



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

DUWIS
Department of
Environmental Sciences

LEERLAUFVERLUSTE VON HEIMCOMPUTERN ÜBERSICHT, ENTWICKLUNGEN UND QUANTIFIZIERUNG IN DER SCHWEIZ

Verfasser: Florian Berthoud

Betreuer: Roman Keller und
Christian Pohl

Umwelttechnische Semesterarbeit, WS04/05
Zürich, 29. März 2005

Arbeitsversion 3.1

Florian Berthoud

Umweltnaturwissenschaften

9. Semester

Zusammenfassung

Ziel

Die vorliegende Arbeit untersucht jüngste Entwicklungen des Stromverbrauchs und der Leerlaufverluste bei Heimcomputern in der Schweiz, insbesondere von peripheren Geräten wie Drucker, Bildschirm, Internetzugang, Aktivboxen.

Ziel der Arbeit ist eine Kalkulation, wieviel Strom in der Schweiz über Heimcomputer verbraucht wird und vor allem wie hoch das Potential für Einsparungen liegt. Sämtlicher Strom, der im Standby- und Schein-Aus-Modus fließt, muss als vermeidbar angesehen werden.

Ausgangsdaten/Informationsbeschaffung

Die Untersuchung stützt sich auf drei verschiedene Ausgangsdaten:

1. Ermittlung des Gerätebestandes der Schweiz aufgrund von Verkaufszahlen und geschätzter Lebensdauer der Geräte.
2. Daten zur durchschnittlichen Leistungsaufnahme der Geräte in Watt für die verschiedenen Betriebszustände wie Betrieb, Standby, Sleep, Schein-Aus.
3. Angaben über das Benutzerverhalten, also die durchschnittliche Nutzungsdauer der beschriebenen Betriebszustände.

Diese Informationsbeschaffung geschah zumeist über Internetrecherchen. Ausgewählte Experten standen mir für Sachfragen zur Verfügung.

Resultate

Die berechneten Leerlaufverluste betragen rund 240 kWh/Jahr, was unnötige Kosten von über 40 Mio. Fr./Jahr verursacht. Prozentual werden rund 15% der Energie im Betrieb verbraucht, fast 85% (Tendenz steigend) des Stromverbrauches von Heimcomputern gehen auf das Konto „Leerlauf“.

Hauptverursacher der Leerlaufverluste sind dabei nicht die Computer selbst sondern seine peripheren Geräte: stationäre PCs ohne Peripherie und Notebooks tragen zusammen 20% zum unnötigen Gesamtverbrauch bei, Bildschirme rund 17%, Drucker & Scanner 28%, der Bereich Internetzugang rund 27% und Aktivboxen etwa 8%.

Während der absolute Stromverbrauch in den Kategorien PC stationär und Bildschirme aufgrund von Substitutionen abgenommen hat und weiter abnehmen wird, so sind in den Kategorien Drucker und Internetzugang gegenteilige Entwicklungen zu beobachten. Der prozentuale Anteil von Leerlaufverlusten ist in allen Kategorien steigend.

Dank

Ich möchte allen Beteiligten danken, die bei der Vollendung dieser Semesterarbeit mitgeholfen haben.

Meinem Betreuer Roman Keller danke ich für die umfassende Begleitung der Semesterarbeit sowie für die immerzu prompten Antworten auf meine Fragen und Anliegen. Meinem Betreuer Christian Pohl danke ich für die sekundäre Begutachtung und Bewertung der Semesterarbeit. Herr Bernard Aebischer des Centre for Energy Policy and Economics ETH danke ich für die in der Themenfindung vorgebrachten Themenvorschläge im Rahmen eines persönlichen Gespräches.

Herr Heinz Beer vom Schweizerischen Wirtschaftsverband der Informations-, Kommunikations- und Organisationstechnik (SWICO) danke ich für die von ihm zur Verfügung gestellten Daten, das hilfreiche Gespräch, und die schriftliche Beantwortung von Fragen.

Herr Jürg Nipkow von der Arena Arbeitsgemeinschaft Energiealternativen, Herr Eric Bush der Redaktion Topten, Herr Clemens Hölter der Aktion No-Energy sowie Herr Christoph Mordziol vom Umweltbundesamt Deutschland danke ich für die Beantwortung von Sachfragen und die Zusendung sachdienlicher Dokumente.

Inhaltsverzeichnis

1. AUSGANGSLAGE, ZIEL, VORGEHEN	7
1.1 AUSGANGSLAGE	7
1.2 ZIELSETZUNG	9
1.3 METHODISCHES VORGEHEN	10
1.4 ZEITRAHMEN	12
2. DEFINITIONEN, BERECHNUNGSWEG	13
2.1 DEFINITIONEN	13
2.2 AUSGANGSDATEN	16
2.3 BERECHNUNGEN	18
3. DISKUSSION	21
3.1 GESAMTSCHAU	21
3.2 VERGLEICH MIT DER SCHWEIZERISCHEN STUDIE 1999	25
3.3 MASSNAHMEN	26
3.4 ÖKOBILANZ EINES COMPUTERS	27
4. LITERATUR	29
5. ANHANG 1: BERECHNUNG DER GERÄTEKLASSEN	33
5.1 PC STATIONÄR	33
5.2 NOTEBOOK	35
5.3 BILDSCHIRME	37
5.4 DRUCKER, MULTIFUNKTIONSGERÄTE, SCANNER	40
5.5 INTERNETZUGANG	42
5.6 AKTIVBOXEN	43
6. ANHANG 2: MESSERGEBNISSE DES EIGENEN HEIM-PCS	43

1. Ausgangslage, Ziel, Vorgehen

1.1 Ausgangslage

Stromverbrauch und Standby

Der gesamte Elektrizitätsverbrauch der Schweiz wird auf ca. 51'200 GWh/Jahr [Brunner, Bush, Gasser, Lingenhel, & Nipkow, 2001] geschätzt. Dabei entfallen auf Bürogeräte ein jährlicher Verbrauch von 1'504 GWh/Jahr [Meyer & Schaltegger AG, 1999], der Anteil von PCs (inkl. Bildschirm und Drucker) liegt dabei bei rund 687 GWh/Jahr. Rund 40% dieses Stromverbrauchs fliesst jedoch nicht während des Betriebes, sondern im ungenutzten Zustand, im sogenannten „Standby“, „Sleep“ oder „Soft-Off“.

Windows verabschiedet sich per Mausklick und beim PC erlöschen die Lichter. Wer glaubt, sein Computer sei nun von jeglicher Stromzufuhr abgeschnitten, irrt. Bei modernen PCs steht nach wie vor das Motherboard unter Strom und sorgt für unnötigen Energieverbrauch. Bei einem kompletten System mit PC, Monitor, Drucker und Modem erhöht sich der unnötige Energieverbrauch zusätzlich. [CHIP, 1999]

Beständig am Netz, sind sie immer bereit. Sie warten - egal, wie lang und egal, was es kostet. So funktioniert "Standby". Fast zehn Prozent des privaten Stromverbrauchs gehen auf die Rechnung von Fernseher, Videorecorder, Computer und Co. Tendenz steigend. Doch schon mit geringem Aufwand können diese Kosten deutlich reduziert werden. Das hilft der Stromrechnung genauso wie der Umwelt. Denn die Erzeugung von Strom aus Kohle, Gas und Öl hat Kohlendioxid-Emissionen zur Folge, die mitverantwortlich für den Klimawandel gelten. [pw-Internet Solutions, 2004]

Zwar liegen die jährlich anfallenden Energiekosten für den PC bei typischem Haushaltseinsatz sicherlich unter denjenigen für Beleuchtung oder den elektrischen Kochherd, doch nicht nur umweltbewusste Computerbesitzer fragen sich, wie gross das Einspar-Potenzial durch genügsamere Hardware oder durchdachte Anwendung wäre. [Windeck, 2002]

In einer Messung des eigenen Computer-Geräteparks (mit Hilfe dessen diese Semesterarbeit entstand) lag die Leistungsaufnahme in Betrieb (und Wartezustand) bei 110 Watt und im vermeintlich ausgeschalteten Zustand bei immer noch 14 Watt. Übers Jahr gerechnet ist dies weit der höchste Anteil am Stromverbrauch der im 1 Personen-Haushalt vorhandenen elektronischen Geräte (vgl. Kapitel 6)!

Rasante Entwicklungen im Computerbereich

Der Anteil des Computers am Stromverbrauch steigt. Immer leistungsfähigere Komponenten wie Prozessor und Grafikchip benötigen immer mehr Strom. Doch nicht nur Prozessor und Grafikkarte verbrauchen jede Menge Strom. Auch andere Bauteile tragen einen grossen Anteil am Gesamtverbrauch eines PCs [Schmerer, 2004]. Drucker, Scanner, CD-Brenner und externe Modems sind immer häufiger auch in privaten Arbeitszimmern vorzufinden.

Auch das Benutzerverhalten hat sich verändert: Während früher der Heim-PC eher als Schreibmaschine oder Spielkonsole diente, ist er heute zu einem Multifunktionsgerät avanciert. Mit dem Siegeszug des Internets dient er zusätzlich als Kommunikations- und nahezu unendlicher Informationspool. Die zunehmende Vernetzung der Heimgeräte ist Anlass für die Annahme, dass sich Leerlaufverluste in den nächsten Jahren weiter zunehmen werden [Aebischer & Huser, 2003a].

Derzeit werden die Möglichkeiten eines „elektronischen“ Lebensstils noch nicht ausgeschöpft: Fast zwei Drittel (61%) aller privaten Haushalte in Deutschland sind nach Angaben des Statistischen Bundesamtes mit einem PC ausgestattet – doch nur jeder siebte Bundesbürger (13%) macht davon auch täglich Gebrauch. Eine knappe Mehrheit der Deutschen (53%) gibt ehrlich zu, den PC „vielleicht einmal jährlich“, seltener oder gar nie zu Hause zu nutzen. [B.A.T Freizeit-Forschungsinstitut GmbH, 2004]. In der Schweiz dürften die Zahlen vergleichbar sein.

In der übrigen Zeit hängt das Gerät ungenutzt am Stromnetz. Mit der erwähnten Leistungsaufnahme im vermeintlich ausgeschalteten Zustand.

1.2 Zielsetzung

Einbettung

Eine Quantifizierung des Stromverbrauchs im PC-Bereich wurde im Zusammenhang einer Gesamtverbrauchsquantifizierung von Elektronikgeräten bereits in verschiedenen Ländern durchgeführt, so z.B. in Deutschland [Böde, 2000], der USA [Kawamoto, 2001] wie auch in der Schweiz [Brunner et al., 2001; Meyer & Schaltegger AG, 1999]. Eine beständige quantitative Beobachtung der Daten über den elektrischen Energieverbrauch der Schweiz wurde in einer Machbarkeitsstudie [Huser, Schaltegger, & Baumgartner, 2001] diskutiert, weitere Resultate sind jedoch nicht öffentlich zugänglich.

Die Berechnungen erstrecken sich jedoch alle über den gesamten Elektrobereich und fokussieren ausserdem auf mögliche zukünftige Entwicklungen. Weitere Arbeiten diskutieren mögliche Massnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz [Bachmann & Aebischer, 1995; Brunner et al., 2001].

In dieser Semesterarbeit werden keine Prognosen und nur am Rande mögliche Massnahmen erörtert. Auch werden keine Wirkungen der Energiespar-Label wie „Energy-Star“, „Blauer Engel“ oder „TCO“ diskutiert. Die Betrachtung fokussiert den Ist-Zustand sowie die jüngsten Entwicklungen.

Zwei Ebenen

Vom in der Ausgangslage skizzierten Hintergrund soll in dieser Semesterarbeit einen Überblick über Leerlaufverluste von Heimcomputern auf zwei Ebenen geschehen:

- Berechnung des totalen Standby-Stromverbrauchs von Heimcomputern und seinen peripheren Geräten (Drucker, Bildschirme, Internetzugang, Aktivboxen) in der Schweiz und daraus folgend die Abschätzung der vermeidbaren Stromkosten.
- Beobachtung der Entwicklungen auf Geräteebene der letzten ca. 5 Jahre unter Berücksichtigung von technischen Veränderungen (wie die Ablösung von Röhrenbildschirmen durch moderne Flachbildschirme, die zunehmende Verbreitung von Notebooks oder die vermehrte Nutzung des Internets über Breitband-Anschlüsse).

1.3 Methodisches Vorgehen

Projektskizze

Der Semesterarbeit vorausgehend wurde eine Projektskizze erstellt um die Ziele, das Vorgehen, die Auswahl der Projekte, den Zeitrahmen und den möglichen Aufbau der Semesterarbeit festzulegen.

Themenfindung

Der erster Kontakt mit dem Thema „Standby-Stromverbrauch“ geschah durch eine im Sommer 2004 ausgeschriebene, jedoch später wieder zurückgezogene, Semesterarbeit. Das Thema blieb an mir hängen und so nahm ich mit der in der Ausschreibung vermerkten Experten Kontakt auf.

Bei diesen einleitenden Besprechungen und der ersten Auseinandersetzung mit der vorhandenen Literatur zeigte sich, dass um das Thema „Standby-Stromverbrauch“ in den letzten Jahren vermehrte Forschungstätigkeit stattgefunden hatte und es eher an der Umsetzung statt am vorhandenen Wissen mangelt. Dies erschwerte die Themenfindung im Detail. Zusätzlich musste das Thema so eingeschränkt werden, dass trotz des beschränkten Rahmens einer Semesterarbeit ein originales und verwertbares Resultat dabei resultieren kann. Als Einstiegsliteratur dienten die Zusammenstellungen „Neues zum Thema Leerlaufverluste“ [Mordziol, 2003a, 2003b, 2003c, 2003d, 2003e, 2004] sowie die Homepage FROM HERE ON OUT [Keller, 2004].

Das Thema wurde in erster Linie aus persönlichem Interesse ausgewählt. Zudem schien es zunächst, dass bisher gerade in diesem Bereich eher oberflächliche Forschungsergebnisse vorliegen.

Recherchearbeit

Die Informationsbeschaffung geschah über folgenden Quellen:

- Prüfung der in der Themenfindung erwähnten Literatur
- Literaturangaben der kontaktierten Experten
- direkte Anfragen bei den Experten
- weiterführende Literaturhinweise der bereits konsultierten Literatur
- Studien des Bundesamtes für Energie (<http://www.electricity-research.ch>)
- Eingabe von Stichwörtern in Internet-Suchmaschinen, beispielsweise: „Stromverbrauch Grafikkarte Vergleich Leistungsaufnahme“
- Computerhefte wie CHIP oder c't

Die Recherchen fanden überwiegend im Internet statt.

Berechnungen

In einem zweiten Schritt geschah die Berechnung anhand der in Kapitel 2.2 beschriebenen Ausgangsdaten. Aufgrund von beschränkten brauchbaren Informationsquellen mussten Vereinfachungen gemacht werden, die in Kapitel 2.3 beschrieben sind. Die Berechnungen geschahen in separaten Excel-Tabellen, die beim Autor angefordert werden können.

Gesamtbilanz

Als dritter und letzter Schritt fand das Erstellen einer Gesamtbilanz statt. Hierbei sollen die Zahlen der einzelnen Kategorien zusammengerechnet, miteinander verglichen und diskutiert werden. Dabei sollen die Ebenen Geräte (betrachtet ein einzelnes Gerät) und Gesamtverbrauch (betrachtet die gesamte Anzahl sich im Umlauf befindende Geräte) unterschieden werden.

Leitfragen Geräteebene:

- Welche Gerätekategorien sind die grössten Stromfresser in den verschiedenen Betriebszuständen? Welches sind die Hauptverursacher der Leerlaufverluste?
- Wie steht es mit der Entwicklung des durchschnittlichen Stromverbrauchs der Geräte?

Gesamtverbrauch:

- Wie steht es mit dem Gerätebestand und der Entwicklung desselben in der Schweiz? Sind Trends erkennbar?
- Wie sieht die historische Entwicklung von Leerlaufverlusten im betrachteten Bereich aus?
- Wie steht es mit den prozentualen Anteilen am Gesamtverbrauch der Gerätekategorien und welche Trends sind erkennbar?

1.4 Zeitrahmen

Mitte Januar 2005 wurde die Projektskizze fertiggestellt und mit den Recherchen begonnen. In dieser Zeit entstand auch der Hauptteil der Semesterarbeit.

Die Arbeit wurde - leicht verspätet zum eigentlichen Zeitplan - Ende März 2005 fertiggestellt und abgegeben.

Üblicherweise beträgt der Aufwand für eine Semesterarbeit 100 - 120 Arbeitsstunden.

2. Definitionen, Berechnungsweg

2.1 Definitionen

2.1.1 Klassifizierung der betrachteten Geräte

Die Klassifizierung der Geräte geschah primär ausgehend von Zusammenstellungen wichtiger Ausgangstabellen, beispielsweise [Aktion No-Energy, 2005]. Es wurden nachfolgend fünf Hauptkategorien unterschieden (Beschreibungen aus [Schloman & Aebischer, 2003]). Diese Liste sollte die wichtigsten Komponenten des Heimcomputer-Bereiches abdecken, ist aber weder vollständig noch zwingend.

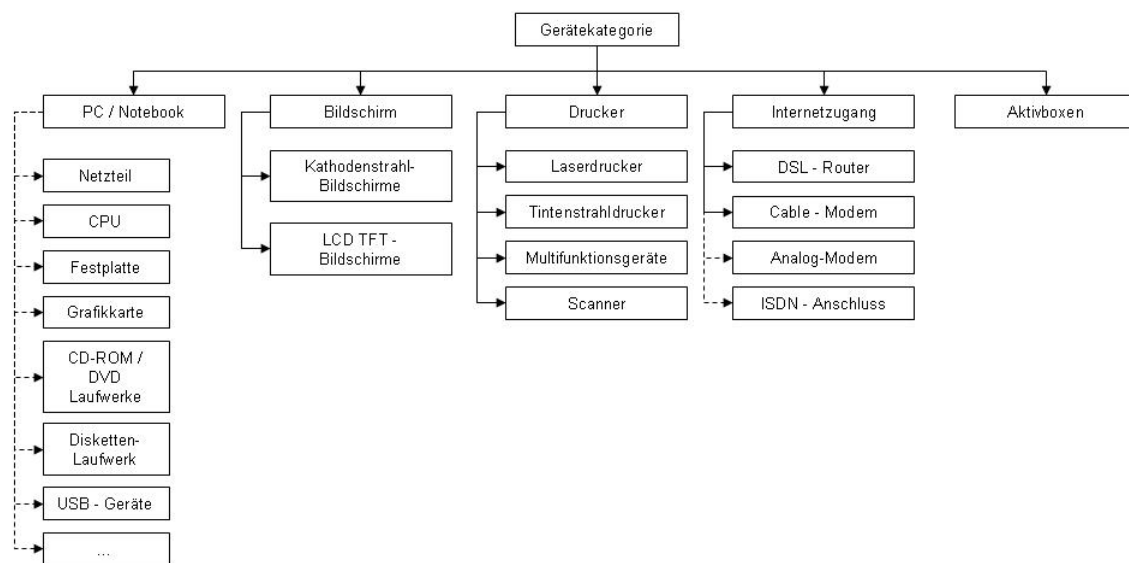


Abbildung 1: Geräteklassen und ihre Untereinheiten. Eigene Graphik. Ausgezogene Linien: in die Berechnung einbezogene Geräteklassen. Gestrichelte Linien: Bei der Berechnung nicht explizit einbezogene Komponenten.

Während für PC, Bildschirm und Aktivboxen klar getrennte funktionelle Einheiten bilden, so sind bei anderen Komponenten die Grenzen weniger klar gesetzt: Beispielsweise sind Drucker oft Multifunktionsgeräte und der Internetzugang kann auf vielfältige Weise, intern oder extern geschaltet, geschehen. Für die Unterteilung wurden marktrelevante Aspekte angewandt.

Personal Computer (PC)

Unter dem Begriff Personal Computer (PC) werden die in Haushalten und Büros üblicherweise verwendeten fest installierten Computer zusammengefasst. Alle Zusatzgeräte, die im Gehäuse des Computers eingebaut sind, oder über das Netzteil des Computers mit Energie versorgt werden, werden als Teil des PCs betrachtet.

Notebook

Notebooks (tragbare Computer, auch als Laptops bezeichnet) können sowohl im Netz- als auch im Akkubetrieb verwendet werden. PDAs (persönlicher digitaler Assistent) werden nicht berücksichtigt.

Bildschirm

Bei den Monitoren werden Kathodenstrahl-Monitore (CRT, Röhrenbildschirme) und die neueren TFT (thin film transistor)-Monitore (Flachbildschirme) unterschieden.

Drucker, Multifunktionsgeräte & Scanner

Die in Haushalten und Büros hauptsächlich verwendeten Druckertypen sind Tintenstrahldrucker und Laserdrucker. Eingeschlossen in dieser Kategorie werden ebenfalls Scanner und sogenannte Multifunktionsgeräte, die Druck-, Scann- und Kopierfunktionen vereinen.

Internetzugang

Der Bereich Internetzugang ist vielfältig. Eine vollständige Übersicht liefert [Schlomann & Aebischer, 2003] Seite 21-22.

Modems dienen der Umwandlung von digitalen Signalen in akustische Signale, welche über die herkömmlichen Telefonleitungen versendet werden können. In der Vergangenheit wurden analoge Modems vielfach als externe Geräte vermarktet [Böde, 2000]. Gemäss Weissbuch [Weiss, 2004] enthalten 100% der neuen Heim-PCs und der neuen mobilen Systeme ein integriertes Modem, die keine eigene Stromversorgung aufweisen. Der Anteil an externen Modems dürfte stark sinkend sein. In den Berechnungen wurde diese Kategorie deshalb vernachlässigt.

DSL-Modems dienen der Umwandlung von digitalen Daten aus dem PC in den DSL-Standard und umgekehrt. ISDN-Anschlüsse ermöglichen die Kommunikation zwischen Computern über verschiedene Nebenstellen, sogenannten Hubs, Switches und Routern. In Haushaltsbereich wird ein Router zur Vernetzung mehrerer PCs eingesetzt, mit gleichzeitigem Internetzugang über DSL. ISDN-Anschlüsse sind deshalb teilweise bei den DSL-Modems enthalten oder wurden mangels Daten vernachlässigt.

Cable-Modems ermöglichen den Internetzugang über den Breitband-Kabel-Netz.

Aktivboxen

Aktivboxen werden an den PC angeschlossen um multimediale Anwendungen akustisch erlebbar zu machen. Sie verfügen über einen eingebauten Verstärker und mehrere Lautsprecher.

Integrierte Geräte

Integrierte Geräte wie Netzgerät, CPU, Grafikkarte, Festplatte, Diskettenlaufwerk, CD-ROM-Laufwerk, Tastatur & Maus, Kühler in der Kategorie PC/Notebook werden nicht separat ausgewiesen. Die Betrachtung hierbei beschränkt sich auf qualitative Hinweise in Kapitel 3.1.

2.1.2 Definition „Leerlauf“

Eine einheitliche Definition der Begriffe „Leerlaufverluste“ oder „Standby“ existiert nicht. Abbildung 2 gibt einen Überblick über mögliche Definitionen der Betriebszustände bei Informations- und Kommunikationsgeräten. In den Berechnungen des Kapitel 5 geschieht die Unterteilung in die Betriebszustände „run“, „standby“ und „off“, die wohl je nach Ausgangsdaten unterschiedlich eingeordnet werden müssen.

Die beiden letztgenannten Kategorien werden nachfolgend als Leerlaufverluste gewertet. Dies deckt das breite Feld zwischen Betriebsmodus und absolutem Auszustand ab, und übersteht als Oberbegriff Unsicherheiten der tieferen Unterscheidung.

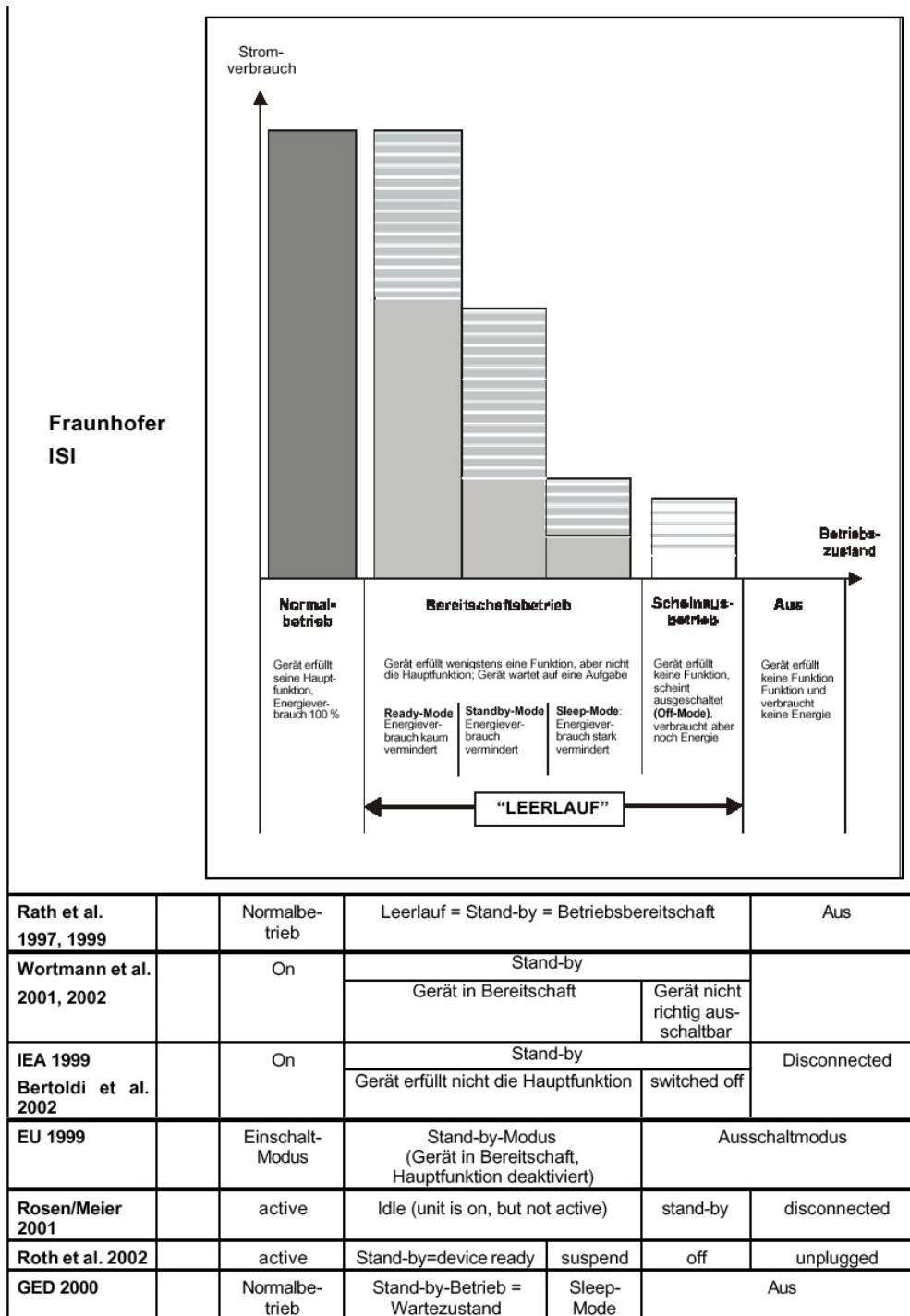


Abbildung 2: Mögliche Definitionen der Betriebszustände bei Informations- und Kommunikationsgeräten [Schloman & Aebischer, 2003]

2.2 Ausgangsdaten

Der derzeitige Strom- und Standbyverbrauch von PCs und seinen Komponenten berechnet sich im Wesentlichen aus der Summe aus der sich aktuell im Umlauf befindenden Geräte, seinen Eigenschaften bezüglich Stromverbrauch und dem Benutzerverhalten. Die Untersuchung stützt sich auf verschiedene Datenerhebungen.

Gerätebestand

Die Ermittlung des Gerätebestandes der Schweiz geschah aufgrund von Bestandeszahlen, Verkaufszahlen und geschätzter Lebensdauer der Geräte. Als zentraler Anhaltspunkt für den Gerätebestand und -absatz dienen hierbei die Zahlen aus dem Weissbuch - ICT-Marktreport Schweiz [Weiss, 2004]. Als Anhaltspunkt für die Lebensdauer wurde die Aufstellung aus der US-amerikanischen Gesamtuntersuchung verwendet:

<i>Equipment Type</i>	<i>Lifetime (years)</i>
Portable Computer	4
Desktop Computer	4
Server Computer	4
Minicomputer	8
Mainframe Computer	9
Terminal	4
Display	4
Laser Printer	6
Inkjet Printer	6
Copier	6
Fax	6

Abbildung 3: Durchschnittliche Lebensdauer der Büroausrüstung [Kawamoto, 2001], Seite 15.

Leistungsaufnahme

Die Definitionen der Betriebszustände ist nicht einheitlich, sie wird für die einzelnen Gerätekategorien separat beschrieben. Als Grundlage dafür dienen die Definitionen der Studie zur Bestimmung des Energieverbrauchs von Unterhaltungselektronikgeräten, Bürogeräten und Automaten in der Schweiz [Meyer & Schaltegger AG, 1999].

Die Zahlen über die Leistungsaufnahme stammen aus Tests aus verschiedenen Quellen. Pro Gerätekategorie existieren eine Vielzahl von Herstellern mit einer noch grösseren Vielzahl an Gerätetypen. Eine vollständige Übersicht über Verbrauchszahlen der sich derzeit im Umlauf befindenden Gerätetypen muss deshalb ausgeschlossen werden. Es muss auf ausgewählte Publikationen zurückgegriffen werden, die typischerweise Messwerte der aktuellsten Geräte zum betrachteten Zeitpunkt beinhalten.

Für die schweizweite Quantifizierung besteht die Schwierigkeit darin, aufgrund der Lebensdauer und seiner Varianz die repräsentativen, „richtigen“ Stromverbrauchswerte zu erwischen.

Bei der Betrachtung der Verbrauchsentwicklungen werden typische Messwerte der aktuellsten Geräte aus verschiedenen Jahren miteinander verglichen. Für exakte Verlaufskurven ist ein solches Vorgehen zu ungenau; vorab interessieren Unterschiede aufgrund technischer und (oft durch den Preiszerfall induzierter) Entwicklungen und Veränderungen im Konsumverhalten.

Angaben über das Benutzerverhalten.

Angaben über das Benutzerverhalten sind notwendig um die Verweilzeit der Geräte in den verschiedenen Bereitschaftszuständen abzuschätzen. Während über die Onlinenutzung regelmässig aktualisierte Studien vorhanden sind [B.A.T Freizeit-Forschungsinstitut GmbH, 2004; Eimeren, Gerhard, & Frees, 2004; MMXI Switzerland & Swico, 2003], so fehlen Informationen über die bevölkerungsdurchschnittliche Nutzung von Heimcomputern fast gänzlich. Offenbar fehlt hier das öffentliche Interesse. Annahmen und unkritische Übernahme von Schätzungen zum Benutzerverhalten sind teilweise unumgänglich.

2.3 Berechnungen

Gestützt auf die auf die in Kapitel 2.2 beschriebenen Ausgangsdaten können die Verbrauchswerte und bis hin zum gesamten Leerlaufverlust berechnet werden. In der Berechnung, die zwecks besserer Übersicht im Anhang stattfindet, basiert auf folgenden Berechnungsschritten:

- Ausgangsdaten: Übernommene oder selbst zusammengestellte Tabellen der verwendeten Ausgangsdaten
- alternative Ausgangsdaten: Ausgangsdaten die in den Berechnungen nicht vorkommen, jedoch als Vergleichszahlen zur Kritik dienen
- Abschätzung: Hier folgt die Umrechnung der Ausgangsdaten und getroffene Annahmen werden beschrieben
- vermeidbarer Stromverbrauch: Aufstellung des Energieverbrauchs und der damit bei 0.185 Fr./kWh verbundenen Kosten

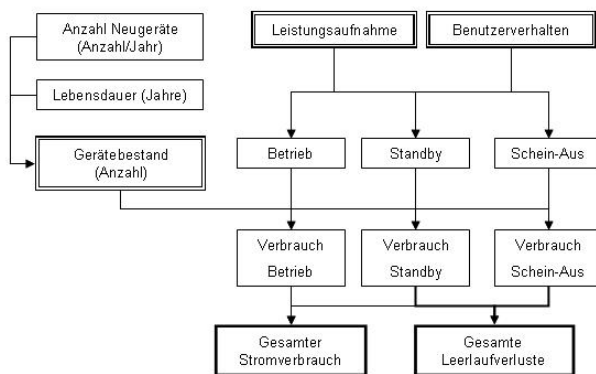


Abbildung 4: Berechnungsweg bis zum gesamten Stromverbrauches im Bereich HeimPCs. Eigene Grafik. Doppelt umrandet: Ausgangsdaten. Fett umrandet: Resultate.

Aufgrund der beschränkten Ausgangsdaten mussten für einzelne Gerätekategorien Anpassungen vorgenommen werden, die im folgenden erklärt werden. Allgemein wurde davon ausgegangen, dass sämtliche sich im Umlauf befindende Geräte beständig am Stromnetz angeschlossen sind.

PC, Notebook, Monitor

In diesen Kategorien standen mir von der Swico [SWICO, 2005] zusammengestellte Daten zur Verfügung, die sich teilweise auf eigene Berechnungen stützen, teilweise aus externen Quellen übernommen wurden. Die Bestandeszahlen stützen sich auf die im Weissbuch [Weiss, 2004] aufgeführten Werte. Die Definitionen der Betriebszustände erfolgten gemäss Energy-Star [Beer, 2005].

Die Berechnung erfolgte nach dem unten aufgeführten Schema, das den Geräteabsatz eines bestimmten Jahres mit den Daten zur Leistungsaufnahme desselben Jahres, und der Nutzungsdauer des aktuellen Jahres zusammenrechnet, um so einen Mittelwert des gegenwärtigen Stromverbrauches zu erhalten. Dieser Ansatz beruht auf der Annahme, dass stets nur die ältesten Geräte „aus dem Verkehr gezogen“ werden und neuere Geräte bis zu diesem Zeitpunkt in Betrieb und am Stromnetz angeschlossen bleiben.

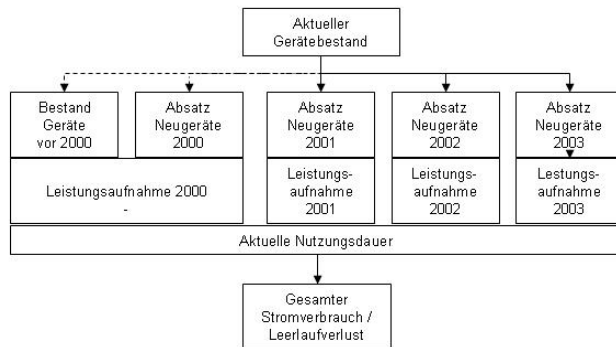


Abbildung 5: Veranschaulichung des Berechnungswegs bis zum gesamten Stromverbrauch in den Bereichen PC stationär, PC mobil, Monitor. Eigene Grafik.

Drucker

Im Bereich Drucker war eine Berechnung schwieriger, da keine detaillierten Zahlen vorlagen.

Der Druckerbestand wurde aus dem Absatz (Tabelle 20) und der Lebensdauer des Gerätes (Abbildung 3) errechnet. Die Absatzzahlen aus dem Weissbuch wurden für die Berechnung des Bestandes also versechsfacht. Dabei wurden die Absatzzahlen aus dem Jahre 2002 verwendet, da dies zu einem plausibleren Resultat führte. Die Anteile des privaten Bestandes wurden aufgrund von Marktbeschreibungen des Weissbuchs [Weiss, 2004] der Anteile von gewerblich/Privat bei den PCs (Tabelle 4; Tabelle 8) geschätzt.

Die Werte der Leistungsaufnahme sind selber berechnet. Es sind dies Mittelwerte aus den Tabellen der [Aktion No-Energy, 2005]. Die Zahlen zur Nutzungsdauer wurden aus [Böde, 2000] übernommen.

Die Schätzung in der Kategorie Scanner beruht auf der Annahme einer Verbreitung von Scannern bei 20% der aktuellen Anzahl von stationären Heim-PCs. Bei der Nutzungszeit wurde auf die Schätzungen von [Böde, 2000] zurückgegriffen und die Werte für die Scannernutzung in Betrieb und „standby“ halbiert.

Internetzugang

Die Zahlen der integrierten Modem beruhen auf den Bestandeszahlen der stationären und mobilen PCs. Für den Gesamtbestand eines aktuellen Jahres wurde diese Quote für stationäre PCs auf 50 % reduziert, für mobile Systeme bei 100% belassen.

Bei ADSL und Cable-Modem wurden die vorhandenen Absatzzahlen der Jahre 2002 und 2003 zu 100% dem privaten Bereich zugeschrieben. Der Bestand 2001 ist eine eigene Schätzung. Der durchschnittliche Verbrauch von Cable-Modem wurde denjenigen von DSL-Routern, die Nutzungszeiten denjenigen der PCs stationär gleichgesetzt.

Aktivboxen

Für die Berechnungen wurde davon ausgegangen, dass 60% der stationären PCs mit Aktivboxen ausgerüstet sind (vgl. [Schloman & Aebischer, 2003]). Die Nutzungszeiten wurden derjenigen der stationären PCs gleichgesetzt

3. Diskussion

3.1 Gesamtschau

3.1.1 Übersicht

Betrieb

Stromverbrauch Betrieb	durchschnittliche Leistungsaufnahme W	Nutzungszeiten (h/Jahr)	Verbrauch Einzelgerät kWh/Jahr	Verbrauchskosten Einzelgerät Fr./Jahr	Totalverbrauch Mio. kWh/Jahr	Verbrauchskosten Mio. Fr./Jahr
Pc stationär	57.58	225.00	12.96	2.40	16.84	3.12
PC mobil	22.88	225.00	5.15	0.95	3.26	0.60
CRT-Monitore	83.13	225.00	18.70	3.46	8.87	1.64
TFT-Monitore	37.41	225.00	8.42	1.56	7.10	1.31
Monitore Total					15.98	2.96
Laserdrucker	394.96	60.00	23.70	4.38	2.02	0.37
Tintenstrahldrucker	11.44	60.00	0.69	0.13	1.15	0.21
Multifunktionsgeräte	18.16	60.00	1.09	0.20	0.59	0.11
Scanner	12.11	30.00	0.36	0.07	0.10	0.02
Drucker Total					3.86	0.71
Internetzugang extern	7.82	225.00	1.76	0.33	2.84	0.53
Aktivboxen	9.44	225.00	2.12	0.39	1.68	0.31
Total					44.46	8.23

Tabelle 1: Übersicht zum Stromverbrauch im Betrieb. Kosten bei 0.185 Fr./kWh.

off und standby

Stromverbrauch standby	durchschnittliche Leistungsaufnahme W	Nutzungszeiten (h/Jahr)	Verbrauch Einzelgerät kWh/Jahr	Verbrauchskosten Einzelgerät Fr./Jahr	Totalverbrauch Mio. kWh/Jahr	Verbrauchskosten Mio. Fr./Jahr
Pc stationär	13.55	182.50	2.47	0.46	3.21	0.59
PC mobil	8.45	182.35	1.54	0.29	0.98	0.18
CRT-Monitore	12.64	182.50	2.31	0.43	1.09	0.20
TFT-Monitore	3.99	182.50	0.73	0.13	0.61	0.11
Monitore Total					1.71	0.32
Laserdrucker	36.29	700.00	25.40	4.70	2.16	0.40
Tintenstrahldrucker	3.63	700.00	2.54	0.47	4.27	0.79
Multifunktionsgeräte	9.51	700.00	6.65	1.23	3.59	0.66
Scanner	7.93	350.00	2.77	0.51	0.76	0.14
Drucker Total					10.78	1.99
Internetzugang extern	8.45	182.50	1.54	0.29	2.49	0.46
Aktivboxen	4.60	182.50	0.84	0.16	0.66	0.12
Total					19.84	3.67

Stromverbrauch off	durchschnittliche Leistungsaufnahme W	Nutzungszeiten (h/Jahr)	Verbrauch Einzelgerät kWh/Jahr	Verbrauchskosten Einzelgerät Fr./Jahr	Totalverbrauch Mio. kWh/Jahr	Verbrauchskosten Mio. Fr./Jahr
Pc stationär	3.17	8352.50	26.48	4.90	34.42	6.37
PC mobil	1.66	8352.65	13.90	2.57	8.81	1.63
CRT-Monitore	3.76	8322.00	31.25	5.78	14.83	2.74
TFT-Monitore	3.23	8322.00	26.88	4.97	22.68	4.20
Monitore Total					37.51	6.94
Laserdrucker	0.00	8000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tintenstrahldrucker	1.70	8000.00	13.56	2.51	22.78	4.22
Multifunktionsgeräte	5.51	8000.00	44.12	8.16	23.82	4.41
Scanner	4.18	8380.00	35.04	6.48	9.55	1.77
Drucker Total					56.16	10.39
Internetzugang extern	4.62	8352.50	38.57	7.14	62.29	11.52
Aktivboxen	2.63	8352.50	21.93	4.06	17.34	3.21
Total					216.52	40.06

Tabelle 2: Übersicht zum Stromverbrauch im „standby“ und „off“. Kosten bei 0.185 Fr./kWh.

Leerlaufverluste

Leerlaufverluste	Verbrauch Einzelgerät kWh/Jahr	Verbrauchskosten Einzelgerät Fr./Jahr	Totalverbrauch Mio. kWh/Jahr	Verbrauchskosten Mio. Fr./Jahr	in % des totalen Verbrauchs der Kategorie	in % des Totals
Pc stationär	28.95	5.36	37.63	6.96	69%	16%
PC mobil	15.44	2.86	9.78	1.81	75%	4%
CRT-Monitore	33.56	6.21	15.92	2.95	64%	7%
TFT-Monitore	27.61	5.11	23.29	4.31	77%	10%
Monitore Total			39.21	7.25	71%	17%
Laserdrucker	25.40	4.70	2.16	0.40	52%	1%
Tintenstrahldrucker	16.10	2.98	27.05	5.00	96%	11%
Multifunktionsgeräte	50.77	9.39	27.42	5.07	98%	12%
Scanner	37.82	7.00	10.31	1.91	99%	4%
Drucker Total			66.94	12.38	95%	28%
Internetzugang extern	40.11	7.42	64.78	11.98	96%	27%
Aktivboxen	22.76	4.21	18.00	3.33	91%	8%
Total			236.36	43.73	84%	100%

Tabelle 3: Leerlaufverluste-Übersicht = Summe aus „standby“ und „off“ Stromverbrauch. Kosten bei 0.185 Fr./kWh.

Die Leerlaufverluste 2004 betragen rund 240 kWh/Jahr, was unnötige Kosten von über 40 Mio. Fr./Jahr verursacht. Prozentual gehen fast 85% (Tendenz steigend) des Stromverbrauches von Heimcomputern auf das Konto „Leerlauf“. Hauptverursacher der Leerlaufverluste sind dabei nicht die Computer selbst, sondern peripheren Geräte.

Betrachtet man einen durchschnittlichen stationären Heimcomputer, modern ausgerüstet mit TFT-Monitor, Multifunktionsgerät, Internetzugang und Aktivboxen, so kommt man für einen Einzelplatz auf unnötige Verbrauchskosten von ca. 30 Fr./Jahr.

3.1.2 Gerätekategorien

PC stationär

In den Ausgangsdaten zeigt Tabelle 5 Werte der Leistungsaufnahme, die stark von den verwendeten Werten aus Tabelle 4 abweichen. Die berechneten Durchschnittswerte dürften damit eher zu tief angesetzt werden.

Während der Bestand von stationären PCs leicht abgenommen hat, stieg die Nutzungsdauer. Die Entwicklung des totalen Stromverbrauches in Betrieb bleibt deshalb über die Jahre ausgeglichen. Als besonders sensitiv zeigen sich die Werte der Leistungsaufnahme im „off“-Zustand sowie die Nutzungszeiten im Systemzustand „run“.

Die Leistungsaufnahmen in den Betriebszuständen „off“ und „standby“ haben abgenommen. Zusammen mit der verstärkten Nutzungsdauer ergibt dies eine Verminderung der Leerlaufverluste bei stationären PCs ohne die Peripherie. Man beachte jedoch den immer noch fast 70%igen Leerlaufverlust am gesamten Stromverbrauch!

Notebook

Die Werte der Ausgangsdaten der Leistungsaufnahme aus Tabelle 9 zeigen signifikante Abweichungen von den verwendeten Werten aus Tabelle 8. Dies betrifft diesmal jedoch nicht Betriebszustand und ausgeschalteter Zustand, wo die Werte nah beieinander liegen, sondern den Betriebszustand „standby“. Hier müssen unterschiedliche Definitionen angewandt worden sein (vgl. Abbildung 2).

Der Anteil des Leerlaufverlustes am gesamten Stromverbrauch beträgt 75%! Diese Zahl ist jedoch mit Vorsicht zu geniessen, da in den Berechnungen einen beständigen Verbrauch im ausgeschalteten Zustand angenommen wurde, was nur bei Notebooks erreicht wird, die beständig am Netzteil angeschlossen sind. Ist dies nicht der Fall, sind irgendwann die Batterien „leer“ und ein weiterer Energieverbrauch ist nicht möglich. Studien welche diesen Sachverhalt prüfen, konnten leider keine gefunden werden.

Sowohl Bestand von mobilen PCs, Stromverbrauch als auch die Nutzungsdauer haben zugenommen. Lediglich die Leistungsaufnahme im Betriebszustand „off“ hat bei Neugeräten leicht abgenommen. Notebooks verdrängen zunehmend stationäre PCs. Eine Entwicklung seines Stromverbrauches ist damit im Zusammenhang mit der Entwicklung von PC stationär plus Peripherie zu setzen. Notebooks sind in Betrieb mehr als doppelt so effizient wie stationäre PCs. Auch im „standby“ und „off“ verbrauchen sie weniger Energie: Während stationäre PCs pro Einzelgerät 29 kWh/Jahr Leerlaufverluste verursachen, fallen bei Notebooks bei gleicher Nutzung nur 15.5 kWh/Jahr pro Einzelgerät an. Der vermehrte Einsatz von Notebooks statt stationären PCs bewirkt sinkende Verbrauchswerte, jedoch höhere prozentuale Leerlaufverluste. Ein vollständiger Ersatz von stationären PCs plus Bildschirm durch Notebooks würde den Verbrauch der Kategorien PC & Bildschirm um etwa zwei Drittel senken.

Bildschirm

Ausgangsdaten CRT-Monitore: Die Werte der Leistungsaufnahme aus Tabelle 12, Tabelle 13 und Tabelle 14 zeigen erstaunlich einheitliche Werte mit einer ersehbaren Entwicklung zu vermindertem Stromverbrauch bei gleicher Bildschirmgröße. Diese Entwicklung wird teilweise durch den vermehrten Einsatz grösserer CRT-Bildschirme wettgemacht [Weiss, 2004].

Ausgangsdaten TFT-Monitore: Hier unterschieden sich die Ausgangsdaten von Tabelle 12 und Tabelle 15 um teilweise mehr als einen Faktor zwei. Die berechneten Werte des Stromverbrauches in allen Zuständen dürften damit eher zu hoch liegen.

CRT-Bildschirme verursachen in Betrieb einen etwa doppelt so hohen Verbrauch wie TFT-Bildschirme. Bei den Leerlaufverlusten sind sie jedoch etwa gleich stark beteiligt. Durch die stattfindende Substitution sinkt damit der Stromverbrauch in Betrieb, jedoch nicht derjenige im Leerlauf und der prozentuale Anteil steigt.

Drucker, Multifunktionsgeräte & Scanner

Laserdrucker spielen im Privatbereich eine untergeordnete Rolle. Die Kategorien Tintenstrahldrucker und Multifunktionsgeräte schlagen in der Gesamtbilanz mit über 20% des Verbrauches zu Buche. Trotz der gebotenen interpretativen Vorsicht aufgrund der Berechnungsart (vgl. Tabelle 23) sind diese Werte unerwartet hoch. Die prozentualen Leerlaufverluste von beinahe 100% liegen jenseits jeglichen ökologischen und ökonomischen Denkens. Der vermehrte Einsatz von Multifunktionsgeräten und Laserdruckern statt simplen Tintenstrahlern wird diese Entwicklung nicht umkehren.

Internetzugang

Primär zu beachten gilt, dass der Bereich Internetzugang nur unvollständig berechnet wurde. Externe Modems, ISDN-Anlagen und Netzwerkkomponenten wurden aufgrund fehlender Daten nicht beachtet. Die Resultate dieser Kategorie stellen also eher einen unteren Grenzwert dar.

Der Internetzugang über DSL-Router weist mit ca. 40 kWh/Jahr die höchsten Leerlaufverluste pro Gerät auf. Der Internetzugang schlägt in der Gesamtbilanz mit ca. 25% zu Buche. Betrachtet man die gemachten Einschränkungen (vgl. Kapitel 2.1.1) und die eher zu tief angesetzten Nutzungszeiten (Computer mit schneller Internetanbindung werden vermehrt beschäftigt, z.B. mit Tauschbörsen [CHIP, 2004]), muss der dies als unterer Grenzwert angesehen werden. Der Verbrauch in dieser Kategorie dürfte in den nächsten Jahr weiter steigen

Aktivboxen

Gemessen am Stromverbrauch im Betrieb sind 90% des Gesamtverbrauches von Aktivboxen unnötig. In der Gesamtbetrachtung verursachen Aktivboxen rund 8% aller Leerlaufverluste. Da Aktivenboxen immer öfter in den Bildschirm integriert werden, dürfte sich der Stromverbrauch in diesem Bereich in den letzten Jahren vermindert haben und weiter vermindern.

3.2 Vergleich mit der schweizerischen Studie 1999

Ein Vergleich mit anderen Studien ist schwierig, da die hier nur den Privatbereich betrachtet wurde, während normalerweise Verbräuche von Gewerbe und Privatbereich zusammengerechnet werden. Der prozentuale Anteil des Geräte im Privatbereichs liegt typischerweise bei 40% (vgl. Tabelle 4). Das Gewerbe umfasst jedoch die Geräte der teureren Preiskategorien, die normalerweise energieintensiver sind. Man kann deshalb von einem Anteil von einem Drittel des Privatbereichs am gesamten Stromverbrauch und der Leerlaufverluste ausgehen.

Die Resultate aus [Meyer & Schaltegger AG, 1999] wurden in der Zeitschrift Saldo zusammengefasst [Saldo, 2000]. Für Drucker, PC, Bildschirm & Drucker resultiert ein Aus- & Standby-Verbrauch von 272 Mio. kWh/Jahr. Rechnet man das Resultat dieser Arbeit von 154 Mio. kWh/Jahr mal drei, so kommt man auf rund 460 kWh/Jahr, was 170% des Wertes der Studie von 1999 entspricht. Dieser Unterschied kann mehrere Gründe haben:

- Anders als in der Studie 1999 wurde davon ausgegangen, dass sämtliche sich im Umlauf befindende Geräte beständig am Stromnetz angeschlossen sind. Dies führt zu einem erhöhten Resultat.
- In der Studie 1999 wurden im Home-Bereich für PC und Bildschirm nur die Betriebszustände „Betrieb“ und „soft-off“ betrachtet, dies mit einem einheitlichen „soft-off“ Verbrauch von 1 Watt (PC) bzw. 0.5 Watt (Bildschirm). Dies sind Werte, die aktuell als eindeutig zu tief angesetzt gelten würden.
- In den vergangenen Jahren haben Marktveränderungen stattgefunden. Insbesondere hat sich der Drucker- und Scannerbestand erhöht.
- Unterschiedliche Definitionen der Betriebszustände führen zu Schwierigkeiten der Zuordnung.

Aus diesen Gründen kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass die berechneten Werte der Leerlaufverluste sich im vertrauenswürdigen Bereich befinden. So wird zum Beispiel die von Greenpeace Energy aufgeführte Zahl von 70 % Leerlaufverlust [Greenpeace energy, 2004] bei stationären PCs wird exakt getroffen.

3.3 Massnahmen

3.3.1 Anwenderseite

Abschalten

Auf der Anwenderseite heisst die einfachste Massnahme zur Vermeidung von Leerlaufverlusten: Abschalten. Da bei den einzelnen Komponenten Netzschalter oft gar nicht vorhanden sind, geschieht dies am wirkungsvollsten mit Hilfe einer schaltbaren Steckdosenleiste. Mit einem einzigen Knopfdruck können alle dort eingesteckten Geräte von der Stromversorgung abgeschnitten werden. Die Kosten für eine solche Leiste sind, je nach Ausstattungsgrad, bereits etwa innerhalb eines Jahres amortisiert.

Eine kleine Ausnahme, wo von häufiger Trennung und Wiederanschiessen ans Stromnetz abgeraten wird, bilden Tintenstrahldrucker. Nach dem Einschalten wird der Druckkopf mit Tinte gespült – ein Vorgang, der mehr kostet, als durch energieeffiziente Nutzung gespart werden kann [pw-Internet Solutions, 2004].

Eine genaue Schritt-für-Schritt Beschreibung über alle Elektrogeräte, wie Leerlaufverluste vermindert werden können, liefert die sehr empfehlenswerte Broschüre „wer ständig unter Strom steht, sollte auch mal richtig abschalten können“. [Initiative Energieeffizienz, 2002b], wie auch der ausführliche Ratgeber „Energiesparen im Haushalt“ [Möcker, 2004]. Im gleichen Stil werden in einer weiteren Broschüre die wichtigsten Fragen zum Thema Standby-Betrieb erklärt [Initiative Energieeffizienz, 2002a]. Eine Übersicht über den Stromverbrauch und Sparpotentiale verschiedener PC-Systeme sowie 10 Tipps zum Strom sparen bietet ein ziemlich aktueller Artikel der Computerzeitschrift [CHIP, 2004].

Energiesparmodus

Zusätzliche Einsparungen können durch die richtigen Einstellungen im Betriebssystem erreicht werden, sogenannte Power Management Funktionen. Eine detaillierte Anleitung für Windows XP / Windows 2000 kann unter [European Commission, 2005] abgerufen werden.

3.3.2 Technische und politische Ebene

Die Ausarbeitung von möglicher Massnahmen auf technischer oder politischer Ebene sind nicht Teil dieser Semesterarbeit. An dieser Stelle folgen sollen lediglich einige Literaturhinweise, zum vereinfachten Auffinden von passender Literatur.

Allgemeine, über alle Elektrogeräte gerechnete, vergangene und mögliche zukünftige Massnahmen auf politischer Ebene der Schweiz, inklusive Wirkungs- & Kosten-/Nutzenanalyse werden Bericht „Energieeffizienz bei Elektrogeräten“ des Bundesamtes für Energie aufgeführt [Brunner et al., 2001].

Auf technischer Ebene spielt die oft tiefe Energieeffizienz von Computer-Netzgeräten eine wichtige Rolle, der allgemeine Wirkungsgrad liegt oft nur bei 60-80%. Eine eingehende Untersuchung zusammen mit möglichen technischen und politischen Massnahmen werden im Schlussbericht zur Energieeffizienz von Computer Netzgeräten [Aebischer & Huser, 2002] und in einer englischen Kurzfassung [Aebischer & Huser, 2003b] diskutiert.

3.4 Ökobilanz eines Computers

Bei der Diskussion über Umweltauswirkungen und -belastungen, die durch den PC hervorgerufen werden, steht oft nur die während der Nutzungsphase verbrauchte Energie im Vordergrund. So besitzt der PC eine dramatisch schlechte Umweltbilanz. Der grösste Ressourcenfresser ist dabei nicht etwa der Stromverbrauch am Arbeitsplatz oder zu Hause, sondern der gewaltige Energieverbrauch bei der Herstellung der Prozessoren und die oft extrem aufwendige Gewinnung der hochreinen und seltenen Elemente. Weniger als 0,1 % des Materialbedarfs natürlicher Ressourcen erreichen letztendlich als PC den Schreibtisch des Anwenders.[WuppertalPaper, 1997]

Wer schon einen Computer besitzt, entlastet die Umwelt durch den Kauf eines Strom sparenden Neugerätes nicht. Der Material- und Energieaufwand für die Herstellung der Hardware und der Energiebedarf für den (Luft-)Transport von Komponenten aus Asien nach Europa sind grösser als die elektrische Leistungsaufnahme des Gerätes im Laufe seiner Lebenszeit. [Windeck, 2002]

Tendenziell werden Computer jedoch immer effizienter produziert: So ist der Energieverbrauch für die Herstellung eines PC (ohne Peripherie- und Eingabegeräte) heute um etwa zehn Prozent niedriger als die 1999 hierfür eingesetzten 535 kWh. [Meyer, 2003]. Stromverbrauch während des Betriebes und vor allem diskutierten immensen Leerlaufverluste erlangen damit auch in diesem Bereich steigende Wichtigkeit.

4. Literatur

- Aebischer, B., & Huser, A. (2002, Dezember 2002). *Energieeffizienz von Computer Netzgeräten*. Retrieved 25. Januar 2005, from http://www.cepe.ethz.ch/download/projects/Bernard/sb_power_supply_full.pdf
- Aebischer, B., & Huser, A. (2003a). *Energy Analysis of the FutureLife-House*. Swiss Federal Institute of Technology ETH, Zürich.
- Aebischer, B., & Huser, A. (2003b). *Energy efficiency of computer power supplies*. Swiss Federal Institute of Technology ETH, Zürich.
- Aktion No-Energy. (2005, 5. Januar 2005). *Alles im Überblick. Bandbreite der bisherigen von AVF-BILD getesteten Geräte. Stand: 5.01.2005*. Retrieved 20. Januar 2005, from http://www.no-e.de/html/alles_im_ueberblick.html
- B.A.T Freizeit-Forschungsinstitut GmbH. (2004). *Freizeit-Monitor 2004. Forschung aktuell, 25(183)*.
- Bachmann, C., & Aebischer, B. (1995). *Market-Pull Report, Nachfrageseitige Massnahmen beschleunigen Entwicklung und Markteinführung energieeffizienter Techniken*. Bern: Bundesamt für Energiewirtschaft.
- Beer, H. (2005). *Daten Juni 2004*. Zürich: Schweizerischer Wirtschaftsverband der Informations-, Kommunikations- und Organisationstechnik (SWICO). persönliche Mitteilung.
- Böde, U. (2000). *Detaillierung des Stromverbrauchs privater Haushalte in der Bundesrepublik Deutschland 1997 - 2010*. Karlsruhe: Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI).
- Brunner, C. U., Bush, E., Gasser, S., Lingenhel, S., & Nipkow, J. (2001). *Energieeffizienz bei Elektrogeräten, Wirkung und Massnahmen*. Retrieved 10. Januar 2005, from www.energieschweiz.ch/imperia/md/content/politikundrecht/energiepolitik/ewg/34.pdf
- CHIP. (1999, 25. Juni 1999). *Die Stromsparlüge - Unnötiger Stromverbrauch durch PCs im Standby-Betrieb*. Retrieved 18. Januar 2005, from http://www.verbrauchernews.de/haushalt/strom_gas/artikel/1999/06/0182/
- CHIP. (2004, 31. August 2004). *Tipps zum Strom sparen bei Computern*. Retrieved 18. Januar 2005, from http://www.chip.de/artikel/c_artikelunterseite_12207224.html?tid1=&tid2=
- Eimeren, B. v., Gerhard, H., & Frees, B. (2004). *Internetverbreitung in Deutschland: Potential vorerst ausgeschöpft? Media Perspektiven, 8, 350 - 370*.
- European Commission. (2005). *Auswahl von PC-System -> Energieverwaltung*. Retrieved 31. Januar 2005, from http://www.eu-energystar.org/de/de_024.htm
- Greenpeace energy. (2004). *Stromspartipps*. Retrieved 12. Januar 2005, from www.greenpeace-energy.de/content/hintergrund/tipps_buero.php4
- Huser, A., Schaltegger, B., & Baumgartner, W. (2001, Januar 2001). *Machbarkeitsstudie Datenerhebung im Elektrizitätsbereich*. Retrieved 25. Januar 2005, from <http://www.electricity-research.ch/pages/berichte/sb-statistik-encon.pdf>
- Initiative Energieeffizienz. (2002a, November 2002). *"ich hätte da mal eine frage zum stand-by-betrieb."* *Informationen zum Stand-by Betrieb von Elektrogeräten im Haushalt*. Retrieved 20.

- Januar 2005, from http://www.initiative-energieeffizienz.de/page/fileadmin/Download-Dokumente/pdfs_nach-Eval/IEE_EVAL_Broschuere_SB.pdf
- Initiative Energieeffizienz. (2002b, November 2002). *"wer ständig unter strom steht, sollte auch mal richtig abschalten können."* *Informationen zum Stand-by Betrieb von Elektrogeräten im Haushalt*. Retrieved 20. Januar 2005, from http://www.initiative-energieeffizienz.de/page/fileadmin/Download-Dokumente/pdfs_nach-Eval/IEE_EVAL_Broschuere_SB.pdf
- Initiative Energieeffizienz. (2004, Dezember 2004). *Das Büro zuhause - Stromeffizient arbeiten*. Retrieved 20. Januar 2005, from <http://www.presseportal.de/story.htx?nr=627944&firmid=50670>
- Kawamoto, K. (2001). *Electricity used by office equipment and network Equipment in the U.S.* (No. LBNL-45917). Berkeley, CA 94720: Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Keller, R. (2004). *From here on out*. Retrieved 25. Januar 2005, from <http://www.on-out.info/>
- Meyer & Schaltegger AG. (1999). *Bestimmung des Energieverbrauchs von Unterhaltungselektronikgeräten, Bürogeräten und Automaten in der Schweiz*: Bundesamt für Energie.
- Meyer, A. (2003). *Ökologisches Rechenspiel, Ein längeres Computerleben verbessert die Umweltbilanz*. *c't*, 21.
- MMXI Switzerland, & Swico. (2003). *Internet Nutzungsstatistik Schweiz Oktober 2003 (Öffentliche Teilausgabe)*. Retrieved 20. Januar 2005, from http://swico.one.webbuild.ch/file/SWICO_Internet_Stat0310_P1.pdf
- Möcker, V. (2004). *Energiesparen im Haushalt, Tipps und Informationen zum richtigen Umgang mit Energie*. Berlin: Umweltbundesamt.
- Mordziol, C. (1999a). *Neues zum Thema Leerlaufverluste (8)* (Vol. 8). Berlin: Pressestelle der Umweltbundesamtes.
- Mordziol, C. (1999b). *Neues zum Thema Leerlaufverluste (9)* (Vol. 9). Berlin: Pressestelle der Umweltbundesamtes.
- Mordziol, C. (2000a). *Neues zum Thema Leerlaufverluste (11)* (Vol. 11). Berlin: Pressestelle der Umweltbundesamtes.
- Mordziol, C. (2000b). *Neues zum Thema Leerlaufverluste (12)* (Vol. 12). Berlin: Pressestelle der Umweltbundesamtes.
- Mordziol, C. (2000c). *Neues zum Thema Leerlaufverluste (13)* (Vol. 13). Berlin: Pressestelle der Umweltbundesamtes.
- Mordziol, C. (2003a). *Neues zum Thema Leerlaufverluste 2003/1*. Retrieved 18. Januar 2005, from [http://www.umweltbundesamt.de/leerlauf/neues/NzTL-2003-1\(17\)A1.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/leerlauf/neues/NzTL-2003-1(17)A1.pdf)
- Mordziol, C. (2003b). *Neues zum Thema Leerlaufverluste 2003/2*. Retrieved 18. Januar 2005, from [http://www.umweltbundesamt.de/leerlauf/neues/NzTL-2003-2\(18\)A2.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/leerlauf/neues/NzTL-2003-2(18)A2.pdf)
- Mordziol, C. (2003c). *Neues zum Thema Leerlaufverluste 2003/3*. Retrieved 18. Januar 2005, from [http://www.umweltbundesamt.de/leerlauf/neues/NzTL-2003-3\(19\)A1.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/leerlauf/neues/NzTL-2003-3(19)A1.pdf)

- Mordziol, C. (2003d). *Neues zum Thema Leerlaufverluste 2003/4*. Retrieved 18. Januar 2005, from [http://www.umweltbundesamt.de/leerlauf/neues/NzTL-2003-4\(20\)A2.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/leerlauf/neues/NzTL-2003-4(20)A2.pdf)
- Mordziol, C. (2003e). *Neues zum Thema Leerlaufverluste 2003/5*. Retrieved 18. Januar 2005, from [http://www.umweltbundesamt.de/leerlauf/neues/NzTL-2003-5\(21\)A2.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/leerlauf/neues/NzTL-2003-5(21)A2.pdf)
- Mordziol, C. (2004). *Neues zum Thema Leerlaufverluste 2004/1*. Retrieved 18. Januar 2005, from [http://www.umweltbundesamt.de/leerlauf/neues/NzTL-2004-1\(22\)A1.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/leerlauf/neues/NzTL-2004-1(22)A1.pdf)
- pw-Internet Solutions. (2004). *Versteckte Stromverbraucher bei Elektrogeräten*. Retrieved 20. Januar 2005, from http://www.baumarkt.de/b_market/fr_info/leerl.htm
- Saldo. (2000, 26. April 2000). Strom von viereinhalb AKW für abgeschaltete Geräte, pp. 10-11.
- Schlomann, B., & Aebischer, B. (2003). *Der Einfluss moderner Gerätegenerationen der Informations- und Kommunikationstechnik auf dem Energieverbrauch in Deutschland bis zum Jahr 2010 - Möglichkeiten zur Erhöhung der Energieeffizienz und zur Energieeinsparung in diesen Bereichen, Projekt Nummer 28/01, Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit*. Karlsruhe/Zürich.
- Schmerer, K. (2004, 18. Februar 2004). *Stromfresser PC: Geld sparen durch kluge Komponenten-Wahl*. Retrieved 20. Januar 2005, from http://www.zdnet.de/enterprise/print_this.htm?pid=39119821-20000002c
- SWICO. (2005). *Daten Juni 2004*. Unpublished manuscript, Zürich.
- Weiss, R. (2004, 29. Januar 2004). *Weissbuch 2004 - ICT-Marktreport Schweiz*. Retrieved 18. Januar 2005, from <http://www.weissbuch.ch/WB04/PDF/wb04pdf.html>
- Windeck, C. (2002). Durstbremsen, Strom sparen beim PC-Einsatz. *c't*, 25, 216.
- WuppertalPaper. (1997). *Ökobilanz einer Computers, WuppertalPaper: Abschätzungen der Materialintensität von Informations- und Kommunikationstechnologien: Der PC*. Retrieved 20. Januar 2005, from <http://www.lis.uni-bremen.de/etc/uwe/umweltaudit/umweltinfosystem/ReWe/Schulbilanzen/oebpc.htm>

5. Anhang 1: Berechnung der Geräteklassen

5.1 PC stationär

Ausgangsdaten

PC stationär	Daten Juni 2004			
	2000	2001	2002	2003
	Absatz und Bestand (Mio)			
Absatz	0.800	0.789	0.627	0.697
Bestand	3.612	3.591	3.407	3.295
dar: gewerblich/Büro (%)	61.5	61.2	60.8	60.6
	Leistungsaufnahmen (W)			
Betriebszustand: off	3.9	3.2	3.2	1.9
Betriebszustand: stand-by	21.0	12.8	10.3	4.5
Betriebszustand: run	58.8	56.2	55.3	59.0
	Nutzungszeiten (h/Jahr)			
gewerblich/Büro off	6360	6360	6360	6360
gewerblich/Büro stand-by	1440	1392	1296	1248
gewerblich/Büro run	960	1008	1104	1152
Privat off	8395	8377	8363	8353
Privat stand-by	183	183	183	183
Privat run	183	201	215	225
	spezifischer Verbrauch (kWh/Gerät)			
Neugerät: gewerblich/Büro	111	95	95	85
Neugerät: Privat	47	40	41	30
Neugerät: insgesamt	85	73	72	62
nachrichtl.: bei konstanter Nutzung	85	71	68	55
Bestand: spez.Verbrauch insgesamt	82	80	78	74
	Verbrauch insgesamt p.a.(Mio kWh)			
Verbrauch insgesamt	296	287	266	244
nachrichtl.: bei konstanter Nutzung	296	282	252	219

Tabelle 4: Gerätebestand, Absatz, Nutzungszeiten sowie Verbrauch von PCs stationär [SWICO, 2005].

alternative Ausgangsdaten

Betriebszustand	Betrieb	Bereitschaft	ausgeschaltet
Leistungsaufnahme (W) Mittelwert	88.23	3.29	0.62

Tabelle 5: Mittelwerte Leistungsaufnahme (W) aktueller PCs. Bearbeitet aus [Aktion No-Energy, 2005].

Abschätzung

Jahr	2000	2001	2002	2003	vor 2000	total
Bestand PC stationär in Mio.	1.4	1.4	1.3	1.3		
Absatz PC stationär in Mio.	0.31	0.31	0.25	0.27		
Anteil am Bestand 2004 in %	24%	24%	19%	21%	13%	100%
Anteil Betriebszustand: off	0.91	0.75	0.61	0.39	0.51	3.17
Anteil Betriebszustand: stand-by	4.98	3.01	1.94	0.95	2.67	13.55
Anteil Betriebszustand: run	13.92	13.22	10.47	12.48	7.50	57.58

Tabelle 6: Berechnung der Anteile am Stromverbrauch von PCs stationär.

Vermeidbarer Stromverbrauch

Betriebszustände und Verbrauch	durchschnittliche Leistungsaufnahme W	Nutzungszeiten (h/Jahr)	Verbrauch Einzelgerät kWh/Jahr	Verbrauchskosten Einzelgerät Fr./Jahr	Totalverbrauch Mio. kWh/Jahr	Verbrauchskosten Mio. Fr./Jahr
off	3.17	8353	26.48	4.90	34.42	6.37
stand-by	13.55	183	2.47	0.46	3.21	0.59
run	57.58	225	12.96	2.40	16.84	3.12

	Verbrauch Einzelgerät kWh/Jahr	Verbrauchskosten Einzelgerät Fr./Jahr	Totalverbrauch Mio. kWh/Jahr	Verbrauchskosten Mio. Fr./Jahr	in % des totalen Verbrauchs
Vermeidbarer Verbrauch PC stationär	28.95	5.36	37.63	6.96	69%

Tabelle 7: Berechnung der Betriebszustände und Stromverbrauch von PCs stationär. Kosten bei 0.185 Fr./kWh.

5.2 Notebook

Gerätebestand

PC mobil	Daten Juni 2004			
	2000	2001	2002	2003
	Absatz und Bestand (Mio)			
Absatz	0.285	0.300	0.319	0.420
Bestand	1.044	1.197	1.367	1.633
dar: gewerblich/Büro (%)	60.9	61.2	60.0	61.2
	Leistungsaufnahme Neugerät (W)			
Betriebszustand: off	1.8	1.8	1.7	1.4
Betriebszustand: stand-by	8.0	7.5	7.0	10.9
Betriebszustand: run	21.5	20.5	20.9	28.1
	Nutzungszeit (h/Jahr)			
gewerblich/Büro off	7080	7056	7008	7008
gewerblich/Büro stand-by	960	960	960	960
gewerblich/Büro run	720	744	792	792
Privat off	8395	8377	8363	8353
Privat stand-by	183	183	183	182
Privat run	183	201	215	225
	spezifischer Verbrauch (kWh/Gerät)			
Neugerät: gewerblich/Büro	36	35	35	42
Neugerät: Privat	20	21	20	20
Neugerät insgesamt	30	29	29	33
nachrichtl.: bei konstanter Nutzung	30	29	28	32
Bestand: spez.Verbrauch insgesamt	40	36	33	32
	Verbrauch insgesamt p.a.(Mio kWh)			
Verbrauch insgesamt	42	43	45	53
nachrichtl.: bei konstanter Nutzung	42	42	44	50

Tabelle 8: Gerätebestand, Absatz, Nutzungszeiten sowie Verbrauch von Notebooks [SWICO, 2005].

alternative Ausgangsdaten

Betriebszustand	Betrieb	Bereitschaft	ausgeschaltet
Mittelwert	32.67	2.26	1.98

Tabelle 9: Mittelwerte Leistungsaufnahme (W) aktueller Notebooks. Bearbeitet aus [Aktion No-Energy, 2005].

Abschätzung

Jahr	2000	2001	2002	2003	vor 2000	total
Bestand PC mobil in Mio.	0.4	0.5	0.5	0.6		
Absatz PC mobil in Mio.	0.11	0.12	0.13	0.16		
Anteil am Bestand 2004 in %	18%	18%	20%	26%	18%	100%
Anteil Betriebszustand: off	0.32	0.33	0.34	0.35	0.33	1.66
Anteil Betriebszustand: stand-by	1.41	1.38	1.41	2.80	1.46	8.45
Anteil Betriebszustand: run	3.78	3.76	4.20	7.21	3.92	22.88

Tabelle 10: Berechnung der Anteile am Stromverbrauch von Notebooks.

Vermeidbarer Stromverbrauch

Betriebszustände und Verbrauch	durchschnittliche Leistungsaufnahme W	Nutzungszeiten (tv/Jahr)	Verbrauch Einzelgerät kWh/Jahr	Verbrauchskosten Einzelgerät Fr./Jahr	Totalverbrauch Mio. kWh/Jahr	Verbrauchskosten Mio. Fr./Jahr
off	1.66	8353	13.90	2.57	8.81	1.63
stand-by	8.45	182	1.54	0.29	0.98	0.18
run	22.88	225	5.15	0.95	3.26	0.60

	Verbrauch Einzelgerät kWh/Jahr	Verbrauchskosten Einzelgerät Fr./Jahr	Totalverbrauch Mio. kWh/Jahr	Verbrauchskosten Mio. Fr./Jahr	in % des totalen Verbrauchs
Vermeidbarer Verbrauch PC mobil	15.44	2.86	9.78	1.81	75%

Tabelle 11: Berechnung der Betriebszustände und Stromverbrauch von Notebooks. Kosten bei 0.185 Fr./kWh.

5.3 Bildschirme

Ausgangsdaten

Monitore	Daten Juni 2004			
	2000	2001	2002	2003
	Absatz und Bestand (Mio)			
Absatz	0.738	0.669	0.660	0.740
dar: CRT	0.377	0.202	0.120	0.060
TFT	0.361	0.467	0.540	0.680
Bestand	3.612	3.591	3.407	3.295
dar: gewerblich/Büro (%)	61.5	61.2	60.8	60.0
dar: CRT (%)	75.0	62.0	49.0	36.0
TFT (%)	25.0	38.0	51.0	64.0
	Leistungsaufnahme (W)			
CRT-Bildschirm: off	4.0	3.4	3.3	2.5
CRT-Bildschirm: stand-by	13.0	12.0	10.0	15.0
CRT-Bildschirm: run	85.0	83.0	78.0	68.3
TFT-Bildschirm: off	4.5	3.9	3.0	2.1
TFT-Bildschirm: stand-by	5.5	4.9	4.0	2.4
TFT-Bildschirm: run	34.8	41.4	41.0	33.8
	Nutzungszeiten (h/Jahr)			
gewerblich/Büro off	6360	6360	6360	6360
gewerblich/Büro stand-by	1440	1392	1296	1248
gewerblich/Büro run	960	1008	1104	1152
Privat off	8395	8377	8340	8322
Privat stand-by	183	183	183	183
Privat run	183	201	215	225
	spez. Verbrauch (kWh/Gerät)			
Neugerät: CRT-gewerblich/Büro	126	122	120	113
Neugerät: TFT-gewerblich/Büro	70	73	70	55
Neugerät: CRT-Privat	51	47	46	39
Neugerät: TFT-Privat	45	42	35	26
Neugerät insgesamt	85	78	71	56
nachrichtl. bei konstanter Nutzung	85	76	65	51
Bestand: insgesamt	24	95	88	79
	Verbrauch insgesamt p.a. (Mio kWh)			
Verbrauch insgesamt (Mio kWh)	365	340	299	259
nachrichtl. bei konstanter Nutzung	365	330	275	233

Tabelle 12: Gerätebestand, Absatz, Nutzungszeiten sowie Verbrauch von Bildschirmen [SWICO, 2005].

alternative Ausgangsdaten

Betriebszustand	Betrieb	Bereitschaft	ausgeschaltet
17-Zoll-Monitor	57.19	2.51	0.68
19-Zoll-Monitor	64.28	1.93	1.16

Tabelle 13: Mittelwerte Leistungsaufnahme (W) aktueller CRT-Bildschirme. Bearbeitet aus [Aktion No-Energy, 2005].

Betriebszustand	Betrieb	Schein-Aus
17" CRT	82.1 / 83.9	3.7
19" CRT	107 / 108.5	6

Tabelle 14: Mittelwerte Leistungsaufnahme (W) CRT-Bildschirme verschiedener Messungen aus dem Jahre 1999 [Mordziol, 1999a, 1999b, 2000b].

Betriebszustand	Betrieb	Bereitschaft	ausgeschaltet
15-Zoll-TFT-Monitor	18.32	1.47	1.37
17-Zoll-TFT-Monitor	24.63	1.63	1.43

Tabelle 15: Mittelwerte Leistungsaufnahme (W) aktueller TFT-Bildschirme. Bearbeitet aus [Aktion No-Energy, 2005].

Abschätzung

Jahr	2000	2001	2002	2003	vor 2000	total
Bestand CRT in Mio.	1.04	0.86	0.66	0.47		
Absatz CRT in Mio.	0.15	0.08	0.05	0.02		
Anteil am Bestand 2004 in %	31%	17%	10%	5%	38%	100%
Anteil Betriebszustand: off	1.22	0.56	0.33	0.13	1.52	3.76
Anteil Betriebszustand: stand-by	3.97	1.98	0.99	0.76	4.93	12.64
Anteil Betriebszustand: run	25.98	13.71	7.74	3.45	32.25	83.13

Tabelle 16: Berechnung der Anteile am Stromverbrauch von CRT-Monitoren.

Jahr	2000	2001	2002	2003	vor 2000	total
Bestand TFT in Mio.	0.35	0.53	0.68	0.84		
Absatz TFT in Mio.	0.14	0.18	0.21	0.27		
Anteil am Bestand 2004 in %	16%	21%	25%	32%	5%	100%
Anteil Betriebszustand: off	0.74	0.84	0.75	0.69	0.21	3.23
Anteil Betriebszustand: stand-by	0.91	1.05	1.00	0.77	0.26	3.99
Anteil Betriebszustand: run	5.73	8.87	10.30	10.88	1.63	37.41

Tabelle 17: Berechnung der Anteile am Stromverbrauch von TFT-Monitoren.

Vermeidbarer Stromverbrauch

Betriebszustände und Verbrauch	durchschnittliche Leistungsaufnahme W	Nutzungszeiten (h/Jahr)	Verbrauch Einzelgerät kWh/Jahr	Verbrauchskosten Einzelgerät Fr./Jahr	Totalverbrauch Mio. kWh/Jahr	Verbrauchskosten Mio. Fr./Jahr
off	3.76	8322	31.25	5.78	14.83	2.74
stand-by	12.64	183	2.31	0.43	1.09	0.20
run	83.13	225	18.70	3.46	8.87	1.64

	Verbrauch Einzelgerät kWh/Jahr	Verbrauchskosten Einzelgerät Fr./Jahr	Totalverbrauch Mio. kWh/Jahr	Verbrauchskosten Mio. Fr./Jahr	in % des totalen Verbrauchs
Vermeidbarer Verbrauch CRT-Monitore	33.56	6.21	15.92	2.95	64%

Tabelle 18: Berechnung der Betriebszustände und Stromverbrauch von CRT-Monitoren. Kosten bei 0.185 Fr./kWh.

Betriebszustände und Verbrauch	durchschnittliche Leistungsaufnahme W	Nutzungszeiten (h/Jahr)	Verbrauch Einzelgerät kWh/Jahr	Verbrauchskosten Einzelgerät Fr./Jahr	Totalverbrauch Mio. kWh/Jahr	Verbrauchskosten Mio. Fr./Jahr
off	3.23	8322	26.88	4.97	22.68	4.20
stand-by	3.99	183	0.73	0.13	0.61	0.11
run	37.41	225	8.42	1.56	7.10	1.31

	Verbrauch Einzelgerät kWh/Jahr	Verbrauchskosten Einzelgerät Fr./Jahr	Totalverbrauch Mio. kWh/Jahr	Verbrauchskosten Mio. Fr./Jahr	in % des totalen Verbrauchs
Vermeidbarer Verbrauch TFT-Monitore	27.61	5.11	23.29	4.31	77%

Tabelle 19: Berechnung der Betriebszustände und Stromverbrauch von TFT-Monitoren. Kosten bei 0.185 Fr./kWh.

5.4 Drucker, Multifunktionsgeräte, Scanner

Ausgangsdaten

Druckerabsatz	2000	2001	2002	2003
Absatz (Mio)			0.603	0.718
davon Mono-Seitendrucker			0.142	0.168
davon Farb-Seitendrucker			0.023	0.014
davon Tintenstrahl			0.280	0.255
davon Kombigeräte			0.150	0.268
davon andere			0.014	0.004

Tabelle 20: Absatz Druckermarkt aus Weissbuch für Home- & Bürobereich 2004 [Weiss, 2004].

Leistungsaufnahme Betriebszustand	Betrieb	Bereitschaft	ausgeschaltet
Laserdrucker	394.96	36.29	0.00
Tintenstrahl drucker	11.44	3.63	1.70
Multifunktionsgerät	18.16	9.51	5.51
Scanner	12.11	7.93	4.18

Tabelle 21: Mittelwerte Leistungsaufnahme (W) aktueller Druckertypen. Bearbeitet aus [Aktion No-Energy, 2005].

alternative Ausgangsdaten

Leistungsaufnahme Betriebszustand	Betrieb	Bereitschaft	Schein-Aus
Farb-Tintenstrahl drucker		4.5 / 5.3 / 5.7	2.7 / 3.2
SW-Laserdrucker		9.3	0
Farb-Laserdrucker		82	0

Tabelle 22: Mittelwerte Leistungsaufnahme (W) Druckertypen aus verschiedenen Messungen des Jahres 2000 [Mordziol, 2000a, 2000b, 2000c].

Abschätzungen

Druckerbestand	% privat		2002	2003
Bestand Büro und Gewerbe			3.618	4.308
Mono-Seitendrucker privat	10%		0.085	0.101
Farb-Seitendrucker privat	0%		0.000	0.000
Tintenstrahl privat	100%		1.680	1.530
Kombigeräte privat	60%		0.540	0.965
andere privat	0%		0.000	0.000
Total Bestand privat			2.305	2.596
Scannerbestand			0.27	0.26

Tabelle 23: Bestand verschiedener Druckertypen gemäss eigener Schätzung.

Vermeidbarer Stromverbrauch

Betriebszustände und Verbrauch	durchschnittliche Leistungsaufnahme W	Nutzungszeiten (h/Jahr)	Verbrauch Einzelgerät kWh/Jahr	Verbrauchs-kosten Einzelgerät Fr./Jahr	Totalverbrauch Mio. kWh/Jahr	Verbrauchs-kosten Mio. Fr./Jahr
Betriebszustände und Verbrauch Laserdrucker						
off	-	8000	-	-	-	-
stand-by	36.29	700	25.40	4.70	2.16	0.40
run	394.96	60	23.70	4.38	2.02	0.37
Betriebszustände und Verbrauch Tintenstrahldrucker						
off	1.70	8000	13.56	2.51	22.78	4.22
stand-by	3.63	700	2.54	0.47	4.27	0.79
run	11.44	60	0.69	0.13	1.15	0.21
Betriebszustände und Verbrauch Multifunktionsgeräte						
off	5.51	8000	44.12	8.16	23.82	4.41
stand-by	9.51	700	6.65	1.23	3.59	0.66
run	18.16	60	1.09	0.20	0.59	0.11
Betriebszustände und Verbrauch Scanner						
off	4.18	8380	35.04	6.48	9.55	1.77
stand-by	7.93	350	2.77	0.51	0.76	0.14
run	12.11	30	0.36	0.07	0.10	0.02
Betriebszustände und Verbrauch alle privaten Drucker						
off					56.16	10.39
stand-by					10.78	1.99
run					3.86	0.71

	Verbrauch Einzelgerät kWh/Jahr	Verbrauchs-kosten Einzelgerät Fr./Jahr	Totalverbrauch Mio. kWh/Jahr	Verbrauchs-kosten Mio. Fr./Jahr	in % des totalen Verbrauchs
Vermeidbarer Verbrauch Laserdrucker	25.40	4.70	2.16	0.40	52%
Vermeidbarer Verbrauch Tintenstrahldrucker	16.10	2.98	27.05	5.00	96%
Vermeidbarer Verbrauch Multifunktionsgeräte	50.77	9.39	27.42	5.07	98%
Vermeidbarer Verbrauch Scanner	37.82	7.00	10.31	1.91	99%
Total			66.94	12.38	

Tabelle 24: Berechnung der Betriebszustände und Stromverbrauch von Druckern, Scannern und Multifunktionsgeräten. Kosten bei 0.185 Fr./kWh.

5.5 Internetzugang

Ausgangsdaten

Absatz Kommunikationsgeräte (Mio)	2000	2001	2002	2003
Absatz Modem (Mio)			0.655	0.700
Absatz ADSL (Mio)			0.195	0.510
Absatz Cable-Modem (Mio)			0.350	0.260

Tabelle 25: Absatz Modems für Home- & Bürobereich aus Weissbuch 2004 [Weiss, 2004].

Leistungsaufnahme Betriebszustand	Betrieb	Bereitschaft	ausgeschaltet
Analog-Modem		1.21	
DSL - Router	7.82	8.45	4.62

Tabelle 26: Mittelwerte Leistungsaufnahme (W) Modemtypen. Bearbeitet aus [Aktion No-Energy, 2005].

Abschätzungen

Bestand Modem	% privat	2001	2002	2003
Bestand Büro und Gewerbe		2.49	3.2	4.2
integriertes Modem (Mio)		1.915	1.910	1.971
ADSL (Mio)	100%	0.100	0.295	0.805
Cable-Modem (Mio)	100%	0.200	0.550	0.810
Total Bestand privat		2.215	2.755	3.586

Tabelle 27: Bestand verschiedener Modemtypen gemäss eigener Schätzung.

Vermeidbarer Stromverbrauch

Betriebszustände und Verbrauch ADSL und Cable-Modem	durchschnittliche Leistungsaufnahme W	Nutzungszeiten (h/Jahr)	Verbrauch Einzelgerät kWh/Jahr	Verbrauchskosten Einzelgerät Fr./Jahr	Totalverbrauch Mio. kWh/Jahr	Verbrauchskosten Mio. Fr./Jahr
off	4.62	8353	38.57	7.14	62.29	11.52
stand-by	8.45	183	1.54	0.29	2.49	0.46
run	7.82	225	1.76	0.33	2.84	0.53

	Verbrauch Einzelgerät kWh/Jahr	Verbrauchskosten Einzelgerät Fr./Jahr	Totalverbrauch Mio. kWh/Jahr	Verbrauchskosten Mio. Fr./Jahr	in % des totalen Verbrauchs
Vermeidbarer Verbrauch ADSL und Cable	40.11	7.42	64.78	11.98	96%

Tabelle 28: Berechnung der Betriebszustände und Stromverbrauch von ADSL und Cable-Modem.

5.6 Aktivboxen

Ausgangsdaten

Leistungsaufnahme Betriebszustand	Betrieb	Bereitschaft	ausgeschaltet
Lautsprecher	9.44	4.60	2.63

Tabelle 29: Mittelwerte Leistungsaufnahme (W) externe Lautsprecher. Bearbeitet aus [Aktion No-Energy, 2005].

Abschätzungen

Bestand = 60% Bestand PC stationär

Nutzungszeiten = Nutzungszeiten PC stationär

Vermeidbarer Stromverbrauch

Betriebszustände und Verbrauch Aktivboxen	durchschnittliche Leistungsaufnahme W	Nutzungszeiten (h/Jahr)	Verbrauch Einzelgerät kWh/Jahr	VerbrauchsKosten Einzelgerät Fr./Jahr	Totalverbrauch Mio. kWh/Jahr	VerbrauchsKosten Mio. Fr./Jahr
off	2.63	8353	21.93	4.06	17.34	3.21
stand-by	4.60	183	0.84	0.16	0.66	0.12
run	9.44	225	2.12	0.39	1.68	0.31

	Verbrauch Einzelgerät kWh/Jahr	VerbrauchsKosten Einzelgerät Fr./Jahr	Totalverbrauch Mio. kWh/Jahr	VerbrauchsKosten Mio. Fr./Jahr	in % des totalen Verbrauchs
Vermeidbarer Aktivboxen	22.76	4.21	18.00	3.33	91%

Tabelle 30: Berechnung der Betriebszustände und Stromverbrauch von Aktivboxen. Kosten bei 0.185 Fr./kWh.

6. Anhang 2: Messergebnisse des eigenen Heim-PCs und weiterer Geräte

1-Personen Haushalt Zürich, 27.01.2005				
Bezeichnung	Betriebs- zustand	Leistungs- aufnahme (W)	geschätzte Nutzung	geschätzte Kosten * (Fr. / Jahr)
Unterhaltungselektronik			(h/Tag)	
Hifi-Anlage	Betrieb	21.5	2	2.90
	Standby	1.3	22	1.93
	Schein-Aus	nicht möglich	0	
TV (52cm, kein Video)	Betrieb	80.0	2	10.80
	Standby	0.7	22	1.04
	Schein-Aus	0.0	0	
Bürogeräte **			(h/Tag)	
PC (Pentium, 900MHZ)	Betrieb/Warten	91.0	3	18.43
	Schein-Aus	5.0	0	0.00
Bildschirm (TFT, 15 Zoll)	Betrieb	21.0	3	4.25
	Standby	4.2	0	0.00
	Schein-Aus	0.0	0	0.00
Drucker (Tintenstrahl)***	Betrieb	nicht gemessen	0	
	Standby	4.3	0	0.00
	Schein-Aus	nicht möglich	0	
Aktivboxen	Betrieb/Standby	3.6	3	0.73
	Schein-Aus	2.7	0	0.00
Zip-Laufwerk extern	Betrieb/Warten	3.2	3	0.65
	Standby	3.2	0	0.00
	Schein-Aus	nicht möglich	0	
Steckernetzgeräte			(h/Woche)	
Handy	Last	3.4	10	0.33
	Leer	0.6	5	0.03
Digitalkamera	Last	1.6	1	0.02
	Leer	0.6	0	0.00
Rasierapparat	Last	2.3	4	0.09
	Leer	0.0	0	0.00
Küche/Reinigung			(h/Woche)	
Kühlschrank	kühlend	87.0	?	
Wasserkocher	Betrieb	1800.0	0.1	1.74
	Schein-Aus	0.0	0	0.00
Kochherd	Betrieb	Gas	-	
Staubsauger	Betrieb	1060.0	0.2	2.05
Total ohne Kühlschrank, Beleuchtung, Heizung...				<u>44.99</u>
* bei 0.185 Fr./kWh				
** alle Bürogeräte hängen an einer abschaltbaren Steckleiste				
Einsparung (PC, Bildschirm, Drucker, Boxen, Zip) =				28.38
*** Drucker nur zu Messzwecken "entstaubt"				

Tabelle 31: Messergebnisse des eigenen Geräteparks.