

## **Antwort**

### **der Bundesregierung**

**auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Bärbel Höhn, Dr. Julia Verlinden, Dieter Janecek, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 18/13077 –**

### **Energieverbrauch durch Digitalisierung – Effizienz statt Rebound-Effekt**

#### Vorbemerkung der Fragesteller

Das Internet ist aus unserem Alltag, unserem Wirtschaften und unseren sozialen Beziehungen nicht mehr wegzudenken. Innerhalb von nur zwei Jahrzehnten ist es aus der Nische zu einer Grundlage moderner Gesellschaften geworden. Viele Aspekte der ökologischen Modernisierung basieren darauf, dass Prozesse besser vernetzt und Ressourcen gespart werden. Die Chancen der Digitalisierung zur Abmilderung der Klimakrise werden aktuell viel diskutiert. Dem digitalen Wandel muss es gelingen, auch zu einem ökologischen Wandel zu werden, denn mit technologischer und sozialer Innovation kann heute eine lebenswerte Welt für morgen gesichert werden. So können vernetzte IT-Anwendungen wie intelligente Energie- oder Verkehrssteuerung einen großen ökologischen Beitrag leisten. Allein in Deutschland könnten so bis zu 190 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart werden; weltweit wird das Potenzial auf 9 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub> geschätzt (Studie SMART 2020 der Global e-sustainability Initiative: <http://gesi.org/SMARTer2020>). Allerdings gehen die rasant zunehmende Nutzung digitaler Angebote und die Vernetzung vieler Geräte auch mit einem steigenden Energieverbrauch einher. Laut einer Greenpeace-Studie ([www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/clicking-clean-20151905.pdf](http://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/clicking-clean-20151905.pdf)) verbraucht das Internet so viel Energie, dass es – wäre es ein Land – der sechstgrößte Energieverbraucher weltweit wäre. Aktuell sind 2,5 Milliarden Menschen online – und es werden schnell mehr. Die Zunahme vernetzter Geräte („Internet of Things“) ist ebenfalls rasend.

Deshalb ist es wichtig, der Energieeffizienz gerade im Bereich Digitalisierung mehr Aufmerksamkeit zu schenken. So kann beispielsweise der Stromverbrauch von Rechenzentren durch eine moderne Kühlung um 40 Prozent gesenkt werden.

Ein moderner Computer „braucht heute pro Minute beinahe so viel Strom wie die ersten ‚Homecomputer‘ vor gut 30 Jahren, die tausend Mal langsamer waren“, stellt das ETHZ fest ([www.ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2015/03/wieviel-strom-braucht-das-internet.html](http://www.ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2015/03/wieviel-strom-braucht-das-internet.html)). Die steigende Leistung frisst die rasanten Effizienzgewinne also wieder auf. Hinzu kommen das Wachstum der Geräteanzahl und ein verändertes Nutzungsverhalten.

Akteure der Branche können dabei die Energiewende sogar beschleunigen, wenn sie aktiv ihre Infrastrukturen auf die Nutzung erneuerbarer Energien umstellen. In den USA haben dies drei der größten Internetkonzerne bereits im Jahr 2010 getan. Aus Deutschland sind keine derartigen so weit fortgeschrittenen Maßnahmen bekannt, obwohl zugleich die Bedingungen im Zuge der Energiewende durchaus vorliegen. Eine progressive Politik im Sinne erneuerbarer Energien und Energieeffizienz könnte somit auch zum internationalen Standortfaktor für die Digitalwirtschaft werden – und in einer immer digitalisierteren Welt einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten.

1. Wie schnell steigt nach Kenntnis der Bundesregierung die Nutzungsintensität (Rechenleistung pro Kopf) deutscher Internetuserinnen und Internetuser, und wie schnell steigt die Energieeffizienz im Vergleich dazu?

Die Nutzungsintensität hat sich in den vergangenen drei Jahren wie folgt entwickelt: Entsprechend dem Digital-Index der Initiative D21, der jährlich ein aktuelles Lagebild zum Digitalisierungsgrad der Gesellschaft gibt, nutzten die Befragten das Internet täglich im Durchschnitt wie folgt: 2014: 2 h 21 min, 2015: 2 h 49 min und 2016: 2 h 42 min (inklusive Offliner und jeweils Summe aus privater und beruflicher Nutzung).

Bei der Energieeffizienz zeigt sich folgendes differenziertes Bild: Nach einer Studie\* aus dem Jahr 2015 konnte aufgrund des technologischen Fortschritts und der Erfolge bei den europäischen Standards ein Rückgang des durch Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) bedingten Stromverbrauchs um rund 15 Prozent gegenüber dem Jahr 2010 festgestellt werden. Der jährliche Energiebedarf der IKT in Deutschland ist im Zeitraum von 2010 bis 2015 von 56 TWh auf knapp 48 TWh gesunken. Perspektivisch wird sich – nach der Studie – dieser abnehmende Trend bis zum Jahr 2020 noch fortsetzen, bis 2025 wird dann ein leichter Anstieg von 45 TWh auf 46 TWh in 2025 erwartet.

Maßgeblich für den Rückgang des Stromverbrauchs ist der sinkende Energiebedarf der IKT in Haushalten und an Arbeitsplätzen. Wesentliche Treiber sind die technische Optimierung von IKT-Endgeräten wie Fernsehern, Monitoren und Computern sowie eine intensivere Nutzung energiesparenderer mobiler Produkte wie Smartphones, Tablets und Notebooks.

Demgegenüber zeichnet sich gemäß der Studie in den Bereichen der Telekommunikation und Rechenzentren ein gegenläufiger Trend ab: Trotz der Ausschöpfung erheblicher Verbesserungspotentiale wird der IKT der bedingte Energiebedarf von Telekommunikationsnetzen und Rechenzentren von 2015 bis 2025 leicht zunehmen und von 18 TWh im Jahr 2015 auf 25 TWh im Jahr 2025 ansteigen.

Diese negative Entwicklung ist primär auf eine intensivere Internetnutzung zurückzuführen, beispielsweise auf den zunehmenden Datenverbrauch in Haushalten, der insbesondere zu Spitzenzeiten am Abend technisch abgesichert werden muss. In diesem Zusammenhang steht auch der Ausbau der ressourcenintensiven Breitband-Flächenabdeckung ländlicher Gebiete.

---

\* „Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland“, Studie des Fraunhofer IZM und Borderstep Instituts im Auftrag des BMWi, 2015.

2. Stimmt die Bundesregierung der Aussage zu, dass es sich hier um einen „Rebound-Effekt“ handelt, und wenn ja, welche Rückschlüsse zieht sie daraus für ihre eigenen Energieeffizienzziele, und wenn nein, warum nicht?

Der beschriebene Effekt könnte insbesondere mit Blick auf Telekommunikation und Rechenzentren als Rebound bezeichnet werden. Rebound-Effekte zeichnen sich durch spezifisch sinkende Energieverbräuche bei zugleich steigender Leistungsfähigkeit und damit einhergehenden stagnierenden oder steigenden absoluten Energieverbräuchen aus. Dies ist eine der wesentlichen Herausforderungen, welche das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) insbesondere im Grünbuch Energieeffizienz darstellt. Das BMWi hat im Grünbuch Energieeffizienz unterschiedliche Handlungsoptionen vorgeschlagen und breit konsultiert. Dabei ist die Frage, ob und in welchem Umfang Rebound-Effekte in welchen Bereichen und Handlungsfeldern auftreten, für die Instrumentierung von Relevanz, nicht jedoch für die Effizienzziele.

3. Wie viel Strom verbraucht nach Kenntnis der Bundesregierung die Internetnutzung (Rechenzentren, Netzwerke, Geräte und Produktherstellung) in Deutschland (bitte absolut und relativ zum Gesamtbedarf für die Jahre 2000 bis 2017 angeben), und wie hoch ist hierbei der CO<sub>2</sub>-Ausstoß?

Gemäß einer vom BMWi beauftragten Berechnung ist – wie in Antwort zu Frage 1 dargestellt – der elektrische Energiebedarf der IKT in Deutschland im Zeitraum von 2010 bis 2015 von etwa 56,0 TWh auf 47,8 TWh um gut 15 Prozent gesunken. Der Energiebedarf wird mittelfristig bis 2020 noch weiter leicht abnehmen und dann von 45,2 TWh auf 46,2 TWh in 2025 wieder etwas zunehmen.

Gemessen am deutschen Gesamtenergiebedarf an Strom von rund 576 TWh im Jahr 2014 beträgt der Anteil des aktuellen IKT-bedingten Energiebedarfs etwa acht Prozent. Im Jahr 2016 betrug der Gesamtenergiebedarf deutscher Rechenzentren 12,4 Milliarden kWh/a (Quelle: [www.borderstep.de/wp-content/uploads/2017/03/Borderstep\\_Rechenzentren\\_2016.pdf](http://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2017/03/Borderstep_Rechenzentren_2016.pdf) S. 1). Aktuell nehmen deutsche Rechenzentren im internationalen Vergleich eine Spitzenposition bei der Energieeffizienz ein (Quelle: [www.borderstep.de/wp-content/uploads/2017/03/Borderstep\\_Rechenzentren\\_2016.pdf](http://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2017/03/Borderstep_Rechenzentren_2016.pdf) S. 2). Zum CO<sub>2</sub>-Ausstoß liegen der Bundesregierung keine Erkenntnisse vor.

4. Wie groß ist nach Kenntnis der Bundesregierung der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck der Internetnutzung in Deutschland?

Hierzu liegen der Bundesregierung keine Erkenntnisse vor.

5. Welcher Anteil des Energieverbrauchs der Internetnutzung in Deutschland geht nach Kenntnis der Bundesregierung auf Streamingangebote zurück?

Hierzu liegen der Bundesregierung keine Erkenntnisse vor.

6. Welcher Anteil des Energieverbrauchs der Internetnutzung in Deutschland fällt nach Kenntnis der Bundesregierung auf Clouddienste zurück?

Hierzu liegen der Bundesregierung keine Erkenntnisse vor.

7. Inwieweit kommt der Bund seiner besonderen Verantwortung bei der Beschaffung energieeffizienter und umweltfreundlicher Endgeräte nach?

Die Bundesverwaltung kommt ihrer besonderen Verantwortung auf vielfältige Art nach. Sie hat sich das strategische Ziel Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit gesetzt und in der aktuellen IT-Strategie der Bundesverwaltung dort (insbesondere in Nummer 3.8) festgeschrieben.

Im Übrigen werden im Rahmen der „IT-Konsolidierung Bund“ durch die Bündelung von Rechenzentren-IT bei wenigen IT-Dienstleistern (Betriebskonsolidierung) auch Synergieeffekte unter anderem im Stromverbrauch, bei der Energiedichte (kW/m<sup>2</sup>), CPU-Auslastung und Virtualisierung erwartet. Dies geschieht beispielsweise dadurch, dass bei der Fortschreibung der Architekturrichtlinien Nachhaltigkeit und Effizienz als Ziele formuliert wurden. Ende 2023 soll die Anzahl der Rechenzentren und Serverräume der unmittelbaren Bundesverwaltung erheblich reduziert worden sein.

8. Welche Unternehmen der Digitalwirtschaft in Deutschland haben nach Kenntnis der Bundesregierung die höchsten Energieverbräuche und den größten CO<sub>2</sub>-Fußabdruck (bitte Top 10 auflisten)?

Hierzu liegen der Bundesregierung keine Erkenntnisse vor.

9. Wie setzt sich der Strommix dieser Unternehmen nach Kenntnis der Bundesregierung zusammen?

Über die Stromlieferverträge einzelner Unternehmen und die sich daraus ergebende Zusammensetzung des jeweiligen Strommixes liegen der Bundesregierung keine Informationen vor.

10. Plant die Bundesregierung, darauf hinzuwirken, dass auch in Deutschland mehr Unternehmen des digitalen Sektors ihren eigenen Strombedarf durch reinen Ökostrom decken?

Wenn ja, wie genau?

Wenn nein, warum nicht?

Der liberalisierte Strommarkt ermöglicht Verbraucherinnen und Verbrauchern eine freie Anbieterwahl und Wahlmöglichkeiten zwischen unterschiedlichen Angeboten. Die Bundesregierung plant hier keine Einschränkungen für den digitalen Sektor. Auch die Digitalwirtschaft beteiligt sich jedoch über die EEG-Umlage an der Finanzierung erneuerbarer Energien und der Energiewende. Ob darüber hinaus Ökostrom bezogen wird, liegt im Ermessen der Unternehmen.

11. Welche Erkenntnisse hat das Forschungsprogramm „IT2Green“ der Bundesregierung gebracht, und welche Maßnahmen mit welchem Umfang sind daraus erwachsen?

Mit dem Technologieprogramm „IT2Green“ förderte das BMWi im Zeitraum von Anfang 2011 bis Ende 2014 insgesamt zehn Verbundprojekte in den Themenclustern „Telekommunikationsnetze“, „Rechenzentren und Clouds“ sowie „Monitoring und Management“ mit dem Ziel, Modelllösungen für hoch energieeffiziente Systeme der IKT zu entwickeln.

In den Verbundprojekten wurden ganzheitliche Systemansätze entwickelt und erprobt, welche im Kern folgende übergeordnete Themenstellungen beinhalteten:

- dynamische Zu- und Abschaltung von IKT-Elementen, Interferenzreduktion und lastadaptiver Betrieb in Telekommunikation und Rechenzentren,
- ganzheitliche energieorientierte Steuerung von IT-Ressourcen und Nutzung von Standortvorteilen durch automatisierte Lastverschiebung von Anwendungen in und zwischen verschiedenen Rechenzentren zum Zweck der Energieeinsparung sowie
- intelligente Anwesenheitserkennung und Steuerung von IT-Geräten, Licht und Heizung im Büroumfeld.

Im Ergebnis konnten im Technologiecluster „Telekommunikationsnetze“ mit Einsparungen in Teilbereichen von über 50 Prozent gegenüber konventionellen Lösungen die höchsten Einsparungen erzielt werden. Ein Grund hierfür liegt darin, dass das Thema Energieeffizienz bislang in diesem Bereich einen geringeren Stellenwert hatte. Im Technologiecluster „Rechenzentren und Cloud“ konnten Energie- und Ressourceneinsparungen von bis zu 40 Prozent erreicht werden. Die IT2Green-Projekte vermittelten dabei einen guten Eindruck, wie anspruchsvoll es ist, eine energieoptimale und performante Gestaltung des Rechenzentrums zu finden und durch eine übergreifende Steuerung dynamisch zu halten. Mit dem Technologiecluster „Monitoring und Management“ wurden eine intelligente, anwesenheitsorientierte Zu- und Abschaltung von IKT-Endgeräten, Licht und Heizung in Büroumgebungen untersucht. Da die Hersteller von IKT-Endgeräten in den letzten Jahren bereits viele technische Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz implementiert hatten, fielen die Energieeinsparungen in diesem Bereich jedoch weniger deutlich aus.

Die Ergebnisse des Technologieprogramms wurden in den Jahren 2012 bis 2014 auf Messen (CeBIT), Kongressen sowie Ausstellungen präsentiert und in Workshops mit externen Expertinnen und Experten diskutiert. Sie wurden auch von Film und Fernsehen (SWR) aufgegriffen und ausgestrahlt. Insgesamt konnten aus dem Technologieprogramm 28 Patente und über 200 Dossiers, Leitfäden und wissenschaftliche Beiträge einschließlich Bücher und Dissertationen generiert werden.

12. Plant die Bundesregierung weitere Maßnahmen, um den Energieverbrauch der Internetnutzung, v. a. der Rechenzentren, zu verringern?

Im Rahmen der im Juni 2016 gestarteten „Wettbewerblichen Ausschreibungen für Stromeffizienz: STromEffizienzPotentiale nutzen – STEP up!“ fördert die Bundesregierung – grundsätzlich technologie- und sektoroffen investive Maßnahmen zur Verbesserung der Stromeffizienz in Unternehmen. Um gezielt Effizienzmaßnahmen in Rechenzentren anzureizen, hatte die themenspezifische sogenannte „geschlossene Ausschreibung“ in der 3. Runde von STEP up! (Einreichungsfenster für Projektanträge: März bis Mai 2017) die „Umsetzung von Effizienzmaßnahmen in Rechenzentren“ zum Thema. In der „offenen Ausschreibung“ (technologie- und sektoroffen) können Effizienzmaßnahmen in Rechenzentren in jeder Ausschreibungsrunde zur Förderung eingereicht werden.

13. Wie viel Energie verbrauchen die Rechner in den Bundesministerien, den untergeordneten Behörden, dem Bundeskanzleramt und im Deutschen Bundestag nach Kenntnis der Bundesregierung pro Jahr (bitte in kWh absolut und anteilig am Gesamtenergiebedarf angeben)?

Die Green-IT-Initiative des Bundes sorgt bereits seit mehreren Jahren für eine Reduktion des Energieverbrauchs in den IT-Bereichen der Bundesverwaltung. Federführend für die Green-IT-Initiative ist das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. In der Konferenz der IT-Beauftragten am 7. Juni 2017 wurde für die Fortsetzung der Green-IT-Initiative votiert.

Zu den Verbrauchsanfragen liegen der Bundesregierung keine Erkenntnisse vor.

14. Welche Ratschläge gibt die Bundesregierung Unternehmen, der öffentlichen Verwaltung und den Bürgerinnen und Bürgern, um den Energiebedarf der Internetnutzung zu reduzieren?

Das BMWi informiert Unternehmen, öffentliche Verwaltungen sowie Bürgerinnen und Bürger mit einer Vielzahl von Beratungsangeboten, insbesondere im Rahmen der Nationalen Top-Runner-Initiative, der Kampagne „Deutschland macht’s effizient“ und durch die Verbraucherzentralen. Energieeinsparmöglichkeiten bei der Internetnutzung liegen etwa im Einschalten der Stromsparfunktionen in Laptops und PCs, in der Verwendung von stromsparenden Tablet-Computern oder Mobiltelefonen, der Beschaffung energiesparender Geräte, dem Ausschalten bei Nichtbenutzung sowie der Nutzung von schaltbaren Steckerleisten, um Stand-by-Verluste zu minimieren.

15. Warum wurde das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit nicht in die Planung und Umsetzung der Digitalen Agenda eingebunden, um so Nachhaltigkeitsziele in die Digitalisierungsstrategie der Bundesregierung zu implementieren?

An der Erarbeitung der Digitalen Agenda 2014 bis 2017 war seinerzeit jedes Ressort der Bundesregierung beteiligt, so auch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, das wesentliche Beiträge zu Handlungsfeld 2 „Digitale Wirtschaft und digitales Arbeiten“ eingebracht hat und in Planung und Umsetzung eingebunden war. Die Digitale Agenda ist die Digitalisierungsstrategie der gesamten Bundesregierung und eine lebende Strategie, die flexibel auch neue Themen aufgreifen kann. Dem Legislaturbericht Digitale Agenda 2014 bis 2017 (Bundestagsdrucksache 18/12130) können die Umsetzungsmaßnahmen der Ressorts entnommen werden.

16. Unterstützt die Bundesregierung Programme und Forschung für energieeffiziente Programmierung?

Die Bundesregierung unterstützt die Forschung für energieeffiziente Programmierung in folgenden Programmen:

- Mit dem branchen- und technologieoffenen Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) des BMWi kann auch energieeffiziente Programmierung gefördert werden, sofern es sich um innovative Forschungs- und Entwicklungsprojekte von mittelständischen Unternehmen mit realen Marktchancen handelt.

- Im Energieforschungsprogramm des BMWi werden Forschungsfragen zur Energieeffizienz technologieoffen unterstützt. Dies kann im Einzelfall auch den Aspekt der Programmierung einschließen, soweit der Projektschwerpunkt Energieforschung bleibt.
- Im Rahmen von Bekanntmachungen des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) auf dem Gebiet der „HPC-Software für skalierbare Parallelrechner“ werden seit 2007 Projekte zum energieeffizienten Computing durchgeführt. Im Förderschwerpunkt werden spezielle Programmiermethoden weiterentwickelt, die eine Effizienzsteigerung moderner Rechnerstrukturen ermöglichen. Im Mittelpunkt stehen dabei vor allem energieeffiziente Methoden. Für Erläuterungen zu aktuell zehn laufenden Verbundprojekten wird auf die Antwort zu Frage 18 verwiesen.

17. Stehen die Förderprogramme des Bundes zur Energieeffizienzberatung auch offen für Beratungsleistungen zu Fragen digitaler Firmenhardware und von Digitalisierungsprozessen?

Wenn ja, wie viele solcher Beratungsleistungen wurden nach Kenntnis der Bundesregierung in den zurückliegenden zehn Jahren nachgefragt (bitte einzeln für die Jahre 2006 bis 2016 aufschlüsseln)?

Die Energieberatungsprogramme des Bundes für Unternehmen erfassen den Energieverbrauch in allen relevanten Verbrauchsbereichen. Hierzu gehören auch die Bereiche Firmenhardware und Digitalisierungsprozesse. Auf der Basis einer gründlichen Analyse unterbreitet der Energieberater in seinem Beratungsbericht dann entsprechende Einsparvorschläge. Eine Auswertung der Beratungsberichte nach einzelnen Themen erfolgt nicht.

18. Welche Forschungsprojekte begleitet die Bundesregierung bzw. fördert sie mit Bezug zu Rechenzentren und Servereinheiten und deren Energieverbräuchen?

Im Energieforschungsprogramm des BMWi werden seit 1. Januar 2014 die Verbundprojekte „EnOB: Verbundvorhaben: Eneff: DCC-COP100. Data Center Cooling ohne maschinelle Kältetechnik mit einer Effizienz von COP = 100“ (FKZ: 03ET1334A–B, Start 10/2015) und „TEMPRO: Ganzheitliches Energiemanagement in professionellen Rechenzentren“ (FKZ: 03ET1418A–H, Start 11/2016) unterstützt.

Das BMWi wird zudem ein vom Umweltbundesamt geplantes Forschungsvorhaben zum Thema Energieeffizienz in Rechenzentren begleiten. Darin soll ein Kennzahlensystem zur energetischen, ökologischen und ökonomischen Bewertung von Rechenzentren weiterentwickelt und in der Praxis erprobt werden. Basierend auf den Ergebnissen der praktischen Anwendung soll ein aktueller Best-Practice-Leitfaden für Effizienzmaßnahmen erstellt werden, um dadurch weitere Marktakteure zur Umsetzung von Effizienzmaßnahmen in Rechenzentren anzureizen. Der Beginn des Vorhabens ist für das vierte Quartal 2017 geplant.

Hervorzuheben aus dem Forschungsbereich des BMBF ist das Projekt SIMOPEK (FKZ: 01IH13007, Laufzeit 1. Juli 2013 bis 30. Juni 2016). Es wurde der Energiekreislauf eines Höchstleistungsrechners im Detail untersucht und optimiert. Hauptinnovation war die Entwicklung einer Warmwasserkühlung für diesen Rechner im Vorfeld. Dadurch kann die Abwärme direkt zum Heizen von Gebäuden genutzt werden. Hinzu kam bei SIMOPEK die Verwendung der Abwärme

zum Betrieb einer Kältemaschine (Zeolithkältemaschine mit Adsorptionskühlung) zum Kühlen weiterer Geräte. Eine konsequente Nutzung dieser Ergebnisse wird in Zukunft den Energieverbrauch von Rechenzentren drastisch senken.

Zukünftige Rechenzentren werden aus vielen unterschiedlichen Komponenten bestehen. Solche heterogenen Systeme stellen die Programmierer vor neue Herausforderungen. Ein wichtiger Punkt ist die energieeffiziente Nutzung solcher Systeme durch spezielle Programmiermethoden. In der Bekanntmachung „Grundlagenorientierte Forschung für HPC-Software im Hoch- und Höchstleistungsrechnen“ vom 13. November 2015 wurden diese Fragen adressiert. Seit Anfang des Jahres laufen dazu zehn Verbundprojekte:

- Im Projekt Chameleon (FKZ: 01IH16004, Laufzeit 1. April 2017 bis 31. März 2020, Fördermittel 0,9 Mio. Euro) werden die Leistungsparameter des Systems durch die Anforderung der Simulation selbst gesteuert.
- Beim Projekt SeASiTe (FKZ: 01IH16012, Laufzeit 1. Januar 2017 bis 31. Dezember 2019, Fördermittel 1,5 Mio. Euro) wird der umgekehrte Ansatz verfolgt. Hier wird die Simulation so gesteuert, dass der Energieverbrauch minimal ist.
- In den letzten Jahren wurden immer mehr Grafikkarten auch für komplexe Berechnungen benutzt. Aus Sicht des Stromverbrauchs besteht auch hier Optimierungsbedarf. Hier setzt das Projekt Mekong (FKZ: 01IH16007, Laufzeit 1. Januar 2017 bis 31. Dezember 2019, Fördersumme 0,6 Mio. Euro) an und optimiert den Energieverbrauch dieser Geräte in Abhängigkeit von der Aufgabenstellung.
- Eine Steigerung der Energieeffizienz erfordert auch neue Hardwarekonzepte. Feldprogrammierbare Gate Arrays (FPGA) sind integrierte Schaltkreise, in welche logische Schaltungen flexibel geladen werden können. Somit entsteht eine flexible Systemarchitektur. Im Kern lassen sich mit FPGAs herkömmliche Prozessoren konfigurieren und nachbilden – allerdings sind FPGAs dabei heute weniger komplex und langsamer als vorproduzierte Hardware. Der Strombedarf solcher FPGAs beträgt aber nur etwa ein Fünftel des Stromverbrauchs von üblichen Prozessoren. Aktuell befindet sich ein Projektvorschlag in Bewilligung, die Potentiale solcher FPGAs für komplexe Rechnungen auszunutzen und damit dem energieeffizienten Höchstleistungsrechnen neue Wege zu eröffnen. Der Projektstart ist noch im Jahr 2017 geplant, die Fördersumme wird bei ca. 2 Mio. Euro liegen.
- Im Verbundprojekt EM-RAM (KMU-innovativ, Laufzeit 07/2017 bis 02/2020, Fördermittel 0,7 Mio. Euro, FKZ: 01IS17016A.D) geht es um Energieeffizientes Mapping für reaktive und adaptive Anwendungen auf Multiprozessorarchitekturen. Ziel des Projektes ist eine integrierte Entwicklungsumgebung für neuartige, dynamische Multiprozessorarchitekturen. Diese Entwicklungsumgebung wird neben der reinen Leistungsfähigkeit vor allem auch den Stromverbrauch der finalen Software berücksichtigen.
- Für das wachsende Gebiet des Maschinellen Lernens zeichnet sich auch das Problem der Energieeffizienz ab. Für das sogenannte Deep Learning werden Grafikprozessoren verwendet, die einen ähnlichen Stromverbrauch wie normale Mikroprozessoren haben. Bei steigender Komplexität der Daten und Problemstellungen muss auch hier ähnlich wie beim Hochleistungsrechnen auf Systeme mit mehreren Grafikprozessoren zurückgegriffen werden. Die Herausforderung einer energieeffizienten Programmierung derlei Systeme wird im Projekt HP-DLF angegangen. Der Projektstart ist noch im Jahr 2017 geplant und die Fördersumme beträgt etwa 2 Mio. Euro.



19. Welche Erkenntnisse liegen der Bundesregierung zu Servern mit Flüssigkühlung vor, und wie beurteilt sie diese mit Blick auf Energieeffizienzpotenziale?

Sind dabei Erkenntnisse zur Wärmenutzung berücksichtigt, und wenn ja, mit welchen Ergebnissen?

Hierzu liegen der Bundesregierung keine Erkenntnisse vor.

20. Gibt es innerhalb der Bundesverwaltung Rechenzentren und Servereinheiten, die mit Flüssigkühlung betrieben werden?

Wenn ja, wird die Abwärme, die bei der Kühlung entsteht, genutzt, und wenn ja, wie?

In der Bundesverwaltung gibt es in Einzelfällen bereits eine Flüssigkühlung bei Servereinheiten. Nicht immer kann die Abwärme dabei genutzt werden, da Abhängigkeiten der Liegenschaftstechnik beachtet werden müssen. Ansonsten wird die Abwärme in den Wintermonaten den Heizungssystemen zugeführt.

21. Welche Potenziale sieht die Bundesregierung bei unternehmenseigenen Rechenzentren und Servereinheiten auch im mittelständischen Bereich, um Energieverbräuche zu senken?

Gibt es nach Kenntnis der Bundesregierung in diesem Bereich Innovationen, deren Skalierbarkeit zur Marktreife noch untersucht werden muss?

Und wenn ja, unterstützt sie dies mit eigenen Fördermitteln?

Für die Errichtung und Sanierung von Gebäuden für Rechenzentren stehen Kommunen sowie gewerblichen und kommunalen Unternehmen bundesverbilligte KfW-Darlehen zur Verfügung, oft in Verbindung mit Tilgungszuschüssen bis zu 17,5 Prozent je nach Effizienzstandard. Die Förderprogramme sind im CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm (CO<sub>2</sub>-GSP) aufgelegt. Förderfähig sind energieeffiziente Neubauten und Komplettanierungen zum so genannten KfW-Effizienzhaus, aber auch verschiedene Sanierungs-Einzelmaßnahmen, z. B. zur Lüftung und Klimatisierung von Räumen oder effizienten Beleuchtung. Die Maßnahmen unterliegen technischen Mindestanforderungen, die die ordnungsrechtlichen Mindestanforderungen der Energieeinsparverordnung unterschreiten. Nicht mit dem Gebäude fest verbundene Anlagentechnik, z. B. Server (auch mit darin integrierter Kühlung), sind im CO<sub>2</sub>-GSP nicht förderfähig. Die Förderprogramme für Nichtwohngebäude wurden 2015 neu aufgelegt und sind seitdem sehr gut nachgefragt.

22. Gibt es Förderprogramme der Bundesregierung (außerhalb der Effizienzberatung), die die Nutzung energieeffizienter Hardware auch im Sinne von Servern und Rechenzentren anreizen, und wenn ja, welche sind das, und wie stellt sich der Mittelabfluss dar?

Hinsichtlich Forschung und Entwicklung sowie der Errichtung und Sanierung von Gebäuden für Rechenzentren wird auf die Antwort zu den Fragen 18 und 21 verwiesen.





