ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

cepe
Centre for Energy Policy and Economics
Department of Management, Technology and Economics

Der Beitrag von Green IKT zur Energiewende: Facts und Vision

Dr. Bernard Aebischer, CEPE/ETH Zürich

Green IT für eine nachhaltige Welt

Informationstagung der Schweizer Informatik Gesellschaft, LifeFair, Zürich, 27. September 2011

Inhalt

1. «Green IKT»?
2. Massnahmen und Instrumente zum «Grünen» der IKT
3. Facts: Energieverbrauch von IKT
4. More Facts und Vision: mit IKT zur Energiewende

What to do? → Diskussion?

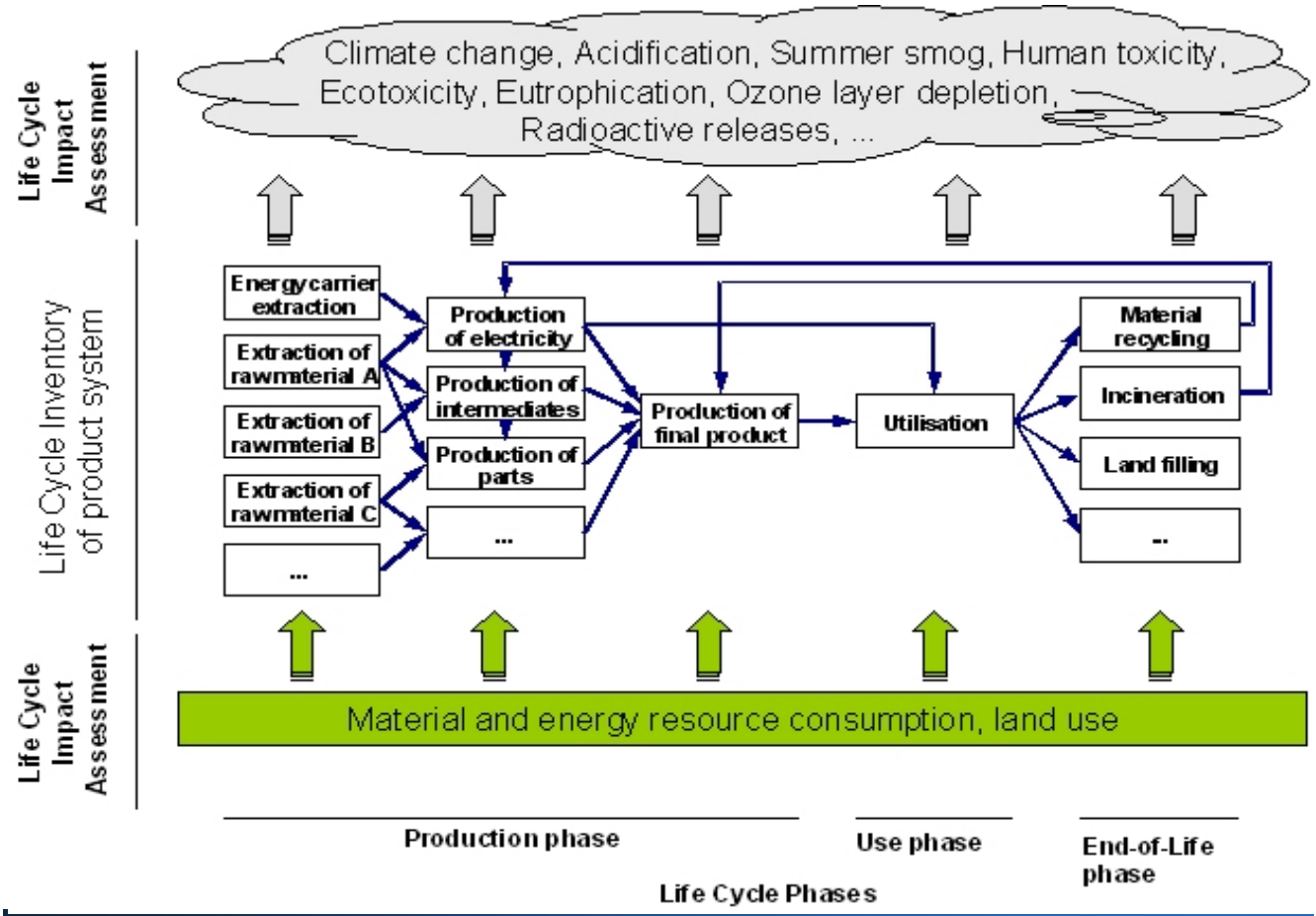
1. «Green IKT»?

«Grün» = «öko» = minimaler Ressourcenverbrauch und minimale negative Auswirkungen auf die Umwelt und den Menschen «von der Wiege bis zur Bahre»

- Ressourcenverbrauch, z.B. Energie, Wasser, Materie, …
- Umweltbelastung, z.B. CO_2 und andere Treibhausgase, SO_2 und $SO_{2äq,}$ VOC, Schwermetalle (z.B. Quecksilber), Radioaktivität

Mass von «öko» → Ökobilanzen / LCA → UBP; EIP'99; …

- Energie
- Treibhausgase
- Masse



1. «Green IKT»?

«Grün» = «nachhaltig» = Umwelt, Gesellschaft, Wirtschaft

- Gesellschaft, z.B. Arbeitsbedingungen bei Herstellung
- Wirtschaft, z.B. Entwicklung → ICT4D → http://www.northsouth.ethz.ch/news/future_events/denkplatzentwicklung/Oeffentliche_Events/Jahrestagung_NSC

Messung von «nachhaltig» ? Viele Indikatoren, z.B. «Monet» = 80 Indikatoren und16 Schlüsselindikatoren.
http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/21.html

Energie, für öko und für nachhaltig ein guter Indikator (z.B. 2000 Watt Gesellschaft!).

1. «Green IKT»?

Öko + nachhaltig!

Grün in IKT + grün durch IKT

- Grüne IKT
  - Hardware (Endgeräte und Infrastruktur zu deren Betrieb)
  - Software
  - Art und Menge der IKT-Dienstleistung
  - → **2. Zum «Grünen» der IKT**
  - → **3. Energieverbrauch von IKT**

- Durch IKT grünere andere Dienstleistungen und Produkte/Güter
  - Effizientere und sauberere Prozesse,
  - Neue Produkte und Dienstleistungen: e-economy; Dematerialisierung
  - → **4. Mit IKT zur Energiewende**

2. Zum «Grünen» der IKT

Endgeräte für Privatpersonen und Betriebe

- Beschaffung
- Nutzung / Betrieb
- Entsorgung (Beseitigung, Verwertung)

Infrastruktur zum Betrieb der Endgeräte

- Die «unsichtbaren» Energieverbraucher berücksichtigen
- und grüner konzipieren, planen, bauen, betreiben und erneuern

2. Zum «Grünen» der IKT

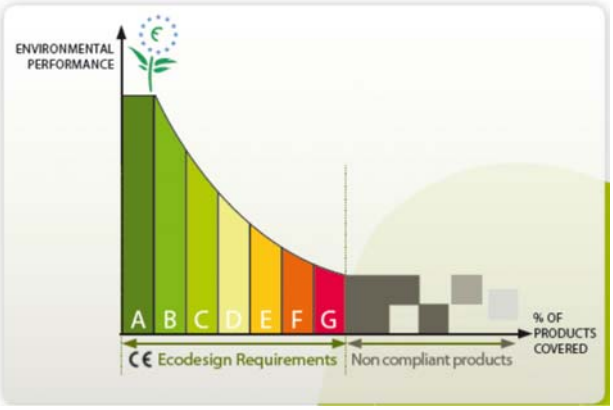
→ http://greenit.s-i.ch/index.php?section=home

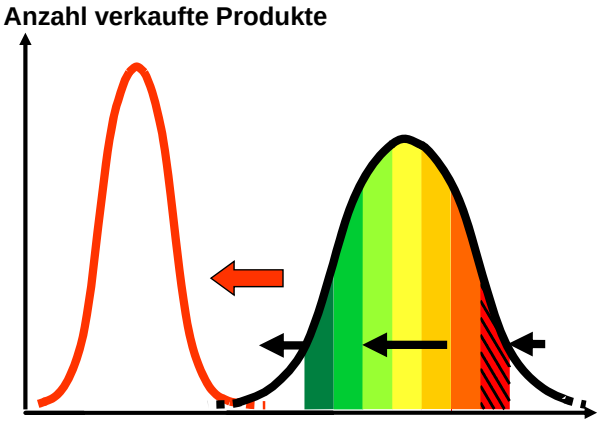
Im Folgenden einige Ergänzungen

2. Zum «Grünen» der IKT

Beschaffung von grünen Endgeräten: Idealfall

- Umwelt-**Etikette**
- Minimale **Anforderung** betr. Umweltqualität
- + begleitende Massnahmen, z.B. Information, Subventionierung, Beschaffungsrichtlinien, …





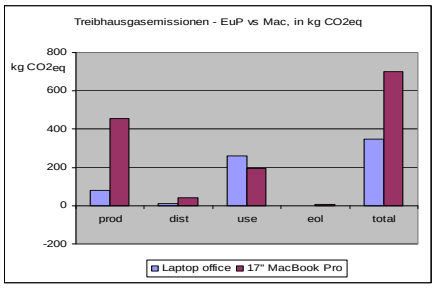
Quelle: Schmid, EnergieSchweiz; zitiert in Aebischer, 2010/2

Quelle: http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sustainable-business/ecodesign/files/brochure_ecodesign_en.pdf

2. Zum «Grünen» der IKT

Beschaffung von grünen Endgeräten: heute

- Bedarf? Wie schnell, wie gross, wie «smart»?
- Heute oder später? →



- Fernseher
  - Label EnergyStar → Energieetikette http://extranet.swico.ch/extranet/userfiles/File/Energy/www.energybrain.ch/SERVICES/Infomaterial/SWICO_Energieetikette%20f%C3%BCr%20Fernseher.pdf
  - Bestgeräte → Topten → www.topten.ch
- Beschaffungsrichtlinien, z.B.
  - Topten http://www.topten.ch/deutsch/themen/beschaffung_von_burogeraten.html
  - Bundesverwaltung http://www.isb.admin.ch/themen/standards/alle/03235/index.html?lang=de

2. Zum «Grünen» der IKT

«Grüne» Nutzung/Betrieb von Endgeräten

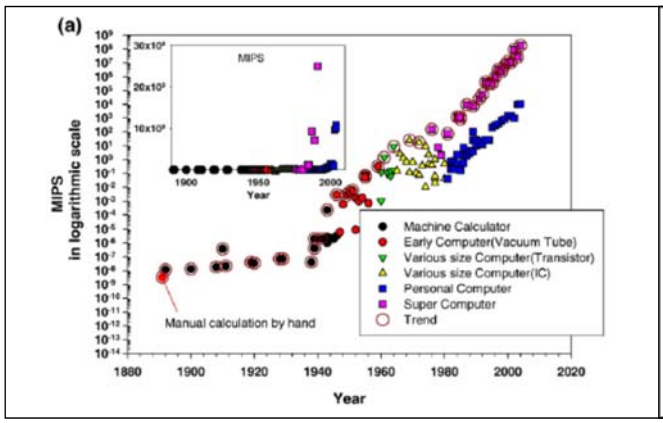
- Energiesparmodus optimal einstellen, siehe z.B. Anleitung von Topten (http://www.topten.ch/index.php?page=Stopp_Standby_rg unter «PC-Arbeitsplatz: Energieoptionen»)

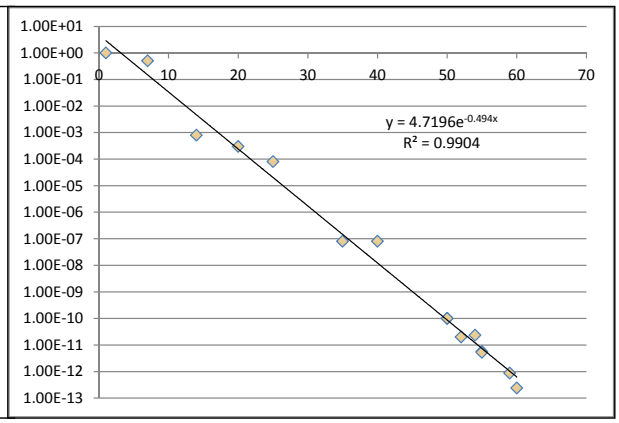
«Grüne» Entsorgung von Endgeräten

- Export? Gebrauchtwaren oder Abfall? → http://www.bafu.admin.ch/dokumentation/medieninformation/00962/index.html?lang=de&msg-id=40276

3. Facts: Energieverbrauch von IKT

Historische Entwicklung der Rechenleistung der «Rechen-maschinen» und des Stromverbrauchs pro «Rechnung»





Rechenleistung der «Rechenmaschinen» 1890-2004:

1940-2004 Grossrechner: $e^{+0.425}$ → +53%/Jahr (Koh/Magee, 2006)

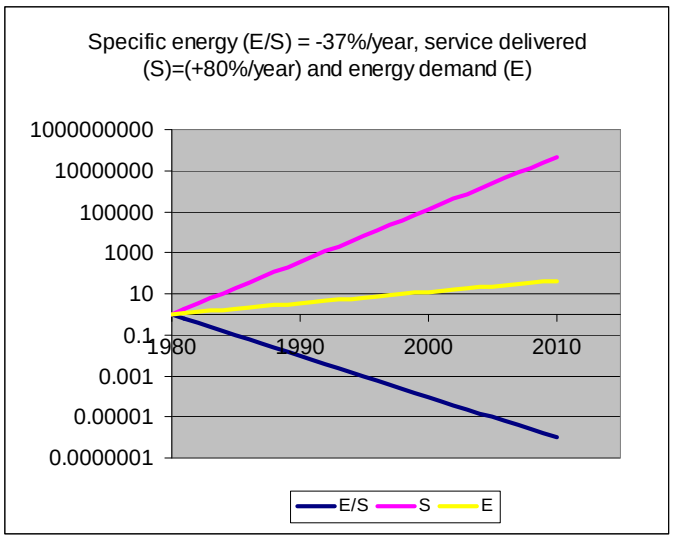
Stromverbrauch pro «Rechnung» 1950-2010: $e^{-0.494}$ → -39%/Jahr

Quellen: Aebischer/Mutzner/Spreng, 1994; Aebischer/Bradke/Kaeslin, 2000; Feng, 2005; Green500 List www.green500.org ; TOP500 List www.top500.org

3. Facts: Energieverbrauch von IKT

Stromverbrauch IKT = Dienstleistung x Stromverbrauch pro DL

- Erbrachte Dienstleistungen: Wachstum um Faktor **200-500** in 10 Jahren!
- Stromverbrauch: Wachstum um Faktor **2-5** in 10 Jahren
- Spezifischer Verbrauch, z.B. Energie/MIPS: Reduktion um Faktor **100** in 10 Jahren!

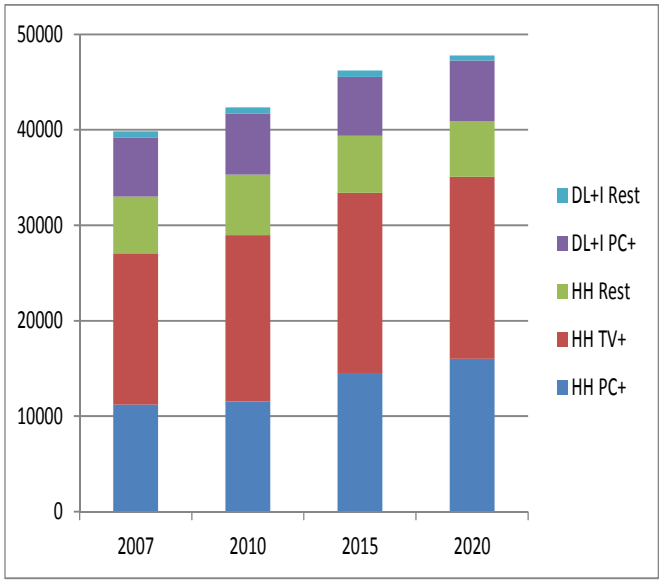


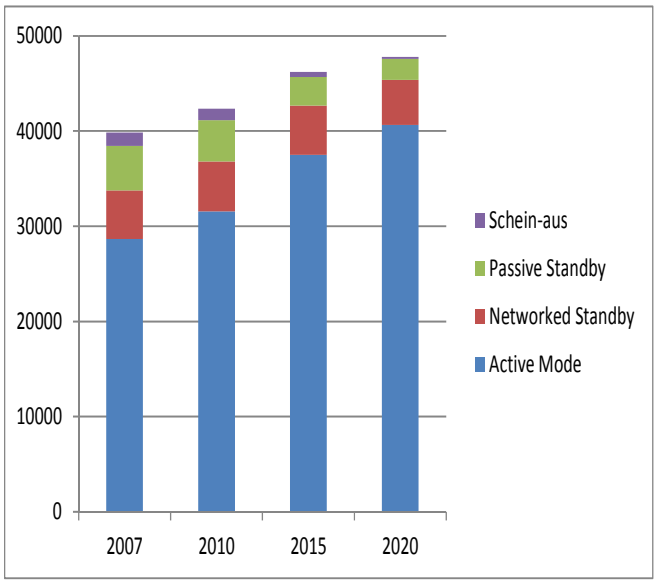
Stromverbrauch durch energiepolitische technische Massnahmen wenig beeinflussbar! Stromverbrauch beschränkt durch akzeptablen Stromverbrauch pro Gerät und durch Stromkosten

3. Facts: Energieverbrauch von IKT

Endgeräte ohne Infrastruktur

Stromverbrauch 2007-2020 im **Basisszenario** der Endgeräte in den Haushalten und in den Sektoren Dienstleistungen und Industrie in Deutschland, in GWh/Jahr



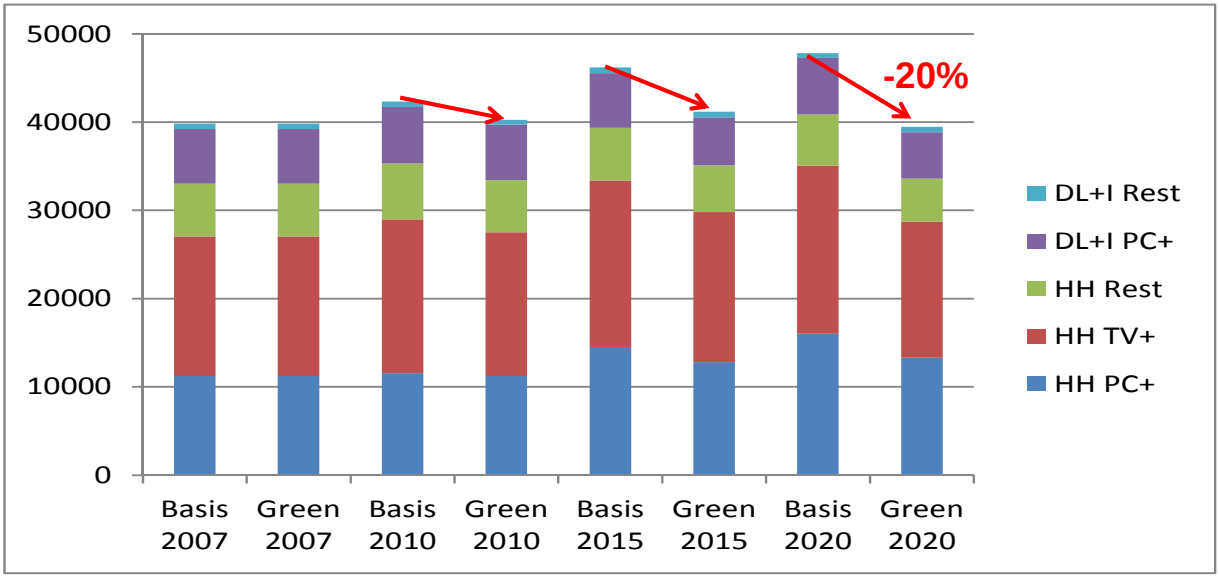


Quelle: Stobbe et al., 2009; Abbildung 29, Tabelle 12; Abbildung 28

3. Facts: Energieverbrauch von IKT

Endgeräte ohne Infrastruktur

Stromverbrauch 2007-2020 im **Basis- und im Green IT Szenario** der Endgeräte in den Haushalten und in den Sektoren Dienstleistungen und Industrie in Deutschland, in GWh/Jahr



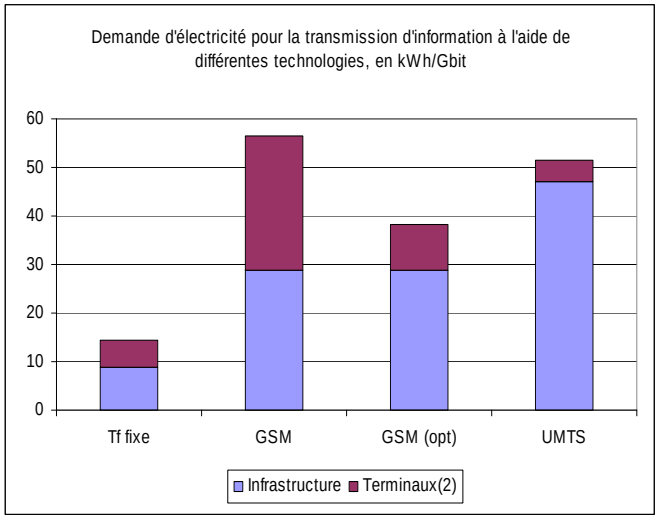
Quelle: Stobbe et al., 2009; Abbildung 29, Tabelle 12; Tabelle 54, Tabelle 56

3. Facts: Energieverbrauch von IKT

Infrastruktur zum Betrieb der Endgeräte

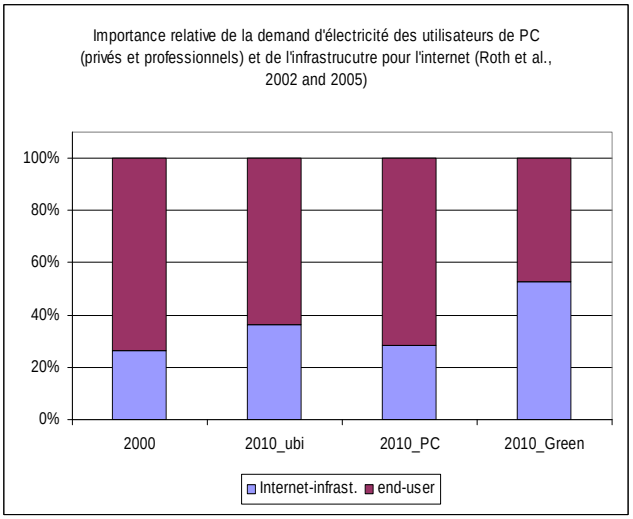
Anteil Stromverbrauch der Infrastruktur in der mobilen Kommunikation
→ >> 50% Auslastung!

Quelle: Faist et al. (2003)



Die Infrastruktur für den Betrieb des Internets verbraucht heute fast soviel Strom wie alle PCs

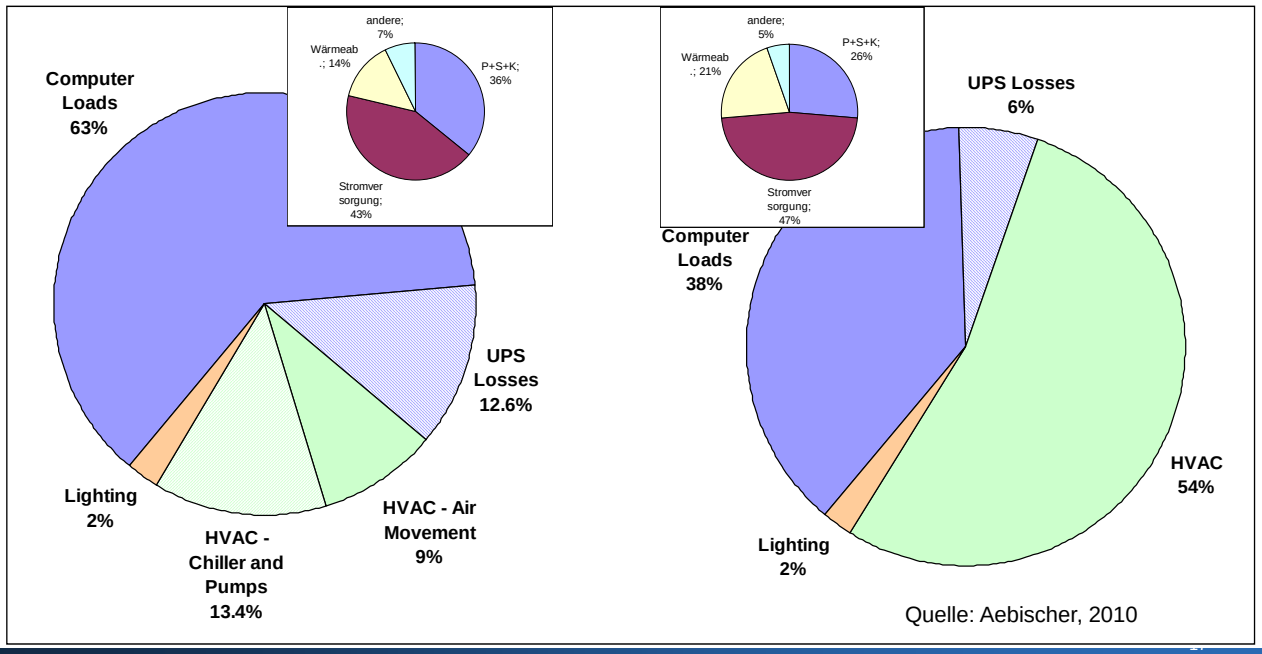
Quelle: Roth et al., 2002, 2006



3. Facts: Energieverbrauch von IKT

Infrastruktur zum Betrieb der Infrastruktur des Internets

Die meisten Infrastruktur-Geräte/Anlagen für das Internet werden in Rechenzentren betrieben und benötigen ihrerseits Infrastruktur



Quelle: Aebischer, 2010

3. Facts: Energieverbrauch von IKT

Kurzfristige Szenarien Stromverbrauch RZ in den USA (inkl. Infrastr.!)

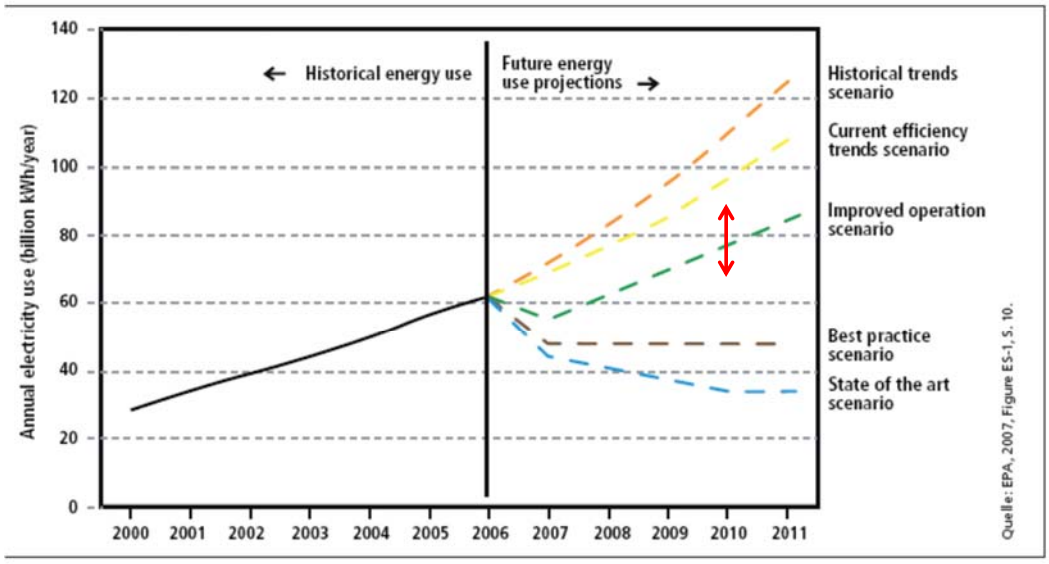
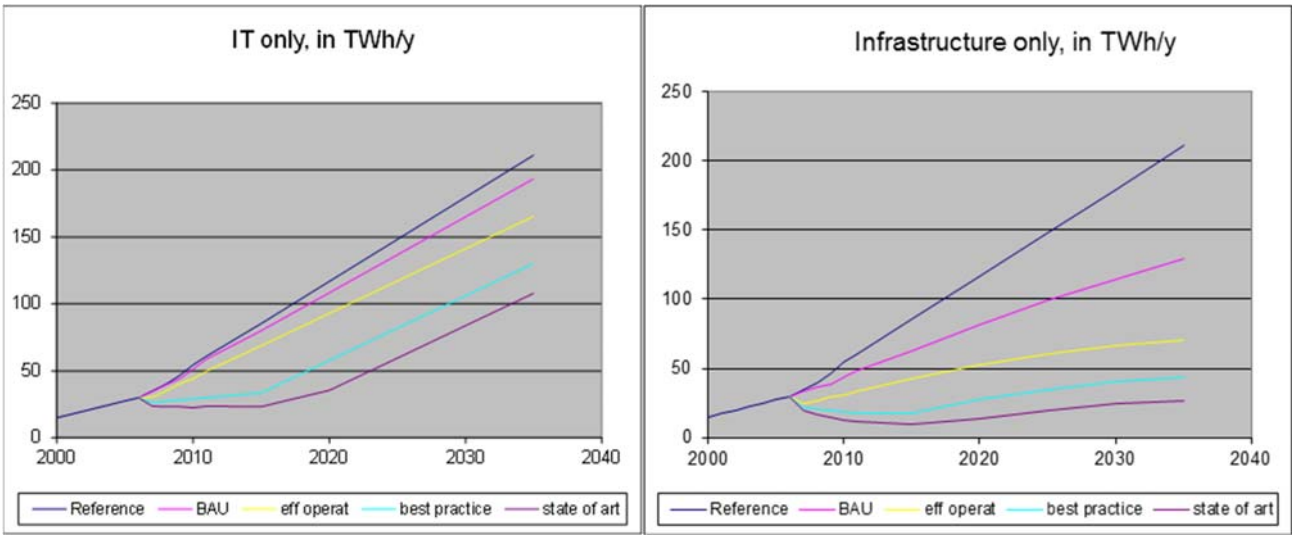


Abbildung 2: Entwicklung der Elektrizitätsnachfrage der Rechenzentren in den USA von 2000 bis 2006 und Szenarien charakterisiert durch getätigte Effizienzmassnahmen für die zukünftige Entwicklung bis 2011.

Quelle: EPA, 2007; Koomey, 2011

3. Facts: Energieverbrauch von IKT

Längerfristige Szenarien Strom IT und Infrastr. in RZ (USA)



Quelle: 2000-2011 (EPA, 2007); 2011-2035 eigene Berechnung

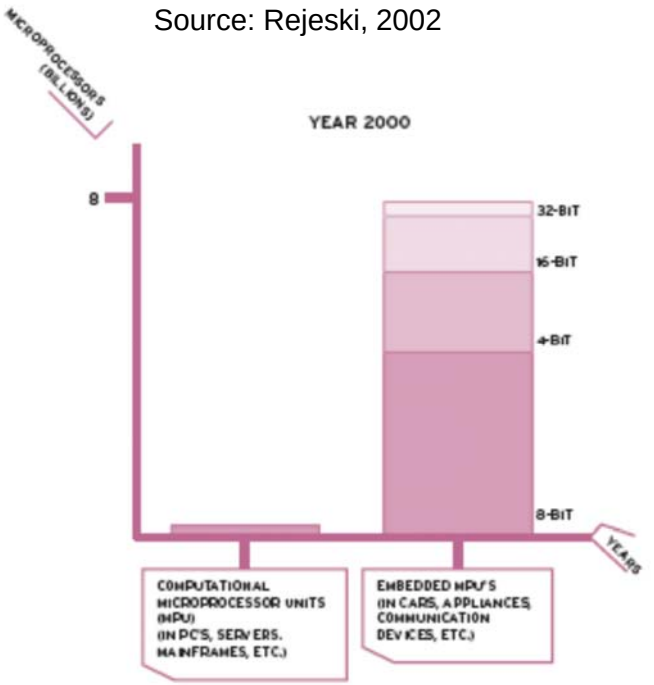
4. More Facts und Vision: mit IKT zur Energiewende

In 2002 98% der Mikroprozessoren «überall» (engl. = embedded). Stichwort «Internet der Dinge» (Vortrag Mattern 10.12.09)

→ Stromverbrauch IKT höher als nur IKT-Geräte/Anlagen!

→ Wozu genutzt und welche Auswirkung auf Ressourcenverbrauch und Umweltbelastung?

Source: Rejeski, 2002



4. More Facts und Vision: mit IKT zur Energiewende

- IKT → Wirtschaftswachstum
  + (0.2-0.6)%/Jahr (Quelle: OECD, 2008)
- und ± Ressourcenverbrauch
  und Umweltbelastung

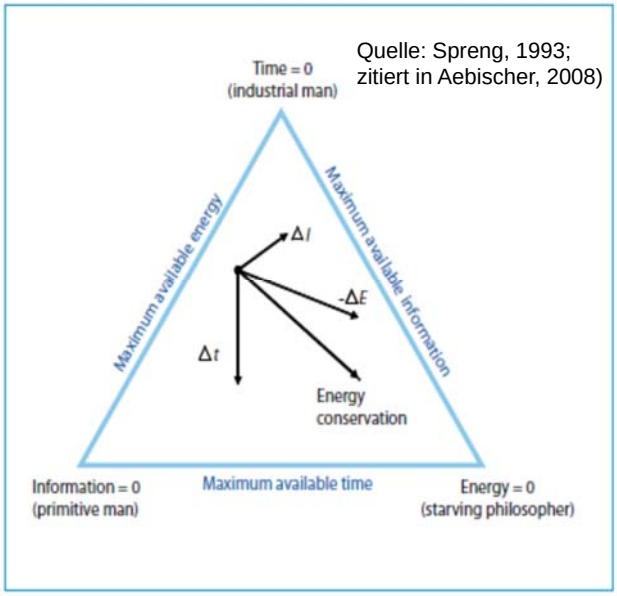
Kapital, Arbeit, Land → I, T, E

1. Mehr Info und mehr Zeit
   → weniger Energie
2. Mehr Info und weniger Zeit
   → mehr Energie

(Spreng, 2003)

IKT als Enabler/Driver für eine nachhaltige Gesellschaft, falls Information gezielt eingesetzt wird!

Exhibit 4.3-4: The time-energy-information triangle (Spreng, 1993)



Quelle: Spreng, 1993; zitiert in Aebischer, 2008)

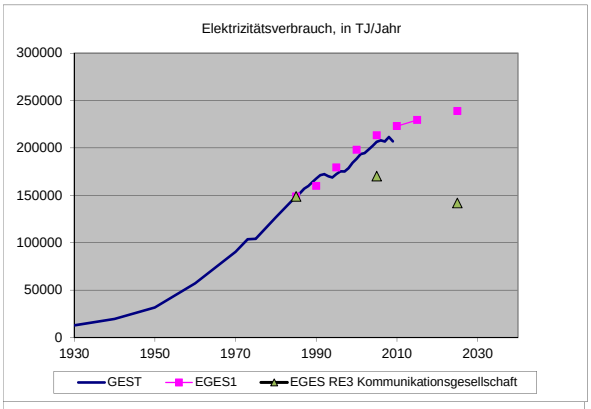
4. More Facts und Vision: mit IKT zur Energiewende

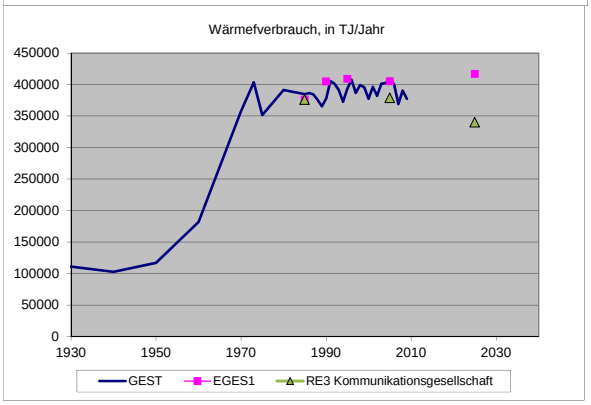
Auf volkswirtschaftlicher Ebene
Szenario Kommunikationsgesellschaft:

- IKT → rationeller Energieeinsatz
- Wertewandel → qualitatives Wachstum
- Szenario "if – then"

→ Elektrizität - 40% (bez. BAU),
- 5% (bez. 1985)

→ Wärme - 20% (bez. BAU)
- 10% (bez. 1985)





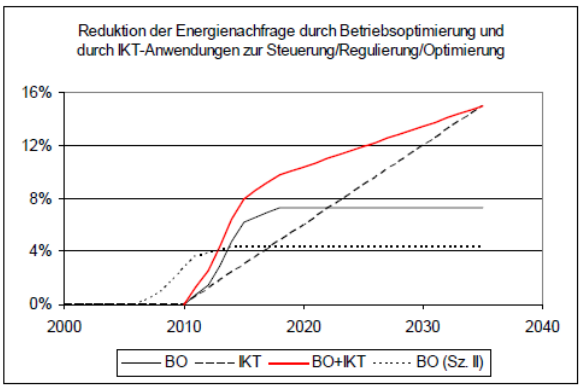
Quelle: Lutz/Spreng, 1988; Aebischer et al., 1988.

4. More Facts und Vision: mit IKT zur Energiewende

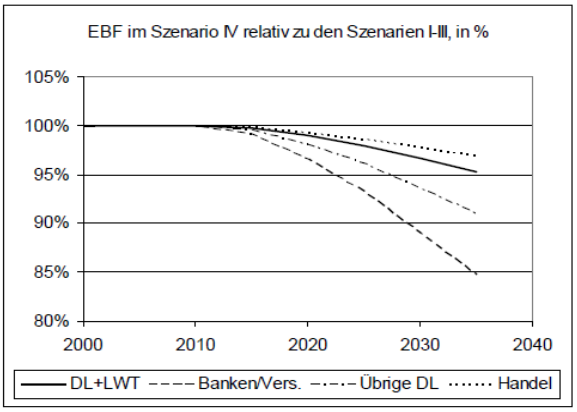
BFE-Perspektiven → 2035

Szenario IV «Auf dem Weg zur 2000 Watt Gesellschaft»: DL-Sektor

- Auf Energieeffizienz ausgerichtete Steuerung, Regulierung und Optimierung von Geräten, Anlagen, Systemen und Betriebsabläufen → Verstärkte Betriebsoptimierung (+100%)



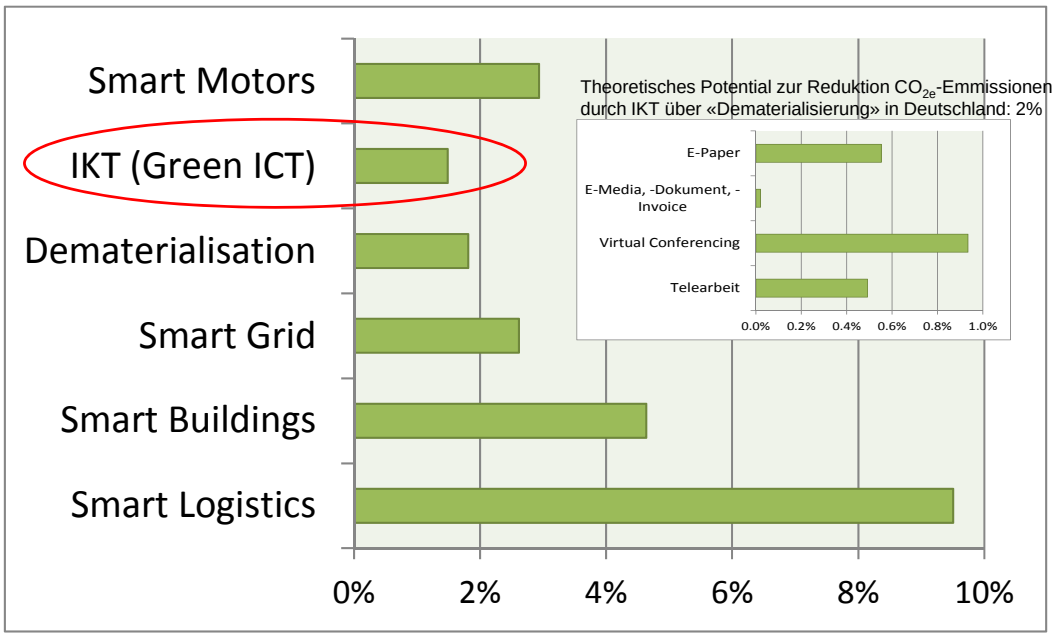
- Ausgestaltung und Organisation der Büroarbeitswelt und insbesondere effizienter Umgang mit der Ressource „Bürofläche“ (-18%).



Quelle: Aebischer/Catenazzi, 2007.

4. More Facts und Vision: mit IKT zur Energiewende

Theoretisches Potential zur Reduktion CO_{2e}-Emmissionen durch IKT in Deutschland: 23%



Quelle: GeSI + BCG, 2009.

4. More Facts und Vision: mit IKT zur Energiewende

Smart Grid (+ Smart Metering)

- Voraussetzung für effiziente Nutzung von (substantiellem Anteil)
  - dezentrale Stromproduktion und von
  - stochastischen/intermittenten erneuerbaren Energien
- Voraussetzung für effiziente Nutzung dezentraler Stromspeicher (z.B. Elektroautos)

→ Smart Power System

Frau BR Leuthard an der ETH-Veranstaltung «Die Energiezukunft nachhaltig gestalten - Chancen und Herausforderungen für die Schweiz» http://www.cces.ethz.ch/energiegespraech/

Quellen und Literatur (1)

Aebischer B., 2011. Green IT. Nachhaltige IT ist mehr als grüne PCs. Studium Generale, 19. Mai 2011. Hochschule Furtwangen University, Furtwangen http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer_Green-IT_19-5-11_pdf.pdf

Aebischer B., 2010. Green IT und Rechenzentren. Tagung der ERFA-Gruppe "IT Engineering & IT Operations", IBM-ISL, 16. März 2010, Rüschlikon http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer_SIS_16-3-10.pdf

Aebischer B., 2009. ICT and Energy: Some Methodological Issues. In "ERCIM NEWS", Number 79, October 2009. Special theme: Towards Green ICT. Published by European Research Consortium for Informatics and Mathematics (http://ercim-news.ercim.org). http://ercim-news.ercim.eu/images/stories/EN79/EN79-web.pdf

•Aebischer B., 2009/2. Energieeffizienz im Rechenzentrum. Aufsatz in "Umwelt Perspektiven" (www.umweltperspektiven.ch), April 2009, Illnau http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer_Energieeffizienz-Rechenzentrum_UmweltPerspektiven_04-09.pdf

Aebischer, B., 2008. ICT and energy: methodological issues and Spreng's triangle. In "The European e-Business Report 2008", S. 265 http://www.ebusiness-watch.org/key_reports/documents/EBR08.pdf

AEBISCHER B., FRISCHKNECHT R., GENOUD Ch., HUSER A. und VARONE F., 2003. Energy and Eco-Efficiency of Data Centers. Study commissioned by DIAE/ScanE of the Canton of Geneva, Geneva, January http://www.cepe.ch/research/projects/datacentres/data_centres_final_report_05012003.pdf

Aebischer B. und Huser A. Vernetzung im Haushalt. Auswirkungen auf den Stromverbrauch. Bundesamt für Energie, Bern, 2000 http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer_haushaltsvernetzung_00.pdf

Aebischer B., Bradke H. und Kaeslin H. (2000). Energie und Informationstechnik. Energiesparer oder Energiefresser?. Bulletin der ETH Zürich, Nr. 276 (January), 40-42. (siehe: H:\Cepe\Publikationen\ETH Bulletin\1_2000)

Aebischer B., Mutzner J. und Spreng D. Strombedarfsentwicklung im Dienstleistungssektor. Bulletin SEV/VSE 16/94

Aebischer B. et al., 1988. Perspectives de la demande d'énergie en Suisse, 1985-2025. Série de publications du GESE No 18. Office fédéral de l'énergie, Berne 1988

ECEEE-Website, Lot 3: Personal computers (desktops & laptops) and computer monitors http://www.eceee.org/Eco_design/products/personal_computers/

Quellen und Literatur (2)

EPA, 2007. EPA, 2007. Report to Congress on Server and Data Center Energy Efficiency. Public Law 109-431. U.S. Environmental Protection Agency. ENERGY STAR Program. Washington, August http://www.energystar.gov/ia/partners/prod_development/downloads/EPA_Datacenter_Report_Congress_Final1.pdf

Faist Emmenegger, Mireille et al., 2003: LCA des Mobilfunksystems UMTS. Finanziert durch Forschungsstiftung Mobilkommunikation, ETHZ

Feng Wu-chun, 2005. The Importance of Being Low Power in High-Performance Computing. CTWatch Quarterly August 2005. http://sss.lanl.gov/pubs/CTWatch-Quarterly-Excerpt.pdf

GeSI + BCG, 2009. SMART 2020 Addendum Deutschland: Die IKT-Industrie als treibende Kraft auf dem Weg zu nachhaltigem Klimaschutz. http://www.gesi.org/LinkClick.aspx?fileticket=X7m82qhz%2f6o%3d&tabid=130

Global e-Sustainability Initiative (GeSI), 2008. Smart 2020: Enabling the low carbon economy in the information age. http://www.theclimategroup.org/publications/2008/6/19/smart2020-enabling-the-low-carbon-economy-in-the-information-age/

Grieder, Huser, 2005. Smarthome und Energieeffizienz. http://www.biblioite.ethz.ch/downloads/sb05_smarthome_v04b-mit-anhang.pdf

Grieder Thomas et al., 2008. NEUSTE ENTWICKLUNGEN IM BEREICH INTELLIGENTES WOHNEN UND DES DAMIT VERBUNDENEN STROMVERBRAUCHS Bundesamt für Energie, Bern. http://www.bfe.admin.ch/php/modules/enet/streamfile.php?file=000000009869.pdf

Huser A, B. Aebischer, 2002, Energieanalyse FutureLife-Haus, Bundesamt für Energie, Bern www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer_Huser_sb_energieanalyse_futurelife.pdf

Heebyung Koh and Christopher L. Magee, 2006. A functional approach for studying technological progress: Application to information technology. Technological Forecasting & Social Change 73 (2006) 1061–1083. http://s352047256.onlinehome.us/cmagee/documents/15%5Bkoh_magee%5Dtfsc_functional_approach_studying_technological_progress_vol73p1061-1083_2006.pdf

Koomey J.G., 2011. GROWTH IN DATA CENTER ELECTRICITY USE 2005 TO 2010. http://www.mediafire.com/file/zzqna34282frr2f/koomeydatacenterelectuse2011finalversion.pdf

Quellen und Literatur (3)

Laitner S., K. Erhardt-Martinez, 2008. Information and Communication Technologies: The Power of Productivity. How ICT Sectors are Transforming the Economy While Driving Gains in Energy Productivity. ACEEE-Report E 081. http://www.aceee.org/pubs/e081.htm

Lot 3. Personal Computers (desktops and laptops) and Computer Monitors. Final Report (Task 1-8). August 27, 2007. http://extra.ivf.se/ecocomputer/downloads/Eup%20Lot%203%20Final%20Report%20070913%20published.pdf

Lutz Ch., Spreng D. et al., Szenario Kommunikationsgesellschaft, Schriftenreihe Nr. 15, Expertengruppe Energieszenarien, Bern, 1988

OECD, 2008. Compendium of Productivity Indicators. http://www.oecd.org/dataoecd/6/3/40605524.pdf

Rejeski D., 2002. Anticipations. In „Sustainability at the speed of light“, Pamlin D. (Edit.). WWF, Sweden (ISBN 91-89272-08-0) http://assets.panda.org/downloads/wwf_ic_1.pdf

ROTH K. et al., 2002. Energy Consumption by Office and Telecommunications Equipment in Commercial Buildings - Volume I: Energy Consumption Baseline, ADL, Cambridge, MA, USA http://www.tiaxllc.com/aboutus/pdfs/officeequipvol1.pdf

ROTH K. et al., 2006. U.S. Residential Information Technology Energy Consumption in 2005 und 2010. U.S. Department of Energy, Washington http://www.tiaxllc.com/aboutus/press_releases/residential_information_technology_energy_consumption_042706.htm

Stobbe L. et al., 2009. Abschätzung des Energiebedarfs der weiteren Entwicklung der Informationsgesellschaft. Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Fraunhofer IZM in Kooperation mit Fraunhofer ISI. Berlin, Karlsruhe, März 2009 www.bmwi.de/Dateien/BMWi/PDF/abschaetzung-des-energiebedarfs-der-weiteren-entwicklung-der-informationsgesellschaft,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf

Spreng D., 1993. Possibility for Substitution between Energy, Time and Information Energy Policy, Vol. 21, Nr. 1, January

Spreng D., W. Hediger, 1987. Energiebedarf der Informationsgesell-schaft. Verlag der Fachvereine Zürich