



## **Nachhaltigkeit von Streaming & Co.**

Energiebedarf und CO<sub>2</sub>-Ausstoß der Videonutzung im Netz

## Herausgeber

Bitkom e. V.  
Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V.  
Albrechtstraße 10 | 10117 Berlin

## Ansprechpartner

Dr. Sebastian Klöß | Referent Consumer Technology  
T 030 27576-210 | s.kloessbitkom.org

## Verantwortliches Bitkom-Gremium

AK NewTV

## Autoren

Dr. Vlad Constantin Coroamă | ETH Zürich  
Dr. Ralph Hintemann | Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH  
Simon Hinterholzer | Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH  
Dr. Stefan Arbanowski | Fraunhofer FOKUS

## Satz & Layout

Katrin Krause | Bitkom e.V.

## Titelbild

© Anastasiya – stock.adobe.com

## Copyright

Bitkom 2020

Diese Publikation stellt eine allgemeine unverbindliche Information dar. Die Inhalte spiegeln die Auffassung im Bitkom zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wider. Obwohl die Informationen mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt wurden, besteht kein Anspruch auf sachliche Richtigkeit, Vollständigkeit und /oder Aktualität, insbesondere kann diese Publikation nicht den besonderen Umständen des Einzelfalles Rechnung tragen. Eine Verwendung liegt daher in der eigenen Verantwortung des Lesers. Jegliche Haftung wird ausgeschlossen. Alle Rechte, auch der auszugsweisen Vervielfältigung, liegen beim Bitkom.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Die wichtigsten Fakten in Kürze</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Videostreaming: Energiebedarf und CO<sub>2</sub>-Emissionen</b>	<b>9</b>
3.1	Wesentliche Fakten	9
3.2	Trends und Ausblick	11
<b>4</b>	<b>Ist Streaming wirklich das neue Fliegen? Eine kritische Auseinandersetzung mit gängigen Berechnungen und Prognosen</b>	<b>13</b>
4.1	Der Ursprung der Debatte: Wie das Streamen zum neuen Fliegen wurde	13
4.2	Der Energiebedarf von Rechenzentren, Netzen und Endgeräten	14
4.3	Streamen statt fliegen?	17
<b>5</b>	<b>Das können Videoinhalteanbieter und Nutzer tun, um den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck von Videos aus dem Netz klein zu halten</b>	<b>19</b>
5.1	Die technischen Möglichkeiten der Videoinhalteanbieter	19
5.2	Der Einfluss des Endnutzers	20
5.3	Nötige Energie nachhaltig gewinnen	20
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>22</b>

# 1 Einleitung

# 1 Einleitung

In Deutschland schauen acht von zehn Internetnutzern ab 16 Jahren (79 Prozent) Filme, Serien und kurze Clips im Netz. Knapp ein Viertel (24 Prozent) davon macht das täglich.<sup>1</sup> Videos sind somit zu einem integralen Bestandteil des Internets geworden: Sie finden sich in den sozialen Medien genauso wie auf Nachrichtenseiten, auf Videoplattformen und bei dedizierten Streaminganbietern. Privat werden sie genauso geschaut wie im beruflichen Kontext. Durch diesen Boom von Bewegtbild im Internet und vor dem Hintergrund eines gestärkten Bewusstseins für Nachhaltigkeitsthemen wurden in letzter Zeit mahnende Stimmen laut: Sie warnten vor dem Energieverbrauch des Streamens, vor dem CO<sub>2</sub>-Ausstoß, den es verursacht, kurzum: vor den Umweltauswirkungen, die das Schauen von Filmen, Serien, Clips im Netz hat.

Den tatsächlichen Energiebedarf und die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Videoschauens im Internet anzugeben, ist alles andere als trivial, da viele Faktoren berücksichtigt werden müssen: Die Rechenzentren genauso wie die Datennetze und die Endgeräte, auf denen geschaut wird. Und bei allen muss separat ermittelt werden, wie viel des jeweiligen Strombedarfs auf das Konto des Videostreamings entfällt. Die Komplexität des Themas spiegelt sich in der Forschungsliteratur in ganz unterschiedlichen Berechnungsmethoden und Annahmen wider – mit entsprechend unterschiedlichen Angaben zum Energiebedarf und zum CO<sub>2</sub>-Ausstoß.

Der vorliegende Leitfaden soll dazu beitragen, faktenbasiert den Energiebedarf und die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Videoschauens im Netz zu bewerten. Energiebedarf und CO<sub>2</sub>-Emissionen werden mit einem transparenten Berechnungsverfahren für verschiedene Anwendungsszenarien des Videostreamings berechnet und gegenübergestellt. Außerdem wird in einer kritischen Auseinandersetzung mit aktuellen Studien und Veröffentlichungen erörtert, wie die teils sehr unterschiedlichen Annahmen zum Energiebedarf und zur CO<sub>2</sub>-Emission zustande gekommen sind. Abschließend wird gezeigt, welche technischen Möglichkeiten Videoinhalteanbieter nutzen, um die übertragenen Daten möglichst gering zu halten, und was jeder Nutzer selbst tun kann, um möglichst nachhaltig Videos aus dem Netz zu schauen.

---

1 Bitkom. Zukunft der Consumer Technology – 2019. Berlin: Bitkom, 2019. [www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Die-Zukunft-der-Consumer-Technology-2019](http://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Die-Zukunft-der-Consumer-Technology-2019), Zugriff am 23.04.2020.

# 2 Die wichtigsten Fakten in Kürze

## 2 Die wichtigsten Fakten in Kürze



Der Energiebedarf der Videonutzung hängt stark davon ab, mit welchem Endgerät und mit welcher Auflösung geschaut wird.



Videoschauen mit SD-Auflösung auf einem Smartphone, Tablet oder Notebook benötigt wesentlich weniger Energie als das klassische Fernsehen oder das Abspielen einer DVD auf einem 50"-Flachbildfernseher.



Für den häufigen Fall des Schauens in HD-Qualität im Festnetz entstehen pro Stunde beim heutigen Energiemix zwischen 100 und 200 Gramm CO<sub>2</sub>. Das ist vergleichbar mit einem Kilometer Fahrt in einem PKW mit Verbrennungsmotor. Entsprechend sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Videoschauens im Netz gering im Vergleich zu vielen anderen Freizeitaktivitäten.



Streaming wird kontinuierlich energieeffizienter: Für das Jahr 2020 kann angenommen werden, dass im Vergleich zum Jahr 2018 die Bereitstellung und Übertragung des gleichen Films (gleiche Auflösung) etwa 25 Prozent weniger Energie benötigt.

# 3 Videostreaming: Energiebedarf und CO<sub>2</sub>-Emissionen

# 3 Videostreaming: Energiebedarf und CO<sub>2</sub>-Emissionen

Dr. Ralph Hintemann & Simon Hinterholzer

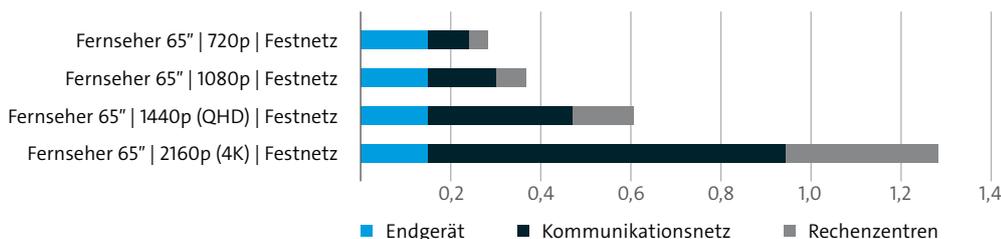
Als Folge des starken Anstiegs von Videoangeboten im Netz ergibt sich eine deutlich zunehmende Menge an Daten, die online übertragen werden. In Deutschland wurden im Jahr 2019 etwa 57 Mrd. Gigabyte per Festnetz transportiert, was in etwa einer Verdopplung gegenüber 2016<sup>2</sup> entspricht. Der Anteil von Videodaten am gesamten Internetverkehr liegt bei aktuell etwa 75 Prozent. Es kann auch in Zukunft von weiter stark ansteigendem Videodatenverkehr ausgegangen werden.<sup>3</sup> Entsprechend ergibt sich die Frage, welche Auswirkungen Videostreaming auf Energiebedarf und CO<sub>2</sub>-Emissionen hat.

## 3.1 Wesentliche Fakten

Videos über das Internet zu schauen benötigt an mehreren Stellen Energie und verursacht dadurch die Emission von Treibhausgasen. Von besonderer Bedeutung sind dabei die Geräte, die zum Abspielen genutzt werden, die Datennetze zur Übertragung und die Rechenzentren.

Der Energiebedarf beim Videostreaming hängt sehr deutlich von der gewählten Auflösung ab, wie Abbildung 1 zeigt.

### Energiebedarf in kWh pro Stunde Streaming



Quelle: Borderstep, Hintergrundpapier »Videostreaming: Energiebedarf und CO<sub>2</sub>-Emissionen«

Abbildung 1: Energiebedarf Videostreaming bei unterschiedlichen Auflösungen (Basisjahr 2018, ohne Herstellung der Geräte und Anlagen)

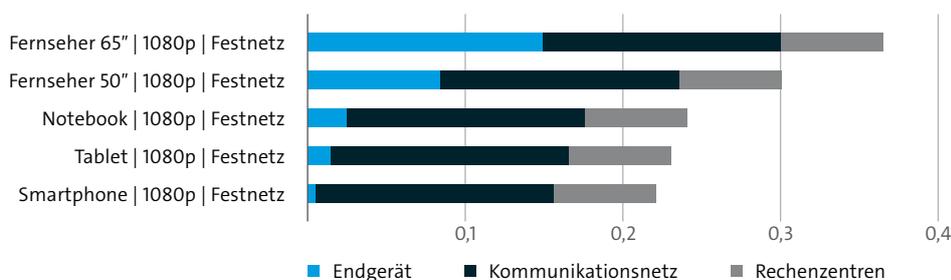
Eine Stunde Videostreaming über das Festnetz in der Auflösung 720p auf einem 65"-Fernsehgerät verursacht einen Energiebedarf von circa 280 Wattstunden (Wh). Das entspricht etwa

2 VATM & Dialog Consult. 21. TK-Marktanalyse Deutschland 2019, 2019 [www.vatm.de/wp-content/uploads/2019/10/VATM\\_TK-Marktstudie\\_2019\\_091019.pdf](http://www.vatm.de/wp-content/uploads/2019/10/VATM_TK-Marktstudie_2019_091019.pdf), Zugriff am 28.05.2020.  
 3 Cisco. VNI Forecast Highlights Tool Germany. Visual Networking Index, 2018 [www.cisco.com/c/m/en\\_us/solutions/service-provider/vni-forecast-highlights/pdf/Germany\\_2022\\_Forecast\\_Highlights.pdf](http://www.cisco.com/c/m/en_us/solutions/service-provider/vni-forecast-highlights/pdf/Germany_2022_Forecast_Highlights.pdf), Zugriff am 13.04.2017.

130 Gramm an CO<sub>2</sub>-Emissionen<sup>4</sup>. Mehr als die Hälfte des Energiebedarfs wird dabei am Fernsehgerät selbst benötigt. Dagegen benötigt eine Stunde Streaming von 4K-Videodaten auf dem gleichen 65"-Fernsehgerät Energie in Höhe von 1.300 Wh (entsprechend circa 610 Gramm CO<sub>2</sub>). Kommunikationsnetze und Rechenzentren sind dabei für 88 Prozent des Energiebedarfs verantwortlich.

Die Abhängigkeit des Energiebedarfs von Videostreaming je nach verwendetem Endgerät (in Full-HD) ist in Abbildung 2 dargestellt. Während das Endgerät bei großen Fernsehbildschirmen schnell mehr als ein Drittel des Energiebedarfs ausmacht, benötigen Smartphones oder Tablets bei gleicher Auflösung (Full-HD) nur zwei bis sechs Prozent.

### Energiebedarf in kWh pro Stunde Streaming



Quelle: Borderstep, Hintergrundpapier »Videostreaming: Energiebedarf und CO<sub>2</sub>-Emissionen«

Abbildung 2: Energiebedarf Videostreaming in Full-HD (1080p) in Abhängigkeit vom verwendeten Endgerät (Basisjahr 2018, ohne Herstellung der Geräte und Anlagen)

Der Energiebedarf und damit die CO<sub>2</sub>-Emissionen sind also vor allem abhängig von der Wahl des Endgerätes und der Auflösung der Videodaten. In Summe benötigt das Videoschauen auf dem Smartphone oder Tablet in SD-Auflösung pro Stunde nur 65 Wh bzw. 75 Wh an Energie und entsprechend circa 30 bis 35 Gramm CO<sub>2</sub>. Ein großer Flachbildfernseher und eine sehr hohe Auflösung bedeuten aber einen sehr viel höheren Energiebedarf für das Videostreaming. In 8K-Qualität verursacht ein Video auf einem 65"-Fernsehgerät pro Stunde insgesamt einen Energiebedarf von 1.860 Wh und in etwa 880 Gramm CO<sub>2</sub>.

Die hier dargestellten Werte beziehen sich alle auf eine Datenübertragung über das Festnetz. Im Mobilfunknetz fällt unter gegenwärtigen Bedingungen ein deutlich höherer Energiebedarf an. An dieser Stelle wird auf eine Berechnung des Energiebedarfs im Mobilfunknetz verzichtet. Denn mehr als 97 Prozent des Datenverkehrs in Deutschland wird über das Festnetz abgebildet<sup>5</sup>.

4 Zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen werden die nationalen und internationalen CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren der Stromerzeugung im Jahr 2018 herangezogen, vgl. IEA. Emissions – Global Energy & CO<sub>2</sub> Status Report 2019 – Analysis, 2019 [www.iea.org/reports/global-energy-co2-status-report-2019/emissions](http://www.iea.org/reports/global-energy-co2-status-report-2019/emissions), Zugriff am 05.03.2020; Umweltbundesamt. CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kilowattstunde Strom sinken weiter, 2019 [www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/bilanz-2019-co2-emissionen-pro-kilowattstunde-strom](http://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/bilanz-2019-co2-emissionen-pro-kilowattstunde-strom), Zugriff am 02.06.2020.

5 Cisco. VNI Forecast Highlights Tool Germany. Visual Networking Index, 2018 [www.cisco.com/c/m/en\\_us/solutions/service-provider/vni-forecast-highlights/pdf/Germany\\_2022\\_Forecast\\_Highlights.pdf](http://www.cisco.com/c/m/en_us/solutions/service-provider/vni-forecast-highlights/pdf/Germany_2022_Forecast_Highlights.pdf), Zugriff am 13.04.2017.

Außerdem ist die Berechnung im Mobilfunknetz aufgrund der verschiedenen Mobilfunkgenerationen sehr komplex.

Fasst man die Ergebnisse zusammen, so kann festgestellt werden, dass der Energiebedarf von Videostreaming zu einem großen Teil in den Rechenzentren und Kommunikationsnetzen entsteht. Damit ist er für den Nutzer selbst intransparent. Je nach Technologie können sich die Energiebedarfe und Emissionen hier sehr stark unterscheiden. Für den häufigen Fall des Schauens in HD-Qualität im Festnetz entstehen pro Stunde zwischen 100 und 200 Gramm CO<sub>2</sub>. Das ist vergleichbar mit einem Kilometer Fahrt in einem PKW mit Verbrennungsmotor. Entsprechend sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Videostreaming also eher gering im Vergleich zu vielen anderen Freizeitaktivitäten, besonders wenn sie mit Mobilität verbunden sind. Der Nutzer kann durch die Wahl des Endgerätes und der Auflösung einen deutlichen Einfluss auf Energiebedarf und CO<sub>2</sub>-Emissionen nehmen. Beispielsweise benötigt Streaming mit SD-Auflösung auf einem Smartphone, Tablet oder Notebook wesentlich weniger Energie als das klassische Fernsehen oder das Abspielen einer DVD auf einem 50"-Flachbildfernseher.

## 3.2 Trends und Ausblick

Aktuell steigen die Datenmengen für Videostreaming in Deutschland von Jahr zu Jahr um etwa 26 Prozent.<sup>6</sup> Dies liegt sowohl an der intensiveren Nutzung entsprechender Dienste als auch an der kontinuierlich steigenden Auflösung von Videodaten und damit entsprechenden Datenmengen pro Video. Der gesamte Energiebedarf in den Kommunikationsnetzen und Rechenzentren wächst allerdings langsamer, weshalb der Energiebedarf pro Gigabyte (GB) kontinuierlich abnimmt. Grob geschätzt kann für das Jahr 2020 angenommen werden, dass im Vergleich zum Jahr 2018 die Bereitstellung und Übertragung des gleichen Films (gleiche Auflösung) etwa 25 Prozent weniger Energie benötigt. Aufgrund des besser werdenden Strommix sinken die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Streaming in Deutschland sogar noch deutlicher. Während ein Gigabyte an Videodaten immer effizienter übertragen werden kann, steigt allerdings auch die durchschnittliche Auflösung, was im Hinblick auf den Energiebedarf entgegengesetzt wirkt. Laut Cisco<sup>7</sup> soll der Anteil von HD- und Ultra-HD-Auflösungen bei Videodaten zwischen 2018 und 2020 von 54 Prozent auf 70 Prozent steigen. Insgesamt scheint der Trend zu höheren Auflösungen die Effizienzsteigerungen der Technik in etwa auszugleichen, so dass der durchschnittliche Energiebedarf pro Stunde Videostreaming etwa gleich geblieben sein dürfte.

Die Methode hinter den Berechnungen ist im Borderstep Hintergrundpapier »Videostreaming: Energiebedarf und CO<sub>2</sub>-Emissionen« beschrieben<sup>8</sup>.

<sup>6</sup> Ebd.

<sup>7</sup> Ebd.

<sup>8</sup> Hintemann, Ralph, and Simon Hinterholzer. Videostreaming: Energiebedarf und CO<sub>2</sub>-Emissionen (Hintergrundpapier). Berlin: Borderstep Institut, 2020.

# 4 Ist Streaming wirklich das neue Fliegen? Eine kritische Auseinandersetzung mit gängigen Berechnungen und Prognosen

# 4 Ist Streaming wirklich das neue Fliegen? Eine kritische Auseinandersetzung mit gängigen Berechnungen und Prognosen

Dr. Vlad Constantin Coroamă

Digitale Technologien hatten in letzter Zeit eine schlechte Presse: »Streaming ist das neue Fliegen«, titelte beispielsweise die Neue Zürcher Zeitung (NZZ) letztes Jahr, mit dem Untertitel »wie der digitale Konsum das Klima belastet«<sup>9</sup>. »Your Binge-Watching Is Making the Planet Warmer«<sup>10</sup>, schrieb das amerikanische Magazin Wired, und der britische Guardian ließ sich zur Prognose »Tsunami of data could consume one fifth of global electricity by 2025«<sup>11</sup> hinreißen.

## 4.1 Der Ursprung der Debatte: Wie das Streamen zum neuen Fliegen wurde

Der Anstoß dieses Entrüstungsballs erfolgte durch eine Studie des selbsternannten französischen »Think-Tanks« The Shift Project. Dessen Studie »Lean ICT – Pour une sobriété numérique« erschien zuerst im Oktober 2018 auf Französisch und wurde im März 2019 ins Englische übersetzt (»Lean ICT: Towards digital sobriety«). Im Bericht wird berechnet, dass die Digitalisierung derzeit für etwas über drei Prozent der weltweiten Treibhausgase verantwortlich sei – und damit für ungefähr so viel wie das Fliegen. Zudem wachse dieser Anteil schnell und würde 2030 circa acht Prozent der weltweiten Treibhausgase verantworten.<sup>12</sup>

Die wissenschaftlich nicht begutachtete Studie basiert hauptsächlich auf einer einzigen akademischen Quelle – einem Artikel von Huawei-Research Schweden.<sup>13</sup> Dessen Ergebnisse wurden vom Shift Project mit eigenen Berechnungen und Annahmen ergänzt, die nicht immer transparent oder nachvollziehbar sind.

Der Huawei-Artikel ist jedoch ein pessimistischer Ausreißer unter den akademischen Studien. Vom Jahr 2015 ausgehend macht er Prognosen bis in das Jahr 2030 und sieht dabei einen steil

9 Fuster, Thomas. »Streaming ist das neue Fliegen – wie der digitale Konsum das Klima belastet.« Neue Zürcher Zeitung (16. April 2019).

10 Finley, Klint. »Your Binge-Watching Is Making the Planet Warmer.« Wired (14. Mai 2015) [www.wired.com/2015/05/binge-watching-making-planet-warmer/](http://www.wired.com/2015/05/binge-watching-making-planet-warmer/), Zugriff am 29.05.2020.

11 The Guardian. »Tsunami of data could consume one fifth of global electricity by 2025.« The Guardian (11. Dezember 2017) [www.theguardian.com/environment/2017/dec/11/tsunami-of-data-could-consume-fifth-global-electricity-by-2025](http://www.theguardian.com/environment/2017/dec/11/tsunami-of-data-could-consume-fifth-global-electricity-by-2025) (Zugriff am 29.05.2020).

12 Shift Project. Lean ICT: Towards Digital Sobriety, 2019 [https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2019/03/Lean-ICT-Report\\_The-Shift-Project\\_2019.pdf](https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2019/03/Lean-ICT-Report_The-Shift-Project_2019.pdf), Zugriff am 24.04.2020.

13 Andrae, Anders S. G., and Tomas Edler. »On Global Electricity Usage of Communication Technology: Trends to 2030.« Challenges 6.1 (2015): 117-157.

ansteigenden Energiebedarf für Digitaltechnologien voraus: Erwartet werden 8.000 TWh Elektrizitätsverbrauch für das Jahr 2030, im ungünstigsten Fall wären es sogar 30.000 TWh. Heute braucht jedoch die gesamte Menschheit jährlich um die 25.000 TWh Elektrizität,<sup>14</sup> das würde heißen, dass sich binnen eines Jahrzehnts der weltweite Elektrizitätsverbrauch mehr als verdoppeln müsste – und zwar nur, um den Energiehunger digitaler Technologien zu stillen. Das erscheint weder wirtschaftlich realistisch (wer soll das denn bezahlen?) noch politisch und gesellschaftlich durchsetzbar. Technisch ließen sich auch kaum neue Kraftwerkskapazitäten in dieser Größenordnung innerhalb von zehn Jahren errichten.

Auf einzelne Bereiche heruntergebrochen, finden sich Andrae und Edler<sup>15</sup> sowohl in ihren Abschätzungen für heute als auch in den Vorhersagen stets am pessimistischen Ende existierender Schätzungen wieder. Für den weltweiten Energieverbrauch von Datenzentren beispielsweise variiert die Bandbreite der Prognosen für 2030 um einen Faktor von zehn – von 300 bis 3.000 TWh jährlich<sup>16</sup>. Laut der pessimistischsten Huawei-Studie hätte sich dabei der weltweite Energieverbrauch von Rechenzentren zwischen 2015 und 2019 schon verdoppeln müssen. Tatsächlich ist er jedoch dank steigender Effizienz der Rechenzentren praktisch unverändert geblieben; trotz stark anwachsender Datenmengen. Dies hat 2019 auch den Hauptautor des Huawei-Artikels von 2015 dazu bewogen, die Prognose für 2030 nach unten zu korrigieren.<sup>17</sup>

Für Telekommunikationsnetze sind die vom Shift Project verwendeten Quellen undurchsichtiger, die Ergebnisse dafür umso extremer. So postuliert etwa The Shift Project<sup>18</sup> für die Energieintensität der Festnetze (also die Energie, die im Durchschnitt gebraucht wird, um eine gewisse Datenmenge zu transportieren) einen Wert von 0,43 Kilowattstunden pro Gigabyte (kWh/GB); der akademische Konsens liegt indes bei 0,01 kWh/GB<sup>19</sup> – ein Faktor von 43 darunter!

## 4.2 Der Energiebedarf von Rechenzentren, Netzen und Endgeräten

In der Tat ist die Antwort auf die Frage, für wie viel Energie und Treibhausgase die Digitalisierung generell – und Streaming speziell – verantwortlich sind, alles andere als trivial. Verant-

14 IEA. World Energy Outlook 2019. International Energy Agency, 2019 [www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019](http://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019), Zugriff am 24.04.2020.

15 Andrae & Edler. »On Global Electricity Usage.« 2015.

16 Hintemann, Ralph, and Simon Hinterholzer. »Energy consumption of data centers worldwide.« The 6th International Conference on ICT for Sustainability (ICT4S). Lappeenranta, 2019.

17 Andrae, Anders S. G. Projecting the chiaroscuro of the electricity use of communication and computing from 2018 to 2030, 2019 [www.researchgate.net/publication/331047520\\_Projecting\\_the\\_chiaroscuro\\_of\\_the\\_electricity\\_use\\_of\\_communication\\_and\\_computing\\_from\\_2018\\_to\\_2030](http://www.researchgate.net/publication/331047520_Projecting_the_chiaroscuro_of_the_electricity_use_of_communication_and_computing_from_2018_to_2030), Zugriff am 24.04.2020.

18 Shift Project. Lean ICT: Towards Digital Sobriety, 2019 [https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2019/03/Lean-ICT-Report\\_The-Shift-Project\\_2019.pdf](https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2019/03/Lean-ICT-Report_The-Shift-Project_2019.pdf), Zugriff am 24.04.2020.

19 Aslan, Joshua et al. »Electricity Intensity of Internet Data Transmission: Untangling the Estimates.« Journal of Industrial Ecology 22.4 (2018): 785-798. doi: 10.1111/jiec.12630.

wortlich für die Schwierigkeit sind die große Heterogenität der Internet-Komponenten sowie die hohe Dynamik, die in diesem Bereich herrscht, und die dazu führt, dass jede Studie bei Erscheinen teilweise schon veraltet erscheint. Schon für Rechenzentren gehen die Schätzungen auseinander – diese wären heute jährlich für 200<sup>20</sup> bis 650<sup>21</sup> TWh Energieverbrauch verantwortlich. Beide Extreme haben jedoch substantielle methodologische Probleme; realistischere Schätzungen errechnen circa 350 TWh<sup>22</sup> bis 400 TWh<sup>23</sup> jährlichen Energieverbrauch.

Für Netze ist die Schätzung erheblich komplizierter, und es gibt kaum aktuelle Studien. Wenn man das Ergebnis einer Top-down-Studie von 2014<sup>24</sup> unter Anbetracht der (in der Studie für die Jahre 2007 bis 2012 errechneten) jährlichen Steigung des weltweiten Energiebedarfs für Netze von 10,5 Prozent auf heute extrapoliert, würde man auf circa 670 TWh für 2020 kommen. Wenn im Gegensatz dazu die Energieintensitätsergebnisse aus Bottom-up-Studien<sup>25</sup> auf heute extrapoliert und mit dem weltweiten jährlichen Datentransfer multipliziert werden, resultieren deutlich tiefere Werte, um die 100 bis 250 TWh jährlich. Aus Gründen, die den Rahmen hier sprengen würden, liegt die Wahrheit am ehesten irgendwo dazwischen – ein Wert von 400 bis 500 TWh wäre eine realistisch-konservative Schätzung.

Der Verbrauch der Endgeräte ist am schwierigsten abzuschätzen. Diese sind sehr divers, und ihr Bestand verändert sich rasch – man bedenke nur, dass es vor zehn Jahren kaum Smartphones und Tablets gab und vor 20 Jahren die Büros noch von Röhrenbildschirmen dominiert wurden. Die Top-down-Studie von Van Heddeghem et al.<sup>26</sup> schätzt für 2012 einen weltweiten Energieverbrauch von 307 TWh und eine jährliche Steigung von circa fünf Prozent – dies würde heutzutage um die 430 TWh jährlich bedeuten. Allerdings zeigt eine vom Fraunhofer IZM und Borderstep-Institut erstellte Studie<sup>27</sup>, dass in Deutschland der Energieverbrauch der Endgeräte von

- 
- 20 Masanet, Eric et al. »Recalibrating global data center energy-use estimates.« *Science* 367.6481 (2020): 984-986. doi: 10.1126/science.aba3758.
- 21 Belkhir, Lotfi, and Ahmed Elmeligi. »Assessing ICT global emissions footprint: Trends to 2040 & recommendations.« *Journal of Cleaner Production* 177 (10. März 2018): 448-463 [↗www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261733233X](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261733233X), Zugriff am 28.05.2020.
- 22 Hintemann & Hinterholzer. »Energy consumption of data centers worldwide.« 2019 [↗http://ceur-ws.org/Vol-2382/ICT452019\\_paper\\_16.pdf](http://ceur-ws.org/Vol-2382/ICT452019_paper_16.pdf), Zugriff am 07.05.2020.
- 23 Bieser, Jan et al. *Klimaschutz durch digitale Technologien – Chancen und Risiken*. Berlin: Bitkom, 2020 [↗www.bitkom.org/sites/default/files/2020-05/2020-05\\_bitkom\\_klimastudie\\_digitalisierung.pdf](http://www.bitkom.org/sites/default/files/2020-05/2020-05_bitkom_klimastudie_digitalisierung.pdf), Zugriff am 28.05.2020.
- 24 Van Heddeghem, Ward et al. »Trends in worldwide ICT electricity consumption from 2007 to 2012.« *Computer Communications* 50 (2014): 64-76 [↗https://doi.org/10.1016/j.comcom.2014.02.008](https://doi.org/10.1016/j.comcom.2014.02.008).
- 25 Aslan. »Electricity Intensity of Internet Data Transmission.« 2018; Coroama, Vlad C. et al. »The Energy Intensity of the Internet: Home and Access Networks.« *ICT Innovations for Sustainability*, edited by Lorenz M. Hilty and Bernard Aebischer: 137-156. Springer International Publishing, 2015; Schien, Daniel et al. »The Energy Intensity of the Internet: Edge and Core Networks.« *ICT Innovations for Sustainability*, edited by Lorenz M. Hilty and Bernard Aebischer: 157-170. Springer International Publishing, 2015.
- 26 Van Heddeghem. »Trends in worldwide ICT electricity consumption from 2007 to 2012.« 2014.
- 27 Stobbe, Lutz, and Hintemann, Ralph. *Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland – Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie*. Berlin: Fraunhofer IZM und Borderstep Institut, 2015 [↗https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/entwicklung-des-ikt-bedingten-strombedarfs-in-deutschland-abschlussbericht.html](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/entwicklung-des-ikt-bedingten-strombedarfs-in-deutschland-abschlussbericht.html), Zugriff am 22.04.2020.

29 TWh im Jahr 2010 auf 21 TWh im Jahr 2015 gesunken ist. Eine weitere substantielle Abnahme auf circa 13 TWh wird für 2025 vorausgesagt. Gründe dafür sind die Effizienzgewinne existierender Geräteklassen, deren kontinuierlicher Ersatz durch neue, deutlich effizientere Geräteklassen sowie die Marktsättigung, die dazu führt, dass kaum zusätzliche Geräte angeschafft werden, sondern eher alte durch neue ersetzt werden. Dieses Phänomen wurde in früheren Studien nicht berücksichtigt. Daher erscheint eine etwas tiefere Zahl um 350 TWh jährlich eher realistisch.

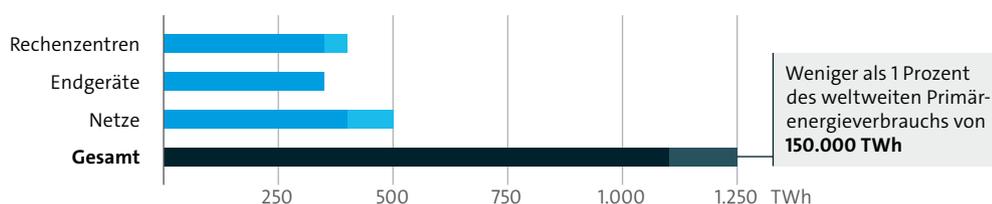


Abbildung 3: Weltweiter Strombedarf rund ums Streaming 2019

Weltweit benötigten wir im Jahr 2019 daher grob geschätzt um die 350 bis 400 TWh für Rechenzentren, für Endgeräte circa 350 TWh sowie 400 bis 500 TWh für die Netze; insgesamt also 1.100 bis 1.250 TWh und damit an die fünf Prozent des weltweiten Elektrizitätsverbrauchs von 26.700 TWh und weniger als ein Prozent des weltweiten Primärenergieverbrauchs von 150.000 TWh. Diese Zahlen umfassen den Energieverbrauch digitaler Geräte während ihrer Nutzungsphase, wovon Streaming nur einen (wenn auch wichtigen) Teil darstellt. Die Produktion der Geräte ist zudem ein relevanter Faktor für kleine Geräte, die nicht oft genutzt werden und kurze Lebenszeiten haben; sie fällt jedoch weniger ins Gewicht für größere Geräte mit langer Lebensdauer, die viele Stunden am Tag genutzt werden, wie etwa Desktop-PCs,<sup>28</sup> und ist praktisch vernachlässigbar für Server, die mehrere Jahre kontinuierlich in Gebrauch sind und viel Leistung in der Nutzung benötigen. Die insgesamt für die Herstellung der Geräte benötigte Gesamtenergie ist daher schwierig abzuschätzen. Existierende Schätzungen klaffen weit auseinander und beruhen meist auf undurchsichtigen oder zumindest nicht gänzlich transparenten Annahmen. Geht man von einer recht breiten Spanne von jährlich 300 bis 600 TWh für die Herstellung der Geräte aus, wäre damit die Digitalisierung samt Herstellung für 1 bis 1,25 Prozent des weltweiten Energieverbrauchs verantwortlich.

Will man nun den Energieverbrauch in Treibhausgasen umrechnen, sind zwei gegensätzliche Tendenzen zu beachten. Einerseits entstehen bei der Stromerzeugung aus Primärenergie teils erhebliche Verluste, und damit ist der Anteil für Strom genutzter Primärenergie in der Gesamtbilanz deutlich höher als der Anteil des resultierenden Stroms. Andererseits wird jedoch ein wachsender Anteil des Stroms weltweit aus erneuerbaren Quellen generiert, und es sind zudem weitere Treibhausgase zu berücksichtigen – etwa Methan aus der Landwirtschaft –, die nicht in der Energieverbrauchsbilanz auftauchen. Berücksichtigt man dies und rechnet man

28 Hischier, Roland et al. »Grey Energy and Environmental Impacts of ICT Hardware.« ICT Innovations for Sustainability, edited by Lorenz M. Hilty and Bernard Aebischer: 171-189. Springer International Publishing, 2015.

mit dem jetzigen Wert von weltweit durchschnittlich 484 Gramm CO<sub>2</sub> pro kWh<sup>29</sup>, so ist die gesamte Digitalisierung nur für etwa 1,5 Prozent der weltweiten Treibhausgase verantwortlich, mithin für etwas weniger, als die in der Kurzstudie »Klimaschutz durch digitale Technologien – Chancen und Risiken«<sup>30</sup> angegebene Spannweite von 1,8 bis drei Prozent. Beschränkt man die Analyse lediglich auf Energiebedarf und CO<sub>2</sub>-Ausstoß der Videonutzung im Internet, so ist der Unterschied nicht mehr so bedeutend; er zeigt dennoch auf, wie wichtig eine eingehende Auseinandersetzung mit der für die Herstellung von IKT-Geräten weltweit benötigten Energie ist.

### 4.3 Streamen statt fliegen?

Wie durch die Corona-Krise ersichtlich wird, können Videokonferenzen einen guten Ersatz für Reisen darstellen. Und zwar nicht nur, wenn es darum geht, das Klima zu schonen, sondern eben auch dann, wenn soziale Distanzierung praktiziert werden muss, um die Ausbreitung eines gefährlichen Pathogens einzudämmen. In diesem Sinne – allerdings nur in diesem – kann Videostreaming tatsächlich das (willkommen!) neue Fliegen sein.

---

29 Pavarini, Claudia et al. Tracking the decoupling of electricity demand and associated CO<sub>2</sub> emissions. Paris: IEA, 2019 [www.iea.org/commentaries/tracking-the-decoupling-of-electricity-demand-and-associated-co2-emissions](http://www.iea.org/commentaries/tracking-the-decoupling-of-electricity-demand-and-associated-co2-emissions), Zugriff am 28.05.2020.

30 Bieser, Jan et al. Klimaschutz durch digitale Technologien – Chancen und Risiken. Berlin: Bitkom, 2020 [www.bitkom.org/sites/default/files/2020-05/2020-05\\_bitkom\\_klimastudie\\_digitalisierung.pdf](http://www.bitkom.org/sites/default/files/2020-05/2020-05_bitkom_klimastudie_digitalisierung.pdf), Zugriff am 28.05.2020.

**5** Das können Videoinhalteanbieter und Nutzer tun, um den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck von Videos aus dem Netz klein zu halten

# 5 Das können Videoinhalteanbieter und Nutzer tun, um den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck von Videos aus dem Netz klein zu halten

Dr. Stefan Arbanowski

## 5.1 Die technischen Möglichkeiten der Videoinhalteanbieter

Die Datenübertragung macht mit Abstand den größten Anteil am Gesamtenergieverbrauch der Videonutzung aus. Deshalb kommt einer möglichst effizienten Ausspielung der Inhalte eine große Rolle zu. Dabei geht es darum, zum einen die notwendige Datenmenge zu minimieren, zum anderen den Weg möglichst energiesparend zu gestalten, den ein Inhalt von seinem Speicherplatz zum Endkunden zurücklegen muss.

Für die Frage der Datenmenge spielt nicht nur die Auflösung eine Rolle, sondern zum Beispiel auch die eingesetzte Komprimierung. Effiziente Ausspielverfahren erlauben eine Optimierung der notwendigen Bitraten für eine gewünschte, möglichst hohe Qualität. Die Nutzung titelspezifischer Bitraten erlaubt es zum Beispiel, bei Titeln mit weniger schnellen Bildwechseln sehr viel geringere Bitraten bei gleichbleibender Darstellungsqualität einzusetzen und damit die zu übertragenden Datenmengen gegenüber Standard-Bitraten deutlich zu reduzieren. Auch können Trickfilme, Naturfilme oder Filme mit hohem Actionanteil durch titelspezifische Bitraten ihrem Charakter entsprechend angepasst enkodiert werden. Noch einen Schritt weiter geht man mit dem szenenbasierten Encoding, bei dem ein Film KI-gestützt (maschinelles Lernen) in einzelne Szenen unterteilt wird, welche dann einzeln optimal enkodiert werden, um den benötigten Speicherplatz und die Bitraten gering zu halten.

Der Weg, den die Daten zum Endkunden zurücklegen, kann optimiert werden, indem insbesondere häufig genutzte Inhalte nahe am Nutzer bereitgestellt werden. Dies gelingt entweder durch CDNs<sup>31</sup> mit direkter Zusammenschaltung mit dem Internetzugangsanbieter oder aber durch die Bereitstellung von Abrufinhalten auf Servern innerhalb der Telekommunikations-Anschlussnetze, die zum Teil von den Inhalteanbietern kostenlos zur Verfügung gestellt werden. Entsprechend können bei Live-Inhalten die Datenmengen durch Einsatz von Multicast-Technologien reduziert werden. Gerade im Bereich der Anschlussnetze spielt der Einsatz effizienter Übertragungstechnologien eine große Rolle. Moderne Technologien wie 5G und optische Übertragungstechniken beim Einsatz von Glasfaser ermöglichen die Übertragung sehr viel größerer Datenmengen mit geringerem Energieeinsatz.

---

31 Bei einem Content Delivery Network, kurz CDN, handelt es sich um ein Netz von regional verteilten und vernetzten Servern, über die beim Streaming die Videos ausgeliefert werden.

## 5.2 Der Einfluss des Endnutzers

Beim zur Darstellung genutzten Bildschirm (und bei gegebenenfalls zusätzlich eingebundenen Empfangsgeräten wie Streaming-Boxen oder -Sticks) liegt es zunächst in der Hand der Hersteller, den Energieeinsatz zu optimieren, sowohl im aktiven Einsatz als auch im Standby-Modus. Auch hier zeigen sich kontinuierliche Fortschritte, sodass bei stetig wachsender Leistungsfähigkeit, etwa was Rechenkapazität, Darstellungsqualität und nicht zuletzt Bildschirmgrößen und Auflösung angeht, die Geräte laufend effizienter werden. Gerade beim Endgerät besteht auch ein hoher Einflussfaktor des Endnutzers. Er kann im Wettbewerb besonders energieeffiziente Geräte auswählen. Er entscheidet, welches Endgerät er in der jeweiligen Nutzungssituation einsetzt. Und er weiß, ob er mehrere Geräte parallel laufen lässt, ohne den Inhalten wirklich Aufmerksamkeit zu schenken.

Daneben kann der Endnutzer aber auch bei der Übertragung die Energieeffizienz beeinflussen, etwa durch Wahl einer weniger energieintensiven Übertragung: Festnetz, gegebenenfalls in Kombination mit WLAN, benötigt deutlich weniger Energie als eine Mobilfunkübertragung. Zusätzlich kann dem Endnutzer auch in den Diensten selbst die Möglichkeit zu ressourcensparendem Verhalten gegeben werden. Dazu zählt die Möglichkeit, die genutzten Datenmengen durch Wahl von Auflösungen oder auch den Grad der Bildoptimierung zu beeinflussen. Ebenso zählt hierzu die Möglichkeit, das Auto-Play von Videoinhalten abzuschalten, etwa im Bereich von Werbung, bei Trailern oder auch beim Anspielen eines Folgetitels nach Ende eines Titels.

## 5.3 Nötige Energie nachhaltig gewinnen

Bei allem Bemühen um eine Reduzierung der benötigten Energie werden die Nutzung des Internets und insbesondere auch die Nutzung von Videoinhalten immer mit Energieverbrauch verbunden sein. Deshalb spielt beim unvermeidbaren Energieverbrauch die Herkunft der Energie eine weitere zentrale Rolle. Wo immer möglich, sollte Strom aus erneuerbaren Energiequellen genutzt werden. Wenn dies im Einzelfall nicht möglich ist, ist ein Ausgleich durch Zertifikate für die Gewinnung und den Einsatz erneuerbarer Energien an anderer Stelle möglich (sogenannte Renewable Energy Certificates, RECs). Wo auch dies nicht möglich ist, erlaubt Carbon Offsetting zumindest die Finanzierung von Gegenmaßnahmen, die den entstandenen CO<sub>2</sub>-Ausstoß durch alternative Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Einsparung ausgleichen bzw. einen CO<sub>2</sub>-Entzug aus der Atmosphäre an anderer Stelle erlauben. Die Entscheidung über die jeweils eingesetzte Energiequelle obliegt demjenigen, bei dem der Energieverbrauch anfällt. Zum Teil kann im Rahmen vertraglicher Abreden auch auf den Energieeinsatz von Vertragspartnern Einfluss genommen werden. Die Möglichkeit zum Ausgleich besteht unabhängig davon, wer über den Energieeinsatz entscheidet.

# 6 Literaturverzeichnis

## 6 Literaturverzeichnis

- Andrae, Anders S. G. Projecting the chiaroscuro of the electricity use of communication and computing from 2018 to 2030, 2019.
- Andrae, Anders S. G., and Tomas Edler. »On Global Electricity Usage of Communication Technology: Trends to 2030.« Challenges 6.1 (2015): 117-157.
- Aslan, Joshua et al. »Electricity Intensity of Internet Data Transmission: Untangling the Estimates.« Journal of Industrial Ecology 22.4 (2018): 785-798. doi: 10.1111/jiec.12630.
- Belkhir, Lotfi, and Ahmed Elmeligi. »Assessing ICT global emissions footprint: Trends to 2040 & recommendations.« Journal of Cleaner Production 177 (10. März 2018): 448-463 [↗www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261733233X](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261733233X), Zugriff am 28.05.2020.
- Bieser, Jan et al. Klimaschutz durch digitale Technologien – Chancen und Risiken. Berlin: Bitkom, 2020 [↗www.bitkom.org/sites/default/files/2020-05/2020-05\\_bitkom\\_klimastudie\\_digitalisierung.pdf](http://www.bitkom.org/sites/default/files/2020-05/2020-05_bitkom_klimastudie_digitalisierung.pdf), Zugriff am 28.05.2020.
- Bitkom. Zukunft der Consumer Technology – 2019. Berlin: Bitkom, 2019 [↗www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Die-Zukunft-der-Consumer-Technology-2019](http://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Die-Zukunft-der-Consumer-Technology-2019), Zugriff am 23.04.2020.
- Bundesnetzagentur. Monitoringbericht 2018. Bundesnetzagentur: Bonn, 2019 [↗https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Monitoringberichte/Monitoringbericht2018.pdf;jsession](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Monitoringberichte/Monitoringbericht2018.pdf;jsession), Zugriff am 01.08.2019.
- Chandaria, Jigna et al. A comparison of the carbon footprint of digital terrestrial television with video on-demand. BBC Research Whitepaper, 189, 2011.
- Cisco. VNI Forecast Highlights Tool Germany. Visual Networking Index, 2018 [↗www.cisco.com/c/m/en\\_us/solutions/service-provider/vni-forecast-highlights/pdf/Germany\\_2022\\_Forecast\\_Highlights.pdf](http://www.cisco.com/c/m/en_us/solutions/service-provider/vni-forecast-highlights/pdf/Germany_2022_Forecast_Highlights.pdf), Zugriff am 13.04.2017.
- Coroama, Vlad C. et al. »The Energy Intensity of the Internet: Home and Access Networks.« ICT Innovations for Sustainability, edited by Lorenz M. Hilty and Bernard Aebischer: 137-156. Springer International Publishing, 2015.
- Finley, Klint. »Your Binge-Watching Is Making the Planet Warmer.« Wired (14. Mai 2015) [↗www.wired.com/2015/05/binge-watching-making-planet-warmer/](http://www.wired.com/2015/05/binge-watching-making-planet-warmer/), Zugriff am 29.05.2020.
- Fuster, Thomas. »Streaming ist das neue Fliegen – wie der digitale Konsum das Klima belastet.« Neue Zürcher Zeitung (16. April 2019).
- Hintemann, Ralph, and Simon Hinterholzer. Videostreaming: Energiebedarf und CO<sub>2</sub>-Emissionen (Hintergrundpapier). Berlin: Borderstep Institut, 2020.

Hintemann, Ralph. Rechenzentren 2018. Effizienzgewinne reichen nicht aus: Energiebedarf der Rechenzentren steigt weiter deutlich an. Berlin: Borderstep Institut, 2020 [↗www.borderstep.de/wp-content/uploads/2020/03/Borderstep-Rechenzentren-2018-20200324rev.pdf](http://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2020/03/Borderstep-Rechenzentren-2018-20200324rev.pdf), Zugriff am 22.04.2020.

Hintemann, Ralph, and Simon Hinterholzer. »Energy consumption of data centers worldwide.« The 6th International Conference on ICT for Sustainability (ICT4S). Lappeenranta, 2019.

Hischier, Roland et al. »Grey Energy and Environmental Impacts of ICT Hardware.« ICT Innovations for Sustainability, edited by Lorenz M. Hilty and Bernard Aebischer: 171-189. Springer International Publishing, 2015.

IEA. Emissions – Global Energy & CO<sub>2</sub> Status Report 2019 – Analysis, 2019 [↗www.iea.org/reports/global-energy-co2-status-report-2019/emissions](http://www.iea.org/reports/global-energy-co2-status-report-2019/emissions), Zugriff am 05.03.2020.

IEA. World Energy Outlook 2019. International Energy Agency, 2019 [↗www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019](http://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019), Zugriff am 24.04.2020.

Masanet, Eric et al. »Recalibrating global data center energy-use estimates.« Science 367.6481 (2020): 984-986. doi: 10.1126/science.aba3758.

Pavarini, Claudia et al. Tracking the decoupling of electricity demand and associated CO<sub>2</sub> emissions. Paris: IEA, 2019 [↗www.iea.org/commentaries/tracking-the-decoupling-of-electricity-demand-and-associated-co2-emissions](http://www.iea.org/commentaries/tracking-the-decoupling-of-electricity-demand-and-associated-co2-emissions), Zugriff am 28.05.2020.

Schien, Daniel et al. »The Energy Intensity of the Internet: Edge and Core Networks.« ICT Innovations for Sustainability, edited by Lorenz M. Hilty and Bernard Aebischer: 157-170. Springer International Publishing, 2015.

Shehabi, Arman et al. The energy and greenhouse-gas implications of internet video streaming in the United States. Environmental Research Letters, 9.5, 054007, 2014.

Stobbe, Lutz, and Hintemann, Ralph. Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland – Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Berlin: Fraunhofer IZM und Borderstep Institut, 2015 [↗https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/entwicklung-des-ikt-bedingten-strombedarfs-in-deutschland-abschlussbericht.html](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/entwicklung-des-ikt-bedingten-strombedarfs-in-deutschland-abschlussbericht.html), Zugriff am 22.04.2020.

The Guardian. »Tsunami of data« could consume one fifth of global electricity by 2025.« The Guardian (11. Dezember 2017) [↗www.theguardian.com/environment/2017/dec/11/tsunami-of-data-could-consume-fifth-global-electricity-by-2025](http://www.theguardian.com/environment/2017/dec/11/tsunami-of-data-could-consume-fifth-global-electricity-by-2025), Zugriff am 29.05.2020.

The Shift Project. Climate crisis: The unsustainable use of online video – A practical case study for digital sobriety, 2019 ↗<https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2019/07/2019-02.pdf>, Zugriff am 02.04.2020.

The Shift Project. Lean ICT: Towards Digital Sobriety, 2019 ↗[https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2019/03/Lean-ICT-Report\\_The-Shift-Project\\_2019.pdf](https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2019/03/Lean-ICT-Report_The-Shift-Project_2019.pdf), Zugriff am 22.04.2020.

Umweltbundesamt. CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kilowattstunde Strom sinken weiter, 2019 ↗[www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/bilanz-2019-co2-emissionen-pro-kilowattstunde-strom](http://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/bilanz-2019-co2-emissionen-pro-kilowattstunde-strom), Zugriff am 02.06.2020.

Van Heddeghem, Ward et al. »Trends in worldwide ICT electricity consumption from 2007 to 2012.« Computer Communications 50 (2014): 64-76 ↗<https://doi.org/10.1016/j.comcom.2014.02.008>.

VATM & Dialog Consult. 21. TK-Marktanalyse Deutschland 2019, 2019 ↗[www.vatm.de/wp-content/uploads/2019/10/VATM\\_TK-Marktstudie\\_2019\\_091019.pdf](http://www.vatm.de/wp-content/uploads/2019/10/VATM_TK-Marktstudie_2019_091019.pdf), Zugriff am 28.05.2020.

Bitkom vertritt mehr als 2.700 Unternehmen der digitalen Wirtschaft, davon gut 1.900 Direktmitglieder. Sie erzielen allein mit IT- und Telekommunikationsleistungen jährlich Umsätze von 190 Milliarden Euro, darunter Exporte in Höhe von 50 Milliarden Euro. Die Bitkom-Mitglieder beschäftigen in Deutschland mehr als 2 Millionen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Zu den Mitgliedern zählen mehr als 1.000 Mittelständler, über 500 Startups und nahezu alle Global Player. Sie bieten Software, IT-Services, Telekommunikations- oder Internetdienste an, stellen Geräte und Bauteile her, sind im Bereich der digitalen Medien tätig oder in anderer Weise Teil der digitalen Wirtschaft. 80 Prozent der Unternehmen haben ihren Hauptsitz in Deutschland, jeweils 8 Prozent kommen aus Europa und den USA, 4 Prozent aus anderen Regionen. Bitkom fördert und treibt die digitale Transformation der deutschen Wirtschaft und setzt sich für eine breite gesellschaftliche Teilhabe an den digitalen Entwicklungen ein. Ziel ist es, Deutschland zu einem weltweit führenden Digitalstandort zu machen.

**Bundesverband Informationswirtschaft,  
Telekommunikation und neue Medien e.V.**

Albrechtstraße 10  
10117 Berlin  
T 030 27576-0  
F 030 27576-400  
bitkom@bitkom.org  
[www.bitkom.org](http://www.bitkom.org)

**bitkom**