritten. Somit ist davon auszugehen, dass das Modell zur Hauptverkehrszeit keine Unterschätzung des Bedarfs liefert.

Für das Interaktionsmodell mit den Webseiten wird ein zustandsbehaftetes Modell verwendet, das wie folgt definiert ist:

Initial befindet sich der Nutzer  $N$  im Ruhezustand, d.h., der Nutzer lädt keine Webseiten. Die vom Nutzer  $N$  erzeugte Datenrate zum Zeitpunkt  $t$  ist dann  $R_N(t) = 0$ .

Im Ruhezustand wird einmal pro Minute geprüft, ob der Nutzer in den aktiven Zustand übergehen sollte, d.h. eine Webseite anfordert. Die Wahrscheinlichkeit  $p_a$ , mit der der Nutzer diesen Zustandsübergang durchführt, wird entsprechend der simulierten Tageszeit aus obiger Tabelle ermittelt.

Ergibt sich hieraus ein Wechsel in den aktiven Zustand, so wählt der Nutzer  $N$  eine Webseite zum Herunterladen aus, konkret eine Webseite entsprechend der Verteilung aus (a). Es wird zur Bestimmung der erforderlichen Datenrate  $R_N$  davon ausgegangen, dass die Webseite innerhalb von 4 Sekunden geladen sein soll, d.h.,  $R_N(t) = G/4s$ . Diese Downloadrate wird dann zum Zeitpunkt  $t_0$  für die Intervalle  $[t_0, t_0 + 1s)$ ,  $[t_0 + 1s, t_0 + 2s)$ ,  $[t_0 + 2s, t_0 + 3s)$  und  $[t_0 + 3s, t_0 + 4s)$  als gleichmäßig angenommen. Die Zeitachse wird in Sekundenintervalle eingeteilt und dann  $R(t_0) = R(t_0 + 1s) = R(t_0 + 2s) = R(t_0 + 3s) = R(t_0 + 4s) = G/4s$  berechnet.

Nach abgeschlossenem Ladevorgang (also vier Sekunden später) wird ermittelt, wie lange der Nutzer  $N$  auf der Webseite verweilt (diese also liest oder anderweitig abgelenkt ist). Diese Verweildauer  $D_N$  wird durch eine Exponentialverteilung mit dem Mittelwert 10 Sekunden<sup>6</sup> bestimmt und auf ganze Sekunden gerundet. Während dieser Verweildauer werden keine Daten angefordert, d.h. während der Verweildauer  $D_N$  – also für  $t_0 + 4s \leq t < t_0 + D_N + 4s$  – ist dann  $R_N(t) = 0$ .

<sup>6</sup> 10 Sekunden gilt als die Zeit, die ein Nutzer darauf verwendet, sich ein Bild von der betrachteten Webseite zu machen und über weitere Aktionen zu entscheiden.



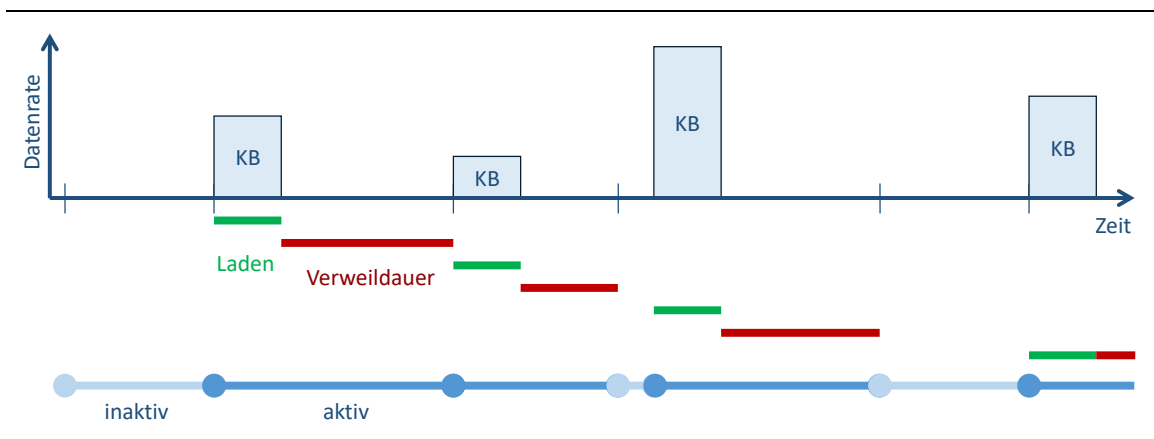
Nach Ablauf der Verweildauer bestimmt sich, ob der Nutzer  $N$  eine weitere Webseite lädt (etwa durch Klick auf einen Link oder Eingabe eines neuen Suchbegriffs oder einer URL). Das Modell geht davon aus, dass die Wahrscheinlichkeit für eine weitere Aktion mit größerer zeitlicher Distanz zur letzten Aktion abnimmt. Intuitiv: entweder ist der Nutzer aktiv und surft weiter, oder er wird inaktiv beispielsweise durch Ablenkung oder weil das Vorhaben im Web abgeschlossen wurde.

Auch hier wird eine Exponentialfunktion zur Bestimmung der Wahrscheinlichkeit für eine Folgeaktion verwendet:  $q = e^{-\alpha \cdot T}$ , wobei  $T$  die Zeit seit der letzten Aktivität angibt:  $T = t - t_0$ . Da Nutzer zu unterschiedlichen Tageszeiten unterschiedlich stark aktiv sind, wird diese Wahrscheinlichkeit mit der oben genannten Aktivitätswahrscheinlichkeit  $p_a$  moduliert:  $p = p_a \cdot q$ . Für die Simulationen wird  $\alpha = 0,5$  gesetzt. Diese Prüfung auf eine Folgeaktivität findet in jeder Sekunde statt. Aufgrund des gewählten  $\alpha$  konvergiert die Wahrscheinlichkeit einer Folgeaktivität schnell gegen null und liegt nach 10 Sekunden unterhalb von 1%:  $q < 0.01$ .

Nach Ablauf von 60 Sekunden geht der Nutzer wieder in den Ruhezustand über, und es erfolgt die Prüfung auf neue Aktivitäten wieder ausschließlich auf Basis der Tageszeit.

Dieser Ablauf ist beispielhaft in der folgenden Abbildung 1-2 dargestellt:

Abbildung 1-2: Beispielhafte Darstellung der Web-Interaktion eines Nutzers



Quelle: wik

Um einen Tagesverlauf zu simulieren, wird dieses Modell kontinuierlich für den Nutzer angewendet, wobei die Simulation den Tag im Sekundentakt durchläuft und, je nach Nutzerzustand, einmal pro Sekunde oder einmal pro Minute auf Webzugriffe prüft. Die Aktivitätswahrscheinlichkeit  $p_a$  wird entsprechend des Tagesablaufs (vgl. Tabelle 1-2) verändert.

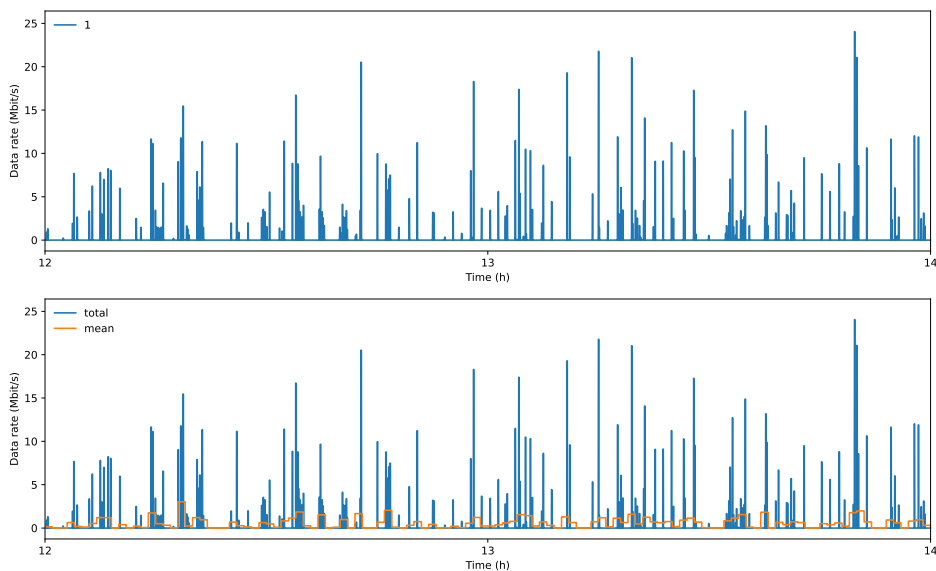
## (c) Modellierung eines Haushalts

Für einen Haushalt mit  $K$  Personen ( $1 \leq K \leq 5$ ) wird das vorgestellte Simulationsmodell unabhängig für jede der  $K$  Personen angewendet und für die einzelnen Nutzer  $1, \dots, K$ , die jeweils erzeugten Belastungen der Anschlussleitung im Download  $R_1(t), \dots, R_K(t)$  ermittelt. Diese werden dann für jeden Zeitpunkt eines Tages  $0 \leq t < 86400s$  aufsummiert und liefern die punktuelle Gesamtlast für jedes  $t$ :

$$R(t) = \sum_{i=1}^K R_i(t)$$

Die Aktivitätswahrscheinlichkeit der Nutzer zu den verschiedenen Tageszeiten ist dabei bewusst gleich gewählt, um zu Hauptverkehrszeiten auch eine maximale Last zu erzeugen. Abbildung 1-3 zeigt beispielhaft die Webnutzung einer Person und die daraus resultierende Belastung der Anschlussleitung im Download. Abbildung 1-4 zeigt das für die parallele Nutzung durch fünf Personen. Es ist klar erkennbar, dass die Einzelnutzungen zwar den kumulierten Bedarf steigern, allerdings sind die Nutzungen oft verzahnt, so dass Pausen einiger Personen mit Nutzungen anderer zusammenfallen.

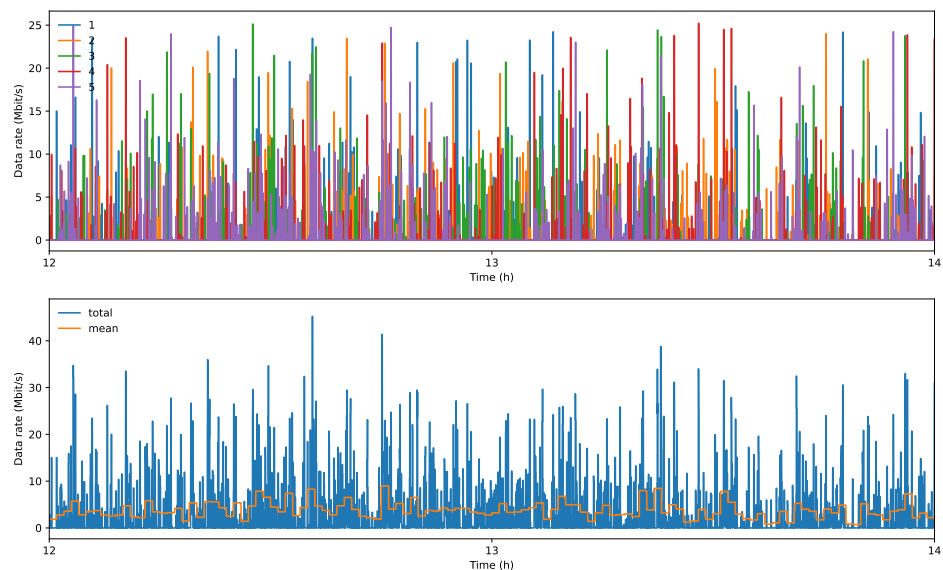
Abbildung 1-3: Beispielhafte Webnutzung einer einzelnen Nutzerin und die daraus resultierende Netzlast auf der Anschlussleitung: pro Sekunde (blau) und gemittelt über 60s (orange)



Quelle: wik

Es ist klar erkennbar, dass die Nutzerin beim Zugriff auf besonders umfangreiche Webseiten zwar punktuelle Lastspitzen erzeugen kann, die mittlere Belastung des Netzes durch sie aber gering ist.

Abbildung 1-4: Beispielhafte Webnutzung durch 5 Nutzerinnen



Quelle: wik

Die obere Grafik zeigt die aus der Aktivität der einzelnen Nutzerinnen 1–5 resultierende individuell erzeugte Last auf der Anschlussleitung, die untere die aggregierte Last pro Sekunde (blau) sowie gemittelt über 60 Sekunden (orange). Dabei zeigt sich, dass zwar punktuelle Lastspitzen entstehen können, die mittlere Belastung aber gering ist.

Abschließend noch eine Anmerkung zur Belastung der Anschlussleitung: Wie oben bereits beschrieben, sind Internet-Protokolle adaptiv und passen sich an die verfügbare Übertragungskapazität an. Bei Lastspitzen in einem Mehrpersonenhaushalt kann dies dazu führen, dass einzelne Webzugriffe etwas länger dauern; diese Zugriffe werden aber im allgemeinen Fall dennoch nicht scheitern. Die durchschnittliche Last auf der Anschlussleitung pro Minute in den obigen Abbildungen deutet diese Flexibilität an und zeigt eine mögliche, daraus zu errechnende Kapazität der Anschlussleitung. Wie ebenfalls beschrieben, ist dieser beispielhafte Wert unter der Annahme sehr intensiver Webnutzung ermittelt.

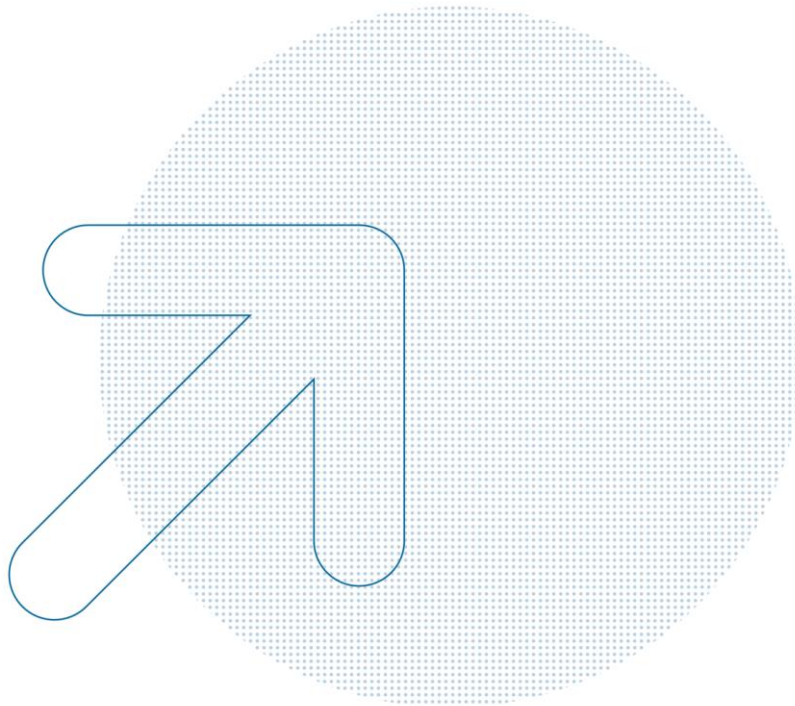
(d) Übertragung auf die Top-Down Messungen des Parallelnutzungsszenarios „Webseitenabruf“

Die dem Simulationsmodell zugrunde liegenden Annahmen werden als Basis für die Top-Down Messungen des Parallelnutzungsszenarios „Webseitenabruf“ mit der Hauptaktivität im Zeitraum 12-14 Uhr ( $p_a$  0.8, siehe (b) Tabelle 1-2) genutzt. Hierbei wird die Größenverteilung der für das Modell genutzten fiktiven Webseiten (siehe (a) Tabelle 1-2 sowie Abbildung 1-1) möglichst exakt durch die Nutzung von realen Webseiten abgebildet, welche sich aus einer Kombination folgender V-Dienste aus Tabelle 1-2 ergeben: google.de, facebook.com, kleinanzeigen.de (zuvor ebay-kleinanzeigen.de), bild.de, youtube.com, sowie wetteronline.de.

Wie schon eingangs festgehalten, liefert dieses Modell im Ergebnis eine sehr starke Internet-Nutzung, die etwa bei Faktor 8 (gut 1.000 ggü. 130 pro Tag) der für Nutzer in den USA im Mittel durchgeführten Webseitenaufrufe liegt.

# WIK-Consult & zafaco • Anhang 4

Gutachten für die  
Bundesnetzagentur



---

## Anhang 4: Messaufbau – Beschreibung von Top-down-Messungen und Parallelnutzungsszenarien – Gutachten Mehrpersonenhaushalte

Autoren:  
Oliver Portugall (zafaco)  
Mike Kosek (zafaco)  
Lars Koenen (zafaco)  
unter Mitarbeit von Constantin Eiling (zafaco)

Bad Honnef, Januar 2024



# Impressum



WIK-Consult GmbH  
Rhöndorfer Str. 68  
53604 Bad Honnef  
Deutschland  
Tel.: +49 2224 9225-0  
Fax: +49 2224 9225-63  
E-Mail: [info@wik-consult.com](mailto:info@wik-consult.com)  
[www.wik-consult.com](http://www.wik-consult.com)

## Vertretungs- und zeichnungsberechtigte Personen

Geschäftsführerin und Direktorin	Dr. Cara Schwarz-Schilling
Direktor, Verwaltungs- und Abteilungsleiter	Alex Kalevi Dieke
Direktor, Abteilungsleiter	Dr. Bernd Sörries
Abteilungsleiter	Dr. Christian Wernick
Abteilungsleiter	Dr. Lukas Wiewiorra
Vorsitzender des Aufsichtsrates	Dr. Thomas Solbach
Handelsregister	Amtsgericht Siegburg, HRB 7043
Steuer-Nr.	222/5751/0926
Umsatzsteueridentifikations-Nr.	DE 329 763 261

Stand: Januar 2024



zafaco GmbH  
Münchener Str. 101/39  
85737 Ismaning  
Deutschland  
Tel.: +49 89 820308 200  
Fax: +49 89 820308 299  
E-Mail: [info@zafaco.de](mailto:info@zafaco.de)  
[www.zafaco.de](http://www.zafaco.de)

## Geschäftsführende Gesellschafter:

Gründer und Geschäftsführer	Christoph Sudhues
Geschäftsführer Technik	Bernd Oliver Schöttler
Handelsregister	Amtsgericht München, HRB 174425
Umsatzsteueridentifikations-Nr.	DE 260 524 045

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>II</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>II</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Messumgebung</b>	<b>2</b>
<b>3 Messgrößen</b>	<b>4</b>
3.1 Sprachtelefonie	4
3.1.1 Sprachqualität (MOS)	5
3.1.2 Sprachlaufzeit (Speech Delay)	5
3.2 Webseitenabruf	5
3.2.1 Page Load Time	6
3.3 Videostreaming	7
3.3.1 MOS (First 20s playout)	7
3.3.2 Videoauflösung	8
3.4 Videokonferenz	8
3.4.1 Audio und Video MOS	9
<b>4 Störgrößen</b>	<b>10</b>
4.1 Webseiten	10
4.2 Videostreaming	10
4.3 Videokonferenz	11
4.4 Download, Upload, Download+Upload	11
<b>5 Messdurchführung</b>	<b>12</b>
<b>6 Messergebnisse</b>	<b>14</b>
6.1 Sprachtelefonie	14
6.1.1 MOS	14
6.1.2 Speech Delay	15
6.2 Webseitenabruf	16
6.2.1 Webseitenabruf kompakt (google.de)	17
6.2.2 Webseitenabruf datenintensiv (wetteronline.de)	19
6.3 Videostreaming	23
6.3.1 MOS (First 20s playout)	24
6.3.2 Video Height	26
6.4 Videokonferenz	28
6.4.1 MOS	28

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung der Messumgebung	2
Abbildung 2: Sprachtelefonie-Metriken einer Messung	4
Abbildung 3: Erfassung der Page Load Time	6
Abbildung 4: Messung der Videostreaming-Metriken	8
Abbildung 5: Beispiel einer innerhalb von 60 Sekunden vollständig geladenen Webseite	19
Abbildung 6: Beispiel #1 einer innerhalb von 60 Sekunden nicht vollständig geladenen Webseite	20
Abbildung 7: Beispiel #2 einer innerhalb von 60 Sekunden nicht vollständig geladenen Webseite	21

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: MOS-Bewertungsschema nach ITU-T P.800.2 (eigene Übersetzung)	5
Tabelle 2: Störgröße Webseiten sowie deren Datenvolumen in MB	10
Tabelle 3: MOS A/B (ITU-T P.863), 10/1.7 Mbit/s	14
Tabelle 4: MOS B/A (ITU-T P.863), 10/1.7 Mbit/s	15
Tabelle 5: Speech Delay A/B [ms], 10/1.7 Mbit/s	15
Tabelle 6: Speech Delay B/A [ms], 10/1.7 Mbit/s	16
Tabelle 7: Website kompakt google.de – Page Load Time [s] (10 Mbit/s Down   1,7 Mbit/s Up)	17
Tabelle 8: Website kompakt google.de – Page Load Time [s] (15 Mbit/s Down   2,4 Mbit/s Up)	17
Tabelle 9: Website kompakt google.de – Page Load Time [s] (20 Mbit/s Down   3,4 Mbit/s Up)	18
Tabelle 10: Website kompakt google.de – Page Load Time [s] (20 Mbit/s Down   5,1 Mbit/s Up)	18
Tabelle 11: Website datenintensiv wetteronline.de – Page Load Time [s] (10 Mbit/s Down   1,7 Mbit/s Up)	21
Tabelle 12: Website datenintensiv wetteronline.de – Page Load Time [s] (15 Mbit/s Down   2,4 Mbit/s Up)	22
Tabelle 13: Website datenintensiv wetteronline.de – Page Load Time [s] (20 Mbit/s Down   3,4 Mbit/s Up)	22
Tabelle 14: Website datenintensiv wetteronline.de – Page Load Time [s] (20 Mbit/s Down   5,1 Mbit/s Up)	23
Tabelle 15: Videostreaming – MOS (First 20s playout) (10 Mbit/s Down   1,7 Mbit/s Up)	24
Tabelle 16: Videostreaming – MOS (First 20s playout) (15 Mbit/s Down   2,4 Mbit/s Up)	24
Tabelle 17: Videostreaming – MOS (First 20s playout) (20 Mbit/s Down   3,4 Mbit/s Up)	25



Tabelle 18:	Videostreaming – MOS (First 20s playout) (20 Mbit/s Down   5,1 Mbit/s Up)	25
Tabelle 19:	Videostreaming – Video Height [pixel] (10 Mbit/s Down   1,7 Mbit/s Up)	26
Tabelle 20:	Videostreaming – Video Height [pixel] (15 Mbit/s Down   2,4 Mbit/s Up)	26
Tabelle 21:	Videostreaming – Video Height [pixel] (20 Mbit/s Down   3,4 Mbit/s Up)	27
Tabelle 22:	Videostreaming – Video Height [pixel] (20 Mbit/s Down   5,1 Mbit/s Up)	27
Tabelle 23:	Videokonferenz – Video-Qualität, A-Party [MOS] (10 Mbit/s Down   1,7 Mbit/s Up)	28
Tabelle 24:	Videokonferenz – Audio-Qualität, A-Party [MOS] (10 Mbit/s Down   1,7 Mbit/s Up)	29
Tabelle 25:	Videokonferenz – Video-Qualität, B-Party [MOS] (10 Mbit/s Down   1,7 Mbit/s Up)	29
Tabelle 26:	Videokonferenz – Audio-Qualität, B-Party [MOS] (10 Mbit/s Down   1,7 Mbit/s Up)	30
Tabelle 27:	Videokonferenz – Video-Qualität, A-Party [MOS] (15 Mbit/s Down   2,4 Mbit/s Up)	30
Tabelle 28:	Videokonferenz – Audio-Qualität, A-Party [MOS] (15 Mbit/s Down   2,4 Mbit/s Up)	31
Tabelle 29:	Videokonferenz – Video-Qualität, B-Party [MOS] (15 Mbit/s Down   2,4 Mbit/s Up)	31
Tabelle 30:	Videokonferenz – Audio-Qualität, B-Party [MOS] (15 Mbit/s Down   2,4 Mbit/s Up)	32
Tabelle 31:	Videokonferenz – Video-Qualität, A-Party [MOS] (20 Mbit/s Down   3,4 Mbit/s Up)	32
Tabelle 32:	Videokonferenz – Audio-Qualität, A-Party [MOS] (20 Mbit/s Down   3,4 Mbit/s Up)	33
Tabelle 33:	Videokonferenz – Video-Qualität, B-Party [MOS] (20 Mbit/s Down   3,4 Mbit/s Up)	33
Tabelle 34:	Videokonferenz – Audio-Qualität, B-Party [MOS] (20 Mbit/s Down   3,4 Mbit/s Up)	34
Tabelle 35:	Videokonferenz – Video-Qualität, A-Party [MOS] (20 Mbit/s Down   5,1 Mbit/s Up)	34
Tabelle 36:	Videokonferenz – Audio-Qualität, A-Party [MOS] (20 Mbit/s Down   5,1 Mbit/s Up)	34
Tabelle 37:	Videokonferenz – Video-Qualität, B-Party [MOS] (20 Mbit/s Down   5,1 Mbit/s Up)	35
Tabelle 38:	Videokonferenz – Audio-Qualität, B-Party [MOS] (20 Mbit/s Down   5,1 Mbit/s Up)	35



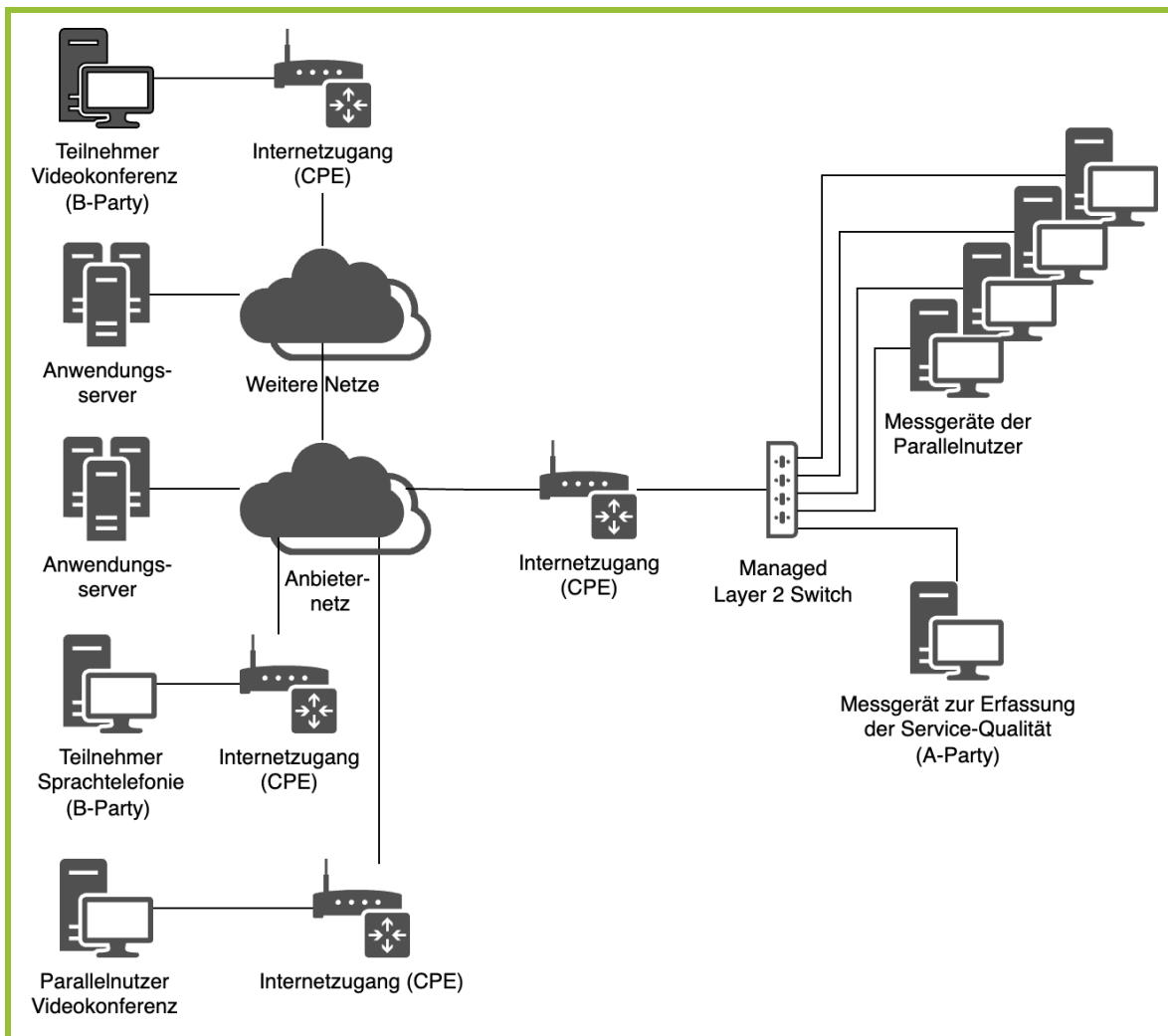
## 1 Einleitung

Das vorliegende Dokument zur technischen Beschreibung der Top-Down Messungen ergänzt das Gutachten der Mehrpersonenhaushalte sowie dessen Anhänge um eine detaillierte Beschreibung der Messumgebung, der Messgrößen, der Störgrößen sowie der Messdurchführung. Darüber hinaus stellt dieses Dokument die in Kapitel 6 und 7 des Gutachtens vorgestellten sowie diskutierten Messergebnisse der Parallelnutzungsszenarien numerisch dar. Es dient damit der Ergänzung des Gutachtens, indem es einen detaillierteren Blick auf statistische Parameter wie den Minimalwert, den Maximalwert, den Mittelwert, die Standardabweichung sowie die Stichprobenanzahl ermöglicht.

## 2 Messumgebung

Zur Durchführung der Messungen wurde im Labor der zafaco GmbH die nachfolgend beschriebene Messumgebung umgesetzt.

Abbildung 1: Darstellung der Messumgebung



Als Messanschluss wurde ein G.fast DSL-Anschluss verwendet, der exklusiv für die Messungen genutzt wurde (Siehe Verbindung CPE zum Anbieternetz auf der rechten Seite in Abbildung 1). Der auf diesem Anschluss provisionierte Tarif sah eine maximale Datenübertragungsrate von 500 Mbit/s im Download und 50 Mbit/s im Upload vor. Als Customer Premises Equipment (CPE) wurde das Modell FRITZ!Box 7583 mit Firmware 07.50 des Herstellers AVM verwendet, das neben dem Aufbau der Internetverbindung auch die für einen Endkundenanschluss typischen Funktionen und Dienste bereitstellt.

Zwischen CPE und den Messgeräten im Heimnetzwerk wurden unterschiedliche nutzbare Datenübertragungsraten durch einen Traffic-Shaper mit einem geeigneten Managed Layer 2 Switch eingestellt. Im Verlauf der Messungen wurden so die unterschiedlichen maximalen Datenübertragungsraten für die zu untersuchenden Anschlussleitungen eingestellt.

Stellvertretend für die bis zu fünf Personen eines zu untersuchenden Mehrpersonenhaushalts wurden in der Messumgebung fünf Messgeräte genutzt, die je nach Messvorgabe von einer zentralen Ablaufsteuerung orchestriert wurden (Siehe Abbildung 1 „Messgerät zur Erfassung der Service-Qualität (A-Party)“ sowie „Messgeräte der Parallelnutzer“). Als Messgeräte kommen leistungsfähige, auf diesen Einsatzzweck speziell zugeschnittene und dem Stand der Technik entsprechende Hardware und Software zum Einsatz, die ein hohes Maß an Stabilität, Performance und Reproduzierbarkeit vereinen<sup>1</sup>.

Zur Durchführung der Messungen der Sprachtelefonie sowie der Videokonferenzen wurden zwei weitere Internetanschlüsse verwendet, zu denen die Sprach- bzw. Videokonferenzverbindungen aufgebaut werden konnten (Siehe Abbildung 1 „Teilnehmer Sprachtelefonie (B-Party)“ und „Teilnehmer Videokonferenz (B-Party)“). Beide Internetanschlüsse wurden ausreichend dimensioniert, in der Anschlussgeschwindigkeit nicht eingeschränkt und exklusiv für die Messungen genutzt. Weiterhin befand sich an beiden Anschlüssen jeweils ein weiteres Messgerät zur Durchführung der Messungen Sprachtelefonie bzw. Videokonferenzen. Der Internetanschluss der Sprachtelefonie (B-Party) befand sich im selben Netz des Anbieters des Messanschlusses (OnNet-Call), wohingegen sich der Internetanschluss der Videokonferenz (B-Party) in einem Fremdnetz befand.

Abschließend wurde ein vierter Internetanschluss benötigt, der als Konferenzgastgeber den in der Parallelnutzung verwendeten Geräten eine Gegenstelle für die anzulegende Störgröße anbot. Dieser Internetanschluss befand sich im Netz des Anbieters des Messanschlusses, wurde ausreichend dimensioniert, in der Anschlussgeschwindigkeit nicht eingeschränkt und exklusiv für die Messungen genutzt.

---

<sup>1</sup> Detaillierte Informationen zu den Messsystemen und der genutzten Messplattform können dem "kyago Active Testing, Monitoring & Benchmarking Platform" Whitepaper entnommen werden <https://www.zafaco.de/whitepaper>.

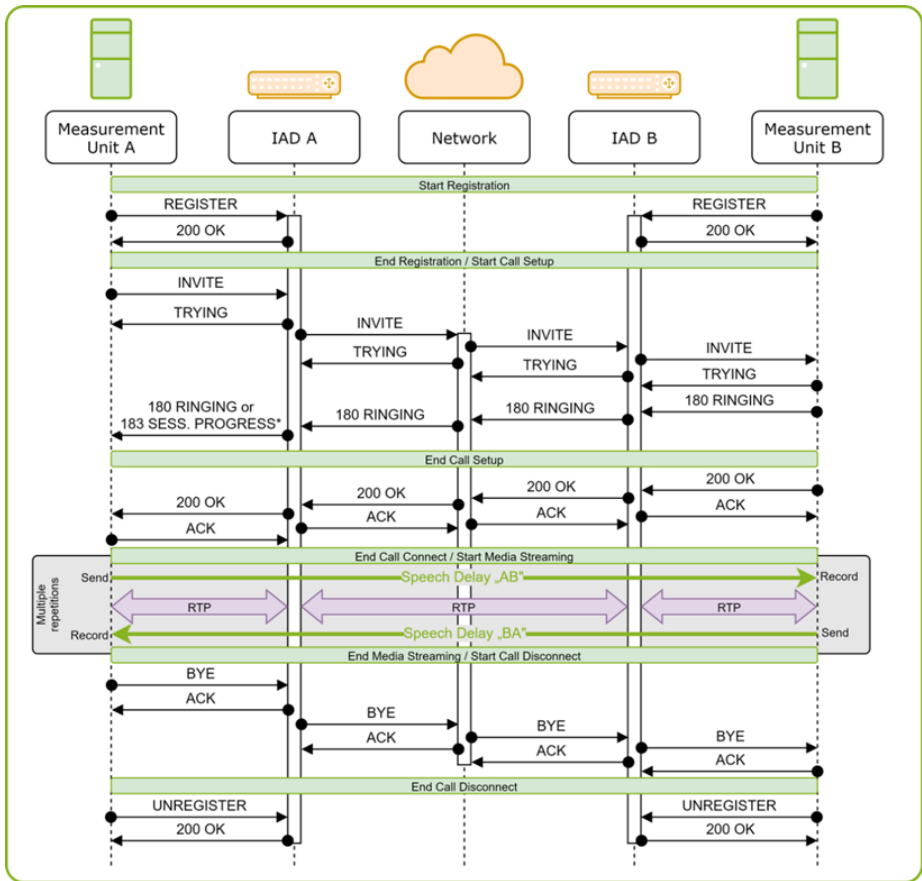
### 3 Messgrößen

Bei den Messungen der Sprachtelefonie, des Webseitenabrufs, des Videostreamings sowie der Videokonferenz wurden für die Messgrößen jeweils unterschiedliche Metriken erhoben. Dieses Kapitel erläutert die Messgrößen und Metriken im Detail.

#### 3.1 Sprachtelefonie

Für die Messung der Sprachtelefonie (siehe Abbildung 2) wurde auf den Seiten beider Teilnehmer die durch den Internetzugangsanbieter bereitgestellte NGN-Telefonie genutzt. Diese zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass sie Quality of Service (QoS)-Maßnahmen umsetzt, welche auch bei einer Belastung des Internetanschlusses durch anderweitigen Datenverkehr eine akzeptable Qualität des Telefondienstes sicherstellen sollen. Für die Bewertung eines Sprachanrufes wurde neben der Sprachqualität (MOS) auch die Sprachlaufzeit erfasst.

Abbildung 2: Sprachtelefonie-Metriken einer Messung



### 3.1.1 Sprachqualität (MOS)

Für die Erfassung der Sprachqualität in Hin- (A/B-Richtung) und Rückrichtung (B/A-Richtung) wurde jeweils auf einer Seite ein definiertes Audiosample (Standard ITU-T-Referenzsprachprobe) abgespielt, welches wiederum auf der jeweils anderen Seite aufgezeichnet wurde (siehe Abbildung 2). Nach Abschluss des Anrufes wurden die aufgezeichneten Sprachsamples mit dem unveränderten Original-Audiosample abgeglichen und bewertet, wobei die Bewertung mittels des POLQA-Bewertungsmodells (ITU-T P.863) durchgeführt wurde. Als Ergebnis der Sprachqualität wurde für beide Richtungen ein Mean Opinion Score (MOS) zwischen 1 (Bad/Mangelhaft) und 5 (Excellent/Hervorragend) errechnet (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: MOS-Bewertungsschema nach ITU-T P.800.2 (eigene Übersetzung)

MOS	Quality	Qualität
5	Excellent	Hervorragend
4	Good	Gut
3	Fair	Befriedigend
2	Poor	Schlecht
1	Bad	Mangelhaft

### 3.1.2 Sprachlaufzeit (Speech Delay)

Die Bewertung der Sprachlaufzeit basiert ebenfalls auf den zuvor vorgestellten Aufzeichnungen der ITU-T-Referenzsprachprobe mittels POLQA (ITU-T P.863). Hierbei wurde die aufgezeichnete Sprachprobe mit der Referenzsprachprobe verglichen und für jedes Sprachfragment ein Speech Delay-Wert errechnet. Aus diesen Einzelwerten wurde wiederum ein Durchschnittswert gebildet, der damit die mittlere Sprachlaufzeit der gesamten Sprachprobe in Millisekunden darstellt.

## 3.2 Webseitenabruf

Messungen des Webseitenabrufs wurden mittels des nach Marktanteil führenden Browsers „Google Chrome“ in einer aktuellen Version durchgeführt. Bei der Ermittlung der Metriken wurden wesentliche Teile der nach W3C "Navigation Timing Level 2" definierten Triggerpunkte verwendet.

Da Webseiten in ihrer Größe stark variieren können, wurde neben einer kompakten Webseite (google.de, im Mittel 0,23 MB) auch eine datenintensive Webseite (wetteronline.de, im Mittel 2,2 MB) gemessen. Es ist zu beachten, dass sich die Metriken bedingt durch Änderungen der Inhalte durch die Webseitenanbieter über die Zeit ändern können. Im

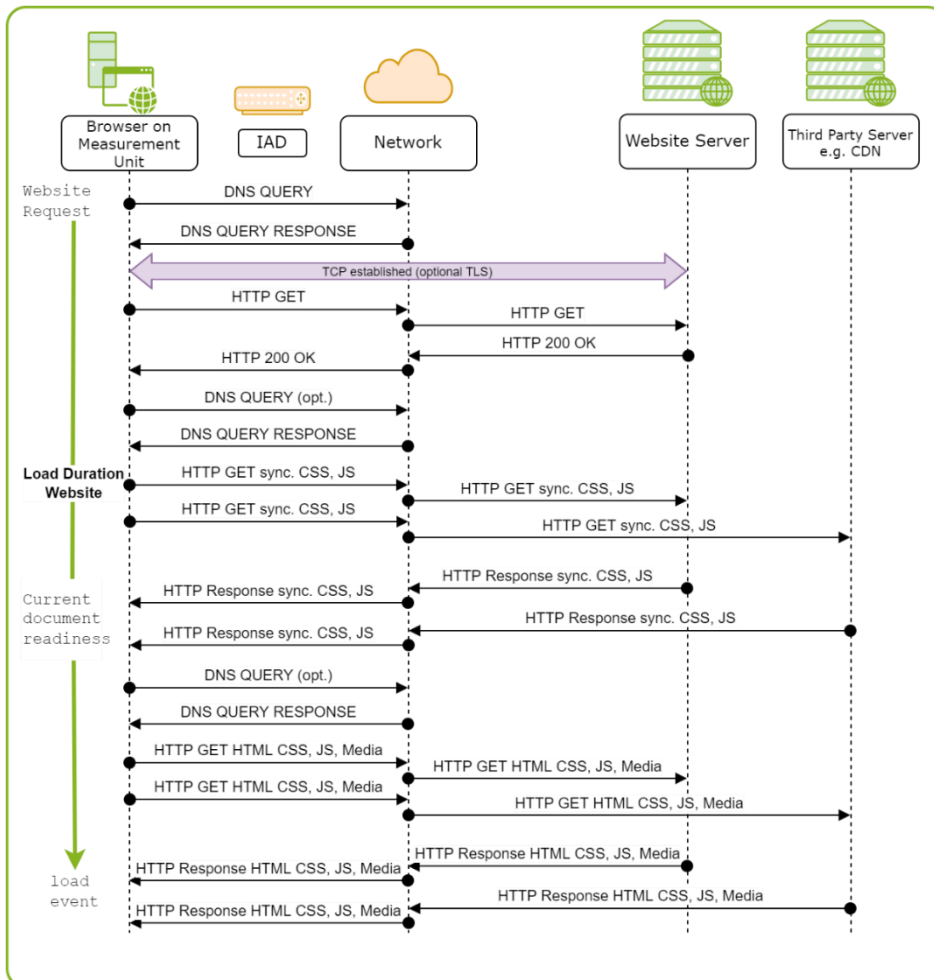
Rahmen der Messungen wurde diesem Umstand begegnet, indem sowohl über mehrere Tage eine Webseite gemessen wurde (Einflüsse von tageszeitlichem Verlauf) als auch die unterschiedlichen Datenübertragungsraten unmittelbar in Folge gemessen wurden, um den möglichen Einfluss von sich ändernden Inhalten zu minimieren.

### 3.2.1 Page Load Time

Mit dieser Metrik wurde die Dauer des Downloads der Webseite sowie die Verarbeitung aller Elemente durch den Browser gemessen. Die Page Load Time ist daher als die Zeit definiert, die auf Anwendungsebene vom Initiieren des Webseitenaufrufs im Browser bis zum Erhalten und Verarbeiten aller Elemente vergeht. Hierunter fallen neben den sequenziell aufeinanderfolgend geladenen Elementen auch alle nachgeladenen Elemente wie z. B. JavaScript-Dateien, Bilder oder Medien.

Weiterführende Kommunikationen wie z. B. eine Client-/Server-Kommunikation durch JavaScript werden nicht berücksichtigt. Der Triggerpunkt der Page Load Time ist erreicht, wenn das nach W3C definierte „load event“ erreicht wurde (siehe Abbildung 3).

Abbildung 3: Erfassung der Page Load Time





### 3.3 Videostreaming

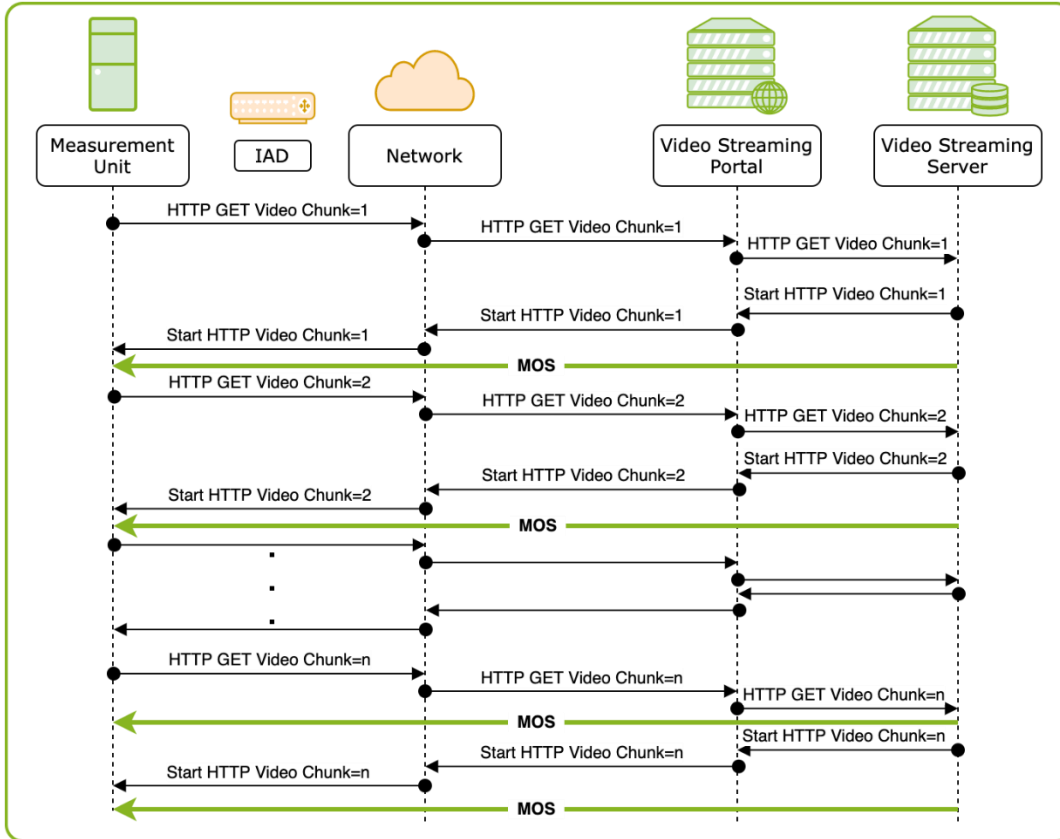
Die Messung der Videostreaming-Metriken wurde unter Verwendung des Streaming-Anbieters YouTube durchgeführt, wobei eine individuelle Einstellung zur Videoauflösung bzw. Qualität nicht vorgenommen wurde. Stattdessen erfolgten die Messungen mit der jeweiligen Auflösung, die vom YouTube-Video-Player für die aktuellen Gegebenheiten des Anschlusses am geeignetsten erachtet wurden (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (DASH), siehe Abbildung 4). Für die Bewertung wurde neben der initialen Audiovisuellen Qualität nach 20s Abspielzeit (MOS, siehe Tabelle 1) auch die Videoauflösung (Video Height) herangezogen.

#### 3.3.1 MOS (First 20s playout)

Die Betrachtung der Videoqualität innerhalb der ersten 20 Sekunden eines Videostreams wurde durch den MOS bewertet. Dieser spiegelt das Verhalten der Videoübertragung zu Beginn eines Streams wider und betrachtet somit das Verhalten des Video-Players bei der Ermittlung der adaptiven Kanalabschätzung und die Anpassung der Streaming-Qualität an die individuellen Gegebenheiten des Anschlusses (DASH).

Für die Berechnung des MOS (First 20s playout) wurde das PEVQ-S Messverfahren eingesetzt. Es erlaubt die Bewertung der Videoqualität auf einer MOS-Skala unter Berücksichtigung der subjektiven menschlichen Wahrnehmung. Für die Bewertung werden durch PEVQ-S Bitstrominformationen wie z. B. die Videoauflösung, das verwendete Videocodierverfahren oder die jeweilige Bitrate herangezogen.

Abbildung 4: Messung der Videostreaming-Metriken



### 3.3.2 Videoauflösung

Die Messungen erfolgten mit der jeweiligen Auflösung, die vom YouTube-Video-Player für die aktuellen Gegebenheiten des Anschlusses am geeignetsten erachtet wurde (DASH). Individuelle Einstellung zur Videoauflösung bzw. Qualität wurden nicht vorgenommen.

Die Metrik Videoauflösung gibt die vertikale Auflösung des Videos wieder, welche zum Ende der Abspielzeit genutzt wurde.

### 3.4 Videokonferenz

Für die Messungen des Dienstes Videokonferenz wurde die Microsoft Teams Desktopanwendung genutzt. Im Vergleich zu den zuvor genannten Metriken standen hierbei keine standardisierten QoE-Modelle zur Bewertung der Dienstqualität zur Verfügung. Bei den Qualitätsmessungen der Videokonferenzen wurde aus diesem Grund auf eine Expertenbewertung zurückgegriffen. Die Messungen wurden dabei sowohl für die A-Party als auch für die B-Party durch manuell initiierte Videokonferenzen von Testingenieuren vorgenommen und bewertet. Die A-Party repräsentierte hierbei den Nutzer, dessen Anschlussleitung durch mögliche Parallelnutzung belastet wurde. Die B-Party nutzte

im Gegensatz hierzu einen performanten Anschluss, der keinen Restriktionen oder anderweitiger Parallelnutzung ausgesetzt war. Die Bewertung der B-Party ist dadurch motiviert, dass eine Einschränkung der Anschlussleitung auf Seiten der A-Party durch die Bidirektionalität der Videokonferenz auch eine wahrgenommene Beeinträchtigung der Dienstqualität auf B-Seite zur Folge haben konnte. Hierbei spielten beide Testingenieure in allen Messungen ein identisches voraufgezeichnetes Video einer Videokonferenz mit einer Dauer von 30s ab, in dem jeweils 10s aktiv gesprochen wurde.

Die Messungen wurde verblindet durchgeführt. Der Versuchsleiter war hierbei für eine zufällige Wahl der Parallelnutzungsszenarien verantwortlich sowie für die Kommunikation mit den Testingenieuren. Die Testingenieure kommunizierten während des kompletten Versuchs nicht untereinander, um die Unabhängigkeit der Messungen sicherzustellen. Darüber hinaus stellte der Versuchsleiter die Einhaltung einer zuvor definierten Testsequenz sicher.

### 3.4.1 Audio und Video MOS

Die Experten bewerteten sowohl die generelle Funktionalität des Dienstes als auch dessen Audio- und Videoqualität. Ein definiertes Bewertungsschema bildete hierbei die ermittelte Audio- sowie Videoqualität in einer einheitlichen MOS-Skala ab (siehe Tabelle 1).

Die generelle Funktionalität des Dienstes wurde hierbei anhand der erfolgreichen Etablierung einer Videokonferenz zwischen A- und B-Seite festgehalten. Darüber hinaus musste die Videokonferenz über den gesamten Bewertungszeitraum unterbrechungsfrei bestehen. Für jede so erfolgreich etablierte und unterbrechungsfrei bestandene Videokonferenz wurden von der A sowie B-Party auf einer Skala von eins bis fünf jeweils zwei Bewertungen für die Audio- und Videoqualität vergeben. Eine Übersicht des genutzten Bewertungsschemas ist in Tabelle 1 dargestellt.

Mögliche Videoqualitätseinschränkungen, welche zu einem geringeren Video-MOS führen, konnten z. B. durch eine Verringerung der Auflösung, erkennbare Blockbildung, Rauschen oder anderweitige Kompressionsartefakte erkannt werden. Beispiele für mögliche Audioqualitätseinschränkungen, welche zu einem geringeren Audio-MOS führen, konnten z. B. durch Einschränkungen des Frequenzspektrums, Rauschen, Hall, Knacken oder anderweitige Kompressionsartefakte erkannt werden.

## 4 Störgrößen

Neben den in Kapitel 3 beschriebenen Messgrößen wurden für die Parallelnutzung insgesamt 7 verschiedene Störgrößen definiert, welche in diesem Kapitel erläutert werden.

### 4.1 Webseiten

Die dem in Kapitel 4.3 des Gutachtens sowie im Anhang 3 beschriebenen Simulationsmodell zugrundeliegenden Annahmen bildeten die Grundlage für die Störgröße Webseiten. Die Größenverteilung der im Simulationsmodell verwendeten fiktiven Webseiten wurde hierbei möglichst genau auf reale Webseiten abgebildet (siehe Tabelle 2). Grundlage für die Auswahl der Webseiten bildete die Datenbasis aus der Bottom-up-Betrachtung und den hierin zugrundeliegenden Anhang V-Diensten (siehe Gutachten Kapitel 3.1.1.1). Die nach den Anhang V-Diensten ermittelten Datenvolumen der Webseiten sind in Tabelle 2 dargestellt. Die Modellierung der Nutzeraktivität basierte dabei auf dem Zeitraum 12 bis 14 Uhr des tageszeitlichen Verlaufs des Simulationsmodells und wurde daher mit einer Wahrscheinlichkeit von 0.8 parametrisiert.

Tabelle 2: Störgröße Webseiten sowie deren Datenvolumen in MB<sup>2</sup>

Webseite	Datenvolumen in MB
<a href="https://www.google.de/">https://www.google.de/</a>	0,2
<a href="https://www.facebook.com/">https://www.facebook.com/</a>	0,4
<a href="https://www.kleinanzeigen.de/">https://www.kleinanzeigen.de/</a>	1,4
<a href="https://www.bild.de/">https://www.bild.de/</a>	2,3
<a href="https://www.youtube.com/">https://www.youtube.com/</a>	4,0
<a href="https://www.wetteronline.de/">https://www.wetteronline.de/</a>	7,5

### 4.2 Videostreaming

Die Störgröße Videostreaming gehört zu der Gruppe der zeitkontinuierlichen Dienste, die über die Dauer der Ausführung eine mittlere konstante Nutzung der Anschlussleitung verursacht. Somit erfolgte bei dieser Störgröße eine kontinuierliche parallele Nutzung der Anschlussleitung zu dem zu messenden Dienst. Für die Umsetzung der Störgröße Videostreaming wurde ein Video von der Streaming-Plattform YouTube abgerufen. Der Abruf erfolgte durch einen automatisierten Google Chrome Browser.

<sup>2</sup> Es ist zu beachten, dass sich die Datenvolumen bedingt durch die Fokussierung auf die Landingpage der jeweiligen Webseite von den in dem Gutachten ermittelten Datenvolumen unterscheiden. Darüber hinaus ergeben sich Änderungen des Datenvolumens infolge veränderter Inhalte auf der Website. Die angegebenen Werte reflektieren das Datenvolumen, welches zum Zeitpunkt der Messimplementierung ermittelt wurde.

### **4.3 Videokonferenz**

Auch die Störgröße Videokonferenz gehört zu der Gruppe der zeitkontinuierlichen Dienste, da für die Laufzeit einer Konferenz ein Audio- und Video-Stream übertragen wird. Die anfallende Datenübertragungsrate ist allerdings abhängig von der aktiven Nutzung von Audio- bzw. sich ändernden Videoinhalten. Dennoch erfolgt bei dieser Störgröße eine kontinuierliche parallele Nutzung der Anschlussleitung zu dem zu messenden Dienst.

Für die Messungen wurde eine Videokonferenz mit 2 (1 Parallelnutzer als Störgröße) bzw. 5 (4 Parallelnutzer als Störgröße) Teilnehmern durchgeführt, wobei die jeweils übertragenen Audio- und Videoinformationen aus aufgezeichneten Videos bestanden und damit identisch über alle Messungen waren.

### **4.4 Download, Upload, Download+Upload**

Die Störgrößen Download, Upload, und Download+Upload repräsentieren Worst-Case-Szenarien. Hierbei wurde über die komplette Dauer der Messung eine parallele Datenübertragung initiiert. Diese Datenübertragung erfolgte mittels TCP und versuchte somit die maximale verfügbare Kapazität der Anschlussleitung zu belegen. Als Gegenstelle für diese Störgrößen dienten Server in einem Rechenzentrum mit ausreichender Kapazität, um eine maximal mögliche Datenübertragungsrate auf der zu messenden Anschlussleitung sicherzustellen.

## 5 Messdurchführung

Aus der Kombination der in Kapitel 4 beschriebenen 6 Störgrößen (Webseiten, Videostreaming, Videokonferenz, Download, Upload, Download+Upload) sowie der 2 Parallelnutzungsszenarien (1 Parallelnutzer, 4 Parallelnutzer) ergeben sich unter Berücksichtigung einer zusätzlichen Messung ohne Störgröße insgesamt 13 Messszenarien. Für die Messungen der Messgrößen Sprachtelefonie, Webseiten sowie des Videostreamings wurden diese 13 Messszenarien mittels einer automatisierten Ablaufsteuerung durchgeführt, wobei pro Stunde alle 13 Messszenarien jeweils einer Messgröße gemessen wurden. In jedem Messszenario wurde hierbei die Störgröße stets 15s vor der Messgröße gestartet, um sicherzustellen, dass sich die Störgröße in einem Sättigungszustand befand, sobald die Messung der Messgröße startete. Die 13 Messszenarien wurden dabei stets in folgender Reihenfolge durchgeführt, wobei die Zahl der Anzahl der Parallelnutzer entspricht: Ohne Störgröße, 1 Download, 4 Downloads, 1 Upload, 4 Uploads, 1 Download+Upload, 4 Downloads+Uploads, 1 Webseite, 4 Webseiten, 1 Videostreaming, 4 Videostreaming, 1 Videokonferenz, 4 Videokonferenzen.

Im Rahmen dieser automatisiert durchgeführten Messungen kann es vorkommen, dass Messungen nicht erfolgreich durchgeführt werden. Die Gründe für eine nicht erfolgreiche Messdurchführung sind hierbei vielfältig und werden in aller Regel durch die Messanwendung selbständig detektiert, die wiederum als Folge die Messung als nicht valide klassifiziert.

Zur Minimierung von systembedingten Einschränkungen bei den durchgeführten Messungen wurde aus diesem Grund vor einem Start einer Messreihe eine Qualitätssicherung der Ablaufsteuerung und der genutzten Messeinheiten vorgenommen. Im Rahmen der Durchführung ist es in einzelnen Fällen zu einem Auftreten von systembedingt nicht erfolgreichen Messungen gekommen; hieraus resultieren zum Teil geringe Unterschiede in der Sampleanzahl.

Die Messungen erfolgten sequenziell und kontinuierlich über mehrere Tage für alle weiter unten aufgeführten Anschlussgeschwindigkeiten. So wurde zuerst die Messgröße Sprachtelefonie<sup>3</sup> gemessen, gefolgt von den Messgrößen Webseiten und Videostreaming.

- 10 Mbit/s Download und 1,7 Mbit/s Upload,
- 15 Mbit/s Download und 2,4 Mbit/s Upload,
- 20 Mbit/s Download und 3,4 Mbit/s Upload,
- 20 Mbit/s Download und 5,1 Mbit/s Upload.

Neben diesen mittels der automatisierten Ablaufsteuerung durchgeführten Messungen wurden die Messungen der Messgröße Videokonferenz mittels einer Expertenbewertung durchgeführt und durch einen Versuchsleiter moderiert (siehe Kapitel 3).

---

<sup>3</sup> Bei der Messgröße Sprachtelefonie wurden nur die Anschlussgeschwindigkeiten 10 Mbit/s Download und 1,7 Mbit/s Upload gemessen.

Die Messreihenfolge der Anschlussgeschwindigkeiten wurde hierbei wie oben beschrieben weiterhin eingehalten. Die Messungen wurde verblindet durchgeführt, wobei der Versuchsleiter für eine zufällige Wahl der Messszenarien verantwortlich war. Die Testingenieure kommunizierten während des kompletten Versuchs nicht untereinander, um die Unabhängigkeit der Messungen sicherzustellen. Darüber hinaus stellte der Versuchsleiter die Einhaltung einer zuvor definierten Testsequenz sicher. In jedem Messszenario wurde die Störgröße wiederum stets 15s vor der Messgröße gestartet, um sicherzustellen, dass sich die Störgröße in einem Sättigungszustand befand, sobald die definierte Testsequenz startete. Die Messungen der Videokonferenz wurden dabei maximal 2 Stunden ununterbrochen, und maximal 4 Stunden pro Tag, durchgeführt, um möglichen Ermüdungseffekten der Testingenieure entgegenzuwirken.

## 6 Messergebnisse

In diesem Kapitel werden die in Kapitel 6.2 des Gutachtens vorgestellten sowie diskutierten Messergebnisse der Parallelnutzungsszenarien in tabellarischer Form dargestellt. Sie dienen damit der Ergänzung des Gutachtens und ermöglichen einen detaillierteren Blick auf die Messergebnisse.

### 6.1 Sprachtelefonie

Dieses Unterkapitel enthält die Messergebnisse in tabellarischer Form des Dienstes Sprachtelefonie, welche im Gutachten in Kapitel 6.2.1 vorgestellt sowie diskutiert wurden. Während das Gutachten sich auf die Diskussion der Messergebnisse für die A/B-Richtung beschränkt, präsentieren wir hier zusätzlich die Metriken Speech Delay sowie MOS für die B/A-Richtung.

#### 6.1.1 MOS

Tabelle 3: MOS A/B (ITU-T P.863), 10/1.7 Mbit/s

Störgröße					
MOS A/ B (10 Mbit/ s Down   1,7 Mbit/ s Up)					
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	4,14	4,47	4,56	0,07	152
Download 1	3,86	4,46	4,57	0,10	152
Download 4	2,84	4,44	4,55	0,18	152
Download und Upload 1	3,45	4,47	4,56	0,09	150
Download und Upload 4	3,61	4,47	4,56	0,10	152
Upload 1	2,61	4,44	4,54	0,21	151
Upload 4	3,98	4,46	4,56	0,09	149
Videokonferenz 1	3,07	4,44	4,56	0,18	149
Videokonferenz 4	3,62	4,45	4,56	0,13	150
Videostreaming 1	3,71	4,45	4,56	0,11	152
Videostreaming 4	3,94	4,47	4,54	0,06	150
Website 1	3,42	4,44	4,57	0,15	150
Website 4	3,25	4,45	4,54	0,14	150



**Tabelle 4: MOS B/A (ITU-T P.863), 10/1.7 Mbit/s**

Störgröße					
MOS B/ A (10 Mbit/ s Down   1,7 Mbit/ s Up)					
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	3,62	4,47	4,57	0,10	152
Download 1	3,21	4,44	4,56	0,18	152
Download 4	3,40	4,45	4,54	0,16	152
Download und Upload 1	3,53	4,45	4,54	0,14	150
Download und Upload 4	3,42	4,44	4,54	0,17	152
Upload 1	3,47	4,44	4,57	0,18	151
Upload 4	3,21	4,45	4,54	0,16	149
Videokonferenz 1	3,18	4,45	4,55	0,15	149
Videokonferenz 4	3,65	4,45	4,55	0,14	150
Videostreaming 1	3,18	4,44	4,54	0,15	152
Videostreaming 4	3,08	4,46	4,56	0,14	150
Website 1	3,52	4,44	4,56	0,17	150
Website 4	3,14	4,43	4,54	0,19	150

### 6.1.2 Speech Delay

**Tabelle 5: Speech Delay A/B [ms], 10/1.7 Mbit/s**

Störgröße					
Speech Delay A/ B (10 Mbit/ s Down   1,7 Mbit/ s Up)					
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	75	85	99	4	152
Download 1	76	85	98	4	152
Download 4	74	85	95	4	152
Download und Upload 1	74	85	95	4	150
Download und Upload 4	75	85	104	4	152
Upload 1	73	85	96	4	151
Upload 4	72	84	95	4	149
Videokonferenz 1	73	84	98	4	149
Videokonferenz 4	75	86	115	5	150
Videostreaming 1	72	85	98	4	152
Videostreaming 4	75	86	97	4	150
Website 1	75	85	94	4	150
Website 4	74	86	94	4	150

Tabelle 6: Speech Delay B/A [ms], 10/1.7 Mbit/s

Störgröße					
Speech Delay B/ A (10 Mbit/ s Down   1,7 Mbit/ s Up)					
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	70	80	93	5	152
Download 1	69	79	95	5	152
Download 4	67	80	102	5	152
Download und Upload 1	70	81	102	5	150
Download und Upload 4	69	80	90	5	152
Upload 1	67	80	96	5	151
Upload 4	71	80	98	4	149
Videokonferenz 1	70	80	100	5	149
Videokonferenz 4	68	79	107	5	150
Videostreaming 1	71	80	105	5	152
Videostreaming 4	71	80	91	4	150
Website 1	69	80	93	5	150
Website 4	69	80	99	5	150

## 6.2 Webseitenabruf

Dieses Unterkapitel enthält die Messergebnisse in tabellarischer Form des Dienstes Webseitenabruf, welche im Gutachten in Kapitel 6.2.2 vorgestellt sowie diskutiert wurden.

### 6.2.1 Webseitenabruf kompakt (google.de)

**Tabelle 7: Website kompakt google.de – Page Load Time [s] (10 Mbit/s Down | 1,7 Mbit/s Up)**

Störgröße					
Page Load Time google.de (10 Mbit/ s Down   1,7 Mbit/ s Up)					
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	0,44	0,52	0,77	0,05	142
Download 1	0,98	2,20	7,05	1,50	142
Download 4	1,04	2,77	15,59	2,12	142
Download und Upload 1	11,98	20,25	33,70	4,05	141
Download und Upload 4	12,19	22,29	39,12	4,16	139
Upload 1	17,77	20,75	31,17	2,78	142
Upload 4	17,97	23,22	36,90	3,96	142
Videokonferenz 1	0,45	0,51	1,10	0,06	142
Videokonferenz 4	0,45	0,69	5,50	0,54	142
Videostreaming 1	0,45	0,53	0,75	0,06	142
Videostreaming 4	0,47	1,04	2,23	0,34	142
Website 1	0,43	0,61	5,46	0,50	142
Website 4	0,44	1,00	7,54	1,19	142

**Tabelle 8: Website kompakt google.de – Page Load Time [s] (15 Mbit/s Down | 2,4 Mbit/s Up)**

Störgröße					
Page Load Time google.de (15 Mbit/ s Down   2,4 Mbit/ s Up)					
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	0,44	0,50	0,68	0,04	108
Download 1	0,82	1,47	3,46	0,41	108
Download 4	0,84	1,45	2,44	0,39	108
Download und Upload 1	8,59	13,67	31,26	3,92	108
Download und Upload 4	9,22	15,08	33,57	4,92	108
Upload 1	12,91	15,17	25,66	2,45	108
Upload 4	13,26	16,55	28,07	3,04	107
Videokonferenz 1	0,43	0,56	7,85	0,71	108
Videokonferenz 4	0,44	0,60	5,66	0,51	108
Videostreaming 1	0,43	0,52	2,01	0,17	108
Videostreaming 4	0,44	0,61	1,10	0,13	108
Website 1	0,42	0,50	1,14	0,10	108
Website 4	0,41	0,58	2,35	0,27	108

**Tabelle 9: Website kompakt google.de – Page Load Time [s] (20 Mbit/s Down | 3,4 Mbit/s Up)**

Störgröße	Page Load Time google.de (20 Mbit/ s Down   3,4 Mbit/ s Up)				
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	0,44	0,54	2,21	0,17	120
Download 1	0,74	1,73	6,54	1,46	120
Download 4	0,73	1,89	6,74	1,69	120
Download und Upload 1	5,14	8,70	20,92	2,32	120
Download und Upload 4	6,37	9,99	28,08	4,09	120
Upload 1	8,93	9,87	17,94	1,26	120
Upload 4	8,57	10,43	25,37	2,09	120
Videokonferenz 1	0,43	0,52	1,98	0,15	120
Videokonferenz 4	0,45	0,55	5,52	0,46	120
Videostreaming 1	0,42	0,52	1,08	0,08	120
Videostreaming 4	0,44	0,57	1,42	0,15	120
Website 1	0,44	0,51	0,75	0,05	120
Website 4	0,42	0,55	3,20	0,27	120

**Tabelle 10: Website kompakt google.de – Page Load Time [s] (20 Mbit/s Down | 5,1 Mbit/s Up)**

Störgröße	Page Load Time google.de (20 Mbit/ s Down   5,1 Mbit/ s Up)				
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	0,46	0,66	3,22	0,49	56
Download 1	0,48	1,27	6,37	0,79	56
Download 4	0,48	1,90	6,58	1,85	56
Download und Upload 1	0,48	5,19	11,19	2,58	55
Download und Upload 4	0,48	4,88	19,08	3,52	56
Upload 1	0,46	5,51	6,91	1,93	56
Upload 4	0,50	6,21	19,09	3,30	56
Videokonferenz 1	0,44	0,61	5,76	0,71	56
Videokonferenz 4	0,44	0,50	0,62	0,04	56
Videostreaming 1	0,45	0,58	2,34	0,30	56
Videostreaming 4	0,45	0,66	5,56	0,69	56
Website 1	0,44	0,51	0,74	0,06	56
Website 4	0,43	0,62	5,52	0,68	56

## 6.2.2 Webseitenabruf datenintensiv (wetteronline.de)

In den nachfolgend dargestellten Tabellen ist ersichtlich, dass die Sampleanzahl bei den Parallelnutzungsszenarien "Download und Upload" sowie "Upload" deutlich reduziert ist. Hintergrund der reduzierten Anzahl von ausgewerteten Messungen ist eine systembedingte Terminierung von Messungen mit einer Messdauer über 60 Sekunden.

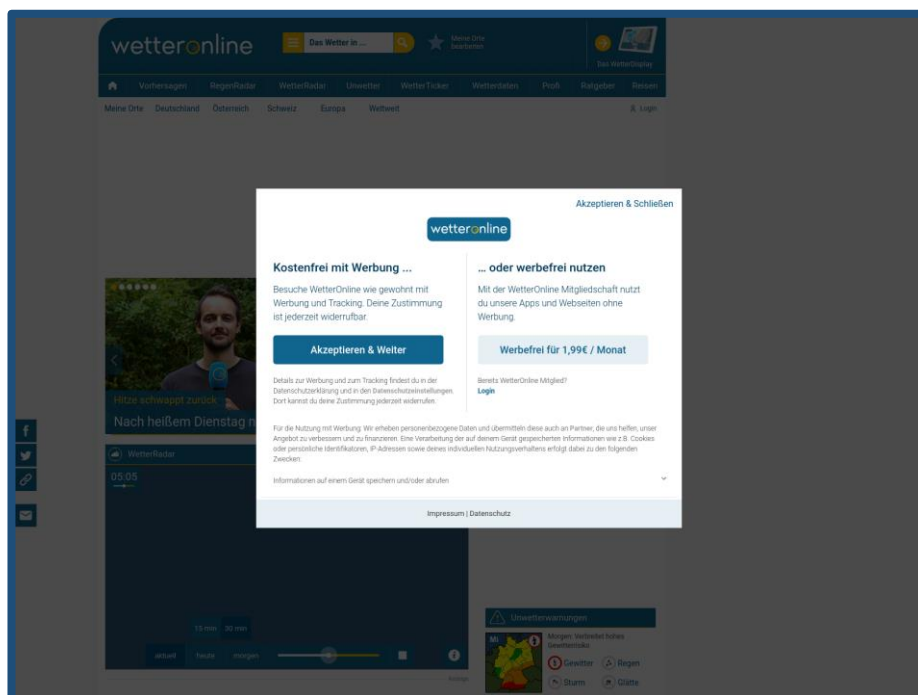
Messungen, die nicht innerhalb dieser definierten Zeit abgeschlossen werden konnten, wurden nicht ausgewertet, da die benötigten Messpunkte (Page Load Time) nicht ermittelt werden konnten.

In einer Nachbetrachtung wurden die nicht in der definierten Zeit erfolgreich erfassten Messungen betrachtet. Bei dieser Auswertung wurde festgestellt, dass zum Zeitpunkt des Messabbruchs in der weit überwiegenden Mehrheit die Webseite für einen Nutzer in Teilen geladen wurde, die Darstellung dieser jedoch noch nicht vollständig war. Bei der Auswertung schätzten wir diese Messungen somit als funktional ein, können sie aber in der zeitlichen Betrachtung nicht berücksichtigen. Hieraus resultiert eine Bestimmung der Page Load Time mit einer reduzierten Anzahl von Messungen und einer Obergrenze von 60 Sekunden.

Für eine Einordnung der sich ergebenden Darstellungen zum Zeitpunkt von 60 Sekunden in den Szenarien mit parallelem "Download und Upload" sowie "Upload" dienen nachfolgende Beispiele:

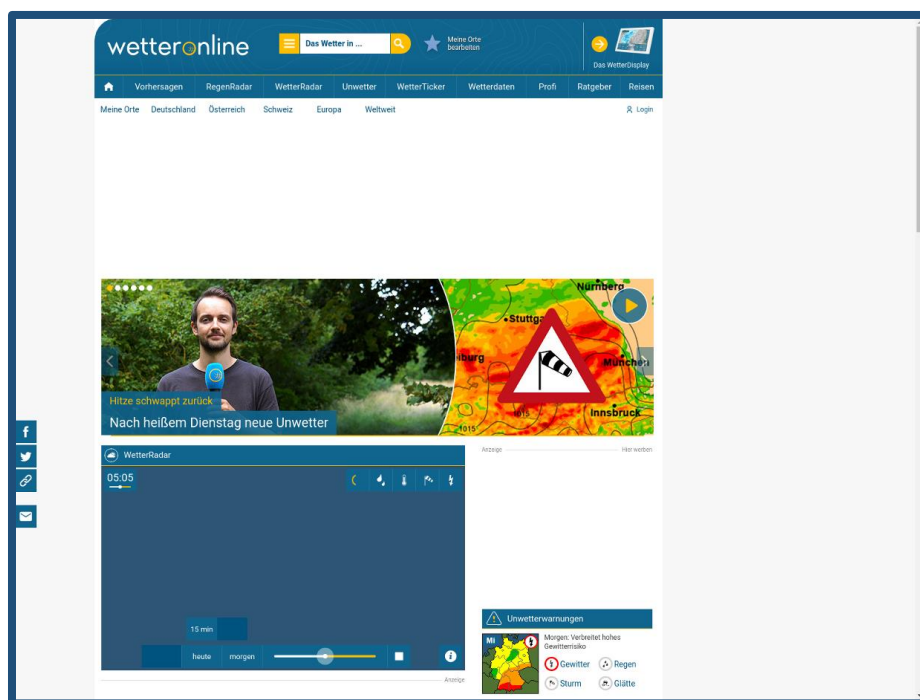
Die erste Abbildung zeigt eine innerhalb von 60 Sekunden vollständig geladene Webseite.

Abbildung 5: Beispiel einer innerhalb von 60 Sekunden vollständig geladenen Webseite



Im nächsten Beispiel ist zu sehen, dass die Webseite für den Nutzer augenscheinlich vollständig geladen wurde. Das Laden und die Ausführung von nötigen Scripten konnte zu diesem Zeitpunkt aber noch nicht abgeschlossen werden, weshalb der sonst erscheinende Cookie-Banner (DSGVO-Einwilligungsdialog) noch nicht dargestellt wurde.

Abbildung 6: Beispiel #1 einer innerhalb von 60 Sekunden nicht vollständig geladenen Webseite



In einem weiteren Beispiel ist zu sehen, dass die Seite innerhalb von 60 Sekunden in seltenen Fällen auch in größeren Teilen nicht vollständig geladen werden konnte. In diesem Fall konnten in der definierten Zeit nur die Grundstruktur der Webseite und der Kopfbereich geladen werden. Der Seiten-Körper und Scripte fehlten noch.

Abbildung 7: Beispiel #2 einer innerhalb von 60 Sekunden nicht vollständig geladen Webseite

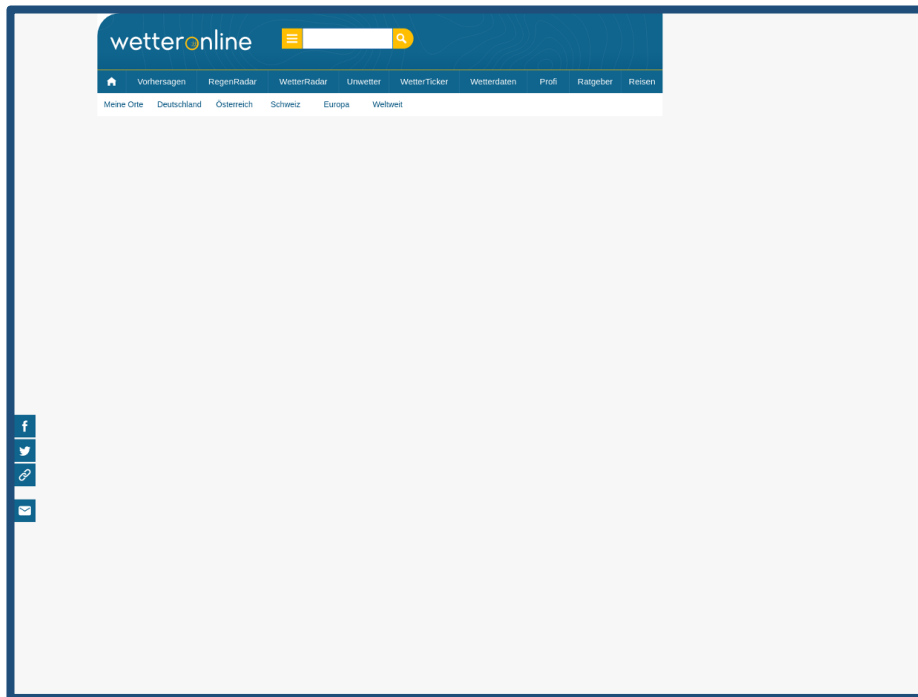


Tabelle 11: Website datenintensiv wetteronline.de – Page Load Time [s] (10 Mbit/s Down | 1,7 Mbit/s Up)

Störgröße	Page Load Time wetteronline.de (10 Mbit/ s Down   1,7 Mbit/ s Up)				
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	2,27	2,57	3,43	0,22	172
Download 1	4,65	6,59	44,94	3,40	172
Download 4	4,92	7,20	50,47	3,71	170
Download und Upload 1	40,74	50,79	59,62	5,50	35
Download und Upload 4	45,64	53,54	59,95	3,85	36
Upload 1	44,03	52,73	59,45	4,85	54
Upload 4	44,94	53,42	59,71	4,71	45
Videokonferenz 1	2,36	3,51	31,66	2,29	172
Videokonferenz 4	2,41	4,51	20,70	2,29	172
Videostreaming 1	2,26	2,81	5,16	0,54	172
Videostreaming 4	2,31	5,28	12,29	1,77	172
Website 1	2,28	2,70	5,07	0,45	171
Website 4	2,27	3,87	9,65	1,63	172

**Tabelle 12: Website datenintensiv wetteronline.de – Page Load Time [s]  
(15 Mbit/s Down | 2,4 Mbit/s Up)**

Störgröße	Page Load Time wetteronline.de (15 Mbit/ s Down   2,4 Mbit/ s Up)				
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	1,55	1,77	2,45	0,17	138
Download 1	3,19	4,57	8,80	1,50	138
Download 4	3,39	4,87	20,71	1,97	138
Download und Upload 1	16,90	47,52	59,59	13,29	17
Download und Upload 4	17,98	47,89	59,65	12,55	16
Upload 1	40,30	51,06	57,39	4,15	21
Upload 4	37,90	48,30	57,36	6,19	24
Videokonferenz 1	1,52	2,00	2,87	0,25	138
Videokonferenz 4	1,70	2,40	7,23	0,84	138
Videostreaming 1	1,56	1,86	2,71	0,23	138
Videostreaming 4	1,60	2,40	4,37	0,52	138
Website 1	1,53	1,92	6,89	0,53	138
Website 4	1,55	2,28	4,84	0,73	138

**Tabelle 13: Website datenintensiv wetteronline.de – Page Load Time [s]  
(20 Mbit/s Down | 3,4 Mbit/s Up)**

Störgröße	Page Load Time wetteronline.de (20 Mbit/ s Down   3,4 Mbit/ s Up)				
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	1,24	1,49	1,88	0,13	112
Download 1	2,51	3,82	7,84	1,66	112
Download 4	2,66	4,71	54,15	5,18	112
Download und Upload 1	11,97	42,69	59,93	16,74	23
Download und Upload 4	40,04	48,87	56,64	5,53	16
Upload 1	37,47	44,72	56,85	5,95	13
Upload 4	17,58	45,66	57,27	10,51	15
Videokonferenz 1	1,32	1,60	6,37	0,47	112
Videokonferenz 4	1,32	1,75	5,68	0,47	112
Videostreaming 1	1,26	1,60	6,10	0,48	112
Videostreaming 4	1,31	2,16	6,79	1,06	112
Website 1	1,26	1,51	2,15	0,17	112
Website 4	1,26	1,83	6,40	0,81	112



**Tabelle 14: Website datenintensiv wetteronline.de – Page Load Time [s]  
(20 Mbit/s Down | 5,1 Mbit/s Up)**

Störgröße					
Page Load Time wetteronline.de (20 Mbit/ s Down   5,1 Mbit/ s Up)					
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	1,21	1,46	2,28	0,15	124
Download 1	2,31	4,11	7,95	1,99	124
Download 4	2,68	3,93	8,42	1,69	124
Download und Upload 1	5,39	11,11	50,43	8,91	57
Download und Upload 4	5,39	11,35	53,91	10,02	56
Upload 1	9,18	24,64	52,71	16,97	21
Upload 4	11,03	35,12	59,24	18,72	30
Videokonferenz 1	1,24	1,60	6,09	0,52	124
Videokonferenz 4	1,29	1,70	6,44	0,60	124
Videostreaming 1	1,22	1,53	2,47	0,19	124
Videostreaming 4	1,24	1,73	3,78	0,46	124
Website 1	1,18	1,50	2,52	0,21	124
Website 4	1,23	1,73	6,24	0,60	124

### 6.3 Videostreaming

Dieses Unterkapitel enthält die Messergebnisse in tabellarischer Form des Dienstes Videostreaming, welche im Gutachten in Kapitel 6.2.3 vorgestellt sowie diskutiert wurden. Während das Gutachten sich auf die Diskussion der Messergebnisse des MOS beschränkt, präsentieren wir hier zusätzlich die Metrik Video Height.

### 6.3.1 MOS (First 20s payout)

Tabelle 15: Videostreaming – MOS (First 20s payout) (10 Mbit/s Down | 1,7 Mbit/s Up)

Störgröße	MOS - First 20s payout (10 Mbit/ s Down   1,7 Mbit/ s Up)				
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	4,43	4,43	4,43	0,00	126
Download 1	4,11	4,33	4,43	0,07	125
Download 4	4,11	4,32	4,50	0,07	125
Download und Upload 1	2,11	3,58	4,43	0,73	119
Download und Upload 4	1,96	3,37	4,36	0,80	112
Upload 1	1,94	3,30	4,31	0,77	125
Upload 4	1,38	3,16	4,36	0,74	121
Videokonferenz 1	4,31	4,41	4,43	0,04	125
Videokonferenz 4	4,11	4,37	4,43	0,06	126
Videostreaming 1	4,31	4,42	4,43	0,03	126
Videostreaming 4	3,54	4,33	4,43	0,09	126
Website 1	4,31	4,42	4,43	0,03	126
Website 4	3,66	4,40	4,43	0,08	125

Tabelle 16: Videostreaming – MOS (First 20s payout) (15 Mbit/s Down | 2,4 Mbit/s Up)

Störgröße	MOS - First 20s payout (15 Mbit/ s Down   2,4 Mbit/ s Up)				
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	4,43	4,43	4,43	0,00	106
Download 1	4,31	4,38	4,43	0,05	106
Download 4	4,31	4,36	4,43	0,05	104
Download und Upload 1	2,11	4,03	4,43	0,54	102
Download und Upload 4	2,11	3,90	4,36	0,46	96
Upload 1	2,11	4,04	4,43	0,51	104
Upload 4	2,11	3,96	4,43	0,50	102
Videokonferenz 1	4,34	4,43	4,43	0,01	105
Videokonferenz 4	4,11	4,43	4,43	0,04	105
Videostreaming 1	4,34	4,43	4,43	0,01	106
Videostreaming 4	4,31	4,43	4,43	0,02	106
Website 1	4,31	4,43	4,43	0,01	106
Website 4	4,31	4,43	4,43	0,02	105

**Tabelle 17: Videostreaming – MOS (First 20s payout) (20 Mbit/s Down | 3,4 Mbit/s Up)**

Störgröße	MOS - First 20s payout (20 Mbit/ s Down   3,4 Mbit/ s Up)				
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	4,43	4,43	4,43	0,00	130
Download 1	4,31	4,42	4,43	0,03	131
Download 4	4,31	4,39	4,43	0,05	131
Download und Upload 1	3,66	4,27	4,43	0,14	130
Download und Upload 4	2,11	4,21	4,56	0,25	129
Upload 1	2,11	4,25	4,31	0,23	131
Upload 4	2,11	4,20	4,36	0,28	129
Videokonferenz 1	4,43	4,43	4,43	0,00	131
Videokonferenz 4	4,39	4,43	4,43	0,00	132
Videostreaming 1	4,43	4,43	4,43	0,00	132
Videostreaming 4	3,74	4,42	4,43	0,06	132
Website 1	4,34	4,43	4,43	0,01	132
Website 4	4,31	4,43	4,43	0,02	132

**Tabelle 18: Videostreaming – MOS (First 20s payout) (20 Mbit/s Down | 5,1 Mbit/s Up)**

Störgröße	MOS - First 20s payout (20 Mbit/ s Down   5,1 Mbit/ s Up)				
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	4,43	4,43	4,43	0,00	118
Download 1	4,31	4,41	4,43	0,04	119
Download 4	4,31	4,40	4,43	0,05	119
Download und Upload 1	4,11	4,34	4,43	0,07	117
Download und Upload 4	3,79	4,35	4,43	0,09	120
Upload 1	4,04	4,34	4,43	0,06	120
Upload 4	4,11	4,34	4,43	0,06	118
Videokonferenz 1	4,36	4,43	4,43	0,01	119
Videokonferenz 4	4,36	4,43	4,43	0,01	116
Videostreaming 1	4,34	4,43	4,43	0,01	120
Videostreaming 4	4,34	4,43	4,43	0,01	119
Website 1	4,26	4,43	4,43	0,02	120
Website 4	4,20	4,43	4,43	0,03	120

## 6.3.2 Video Height

Tabelle 19: Videostreaming – Video Height [pixel] (10 Mbit/s Down | 1,7 Mbit/s Up)

Störgröße	Video Height (10 Mbit/ s Down   1,7 Mbit/ s Up)				
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	4,43	4,43	4,43	0,00	126
Download 1	4,11	4,33	4,43	0,07	125
Download 4	4,11	4,32	4,50	0,07	125
Download und Upload 1	2,11	3,58	4,43	0,73	119
Download und Upload 4	1,96	3,37	4,36	0,80	112
Upload 1	1,94	3,30	4,31	0,77	125
Upload 4	1,38	3,16	4,36	0,74	121
Videokonferenz 1	4,31	4,41	4,43	0,04	125
Videokonferenz 4	4,11	4,37	4,43	0,06	126
Videostreaming 1	4,31	4,42	4,43	0,03	126
Videostreaming 4	3,54	4,33	4,43	0,09	126
Website 1	4,31	4,42	4,43	0,03	126
Website 4	3,66	4,40	4,43	0,08	125

Tabelle 20: Videostreaming – Video Height [pixel] (15 Mbit/s Down | 2,4 Mbit/s Up)

Störgröße	Video Height (15 Mbit/ s Down   2,4 Mbit/ s Up)				
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	4,43	4,43	4,43	0,00	106
Download 1	4,31	4,38	4,43	0,05	106
Download 4	4,31	4,36	4,43	0,05	104
Download und Upload 1	2,11	4,03	4,43	0,54	102
Download und Upload 4	2,11	3,90	4,36	0,46	96
Upload 1	2,11	4,04	4,43	0,51	104
Upload 4	2,11	3,96	4,43	0,50	102
Videokonferenz 1	4,34	4,43	4,43	0,01	105
Videokonferenz 4	4,11	4,43	4,43	0,04	105
Videostreaming 1	4,34	4,43	4,43	0,01	106
Videostreaming 4	4,31	4,43	4,43	0,02	106
Website 1	4,31	4,43	4,43	0,01	106
Website 4	4,31	4,43	4,43	0,02	105

**Tabelle 21: Videostreaming – Video Height [pixel] (20 Mbit/s Down | 3,4 Mbit/s Up)**

Störgröße	Video Height (20 Mbit/ s Down   3,4 Mbit/ s Up)				
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	4,43	4,43	4,43	0,00	130
Download 1	4,31	4,42	4,43	0,03	131
Download 4	4,31	4,39	4,43	0,05	131
Download und Upload 1	3,66	4,27	4,43	0,14	130
Download und Upload 4	2,11	4,21	4,56	0,25	129
Upload 1	2,11	4,25	4,31	0,23	131
Upload 4	2,11	4,20	4,36	0,28	129
Videokonferenz 1	4,43	4,43	4,43	0,00	131
Videokonferenz 4	4,39	4,43	4,43	0,00	132
Videostreaming 1	4,43	4,43	4,43	0,00	132
Videostreaming 4	3,74	4,42	4,43	0,06	132
Website 1	4,34	4,43	4,43	0,01	132
Website 4	4,31	4,43	4,43	0,02	132

**Tabelle 22: Videostreaming – Video Height [pixel] (20 Mbit/s Down | 5,1 Mbit/s Up)**

Störgröße	Video Height (20 Mbit/ s Down   5,1 Mbit/ s Up)				
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	4,43	4,43	4,43	0,00	118
Download 1	4,31	4,41	4,43	0,04	119
Download 4	4,31	4,40	4,43	0,05	119
Download und Upload 1	4,11	4,34	4,43	0,07	117
Download und Upload 4	3,79	4,35	4,43	0,09	120
Upload 1	4,04	4,34	4,43	0,06	120
Upload 4	4,11	4,34	4,43	0,06	118
Videokonferenz 1	4,36	4,43	4,43	0,01	119
Videokonferenz 4	4,36	4,43	4,43	0,01	116
Videostreaming 1	4,34	4,43	4,43	0,01	120
Videostreaming 4	4,34	4,43	4,43	0,01	119
Website 1	4,26	4,43	4,43	0,02	120
Website 4	4,20	4,43	4,43	0,03	120

## 6.4 Videokonferenz

Dieses Unterkapitel enthält die Messergebnisse in tabellarischer Form des Dienstes Videokonferenz, welche im Gutachten in Kapitel 6.2.4 vorgestellt sowie diskutiert wurden.

Bei der Betrachtung der Messergebnisse ist zu beachten, dass die Messungen als Expertenbewertungen durch Probanden in Messreihen durchgeführt wurden. Hierdurch resultiert eine deutlich geringere Anzahl von Messdurchläufen, da eine Messreihe mit Probanden um ein Vielfaches zeitaufwändiger im Vergleich zu automatisierten Messungen ist.

Durch diese Art der Erhebung wurden für den Dienst Videokonferenz die Bewertungen als ganzzahlige MOS-Angaben vorgenommen. Hieraus resultieren daher ebenfalls ganzzahlige minimale wie maximale Werte in der nachfolgenden Darstellung.

### 6.4.1 MOS

Tabelle 23: Videokonferenz – Video-Qualität, A-Party [MOS] (10 Mbit/s Down | 1,7 Mbit/s Up)

Störgröße	Video-Qualität, A-Party (10 Mbit/ s Down   1,7 Mbit/ s Up)				
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Download 1	4,00	4,20	5,00	0,40	6
Download 4	4,00	4,33	5,00	0,47	6
Download und Upload 1	4,00	4,17	5,00	0,37	6
Download und Upload 4	2,00	4,00	5,00	1,15	6
Upload 1	4,00	4,33	5,00	0,47	6
Upload 4	4,00	4,33	5,00	0,47	6
Videokonferenz 1	4,00	4,33	5,00	0,47	6
Videokonferenz 4	4,00	4,67	5,00	0,47	6
Videostreaming 1	4,00	4,50	5,00	0,50	6
Videostreaming 4	4,00	4,67	5,00	0,47	6
Website 1	4,00	4,50	5,00	0,50	6
Website 4	2,00	3,67	5,00	0,94	6

**Tabelle 24: Videokonferenz – Audio-Qualität, A-Party [MOS] (10 Mbit/s Down | 1,7 Mbit/s Up)**

Störgröße	Audio-Qualität, A-Party (10 Mbit/ s Down   1,7 Mbit/ s Up)				
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	4,00	4,50	5,00	0,50	6
Download 1	4,00	4,80	5,00	0,40	6
Download 4	4,00	4,33	5,00	0,47	6
Download und Upload 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Download und Upload 4	2,00	3,50	5,00	1,12	6
Upload 1	4,00	4,83	5,00	0,37	6
Upload 4	4,00	4,67	5,00	0,47	6
Videokonferenz 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Videokonferenz 4	3,00	4,50	5,00	0,76	6
Videostreaming 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Videostreaming 4	4,00	4,50	5,00	0,50	6
Website 1	2,00	4,17	5,00	1,07	6
Website 4	2,00	3,83	5,00	1,07	6

**Tabelle 25: Videokonferenz – Video-Qualität, B-Party [MOS] (10 Mbit/s Down | 1,7 Mbit/s Up)**

Störgröße	Video-Qualität, B-Party (10 Mbit/ s Down   1,7 Mbit/ s Up)				
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Download 1	4,00	4,83	5,00	0,37	6
Download 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Download und Upload 1	1,00	1,50	2,00	0,50	6
Download und Upload 4	1,00	1,50	2,00	0,50	6
Upload 1	1,00	2,50	4,00	0,96	6
Upload 4	1,00	2,67	5,00	1,37	6
Videokonferenz 1	4,00	4,83	5,00	0,37	6
Videokonferenz 4	3,00	4,17	5,00	0,69	6
Videostreaming 1	4,00	4,83	5,00	0,37	6
Videostreaming 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Website 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Website 4	4,00	4,67	5,00	0,47	6

**Tabelle 26: Videokonferenz – Audio-Qualität, B-Party [MOS] (10 Mbit/s Down | 1,7 Mbit/s Up)**

Störgröße	Audio-Qualität, B-Party (10 Mbit/ s Down   1,7 Mbit/ s Up)				
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	4,00	4,83	5,00	0,37	6
Download 1	4,00	4,83	5,00	0,37	6
Download 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Download und Upload 1	3,00	4,17	5,00	0,69	6
Download und Upload 4	2,00	4,00	5,00	1,00	6
Upload 1	3,00	4,50	5,00	0,76	6
Upload 4	4,00	4,50	5,00	0,50	6
Videokonferenz 1	4,00	4,50	5,00	0,50	6
Videokonferenz 4	4,00	4,33	5,00	0,47	6
Videostreaming 1	4,00	4,67	5,00	0,47	6
Videostreaming 4	4,00	4,83	5,00	0,37	6
Website 1	4,00	4,83	5,00	0,37	6
Website 4	4,00	4,50	5,00	0,50	6

**Tabelle 27: Videokonferenz – Video-Qualität, A-Party [MOS] (15 Mbit/s Down | 2,4 Mbit/s Up)**

Störgröße	Video-Qualität, A-Party (15 Mbit/ s Down   2,4 Mbit/ s Up)				
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	4,00	4,83	5,00	0,37	6
Download 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Download 4	4,00	4,60	5,00	0,49	6
Download und Upload 1	3,00	4,50	5,00	0,76	6
Download und Upload 4	3,00	4,50	5,00	0,76	6
Upload 1	4,00	4,83	5,00	0,37	6
Upload 4	3,00	4,17	5,00	0,90	6
Videokonferenz 1	4,00	4,83	5,00	0,37	6
Videokonferenz 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Videostreaming 1	3,00	4,50	5,00	0,76	6
Videostreaming 4	4,00	4,83	5,00	0,37	6
Website 1	4,00	4,67	5,00	0,47	6
Website 4	4,00	4,83	5,00	0,37	6



**Tabelle 28: Videokonferenz – Audio-Qualität, A-Party [MOS] (15 Mbit/s Down | 2,4 Mbit/s Up)**

Störgröße	Audio-Qualität, A-Party (15 Mbit/ s Down   2,4 Mbit/ s Up)				
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Download 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Download 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Download und Upload 1	4,00	4,83	5,00	0,37	6
Download und Upload 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Upload 1	4,00	4,83	5,00	0,37	6
Upload 4	4,00	4,67	5,00	0,47	6
Videokonferenz 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Videokonferenz 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Videostreaming 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Videostreaming 4	3,00	4,50	5,00	0,76	6
Website 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Website 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6

**Tabelle 29: Videokonferenz – Video-Qualität, B-Party [MOS] (15 Mbit/s Down | 2,4 Mbit/s Up)**

Störgröße	Video-Qualität, B-Party (15 Mbit/ s Down   2,4 Mbit/ s Up)				
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Download 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Download 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Download und Upload 1	2,00	2,33	3,00	0,47	6
Download und Upload 4	1,00	2,17	3,00	0,69	6
Upload 1	2,00	3,17	4,00	0,69	6
Upload 4	1,00	2,33	4,00	0,94	6
Videokonferenz 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Videokonferenz 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Videostreaming 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Videostreaming 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Website 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Website 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6

**Tabelle 30: Videokonferenz – Audio-Qualität, B-Party [MOS] (15 Mbit/s Down | 2,4 Mbit/s Up)**

Störgröße	Audio-Qualität, B-Party (15 Mbit/ s Down   2,4 Mbit/ s Up)				
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	4,00	4,83	5,00	0,37	6
Download 1	4,00	4,83	5,00	0,37	6
Download 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Download und Upload 1	3,00	4,67	5,00	0,75	6
Download und Upload 4	3,00	4,50	5,00	0,76	6
Upload 1	4,00	4,83	5,00	0,37	6
Upload 4	4,00	4,50	5,00	0,50	6
Videokonferenz 1	4,00	4,83	5,00	0,37	6
Videokonferenz 4	4,00	4,67	5,00	0,47	6
Videostreaming 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Videostreaming 4	4,00	4,83	5,00	0,37	6
Website 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Website 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6

**Tabelle 31: Videokonferenz – Video-Qualität, A-Party [MOS] (20 Mbit/s Down | 3,4 Mbit/s Up)**

Störgröße	Video-Qualität, A-Party (20 Mbit/ s Down   3,4 Mbit/ s Up)				
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Download 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Download 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Download und Upload 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Download und Upload 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Upload 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Upload 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Videokonferenz 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Videokonferenz 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Videostreaming 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Videostreaming 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Website 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Website 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6

**Tabelle 32: Videokonferenz – Audio-Qualität, A-Party [MOS] (20 Mbit/s Down | 3,4 Mbit/s Up)**

Störgröße	Audio-Qualität, A-Party (20 Mbit/ s Down   3,4 Mbit/ s Up)				
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Download 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Download 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Download und Upload 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Download und Upload 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Upload 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Upload 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Videokonferenz 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Videokonferenz 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Videostreaming 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Videostreaming 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Website 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Website 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6

**Tabelle 33: Videokonferenz – Video-Qualität, B-Party [MOS] (20 Mbit/s Down | 3,4 Mbit/s Up)**

Störgröße	Video-Qualität, B-Party (20 Mbit/ s Down   3,4 Mbit/ s Up)				
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Download 1	4,00	4,83	5,00	0,37	6
Download 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Download und Upload 1	2,00	3,67	5,00	1,11	6
Download und Upload 4	2,00	2,33	3,00	0,47	6
Upload 1	4,00	4,33	5,00	0,47	6
Upload 4	2,00	3,83	5,00	0,90	6
Videokonferenz 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Videokonferenz 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Videostreaming 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Videostreaming 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Website 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Website 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6

**Tabelle 34: Videokonferenz – Audio-Qualität, B-Party [MOS] (20 Mbit/s Down | 3,4 Mbit/s Up)**

Störgröße	Audio-Qualität, B-Party (20 Mbit/ s Down   3,4 Mbit/ s Up)				
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Download 1	4,00	4,83	5,00	0,37	6
Download 4	4,00	4,83	5,00	0,37	6
Download und Upload 1	4,00	4,67	5,00	0,47	6
Download und Upload 4	3,00	4,00	5,00	0,82	6
Upload 1	4,00	4,83	5,00	0,37	6
Upload 4	4,00	4,67	5,00	0,47	6
Videokonferenz 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Videokonferenz 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Videostreaming 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Videostreaming 4	4,00	4,83	5,00	0,37	6
Website 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Website 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6

**Tabelle 35: Videokonferenz – Video-Qualität, A-Party [MOS] (20 Mbit/s Down | 5,1 Mbit/s Up)**

Störgröße	Video-Qualität, A-Party (20 Mbit/ s Down   5,1 Mbit/ s Up)				
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Download und Upload 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Download und Upload 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6

**Tabelle 36: Videokonferenz – Audio-Qualität, A-Party [MOS] (20 Mbit/s Down | 5,1 Mbit/s Up)**

Störgröße	Audio-Qualität, A-Party (20 Mbit/ s Down   5,1 Mbit/ s Up)				
	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Download und Upload 1	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Download und Upload 4	5,00	5,00	5,00	0,00	6

**Tabelle 37: Videokonferenz – Video-Qualität, B-Party [MOS] (20 Mbit/s Down | 5,1 Mbit/s Up)**

Video-Qualität, B-Party (20 Mbit/ s Down   5,1 Mbit/ s Up)					
Störgröße	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	4,00	4,83	5,00	0,37	6
Download und Upload 1	2,00	3,67	5,00	0,94	6
Download und Upload 4	2,00	3,00	4,00	0,82	6

**Tabelle 38: Videokonferenz – Audio-Qualität, B-Party [MOS] (20 Mbit/s Down | 5,1 Mbit/s Up)**

Audio-Qualität, B-Party (20 Mbit/ s Down   5,1 Mbit/ s Up)					
Störgröße	Min	Mean	Max	StdDev	Samples
Keine	5,00	5,00	5,00	0,00	6
Download und Upload 1	3,00	4,17	5,00	0,69	6
Download und Upload 4	3,00	3,50	5,00	0,76	6