

## Energie- und Ressourceneffizienz digitaler Infrastrukturen

### Ergebnisse des Forschungsprojektes „Green Cloud-Computing“

## Politische Handlungsempfehlungen

### 1. Die Umweltwirkungen von digitalen Infrastrukturen sind nicht vernachlässigbar und müssen sichtbar werden:

- 1.1. Für Rechenzentren soll ein verbindlicher **Energieausweis** eingeführt werden, der Auskunft über deren Energieverbrauch und Leistungsfähigkeit gibt. Durch die Sammlung dieser Informationen in einem zentralen Rechenzentrumskataster kann der zukünftige Ausbau besser geplant und gefördert werden.
- 1.2. Cloud-Dienstleistungen sollen mit einem **CO<sub>2</sub>-Fußabdruck pro Serviceeinheit** (z.B. pro Stunde, pro Jahr) Auskunft über ihre Umweltwirkungen geben. Durch die Schaffung dieser Markttransparenz werden Cloud-Anbieter dazu motiviert, besonders klimafreundliche Dienstleistungen anzubieten.
- 1.3. Die Betreiber von Telekommunikationsnetzen (Breitband, Telefon, Mobilfunk) sollen ihr Angebot mit einem **CO<sub>2</sub>-Fußabdruck pro Übertragungseinheit** kennzeichnen. Dadurch erhalten Kunden\*innen die Möglichkeit, besonders klimafreundliche Übertragungswege zu bevorzugen.

### 2. Wir wollen Energieeffizienz und Ressourcenschutz beim Ausbau von Breitband- und Mobilfunknetzen:

- 2.1. Beim Breitbandausbau ist dem Ausbau von energieeffizienten **Glasfasernetzen** bis zum Endverbraucher klar der Vorzug gegenüber anderen Übertragungstechnologien zu geben.
- 2.2. Der Ausbau von Mobilfunknetzen soll schlank und ressourceneffizient erfolgen, mit reduzierter mehrfacher Funkabdeckung der gleichen Regionen durch unterschiedliche Anbieter. Dazu sollen für Mobilfunknetze einheitliche und faire Netznutzungsentgelte eingeführt werden, die ein **nationales Roaming** ermöglichen.
- 2.3. Der Ausbau moderner **5G-Infrastrukturen** soll dazu genutzt werden, veraltete und ineffiziente 3G-Infrastrukturen zu ersetzen. Dadurch können alte Sendemasten für moderne Technik genutzt werden, was deren Akzeptanz erhöht.

### 3. Wir wollen, dass Rechenzentren umweltgerecht geplant, betrieben und entsorgt werden:

- 3.1. Bei der **Standortwahl** von neuen Rechenzentren soll eine **Abwärmenutzung** verbindlich berücksichtigt werden.
- 3.2. Rechenzentren sind vielfach überdimensioniert und arbeiten nur mit geringer Auslastung. Die Planung neuer Rechenzentren muss zukünftig besser **am tatsächlichen Bedarf orientiert** werden. Durch den Einsatz modularer Konzepte müssen Rechenzentren auch in Teillastbereichen effizienter betrieben werden können.

- 3.3. Das europäische Gemeinschaftsprojekt zur Schaffung einer sicheren und vertrauenswürdigen **Cloud-Infrastruktur (GAIA-X)** muss auch beim Klimaschutz ambitionierte Vorgaben machen. GAIA-X-Rechenzentren am Standort Deutschland, müssen daher die Kriterien des Blauen Engels für Rechenzentren erfüllen.
  - 3.4. Die **Nachfrage nach energie- und ressourceneffizienter Rechenzentrumsleistung** soll erhöht werden. Bund und Länder sollen bei Ausschreibungen von Rechenzentrumsinfrastruktur oder Rechenzentrumsdienstleistungen daher grundsätzlich die Mindestanforderungen des Blauen Engels voraussetzen.
  - 3.5. In Rechenzentren sind große Mengen an Hardware untergebracht, die wertvolle Rohstoffe enthalten. Daher müssen Monitoring-Instrumente entwickelt werden, um die **Elektronikschrottmengen in Rechenzentren** zu überwachen und diese einem geordneten Recycling zuzuführen. Technik, die noch funktionstüchtig ist, sollte wiederverwendet werden.
4. **Wir wollen Verbraucher\*innen dabei unterstützen, ihren Daten- und Hardwarekonsum zu reduzieren:**
- 4.1. Die **Standardauflösung von Videoinhalten** soll grundsätzlich an der Größe des Displays der Endgeräte ausgerichtet sein.
  - 4.2. Das automatische Abspielen (**Autoplay**) von Videoinhalten auf Webseiten soll standardmäßig ausgeschaltet sein.
  - 4.3. Mobilfunkverträge sollen **Anreize zur Einsparung von Daten** und zur **Reduzierung von Elektronikschrott** enthalten. Fehlanreize, die zur Erhöhung des Datenvolumen führen, sollen vermieden werden, wie beispielsweise Flatrates für große Datenmengen. Stattdessen sollten Kund\*innen belohnt werden, die am Monatsende nur wenig Daten verbraucht haben. Weiterhin sollten Fehlanreize vermieden werden, die zum Austausch funktionstüchtiger Endgeräte führen, wie beispielsweise neue Smartphones alle 24 Monate.

# Hintergrundinformationen

## 1 Umweltwirkung von digitalen Infrastrukturen

### 1.1 Energieausweis für Rechenzentren

Rechenzentren und Telekommunikationsnetzwerke bilden gemeinsam die digitale Infrastruktur und damit die technische Basis der Informationsgesellschaft. An Rechenzentren müssen daher ebenso hohe Anforderungen gestellt werden, wie an andere sensible Infrastrukturen: Verfügbarkeit, Resilienz, Umweltverträglichkeit, Zukunftsfähigkeit. Trotz dieser hohen Relevanz existieren derzeit keine zuverlässigen Statistiken über Anzahl, Standort, Energieverbrauch und Leistungsfähigkeit von Rechenzentren, weder national noch europäisch oder international.

Der Stromverbrauch in Rechenzentren muss massiv gesenkt, die Auslastung deutlich erhöht und die Gebäude- und Versorgungstechnik erheblich effizienter genutzt werden. Nur so erreichen wir die Klimaschutzziele und die Versorgung mit den für die Digitalisierung notwendigen Infrastrukturen ist auch zukünftig zuverlässig gewährleistet. Ein verpflichtender Energieausweis für Rechenzentren sorgt für einheitliche Standards und Kennzahlen und macht die Energieeffizienz der Rechenzentren transparent und nachvollziehbar. Transparenz bei der Energie-Effizienz ist ein Treiber für den fairen Wettbewerb.

Ein Kataster für Rechenzentren wird verlässliche Angaben zum Energieverbrauch und zur Energieeffizienz der Rechenzentren in Deutschland bereitstellen, auch damit zukünftige Entwicklungen besser prognostizierbar sind. Darüber hinaus soll das Kataster den Kunden\*innen die technischen Daten des Rechenzentrums, Kosten der angebotenen Dienstleistungen, den landkreisscharfen Standort und die Energieeffizienz des Rechenzentrums zentral bereitstellen.

Die Kennzahlen für einen Energieausweis werden durch die Methode KPI4DCE bestimmt:

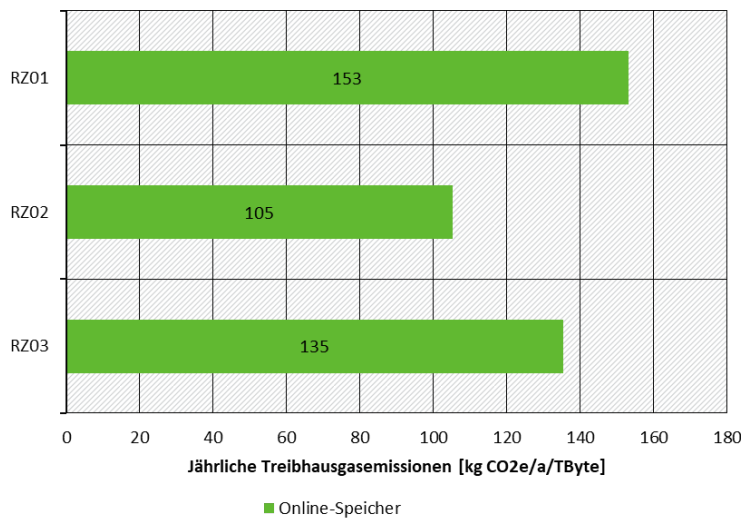
- ▶ Energiebedarf und elektrische Leistungsaufnahme des gesamten Rechenzentrums,
- ▶ Energiebedarf der IT-Technik,
- ▶ Leistungsfähigkeit des Rechenzentrums (Rechenoperationen, Speicherplatz, Datenverkehr),
- ▶ Effizienzkennzahlen für Rohstoffbedarf (Abiotic Depletion Potential, ADP), Treibhausgaspotenzial (Global Warming Potential, GWP), Primärenergiebedarf (Kumulierte Energie-Aufwand, KEA) und Wasser.

### 1.2 CO<sub>2</sub>-Fußabdruck für Cloud-Dienstleistungen

Das Forschungsprojekt „Green Cloud-Computing“ hat aufgezeigt, wie Umweltwirkungen einzelner Cloud-Dienstleistungen berechnet werden können. Exemplarisch wurde dies u.a. anhand von Online-Speicher und Videostreaming durchgeführt.

In Abbildung 1 wird dargestellt, wie sich die Treibhausgasemissionen für die Bereitstellung von Online-Speicherplatz in drei verschiedenen Rechenzentren (RZ01, RZ02 und RZ03) unterscheiden. Die Bandbreite liegt zwischen 105 Kilogramm und 153 Kilogramm CO<sub>2</sub>-Äquivalenten pro Terabyte Speicherkapazität und Jahr. Das Rechenzentrum RZ02 stellt die Speicher-Dienstleistung mit deutlich weniger Treibhausgasemissionen zur Verfügung.

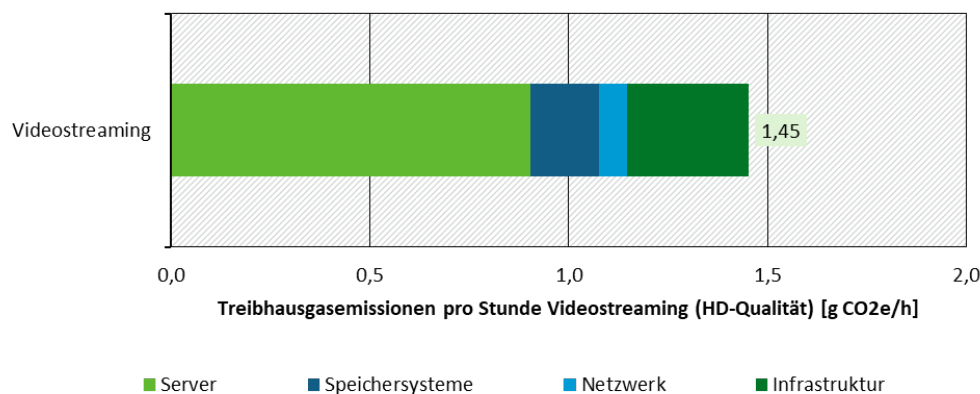
**Abbildung 1: Jährliche Treibhausgasemissionen für Online-Speicher**



Quelle: Forschungsprojekt „Green Cloud-Computing“ (2020)

Für den Anwendungsfall Videostreaming hat das Projekt erstmals alle Rechenzentrums-Ressourcen eines Videostreaming-Dienstleisters und dessen Energieverbrauch bilanziert und seine Treibhausgasemissionen auf die ausgelieferte Menge an Stunden Videostreams bezogen. Abbildung 2 stellt die Anteile der verschiedenen Komponenten des Rechenzentrums (Server, Speichersysteme, Netzwerk und Infrastruktur) an den Treibhausgasemissionen dar. Die Einzelbeiträge addieren sich zu einem Gesamtwert von 1,45 Gramm CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro Stunde Videostreaming. Bei diesem Wert handelt es sich um den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck durch Videostreaming im Rechenzentrum des Streaming-Dienstleisters. Die Datenrate des Videostreams entspricht mit 2 Gigabyte pro Stunde einer HD-Qualität (High Definition). Zur Zuschauer\*in muss dieser Datenstrom noch durch Telekommunikationsnetze geleitet werden, die ihrerseits mit einem Energieverbrauch und einem CO<sub>2</sub>-Fußabdruck verbunden sind (siehe Abschnitt 1.3).

**Abbildung 2: Treibhausgasemissionen im Rechenzentrum pro Stunde Videostreaming**



Quelle: Forschungsprojekt „Green Cloud-Computing“ (2020)

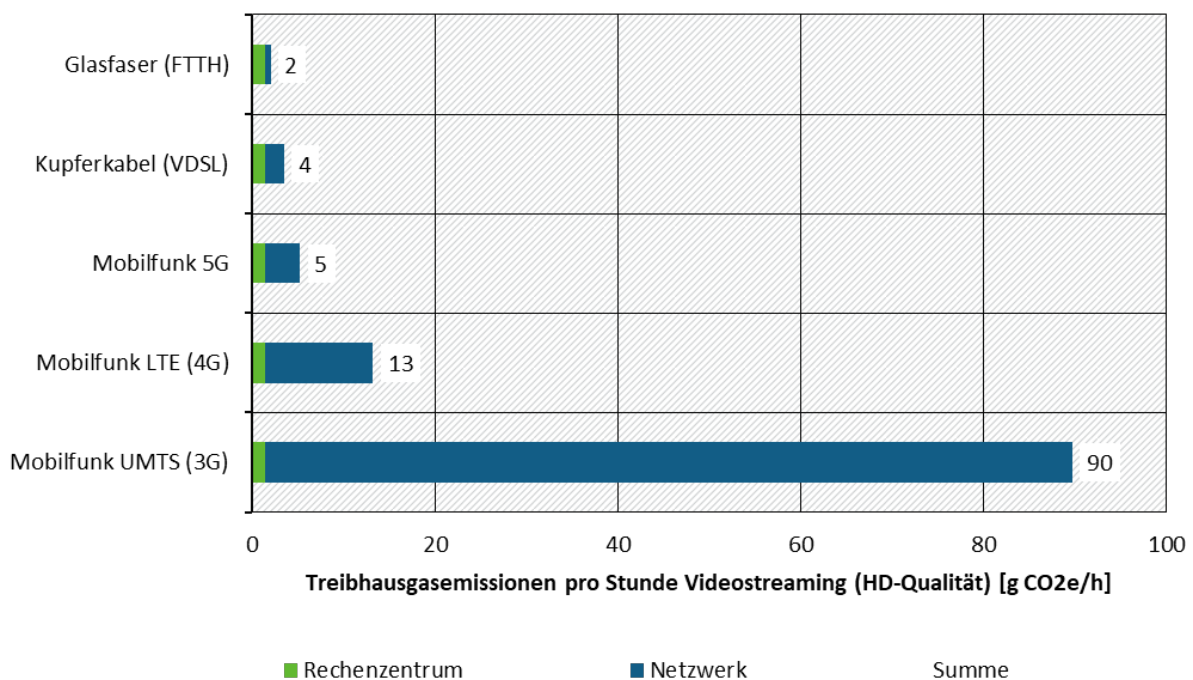
### 1.3 Datennetze

Das Forschungsprojekt „Green Cloud-Computing“ hat am Beispiel Streaming auch den Energieverbrauch und die damit zusammenhängenden Treibhausgasemissionen von Telekommunikationsnetzen untersucht. Es wurde ein komponentenbezogenes Berechnungsmodell für den elektrischen Energiebedarf unterschiedlicher Zugangnetze (Kabel

und Mobilfunk) sowie der Aggregations- und Transportnetze vom Cloud-Rechenzentrum bis zu den Nutzer\*innen entwickelt. Dieses parametrisierbare Modell kann unterschiedliche Netzarchitekturen, Technologievarianten, Wirkungsgrade der Stromversorgung oder auch Auslastungen berücksichtigen.

Eine beispielhafte Anwendung dieses Berechnungsmodells stellt die Übertragung eines Videostreams (HD-Qualität) über die verschiedenen Netzwerktechnologien dar. Abbildung 3 zeigt den Einfluss der verschiedenen Zugangstechnologien Glasfaser, Kupferkabel, UMTS, LTE und 5G mit einer Technikgeneration von 2015 auf.

**Abbildung 3: Treibhausgasemissionen im Rechenzentrum und im Netzwerk pro Stunde Videostreaming (HD-Qualität)**



Quelle: Forschungsprojekt „Green Cloud-Computing“ (2020)

Während die Treibhausgasemissionen im Rechenzentrum mit 1,45 Gramm CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro Stunde Videostream konstant bleiben, unterscheiden sich die Treibhausgasemissionen im Netzwerk sehr stark. Das Glasfasernetz (FTTH – „fibre to the home“) ist am effizientesten.

Wird der Stream über das Glasfasernetz geleitet, so führt dies zu Treibhausgasemissionen in Höhe von 2 Gramm pro Stunde. Beim kabelgebundenen Breitbandanschluss (VDSL – „very high speed digital subscriber line“) benötigt der Stream mit etwa 4 Gramm CO<sub>2</sub>e rund das Doppelte. Noch höhere CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke hat die Übertragung in mobilen Zugangsnetzen. Das moderne 5G-Netz liegt bei rund 5 Gramm, das derzeit gängige 4G-Mobilfunknetz (LTE – „long term evolution“) bei rund 13 Gramm und das alte 3G-Netz (UMTS – „universal mobile telecommunications system“) bei 90 Gramm pro Stunde Videostreaming.

Aus diesen Berechnungen können mehrere Erkenntnisse abgeleitet werden:

- ▶ Glasfaser ist die klimafreundlichste Übertragungstechnik.
- ▶ Der Netzzugang über kabelgebundene Breitbandnetze ist grundsätzlich dem über Mobilfunknetze vorzuziehen.

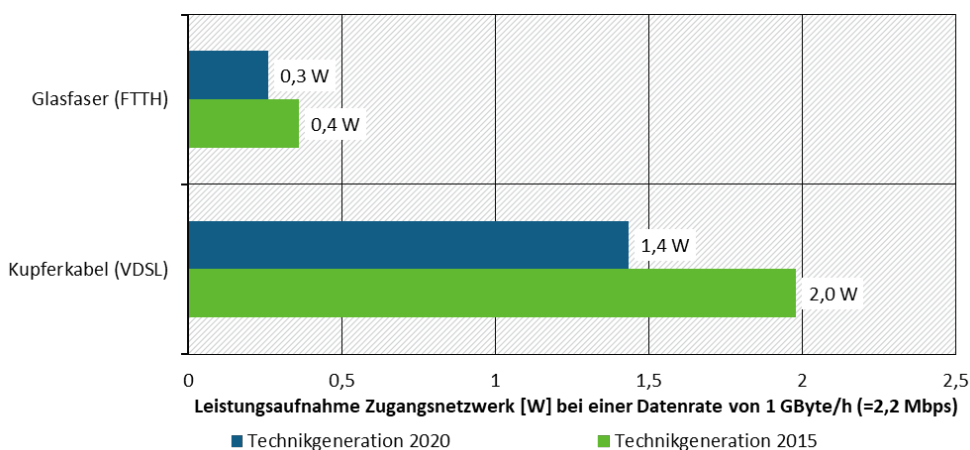
- ▶ Moderne Mobilfunknetze (5G) sind um einen Faktor von mehr als 20 effizienter und damit klimaschonender als alte Mobilfunknetze (3G).
- ▶ Um den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck verschiedener Netzwerktechnologien transparent zu machen, sollten die Anbieter diese regelmäßig erfassen und für ihr eigenes Nachhaltigkeitsmanagement und ihre Kunden öffentlich zugänglich machen.

## 2 Ausbau von Breitband- und Mobilfunknetzen

### 2.1 Vergleich von Glasfaser- und Kupfernetzen

Der Ausbau von Breitbandnetzen wird derzeit mit verschiedenen Technologien durchgeführt. Die Datenübertragung bei Glasfaser und Kupferkabel wurde in den letzten Jahren deutlich effizienter. Der Vergleich der Treibhausgaspotenziale macht jedoch deutlich, dass die Glasfasertechnologie beim Anschluss von Gebäuden (FTTH – „fibre to the home“) klar im Vorteil ist (siehe Abbildung 4). Der Internetzugang über ein Kupferkabel (VDSL) benötigt rund 5-mal mehr an Energie als der Netzzugang mit Glasfaserkabel.

**Abbildung 4: Leistungsaufnahme Zugangsnetz für kabelgebundene Netzwerke**



Quelle: Forschungsprojekt „Green Cloud-Computing“ (2020)

Zudem können Glasfaser- bzw. elektrooptische Systeme auch in den kommenden Jahren noch effizienter werden. Insbesondere tragen neue Materialien und anhaltende Miniaturisierung dazu bei, Wirkungsgrade und Leistungsfähigkeit weiter zu erhöhen. Darüber hinaus können passive optische Komponenten für eine weitere Skalierung des Netzes (höhere Übertragungskapazität) sinnvoll genutzt werden ohne zusätzlich Energie zu benötigen. Damit ist die Glasfaser langfristig zukunftsfähiger und umweltverträglicher. Weitere erhebliche Energieeinsparpotentiale hat die Netztechnik auch durch neue Modulations- und Kodierungsverfahren, Virtualisierung und andere softwarebasierte Verfahren.

Vor diesem Hintergrund kann abgeleitet werden:

- ▶ Der Glasfaserausbau in der letzten Meile ist notwendig, zukunftsfähig und umweltverträglicher.
- ▶ Die Erweiterung des optischen Kanals sowohl im Netzzugang bis zum Endgerät (Computer, Fernsehgerät) als auch in der Cloud bis zum Prozessor und Speichersystem wird in Zukunft höchste Performanz und Energieeffizienz ermöglichen.

- ▶ Glasfaser ermöglicht kürzeste Latenzzeiten und schafft damit die Möglichkeit, Rechenleistung sehr effektiv in größeren Rechenzentren zu aggregieren.
- ▶ Glasfaser bietet beste Möglichkeiten zur energieeffizienten Kapazitätserweiterung (Skalierung) von Zugangsnetzen.
- ▶ Mit dem Ausbau der Glasfasernetze kann auch der Mobilfunk energieeffizienter gestaltet werden.

## 2.2 Vermeidung von redundanten Mobilfunknetzen

Wenn Mobilfunkbetreiber Standorte und Equipment gemeinsam nutzen, spart das Energie und Ressourcen, denn dann werden die bestehenden Systeme besser ausgelastet. Dafür muss die Hardware technisch geeignet sein. Es geht nur, wenn die Hersteller keine proprietäre Technik einsetzen und ihre Schnittstellen öffnen. Dafür braucht man technische und organisatorische Gesamtkonzepte, um Sicherheitsfragen zu klären sowie Geschäftsmodelle für eine attraktive und faire gemeinsame Ressourcen-Nutzung. Das wird nicht einfach, aber es lohnt sich: Es macht die Mobilfunknetze effizienter und leistungsfähiger für alle Nutzer\*innen, zum Beispiel indem die besten Antennenstandorte intensiv genutzt werden.

All diese Dinge sind große Herausforderungen. Doch sie können dazu beitragen, die Mobilfunknetze für alle Nutzer\*innen performant und gleichzeitig ökologisch tragfähig zu machen.

Die wichtigsten Erkenntnisse:

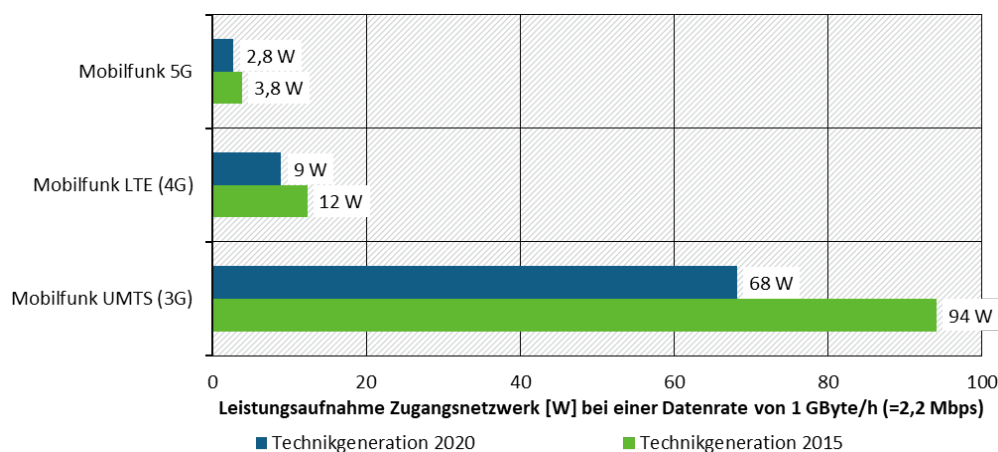
- ▶ In Deutschland gibt es derzeit einander überlagernde Mobilfunknetze mehrerer Betreiber.
- ▶ Wenn Mobilfunkbetreiber Standorte und Geräte gemeinsam nutzen, spart das Energie und Ressourcen, weil Technik nicht doppelt bereitgestellt und betrieben werden muss. Darüber hinaus verbessert es den Netzzugang für alle Nutzer\*innen.
- ▶ Dafür müssen viele technische Fragen geklärt werden. Außerdem ist zu klären, wie ein solches Konzept für alle Anbieter wirtschaftlich fair gestaltet werden kann.

## 2.3 Effiziente Mobilfunknetze durch fortschrittliche Technik

Die Mobilfunktechnik verändert sich rasant. Bereits die vierte Mobilfunkgeneration 4G (LTE – „long term evolution“) bot deutlich höhere Datenraten als frühere Netze. Bei 5G stehen nun eine weit höhere Datenrate, kurze Latenzzeiten und Skalierbarkeit im Mittelpunkt der technischen Entwicklung. Der Erhöhung der spektralen Effizienz durch mehr Bandbreite, eine drastische Erhöhung der Antennenzahl, neue Modulationsverfahren und Kopplung von Kanälen bewirken den gewünschten Performance-Gewinn. Damit steigt aber nicht unbedingt der Energiebedarf. Im Gegenteil, der Energiebedarf pro übertragener Datenmenge sinkt. Die neue Technologie kann auch in den Frequenzbereichen bestehender Technik wie GSM, UMTS und LTE eingesetzt werden. Die Modellierung des Energiebedarfs von Mobilfunknetzen in den Forschungsprojekten „UTAMO“ (Umweltbezogene Technikfolgenabschätzung von Mobilfunknetzen und Endgeräten) und „Green Cloud-Computing“ zeigen das Energieeffizienzpotential von 5G (vgl. Abbildung 5).

Die derzeit verbreiteten 4G-Netze (LTE) brauchen rund 3-mal so viel Energie wie die 5G-Technik. Die alten 3G-Netze (UMTS) benötigen sogar mehr als 20-mal soviel Energie zur Übertragung der gleichen Datenmenge wie 5G.

**Abbildung 5: Leistungsaufnahme Zugangsnetz für Mobilfunknetzwerke**



Quelle: Forschungsprojekt „Green Cloud-Computing“ (2020)

Deshalb empfehlen wir, das Mobilfunknetz langfristig zu modernisieren und auch für die bisher schon genutzten Frequenzen unter 6 GHz auf 5G-Technik umzustellen. Die veraltete, dritte Mobilfunkgeneration 3G (UMTS) ist für die heutige Datenübertragung ungeeignet und sollte wo möglich, abgeschaltet werden. Neue Funklöcher dürfen hierdurch aber nicht entstehen.

Die ab dem Jahr 1990 eingeführte dritte Mobilfunkgeneration 3G (UMTS) ist wenig effizient und für die heute entstehenden Datenmengen ungeeignet. Die veraltete Technik sollte daher in absehbarer Zeit abgeschaltet werden. Allerdings gibt es noch viele Smartphones und einfache Handys, die noch kein 4G und 5G unterstützen. Diese würden durch eine Abschaltung obsolet. Die Herstellung neuer Geräte verbraucht Ressourcen und verursacht Treibhausgas-Emissionen (rund 100 Kilogramm CO<sub>2</sub>-Äquivalente für ein Smartphone). Der Zeitpunkt der Umstellung muss deshalb sorgfältig abgewogen werden.

Aus diesen Überlegungen können folgende Erkenntnisse abgeleitet werden:

- ▶ Die Modernisierung der Mobilfunknetze hat ein gutes Potential zur Energie- und Ressourceneinsparung. Neben der Technologie sollten auch Stromversorgung und Klimatisierung der Technikstandorte betrachtet und deren Effizienz so weit wie möglich gesteigert werden.
- ▶ Der Mobilfunk ist für den Hausanschluss ungeeignet und aus Sicht des Umwelt- und Klimaschutzes nicht tragfähig.
- ▶ Bei der Umstellung auf 5G sind auch die Endgeräte der Netzteilnehmer\*innen zu berücksichtigen, damit deren Endgeräte (Smartphones und Handys) nicht vorzeitig unbrauchbar werden.

## 3 Planung, Betrieb und Entsorgung von Rechenzentren

### 3.1 Abwärmenutzung

Rechenzentren haben je nach technischer Ausstattung eine elektrische Anschlussleistung von mehreren 100 Kilowatt bis zu mehreren Megawatt. Die gesamte elektrische Energie, die im Rechenzentrum zum Betrieb der Gebäude- und Informationstechnik aufgewendet wird, wird dort in Wärme umgesetzt und als Abwärme wieder aus dem Rechenzentrum abgeführt. Dadurch sind Rechenzentren ganzjährige Lieferanten von Abwärme auf einem kontinuierlichen



Temperaturniveau. Derzeit wird diese Abwärme in der Regel ungenutzt an die Umgebung abgeführt und damit verschwendet.

Durch die intelligente Planung von Klimatisierungskonzepten und Rechenzentrumsstandorten kann die Abwärme aber auch zur Beheizung von Gebäuden oder als Prozesswärme genutzt werden. Dadurch lassen sich andere Heizenergieträger wie Erdgas und Heizöl reduzieren und Treibhausgasemissionen vermeiden. Aus Klimaschutz Gesichtspunkten sollte die Abwärmenutzung daher selbstverständlicher Bestandteil der Standortwahl und Planung von Rechenzentren sein.

### **3.2 Bedarfsgerechte Planung**

Bei der Erhebung von tatsächlichen Betriebsdaten in Rechenzentren wird deutlich, dass Server, Speichersysteme und Datennetzwerke in der Praxis nur wenig ausgelastet sind. Beispielsweise liegt die CPU-Auslastung von Servern in der Regel unterhalb von 20 Prozent und selten höher als 30 Prozent. Das bedeutet, dass 70 bis 80 Prozent der IT-Ressourcen ungenutzt sind und Energie im Leerlauf verbrauchen, ohne dass sie Rechenleistung erbringen.

Anhand der Effizienzindikatoren für Rechenleistung, die im Forschungsprojekt KPI4DCE (2018) ermittelt wurden, wird deutlich, wie stark die Effizienz von Rechenzentren von der Auslastung abhängt. Neben den technischen Möglichkeiten, die Auslastung auch in bestehenden Rechenzentren durch Virtualisierung und Konsolidierung von Diensten zu erhöhen, besteht insbesondere in der Planungsphase ein hohes Potenzial, die Effizienz von Rechenzentren zu erhöhen. Eine bedarfsgerechte Planung und der Einsatz von modular zuschaltbaren oder erweiterbaren Komponenten führt zu einem erheblichen Effizienzgewinn, der sich auch in reduzierten Investitionskosten und Betriebskosten bemerkbar macht. Damit ist eine Steigerung der Auslastung auf mehr als 50 Prozent möglich.

### **3.3 Der europäische Standard für Cloud-Dienste**

Das Projekt GAIA-X ist durch eine Initiative der Bundesregierung entstanden. Das Ziel des europäischen Gemeinschaftsprojektes ist es, eine sichere und vertrauenswürdige Cloud-Infrastruktur für Europa zu schaffen. Mit diesem Projekt werden wichtige technologische Standards und das Niveau der Energieeffizienz für europäische Cloud-Dienste gesetzt.

Die europäische Kommission will Europa mit dem Green Deal bis 2050 treibhausgasneutral machen. Vor diesem Hintergrund müssen für Großprojekte, wie GAIA-X, Vorgaben zum Schutz des Klimas gemacht und verbindlich eingefordert werden. Nur so kann verhindert werden, dass energieintensive Dienste und Strukturen neu entstehen, die den Klimaschutzzielen entgegenwirken.

- ▶ Ein Cloud-Rechenzentrum, das dem GAIA-X-Verbund beiträgt, muss höchste Ansprüche an Energieeffizienz und Ressourcenschonung genügen.
- ▶ Für die Beurteilung der Energie- und Ressourceneffizienz ist ein jährlicher Bericht anhand der Kennzahlen KPI4DCE zu erstellen und zu veröffentlichen.
- ▶ GAIA-X-Rechenzentren am Standort Deutschland müssen die Kriterien des Blauen Engels für Rechenzentren erfüllen.

### **3.4 Bedeutung der öffentlichen Beschaffung**

Bund, Länder und Kommunen beschaffen jährlich Produkte und Dienstleistungen in Höhe von ca. 260 Mrd. Euro. Mit den Corona-Hilfsprogrammen werden diese Ausgaben in den nächsten

Jahren noch weiter steigen. Die Öffentliche Hand verfügt somit über ein enormes Potential, die Märkte für umweltpolitische Ziele zu beeinflussen. Mit der Neufassung der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Beschaffung energieeffizienter Leistungen (AVV-EnEff), die am 27.5.2020 in Kraft getreten ist, werden die Aspekte des Umwelt- und Klimaschutzes konsequent berücksichtigt. Die Bundeseinrichtungen müssen ab sofort Leistungen mit der besten Energieeffizienzklasse einkaufen. Als Ergänzung zu den Energieeffizienzvorgaben verweist die AVV-EnEff darauf, Produktzertifizierung mit dem Umweltzeichen „Blauer Engel“ zu fordern.

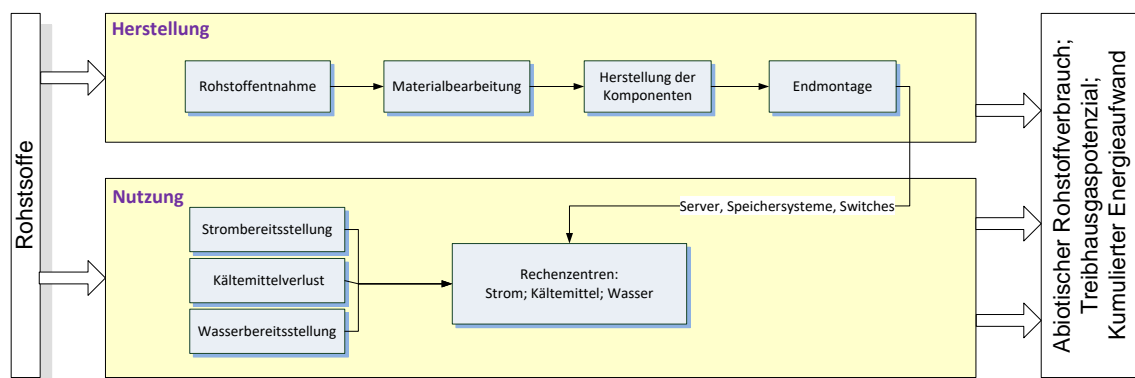
Bezogen auf Rechenzentren und Rechenzentrumsdienstleistungen bedeutet die Umsetzung dieser Maßgabe, dass konsequent nur nach den Kriterien des Umweltzeichens „Blauer Engel“ beschafft werden soll:

- ▶ Server und Datenspeicherprodukte (DE-UZ 213),
- ▶ Energieeffizienter Rechenzentrumsbetrieb (DE-UZ 161),
- ▶ Klimaschonende Colocation-Rechenzentren (DE-UZ 214),
- ▶ Ressourcen- und energieeffiziente Softwareprodukte (DE-UZ 215).

### 3.5 Ressourcenrelevanz von Rechenzentren

Die Bilanzierung der Umweltwirkungen von Rechenzentren in den beiden Forschungsprojekten KPI4DCE (2018) und „Green Cloud-Computing“ (2020) umfasst auch die Herstellung von IT-Komponenten, die im Rechenzentrum eingesetzt werden. In Abbildung 6 sind die Systemgrenzen dieser Bilanzierung dargestellt. Für Server, Speichersysteme und Netzwerkgeräte wurden orientierende Ökobilanzen durchgeführt, die den Herstellungsaufwand berechnen und in den Wirkungskategorien Rohstoffbedarf, Treibhausgaspotenzial und Primärenergiebedarf bestimmen. Weiterhin wurde der Betrieb des Rechenzentrums mit dem damit zusammenhängenden Bedarf an Strom, Kältemitteln und Wasser bilanziert.

**Abbildung 6: Schematische Darstellung der Systemgrenzen bei der Bilanzierung von Rechenzentren**

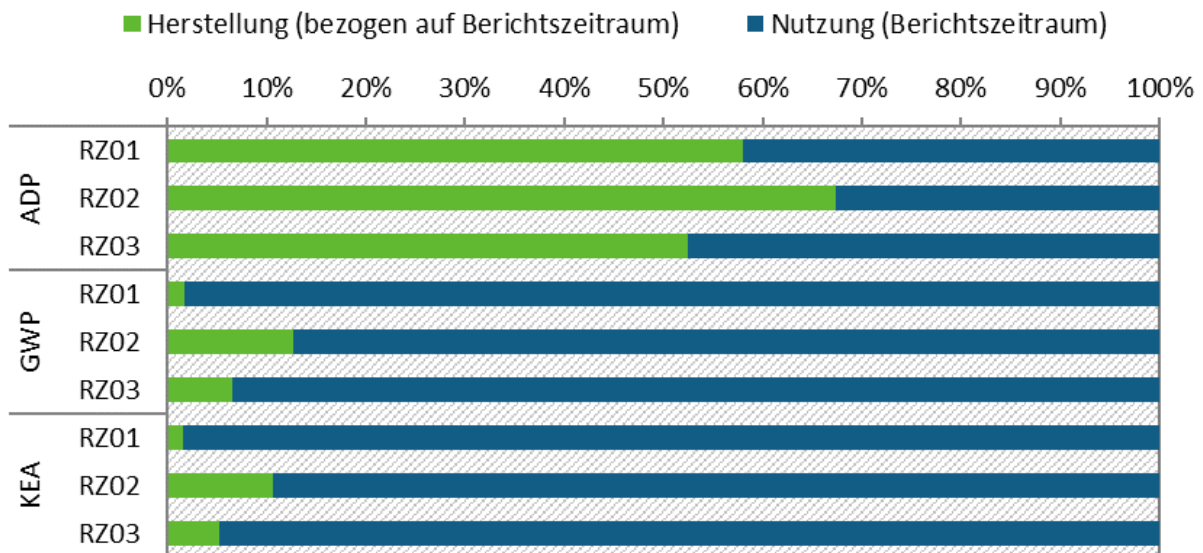


Quelle: Forschungsprojekt „Green Cloud-Computing“ (2020)

Die Berechnung der Umweltwirkungen wurde im Forschungsprojekt „Green Cloud-Computing“ anhand von drei exemplarischen Rechenzentren durchgeführt. Die Verteilung der Umweltwirkungen der Rechenzentren über die verschiedenen Lebenszyklusphasen ist in

Abbildung 7 dokumentiert. Der einmalige Herstellungsaufwand wurde dabei auf die Jahre der Gerätenutzung aufgeteilt und der Aufwand bei der Nutzung jeweils auf ein Jahr bezogen.

**Abbildung 7: Relative Verteilung der Ressourceninanspruchnahme und Umweltwirkungen der Rechenzentren nach Lebenszyklusphase**



Quelle: Forschungsprojekt „Green Cloud-Computing“ (2020)

Bei den Umweltwirkungen von Rechenzentren ist die Nutzungsphase, also der Betrieb der Rechenzentren entscheidend. Beim Treibhausgaspotenzial (GWP) und Primärenergiebedarf (KEA) ist die Nutzungsphase für 87 bis 98 Prozent der Umweltwirkungen verantwortlich.

Beim abiotischen Rohstoffbedarf (ADP) kehrt sich dieses Bild jedoch um. Die Herstellung der IT-Technik ist für 52 bis 67 Prozent der Umweltbelastungen zuständig. Der Rest des Rohstoffbedarfs (33 bis 48 Prozent) ist auf die Nutzungsphase zurückzuführen, insbesondere auf die Erzeugung von Strom aus fossilen Energieträgern. In Zukunft wird beim Rohstoffbedarf die Bedeutung der Herstellungsphase weiter steigen. Mit einer Zunahme des Anteils an erneuerbaren Energien im deutschen Stromnetz werden die für die Herstellung benötigten Rohstoffe die Bilanz noch weiter dominieren.

Aus Gründen des Ressourcenschutzes hat daher die in Rechenzentren verbaute Hardware eine besondere Bedeutung. Auch deshalb, weil in IT-Hardware wertvolle und teilweise kritische Rohstoffe verbaut sind. Hardware sollte daher möglichst lange genutzt werden, bis zu dem Zeitpunkt, an dem neue, effizientere Hardware den Weiterbetrieb der alten Hardware in der Umweltbilanz überholt. Diesen optimalen Zeitpunkt festzustellen, wird Bestandteil weiterer Forschungsarbeiten sein. Der Entsorgung von Rechenzentrumshardware muss eine stärkere Aufmerksamkeit zukommen. Die Konzentration von Elektronikschrott an zentralen Rechenzentrumsstandorten bietet die Chance, höhere Recyclingquoten zu erreichen und Rohstoffe gezielter in den Kreislauf zurück zu führen.

## 4 Einsparmöglichkeiten für Verbraucher\*innen

### 4.1 Übertragungsraten bei Videoinhalten

Rund 80% des Datenverkehrs in Telekommunikationsnetzen sind Videoinhalte. Ihre Datenmenge zu reduzieren, ist deshalb eine besonders effektive Möglichkeit, die Netze zu entlasten und deren Energieverbrauch zu senken. Oft ist dies sogar ohne Qualitätseinbußen

möglich, wenn Anzeigegeräte wie Smartphones oder Tablets ohnehin nur kleine Displaygrößen aufweisen. Solche Geräte sind zwar technisch dazu in der Lage, eine hohe Pixelzahl darzustellen, das menschliche Auge kann die hohe Auflösung, insbesondere bei Bewegtbildern, jedoch nicht von einer geringeren Auflösung unterscheiden. Auf solchen kleinen Displays sollte daher datensparend gestreamt werden. In Tabelle 1 sind unterschiedliche Datenmengen pro Stunde für unterschiedliche Bildschirmauflösungen und Videoqualitäten dargestellt. Die Datenmengen reichen von 30 Megabyte pro Stunde für sehr kleine Bildschirmauflösungen bis zu 7 Gigabyte für Ultra-HD-Auflösungen.

**Tabelle 1: Datenmengen bei unterschiedlichen Bildschirmauflösungen und Videoqualitäten**

<b>YouTube nach Videoqualität</b>	<b>Bildschirmauflösung (Pixel)</b>	<b>Datenmenge pro Stunde</b>
144p	192 x 144	30 MB/h
240p	320 x 240	150 MB/h
360p	480 x 360	300 MB/h
480p	640 x 480	450 MB/h
HD / 720p	1280 x 720	1,2 GB/h
Full HD / 1080p	1920 x 1080	1,7 GB/h
<b>Netflix nach Videoqualität</b>		<b>Datenmenge pro Stunde</b>
Niedrige Qualität		300 MB/h
Mittlere Qualität	1280 x 720	700 MB/h
Hohe Qualität	1920 x 1080	3 GB/h
Ultra-HD	3840 x 2160	7 GB/h

Quelle: eigene Darstellung nach [www.tarife.at](http://www.tarife.at) (2020)

Um die Nutzer\*innen in die Lage zu versetzen, weniger Datenverkehr zu verursachen, sollten Videostreaming-Dienste daher automatisch die Größe des Displays des Anzeigegerätes erkennen und die Datenmenge auf das notwendige Maß reduzieren.

## 4.2 Unerwünschter Datenverkehr

Videos sind beliebt für die Gestaltung von Webseiten. Um die Aufmerksamkeit von Besucher\*innen auf Werbebotschaften zu lenken, starten Werbevideos oft automatisch, sobald sich die Videofenster im sichtbaren Bildschirmbereich befinden.

Da dies einen erheblichen Datenverkehr verursacht, sollten Website-Betreiber zugunsten des Klimaschutzes auf diese Praxis verzichten. Die Autoplay-Funktion sollte standardmäßig abgestellt werden und die Nutzer\*innen sollten mehr Autonomie darüber erhalten, welche Videoinhalte sie abspielen möchten.

## 4.3 Anreize zur Datensparsamkeit und Ressourcenschutz

Die Übertragung von Daten in Mobilfunknetzen hat einen deutlich größeren ökologischen Fußabdruck als die in kabelgebundenen Breitbandnetzen (siehe Abschnitte 1.3 und 2.3). Daher sind Anreize in Mobilfunktarifen, die zu einem höheren Datenkonsum führen, schlecht für den Klimaschutz.

Fehlanreize sind beispielsweise Flatrates oder großzügige Datenpakete für Musik- und Videostreaming. Diese Tarife können zum Beispiel dazu führen, dass Nutzer\*innen Videotelefonate über Messenger-Dienste, statt Sprachtelefonate führen. Der Unterschied zwischen beiden Varianten beträgt 300 MByte statt 60 MByte pro Stunde und führt damit zu

einem 5-mal höheren mobilem Datenvolumen. Findet diese Datenübertragung über UMTS-Netze statt, so hat dies einen erheblichen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck zur Folge.

Umweltverträglicher als der Zugang über Mobilfunknetze ist die Nutzung von WLAN-Netzen. Umweltbewusste Tarife könnten daher beispielsweise ein kostenloses Telefonieren über WLAN-Netze zulassen, statt Flatrates für den Mobilfunk.

Weitere Fehlanreize werden in Mobilfunkverträgen gesetzt, indem neue Smartphones zu Schnäppchenpreisen angeboten werden. Die Telefone werden für die Nutzer\*innen intransparent über höhere Grundgebühren bezahlt. Die Nutzer\*innen werden so dazu gedrängt, alle 1 bis 2 Jahre ein neues Smartphone zu nutzen. Die Herstellung eines Smartphones benötigt viele wertvolle Rohstoffe, verursacht Treibhausgas-Emissionen von rund 100 Kilogramm und führt zu weiterem Elektronikschrott. Stattdessen sollen Mobilfunkverträge die Nutzer\*innen durch niedrige Grundgebühren und nicht-subventionierte Hardware dazu motivieren, ihre Smartphones möglichst lange zu nutzen und damit Energie und Ressourcen einzusparen.

## Zitierte Forschungsprojekte des Umweltbundesamtes

KPI4DCE (2018): Schödwel, Björn; Zarnekow, Rüdiger; Liu, Ran; Gröger, Jens; Wilkens, Marc. Kennzahlen und Indikatoren für die Beurteilung der Ressourceneffizienz von Rechenzentren und Prüfung der praktischen Anwendbarkeit. Hg. v. Umweltbundsamt. Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-02-23\\_texte\\_19-2018\\_ressourceneffizienz-rechenzentren.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-02-23_texte_19-2018_ressourceneffizienz-rechenzentren.pdf).

Green Cloud-Computing (2020): Gröger, Jens; Liu, Ran; Stobbe, Lutz; Richter, Nikolai. Lebenszyklusbasierte Datenerhebung zu Umweltwirkungen des Cloudcomputing. Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltbundesamt. In Bearbeitung.

UTAMO (2020): Stobbe, Lutz et al. Umweltbezogene Technikfolgenabschätzung von Mobilfunknetzen und Endgeräten. Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltbundesamt. In Bearbeitung.

---

## Impressum

### Herausgeber

Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
Tel: +49 340-2103-0  
Fax: +49 340-2103-2285  
[buergerservice@uba.de](mailto:buergerservice@uba.de)  
Internet:  
[www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)  
[f/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)  
[t/umweltbundesamt](https://www.twitter.com/umweltbundesamt)

### Autorenschaft, Institution

Marina Köhn, Beratungsstelle  
Green-IT, Umweltbundesamt,  
[marina.koehn@uba.de](mailto:marina.koehn@uba.de)  
  
Jens Gröger, Bereich Produkte &  
Stoffströme, Öko-Institut e.V.,  
[j.groeger@oeko.de](mailto:j.groeger@oeko.de)  
  
Dr. Lutz Stobbe, Fraunhofer-  
Institut für Zuverlässigkeit und  
Mikrointegration (IZM),  
[lutz.stobbe@izm.fraunhofer.de](mailto:lutz.stobbe@izm.fraunhofer.de)

**Stand:** September 2020