

# Massenphänomen Videostreaming

Implikationen für Nutzer:innen, Infrastruktur und Klima

Frank Dratsdrummer, Wilfried Konrad, Dirk Scheer

Stuttgart, Juni 2022

Bericht im Rahmen des Forschungsprojekts Energie, Nachhaltig-  
keit, Ressourceneffizienz in IT und Rechenzentren (*ENRICH*)

*gefördert durch*



**Baden-Württemberg**

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

## Inhalt

Einleitung .....	1
<b>Teil 1   Desk Research: Ansatzpunkte für ein klima- und umweltfreundlicheres Videostreaming .....</b>	<b>1</b>
Begriffseingrenzung .....	1
Entwicklung des Videostreaming-Trends .....	2
Ist Videostreaming das neue Fliegen? .....	2
Energiebedarfe und CO <sub>2</sub> -Emissionen im System Videostreaming .....	3
Zieldimensionen für nachhaltiges Videostreaming .....	5
<b>Teil 2   Ergebnisbericht: Expert:innen-Workshop „Massenphänomen Videostreaming“ .....</b>	<b>6</b>
Zentrale Ergebnisse I: Handlungsfeld Streaming-Angebote & Nutzungskontexte .....	7
Potenziale für Energieeffizienz im Kontext mittel- und langfristiger Videostreaming-Trends.....	8
Handlungsoptionen für höhere Energieeffizienz bei der Videostreaming-Nutzung .....	9
Zentrale Ergebnisse II: Handlungsfeld Technologie & Infrastruktur .....	10
Potenziale für Energieeffizienz .....	11
Potenziale für Ressourceneffizienz.....	12
Handlungsoptionen für höhere Energie- und Ressourceneffizienz bei Technologie & Infrastruktur.....	13
<b>Überblick: Handlungsoptionen für nachhaltiges Videostreaming .....</b>	<b>14</b>
Literaturverzeichnis .....	16

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anteilige Nutzungsdauern an Bewegtbild Gesamt (brutto) in Prozent   14-29 Jahre   2018 bis 2021 (veränderte Übernahme; Abbildung wurde um die zusammenfassende Kategorie „Anteil Online-Videos“ und die jeweiligen Prozentsummen ergänzt; Ergänzungen sind gelb markiert) (Quelle: In Anlehnung an ARD/ZDF-Massenkommunikation Trends 2021, 2021, S. 19) .....	2
Abbildung 2: Treibhausgasemissionen im Rechenzentrum pro Stunde Video-streaming (Quelle: Köhn et al., 2020, S. 4) .....	3
Abbildung 3: Treibhausgasemissionen im Rechenzentrum und im Netzwerk pro Stunde Video-streaming (HD-Qualität) (Quelle: Köhn et al., 2020, S. 5) .....	4
Abbildung 4: Energiebedarf Videostreaming in Full-HD (1080p) in Abhängigkeit vom verwendeten Endgerät (Basisjahr 2018, ohne Herstellung der Geräte und Anlagen) (Quelle: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit, 2020, S. 3) .....	4
Abbildung 5: Energiebedarf Videostreaming in Abhängigkeit von der Auflösung (Basisjahr 2018, ohne Herstellung der Geräte und Anlagen); (Quelle: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit, 2020, S. 3) .....	5
Abbildung 6: Übersicht der Handlungsoptionen für nachhaltiges Videostreaming in den Handlungsfeldern "Infrastruktur & Technologie" und "Streaming-Angebote & Nutzungskontexte" (Quelle: eigene Darstellung) .....	15

## Teil 1 | Desk Research: Ansatzpunkte für ein klima- und umweltfreundlicheres Videostreaming

### Einleitung

Videostreaming wird in Deutschland für immer mehr Menschen zum Standard. So streamen inzwischen vier von fünf Internet-Nutzer:innen Online-Videos. Die meisten greifen dabei auf Videoportale wie *YouTube*, *Vimeo* oder *Twitch* zu. Sehr beliebt sind auch Angebote von Mediatheken der Fernsehsender. Zudem hat sich das Streamen von Serien und Filmen auf Video on Demand-Portalen wie *Netflix* oder *Amazon Prime* inzwischen so weit etabliert, dass weit über die Hälfte der Nutzer:innen bereit sind, für das Streaming von Online-Videos zu zahlen (Bitkom, 2021). Mehrere Studien gehen davon aus, dass die Zuwachsraten des durch Videostreaming verursachten Datenverkehrs im Internet in den nächsten Jahren weiter ansteigen werden (z.B. Cisco, 2019; Madlener et al., 2021; SANDVINE, 2019, 2020; Suski et al., 2020). Dabei könnte der dafür notwendige Mehrbedarf an Energie und Ressourcen für Rechenzentren, Datenübertragungsnetzen und Videostreaming-Endgeräte sowie damit einhergehende Auswirkungen auf Klima und Umwelt zunehmend zum Problem werden.

Das Forschungsprojekt *ENRICH* fokussiert Auswirkungen der Digitalisierung auf den Energie- und Ressourcenverbrauch in Baden-Württemberg und analysiert in diesem Rahmen Themen wie aktuelle Megatrends in der IT, nachhaltige Beschaffung sowie die Entwicklung von Energieeffizienzmaßnahmen. In *ENRICH* wurden mögliche Entwicklungen des Megatrends Videostreaming antizipiert und darauf aufbauend Potenziale und Handlungsoptionen für ein energie- und ressourceneffizienteres Videostreaming identifiziert und herausgearbeitet. Methodisch erfolgte zunächst eine Literaturrecherche, auf deren Grundlage ein interdisziplinärer Expert:innen-Workshop konzipiert und durchgeführt wurde.

Teil 1 dieses Berichts fasst einleitend die Ergebnisse der Literaturrecherche zusammen, worauf in Teil 2 zentrale Ergebnisse des Expert:innen-Workshops vorgestellt werden.

### Begriffseingrenzung

**Videostreaming** bezeichnet generell die Übertragung von Videoinhalten als kontinuierlichen Datenstrom (vgl. Gröger et al., 2021, S. 114). Im Gegensatz zu downloadbaren Videos, zu deren Wiedergabe zunächst die entsprechende Videodatei vollständig auf das Endgerät heruntergeladen werden muss, erfolgt die Videodatenübertragung beim Videostreaming synchron im Hintergrund. Bei laufender Wiedergabe auf dem Endgerät werden dabei kontinuierlich Videodaten übertragen und temporär lokal zwischengespeichert. Diese temporär gespeicherten Videodaten sind i.d.R. nicht wiedergabefähig, weshalb Videostreaming auch für urheberrechtlich geschützte Videoinhalte breite Anwendung findet.

In diesem Bericht wird der Fokus auf das Videostreaming von **Online-Videos** gesetzt. In diese Kategorie ordnen wir kostenfreie oder kostenpflichtige Videoinhalte von Video-Plattformen (z.B. *YouTube*, *Vimeo*), Video-on-Demand-Plattformen (z.B. *Netflix*, *Amazon Prime*, *Zattoo*, *Disney+*) und Mediatheken von Fernsehsendern (z.B. *ARTE*-Mediathek) ein, wie auch Videoinhalte, die in Sozialen Netzwerken (z.B. *Twitter*, *Facebook*, *Instagram*, *TikTok*, *Twitch*, *Snapchat*) geteilt oder auf anderen Websites (z.B. *heise.de*, *Spiegel.de*) eingebunden werden. Zur Kategorie der Online-Videos zählen wir in diesem Bericht hingegen nicht: Videoinhalte aus Video-Telefonaten (z.B. *Skype*, *Apple Facetime*, *Google Hangout*), Videokonferenzen (z.B. *Zoom*, *Webex*), Video-Überwachung oder solche Videos, die im Internet ausschließlich zum Download angeboten oder nicht öffentlich bzw. nur Einzelnen angeboten werden (z.B. über *Whatsapp*).

## Entwicklung des Videostreaming-Trends

Der rasante Zuwachs des **weltweiten Datenverkehrs** ist auch heute, nach über dreißigjährigem Bestehen des kommerziellen Internet, ungebrochen: Wurden im Jahr 1992 noch rund 100 Gigabyte (GB) an Daten pro Tag im Internet versendet, so erhöhte sich der weltweite Datenverkehr bis 1997 auf 100 GB pro Stunde, bis 2002 auf 100 GB pro Sekunde und bis 2007 auf 2.000 GB pro Sekunde. Für das Jahr 2022 wird mit einem Volumen des globalen Datenverkehrs von 150.700 GB pro Sekunde gerechnet, was einem Zuwachs von über 320 Prozent gegenüber dem Jahr 2017 (46.600 GB pro Sekunde) entspricht (Cisco, 2019, S. 5). Der **Anteil des Streaming von Online-Videos am weltweiten Datenverkehr** wird derzeit auf rund 60 Prozent beziffert. Der Anteil sämtlicher Videoinhalte (d.h. einschließlich Videodatei-Download bzw. -Austausch, Videotelefonie/-conferencing, Videoüberwachung etc.) am globalen Datenverkehr liegt verschiedenen Schätzungen zufolge zwischen 80 und 90 Prozent (Cisco, 2019; vgl. SANDVINE, 2019; SHIFT, 2019; Suski et al., 2020). Dabei wird auf den Videostreaming-Plattformen *YouTube* (mit über 15 Prozent Anteil am globalen Datenverkehr) und *Netflix* (mit ca. 11 Prozent Anteil am globalen Datenverkehr) der meiste Datenverkehr generiert (vgl. SANDVINE, 2020, S. 6 f.).

Korrespondierend zu diesen Analysen des globalen Videodatenverkehrs belegen auch Studien zur **Videostreaming-Nutzung** die wachsende Beliebtheit von Videostreaming. So zeigt die repräsentative Erhebung *ARD/ZDF-Massenkommunikation Trends 2021* (2021) für Deutschland beispielweise, dass in der breiten Mehrheit der deutschsprachigen Wohnbevölkerung ab 14 Jahre das klassische Fernsehen zwar noch nach wie vor das vorherrschende Alltagsmedium ist, dieses jedoch im Trend zunehmend durch das Streaming von Online-Videos ersetzt wird. So hat sich, basierend auf der durchschnittlichen Gesamtnutzungsdauer von Bewegtbildangeboten allgemein, der Anteil des Videostreaming von 2018 bis 2021 von 15 auf 29 Prozent nahezu verdoppelt, wobei sich der Anteil des laufenden oder aufgenommenen Fernsehprogramms entsprechend verringerte. Bei der jüngeren Generation der 14- bis 29-jährigen zeigt sich dieser Trend in weitaus deutlicherer Ausprägung: Während bei dieser Altersgruppe Videostreaming im Jahr 2018 bereits durchschnittlich 50 Prozent ihrer gesamten Nutzungsdauer von Bewegtbildangeboten ausmachte, hat sich dieser Anteil bis 2021 auf 77 Prozent erhöht (siehe Abbildung 1). Der bereits im Jahr 2018

vorhandene relativ hohe Videostreaming-Anteil bei den 14- bis 29-jährigen kann als Indiz dafür gewertet werden, dass der Videostreaming-Boom bereits vor der COVID19-Pandemie bestanden hat und die Pandemie allenfalls als Verstärker, jedoch eher nicht als Auslöser des beginnenden Massenphänomens Videostreaming aufgefasst werden kann.

### Bei den 14- bis 29-Jährigen hat sich die Videonutzung seit 2018 deutlich von Fernsehen zu Streamingdiensten und anderen digitalen Angeboten verschoben.

Bewegtbild – Anteilige Nutzungsdauern an Bewegtbild Gesamt (brutto) in Prozent | 14-29 Jahre | 2018 bis 2021

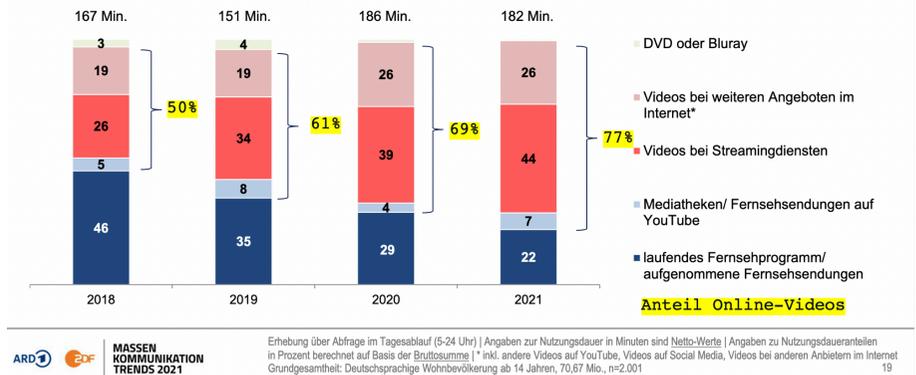


Abbildung 1: Anteilige Nutzungsdauern an Bewegtbild Gesamt (brutto) in Prozent; 14-29 Jahre; 2018 bis 2021 (veränderte Übernahme; Abbildung wurde um die zusammenfassende Kategorie „Anteil Online-Videos“ und die jeweiligen Prozentsummen ergänzt; Ergänzungen sind gelb markiert) (Quelle: In Anlehnung an ARD/ZDF-Massenkommunikation Trends 2021, 2021, S. 19)

## Ist Videostreaming das neue Fliegen?

Schätzungen gehen davon aus, dass sich der Anteil des globalen Informations- und Kommunikationstechnik (IuK)-Sektors am weltweiten Energieverbrauch in den Jahren von 2012 (ca. 4-7 Prozent) bis 2020 (ca. 7-12 Prozent) fast verdoppelt hat, wobei ungefähr die Hälfte des Energieverbrauchs in Rechenzentren verursacht wurde

(Suski et al., 2020, S. 129). Vor diesem Hintergrund sowie in Anbetracht der steigenden Zuwachsraten beim globalen Datenverkehr und der damit verbundenen Mehrbelastungen für das Klima wurde der Videostreaming-Trend in der Öffentlichkeit zunehmend kritisch betrachtet (Coroamă et al., 2020, S. 13; Kamiya, 2020). Im deutschsprachigen Raum fand z.B. ein Artikel der Neuen Zürcher Zeitung (NZZ) viel Beachtung: „Streaming ist das neue Fliegen – wie der digitale Konsum das Klima belastet“ (Fuster, 2019). Die Gleichsetzung der Klimawirkung von Videostreaming mit der des Fliegens wurde in daran anschließenden Kommentaren jedoch entkräftet. So habe sich dieser Artikel wie auch andere internationale Medien auf eine einzelne Ausreißer-Studie bezogen, deren pessimistische Annahme auf einer fehlerhaften Berechnung, u.a. einem Umrechnungsfehler von Byte zu Bit, basierte (Kamiya, 2020; Hilty, 2019). Tatsächlich wird der gegenwärtige Energiebedarf des Videostreaming noch als verhältnismäßig überschaubar bewertet: „The average energy consumption of video streaming is fairly low compared with other everyday activities, with end-user devices such as televisions consuming the majority.“ (International Energy Agency, 2021) Mittelfristig bedeutender werdende Aspekte, wie beispielsweise die exponentiellen Zuwächse der Datenmengen, sinkende Effizienzgrenzzuwächse künftiger neu- bzw. weiterentwickelter Technologien im IuK-Sektor oder auch ungenügend genutzte Energieeinsparungspotenziale in der Herstellung von IuK-Geräten, sind nur einige Hinweise darauf, dass im beginnenden (u.a. vom Klimawandel und Energiekrise geprägten) Jahrzehnt der Handlungsdruck zu einem energieeffizienteren Videostreaming zunimmt (vgl. Coroamă et al., 2020; Kamiya, 2020).

Bevor die im Rahmen der Literaturrecherche identifizierte Strategie und Handlungsfelder für ein energieeffizientes Videostreaming vorgestellt werden, skizziert der folgende Abschnitt zunächst, auf welchen Ebenen Energiebedarfe bzw. Treibhausgasemissionen im System Videostreaming verursacht werden.

### Energiebedarfe und CO<sub>2</sub>-Emissionen im System Videostreaming

Der Energiebedarf entsteht beim Videostreaming im Wesentlichen innerhalb folgender Ebenen: (1) Rechenzentren und deren Infrastruktur zur Speicherung, Verarbeitung sowie Bereitstellung und Verteilung von Videodaten; (2) Kommunikationsnetze

zur Übertragung von Videodaten; (3) Endgeräte für die Wiedergabe von Videostreaming-Inhalten.

**Rechenzentren:** Im Rahmen des Projekts *Green Cloud Computing* haben Gröger et al. (2021) exemplarisch sämtliche in einem Rechenzentrumsverbund anfallenden Energie- und Ressourcenverbräuche eines Videostreaming-Anbieters bilanziert und dessen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck ermittelt. Dabei wurde für den gesamten Rechenzentrums-Verbund ein CO<sub>2</sub>-Fußabdruck von 1,45 Gramm Kohlendioxid-Äquivalenten pro Stunde Videostreaming in HD-Qualität ermittelt (siehe Abbildung 2). Dies würde einer Autofahrt von 10 Metern mit einem PKW entsprechen.

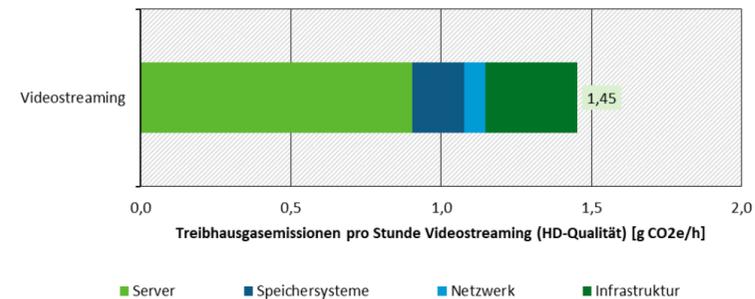


Abbildung 2: Treibhausgasemissionen im Rechenzentrum pro Stunde Videostreaming (Quelle: Köhn et al., 2020, S. 4)

**Kommunikationsnetze:** Im vorgenannten Projekt wurden ebenso der Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Fußabdruck ermittelt, die bei der Übertragung von Videodaten über verschiedene Kommunikationsnetztechnologien (*FTTH, VDSL, 3G, 4G, 5G*) anfallen. Abbildung 3 zeigt den dabei jeweils ermittelten CO<sub>2</sub>-Fußabdruck im Rechenzentrums-Verbund (grüner Teil-Balken) und der jeweiligen Kommunikationsnetz-Technologie (blauer Teil-Balken) je Stunde Videostreaming in HD-Qualität. Dabei veranschaulicht dieser Vergleich deutlich, dass von kabelgebundenen Breitbandnetzen und dabei insbesondere von Glasfaser (*FTTH*) weitaus geringere Mengen von CO<sub>2</sub>-Emissionen ausgehen, als von gegenwärtigen Mobilfunk-Technologien, von welchen

wiederum der aktuelle 5G-Standard einen weitaus geringeren Energieverbrauch aufweist als die älteren Technologiestandards 4G und 3G.

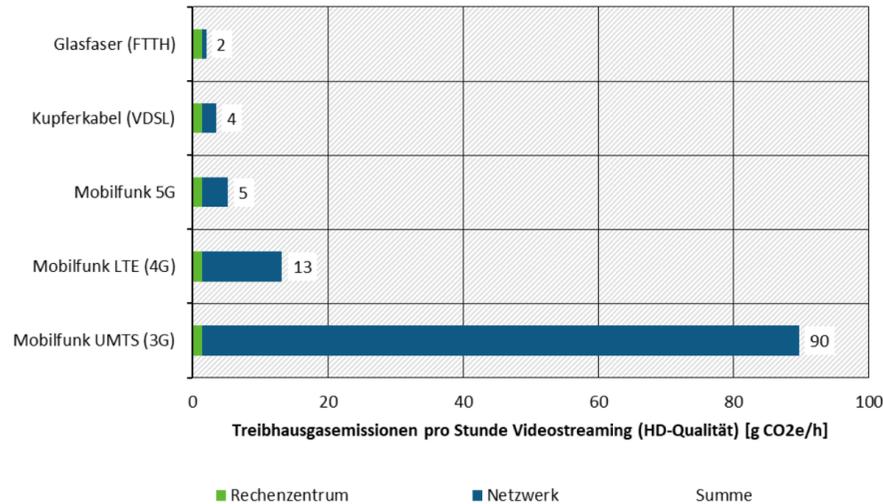


Abbildung 3: Treibhausgasemissionen im Rechenzentrum und im Netzwerk pro Stunde Video-streaming (HD-Qualität) (Quelle: Köhn et al., 2020, S. 5)

**Endgeräte:** Ein maßgeblicher Einfluss für den Energieverbrauch des Videostreaming geht von den Endgeräten aus. Abbildung 4 veranschaulicht die Unterschiede beim Energiebedarf in Abhängigkeit des verwendeten Endgeräts bei gleicher Auflösung. Während beim Streaming mit einem 65-Zoll-Fernseher ein Drittel des Gesamtenergiebedarfs durch das Endgerät verursacht wird, liegt der Anteil von kleineren Endgeräten, wie Smartphone oder Tablet, lediglich bei 2-6 Prozent. Da in diesem Anschauungsvergleich die Videoauflösung (oder Videoqualität) bei allen Geräten gleich hoch ist (Full-HD, 1080p) bleibt der Energieverbrauch in Kommunikationsnetzen und Rechenzentren unverändert.

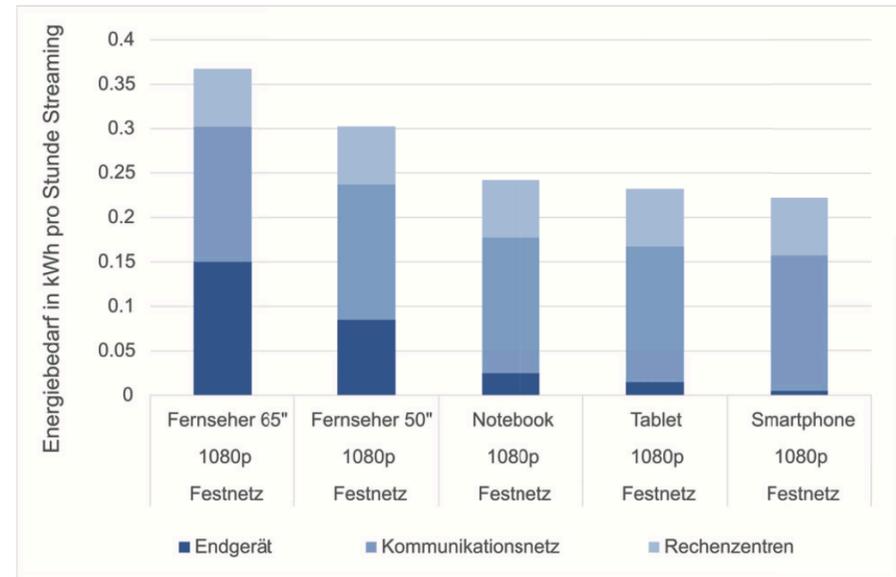


Abbildung 4: Energiebedarf Videostreaming in Full-HD (1080p) in Abhängigkeit vom verwendeten Endgerät (Basisjahr 2018, ohne Herstellung der Geräte und Anlagen) (Quelle: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit, 2020, S. 3)

Dass von der am Endgerät eingestellten Videoauflösung ein erheblicher Einfluss auf den Energiebedarf beim Videostreaming ausgeht, veranschaulicht Abbildung 5. Danach verursacht eine Stunde Videostreaming auf einem Fernsehgerät mit 65-Zoll-Bildschirm einen Energiebedarf von ca. 280 Wattstunden (Wh), was einer CO<sub>2</sub>-Emission von etwa 130 Gramm entspricht. Demgegenüber erhöhen sich beim Videostreaming in höherer 4K-Qualität (2160p) auf demselben Fernsehgerät der Energiebedarf sowie die CO<sub>2</sub>-Emissionen um mehr als das 4,5-fache. (vgl. Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit, 2020, S. 3). Da das Videostreaming in 4K-Auflösung erheblich größere Datenmengen (ca. 22,5 GB pro Stunde) erfordert, entstehen dabei für die Verarbeitung und Übertragung der Daten auf Ebene der Rechenzentren und der Kommunikationsnetze entsprechend weitaus höhere Energiebedarfe als bei der niedrigeren HD-Auflösung (ca. 3,6 GB pro Stunde).

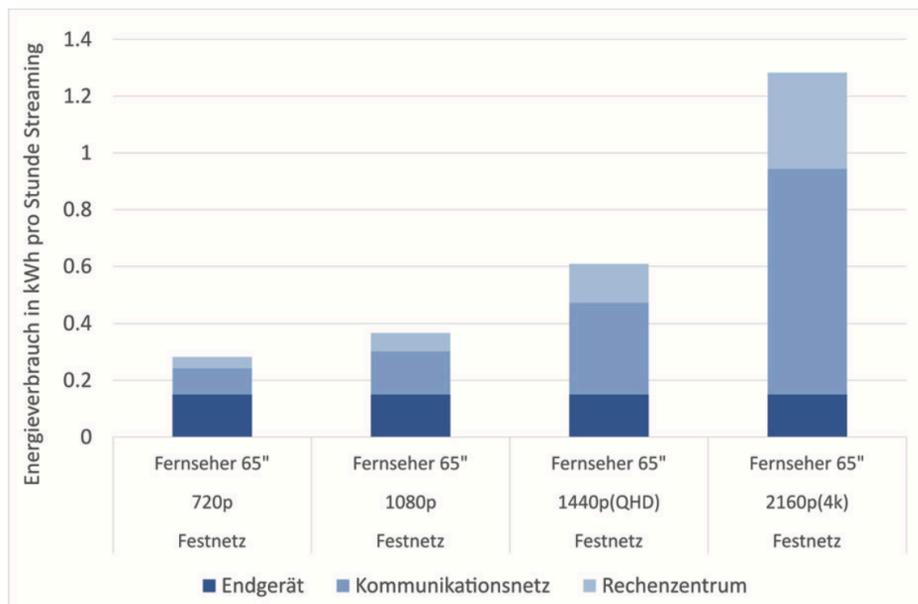


Abbildung 5: Energiebedarf Videostreaming in Abhängigkeit von der Auflösung (Basisjahr 2018, ohne Herstellung der Geräte und Anlagen); (Quelle: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit, 2020, S. 3)

Anhand der Betrachtung der Energiebedarfe in den verschiedenen Ebenen des Systems Videostreaming ist deutlich geworden, dass der Energiebedarf beim Videostreaming im Wesentlichen für den Datenverkehr (d.h. für die Bereitstellung bzw. Verarbeitung und Übertragung von Videodaten) auf Ebene der Rechenzentren und Kommunikationsnetze anfällt sowie auf den Endgeräten der Nutzer:innen. Während der Energiebedarf bei Endgeräten größtenteils von der Bildschirmgröße abhängig ist, stellen hinsichtlich des Energieverbrauchs für die Datenübertragung insbesondere die Videoauflösung sowie die in der Rechenzentrums- und Kommunikationsnetz-Infrastruktur verwendeten Hardware-Komponenten und Technologien wesentliche Einflussgrößen dar.

## Zieldimensionen für nachhaltiges Videostreaming

Zur Reduzierung des durch Videostreaming verursachten Energiebedarfs sehen Madlener et al. (2021) auf Basis ihrer szenariobasierten Betrachtung bis 2030 von einer Strategie, welche zugleich auf Effizienzsteigerungen durch neue Technologien aufbaut sowie auf Maßnahmen zur Reduzierung des Videostreaming-Datenverkehrs abzielt, das höchste Potenzial auszugehen. Bisherige Ansätze, die den Schwerpunkt auf künftige Effizienzgewinne durch neue Technologien abzielen, würden ihnen zufolge in Anbetracht der zu erwarteten Dimension des Videostreaming-Booms alleine nicht ausreichen: „(...) efficiency gains in all components (i.e. end-use devices, network, and data center) cannot compensate the impact of the increasing number of subscribers and streaming hours of users on the absolute electricity consumption.“ (Madlener et al., 2021, S. 18) Diesen Ansatz für die Regulierung des Systems Videostreaming von Madlener et al. (2021) aufgreifend werden nachfolgend die (1) Reduzierung des Videostreaming-Datenverkehrs sowie (2) die Erhöhung der Energieeffizienz als grundlegende Zieldimensionen erläutert.

Eine **Reduzierung des Videostreaming-Datenverkehrs** hat grundlegend zum Ziel, die Videodatenmengen, das Datenaufkommen sowie die Datenstrecken zu minimieren, um auf Ebene der Rechenzentren und Kommunikationsnetze den für die Bereitstellung, Verarbeitung und Übertragung anfallenden Energieverbrauch zu reduzieren. Dabei adressieren Interventionen zur Reduzierung des Datenverkehrs Videostreaming-Angebote (wie z.B. *YouTube*, *Netflix*) sowie direkt oder indirekt das Nutzungsverhalten von Videostreaming-Nutzer:innen (z.B. zur Reduzierung der Videoauflösung oder der Streaming-Stunden). Zentrale Fragen der Regulierung wären in dieser Hinsicht z.B.: „Welche Anreize kann man dafür setzen, dass Nutzer:innen beim Videostreaming die Auflösung auf der Streaming-Plattform reduzieren?“ oder „Durch welche Gestaltungs- bzw. Ausstattungsmerkmale von Videostreaming-Plattformen kann nachhaltiges Videostreaming-Nutzungsverhalten begünstigt werden?“ Die **Erhöhung der Energieeffizienz** bezieht sich grundlegend auf die Hard- und Software-Komponenten, die im System Videostreaming auf Ebene der Rechenzentren, Kommunikationsnetze und Endgeräte Anwendung finden. Dazu gehören z.B. Server, Speicher, Kühlung, Leitungen, Video-Codecs, Übertragungsprotokolle sowie Fernsehgeräte und Tablets oder Smartphones und Virtual Reality-Brillen. Dabei adressieren

regulatorische Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz generell die Förderung von entweder Neu- bzw. Weiterentwicklungen von neuen Technologien oder die weitere Diffusion energieeffizienterer Technologiestandards, z.B. durch Vorgabe von Effizienzgrenzwerten oder Kaufanreizen für energieeffiziente Endgeräte. Entsprechend beziehen sich Fragen zu dieser Zieldimension grundlegend darauf, wie die Entwicklung effizienterer Technologien sowie die weitere Verbreitung bzw. Implementierung effizienterer Technologien gefördert werden können. Zu diesen Aspekten der Energieeffizienz bzw. Klimaverträglichkeit sind in diese Zieldimension ebenso Aspekte der **Erhöhung der Ressourceneffizienz** bzw. der Umweltverträglichkeit einzubeziehen. So gewinnen Themen wie kritische Rohstoffe und der steigende Bedarf an Seltenen Erden, ein sozialetisch vertretbarer Bezug von Rohstoffen, die Langlebigkeit bzw. Reparierbarkeit von Hardware oder Abfallvermeidung und Recycling auch innerhalb des IuK-Sektors und dessen Regulierung immer mehr an Bedeutung. In diesem Bezug entwickelt sich unter dem Schlüsselbegriff „Green IT“ immer mehr ein ganzheitliches Verständnis, welches die Nachhaltigkeit im IuK-Sektor sowohl an der Klimaverträglichkeit als auch an der Umwelt- und sozialen Verträglichkeit bemisst. Die hier dargestellten Zieldimensionen „Reduzierung des Videostreaming-Datenverkehrs“ und „Erhöhung der Energie- und Ressourceneffizienz“ wurden für den im folgenden Abschnitt vorgestellten Expert:innen-Workshop in sogenannte Handlungsfelder der Praxis konzipiert.

## Teil 2 | Ergebnisbericht: Expert:innen-Workshop „Massenphänomen Videostreaming“

Der Expert:innen-Workshop (online), durchgeführt am 1. Dezember 2021, beleuchtete mögliche mittelfristige Entwicklungen des Massenphänomens Videostreaming

und widmete sich der Frage nach den damit verbundenen Auswirkungen auf Klima und Umwelt. **Ziel des Workshops** war die Identifizierung von vielversprechenden Potenzialen für ein energie- und ressourceneffizienteres Videostreaming und darauf aufbauend die Entwicklung von Handlungsoptionen für die nächsten drei bis fünf Jahre. Dabei ermöglichte die Zusammensetzung der **teilnehmenden Expert:innen** aus Forschung und Praxis einen interdisziplinären Zugang zum Thema unter Einbezug ihrer Expertise aus den Bereichen Digitalisierung und Computerwissenschaften, Ingenieurwissenschaften, Energie- und Umweltforschung, Klimastrategieberatung, Innovations- und Produktentwicklung sowie ökologische Wirtschaftsforschung und Techniksoziologie bzw. Technologiebewertung.

Das **Programm des Workshops** gliederte sich in drei Teile: Den ersten Programmpunkt bildeten **Impulsvorträge aus dem ENRICH-Projekt**<sup>1</sup>. Hier führte Frank Dratsdrummer (*DIALOGIK*) zunächst in das Thema ein, indem er auf Basis einer Literaturstudie anhand von zentralen Trends die Entwicklung des Massenphänomens Videostreaming und dessen Implikationen für Klima und Umwelt skizzierte. Anschließend präsentierte Dirk Turek (*Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, IER*) im nächsten Impulsvortrag Ergebnisse einer Studie zum Energieverbrauch durch Videostreaming in Baden-Württemberg für den Zeitraum 2016 bis 2020, wobei verschiedene Einflussfaktoren der Videostreaming-Nutzung auf den Energiebedarf aufgezeigt wurden. Im dritten Impulsvortrag aus dem *ENRICH*-Projekt stellte Lutz Schubert (*Universität Ulm*) als Fallbeispiel den Einsatz von Videostreaming in der Lehre vor und berichtete von Erfahrungen der Universität Ulm, welche im Zuge des ersten Lockdowns der COVID19-Pandemie damit begonnen hatte, Studierenden Videoaufzeichnungen von Vorlesungen als Video on Demand-Angebot zur Verfügung zu stellen. Den zweiten Programmpunkt der Veranstaltung bildeten die **parallelen Sessions**, in denen die in zwei selbstorganisierte Arbeitsgruppen aufgeteilten Expert:innen Trends, Potenziale und Handlungsoptionen zu klima- und umweltfreundlicherem Videostreaming herausarbeiteten. Dabei wurden vorwiegend technische

---

<sup>1</sup> Links zum Download der Vortragsfolien: [Einführungsvortrag von Frank Dratsdrummer](#), [Impulsvortrag von Dirk Turek zum Energieverbrauch des Videostreamings](#), [Impulsvortrag von Lutz Schubert zum Fallbeispiel Video on Demand in der Lehre](#)

Aspekte in der Arbeitsgruppe zum Handlungsfeld Technologie & Infrastruktur betrachtet, während Aspekte der Videostreaming-Nutzung im Mittelpunkt der Arbeitsgruppe zum Handlungsfeld Streaming-Angebote & Nutzungskontexte standen. Die Arbeitsgruppen orientierten sich jeweils anhand folgender Leitfragen:

#### **Arbeitsgruppe „Handlungsfeld Streaming-Angebote & Nutzungskontexte“**

- > *Wie sieht aus Ihrer Sicht mittelfristig (3-5 Jahre) die Entwicklung von neuen Streaming-Angeboten und Nutzungsverhalten aus?*
- > *Welche Klima- und Umweltwirkungen leiten Sie aus diesen Entwicklungen ab?*
- > *Welche direkten und/oder indirekten Steuerungsmöglichkeiten sehen Sie für eine Verbesserung der Energie- und Ressourceneffizienz?*

#### **Arbeitsgruppe „Handlungsfeld Technologie & Infrastruktur“**

- > *Wie sieht aus Ihrer Sicht mittelfristig (3-5 Jahre) die weitere Entwicklung der Technik im Videostreaming hinsichtlich Endgeräte, Software, Infrastruktur, Rechenzentren etc. aus?*
- > *Welche Klima- und Umweltwirkungen leiten Sie aus diesen Entwicklungen ab?*
- > *Welche Handlungspotenziale sehen Sie für eine Verbesserung von Energie- und Ressourceneffizienz?*

Im dritten Teil des Workshops, der **Plenumsdiskussion**, berichteten die Arbeitsgruppen zunächst ihre Ergebnisse ins Plenum. Daran anschließend wurden in der moderierten Diskussion zentrale Potenziale und Handlungsoptionen erörtert sowie weitere Ansätze zur Ressourcenschonung und Reduzierung des Energieverbrauchs im Videostreaming-Bereich entwickelt.

In den nachfolgenden Abschnitten werden die zentralen Ergebnisse aus den parallelen Sessions und der Plenumsdiskussion zu den einzelnen Handlungsfeldern der Praxis „Streaming-Angebote & Nutzung“ sowie „Technologie & Infrastruktur“ dargestellt.

## **Zentrale Ergebnisse I: Handlungsfeld Streaming-Angebote & Nutzungskontexte**

Im Fokus dieses Handlungsfelds stand der (kommerzielle wie nicht-kommerzielle) Videostreaming-Markt und die daran beteiligten Akteursgruppen, durch deren Handeln letztlich Einflüsse auf die Entwicklung des Videostreaming-Marktes und die Nachhaltigkeit von Videostreaming ausgehen. In die Kategorie der **Streaming-Angebote** fallen gegenwärtig z.B. Mediatheken (z.B. der Fernsehsender *ARD, ZDF* oder *arte*), Video on Demand-Plattformen (z.B. *Netflix, Amazon Prime, Joyn*), Video-Plattformen bzw. -Portale (z.B. *YouTube, Vimeo, Twitch, Snapchat, TikTok*) sowie soziale Netzwerke (z.B. *Facebook, Twitter, Instagram*) als auch andere Webseiten, auf welchen Online-Videos geteilt und veröffentlicht werden. **Nutzungskontexte** stellen im Wesentlichen Rahmenbedingungen der Videostreaming-Nutzung auf Seiten der Nutzer:innen dar. Entsprechend ordnen sich in diese Kategorie verschiedene nutzerseitige Parameter ein, die die Videostreaming-Nutzung beeinflussen. In Anlehnung an das Begriffsverständnis der *DIN-Norm*<sup>2</sup> zur „Ergonomie der Mensch-System-Interaktionen“ können im Bereich Videostreaming folgende Nutzungskontexte (bzw. „Nutzungskontext-Komponenten“) betrachtet werden: Die (1) Nutzer:innen selbst einschließlich ihrer Einstellung und ihres Videostreaming-Verhaltens, der jeweilige (2) Anlass der Nutzung (z.B. Fernsehen am Feierabend, sozialer Austausch über Snapchat, Kochrezept-Video beim Kochen), das jeweilige (3) Endgerät mit dem Videostreams produziert oder konsumiert werden, als auch (4) verschiedene Umgebungsebenen wie örtliche Umgebung (z.B. zuhause, im Garten, im Bus), soziale Umgebung (z.B. allein, in Gesellschaft) oder technische Umgebung (wie z.B. Konnektivität, Kosten des Mobilfunktarifs, Verfügbarkeit oder Kosten von Strom).

Im Mittelpunkt standen in diesem Handlungsfeld die mittel- bis langfristigen Trends des Videostreaming-Marktes sowie mögliche Entwicklungen des Videostreaming im Kontext künftiger technischer Möglichkeiten. Vor diesem Hintergrund war in diesem

---

<sup>2</sup> Die *DIN ISO 9241-11:2018* spezifiziert im Kontext von „Ergonomie der Mensch-System-Interaktion“ in Arbeitsumgebungen zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit von Arbeitsmitteln folgende Nutzungskontext-Komponenten: Benutzer, Ziele, Aufgaben, Ressourcen, Umgebung (technische, physische, soziale, kulturelle, organisationsbezogene Umgebung).

Handlungsfeld folgende Fragestellung zentral: Welche Möglichkeiten bestehen im Hinblick auf die Ebene der Streaming-Anbieter und -Nutzer:innen, um den durch Videostreaming veranlassten Energieverbrauch zu minimieren?

### *Potenziale für Energieeffizienz im Kontext mittel- und langfristiger Videostreaming-Trends*

Nach Ansicht der Arbeitsgruppe zum Handlungsfeld Streaming-Angebote & Nutzungskontexte deuten mehrere Trends darauf hin, dass die Zuwachsraten der durch Videostreaming verursachten Datenmengen in den nächsten Jahren weiter anwachsen werden. Dies liege zum einen an der Fortsetzung des bestehenden Trends zur **Verlagerung der Nutzung von linearen Fernsehangeboten hin zu einer „Mediathekenkultur“**. So zeigt die im Einführungsvortrag vorgestellte Studie *ARD/ZDF-Massenkommunikation Trends 2021 (2021)* insbesondere bei der jüngeren Generation deutliche Zuwächse bei der Nutzung von Video on Demand-Angeboten, während die Nutzung des klassischen, linearen Fernsehens in diesen Altersgruppen zusehends an Bedeutung verliert. Die steigende Attraktivität von Video on Demand (VoD) spiegele sich den Expert:innen zufolge insbesondere darin wieder, dass weltweit etablierte Medienkonzerne wie z.B. *Disney*, *Paramount Pictures* und *Warner Media* nun mit eigenen Plattformen in den VoD-Markt eingetreten sind bzw. dies vorhaben. Mit dem Trend der Verlagerung der Nutzung vom klassischen Fernsehen zu Video on Demand sind für die Expert:innen hinsichtlich Gesamtenergiebedarf und Klimawirkung folgende Implikationen zentral: (1) Mit zunehmender Nutzung von VoD-Angeboten erhöhen sich auch die Datenmengen, die auf Ebene der Rechenzentren und Datenübertragungsnetze bereitgestellt, verteilt und übertragen werden müssen. Damit sind schließlich höhere Energieverbräuche verbunden mit letztlich höheren Treibhausgasemissionen, solange der Strommix noch Anteile fossiler Energiequellen enthält. (2) Die Verlagerung vom klassischen Fernsehen zu Video on Demand bedeutet keinesfalls auch eine Verlagerung des Energiebedarfs, sondern insgesamt einen Mehrbedarf an Energie. Beim klassischen Fernsehen erfolgt die Übertragung von Videodaten über Rundfunk-Technologien (terrestrisch oder per Satellit), deren Energiebedarf von der Größe und den geographischen Gegebenheiten des zu erreichenden Empfangsgebietes bestimmt ist und nur in geringem Maße von der tatsächlichen Nutzung

abhängt. Eine verminderte Nutzung des über Rundfunk ausgestrahlten Fernsehens hat somit nicht einen geringeren Energiebedarf zur Folge. Aus diesem Grund könne aus Sicht der Expert:innen mittelfristig eine Diskussion darüber angebracht sein, die Übertragung des klassischen Fernsehens komplett auf das Internet umzustellen und obsoletere Rundfunk-Technologien für den Dauerbetrieb abzuschalten und diese gegebenenfalls nur für eine Wiederinbetriebnahme in Krisenfällen bereitzuhalten.

Dass in der weiteren **Entwicklung des Videostreaming-Marktes** das lineare Fernsehen (bzw. Live-TV über Streaming) als Konzept gänzlich an Bedeutung verlieren könne, vermutete die Arbeitsgruppe nicht. Vielmehr gehen die Expert:innen davon aus, dass das **Feld für Videostreaming-Anwendungen zunehmend heterogener** wird und sich neben (linearem) Live-TV oder Video on Demand aus einer zunehmenden Vielfalt weiterer Videostreaming-Formate zusammensetzt. So sei heute bereits eine weitere Ausdifferenzierung des Videokonsums feststellbar, in der sich neben etablierten Anwendungsformaten wie Mediatheken, Videostreaming-Plattformen und Online-Videos auf *Facebook* und *Twitter* weitere neuartige und alternative Videostreaming-Formate und -Konzepte (wie z.B. gegenwärtig *Snapchat*, *TikTok* oder *Twitch*) herausbilden. Ein zentraler Treiber dieser Entwicklung stellt für die Workshop-Teilnehmer:innen die **wachsende Vielfalt der Nutzer:innen zur Verfügung stehenden Endgeräte** dar, mit denen Online-Videos einfacher konsumiert oder produziert werden könnten. So verfügen heute bereits viele Haushalte über ein breites Repertoire an Endgeräten (z.B. Fernseher, Smartphone, Desk- und Laptop-Computer, Tablets), die in den nächsten Jahren durch weitere Endgeräte ergänzt werden (z.B. Smart Watches, Virtual Reality- bzw. Augmented Reality-Brillen, Smart Glasses). So rechnen die Expert:innen mit einer generellen Zunahme von Endgeräten in den nächsten Jahren mit einem Schwerpunkt auf Videostreaming-Nutzung mittels kleinerer Geräteklassen. Zwar gehe von diesen prinzipiell ein geringerer Energieverbrauch aus, dennoch könnten auch darauf relativ hohe Datenmengen beim Videostreaming anfallen mit der Folge, dass in der Summe schließlich höhere Energieverbräuche auf Ebene der Rechenzentren und Datenübertragungsnetze anfallen. Zudem wären z.B. mit neueren Gerätegenerationen von Virtual Reality-Brillen beim Streaming weitaus höhere Datenmengen verbunden, da diese einerseits relativ hohe

Videoauflösungen ermöglichen (für welche mehr Daten benötigt werden) und andererseits die doppelte Menge an Videodaten erforderten, da zwei Bildschirme (einer je Auge) mit je eigenen Videodaten angesteuert werden.

Weitere technologische Innovationen und funktionale Vielfalt von Endgeräten ermöglichten eine immer höhere **Flexibilität zur Nutzung von Videostreaming** an unterschiedlichen Orten (z.B. Wohnzimmer, Küche, Garten, Büro sowie unterwegs, auf der Arbeit oder in Bus und Bahn) und zu unterschiedlichen Zwecken (z.B. Kochen nach Videorezept; Tablet als Second Screen während des Fernsehens). In der Gesamtbetrachtung dieser Trends ist es aus Sicht der Teilnehmer:innen des Workshops vorstellbar, dass die steigende Flexibilität bei Konsum und Produktion von Videostreams in den nächsten Jahren eine **zunehmende Integration von Videostreaming in weitere Bereiche des Alltags** begünstige. In diesem Kontext würde Videostreaming als Massenphänomen nicht nur eine mittelfristige Verlagerung vom klassischen Fernsehen zu einer Mediatheken-Kultur bedeuten, sondern darüber hinaus eine langfristige Entwicklung, in der Videostreaming immer enger mit dem Leben der Nutzer:innen verwoben wird. Dementsprechend schätzten die Workshop-Teilnehmer:innen, dass weitere Steigerungen der Videostreaming-Nutzung weniger dadurch veranlasst würden, dass Nutzer:innen mehr Zeit vor dem Fernseher verbringen, sondern vielmehr in der wachsenden Anzahl an Nutzungskontexten begründet liegen, in welchen Videostreaming in der Gesellschaft angewendet wird.

Die Zunahme der Datenmengen beim Videostreaming ergibt sich nicht nur infolge wachsender Nutzungszahlen und durch vermehrt im Internet abgerufener Videostreams. Immer mehr ins Gewicht fallen aus Sicht der Expert:innen die wachsenden Dateigrößen je Videostreaming-Stunde im Zuge des Trends **zunehmender Qualitätssteigerungen bzw. Videoauflösungen**. Durch den technologischen Fortschritt im Bereich der Endgeräte und Rechenzentrums-Hardware ist für das Videostreaming mittlerweile ein Qualitätsniveau erreicht worden, das die Expert:innen unter dem Gesichtspunkt der Klimawirkungen und Energieeffizienz kritisch bewerten. Schließlich

erhöhe sich die Datenmenge eines Streams bei höheren Auflösungen um ein Vielfaches (Anm. eines Teilnehmers: Bei einer Qualitätssteigerung von Full HD auf 8K erhöht sich die Datenmenge ungefähr um den Faktor 20.) Nach der Argumentation der Arbeitsgruppe Streaming-Angebote & Nutzungskontexte würden höhere Videoauflösungen ab einer bestimmten (von der Displaygröße des verwendeten Endgeräts abhängigen) Schwelle jedoch keinen zusätzlichen Nutzen mehr bieten. Ab dieser brächten nächsthöhere Auflösungsstufen kaum feststellbare Unterschiede bei der Videoqualität, wobei sich jedoch der Datenbedarf um ein Vielfaches erhöhe. Da dieser Sachverhalt vielen Nutzer:innen nicht bekannt wäre und die Streaming-Qualität nur von wenigen herunterreguliert werde, könnten unnötig hohe Auflösungen den Expert:innen zufolge dadurch vermieden werden, indem Videostreaming-Dienste (z.B. als Standardeinstellung) die Videoauflösungen automatisch an die Displaygröße des verwendeten Endgeräts anzupassen.

### *Handlungsoptionen für höhere Energieeffizienz bei der Videostreaming-Nutzung*

Die Arbeitsgruppe zum Handlungsfeld Streaming-Angebote & Nutzungskontexte formulierte als Grundsatz, dass ordnungspolitische Interventionen im Bereich Videostreaming immer auch zum Ziel haben sollten, **Videostreaming-Nutzer:innen eigenmotiviertes nachhaltiges Verhalten prinzipiell zu ermöglichen und zu vereinfachen**. Schließlich mangle es bei vielen Nutzer:innen weniger an der Motivation zum nachhaltigen Verhalten, als vielmehr am Wissen darüber, dass ihr Streaming-Verhalten Effekte auf die Klimawirkung hat und durch welches Streaming-Verhalten sie diese Effekte reduzieren können. Nachhaltiges Videostreaming-Verhalten auf Seiten der Nutzer:innen bedingt als wesentliche Voraussetzung Transparenz bezüglich der Klima- und Umweltwirkungen von Streaming-Angeboten.<sup>3</sup> Unter dieser Voraussetzung könne nachhaltiges Streaming-Verhalten bei der Nutzung von Videostreaming-

---

<sup>3</sup> Vorschläge für Interventionen zur Erhöhung der Transparenz bei Anbietern wurden in der Session zum Handlungsfeld Technologie & Infrastruktur erarbeitet. (siehe S. 13 f.: Handlungsoptionen für höhere Energie- und Ressourceneffizienz bei Technologie & Infrastruktur)

Diensten aus Sicht der Expert:innen z.B. über in die Nutzeroberfläche der Anwendung integrierte **Feedback-Mechanismen** ermöglicht werden. Dies wäre beispielsweise in Form eines Statusbalkens realisierbar, der Nutzer:innen Feedback über den Energieeffizienz-Grad ihres bisherigen Streaming-Verhaltens gibt, wobei erweiterte Informationen über energieeffiziente Verhaltensoptionen angeboten werden könnten (z.B. Wahl einer niedrigeren Auflösung). Ein weiteres Feature-Beispiel für die Nutzeroberfläche wäre ein von Nutzer:innen optional aktivierbarer **Green Mode**, welcher automatisch verschiedene Einstellungsparameter für energieeffizienteres Videostreaming optimiert. Ein geeigneter Parameter dafür wäre z.B. die automatische Anpassung der Videoauflösung an die Displaygröße des verwendeten Endgeräts, wodurch unnötiger Mehrverbrauch an Daten reduziert wird. Das User Interface-Design von kommerziellen Videostreaming-Anwendungen sei oft mit dem Ziel konzipiert, Nutzer:innen dazu zu animieren, die Anwendung möglichst oft und in möglichst langen Zeiträumen zu nutzen, um die Bindung zum Angebot zu stärken. Ein von vielen Anbietern genutztes Element eines solchen **Addictive Designs** stellt die Autoplay-Funktion dar, bei der nach dem Ende eines Videos automatisch ein weiteres vom Algorithmus für den User als relevant bewertetes Video abgespielt wird. In diesem Bezug plädierten die Expert:innen dafür, dass Videostreaming-Anwendungen prinzipiell sogenannte **Green Defaults** enthalten müssen, wonach Voreinstellungen primär nach Maßgabe der Energieeinsparung spezifiziert sein müssen und das wirtschaftliche Interesse des Anbieters dabei nachrangig ist. Im Hinblick auf die **Tarifgestaltung** von Videostreaming-Anbietern argumentieren die Expert:innen gleichfalls auf dem Grundsatz, dass wirtschaftliche Gestaltungsziele mit den Zielen der Energie- und Ressourceneffizienz vereinbar sein müssten. In diesem Sinne könnten z.B. Flatrate-Tarife von Videostreaming-Anbietern gesetzlich auf ein bestimmtes Datenmengen-Kontingent begrenzt werden. Dabei könnten User zugleich die Möglichkeit haben, die Videoauflösung in mehreren Stufen zu reduzieren, um Videostreaming-Stunden einzusparen. Mit einem solchen Ansatz könnte in der Wahrnehmung von Nutzer:innen

möglicherweise die Begrenztheit der Datenmengen im Vordergrund stehen anstatt einer Begrenzung des Videokonsums.

In diesem Bezug betonten die Expert:innen der Arbeitsgruppe jedoch, dass ordnungspolitische Maßnahmen keine Beschränkung von Videostreaming zum Ziel haben sollten. Vielmehr wären mögliche Maßnahmen im Videostreaming immer auch unter **Abwägung der Potenziale von Videostreaming zur Reduzierung von Klima- und Umweltwirkungen in anderen Feldern** zu bewerten. So biete Videostreaming insbesondere im Bereich des Personenverkehrs Potenziale zur Reduzierung des Energiebedarfs, indem ein Teil notwendiger Fahrten durch Streaming ersetzt werden könne. Dies z.B. durch die Möglichkeit von Videokonferenzen<sup>4</sup> oder indem Aufzeichnungen von Universitäts-Vorlesungen als Video on Demand angeboten werden, wie es anhand des Fallbeispiels der Universität Ulm im Impulsvortrag des ersten Workshop-Programmpunkts veranschaulicht wurde.

## Zentrale Ergebnisse II: Handlungsfeld Technologie & Infrastruktur

Dieses Handlungsfeld bezieht sich in erster Linie auf das technische System „Videostreaming“ und der damit verbundenen Infrastruktur. Dazu zählen z.B. Rechenzentren und Rechenzentrums-Verbünde, in denen Videostreams verarbeitet und bereitgestellt werden, Fest- und Mobilfunknetze für die Übertragung von Videostreaming-Daten sowie Endgeräte, mit welchen Videostreams auf Nutzer:innen-Seite letztlich konsumiert bzw. produziert werden. Zudem fallen ebenso Software oder Algorithmen (z.B. Video-Codecs) in diese Kategorie, von denen Einflüsse auf die Klima- und Umweltwirkungen von Videostreaming ausgehen können. Im Expert:innen-Workshop war die zentrale Frage in diesem Handlungsfeld: Welche vielversprechende Handlungspotenziale bestehen, um die Energie- und Ressourceneffizienz im technischen System „Videostreaming“ in den nächsten drei bis fünf Jahren zu erhöhen?

---

<sup>4</sup> Anwendungen wie Videokonferenzen, Videotelefonie oder Videoüberwachung wurden im Rahmen des Workshops nachrangig behandelt, da sich die für den Workshop zugrunde gelegte Begriffseingrenzung von Videostreaming primär auf Online-Videos bezieht. (siehe S. 1 zur Definition von „Online-Videos“)

## Potenziale für Energieeffizienz

Im Bereich der **Datenübertragungsnetze** bieten die aktuellen Technologiestandards 5G im Mobilfunkbereich sowie Glasfaser in Verbindung mit FTTH (*fibre to the home*) im Festnetzbereich für die Arbeitsgruppe eine wichtige Grundlage, da sie im Vergleich zu den jeweiligen Vorgängertechnologien (2G–4G bzw. DSL über Telefonleitungen oder Internet über das TV-Breitbandkabelnetz) weitaus höhere Übertragungskapazitäten und Energieeffizienzgrade ermöglichen. Zugleich böten diese Technologien Potenziale für Steigerungen der Energieeffizienz durch künftige technische Weiter- bzw. Neuentwicklungen (wie z.B. durch *End-to-End Network Slicing* oder durch neue Generationen von 5G-Chips in Smartphones).

Von **Machine Learning/Künstliche Intelligenz** gehen aus Sicht der Expert:innen prinzipiell Möglichkeiten für daten- bzw. energieeffizienteres Videostreaming aus. So könne Machine Learning zur Optimierung von Content Distribution Networks angewendet werden, um deren Potenzial zur Reduzierung des (Video-)Datenverkehrs im Internet zu steigern. Ein Content Distribution Network (CDN) stellt, grob skizziert, einen Verbund geographisch verteilter Server dar, auf denen in der jeweiligen Region abgerufene Internet-Inhalte vor Ort als Spiegelkopie zwischengespeichert und für weitere Abrufe temporär bereitgestellt werden. CDNs tragen auf diese Weise entscheidend zur Reduzierung des Internet-Datenverkehrs bei, indem jeweilige Inhalte nicht nur vom Quell-Server (welcher ggfs. in einem Land oder Kontinent steht) heruntergeladen werden müssen, sondern mit den CDN-Servern alternative, ggfs. geographisch nähergelegene Bezugsquellen zur Verfügung stehen. Zur Reduzierung der Datenübertragungswege insbesondere von Videostreamingdaten schlugen die Expert:innen zum einen verschiedene strukturelle Verbesserungen der CDN-Infrastruktur vor: Etwa den Ausbau von Videostreamingdaten unterstützenden CDNs sowie die geographische Verdichtung von CDN-Verbänden, so dass bereits auf Quartiersebene lokal häufig abgerufene Internetdaten als Spiegelkopie für weitere Bedarfe bereitgestellt werden können. Zum anderen diskutierten die Workshop-Teilnehmer:innen den Ansatz, mittels Machine Learning die Distribution von Videostreamingdaten über CDN-Verbände zu optimieren. Demnach könne die nutzungsabhängige Zwischenspeicherung von CDNs mithilfe von Machine Learning-Algorithmen durch eine

intelligente und aktive Form der Distribution von Videostreaming-Daten ergänzt werden. Dies, grob skizziert, indem durch (1) kontinuierliche Mustererkennung und Prognoseerstellung der regionale Bedarf an beliebten Videos analysiert und antizipiert wird und (2) damit die betreffenden Videodaten bereits vorab je nach regionalem Bedarf auf kürzestem bzw. energieeffizienterem Wege aktiv an entsprechende CDN-Server verteilt werden. Nach Einschätzung der Expert:innen wären solche Machine Learning-generierten Bedarfsprognosen und Verteilmodelle bei On-demand-Videos wie z.B. Filme, Serien etc. im Hinblick auf deren Prognosefähigkeit praktikabel. Bei nichtlinearen Videoinhalten, wie z.B. Virtual Reality-Welten oder -Spielen, würden Prognosemodelle hingegen schnell an ihre Grenzen stoßen.

Als weitere Möglichkeit zur Erhöhung der Daten- bzw. Energieeffizienz in der technischen Videostreaming-Infrastruktur durch Machine Learning (ML) oder Künstliche Intelligenz (KI) wurde im Workshop das **KI-Upscaling durch Endgeräte** diskutiert. So gebe es seit einigen Jahren immer mehr Endgeräte, größtenteils Fernsehgeräte, auf dem Markt, die die Qualität empfangener Streamingvideos auf Basis von ML- bzw. KI-Algorithmen in höhere Auflösungen bzw. Qualitätsstufen hochskalieren können. Dabei wird der für höhere Auflösungen nötige Mehrbedarf an Videobilddaten auf Basis vorhandener Videodaten hochgerechnet. Vom Ansatz des KI-Upscaling durch Endgeräte gehe aus Sicht der Workshop-Teilnehmer:innen grundsätzlich ein Potenzial zur Reduzierung von Streamingdaten aus, da die zusätzlichen Datenmengen zur Qualitätssteigerung nicht auf Ebene der Rechenzentrums-Verbände und Datenübertragungsnetze verarbeitet und übertragen werden müssten, sondern erst am Endgerät generiert werden. Die Expert:innen wiesen in der Diskussion jedoch darauf hin, dass bei gegenwärtigen Gerätegenerationen die KI-Upscaling-Funktion am Endgerät weitaus mehr Energie benötige, als dadurch in Rechenzentren und Datennetzen insgesamt an Energie eingespart werden könne. Zwar sei es ihrer Einschätzung nach wahrscheinlich, dass der Energiebedarf von KI-Upscaling mittelfristig so weit reduziert werden könne (z.B. durch dedizierte KI-Chips mit niedrigerer Leistungsaufnahme), dass dadurch Effekte zur Reduzierung des Energiebedarfs gegeben sind. Ob diese Effekte allerdings angesichts der bis dahin erreichten Energieeffizienz-Niveaus in Datenübertragungsnetzen und Rechenzentren nennenswert ins Gewicht fallen war für sie fraglich.

## Potenziale für Ressourceneffizienz

Während im Hinblick auf Hardware und Endgeräte bisher insbesondere deren Klimawirkung in der Nutzungsphase und damit die Energieeffizienz im Mittelpunkt gestanden haben, rücken aus Sicht der Expert:innen in den letzten Jahren zunehmend Aspekte der **Ressourcenschonung** in den Vordergrund, wobei sich der Blick auf über die Nutzungsphase hinausgehende Umweltwirkungen weitet. Dieser Trend gehe in die Richtung, so ein Teilnehmer des Workshops, „(...) dass die Herstellungsphase an Bedeutung gewinnt und damit auch der Transport und die Entsorgung immer wichtiger werden, weil zum einen der Strombedarf pro Endgerät zunehmend geringer wird und die Server zum Teil effizienter werden, und zugleich die CO<sub>2</sub>-Intensität des Strommix tendenziell abnimmt.“ Dem Grundsatz der Ressourcenschonung messen die Expert:innen sowohl im Hinblick auf die Einschränkung negativer Umweltwirkungen auf globaler Ebene (z.B. als Folge des Abbaus bestimmter Ressourcen oder der Verkipfung von Altgeräten) als auch unter ethischen Gesichtspunkten eine wichtige Bedeutung zu: „Wir sollten schon die Verantwortung auch für unseren eigenen Abfall übernehmen [anstatt ihn in andere Länder zu verschiffen]“ (Zitat eines Workshop-Teilnehmers).

Vor diesem Hintergrund bestand bei den Teilnehmer:innen des Workshops eine breite Zustimmung für den Gedanken der **Kreislaufwirtschaft**, nach welchem über den Aspekt der Ressourceneffizienz hinaus Materialien und Produkte so lange wie möglich („von der Wiege bis zur Bahre“) im Wertschöpfungskreislauf gehalten und dabei Ressourcenverbrauch und Abfälle auf ein Minimum reduziert werden. In der Session zum Handlungsfeld Technologie & Infrastruktur hat die Arbeitsgruppe in diesem Sinne Prioritäten für das Design von Produkten und Produktlebenszyklen identifiziert, welche in der Plenumsdiskussion im Kreise aller Workshop-Teilnehmer:innen durch weitere Aspekte ergänzt wurden. Nachfolgend werden zentrale Aspekte zu diesen im Workshop definierten Prioritäten dargestellt: In der Entwicklung von Rechenzentrums-Hardware und Endgeräten müsse das zentrale Ziel die **(1) Langlebigkeit der Produkte** sein. Der seit mehreren Jahren bestehende Konsumtrend immer schnellerer Gerätewechsel im Endgeräte-Markt sei einerseits durch Innovations-sprünge in der technischen Entwicklung geprägt, wobei Leistungssteigerungen oder

neuartige Features von neuen Geräten Verbraucher:innen zum schnelleren Gerätewechsel animierten. Im Bereich der Smartphones habe diese Entwicklung in den letzten Jahren allerdings abgenommen. Diesbezüglich wurde im Workshop auf eine Studie des *Fraunhofer IZM* und der *TU Berlin* (Hipp et al., 2021) hingewiesen, wonach die durchschnittliche Nutzungszeit von Smartphones seit 2017 von 2,3 Jahren bis 2020 auf 2,7 Jahren angestiegen ist. Dies zeige, dass die Innovations-sprünge mit neuen Smartphone-Generierungen tendenziell niedriger werden. Während schnelle Gerätewechsel einerseits durch Innovationen veranlasst bzw. durch den Wunsch nach Neuem motiviert sein können – und damit letztlich auf freien Kaufentscheidungen von Verbraucher:innen basieren – können kurze Nutzungsphasen eines Produktes auch durch dessen Qualität und Produktdesign bedingt sein. Mit der Kategorie „Langlebigkeit der Produkte“ werden ausschließlich diese letztgenannten Qualitäts- bzw. Designaspekte adressiert, von welchen ein Einfluss auf die Länge der Nutzungsphase ausgeht. Innerhalb dieser Kategorie haben die Expert:innen z.B. vorgeschlagen, dass Endgeräte-Hersteller für einen längeren als in der Praxis üblichen Zeitraum Treiber-Aktualisierungen und Sicherheitsupdates anbieten müssten, um technisch funktionsfähige Hardware bspw. auch mit neuen Betriebssystem-Versionen weiterverwenden zu können. Als weiterer Aspekt wurde in dieser Kategorie Reuse- bzw. Refurbish-Programme genannt, die (seit längerem im Endkunden-Bereich und mittlerweile auch bei Rechenzentrums-Betreibern) eine praktikable Möglichkeit zur Verlängerung von Nutzungsphasen darstellen. Die **(2) Reparierbarkeit und Modularität** von Endgeräten und Hardware allgemein stelle einen weiteren zentralen Aspekt zur Verlängerung der Nutzungsphase dar, der bereits in der Entwicklung des Produktdesigns mitgedacht werden müsse. Der modulare Aufbau von Hardware stelle eine einfachere Form der Reparierbarkeit dar, die anstelle einer Komplettentsorgung den einfachen Austausch einzelner Module eines Geräts ermögliche. Als Negativbeispiel für diesen Befund wurde seitens der Workshop-Teilnehmer:innen die verbreitete Praxis von Smartphone-Herstellern angeführt, wonach der Austausch von Smartphone-Akkus nur durch einen vom Hersteller autorisierten Reparateur und nicht mehr durch die Nutzer:innen selbst möglichst ist. Diese Praxis verkürze die Nutzungsdauer von Smartphones, da die Kosten für einen Akkuaustausch ab einer bestimmten Nutzungsdauer den Restwert des Smartphones über-

steigen, weshalb für Nutzer:innen der Kauf eines neuen Smartphones unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten sinnvoller sei. Die **(3) Recyclingfähigkeit und Zerlegbarkeit** von Hardware und Endgeräten stellte für die Expert:innen eine weitere zentrale Zieldimension des Produktdesigns dar. Dabei seien Produkte nach der Maßgabe zu entwickeln, dass nach der Nutzungsphase möglichst viele Materialien auf einfache und kosteneffiziente Weise wiederverwertet werden können. Der Aspekt der Recyclingfähigkeit sei gerade bei kleineren Endgeräten von Bedeutung, da sich bei diesen das Recycling aufgrund des höheren Aufwands zur Extraktion der Materialien unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten kaum lohne.

### *Handlungsoptionen für höhere Energie- und Ressourceneffizienz bei Technologie & Infrastruktur*

In den Diskussionen zur Ressourceneffizienz befürworteten die Expert:innen den in der **EU-Ökodesign-Richtlinie** jüngst eingeschlagenen Weg, neben dem bisher ausschließlichen Fokus auf Energieeffizienz und Klimawirkung nun den Blick auf die Umweltwirkungen auszuweiten und vermehrt Aspekte der Ressourcenschonung wie z.B. Kreislaufwirtschaft oder Reparaturfreundlichkeit zu adressieren. Nach Ansicht der Teilnehmer:innen des Workshops sei damit ein richtiger Weg begonnen, welcher, so ihr Plädoyer, nun konsequent fortgesetzt werden müsse, um bei Unternehmen eine stärkere Verankerung von Klima- und Umweltwirkungsaspekten in Strategie und Praxis zu bewirken.

Der zentrale Vorschlag der Arbeitsgruppe zum Handlungsfeld Technologie & Infrastruktur sieht vor, sowohl Videostreaming-Anbieter als auch Rechenzentrums-Betreiber sowie Fest- und Mobilfunknetz-Betreiber und Hardware-Hersteller zu verpflichten, zu den Klima- und Umweltwirkungen ihrer Angebote durchgehende **Transparenz in Form von jährlichen Nachhaltigkeitsberichten** zu ermöglichen. Dabei müssten die Nachhaltigkeitsberichte für eine bessere Bewertbarkeit und Vergleich-

barkeit in einem knappen standardisierten Format gestaltet sein, welches Pflichtangaben zu zentralen Kennzahlen (z.B. CO<sub>2</sub>-Fußabdruck, Material-Fußabdruck) ausweist und in digitaler Form öffentlich zugänglich ist. In diesem Bezug wurde der österreichischer Mobilfunkanbieter **A1** als Positivbeispiel angeführt, welcher seit 2010 jährlich Umweltberichte auf seiner Website veröffentlicht<sup>5</sup>. Für die Expert:innen ermöglicht eine Berichtspflicht zu Umwelt- und Klimawirkungen eine Datenbasis, an der unterschiedliche Akteure der Gesellschaft anschließen und für ihre Beiträge zur Reduzierung von Umwelt- und Klimawirkungen verwenden können; dies z.B. in aufbereiteter Form zur Verbraucherinformation, in der Politik zur zielgerichteten Gestaltung von Klima- und Umweltschutzmaßnahmen oder in Forschung und Entwicklung zur Ermittlung weiterer Potenziale für Energie- und Ressourceneffizienz. In diesem Bezug führte die Arbeitsgruppe als Beispiel aus der Forschung an, dass die Ermittlung von Treibhausgasemissionen über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg (*Scope 3*-Emissionen) bei Endgeräten aufgrund mangelnder Realdaten gegenwärtig kaum möglich sei, weswegen Berechnungen etwa in Treibhausgas- oder Ökobilanzen nur auf Basis von Annahmen bzw. Schätzungen erfolgen könnten. In Ergänzung zum Vorschlag einer Nachhaltigkeitsberichtspflicht haben die Expert:innen in der Plenumsdiskussion die Umsetzung folgender politischer Handlungsempfehlungen vorgeschlagen, die aus dem Forschungsprojekt *Green Cloud-Computing* (Gröger et al., 2021; Köhn et al., 2020) des Umweltbundesamtes hervorgegangen sind: (1) Verpflichtender **Energieausweis** für Rechenzentren; (2) Anzeigepflicht des **CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks** für Anbieter wie Cloud-Dienstleister (bzw. in diesem Fall Videostreaming-Anbieter) oder Fest- und Mobilfunknetzbetreiber (je Service- bzw. Übertragungseinheit).

Konkrete Umsetzbedarfe in der technologischen Sphäre sehen die Expert:innen der Arbeitsgruppe Technologie & Infrastruktur in erster Linie im Bereich der Datenübertragungsnetze. Da im Fest- und Mobilnetz die aktuellen Technologiestandards Glasfaser (einschließlich *FTTH, fibre to the home*) bzw. *5G* eine weitaus energieeffizientere Datenübertragung ermöglichen als die jeweiligen Vorgängertechnologien,

---

<sup>5</sup> Die Umweltberichte können auf der Website des Unternehmens im [Download-Center](#) unter dem Menü „Umwelt“ abgerufen werden.

empfehlen die Expert:innen eine **beschleunigte übergreifende Modernisierung der Zugangsnetze im Fest- und Mobilfunknetz** – d.h. den direkten Glasfaser-Anschluss von Gebäuden über *FTTH* im Festnetz sowie den breiten Ausbau von *5G*-Zugangsnetzen im Mobilfunknetz. Darüber hinaus sehen sie im Zuge einer übergreifenden Modernisierung der Kommunikationsnetze weitere Potenziale zur Reduzierung des Energiebedarfs: Eine hinreichende Flächenabdeckung der *5G*-Mobilfunkinfrastruktur ermögliche die Abschaltung des deutlich energieintensiveren *2G*-Mobilfunknetzes. Zudem könne im Zuge des Ausbaus moderner Netztechnologiestandards darüber nachgedacht werden, inwieweit klassische Rundfunktechnologien wie Satellit, Kabel oder terrestrischer Broadcast stillgelegt werden können bzw. als redundante Infrastruktur für Katastrophenfälle weiterhin ggfs. im eingeschränkten Betrieb bereitgehalten werden müssen. Dabei sei den Expert:innen zufolge auch die Prüfung sinnvoll, inwieweit jüngere Übertragungsnetz-Technologien, wie z.B. *Starlink*, potenziell dazu geeignet wären, um verbleibende Versorgungslücken zu schließen bzw. mögliche Versorgungsengpässe zu überbrücken.

## Überblick: Handlungsoptionen für nachhaltiges Videostreaming

Die im ersten Teil dieses Berichts dargestellten Zieldimensionen für nachhaltigeres Videostreaming „Reduzierung des Videostreaming-Datenverkehrs“ und „Erhöhung der Energie- und Ressourceneffizienz“ wurden im Rahmen des Expert:innen-Workshops „Massenphänomen Videostreaming“ als Handlungsfelder der Praxis „Streaming-Angebote und Nutzungskontexte“ und „Technologie & Infrastruktur“ bearbeitet. Dabei haben die Expert:innen aus verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen zu vielversprechenden Potenzialen für Energie- und Ressourceneffizienz Handlungsoptionen für nachhaltiges Videostreaming herausgearbeitet. Diese Handlungsoptionen stellen einen Beitrag für die Regulierung des IuK-Sektors im Hinblick auf den steigenden Energie- und Ressourcenbedarf im Zuge des anhaltenden Videostreaming-Booms dar. Die Regulierung des Videostreaming ist dabei nicht isoliert,

sondern im Kontext des gesamten IuK-Sektors sowie auch in Beziehung zu anderen relevanten Sektoren und ggfs. im Rahmen einer Gesamtstrategie zu betrachten. Schließlich können vom Videostreaming auch Potenziale zur Reduktion des Energie- und Ressourcenbedarfs in anderen Sektoren ausgehen. Entsprechend sind die Handlungsoptionen ebenso dahingehend zu bewerten, inwiefern und inwieweit Videostreaming in anderen Feldern und Sektoren zur Reduzierung von Klima- und Umweltwirkungen beitragen kann. Die Handlungsoptionen für nachhaltiges Videostreaming sind in der folgenden Seite abschließend im Überblick dargestellt.

## Handlungsfeld Infrastruktur & Technologie

**Jährliche Veröffentlichung von Nachhaltigkeitsberichten inkl. Pflichtangabe zentraler Kennzahlen** (z.B. Energieausweis, CO<sub>2</sub>-Fußabdruck, ggfs. Material-Fußabdruck etc.) **obligatorisch für Videostreaming-Anbieter** (ggfs. einschließlich Rechenzentren, Cloud-Dienstleister, Fest- und Mobilfunknetz-Betreiber, Hardware-Hersteller u.Ä. *(Seite 13 f.)*)

### EU-Ökodesign-Richtlinie

- Aspekte der Ressourcenschonung konsequent weiter ausbauen *(vgl. Seite 13)*
- Stärkere Verankerung von Aspekten der Kreislaufwirtschaft *(vgl. Seite 12 f.)*

### Beschleunigte übergreifende Modernisierung der Zugangsnetze im Fest- und Mobilfunknetz *(vgl. Seite 14)*

- Ausbau der *FTTH*-Zugänge (fibre to the home)
- Ausbau der *5G*-Zugangsnetze
- Abschaltung des *2G*-Mobilfunknetzes erwägen
- Im Zuge der Modernisierung prüfen, ob Teile klassischer Rundfunktechnologien wie Satellit, Kabel oder terrestrischer Broadcast ggfs. abgeschaltet werden können *(vgl. auch Seite 8)*
- Prüfen, inwiefern neue Übertragungsnetz-Technologien wie z.B. *Starlink* geeignet sind, verbleibende Versorgungslücken zu schließen

## Handlungsfeld Streaming-Angebote & Nutzungskontexte

**Green Design & Green User Interface-Design bei Videostreaming-Plattformen (bzw. Apps):** Videostreaming-Plattformen sollten maßgeblich nach dem Grundsatz der Energieeinsparung gestaltet sein. Ihr Design und entsprechende Funktionalitäten sollen Nutzer:innen eigenmotiviertes nachhaltiges Nutzungsverhalten ermöglichen und vereinfachen *(Seite 10)*

- **Green Design:** Das allgemeine Design sowie die Standardeinstellungen sollten primär nach Maßgabe der Energieeinsparung spezifiziert sein. (Stichworte: Addictive Design, Green Defaults)
- **Green User Interface-Design:** Nutzeroberfläche soll Nutzer:innen (1) Einblick zur Klimawirkung ihrer individuellen Videostreaming-Nutzung geben sowie (2) Informationen über Möglichkeiten zum nachhaltigeren Videostreaming vermitteln und (3) Nutzer:innen durch entsprechende Einstellungsmöglichkeiten nachhaltiges Videostreaming auf einfache Weise ermöglichen. (Stichworte: Feedback-Mechanismen, Green Mode)

### Kontingentierung der Datenverbrauchsmengen bei Flatrate-Tarifen *(Seite 10)*

- Durch kontingentierte anstelle unbegrenzter Flatrate-Tarife würde die Datenverbrauchsmenge je Videostreaming-Stunde begrenzt. Vielseher:innen könnten zur Einhaltung des Datenkontingents die Videoauflösung herabsetzen, um die Videostreaming-Stunden innerhalb des Kontingents zu maximieren

Abbildung 6: Übersicht der Handlungsoptionen für nachhaltiges Videostreaming in den Handlungsfeldern "Infrastruktur & Technologie" und "Streaming-Angebote & Nutzungskontexte"

## Literaturverzeichnis

- ARD/ZDF-Massenkommunikation Trends 2021. (2021). [https://www.ard-zdf-massenkommunikation.de/files/Download-Archiv/MK\\_Trends\\_2021/MK\\_Trends\\_2021\\_Publikationscharts.pdf](https://www.ard-zdf-massenkommunikation.de/files/Download-Archiv/MK_Trends_2021/MK_Trends_2021_Publikationscharts.pdf)
- Bitkom. (2021). *Die Zukunft der Consumer Technology – 2021*. 69.
- Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit. (2020). *Videostreaming: Energiebedarf und CO2-Emissionen. Hintergrundpapier*.
- Cisco. (2019). *CISCO Visual Networking Index: Forecast and Trends, 2017-2022*.
- Coroamă, V. C., Hintemann, R., Hinterholzer, S., & Arbanowski, S. (2020). *Nachhaltigkeit von Streaming & Co. – Energiebedarf und CO2-Ausstoß der Videonutzung im Netz* (Bitkom e.V. – Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V., Hrsg.).
- Fuster, T. (2019, April 6). *Streaming ist das neue Fliegen – wie der digitale Konsum das Klima belastet*. Neue Zürcher Zeitung. <https://www.nzz.ch/wirtschaft/streaming-ist-das-neue-fliegen-wie-der-digitale-konsum-das-klima-schaedigt-ld.1474563?reduced=true>
- Gröger, J., Liu, R., Stobbe, D. L., Druschke, J., & Richter, N. (2021). *Green Cloud Computing. Lebenszyklusbasierte Datenerhebung zu Umweltwirkungen des Cloud Computing*.
- Hilty, L. (2019). *Video-Streaming ist weit weniger klimabelastend als Fliegen*. <https://doi.org/10.5167/UZH-171481>
- Hipp, T., Jaeger-Erben, M., & Frick, V. (2021). Ergebnisse einer Repräsentativerhebung zu lebensdauerrelevanten sozialen Praktiken von Nutzer\*innen in Deutschland. *OHA-Papers, 1/2021*.
- International Energy Agency. (2021). *Data Centres and Data Transmission Networks*. (Tracking report – November 2021). <https://www.iea.org/reports/data-centres-and-data-transmission-networks>
- Kamiya, G. (2020, Dezember 11). The carbon footprint of streaming video: Fact-checking the headlines. *International Energy Agency (IEA)*. <https://www.iea.org/commentaries/the-carbon-footprint-of-streaming-video-fact-checking-the-headlines>
- Köhn, M., Gröger, J., & Stobbe, L. (2020). *Energie- und Ressourceneffizienz digitaler Infrastrukturen – Ergebnisse des Forschungsgebietes „Green Cloud-Computing“*. Umweltbundesamt.
- Madlener, R., Sheykha, S., & Briglauer, W. (2021). The Electricity- and CO2-Saving Potentials Offered by Regulation of European Video-Streaming Services. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3872847>
- SANDVINE. (2019). *The Global Internet Phenomena Report*.
- SANDVINE. (2020). *The Global Internet Phenomena Report – COVID-19 Spotlight*.
- SHIFT. (2019). *Climate Crisis: The Unsustainable Use of Online Video – The practical Case for Digital Sobriety*. <https://theshiftproject.org/en/article/unsustainable-use-online-video/>
- Suski, P., Pohl, J., & Frick, V. (2020). All you can stream: Investigating the role of user behavior for greenhouse gas intensity of video streaming. *Proceedings of the 7th International Conference on ICT for Sustainability*, 128–138. <https://doi.org/10.1145/3401335.3401709>



## Experten:innen-Workshop „Massenphänomen Videostreaming“

1. Dezember 2021 (9.00-13.00 Uhr); Online via Zoom

### Teilnehmerinnen und Teilnehmer

Janna	<b>Axenbeck</b>	<i>ZEW - Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung</i>
Lars-Arvid	<b>Brischke</b>	<i>ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg</i>
Vlad	<b>Coroamă</b>	<i>ETH Zürich / Department of Computer Science – Distributed Systems Group</i>
Frank	<b>Dratsdrummer</b>	<i>DIALOGIK gemeinnützige Gesellschaft für Kommunikations- und Kooperationsforschung</i>
Jan	<b>Druschke</b>	<i>Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM, Department Environmental and Reliability Engineering</i>
Severin	<b>Hackspiel</b>	<i>Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie</i>
Simon	<b>Hinterholzer</b>	<i>Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit</i>
Wilfried	<b>Konrad</b>	<i>DIALOGIK gemeinnützige Gesellschaft für Kommunikations- und Kooperationsforschung</i>
Clara	<b>Lenk</b>	<i>Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)</i>
Jens	<b>Pruschke</b>	<i>DO Climate GmbH</i>
Dirk	<b>Scheer</b>	<i>DIALOGIK &amp; Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (KIT-ITAS)</i>
Lutz	<b>Schubert</b>	<i>Institut für Organisation und Management von Informationssystemen, Universität Ulm</i>
Felix	<b>Sühlmann-Faul</b>	<i>IZT – Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung</i>
Dirk	<b>Turek</b>	<i>Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart</i>

# Massenphänomen

# Videostreaming

## Implikationen für Nutzer\*innen, Infrastruktur und Klima

### Expert\*innen-Workshop (online)

01. Dezember 2021 | 9:00 bis 13:00 Uhr

#### Programm

- |             |  |
|-------------|--|
| ab 8.50 Uhr | Check-in   |
| 9.00 Uhr    | <b>Begrüßung und Einführung</b><br><i>Wilfried Konrad, DIALOGIK</i>  |
| 9.15 Uhr    | <b>Videostreaming und Energie- und Ressourceneffizienz. Impulsvorträge aus dem ENRICH-Projekt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>&gt; Einführung: Klima- und Umweltwirkung von Videostreaming – Trends und Handlungsfelder<br/><i>Frank Dratsdrummer, DIALOGIK</i></li><li>&gt; Struktur und Energieverbrauch von Videostreaming in Baden-Württemberg<br/><i>Dirk Turek, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart</i><br/><i>Lutz Schubert, Institut für Organisation und Management von Informationssystemen, Universität Ulm</i></li></ul> |
| 10.05 Uhr   | Bio Break  |
| 10.10 Uhr   | <b>Parallele Sessions: Handlungspotenziale für klima- und umweltfreundlicheres Videostreaming</b> <ul style="list-style-type: none"><li>&gt; Fokus Technologie und Infrastruktur</li><li>&gt; Fokus Streamingangebote und Nutzungskontexte</li></ul>   |
| 11.30 Uhr   | Pause  |
| 11.45 Uhr   | <b>Plenumsdiskussion</b><br><i>Moderation: Dirk Scheer, DIALOGIK</i> <ul style="list-style-type: none"><li>&gt; Berichte aus den parallelen Sessions und Diskussion der Ergebnisse</li></ul>   |
| 12.50 Uhr   | Schlusswort<br><i>Wilfried Konrad, DIALOGIK</i>  |
| 13.00 Uhr   | Ende   |



**ENRICH** Energie, Nachhaltigkeit,  
Ressourceneffizienz  
in IT und Rechenzentren

Der Expert\*innen-Workshop wird im Rahmen des Forschungsprojektes ENRICH von der DIALOGIK gGmbH durchgeführt in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung der Universität Stuttgart (IER), Universität Ulm, Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart (HLRS). Das Forschungsprojekt wird gefördert durch das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft des Landes Baden-Württemberg.