

# Jenseits von Science Fiction: Wie der IT-Einsatz den CO<sub>2</sub>-Ausstoss beeinflusst

Peter Marwedel, Technische Universität Dortmund, Informatik 12  
Gregor Gonsior, VDI-Kompetenzfeld Informationstechnik

UN-Generalsekretär Ban Ki Moon wählte bei der Präsentation des Weltklimareports am 17. November in Valencia sehr deutliche Worte: Sein Appell an die Politiker, in dem er zum entschlossenen und schnellen Handeln aufrief, wurde gehört und verstanden. Die Auswirkungen des Klimawandels – der durch den Ausstoß von Treibhausgasen beeinflusst wird – sind dramatisch und kaum noch abzuwenden. Ban Ki Moon sprach von Szenarien, die sonst nur von Science Fiction-Filmen bekannt sind. Es bleibt nur noch wenig Zeit zum Handeln.

Bei der Betrachtung der Handlungsoptionen, müssen alle Lebensbereiche auf ihren Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Produktion durchleuchtet werden. Die große Herausforderung einer globalen und deutlichen Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes in den kommenden Jahren wird nur dann zu meistern sein, wenn richtige und weitreichende Maßnahmen ergriffen werden – auch solche die in der Politik und Öffentlichkeit unpopulär sind.

Bei der Energieumwandlung lässt sich selbstverständlich am meisten erreichen, wenn das Verbrennen fossiler Energieträger reduziert oder die Freisetzung der dabei entstehenden Treibhausgase verhindert wird. Genauso wichtig ist es aber, alle Energienutzer auf ihre Einsparpotenziale hin zu durchleuchten. Die Informationstechnologie (IT) gehört inzwischen zu den bedeutenden Energieverbrauchern. Allerdings sind die Auswirkungen der Nutzung der Informationstechnologien auf den CO<sub>2</sub>-Ausstoss bislang wenig bekannt und noch weniger untersucht. Bei bisherigen Diskussionsbeiträgen zu diesem Thema wurde der Fokus sehr häufig auf den Stromverbrauch der IT-Endgeräte und der IT-Infrastruktur gelenkt – was jedoch nur ein Teilaspekt der Problematik sein kann.

## **1. IT-Betrieb als Verursacher von CO<sub>2</sub>-Ausstoss**

Der Betrieb der IT-Infrastrukturen ist in etwa so energieaufwändig, wie der weltweite Flugverkehr, so die Schätzungen der Gartner-Group. Marktforscher von Gartner gehen davon aus, dass rund **2 Prozent der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen** auf den IT-Betrieb entfallen. Von diesen Emissionen entstehen 23 % in Rechenzentren und 40% durch den Betrieb von PC's und Monitoren. [<http://www.heise.de/newsticker/meldung/97276>].

Allerdings gibt es immer wieder Schätzungen, die deutlich andere Zahlen hervorbringen. Im Rahmen der **Initiativen zur Steigerung der Effizienz von Servern und Rechenzentren in Unternehmen** hat die amerikanische Environmental Protection Agency (EPA) einen Bericht an den US-Kongress verfasst, der neben zahlreichen anderen Maßnahmen auch vorschlägt, die Energieeffizienz von Servern im Alltagsbetrieb überhaupt erst einmal regelmäßig und standardisiert zu erfassen [*Report to Congress on Server and Data Center Energy Efficiency Public Law 109-431, U.S. Environmental Protection Agency ENERGY STAR Program, August 2007*].

Die von der EPA im Sommer 2007 gestartete Initiative „Energy Star 4.0“ wird unter anderem von Intel, IBM, Hewlett-Packard, AMD und Dell unterstützt und hat eine deutliche Reduzierung der Leistungsaufnahme der PC-Hardware zum Ziel. Mit „Energy Star 4.0“ werden verschiedene (praxisgerechte) Betriebsmodi und Gerätekategorien eingeführt, um hierfür Zielgrößen für die Leistungsaufnahme zu definieren. Ein gut ausgerüsteter Desktop-PC (z.B. für Multimedia-Anwendungen) sollte demnach nicht mehr als 95 W

Leistungsaufnahme im IDLE-Betrieb aufweisen. Der IDLE-Betrieb ist dann gegeben, wenn das System mit dem dazugehörigen Betriebssystem ohne weitere Applikationen, also im „Leerlauf“, läuft. Typische Systeme in dieser Kategorie haben heute IDLE-Leistungsaufnahmen von 120-130 W. Unter Volllast kann sich diese Leistungsaufnahme durchaus verdoppeln. Ein immer größerer Stromverbraucher in einem solchen PC-System ist die performante Grafikkarte. Durch gezielte Auswahl der Komponenten (effiziente Prozessoren, Netzteile und eine *on-board*-Grafik) lassen sich allerdings bereits heute PCs (ohne Monitor) mit einer IDLE-Leistungsaufnahme unter 50 W zusammenstellen.

Verschiedene Techniken zur Reduktion der Leistungsaufnahme (z.B. durch Reduktion der Betriebsspannung bei geringer Last) - ursprünglich vielfach für den Bereich der Eingebetteten Systeme entwickelt – finden nun auch Einzug in Desktop-Systeme. Der Trend der Anwender zum Ersatz des Desktops-PCs durch ein Notebook wirkt ebenfalls positiv auf die Senkung des Energieverbrauchs, da hier im Schnitt um 50-60% geringere Leistungsaufnahmen festzustellen sind.

Eine Anpassung der Systemkonfiguration an die tatsächlichen Anforderungen des Arbeitsplatzes kann ebenfalls einen wesentlichen Sparbeitrag leisten. An typischen (PC-) Arbeitsplätzen, wird heute nur eine Verbindung zum Applikationsserver bzw. ins Internet benötigt. Die Nutzung von energieeffizienten *thin clients* ist hier sehr empfehlenswert - eine nicht ganz neue Idee, die allerdings durch die Klimadebatte nun neu argumentiert werden kann. Ganz nebenbei können *thin clients* in der Regel auch einfacher administriert werden und sind deutlich „sicherer“.

Die energieeffiziente Gestaltung von Software ist bislang ein sehr wenig beachtetes Feld. Eine mit vielen „Komfortfunktionen“ überfrachtete Applikationssoftware oder ein „aufgeblähtes“ Betriebssystem führen zwangsläufig zu höheren CPU-Auslastung und somit zum unnötigen Energieverbrauch. Im Bereich der „eingebetteten Systeme“, wo schon immer ein geringer Energieverbrauch ein Optimierungsziel für Software gewesen ist, wurden entsprechende Modellierungen vorgenommen, um den Leistungsbedarf einzelner Anweisungen auf der Ebene der Assemblerbefehle zu berechnen. Für die auf unseren Arbeitsplatzrechnern laufende Software werden Betrachtungen dieser Art kaum vorgenommen.

In großen Rechenzentren und Serverfarmen ist der sparsame und effiziente Umgang mit der benötigten elektrischen Energie ein sehr wichtiges Thema, denn die Stromverbräuche der Server, Netzwerke und der nötigen Klimatisierung tragen wesentlich zu den Gesamtkosten bei. Im Detail können auch bautechnische und logistische Maßnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs der IT-Infrastruktur beitragen. Eine Möglichkeit der echten Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes liegt z.B. in der Platzierung von großen Rechenzentren in der Nähe von Kraftwerken, da so Leistungsverluste reduziert werden.

## **2. CO<sub>2</sub>-Produktion bei der Herstellung von IT-Geräten**

Die Herstellung von Rechnern ist extrem energieintensiv. Nach R. Kühr und E. Williams [R. Kühr und E. Williams: *Computer and the Environment – Understanding and Managing their Impacts*, Kluwer, 2003] ist für die Herstellung eines PCs einschließlich Röhrenmonitors ein Energieaufwand in Höhe von 1500 kWh notwendig, wobei in dieser Zahl aber nur der Produktionsprozess und nicht der Transport verschiedener Stoffe enthalten ist. Diese Zahl wäre für die Verwendung von Flachbildschirmen und hinsichtlich des Aufwands für den Transport noch einmal zu überprüfen. Größenordnungsmäßig dürfte der gesamte Energieaufwand pro PC in der Nähe des Verbrauchs an elektrischer Energie pro Kopf und Jahr in Deutschland liegen (3700 kWh). Das bedeutet, dass jeder neue PC die Atmosphäre näherungsweise entsprechend der gesamten durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Produktion pro Kopf und Jahr unserer Bevölkerung belasten dürfte.

Hieraus lassen sich Empfehlungen ableiten, die volkswirtschaftlich sinnvoll sind, aber die Hardware-Hersteller ggf. wirtschaftlich herausfordern: Die Nutzungsdauer von IT-Geräten sollte verlängert werden. Ein typischer Arbeitsplatz-PC erreicht eine Nutzungsdauer von rund 4 Jahren [Quellen?], während das durchschnittliche Alter der genutzten Personenkraftwagen bei mehr als 7 Jahren liegt. Hersteller von IT-Hardware- und Hersteller von Betriebssystemsoftware können durch entsprechendes Design ihrer Produkte dazu beitragen, dass längere Nutzung möglich wird, z.B. durch bessere Möglichkeiten der Erweiterbarkeit oder durch anpassbare Betriebssysteme. Nicht jede „Komfortfunktion“ ist tatsächlich eine Innovation und ein vermeintlicher Komfort trägt nicht immer dazu bei, dass der Umgang des Anwenders mit seinem IT-Gerät einfacher wird.

### **3. Reduktion der CO<sub>2</sub>-Produktion durch IT-Einsatz**

Der Einsatz der Informationstechnologie führt andererseits in sehr vielen Bereichen zu einem effizienten Energieeinsatz und somit zur Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes. Beispiele dafür liegen etwa bei der intensiven Nutzung von IT-Werkzeugen für die Konstruktion und die Simulation sowie beim „intelligenten“ Management des Betriebs von Maschinen, Anlagen oder Systemen:

- Mittels IT gelingt die Konstruktion schadstoffärmerer und energieeffizienterer Systeme. Beispiele dafür sind moderne Verbrennungsmotoren, die nur durch den Einsatz von Konstruktions- und Simulationssoftware die heute üblichen Standards erreichen.
- IT trägt während des Betriebes von Systemen zur Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes bei. Beispiele dafür sind moderne Klimaregelungen oder die Steuerung von Produktionsprozessen, die durch Modellierung und Analyse des Prozessverlaufs energieeffizienter gestaltet werden können. Die Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie soll künftig mit Hilfe von IT dezentraler organisiert sein, um so Verteilungsverluste zu reduzieren und Energiereserven zu nutzen (siehe hierzu die Ausschreibung „E-Energy“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie). Große, noch weitgehend ungenutzte Potenziale ergeben sich durch eine intelligente Lenkung der Verkehrsströme (z.B. gleichmäßigere Auslastung von Autobahnen und Stauumfahrungen durch künftige Car-To-Car-Datenübermittlung).

Darüber hinaus könnte IT einen erheblichen Beitrag zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Produktion bei der Neugestaltung von Geschäftsprozessen leisten:

- Die Verteilung von Dokumenten erfolgt heute bereits vielfach elektronisch. Weitere Schritte wären möglich, wenn gesicherte Authentifizierungstechniken weit verbreitet wären. Die Vision vom „papierlosen Büro“ aus den 1990'er Jahren hat sich in der Praxis kaum umsetzen lassen – hier bestehen jedoch große Potenziale zur Reduzierung des Papierverbrauchs. Geeignete IT-Systeme und organisatorische Maßnahmen können hier viel bewirken.
- Durch die Nutzung der Telekommunikationstechniken (speziell der breitbandigen Internetverbindungen) gibt es bereits heute vielfach die Möglichkeit zur Mitarbeit an bestimmten Geschäftsprozessen von entfernten Standorten aus. Die elektronische, internetbasierte Kollaboration vermindert den Pendler- und Reiseverkehr und hat dadurch das Potenzial zur deutlichen Reduktion der verkehrsbedingte CO<sub>2</sub>-Produktion. Vor dem Hintergrund der Globalisierung der Wirtschaft wird die Nutzung dieses Potenzials immer wichtiger.

### **4. Der CO<sub>2</sub>-„Fußabdruck“**

Die Sorge um die globale Erwärmung führt dazu, dass vermehrt auf den Beitrag von Produkten zur Erzeugung von CO<sub>2</sub> geachtet wird. In einzelnen Fällen gibt es bereits konkrete Zahlenangaben. Es ist durch aus möglich und wahrscheinlich, dass Produkte künftig nicht nur hinsichtlich ihrer Inhaltsstoffe und hinsichtlich der Recyclingmaßnahmen gekennzeichnet

werden. In Erweiterung der Energieeffizienzklassen von z.B. Kühlschränken und Waschmaschinen ist eine allgemeine Kennzeichnung hinsichtlich des Energieverbrauchs bei der Herstellung und dem Betrieb von Geräten denkbar. Eine solche Angabe würde als „CO<sub>2</sub>-Fußabdruck“ für Produkte verfügbar gemacht werden (siehe ZEIT-Artikel „der Fußabdruck des Surfers“ vom 9.8.2007). Eine entsprechende Kennzeichnung könnte z.B. zur verstärkten Nutzung heimischer Produkte führen.

Die entsprechenden Daten der Produkte müssten erfasst, gespeichert und entlang der Produktionskette weitergereicht werden. Dies kann nur durch den Einsatz von Datenbanken und eine geeignete IT-Unterstützung effizient erfolgen.

## **5. Indirekte Effekte**

IT besitzt neben den direkten Effekten auf die CO<sub>2</sub>-Produktion eine große Zahl indirekter Effekte, deren genauer Einfluss schwer zu quantifizieren ist. Hat etwa ein Internetbenutzer Informationen über eine ferne Region erhalten oder per Internet zu jemandem Kontakt aufgenommen, so kann der Wunsch entstehen, diese Region oder diese Person auch zu besuchen. Erhält derselbe Nutzer Information über ein Produkt, so kann der Wunsch entstehen, dieses Produkt zu besitzen.

Andererseits können aber auch Effekte eintreten, welche die Befriedigung der Bedarfe (z.B. Reisen, Besitz von Gütern, Kommunikation) zunehmend auf die virtuelle Ebene verschieben, so dass die physische Anwesenheit oder auch die Herstellung der (echten) Güter nicht mehr nötig sein werden. Inwieweit eine solche virtuelle Welt (z.B. „Second Life“) sich auf Dauer etabliert und mehr als nur eine Spielanwendung wird, ist derzeit nicht zu übersehen. Diese Beispiele machen deutlich, dass sich die indirekten Effekte wohl nie ganz ermitteln lassen.

## **Zusammenfassung**

Die Messung und Bewertung der Auswirkungen des IT-Einsatzes auf den CO<sub>2</sub>-Ausstoß sind im volkswirtschaftlichen Maßstab schwierig. Wird eine Bilanzierung angestrebt, so kann vermutet werden, dass der Einsatz der Informationstechnologie eher den CO<sub>2</sub>-Ausstoß verringern hilft, aber ein Beweis dafür ist kaum zu führen.

Als wichtiger Energieverbraucher muss die Informationstechnik weiterhin um die Erhöhung der Effizienz des Energieeinsatzes bemüht sein. Hier sind ganzheitliche Betrachtungen nötig, die nicht nur den Leistungsbedarf im Betrieb, sondern auch die nötige Energie zur Entwicklung, Produktion, Verteilung und Entsorgung von IT-Geräten berücksichtigen.

Ein wesentlicher Beitrag zur Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes beim Einsatz der IT kann durch ihre Nutzer geleistet werden. Sowohl die Anpassung der Leistungsklasse der IT-Geräte an die tatsächlichen Anforderungen des Arbeitsplatzes, als auch die Verlängerung der Nutzungsdauer kann in vielen Fällen sinnvoll sein. Alle Maßnahmen zur Verringerung des Energieverbrauches am Einsatzort sollten ebenfalls umgesetzt werden – z.B. Abschaltung der Geräte bei längeren Arbeitspausen.

Zur besseren zukünftigen Quantifizierung der Zusammenhänge zwischen CO<sub>2</sub>-Produktion und IT-Einsatz sind noch erhebliche Forschungsanstrengungen nötig. Im VDI-Kompetenzfeld Informationstechnik entsteht derzeit ein Positionspapier, in dem zunächst Fakten und Studien zu den geschilderten Zusammenhängen zusammengetragen und analysiert werden. Auf der Grundlage dieses Papiers sollen die Schwerpunkte identifiziert werden, an denen man mit detaillierten Untersuchungen und Forschungsvorhaben ansetzen muss, um die Informationstechnik bei der nötigen Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes richtig zu positionieren.