

Warum das Netz hält:

Die Internetinfrastruktur in Zeiten von COVID-19

von Dr. Christoph Dietzel, Global Head of Products & Research at DE-CIX

Die Rolle des einst zu Forschungszwecken aufgebauten Netzes von Teilnetzen, heute bekannt als das Internet, hat sich innerhalb weniger Jahrzehnte zu einem omnipräsenten Kommunikations- und kommerziellen Ökosystem gewandelt. Ende 2018 nutzten mehr als 50 Prozent der Weltbevölkerung, also 3,9 Milliarden Menschen aus allen Ländern der Welt, das Internet – Tendenz steigend. Laut einer Einschätzung von Cisco¹ werden im Jahr 2023 weltweit 29,3 Milliarden Geräte an das Internet angeschlossen sein (das wären 3,6 Geräte pro Erdbewohner), die zu Spitzenzeiten insgesamt 1.209 Terabit pro Sekunde (Tbps) Internetverkehr senden und empfangen werden – das sind umgerechnet ungefähr 48 Millionen parallele Netflix 4K-Streams. Der Datenverkehr der Zukunft wird nach diesen Einschätzungen also enorme Ausmaße annehmen.

COVID-19 verändert die Internetnutzung – kommt das Netz an seine Grenzen?

Welche tragende Rolle das Internet in unserer Gesellschaft gegenwärtig spielt, nehmen wir insbesondere in diesen Tagen durch die COVID-19 Krise wahr. Die Arbeit wird kurzerhand ins Home-Office verlegt, wir nutzen das Internet um mittels Videotelefonie mit Freunden und Kollegen in Kontakt zu bleiben, kleine Vereine, die bisher lediglich eine Webseite hatten, nutzen Streaming um Trainingseinheiten zu übertragen oder das Internet dient schlicht dem Entertainment in Form von Online-Computerspielen oder Videostreaming. Durch diese Veränderungen konnte an verschiedenen Beobachtungspunkten im Internet in den letzten Wochen ein deutlich gesteigener Datenverkehr verzeichnet werden. Am [weltgrößten Internetknoten in Frankfurt am Main](#) ist der übertragene Internetverkehr zu Spitzenzeiten über 10 Prozent auf 9,1 Terabit pro Sekunde gewachsen, an kleineren Internetknoten (gemessen am Datendurchsatz), wie zum Beispiel [DE-CIX Düsseldorf](#), sogar um mehr als 20 Prozent. Insbesondere der Datenverkehr für Dienste, die im Home-Office benötigt werden, wie Skype oder Zoom, sind teilweise bis zu 100 Prozent gestiegen. Der Online- und Cloud-Gaming Traffic steigerte sich um 50 Prozent.

Mit Blick auf diese signifikanten Veränderungen unseres Internet-Nutzungsverhaltens stellen sich die folgenden Fragen: „Wie viel kurzfristiges Wachstum verträgt das Internet überhaupt und was sind die begrenzenden Faktoren?“ Zunächst einmal wurde die offene Internetarchitektur vor über 50 Jahren mit wichtigen Designentscheidungen, wie technologische Unabhängigkeit der einzelnen Teilnetze, best-effort Paketvermittlung und ohne globale Kontrolle, konzipiert. Im Detail haben sich das Internet und all die beteiligten Technologien extrem weiterentwickelt – viele der grundlegenden Protokolle und Konzepte

¹ Cisco, *Cisco Annual Internet Report (2018–2023) White Paper*, tech. rep., <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>, 2018 (updated 2020).

(wie z.B. IP, BGP oder TCP) wurden zumeist jedoch nur in wichtigen Details erweitert. Die Gesamtheit dieser Entscheidungen ist die Grundlage für das phänomenale Wachstum des Internets über die letzten Jahrzehnte. Daher kann es auch kurzfristige Anstiege von Datenverkehr, wie wir sie gegenwärtig beobachten, problemlos bewältigen.

Teilnetze gewährleisten die Stabilität

Die vereinfacht dargestellte Struktur des Internets besteht aus drei unterschiedlichen Arten von Teilnetzen, die immer administrative Domänen abbilden und damit direkt einzelnen Unternehmen zugeordnet werden können: **Endkundennetze** (DSL, UMTS/LTE oder Kabel-Anbieter), **Transportnetze** und **Dienstbetreibernetze** (von dort werden Dienste übermittelt, sie sind oft auch als Content-Delivery-Networks, kurz CDNs, oder leistungserbringende Netze bekannt). Um einen Videostream konsumieren zu können, wird eine Anfrage vom Nutzer zu einem Server des Anbieters geschickt. Dabei wird das Datenpaket zunächst im Endkundennetz (beim Nutzer) zu einem Übergabepunkt transportiert, wo es entweder an ein Transportnetz oder direkt an das Dienstbetreibernetz übergeben wird. Diese Übergabepunkte sind unter anderem Internetknoten wie der DE-CIX in Frankfurt. Falls ein Transportnetz dazwischengeschaltet ist, stellt dieses die Zustellung durch seinen weltumspannenden Backbone sicher.

Um zu verstehen, wo in der derzeitigen Krise potentiell Engpässe entstehen können, müssen die drei eben genannten Komponenten genauer betrachtet werden: Die **Endkundennetze**, also jene Teilnetze die uns mit einem Breitbandanschluss wie z.B. mit DSL, UMTS/LTE oder Kabel versorgen, **Transportnetze**, die vereinfacht ausgedrückt alle Netze zwischen dem Endkundennetz und dem leistungserbringenden Netz darstellen, sowie **Dienstbetreibernetze**. In einer Krise wie der aktuellen können in diesen drei Netzarten, durch einen sprunghaften Anstieg des Datenverkehrs, Engpässe entstehen.

Der limitierende Faktor im Endkundennetz kann zum Beispiel die Anschlusskapazität des DSL-Anschlusses sein, in diesem Fall also weniger eine technische Beschränkung als eine kommerzielle Einschränkung. Wichtiger für die Fragestellung ist, dass die Betreiber von Endkundennetzen ausreichende Kapazitäten innerhalb ihres Netzes vorhalten müssen. Es muss jederzeit genügend Kapazität vorhanden sein, um den erforderlichen Datenverkehr aus den Haushalten oder Büros durch die Endkundennetze zu den Übergabepunkten, und von dort aus in andere Netze (wie Transport- oder Dienstbetreibernetze) transportieren zu können.

Um einem limitierten Datenverkehr beim Endnutzer vorzubeugen, werden im heutigen modernen Internet nicht mehr alle Inhalte direkt von den jeweiligen CDN-Servern zum Endkunden transportiert. Häufig werden beliebte Inhalte bereits auf Servern zur Verfügung gestellt, die sich direkt im Endkundennetz befinden und sie müssen daher nur einmalig dorthin übertragen werden. Ein populärer neuer Film, der auf Streaming-Plattformen angeboten wird,

muss nur einmalig auf einen sogenannten Cache-Server im Endkundennetz übertragen werden – das betrifft heute bis zu 50% der Fälle. Für die finale Auslieferung zu den Kunden muss die Netzkapazität beim Endkunden zwar trotzdem weiterhin vorgehalten werden, allerdings bietet es ein erhebliches Einsparpotential an den Netzübergängen (zuvor als Übergabepunkte beschrieben).

Netzübergänge als Flaschenhalse

Potentielle Engpässe können auch an den Netzübergängen entstehen. Damit sind die kritischen Verbindungen und Übergabepunkte zwischen den einzelnen Teilnetzen (Endkundennetze, Transportnetze und Dienstbetreibernetze) gemeint, die das gesamte Ökosystem der Netze zum Internet vereinen. Technisch gesehen kann das eine direkte Verbindung mittels Glasfaser, oder auch einer der 880 Internetknoten weltweit sein, die diese Teilnetze miteinander verbinden.

Eben diese Netzübergänge können bei unzureichendem Ausbau die Flaschenhalse des Internets werden und somit bei explosionsartig wachsendem Datenverkehr die Verfügbarkeit von Diensten einschränken. Dabei bieten beispielsweise die Austauschplattformen von Internetknoten kontinuierlich ausreichende Kapazität und werden im Allgemeinen nur zu etwa 50 Prozent ausgelastet. Folglich sind an dieser Stelle die Anschlüsse (also die angeschlossenen Kapazitäten) der beteiligten Teilnetze, die am Internetknoten ihren Datenverkehr austauschen, der limitierende Faktor. Wenn mehr Datenverkehr von allen an dem Internetknoten angeschlossenen Teilnetzen (z.B. Endkundennetze) zu einem anderen Teilnetz (z.B. Dienstbetreibernetz) fließen soll, als dieser über Anschlusskapazität am Internetknoten verfügt, wird ein Teil des Datenverkehrs zwangsläufig verworfen. Typische Anschlusskapazitäten erlauben Übertragungsraten von 1 Gbps, 10 Gbps, 100 Gbps oder sogar 400 Gbps, diese können beliebig aufgestockt oder kombiniert werden.

Neben der Betrachtung des Dienstbetreibernetzes an sich und der Anschlusskapazität an Netzübergängen wie einem Internetknoten müssen Dienstanbieter selbstverständlich auch ausreichend Serverinfrastruktur vorhalten, um der derzeitigen gestiegenen Nutzung standzuhalten. Außerdem ist es sinnvoll, die entsprechenden Server näher an die Endkunden zu bringen. So befinden sich beispielsweise Netflix-Filme, die in Deutschland gestreamt werden nicht in einem amerikanischen, sondern in einem deutschen Rechenzentrum.

Der weltgrößte Internetknoten als Blaupause für die COVID-19 Veränderungen im Datenverkehr

Bei einer detaillierten Analyse am Internetknoten DE-CIX in Frankfurt am Main, sowie am Standort DE-CIX Madrid, wurde eine Aufteilung des Datenverkehrs in verschiedene Dienstklassen – Video on Demand (VoD), Collaborative Working und Gaming – vorgenommen, bei der das Volumen des Datenverkehrs und die Anzahl der Benutzer über einen Zeitraum von mehreren Wochen (vor und während den einschränkenden Maßnahmen durch COVID-19)

betrachtet wurde. Dabei ergeben sich drei Kurven, jeweils für Maximum, Durchschnitt und Minimum des Datenverkehrs² (Abb. 1).

Abb. 1

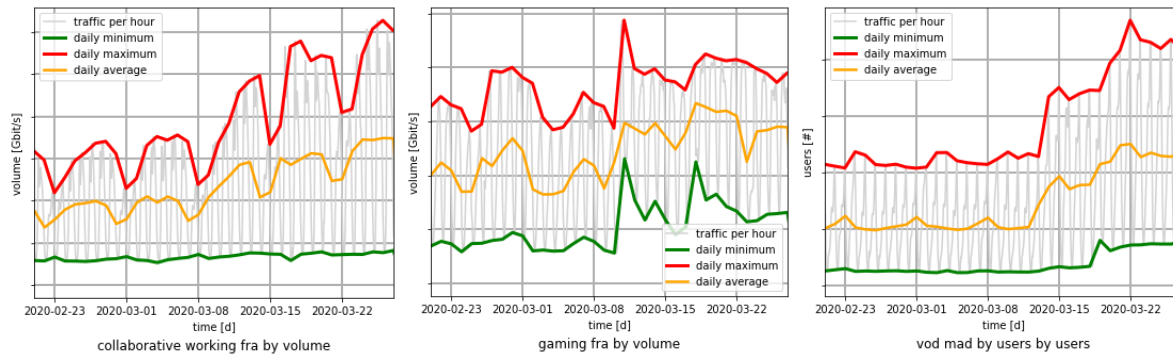


Abb. 1.1

Abb. 1.2

Abb. 1.3

Es können signifikante Änderungen beobachtet werden, die in den verschiedenen Ländern sehr gut mit den verordneten Einschränkungen im öffentlichen Leben korrelieren. In Abb. 1.1 klar erkennbar sind die Wellen des Datenverkehrs von Collaborative-Working-Tools in Frankfurt, die sich jeweils über eine Woche erstrecken. An den Wochenenden wird weniger gearbeitet und beispielsweise auch deutlich weniger Videotelefonie benutzt, folglich fällt der Datenverkehr zu diesen Zeiten ab.

Ein gegenteiliges Muster kann beim Online-Computerspiele Datenverkehr (Abb. 1.2) in Frankfurt beobachtet werden. Üblicherweise ist die Nutzung am Wochenende deutlich höher als an Wochentagen – seitdem das öffentliche Leben eingeschränkt wurde, kann man, neben einem Plus von 50 Prozent des durchschnittlichen Peak-Traffics, sehen, wie die Nutzung unter der Woche deutlich näher am Wochenendniveau liegt. Es scheint gegenwärtig mehr Zeit für Spiele zu bleiben, vor allem zusätzlich unter der Woche.

Ähnliche Phänomene konnten auch in anderen Ländern beobachtet werden. In Madrid (Abb. 1.3) wurde ein erheblicher Anstieg von Nutzern der VoD-Angebote registriert – ein Plus von 120 Prozent. Diese Werte wurden dabei über die Anzahl der beobachteten IP-Adressen bestimmt, es könnte sich demzufolge bei Zugangnetzen (Endkundennetzen) auch um einen ganzen Haushalt handeln, was die Zahl der einzelnen Nutzer weiter erhöhen würde.

² Gemäß §21 des deutschen Telekommunikationsgesetzes ist es DE-CIX als Betreiber kritischer Infrastrukturen nicht erlaubt, genauere Angaben der sensiblen Zahlen im Detail zu veröffentlichen und Daten an Dritte weiterzugeben. Wir bitten um Verständnis.

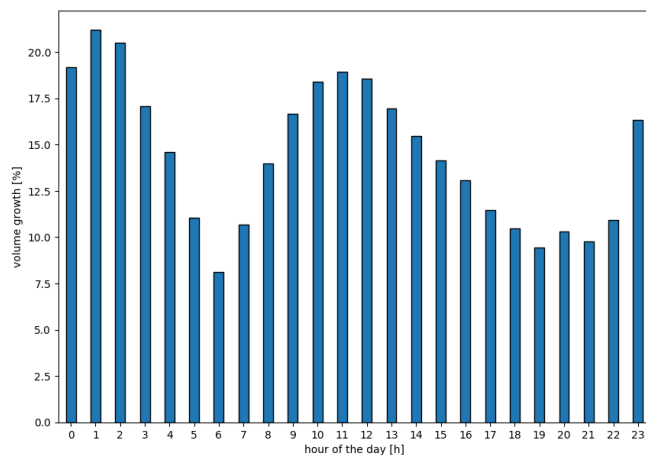


Abb. 2: Wachstum des Datenverkehrs in Frankfurt im Vergleich zu Ende Februar, stündliche Verteilung am Tag

Bei der Betrachtung der relativen Veränderungen des übertragenen Datenverkehrs (über alle Dienstklassen hinweg) in Frankfurt (Abb. 2) zeigt sich, dass die größte Verschiebung in den späten Abend-, bzw. sehr frühen Morgenstunden stattfindet: bis zu 20 Prozent mehr Datenverkehr als vor der COVID-19 Krise zwischen 0 und 2 Uhr nachts. Das lässt vermuten, dass deutlich mehr Nutzer morgens länger schlafen können und deshalb abends und nachts das Internet länger nutzen. Eine weitere relativ deutliche Veränderung kann am Vormittag und in den Mittagstunden beobachtet werden: Hier steigt der Verkehr um bis zu 18 Prozent im Vergleich zu vor COVID-19. Dies ist vermutlich einerseits durch eine Verlagerung der Arbeit ins Home-Office und der damit verbundenen Nutzung des Internets inklusive Videotelefonie zu erklären, andererseits durch Kurzarbeit und der damit verbundenen neugewonnenen Zeit für Videostreaming oder Online-Computerspiele.

Das Netz hält, aber wie lange?

Insgesamt kann das Internet aus technologischer Sicht, sowohl in den Endkundennetzen als auch insbesondere an den Übergabepunkten, dem Ansturm der letzten Wochen ausgesprochen gut standhalten. Nicht zuletzt, weil über die vergangenen Jahre ohnehin ein erhebliches globales Wachstum im weltweiten Datenverkehr zu verzeichnen war und die Internetindustrie nun lediglich ein antizipiertes, kurzfristig aufgetretenes Wachstum abfedern musste. Man kann also von einer beschleunigten Digitalisierung sprechen, auch in Hinblick auf die Entwicklungen im Bereich Home-Office oder virtueller Events. Home-Office wurde gezwungenermaßen flächendeckend eingeführt, dadurch konnte festgestellt werden, dass virtuelles Arbeiten gut funktioniert und bei Bedarf auch über die COVID-19 Maßnahmen hinaus häufiger als vor der Krise integriert werden kann. Auch virtuelle Events erleben momentan einen großen Aufschwung. Obwohl die digitalen Alternativen den persönlichen Austausch nicht vollständig ersetzen können, gibt es viele gelungene Online-Formate, die den Teilnehmer*innen ein hochwertiges Event bieten und unter anderem eine lange Anfahrt ersparen können.

Mittel- bis langfristig kann es für die gesamte Internetinfrastruktur Herausforderungen geben, die jeder anderen Industrie ebenfalls bevorstehen. Durch die Einschränkung der Bewegungsfreiheit können Wartungen oder Erweiterungen an den Geräten in den Rechenzentren nicht immer wie geplant stattfinden. Das ist kurzfristig kein Problem, da jederzeit ausreichende Reserven vorgehalten werden, und die Automatisierung in

Rechenzentren (z.B. [Patch-Roboter bei DE-CIX in Frankfurt](#), die selbstständig Upgrades von Kundenkapazitäten durchführen können) teilweise recht weit vorangeschritten ist. Sollte die momentane Situation über weitere Monate anhalten, könnte allerdings irgendwann der Punkt erreicht werden, an dem dringender Handlungsbedarf besteht. Im Hinblick auf die Lieferketten der eingesetzten Hardware könnte es beispielsweise zu Lieferverzögerungen kommen. Die Fertigung von Routern, Switchen oder optischer Ausrüstung findet überwiegend in Asien statt. Da diese Geräte in Benutzung ständigen physischen Belastungen ausgesetzt sind, werden sie früher oder später ersetzt werden müssen, wobei die typischen Zyklen dafür eher in Jahren bemessen werden können – und eine über Jahre andauernde Krise inklusive verzögerter Lieferungen ist doch eher unwahrscheinlich.

Fazit: Das Virus als Treiber der Digitalisierung

Eines geht klar und deutlich aus der aktuellen Situation hervor: Das Netz hält! Auch in Phasen der Maximalbelastung wie einem globalen Shutdown. Doch während der weltweiten Pandemie haben sich auch einige Schwachstellen der digitalen Infrastruktur gezeigt, die teilweise direkt beim Nutzer spürbar sind, oder langfristig spürbar werden. Ob es um die Herausforderungen in den Teilnetzen des Internets, an den Netzübergängen oder der letzten Meile (dem Endkundenanschluss) geht: Letztendlich liegt es in der Verantwortung der jeweiligen Betreiber, ausreichend Kapazitäten vorzuhalten und je nach Notwendigkeit vorausschauend auszubauen. Das muss nun, in der aktuellen Krise, unerwartet, schneller als geplant und flächendeckend vorstattengehen. Das wiederum beschleunigt die Digitalisierung stark, mit dem Coronavirus als äußerst ungewöhnlichem Treiber. Disruptive Technologien, wie 5G, werden die Herausforderungen und Ansprüche an das Internet vorantreiben. Nur wenn alle Partizipanten der Internetinfrastruktur auf ihre Art und Weise funktionieren, Innovation vorantreiben und sich ausnahmslos verlässlich zeigen, kann das einst zu Forschungszwecken vor Jahrzehnten aufgebaute Netz von Teilnetzen den Ansprüchen der Menschen auch in Zukunft gerecht werden.