

Schriftlicher Bericht

Umwelt- und Klimaschutz durch Forschung zu Green IT stärken

Berichterstatter: Bund

Unter TOP 24 der 92. UMK wurde der Bund gebeten, „eine Abschätzung der Auswirkungen der zunehmenden Digitalisierung auf den Energie- und Ressourcenverbrauch in Deutschland (...) vorzunehmen.“ Ein erster Bericht hierzu wurde von der UMK mit Umlaufbeschluss 11/2020 zur Kenntnis genommen. Mittlerweile liegen weitere Kennzahlen zur Green IT des Bundes und Ergebnisse zu den Forschungsvorhaben des Umweltbundesamtes vor. Sie werden nachstehend themenspezifisch aufgeführt:

Green-IT-Initiative des Bundes

Die Bundesverwaltung wirkt den Folgen der zunehmenden Digitalisierung auf den Energie- und Ressourcenverbrauch seit 2008 durch die Green-IT-Initiative des Bundes erfolgreich durch folgende Maßnahmen entgegen.

1. Konsolidierung des IT-Stromverbrauchs der Bundesverwaltung,
2. Umsetzung der Beschaffung von umwelt- und sozialverträglichen IT-Produkten und IT-Dienstleistungen,
3. Die Energie- und Ressourceneffizienz in den Rechenzentren (RZ) ist grundsätzlich durch die Einhaltung der Kriterien des Blauen Engels für einen energieeffizienten Rechenzentrumsbetrieb (Blauer Engel RZ) sicherzustellen.

Hierzu wurde ein Berichtswesen installiert, das jährlich den Energieverbrauch der Rechenzentren erfasst. Bisher konnten zwischen 2008 und 2020 knapp 50,4 Prozent

Energieersparnis (Minderung seit 2008 ohne Berücksichtigung der Leistungssteigerung) verzeichnet werden. Es ist aber abzusehen, dass die bisherigen Maßnahmen nicht ausreichend sein könnten und auch der Bund von den negativen Auswirkungen der Digitalisierung betroffen sein wird. Eine erste negative Trendwende war im Bericht 2018/2019 sowie im Folgebericht 2019/2020 zu erkennen. Hier konnte das erste Mal seit 2008/2009 keine Senkung des Energieverbrauchs der Rechenzentren des Bundes verzeichnet werden. Im Bericht 2020/2021 konnte hingegen wieder eine kleine Senkung des Energieverbrauchs der Rechenzentren im Vergleich zum Jahr 2019/2020 festgestellt werden. Dennoch ist zu prüfen, ob die Bundesverwaltung zusätzliche Maßnahmen ergreifen sollte. Die Green-IT-Initiative des Bundes diskutiert vor diesem Hintergrund zurzeit folgende Maßnahmen, die aber noch nicht beschlossen wurden:

- Ein Register aller RZ des Bundes soll unter dem Gesichtspunkt Energieeffizienz erstellt werden.
- Bundesbehörden sollen bei der Umsetzung der Kriterien des Blauen Engels in RZ unterstützt werden.
- Maßnahmen zur Verbesserung der Beschaffung von umweltverträglichen IT-Produkten und IT-Dienstleistungen sollen weiter ausgebaut werden.

Die Nachnutzung von IKT-Hardware nach Nutzungsende in der Bundesverwaltung soll grundsätzlich angestrebt werden. Hierfür soll ein geeigneter Rahmenvertrag bereitgestellt werden. Über die IT des Bundes hinaus liegen der Bundesregierung Studien zum Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen vor. In diesen Studien wird auch die Anwendung „Informations- und Kommunikationstechnologie“ (IKT) erfasst. Nach Angaben der durch die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) erstellten Energiebilanzen für Deutschland hat sich der Endenergieverbrauch im IKT-Bereich von 2008 bis 2018 wie folgt entwickelt (des Weiteren wird auf die Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 19/8212 – Kenntnisse der Bundesregierung über den Energieverbrauch von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) in Deutschland verwiesen):

Endenergieverbrauch insgesamt nach Anwendungszweck IKT – 2008 bis 2018											
Jahr	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
in PJ	213,0	206,1	216,2	211,3	215,1	212,9	207,1	209,4	209,2	212,6	216,4
Anteil in %	2,3	2,4	2,3	2,4	2,4	2,3	2,4	2,4	2,3	2,3	2,4

Quelle: AGEB (2020): Anwendungsbilanzen zur Energiebilanz Deutschland – Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungszwecken (https://aq-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=ageb_anwendungsbilanz2018_v3.pdf)

Der Energieverbrauch für den IKT-Bereich wird hier aus erfassten Gerätebeständen, der installierten Geräteleistung und den gruppenspezifischen Betriebsdauern ermittelt. Im Vergleich zu der 2015 ebenfalls im Auftrag des BMWi durchgeführten Studie

„Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland“ (Fraunhofer IZM, Borderstep Institut) ergeben sich jedoch u. a. mit Blick auf den Energiebedarf von Rechenzentren mitunter starke Abweichungen der Daten.

Cloud Dienstleistungen und Umwelt

Das UBA hat in 2020 die Forschung zu den Umweltwirkungen von Cloud Dienstleistungen abgeschlossen. Die Ergebnisse und politischen Handlungsempfehlungen¹ wurden in einer Abschlusskonferenz² präsentiert und im Abschlussbericht „Green Cloud Computing - Lebenszyklusbasierte Datenerhebung zu Umweltwirkungen des Cloud Computing“³ auf der UBA Homepage veröffentlicht. Mit der Veröffentlichung der Studie liegt nun die Methode Green Cloud-Computing (GCC-Methode) vor, mit der die Umweltwirkungen von Cloud-Dienstleistungen ermittelt werden können. Damit lässt sich der CO₂-Fußabdruck von datenintensiven Anwendungen wie Videostreaming, Video-Konferenzen, virtueller Desktop-Infrastruktur und Online-Datenspeicherung sowie dem Arbeiten im Homeoffice realitätsnäher als bisher ermitteln. Mit den Ergebnissen dieser Fallbeispiele liegen erstmalig konkrete, aus der Praxis gemessene Daten über die Umweltwirkungen von Cloud-Dienstleistungen vor.

Bspw. verursacht die Teilnahme an einer einstündigen Videokonferenz mit dem Notebook Treibhausgasemissionen von 55 g CO₂(eq), also etwa so viel wie eine PKW-Fahrt von 260 Metern. An diesem und anderen Fallbeispielen zeigt sich außerdem, dass die CO₂-Emissionen, die durch Rechenzentren verursacht werden, geringer sind als bisher angenommen. Wegen der großen Zahl der Nutzer*innen und Anwendungen sind die Energie- und Rohstoff-Verbräuche der Rechenzentren und Datennetze dennoch relevant für die Gesamtbilanz der Treibhausgasemissionen.

Rechenzentren und Umwelt

¹ Politische Handlungsempfehlungen aus den Ergebnissen des Forschungsprojektes „Green Cloud-Computing“ <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/energie-ressourceneffizienz-digitaler>

² Abschlusskonferenz am 10.09.2020: <https://www.umweltbundesamt.de/service/termine/energie-ressourceneffizienz-digitaler>

³ UBA-Texte 94/2021 <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/green-cloud-computing>

Rechenzentren sind das Rückgrat der Digitalisierung und der Bedarf steigt. Es werden immer mehr und immer größere Rechenzentren gebaut, angetrieben auch durch die Covid-19-Pandemie. Damit einher gehen ein wachsender Strom- und Ressourcenbedarf. Dieser Trend wird sich fortsetzen.

Kennzahlen zur Effizienzsteigerung

Um Energieeffizienzpotenziale in den Rechenzentren zu erschließen und die Wirkung von Maßnahmen zu prüfen, werden Kennzahlen gebraucht. Das UBA hat das Kennzahlensystem Key Performance Indicators for Data Center Efficiency (KPI4DCE)⁴ entwickelt, mit dem die Energie- und Ressourceneffizienz eines Rechenzentrums erstmals ganzheitlich und richtungssicher bewertet werden kann. KPI4DCE umfasst den gesamten Lebenszyklus der Informationstechnik und der technischen Versorgungsstruktur im Rechenzentrum. Durch die vom UBA entwickelte Methode KPI4DCE kann sichtbar gemacht werden, in welchen Bereichen des Rechenzentrums (Server, Storage, Netzwerktechnik, Gebäudetechnik) die Optimierungspotenziale liegen. Die Feldmessungen haben ergeben, dass im ineffizientesten der untersuchten Rechenzentren zehnmal mehr Treibhausgasemissionen pro Rechenoperation emittiert werden als notwendig und es wurde deutlich, dass Server, Speichersysteme und Datennetzwerke in der Praxis nur wenig ausgelastet sind. Das bedeutet, dass IT-Ressourcen ungenutzt sind und Energie im Leerlauf verbrauchen, ohne dass sie Rechenleistung erbringen.

Aktuelle Forschung zu Rechenzentren und Umwelt

Die Rechenzentren (RZ) werden derzeit weder statistisch erfasst noch existiert eine Datenbasis in der die Energieverbräuche der RZ in Deutschland anhand gemessener oder von den Unternehmen bilanzierter und gemeldeter Zahlen enthalten sind. Dieser Umstand macht es schwierig, die Energieeffizienz von Rechenzentren und die Entwicklung der Energieverbräuche der Branche zu bewerten oder ggf. Mindestanforderungen an RZ zu stellen und deren Einhaltung zu überprüfen.

⁴ KPI4DCE 2.0 - Best-Practice-Guide für Rechenzentren: Operationalisierung von Umwelt-, Energie- und Kosteneffizienz durch Indikatoren an Beispielen aus der Praxis: <https://www.umweltbundesamt.de/kpi4dce-20>

Vor diesem Hintergrund hat das UBA im Rahmen des Energieforschungsplans mit dem Aufbau eines Registers für Rechenzentren in Deutschland und mit der Entwicklung einer Energieeffizienzkennzeichnung für Rechenzentren begonnen. Mit dem Aufbau eines Registers für RZ verfolgen wir erstens das Ziel, verlässliche Angaben zum Energieverbrauch und zur Energieeffizienz der RZ in Deutschland zu erhalten, auch um zukünftige Entwicklungen besser zu prognostizieren. Zweitens soll das Register ein zentrales grafisches Informationssystem sein, über das Kunden*innen die technischen Spezifika des RZ, die Kosten der angebotenen Dienstleistungen, den landkreisscharfen Standort und die Energieeffizienz des RZ erfahren können. Denn derzeit fehlen Kunden*innen unabhängige Informationen über die Energieeffizienz der in einem RZ eingekauften oder gemieteten Leistung. Mit der Einführung eines nationalen Bewertungssystems für energieeffiziente Rechenzentren soll der Grad der Energieeffizienz von RZ verständlich dargestellt werden, damit sie besser vergleichbar sind. Mit ersten Ergebnissen ist im Herbst 2023 zu rechnen.

Software und Umwelt

Software hat mindestens einen ähnlich großen Einfluss auf die Energieeffizienz der Informationsverarbeitung wie die Hardware. Freiwillige Selbstverpflichtungen und gesetzliche Mindestanforderungen gibt es für Software bisher nicht, obwohl Softwareeigenschaften die Umwelt belasten, denn das Design der Softwarearchitektur bestimmt, wie viel an Hardware und elektrischer Energie notwendig ist. Das Umweltbundesamt (UBA) hat im Rahmen der Ressortforschung die Auswirkungen von Software auf den Klimaschutz und die Beanspruchung natürlicher Ressourcen untersucht. Es wurde dabei ein detailliertes Wirkungsmodell entwickelt, das die gegenseitige Beeinflussung von Hard- und Software darstellt. Auf deren Basis konnte ein Kriterienkatalog für nachhaltige Software⁵ entwickelt werden, der insgesamt 76 Einzelkriterien⁶ beinhaltet, die in drei Themenbereichen zusammengefasst sind: Ressourceneffizienz, Einfluss auf die Dauer der Hardwarenutzung und Nutzungsautonomie. Jedes Kriterium ist durch einen oder mehrere Indikatoren

⁵ Online Kriterienkatalog: https://www.umwelt-campus.de/fileadmin/Umwelt-Campus/Greensoft/Kriterienkatalog_nachhaltige_Software_v01_2017-05-31.pdf

⁶ Sustainable software products—Towards assessment criteria for resource and energy efficiency: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X17314188>

bewertbar. Es wurde ebenfalls eine Bewertungs- und Messmethodik entwickelt, anhand derer der Energiebedarf, die Inanspruchnahme von Hardware-Ressourcen sowie weitere umweltbezogene Eigenschaften von Softwareprodukten ermittelt werden können. Anhand von mehreren Fallbeispielen konnte aufgezeigt werden, dass die Bewertungs- und Messmethode in der Praxis anwendbar ist und relevante Unterschiede von Softwareprodukten gleicher Funktionalität darstellbar bzw. messbar sind. Alle Erkenntnisse und Ergebnisse sind im Forschungsbericht⁷ veröffentlicht.

Aktuelle Forschung zu Software und Umwelt

Das UBA hat in diesem Jahr ein weiteres Forschungsvorhaben im Themenkomplex Software gestartet, das zum Ziel hat, die Energie- und Ressourceneffizienz von ausgewählten Programmiersprachen, Komponenten und Container-Klassen auf ihre Umweltverträglichkeit zu überprüfen. Mit den Ergebnissen der Forschung sollen Softwareprogrammierer*innen in die Lage versetzt werden, energieeffiziente und hardwareschonende Software zu entwickeln. Hierfür sind einerseits Informationen über den Energieverbrauch und die Hardwarebeanspruchung von Softwarekomponenten und –entwicklungswerkzeuge notwendig und andererseits Optimierungs- und Handlungsempfehlungen, um die Energieeffizienz von Softwarecodes zu erhöhen.

Mobilfunk und Übergang zu 5G

Der Klimaschutz und der Weg zur Klimaneutralität ist für den anhaltend wachsenden Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) einschließlich der Mobilfunkbranche eine große aktuelle Herausforderung. Die zunehmende Digitalisierung, absehbare neue Technologien und technische Entwicklungen wie z.B. autonomes Fahren u.ä., aber auch viele verbreitete Anwendungen der Endbenutzer erfordern die Übertragung immer höherer Datenvolumen und Bandbreite bzw. kürzere Reaktionszeiten (Latenzen). All dies befördert den weiteren Ausbau der Mobilfunknetze und den schnellen Übergang zu 5G. Zur Abschätzung der Umweltwirkung dieser Entwicklungen wurde vom Umweltbundesamt das Forschungsvorhaben

⁷ UBA-Texte | 105/2018: Entwicklung und Anwendung von Bewertungsgrundlagen für ressourceneffiziente Software unter Berücksichtigung bestehender Methodik: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-anwendung-von-bewertungsgrundlagen-fuer>

Umweltbezogene Technikfolgenabschätzung Mobilfunk in Deutschland (UTAMO), FKZ 3718 36 324 0, durchgeführt. Das Vorhaben wurde in 2021 abgeschlossen, der Abschlussbericht wird demnächst veröffentlicht.

Ergebnisse des Vorhabens

Die Mobilfunkinfrastruktur in Deutschland ist gegenwärtig durch den parallelen Betrieb von drei vergleichbar großen Mobilfunknetzen gekennzeichnet. Im Ergebnis der Versteigerung der Lizenzen der Funkfrequenzen für den Betrieb der 5G-Netze kommt ein 4. Mobilfunkanbieter hinzu. Auch dieser ist zum Aufbau eines eigenen Mobilfunknetzes verpflichtet.

Die Umstellung der Mobilfunknetze auf die 5G-Technologie, der verstärkte Einsatz höherer Frequenzen zur Realisierung höherer Bandbreiten und zur Verkürzung der Latenzzeiten erfordern einen weiteren Ausbau der Mobilfunkinfrastruktur und insbesondere eine starke Zunahme von Antennenanlagen an existierenden Standorten und den Aufbau zusätzlicher Standorte. Die damit bis zum Jahr 2030 verbundenen Umweltwirkungen wurden im Vorhaben untersucht. Zu diesem Zweck wurde vom Fraunhofer IZM ein komplexes Sachbilanzmodell entwickelt, welches die umweltrelevanten Aspekte der wesentlichen Technik- und Infrastrukturelemente der Funkzugangsnetze sowie der Transportkernetze erfasst. Neben den konventionellen Trägerfrequenzen wurden erstmals auch neuartige 5G Millimeterwellensysteme modelliert. Die lebenszyklusorientierte Umweltbewertung bilanziert die Herstellungs- und Nutzungsphase der Mobilfunknetztechnik in einem Basisszenario sowie in mehreren alternativen Szenarien, die Umwelloptimierungen beinhalten. Im Basisszenario (das Basisszenario ist eine Prognose des elektrischen Energiebedarfs der Funkzugangsnetze (Radio Access Network, RAN) und der Transportkernetze (Transport Core Network, TCN) in Deutschland für den Zeitraum von 2019 bis 2030), welches die theoretische Netzkapazität um einen Faktor 45 vervielfacht, wird der elektrische Energiebedarf der deutschen Mobilfunknetze von 2,3 TWh im Jahr 2019 um 325 % auf 7,5 TWh im Jahr 2030 ansteigen. Der größte Anteil des nutzungsbezogenen Energiebedarfs entfällt mit weit über 80% auf die Funkzugangsnetze. Im Vergleich der Herstellungs- zur Nutzungsphase zeigt sich, dass der elektrische Energiebedarf des operativen Betriebs mit durchschnittlich über 90 % stark überwiegt. Die prognostizierte

Umweltwirkung kann durch diverse Maßnahmen deutlich minimiert werden. Diese Maßnahmen beinhalten Aspekte der Netz- und Standortplanung, der Geräte- und Anlagenmodernisierung, sowie eines aktiven Last- und Energiemanagements. Das hierzu untersuchte alternative Szenario „kombiniert“ die drei Maßnahmen mit dem Ziel, das kumulierte Einsparpotenzial von energieoptimierten Mobilfunknetzen anzudeuten. Mit der beschleunigten Technikmodernisierung, einem bundesweiten Roaming und konsequenten Energiemanagement können im Jahr 2030 theoretisch fast 4 TWh eingespart werden, was einer Energieeinsparung von 53 % gegenüber dem Basisszenario entspricht. Die Einsparungen wirken dabei sowohl im Funkzugangsnetz als auch im Transportkernnetz.

Die Planung des weiteren Netzausbaus und der Netzmodernisierung haben höchste Priorität, da hierdurch frühzeitig und in direkter Form Einfluss auf die spätere Umweltwirkung genommen werden kann. Die Netzplanung betrifft nicht nur mehr den einzelnen Netzbetreiber. Es besteht heute ein gewisser Bedarf, die Entwicklung der Mobilfunknetze bundesweit mit dem Ziel abzustimmen, Unter- und Überversorgungen aus ökologischen Gründen zu vermeiden. Die flächendeckende Durchhaltefähigkeit (Resilienz durch Redundanz) der Mobilfunknetze muss als Faktor aber einkalkuliert werden.

Die technologische Erneuerung und ein konsequentes Ökodesign bilden einen weiteren Schwerpunkt der Empfehlungen. Dieser Themenkomplex betrifft sowohl die Entwicklung der Standortinfrastruktur als auch der Gerätetechnik. Um gezielt optimieren zu können, muss zunächst die existierende Datenbasis deutlich verbessert werden. Dies betrifft einerseits den Energiebedarf im operativen Betrieb. Diesbezüglich wird angenommen, dass die Netzbetreiber bereits in einem gewissen Umfang detaillierte Energiemessungen vornehmen. Allerdings gab es in den Fachgesprächen Hinweise darauf, dass der spezifische Energiebedarf der gleichstromversorgten Funkmodule noch nicht gemessen werden kann. Die Datenlage hinsichtlich der Ökobilanz der Herstellung der Geräte- und Anlagentechnik ist deutlich schlechter. Hier müssen internationale Rahmenbedingungen geschaffen werden, um diese Daten gezielt zu ermitteln und nutzen zu können.

Die Themen der technologischen Verbesserung sind vielfältig. Einen wichtigen Fokus bilden die verlustbehafteten Verstärkersysteme der Funkmodule. Diese tragen

maßgeblich zum Gesamtenergiebedarf der Mobilfunknetze bei. Neue Architekturen und Halbleitertechnologien haben ein hohes Potenzial. Allerdings kommen hier vermehrt Materialien zum Einsatz, die als kritische Rohstoffe eingestuft sind. Künftige Umweltbewertungen sollten die ökologischen Vor- und Nachteile dieses Einsatzes von kritischen Rohstoffen prüfen. Die Datenbasis hierfür muss dringend geschaffen werden. Generell hat die Entwicklung der Halbleiter- und Chipindustrie einschließlich der Leistungshalbleiter einen sehr großen Einfluss auf die Performanz und Umweltwirkung der Mobilfunksysteme. In diesem Zusammenhang wird im Bericht auch das Thema „technologische Souveränität“ adressiert.

Die Implementierung eines aktiven Last- und Energiemanagements bilden den letzten Themenschwerpunkt der Empfehlungen. Eine höchstmögliche Auslastung existierender Systeme spart Ressourcen. Auch die Interoperabilität ist eine wichtige Voraussetzung für ein Lastmanagement. Das Energiemanagement ist eng damit verknüpft. Hier wird insbesondere die bedarfsgerechte Zu- und Abschaltung von Funkressourcen adressiert. Die umweltseitige Optimierung von Mobilfunkanlagen ist ein kontinuierlicher Prozess, der methodisch in die operative Betriebsplanung integriert und den Akteuren didaktisch vermittelt werden muss.