

## Digitalisierung treibt Strombedarf von Rechenzentren

# Boom führt zu deutlich steigendem Energiebedarf der Rechenzentren in Deutschland im Jahr 2017

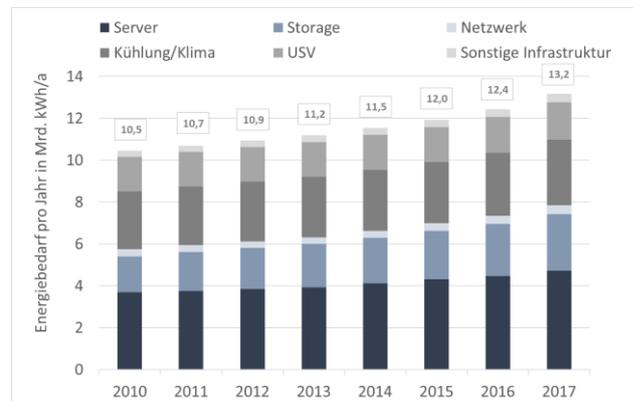
Dr. Ralph Hintemann

Server und Rechenzentren in Deutschland benötigten im Jahr 2017 insgesamt 13,2 Mrd. kWh Strom. Mit einem Anstieg von 6% im Vergleich zum Vorjahr stieg der Stromverbrauch im Jahr 2017 damit so stark wie seit 10 Jahren nicht mehr. Begründet ist der deutliche Anstieg des Strombedarfs durch den aktuellen Boom beim Bau von Rechenzentren in Deutschland; die sich weiter beschleunigende Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft erfordert mehr und mehr zentrale Datenverarbeitungs- und Speicherkapazitäten in Rechenzentren. Auch das Bedürfnis vieler professioneller Anwender, die Daten im Inland zu speichern und zu verarbeiten, beschleunigt das Wachstum.

Zu diesen Ergebnissen kommt die aktuelle Untersuchung des Borderstep Instituts zur Entwicklung des Energiebedarfs der Rechenzentren in Deutschland.

Trotz deutlicher Anstrengungen bei der Verbesserung der Energieeffizienz von Rechenzentren hat sich der Energiebedarf in den Rechenzentren in Deutschland zwischen 2010 und 2017 um 25% erhöht (**Abbildung 1**). Der Anstieg ist vor allem auf eine Zunahme der Anzahl und der Leistung der IT-Komponenten in den Rechenzentren zurückzuführen. Im Jahr 2017 wurden in Deutschland ca. 2,37 Mio. Server betrieben, das sind 18% mehr als im Jahr 2010. Auch die Ausstattung der Rechenzentren mit IT-Hardware für Datenspeicherung und Netzwerktechnik hat sich deutlich erhöht. Diese Zunahme hat dazu geführt, dass der Stromverbrauch der IT-Komponenten in den Rechenzentren von 5,8 Mrd. kWh im Jahr 2010 auf 7,9 Mrd. kWh im Jahr 2017 angestiegen ist. 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. Der durchschnittliche PUE-Wert<sup>1</sup> der Rechenzentren in Deutschland sank zwischen 2010 von 1,98 auf 1,75<sup>2</sup>. Dies entspricht einer durchschnittlichen Steigerung der Effizienz der Rechenzentrumsinfrastruktur von 13%.



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

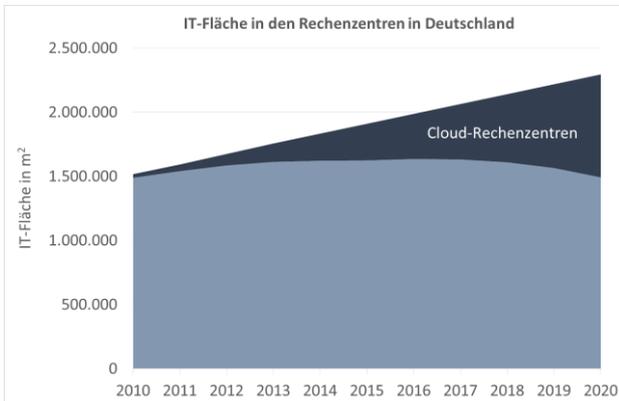
Für die Zukunft ist mit weiteren deutlichen Verbesserungen der Effizienz der Rechenzentrumsinfrastrukturen zu rechnen. Neu gebaute größere Rechenzentren realisieren heute oft PUE-Werte von 1,3 und niedriger.

Das Wachstum im Rechenzentrumsmarkt wird vor allem vom Cloud-Markt getrieben (**Abbildung 2**). Insbesondere große internationale Cloud-Anbieter bauen aktuell Ressourcen in Deutschland auf und kommen damit der Anforderung deutscher Unternehmen entgegen, die Speicherung und Verarbeitung ihrer Daten im Inland zu

<sup>1</sup> Der Wert der Power Usage Effectiveness (PUE-Wert) gibt das Verhältnis des Jahresenergiebedarfs des gesamten Rechenzentrums zum Jahresenergiebedarf der IT des Rechenzentrums an.

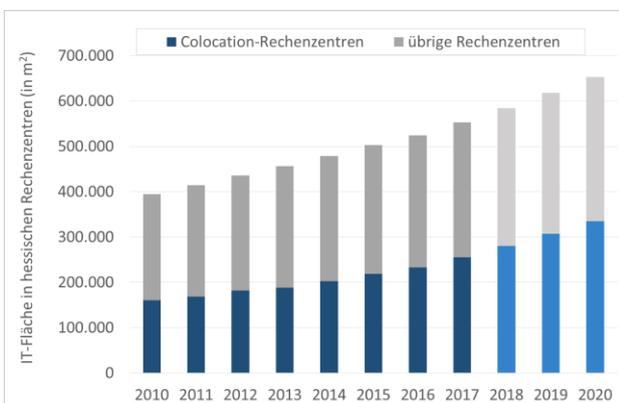
<sup>2</sup> Bei diesen Werten sind die Stand-Alone-Server, die im Normalfall ohne eigene Klimatisierung betrieben werden, nicht in die Berechnung einbezogen. Unter Berücksichtigung der Stand-Alone-Server hat sich der durchschnittliche PUE-Wert in Deutschland von 1,82 im Jahr 2010 auf 1,58 im Jahr 2017 verbessert.

ermöglichen. Die internationalen Cloud-Konzerne nutzen oft die Unterstützung von Colocation-Anbietern und treiben somit zugleich den Colocation-Markt. Der Anteil der Colocation-Rechenzentren an der IT-Fläche aller Rechenzentren in Deutschland ist daher auch im Jahr 2017 noch einmal deutlich gestiegen und liegt 2017 bei 32% - im Jahr 2010 lag der Anteil noch bei 15%.



**Abbildung 2:** Entwicklung der IT-Fläche der Rechenzentren in Deutschland mit Anteil Cloud-Rechenzentren in den Jahren 2010 bis 2017 und Prognose bis 2020 (Quelle: Borderstep)

Bezogen auf die regionale Verteilung in Deutschland profitiert insbesondere der Großraum Frankfurt und damit das Bundesland Hessen vom Wachstum des Rechenzentrumsmarktes. Dies gilt vor allem für das Segment der Colocation-Rechenzentren. Im Jahr 2017 existierte in den Rechenzentren in Hessen insgesamt eine IT-Fläche von 550.000 m<sup>2</sup>, davon 250.000 m<sup>2</sup> in Colocation-Rechenzentren. Damit haben sich die Kapazitäten in den Colocation-Rechenzentren – gemessen an der IT-Fläche in Hessen zwischen 2010 und 2017 – um 60% erhöht (**Abbildung 3**). In Bezug auf die zur Verfügung stehende elektrische IT-Anschlussleistung erhöhten sich die Kapazitäten sogar um 100% (Hintemann & Clausen, 2018a).



**Abbildung 3:** Entwicklung der Rechenzentrumskapazitäten (in m<sup>2</sup>) in Hessen in den Jahren 2010 bis 2017 und Prognose bis 2020 (Quelle: Borderstep)

Trotz der dynamischen Entwicklung im Rechenzentrumsmarkt in Deutschland besteht die Gefahr, dass der Standort Deutschland im internationalen Vergleich an

Bedeutung verliert (Hintemann & Clausen, 2018b). Vor allem im stark wachsenden Segment der sehr großen sogenannten Hyperscale-Rechenzentren werden im europäischen Ausland, insbesondere in den Niederlanden, Irland oder in Skandinavien, deutlich mehr Kapazitäten aufgebaut.

Betreiber von Hyperscale-Rechenzentren scheuen den Standort Deutschland vor allem aufgrund der hohen Stromkosten und der teilweise langwierigen Genehmigungsprozesse. Auch der zunehmende Mangel an Fachkräften für Rechenzentren wird mehr und mehr zum Standortnachteil in Deutschland (Hintemann & Clausen, 2018b).

### Künftige Herausforderungen: Energieeffiziente IT-Hard- und -Software, Abwärmenutzung und Nutzung regenerativer Energien

Wie oben bereits dargestellt, verbessern sich die PUE-Werte der Rechenzentren in Deutschland kontinuierlich. Damit wird der Anteil der Rechenzentrumsinfrastruktur am Energiebedarf der Rechenzentren immer kleiner. Künftig müssen also die IT-Komponenten noch stärker in den Fokus der Bemühungen zur Verbesserung der Energieeffizienz von Rechenzentren gerückt werden. Verbesserte IT-Hardware, energieeffiziente Software und effiziente Softwarebereitstellungsmodelle wie Virtualisierung und Containertechnologie bieten hier Chancen zur weiteren Optimierung. Auch neue Technologien, wie neuromorphe Prozessoren oder der Einsatz von Künstlicher Intelligenz zur Effizienzverbesserung in Rechenzentren, bieten hohe Potenziale (Hintemann & Hinterholzer, 2018).

Bei allen möglichen künftigen Effizienzverbesserungen der IT-Komponenten und der Infrastruktur: Der in Rechenzentren eingesetzte Strom wird – Stand heute - in Deutschland zu fast 100% in Wärme umgewandelt und dann – zumeist unter Einsatz zusätzlicher Energie für die Lüftung und Kühlung – an die Umwelt abgegeben. Dabei zeigt insbesondere das Beispiel Schweden, dass eine Nutzung der Abwärme der Rechenzentren unter entsprechenden Rahmenbedingungen sehr gut möglich ist (Ostler, 2017; Reveman & Ostler, 2016). Angesichts steigender Strombedarfe von Rechenzentren, kommt dem Thema Abwärmenutzung in Rechenzentren in Zukunft eine zentrale Bedeutung zu (Hintemann & Hinterholzer, 2018). Bei Lösungen zur Nutzung von Abwärme sind deutsche mittelständische Unternehmen weltweit technologisch führend. Dies gilt sowohl für klassisch luftgekühlte als auch für neue innovative flüssiggekühlte IT-Systeme. Um diese Stärken auszubauen und Abwärmenutzung in Deutschland weiter voranzubringen, muss es zu einem Umdenken in der energiepolitischen-Regulierung in Deutschland kommen. Bisher wird z.B. die Nutzung von Abwärme durch die EEG-Umlage, die auch für den Betrieb von Wärmepumpen gezahlt werden muss, in Deutschland erschwert. Oft ist es wirtschaftlich

günstiger, Öl oder Gas zur Wärmeerzeugung zu verbrennen, statt vorhandene Abwärme sinnvoll zu nutzen.

Um Rechenzentren umweltfreundlich und möglichst klimaneutral zu betreiben, ist ihre Versorgung mit weitgehend regenerativ erzeugtem Strom eine weitere Herausforderung. Das Angebot an kontinuierlich zur Verfügung stehenden, aus Wasserkraft oder Biomasse erzeugtem Strom ist allerdings begrenzt. Damit bekommen intelligente Lösungen zur Nutzung von fluktuierend erzeugtem Wind- und Sonnenstrom in Rechenzentren zunehmende Bedeutung. Auch hier gibt es vielversprechende technologische Ansätze (Hintemann & Hinterholzer, 2018; Ostler, 2018; Rüdiger & Ostler, 2018).

### Stromverbrauch der Rechenzentren steigt auch europa- und weltweit weiter deutlich an

Europa- und weltweit wächst der Strombedarf der Rechenzentren ebenfalls deutlich. Zwischen 2010 und 2015 stieg der weltweite Strombedarf der Server und Rechenzentren nach Berechnungen von Borderstep um etwa 30% auf 287 Mrd. kWh (Hintemann & Clausen, 2016b). Dieser Anstieg hat sich in den letzten zwei Jahren noch einmal beschleunigt. Eine aktuelle Abschätzung im Projekt TEMPRO kommt zu dem Ergebnis, dass zwischen 2015 und 2017 der Strombedarf der Rechenzentren weltweit um ca. 20% auf 350 Mrd. kWh angestiegen ist. Die zunehmende Digitalisierung und der teilweise sehr hohe Energiebedarf von neuen Anwendungen wie Bitcoin-Mining (de Vries, 2018) sind Gründe für dieses beschleunigte Wachstum des Strombedarfs.

In Westeuropa stieg der Strombedarf der Rechenzentren zwischen 2010 und 2017 nach Schätzung von Borderstep etwas stärker als in Deutschland, aber nicht so stark wie weltweit. Basierend auf Daten zur Entwicklung der Workloads und Serverzahlen in Rechenzentren des IT-Unternehmens Cisco (Cisco, 2015, 2016) wird davon ausgegangen, dass sich der Strombedarf von 56 Mrd. kWh im Jahr 2010 um gut 30% auf 73 Mrd. kWh im Jahr 2017 erhöht hat.

### Methodik der Untersuchung

Die vorliegende Untersuchung entstand im Rahmen des Projektes TEMPRO - „Total Energy Management for Professional Data Centers“.

Als Rechenzentren gelten nach der zugrundeliegenden Systematik alle abgeschlossenen räumlichen Einheiten wie Serverschränke, Serverräume, Gebäudeteile oder ganze Gebäude, in denen mindestens drei physikalische Server installiert sind. Die Entwicklung der Rechenzentrumskapazitäten wird insbesondere auf Basis der Serverausstattung in den Rechenzentren berechnet. Hierbei werden auch die unterschiedlichen Leistungsklassen von Servern berücksichtigt.

Die Berechnungen erfolgen mit Hilfe eines umfangreichen Strukturmodells der Rechenzentrumslandschaft in Deutschland, das am Borderstep Institut entwickelt

wurde und jährlich aktualisiert wird (Fichter & Hintemann, 2014; Hintemann, 2017a; Hintemann, Fichter & Stobbe, 2010; Stobbe et al., 2015). Das Modell beschreibt die Ausstattung von Rechenzentren unterschiedlicher Größenklassen mit verschiedenen Servertypen, Speichersystemen und Netzwerkinfrastrukturen. In dem Modell sind die Rechenzentren in Deutschland in unterschiedlichen Größenklassen in ihrer Ausstattung mit verschiedenen Servertypen, Speichersystemen und Netzwerkinfrastrukturen beschrieben. Dabei werden auch die Altersstruktur der Server und die Energiebedarfe der verschiedenen Servertypen in unterschiedlichen Betriebszuständen berücksichtigt. Außerdem sind die Rechenzentrumsinfrastrukturen wie Klimatisierung, Stromversorgung, USV, etc. für unterschiedliche Größen- und Redundanzklassen modelliert.

Für die Berechnungen wurden insbesondere folgende Quellen genutzt:

- Studie „Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland“ - Studie von Fraunhofer IZM und Borderstep im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (Stobbe et al., 2015).
- Aktuelle Ergebnisse von Untersuchungen zur Entwicklung des Rechenzentrumsmarktes (CBRE, 2018; CBRE Global Corporate Services, 2017; Cisco, 2015, 2016; Hintemann, 2014, 2017b; Hintemann & Clausen, 2018b, 2018a; Hintemann, Fichter & Schlitt, 2014; Howard-Healy, 2018)
- Daten des Marktforschungsinstituts Techconsult zur Marktentwicklung bei Server, Storage und Netzwerkkomponenten (eanalyzer) (Techconsult, 2014, 2015, 2016)
- Daten der Marktforschungsinstitute IDC und EITO zur Marktentwicklung bei Servern in Deutschland und Europa (EITO/IDC, 2014; IDC, 2018)
- Wissenschaftliche Literatur und Herstellerinformationen zur Entwicklung des Energieverbrauchs von Servern, Speicher- und Netzwerkprodukten und bei weiteren Effizienztechnologien für Rechenzentren

### Quellen:

- CBRE. (2018, März 21). Nachgefragte Leistung europäischer Rechenzentren übersteigt erneut 100 MW-Wert. *Nachgefragte Leistung europäischer Rechenzentren übersteigt erneut 100 MW-Wert*. Zugriff am 4.4.2018. Verfügbar unter: <http://news.cbre.de/nachgefragte-leistung-europaischer-rechenzentren-ubersteigt-erneut-100-mw-wert>
- CBRE Global Corporate Services. (2017). *European Data Centres Market Review. Q4 2016*. London. Zugriff am 10.6.2017. Verfügbar unter: <https://www.cbre.de/de-de/research/European-Data-Centres-MarketView-Q4-2016>
- Cisco. (2015). *Cisco Global Cloud Index: Forecast and Methodology 2014-2019*. Verfügbar unter: [http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/global-cloud-index-gci/Cloud\\_Index\\_White\\_Paper.pdf](http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/global-cloud-index-gci/Cloud_Index_White_Paper.pdf)
- Cisco. (2016). *Cisco Global Cloud Index: Forecast and Methodology 2015-2020*. Zugriff am 10.10.2017. Verfügbar unter: <https://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/s>

- ervice-provider/global-cloud-index-gci/white-paper-c11-738085.pdf
- EITO/IDC. (2014). *EITO Customized Report for Borderstep*. Berlin: EITO/IDC.
- Fichter, K. & Hintemann, R. (2014). Beyond Energy: Material Stocks in Data Centers, Taking Resource Efficiency into account in Green IT Strategies for Data Centers. *Journal of Industrial Ecology*, (im Erscheinen). <https://doi.org/DOI:10.1111/jiec.12155>
- Hintemann, R. (2014). Consolidation, Colocation, Virtualization, and Cloud Computing – The Impact of the Changing Structure of Data Centers on Total Electricity Demand. In L.M. Hilty & B. Aebischer (Hrsg.), *ICT Innovations for Sustainability. Advances in Intelligent Systems and Computing*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Hintemann, R. (2017a). *Trotz verbesserter Energieeffizienz steigt der Energiebedarf der deutschen Rechenzentren im Jahr 2016*. Berlin: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit. Verfügbar unter: [https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2017/03/Borderstep\\_Rechenzentren\\_2016.pdf](https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2017/03/Borderstep_Rechenzentren_2016.pdf)
- Hintemann, R. (2017b). *Energieeffizienz und Rechenzentren in Deutschland – weltweit führend oder längst abgehängt?*. Berlin: Netzwerk energieeffiziente Rechenzentren - NeRZ. Zugriff am 25.10.2017. Verfügbar unter: <https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2017/07/NeRZ-Studie-Rechenzentrenmarkt-30-06-2017.pdf>
- Hintemann, R. & Clausen, J. (2016). Green Cloud? The current and future development of energy consumption by data centers, networks and end-user devices. In P. Grosso, P. Lago & A. Osseyran (Hrsg.), *Proceedings of ICT for Sustainability 2016*. Gehalten auf der 4th ICT4S, Amsterdam, The Netherlands: Atlantis Press. Zugriff am 5.9.2016. Verfügbar unter: <http://www.atlantispress.com/php/pub.php?publication=ict4s-16>
- Hintemann, R. & Clausen, J. (2018a). *Potenzial von Energieeffizienztechnologien bei Colocation Rechenzentren in Hessen*. Berlin: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit. Zugriff am 26.4.2018. Verfügbar unter: <https://www.digitalstrategie-hessen.de/rechenzentren>
- Hintemann, R. & Clausen, J. (2018b). *Bedeutung digitaler Infrastrukturen in Deutschland. Sozioökonomische Chancen und Herausforderungen für Rechenzentren im internationalen Wettbewerb*. Berlin. Verfügbar unter. Berlin. Zugriff am 14.6.2018. Verfügbar unter: [https://www.eco.de/wp-content/uploads/dlm\\_uploads/2018/06/DI\\_Studie.pdf](https://www.eco.de/wp-content/uploads/dlm_uploads/2018/06/DI_Studie.pdf)
- Hintemann, R., Fichter, K. & Schlitt, D. (2014). Adaptive computing and server virtualization in German data centers - Potentials for increasing energy efficiency today and in 2020. In Marx Gómez, Sonnenschein, Vogel, Winter, Rapp & Giesen (Hrsg.), *Proceedings of the 28th Conference on Environmental Informatics - Informatics for Environmental Protection, Sustainable Development and Risk Management* (S. 477–484). Gehalten auf der EnviroInfo 2014 - ICT for Energy Efficiency, Oldenburg: BIS. Zugriff am 25.1.2015. Verfügbar unter: <http://enviroinfo.eu/sites/default/files/pdfs/vol8514/0477.pdf>
- Hintemann, R., Fichter, K. & Stobbe, L. (2010). Materialbestand der Rechenzentren in Deutschland-Eine Bestandsaufnahme zur Ermittlung von Ressourcen- und Energieeinsatz. *Studie im Rahmen des UFO-Plan-Vorhabens "Produktbezogene Ansätze in der Informations- und Kommunikationstechnik "(Förderkennzeichen 370 893 302), Beauftragt vom Umweltbundesamt*.
- Hintemann, R. & Hinterholzer, S. (2018). Technology radars for energy-efficient data centers - A transdisciplinary approach to technology identification, analysis and evaluation. Gehalten auf der WCST - World Congress on Sustainable Technologies, Cambridge.
- Howard-Healy, M. (2018). *Co-location Market Quarterly (CMQ) brief - Vortrag auf dem BroadGroup's Knowledge Brunch in Frankfurt*. Broadgroup.
- IDC. (2018). *Server Market and Enterprise Storage Systems By Country 2014-2017*.
- Ostler, U. (2017, September 18). Server-Hitze für 10.000 warme Stuben - Ein weiteres Datacenter mit Anschluss ans Fernwärmenetz – in Stockholm. *DataCenter Insider*. Zugriff am 10.10.2017. Verfügbar unter: <https://www.datacenter-insider.de/ein-weiteres-datacenter-mit-anschluss-ans-fernwaermenetz-in-stockholm-a-644074/>
- Ostler, U. (2018, November 18). Windcloud 4.0 führt den Rechenzentrumsbetrieb in eine klimaneutrale Zukunft. Zugriff am 13.12.2018. Verfügbar unter: <https://www.datacenter-insider.de/windcloud-40-fuehrt-den-rechenzentrumsbetrieb-in-eine-klimaneutrale-zukunft-a-778745/>
- Reveman, S. & Ostler, U. (2016, Juli 12). Die Energie in deutschen Datacenter verpufft zu 100% - Rechenzentren jagen das Geld zum Fenster raus. *DataCenter Insider*. Zugriff am 12.7.2016. Verfügbar unter: <http://www.datacenter-insider.de/die-energie-in-deutschen-datacenter-verpufft-zu-100-a-541729/>
- Rüdiger, A. & Ostler, U. (2018, September 14). Das erste Rechenzentrum in einer Windmühle läuft und die Kundschaft ist happy. Zugriff am 13.12.2018. Verfügbar unter: <https://www.datacenter-insider.de/das-erste-rechenzentrum-in-einer-windmuehle-laeuft-und-die-kundschaft-ist-happy-a-752383/>
- Stobbe, L., Hintemann, R., Proske, M., Clausen, J., Zedel, H. & Beucker, S. (2015). *Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland - Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie*. Berlin: Fraunhofer IZM und Borderstep Institut. Verfügbar unter: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/E/entwicklung-des-ikt-bedingten-strombedarfs-in-deutschland-abschlussbericht,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>
- Techconsult. (2014). Daten des eanalyzer. Verfügbar unter: [www.eanalyzer.biz](http://www.eanalyzer.biz)
- Techconsult. (2015). Daten des eanalyzer. Verfügbar unter: [www.eanalyzer.biz](http://www.eanalyzer.biz)
- Techconsult. (2016). Daten des eanalyzer. Verfügbar unter: [www.eanalyzer.biz](http://www.eanalyzer.biz)
- de Vries, A. (2018). Bitcoin's Growing Energy Problem. *Joule*, 2 (5), 801–805.

## Kontakt:

Dr. Ralph Hintemann  
 Gesellschafter und Senior Researcher  
 Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit  
 gemeinnützige GmbH  
 Clayallee 323  
 D-14169 Berlin, Germany  
 Tel. +49.(0)30.306 45-1005  
 Fax +49.(0)30.306 45-1009  
 E-Mail: [hintemann@borderstep.de](mailto:hintemann@borderstep.de)  
[www.borderstep.de](http://www.borderstep.de)