Videostreaming: Energiebedarf und CO_2-Emissionen

Hintergrundpapier

Das Wichtigste in Kürze

- Eine Stunde Video-Streaming in Full-HD-Auflösung benötigt 220 bis 370 Wattstunden elektrische Energie, abhängig vom verwendeten Endgerät. Das verursacht etwa 100 bis 175 Gramm Kohlendioxid (CO_2), also ähnlich wie die Emissionen eines Kleinwagens bei einem Kilometer Autofahrt.
- Der Energiebedarf des Video-Streamings hängt stark davon ab, mit welcher Auflösung gestreamt wird. Wird statt mit HD-Auflösung mit einer Auflösung von 4K gestreamt, können pro Stunde fast 1.300 Wattstunden an elektrischer Energie benötigt werden, was in etwa einer Emission von 610 Gramm CO_2 entspricht..
- Effizienzverbesserungen können künftig zu einer Absenkung des Energiebedarfs des Videostreamings führen. Der Trend zu größeren Bildschirmen und höheren Auflösungen kann diese Entwicklung aber auch kompensieren.
- Wer den Energiebedarf und die CO_2-Emissionen beim Streamen senken will, kann dies durch die Wahl der Auflösung und des Endgeräts stark beeinflussen. Videostreaming muss nicht mehr Energie benötigen als klassisches Fernsehen oder als die Nutzung von DVDs oder Blu-ray-Disks.
- Die Klimawirkung von Videostreaming kann deutlich reduziert werden, wenn es gelingt, die vorhandenen Effizienzpotenziale bei den Streaming-Diensten sowie in den Rechenzentren und Netzen auszuschöpfen und die digitalen Infrastrukturen mit regenerativ erzeugtem Strom zu betreiben.

Borderstep Institut für
Innovation und Nachhaltigkeit
Wissen das bewegt.

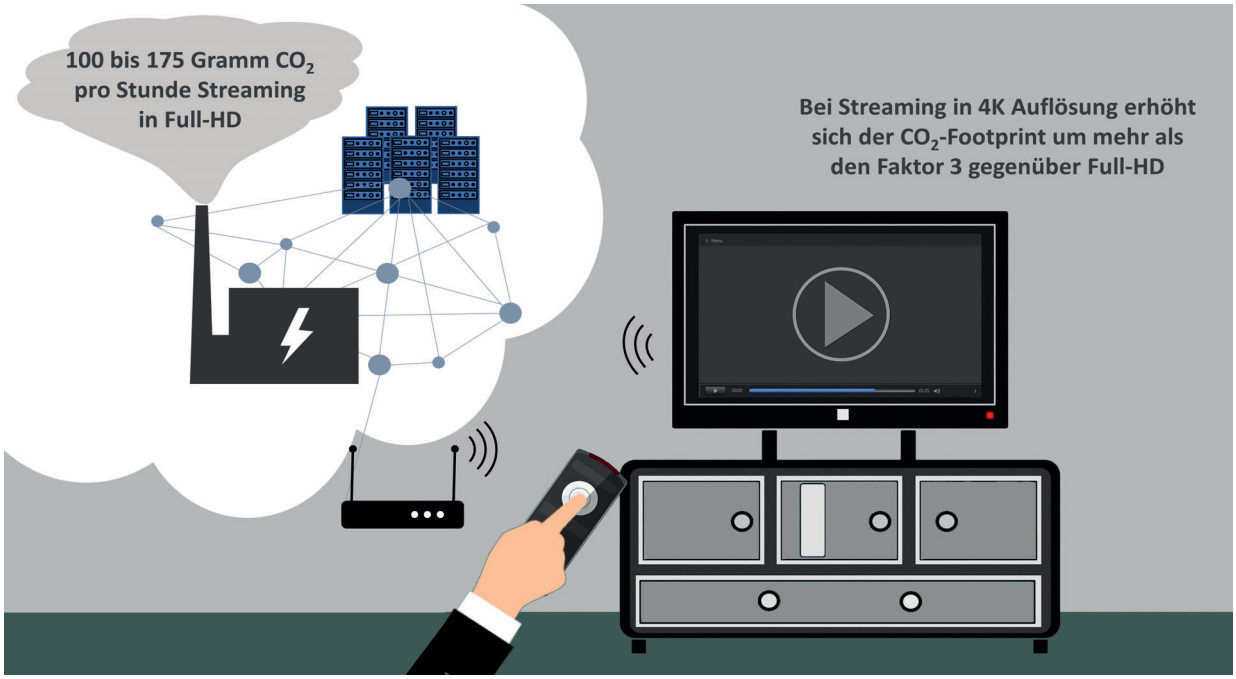
HINTERGRUND

Videostreaming liegt im Trend. In Deutschland nutzen mehr als 24 Millionen Menschen bereits kostenpflichtige Streaming Angebote und verbringen in Summe weit mehr als eine Milliarde Stunden auf diesen Diensten – pro Quartal (GfK, 2020). Eine Folge der starken Zunahme von Streaming-Angeboten ist die stark ansteigende Menge an Daten, die im Internet übertragen werden. Im Jahr 2019 wurden in Deutschland etwa 57 Mrd. Gigabyte über das Festnetz transportiert, dies entspricht einer Verdopplung gegenüber 2016 (VATM & Dialog Consult, 2019). Video-Daten machen aktuell etwa 75 Prozent des Internet-Datenverkehrs aus und es wird von einem weiter stark ansteigenden Video-Datenverkehr im Internet ausgegangen (Cisco, 2018a).

Diese Entwicklungen werfen die Frage auf, welche Auswirkungen Videostreaming auf den Energiebedarf und die CO_2-Emissionen hat. In Zeitschriftenartikeln und Fachbeiträgen werden aufgrund unterschiedlicher Berechnungsmethoden und Annahmen hierzu teilweise sehr unterschiedliche Angaben gemacht (z.B. Chandaria, Hunter & Williams, 2011; Shehabi, Walker & Masanet, 2014; Fuster, 2019; The Shift Project, 2019). Das vorliegende Hintergrundpapier soll dazu beitragen den aktuellen Energiebedarf und die CO_2-Emissionen des Video-Streamings zu bewerten. Energiebedarf und CO_2-Emissionen werden mit einem transparenten Berechnungsverfahren für verschiedene Anwendungsszenarien des Videostreamings berechnet und gegenübergestellt.

DR. RALPH HINTEMANN
BORDERSTEP INSTITUT

> Für das Streamen eines einzelnen Videos wird in den meisten Fällen nur wenig Energie benötigt. Allerdings hat die Nutzung des Internets für Videostreaming in den vergangenen Jahren sehr stark zugenommen. Das führt dazu, dass der Energiebedarf und die Treibhausgasemissionen durch Videostreaming in Summe deutlich angestiegen sind. Mit effizienten Technologien, auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Streaming-Angeboten und umweltbewussten Verbraucherverhalten kann es gelingen, dass Video-Streaming nicht zum Klimakiller wird.



WESENTLICHE FAKTEN

Das Streaming von Videos über das Internet verursacht auf unterschiedlichen Wegen die Emission von CO_2. Besonders relevant sind dabei die Energiebedarfe, die durch die verschiedenen Geräte und Infrastrukturen verursacht werden. Der folgende Ansatz charakterisiert die Energiebedarfe in der Nutzung von:

- Endgeräten (Darstellung des Videos)
- Kommunikationsnetzen (Übertragung der Video-Daten) und
- Rechenzentren (Speicherung, Vorverarbeitung und Bereitstellung der Videodaten)

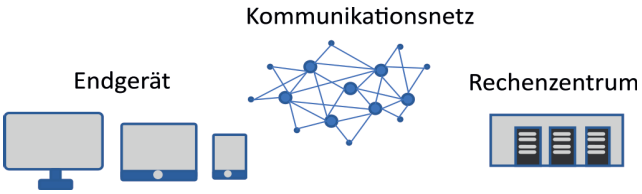


Abb. 1: Relevante betrachtete Geräte und Infrastrukturen

Wie Abbildung 2 zeigt, ist der Energiebedarf beim Videostreaming deutlich abhängig von der gewählten Auflösung. Eine Stunde Videostreaming im Festnetz in niedriger HD-Qualität (720p) auf einem 65“-Fernsehgerät verursacht einen Energiebedarf von ca. 280 Wattstunden (Wh). Das entspricht CO_2-Emissionen von etwa 130 Gramm. Davon wird mehr als die Hälfte der Energie am Fernsehgerät selbst benötigt. Demgegenüber verursacht eine Stunde Videostreaming in 4K-Videoqualität auf einem 65“-Fernsehgerät einen Energiebedarf von fast 1.300 Wh (entspricht ca. 610 Gramm CO_2). Dabei sind die Kommunikationsnetze und die Rechenzentren für 88 Prozent des Energiebedarfs verantwortlich.

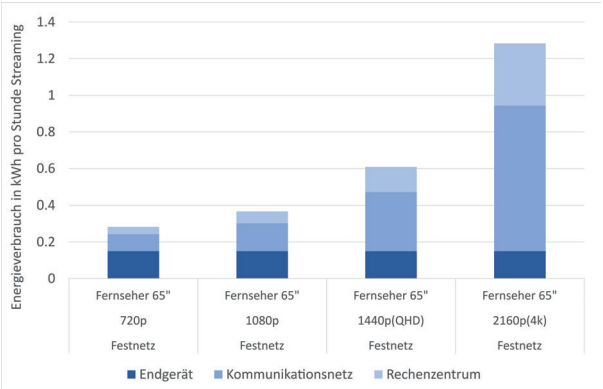


Abb. 2: Energiebedarf Videostreaming in Abhängigkeit von der Auflösung (Basisjahr 2018, ohne Herstellung der Geräte und Anlagen). (Quelle: Borderstep 2020)

In Abbildung 3 ist die Abhängigkeit des Energiebedarfs beim Videostreaming in HD-Auflösung (1080p) vom verwendeten Endgerät dargestellt. Während beim Streamen am Fernsehgerät bei großen Bildschirmen mehr als ein Drittel des Energiebedarfs durch das Fernsehgerät verursacht wird, liegt der Anteil des Endgeräts am Energiebedarf bei der Nutzung von Smartphone oder Tablet bei nur 2 Prozent bis 6 Prozent. Wie die dargestellten Ergebnisse zeigen, ist der Energiebedarf und damit die CO_2-Emissionen deutlich abhängig von der gewählten Auflösung und den verwendeten Endgeräten.

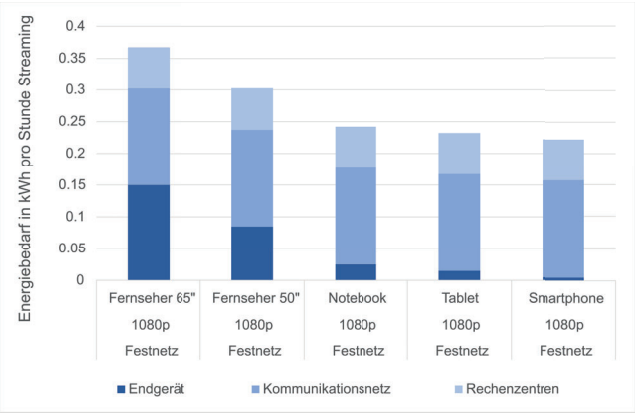


Abb. 3 Energiebedarf Videostreaming in Full-HD (1080p) in Abhängigkeit vom verwendeten Endgerät (Basisjahr 2018, ohne Herstellung der Geräte und Anlagen). (Quelle: Borderstep, 2020)

Beim Videostreaming auf dem Smartphone oder Tablet in SD-Auflösung beträgt der Energiebedarf pro Stunde nur 65 Wh bzw. 75 Wh (entsprechend etwa 30 bis 35 Gramm CO_2). Bei einem großen Fernsehgerät und sehr hoher Auflösung ist der Energiebedarf für das Videostreaming sehr viel größer. Ein Video in 8K-Qualität auf einem 65“-Fernsehgerät verursacht pro Stunde einen Energiebedarf von 1.860 Wh. Das entspricht etwa 880 Gramm CO_2.

Die oben dargestellten Werte beziehen sich auf Videostreaming im Festnetz. Im Mobilfunknetz fällt bei der aktuellen Technologie ein deutlich höherer Enerbiebedarf an. Auf eine Berechnung des Energiebedarfs des Videostreamings in Mobilfunknetzen wird aufgrund methodischer Schwierigkeiten an dieser Stelle verzichtet (siehe Methodik).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass der Energiebedarf durch Videostreaming zu einem großen Anteil in den Rechenzentren und Kommunikationsnetzen anfällt und damit für den Nutzer selbst nicht transparent ist. Die Größenordnung der CO_2-Emissionen durch Videostreaming liegt z.B. für eine Stunde in HD-Auflösung im Festnetz zwischen 100 und 175 Gramm und ist vergleichbar mit einem Kilometer Fahrt in einem Kleinwagen mit Verbrennungsmotor. Beim PKW betragen die CO_2-Emissionen zwischen etwa 100 und 300 Gramm, je nach Fahrzeugart und Fahrweise.

Die CO_2-Emissionen von Videostreaming sind also eher gering im Vergleich zu vielen anderen Freizeitaktivitäten, insbesondere wenn diese mit motorisierter Mobilität verbunden sind. Außerdem hat der Nutzer über die Wahl des Endgerätes und der Auflösung einen deutlichen Einfluss auf Energiebedarf und CO_2-Emissionen. Wird z.B. mit SD-Auflösung auf einem Smartphone, Tablet oder Notebook gestreamt, so wird dabei weniger Energie benötigt als beim klassischen Fernsehen oder DVD-Abspielen auf einem 50“-Fernsehgerät.

TRENDS UND AUSBLICK

Die Datenmengen, die für Videostreaming übertragen werden steigen in Deutschland jährlich etwa um 26 Prozent (Cisco, 2018a). Das liegt einerseits an der zunehmenden Nutzung von Videostreaming-Diensten, aber auch an der steigenden Auflösung und damit der zunehmenden Datenmenge pro Video.

Da der Energiebedarf in den Kommunikationsnetzen und Rechenzentren langsamer wächst als die Datenmengen, kann geschlussfolgert werden, dass der Energiebedarf pro Gigabyte (GB) beim Videostreaming kontinuierlich abnimmt. Grob geschätzt kann für 2020 angenommen werden, dass sich der Energiebedarf in den Kommunikationsnetzen und Rechenzentren pro Stunde Streaming in Full-HD gegenüber 2018 um etwa 25 Prozent reduziert hat. Aufgrund des besser werdenden Strommix in Deutschland sinken die CO_2-Emissionen sogar noch deutlicher.

Dem Trend zur Verringerung des Energiebedarfs pro GB Datenvolumen steht allerdings der Trend zur Nutzung höherer Auflösungen gegenüber. Laut Cisco steigt der Anteil von HD- und UltraHD-Auflösungen am Video-Datenverkehr zwischen 2018 und 2020 von 54 Prozent auf 70 Prozent. In Summe scheint aktuell der Trend zu höheren Auflösungen die Effizienzsteigerungen der Technik auszugleichen, so dass der durchschnittliche Energiebedarf für eine Stunde Videostreaming etwa konstant geblieben sein dürfte.

SIMON HINTERHOLZER
BORDERSTEP INSTITUT

„Der Energiebedarf in Datennetzen und Rechenzentren hängt von der Menge der Daten und somit insbesondere von der Auflösung der Videodaten ab. Dagegen spielen für den Energiebedarf des Endgeräts und damit der Teil, der auf der eigenen Stromrechnung erscheint, vor allem die Grösse des Displays sowie die Displaytechnologie eine Rolle. Mit kleinen, energieeffizienten Endgeräten und SD-Videoauflösung benötigt Streaming weniger Energie als klassisches Fernsehen auf grossen Geräten.

Handlungsempfehlungen und Schlussfolgerungen

- Bei der Anschaffung von Geräten, die für Videostreaming genutzt werden, sollte auf Energieeffizienz geachtet werden. Dies gilt insbesondere für Fernsehgeräte. Ein A++-Gerät spart gegenüber einem Gerät der Energieeffizienzklasse B meist mehr als 50 Prozent Strom.
- Endgeräte wie Tablets oder Smartphones brauchen oft nur 1/10 so viel Strom wie Fernsehgeräte. Wenn man also auf große Bildschirme verzichten kann bzw. möchte, können so Energiebedarf und Treibhausgasemissionen deutlich gesenkt werden.
- Hohe Video-Auflösungen verursachen mehr Energiebedarf in den Rechenzentren und bei der Datenübertragung. Eine geringe, dem Zweck und dem verwendeten Endgerät angepasste Video-Auflösung kann den Energiebedarf beim Streamen sehr deutlich senken.
- Streaming-Anbieter sollten die möglichen technologischen Effizienzpotenziale ausschöpfen und unnötige Datenübertragung vermeiden. Durch transparente und einfach zugängliche Kunden-Informationen sollte energieeffizientes und klimaschonendes Verhalten beim Streaming gefördert werden.
- Rechenzentren und Kommunikationsnetze als digitale Infrastrukturen müssen möglichst energieeffizient betrieben werden und sollten durch regenerativ erzeugten Strom versorgt werden.

METHODE DER BERECHNUNG

Bei der Berechnung des Energiebedarfs des Streamings werden die drei Bereiche Endgerät des Nutzers, Kommunikationsnetze und Rechenzentren unterschieden. Aufgrund der verfügbaren Daten beziehen sich die Berechnungen auf das Jahr 2018. Es wird nur der Energiebedarf in der Nutzung der Geräte und Infrastrukturen berechnet. Energiebedarfe in der Herstellung und beim Transport der Geräte und Anlagen werden nicht berücksichtigt. Während der Energiebedarf eines Endgeräts bei der Nutzung von Videostreaming verhältnismäßig einfach mess- und berechenbar ist, führt die hohe Komplexität der Kommunikationsnetze und der Rechenzentren zu methodischen Herausforderungen bei der Bestimmung des Energiebedarfs durch Streaming. Diese zentralen Infrastrukturen werden parallel für viele Anwendungen genutzt, so dass der gesamte Energiebedarf nach einem geeigneten Schlüssel auf die verschiedenen Anwendungen aufgeteilt werden muss.

In der vorliegenden Untersuchung wird ein Top-Down Ansatz genutzt. Hierzu wird zunächst der Gesamtenergiebedarf des Streamings in den Rechenzentren und Kommunikationsnetzen ermittelt und auf die Datenmenge beim Streaming (in GB) bezogen. Damit kann für verschiedene Streaming-Formate der Energiebedarf pro Stunde Streaming errechnet werden.

Abbildung 4 verdeutlicht das Vorgehen.

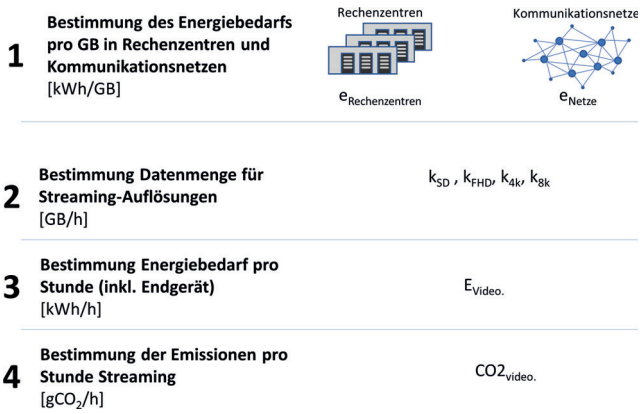


Abb. 4: Top-Down Ansatz zur Berechnung der Energiebedarfe für Streaming in den Rechenzentren und Netzen.

Folgende Annahmen werden bei diesem Berechnungsansatz getroffen:

- Ausgehend vom Energiebedarf der weltweiten Rechenzentren (Hintemann, 2020) und auf Basis von Angaben von Cisco wird der Anteil für Videostreaming am Energiebedarf der Rechenzentren abgeschätzt (Cisco, 2018b) und auf den weltweiten Internet-Video-Datenverkehr (Cisco, 2019) bezogen. Es errechnet sich so ein Energiebedarf für Streaming in Rechenzentren im Jahr 2018 von 0,0321 kWh/GB.

- Für die Kommunikationsnetze wird der jährliche Energiebedarf für das von Festnetz und Mobilfunknetzen in Deutschland (Stobbe et al., 2015) auf das jährliche Datenvolumen in den Netzen in Deutschland (Bundesnetzagentur, 2019) bezogen. Damit errechnet sich ein Energiebedarf für in den Kommunikationsnetzen von 0,075 kWh/GB im Festnetz und von 1,07 kWh/GB im Mobilfunknetz. Diese Abschätzung gibt für Videostreaming sicherlich eine obere Grenze des Energiebedarfs an, da so der Energiebedarf der Telekommunikationsnetze gemäß dem anfallenden Datenvolumen auf die verschiedenen Anwendungen aufgeteilt wird. Bei Mobilfunknetzen kommt hinzu, dass Videostreaming in der Regel über das hinsichtlich des Datenvolumens energieeffiziente 4G-Netz und zukünftig realisiert wird. Der oben angegebene Wert von 1,07 kWh/GB bezieht sich aber auf den Durchschnitt der 2G, 3G und 4G-Netze und ist daher für Videodaten nicht direkt repräsentativ.
- Die Datenmengen pro Stunde Streaming unterscheiden sich für verschiedene Streaming-Formate und sind vor allem abhängig von der Bildauflösung und Kompression der Videodaten. Hierzu werden Angaben zu einer bekannten Videoplattform verwendet (makeuseof.com, 2020).
- Die Berechnung des Energiebedarfs des Endgeräts erfolgt anhand der Leistungsaufnahme multipliziert mit einer Stunde. Für die Leistungsaufnahme werden folgende Werte (in Watt) angenommen:

Desktop PC	60 W
Notebook	25 W
Tablet	15 W

Smartphone	5 W
Fernseher 65"	150 W
Fernseher 50"	85 W

- Zur Berechnung der CO_2-Emissionen werden die nationalen und internationalen CO_2-Emissionsfaktoren der Stromerzeugung im Jahr 2018 herangezogen (IEA, 2019; Umweltbundesamt, 2019).

QUELLEN

Bundesnetzagentur. (2019). Monitoringbericht 2018. Bonn.

Chandaria, J., Hunter, J. & Williams, A. (2011). A comparison of the carbon footprint of digital terrestrial television with video-on-demand. BBC Research Whitepaper, 189.

Cisco. (2018a). VNI Forecast Highlights Tool Germany. Visual Networking Index - Cisco (Forecast Highlights Tool).

Cisco. (2018b). Cisco Global Cloud Index: Forecast and Methodology 2016-2021.

Cisco. (2019). Cisco Visual Networking Index: Forecast and Trends 2017–2022. Cisco.

Fuster, T. (2019, April 16). Streaming ist das neue Fliegen – wie der digitale Konsum das Klima belastet. Neue Züricher Zeitung.

GfK. (2020). Pressemitteilung Neues Rekordniveau: 24,0 Millionen nutzen im vierten Quartal 2019 Netflix und Co. GfK.

Hintemann, R. (2020). Rechenzentren 2018. Effizienzgewinne reichen nicht aus: Energiebedarf der Rechenzentren steigt weiter deutlich an. Berlin: Borderstep Institut.

IEA. (2019). Emissions – Global Energy & CO2 Status Report 2019 – Analysis. IEA.

makeuseof.com. (2020). How Much Data Does YouTube Use? MakeUseOf.

Shehabi, A., Walker, B. & Masanet, E. (2014). The energy and greenhouse-gas implications of internet video streaming in the United States. Environmental Research Letters, 9(5), 054007.

Stobbe, L., Hintemann, R., Proske, M., Clausen, J., Zedel, H. & Beucker, S. (2015). Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland - Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Berlin: Fraunhofer IZM und Borderstep Institut.

The Shift Project. (2019). Climate crisis: The unsustainable use of online video – A practical case study for digital sobriety.

Umweltbundesamt. (2019). CO2-Emissionen pro Kilowattstunde Strom sinken weiter.

VATM & Dialog Consult. (2019). 21. TK-Marktanalyse Deutschland 2019. Köln: Verband der Anbieter von Telekommunikations- und Mehrwertdiensten e. V. (VATM).

IMPRESSUM

Dr. Ralph Hintemann und Simon Hinterholzer (Autoren)
Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gemeinnützige GmbH
Clayallee 323 | 14169 Berlin | Telefon: +49 30 306 45 1000
E-Mail: hintemann@borderstep.de | hinterzolzer@borderstep.de
www.borderstep.de