

Oktober 2017 · Björn Boening

Breitbandmessung in Deutschland

Warum wir mehr Daten über die
Leistungsfähigkeit der digitalen
Infrastruktur brauchen



Think Tank für die Gesellschaft im technologischen Wandel



Executive Summary

Auch in der kommenden Legislaturperiode wird der Breitbandausbau das wichtigste digital-politische Thema bleiben. Alle großen Parteien haben in ihren Wahlprogrammen für die Bundestagswahl 2017 angekündigt in den Ausbau noch schnellerer Leitungen zu investieren. Obwohl die noch amtierende Bundesregierung ihre gesteckten Ausbauziele von 50 Megabit pro Sekunde¹ (Mbit/s) für jeden Haushalt bisher nicht erreichen konnte, macht der Breitbandausbau in Deutschland insgesamt Fortschritte und behält dabei hohe Priorität durch die Politik. Aktuell liegt die Abdeckung der Haushalte mit 50 Mbit/s bei 77 Prozent². Es ist davon auszugehen, dass die neue Bundesregierung erneut höhere Ausbauziele formulieren wird.

Allerdings stehen die ehrgeizigen Ziele der derzeitigen Breitbandpolitik im Kontrast zu der tatsächlichen Leistungsfähigkeit der gebauten digitalen Infrastruktur. Immer häufiger berichten Verbraucher von niedrigen Internetgeschwindigkeiten obwohl Verträge für deutlich schnellere Internetleitungen abgeschlossen wurden. In einer aktuellen Studie der Bundesnetzagentur erreichten nur etwa 12 Prozent der Internetnutzer die vertraglich vereinbarte Geschwindigkeit³.

Der Hauptgrund für diese Leistungsschwankungen sind Überlastungen in den Netzen. Daten und Studien über die reale Leistungsfähigkeit unserer digitalen Infrastruktur sind allerdings kaum vorhanden oder werden nicht genutzt. Anders als beispielsweise bei der Autobahnplanung oder im Schienennetz, gibt es deshalb kaum belastbare Informationen darüber, wo es Engpässe in der Konnektivität gibt und warum. Grundlegende Probleme bei der Konstruktion der zukünftig entscheidenden Infrastruktur lassen sich so nur schwer erkennen und korrigieren.

Der bisherige Ansatz der Breitbandpolitik, ehrgeizige Ziele für eine flächendeckende Mindestgeschwindigkeit vorzugeben ist richtig, reicht aber nicht aus und führt allein zu einem verzerrten Bild darüber, wie leistungsfähig die Breitbandinfrastruktur tatsächlich ist. Unsere Breitbandpolitik sollte daher zukünftig auf eine systematische Breitbandmessung setzen, die die wichtigen Leistungsparameter wie Durchsatz, Verzögerung und Paketverlust an verschiedenen Stellen in den Netzen anhand fester Standards und transparenten Methoden misst. Diese drei Parameter ermöglichen eine bessere Analyse der Geschwindigkeit und der Auslastung der Netze.

Als Durchsatz wird die tatsächliche Geschwindigkeit bezeichnet, mit der ein Internetnutzer Daten zu einem bestimmten Zeitpunkt empfangen kann. Die anderen beiden Parameter erlauben Rückschlüsse über den Weg der Datenpakete und die Verkehrsbedingungen. Die Verzögerung gibt an, wie lange ein Datenpaket benötigt um

1 Digitale Agenda 2014 – 2017 (2014) S.4. https://www.digitale-agenda.de/Content/DE/_Anlagen/2014/08/2014-08-20-digitale-agenda.pdf?__blob=publicationFile&v=6

2 Bericht zur Breitbandverfügbarkeit des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (Mitte 2017). https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/breitband-verfuegbarkeit-mitte-2017.pdf?__blob=publicationFile

3 Bericht zur Breitbandmessung der BNetzA (2017) S. 62. https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Breitband/Breitbandmessung/Breitbandmessung_Jahresbericht_%202015_2016.pdf?__blob=publicationFile&v=2



vom Sender zum Empfänger zu gelangen und ist ein geeignetes Maß für die Länge des Weges. Schwankungen bei der Verzögerung oder eine größere Anzahl an verloren gegangenen Datenpaketen sind verlässliche Indizien dafür, ob es auf dem Weg Engpässe, beziehungsweise Störungen gab.

Die Breitbandmessung in Deutschland steht jedoch keineswegs am Anfang. Für die Studie der Bundesnetzagentur wurde bereits ein Messinstrument entwickelt und erprobt. Die Daten reichen dieser Messung jedoch nicht aus, um Antworten auf die drei zentralen Fragen der Breitbandpolitik zu finden.

1. Was für Kapazitäten hat die digitale Infrastruktur und welche Kapazitäten werden wo benötigt?
2. Wie leistungsfähig ist die digitale Infrastruktur tatsächlich und wie wirkt sich das auf die Nutzung aus?
3. Wo und warum gibt es Engpässe beim Datentransport und wie geht man mit ihnen um?

Eine schnelle und zuverlässige digitale Infrastruktur ist eine Grundvoraussetzung für die künftige wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung Deutschlands. Um dieses Entwicklungspotential zu entfalten, benötigt die Breitbandpolitik Informationen und Analysen über die tatsächliche Leistungsfähigkeit und das Verkehrsmanagement der digitalen Infrastruktur. Die Verkehrspolitik im Internet gehört bereits zu den wichtigsten Wirtschaftspolitiken im 21. Jahrhundert⁴.

⁴ New York Times (28.04.2017). Im Englischen Original "Net neutrality has been among the most effective economic policies of the 21st century." <http://archive.is/0MdL0>



Was wissen wir über die Leistungsfähigkeit der digitalen Infrastruktur?

Wie bei jeder Infrastruktur machen wir uns auch bei der digitalen Infrastruktur wenig Gedanken darüber, wie sie funktioniert - solange sie funktioniert. Für viele Menschen gehört ein Internetzugang zur Grundversorgung; sie neigen dazu, ein schnelles und zuverlässiges Internet als selbstverständlich anzusehen⁵. Tatsache ist jedoch, dass in Deutschland immer noch viele Regionen nicht mit ausreichend Bandbreite versorgt sind und Überlastungen in der digitalen Infrastruktur bundesweit zu erheblichen Leistungsschwankungen führen.

Um die Potentiale einer modernen Internetnutzung in Wirtschaft und Gesellschaft entfalten zu können, verfolgt die Bundesregierung deshalb seit Jahren das Ziel, die Breitbandstrukturen auszubauen und immer höhere Geschwindigkeiten zu ermöglichen. Man findet dieses Ziel in der Breitbandstrategie der Bundesregierung in 2009; es ist Teil der Digitalen Agenda in 2014; es wurde umfassend in der Enquete Kommission Internet und digitale Gesellschaft von 2010 bis 2013 diskutiert und es erscheint auch in allen Wahlprogrammen der großen Parteien für die Bundestagswahl 2017. Der aktuelle Maßstab für dieses Ziel lautet, bis „2018 soll es 50 Megabit pro Sekunde für jeden Haushalt geben“, so Bundeskanzlerin Merkel im Sommer 2017⁶.

Der Breitbandausbau wird auch in der kommenden Legislaturperiode das wichtigste digital-politische Thema bleiben. Dies hat hauptsächlich zwei Gründe. Zum einen wird das Top-Ziel von 50 Megabit pro Sekunde (Mbit/s) bis 2018 für jeden Haushalt höchstwahrscheinlich verfehlt. Derzeit liegt die Abdeckung der Haushalte, die mit einer Geschwindigkeit von 50 Mbit/s versorgt sind, bei etwa 77 Prozent⁷. Zum anderen stellt sich immer häufiger die Frage, ob das aktuelle Ziel ausreichend ist. In den letzten fünf Jahren hat die Nutzung der digitalen Infrastruktur stark zugenommen. Für die leitungsgebundene Datenübertragung hat sich das Gesamtvolumen in Deutschland mehr als verdreifacht von 17 auf 60 Milliarden Gigabyte pro Jahr. Für die mobile Datenübertragung hat es sich sogar mehr als verneunfach von etwa 100 auf 918 Millionen Gigabyte pro Jahr⁸.

Bisher hat die Breitbandpolitik sich darauf konzentriert, die Ziele für den Ausbau

5 Koalitionsvertrag der Unionsparteien und FDP (2009) S.104. Erstmals wurde hier eine flächendeckende Breitbandversorgung als Daseinsvorsorge beschrieben - also als eine vom Staat zu gewährleistende Grundversorgung der Bevölkerung. Sie wurde jedoch später nicht gesetzlich verankert. <https://www.fdp.de/files/565/091024-koalitionsvertrag.pdf>

6 Rede von Bundeskanzlerin Merkel beim Tag der Deutschen Industrie am 20. Juni 2017 in Berlin. <https://www.bundesregierung.de/Content/DE/Rede/2017/06/2017-06-20-rede-merkel-tdi.html;jsessionid=9EC65357D6C27E095B51B52FCDC7C247.s4t2?nn=694676>

7 Bericht zur Breitbandverfügbarkeit des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (Mitte 2017). https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/breitband-verfuegbarkeit-mitte-2017.pdf?__blob=publicationFile

8 Bundesnetzagentur Jahresbericht 2016 Märkte im digitalen Wandel (2017) S.53/59. https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/Berichte/2017/JB2016.pdf?__blob=publicationFile&v=1



mit einer flächendeckenden Mindestgeschwindigkeit zu erreichen. Hierfür werden Fördersummen in Milliardenhöhe bereitgestellt. Diese sind auch nötig, denn der Ausbauprozess dauert lange und ist mit hohen Kosten verbunden. Daher werden die Fortschritte beim Ausbau seit Jahren in dem Breitbandatlas vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur dokumentiert⁹. Die dokumentierten Fortschritte sollten allerdings mit Skepsis betrachtet werden. Wenn eine Stadt beispielsweise zu 100 Prozent mit einer Bandbreite von mindestens 50 Mbit/s versorgt ist, liegt die Vermutung nahe, dass diese Geschwindigkeit tatsächlich für jeden Internetnutzer zur Verfügung steht. In der Praxis jedoch gibt es erhebliche Abweichungen zwischen der Kapazität einer Leitung (Bandbreite) und der Geschwindigkeit, mit der ein Internetnutzer Daten zu einem bestimmten Zeitpunkt empfangen kann (Durchsatz). Der Hauptgrund hierfür sind zeitweilige Überlastungen in der digitalen Infrastruktur.

Die Analogie zum Straßenverkehr ist hilfreich für eine differenziertere Betrachtung von Geschwindigkeit und um die Bedeutung von Internet-Verkehrsstaus zu verdeutlichen. Wenn man die wahrscheinliche Fahrzeit von Punkt A bis Punkt B abschätzt, ist zunächst die Größe der Straße entscheidend, oder analog die Bandbreite. Die Bedeutung der Größe ist jedoch relativ zum aktuellen Verkehrsaufkommen auf der Straße zwischen beiden Punkten. Durch den Verkehr wird die eigene Geschwindigkeit, oder analog der Durchsatz, stark beeinflusst. Eine einspurige Landstraße ohne Verkehr kann daher durchaus schneller zum Ziel führen als eine dreispurige Autobahn auf der die Autos Stoßstange an Stoßstange stehen. Ohne aktuelle und präzise Informationen über das Verkehrsaufkommen ist weder die Fahrzeit, noch das Nutzererlebnis während des Fahrens abschätzbar. Dies gilt ebenso für den Internetverkehr.

Das Problem ist, es mangelt derzeit an Messungen, die zeigen könnten wie gut die digitale Infrastruktur tatsächlich funktioniert bzw. wie leistungsfähig sie unter realen Bedingungen ist. Dies führt dazu, dass auch der Erfolg der Breitbandpolitik nicht evaluiert werden kann. Wie ernsthaft dieses Problem in der Realität ist, zeigt ein Beispiel:

Die Bundesnetzagentur (BNetzA) hat einen Breitbandtest in Zusammenarbeit mit der Firma Zafaco entwickelt, der die tatsächliche Geschwindigkeit messen kann¹⁰. In mehreren Studien hat die BNetzA die Unterschiede zwischen der tatsächlichen Geschwindigkeit und der zwischen Endkunden und Internetanbietern vertraglich vereinbarten Geschwindigkeit untersucht. Die im Vertrag vereinbarte Geschwindigkeit ist überwiegend die Spitzengeschwindigkeit, also die zu erwartende Geschwindigkeit ohne Internet-Verkehrsstaus. In allen Studien wurde eine systematische Diskrepanz zwischen der tatsächlich gemessenen Geschwindigkeit eines Endkunden und der vertraglich vereinbarten Geschwindigkeit festgestellt¹¹. Laut der aktuellen Studie von 2017 erreichten im Schnitt nur etwa 12 Prozent der Internetnutzer in

9 Mehr Informationen über den Breitbandatlas auf der Seite des Breitbandbüros des Bundes. <https://breitbandbuero.de/vorort/breitbandatlas/>

10 Mehr Informationen über den Test auf der Seite der BNetzA. <https://breitbandmessung.de/ueber-den-test>

11 Die Studien sind auf der Seite der BNetzA verfügbar. <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Verbraucher/Breitbandmessung/Breitbandmessung-node.html>



Deutschland die vertraglich vereinbarte Geschwindigkeit¹².

Dieses Ergebnis zeigt, wie stark Internet-Verkehrsstaus die tatsächliche Leistungsfähigkeit beeinträchtigen. Die Untersuchungen der BNetzA geben jedoch lediglich einen ersten Hinweis auf die Bedeutung von Engpasssituationen. Für eine tiefergehende Analyse von Engpässen und den Möglichkeiten wie damit umgegangen werden kann, fehlen vor allem Daten und geeignete Tests. Ein Großteil der Daten liegt explizit bei den Betreibern der digitalen Infrastruktur. Diese Daten sind jedoch nicht zugänglich, da sie als sensible Betriebsinformationen betrachtet werden. Die Anreize für die Betreiber, Daten über eine schwache Performanz der Infrastruktur zu teilen, sind zudem fragwürdig.

Um diese Datenlücke zu schließen, wäre eine stärkere Förderung der Breitbandmessung, die die laufenden Bemühungen der BNetzA unterstützt, notwendig. Es werden offene Daten über die Leistung der digitalen Infrastruktur benötigt, damit diese für die gesamte Forschungslandschaft zugänglich sind. Die Daten sollten dabei nicht nur innerhalb Deutschlands, sondern auch in der EU vergleichbar sein, um so die relative Leistung unter regionalen Wettbewerbern untersuchen zu können. Insbesondere werden Daten über Engpässe in den Netzen benötigt, die aufzeigen können, warum die Abweichungen von der tatsächlichen und der angekündigten Geschwindigkeit so groß sind.

Ein schnelles und zuverlässiges Internet ist eine Grundvoraussetzung für die Digitalisierung der Wirtschaft und der Gesellschaft. Dafür muss stärker als bisher der Fokus der Breitbandpolitik darauf liegen eine systematische und unabhängige Breitbandmessung zu etablieren.

Breitbandmessung in Deutschland

Um die Breitbandpolitik auf eine solide empirische Grundlage zu stellen brauchen wir nicht nur eine gute Dokumentation für den Ausbau, sondern auch einen systematischen Ansatz, um die wichtigen Leistungsparameter der digitalen Infrastruktur zu messen. Dieser Beitrag beschäftigt sich daher mit einer Bestandsaufnahme der bisherigen Breitbandmessung in Deutschland und analysiert die Optionen zur Verbesserung der Breitbandmessung.

Messung von Geschwindigkeit

Die tatsächliche Geschwindigkeit, mit der Daten im Internet ausgetauscht werden, entspricht typischerweise nicht der Kapazität der digitalen Infrastruktur. Dies hängt unmittelbar mit der Funktionsweise des Internets zusammen¹³. Beide Parameter gelten jedoch als Maß für Geschwindigkeit im Internet und werden in Mbit/s angegeben. Dies führt häufig zu Verwirrung. In der Praxis konfigurieren Internetanbieter einen Anschluss mit einer bestimmten Kapazität, z. B. 50 Mbit/s

¹² BNetzA Breitbandmessung Jahresbericht 2015/16 (2017) S. 62. https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Breitband/Breitbandmessung/Breitbandmessung_Jahresbericht_%202015_2016.pdf?__blob=publicationFile&v=2

¹³ Mehr Informationen über die technischen Zusammenhänge der Breitbandmessung im Anhang.

Diese Geschwindigkeit wird unter idealen Bedingungen auch tatsächlich erreicht. Zeitweilig kann die Spitzengeschwindigkeit sogar über der vertraglich vereinbarten Geschwindigkeit liegen, je nachdem wie der Anschluss konfiguriert wurde. Die tatsächliche Geschwindigkeit nimmt jedoch ab, sobald die Daten durch überlastete Netzwerke - einen Engpass - geleitet werden müssen. Für die Nutzer der digitalen Infrastruktur ist dabei nicht entscheidend, wieviel Geschwindigkeit ihnen theoretisch zur Verfügung steht, sondern allein welche Geschwindigkeit sie tatsächlich in der Praxis zur Datenübertragung nutzen können. Hieraus ergibt sich erst, welche Internet-Applikationen oder -Dienste dem Nutzer ohne Leistungseinbußen zur Verfügung stehen.

Die Ergebnisse der aktuellen BNetzA-Studie geben erste Hinweise darauf, wie groß der Unterschied zwischen den hier genannten Geschwindigkeitsparametern ist. Anhand eines theoretischen Beispiels wird zudem deutlich zu welchen Einschränkungen dies in der Praxis für einen Nutzer führen kann.

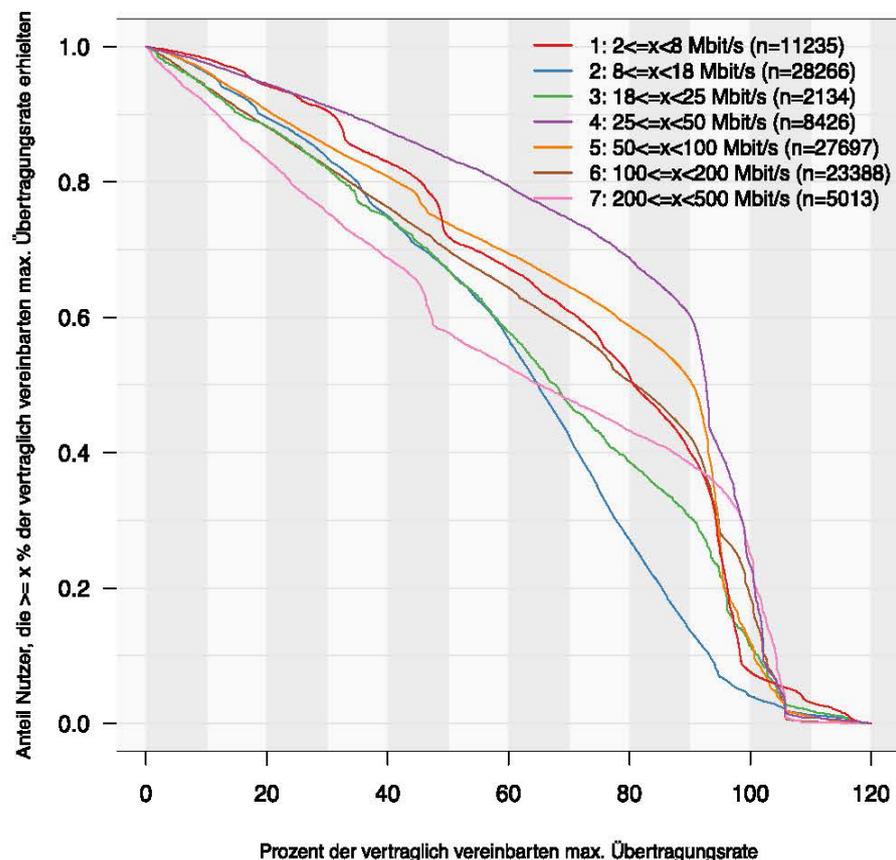


Abbildung 1, Aus dem Jahresbericht 2015/16 der BNetzA (2017), S.64.

Abbildung 1 zeigt auf der horizontalen Achse gruppiert nach Bandbreitenklassen, wie viel Prozent der vereinbarten Geschwindigkeit die Nutzer erhielten. Demgegenüber steht auf der vertikalen Achse der Anteil der Nutzer, dem diese Geschwindigkeit zur Verfügung stand. Um beispielsweise eine Serie in bester Auflösung anschauen zu können, wird eine reale Geschwindigkeit von mindestens 25 Mbit/s beim Empfang



der Daten benötigt¹⁴. Wurde eine Spitzengeschwindigkeit von bis zu 25 Mbit/s vertraglich vereinbart, geht der Nutzer davon aus, dass diese Geschwindigkeit ihm auch tatsächlich zur Verfügung steht. In Abbildung 1 wird sichtbar, dass jedoch nur etwa 10 Prozent der Nutzer mit einer vertraglich vereinbarten Geschwindigkeit von bis zu 25 Mbit/s diese Geschwindigkeit unter realen Bedingungen tatsächlich erreicht. In der Praxis bedeutet das, dass die meisten Nutzer in dieser Bandbreiteklasse bis zu 25 Mbit/s keine Video- oder allgemein Fernsehdienste in bester Qualität nutzen können. Besonders in den unteren Bandbreiteklassen, angezeigt durch die rote und blaue Linie, ist der Anteil der Nutzer, der die Spitzengeschwindigkeit erreicht, gering. In der niedrigsten Klasse zwischen 2 und 8 Mbit/s (rot) erreichten etwa 8 Prozent und zwischen 8 und 18 Mbit/s (blau) erreichten sogar nur etwa 5 Prozent der Nutzer die vereinbarte Geschwindigkeit.

Für die Breitbandpolitik können aus dem theoretischen Beispiel wichtige Erkenntnisse abgeleitet werden. Es ist bekannt, dass insbesondere Videodienste bei Internetnutzern immer beliebter sind¹⁵. Diese belasten die digitale Infrastruktur jedoch auch besonders stark, da die Datenmenge bei hochauflösenden Bildern groß ist¹⁶. Aus den Ergebnissen der letzten BNetzA-Studie lässt sich zwar ableiten, dass nur etwa 30 Prozent¹⁷ der ländlichen Bevölkerung in Deutschland Videodienste in bester Qualität nutzen können, aber dies ist keineswegs offensichtlich und bedarf weiterer empirischer Untersuchungen. Eine systematische Analyse über die Entwicklung der realen Geschwindigkeit und deren Auswirkung auf die Nutzung der digitalen Infrastruktur gibt es bisher nicht.

Für die Nutzer ist nicht nur entscheidend welche reale Geschwindigkeit ihnen zur Verfügung steht, sondern auch wann sie diese nutzen können. Die tatsächliche Geschwindigkeit, die einem Internetnutzer zur Verfügung steht, unterliegt erheblichen Schwankungen in Abhängigkeit von der Tageszeit. Je nach Tageszeit kann es dadurch zu Einschränkungen für die Internetnutzung kommen. Insbesondere für gewerbliche Nutzer haben diese Schwankungen negative Auswirkungen, da meistens mehrere Menschen gleichzeitig einen Internetanschluss intensiv nutzen. Immer mehr gewerbliche Nutzer sind auf eine konstante reale Geschwindigkeit angewiesen, da viele für sie kritische Prozesse mittlerweile über das Internet laufen, z.B. die Kommunikation mit den Kunden oder die online Datenverarbeitung

14 Diesen Wert gibt Netflix vor für die Nutzung der Videodienste in bester Qualität. <https://help.netflix.com/de/node/306>

15 Laut der ARD/ZDF-Onlinestudie (2016) greifen etwa 86 Prozent der Internetnutzer in Deutschland zumindest selten auf Videodienste zurück; über die Hälfte der jungen Nutzer bis 29 Jahre aber täglich. http://www.ard-zdf-onlinestudie.de/fileadmin/Onlinestudie_2016/0916_Kupferschmitt.pdf

16 Cisco Visual Networking Index (2017) S.3. Gemessen an der Datenmenge machten Videodienste im Jahr 2016 etwa 73 Prozent des weltweiten Internetverkehrs aus - Tendenz steigend. <https://cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/complete-white-paper-c11-481360.pdf>

17 Bericht zur Breitbandmessung der BNetzA (2017) S. 78. Nur etwa 30 Prozent der ländlichen Gebiete in Deutschland erreichen eine tatsächliche Geschwindigkeit von 25 Mbit/s. https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Breitband/Breitbandmessung/Breitbandmessung_Jahresbericht_%202015_2016.pdf?__blob=publicationFile&v=2

über die Cloud. Gerade in der Industrie und im Handel sowie bei Dienstleistern können sich Leistungsschwankungen negativ auf das Geschäft auswirken. Wenn Produktionsanlagen ans Netz angeschlossen sind, können Leistungsschwankungen die Qualität der Produktion beeinflussen.

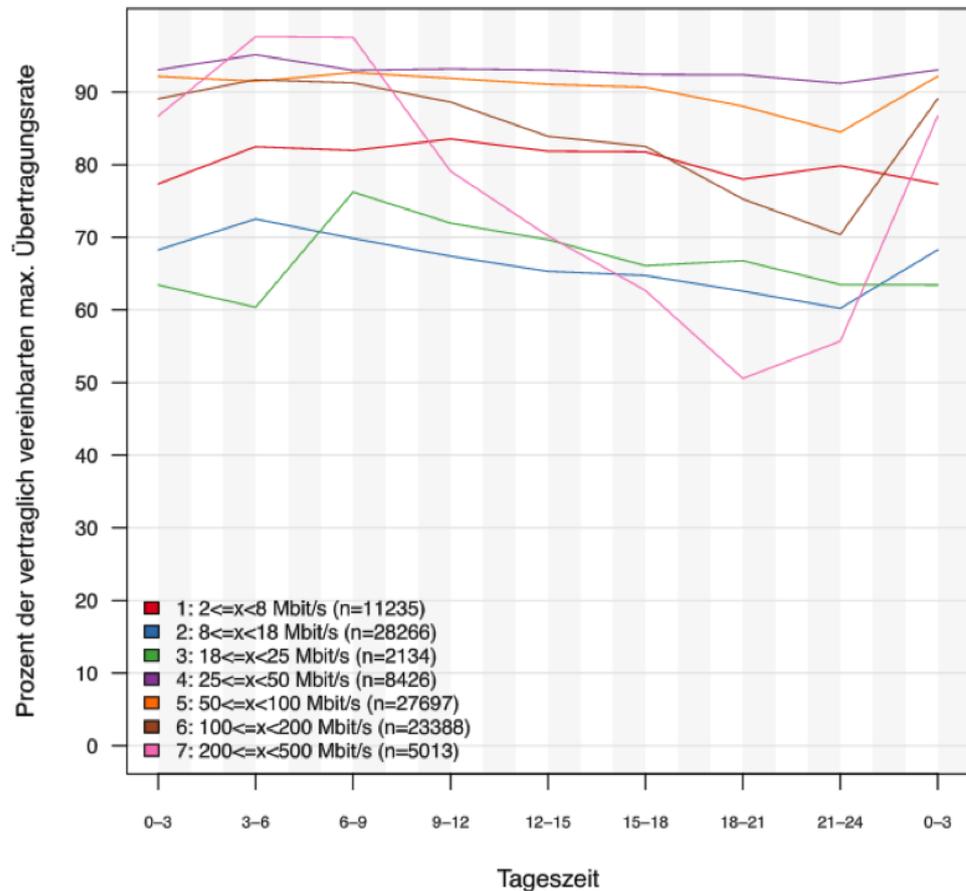


Abbildung 2, Aus dem Jahresbericht 2015/16 der BNetzA (2017), S.80.

Wie Abbildung 2 zeigt, nimmt der Durchsatz in Relation zur Kapazität für fast alle Breitbandklassen im Tagesverlauf ab. In der höchsten Klasse, welche besonders für Unternehmen mit vielen Nutzern pro Anschluss interessant ist, nimmt der Durchsatz bis zur Mittagspause bereits um etwa 30 Prozent ab. Die Mehrheit aller Breitbandklassen erreicht ihren Leistungstiefpunkt in den Abendstunden zwischen 18 und 24 Uhr.

Es ist eine breitband-politische Entscheidung, welche Grenzwerte bei den Schwankungen der tatsächlichen Geschwindigkeit von den Betreibern der digitalen Infrastruktur eingehalten werden sollten. Diese Entscheidung hat immense Auswirkungen für die Wirtschaft und Gesellschaft. Die BNetzA hat erst kürzlich allgemeine Grenzwerte für die Leistungsschwankungen von Internetanschlüssen definiert¹⁸. Es bleibt abzuwarten, wie diese Grenzwerte sich in der Praxis

18 Erster Jahresbericht zur Netzneutralität der BNetzA (2017) S.17. https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Breitband/Netzneutralitaet/Netzneutralitaet_



bewähren und wie mit Abweichungen umgegangen wird. Deshalb ist es wichtig in künftigen Analysen für die Breitbandpolitik die möglichen Implikationen von Leistungsschwankungen genauer zu untersuchen.

Engpässe in der digitalen Infrastruktur

Die tatsächliche Geschwindigkeit beim Datentransport (Durchsatz) ist stark abhängig von den realen Verkehrsbedingungen. Allgemein gilt: Je mehr Nutzer gleichzeitig online sind und je mehr Daten durch das Netzwerk transportiert werden müssen, umso geringer ist die Leistung für den einzelnen Nutzer. Insbesondere zu den Spitzenzeiten am Abend, wenn die meisten Menschen zuhause sind und das Internet intensiv nutzen, kommt es regelmäßig zu Überlastungen der digitalen Infrastruktur. Dadurch erklärt sich auch, warum selbst in höheren Bandbreiteklassen das Nutzererlebnis am Abend enttäuschend sein kann. Bildlich gesprochen stehen zu dieser Zeit auch auf einer dreispurigen Autobahn die Autos Stoßstange an Stoßstange. Größere Leistungsschwankungen haben erhebliche Auswirkungen, sowohl auf die private als auch die gewerbliche Nutzung des Internets, wie die Beispiele im vorherigen Abschnitt zeigen.

Für die Breitbandpolitik ist daher nicht nur wichtig zu wissen, wie sich Leistungsschwankungen auf die Nutzung des Internets auswirken können, sondern auch wo und warum Engpasssituationen entstehen. Hierfür ist eine genauere Untersuchung der Auslastung der Infrastruktur und des Verkehrsmanagements nötig. Traditionell halten sich die meisten Betreiber der Infrastruktur (Netzbetreiber) beim Verkehrsmanagement an das *Best Effort*-Prinzip: Der Betreiber eines Netzwerks sagt somit zu, schnellstmöglich im Rahmen der ihm zur Verfügung stehenden Ressourcen, die Übermittlungsanfragen zu bedienen¹⁹. Eine Kontrolle über die Erfüllung dieser Zusage ist jedoch derzeit kaum möglich, da die hierfür relevanten Daten sensible Betriebsinformationen der Netzbetreiber enthalten und damit nicht öffentlich zugänglich sind. Um die Durchsetzung dieses Prinzips zu kontrollieren, überprüft die BNetzA die allgemeinen Geschäftsbedingungen der Netzbetreiber in regelmäßigen Abständen und geht Beschwerden und Medienberichten nach²⁰. Dies allerdings reicht nicht aus, um das Verkehrsmanagement effektiv überprüfen zu können.

Das *Best Effort*-Prinzip ist eine weit verbreitete Praxis. Es soll verhindern, dass Nutzer oder bestimmte Anwendungen oder Dienste im Internetverkehr benachteiligt werden. Solange sich die Nachfrage und das Angebot an Übertragungskapazität die Waage halten, funktioniert dieses Prinzip in der Regel gut. Wie die bisherigen Ausführungen zeigen, reichen die Kapazitäten bei der digitalen Infrastruktur nicht für alle Nutzer gleichermaßen. Durch die teilweise starken Überlastungen ist ein Modell der "bezahlten Priorisierung" entstanden, bei dem die Netzbetreiber einen Teil des Internetverkehrs bevorzugt behandeln. Dabei wird bildlich gesprochen

[Jahresbericht%202016_2017.pdf?__blob=publicationFile&v=6](#)

19 Abschlussbericht Netzneutralität der Enquete-Kommission Internet und digitale Gesellschaft (2012) S.11. <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/17/085/1708536.pdf>

20 Erster Jahresbericht zur Netzneutralität der BNetzA (2017) S.7. https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Breitband/Netzneutralitaet/Netzneutralitaet_Jahresbericht%202016_2017.pdf?__blob=publicationFile&v=6



ein Teil des Verkehrs in der Schlange nach vorne gelassen, während der Rest weiter warten muss. Dies stellt potentiell eine lukrative Einnahmequelle für die Netzbetreiber dar. Insbesondere Anbieter von Inhalten und Dienstleistungen aus der Internetwirtschaft haben großes Interesse daran, dass ihre Kunden praktisch jederzeit ein gutes Nutzererlebnis haben können und nicht durch einen Stau mit langen Ladezeiten abgeschreckt werden.

Ein Modell der “bezahlten Priorisierung” etwa führt bei Netzbetreibern zu einem Anreiz, Verkehrsstaus im Internet aufrechtzuerhalten, um den vorrangigen Zugang durch die Engpässe monetarisieren zu können. Die negative Implikation davon wäre jedoch, dass das zu einem “Zwei-Klassen-Internet” würde, anstatt zu einem gewünschten offenen Markt. Aus diesem Grund hat die Europäische Union (EU) die “bezahlte Priorisierung” in ihren Regularien zur Netzneutralität verboten. Für die Analyse der Breitbandmessung in Deutschland ist besonders wichtig, dass die EU mit diesen Regularien alle nationalen Regulierungsbehörden für Telekommunikation dazu verpflichtet hat, Messinstrumente bereitzustellen, um Engpässe effektiv überwachen zu können und dabei potentielle Verstöße gegen diese Regeln aufdecken zu können.

Unter dem Stichwort Netzneutralität hat sich eine Debatte entwickelt, wie das *Best Effort*-Prinzip in der Realität umzusetzen ist. Diese Debatte ist von großer Bedeutung – nicht nur innerhalb der Breitbandpolitik. Ein neutrales Netz zählt zu den effektivsten Wirtschaftspolitiken des 21. Jahrhunderts²¹. Die Gleichbehandlung verschiedener Dienste und Anwendungen beim Datentransport sichert nicht nur die Vielfalt für die Nutzer sondern fördert auch Innovationen²². Diese Innovationen sind besonders relevant für die deutsche Wirtschaft. Etwa 80 Prozent der Innovationen in der deutschen Wirtschaft beruhen auf dem Internet und den damit verbundenen Informations- und Kommunikationstechnologien²³.

Um die Regeln der EU zur Netzneutralität durchsetzen zu können, ist eine robuste Leistungsmessung zur Überwachung von Engpässen essentiell. Sofern ein kurzweiliger Engpass sich nicht spürbar auf das Nutzererlebnis auswirkt, besteht nur ein geringer Anreiz für eine Priorisierung im Verkehrsmanagement. Bei häufiger auftretenden, großen Überlastungen jedoch steigt der Druck auf die Anbieter von Inhalten und damit das Risiko für eine potentielle Diskriminierung. Für die Breitbandpolitik stellt sich daher immer häufiger die Frage, wie mit potentiellen Diskriminierungen im Verkehrsmanagement bei Engpasssituationen umgegangen werden kann. Aufgrund steigender Datenvolumen und Nutzerzahlen wird die digitale Infrastruktur praktisch fortlaufend stark beansprucht und steuernde Eingriffe in den Datenverkehr sind nahezu unvermeidbar geworden.

Wie die Experten der Enquete-Kommission Internet und digitale Gesellschaft

21 New York Times (28.04.2017). Im Englischen Original “Net neutrality has been among the most effective economic policies of the 21st century.” <http://archive.is/0MdL0>

22 Die Europäische Kommission ist davon überzeugt, dass Netzneutralität sich positiv auf die Innovation bei der Entwicklung von Anwendungen auswirkt. <http://berec.europa.eu/eng/netneutrality/>

23 Statistischen Bundesamt (2013) S.5. Bericht zur wirtschaftlichen Entwicklung der IKT-Branche in Deutschland https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UnternehmenHandwerk/Unternehmen/IKT_BrancheDeutschland5529104139004.pdf?__blob=publicationFile



(2013) bereits festgestellt haben, bedarf es insbesondere bei der Überwachung der gesetzlichen Auflagen beim Datentransport mehr Transparenz²⁴. Die Einhaltung der allgemeinen Grenzwerte für Leistungsschwankungen können Nutzer mit dem Breitbandtest der BNetzA zwar effektiv überprüfen. Der Test eignet sich jedoch nur bedingt um die Einhaltung der gesetzlichen Auflagen zur Netzneutralität überprüfen zu können. Eine systematische Planung der Breitbandmessung könnte durch eine zielgerichtete Untersuchung von Überlastungen der digitalen Infrastruktur einen wichtigen Beitrag zu der Netzneutralitäts-Debatte liefern. Bisher jedoch fehlen der Breitbandpolitik in Deutschland hierzu geeignete Instrumente, die in der Lage sind, die Auslastung präziser als bisher zu messen. Hierfür sind insbesondere technische und methodische Details bei der Messung entscheidend.

Systematische Breitbandmessung

Die Breitbandmessung der BNetzA hat zu wichtigen Erkenntnissen geführt. Viele Fragen in der Breitbandpolitik, wie beispielsweise welche Auswirkungen Leistungsschwankungen haben oder wie Netzbetreiber den Internetverkehr verwalten, bleiben jedoch weiterhin unbeantwortet. Hinzu kommt, dass andere Statistiken für Verwirrung sorgen. Wie irreführend die Statistiken sind verdeutlicht ein Beispiel. Laut einer vielzitierten Statistik des Unternehmens Akamai liegt die durchschnittliche Downloadgeschwindigkeit in Deutschland derzeit bei 15,3 Mbit/s, womit Deutschland im internationalen Ranking den Platz 25 belegt²⁵. Der weltweit größte kommerzielle Anbieter für Geschwindigkeitstests im Internet, Ookla, veröffentlicht ebenfalls regelmäßig eine Rangliste. Nach aktuellen Zahlen belegt Deutschland hier zwar auch den Platz 25, jedoch mit einer durchschnittlichen Downloadgeschwindigkeit von 47,6 Mbit/s - also mehr als doppelt so viel Durchsatz²⁶.

Der Erkenntnisgewinn aus diesen Statistiken ist mit Skepsis zu betrachten. Je nachdem in welchem Kontext sie verwendet werden, erhält man das Bild einer eher schnellen oder langsamen deutschen digitalen Infrastruktur. Woher dieser große Unterschied kommt, bleibt unklar, obwohl sich beide Erhebungen auf durchschnittliche Downloadraten beziehen. Aus diesem Beispiel wird ersichtlich, dass es einen erheblichen Unterschied macht, aus welcher Quelle eine Statistik stammt und welche Methoden und Standards für die Messung benutzt werden.

Zudem sagen diese Statistiken nichts darüber aus, was ein Internetnutzer wissen muss, um die Qualität seines eigenen Anschlusses und die Auswirkung auf die tägliche Nutzung einschätzen zu können. Es gibt eine Reihe an technischen Parametern neben der Bandbreite, die die Qualität und die Leistungsfähigkeit einer Internetverbindung beschreiben und welche sich unterschiedlich auf die Nutzung verschiedener Internetdienste oder -anwendungen auswirken.

24 Abschlussbericht Netzneutralität der Enquete-Kommission Internet und digitale Gesellschaft (2012) S.13. <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/17/085/1708536.pdf>

25 Akamai State of the Internet Report Q1 2017 S.36. <https://www.akamai.com/fr/fr/multimedia/documents/state-of-the-internet/q1-2017-state-of-the-internet-connectivity-report.pdf>

26 Der Wert wurde am 31.08.2017 abgerufen. <http://www.speedtest.net/global-index>



1. Durchsatz

Wie bereits beschrieben, gibt es mehrere Bedeutungen von Geschwindigkeit beim Datentransport. Im Gegensatz zur Leitungskapazität (Bandbreite) gibt der Durchsatz die tatsächliche Geschwindigkeit an, mit der Daten im Internet ausgetauscht werden können. Um Statistiken sinnvoll auswerten zu können, muss der Begriff Geschwindigkeit daher definiert werden: Welcher Parameter ist genau gemeint und mit welchen Standards wurde er gemessen? Beide Parameter sind wichtig für die Nutzung des Internets, jedoch auf unterschiedliche Art. Während die Kapazität wichtig ist beispielsweise für die längerfristige Planung, wie ein Internetanschluss genutzt werden kann, von Bedeutung ist, ist der Durchsatz wichtig, um zu wissen, welche Aufgaben derzeit mit dem Anschluss erledigt werden können.

2. Verzögerung und Paketverlust

Einige Internetdienste, wie etwa Sprach- oder Videotelefonie, benötigen für eine gute Qualität eine geringe und gleichmäßige Verzögerung beim Datentransport. Gemeint ist die Zeit, die ein Datenpaket benötigt, um vom Sender zum Empfänger zu gelangen. Die Verzögerung ist generell ein gutes Maß für die Länge des Weges, den ein einzelnes Datenpaket zurücklegt. Allgemein gilt: desto geringer umso besser. Da der Download einer Datei typischerweise jedoch aus vielen einzelnen Datenpaketen besteht, kann man aus den unterschiedlichen Werten für die Verzögerung auch ablesen ob der Download gleichmäßig verläuft oder ob es Engpässe auf dem Weg gab. Hierfür werden die unterschiedlichen Werte der Verzögerung miteinander verglichen. Ist die Abweichung der Werte beispielsweise groß, ist eine moderne Nutzung des Internets mit Datenverarbeitung nahezu in Echtzeit, wie etwa bei Sprachdiensten, auch mit ausreichend Durchsatz kaum möglich.

Engpässe spielen in vielerlei Hinsicht eine zentrale Rolle für die Nutzung des Internets. Dabei gelangen nicht nur Datenpakete unterschiedlich schnell an ihr Ziel und sorgen so für ein ruckelndes Bild oder Gespräch; einige Datenpakete gehen auf ihrem Weg auch ganz verloren. Dies liegt hauptsächlich an der Speicherkapazität des technischen Equipments in der digitalen Infrastruktur. Ist ein Internet-Verkehrsstau beispielsweise sehr groß, können einige Datenpakete die sich hinten in der Schlange anstellen nicht mehr zwischengespeichert werden und gehen verloren. Die Paketverlusterate ist ein Maß dafür, wie viele Pakete bei einer Verbindung verloren gegangen sind und ist somit ein weiterer, wichtiger Parameter für die Leistungsfähigkeit einer Internetverbindung. Eine hohe Paketverlustrate ist bei der Nutzung besonders frustrierend, da ein Gespräch in diesem Fall nicht nur ruckelt sondern einfach abbricht.

3. Zusammenschaltung und Topologie der Netzwerke

Die Leistungsfähigkeit der digitalen Infrastruktur ist, wie die vorherigen Beispiele zeigen, nicht nur abhängig von der Geschwindigkeit, sondern ergibt sich aus dem Zusammenspiel mehrerer technischer Parameter. Werden diese systematisch gemessen erhält man Informationen darüber, wie gut Teile des Internetverkehrs funktionieren. In der Regel müssen Datenpakete beim



Transport mehrere Netzwerke durchqueren, um an ihr Ziel zu gelangen. Die einzelnen Netzwerke müssen sich dafür miteinander verbinden, um die Datenpakete untereinander weiterreichen zu können. An bestimmten Orten schalten sich Netzwerke daher zusammen; so erst entsteht die universelle Erreichbarkeit von Netzbetreibern und ihren Kunden.

Diese Zusammenschaltungspunkte (exchange points) sind für die digitale Infrastruktur strategisch wichtige Punkte, da hier das Verkehrsaufkommen hoch ist und ein reibungsloser Ablauf besonders wichtig ist für das Funktionieren des komplexen Datentransportsystems. Die Rahmenbedingungen bei einer Zusammenschaltung von Netzwerken sind abhängig von den jeweiligen Betreibern. In der Regel sind die privaten Betreiber einer Infrastruktur nicht dazu verpflichtet, diese Rahmenbedingungen abzustimmen oder Verkehrsinformationen zu teilen. Deshalb kann es insbesondere an Zusammenschaltungspunkten zu unvorhergesehenen und potentiell gravierenden Engpässen kommen.

Die Breitbandpolitik in Deutschland braucht daher für eine Analyse der Performanz der digitalen Infrastruktur und deren Anbindung an die europäische und globale Infrastruktur nicht nur Daten über die hier beschriebenen technischen Parameter für einige Internetanbieter und den Anschlüssen ihrer Kunden, sondern ebenso Kenntnisse über die Topologie der Netzwerke. Der Aufbau der digitalen Infrastruktur ist mitunter komplex und es gibt keine kartografischen Aufzeichnungen für die Verbindungen zwischen den Netzwerken. So gibt es auch wenige Daten über die Leistungsfähigkeit oder das Verkehrsmanagement an den Schnittstellen zwischen verschiedenen Netzwerken. Bildlich gesprochen weiß man oft gar nicht über welche Straßen die Datenpakete transportiert werden oder wie und von wem sie an welchen Stellen verarbeitet werden. Mit spezialisierten Messsystemen jedoch kann Breitbandmessung hierüber wichtige Informationen liefern, die hier vorgestellten Leistungsparameter auf den Verbindungswegen zwischen verschiedenen Segmenten der digitalen Infrastruktur, erhält man mit der Zeit ein Gesamtbild über die Leistungsfähigkeit des komplexen Datentransportsystems.²⁷

Diese drei Punkte sollten bei einer systematischen Breitbandmessung gleichermaßen beachtet werden. Um dabei wertvolle Analysen für die Breitbandpolitik zu erstellen, werden insbesondere unbearbeitete Leistungsdaten der Breitbandinfrastruktur benötigt. Diese liegen jedoch bei den Betreibern der Infrastruktur und sind in der Regel nicht zugänglich. Es gibt derzeit kaum Möglichkeiten für die Breitbandpolitik in Deutschland an solche Daten zu gelangen. Zwar hat die BNetzA ein Messinstrument, welches die tatsächliche Leistungsfähigkeit eines Internetanschlusses messen kann, die Datenbasis ist jedoch noch aufgrund der geringen Verbreitung des Instruments vergleichsweise klein. Zudem können nicht alle Segmente der digitalen Infrastruktur, wie etwa Verbindungswege, mit diesem Instrument gemessen werden. Weiterhin lassen die von der BNetzA erhobenen Daten bisher keine internationalen Analysen zu, da sie aufgrund unterschiedlicher Standards nicht mit den Daten anderer Länder vergleichbar sind.

27 Measurement Lab (2015). Ein Bericht zur Analyse der Leistungsfähigkeit von Zusammenschaltungen. https://www.measurementlab.net/blog/interconnection_and_measurement_update/#new-opportunities-for-test-deployment-and-continued-analysis-of-interconnection-performance



Ein gutes Beispiel für eine international vergleichbare und systematische Breitbandmessung ist die nicht-kommerzielle Organisation Measurement Lab (M-Lab)²⁸. Die Organisation betreibt eine internationale Messplattform mit verschiedenen spezialisierten Tests. M-Lab's Plattform bietet weltweit, auch in Deutschland, technisches Equipment, wie etwa Server, und eine Reihe an spezialisierten Instrumenten für die Breitbandmessung zur freien Verfügung.

Mit diesen Instrumenten lassen sich nicht nur die wichtigen technischen Leistungsparameter messen, sondern vor allem auch die Verbindungswege zwischen den Netzwerken bei der Messung besser abdecken. Dies liegt daran, dass M-Lab einen starken Fokus bei den methodischen Details auf die Verbindungswege gelegt hat. So etwa lassen sich mit ihren Messinstrumenten die Wege für den Datentransport teilweise zurückverfolgen. Der Vorteil von einer wissenschaftlich getriebenen Plattform wie M-Lab ist, dass die Daten mit einer offenen Software produziert und vollständig veröffentlicht werden. Diese transparenten Standards gewährleisten, dass die Messungen möglichst objektiv, vergleichbar und reproduzierbar sind und die unbearbeiteten Daten auch für verschiedene Studien wieder benutzt werden können. Mehrere Staaten in Europa, z.B. die Niederlande, Belgien, Österreich und Griechenland, greifen auf die Mess-Infrastruktur und -Instrumente von M-Lab bereits zurück.

Ein weiteres gutes Beispiel für eine internationale und systematische Breitbandmessung ist das Atlas-Projekt der europäischen Internetregistratur RIPE²⁹. Mit einem Netzwerk aus vielen kleinen Messgeräten erhebt RIPE Atlas Daten über die Erreichbarkeit und Konnektivität von Netzwerkgeräten. Der besondere Vorteil des Projekts ist, dass der Fokus der Messung auf dem Internetverkehr liegt. Seit Jahren werden wertvolle Informationen über die Wege der Daten und die Topologie der Netzwerke gesammelt, die für eine Analyse des Verkehrsmanagements der digitalen Infrastruktur benötigt werden.

Für ein Gesamtbild über die Entwicklung der digitalen Infrastruktur in Deutschland werden mehrere Messinstrumente nötig sein, um die verschiedenen Aspekte der Breitbandmessung abdecken zu können. Hierzu gehört neben der Entwicklung der Geschwindigkeit bei Endkunden vor allem die Auslastung und Entwicklung von Engpässen an verschiedenen Stellen der Infrastruktur, sowohl bei den Endkunden als auch zwischen den Netzwerken, etwa bei den Zusammenschaltungspunkten, sowie eine effektive Überwachung des Verkehrsmanagements. Ein Instrument allein wird alle diese Aufgaben nicht wahrnehmen können. Daher sollte darüber nachgedacht werden, wie die Breitbandmessung in Deutschland sinnvoll ergänzt werden könnte.

Fazit

Die Erfahrungen mit anderen technischen Infrastrukturen, wie etwa dem Verkehrsnetz, oder der Energie- und Wasserversorgung, haben gezeigt, dass zu einer effektiven Infrastrukturpolitik empirische Untersuchungen notwendig sind. Nicht umsonst gibt es in Deutschland über 20 wissenschaftliche Einrichtungen, die

28 Auf die Webseite der Organisation wurde am 31.08.2017 zugegriffen. <https://www.measurementlab.net/about/>

29 Auf die Webseite der Organisation wurde am 01.09.2017 zugegriffen. <https://atlas.ripe.net/about/>



sich ausschließlich mit der Entwicklung der Verkehrsnetze beschäftigen³⁰.

Das Ziel der Bundesregierung ist eine schnelle und zuverlässige digitale Infrastruktur, damit die Potentiale einer modernen Internetnutzung in Deutschland voll entfaltet werden können. Weder in der Breitbandstrategie der Bundesregierung (2009) noch in der Digitalen Agenda (2014) wurden bisher Maßnahmen ergriffen wichtige Parameter der digitalen Infrastruktur empirisch zu untersuchen und so Grundlagen für künftige politische Entscheidungen zu schaffen. Alle großen Parteien fordern in ihren Wahlprogrammen für die Bundestagswahl 2017 gigabitfähige Netze³¹. Ohne Breitbandmessung ist jedoch keine vernünftige Breitbandpolitik möglich, die die ambitionierten Ziele wirklich erreichen wird.

Die bisherige Praxis für die Breitbandpolitik ein Ziel für eine flächendeckende Mindestgeschwindigkeit vorzugeben, führt zu einem verzerrten Bild darüber, wozu die Breitbandinfrastruktur tatsächlich in der Lage ist. Eine differenziertere Betrachtung von Geschwindigkeit und eine systematische Messung der Leistungsfähigkeit der digitalen Infrastruktur sollten die Basis für die Ziele der kommenden Breitbandpolitik werden. Um die tatsächliche Leistungsfähigkeit der digitalen Infrastruktur analysieren zu können, werden nicht nur Informationen über die Kapazität der Infrastruktur benötigt, sondern vor allem über die Auslastung. Hierzu müssen die wichtigen technischen Leistungsparameter, z.B. der Durchsatz, die Verzögerung sowie die Paketverlustraten an verschiedenen Stellen im Netz anhand fester Standards und transparenter Methoden gemessen werden. Um diese Daten selbst erheben zu können fehlt es der Breitbandpolitik jedoch derzeit an Messinstrumenten, die in der Lage dazu wären, diese Aufgaben der Breitbandmessung zu erfüllen.

Die Breitbandmessung in Deutschland steht dabei keineswegs am Anfang. Die BNetzA hat bereits ein Messinstrument entwickelt, welches die tatsächliche Geschwindigkeit bei den Endkunden messen kann. Um jedoch ein Gesamtbild über die Leistungsfähigkeit des Datentransportsystems zu erhalten und auch das Verkehrsmanagement der Netzbetreiber effektiv zu kontrollieren, wird eine systematische Breitbandmessung benötigt – eine Breitbandmessungspolitik.

Für eine Breitbandmessungspolitik kommt es insbesondere auf die Entwicklung von Standards und Methoden für die Messinstrumente an. Technische Details bei der Messung können zu erheblichen Unterschieden bei den Ergebnissen führen, was die politische Analyse erschwert. Die für die Messung gewählten Standards und Methoden sollten daher gut dokumentiert und öffentlich zugänglich sein, z.B. durch die Nutzung offener Software. Die erhobenen Daten sollten ebenfalls öffentlich zugänglich sein, damit sie vergleichbar und reproduzierbar, bzw. empirisch überprüfbar sind. Das vorhandene Potential der Netzwerkforschung in Deutschland sollte zudem gezielter für die Bedürfnisse der politischen Analyse genutzt werden, damit langfristig ein allgemeines Verständnis von Fakten über die Funktionsweise und die Leistungsfähigkeit der digitalen Infrastruktur geschaffen werden kann.

Kein Messinstrument wird die komplexen Aufgaben der Breitbandmessung

³⁰ Eine Liste der wissenschaftlichen Einrichtungen, die sich mit dem Verkehrsnetz beschäftigen: <http://www.german-sustainable-mobility.de/transport-education-germany/> ,
zugegriffen am 01.09.2017

³¹ <http://www.zeit.de/digital/internet/2017-08/bundestagswahl-netzpolitik-wahlprogramme-vergleich>



alleine bewältigen können. Die über Zeit gewonnene Expertise aus transparenter Datenerhebung und -analyse bildet den echten Mehrwert einer systematischen Breitbandmessung. Die globale und unabhängige Plattform zur Breitbandmessung, M-Lab, ist ein Beispiel dafür, wie die Expertise der Wissenschaft in Verbindung mit größtmöglicher Transparenz über Jahre zu einer wertvollen Ressource für die Breitbandpolitik in vielen Ländern geworden ist. Die nächste Legislaturperiode ist eine gute Gelegenheit, um den Werkzeugkoffer der deutschen Breitbandpolitik zu vervollständigen.

Anhang

Für eine systematische Breitbandmessung ist ein grundlegendes Verständnis der Begriffe und technischen Zusammenhänge wichtig. Nachfolgend wird eine Einleitung in die Breitbandmessung gegeben und die Begriffe Geschwindigkeit, Verzögerung (Latenz) und ihre Varianz sowie der Paketverlust werden in verständlicher Sprache erklärt.

Wie funktioniert Breitbandmessung?

Breitbandmessung ist eng verknüpft mit der Architektur und Funktionsweise des Internets. Das Internet ist kein neues physisches Netzwerk. Es ist stattdessen eine Methode der Zusammenschaltung bestehender physikalischer Netzwerke und eine Reihe von Konventionen für die Nutzung von Netzwerken, die es den Computern erlaubt zu interagieren.

Um über die Netzwerke Informationen austauschen zu können, wird eine Verbindung zwischen zwei Computern - zwei Enden - hergestellt. Die Qualität dieser Verbindung zwischen zwei Enden kann durch eine Reihe von technischen Parametern beschrieben werden: Geschwindigkeit, Latenz und Jitter sowie die Paketverlustrate³². Diese Parameter wirken sich unterschiedlich auf die Performanz einer Internetanwendung aus.

Die Methoden und Konventionen, wie etwa die Nutzung bestimmter Transportprotokolle, die Wahl der Transportwege (Routing) oder die Adressierung der Geräte (IP-Adresse), sind in verschiedenen Organisationen über Zeit geschaffen worden, um den Datentransport zwischen den lokalen und globalen Netzwerken zu ermöglichen. Ein Grundprinzip der Funktionsweise des Internets ist dabei die Unabhängigkeit der zusammengeschalteten Netzwerke. Die konkrete Gestaltung und Wartung eines Netzwerks unterliegt dem jeweiligen Betreiber eines Netzwerks. Mit der Privatisierung der Telekommunikationsnetze sind kommerzielle Unternehmen entstanden, die diese Aufgaben wahrnehmen und einen Großteil der öffentlichen digitalen Infrastruktur betreiben. Sie sorgen dabei für den reibungslosen Ablauf des Datenverkehrs, gewährleisten die globale Konnektivität und stellen den Zugang zur Infrastruktur bereit.

Da kein Netzwerk in der Lage ist, alle Transportanfragen alleine zu verarbeiten, sind die Betreiber darauf angewiesen ihr Netzwerk mit anderen Netzwerken zu verbinden

³² Abschlussbericht "Netzneutralität" der Enquete-Kommission für Internet und digitale Gesellschaft (2012) S.2.



(Interconnection). Der Großteil aller Transporte ist daher ein Zusammenwirken mehrerer Netzwerke und jedes Teilstück einer Verbindung kann dabei potentiell zu einem Engpass für den schnellen Datentransport werden. Ein Beispiel: Sie verfügen über einen Internetanschluss der nächsten Generation und Ihr Internetanbieter stellt Ihnen eine Download-Datenübertragungsrate von 500 Mbit/s in Aussicht. Sie erreichen diese Geschwindigkeit auch tatsächlich in Ihrem Anschlussbereich. Wenn Sie jedoch durch das Internet "surfen", werden Sie diese Geschwindigkeit mit hoher Wahrscheinlichkeit nur selten erleben. Werden Ihre Daten beispielsweise von einem Server gesendet der diese Geschwindigkeit nicht leisten kann oder werden ihre Daten durch ein Netzwerk transportiert, welches nicht auf solch hohe Geschwindigkeit ausgerichtet ist, oder welches gerade überlastet ist, werden Sie sich weiterhin beim Download gedulden müssen.

Geschwindigkeit ist ein zentrales Kriterium für den Transport von Daten über die Netzwerke. Allgemein kann hierbei zwischen Bandbreite und Durchsatz unterschieden werden. Bandbreite ist die maximale Datentransportgeschwindigkeit in einem Teilstück einer Verbindung. Unterteilt man eine Ende-zu-Ende Verbindung in einzelne Streckenabschnitte (hops), determiniert das Teilstück einer Verbindung mit der geringsten Bandbreite die Geschwindigkeit der gesamten Verbindung. In der Regel ist dies die letzte Meile, also das letzte Teilstück einer Verbindung vom Internetanbieter zum Hausanschluss. Dies liegt vor allem an den physikalischen Grenzen der häufig genutzten Übertragungstechnologien über das Telefonnetz (Kupferkabel) oder das Kabelfernsehnetz (Coaxial-Kabel).

Mit **Durchsatz** ist die tatsächliche Menge an Daten gemeint, die in einer Zeiteinheit übertragen wird. Beide Geschwindigkeitsparameter werden angegeben in Megabit pro Sekunde (Mbit/s). Analog zum Straßenverkehr könnte Bandbreite etwa als zulässige Höchstgeschwindigkeit gelten und Durchsatz als die tatsächliche Geschwindigkeit mit der sich die Autos bewegen. Typischerweise ist die tatsächliche Geschwindigkeit niedriger, als die maximal zulässige Geschwindigkeit - so auch beim Datentransport. Staus sind die Hauptursache, welche den Durchsatz einer Verbindung reduziert. Internetanbieter und Politiker sprechen häufig über Geschwindigkeit ohne zwischen Bandbreite und Durchsatz zu differenzieren. Da beide mit derselben Maßeinheit angegeben werden kommt es häufig zu Irritationen, welche Geschwindigkeit dem Nutzer am Ende tatsächlich zur Verfügung steht.

Ein Datenpaket hat immer einen Sender und einen Empfänger, woraus sich die Datenübertragungsrate für den Versand (Upload) und den Empfang (Download) ergibt. Die meisten privaten Internetnutzer sind besonders an einer hohen Datenübertragungsrate im Download interessiert, da sie in der Regel Inhalte konsumieren, also empfangen. Viele Unternehmen, insbesondere Produzenten von Inhalten, sind jedoch darauf angewiesen, Daten möglichst schnell zu versenden. Deswegen werden in der Breitbandmessung zumeist sowohl die Download- als auch Uploadgeschwindigkeit gemessen. Sind beide Richtungen etwa gleich schnell spricht man auch von einer symmetrischen Datenübertragungsrate. Geschwindigkeit gilt häufig als der wichtigste Faktor einer Internetverbindung. Je nachdem, wofür ein Internetanschluss verwendet wird, spielen die nachfolgenden Parameter jedoch mindestens eine ebenso große Rolle.

Latenzzeit ist ein Maß für die Verzögerung in der Datenkommunikation. Sie misst die Zeit in Millisekunden, die ein Datenpaket benötigt um von einem Ende, beispielsweise Ihrem Computer, zum anderen Ende der Verbindung, beispielsweise einen Webserver, übertragen zu werden. Normalerweise determinieren der physische Standort und die Konfiguration der miteinander kommunizierenden Geräte die Verzögerung. Einige besonders populäre Anwendungen die über die digitale Infrastruktur angebo-



ten werden, z.B. Videotelefonie oder Online-Spiele, sind angewiesen auf eine kurze Verzögerung. Eine multinationale Gruppen-Videokonferenz im Büro in hoher Qualität stellt daher besondere Anforderungen an den Datentransport. Eine Verzögerung von einigen hundert Millisekunden ist hierbei keine Seltenheit und reicht bereits aus, so dass Sie Ihre Kollegen nur verzögert hören werden.

Jitter ist die Abweichung vom Mittelwert der Verzögerung. Sie gibt Auskunft darüber wie gleichmäßig die Datenpakete zu ihrem Ziel transportiert werden. In der Regel deutet ein höherer Jitter-Wert auf Verkehrsprobleme auf dem Weg hin, wie etwa Staus durch Überlastung des Netzwerks an einem Zusammenschluss mit einem anderen Netzwerk (Router) oder einer Weggabelung (Switch). Eine Anwendung, die sensibel ist für Verzögerungen, wie etwa Sprach- oder Videotelefonie, wird bei größeren Abweichungen eventuell nicht einwandfrei funktionieren, da einige Pakete länger brauchen als andere oder sogar ganz auf ihrem Weg verloren gehen.

Paketverlust ist ein weiterer essentieller Indikator für die Dienstqualität in der Breitbandmessung. Hierbei wird die Anzahl der Pakete gemessen, die während eines Transports verloren gegangen sind. Meistens wird der Prozentwert angegeben von der gesamten Anzahl übertragener Datenpakete. Auf ihrem Weg werden Datenpakete von den Routern in den Netzwerken weitergeleitet, um an ihr Ziel zu gelangen. Ein Router kann nur eine bestimmte Anzahl an Paketen gleichzeitig verarbeiten. Übersteigt die Anzahl der Pakete die Kapazitäten eines Routers stauen sich die Pakete in einer Schlange auf. Ein Router kann dabei nur so viele Datenpakete in der Schlange halten wie es sein verfügbarer Speicherplatz zulässt. Wenn der Zwischenspeicher eines Routers voll ist, gehen die Pakete verloren. Deshalb ist der Paketverlust ein Maß für Staus im Internetverkehr. Paketverluste sind in geringem Umfang zu erwarten, da die digitale Infrastruktur praktisch immer stark genutzt wird. Jedoch sind hohe Paketverlustraten besonders frustrierend, da sie das Nutzererlebnis bei Anwendungen erheblich beeinflussen, z.B. ein Gespräch, ein Video oder Spiel bricht einfach ab.

Andere Faktoren, die ebenfalls die Performanz und das Nutzererlebnis einer Internetverbindung stark beeinflussen, werden eher seltener in Verbindung mit Breitbandmessung genannt. Dies ist vor allem die Leistungsfähigkeit der eingesetzten Hardware, z.B. Rechen- und Speicherkapazität der Router im Netzwerk aber auch der Endgeräte zuhause, wie etwa dem Heimrouter oder dem Computer, sowie der eingesetzten Software, z.B. durch eine effiziente Ressourcenverwaltung. Die Transportprotokolle im Internet haben einen erheblichen Einfluss darauf wie die Pakete durch die Netzwerke gereicht werden, z.B. ob die Verbindung eher auf Geschwindigkeit oder Zuverlässigkeit optimiert wird.

Es gibt verschiedene Ansätze in der Breitbandmessung, die voneinander unterschieden werden können. Damit z.B. Anbieter von Inhalten ihre Datenpakete zu den Endkunden transportieren können, müssen sie diese in der Regel durch mehrere Netzwerke schicken. Auf diesem Weg kann an verschiedenen Stellen in einem der Netzwerke ein Engpass entstehen, z.B. durch Überlastung auf einem Teilstück der Verbindung. Um das Verhalten der meisten Internetnutzer in der Breitbandmessung zu erfassen, müssen Datenpakete daher vom Endgerät eines Nutzers zu einem Mess-Server außerhalb des eigenen Netzwerks geschickt werden (Inter-Network Measurement), z.B. zu einem Server in einem Datenzentrum oder einem Internetknoten. Hierbei gilt, je länger der Weg zwischen den zwei Enden ist, desto größer wird die Latenz. Da die Datenpakete meist unterschiedliche Routen nehmen, je nach Konfiguration der Netzwerkgeräte, steigt bei einem längeren Weg auch die Wahrscheinlichkeit, dass Pakete unterschiedliche Latenzzeiten haben werden, also der Jitter-Wert steigt. Manche Messungen werden gezielt



innerhalb eines Netzwerks durchgeführt (Intra-Network Measurement). So kann beispielsweise bestimmt werden wie die Verbindung eines Hausanschlusses zum Internetanbieter ist.

Es gibt viele Wege diese technischen Parameter zu messen. Entscheidend sind daher bei jeder Datenerhebung und -analyse vor allem empirische Grundsätze, wie Objektivität, Vergleichbarkeit und Reproduzierbarkeit. Den Internetverkehr an bestimmten Stellen im Netzwerk zu messen ist dabei genauso wichtig wie auch einzelne Streckenabschnitte oder ganze Routen zu messen. So erst entsteht ein Gesamtbild des komplexen Datentransportsystems, das für das Funktionieren des Internets von vitaler Bedeutung ist.

Häufig ist die Suche nach der Ursache von Verbindungsproblemen nicht leicht, da die Routen dynamisch sind und die Datenpakete Netzwerke mit unterschiedlichen Konfigurationen und Kapazitäten durchqueren. Die hier vorgestellten technischen Parameter geben lediglich einen ersten Hinweis darauf, wie leistungsfähig eine Verbindung ist oder wo Engpasssituationen entstehen. Die Ergebnisse mehrerer Messungen unterscheiden sich stark, je nachdem wie, wo und wann gemessen wurde. Einzelne Ergebnisse lassen nur Rückschlüsse auf den momentanen Zustand einer Verbindung und dessen Auswirkung auf verschiedene Internetanwendungen zu. Eine umfassende Messung des Internetverkehrs ist aufgrund der schieren Größe des Internets technisch zu aufwendig, weswegen die Messung der technischen Qualitätsparameter meist nur in Stichproben durchgeführt werden kann. Um beispielsweise aus der Breitbandmessung allgemeine Erkenntnisse für politische Zwecke zu erhalten, müssen diese Unterschiede bei der Datenerhebung und -analyse beachtet werden.

Wichtige Begriffe

Begriff	Synonyme	Bedeutung
Bandbreite (Mbit/s)	(Leitungs-) Kapazität	Die theoretisch maximal zur Verfügung stehende Übertragungskapazität einer Verbindung.
Durchsatz (Mbit/s)	Datenrate, Bitrate, Nutzdatenrate, Datenübertragungsrate	Die Anzahl der Datenpakete die pro Zeiteinheit auf einem Teilstück einer Verbindung übertragen werden.
Latenz (Millisekunden)	Latenzzeit, Verzögerung	Verzögerung der Datenpakete beim Transport von einem zum anderen Ende der Verbindung. Wirkt sich stark auf verschiedene Anwendungen, z.B. Videostreaming aus. Wird die Zeit gemessen, die ein Paket für den Hin- und den Rückweg benötigt, wird von der Paketumlaufzeit gesprochen.
Jitter (Millisekunden)	Latenzvarianz	Abweichung vom Mittelwert der Verzögerung. Ungleichmäßigkeit der Verzögerung ist vor allem ein Zeichen für Überlastung der Netzwerke.
Paketverlustrate (%)		Anzahl der Datenpakete die beim Transport verloren gegangen sind gemessen in Prozent von der Gesamtzahl übertragener Pakete. Ebenfalls ein Zeichen für Überlastung der digitalen Infrastruktur.



Über die Stiftung Neue Verantwortung

Think Tank für die Gesellschaft im technologischen Wandel

Neue Technologien verändern Gesellschaft. Dafür brauchen wir rechtzeitig politische Antworten. Die Stiftung Neue Verantwortung ist eine unabhängige Denkfabrik, in der konkrete Ideen für die aktuellen Herausforderungen des technologischen Wandels entstehen. Um Politik mit Vorschlägen zu unterstützen, führen unsere Expertinnen und Experten Wissen aus Wirtschaft, Wissenschaft, Verwaltung und Zivilgesellschaft zusammen und prüfen Ideen radikal.

Björn Boening

Björn Boening ist Leiter des Measurement Lab (M-Lab) EU-Projekts. Gemeinsam mit anderen Experten im M-Lab Team koordiniert er den Aufbau und die Weiterentwicklung einer unabhängigen, gemeinschaftsbasierten Plattform zur Messung von Internet-Leistungsdaten. Die hierfür entwickelten Testverfahren werden weltweit von Regierungsbehörden, Wissenschaftlern, Firmen und zahlreichen Internetnutzern eingesetzt, um sich über den Zustand der Internetverbindung zu informieren. Björn hat Politikwissenschaft und Jura an der LMU München und Public Policy an der Hertie School of Governance in Berlin studiert. Während des Studiums forschte und arbeitete er unter anderem für die Weltbank, die Münchener Sicherheitskonferenz und den Versicherungskonzern Allianz. Als Datenanalyst engagierte er sich ehrenamtlich in verschiedenen gemeinnützigen Projekten. Vor dem Studium durchlief Björn eine Offiziersausbildung bei der Luftwaffe.



Impressum

stiftung neue verantwortung e. V.
Beisheim Center
Berliner Freiheit 2
10785 Berlin

T: +49 (0) 30 81 45 03 78 80

F: +49 (0) 30 81 45 03 78 97

www.stiftung-nv.de

info@stiftung-nv.de

Design:

Make Studio

www.make-studio.net

Layout:

Johanna Famulok

Kostenloser Download:

www.stiftung-nv.de



Dieser Beitrag unterliegt einer CreativeCommons-Lizenz (CC BY-SA). Die Vervielfältigung, Verbreitung und Veröffentlichung, Veränderung oder Übersetzung von Inhalten der stiftung neue verantwortung, die mit der Lizenz „CC BY-SA“ gekennzeichnet sind, sowie die Erstellung daraus abgeleiteter Produkte sind unter den Bedingungen „Namensnennung“ und „Weiterverwendung unter gleicher Lizenz“ gestattet. Ausführliche Informationen zu den Lizenzbedingungen finden Sie hier:

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>