

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 108 (1990)  
**Heft:** 50

**Artikel:** Computer als Stromverbraucher  
**Autor:** Spreng, Daniel / Aebischer, Bernard  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-77585>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 15.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Computer als Stromverbraucher

**Rascher Anstieg der Zahl der im Einsatz stehenden Computer auf der einen Seite, Einführung immer sparsamerer Geräte auf der anderen - vor dem Hintergrund dieser beiden gegenläufigen Tendenzen geht der Beitrag der Frage nach dem derzeitigen und künftigen gesamten Stromverbrauch der Computer nach. Erste Schätzungen zeigen, dass heute in der Schweiz der Strombedarf der Computer bei etwa 2,5%, derjenige aller elektronischer Geräte bei 4% des gesamten Strombedarfs liegen und in Zukunft noch merklich ansteigen dürfte.**

Über den Stromverbrauch der Computer ist bis heute, ausserhalb der Gilde der Computer-Hardware-Spezialisten,

VON DANIEL SPRENG UND  
BERNARD AEBISCHER,  
ZÜRICH

noch nicht sehr viel bekannt. Dies ist sowohl vom energiewirtschaftlichen Standpunkt aus als auch aus der Sicht der Betreiber von grösseren Computeranlagen ein bedauerlicher Mangel.

Es sei im folgenden lediglich über drei kleinere Arbeiten berichtet, die kürzlich in der Forschungsgruppe Energieanalysen an der Abteilung IIIB der ETH durchgeführt wurden [1-4]. Die erste Arbeit hatte u.a. zum Ziel, ein Lastflussdiagramm für ein grosses Rechenzentrum zu erstellen; die zweite sollte den Personal Computer als elektrischen Apparat darstellen und auch seine energiewirtschaftliche Bedeutung abschätzen. In der Diplomarbeit von Künzler werden ansatzweise einige Möglichkeiten diskutiert, wie die Verluste bei der Transformation, bei der Übertragung und bei der Absicherung der Energieversorgung einer Grossrechneranlage durch Änderungen in der Auslegung und im Betrieb der Anlage reduziert werden können. Zusammen dürften die drei Arbeiten einen ersten Einblick in das Thema gewähren.

Die Einflüsse, die die Computer auf den Energieverbrauch haben, sind mannigfaltig. Der im folgenden beschriebene Strombedarf, den die Anlagen selbst haben, ist nur eine der Wechselwirkungen. Computer können beispielsweise auch zum Energiesparen eingesetzt werden oder als Steuereinheit für Anlagen, die ohne den Computer gar nicht möglich wären. Aus volkswirtschaftlicher Sicht trägt der Computer allgemein zum Wirtschaftswachstum und auch zur Veränderung der Energieproduktivität der Investitionsgüter bei. In dieses umfassendere Problem wurde in einer früheren Arbeit [5] der Einstieg gewagt, es steht bei der vorliegenden Arbeit aber nicht im Vordergrund.

## Leistungsflussdiagramme

Das Leistungsflussdiagramm (vgl. Bild 1) stellt den Strombedarf eines grossen Rechenzentrums (RZ) dar. Das RZ setzt sich aus sechs Grossrechneranlagen und zwei weiteren Rechenanlagen zusammen. Der zweite Teil des obigen Flussdiagramms, ab «Umformungsverluste», wurde an einer der sechs Grossrechneranlagen abgeschätzt. Die untersuchte Rechenanlage besteht aus vier Grossrechnern, mehreren Reihen von Plattenspeichern, Bandstationen, Kommunikationsmodulen und weiteren, kleineren Rechnerkomponenten. Das Diagramm von Bild 2 zeigt den Strombedarf eines Personal Computers (PC). Der Stromverbrauch von Computern kann sehr verschieden sein. Die Leistung, die das untersuchte RZ erfordert, beträgt rund um die Uhr etwa 4 MW; der PC benötigt, wenn er eingeschaltet ist, etwa 100 W. Rechenzentren wie das der Grossbank, dem das Bild 1 zugrunde liegt, gibt es nur einige wenige in der Schweiz, PC's hingegen soll es demnächst schon eine Million geben.

Die im Bild 1 dargestellten Leistungen beziehen sich alle auf Strom bei 220 V und 50 Hz, wobei der Strom, der den Grossrechnern zufliesst sowie einigen andern ausgewählten Verbrauchern, unterbrechungsfrei und spannungsstabilisiert ist. Interessant ist, dass der Verbrauch für die Infrastruktur grösser ist als der Verbrauch der Rechner. Die im Bild 1 wiedergegebenen Zahlen beziehen sich zudem auf einen Stichtag im Winter, im Jahresdurchschnitt dürfte die für die Kältemaschinen erforderliche Leistung rund ein Drittel grösser sein, was den Anteil des Stroms, den die Rechner direkt (Zentraleinheit, Speicher, Kommunikation) benötigen, im Jahresmittel unter 25% verringert. Mit andern Worten, jedes Watt Leistung der Rechner verursacht einen Leistungsbezug aus dem öffentlichen Netz von 4 Watt, und eine Reduktion des elektrischen Leistungsbezugs der Rechner bringt eine um einen Faktor 4 grössere Leistungseinsparung im öffentli-

chen Netz. Die Angaben von Bild 1 haben vorläufigen Charakter, sie sind nicht alle das Resultat von direkten Messungen, sondern beruhen z.T. auf Abschätzungen (z.B. Abzug einer Sicherheitsmarge bei Werksangaben) und Umrechnungen (z.B. von einer Kälteleistung auf eine für deren Produktion notwendige elektrische Leistung).

Grossrechner werden meist nicht mit einer Frequenz von 50 Hz versorgt, sondern mit 400 Hz. Letztere Frequenz ist eine militärische Norm aus Amerika. Aus 400 Hz lässt sich mit relativ kleinem apparativem Aufwand und relativ wenig Verlust Gleichstrom produzieren: Die Netzgeräte der einzelnen Rechnerkomponenten müssen daher nicht allzu gross und schwer gebaut sein, um den für die Elektronik erforderlichen rippelfreien, spannungsstabilen und störungsfreien Gleichstrom zu erzeugen. Diese Umformung von 50 Hz auf 400 Hz in der Energiezentrale des RZ und die Gleichrichtung in den Netzgeräten der verschiedenen Rechnerkomponenten erfordern fast ebensoviel Leistung wie die Rechner selbst. Die Energie, die in Form von Gleichstrom schliesslich für die Zentraleinheit, die Plattenspeicher und die Kommunikationsmodule gebraucht wird, beträgt noch rund ein Viertel der Energie, die das RZ aus dem öffentlichen Netz bezog.

Der Bedarf der Kommunikation, Speicher und Zentraleinheit ist eine Funktion der für das RZ gewählten Konfiguration, die ihrerseits stark von der Aufgabe des Rechenzentrums abhängt. Rechenzentren für wissenschaftliche Berechnungen werden hier ganz anderen Bedürfnissen genügen müssen und einen relativ grösseren Bedarf an Rechenleistung aufweisen als kommerzielle Rechenzentren. Ob die Aufteilung zwischen den drei Funktionen, wie im Bild 1 dargestellt, typisch für kommerzielle Rechenzentren ist, sei dahingestellt. Jedenfalls brauchen in diesem Beispiel Speicher und Zentraleinheit etwa gleichviel Elektrizität, Kommunikation etwas weniger.

In Bild 2 ist der typische Leistungsbedarf eines PC dargestellt. Es handelt sich um den Bedarf an Leistung aus der Steckdose (220 V, 50 Hz). Zudem enthält die Figur einige Angaben über die Spannweite der Werte bzw. über typische Werte bei einigen genauer definierten Komponenten. Beim Drucker ist zudem berücksichtigt, dass dieser nicht unbedingt immer läuft, wenn der PC eingeschaltet ist, oder dass mehrere

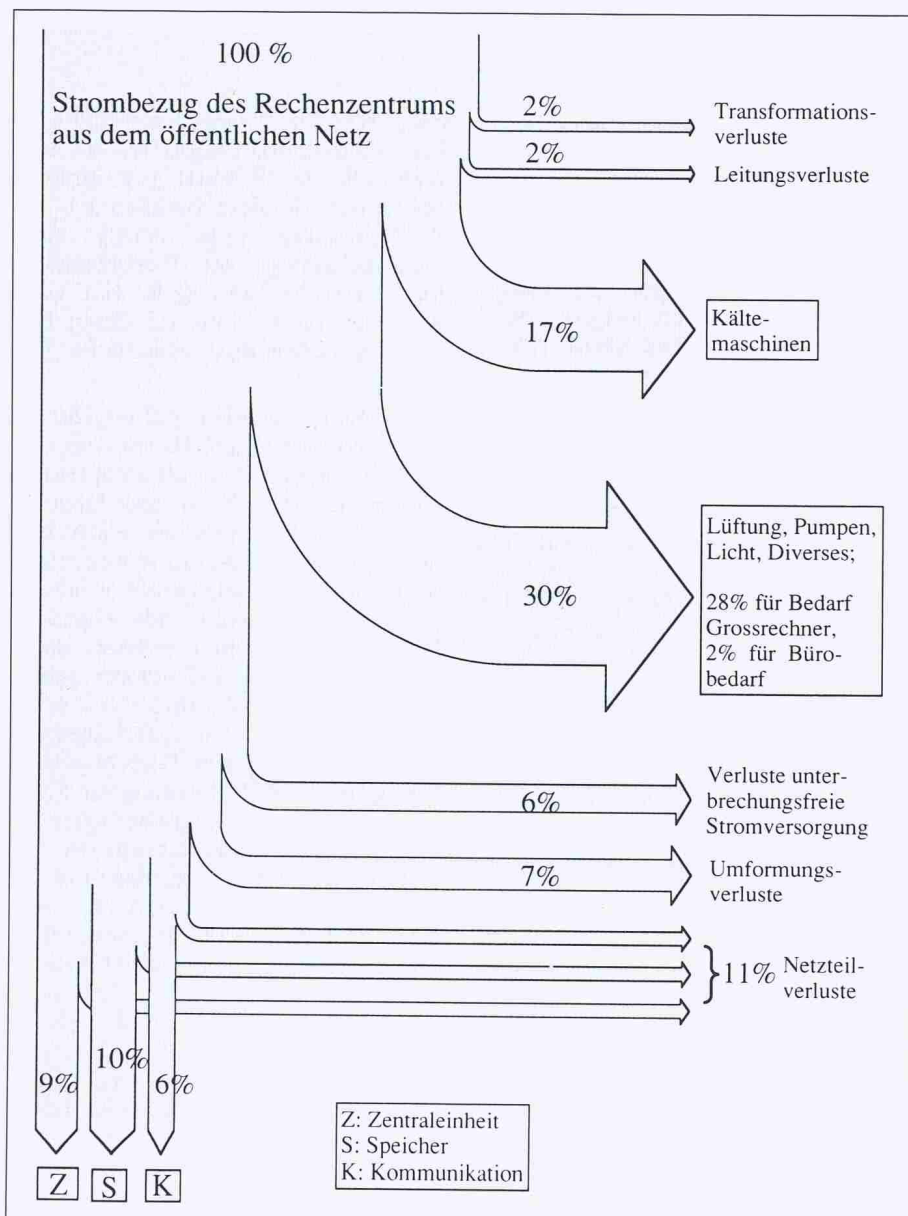


Bild 1. Leistungsflussdiagramm eines grossen Rechenzentrums (gemessene Werte wurden um 14 Uhr am 30.1. 1989 aufgenommen, aus [2]). Total: 3,9 MW

Computertyp	Anzahl	Durchschn. Leistung [kW]	Durchschn. Einschaltzeit [Std./Tag]	Jährlicher Strombedarf [GWh]
PC	900 000	0,125	3	120
Kleinstsysteme	12 200	2	6	50
Kleinsysteme	18 100	5	6	190
Mittlere Systeme	2 600	10	17	160
Grosscomputer	660	100	24	600
Total				1120

Tabelle 1. Elektrizitätsbedarf für Computer in der Schweiz 1988

PC einen Drucker gemeinsam benutzen. Auch hier benötigt die Zentraleinheit nur einen Teil der Leistung. Bei der Peripherie ist der Leistungsbedarf stark von den Komfortansprüchen des Benutzers abhängig, es kommt sehr darauf an, wie gross der Bildschirm ist, ob er farbig oder nur monochrom ist, ob man sich mit einem Nadeldrucker begnügt oder ob man jede Notiz mit

einem Laserdrucker druckt. Bild 2 ist die Zusammenfassung einer Messreihe, die in [3] genauer beschrieben wird.

### Hochrechnung

In Tabelle 1 wird eine Hochrechnung zur Ermittlung des jährlichen Elektrizitätsbedarfs für Computer in der Schweiz 1988

tätsbedarfs für Computer in der Schweiz gewagt. Der ausgewiesene Elektrizitätsbedarf schliesst nur den Bedarf der Computer, inkl. Peripherie und Netze, ein. Der zusätzliche Bedarf für die Infrastruktur, d.h. die Klimaanlage, die Beleuchtung usw., ist nicht eingeschlossen.

Es ist eine Frage der Abgrenzungsmöglichkeit. In einem grossen Rechenzentrum kann durchaus argumentiert werden, dass die ganze Infrastruktur wegen den Rechnern da ist. In typischen Bürogebäuden, wo in irgendeinem Raum auch noch der Computer steht, ist jedoch schwer abzuschätzen, wieviel von der Klimatisierung dem Computer zuzurechnen ist. Vielleicht wäre ohne Computer überhaupt keine Klimaanlage installiert worden, vielleicht ist der Computer ein Vorwand für den ganzjährigen Betrieb der Klimaanlage, oder das Gebäude ist so gebaut, dass eine Klimaanlage ohnehin nötig ist, und der Computer bedeutet bloss eine zusätzliche Wärmequelle.

Würde die Klimatisierung in der Hochrechnung von Tabelle 1 mitgerechnet, käme man auf eine Zahl, die vielleicht insgesamt um 50% grösser wäre. Es würde sich dann aber auch die Frage stellen, ob für die entstehende Wärme nicht eine Gutschrift berechnet werden müsste. Auch ohne eigens installierte Abwärmenutzung trägt der Computer im Winter oft dazu bei, den Heizbedarf zu reduzieren. Es ist deshalb wohl besser, für die Hochrechnung die gewählte Abgrenzung beizubehalten.

Das Total von 1120 GWh entspricht 2,5% des schweizerischen Stromverbrauchs. Computer werden oft mit weiteren elektronischen Geräten zusammen als eine Gruppe in der Liste der sogenannten Energiedienstleistungen betrachtet. Zum Verbrauch der Computer kommen dann noch etwa 530 GWh für die Unterhaltungselektronik und 150 GWh für das Telefon und weitere elektronische Dienstleistungen wie Überwachungssysteme usw. [3]. Dabei nicht eingeschlossen ist der gesamte Bereich der industriellen Elektronik. Diese elektronischen Systeme helfen bloss mit, eine andere Energiedienstleistung, wie z.B. mechanische Arbeit, Wärme oder Kälte, zu liefern.

Insgesamt dürften elektronische Geräte jährlich also etwa 1800 GWh konsumieren. Dies entspricht 4% des gesamten Stromverbrauchs. In Tabelle 2 wird dieser Anteil mit geschätzten Anteilen von andern Energiedienstleistungen, welche durch den Einsatz der Elektrizität erbracht werden, verglichen.

Die Werte der Tabelle 1 sind mit beträchtlicher Unsicherheit behaftet. So

wohl die Schätzung der durchschnittlichen Leistungen als auch der durchschnittlichen Einschaltzeiten dürfen nur als grobe Richtwerte betrachtet werden. Einige Erläuterungen dazu finden sich im Kasten «Elektrizitätsbedarf für Computer».

Interessant an Tabelle 1 ist der Umstand, dass die grosse Anzahl der PC, dank kleiner Leistung und im Durchschnitt kurzen Einschaltzeiten, nicht zu einem besonders grossen Elektrizitätsbedarf führt. Der Betrieb der paar hundert Grossrechner, die in einer noch viel kleineren Anzahl Rechenzentren untergebracht sind, hat insgesamt einen wesentlich grösseren Strombedarf zur Folge als der Betrieb von fast einer Million PC.

In älteren Untersuchungen ist der Elektrizitätsbedarf für die Gesamtheit der Computer jeweils wesentlich tiefer geschätzt worden. Dies ist ganz einfach das Resultat des Umstandes, dass dieser Verbrauch in den letzten Jahren gewaltig zugenommen hat.

### Künftige Entwicklungen

Die künftige Entwicklung des Energieverbrauchs für die Rechner wird sowohl durch technische als auch durch wirtschaftliche Faktoren bestimmt. Welche Rolle die stete technische Entwicklung in Richtung Wirkungsgradverbesserung spielt, lässt sich sehr schön anhand der PC illustrieren. Die rasante Entwicklung in der Halbleitertechnik führt dazu, dass für dieselbe Informationsverarbeitung bei jedem neuen Modell, das auf den Markt kommt, immer weniger Strom erforderlich ist. Dabei geht es nicht um Prozente, sondern um Faktoren.

Ein logisches «NAND»-Gatter z.B. (NAND = «not and», steht für die Kombination der logischen Funktionen UND und NICHT), das mit der alten TTL-Technik (Transistor-Transistor-Logik) gebaut ist, zieht bei drei von vier Schaltzuständen ständig 1,25 mA, beim vierten Schaltzustand noch mehr. Würde ein Rechner, der Tausende von diesen Gattern enthält, noch heute mit dieser Technik gebaut, würde dies zu einem erheblichen Leistungsbedarf führen.

Heute wird die schnelle, aber energieverschwenderische TTL-Technik i.a. nur noch für Übermittlungsfunktionen inner- und ausserhalb von Zentraleinheiten eingesetzt. Zudem gibt es im Rahmen dieser Technik, welche ganze Familien von Halbleiter-Bausteinen umfasst, grosse Verbesserungen (Veränderungen des Aufbaus, Miniaturisie-

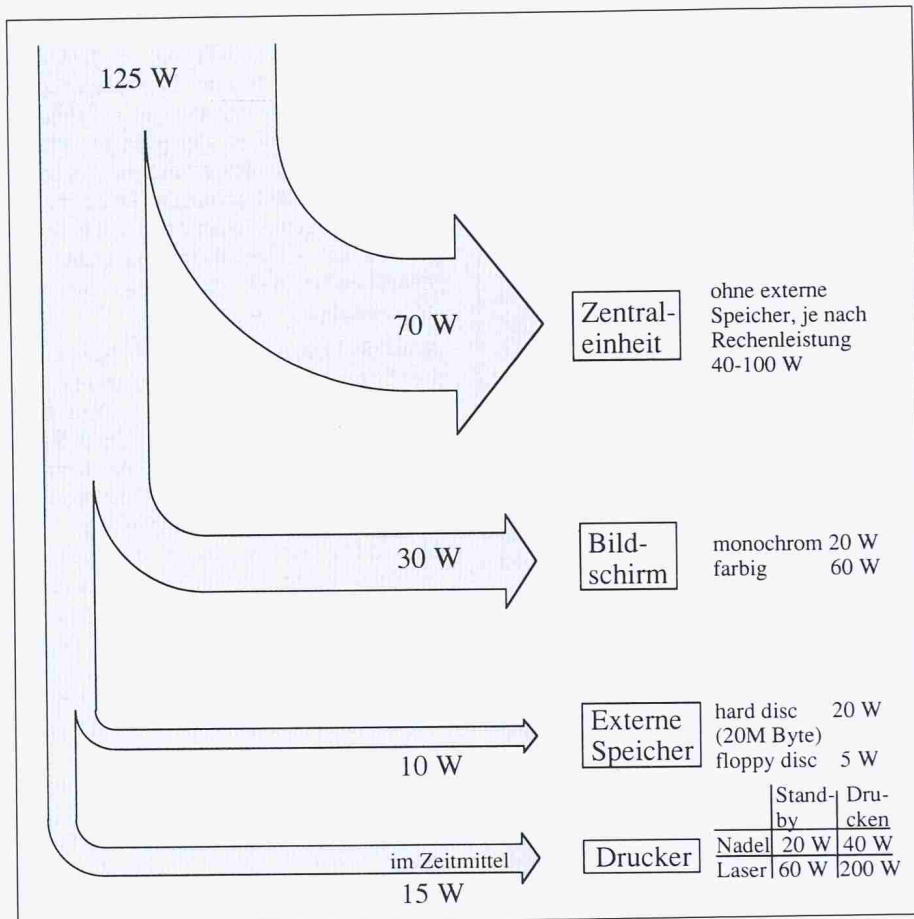


Bild 2. Typischer Leistungsbedarf eines Personal Computers, inklusive Peripherie. Total: 125 W

Energiedienstleistungen (Aufstellung nach IEA, Oak Ridge, TN, USA)	Geschätzter Anteil am gesamten Elektrizitätsbedarf der Schweiz, in %
Mechanischer Antrieb	20%
Maschinen aller Art, Pumpen, Gebläse usw.	11%
Beleuchtung	
Warmwasser	10%
inkl. Warmwasser für Wäsche	
Raumwärme	8%
Klimatisierung	
von Räumen, insb. Ventilation	8%
Kochen	8%
Prozesswärme	
Widerstands-, Induktionsheizung usw.	8%
Personen- und Gütertransport	7%
Trocknen	4%
Kühlen/Gefrieren von Waren	4%
Elektroprozesse	4%
Elektronische Geräte	4%
Sonstige elektrische Apparate	
insbes. in Haushaltungen	2%
Mobile Geräte und Fahrzeuge für	
innerbetriebliche Transporte inkl. Lifte	2%

Tabelle 2. Elektrizitätsbedarf für die verschiedenen Energiedienstleistungen

rung, Systemintegration usw.), die sich auch sehr stark auf den Energieverbrauch auswirken.

Für die Verarbeitung von Daten wird die TTL-Technik jedoch durch andere Techniken, vor allem die MOS-Techniken (metaloxide semiconductor) abgelöst. Eine Variante dieser Technik, die

CMOS-Technik (complimentary metaloxide semiconductor), braucht besonders wenig Energie. Bei dieser Technik fliesst nämlich nur dann Strom, wenn ein Schaltzustand sich verändert. Die derzeitige allmähliche Verdrängung der bisher angewandten Techniken, insbesondere NMOS (n-channel metal-

Branchengruppe	Anteil Beschäftigte	Bildschirm pro Beschäftigtem
Verwaltung	3%	71%
Öffentl. Stellen	14%	19%
Banken	3%	101%
Versicherungen	2%	70%
Grosshandel	5%	47%
Einzelhandel	9%	9%
Andere Dienstl.	14%	13%
Beratung	5%	67%
Baugewerbe	10%	5%
Metallindustrie	13%	23%
Übrige Industrie	21%	12%
Total	100%	24%

Tabelle 3. Aufteilung der Beschäftigten in der Schweiz auf 11 Branchengruppen und Verhältnis von Anzahl Bildschirme zu Anzahl Beschäftigte in diesen Branchen

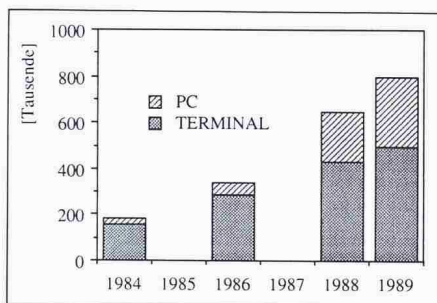


Bild 3. Entwicklung von 1984 bis 1989 der Anzahl Bildschirme in der Schweizer Wirtschaft, aus [7]

oxide semiconductor), durch CMOS führt zu massiven Einsparungen [6].

Die Entwicklung der Halbleitertechnik wirkt sich insbesondere auf die Zentraleinheit aus. Neuere Zentraleinheiten brauchen alle zwei Jahre nur noch etwa halb soviel Energie oder haben die doppelte Informationsverarbeitungskapazität.

Bei der PC-Peripherie sind es meist nicht elektronische Komponenten, die den Energiebedarf verursachen. Es ist die Kathodenstrahlröhre des Bildschirms mit Glühkathode und Weneltzylinder, welcher der Beschleunigung und Fokussierung des Elektronenstrahls dient. Bei Farbbildschirmen braucht es drei Elektronenstrahlen mit dreifachem Energieverbrauch. Im Aufschlagdrucker sind es die energiebetriebenen Komponenten, Magnete und kleine Elektromotoren; und im sogenannten Laserdrucker, der wesentlich mehr Energie braucht, ist es vor allem auch eine Heizung zum Anschmelzen des Farbpulvers. Bei diesen ausgereiften Techniken halten sich die Wirkungsgradverbesserungen von Jahr zu Jahr im üblichen Rahmen, d.h. sie betragen einige wenige Prozente.

Es zeigt sich nun, dass die Konsumenten mit fortschreitender Technik bei der Zentraleinheit in den allermeisten

Fällen die höhere Informationsverarbeitungskapazität wählen, so dass sich der durchschnittliche Leistungsbedarf der gekauften Modelle nur langsam verringert. Bei der Peripherie werden grössere, wenn immer möglich farbige Bildschirme und schönere Drucker gewählt und demnächst wohl auch farbige Drucker. Dies führt dazu, dass der Strombedarf der Peripherie pro PC stark wächst.

Ähnlich liegen die Dinge in bezug auf die Entwicklung des Stromverbrauchs grösserer Rechner. Die stürmische Entwicklung in der Halbleitertechnik kann auch hier zu Einsparungen führen, wenn das verbesserte Verhältnis von Informationsverarbeitungskapazität zu der dafür notwendigen elektrischen Leistung nicht einfach zur Vergrösserung der Informationsverarbeitungskapazität verwendet wird. Ebenso ist bei den grösseren Rechnern auch ein Trend zu mehr Benutzerfreundlichkeit festzustellen, der den erhöhten Komfortansprüchen bei der PC-Peripherie entspricht. Sowohl die rapid zunehmende Vernetzung der Systeme als auch die sogenannten benutzerfreundlichen Oberflächen führen zu erhöhtem Energieverbrauch. Benutzerfreundliche Software, in ferner Zukunft bis hin zur Spracherkennung, ist oft mit einem erheblichen Rechenaufwand verbunden.

Der wachsende Stromverbrauch pro Gerät ist natürlich noch mit der rapid wachsenden Anzahl Geräte zu multiplizieren. Jährliche Zuwachsraten (Neu- und Ersatzgeräte in Geldeinheiten) lagen bei der EDV in den letzten Jahren zwischen 10% und 20%.

Wohl sind die Zuwachsraten bei den grösseren Rechnern (definiert als Preisklasse) kleiner als bei den kleineren, billigeren Rechnern. Dies dürfte aber mindestens z.T. ein Resultat der Verbildigung der Rechner sein. Marktdaten, bei welchen die Computer in Klassen gleicher Leistung eingeteilt sind, gibt es in der Schweiz nicht.

Betrachtet man die langfristige Entwicklung, kann man die Frage stellen, ob für die Computer, wie für einige andere Geräte, von einer allmählichen Sättigung des Marktes ausgegangen werden kann. Eine einfache Antwort gibt es nicht. Einerseits ist es sehr wahrscheinlich, dass die Zukunft sehr viele neuartige Dienstleistungen bringen wird, die von Computern respektive elektronischen Geräten erbracht werden; andererseits ist es für die einigermaßen absehbare Entwicklung nicht unvernünftig, die Anzahl Computer mit der Anzahl Beschäftigten in Relation zu setzen.

Die Tabelle 3 zeigt das sehr unterschiedliche Verhältnis zwischen der

Anzahl Bildschirme (PC und Terminals) [7] und der Anzahl Beschäftigte in verschiedenen Branchengruppen der Wirtschaft. Im Durchschnitt gibt es somit heute einen Bildschirm auf vier Beschäftigte. Im Bankensektor findet sich die höchste Verbreitung mit heute schon ebensovielen Bildschirmen wie Beschäftigte. Die Entwicklung der Anzahl Bildschirmarbeitsplätze seit 1984 in der Schweiz, aufgeteilt nach PC und nach Terminal, ist im Bild 3 graphisch dargestellt [7].

All dies macht eine Prognose des Stromverbrauchs der Computer sehr schwierig. Mittelfristig ist aber mit einem jährlichen Wachstum von mindestens 10% zu rechnen. Mit zunehmendem Anteil des Stroms für Computer am Gesamtstromverbrauch dürfte für direkt ans Netz angeschlossene Geräte u.a. auch das sehr schlechte Verhältnis der Wirkleistung zur Scheinleistung das Augenmerk der Elektrizitätswirtschaft verdienen.

### Energiesparmöglichkeiten

Dem Energieverbrauch kommt bei der Anwendung der Computer allgemein eine sehr geringe Bedeutung zu. Die wenigsten Anwender werden sich bei der Anschaffung neuer Geräte um den zu erwartenden Energieverbrauch kümmern. Angaben über den Stromverbrauch werden lediglich für die Bereitstellung der notwendigen elektrischen Leistung und der notwendigen Kühlleistung benötigt. Ein Kriterium für den Kauf dieses oder jenes Gerätes ist der Energieverbrauch selbstverständlich nicht.

Nun, ist dies wirklich so selbstverständlich? Es scheint sich in letzter Zeit ein zunehmendes Interesse der Anwender am Stromverbrauch ihrer Computer zu regen. Dies einerseits, weil die Stromrechnung grösserer Rechenzentren oft nicht vernachlässigbare Werte erreicht (jährlich oft mehrere Millionen Franken) und andererseits, weil weite Kreise der Bevölkerung, u.a. auch ökologisch interessierte Leute, mit Computern in Kontakt kommen. Ganz wesentlich wird die Frage nach dem Energieverbrauch, respektive der Wärmeabgabe, von Arbeitsplatzrechnern (inkl. Peripherie) bei der Planung von Büro- und Verwaltungsgebäuden. Dieser Fragenkomplex wird gegenwärtig unter anderem im Rahmen der SIA-380/4-Kommission untersucht.

Beim Kauf von Geräten ist es ähnlich wie bei einem Auto. Wer sich für einen Cadillac entschliesst, wird im Gebrauch einen erhöhten Energieverbrauch haben. Rechner, die besonders

## Literatur

- [1] Spreng D., «Computer als Stromverbraucher», Bulletin SEV/VSE 80 (1989) 20, 21. Oktober 1989. Der vorliegende Beitrag ist eine leicht abgeänderte und erweiterte Version dieses früher erschienenen Artikels von einem der Verfasser.
- [2] Künzler B., «Elektrizitätsverbrauch und EDV-Einsatz in einer Grossbank», Semesterarbeit WS 88/89, Institut für Elektrische Energieübertragung und Hochspannungstechnik, ETH Zürich.
- [3] Spreng D., «Personal Computer und ihr Stromverbrauch», Forschungsbericht Nr. 1/1989, Auftrag der Kommission für Rationelle Elektrizitätsanwendung, INFEL, Postfach, 8023 Zürich.
- [4] Künzler B., «Stromsparmassnahmen in einem grossen Rechenzentrum», Diplomarbeit 1989/90, Institut für Elektrische Energieübertragung und Hochspannungstechnik, ETH Zürich.
- [5] Spreng D. und Hediger W., «Energiebedarf der Informationsgesellschaft», Verlag der Fachvereine, Zürich, 1987.
- [6] Norford L., Rabl A., Harris J., Roturier J., «Electronic Office Equipment: The Impact of Market Trends and Technology on End-Use Demand for Electricity», in «Electricity», T.B. Johansson et al. Eds., Lund University Press, 1989.
- [7] Lüthi A., Julmi R., Schaller T., «Informatik-Einsatz in Schweizer Betrieben 1989», Institut für Automation und Operations Research, Universität Freiburg, Imprimerie St-Canisius, 1989.
- [8] Proebster W.E., «Peripherie von Informationssystemen», Springer, 1987.
- [9] «Informatique décentralisée et performances énergétiques: quelques technologies utilisables à grande échelle», Beitrag von J. Roturier, Universität Bordeaux I, am Seminar MUSE HT 90, Sophia Antipolis, 12./13. Juni 1990.

schnell sind und besonders grosse Datenspeicher haben, benötigen im Gebrauch, ob diese Eigenschaften ausgenutzt werden oder nicht, mehr Strom als kleinere Geräte. Besonders ausgeprägt ist im PC-Bereich der Mehrbedarf, der sich beim Gebrauch grosser und farbiger Bildschirme sowie beim Gebrauch von Laserdruckern ergibt. Letztere werden oft auch, mit einem zusätzlichen PC als Server, rund um die Uhr betrieben.

Wenn man also in bezug auf Speicherkapazität, Rechengeschwindigkeit, Bildschirmgrösse und Druckqualität überlegt einkauft, spart man nicht nur Geld, sondern man wird i.a. anschliessend im Gebrauch auch Strom sparen. Beim Bildschirm sind zudem Flüssig-

kristall-Anzeigen besonders sparsam (sie brauchen 10 000mal weniger Strom als die üblichen Kathodenstrahlröhren) [8]. Für bessere Lesbarkeit sind diese LCD (Liquid Cristal Display) neuerdings oft hinterleuchtet, brauchen aber auch dann noch wesentlich weniger Strom als konventionelle Bildschirme [6].

Die sogenannten Laptop-PC sind mit solchen LCD ausgerüstet. Diese Bildschirme haben den zusätzlichen Vorteil, dass sie flach sind. Einige Laptops sollen auch weitgehenden Gebrauch der CMOS-Technik ermöglichen [8]. Ein Überblick über Energiesparmöglichkeiten wird für die PC und für die übrigen elektronischen Bürogeräte in einer kürzlich publizierten Studie, mehrheitlich amerikanischen Ursprungs, gegeben [6].

Kapazitätsauslastung ist auch ein Problem bei grösseren Systemen. Legt man sich einen Rechner zu, der nur zu einem kleinen Teil ausgelastet ist, so läuft man Gefahr, sich damit für die gesamte Lebensdauer der Anlage auch eine überdimensionierte Stromrechnung eingehandelt zu haben.

Die Gefahr kann durch einen sinnvollen Betrieb der Systeme teilweise gebannt werden. Es kommt ja nicht nur auf die elektrische Leistung an, mit der die Systeme betrieben werden, sondern auch auf die Einschaltzeiten der Anlagen und Anlagenkomponenten. Schnelle Rechner, die während einer kurzen Einschaltzeit voll genutzt werden, können energetisch sehr wohl sinnvoll sein. Ebenso kann ein komfortabler, schneller Drucker, der von vielen Benutzern gemeinsam genutzt wird, zu einem kleineren Energieverbrauch führen als eine Vielzahl langsamer Drucker.

Ein sanftes Energiemanagement hat seine Berechtigung sowohl in der Phase der Auslegung der Systeme als auch im Betrieb. Zuverlässige Energieverbrauchsangaben, aber auch Toleranzangaben für Spannungscharakteristiken, Temperatur und Luftfeuchtigkeit seitens der Hersteller wären für eine energiebewusste Auslegung von Systemen wichtig. Bei Druckern wären z.B. Angaben über Verbrauch pro Kopie für typische, allenfalls sogar standardisierte Anwendungsfälle hilfreich.

Im Betrieb ist das manuelle Ausschalten zweifelsohne eine wirksame Methode. In Zukunft wird wohl aber vermehrt und zuverlässiger ein Energiemanagement-Software-Paket dafür sorgen, dass jeweils nur diejenigen Anlagen und Anlagenkomponenten in Betrieb stehen, die wirklich benötigt werden. Diese Software schaltet Anlageteile automatisch auf Standby, nachdem die Anlageteile eine gewisse Zeit nicht

## Elektrizitätsbedarf für Computer

Der Elektrizitätsbedarf für Computer in der Schweiz ist in Tabelle 1 für fünf Computertypen durch das Produkt der folgenden drei Grössen abgeschätzt:

- Anzahl Computer,
- durchschnittliche Leistung,
- durchschnittliche Einschaltzeit.

Die Computertypen entsprechen den Preisklassen in Referenz [7]. Die Anzahl der PC sind der Studie [3], die Anzahl der andern Computertypen der Studie [7] entnommen. Die durchschnittliche Leistung versteht sich als vom öffentlichen Netz bezogene Leistung während der Benutzungszeit und schliesst Peripherie und Kommunikationsnetze ein, nicht jedoch die benötigte «Infrastruktur» wie Lüftung/Klima, Licht u.ä. Die in Tabelle 1 angegebenen Werte sind speziell für die grösseren Systeme nur als Abschätzung der Grössenordnung anzusehen; bei vergleichbarer Rechenleistung kann sie für eine gegebene Preisklasse leicht um einen Faktor 3 verschieden sein.

Die durchschnittliche Einschaltzeit der PC wird wegen den vielen privaten Geräten, die zum Teil nie oder sehr selten benutzt werden, nur auf wenige Stunden pro Tag geschätzt. Bei den Kleinst- und Kleinsystemen kann man von einer «normalen» Benutzungszeit ausgehen, die etwas über der Büroarbeitszeit liegt; die in der Tabelle 1 angegebenen Werte sind etwas tiefer, einerseits um die Betriebsferien und andererseits die nicht (ständig) benutzten Geräte zu berücksichtigen. Die mittleren Systeme bleiben generell rund um die Uhr eingeschaltet. Einige sind jedoch nicht das ganze Jahr im Betrieb oder werden nur als Standby-Systeme benutzt, was zu einer verminderten durchschnittlichen Einschaltzeit führt.

im Einsatz standen. Als Beispiele seien erwähnt die automatische Standby-Schaltung, die im PC-Modell Compaq SLT286 installiert ist, sowie der weit komplexere «power manager» im Macintosh Portable [9]. Die vermehrte Anwendung solcher Systeme würde dazu beitragen, die im Einsatz stehende Kapazität der Rechenanlagen den Bedürfnissen besser anzupassen.

Energiesparmöglichkeiten im Bereich der Computer sind für die einzelnen Betreiber sehr gross. Es kann aber nicht damit gerechnet werden, dass die in Zukunft realisierten Einsparungen in diesem noch völlig ungesättigten Markt auf volkswirtschaftlicher Ebene deutlich in Erscheinung treten werden.

Adresse der Verfasser: PD Dr. Daniel Spreng und Dr. Bernard Aebischer, Forschungsgruppe Energieanalysen, Institut für Elektrische Energieübertragung und Hochspannungstechnik, ETH-Zentrum, 8092 Zürich.