

UNIVERSITÄT HAMBURG

SEMINARARBEIT

Green IT - Eine Einleitung

Marius Eschen

marius.eschen@studium.uni-hamburg.de

Matrikelnummer: 6143761

31. März 2012

Zusammenfassung

Die nachfolgende Arbeit soll eine Einführung in die Materie der Green IT geben und dem Leser dieses noch junge Forschungsgebiet näherbringen. Einleitend wird dargestellt, was unter Green IT zu verstehen ist, welche Bedeutung ihr aktuell und zukünftig zukommt und von welchen Denkansätzen insofern auszugehen ist. Angefangen bei der Problematik der hohen Energiekosten und der Zerstörung unserer Umwelt, bis hin zu Lösungsansätzen aus der Industrie und Wissenschaft wird der Leser auf insgesamt über 20 Seiten einen Einblick in die Geschehnisse dieser Materie bekommen.

Informationssysteme nehmen in Wirtschaft und Forschung einen immer größeren Stellenwert ein. In der Wirtschaft dienen sie hauptsächlich zur sinnhaften Vollautomation von Geschäftsprozessen und in der Forschung werden sie vorwiegend zur Berechnung, Visualisierung und Modellierung diverser Forschungsbereiche benötigt. Gerade durch die Intensivierung, die erhöhte Aufgabenvielfalt und die gestiegene Bedeutung von Informationssystemen führte dies in den letzten Jahren zu einer wahren Kostenexplosion in der IT. Die Green IT versucht hier mit geeigneten Energiesparkonzepten gegenzusteuern und ist somit von erheblicher ökonomischer Bedeutung. Abschließend trägt auch die Sensibilisierung der Gesellschaft durch Visualisierungskonzepte wie dem ENERGY Star zur bewussteren Energienutzung und damit zur Schonung der Umwelt bei.

Inhaltsverzeichnis

1	Green IT	4
1.1	Eine Einleitung	4
1.2	Die Bedeutung von Green IT	5
1.3	Der Stromverbrauch im weltweiten Vergleich	5
1.4	Cloud Computing spart Strom	8
1.5	Die Entwicklung von Strompreisen und Energieträgern	9
1.6	„Stromfresser“ im Privatcomputer	11
2	Der Hochleistungsrechner	12
2.1	Supercomputer im Rechenzentrum	12
2.2	Die Kühlung	14
3	Die Gesellschaft sensibilisieren	18
3.1	ENERGY Star	18
3.2	Das intelligente Stromnetz SmartGrid	19
3.3	„Grünes“ Programmieren	21
3.4	Produktlebenszyklus und Recycling	22
4	Fazit	23

1 Green IT

1.1 Eine Einleitung

„Darüber, wer die Welt erschaffen hat, lässt sich streiten. Sicher ist nur, wer sie vernichten wird.“[1]

Energie ist kostbar. Die Ressourcen sind begrenzt. Das wissen wir nicht erst seit heute. Führungskräfte sehen sich folglich in den unternehmerischen IT-Abteilungen der großen Herausforderung ausgesetzt, dass die Folgen ihres Handelns nicht länger nur an ökonomischen Maßstäben gemessen, sondern zunehmend auch anhand gesellschaftspolitischen- und vor allem ökologischen Maßstäben bewertet werden. Längst haben aktuelle Geschehnisse, wie der Super-GAU in Fukushima vor einem Jahr, sowie der rasante Klimawandel, das Bewusstsein der Öffentlichkeit erreicht und den Menschen vor Augen geführt, wie zerbrechlich unser aller Ökosystem ist. Neben der veränderten Anspruchshaltung zu einer sauberen Umwelt in der Gesellschaft steigt auch der äußere Druck auf Unternehmen durch strengere Umweltschutzgesetze und rigide Umweltvorschriften. So hat Deutschland erst kürzlich das integrierte Energie- und Klimaprogramm IEKP vorgestellt, welches aus 14 Gesetzen und Verordnungen, sowie sieben weiteren Maßnahmen besteht. In der Koalitionsvereinbarung hat die Bundesregierung zugesichert, die Treibhausgasemissionen in Deutschland bis zum Jahr 2020 um 40 % (Basisjahr 1990) zu reduzieren.[2] [3]

Die Erzeugung von regenerativer Energie aus alternativen Energiequellen ist derzeit noch sehr kostenintensiv und aufwendig. Auf der anderen Seite steigen die Anforderungen an die Informationstechnologien immer weiter, da sowohl für die Forschung als auch Wirtschaft immer schnellere Computersysteme mit entsprechend höheren Stromverbräuchen benötigt werden. Schon heute stoßen sogenannte Supercomputer an ihre Grenzen. Die Stromkosten steigen exponentiell an und werden zu einem immer wichtigeren Faktor der Kostenrechnung. Themen wie Energieeffizienz und Umweltschutz nehmen somit aus ökonomischen Gründen einen immer größeren Stellenwert ein. Gerade im IT-Management hat sich in den letzten Jahren ein Wandel vollzogen. Vom bloßen Streben nach strikter Performanceorientierung ohne Rücksicht auf den Stromverbrauch, hin zu einem bewussteren, unveltschonenderen und insbesondere kostensparenden Umgang. Die ständig steigenden Energiekosten haben in vielen Unternehmen im Bereich der energieintensiven IT-Infrastruktur zu einer wahren Kostenexplosion geführt. Ein Umdenken war daher zwingend notwendig.

Aufgrund der ständig steigenden Stromkosten, die selbstverständlich auch die Kosten der Privathaushalte nachhaltig erhöhen, findet neben der sich abzeichnenden Sensibilisierung der Unternehmen auch ein ganzheitliches, gesellschaftliches Umdenken statt. Das Verlangen nach möglichst energieeffizienten, umweltschonenden, sowie stromsparenden Geräten rückt infolgedessen immer mehr in den Fokus.

In dieser Ausarbeitung möchte ich eine Einleitung zu dem Thema Green IT geben und aufzeigen, in welchen Bereichen beispielsweise Einsparpotentiale bestehen und welche Hürden auf dem Weg zu einer umweltfreundlichen IT(-Struktur) überwunden werden müssen.

1.2 Die Bedeutung von Green IT

Green IT – Der Trendbegriff dieses Jahrzehnts stellt eine evolutionäre Weiterentwicklung im IT-Bereich dar. In erster Linie geht es bei der Green IT darum, die einzelnen IT-Komponenten umweltschonend und energieeffizient zu produzieren, sie ebenso zu betreiben und am Ende zu entsorgen. Ziel ist demnach die Reduktion von Energie- und Materialverbrauch „[...] über den gesamten Lebenszyklus vom Design zur Produktion über die Nutzung bis hin zur Entsorgung.“[Bitkom]. Es wird versucht, die Energie sowie die benötigten Materialien bei der Herstellung intelligenter und effizienter zu nutzen.

Derzeit ist das Thema Klima- und Umweltschutz in den deutschen Medien geradezu omnipräsent. Nicht zuletzt durch schwerwiegende Umweltkatastrophen wie den Super-GAU von Fukushima und die steigende Anzahl von Hurrikannen und sintflutartigen Unwettern, die Wissenschaftler auf die Erhöhung der globalen Temperatur zurückführen.

Bereits heute haben viele große Technologieunternehmen wie IBM, Fujitsu Siemens Computers und Samsung auch das gesellschaftliche Interesse an dieser Thematik wahrgenommen und bemühen sich unter Berücksichtigung dessen seit einigen Jahren um eine umweltfreundlichere Produktion ihrer Geräte. Dieser Vorsprung durch Technik verschafft den Unternehmen schon jetzt einen Vorteil gegenüber Konkurrenten und verhilft mit geeigneten Marketingstrategien zu einem Imagewandel. Laut der Beratungsgesellschaft PriceWaterhouseCoopers dominiert bei mittlerweile 45 % der Führungskräfte in IT-Unternehmen die Wichtigkeit der Kundenwünsche nach Green IT – sprich umweltschonenden Produkten – nachzukommen.[4] So hat Samsung lange Zeit im abendlichen Fernsehprogramm seine neueste LED Serie damit beworben, dass diese einen bis zu 40 % geringeren Energieverbrauch gegenüber alternativen Fernsehgeräten hat. IBM hat bereits im Jahr 2007 bekanntgegeben, „[...] künftig eine Milliarde Dollar pro Jahr aufzuwenden, um die Energieeffizienz in der Informationstechnik dramatisch zu erhöhen [...]“.[5]

Neben der Pflege des gesellschaftlichen Images und dem wachsenden Verantwortungsbewusstsein auch gegenüber der Umwelt, steht die Mobilität als weitere treibende Kraft im Mittelpunkt des Zukunftstrebens der zu erreichenden Standards vieler Technologieunternehmen. Den Wunsch der Konsumenten nach Mobilität spiegeln die Verkäufe ebensolcher Geräte wider. In vielen Absatzbereichen wie z.B. dem von digitalen Kameras, MP3-Playern und Laptops konnte ein zweistelliger Umsatzzuwachs beobachtet werden.[6]

1.3 Der Stromverbrauch im weltweiten Vergleich

Ein weiteres Problem bei der Effizienz des Stromverbrauchs von elektronischen Geräten bereitet das sogenannte Jevons' Paradoxon. Der technologische Fortschritt erlaubt zwar eine energieeffizientere Nutzung vieler technischer Produkte, allerdings wird dieser Vorteil durch die daraus resultierenden günstigeren Preise und der damit verbundenen höheren Verbreitung und Nutzung der Geräte beinahe vollständig negiert und führt sogar dazu, den Stromverbrauch in bestimmten Produktkategorien (z.B. Laptops) zu erhöhen, anstatt ihn zu senken.[7] [8]

Der Hightechverband BITKOM kam zu dem Ergebnis, dass „der deutsche Durchschnittshaushalt [...] mehr als 50 Elektrogeräte und 7 Fernbedienungen“ besitzt.[9] Hierzu zählen IT Produkte wie

PC, Tablet, Laptop, MP3-Player, Smartphone, TVs, Blu-ray-/DVD-Player und Radios. Laut der European Commission for Energy hatten Bürogeräte (ohne Unterhaltungselektronik) im Jahre 2010 einen durchschnittlichen Stromanteil am Gesamtverbrauch eines Haushalts von etwa 9 %. Somit verursachen elektronische Bürogeräte Stromkosten in Höhe von etwa 112,- Euro jährlich (bei einem Stromverbrauch von 5000 kWh[10] für eine Familie und Bruttostromkosten von 0,2495 Euro pro Kilowattstunde[11]).

Mehrere aktuelle Studien gehen derzeit davon aus, dass die anfallende CO₂-Menge der weltweiten IT-Infrastruktur in etwa dem CO₂-Ausstoß des internationalen Luftverkehrs entspricht und damit einen Gesamtanteil am jährlichen CO₂-Ausstoß von 2 bis 3 % ausmacht. Experten zufolge wird sich dieser Anteil in den nächsten Jahren noch erhöhen. Eine weitere Ursache hierfür ist die starke Diversifikation der technischen Wegbegleiter, die auch in Zukunft für einen stetigen Anstieg der Produktzahlen und somit auch zu einem höheren Pro-Kopf-Verbrauch beitragen wird. Wie auf der Abbildung 1 zu sehen ist, stieg der Stromverbrauch in Deutschland in den

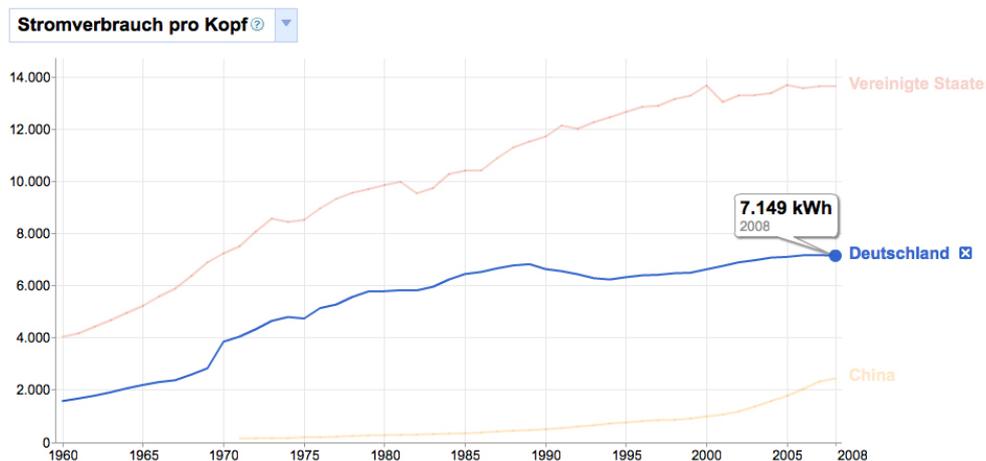


Abbildung 1: Der Pro-Kopf-Stromverbrauch in Deutschland

vergangen 50 Jahren um fast das Vierfache an. Im Jahr 2008 verbrauchte der Deutsche Durchschnittshaushalt 7.149 kWh Strom pro Jahr. Besonders interessant und auffällig ist, dass in den Vereinigten Staaten mit 13.654 kWh knapp doppelt so viel Strom verbraucht wird. Andere Länder gehen deutlich leichtfertiger mit der Energie um. Insbesondere den Amerikanern wird ein massiver und maßloser Energieverbrauch nachgesagt. Zu Bedenken ist hierbei jedoch, dass sich der Stromverbrauch zum einen an der Größe eines Landes (Amerika ist fast 27 Mal größer als Deutschland) aber auch immer an dem wirtschaftlichen Erfolg einer Nation orientiert und gerade die produzierende Industrie sehr Energieverzehrend ist. Auf Abbildung 2 auf Seite 7 sieht man im Vergleich dazu die sehr interessante Stromentwicklung der Export- und Produktionsnation der Volksrepublik China. Hier liegt der Pro-Kopf-Verbrauch mit 2455 kWh Strom bei knapp einem Drittel des deutschen Verbrauchs. Dies lässt sich dadurch erklären, dass die Industrialisierung in China, dem bevölkerungsreichsten Land der Welt, längst noch nicht alle dort lebenden Menschen erreicht hat. Experten meinen, dass der Stromverbrauch in China in den nächsten Jahren einen rasanten Anstieg erfahren wird. China befindet sich erst am Anfang des Industrialisie-

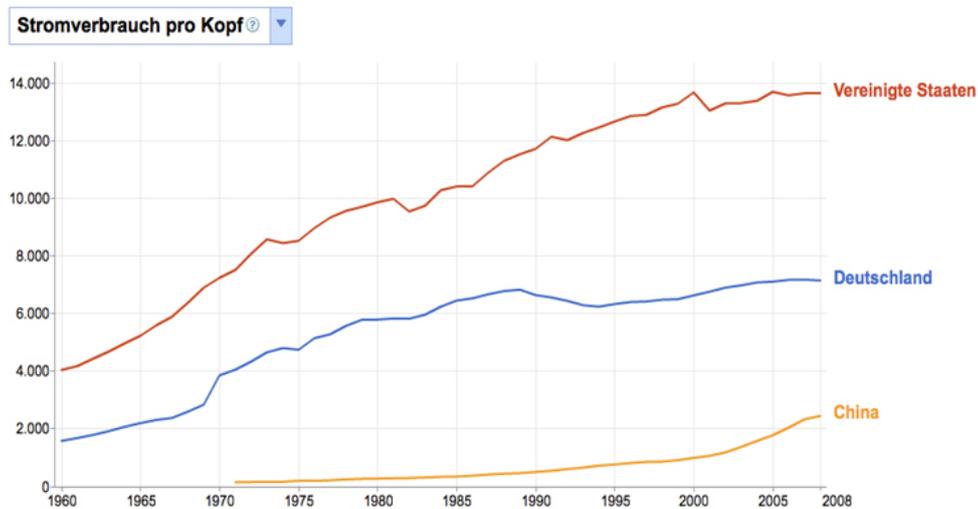


Abbildung 2: Der Pro-Kopf-Stromverbrauch in der Industrienation China

rungsprozesses. Der Wohlstand der Bevölkerung wird ansteigen und die Industriebranche wird wachsen.[12] Einige Experten sind sogar der Meinung, dass China bereits im Jahr 2009 Amerika den Rang mit dem höchsten Gesamtstromverbrauch abgenommen haben könnte¹. Die folgende Tabelle zeigt die Weltrangliste des Stromverbrauchs, die 2007 noch von den Vereinigten Staaten angeführt wurden.

Weltrangliste des Stromverbrauchs: Länder im Vergleich[57]

Rang	Land, Jahr	Stromverbrauch in kWh
1	Vereinigte Staaten, 2007	3.892.000.000.000
2	China VR, 2007	3.271.000.000.000
3	Europäische Union, 2006	2.926.000.000.000
4	Japan, 2006	1.080.000.000.000
5	Russland, 2006	1.003.000.000.000
6	Deutschland, 2006	549.100.000.000
7	Kanada, 2006	530.000.000.000
8	Indien, 2006	517.200.000.000
9	Frankreich, 2007	480.000.000.000
10	Brasilien, 2007	402.200.000.000

Sortiert man nun alle Länder nach ihrem Pro-Kopf-Verbrauch, steht mit Island ein Land an erster Stelle, mit dem man zunächst nicht rechnen würde. Auf Abbildung 3 auf Seite 8 sieht man, dass Island mit einem durchschnittlichen Pro-Kopf-Stromverbrauch von über 50.000 kWh die Spitze anführt. Doch wieso verbrauchen die knapp über 300.000 Isländer so viel Strom? Bereits in den

¹Diese Annahmen basieren auf Schätzungen und sind statistisch nicht verifiziert.

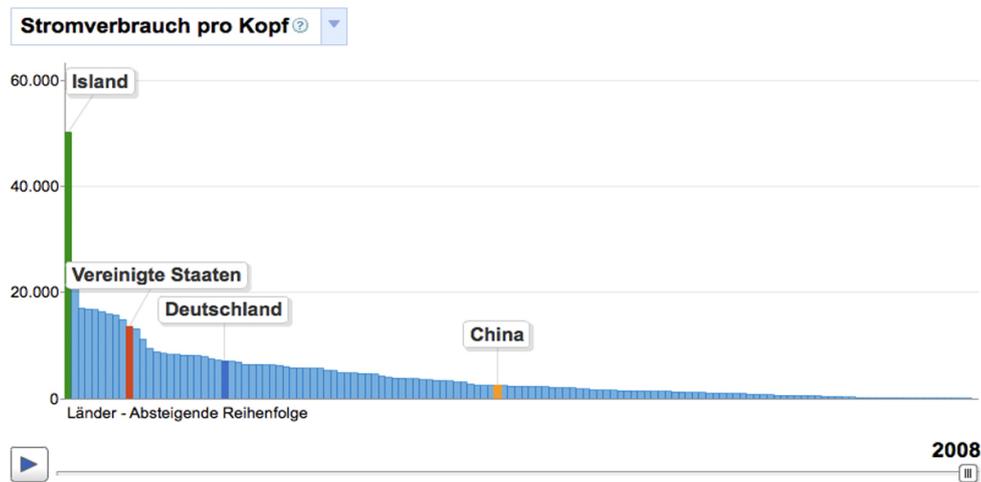


Abbildung 3: Stromverbrauch pro Kopf, sortiert nach dem höchsten Durchschnittswert

70er Jahren, nach der ersten großen Ölkrise, orientierte sich Island um und baute seine alternativen Energiequellen Wasserkraft und Erdwärme deutlich aus. Island verfügt über so viel billigen, regenerativen Strom, dass sie ihn längst nicht mehr alleine verbrauchen können. Bereits vor 30 Jahren lockten sie deshalb mit unglaublich günstigen Strompreisen energiehungrige Industrieanlagen wie Aluminiumhersteller ins Land. Der Preis für eine „grüne“ Kilowattstunde beläuft sich derzeit auf etwa zehn Kronen, was umgerechnet etwa sechs Cent entspricht. Damit liegen die Energiekosten etwa 75 % unter dem Preisniveau Deutschlands.[13]

1.4 Cloud Computing spart Strom

Ein weiterer Vorteil, der mittlerweile von vielen Rechenzentren genutzt wird, ist das ozeanisch kühl geprägte Klima in Island und anderen nördlichen Ländern. Bei großen Rechenzentren ist einer der Hauptkostenpunkte mittlerweile die Kühlung der Serversysteme. Kürzlich errichtete der britische Hoster Verne Global ein Öko-Rechenzentrum in der Nähe der Hauptstadt Reykjavík, das ausschließlich mit Geothermie und Wasserkraft betrieben wird und demnach „kein“ Kohlenstoffdioxid ausstößt (zur Energiebilanz von Kraftwerken im Abschnitt 1.6). Auch viele Internetfirmen wie der Suchmaschinenriese Google haben aufgrund dieser Tatsache Rechenzentren in nördlichen Ländern wie Island oder Finnland errichtet. Der Internetkonzern veröffentlichte erst kürzlich ein lang verschwiegenes Geheimnis: Googles Serverfarmen, auf denen neben der bekannten Suchmaschine Dienste wie Google+, YouTube, Google-Mail, usw. laufen, haben im Geschäftsjahr 2010 rund 2,26 Millionen MWh Strom verbraucht. Die Menge entspricht damit dem Strombedarf einer Großstadt mit 200.000 Einwohnern und verursacht somit 1,46 Millionen Tonnen an CO₂-Emissionen. Schlüsselt man den Stromverbrauch von Google in die einzelnen angebotenen Dienste auf, ergeben sich sehr interessante Zahlen. So hat Google errechnet, dass ein Google-Mail-Nutzer jährlich einen Anteil von etwa 2,2 kWh Strom ausmacht. Die Strommenge pro Suchanfrage wird mit etwa 0,3 Wh angegeben. Der

Aufruf eines Youtube Videos bedarf für das Streaming pro Minute etwa 0,2 kWh.[14] [15] Trotz des dadurch insgesamt verursachten, enormen Verbrauchs, sollte jedoch bedacht werden, dass andere Beschaffungsweisen, wie der DVD Kauf bei Amazon im Endeffekt einen noch höheren Aufwand verursachen. Durch das Herstellen und Versenden der DVD wird in etwa so viel CO₂ ausgestoßen, als wenn man drei Tage lang bei Youtube ein Video streamen würde.

„Cloud Computing spart Strom“ – Google behauptet und bewirbt, dass spezialisierte Cloud-Services wie beispielsweise der E-Mail-Dienst Google-Mail einen um den Faktor 80 reduzierten Stromverbrauch gegenüber herkömmlichen, nicht optimierten Diensten aufweist. Der Grund dafür liegt in der hierfür verwendeten höchst effizienten Hard- und Software. Bei jeder Transaktion wird dann aktiv Strom und Geld gespart und somit die Umwelt geschont. Unternehmenseigene Inhouse-Mail-Lösungen, die auf nicht optimierten, veralteten und nicht optimal ausgelasteten Servern laufen, verbrauchen deutlich mehr Energie. Gerade veraltete Server, in die Jahre gekommene Applikationsrechner und betagte Netzwerkverbindungen sind wahre „Stromfresser“. Hochprofessionelle Cloud-Lösungen können hier gegensteuern und, wie im Beispiel Verne Global in Kombination mit erneuerbaren Energien, die Ökobilanz von virtualisierten Diensten deutlich besser gegenüber alten IT-Infrastrukturen aussehen lassen.[16] [17]

1.5 Die Entwicklung von Strompreisen und Energieträgern

In Deutschland kennt der Strompreis häufig nur eine Entwicklung – die in der Öffentlichkeit überspitzt als nicht endende Kostenexplosion wahrgenommen wird. In den vergangenen 10 Jahren hat sich der Strompreis beinahe verdoppelt. So kostete eine Kilowattstunde für einen Dreipersonenhaushalt mit einem Jahresverbrauch von 3500 kWh im Jahre 2001 ca. 0,14 Euro. Im Jahr 2011 beträgt dieser bei gleichbleibender Ausgangslage 0,25 Euro pro Kilowattstunde. Zwar stiegen parallel dazu auch die Steuern, von knapp 40 % auf über 45 %, leicht an, dies vermag indes eine derartige Erhöhung des Strompreises weder zu rechtfertigen, noch zu kompensieren. Die großen Energiekonzerne RWE, E.ON und Vattenfall machen die gestiegenen Rohstoffpreise und Stromerzeugungskosten dafür verantwortlich. Der „Strommix“ setzt sich in Deutschland wie

Energieträger	Anteil
Kohle	42,2 %
Atomenergie	22,6 %
Erneuerbare Energien	16,5 %
Erdgas	13,6 %
Sonstiges (Öl etc)	4,9 %

in der obigen Tabelle dargestellt zusammen.[18] Betrachtet man nun die Entwicklung des Kohlepreises während des gleichen Zeitraumes, stellt man fest, dass auch dieser von 53,18 Euro pro Tonne im Jahr 2001 auf 85,33 Euro gestiegen ist. Allerdings zeigt eine detaillierte Betrachtung,

dass sich der Kohlepreis bis zum Jahr 2003 zunächst sogar auf einen Wert von 39,87 Euro pro Tonne sank und damit unter dem Wert vom Jahr 2001 lag. Der Strompreis hat sich hingegen im selben Zeitraum dennoch von 0,14 Euro pro kWh auf 0,17 Euro pro kWh erhöht. Eine Konnexität, wie sie teilweise proklamiert wird, besteht demnach offensichtlich nicht zwingend. Ebenso sank der Erdgaspreis im selben Zeitraum leicht ab.[19] Laut dem Verbraucherschutzamt sei insofern auch weniger ein Abhängigkeitsverhältnis zu den steigenden Rohstoffpreisen Grund für die dauerhaften Preiserhöhungen, als vielmehr die Tatsache, dass die Verbraucher es den Anbietern zu leicht machten und den Kostenanstieg als unveränderlich hinnähmen. Laut dem Artikel „Warum steigen die Strompreise“ befinden sich 38 % der Haushalte „[...] in dem schlechtesten Tarif, den es gibt.“[20] Hinzu kommen die abgeschriebenen Atommeiler der vier großen Energieunternehmen, die einen Energiepreisanstieg noch unerklärlicher machen. Die alten AKWs sind wahre „Gelddruckmaschinen“ und bringen den Betreibern pro Reaktor Gewinne von bis zu einer Million Euro pro Tag. Nach einer Berechnung der Heinrich-Böll-Stiftung beläuft sich der Gewinn durch Atomkraftwerke jährlich auf:

- RWE: Gewinn durch Atomkraftwerke etwa 1,2 bis 1,6 Mrd. Euro jährlich
- E.ON: Gewinn durch Atomkraftwerke etwa 1,9 bis 2,6 Mrd. Euro jährlich
- EnBW: Gewinn durch Atomkraftwerke etwa 1 bis 1,3 Mrd. Euro jährlich
- Vattenfall Europe: Gewinn durch Atomkraftwerke etwa 0,3 bis 0,4 Mrd. Euro jährlich[21]

„Strom, sauber und billig, und das in Zeiten von Klimaerwärmung und steigenden Energiepreisen“.[22] Orientiert man sich an der Netto-Energiebilanz, bei der die Energiemenge abgezogen wird, die für den Kraftwerksbau, die Rohstoffgewinnung etc. investiert werden muss, kann man das Zitat nicht verwerfen. In einem Infobrief des Bundestages zur Klimafreundlichkeit von fossilen Energien, Kernenergie und erneuerbaren Energien und auf Wikipedia.de findet sich ein Vergleich der unterschiedlichsten Energieträger. Den geringsten CO₂-Ausstoß erzeugen demnach Windenergie, Wasserkraft- und Kernkraftwerke mit Emissionswerten zwischen 10 und 40 Gramm pro erzeugter Kilowattstunde. Mit 50 – 100 Gramm pro kWh folgen die Photovoltaikanlagen und am Ende stehen die Stein- und Braunkohlewerke. In einer Gegenüberstellung von Deutschland und Frankreich zeigt sich, dass Deutschland einen 10-mal höheren CO₂-Ausstoß hat. Das liegt daran, dass in Deutschland etwa 45 % der gesamten Energie durch Kohlekraftwerke erzeugt wird, diese aber einen kumulierten Kohlenstoffdioxidausstoß von 80 % verursachen. In Frankreich hingegen werden laut dem wichtigsten Stromanbieter EDF „[...] 95 % der elektrischen Energie CO₂-frei [...]“ aus Atommeilern erzeugt.[23] Es werden zwar hohe Anforderungen an Atomreaktoren gestellt, aber dennoch gelten häufig Materialmängel oder menschliches Versagen als Ursache für Störfälle und schwerwiegende Unfälle. Die Vergangenheit hat erst kürzlich wieder gezeigt, dass Atomstrom keine Alternative gegenüber anderen fossilen Energiequellen darstellt und z.B. bei unvorhersehbaren Naturkatastrophen keine entsprechende Sicherheit bietet.

1.6 „Stromfresser“ im Privatcomputer

Auch beim Privatanwender gilt der Leitspruch „Wer schnell sein will, muss zahlen“. Der Stromverbrauch und Bedarf steigt stetig. Viele Haushalte gleichen mehr und mehr einem Hightech-System mit elektronischer Komplettausstattung. So verbrauchen, wie bereits anhand des Jevons' Paradoxon erläutert, die einzelnen Geräte in der Regel zwar weniger Strom, dennoch stieg laut statistischem Bundesamt der Durchschnittsverbrauch der deutschen Haushalte seit 1995 um 11 % an.[24] Die Ausgaben der privaten Haushalte für den Bereich Wohnenergie mit den Unterpunkten Strom, Gas, Brennstoffe und Fernwärme erhöhten sich zwischen 1995 und 2007 sogar um knapp 61 %. Dieser Anstieg bedeutet bei einem Durchschnittshaushalt einen absoluten Anstieg von 86,- auf 130,- Euro monatlich, die für Wohnenergie aufgewendet werden müssen. Schlüsselst man den Stromverbrauch weiter auf, ist festzustellen, dass sich selbiger im Bereich von Bürogeräten in den letzten zwei Jahrzehnten sogar um das 32-fache erhöht hat. Eine Studie der European Commission Directory General for Energy besagt, dass die Zunahme des jährlichen Stromverbrauchs in den privaten Haushalten der EU-Mitgliedstaaten sich von 2 TWh im Jahr 1990 auf 64 TWh im Jahre 2010 erhöht hat. Dieser enorme Zuwachs ist nur dadurch kompensierbar, dass andere Geräte im Vergleich deutlich effizienter und energieärmer geworden sind. Hierzu zählen vor allem Kühlschränke, Waschmaschinen und Beleuchtungskörper.[EU - ENERGY Star]

Auch im Bereich der Computerproduktion werden Optimierungsversuche im Hinblick auf die Energieeffizienz letztlich durch das ständige Streben nach Leistungssteigerung und dementsprechend schnelleren Computern, mit geringerem Verbrauch, geradezu konterkariert. Denn der Produktionsprozess eines neuen Computers bedarf jeweils eines Energieaufwandes von ca. 3000 kWh. Aus Gründen der Umweltfreundlichkeit sollte ein Computer daher solange wie möglich genutzt werden. Wenn man sich dann für die Anschaffung eines neuen Gerätes entscheidet, sollte man darauf achten, dass dieses einen geringen Stromverbrauch hat. Das Kreisdiagramm (Abbildung 4) auf Seite 12 veranschaulicht, welche Komponenten des Computers als „Stromfresser“ deklariert werden können. Demnach sind vor allem schnelle Prozessoren und leistungsstarke Grafikkarten für einen hohen Stromverbrauch verantwortlich. Auch Laufwerke und Mainboards machen mit knapp einem Viertel des Gesamtbedarfs einen nicht unerheblichen Anteil aus. Nicht in der Abbildung berücksichtigt, aber ebenfalls von großer Bedeutung für den Stromverbrauch, sind Subwoofer und PC-Lautsprecher. [25] [26] Ein weiterer gravierender Unterschied ist zwischen Desktop-PCs und Notebooks erkennbar. Laut einem Artikel im Verbraucherportal Verivox benötigen Heimrechner „[...] während des Betriebs locker 200 Watt pro Stunde“.[27] Ein ähnlich leistungsstarkes Notebook profitiert hier von einem optimierten Energiehaushalt und benötigt mit rund 20 bis 60 Watt pro Stunde gerade einmal ein Fünftel. Zur besseren Vorstellung, wofür die Energiemenge einer Kilowattstunde genutzt werden kann, dienen die folgenden Beispiele. So könnte man mit der Energiemenge einer Kilowattstunde:

- 50 Stunden am Laptop arbeiten (bei einer Leistung von 20 Watt)
- Sieben Stunden fernsehen (bei einer Leistung von ca. 140 Watt)
- Fünf Stunden am Computer arbeiten (bei einer Leistung von 200 Watt)
- 25 Minuten staubsaugen (bei einer Leistung von 2400 Watt)[28]

Anteil der einzelnen Komponenten im PC am Gesamtverbrauch

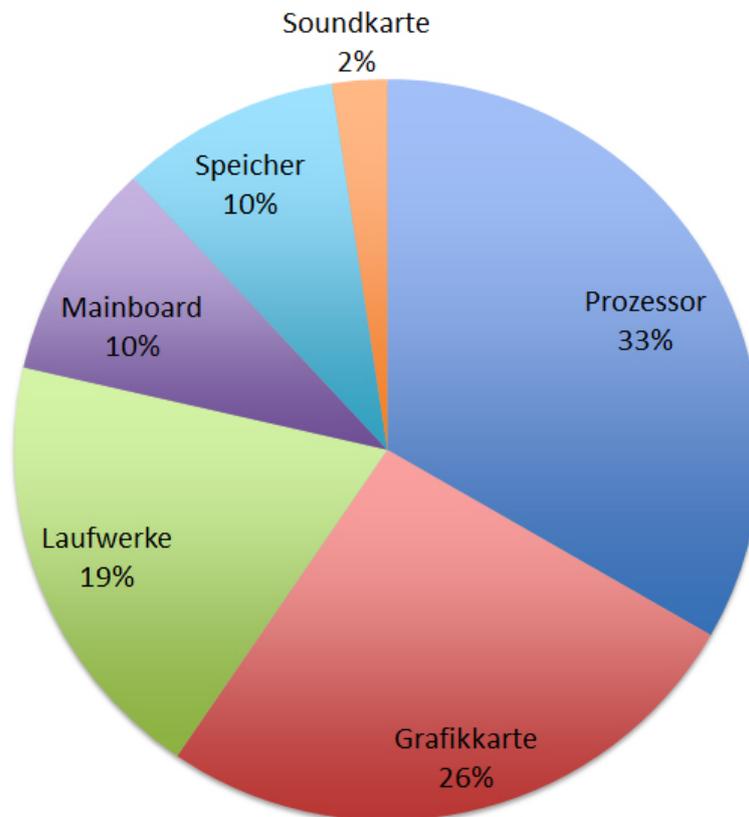


Abbildung 4: Anteil in % der einzelnen Komponenten im PC am Gesamtverbrauch

2 Der Hochleistungsrechner

2.1 Supercomputer im Rechenzentrum

Supercomputer sind aus unserem heutigen Alltag nicht mehr wegzudenken. Früher oftmals vom Staat geschaffen und als sogenannte Gebietsrechnerstellen deklariert, schufen sie anfangs Rechenkapazitäten zur Datenverarbeitung für staatliche Einrichtungen und stellten die benötigte Leistung für große, verwaltungstechnische und statistische Aufgaben bereit.

Die Zahl der Supercomputer und Rechenzentren ist in den vergangenen Jahren stark angestiegen. Viele Forschungsgebiete benötigen eine große Rechenleistung, sowie eine Möglichkeit, viele Informationen für lange Zeit speichern zu können. Exemplarisch sei hierzu das Deutsche Klimarechenzentrum (DKRZ) in Hamburg genannt, welches Klima- und Erdsystemforschung betreibt und für die im Rahmen dessen getätigten Aufzeichnungen und Berechnungen eine enorme Prozessorleistung benötigt. Die dort tätigen Wissenschaftler gleichen Vorhersagen über das Klima

in beispielsweise 50 Jahren immer wieder mit aktuellen Informationen ab und passen selbige auf diese Weise an. Als Ausgangspunkt zur Veranschaulichung kann hierbei eine exemplarische Aufteilung der Erde in ein 5 Quadratmeter großes Gitternetz dienen. Je höher die Granularität des Rasters ist, desto genauer können die Berechnungen erfolgen. Ein Rechenzentrum dieser Art benötigt dementsprechend eine enorme Prozessorleistung und einen sehr großen Datenspeicher. Je besser und leistungsstärker die Komponenten eines Computers werden, desto feiner kann das Gitter über die Erde gelegt werden und die Berechnungen können noch exakter bestimmt werden. Aus diesem Grund ergibt sich ein quasi unersättliches Verlangen nach schnelleren bzw. größeren Prozessoren und Speichern. Gerade diese Komponenten sind jedoch sehr energiezehrend und verursachen hierdurch eine erhebliche Systemerwärmung. Rechenzentren in der Größe vom Deutschen Klimarechenzentrum, welches 8448 Rechenkerne mit einer Gesamtrechenleistung von 158 Tera-Flop/s besitzt und einen Datenspeicher von 7 PetaByte bereitstellt, erzeugen jährliche Stromkosten von knapp zwei Millionen Euro. Um die Rechenleistung an einem anschaulichen Beispiel zu verdeutlichen, hat das DKRZ folgenden Vergleich angestellt: „Das IBM Power6-Rechensystem liefert mehr als 150 Tera-Flop/s Spitzenrechenleistung. Jeder Mensch dieser Erde müsste 20.000 Multiplikationen pro Sekunde durchführen, damit alle zusammen dieselbe Rechenleistung erzielen könnten.“ (DKRZ-Broschüre, 2009:10). Alleine die Kosten für die Kühlung eines solchen Systems belaufen sich auf ca. 600.000 Euro und machen somit knapp 30 % der Gesamtkosten aus.[29]

Der Einsatzbereich von Rechenzentren beschränkt sich jedoch nicht auf den Bereich wissenschaftlicher Forschung. So werden beispielsweise auch alle Informationen im Internet auf Servern abgelegt, die meist in riesigen Rechenzentren stehen. Laut der European Information Technology Observatory (EITO) nutzten Anfang 2008 fast 1,3 Milliarden Menschen das Internet. Die übertragene Datenmenge lag im Jahr 2009 täglich bei 0,4 Exabyte, was in etwa der Datenmenge entspricht, die in allen Büchern und in jeder Sprache jemals auf der Welt geschrieben wurden. Dieser Wert soll sich nach Schätzungen bis zum Jahre 2014 sogar noch um den Faktor 3,5 erhöhen. Der deutsche Hostler Strato mit Sitz in Berlin ist der zweitgrößte Hostler Europas und stellt auf seinen knapp 40.000 Servern für mehr als 1,4 Millionen Webseiten-Betreiber Speicherplatz und Rechenleistung für Homepages, Webshops und Online-Speicher bereit. Die Server der Strato AG sind nach eigenen Angaben seit dem Jahre 2008 „CO₂-frei“, da der Strom seither aus Wasserkraft gewonnen wird. Der Gesamtenergieverbrauch der Rechenzentren von Strato lag im Jahr 2007 bei 30 Millionen Kilowattstunden und soll damit, ebenfalls nach eigenen Angaben, einen deutlich geringeren Stromverbrauch pro Server gegenüber den Servern von Google haben.[30] [31]

Zur Veranschaulichung sei hierzu gesagt, dass alle Serverfarmen von Google in etwa so viel Strom verbrauchen, wie eine Großstadt mit 200.000 Einwohnern. Schätzungen zufolge verbrauchen alle Rechenzentren auf der ganzen Welt zusammen jährlich ungefähr 152 Milliarden Kilowattstunden Strom. Eine Studie des Bundesumweltministeriums aus dem Jahre 2006 zeigt, dass sich der Strombedarf alleine in deutschen Rechenzentren in den letzten sechs Jahren mehr als verdoppelt hat. Der massive Anstieg der Nutzung des Internets und der Nachfrage nach immer leistungsstärkeren Hochleistungsrechnern in der Forschung und Wirtschaft tragen zu dieser Entwicklung bei.[32] Nach Angaben der Umweltschutzorganisation Greenpeace hat die derzeitige IT-Infrastruktur einen Anteil von 2 bis 3 % am weltweiten Strombedarf – wobei mit einem zu-

sätzlichen Anstieg des Energiebedarfs um jährlich 12 % gerechnet wird. Das wiederum wäre ausreichend Energie um Großbritannien für fast fünf Monate zu versorgen.[33] [34]

Als problematisch an dieser Entwicklung beurteilen Experten zudem, dass die immer steigende Leistungsnachfrage bisweilen durch das Hinzuschalten von immer mehr CPUs, GPUs und Festplatten kompensiert wird. Dieses Vorgehen sorgt abermals für einen steigenden Stromverbrauch und verursacht zudem auch einen erhöhten Platzbedarf und Verbrauch. Rechenzentren stoßen durch diesen steigenden Platzbedarf und durch die damit steigende Entfernung zwischen Prozessor und Speicher zunehmend auch an architektonische Grenzen. Diese Entwicklung wirkt sich negativ auf die Verarbeitungsgeschwindigkeit der High-End-Rechenmaschinen aus. Viele große Hersteller wie Intel, AMD und Nvidia arbeiten daher bereits verstärkt an neuen Konzepten, um diesem Missverhältnis entgegen zu wirken.

2.2 Die Kühlung

Da auch die Kühlung einen großen Kostenfaktor ausmacht, werden die Standorte für Rechenzentren zunehmend nach klimatischen Bedingungen und aktuellen Stromkosten ausgesucht. In einigen Ländern, wie Island, sind die Stromkosten, wie im Kapitel 1.3 *Der Stromverbrauch* beschrieben, deutlich geringer. Selbige bieten sich daher aus ökonomischen Gründen als Standorte an. Bei heutigen Superrechnern wird im Rahmen der Kostenkalkulation davon ausgegangen, dass eine Summe in Höhe der Anschaffungskosten abermals für den Unterhalt der Rechner aufgewendet werden muss. Wobei die Tendenz hierbei noch zu steigen scheint. So bezeichnet der geschäftsführende Leiter des Leibniz Rechenzentrum in München, Herr Prof. Dr. Heinz-Gerd Hegering in einem Interview, den Anstieg der Absolutkosten im Vergleich zu früheren Zeiten als dramatisch.[55] Ausgehend davon hält er es sogar für wahrscheinlich, dass sich die bisherige Formel zur Gesamtkostenberechnung zu $x + 2 * x$, wobei x die Investitionssumme für die Anschaffung und $2 * x$ für die Stromkosten steht, ändern wird und damit der „Löwenanteil“ (Total Cost of Ownership) der Investition in Zukunft auf den Unterhalt der Anlagen selbst abfallen wird.

In Folge des Bedeutungsgewinns auch dieser Komponente, wurden zuletzt viele gute, aber auch einige ominöse Energiesparkkonzepte entwickelt. So hat Google erst kürzlich die Idee für ein schwimmendes Rechenzentrum veröffentlicht. Demnach soll die Strömungs- bzw. Wellen-Energie für den Betrieb genutzt werden und das Meerwasser zur Kühlung der Rechencluster dienen. Als einfachere bzw. ausgereifere Konzepte sind an dieser Stelle beispielhaft die Hardwareempfehlung für Serverkomponenten, die Kalt- und Warmgangeinhausung, die direkte Luftstromzuführung, die Isolierung der Rechnerräume und die Anhebung der Serverraumtemperatur zu nennen. Als weiteres Energiesparkkonzept kann auch die Konsolidierung und Virtualisierung der Server angesehen werden, da diese zu einer höheren Auslastung und damit zu einem energieeffizienteren Rechenzentrum beitragen. Die Energiesparkkonzepte zur Steigerung der Energieeffizienz, sollen im Folgenden kurz beleuchtet werden.

Bei der Hardwareempfehlung für Server gibt der Hersteller z.B. eine Temperaturempfehlung für die einzelnen Hardwarekomponenten heraus, die besagt bei welcher Temperatur die Leistung am effizientesten ist und die höchste Lebensdauer der Komponenten erwartet werden kann.

Ein weiteres Konzept ist die direkte Luftstromführung. Dabei kann mit Hilfe eines doppelten Bodens punktgenau dort gekühlt werden, wo es nötig ist. Die „Königsklasse“ ist schlussendlich die Einhausung der Serverracks, bei der man die Kaltluft von der Warmluft trennt. Hierdurch kann der Anstieg der Umgebungstemperatur verringert und die Vermischung der Kalt- und Warmluft verhindert werden, so dass die Klimageräte heruntergeregelt und die Ventilatoren im Doppelboden gedrosselt werden können. Der Energiebedarf wird dadurch drastisch gesenkt. Nach Angaben der Strato AG ist dies auch sinnvoll, da schließlich nicht die ganze „Wolke“ gekühlt werden müsse.[56]

Bei der Einhausung unterscheidet man grundlegend zwei Prinzipien: Die Warmgangeinhausung

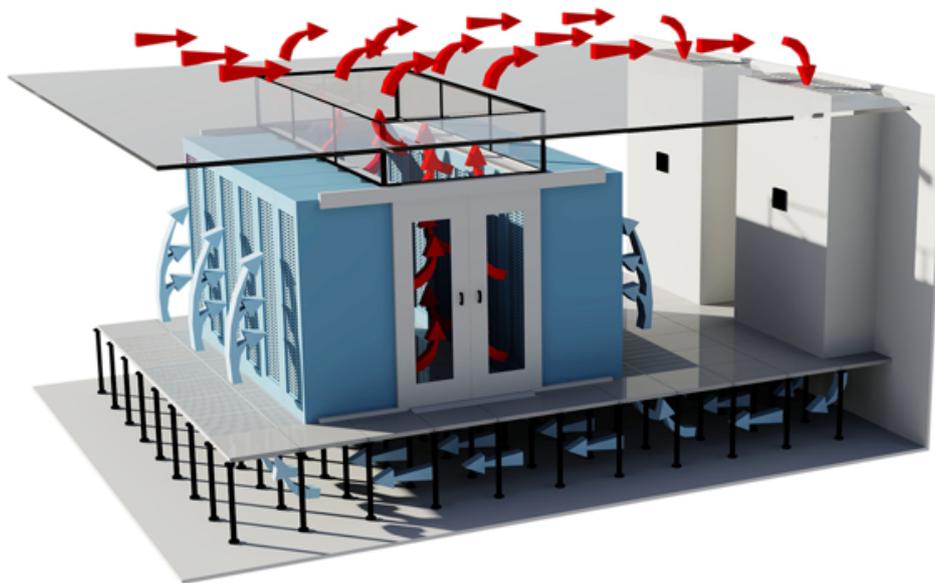


Abbildung 5: Hot Aisle Management

ung (Hot-Aisle-Containment) und die Kaltgangeinhausung (Cold-Aisle-Containment). Bei der Warmgangeinhausung werden die Racks mit den jeweils gegenüberliegenden Rückseiten in zwei Reihen aufgestellt. Die kalte Luft wird vorne von den Racks eingesaugt und zum Kühlen benutzt. Anschließend wird die erwärmte Luft nach hinten ausgeführt, so dass ein „warmer Raum“ entsteht. Die Warmluft wird sodann nach oben mittels eines Klimagerätes abgesaugt und häufig durch Wasserkühlung auf Raumtemperatur abgekühlt (siehe Abbildung 5) oder aus dem Serverraum an die Umwelt abgegeben bzw. zur Erwärmung der umliegenden Gebäude genutzt. Mittels Türen und Dachelementen, welche häufig aus Kunststoffen wie Plexiglas bestehen, wird die Warmluft von der Kaltluft abgeschottet. Gefährlich kann es werden, wenn die Klimageräte ausfallen. Hierdurch kann ein Wärmestau entstehen, welcher unter Umständen enormen Schaden an den Hardwarekomponenten anrichtet. Bei der Kaltgangeinhausung werden die Vorderseiten der Racks jeweils gegenübergestellt und abgedichtet, so dass die aus dem doppelten Boden kommende Kaltluft von der Warmluft (bzw. der Umgebungstemperatur) abgeschirmt wird (siehe Abbildung 6 auf Seite 17).

Nach Forschungen von Intel und T-Systems kann der Energiebedarf mit Hilfe der Methode der Einhausung um bis zu 19 % gesenkt werden und die Kühlung damit deutlich effizienter machen. „Letztendlich führte das Experiment vor Augen, dass der Power-Usage-Effectivness-Wert (PUE) mit relativ einfachen Mitteln deutlich verbessert werden kann.“[35] Das American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) empfiehlt insofern eine Anhebung der Serverraumtemperatur auf 26,6°C. Derzeit liegen die Temperaturen in den Rechenzentren überwiegend unterhalb dieser Empfehlung, um die Lebensleistung der Hardwarekomponenten sicherzustellen. Doch mit dieser Anhebung kommt das ASHRAE der Hardwareempfehlung der Hersteller nach und die Garantien auf die Hardware bleiben bestehen. Es muss allerdings darauf geachtet werden, dass die Komponenten nicht zu heiß werden, ansonsten wäre eine dramatische Absenkung ihrer Lebensdauer zu befürchten.[36] [37] Der Betrieb von kostenoptimierten Serverräumen erfordert ein intelligentes Energiemanagement. Dabei beinhaltet ein gelungenes Green-IT-Konzept nicht nur das Server- und Klimamanagement, sondern auch die Raumplanung und die Gebäudetechnik.[38]

Viele der soeben vorgestellten Energiesparkonzepte werden derzeit bereits kontinuierlich in großem Umfang eingesetzt und weiter optimiert. Bestreben der Wissenschaftler ist es noch schnellere Computer zu entwickeln und bis 2018 Supercomputer zu bauen, die die Rechenleistung von einem Exaflop übersteigen. Damit wären sie etwa 1000 Mal leistungsfähiger als die derzeit stärksten Superrechner der Welt. Nvidia will sogar versuchen, bereits bis zum Jahr 2017 einen Exaflop-Supercomputer herzustellen. Ein sehr großes Problem bei all diesen Vorhaben bereitet jedoch bisher die Optimierung des Stromverbrauchs. Orientiert man sich an derzeitigen Supercomputern wie dem Spitzenreiter "K", der ca. 1,21 Kilowatt pro Terraflop benötigt und interpoliert die Verbräuche auf Computersysteme in der angesprochenen Größenordnung von einem Exaflop, würde das bedeuten, dass die daraus resultierende benötigte Energiemenge sich auf 1.210.000 Kilowatt pro Exaflop summieren würde. Nimmt man nun einen 24-Stundenbetrieb zur Grundlage und multipliziert diese Summe mit den marktüblichen Stromkosten der Industrie von 17,69 Cent, resultieren daraus Stromkosten in Höhe von über 1,9 Milliarden Euro pro Jahr (für eine detaillierte Rechnung, siehe Abbildung 7 auf Seite 17). Letztendlich zeigt diese Rechnung die Signifikanz von energieeffizienteren Konzepten für die Supercomputer und deren Kühlung.

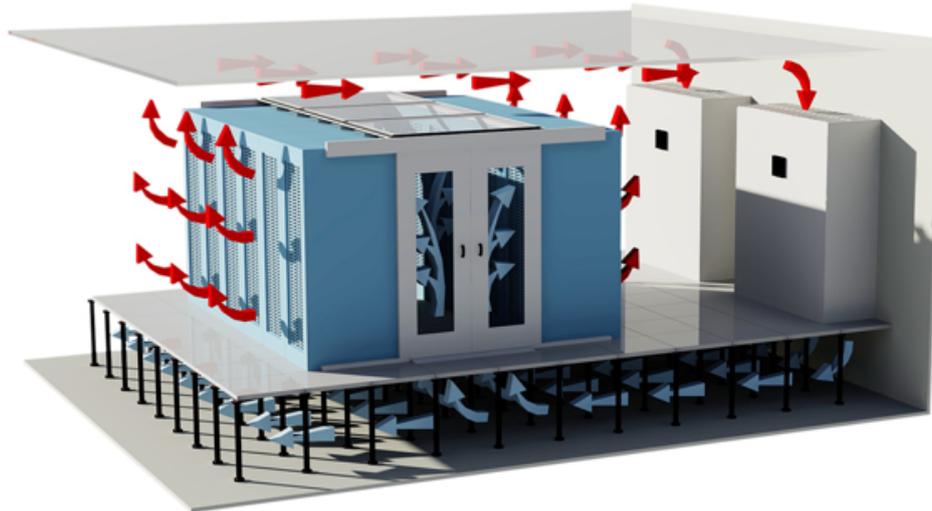


Abbildung 6: Cold Aisle Management

Daten vom Superrechner 'K' 9900 KW / 8162 TF
Das heißt, dass 1,21 KW / TF
daraus folgt: 1.210.000 kW / EF
Stromkosten pro Jahr: <u>1.903.688.160,00 €</u>
Nebenrechnung: $((1.210.000 \text{ kW} * 0,1769 \text{ €}) * 8760\text{h})$ $24 \text{ h} * 365 = 8760 \text{ h}$

Abbildung 7: Rechnung

3 Die Gesellschaft sensibilisieren

Wie aus den vorherigen Kapiteln ersichtlich, ist die Entwicklung eines zukunftsfähigen Energiemodells, nicht zuletzt auch zur Versorgung der IT-Infrastruktur, eines der Schlüsselprobleme des 21. Jahrhunderts. Die Energiepreise sind in den vergangenen Jahren, auch durch die Industrialisierung der energiehungrigen Nationen China und Indien, auf ein bis dato unbekanntes Preisniveau angestiegen. Die ökologischen, ökonomischen und sozialen Folgen des Klimawandels sind noch immer viel zu häufig ein bloßes Randthema in der Politik, den Haushalten und in den Unternehmen. Getreu dem Motto „Der Strom kommt aus der Steckdose“, wird regelmäßig noch die Bedeutung der Nutzung von energieeffizienten Geräten unterschlagen und als unwichtig erachtet. Seit mehr als 20 Jahren warnen Wissenschaftler vor den Treibhausgaswirkungen, doch die meisten Menschen verbinden das Problem nicht mit ihrem eigenen Verhalten. Die Psychologin Dr. Ittner begründet die fehlende Fähigkeit der Menschen zu einem wirklich problembewussten Umgang mit der Thematik damit, dass „der Klimawandel für den Menschen so schwer greifbar ist, da wir diesen nicht sehen oder hören können, wir können ihn nicht fühlen. Der Mensch muss sich das alles vorstellen und in Zahlen umrechnen und mithilfe von Statistiken visualisieren. Außerdem neigt er zu der Illusion, alles im Griff zu haben [...]“.[39] Diese Aussage offenbart ein vorliegendes Dilemma. Für die Menschen ist das Ausmaß der Klimakrise weder vorstellbar, noch ist die davon ausgehende Bedrohung greifbar. Naturkatastrophen tragen insoweit maximal zu einer vorübergehenden Sensibilisierung bei, selbige verschwindet aus den Köpfen der Menschen jedoch in der Regel spätestens mit dem Ende der medialen Berichterstattung.

Gerade der nachfolgend unter 3.1 beschriebene ENERGY STAR, sowie das unter 3.2 zu behandelnde „intelligente Stromnetz“ SmartGrid können für den Endverbraucher zur Visualisierung beitragen und die „grünen“ Produkte auf eine einfache Art und Weise sichtbar machen. So kann das energiebewusste Verhalten des Verbrauchers gestärkt werden. Auch Programmierer können aktiv dazu beitragen Strom einzusparen, indem die Software energieeffizienter programmiert wird. Eine dahingehende Verbesserung ließe sich bereits dadurch erreichen, dass beispielsweise der Speicherallokation mehr Aufmerksamkeit gewidmet wird.

Unternehmen und Haushalte sollten außerdem bei ihrer Produktauswahl stärker auf den Lebenszyklus, sowie insbesondere die Recyclingmöglichkeiten der einzelnen Produkte achten. Die Aufgabe einer nachhaltigen Lenkung hin zu einem umweltbewussteren Konsumverhalten obliegt insofern der Politik. Häufig wird hier nicht im Sinne der Umwelt und des Menschen gehandelt.[40] [41]

3.1 ENERGY Star

Der ENERGY Star ist eine Produktkennzeichnung und Gütezeichen für energiesparende Geräte, Baustoffe und Gebäude. Er wurde 1992 von der amerikanischen Umweltbehörde Environmental Protection Agency (EPA) ins Leben gerufen und hat sich im Laufe der Jahre zu einem internationalen, anerkannten Standard für besonders umweltfreundliche Produkte entwickelt. Die Geräte, die dieses Siegel führen, dürfen vorgeschriebene Maximalwerte nicht überschreiten. Seit Mitte des Jahres 2009 steht der ENERGY Star in der neuesten Fassung, der Version 5.0, bereit und setzt

neue und überarbeitete Grenzwerte für die oben genannten Kategorien fest. Die EU Kommission hält die Anschaffung der sparsamsten ENERGY Star-konformen Geräte für eine wichtige Umweltmaßnahme. Gerade der Anteil von IT-Produkten im Bereich des Dienstleistungssektors ist beachtlich und steigt weiterhin stark an. Im Bereich der Green IT sind vor allem jegliche Arten elektronischer Geräte von Interesse. Im Folgenden sind drei Beispiele mit ihren jeweiligen Grenzwerten der aktuellsten ENERGY Star-Version aufgeführt:

- Ein Dualcore-Prozessor darf ohne eigene Grafikkarte nicht mehr als 175 Watt an Strom verbrauchen. Wobei man hier allerdings sagen muss, dass darüber hinausgehende Bauteile zu dem Grenzwert hinzugerechnet werden dürfen. So wird zum Beispiel pro 1GB Arbeitsspeicher jeweils 1 Watt mehr zum Grenzwert von 175 Watt gerechnet.
- Das Apple 11-inch MacBook Air in der neuesten Serie darf nur einen durchschnittlichen Verbrauch von 11,8 Watt ausweisen. Im Leerlaufmodus bzw. Ruhezustand hingegen nur 3,6 Watt; im Schlafmodus, bei dem die Festplatte und der Bildschirm abgeschaltet sind und der Prozessortakt gesenkt wird, nur 0,9 Watt und wenn es ausgeschaltet ist, dürfen dem Akku maximal 0,3 Watt Strom entzogen werden.
- Auch müssen Computer so vorkonfiguriert sein, dass sie nach 15 Minuten ohne Benutzereingabe den Monitor abschalten und nach 30 Minuten der komplette PC in den Standby Modus (Windows) bzw. Sleep Modus (EPA) fährt.

Ein Problem an dem zertifizierten Logo sehen Kritiker jedoch: Da den Herstellern die Messung überlassen wird, kann nicht eindeutig bestimmt werden, ob es immer zu Recht auf den Geräten angebracht ist. Zudem sind die ermittelten Verbrauchswerte im Labor unter Idealzustand immer ein wenig besser als die zu Hause, oder im Büro zu erwartenden Werte.[42] [43]

3.2 Das intelligente Stromnetz SmartGrid

SmartGrid ist, wie die wörtliche Übersetzung ins Deutsche es bereits nahelegt, ein intelligentes Stromnetz, welches im Stande dazu ist, neben Strom auch Informationen zu transportieren. Die Kommunikation der einzelnen Stromerzeuger, Speicher und Verbraucher untereinander, ermöglicht eine Optimierung und Überwachung der jeweiligen Bestandteile im gesamten Stromnetz. Gerade durch die Verlagerung von der zentralen zur dezentralen Stromerzeugung, insbesondere durch die Stromgewinnung aus erneuerbaren Quellen wie Photovoltaikanlagen, Windkraftanlagen und Biogasanlagen, ist es von großem Vorteil mit Hilfe eines intelligenten Stromnetzes das gesamte Netz besser beobachten zu können. Da man bei einem Energieversorgungsnetz nur mit Werten aus der Vergangenheit rechnen kann, bereitet es Schwierigkeiten, das Netz ideal auszulasten. Zudem kommt es im Tagesverlauf zu sogenannten Lastspitzen, die insbesondere morgens zwischen 7 und 8 Uhr, sowie von 9 bis 16 Uhr und abermals abends gegen 21 Uhr zu verzeichnen sind (siehe Abbildung 8 auf Seite 20). Die Netzinfrastruktur muss daher so aufgebaut sein, dass sie auch derartigen Lastspitzen von 75 – 80 Gigawatt standhält. Da Lastspitzen oft nur von kurzer Dauer sind und gerade nachts eine deutlich geringere Grundlast von knapp 40 Gigawatt (2005) herrscht, bietet das Stromnetz auf diesem Gebiet noch viel Optimierungspotential. Durch eine

Tagesgang des Stromverbrauches

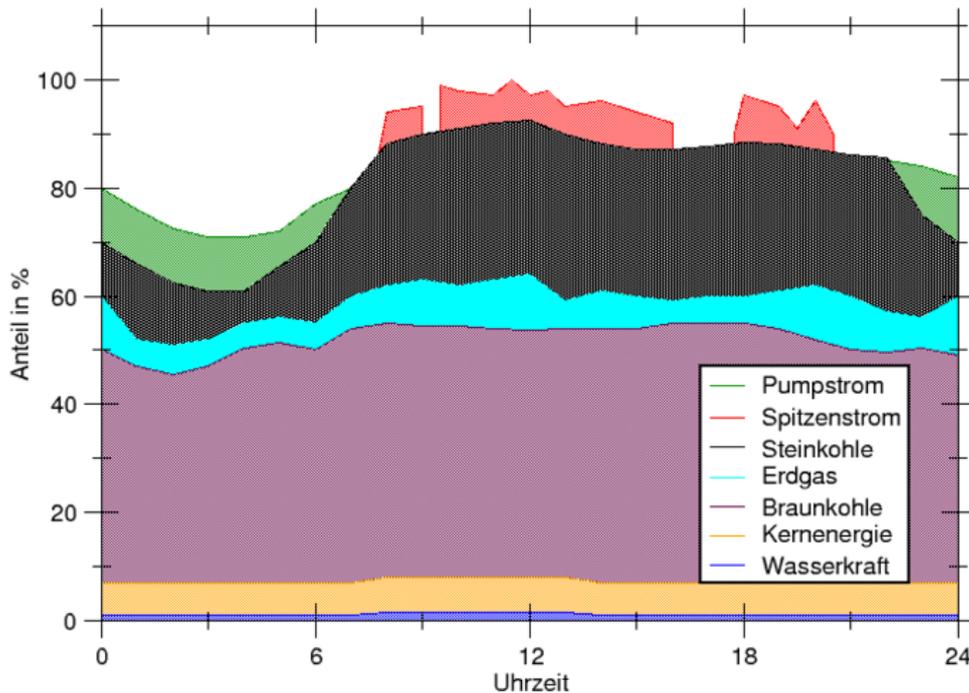


Abbildung 8: Grund- und Spitzenlast. Der Lastverlauf in Deutschland

Verkleinerung der Netzinfrastruktur und eine automatische Steuerung und Kontrolle der Verbrauchsanlagen ließen sich teure Lastspitzen weitestgehend vermeiden. Darüber hinaus würden sich dadurch enorme Kostenvorteile für Verbraucher und Energieproduzenten ergeben. Cisco, die Telekom, Energieversorger wie RWE („voRWEg“) sowie andere Technologieunternehmen haben bereits erkannt, dass sich hier ein riesiger Investitionsmarkt mit großen Einsparpotentialen aufgetan hat. So schätzt Google, dass alleine in den USA rund 15 % des derzeitigen Gesamtenergieaufwandes eingespart werden könnten. Aus der Optimierung der Netzinfrastruktur durch das intelligente Stromnetz haben sich in den USA mehr als 100 SmartGrid-Projekte etabliert und somit bereits heute ein Markt mit einem Volumen von acht Milliarden Euro gebildet.[44]

Durch die beim Kunden installierten Smart Meters können die Verbraucher im Haushalt nicht nur Echtzeitinformationen untereinander austauschen und mit der Schaltzentrale kommunizieren, sie haben zudem auch Zugriff auf das Internet und können dem Verbraucher den aktuellen Strompreis darstellen. Dies verschafft eine größere Transparenz und kann so zur Sparsamkeit motivieren. Bereits heute existieren in vielen Ländern der Welt SmartGrids. Eines der größten befindet sich in Italien. Um hier dem Stromdiebstahl vorzubeugen, verbauten die italienischen Stromversorger in den letzten 10 Jahren mehr als 30 Millionen Smart Meters in den Haushalten. Das dies nur der Anfang einer voranschreitenden Entwicklung war, lässt sich erahnen, wenn man

die im dritten Energiepaket des Europäischen Parlaments von April 2009 getroffene Empfehlung in Bezug nimmt. Selbige besagt, dass 80 % aller Energiekunden bis 2020 ein SmartMeter haben sollten.[45]

Was auf der einen Seite von den Energieversorgern, Telekommunikationsanbietern und dem Staat „gehyped“ und sich bereits heute als riesiger Markt herauskristallisiert hat, bringt jedoch auch negative Begleiterscheinungen mit sich. Das von den Kritikern als *Planwirtschaft 2.0* betitelte SmartGrid verbindet das Stromnetz mit dem Datennetz und auf diese Weise auch mit dem Internet. Durch den Einsatz von Computersystemen in den Smart Meters erhält das Stromnetz einen intelligenten Kopf, der gesteuert werden kann. Diese Verbindung durch das Internet kann einer großen Flut von Virus- und Hackern Angriffen ausgesetzt sein. Einige Computerexperten warnen daher vor der neuen Technik, da sie gewaltige, derzeit nicht überschaubare Gefahren berge und Hackern eine neue Front für Cyberangriffe eröffnen könne. Eine Unterwanderung der Smart Meter mit einfachsten Hackertechniken, wie dem *buffer overflow* und *root kits* ist hiernach denkbar. Bildlich gesprochen kann das dazu führen, dass Hacker einfach das Licht ausschalten. Im Juni 2010 drang ein Vorbote einer neuen Form von Computerschädlingen mit dem Namen *Stuxnet* in eine iranische Atomaufbereitungsanlage ein. Dort beschädigte er die zur Urananreicherung benutzte Zentrifuge.[46] [47]

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die SmartGrid-Technik zum Teil ganz erhebliche Vorteile befördert. Um diese zu wahren und zum Schutze der Grundversorgung muss aber ein wesentlich höheres Augenmerk auf die Sicherheit und den Datenschutz gelegt werden. In Zusammenarbeit von Regierung, Sicherheits- und Datenschutzexperten muss das System und die Netz-Infrastruktur so aufgebaut werden, dass sie Angriffen von außen und innen in Zukunft nicht schutzlos ausgeliefert ist.

3.3 „Grünes“ Programmieren

Unter „grünem“ Programmieren versteht man das Anwenden von neuen Techniken, Methoden und anderen Programmierkonzepten, die zu einer Reduzierung der Stromkosten beitragen. Der Energiebedarf eines Rechners hängt von der Auslastung des Systems ab, das heißt davon, wie intensiv man ihn arbeiten lässt. Eine kluge und durchdachte Programmiertechnik kann demnach zur Senkung des Strombedarfs eines Computers beitragen. Lange Zeit wurde in der Softwareentwicklung kaum ein Augenmerk auf die Energieeffizienz und eine dahingehende Optimierung von Computersystemen gelegt. So ist es bisher üblich – gerade bei großen Rechnersystemen – zwei Prozessoren mit geringer Leistung rechnen zu lassen, statt einen Prozessor voll auszulasten und den anderen dafür komplett abzuschalten. Hierfür wäre ein ausgeklügeltes Scheduling-System erforderlich, welches als übergeordnetes Programm dem zu berechnenden Programmcode der einzelnen Benutzer passende Ressourcen zuweist und Systemteile abschaltet, sobald diese nicht benötigt werden. Derartige Maßnahmen gilt es sinnvoll zu planen. So muss ein solches Computersystem seinen eigenen Stromverbrauch beobachten und aus Erfahrungswerten früherer Programmdurchläufe bis zu einem gewissen Grad die Zukunft dahingehend vorhersehen können, wie sich der Strombedarf ändern könnte und sodann dementsprechend die zur Verfügung stehenden Ressourcen vorausschauend verteilen.[48]

Eine weitere Möglichkeit, Programme energiesparender zu gestalten, besteht darin, sie zunehmend zu individualisieren. Viele Programme haben einen fast unüberschaubaren Funktionsumfang, der allerdings von den wenigsten Benutzern voll ausgenutzt wird. Die für den Normalverbraucher oft überflüssigen Funktionen belasten die Rechenkraft des Computers und steigern so den Energieverbrauch. Mit Hilfe eines durchdachten Add-On Managements könnten zunächst nur die Grundfunktionen eines Programmes bereitgestellt werden. Je nach Bedarf könnte der Verbraucher sich sodann weitere, zusätzlich benötigte Funktionen von der Herstellerwebsite herunterladen und diese aktivieren. Auf diesem Weg wird sowohl Rechenleistung, als auch Energie eingespart. Dabei ist es allerdings wichtig, dass die Energieeffizienz, die auf diese Weise geschaffen werden kann, nicht zu Lasten der Programmperformance geht. Es ist der Versuch zu unternehmen, die vorhandenen Ressourcen effizienter zu nutzen und hierbei auf eine ergiebigere und optimierte Programmierung zu achten. Insbesondere die Auslastung, sprich die Effizienz eines Programmes, gilt es zu verbessern. Erst kürzlich wurde von der Technischen Universität Wien ein Wissenschaftspreis in Höhe von 500.000 Euro an ein Projekt vergeben, das sich zum Ziel gesetzt hat, große Hochleistungscomputer umweltfreundlicher zu gestalten. Auch in Deutschland gibt es ein vom Bundesumweltministerium aufgesetztes Förderprogramm zum Thema „IT goes green“, das in Zusammenarbeit mit dem Branchenverband BITKOM vergeben wird und der Erforschung von Softwareenergieeffizienz dienen soll.[49] [50]

3.4 Produktlebenszyklus und Recycling

Nach Expertenmeinungen hat die IT-Branche ein viel zu „grünes Gesicht“. Betrachtet man den kompletten Produktlebenszyklus von der Herstellung bis zur Verschrottung bzw. bis zum Recycling wird schnell ersichtlich, dass der Ansatz des Produktlebensmanagement in der IT zur ganzheitlichen und unternehmensweiten Verwaltung und Steuerung anhand der gesamten Logistikkette von den meisten Technologieunternehmen nicht hinreichend verfolgt wird. Gerade im Rahmen der Herstellungsprozesse wird sehr viel Energie benötigt und dementsprechend viel CO₂ ausgestoßen. Zudem werden teilweise schadstoffhaltige Rohstoffe verwendet, die gerade das Recycling solcher Bauteile extrem schwierig und aufwendig bis unmöglich machen. Hier besteht Nachholbedarf: Greenpeace bemängelt, dass 75 % des Elektroschrotts nicht nach dem Prinzip der guten Recycling-Theorien entsorgt und recycelt werden. Dabei werden wertvolle Ressourcen vergeudet, wenn Produkte wie Computer, Fernseher, Drucker und Handys einfach dem Müll zugeführt und so ohne Recyclingmaßnahmen entsorgt werden.[51]

Spezielle Recyclinganlagen sind jedoch oftmals noch zu teuer. Die hohen Kosten, sowie fehlende gesetzliche Bestimmungen tragen dazu bei, dass viele Unternehmen einen deutlich einfacheren und insbesondere kostengünstigeren Weg wählen, indem sie den Elektroschrott der Industrieländer in Entwicklungsländer verschiffen. Hier wird der Schrott häufig illegal entsorgt – meist durch Verbrennung, was nicht nur die wieder verwertbaren Komponenten unwiederbringlich zerstört, sondern auch erhebliche Umweltverschmutzungen in diesen Ländern hervorruft. In Ghana leben von dem Verdienst und der Beschäftigung in dieser sehr bedenklichen Branche allerdings bis zu 200.000 Menschen. Die Arbeitsbedingungen sind hierbei jedoch miserabel. Häufig ist Kinderarbeit zu sehen und die Löhne liegen unterhalb der Armutsgrenze. Arbeitstage von bis zu

12 Stunden stehen an der Tagesordnung. Außerdem lauern gravierende Gesundheitsgefahren im Elektroschrott: Bei der Arbeit werden giftige Dämpfe und Schwermetalle freigesetzt. Würde man die Technik der Industrieländer nun mit dem Arbeitseifer der in Ghana lebenden Menschen kombinieren, könnten mit hocheffizienten Recyclinganlagen bis zu 17 wertvolle Metalle pro Produkt wie hochwertiges Silber, Kupfer oder Goldanhaftungen zurückgewonnen und die Arbeitsbedingungen deutlich verbessert werden.[52] [53] [54]

4 Fazit

Green IT ist und bleibt ein spannendes Thema. Gerade weil die Computertechnik insgesamt noch eine relativ junge Wissenschaft ist und das Thema Energieeffizienz ein recht neuer Bestandteil in dieser Thematik, bleibt es abzuwarten welche Konzepte und Entwicklungen zukunftsfähig und praxistauglich werden. Höchstwahrscheinlich werden sich in den kommenden Jahren auch ganz neue Ansätze herauskristallisieren. Die Green IT zeigt aber auch, dass es ungeahnte Potentiale im Bereich der Optimierung von Informationssystemen gibt. Zu hoffen bleibt, dass die dabei noch zu durchlaufenden Entwicklungsstadien nicht zu viele Kollateralschäden mit sich bringen. Insbesondere auf die Datensicherheit sollte hierbei ein besonderes Augenmerk gelegt werden. Zudem wäre es wünschenswert wenn eine Sensibilisierung der Gesellschaft auch tatsächlich erreicht werden könnte, denn bereits jeder einzelne kann einen Beitrag leisten.

Literatur

- [1] George Adamson (1906-89), engl. Tierschützer
- [2] BMU, www.bmu.de/klimaschutz/nationale_klimapolitik/doc/5698.php,
- [3] www.bmu.de/klimaschutz/nationale_klimapolitik/doc/44497.php
- [4] Grasgrün.it, www.grasgruen.it/downloads/pta20080213.PDF
- [5] Grüne-it.de, www.gruene-it.de/index.php/tag/unternehmen/
- [6] Pbs-Business.de, www.pbs-business.de/inhalt/1951-Wunsch_nach_Mobilitaet_ist_ungebrochen/
- [7] http://de.wikipedia.org/wiki/Jevons%E2%80%99_Paradoxon
- [8] www.energiereblog.de/energieeffizienz
- [9] <http://www.kabel-internet-telefon.de/news/27201-jeder-deutsche-haushalt-hat-50-elektrogeraete-und>
- [10] <http://www.microtarife.de/durchschnittlicher-Stromverbrauch>
- [11] <http://de.wikipedia.org/wiki/Strompreis>
- [12] http://www.infrastruktur-china.de/Energieversorgung_China.htm
- [13] <http://www.berliner-zeitung.de/newsticker/die-finanzkrise-trifft-island-hart--umso-mehr-setzt-das-lan-10917074,10602412.html>
- [14] <http://www.stromabzocke.de/wp/1066/226-terrawattstunden-benotigt-google>
- [15] <http://www.gulli.com/news/17214-rechenzentrum-in-island-fuer-geringere-emissionen-2011-09-28>
- [16] http://de.enterpriseefficiency.com/author.asp?section_id=1231&doc_id=233332
- [17] <http://googleenterprise.blogspot.com/2011/09/gmail-its-cooler-in-cloud.html>
- [18] <http://www.verivox.de/ratgeber/der-strommix-in-deutschland-42056.aspx>
- [19] <http://www.energiesparen-im-haushalt.de/energie/bauen-und-modernisieren/modernisierung-haus/heizung-modernisieren/heizungsanlage-erneuern/preisentwicklung-oel-und-gas.html>
- [20] http://www.focus.de/immobilien/energiesparen/tid-12669/energie-warum-steigen-die-strompreise_aid_351405.html
- [21] <http://vorort.bund.net/suedlicher-oberrhein/laufzeitverlaengerung-akw-kkw-atomkraftwerk.html>
- [22] <http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/alte-atomkraftwerke-die-gelddruckmaschinen-1.808263>
- [23] <http://de.wikipedia.org/wiki/Kernenergie>
- [24] <http://www.welt.de/wirtschaft/energie/specials/strom/article10218697/Wie-man-den-Stromverbrauch-schnell-senken-kann.html>

- [25] <http://www.kwh-preis.de/stromfresser-pc>
- [26] <http://www.meisterkuehler.de/content/energierechner-fuer-computer-79.html>
- [27] <http://www.kwh-preis.de/service/strom-sparen/stromsparen-computer-edv>
- [28] Wattstunde, <http://de.wikipedia.org/wiki/Wattstunde>
- [29] <http://www.dkrz.de/Klimarechner/hpc/ibm>
- [30] <http://www.pcwelt.de/news/Green-IT-Strato-fordert-geringeren-Stromverbrauch-fuer-Rechenzentren.html>
- [31] http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/broschuere_rechenzentren_bf.pdf
- [32] <http://www.wasistwas.de/technik/alle-artikel/artikel/link//424307317e/article/wie-viel-energie-verbraucht-das-internet.html>
- [33] <http://www.golem.de/1109/86693.html>
- [34] <http://www.crn.de/netzwerke-tk/artikel-2530.html>
- [35] <http://www.searchdatacenter.de/themenbereiche/physikalisches-umfeld/klimatisierung/articles/304065/>
- [36] http://www.activepower.com/fileadmin/documents/white_papers/DEU/WP_105_-_UEberhitzung_in_Rechenzentren.pdf
- [37] <http://www.ardmediathek.de/ard/servlet/content/3517136?documentId=8453818>
- [38] http://www.tecchannel.de/server/hardware/1760738/green_it_strom_sparen_in_serverraemen_durch_optimales_energiemanagement/
- [39] www.politikundunterricht.de/4_08/energie.pdf
- [40] <http://www.crn.de/netzwerke-tk/artikel-81142.html>
- [41] <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/it/0,2828,575285,00.html>
- [42] http://de.wikipedia.org/wiki/Energy_Star
- [43] <http://www.heise.de/newsticker/meldung/Mit-80-Plus-Netzteilen-zum-Energy-Star-4-0-134763.html>
- [44] http://boerse.ard.de/content.jsp?key=dokument_533590
- [45] <http://www.welt.de/wirtschaft/energie/specials/strom/article10218697/Wie-man-den-Stromverbrauch-schnell-senken-kann.html>
- [46] <http://www.zeit.de/digital/internet/2010-04/smartgrid-strom-hacker>
- [47] <http://www.spiegel.de/wikipedia/Stuxnet.html>
- [48] <http://www.studium.at/144028-tu-vergibt-500000%E2%82%AC-fuer-gruenes-programmieren>

- [49] <http://blog.printzipia.de/?p=1097>
- [50] <http://www.nachhaltigkeitsrat.de/news-nachhaltigkeit/2011/2011-01-27/green-it-entwicklungsziel-stromsparende-software/>
- [51] <http://de.wikipedia.org/wiki/Elektronikschrott>
- [52] <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/wi-enzyklopaedie/lexikon/informationssysteme/Sektorspezifische-Anwendungssysteme/Produktionsplanungs--und--steuerungssystem/Product-Life-Cycle-Management>
- [53] [http://idw-online.de/pages/de/news199283,](http://idw-online.de/pages/de/news199283)
- [54] <http://www.presetext.com/news/20110601020>
- [55] ARD Mediathek, Audiobeitrag ab Minute 2:30, Autor: David Globig <http://www.ardmediathek.de/ard/servlet/content/3517136?documentId=8649694>
- [56] ARD Mediathek, *Stromfresser Computer - Kühles Haus für heiße Rechner*, Videobeitrag, Autor: Holger Trzeczak <http://www.ardmediathek.de/ard/servlet/content/3517136?documentId=8453818>
- [57] <http://www.welt-auf-einen-blick.de/energie/2009/stromverbrauch-1.php>
- [Bitkom] <http://www.bitkom.org/de/themen/51049.aspx>
- [EU - ENERGY Star] http://www.eu-energystar.org/de/de_010.shtml

Abbildungsverzeichnis

1	Der Pro-Kopf-Stromverbrauch in Deutschland, www.google.de/publicdata	6
2	Der Pro-Kopf-Stromverbrauch in China, www.google.de/publicdata	7
3	Stromverbrauch pro Kopf, höchster Durchschnittswert, www.google.de/publicdata	8
4	<i>Anteil der einzelnen Komponenten</i> mittels Excel erstellt	12
5	Hot Aisle - http://www.cold-aisle-containment.co.uk/solutions/hot-air-return/index.html	15
6	Cold Aisle, http://www.cold-aisle-containment.co.uk/img/cold_aisle_containment_main.jpg	17
7	Diese Rechnung wurde mittels Excel erstellt	17
8	Grund- und Spitzenlast, http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/84/Tagesgang.png	20