



Sachstand

Energieverbrauch von Rechenzentren

Energieverbrauch von Rechenzentren

Aktenzeichen: WD 8 - 3000 - 041/19
Abschluss der Arbeit: 17.4.2019
Fachbereich: WD 8: Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit, Bildung und
Forschung

Die Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages unterstützen die Mitglieder des Deutschen Bundestages bei ihrer mandatsbezogenen Tätigkeit. Ihre Arbeiten geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung. Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste geben nur den zum Zeitpunkt der Erstellung des Textes aktuellen Stand wieder und stellen eine individuelle Auftragsarbeit für einen Abgeordneten des Bundestages dar. Die Arbeiten können der Geheimschutzordnung des Bundestages unterliegende, geschützte oder andere nicht zur Veröffentlichung geeignete Informationen enthalten. Eine beabsichtigte Weitergabe oder Veröffentlichung ist vorab dem jeweiligen Fachbereich anzuzeigen und nur mit Angabe der Quelle zulässig. Der Fachbereich berät über die dabei zu berücksichtigenden Fragen.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
2.	Energieverbrauch deutscher Rechenzentren	4
3.	Ökobilanzierung von Rechenzentren in Deutschland	11
4.	Beispiel Energieverbrauch US-amerikanischer IT-Systeme	12
5.	Initiativen zur Verbesserung der Energieeffizienz von Rechenzentren	14
6.	Fazit	16
7.	Quellenverzeichnis	17

1. Einleitung

Rechenzentren bestehen aus einer Vielzahl von Einzelkomponenten, die ein gemeinsames System bilden. Je nach Größe und Zweck eines Rechenzentrums kann der Aufbau sehr unterschiedlich sein. Server, Speicher und Netzwerk sind ebenso für den Betrieb der IKT (Informations- und Kommunikationstechnik) notwendig, wie beispielsweise Kühlung/Klimatisierung, Stromversorgung und sonstige Infrastruktur, wie z.B. Brandschutzeinrichtungen oder Beleuchtung.

Das Umweltbundesamt beschreibt im Jahr 2014 den Energieverbrauch von Rechenzentren anschaulich mit „Deutsche Rechenzentren verbrauchen so viel Strom, wie vier mittelgroße Kraftwerke produzieren“ oder „Die weltweite IT-Branche produziert so viel CO₂ wie der gesamte Flugverkehr“.¹

Schätzungen gehen davon aus, dass der Anteil der IT-Systeme der Europäischen Union am weltweiten Energiebedarf der Rechenzentren bei etwa 23 % liegt. Deutschland, Großbritannien und Frankreich stellen insgesamt über 60 % der Rechenzentrumskapazitäten in der Europäischen Union zur Verfügung. Dabei hat Deutschland den größten Anteil von etwa 25 %. Auf Rang zwei und drei folgen das Vereinigte Königreich (22 %) und Frankreich (15 %).²

In Europa verbrauchen Rechenzentren rund 33 Prozent des Stroms der gesamten Informations- und Kommunikationstechnik.³

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit Schätzungen zum Energieverbrauch von Rechenzentren, in Deutschland und im europäischen und internationalen Kontext.

2. Energieverbrauch deutscher Rechenzentren

Nach Aussage des „Blauen Engels“ verbrauchen Server und Rechenzentren jährlich mehr als 9,1 TWh⁴ Strom und dies mit steigender Tendenz (s. Abbildung).⁵ Ein wichtiger Trend ist beispielsweise die rasant steigende Datenmenge in allen IKT-Anwendungsbereichen. „Für private

1 Umweltbundesamt (UBA), Blauer Engel (2014). Vortrag „Gut für Ihr Rechenzentrum. Gut für die Umwelt.“, https://produktinfo.blauer-engel.de/uploads/raluz_uz/2014-03-10_Der_Blaue_Engel_fuer_Rechenzentren.zip

2 Hintemann, R., Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH (2015). „Energy consumption of data centers continues to increase – 2015 update“, https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2015/01/Borderstep_Energy_Consumption_2015_Data_Centers_16_12_2015.pdf

3 Umweltbundesamt (UBA) (2015). „Neuer „Blauer Engel“ für Rechenzentren Energieverbrauch muss weiter sinken – Kühlung künftig ohne Halogene“, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/478/dokumente/pi-2015-10_neuer_blauer_engel_fuer_rechenzentren_1.pdf, Pressemitteilung vom 17.3.2015

4 Umrechnung: 1 TWh = 10⁹ kWh = 1 Mrd. kWh

5 Blauer Engel „Energieeffizienter Rechenzentrenbetrieb“, <https://www.blauer-engel.de/de/produktwelt/elektrogeraete/rechenzentren>

Umweltbundesamt (UBA), Blauer Engel (2014). Vortrag „Gut für Ihr Rechenzentrum. Gut für die Umwelt.“, https://produktinfo.blauer-engel.de/uploads/raluz_uz/2014-03-10_Der_Blaue_Engel_fuer_Rechenzentren.zip

Anwendungen wird dies überwiegend durch Streaming-Dienste (Video on Demand) bei gleichzeitig steigenden Auflösungen [...] aber auch zunehmende Nutzung von Social Media-Plattformen, Cloud-Diensten und Videotelefonie verursacht. Gerade die Einführung legaler Streaming-Dienste, wie z.B. Netflix und Amazon Prime, hat in letzter Zeit nochmal zu einem Anstieg geführt. Laut Cisco werden 2019 über 95 % des Video-on-Demand Datenverkehrs von Full HD und Ultra HD Videos verursacht. Hier greifen die wachsende Bandbreitenverfügbarkeit und die verbesserte Bildschirmtechnologie Hand in Hand. Neben Filmen wird auch Musik immer häufiger per streaming abgerufen (Internetradio) - sowohl auf stationären als auch mobilen Geräten. Viele mobile Anwendungen für Smartphones und Tablet PCs (Apps) sind Push-Dienste, die Aktualisierungen in kurzen Zeitintervallen beinhalten.“⁶

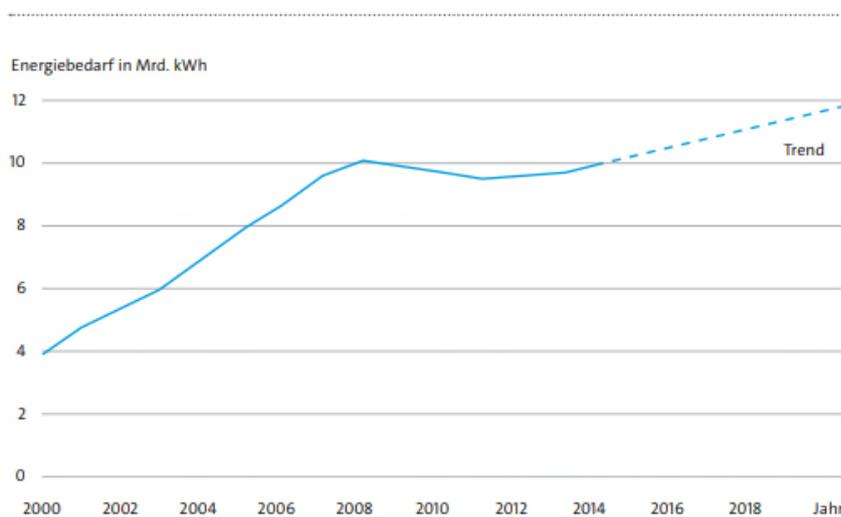


Abbildung 1: Entwicklung des Stromverbrauchs der Server und Rechenzentren in Deutschland²

Eine Prognose des Fraunhofer-Instituts für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM) und des Borderstep Instituts schätzt, dass der elektrische Energiebedarf der Rechenzentren einschließlich der Server-, Speicher- und Netzwerktechnik sowie wesentlicher Infrastruktursysteme, der im Jahr 2015 etwa 12 TWh/a beträgt, bis zum Jahr 2025 auf ca. 16,4 TWh/a ansteigen wird. „Diese recht lineare Steigerung ist maßgeblich auf eine Erhöhung des Energiebedarfs von Servern, Storage und Netzwerktechnik von 7,1 TWh/a im Jahr 2015 auf 10,9 TWh/a im Jahr 2025 zurückzuführen. Durch den starken Zuwachs der Nachfrage an Rechenleistungen in Rechenzentren wird vor allem der Energiebedarf der Server in diesem Zeitraum um über 60 % auf 7,0 TWh ansteigen. Im Spei-

Abbildung: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH in BITKOM (2015). „Leitfaden Energieeffizienz in Rechenzentren“, <https://www.bitkom.org/sites/default/files/pdf/noindex/Publikationen/2015/Leitfaden/LF-Energieeffizienz-in-Rechenzentren/150911-LF-Energieeffizienz-in-RZ.pdf>, Seite 9

6 Fraunhofer IZM, Borderstep Institut (2015). „Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland – Abschlussbericht – Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie Projekt-Nr. 29/14“, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/entwicklung-des-ikt-bedingten-strombedarfs-in-deutschland-abschlussbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=3 Seite 40

chersegment nimmt der Bedarf an Speicherkapazität besonders stark zu, durch neue Technologien wird der Hardwarezuwachs aber etwas ausgeglichen und der Energiebedarf steigt zwischen 2010 und 2015 um knapp 40 %.“ Im Allgemeinen soll sich die Energieeffizienz aller IT- und Infrastruktursysteme verbessern und damit den Anstieg des Energiebedarfs der Rechenzentren begrenzen.⁷

Nach einer Analyse der BITKOM zeigt sich zum Energieverbrauch von Rechenzentren „dass durchschnittlich immer noch nur etwas mehr als die Hälfte des Energiebedarfs durch die eigentliche IT bedingt ist. Den anderen Teil verbraucht die zusätzlich benötigte Infrastruktur wie zum Beispiel Klimatisierung und unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV).“⁸

Die folgende Abbildung verdeutlicht den Energiebedarf für verschiedene Bereiche der Rechenzentren für die Zeit von 2010 bis 2025.⁹

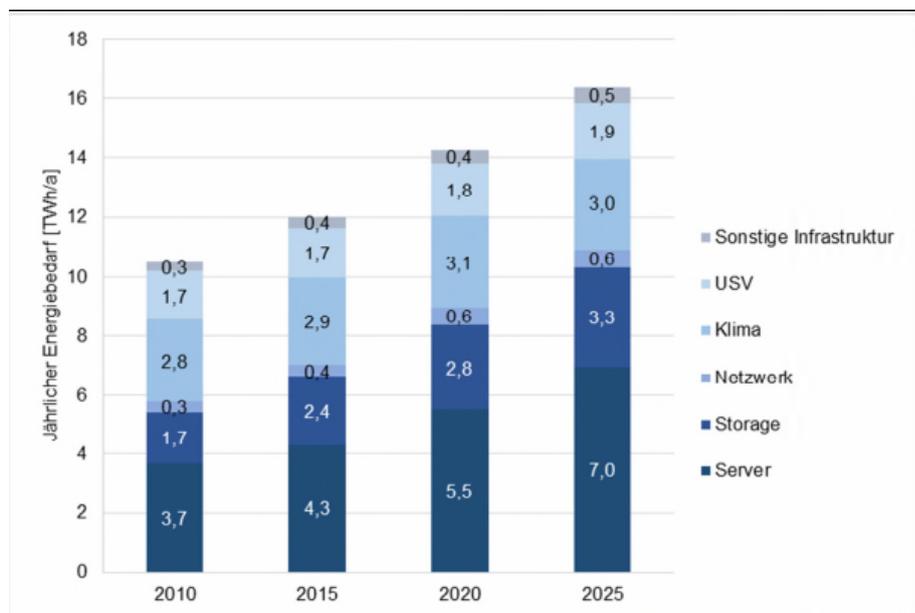


Abbildung 3-4: Elektrischer Jahresenergiebedarf des Bereichs Rechenzentren 2010 – 2025 (Basisprognose)

- 7 Fraunhofer IZM, Borderstep Institut (2015). „Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland – Abschlussbericht – Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie Projekt-Nr. 29/14“, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/entwicklung-des-ikt-bedingten-strombedarfs-in-deutschland-abschlussbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=3 Seite 41
- 8 BITKOM (2015). „Leitfaden Energieeffizienz in Rechenzentren“, <https://www.bitkom.org/sites/default/files/pdf/noindex/Publikationen/2015/Leitfaden/LF-Energieeffizienz-in-Rechenzentren/150911-LF-Energieeffizienz-in-RZ.pdf>, Seite 11
- 9 Fraunhofer IZM, Borderstep Institut (2015). „Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland – Abschlussbericht – Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie Projekt-Nr. 29/14“, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/entwicklung-des-ikt-bedingten-strombedarfs-in-deutschland-abschlussbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=3 Seite 42

Nach einer Analyse des Borderstep Instituts benötigten die Rechenzentren in Deutschland im Jahr 2016 insgesamt 12,4 Mrd. kWh und 2017 13,2 Mrd. kWh Strom. Der Energiebedarf der Rechenzentren in Deutschland hat sich nach Aussage der Analysten zwischen 2010 und 2017 um 25 % erhöht. Der Stromverbrauch der IT-Komponenten in den Rechenzentren ist von 5,8 Mrd. kWh im Jahr 2010 auf 7,9 Mrd. kWh im Jahr 2017 angestiegen. Der Strombedarf der Rechenzentrumsinfrastruktur stieg demgegenüber nur wenig an: von 4,7 Mrd. kWh im Jahr 2010 auf 5,3 Mrd. kWh im Jahr 2017. Die folgenden drei Grafiken verdeutlichen die Entwicklung des Energiebedarfs einzelner IT-Bereiche für Deutschland (für die Jahre 2010 bis 2017), Österreich und der Schweiz (2010 bis 2016) und weltweit (2010 bis 2015).¹⁰

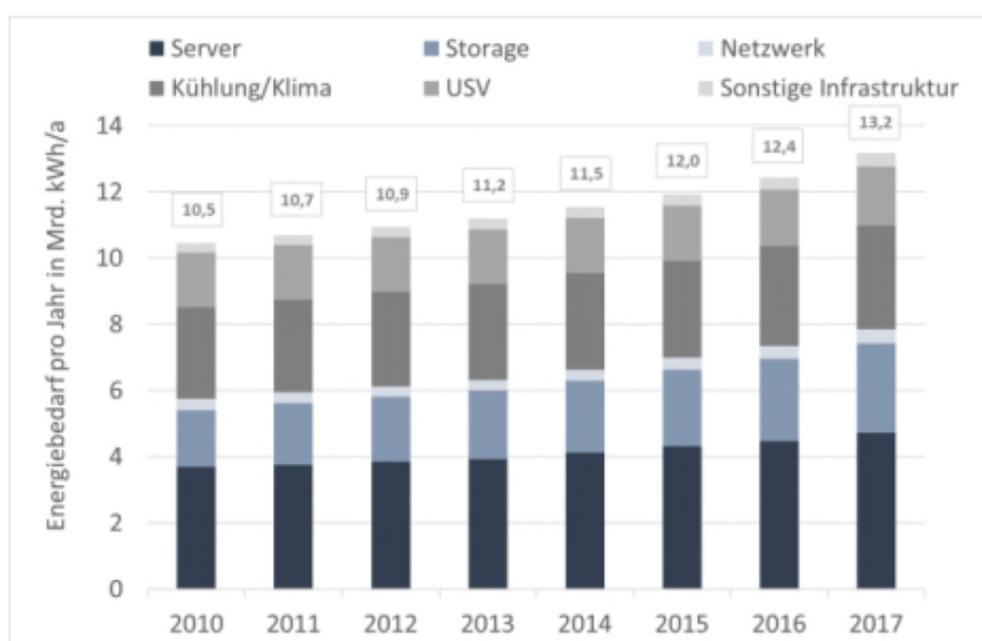


Abbildung 1: Energiebedarf der Server und Rechenzentren in Deutschland in den Jahren 2010 bis 2017 (Quelle: Borderstep)

10 Hintemann, R., Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH (2017). „Rechenzentrumsmarkt boomt in Deutschland, Österreich und der Schweiz – Trotz verbesserter Energieeffizienz steigt der Energiebedarf deutscher Rechenzentren im Jahr 2016“, https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2017/03/Borderstep_Rechenzentren_2016.pdf

Hintemann, R., Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH (2018). Digitalisierung treibt Strombedarf von Rechenzentren Boom führt zu deutlich steigendem Energiebedarf der Rechenzentren in Deutschland im Jahr 2017“, https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2018/12/Borderstep-Rechenzentren-2017-final-Stand_Dez_2018.pdf

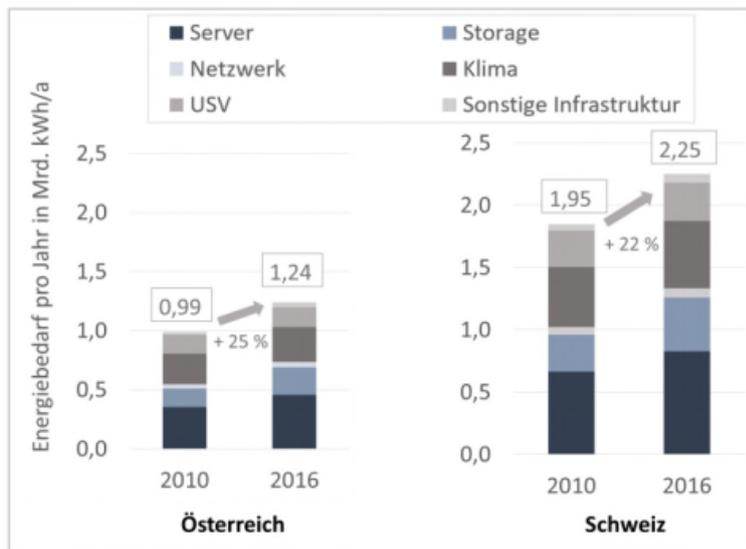


Abbildung 2: Entwicklung des Energiebedarfs der Rechenzentren in Österreich und der Schweiz zwischen 2010 und 2016 (Quelle: Borderstep)

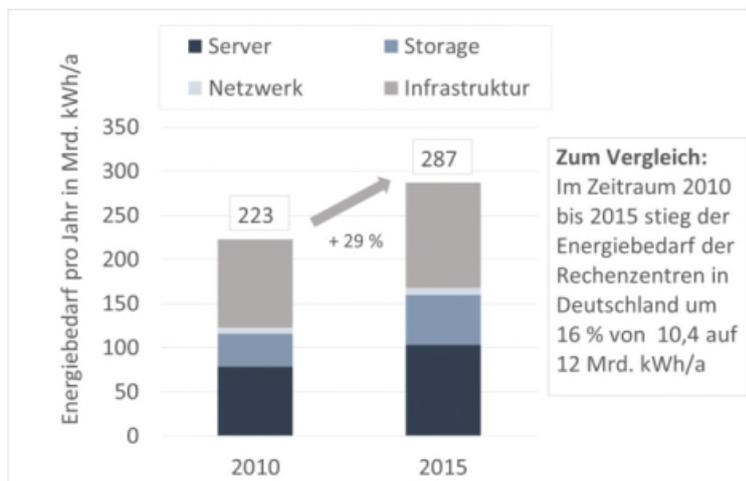


Abbildung 3: Entwicklung weltweiten Energiebedarfs der Server und Rechenzentren in den Jahren 2010 - 2015 (Quelle: Borderstep)

Die Angaben zum Energieverbrauch sind davon abhängig, welche Sektoren die Analysten in ihre Betrachtung einbezogen haben. Analysen zum Einfluss der Cloud-Dienste zeigen, dass der Energieverbrauch des Netzwerkbereichs und der Datencenter für den Zeitraum 2010 bis 2025 für Deutschland um 89 % bzw. 56 % ansteigen wird. Der globale Anstieg wird im Vergleich dazu auf 142 % bzw. 107 % geschätzt. Ein Teil des zusätzlichen Energieverbrauchs wird dabei durch die steigende Digitalisierung und Vernetzung (Internet of Things, (IoT) bzw. Industrial Internet of Things, (IIoT)) und der größte Teil durch die wachsenden Cloud-Dienste begründet. Die folgenden Tabellen beziffern die Schätzungen verschiedener IT-Sektoren für Deutschland für die Jahre

2010 und 2015 im weltweiten Vergleich und die Schätzungen für Deutschland für die Jahre 2020 und 2025. Demnach sind Server und Datensysteme die größten Energieverbraucher.¹¹

TABLE II. ANNUAL ENERGY CONSUMPTION OF VARIOUS AREAS OF IT IN GERMANY AND THE WORLD IN THE YEARS 2010 AND 2015 (IN BILLION KWH)

		Germany		World	
		2010	2015	2010	2015
Data centers	Servers	3.7	4.3	78.5	103.1
	Storage	1.7	2.4	37.1	56.4
	Networks in data centers	0.3	0.4	7.3	8.5
	Data center infrastructure	4.7	5.0	99.9	119.0
Net-works	Fixed networks	2.9	3.0	87.2	94.8
	Mobile networks	1.6	1.7	46.3	83.5
Computer end-user devices	PCs incl. thin clients	4.7	2.7	185.5	100.4
	Laptops	1.5	1.3	29.9	34.1
	PC periphery	5.2	4.1	155.1	126.4
	Networks in buildings	5.1	4.8	153.0	148.8
	Smartphones and tablets	0,035	0.3	1.0	14.8
TVs	TVs and TV periphery	17.3	12.9	667.2	482.6
	TV cable	1.9	1.4	74.0	51.6
Total		50.8	44.1	1622.1	1422.5
Total (without TV)		31.5	29.9	880.9	889.9

(Sources: Germany [11], World: calculations by authors)

11 Hintemann, R., Clausen, J., Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH (2018). „Green Cloud? The current and future development of energy consumption by data centers, networks and end-user devices“, <https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2016/09/ICT4S-Hintemann-Clausen-Green-Cloud-final-2016.pdf>

L. Stobbe, M. Proske, H. Zedel, R. Hintemann, J. Clausen, and S. Beucker, “Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland - Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie,” Fraunhofer IZM und Borderstep Institut, Berlin, 2015, s.a. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/entwicklung-des-ikt-bedingten-strombedarfs-in-deutschland-abschlussbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=3

TABLE III. ANNUAL ENERGY CONSUMPTION OF VARIOUS AREAS OF IT IN GERMANY IN 2015 AND FORECAST FOR THE YEARS 2020 AND 2025 (IN BILLION KWH)

	2015	2020	2025
Servers	4.3	5.5	7.0
Storage	2.4	2.8	3.3
Networks in data centers	0.4	0.6	0.6
Data center infrastructure	5.0	5.3	5.5
Fixed networks	3.0	3.9	5.8
Mobile networks	1.7	2.4	2.8
PCs incl. thin clients	2.7	1.5	1.0
Laptops	1.3	0.9	0.8
PC periphery	4.1	3.0	2.6
Networks in buildings	4.8	4.3	3.4
Smartphones and tablets	0.3	0.5	0.7
TVs and TV periphery	12.9	9.0	7.9
TV cable*	1.4	0.8	0.0
Total	44.1	40.6	41.3
Total (without TV)	29.9	30.8	33.4

(Source: [11])

* Only cable connections that are not broadband-capable. Broadband connections are included in the fixed networks.

In der Antwort der Bundesregierung zur Kleinen Anfrage der Fraktion BÜNDNIS90/DIE GRÜNEN wird der Energieverbrauch der IKT in Deutschland für den Zeitraum 2008 bis 2017 im Bereich Telekommunikationsnetze und der Anteil des Stromverbrauchs der Rechenzentren gemessen am Endenergieverbrauch benannt:¹²

EEV Strom in GWh	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Telekommunikation	4.562	4.433	4.456	4.401	4.456	4.473	4.423	4.444	4.454	4.444

Quelle: AGE B

- 12 Antwort der Bundesregierung zur Kleinen Anfrage der Fraktion BÜNDNIS90/DIE GRÜNEN (2019). „Kenntnisse der Bundesregierung über den Energieverbrauch von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) in Deutschland“, BT-Drs [19/9188](#)

AG Energiebilanzen e.V. (AGE B), Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018). Studie „Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland in den Jahren 2013 bis 2017“, https://ag-energiebilanzen.de/#ageb_bericht_anwendungsbilanzen_2013-2017_final_2019-01-03, Projektnummer: 072/15

Umrechnung: 1 TWh = 1000 GWh, Beispiel: 6534 GWh = 6,5 TWh

in Prozent	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Telekommunikation	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Quelle: AGE B

Den Energieverbrauch der IKT im Bereich Daten- und Rechenzentren in Deutschland für den Zeitraum 2008 bis 2017 und den Stromverbrauch der Rechenzentren gemessen am gesamten Endenergieverbrauch zeigen die beiden folgenden Tabellen:¹³

EEV Strom in GWh	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Rechenzentren	7.880	7.844	7.621	7.139	6.826	6.534	6.534	6.534	6.534	6.534

Quelle: AGE B

in Prozent	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Rechenzentren	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

Quelle: AGE B

3. Ökobilanzierung von Rechenzentren in Deutschland

Bisher wurde in der Regel das Verhältnis des Energiebedarfs von Versorgungstechnik und der Informationstechnik ermittelt. Um die bisherigen Ansätze zur Bestimmung der Energieeffizienz von IT-Systemen zu verbessern, entwickelte das Forschungsvorhaben „Key Performance Indicators for Data Center Efficiency (KPI4DCE)“ ein Kennzahlensystem zur Beurteilung der Ressourceneffizienz und der Umweltwirkungen von Rechenzentren bzw. IT-Systemkomponenten über ihre gesamte Lebenszeit. Anhand der Kennzahlen der IT-Unternehmen berechneten die Experten die Energieeffizienz für verschiedene Szenarien von Rechenzentren. Aus dem Forschungsvorhaben ergeben sich auch Empfehlungen für die Weiterentwicklung des Umweltzeichens „Blauer Engel“ für einen energieeffizienten Rechenzentrumsbetrieb (RAL-UZ 161) und für die Normung von Kennzahlen für Rechenzentren. Die Entwicklung des Systems ist noch nicht abgeschlossen.¹⁴

13 ebenda

14 Umweltbundesamt (UBA) (2018). Abschlussbericht „Kennzahlen und Indikatoren für die Beurteilung der Ressourceneffizienz von Rechenzentren und Prüfung der praktischen Anwendbarkeit“, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-02-23_texte_19-2018_ressourceneffizienz-rechenzentren.pdf

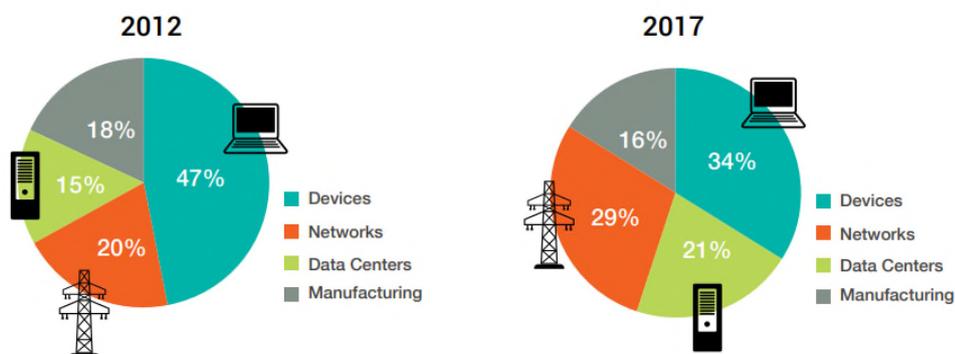
Umweltbundesamt (UBA) „KPI4DCE 2.0“, <https://www.umweltbundesamt.de/kpi4dce-20>

Umweltbundesamt (UBA) (2019). „Faltblatt „KPI4DCE 2.0 - Operationalisierung von Umwelt-, Energie- und Kosteneffizienz im Rechenzentrum durch Indikatoren an Beispielen aus der Praxis“, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/kpi4dce_2.0_faltblatt_0.pdf

4. Beispiel Energieverbrauch US-amerikanischer IT-Systeme

Der Energieverbrauch der US-amerikanischen Rechenzentren (Server, Speicher, Netzwerkgeräte und Infrastruktur) lag nach Schätzungen im Jahr 2014 bei 70 Mrd kWh. Das sind etwa 1,8 % des gesamten Stromverbrauchs der USA. Zukünftig soll der Energieverbrauch im Jahr 2020 auf rund 73 Mrd. kWh ansteigen.¹⁵ Die Grafik zeigt die Verteilung des Energieverbrauchs in Abhängigkeit von IT-Branchen. Wobei hier z.B. auch Endgeräte mit berücksichtigt wurden.¹⁶

Main components of electricity consumption for the IT sector



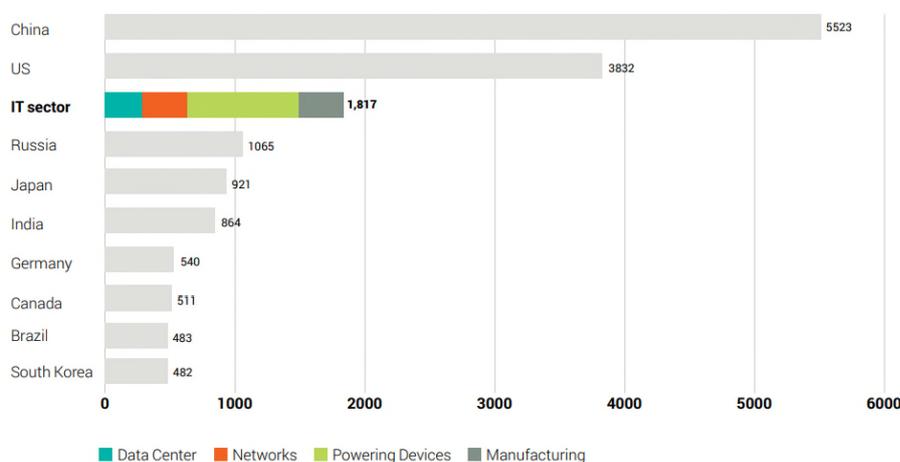
Main components of electricity consumption for the IT sector, 2012. From "Emerging Trends in Electricity Consumption for Consumer ICT"

Im Vergleich zum Gesamtenergieverbrauch der USA und anderer Staaten ist der Energieverbrauch des US-amerikanischen IT-Sektors hoch (s. Grafik).¹⁷

15 US Department of Energy Lawrence Berkeley National Laboratory (2016). „United State Data Center Energy Usage Report“ http://eta-publications.lbl.gov/sites/default/files/lbnl-1005775_v2.pdf

16 Greenpeace e.V. (2017). „Clicking Green“, https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/20170110_greenpeace_clicking_clean.pdf Seite 15

17 Greenpeace (2017). „Clicking Green“, https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/20170110_greenpeace_clicking_clean.pdf Seite 16

2012 Electricity Consumption; Countries Compared to IT Sector in billion kWh

Source: *Emerging Trends in Electricity Consumption for Consumer ICT*, Peter Corcoran and Andres Andrae (2013) and CIA World Factbook. China/Russia/Canada figures are from 2014.

Ein reiner Zahlenvergleich des Energieverbrauchs von Rechenzentren hängt auch von den spezifischen Standortgegebenheiten ab. Verbesserungen zur Energieeffizienz können beispielsweise auch durch den Einsatz der Stromversorgungsart erreicht werden. Typischerweise werden Rechenzentren mit Wechselstrom versorgt. Die erforderlichen Stromwandlungen (z.B. Doppelwandlung in der USV, Wandlung auf die verschiedenen Spannungsniveaus in Servern) führen jeweils zu Stromwandlungsverlusten. Daher bietet eine zentrale Stromversorgung von Rechenzentren mit Gleichstrom ein erhebliches Effizienzpotenzial. Versuche zeigen, dass durch die Reduktion von Wandlungsverlusten sowie den Einsatz gleichstromfähiger Komponenten (Server, USV, etc.) in Rechenzentren mindestens 10 % Energie im Vergleich zum effizienten Betrieb mit Wechselstrom eingespart werden könnten. Aufgrund der für die Energieeffizienz ungünstigeren Spannungsversorgung in den USA im Mittel- und Niederspannungsbereich sind dort die Energieeffizienzvorteile, die durch Gleichstromversorgung erreicht werden könnten, besonders hoch.“¹⁸

Beim Vergleich des Energieverbrauchs gehen beispielsweise auch die klimatischen Umgebungsbedingungen der Standorte mit in die Betrachtung ein. Ein großer Stromfresser sind die Kühlsysteme der Rechenzentren. In den vergangenen zehn Jahren ist die Entwicklung technisch vorangeschritten. Die Betriebstemperaturen der Rechenzentren sind von ehemals 18 bis 20°C auf 35°C gestiegen. Auch die Spannweite der zulässigen Luftfeuchtwerte wurde erhöht. Als weltweiter Standard gelten die Empfehlungen der „American Society of Heating, Refrigerating and Air-Con-

18 Fraunhofer IZM, Borderstep Institut (2015). „Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland – Abschlussbericht – Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie Projekt-Nr. 29/14“, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/entwicklung-des-ikt-bedingten-strombedarfs-in-deutschland-abschlussbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=3

ditioning Engineers“ (ASHRAE). Im Jahr 2005 veröffentlichte das „ASHRAE Technical Committee 9.9, (TC 9.9)“ die Leistungstrends für IT-Geräte bis 2015 und erweiterte die Angaben der Trends in der dritten Ausgabe bis 2025.¹⁹

5. Initiativen zur Verbesserung der Energieeffizienz von Rechenzentren

In Europa verbrauchen Rechenzentren beispielsweise rund 33 Prozent des Stroms der gesamten Informations- und Kommunikationstechnik.²⁰ Im Rahmen des EU-finanzierten Horizon-2020 Programms läuft seit 2015 ein Projekt u.a. zur Erreichung höherer Energie- und Umwelteffizienz bei der Beschaffung von Rechenzentrumsprodukten. Beteiligt sind die Staaten Großbritannien, die Niederlande, Deutschland und Irland. Das Projekt unterstützt die öffentliche Beschaffung für umweltverträgliche Rechenzentrumsprodukte und -dienstleistungen.²¹

Die Wirtschaftsinitiative „The Green Grid, (TGG)“ ist eine seit 2008 bestehende internationale Industrieinitiative mit über 200 Mitgliedern, die hauptsächlich aus dem IT-Bereich stammen. Im Juli 2012 fusionierte die TGG mit der Climate Savers Computing Initiative (CSCI) und wurde so die weltweit führende Organisation für die Förderung von Energie- und Ressourceneffizienz in Rechenzentren. The Green Grid entwickelte die Energieeffizienzkennzahl „Power Usage Effectiveness, (PUE)“ und komplexe Methoden, Kennzahlen und Schulungswerkzeuge zur Verbesserung von Energie- und Ressourceneffizienz von Rechenzentren.²²

Die PUE gibt das Verhältnis des Gesamtenergieverbrauchs eines Rechenzentrums zum Energieverbrauch der IT im Rechenzentrum an. Der theoretisch optimale PUE-Wert ist 1, weil dann die gesamte Leistung in die eigentliche IT fließt. Ein PUE-Wert von zwei bedeutet, dass im Rechenzentrum genauso viel Energie für die Infrastruktur benötigt wird, wie für die IT-Komponenten. Der Kehrwert der PUE ist die „Data Center Infrastructure Efficiency“ (DCiE). Die DCiE gibt das Verhältnis des Energieverbrauchs der IT zum Gesamtenergieverbrauch eines Rechenzentrums in

-
- 19 ASHRAE Technical Committee TC9.9, Mission Critical Facilities, Technology, Particulate and Gaseous Contamination in Datacom Environments (ASHRAE) (2018). „IT Equipment Power Trends, 3rd Edition“, https://www.techstreet.com/ashrae/standards/it-equipment-power-trends-3rd-edition?product_id=2003392
- 20 Umweltbundesamt (UBA) (2015). „Neuer „Blauer Engel“ für Rechenzentren Energieverbrauch muss weiter sinken – Kühlung künftig ohne Halogene“, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/478/dokumente/pi-2015-10_neuer_blauer_engel_fuer_rechenzentren_1.pdf, Pressemitteilung vom 17.3.2015
- 21 EURECA „EU-Ressourceneffizienz, Coordination Action“, <https://www.dceureca.eu/?lang=de>, Projektnummer No 649972
- 22 Fraunhofer IZM, Borderstep Institut (2015). „Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland – Abschlussbericht – Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie Projekt-Nr. 29/14“, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/entwicklung-des-ikt-bedingten-strombedarfs-in-deutschland-abschlussbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=3 Seite 35

Prozent an. PUE und DCiE sind weit verbreitete Kennzahlen zur Bewertung der Energieeffizienz der Infrastruktur eines Rechenzentrums.²³

Parallel zu den Aktivitäten The Green Grid²⁴ ist der Europäische „Code of Conduct Data Centre“ mit derzeit über 330 Teilnehmern eine wichtige Maßnahme zur Förderung der Energieeffizienz der Rechenzentren. „Im Rahmen dieser gemeinsamen Initiative von Politik und Wirtschaft werden seit 2007 Schulungsmaterialien, Anforderungskataloge und Leitfäden entwickelt, an dem sich Rechenzentrumsbetreiber bei der Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen orientieren können.“²⁴

Ein weiteres Beispiel ist die Verbesserung der Energieeffizienz im Telekommunikationssektor. Im Rahmen von Verbundprojekten wie „Green Touch“, fördert die Europäische Kommission seit 2010 die Verbesserung der Energieeffizienz der IT-Komponenten. Auch die Industrieinitiative „Green Touch Consortium“ bündelt Forschungsaktivitäten zur Energieeffizienz von Netzwerkarchitekturen und hat sich zum Ziel gesetzt, „die Effizienz der Telekommunikationsnetze um Faktor 1000 gegenüber dem Stand des Jahres 2010 zu verbessern.“²⁵

Ein weiterer Aspekt bei der Betrachtung der Energieeffizienz ist der Anteil des Stroms aus Erneuerbaren Energien. In Abhängigkeit von der Transparenz der IT-Unternehmen hat Greenpeace den Stromverbrauch des IT-Sektors insbesondere im Hinblick auf die Verwendung der Energiequelle analysiert und ein Firmenranking des prozentualen Anteils der Erneuerbaren Energien am geschätzten Energiebedarf der ausgewerteten Anlagen erstellt.²⁶

23 Fraunhofer IZM, Borderstep Institut (2015). „Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland – Abschlussbericht – Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie Projekt-Nr. 29/14“, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/entwicklung-des-ikt-bedingten-strombedarfs-in-deutschland-abschlussbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=3

Netzwerk energieeffizienter Rechenzentren (NeRZ), Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH (2017). Energieeffizienz und Rechenzentren in Deutschland“, http://ne-rz.de/wp-content/uploads/2017/11/NeRZ_Kurzstudie_RZ-Markt_Stand-20171129.pdf

24 Fraunhofer IZM, Borderstep Institut (2015). „Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland – Abschlussbericht – Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie Projekt-Nr. 29/14“, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/entwicklung-des-ikt-bedingten-strombedarfs-in-deutschland-abschlussbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=3 Seite 35

25 Fraunhofer IZM, Borderstep Institut (2015). „Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland – Abschlussbericht – Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie Projekt-Nr. 29/14“, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/entwicklung-des-ikt-bedingten-strombedarfs-in-deutschland-abschlussbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=3 Seite 36

26 Greenpeace e.V. (2017). „Grüner Klicken“, https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/20170110_greenpeacestudie_gruener_klicken_zusammenfassung.pdf, Seite 4

6. Fazit

Eine Vielzahl von Analysen und Initiativen haben im letzten Jahrzehnt dazu beigetragen, den Energieverbrauch der einzelnen IT-Systeme zu beziffern und die Energieeffizienz von IT-Systemen zu bessern bzw. die Mechanismen des zukünftigen Energieverbrauchs zu identifizieren und abzuschätzen. Verschiedene Analysemethoden und die bisherigen Kenntnisse der Basiswerte lassen eine Vergleichbarkeit der weltweiten Rechenzentren derzeit noch nicht zu. Die Initiativen zur Ökobilanzierung von Rechenzentren unter Einbeziehung der einzelnen IT-Sektoren und z.B. der Energiequellen könnten zukünftig für noch mehr Transparenz sorgen.

7. Quellenverzeichnis

AG Energiebilanzen e.V. (AGEB), Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018). Studie „Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland in den Jahren 2013 bis 2017“, https://ag-energiebilanzen.de/#ageb_bericht_anwendungsbilanzen_2013-2017_final_2019-01-03,
Projektnummer: 072/15

Antwort der Bundesregierung zur Kleinen Anfrage der Fraktion BÜNDNIS90/DIE GRÜNEN (2019). „Kenntnisse der Bundesregierung über den Energieverbrauch von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) in Deutschland“, BT-Drs [19/9188](https://www.bundestag.de/btd/19/019/19-09188.html)

ASHRAE Technical Committee TC9.9, Mission Critical Facilities, Technology, Particulate and Gaseous Contamination in Datacom Environments (ASHRAE) (2018). „IT Equipment Power Trends, 3rd Edition“, https://www.techstreet.com/ashrae/standards/it-equipment-power-trends-3rd-edition?product_id=2003392

BITKOM (2015). „Leitfaden Energieeffizienz in Rechenzentren“, <https://www.bitkom.org/sites/default/files/pdf/noindex/Publikationen/2015/Leitfaden/LF-Energieeffizienz-in-Rechenzentren/150911-LF-Energieeffizienz-in-RZ.pdf>

Blauer Engel „Energieeffizienter Rechenzentrenbetrieb“, <https://www.blauer-engel.de/de/produktwelt/elektrogeraete/rechenzentren>

EURECA „EU-Ressourceneffizienz, Coordination Action“, <https://www.dceureca.eu/?lang=de>,
Projektnummer No 649972

Fraunhofer IZM, Borderstep Institut (2015). „Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland – Abschlussbericht – Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie Projekt-Nr. 29/14“, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/entwicklung-des-ikt-bedingten-strombedarfs-in-deutschland-abschlussbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=3

Greenpeace (2017). „Clicking Green“, https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/20170110_greenpeace_clicking_clean.pdf

Greenpeace e.V. (2017). „Grüner Klicken“, https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/20170110_greenpeacestudie_gruener_klicken_zusammenfassung.pdf

Hintemann, R., Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH (2015). „Energy consumption of data centers continues to increase – 2015 update“, https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2015/01/Borderstep_Energy_Consumption_2015_Data_Centers_16_12_2015.pdf

Hintemann, R., Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH (2017). „Rechenzentrumsmarkt boomt in Deutschland, Österreich und der Schweiz – Trotz verbesserter Energieeffizienz steigt der Energiebedarf deutscher Rechenzentren im Jahr 2016“, https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2017/03/Borderstep_Rechenzentren_2016.pdf

Hintemann, R., Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH (2018). Digitalisierung treibt Strombedarf von Rechenzentren Boom führt zu deutlich steigendem Energiebedarf der Rechenzentren in Deutschland im Jahr 2017“, https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2018/12/Borderstep-Rechenzentren-2017-final-Stand_Dez_2018.pdf

Hintemann, R., Clausen, J., Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH (2018). „Green Cloud? The current and future development of energy consumption by data centers, networks and end-user devices“, <https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2016/09/ICT4S-Hintemann-Clausen-Green-Cloud-final-2016.pdf>

Netzwerk energieeffizienter Rechenzentren (NeRZ), Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH (2017). Energieeffizienz und Rechenzentren in Deutschland“, http://ne-rz.de/wp-content/uploads/2017/11/NeRZ_Kurzstudie_RZ-Markt_Stand-20171129.pdf

Umweltbundesamt (UBA) (2015). „Neuer „Blauer Engel“ für Rechenzentren Energieverbrauch muss weiter sinken – Kühlung künftig ohne Halogene“, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/478/dokumente/pi-2015-10_neuer_blauer_engel_fuer_rechenzentren_1.pdf, Pressemitteilung vom 17.3.2015

Umweltbundesamt (UBA) (2018). Abschlussbericht „Kennzahlen und Indikatoren für die Beurteilung der Ressourceneffizienz von Rechenzentren und Prüfung der praktischen Anwendbarkeit“, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-02-23_texte_19-2018_ressourceneffizienz-rechenzentren.pdf

Umweltbundesamt (UBA) (2019). „Faltblatt „KPI4DCE 2.0 - Operationalisierung von Umwelt-, Energie- und Kosteneffizienz im Rechenzentrum durch Indikatoren an Beispielen aus der Praxis“, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/kpi4dce_2.0_faltblatt_0.pdf

Umweltbundesamt (UBA) „KPI4DCE 2.0“, <https://www.umweltbundesamt.de/kpi4dce-20>

Umweltbundesamt (UBA), Blauer Engel (2014). Vortrag „Gut für Ihr Rechenzentrum. Gut für die Umwelt.“, https://produktinfo.blauer-engel.de/uploads/raluz_uz/2014-03-10_Der_Blaue_Engel_fuer_Rechenzentren.zip

US Department of Energy Lawrence Berkeley National Laboratory (2016). „United State Data Center Energy Usage Report“ http://eta-publications.lbl.gov/sites/default/files/lbnl-1005775_v2.pdf