

Energietrends der globalen IuK-Systeme

Prof. Gerhard Fettweis, Dr. Ernesto Zimmermann
TU Dresden
10.1.2008

Selten hat sich durch technische Erfindungen das Leben der Menschen so schnell und umfassend gewandelt wie durch die massenweise Nutzung des Internet und der Mobilkommunikation in den letzten zwei Jahrzehnten. Das erste Gespräch über ein GSM-Handy¹ wurde 1991 in Finnland geführt – 15 Jahre später gab es bereits über 2 Mrd. GSM-Nutzer² und im November 2007 besaß (statistisch gesehen) jeder zweite Erdenbewohner ein Mobiltelefon³. Im gleichem Zeitraum stieg die Anzahl der Server im Internet um den Faktor 1000: von 376 Tausend auf 395 Millionen⁴. Treibende Kraft für diese beiden Entwicklungen war und ist „Moore’s Law“, demzufolge sich sowohl die Rechenleistung der Prozessoren als auch die Kapazität Massenspeichern in etwa alle 18 Monate verdoppelt⁵ und damit die Nutzung immer leistungsfähigere Systeme für den Massenmarkt attraktiv werden lässt. Um die exponentiell steigende Menge an bereitgestellten Daten in akzeptabler Zeit zum Nutzer transportieren zu können, steigen die Datenübertragungsraten sowohl im Internet als auch im Mobilfunk (inkl. WLAN) mit der gleichen Geschwindigkeit – circa um einen Faktor 10 alle 5 Jahre⁶.

Viele große Errungenschaften unserer heutigen Welt basieren auf der durch die Mikroelektronik ermöglichten weltweit erfolgreichen Informationstechnologie. In den letzten Jahren war sie für den enormen wirtschaftlichen Boom der sich entwickelnden Länder wesentlich mit verantwortlich. Anstatt eines „Digital Divide“ zwischen ersten und dritter Welt hat es bisher zum Gegenteil geführt.

Ein Preis für dieses enorme Wachstum ist ein steigender Energiebedarf der Informations- und Kommunikationssysteme (IuK) – wenn auch mit wesentlich geringerem Tempo als „Moore’s Law“. Sowohl für Serverfarmen als Haupt-Knotenpunkte des Internet, als auch in der Mobilkommunikation lässt sich in den letzten Jahren ein Anstieg des Energiebedarfs um ca. 16-20% pro Jahr beobachten⁷, was einer Verdoppelung aller 4-5 Jahre entspricht. Als Resultat dieser Entwicklung verbrauchen Serverfarmen mittlerweile rund 180 Milliarden kWh pro Jahr – über 1% des weltweiten Strombedarfs⁸. Die Basisstationen und Netze der Mobilfunkbetreiber kommen auf rund 60 Mrd. kWh pro Jahr⁹. Zusammen entspricht das 27 Kraftwerken mit einer Leistung von 1 Gigawatt, bzw.

¹ GSM = Global System for Mobile Communications, Mobilfunk der 2. Mobilfunkgeneration

² Quelle: GSM World: <http://www.gsmworld.com/>

³ Quelle: <http://investing.reuters.co.uk/news/articleinvesting.aspx?type=media&storyID=nL29172095>

⁴ Quelle: ISC <http://www.isc.org/index.pl?ops/ds/host-count-history.php>

⁵ Die „ITRS Roadmap“ der Halbleiterindustrie wird häufig als „Moore’s Law“ bezeichnet

⁶ Quelle: Gerhard Fettweis, „WIGWAM: System Concept for 1 Gbit/s and Beyond“, IEEE 802 Plenary Meeting, Vancouver, Canada, November 2005

⁷ Quellen: Jonathan G. Koomey, „Estimating Total Power Consumption by Servers in the U.S. and the World“, Feb. 2007; Vodafone Corporate Social Responsibility Reports 2001/02 bis 2005/06

⁸ Basierend auf den Daten von Koomey und einer 20%-igen Steigerung jeweils für 2006 und 2007

⁹ Quelle: ABI Research

fast 10% des weltweit durch Kernkraftwerke produzierten Stroms¹⁰. Dies ist äquivalent zu einem CO₂-Ausstoß von ca. 130 Mio. t / Jahr, in etwa vergleichbar mit den von ganz Belgien¹¹ verursachten CO₂-Emissionen. In den Serverfarmen standen 2005 allerdings „nur“ 27 Mio. Rechenknoten – im Vergleich zu über 300 Mio. Hosts im gesamten Internet (heute sind es fast 500 Mio⁴). Der Gesamt-Strombedarf des Internets (inkl. aller Router etc.) dürfte also noch weit über dem der Serverfarmen an sich liegen. Rechnet man den Verbrauch durch die Infrastruktur der Mobilfunknetze, des Festnetzes und des Internet (außerhalb und innerhalb der Serverfarmen) zusammen, so erscheint ein Anteil von 3% an der weltweit konsumierten Elektroenergie noch als konservative Schätzung. Doch dieser Prozentsatz ist noch relativ niedrig im Vergleich zu der Menge an Strom, die durch die IuK-Technik insgesamt in privaten Haushalten und den Büros der Unternehmen konsumiert wird, insbesondere durch Laptops, Desktop-PCs und Bildschirme. In Deutschland summierte sich der Verbrauch der IuK-Systeme schon 2001 auf 38 Mrd. kWh – 8% des Gesamtstrombedarfs¹². Durch das starke Wachstum im IuK-Bereich dürfte dieser Anteil mittlerweile jenseits von 10% liegen, wie durch neueste Studien aus Großbritannien bestätigt wird¹³. Welch immensen Einfluss die IuK-Systeme auf die Energieversorgungslage haben, lässt sich an den folgenden 3 Fakten ablesen:

- Gegenwärtig machen Serverfarmen und Telekommunikationsinfrastruktur etwa 3% des weltweiten Strombedarfs aus. Hält der gegenwärtige Wachstumstrend von 16% pro Jahr an, wie die Zunahme des Internetverkehrs¹⁴ und der Anzahl an Mobilfunkteilnehmern nahelegt¹⁵, so steigt dieser Verbrauch innerhalb von 23 Jahren auf das 30-fache: das Niveau des heutigen Weltstrombedarfs. Die von der WEC prognostizierte Verdoppelung der weltweit konsumierten Elektroenergie bis 2050¹⁶ würde also allein durch Serverfarmen und Telekommunikationsinfrastruktur schon 20 Jahre eher, 2030, erreicht werden.
- 10% des Stromverbrauchs von Nordamerika, Westeuropa und Japan zusammen entsprechen knapp 900 Mrd. kWh pro Jahr bzw. der gesamten in Mittel- und Südamerika produzierten Elektroenergie¹⁷. Um den informationstechnischen Standard der o.g. Länder auf die ganze Welt auszudehnen, wären bereits heute 40% der weltweiten Kraftwerksleistung notwendig¹⁸ und in weniger als 10 Jahren würde die gesamte existierende Kraftwerksleistung für den Betrieb nicht mehr

¹⁰ Quelle: Energy Information Administration; 2'600 Mrd. kWh aus Kernkraftwerken in 2005

¹¹ Quelle: UNstats, Millenium Development Goal Indicators

¹² Quelle: Fraunhofer ISI Studie „Der Einfluss moderner Gerätegenerationen der IuK-Technik auf den Energieverbrauch in Deutschland bis zum Jahr 2010“, 2003

¹³ Quelle: Report « An inefficient truth » von Global Action Plan

<http://www.globalactionplan.org.uk/upload/resource/Exec-Summary.pdf>

¹⁴ Quelle: Atsushi Ogasawara « Energie Issues Confronting the ICT Sector », Science & Technology Trends Quarterly Review, No. 21, Oktober 2006; hier wird von einer Steigerung von 40% / Jahr über die nächsten Jahre ausgegangen

¹⁵ Allein in Indien gibt es pro Monat 8 Millionen neue Mobilfunkteilnehmer:

<http://www.trai.gov.in/trai/upload/PressReleases/511/pr22nov07no96.pdf>

¹⁶ Quelle: World Energy Council, http://www.worldenergy.org/documents/scenarios_study_es_online.pdf

¹⁷ Quelle: Energy Information Administration; Nordamerika, Westeuropa und Japan produzierten 2005 zusammen ca. 8'600 Mrd. kWh, Mittel- und Südamerika 909 Mrd. kWh

¹⁸ Westeuropa, USA, Kanada und Japan haben zusammen derzeit 860 Mio Einwohner, 13% der Weltbevölkerung (Quelle: CIA World Factbook, Schätzungen für Juli 2007); der weltweite Stromverbrauch betrug 2005 15'810 Mrd. kWh (Quelle: Energy Information Administration)

ausreichen¹⁹. Allein dieses Energieversorgungsproblem führt zu einem „Digital Divide“ zwischen Schwellenländern und der entwickelten Welt.

- Die derzeit global durch IuK-Systeme verursachten CO₂-Emissionen entsprechen jetzt schon über 2% der weltweiten CO₂-Emissionen²⁰, und damit
 - 2/3 des gesamten CO₂-Ausstosses von Deutschland¹¹
 - 1/1 des durch den internationalen Flugverkehr verursachten CO₂-Emissionen²⁰
 - 1/4 der weltweit durch PKW erzeugten CO₂-Emissionen²¹

Fazit: IuK ist die zentrale Stütze, auf die unsere heutige Volkswirtschaft aufbaut, und die zum wirtschaftlichen Erfolg der Entwicklungs- und Schwellenländer führt. Als neue Herausforderung zur Steigerung der Datenrate müssen nun Lösungen erarbeitet werden, wie mittelfristig das wirtschaftlich elementar notwendige Wachstum der IuK ohne zusätzlichen Aufbau an Kraftwerkskapazität erfolgen kann!

¹⁹ Basierend auf 16% Wachstum der in den 10% für IuK enthaltenen 3% für Serverfarmen und TK-Infrastruktur; es wurde mit 13% Anteil der o.g. Staaten an Weltbev. gerechnet – als obere Schranke

²⁰ Laut einer Studie von Gartner Research erzeugten IuK-Systeme mindestens 2% des weltweiten CO₂-Ausstoßes: http://blog.businessgreen.com/2007/04/it_as_polluting.html, Stand April 2007

²¹ PKW verursachen ca. 45% der durch Transport insgesamt verursachten CO₂-Emissionen, also in etwa 9% der Gesamt-CO₂-Emissionen; Quelle: <http://www.germanwatch.org/klak/cd/2-c-prod.htm>