

# Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland

## – Kurzdarstellung –

Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie  
Projekt-Nr. 29/14

### Projektleiter:

Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration, IZM, Berlin  
Gustav-Meyer-Allee 25, 13355 Berlin

### Ansprechpartner:

Dr. phil. Lutz Stobbe (Dept. Environmental & Reliability Engineering)  
Tel: 030-46403-139  
Fax: 030-46403-131  
Email: lutz.stobbe@izm.fraunhofer.de

### Projektpartner:

Borderstep  
Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gemeinnützige GmbH  
Clayallee 323, D-14169 Berlin  
Dr. Ralph Hintemann

### Autoren:

Dr. Lutz Stobbe, Marina Proske, Hannes Zedel (Fraunhofer IZM)  
Dr. Ralph Hintemann, Dr. Jens Clausen, Dr. Severin Beucker (Borderstep)

**Datum:** 18.11.2015

# 1 Die Prognose im Überblick

Der elektrische Energiebedarf der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) ist in der letzten Dekade kontinuierlich angestiegen und entsprach im Jahr 2007 bereits mehr als zehn Prozent des bundesweiten Energiebedarfs. Diese negative Entwicklung wurde aufgrund mehrerer Studien auch international aktiv thematisiert. Im Rahmen der Europäischen Öko-design-Richtlinie wurden recht schnell für viele Produktgruppen Mindestanforderungen zur Energieeffizienz festgelegt. Gleichzeitig wurde dem Thema Energieeffizienz auch im Kontext von Rechenzentren und Telekommunikation aus Kostengründen zunehmend Aufmerksamkeit geschenkt.

Die vorliegende Studie präsentiert eine aktuelle Prognose des IKT-bedingten Energiebedarfs für Deutschland bis zum Jahr 2025. Sie schlüsselt den jährlichen Energiebedarf wesentlicher IKT-Anwendungsbereiche auf einzelne Produktgruppen auf und erläutert in diesem Zusammenhang auch spezifische Entwicklungsfaktoren. Hierzu zählen die technische und produktbezogene Marktentwicklung, das Nutzerverhalten und regulative Maßnahmen der Gesetzgeber. Betrachtet werden die IKT-Bereiche Rechenzentren, Telekommunikation, Arbeitsplatz-IT, Haushalte, IKT in Haushalten, IKT in der Öffentlichkeit und Gebäudeversorgung.

Auf Basis der vorliegenden aktuellen Berechnung ist der jährliche Energiebedarf der IKT in Deutschland im Zeitraum von 2010 bis 2015 von 56,0 TWh auf 47,8 TWh um etwa 15 Prozent gesunken. Dieser abnehmende Trend wird sich mittelfristig bis zum Jahr 2020 noch fortsetzen und dann von 45,2 TWh wieder leicht auf 46,2 TWh in 2025 ansteigen. Damit zeichnet sich grundsätzlich eine positive Entwicklung des IKT-bedingten Energiebedarfs ab.

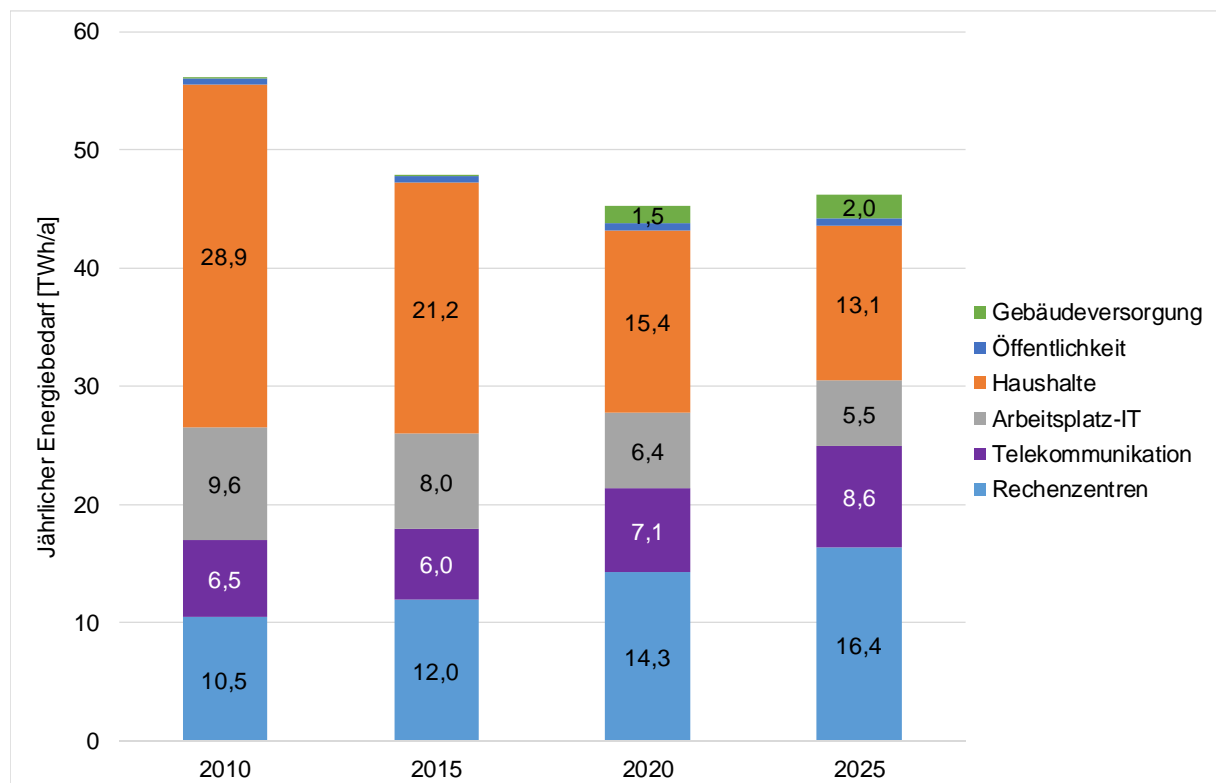


Abbildung 1-1: Elektrischer Jahresenergiebedarf der IKT in Deutschland 2010 – 2025 (Basisprognose)

In der Binnengliederung verdeutlicht sich die Ursache für den insgesamt rückläufigen Trend. Der Energiebedarf der IKT in Haushalten und an Arbeitsplätzen nimmt in den kommenden

Jahren weiterhin sukzessive ab und verringert sich von 2015 bis 2025 um gut ein Drittel. Gegenläufig hingegen ist der Trend in den Bereichen der Telekommunikation und Rechenzentren, wo mittelfristig aufgrund eines kontinuierlich steigenden Datenverkehrs der IKT-bedingte Energiebedarf trotz Ausschöpfung erheblicher Verbesserungspotentiale leicht ansteigen wird. Der Energiebedarf der Telekommunikationsnetze und Rechenzentren wird in Summe von 18 TWh im Jahr 2015 auf 25 TWh in Jahr 2025 ansteigen. Berücksichtigt wurde in der vorliegenden Basisprognose bereits die Implementierung vieler Energiesparmaßnahmen, da das Thema Green-IT einen hohen Stellenwert in Deutschland hat.

Die technischen, ökonomischen und nutzungsbezogenen Daten, welche die Berechnungsgrundlage für die aktuelle Prognose liefern, weisen in der langfristigen Entwicklung über den Prognosezeitraum von 2025 hinaus allerdings auch wieder auf einem leichten Anstieg des Energiebedarfs hin. Mit der weiteren Vernetzung von Sensoren und Steuerelementen beispielsweise in Gebäuden, in Fahrzeugen, in Anlagen der Landwirtschaft und Industrie wird das sogenannte Internet der Dinge geschaffen, welches ein erhöhtes Maß an Netzwerktechnik und Rechenleistung benötigt. Es werden immer mehr Daten automatisch erzeugt, übertragen, verarbeitet und gespeichert werden.

Diese Entwicklung könnte den IKT-bedingten Energiebedarf wieder ansteigen lassen. Allerdings sollte auch zur Kenntnis genommen werden, dass die fortwährende Steigerung der Effizienz (Kooomey's Gesetz) ein Merkmal der IKT-Branche ist. In der Technologie- und Produktentwicklung werden heute der effektive Einsatz und die effiziente Nutzung von IKT auch unter dem Energieaspekt weitaus konsequenter berücksichtigt. Beispiele hierfür sind lastvariable Mobilfunknetze oder durch Virtualisierung und Lastverschiebung hoch ausgelastete Rechenzentren. Wie die vorliegende Studie mittels vieler Detailinformationen verdeutlichen wird, wirken technische, ökonomische und nutzungsbezogene Faktoren vielfach gegenläufig auf den IKT-bedingten Energiebedarf. Die Studie hat damit das Anliegen, eine ausreichende Faktenlage zur Beurteilung des Status quo und künftiger Entwicklungen zu schaffen.

## **2 Kernbotschaften**

Der elektrische Energiebedarf der IKT in Deutschland ist in Summe rückläufig. Gegenüber dem Höchststand von 56 TWh im Referenzjahr 2010 wird bis zum Jahr 2025 ein Rückgang um etwa 10 TWh prognostiziert.

Diese substantielle Verbesserung begründet sich maßgeblich aus der technischen Optimierung von IKT-Endgeräten, insbesondere der deutlichen Reduktion der Leistungsaufnahme bei Fernsehern, Monitoren und Computern. Des Weiteren ist eine intensivere Nutzung energiesparenderer, konvergenter und mobiler Produkte wie Notebooks, Tablets und insbesondere Smartphones anstelle von Desktop PCs und anderen Geräten zu verzeichnen. In Summe benötigen IKT-Endgeräte im Jahr 2025 fast 20 TWh weniger elektrische Energie als noch im Jahr 2010.

Einen relevanten Einfluss auf diese positive Entwicklung hat die sukzessive Regulierung von Produkteigenschaften im Rahmen der Europäischen Ökodesign-Richtlinie sowie dem Europäischen Energielabel seit 2008. Neben einer produktübergreifenden Regulierung der elektrischen Leistungsaufnahme im Standby-Zustand wurden mit dem Energielabel insbesondere bei den Fernsehern rechtzeitig Anreize zur schnellen Einführung modernster LED-Technik geschaffen. Die Ökodesign-Richtlinie und das Energielabel haben sich damit als ein brauchbares Instrumentarium der Europäischen Energie- und Umweltpolitik erwiesen.

Auf technischer Ebene unterstützt das noch immer anhaltende Miniaturisierungsparadigma der Elektronikindustrie, das sogenannte Moore'sche Gesetz, die periodische Verbesserung

der Leistungsfähigkeit der IKT bei gleichbleibenden oder gar sinkendem Energiebedarf. Diese auf der Hardwareebene realisierte Energieeffizienz wird in der Produktgestaltung durch ein immer anspruchsvolleres Energiemanagement auf der Softwareebene noch weiter unterstützt. Aufgrund dieser konsequenten Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen wird in den kommenden Jahren das realisierbare Optimierungspotenzial im Bereich der IKT-Endgeräte aber auch etwas abnehmen, sodass sich die elektrische Leistungsaufnahme je nach technischen Parametern bzw. Gerätekonfiguration nur noch wenig verbessern wird.

Anders gestaltet sich die Entwicklung des Energiebedarfs bei den IKT-Infrastruktursystemen also in den Bereichen Rechenzentren und Telekommunikation. Hier wird es trotz sichtbarer Konsolidierungsmaßnahmen und erheblicher Anstrengungen im Bereich der Energieeffizienz mittelfristig dennoch zu einem Anstieg des jährlichen Energiebedarfs von etwa 17 TWh im Jahr 2010 und auf 25 TWh im Jahr 2025 kommen. Diese negative Entwicklung ist primär auf eine intensivere Internetnutzung zurückzuführen. Bei den internetbasierten Diensten führt gerade das Streaming von hochauflösenden Videos zu steigenden Datenvolumen, deren Bereitstellung insbesondere zu Spitzenzeiten am Abend technisch abgesichert werden muss.

So werden die Telekommunikationsnetze und viele Rechenzentren auf Spitzenlastzeiten ausgelegt, was dazu führt, dass in den weniger aktiven Phasen eine meist ineffizientere Überkapazität besteht. Ein lastadaptiver Betrieb, wie es die meisten Endgeräte heute durch ein schnelles automatisches Umschalten in Energiesparzustände beherrschen, ist bei Rechenzentrums- und Telekommunikationstechnik in dieser Einfachheit noch nicht möglich. Die verzugsfreie Bereitstellung von Rechenleistung und Netzwerkkapazität ist eine große Herausforderung für ein automatisiertes Energiemanagement.

In diesem Zusammenhang steht auch die ressourcenintensive Flächenabdeckung ländlicher Gebiete. Grundsätzlich sind Telekommunikationsanlagen in urbanen Gebieten besser ausgelastet und erzielen daher eine hohe Energieperformanz. Im ländlichen Bereich ist das Datenaufkommen meist deutlich geringer, aber die Kosten für die Telekommunikationsinfrastrukturen höher. Eine angemessene Dimensionierung, flexible Skalierung und bedarfsgerechte Bereitstellung von Bandbreite sind eine große Herausforderung. Die Energieeffizienz sollte beim Ausbau eine Schlüsselrolle spielen. Mit dem Beschluss der Bundesregierung bis 2018 flächendeckend mindestens 50 Mbit/s auszubauen, wird ein wichtiger Schritt in die richtige Richtung getan.

Tendenziell könnte das Internet der Dinge langfristig zu einem steigenden Energiebedarf der Telekommunikationsnetze und Rechenzentren beitragen. Mit der geplanten Vernetzung von Maschinen, Fahrzeugen, Elektrogeräten und Gebäudetechnik wird die Anzahl der netzwerkfähigen Objekte, d.h. Sensoren, Steuerelemente und Anzeigesysteme, nochmals deutlich steigen. Faktisch steigt der Netzwerkbedarf allein durch die Anbindung dieser Objekte an, da relativ unabhängig von der spezifischen Nutzung, der Signalisierungsaufwand in den IKT-Infrastruktursystemen zu Datenverkehr führt. Eine Herausforderung liegt auch insbesondere bei der drahtlosen Datenübertragung bzw. im Mobilfunk, wo es ein begrenztes Funkspektrum gibt. Die fünfte Mobilfunkgeneration (5G) soll dieses Problem lösen, aber derzeit ist dieser Standardisierungsprozess noch in der Entwicklung.

Rechenzentren und Telekommunikationsnetze werden nach heutiger Datenlage im Jahr 2025 fast die Hälfte des gesamten IKT-bedingten Energiebedarfs ausmachen. Dabei wird bereits berücksichtigt, dass der technische Fortschritt auch weiterhin in regelmäßigen Abständen eine Leistungsverbesserung auf Komponentenebene generiert, schrittweise das Power Management weiterentwickelt und damit auch softwareseitig die Energieeffizienz verbessert wird. Durch die weitere Miniaturisierung von Elektronikkomponenten, der verstärkten

Nutzung von optischen Technologien zur Datenübertragung auch innerhalb von Geräten (Silicon Photonics), der Einführung nichtflüchtiger Speicher im gesamten Applikationsspektrum, sowie der Implementierung höchst effizienter Stromversorgungssysteme wird die benötigte Energie bereits deutlich reduziert. Gleichzeitig werden auch die Energiewandlungsverluste minimiert, was den Energiebedarf des externen Klimatisierungsaufwand ebenfalls reduziert. Trotz allem bleibt das Thema Energieeffizienz in fast allen Anwendungsbereichen weiterhin aktuell, da die Potenziale der IKT-Anwendung noch lange nicht ausgeschöpft sind.

Was ist zu tun? Vor dem Hintergrund der sich abzeichnenden positiven Entwicklungen könnte der Eindruck entstehen, dass dem Thema „Energieeffizienz der IKT“ keine weitere Beachtung geschenkt werden muss. Diese Schlussfolgerung wäre falsch; einerseits weil die IKT-Infrastrukturen ausgebaut werden müssen, um den steigenden Datenverkehr zu bewältigen, und andererseits, weil die vernetzten Endgeräte im Zusammenspiel mit der Telekommunikationsinfrastruktur optimiert werden sollten, um der Netztechnik ein effizientes Energiemanagement zu ermöglichen.

Aus den Erfolgen der Ökodesign-Richtlinie bei den Endgeräten lernen wir, dass eine umfassende, technische und ökonomische Produktanalyse die Grundlage bildet für die Identifizierung von Verbesserungsoptionen und insbesondere für die Quantifizierung von Energieeffizienzzielen. Eine periodische Überprüfung des technischen Entwicklungsstandes und der realen Situation im Anwendermarkt ist angeraten, um möglichen Fehlentwicklungen frühzeitig entgegenwirken zu können. Auch wird eine Erweiterung des Produktspektrums bei der Analyse des IKT-bedingten Energiebedarfs empfohlen. Im Blickpunkt stehen dabei zum Beispiel das Internet der Dinge, Elektromobilität, Industrie 4.0.

Der Ausbau breitbandiger Kommunikationsnetze einschließlich eines erweiterten Funkspektrums wird zu einem wesentlichen Faktor für ein energieeffizientes Internet der Dinge. Der softwareseitigen Gestaltung eines Internet der Dinge kommt eine besondere Rolle zu. Beispielsweise wirkt sich der oft unbedacht erzeugte hohe Signalisierungsaufwand vieler Mobilfunkapplikationen (Apps) äußerst negativ auf die Energiesparaktivitäten der Telekommunikationsnetzbetreiber aus. Die Softwareentwickler müssen auf allen Softwareebenen, vom eingebetteten System bis zur Anwendungssoftware, die bestmögliche Energieeinsparung unterstützen. Unter dem Stichwort „Grüne Software“ werden Grundlagen diesbezüglich durch diverse Forschungsaktivitäten geschaffen.

Die Studie zum IKT-bedingten Energiebedarf sollte in kürzeren Zeitintervallen wieder durchgeführt werden und dabei eine Erweiterung des Produktspektrums erfolgen um frühzeitig Transparenz zum Energiebedarf des Internet der Dinge bzw. des Industriellen Internets (Industrie 4.0) zu schaffen.