

Bundesamt für Energie

3003 Bern

**Elektrizitätswerk
der Stadt Zürich**

8050 Zürich

**Kanton Basel-Stadt
Amt für Umwelt u. Energie**

4000 Basel

Schlussbericht Mai 2002

Stromeinsparpotenzial durch Schalten von Servern

ausgearbeitet durch

Alois Huser

Encontrol GmbH

Römerweg 32, 5443 Niederrohrdorf

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung.....	5
2	Abstracts	7
2.1	Stromeinsparpotenzial durch Schalten von Servern.....	7
2.2	Potential for saving energy consumption by switching off servers	7
2.3	Economies potentielles d'électricité grâce à la mise hors tension des serveurs.....	8
3	Einleitung	9
4	Vorgehen, Beschreibung Datenlage.....	9
5	Segmentierung im Markt der Server	10
6	Akteure im Markt.....	11
7	Verkaufs- und Bestandeszahlen der Schweiz	12
7.1	Bestand Arbeitsplatzcomputer	12
7.2	Bestand Server.....	12
7.3	Marktanteile der Betriebssysteme	14
8	Stromsparerpotenzial durch das Schalten	16
8.1	Elektrischer Leistungsbedarf.....	16
8.1.1	Server.....	16
8.1.2	USV-Anlage.....	16
8.1.3	Raumluftkonditionierung.....	17
8.2	Nutzung der Server	17
8.3	Bestand in typischen Klein- und Mittelunternehmen (KMU).....	18
8.4	Server.....	18
8.4.1	USV-Anlage.....	18
8.4.2	Raumluftkonditionierung.....	18
8.5	Reduktion der Einschaltzeiten	19
8.6	Stromsparerpotenzial.....	20
8.6.1	technische Stromsparerpotenzial	20
8.6.2	effektive Stromsparerpotenzial	21
9	Internationaler Vergleich	22
10	Mögliche Massnahmen zur Beeinflussung des Stromverbrauchs der Server und der dazu gehörenden Infrastruktur.....	23
10.1	Mögliche Gründe, warum Potenzial nicht ausgeschöpft wird	23
10.2	Unterstützung Markteinführung Ein-/Ausschaltsystem.....	25
10.3	Spezifikation Powermanagement in Ausschreibung	26
10.4	Powermanagement in Server	26
10.5	Lebensdauer und Verfügbarkeit von Servern	28
10.6	USV-Anlage: Labeldiskussion in EU unterstützen.....	28

10.7	Planungshilfe für die Kühlung von Server-Räumen.....	28
10.8	Zusammenfassung	29
11	Empfehlungen, weiteres Vorgehen	30
12	Literaturverzeichnis	31
Anhang		

1 Zusammenfassung

Diese Studie behandelt Server im sogenannten Low-end-Marktsegment (Preis unter etwa CHF 30'000.-). Diese Server werden vor allem in Klein- und Mittelbetrieben (KMU-Betriebe) eingesetzt. Alle Experten gehen von einem Wachstum dieser Low-end Server aus, welche für den Einsatz in kleineren Arbeitsgruppen als Datei-, Druck-, Internet-Access und Anwendungsserver vorgesehen sind. Im Jahr 2001 sind etwa 47 Tausend Server (Segment Low-end) verkauft worden. Branchenexperten schätzen, dass der Serverbestand in der Schweiz etwa zwischen 150 und 180 Tausend Stück liegt. Diese Zahl bestätigt auch eine Hochrechnung, welche sich auf eine repräsentative Umfrage bei 400 Unternehmen in der deutschen Schweiz über ihre Serverausrüstung abstützt. Gemäss Hochrechnung nach Anzahl Beschäftigte wird geschätzt, dass in schweizerischen KMU-Betrieben (bis 250 Mitarbeiter) etwa 117'000 Server installiert sind.

Die elektrische Leistung von Low-end Server liegt gemäss eigenen Messungen und Literaturangaben je nach Ausrüstung zwischen etwa 80 und 150 W. Über eine Umfrage bei 400 Unternehmen in der deutschen Schweiz über ihre Serverausrüstung und Infrastruktur ist der Ausrüstungsgrad der Infrastruktur und die Einschaltzeiten von Netzwerk-Servern recht gut bekannt. Die Stromspeisung der meisten Server wird durch eine USV-Anlage abgesichert und der Raum, in dem sich der Server befindet wird häufig klimatisiert. Auch diese Infrastruktur benötigt Strom. Es kann ein Strombedarf für die Schweiz für die Server und der zugehörnden Infrastruktur berechnet werden, welcher etwa 210 GWh pro Jahr beträgt. Falls die Server in der Nacht und am Wochenende ausgeschaltet würden (die Nutzung durch Backup und Kommunikationsdienste während gewissen Zeiten wird berücksichtigt: so sind in der Nacht gemäss Umfrage 57 % der Server maximal 3 Stunden aktiv), ergäbe sich ein Stromverbrauchsreduktionspotenzial von etwa 90 GWh pro Jahr. Dies unter der Annahme, dass auch die USV-Anlage ausgeschaltet wird und die elektrische Leistung für die Klimaanlage zurückgeht.

Dieses ausgewiesene Potenzial wird zur Zeit nicht ausgeschöpft, weil technische Voraussetzungen fehlen und mehrere Hemmnisse bestehen. Nachfolgend sind einige dieser Hemmnisse aufgeführt (Liste ist wahrscheinlich nicht vollständig, das heisst, wenn diese aufgeführten Hemmnisse beseitigt sind, wird das ausgewiesene Potenzial nicht automatisch ausgeschöpft):

Produktentwicklung	Die Hardware-Komponenten inkl. Treiber und das BIOS sind nicht ACPI ¹ -kompatibel
Marketing	Die Server-Anbieter verkaufen Server mit der Botschaft: 7 x 24 Stunden in der Woche zur Verfügung
Wahl der Konsumenten	- Es existiert kein Energie- oder Umweltlabel für Server. - Der Stromverbrauch hat neben den anderen Entscheidungskriterien wie Verfügbarkeit, Sicherheit, Kosten/Nutzen-Verhältnis oder Vertrauensverhältnis zum Lieferanten nur eine untergeordnete Bedeutung. - Entscheidungsträger (Geschäftsleitung in KMU, IT-Spezialisten in grösseren Unternehmen) kennen Zusammenhänge zwischen Verfügbarkeit/Sicherheit und Stromverbrauch nicht.

¹ Advanced Configuration and Power Management Interface

- Verbraucherverhalten
- Im Strompreis sind Externalitäten im Umweltbereich nicht integriert. Die Stromkosten betragen daher nur einen sehr kleinen Teil der Betriebskosten.
 - Die Anwender kennen Zusammenhänge zwischen Verfügbarkeit/Sicherheit und Stromverbrauch nicht.

Um die Stromeffizienz in Servern zu steigern werden die folgenden Massnahmen vorgeschlagen, welche Vorarbeiten zur Technikentwicklung und Vorschläge zum Abbau von Hemmnissen und zum Aufbau von Anreizen beinhalten:

Massnahme	Akteure/ Zielpublikum	primäres Ziel	Endziel	Kosten für Erreichung primäres Ziel [CHF]
Unterstützung Markteinführung Ein- /Ausschaltsystem	Hersteller Zusatzsystem, Entscheidungs- träger KMU	Markteinführung	50 % der Server in KMU bei Nichtbenutzung ausschalten (Einsparung in der Schweiz 45 GWh/a)	200'000.-
Spezifikation Powermanagement in Ausschreibung	Einkäufer	Muster- ausschreibung	Einkäufer verlangen in Ausschreibung Powermanagement	5'000.-
Powermanagement in Server: Grundlagen für Benchmarks erarbeiten	Forschungs- stelle, Entw. und Marketing Server-Hersteller	Grundlagen für Powermanagement für techn. Weiterentwicklung der Server	Hersteller bauen Server mit Standby- Funktionen (ACPI- Anforderungen) und vermarkten diese Funktionalität	140'000.-
Kommunikationskonzept für die Förderung des Einsatzes von ACPI in Server (Voraussetzung: ACPI-Funktionalität in Server standardmässig eingebaut)	Entscheidungs- träger KMU	Entscheidungsträger in KMU kennen Anwendung und Vorteile von ACPI in Servern	ACPI wird von Anwendern auch bei Server eingesetzt, d.h. Server gehen in Standby-Mode: (Falls Massnahme mit Ein- /Ausschaltsystem nicht umgesetzt: Einsparung in der Schweiz 36 GWh/a)	100'000.-
Lebensdauer und Verfügbarkeit von Servern	Forschungs- stelle, Entscheidungs- träger KMU	Bessere Kenntnisse über Verhalten der Lebensdauer und der Verfügbarkeit bei Server, wenn ausgeschaltet	Erhöhung der Ausschalt- Bereitschaft	100'000.-
USV-Anlagen: Labeldiskussion in EU unterstützen	EU-Behörden	EU entwickelt Vorarbeiten der Schweiz weiter	EU führt Label, Deklarationspflicht oder Vereinbarung mit Industrie für USV-Anlagen ein	75'000.-
Planungshilfe für die Kühlung von Server- Räumen	HLK-Planer	Planungshilfe als Faltblatt oder WEB- Dokument	Die Kühlsysteme werden energieoptimal ausgelegt und betrieben	40'000.-

2 Abstracts

2.1 Stromeinsparpotenzial durch Schalten von Servern

Diese Studie behandelt Server im sogenannten Low-end-Marktsegment. Branchenexperten schätzen, dass der Serverbestand in der Schweiz etwa zwischen 150'000 und 180'000 Stück liegt. Davon sind 117'000 Server in Klein- und Mittelbetrieben (KMU) installiert.

Die elektrische Leistung von Low-end Server liegt gemäss eigenen Messungen und Literaturangaben je nach Ausrüstung zwischen etwa 80 und 150 W. Die Stromspeisung der meisten Server wird durch eine USV-Anlage abgesichert und der Raum, in dem sich der Server befindet wird häufig klimatisiert. Auch diese Infrastruktur benötigt Strom. Es kann ein Strombedarf für die Schweiz für die Server in KMU-Betrieben und der zugehörigen Infrastruktur berechnet werden, welcher etwa 210 GWh pro Jahr beträgt. Falls die Server in Zeiten der Nichtbenutzung (keine aktive Nutzung wie Zugriff, Backup, Kommunikationsdienste usw.) während der Nacht und am Wochenende ausgeschaltet würden, ergäbe sich ein Stromverbrauchsreduktionspotenzial von etwa 90 GWh pro Jahr.

Um die Stromeffizienz in Servern zu steigern werden Massnahmen vorgeschlagen, welche Vorarbeiten zur Technikentwicklung und Vorschläge zum Abbau von Hemmnissen und zum Aufbau von Anreizen beinhalten:

- Unterstützung Markteinführung Ein-/Ausschaltsystem
- Spezifikation des Powermanagements in Ausschreibungen
- Powermanagement in Server: Grundlagen für Benchmarks erarbeiten
- Kommunikationskonzept für die Förderung des Einsatzes von ACPI (Advanced Configuration and Power Management Interface) in Server
- Kenntnisse verbessern über Lebensdauer und Verfügbarkeit von Servern
- USV-Anlagen: Labeldiskussion in EU unterstützen
- Planungshilfe für die Kühlung von Server-Räumen

2.2 Potential for saving energy consumption by switching off servers

This study deals with servers in the so-called Low-end market segment. Industry experts estimate that there are between 150,000 and 180,000 servers in Switzerland. Of these, 117,000 servers are installed in small and medium-sized companies (SMC).

According to our own measurements and information obtained from the literature, the electrical power of low-end server lies between approximately 80 and 150 W. The electrical supply to most servers is safeguarded by a USP installation, and the room in which the server is located is frequently equipped with air conditioning. This infrastructure also requires electrical power. The power requirement for servers in SMC companies and for their accompanying infrastructure can be calculated for the whole of Switzerland, resulting in a figure of approximately 210 GWh per year. If these servers were switched off during periods in which they were not being used (no active use such as access, backup, communication services, etc.), during the night and at weekends, there would be a potential saving of electrical energy of around 90 GWh per year.

In order to increase the electrical efficiency of servers, measures are proposed that include preliminary work for the development of techniques and proposals for the reduction of obstacles and the build-up of incentives:

- Support of the market introduction of switch on/off systems
- Power management in servers: draw up the basic information for benchmarking
- Specification of power management in call for tenders
- Communication concept for the promotion of the use of ACPI (Advanced Configuration and Power Management Interface) in servers
- Improve the level of knowledge about the service life and availability of servers
- USP installations: Support the label discussion in the EU
- Planning assistance for the cooling of server rooms

2.3 Economies potentielles d'électricité grâce à la mise hors tension des serveurs

Cette étude se penche sur les serveurs du segment low-end du marché. Les experts estiment qu'il y a en Suisse entre 150 000 et 180 000 serveurs. 117 000 d'entre eux sont installés dans des petites et moyennes entreprises (PME).

Ces serveurs low-end consomment, selon les mesures faites par les entreprises et les caractéristiques reprises dans les modes d'emploi, entre 80 et 150 W en fonction de leur équipement. La plupart des serveurs sont en outre protégés par un système d'alimentation ininterrompue en courant et la pièce dans laquelle ils se trouvent est souvent climatisée. Cette infrastructure nécessite elle aussi de l'électricité. La consommation électrique des serveurs installés dans les PME suisses et de l'infrastructure correspondante s'élève à environ 210 GWh par an. Il serait possible, en mettant les serveurs hors tension pendant les périodes de non-utilisation (absence d'utilisation active telle qu'accès, sauvegarde, services de communication, etc.) pendant la nuit et le week-end, de réduire cette consommation d'électricité d'environ 90 GWh par an.

Les mesures suivantes, soutenues par des travaux préliminaires sur l'évolution technique et des propositions visant à éliminer les obstacles et à créer des incitations, sont proposées pour optimiser la consommation d'électricité des serveurs :

- Soutien de l'introduction sur le marché d'un système de mise sous/hors tension
- Gestion de l'alimentation dans les serveurs : élaboration de bases pour des tests comparatifs
- Spécification de la gestion de l'énergie dans les demandes d'offre
- Concept de communication dont le but est d'encourager l'utilisation de l'interface ACPI (Advanced Configuration and Power Management Interface) dans les serveurs
- Amélioration des connaissances sur la durée de vie et la disponibilité des serveurs
- Systèmes d'alimentation ininterrompue en courant : soutien de la discussion sur les labels au sein de l'UE
- Aide à la planification pour le refroidissement des salles des serveurs

3 Einleitung

EDV-Server sind rund um die Uhr in Betrieb. Und dies obwohl in der Nacht oder am Wochenende in vielen Fällen gar keine Nutzung der Server-Dienstleistungen erfolgt. Eine repräsentative Marktuntersuchung zeigte, dass in typischen Klein- und Mittelbetrieben (KMU-Betriebe) in der Deutschschweiz das automatische Ausschalten von Servern während bestimmten Zeiten begrüsst würde, falls entsprechende ausgereifte und zuverlässige Systeme dafür existieren.

Die technische und organisatorische Machbarkeit des Schaltens von Servern wurde in vier Pilotanlagen gezeigt, die sukzessive weiter entwickelt wurden:

- Schalten mit umgebauter Schaltuhr in einem KMU-Betrieb
- Schalten mit Hilfe der unterbrechungsfreien Stromversorgungsanlage (USV-Anlage) in einem KMU-Betrieb
- Schalten mit vernetzten Schaltboxen in grösserem Betrieb der Bundesverwaltung
- Schalten mit eigenem Linux-Server und vernetzten Schaltboxen in grösserem Betrieb der Bundesverwaltung

Mit diesem automatisierten Schalten konnten folgende Ergebnisse erzielt werden:

- Erhöhung der Zuverlässigkeit durch tägliches kontrolliertes „Herunterfahren“
- Booten der Systeme von Ferne: Zeitersparnis für System-Manager
- Vollständige Trennung vom Stromversorgungsnetz: Erhöhung der Informatik-Sicherheit (Zugriff von Drittpersonen, physikalische Einwirkungen) während beinahe 50 Prozent der Zeit
- Einsparung von über 50 Prozent des Stromverbrauches von Servern

Die in den Pilotsystemen eingesetzten Komponenten befinden sich noch im Prototypen-Stadium. Für eine Kommerzialisierung der Systeme müssten noch beträchtliche Mittel investiert werden.

Für den Entscheid über weitere Investitionen und generell das weitere Vorgehen müssen Daten erhoben werden über ein mögliches Stromsparpotenzial in der Schweiz. Weiter sollte die Frage geklärt werden, mit welchen Massnahmen und Akteuren kann ein mögliches Potenzial erschlossen werden. Dabei ist unserer Ansicht wichtig, dass alle Akteure und der ganze "Produktekreis" in die Untersuchung eingeschlossen wird.

4 Vorgehen, Beschreibung Datenlage

Mit Hilfe von erhobenen Verkaufszahlen und geschätzten Lebenszyklen wird der Serverbestand in der Schweiz geschätzt. Es gibt nur wenige Quellen dazu und die Daten können ausserdem nur käuflich erworben werden. Ein eigentliches Verkaufspanel von Servern wie in einer früheren Studie [sch 01] angegeben, existiert aber bei genauerer Nachforschung nicht. Es wird nur der Absatz der Computer nach Prozessortyp erhoben, was nichts über die Verwendung als Server oder als Arbeitsplatzcomputer aussagt [iha 02]. Leider gibt es in der Schweiz auch keine verlässlichen und frei zugänglichen Daten über die PC-Ausrüstung an Arbeitsplätzen.

Internationale Umfraginstitute veröffentlichen meist nur Marktabsatzanteile von verschiedenen Herstellern und nur selten absolute Verkaufszahlen.

Das Ausschaltverhalten von Servern in KMU-Betrieben sowie die Anzahl Server, die Verwendung von USV- sowie Klimaanlage in KMU-Betrieben, welche ein Server und Netzwerk besitzen, ist durch eine Umfrage gut bekannt [gru 00]. Leider geht aus dieser Umfrage nicht hervor, wie gross die Unternehmen sind, welche kein Server besitzen und welcher Branche diese Unternehmen angehören.

Wir gehen von der Hypothese aus, dass die in der Umfrage [gru 00] erhobene Serververteilung bezüglich der gleichen Branche und der gleichen Beschäftigungsgrössenklasse repräsentativ ist. Aus den Umfrageresultaten rechnen wir daher über die Branche und Beschäftigungszahlen auf die Landesstufe hoch.

Um genauere Bestandeszahlen zu ermitteln müsste eine neue repräsentative Umfrage gestartet werden. Bei dieser sollten die folgenden Fragen gestellt werden:

- Zugehörigkeit Branche?
- Anzahl Beschäftigte?
- Anzahl Arbeitsplätze mit Computer?
- Anzahl Server in Betrieb Low end (Preisklasse < 30'000 Fr.)?
- Anzahl Server in Betrieb Midrange (Preisklasse 30'000.- bis 300'000.- Fr.)?
- Server mit USV-Anlage betrieben?
- Server stehen in klimatisiertem Raum?

Eine renommiertes Umfrageinstitut schätzte die Kosten auf etwa Fr. 45'000.-

5 Segmentierung im Markt der Server

Als Server wird im allgemeinen ein Computer bezeichnet, welcher nicht durch eine Person direkt und dauernd bedient wird. Server liefern Funktionen und Dienstleistungen an eine Gruppe von Benutzern oder verarbeiten im Hintergrund Daten, welche von anderen Computern gesendet oder verlangt werden. Ein Server zeichnet sich gegenüber dem PC aus, dass er ein höherer Standard bezüglich Sicherheit und Verfügbarkeit besitzt.

Früher gab es die Grosscomputer (mainframes) in Rechenzentren, welche ausschliesslich Serverfunktionen erfüllten. Nach unten wurden die Minicomputer (z.B. DEC VAX-Familie) eingesetzt. Heute werden diese Segmente in englisch meist als „Hig-end-„ und als „midrange“-Server bezeichnet. Heute werden Aufgaben wie Datei-, Druck-, Kommunikations- und Web-Serverfunktionen auch von PC's oder sogenannten Low-end-Server ausgeführt.

Das wichtigste Segmentierungskriterium ist heute die Sicherheit respektive Redundanz. Eine häufig verwendete Einteilung hat drei Kategorien:

- Entry, Low-End, value, Einstieg, PC-Server usw.: Unteres Preissegment (< 30'000.-); werden an nicht kritischen Stellen eingesetzt und häufig in Kleinunternehmen. In dieser Kategorie sind die Komponenten wie Prozessoren und Power supply meist nicht redundant ausgeführt. Einsatz vor allem für Datei-, Druck-, Kommunikations- und Web-Serverfunktionen.

- Mid-Range, Mid-sized, Enterprise, usw.: Mittleres Preissegment (Fr. 30'000 bis 300'000.-); haben häufig kritische Komponenten in redundanter Ausführung: Dualprozessoren, redundantes Power Supply, Hot-plug-Fähigkeit von Disks, Lüfter und Memory. Einsatz vor allem für Datei- und Anwendungsserver mit mittlerem Datenvolumen und mittlerer Verfügbarkeitsanforderungen.
- High-End, Enterprise, mission critical: Oberes Preissegment (> Fr. 300'000.-); Die Geräte sind mit allen möglichen Sicherheitsmerkmalen versehen: redundante Komponenten, Hot-plug-Fähigkeit aller kritischen Elemente, Skalierbarkeit der Leistungen. Diese Geräte führen meist traditionelle Batch-Prozesse mit hohem Datenvolumen aus, wie zum Beispiel Massenrechnungsverarbeitung, Banken Anwendungen oder Reservationssysteme für Fluggesellschaften.

Die Server gibt es in zwei verschiedenen Bauformen:

- Als Standalone-Geräte (vergleichbar mit einem PC in Tower-Ausführung)
- In einem Gehäuse, welches in ein Rack eingebaut wird mit standardisierten Abmessungen

6 Akteure im Markt

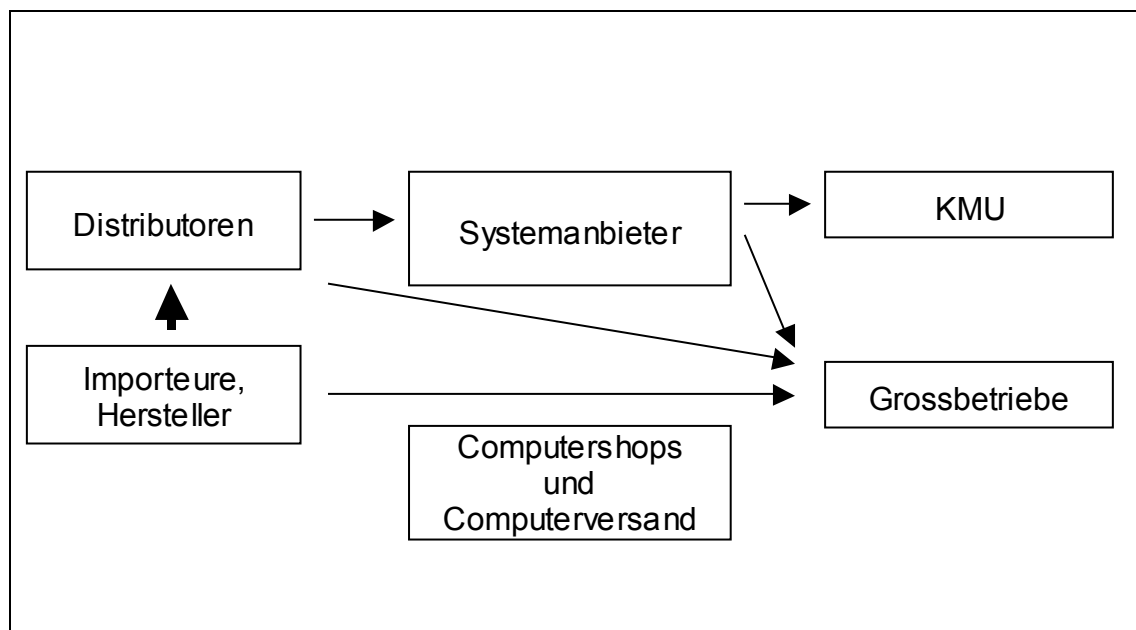


Bild 3-2 Handelsbeziehungen im Servermarkt

In Unternehmen kleinerer und mittlerer Grösse (KMU) entscheidet bei der Beschaffung von Geräten der Büroautomation und Inforationstechniken (IT) häufig die Geschäftsleitung direkt. Entscheidungskriterien sind:

- Verfügbarkeit/Sicherheit der Systeme
- Kosten/Nutzen-Verhältnis
- Vertrauensverhältnis zum Lieferanten

In grösseren Betrieben sind verschiedene Spezialisten für die Beschaffung zuständig:

- IT-Abteilung, welche verantwortlich ist für die Spezifikation, Installation, Unterhalt, und Ausbildung. Die Energie ist meist kein Thema (Mangel an Information, Mangel an Ressourcen, keine Nachfrage bei Benützern, Sicherheit/Verfügbarkeit erste Anforderung).
- Einkauf: Hier entscheidet meist ein möglichst tiefer Preis.
- Umweltstelle/Sicherheit: Sie sorgt dafür, dass die Beschaffung den Gesetzen, Normen und Richtlinien entspricht und dass das Umwelt-/Energieleitbild umgesetzt wird.

Die Beschaffung von Geräten wird häufig ausgeschrieben. In der ersten Evaluation der Angebote ist wichtig, dass die technischen Spezifikationen erfüllt werden. In der zweiten Evaluationsrunde entscheidet dann meist nur noch der Preis über die Vergabe des Auftrages.

7 Verkaufs- und Bestandeszahlen der Schweiz

7.1 Bestand Arbeitsplatzcomputer

Es wird geschätzt, dass in der Schweiz 2.1 Mio. Arbeitsplatzcomputer im Einsatz sind [wei 02]. Im Heimbereich sind gemäss der gleichen Quelle etwa 1.8 Mio. Geräte installiert. Die Anzahl verkaufte Geräte hat in den letzten Jahren stagniert.

Jahr	Anzahl [in 1'000]
1996	517
1997	606
1998	729
1999	794
2000	800
2001	760
Total	4'207

Tab. 7-1 Entwicklung der Anzahl verkaufte Desktop-Computer in der Schweiz [wei 02]

Die gleiche Quelle gibt an, dass in der Schweiz auf 100 Beschäftigte etwa 73 Arbeitsplatzcomputer installiert sind.

7.2 Bestand Server

Im Jahr 2002 ist der Verkaufsumsatz in der Schweiz im Bereich Server im Vergleich zum Vorjahr um 15 Prozent gestiegen und erreichte einen Wert von etwa 760 Mio. Franken. Im Jahr 2000 sind 42'700 und im Jahr 2001 47'200 Server verkauft worden [wei 02]. Der Durchschnittspreis beträgt demnach etwa Fr. 16'000.-. Die Entsorgungsrate bei den Servern liegt bei schätzungsweise 15 bis 20 %, was einer Lebensdauer von 5 bis 7 Jahren entspricht (wei 02a).

Eine andere vertrauliche Quelle eines internationalen Umfrageinstitutes gibt für die Schweiz ähnliche Absatzzahlen für Server an. Alle Experten gehen von einem Wachstum vor allem der Low-end Server aus, welche für den Einsatz in kleineren Arbeitsgruppen als

Datei-, Druck-, Internet-Access und Anwendungsserver vorgesehen sind. Die Preise für diese Low-end Server sind stark gesunken und bewegen sich bereits unter Fr. 5'000.-.

Die folgende Hochrechnung basiert auf einer repräsentativen Umfrage, welche im Jahre 2000 400 Unternehmen in der deutschen Schweiz über ihre Serverausrüstung und ihre Bereitschaft zum automatischen Ausschalten der Server befragte [gub 00]. Aus dieser Umfrage wird die Anzahl Arbeitsstationen pro Server bestimmt. Es zeigt sich, dass die Anzahl Arbeitsstationen pro Server mit steigender Anzahl Server im Unternehmen abnimmt (Tab. 7-2). Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass in grösseren Unternehmen die Anzahl zentraler Applikationen überproportional zunimmt.

Anzahl Server	Anzahl Arbeitsstationen pro Server	Anzahl untersuchte Betriebe
1	12.8	183
2	11.2	94
3	12.0	42
4	13.3	37
5	10.6	16
6	11.0	6
7	5.8	3
8	16.8	5
10	7.3	3
11	7.3	1
12	7.2	3
15	6.1	3
20	7.0	1
22	5.7	1
25	9.0	2

Tab. 7-2 Anzahl Arbeitsstationen pro Server

Die Hochrechnung basiert weiter auf folgenden Annahmen:

- Rund 80% der Klein- und Mittelbetriebe in der Deutschschweiz besitzen heute ein EDV-Netzwerk [Gru 00].
- - 12 Arbeitsstationen pro Server in Unternehmen bis 49 Beschäftigte
- 10 Arbeitsstationen pro Server in Unternehmen von 50 bis 99 Beschäftigte
- 7 Arbeitsstationen pro Server in Unternehmen grösser 100 Beschäftigte
Es wird angenommen, dass diese Werte zwischen den Branchen nicht stark schwanken (Genauere Auswertungen der Umfrage [Gru 00] stützen diese Annahme)
- Etwa 70 Arbeitsstationen pro 100 Beschäftigte, wobei die einzelnen Branchen grosse Unterschiede aufweisen. Gesamtschätzung gemäss Weissbuch 2002 [Wei 02]. Einzelne Branchenwerte gemäss eigener Schätzung

Mit Hilfe der Beschäftigungsstatistik des Bundesamtes für Statistik [bfs 98] im Jahre 1998 (Beschäftigte pro Branche und Beschäftigungsgrössenklasse pro Arbeitsstätte) wird die Anzahl Server pro Branche und Beschäftigungsgrössenklasse hochgerechnet (Tab. 7-3).

Branchen	Server in KMU (4 bis 249 Beschäftigte)	Server in Grossunternehmen (> 250 Beschäftigte)
Verarbeitendes Gewerbe; Industrie	26500	15600
Energie- und Wasserversorgung	1100	430
Baugewerbe	3600	240
Handel; Reparatur von Automobilen und Gebrauchsgütern	15000	1700
Gastgewerbe	3600	150
Verkehr und Nachrichten-Übermittlung	7800	5700
Kredit- und Versicher-ungs-Gewerbe	8800	7800
Immobilienwesen; Vermietung; Informatik; Forschung und Entwicklung; Erbringung von Dienstleistungen für Untern.	16000	1900
Öffentliche Verwaltung; Landesverteidigung; Sozialversicherung	6300	740
Unterrichtswesen	11300	1700
Gesundheits- und Sozialwesen	11700	6800
Erbringung von sonstigen öffentlichen und persönlichen Dienstleistungen	5500	720
Total	117'453	43'730

Tab. 7-3 *geschätzte Anzahl Server pro Branche*

Die Zahl von etwa 161'000 Server stimmt gut mit der Aussage eines Branchenexperten überein, der aus den Verkaufszahlen für die Schweiz einen Serverbestand von etwa 150'000 bis 180'000 Geräten schätzt (wei 02a).

7.3 Marktanteile der Betriebssysteme

Betriebssystem	Anteil in %
Windows	38
Linux	25
Netware	19
Unix	15
andere	3
Total	100

Tab. 7-4 *Weltweite Marktanteile der Betriebssysteme im Jahr 2000 [idc 00]*

Bei diesen Zahlen ist etwas Vorsicht am Platze: Die IDC-Studie zählt lediglich die *verkauften* Systeme. Wer sein Linux direkt aus dem Internet lädt, geht nicht in die Rechnung ein. Außerdem lassen sich mit einer Linux-Distribution beliebig viele Server aufbauen. Zudem ist zu berücksichtigen, dass kommerzielle Unix-Server häufig in großen Installationen zum Einsatz kommen, in denen sie viel mehr Clients bedienen als typische

NT- oder Linux-Server. Gerade dieser Aspekt dürfte auch Ursache dafür sein, dass die Rangliste deutlich anders aussieht, wenn man statt der Zahl der Installationen die Umsätze betrachtet: Hier entfällt mit über 50% nach wie vor der Löwenanteil auf die kommerziellen Unix-Varianten.

Bei Klein- und Mittelbetrieben (KMU) (10-200 Mitarbeiter) in der Schweiz dominiert das Betriebssystem *Windows* klar (Tab. 7-5).

Betriebssystem	Anteil in %
Windows	78
Linux	3
Netware	17
Unix	17
andere	14
Total	129

Tab. 7-5 Häufigkeit der Betriebssysteme in der Schweiz in KMU-Betriebe im Jahr 2000 (Mehr als ein Betriebssystem pro Unternehmen möglich) [gru 00]

Hersteller	Anteil in %
IBM	29
Sun	21
Compaq	14
Dell	10
Hewlett-Packard	10
andere	16
Total	100

Tab. 7-6 Marktanteile der Server-Hersteller in den USA im 2. Quartal 2001 [Quelle: Gartner/Dataquest]

Bei den reinen Unix-Maschinen führt Sun mit 44 Prozent.

Hersteller	Anteil in %
IBM	16
Sun	6
Compaq	33
Dell	14
Hewlett-Packard	13
Fujitsu-Siemens	9
andere	9
Total	100

Tab. 7-7 Marktanteile der Server-Hersteller in Europa im 1. Quartal 2001 [Quelle: Gartner/Dataquest]

8 Stromsparpotenzial durch das Schalten

8.1 Elektrischer Leistungsbedarf

8.1.1 Server

Messungen an IBM, HP und Compaq-Servern zeigen, dass die elektrischen Leistungen bei Low-End-Geräten zwischen 80 und etwa 150 W liegen [Tab. 8-1]. Für diese Studie wird der Mittelwert dieser beiden Werte für die weiteren Berechnungen angenommen: 115 W.

Hersteller	Modell	Elektrische Leistung (* eigene Messung) [W]
IBM	xSeries230	115*
IBM	xSeries240	145
IBM	xSeries330	110*
IBM	xSeries350	135
IBM	xSeries370	1000
Hewlett-Packard	Netserver E800	80*
Hewlett-Packard	LH Pro	130*
Compaq	Proliant 1600	137*
Compaq	Proliant 370	80*
Compaq	DL320	76
Sun	Cobalt 41	34
Sun	Cobalt 4R/XTR	72

Tab. 8-1 Elektrische Leistungen von verschiedenen Servern (Quellen: eigene Messungen, Messungen von Herstellern, [rot 02])

Bei den individuellen Geräten hängt diese Leistung jedoch sehr stark vom Ausrüstungsstand der Geräte ab. Die Serverkonfiguration kann abhängen von

- Anzahl Prozessoren
- RAM-Speicherkapazität
- Anzahl Disks
- Anzahl redundante Power supplies
- Anzahl Lüfter
- Peripheriegeräte
- usw.

Die elektrische Leistung kann je nach Ausbau um 100 Prozent grösser sein als in einer Grundkonfiguration.

8.1.2 USV-Anlage

Bei einer USV-Anlage hängt der Wirkungsgrad hauptsächlich ab von [mau 99]

- Art und Grösse der Anlage

- Betriebsart (Bypass, USV-Betrieb)
- Last

In einer typischen Anlage (Leistungsbereich 600 bis 1500 VA) liegt der Wirkungsgrad bei 50 % Last im Doppelwandlungsbetrieb² etwa bei 88-90 % und im Bypass-Betrieb³ etwa bei 95 %. Für diese Studie nehmen wir an, dass die USV-Anlage im Doppelwandlungsbetrieb mit einem Wirkungsgrad von 90 % läuft.

Im Standby-Mode ohne Last weisen die USV-Anlagen eine Leerlaufleistung auf, die für ein Gerät mit einer Nennleistung von 600 bis 1500 VA etwa 20 W beträgt (Messung an Anlage von Exide Electronics 25 W; Herstellerangabe IMV: 17 W).

8.1.3 Raumluftkonditionierung

Die in den Geräten entstehende Wärme muss abgeführt werden, wozu wiederum Strom benötigt wird. Dieser hängt von verschiedenen Faktoren ab:

- Wahl der Raumlufttemperatur
- Art des Systems (Vollklimatisierung, Lüftung, Kältemedium Wasser oder Luft, Free-Cooling-Möglichkeit usw.)
- Aussenlufttemperatur

Erhebungen in Rechenzentren zeigen, dass der Stromaufwand für die Kälteerzeugung und die Lüftung etwa gleich hoch ist wie für die EDV-Last. [ene 98].

Falls die Leistung der Anlage für die Raumluftkonditionierung im gleichen Verhältnis zurückgenommen wird, wie die Server-Leistung so kann die elektrische Leistungseinsparung der Server verdoppelt werden.

8.2 Nutzung der Server

Die Server bleiben dauernd eingeschaltet. Dies wird unterstützt durch die Hersteller, welche die Server mit dem Merkmal der hohen Sicherheit und der hohen Verfügbarkeit verkaufen: ein Einsatz über 24 Stunden mal 365 Tage im Jahr wird propagiert. Die Systemverantwortlichen in den Firmen haben zudem zum Teil Angst, dass ein laufendes System sich nach dem Ausschalten nicht mehr „hochfahren“ lässt. Die häufig gehörte Aussage „Never touch a running system“ verdeutlicht diese unterschwellige Angst.

² Doppelwandlungsbetrieb: Die Energie fließt im Normalbetriebszustand über den Gleich- und Wechselrichter zum Verbraucher.

³ Bypassbetrieb: Die Energie fließt im Normalbetriebszustand direkt über den statischen Bypass (ohne Gleich- und Wechselrichter) zum Verbraucher. Die Energieverluste sind in dieser Betriebsart am kleinsten, sofern die Komponenten wie Gleich- und Wechselrichter nicht dauernd eingeschaltet sind.

8.3 Bestand in typischen Klein- und Mittelunternehmen (KMU)

8.4 Server

Als KMU gelten Unternehmen mit weniger als 250 Mitarbeiter⁴. Wir gehen davon aus, dass die Kleinstunternehmen bis 3 Mitarbeiter keinen Server in Betrieb haben. Grosse Unternehmen sind international tätig und vernetzt und benötigen die Server wahrscheinlich rund um die Uhr. Als KMU und für diese Studie relevant werden daher Unternehmen definiert mit einer Anzahl Mitarbeiter von 4 bis 249. In der Schweiz gibt es in diesem Sektor 93'000 Unternehmen (30 Prozent aller Unternehmen in der Schweiz) und 117'800 Arbeitsstätten mit insgesamt 2'308'000 Beschäftigten (67 Prozent aller Beschäftigten in der Schweiz) [bfs 98].

Gemäss Kapitel 7.2 wird mit einem Bestand von 117'000 Servern in KMU-Unternehmen (4 bis 249 Beschäftigte) gerechnet.

8.4.1 USV-Anlage

Eine USV-Anlage wird sehr häufig eingesetzt [gru 00]:

- 68 % der Betriebe mit einem Server
- 89 % der Betriebe mit 2-4 Servern
- 98 % der Betriebe mit 5 oder mehr Servern

Wird die Betriebsstatistik des Bundesamtes für Statistik mit den oben genannten Zahlen multipliziert (Anhang 2), so sind in etwa 83'000 Betrieben USV-Anlagen installiert. In diesen Betrieben sind schätzungsweise 98'000 Server installiert, d. h. 83.8 % der Server werden mit einer USV-Anlage betrieben.

8.4.2 Raumluftkonditionierung

Der Raum, in dem sich der Server befindet wird häufig klimatisiert:

- 24 % der Betriebe mit einem Server
- 60 % der Betriebe mit 2-4 Servern
- 86 % der Betriebe mit 5 oder mehr Servern

Wird die Betriebsstatistik des Bundesamtes für Statistik mit den oben genannten Zahlen multipliziert (Anhang 3), so ist in etwa 35'000 Betrieben der Server-Raum klimatisiert. In diesen Betrieben sind schätzungsweise 65'000 Server installiert, d. h. 55.6 % der Server werden mit einer Klimaanlage betrieben.

⁴ 96/280/EG: Empfehlung der Kommission vom 3. April 1996 betreffend die Definition der kleinen und mittleren Unternehmen: „Die kleinen und mittleren Unternehmen werden definiert als Unternehmen, die weniger als 250 Personen beschäftigen“. Das Bundesamt für Statistik in Bern verwendet die gleiche Definition (mdl. Auskunft des Bfs)

8.5 Reduktion der Einschaltzeiten

Eine repräsentative Umfrage über den effektiven Bedarf von Netzwerk-Servern über Nacht und am Wochenende/Feiertage bei 400 Klein- und Mittelbetrieben (KMU) in der deutschen Schweiz ergab die folgenden Resultate [Gru 00]:

1. Die Mehrheit jener, die ein Netzwerk besitzen, lassen alle ihre Server in der Nacht (94%) und an den Wochenenden/Feiertagen (90%) laufen, obwohl in der Nacht rund ein Viertel und an den Wochenenden sogar beinahe die Hälfte aller eingeschalteten Geräte nichts tun.
2. Ungefähr 2/3 der Server, die in der Nacht Funktionen erfüllen und Prozesse ausführen, benötigen dafür weniger als drei Stunden.
3. Ein automatisches Aus- und Einschalt-System wird begrüsst: 57% der Befragten finden die Möglichkeit, dass ein Server automatisch zu einer bestimmten Zeit oder bei einem bestimmten Ereignis ein- oder ausgeschaltet wird, gut. Die 57 % der Befragten verfügen über etwa 54 % der Serverbestandes. 46% der Befragten sind es bei der Möglichkeit eines automatischen Ausschaltens des Servers bei Nicht-Gebrauch und der gleichzeitigen Möglichkeit eines Einschaltens vom Arbeitsplatz aus.
4. Die Gründe für eine ablehnende Haltung solcher Möglichkeiten gegenüber sind nur selten sachlich oder technisch bedingt, sondern liegen eher in Unsicherheiten, Gewohnheiten und früher geprägten Vorstellungen oder in Zweifeln an der technischen Machbarkeit.

Wir nehmen an, dass Server, welche ausserhalb der üblichen Arbeitszeiten keine Dienstleistungen erbringen müssen, abends um 20.00 Uhr ausgeschaltet und morgens um 6.00 wieder eingeschaltet werden können. An Wochenenden dauert der Unterbruch von Freitagabend 20.00 Uhr bis Montagmorgen um 6.00 Uhr. Von den 168 Wochenstunden ergibt dies Ruhezeiten von 108 Stunden (64 %). Diese Ruhezeiten können für etwa 40 % der Server angenommen werden (gemäss Umfrage [gru 00] laufen bei 44 % der Server keine Prozesse ab in der Nacht und an Wochenenden). 6 % der Server werden in der Nacht und an bereits Wochenenden ausgeschaltet. Die restlichen 50 % laufen und sind zeitweise beschäftigt mit Backup, Datenabgleich oder dem Empfangen von Emails.

Zeitdauer	Anteil Server in % während der Nacht	Anteil Server in % während dem Wochenende
< 1 h	17	38
> 1h und < 2 h	21	13
> 2h und < 3 h	19	13
> 3 h	32	26
keine Angaben	11	10
Total	100	100

Tab. 8-2 aktive Serverzeiten in der Nacht und an Wochenenden [gru 00]

Anteil Server in %	Ruhepause in h pro Woche in der Nacht	Bemerkungen
14	0	werden bereits abgestellt oder keine Angaben
31	25	5 Stunden pro Nacht aktiv
18	35	3 Stunden pro Nacht aktiv
20	40	2 Stunden pro Nacht aktiv
17	45	1 Stunde pro Nacht aktiv
100		

Tab. 8-3 Mögliche zusätzliche Ruhepausen der Server in der Nacht

Anteil Server in %	Ruhepause in h pro Woche am Wochenende	Bemerkungen
17	0	werden bereits abgestellt oder keine Angaben
24	53	5 Stunden pro Wochenende aktiv
12	55	3 Stunden pro Wochenende aktiv
12	56	2 Stunden pro Wochenende aktiv
35	57	1 Stunde pro Wochenende aktiv
100		

Tab. 8-4 Mögliche zusätzliche Ruhepausen der Server an Wochenenden

Werden die Anteile der Server mit den möglichen Ruhepausen gemäss Tabellen Tab. 8-3 und Tab. 8-4 multipliziert, so ergibt sich über alle Server ein Ruhepausenpotenzial von 76 Stunden pro Woche oder 3'936 Stunden pro Jahr (entspricht 45 % aller Jahresstunden).

8.6 Stromsparerpotenzial

8.6.1 technische Stromsparerpotenzial

Die technisch mögliche jährliche eingesparten Strommenge während den potentiellen Ruhepausen berechnet sich folgendermassen:

$$E = \sum s * n_i * p * h$$

s = Anzahl Server

i = Klassen: ohne USV, mit USV/ohne Klimaanlage, mit USV/mit Klimaanlage

n_i = Anteil der Server in Klasse i

p = durchschnittliche elektrische Leistung in kW (Server + Verluste USV + Klimaanlage)

h = potentielle Ausschaltzeit in Anzahl Stunden pro Jahr

Mit dieser Berechnungsformel wird angenommen, dass

- alle Server in klimatisierten Räumen auch mit einer USV-Anlage betrieben werden

- die Geräte nach dem Ausschalten keine elektrische Leistung mehr beziehen (Schein-Aus-Leistung)
- die elektrische Leistung der Klimaanlage im gleichen Verhältnis reduziert wird, wie die elektrische Leistung der EDV.

Das Stromsparerpotenzial wird mit obiger Formel und den folgenden Werten berechnet:

• Anzahl Server in KMU-Betrieben der Schweiz (Tab. 7-3)	117'000
• Anteil Server ohne USV- und ohne Klimaanlage (Kapitel 8.4.1)	16.2 %
• Anteil Server mit USV- und ohne Klimaanlage (Kapitel 8.4.1)	28.2 %
• Anteil Server mit USV- und mit Klimaanlage (Kapitel 8.4.2)	55.6 %
• Mittlere elektrische Leistung der Server (Kapitel 8.1.1)	115 W
• Elektrische Verluste durch die USV-Anlage (Kapitel 8.1.2)	10 %
• Elektrische Verluste durch die Klimaanlage (Kapitel 8.1.3)	100 %
• Potentielle Ausschaltdauer (Kapitel 8.5)	3'936 h/Jahr

Die Berechnung mit obigen Werten ergibt ein technisches Verbrauchsreduktionspotenzial von etwa **91 GWh/Jahr**.

Falls alle Server dauernd in Betrieb sind, benötigen alle 117'000 Server etwa **212 GWh/Jahr**. Dabei wird berücksichtigt, dass die Server im durchschnittlichen Tagesbetrieb durch Diskzugriffe und höherer Prozessorauslastung einen etwas höheren elektrischen Leistungsbedarf aufweisen. Gestützt auf unsere Messungen schätzen wir im Durchschnitt eine höhere Leistung von etwa 10 Prozent. Wird dieser höhere Leistungsbedarf während etwa der Hälfte der Zeit angenommen, so benötigen alle Server im Schnitt 5 Prozent mehr Leistung.

Das technische Einsparpotenzial beträgt somit etwa 43 Prozent des Stromverbrauchs für die Server im Fall des Dauerbetriebs.

8.6.2 effektive Stromsparerpotenzial

Das effektive Stromsparerpotenzial ist sicher kleiner als das technisch mögliche Stromsparerpotenzial, da nicht alle Serverbetreiber bereit sind, die Geräte abzuschalten. Gemäss Kapitel 8.5 begrüssen 57% der Serverbetreiber die Möglichkeit, dass ein Server automatisch zu einer bestimmten Zeit oder bei einem bestimmten Ereignis ein- oder ausgeschaltet wird. Die 57 % der Befragten verfügen über etwa 54 % der Serverbestandes.

Wenn der Server ausgeschaltet wird, so wird der elektrische Leistungsbedarf der Klimatisierung nur kleiner, falls die Anlage auch die Möglichkeit hat, auf die verminderte Wärmeleistung dynamisch zu reagieren. Ist der Serverraum nur ein kleiner Teil eines ganzen klimatisierten Baus, so kann wahrscheinlich nicht von einer substantiellen Leistungsverminderung ausgegangen werden. Am stärksten ist der Effekt natürlich, wenn eine kleine Anlage nur für den Serverraum zuständig ist und die Anlage während den Ruhepausen der Server auch ausgeschaltet wird.

9 Internationaler Vergleich

	Schweiz [Bfs 98]	EU [Eur 00]	USA [cen 97]
Bevölkerung [Mio.]	7.2 (2001)	380 (2001)	275 (2000)
Beschäftigte [Mio.]	3.5 (1998)	113 (1997)	87 (1992); 101 (1997)
Beschäftigte in KMU [Mio.]	2.9 (1998)	74 (1997)	41 (1992);
Anteil Beschäftigte in Kleinstunternehmen	10 % (1998) (2-3 Besch.) 16 % (1998) (4-9 Besch.)	24 % ⁵ (1997) (1-9 Besch.)	7 % (1992) (5-9 Besch.)
Anteil Beschäftigte in Unternehmen der Grössenklasse 10-249 Beschäftigte	50 % (1998)	32 % (1997)	35 % (1992)
Anteil Beschäftigte in Unternehmen der Grössenklasse 250+ Beschäftigte	15 % (1998)	34 % (1997)	53 % (1992)
Anzahl Unternehmen [Mio.]	0.32 (1998)	19 (1997)	5.8 (1992) 6.4 (1997)
Anzahl KMU [Mio.]	ca. 0.31 (1998)	ca. 19 (1997)	4.6 (1992)

Tab. 9-1 Vergleich verschiedener Unternehmens- und Beschäftigungsfaktoren zwischen der Schweiz, der EU und der USA

In einer ersten groben Abschätzung wird davon ausgegangen, dass die Unternehmens-, Beschäftigungs- und IT-Ausrüstungsstruktur in der Schweiz, der EU und der USA ähnlich ist und die Beschäftigte als Hochrechnungsmultiplikator zulässig ist. Mit dieser Rechnung ergibt sich der folgende Bestand:

Gebiet	Server alle Unternehmen [Mio.]	Server KMU [Mio.]
Schweiz	0.161	0.117 (73 %)
EU	5.2	2.5 (47 %)
USA	4.6	2 (42 %)

Tab. 9-2 Hochrechnungen der Serveranzahlen in der EU und den USA über die Beschäftigungszahlen

Gemäss einer amerikanischen Studie beträgt der Bestand an Servern im Preissegment „< \$100'000“ 4.6 Mio. Stück [rot 02]. Diese Zahl stimmt mit der oben gemachten Schätzung überein. Die genaue Übereinstimmung ist sicher zufällig, da beide Verfahren mit sehr

⁵ Es gibt auch eine Unternehmensgrössenklasse mit 0 Beschäftigten, daher ergibt die hier ausgewiesene Summe der Prozentzahlen für die EU nicht 100 %.

grossen Ungenauigkeiten operieren; die Grössenordnung wird aber stimmen. Die gleiche Studie gibt für den Dienstleistungssektor einen Bestand an Arbeitsplatzcomputern von 58.6 Mio. Stück an. Bei einem Bestand von 4.6 Mio. Server (die Autoren nehmen an, dass alle Server im Dienstleistungssektor eingesetzt werden) ergeben sich 14.5 Arbeitsplatzcomputer pro Server.

In Westeuropa wurden im ersten Quartal 2001 292'000 Server verkauft (Quelle: Gartner/Dataquest). Wird angenommen, dass der Verkauf im Jahr 2001 konstant geblieben ist, so ergibt sich eine Verkaufszahl von etwa 1.2 Mio. Stück. Diese Zahl ist um etwa 25 % kleiner als die Verkaufszahl in den USA [rot 02]. Analog würde demnach der Serverbestand in der EU etwa 3.5 Mio. Stück betragen.

Werden die Stromverbrauchszahlen der Schweiz über die geschätzte Anzahl Server (Tab. 7-1) auf die EU und die USA hochgerechnet ergeben sich folgende Zahlen:

Gebiet	Stromverbrauch Server in KMU's [TWh/a]	technisches Stromsparpotenzial Server in KMU's [TWh/a]
Schweiz	0.21	0.09
EU	4.5	2.0
USA	3.6	1.6

Tab. 9-3 Hochrechnungen des Stromverbrauchs und des Stromsparpotenzials in der EU und den USA über die den Serverbestand

10 Mögliche Massnahmen zur Beeinflussung des Stromverbrauchs der Server und der dazu gehörenden Infrastruktur

10.1 Mögliche Gründe, warum Potenzial nicht ausgeschöpft wird

Der Stromverbrauch der Server wird erst dann zu einem der wichtigsten Strombezüger in einem Netzwerk, wenn bei den Arbeitsplatzrechnern ein optimales Powermanagement betrieben wird, d. h. die Geräte bei Nichtbenutzung am Abend und am Wochenende ausgeschaltet werden und Bildschirme mit der stromsparenden LCD-Technologie eingesetzt werden. Mit der zunehmenden Marktdurchdringung der LCD-Bildschirme werden diese Bedingungen heute vielfach erfüllt.

Das in Kapitel 8.6 ausgewiesene Potenzial wird nicht ausgeschöpft, weil unter anderem (z. B. fehlende technische Vorraussetzungen) mehrere Hemmnisse bei verschiedenen Akteuren im „Produktkreis“ bestehen (Bild 10-1). Nachfolgend sind einige dieser Hemmnisse aufgeführt (Liste ist nicht vollständig, das heisst, wenn diese aufgeführten Hemmnisse beseitigt sind, wird das Potenzial nicht automatisch ausgeschöpft):

Produktentwicklung	Die Hardware-Komponenten inkl. Treiber und das BIOS sind nicht ACPI-kompatibel
Marketing	Die Server-Anbieter verkaufen Server mit der Botschaft: 7 x 24 Stunden in der Woche zur Verfügung

- Wahl der Konsumenten
- Es existiert kein Energie- oder Umweltlabel für Server
 - Der Stromverbrauch hat neben den anderen Entscheidungskriterien wie Verfügbarkeit, Sicherheit, Kosten/Nutzen-Verhältnis oder Vertrauensverhältnis zu Lieferanten nur eine untergeordnete Bedeutung
 - Entscheidungsträger (Geschäftsleitung in KMU, IT-Spezialisten in grösseren Unternehmen) kennen Zusammenhänge zwischen Verfügbarkeit/Sicherheit und Stromverbrauch nicht.
- Verbraucherverhalten
- Im Strompreis sind Externalitäten im Umweltbereich nicht integriert. Die Stromkosten betragen daher nur einen sehr kleinen Teil der Betriebskosten.
 - kennen Zusammenhänge zwischen Verfügbarkeit/Sicherheit und Stromverbrauch nicht

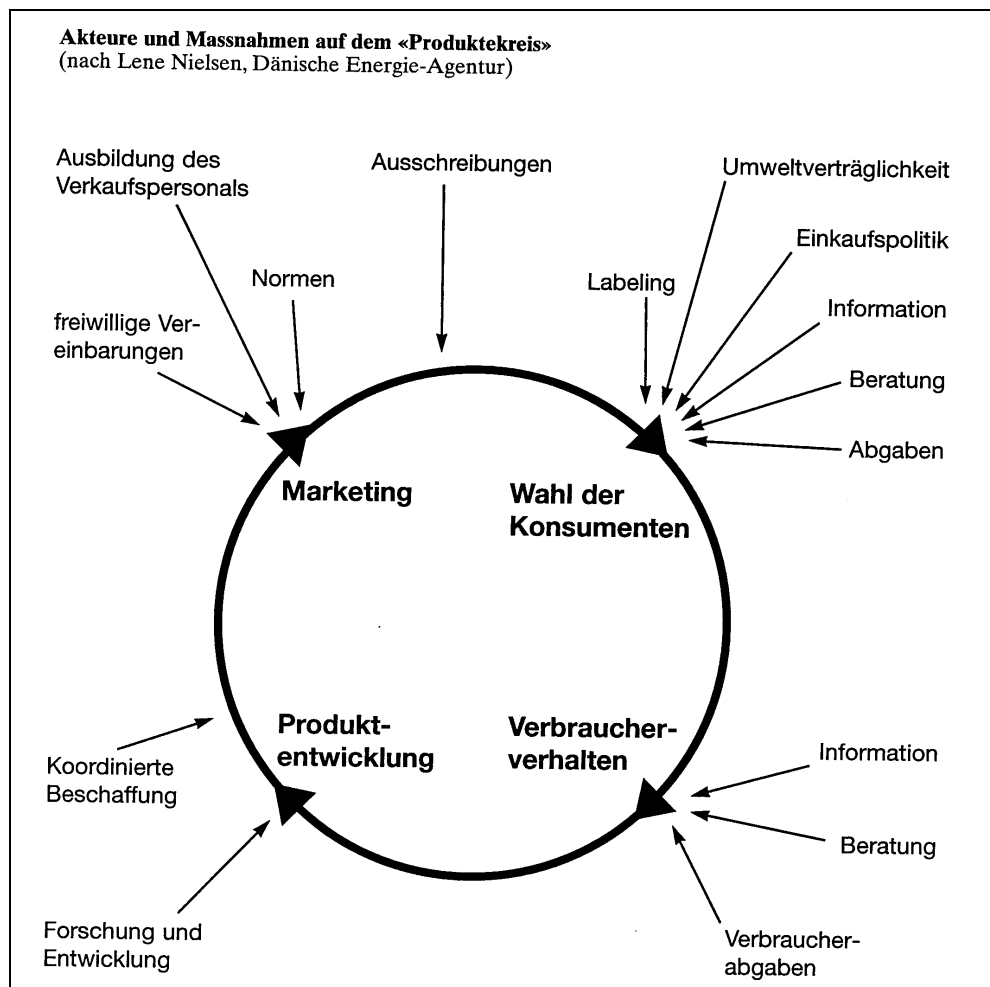


Bild 10-1 Akteure und Massnahmen auf dem Produktkreis (Quelle: [Aeb 94])

Die Nachfrage nach stromsparenden Technologien soll gefördert werden. Dabei kommen grundsätzlich folgende Aktivitäten in Frage:

- Information
- Normen/Labels

- koordinierte Beschaffung usw.

10.2 Unterstützung Markteinführung Ein-/Ausschaltsystem

Gemäss Umfrage bei den KMU-Betrieben in der Schweiz [Gru 00] begrüsst eine Mehrheit der befragten Personen ein automatisches Aus- und Einschalten der Server. Der Markt würde diese Funktion demnach aufnehmen, falls sie angeboten würden. Zur Zeit existiert aber kein diesbezügliches Angebot und es stellt sich die Frage nach den Gründen.

Die Hersteller integrieren diese Funktionen nicht im Server, weil die Server mit der Strategie „always on“ vermarktet werden.

Wahrscheinlich sind die zustimmenden Antworten bei der Umfrage dahingehend zu interpretieren, dass die Funktionen des Ein- und Ausschalten akzeptiert werden, falls diese im Server selber integriert sind. Ob die Funktionen auch dann akzeptiert werden, wenn zusätzliche Geräte oder Software-Pakete installiert werden müssen, ist nicht gesichert, denn jede zusätzliche Komponente erhöht den Betreuungsaufwand und beeinflusst die Systemverfügbarkeit.

Gute Verkaufsargumente für das Ausschalten sind:

- Erhöhung der Verfügbarkeit (stabiler Server durch häufigeres Booten)
- Möglichkeit des Starten (neu booten) eines Servers: In Deutschland bietet beispielsweise bereits ein Data Centre den Betrieb von Server mit einem Power-Management-Port an, d.h. die Steckdose ist über das Web-Interface schaltbar. Somit sind die Kunden in der Lage, Rechner selbst neu zu starten, falls eine Fernwartung nicht mehr möglich ist.
- geringere thermische Belastung der Hardwarekomponenten
- Vollständige Trennung vom Stromversorgungsnetz: Erhöhung der Informatik-Sicherheit (Zugriff von Drittpersonen, physikalische Einwirkungen) während beinahe 50 Prozent der Zeit
- Einsparung von über 50 Prozent des Stromverbrauches von Servern

Jeder Entwickler und Anbieter von externen Systemen, welche das Ein- und Ausschalten ermöglichen, weiss, dass wenn das System am Markt Erfolg hat, die Funktionalität in kurzer Zeit von den Herstellern im Server selber integriert wird. Die Markteinführung muss daher schnell erfolgen und die Geräteentwicklung in sehr kurzer Zeit abgeschrieben werden können.

Es gibt auf dem Markt bereits Steckdosenleisten mit integriertem Web-Server, das heisst die Steckdosen können über das Netz ein- bzw. ausgeschaltet werden (Beispiel eines Anbieters: Leunig GmbH in Deutschland, www.leunig.de). Diese Systeme bieten aber noch nicht die volle Funktionalität, welches ein automatisiertes Ein- und Ausschalten eines Servers zu Nichtbenutzungszeiten erfordert (Echtzeituhr mit programmierbarer Einschaltzeiten, Absetzen von Warnungen an Clients, Herunterfahren von Server vor dem Ausschalten usw.). Für die Bedürfnisse des Schaltens von Servern braucht es daher Zusatzentwicklungen. Das Bundesamt für Energie hat die Resultate der ausgeführten Pilotprojekt der Industrie vorgestellt und Kontakte aufgebaut mit möglichen Herstellern eines Zusatzsystems für das automatische Ein- und Ausschalten. Das Bundesamt für Energie sollte die Markteinführung aktiv unterstützen, damit das Risiko der Hersteller verkleinert wird.

Das Ausschalten mit einem externen Gerät ist notwendig, weil bisher im Server keine entsprechende Funktion integriert ist. Bei entsprechendem Erfolg dieser Zusatzgeräte wird auf die Serverhersteller ein Druck generiert, diese Funktion aufzunehmen und in das Gerät zu integrieren.

Falls das Produkt erfolgreich im Markt eingeführt und die Server von den Anwendern mit Hilfe dieses Produktes auch wirklich ausgeschaltet werden (zwischen Produkteinführung und erfolgreicher Nutzung können noch grosse Unterschiede bestehen), werden unter einer optimistischen Annahme zum Beispiel die Hälfte der Server in KMU-Betrieben ausserhalb der Nutzungszeit ausgeschaltet. Die eingesparte Strommenge pro Jahr wäre gemäss Kapitel 8.6 91 GWh pro Jahr multipliziert mit dem Faktor 0.5 (Annahme 50 % der Server), was einer Menge von etwa 45 GWh pro Jahr entsprechen würde.

10.3 Spezifikation Powermanagement in Ausschreibung

Die öffentliche Hand (Bund, Kantone und Gemeinden) könnte mit der Aufnahme des Powermanagements in den Ausschreibungen sehr schnell ein Nachfragedruck auf die Systemlieferanten nach Powermanagement in Servern erzeugen. Eine Spezifikation des Powermanagements könnte die folgenden Aspekte berücksichtigen:

- Integriertes Powermanagement: Erfüllung Standard „ACPI“ des ganzen Systems
- Bildschirme: LCD-Technologie
- Auslegung USV-Anlage auf den effektiven Bedarf
- usw.

Dazu müsste ein Mustertext erarbeitet werden.

10.4 Powermanagement in Server

In Personal Computer, welche die Spezifikation ACPI⁶ (ursprünglich lanciert von Intel, Microsoft und Toshiba) unterstützen, setzt ein integriertes Powermanagement das Gerät bei Nichtbenutzung automatisch in einen Ruhezustand. ACPI besteht aus mehreren Elementen (Bild 10-2), welche optimal aufeinander abgestimmt sein müssen. Das heisst die folgenden Komponenten müssen ACPI-tauglich sein:

- Treiber der Hardwarekomponenten
- BIOS-Software
- Hard- und Software des Motherboards
- Betriebssystemsoftware

⁶ Advanced Configuration and Power Management Interface

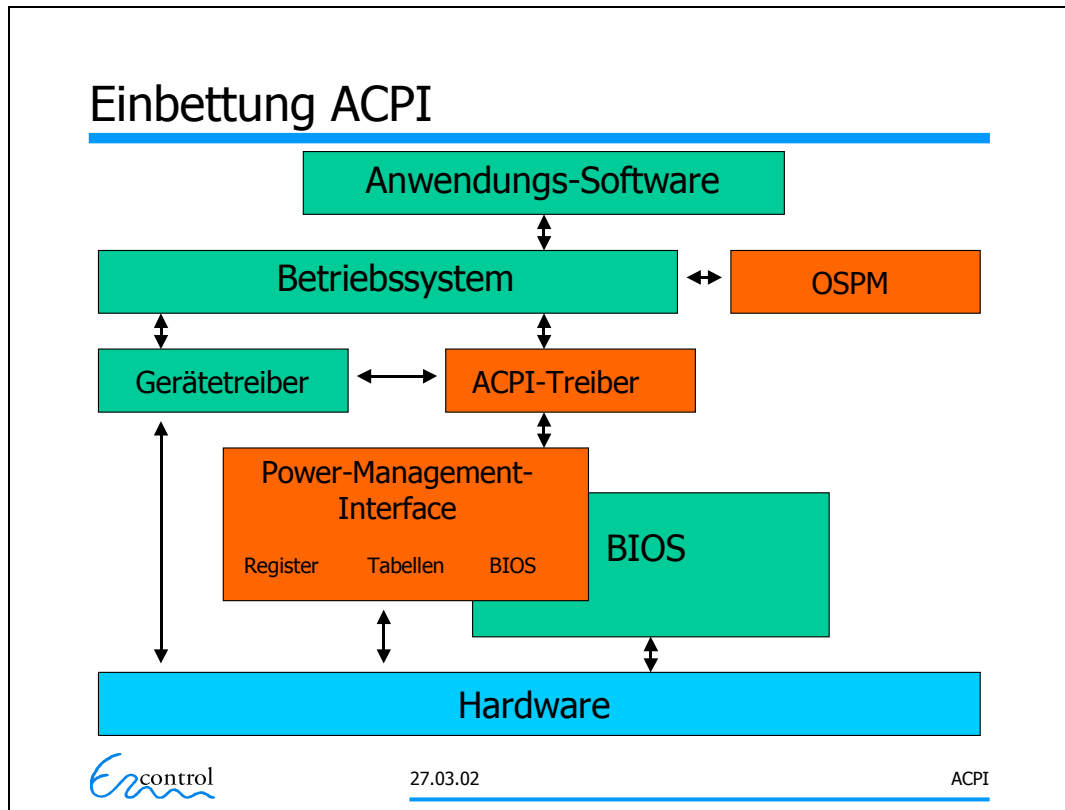


Bild 10-2 Wirkungsweise ACPI⁷

Im Serverbereich ist das ACPI im Windows-Betriebssystem (ab Windows 2000 Server) implementiert. Leider sind auf dem Markt praktisch noch keine Treiber von Hardwarekomponenten und keine BIOS-Software erhältlich, welche ACPI unterstützen. Das Wissen und die Technologien sind vorhanden, es fehlt aber am Willen und am Marktdruck, diese auch einzusetzen. In dieser Situation sollte die Nachfrage nach Powermanagement im Server vom Markt verstärkt werden. Dies könnte unterstützt werden mit Information und Argumentationshilfen für den Käufer. Die Server-Hersteller sind grundsätzlich daran interessiert, die Standby-Funktionen in Servern einzubauen [brü 02]. Die Industrie möchte gerne standardisierte Benchmarks, um auf dem Markt Verkaufsargumente zu haben und um Vergleiche zwischen Produkten zu ermöglichen [brü 02]. Dazu müssen Grundlagen erarbeitet werden:

- Typologie von Server, welche Marktsegmente (Low-end, Midrange, High-end, Mission Critical) und funktionale Kriterien (File-, Web-, Terminal-, Speicher-Server) berücksichtigt
- Beziehungen zwischen Funktionen und Komponenten (welche Komponenten werden wann benötigt für welche Funktionen)
- mögliche Bezugsgrößen und Belastungszyklen
- Messverfahren

Es wäre von Vorteil, diese Grundlagenarbeiten in einer Arbeitsgruppe mit internationaler Beteiligung von Forschern und Herstellern auszuführen.

⁷ OSPM: Operating System Direct Power Management

Falls die Hersteller in Zukunft Server mit voller ACPI-Funktionalität anbieten, muss auch sicher gestellt werden, dass die Anwender diese auch einsetzen. Dazu müsste eine Aufklärungs- und Motivationskampagne gestartet werden. Wenn diese erfolgreich ist und daher zum Beispiel die Hälfte der Server bei Nichtbenutzung in einen Standby-Zustand geht, welcher noch 20 Prozent der Leistung (eigene Schätzung) aufweist, so wäre die eingesparte Strommenge in der Schweiz (Falls kein Ein-/Ausschaltsystem im Markt eingeführt und angewendet wird wie in Kapitel 10.2 beschrieben):

80 Prozent des technischen Einsparpotenzials, wie in Kapitel 8.6 für das Ausschalten ausgewiesen, ergibt etwa 73 GWh/Jahr. Diese Strommenge muss für die Hälfte der Server mit dem Faktor 0.5 (Annahme 50 % der Server) multipliziert werden. Damit ergibt sich eine eingesparte Strommenge von etwa 36 GWh pro Jahr.

10.5 Lebensdauer und Verfügbarkeit von Servern

Die Reduktion der Stromkosten sind zwar beträchtlich, für die einzelnen Unternehmen aber im Vergleich zu den anderen Betriebskosten der IT-Systeme (Wartung und Unterhalt von Hard- und Software, Lizenzkosten usw.) aber vernachlässigbar. Heute sind die meisten Unternehmen auf eine möglichst 100 Prozent-Verfügbarkeit angewiesen. Ein Ausfall der IT-Systeme kostet sehr viel Geld. Daher können die Unternehmen viel eher über die Themen Verfügbarkeit, Ausfallwahrscheinlichkeiten und Lebensdauer von Systemen sensibilisiert werden. Der Stromkonsum, die Frage der Wärmebelastung der Komponenten, die Betriebsdauer, die Schalthäufigkeiten und die Ausfallwahrscheinlichkeit hängen unmittelbar zusammen. Die konkrete Frage lautet: Wird die Ausfallwahrscheinlichkeit eines Servers verringert und dessen Lebensdauer erhöht, wenn er in Ruhezeiten ausgeschaltet wird? Oder anders gefragt, wie stark wirkt sich aus, dass durch das Ausschalten Komponenten mit mechanischem Verschleiss (Lüfter) weniger lang laufen und elektronische Komponenten während den Ruhezeiten einer geringeren Wärmebelastung ausgesetzt sind. Diese Fragen sollten an einer Hochschule wissenschaftlich untersucht werden.

10.6 USV-Anlage: Labeldiskussion in EU unterstützen

Neben den Massnahmen direkt beim Server sollten auch die effiziente Nutzung bei der unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) und der Klimatisierung gefördert werden. Bei den USV-Anlagen sind, gefördert durch das Bundesamt für Energie, eine Qualitäts-Energie-Matrix, Messmethoden und ein Energielabel definiert worden [Mau 98]. Es sollte versucht werden, diese Erkenntnisse in die internationalen Energielabel-Diskussionen einzubringen.

10.7 Planungshilfe für die Kühlung von Server-Räumen

Bei der Kühlung der Server durch Lüftungs- und Klimaanlage beeinflussen die folgenden Massnahmen den Stromverbrauch positiv [aeb 02]:

- Nutzung von Free Cooling
- Erhöhung der Raumsolltemperatur auf 26 °C [eis 95]
- Erhöhung der Kaltwassertemperatur von 6 °C auf 11 – 13 °C
- Optimierung der Luftführung im Computerraum mit tiefen Luftgeschwindigkeiten (ca. 1.5 m/s)

Ein geeignetes Controlling-System (z.B. messen und beobachten eines Energieeffizienzfaktors [aeb 02]) soll helfen, den Betrieb der Anlagen zu optimieren. Diese Massnahmen sind noch nicht bei allen Planern verankert. Eine einfache Planungshilfe sollte dazu erstellt werden.

10.8 Zusammenfassung

Die folgende Tabelle fasst die vorgeschlagenen sieben Massnahmen zusammen:

Massnahme	Akteure/ Zielpublikum	primäres Ziel	Endziel	Kosten für Erreichung primäres Ziel [CHF]
Unterstützung Markteinführung Ein- /Ausschaltsystem	Hersteller Zusatzsystem, Entscheidungs- träger KMU	Markteinführung	50 % der Server in KMU bei Nichtbenutzung ausschalten (Einsparung in der Schweiz 45 GWh/a)	200'000.-
Spezifikation Powermanagement in Ausschreibung	Einkäufer	Muster- ausschreibung	Einkäufer verlangen in Ausschreibung Powermanagement	5'000.-
Powermanagement in Server: Grundlagen für Benchmarks erarbeiten	Forschungs- stelle, Entw. und Marketing Server-Hersteller	Grundlagen für Powermanagement für techn. Weiterentwicklung der Server	Hersteller bauen Server mit Standby- Funktionen (ACPI- Anforderungen) und vermarkten diese Funktionalität	140'000.-
Kommunikationskonzept für die Förderung des Einsatzes von ACPI in Server (Voraussetzung: ACPI-Funktionalität in Server standardmässig eingebaut)	Entscheidungs- träger KMU	Entscheidungsträger in KMU kennen Anwendung und Vorteile von ACPI in Servern	ACPI wird von Anwendern auch bei Server eingesetzt, d.h. Server gehen in Standby-Mode: (Falls Massnahme mit Ein- /Ausschaltsystem nicht umgesetzt: Einsparung in der Schweiz 36 GWh/a)	100'000.-
Lebensdauer und Verfügbarkeit von Servern	Forschungs- stelle, Entscheidungs- träger KMU	Bessere Kenntnisse über Verhalten der Lebensdauer und der Verfügbarkeit bei Server, wenn ausgeschaltet	Erhöhung der Ausschalt- Bereitschaft	100'000.-
USV-Anlagen: Labeldiskussion in EU unterstützen	EU-Behörden	EU entwickelt Vorarbeiten der Schweiz weiter	EU führt Label, Deklarationspflicht oder Vereinbarung mit Industrie für USV-Anlagen ein	75'000.-
Planungshilfe für die Kühlung von Server- Räumen	HLK-Planer	Planungshilfe als Faltblatt oder WEB- Dokument	Die Kühlsysteme werden energieoptimal ausgelegt und betrieben	40'000.-

Tab. 10-1 mögliche Massnahmen

11 Empfehlungen, weiteres Vorgehen

Wir empfehlen, diesen Bericht in einer englischen Version dem internationalen Publikum bekannt zu machen. Adressaten sind in erster Linie:

- Hersteller von Servern
- Hersteller von Serverkomponenten
- Hersteller von Software im Bereich BIOS und Betriebssystem (Windows, Unix, Linux Mac-OS)
- Hersteller von USV-Anlagen
- Herausgeber von Energie- und Umweltlabels
- staatliche und nichtstaatliche Energieagenturen
- IT-Verantwortliche von grösseren Unternehmen

Für die Entscheidungsträger der KMU-Betriebe (Geschäftsleitung) sollte eine einfach verständliche Kurzfassung erstellt werden.

Weiter empfehlen wir, die in Kapitel 10 vorgestellten Aktivitäten zu starten, mit dem Ziel, dass in Zukunft auch in Server ein Powermanagement eingesetzt wird. Damit werden Server bei Nichtbenutzungszeiten in der Nacht und am Wochenende in einen Ruhezustand mit tiefem Stromverbrauch gesetzt oder ganz ausgeschaltet.

Unter Berücksichtigung der kurzfristigen Erfolgschancen und des optimalen Aufwand-/Nutzenverhältnisses schlagen wir vor, in erster Priorität die folgenden Massnahmen umzusetzen:

- Unterstützung Markteinführung Ein-/Ausschaltsystem
- Spezifikation des Powermanagements in Ausschreibungen
- Kenntnisse verbessern über Lebensdauer und Verfügbarkeit von Servern
- USV-Anlagen: Labeldiskussion in EU unterstützen
- Planungshilfe für die Kühlung von Server-Räumen

Die öffentliche Hand (Bund, Kantone und Gemeinden) könnte mit der Aufnahme des Powermanagements in den Ausschreibungen sehr schnell ein Nachfragedruck auf die Systemlieferanten nach Powermanagement in Servern erzeugen. Dazu müsste ein Mustertext erarbeitet werden.

12 Literaturverzeichnis

- [aeb 94] Aebischer Bernard et al.: Market-Pull Report, ETH Zürich im Auftrag des Bundesamtes für Energie
- [aeb 02] Aebischer Bernard et al.: Energy- and Eco-Efficiency in Data Centres, CEPE, ETH Zurich, 2002
- [bec 01] Beck Fred, Energy smart data centres: applying energy efficient design and technology to the digital information sector, Renewable Energy Policy Project, Washington, 2001
- [bfs 98] Bundesamt für Statistik: Arbeitsstätten und Beschäftigte nach Beschäftigungsgrössenklassen und Branchen gemäss „Allgemeine Systematik der Wirtschaftszweige (NOGA)“, Bern 2001
- [brü 02] Roland Brüniger: Reisebericht der Konferenz „Impact of Information & Communication Technologies on the Energy System, IEA, 21-22 February 2002, Paris“
- [cen 97] U.S. Census Bureau: Economic Census, Comparative Statistics, 1997
- [eis 95] Eisenhut Hans et al.: Risikofreier Betrieb von klimatisierten EDV-Räumen bei 26° C Raumtemperatur, im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern, 1995
- [ene 98] Energieeffizienz in 15 Rechenzentren der Schweiz: ERFA-Gruppe von 5 Firmen, Zürich, 1998
- [eur 0] Eurostat: KMU-Statistiken, Europäische Gemeinschaft, Luxemburg, 2000
- [gru 00] Gubler Michael und Peters Matthias: Servernutzung in Klein- und Mittelbetrieben: Eine empirische Untersuchung zum effektiven Bedarf von Netzwerk-Servern in der Nacht und an Wochenenden/Feiertagen in Klein- und Mittelbetrieben in der Deutschschweiz; IPSO – ein Kompetenzzentrum der IHA-GfM im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern, September 2000
- [hus 99] Huser Alois: Schalten von Servern, Pilotanlage in einem KMU-Betrieb; im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Publikation 805.089.7d, Bern; November 1999
- [iha 02] IHA-GfK Hergiswil, mündliche Auskunft, Januar 2002
- [idc 00] Umfrage von International Data Corporation (IDC): www.idc.com
- [kun 97] Kunz M., Kistler M.: Energieverbrauch von Netzwerkkomponenten, Basler&Hofmann und Teleinform AG, im Auftrag des Bundesamtes für Energie, 1997
- [mau 99] Mauchle Peter, Gilbert Schnyder: Kenngrössen für die Wahl von USV-Anlagen, in VSE-Bulletin 17/99, Zürich 1999

- [mau 98] Mauchle Peter, Gilbert Schnyder: Parameteridentifikation und Messverfahren für USV-Anlagen, Schnyder Ingenieure AG im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern 1998
- [mit 01] Mitchell-Jackson, J.D: Energy needs in an internet economy: A closer look at data centres, University of California, Berkeley, 2001
- [rot 02] Roth, Kurt W. et al.: Energy Consumption by Office and Telecommunications Equipment in Commercial Buildings, Arthur D. Little, Inc, Cambridge, USA, 2002
- [sch 01] Schaltegger Björn, Meyer & Schaltegger AG: Machbarkeitsstudie Datenerhebung im Programm "Elektrizität" Verbrauchergruppen: Unterhaltungselektronik und Büro- und Kommunikationsgeräte, im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern, 2001
- [wei 02] Weiss Robert: IT-Marktreport Schweiz, 13. Auflage, Männedorf, 2002
- [wei 02a] Weiss Robert: persönliche Mitteilung, Männedorf, 2002

Anhang

1. Hochrechnung Anzahl Arbeitsstationen und Anzahl Server pro Branche und Betriebsgrösse

Beschäftigte pro Arbeits- stätte	VER- ARBEITENDES GEWERBE; INDUSTRIE	ENERGIE- UND WASSERVER- SORGUNG	BAU- GEWERBE	HANDEL; REPARATUR VON AUTOMOBILEN UND GEBRAUCHS- GÜTERN	GAST- GEWERBE	VERKEHR UND NACH- RICHTEN- ÜBERMITTL.	KREDIT- UND VERSICHER- UNGS- GEWERBE	ERRINGUNG VON DIENST- LEISTUNGEN FÜR UNTERN.	ÖFFENTLICHE VERWALTUNG; LANDESVER- TEIDIGUNG; SOZIALVER- SICHERUNG	UNTER- RICHTS- WESEN UND SOZIAL- WESEN	GESUND- HEITIS- UND WESEN	ERRINGUNG VON SONST. ÖFFENTL. UND PERSÖNL. DIENST- LEIST.
	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
AS/Beschäftigte	0.7	0.7	0.2	0.5	0.3	0.7	1	1	0.7	1	0.7	1
AS Kleinstfirmen (< 4 Besch.)	36'366	670	7'988	82'571	15'718	16'003	11'814	109'245	9'393	38'474	53'141	59'383
AS KMU (4 < Besch. < 250)	317'043	12'791	48'724	202'070	50'683	98'674	107'365	215'931	80'851	156'024	145'932	75'977
AS Grossbetriebe (> 250 B.)	136'867	3'828	2'067	14'491	1'319	50'095	68'031	16'890	6'485	14'672	59'597	6'324
AS Total	490'276	17'289	58'779	299'132	67'720	164'772	187'210	342'066	96'728	209'170	258'670	141'684
4-9	2'898	76	809	4'273	1'332	1'180	986	4'797	991	2'617	1'957	2'037
10-19	2'845	106	760	2'615	864	1'166	1'184	3'198	1'062	2'889	1'492	981
20-49	4'672	211	896	3'067	692	1'692	1'731	2'972	1'459	2'799	2'385	1'018
50-99	5'363	257	581	2'263	307	1'432	1'649	2'016	995	1'364	1'969	644
100-199	8'336	256	436	2'368	322	1'781	2'509	2'415	1'494	1'299	3'142	605
200-249	2'381	164	76	426	81	529	717	584	305	346	724	240
Summe KMU	26'496	1'071	3'558	15'013	3'598	7'780	8'777	15'981	6'305	11'314	11'668	5'525
Anteil Branche [%]	23	1	3	13	3	7	7	14	5	10	10	5
250-499	7'283	225	165	1'022	82	1'459	1'996	1'117	637	346	2'623	292
500-999	4'673	104	71	634	69	2'111	1'985	477	104	278	1'490	262
1000+	3'686	109	0	0	0	2'155	3'794	337	0	1'052	2'698	169
Summe Grossbetriebe	15'642	437	236	1'656	151	5'725	7'775	1'930	741	1'677	6'811	723
Summe alle Betriebe	42'137	1'508	3'794	16'669	3'749	13'505	16'552	17'911	7'047	12'991	18'479	6'247
Anteil Branche [%]	26	1	2	10	2	8	10	11	4	8	12	4

Vorgaben/Erklärungen

AS = Arbeitsstationen (PC) an Arbeitsplätzen

Anteil Firmen mit Server

Anzahl AS/Server bis 49 Beschäftigte

Anzahl AS/Server 100 bis 249 Besch.

7

2. Hochrechnung Anzahl Betriebe mit USV-Anlagen pro Branche und Betriebsgrösse

Beschäftigte pro Arbeits- stätte	VER- ARBEITENDES GEWERBE; INDUSTRIE	ENERGIE- UND WASSERVER- SORGUNG	BAU- GEWERBE	HANDEL; REPARATUR VON AUTOMOBILEN UND GEBRAUCHS- GÜTERN	GAST- GEWERBE	VERKEHR NACHRICHTEN- ÜBERMITTLUNG	UND KREDIT- UND VERSICHER- UNGS- GEWERBE	J	K	L	M	N	O
	D	E	F	G	H	I							
Ausrüstungsgrad USV													
4-9	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
10-19	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
20-49	0.89	0.89	0.68	0.68	0.68	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
50-99	0.98	0.98	0.89	0.89	0.89	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
100-199	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
100-249	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
Anzahl Betriebe mit USV													
4-9	6'051	156	6'360	11'861	5'938	2'332	1'414	6'521	1'789	1'880	2'401	2'543	49'247
10-19	2'653	105	2'687	3'136	1'754	976	777	1'678	899	1'062	666	534	16'927
20-49	2'577	121	1'488	1'612	661	856	673	915	764	627	730	349	11'371
50-99	1'216	60	462	569	147	313	243	266	218	135	282	80	3'990
100-199	664	21	140	240	59	138	129	119	119	51	164	32	1'876
200-249	118	8	15	26	9	23	25	20	15	8	25	7	296
Total	13'279	470	11'151	17'444	8'568	4'638	3'261	9'517	3'803	3'762	4'268	3'545	83'706
Anzahl Server mit USV													
4-9	1'971	52	550	2'905	906	802	670	3'262	674	1'779	1'331	1'385	16'287
10-19	1'935	72	517	1'778	587	793	805	2'174	722	1'965	1'014	667	13'030
20-49	4'158	188	610	2'086	471	1'505	1'541	2'645	1'299	2'492	2'122	906	20'022
50-99	5'255	252	517	2'014	274	1'403	1'616	1'976	975	1'337	1'929	631	18'179
100-199	8'169	251	427	2'321	316	1'746	2'459	2'366	1'464	1'273	3'079	593	24'465
200-249	2'334	161	74	418	79	519	703	572	299	339	710	236	6'442
Total	23'822	975	2'695	11'522	2'632	6'768	7'795	12'995	5'432	9'184	10'185	4'417	98'424

3. Hochrechnung Anzahl Betriebe mit Klima-Anlagen pro Branche und Betriebsgrösse

Beschäftigte pro Arbeits- stätte	VER- ARBEITENDES GEWERBE; INDUSTRIE	ENERGIE- UND WASSERVER- SORGUNG	BAU- GEWERBE	HANDEL; REPARATUR VON AUTOMOBILEN UND GEBRAUCHS- G	GAST- GEWERBE	VERKEHR NACHRICHTEN- ÜBERMITTLUNG	UND KREDIT- UND VERSICHER- UNGS- GEWERBE	J	K	L	M	N	O	Total
	D	E	F	G	H	I								
Ausrüstungsgrad Klimaanlage														
4-9	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
10-19	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
20-49	0.60	0.60	0.24	0.24	0.24	0.24	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
50-99	0.86	0.86	0.60	0.60	0.60	0.60	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
100-199	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
200-249	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
Anzahl Betriebe mit Klimaanlage														
4-9	2'136	55	2'245	4'186	2'096	823	499	2'302	631	663	847	897	17'381	
10-19	936	37	948	1'107	619	344	274	592	317	375	235	188	5'974	
20-49	1'737	82	525	569	233	577	454	617	515	422	492	235	6'458	
50-99	1'067	52	311	383	99	274	213	233	191	119	248	71	3'262	
100-199	583	18	123	211	52	121	114	104	104	45	144	28	1'646	
200-249	103	7	13	23	8	20	22	17	13	7	22	6	260	
Total	6'563	251	4'165	6'479	3'107	2'160	1'575	3'865	1'771	1'631	1'987	1'426	34'981	
Anzahl Server mit Klimaanlage														
4-9	696	18	194	1'025	320	283	237	1'151	238	628	470	489	5'748	
10-19	683	26	183	628	207	280	284	767	255	693	358	235	4'599	
20-49	2'803	127	215	736	166	1'015	1'039	1'783	876	1'680	1'431	611	12'481	
50-99	4'612	221	349	1'358	184	1'231	1'418	1'734	856	1'173	1'693	554	15'382	
100-199	7'169	220	375	2'036	277	1'532	2'158	2'077	1'285	1'117	2'702	520	21'469	
200-249	2'048	141	65	367	69	455	617	502	262	297	623	207	5'653	
Total	18'010	753	1'380	6'150	1'224	4'796	5'753	8'014	3'771	5'589	7'276	2'616	65'333	