Energieeinsparungen durch bedarfsgerechten Betrieb von Computern : Denzler-Preis 1992

Autor(en): **Lendenmann, Heinz / Kaeslin, Hubert**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **83 (1992)**

Heft 23

PDF erstellt am: **29.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-902901

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Energieeinsparungen durch bedarfsgerechten Betrieb von Computern

Denzler-Preis 1992

Heinz Lendenmann und Hubert Kaeslin

Um unnötigen Leistungsverbrauch von Computern im Stand-by-Betrieb einzusparen, wurde eine kombinierte Hardware/Software-Vorrichtung entwickelt, welche Arbeitsplatzrechner je nach Bedarf automatisch ausschaltet. Durch die Verwendung dieser Vorrichtung an etwa 30 Sun Workstations in einem Unterrichtsraum der ETH Zürich konnte eine Energieeinsparung von 57% erzielt werden. Dieses Projekt hat 1992 den vom SEV verliehenen Denzler-Preis gewonnen.

Un dispositif capable d'enclencher et de déclencher des ordinateurs de type workstation suivant leur utilisation a été développé. La solution proposée, combinant du matériel et du logiciel, permet d'économiser de l'énergie électrique nécessaire au fonctionnement des ordinateurs et sur la climatisation. L'installation de ce dispositif dans une salle d'instruction équipée d'environ 30 workstations Sun à l'EPFZ a permis de réduire la consommation en énergie de 57%. Le prix Denzler de l'ASE a d'ailleurs été attribué à ce projet.

Adresse der Autoren

Heinz Lendenmann und Dr. *Hubert Kaeslin*, Institut für Integrierte Systeme, ETH Zentrum, Gloriastrasse 35, 8092 Zürich.

Motivation und Konzept

Heutzutage sind die meisten modernen Arbeitsplätze in Büro und Industrie mit Computern und Peripheriegeräten wie Druckern, Modems und Terminals ausgerüstet. Zwar weisen diese Geräte nur mässige Anschlussleistungen auf; da sie aber erfahrungsgemäss in Arbeitspausen und während der Nacht vielfach eingeschaltet bleiben, ergibt sich aus dem andauernden Stand-by-Betrieb dennoch ein unnötig hoher Energieverbrauch. Ein grosses Sparpotential an elektrischer Energie liegt somit im bedarfsgerechten Ein- und Ausschalten solcher Verbraucher. Dies gilt in besonderem Masse bei vorhandener Raumklimatisierung, da das Abführen dieser Abwärme zusätzliche Energieaufwendungen nach sich zieht. Damit eine derartige Massnahme aber vom Benützer akzeptiert wird, darf das Ein- und Ausschalten die Benützung seiner Workstation in keiner Weise erschweren oder komplizieren. Um sicherzustellen, dass die vorhandenen Sparmöglichkeiten stets konsequent ausgeschöpft werden, drängt sich eine vollautomatische Arbeitsweise auf.

Obwohl eine Einrichtung zum gezielt energiesparenden Betrieb von Arbeitsplatzrechnern breite Anwendungsmöglichkeiten hätte, konnte kein entsprechendes kommerzielles Produkt gefunden werden. Am Institut für Integrierte Systeme an der ETH Zürich wurde daher beschlossen, selbst ein solches System zu entwickeln, dessen Wirksamkeit zu untersuchen und gegebenenfalls eine Energieeinsparung nachzuweisen.

Die Grundidee besteht darin, Computer, Bildschirme und angeschlossene Peripheriegeräte bei längerer Nichtbenutzung automatisch auszuschalten. Dazu wird die Netzzuleitung des Verbrauchers durch ein Relais vom Netz getrennt, wenn ein Hintergrundprogramm auf dem überwachten Rechner für längere Zeit keine Aktivität feststellt. Diejenigen Arbeitsplatzrechner, deren Hauptschalter das Gerät zwar stillegt (Stand-by), die interne Stromversorgung aber eingeschaltet lässt, werden dadurch vollständig ausgeschaltet. Das Einschalten erfolgt von Hand mittels einer Drucktaste. Signale der seriellen Schnittstelle, welche nicht für das Schalten der Relais bestimmt sind, werden an allfällig angeschlossene Peripheriegeräte weitergeleitet, so dass die serielle Schnittstelle ungestört für den normalen Gebrauch zur Verfügung steht.

Entstehungsgeschichte

Am Institut für Integrierte Systeme an der ETH Zürich sind gegenwärtig etwa 70 Sun Workstations in Betrieb. Rund die Hälfte davon wird ausschliesslich für den Unterricht eingesetzt, während die restlichen Arbeitsplatzrechner für die Forschungsarbeiten des Institutes benötigt werden. Viele dieser Stationen, insbesondere die von Studenten benützten, werden in der Praxis kaum je ausgeschaltet, auch nicht während der Nacht oder während des Wochenendes. Da alle Studentenmaschinen in einem einzigen Raum zusammengefasst sind, führt dieser Dauerbetrieb wegen der Abwärme der Geräte zu einer unerträglichen Raumtemperatur. Der unter den Benützern für den Raum gebräuchliche Scherzname «Solarium» kam so ganz spontan zu einer doppelten Bedeutung und wurde zeitweise in «Sauna» umbenannt. Verschiedene Versuche, das Ausschalten der Computer und der Bildschirme durch ad-

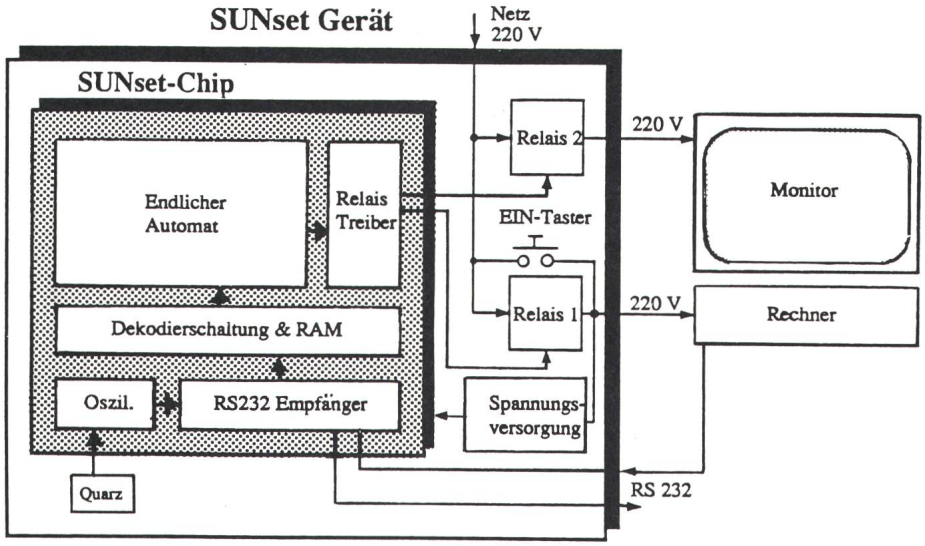


Bild 1 Blockschema des Sunset-Gerätes

ministrative Massnahmen zu fördern, schlugen fehl.

Eine erste grobe Schätzung ergab, dass Betriebszeit und Energiebedarf durch konsequentes Ausschalten von Computer und Bildschirm in den unbenutzten Zeiten um etwa 60% reduziert werden könnte. Bei einer durchschnittlichen Anschlussleistung von 145 W (Sparc 1+) oder gar 210 W (Sparc 1+ mit zwei Monitoren) entspricht das weit über 100 kWh pro Tag für das ganze Institut, ohne Berücksichtigung der weiteren Einsparungen bei der Klimatisierung.

Die Realisierung der eingangs beschriebenen Grundidee (siehe Bild 1) erfolgte gemäss den spezifischen Wünschen und Möglichkeiten am Institut für Integrierte Systeme und stellt damit sicher nicht die einzige Lösungsmöglichkeit dar. Im einzelnen bedeutet dies, dass die Software auf die Gegebenheiten des Multiuser-Betriebssystems Unix und der Konfiguration der Sun Workstations abgestimmt ist. Dieser Umstand hat denn auch zum Namen «Sunset» für das System geführt. Das Kernstück der Hardware dieses Geräts bildet ein Asic (Application Specific Integrated Circuit), da das Entwickeln solcher ICs zum Unterrichtsprogramm des Instituts gehört. Der Entwurf dieses Asic wurde denn auch von zwei Studenten im Rahmen einer Semesterarbeit ausgeführt, wozu moderne CAD-Werkzeuge, wie sie routinemässig in Unterricht und Forschung eingesetzt werden, benützt wurden. Das Ziel bestand darin, sämtliche Aufgaben der Schnittstellenbeobachtung mittels einer einzigen digitalen integrierten Schaltung zu lösen. Dazu gehören insbesondere das Empfangen, Dekodieren und Weiterleiten der Schnittstellensignale sowie die Ansteuerung der Solid State-Relais.

Nach erfolgter Fabrikation der Siliziumchips ist ein Prototyp des Gerätes aufgebaut und mehrere Monate lang an einer Workstation erprobt worden. Daraufhin wurden mehrere Geräte hergestellt und mit Erfolg an allen Studentenarbeitsplätzen eingesetzt.

Technische Lösung

Funktionsweise

Die Funktionsweise des Systems muss sehr einfach sein. Insbesondere darf der Benützer durch das zusätzliche Gerät neben seiner Station und dessen Aktivitäten nicht verwirrt werden. Die Arbeit an seiner Station muss genauso erfolgen wie ohne angeschlossenen Sunset. Auch muss das Gerät seine Aufgabe ohne aktiven Eingriff des Benützers durchführen können. Ein Abweichen von diesen Grundsätzen käme der ursprünglichen Situation gleich, wo wegen mangelnder Disziplin die Stationen nur vereinzelt abgeschaltet wurden.

Die Funktionsweise des Gerätes wird anhand einer typischen Arbeitssession beschrieben. Der Benützer setzt sich an die ausgeschaltete Maschine. Neben der Konsole oder neben der Tastatur befindet sich der Sunset, welcher als einziges Bedienungselement eine mit *EIN* beschriftete Drucktaste aufweist (Bild 2). Beim Betätigen speist diese Taste die Spannungsversorgung und die Logik des Sunset. Dies aktiviert augenblicklich das Halbleiterrelais für das Halten der Speisung des Sunset sowie die Netzspannungsversorgung des angeschlossenen Rechners. Der Computer schaltet ein. Während dieses Einschaltvorgangs wird unter vielem anderem auch der Sunset-Dämon, das Hintergrundprogramm zur automatischen Ausschaltung, gestartet; dieses überwacht fortan die Aktivität der Station. Nach dem Selbsthalteprinzip bleibt dies nun der Zustand während der Arbeit am Rechner. Von der Existenz des Überwachungsprogramms merkt der Benützer nichts. Stellt dieses Program aber eine längere Inaktivität der Station fest, so sendet es über die serielle Schnittstelle (RS 232) eine spezielle Zeichensequenz. Der angeschlossene Sunset detektiert diese und schaltet das Halbleiterrelais aus, welches die Stromzufuhr sowohl zum Computer als auch zum Sunset selbst unterbricht. Soll das Gerät ausnahmsweise explizit ausgeschaltet werden, erfolgt das mittels einer Befehlsanweisung, die ebenfalls die entsprechende Zeichensequenz an der Schnittstelle auslöst. Die Speisung des Sunset über das von ihm gesteuerte Relais gewährleistet, dass es nicht selber als versteckter Stand-by-Verbraucher unnötig Energie konsumiert.

Das Sunset-Gerät kann bis zu vier geschaltete Netzausgänge enthalten. Damit können auf gleiche Art weitere Geräte unabhängig vom ersten geschaltet werden.

Software

Die notwendige Software für die Überwachung der Station und das Erzeugen der Zeichensequenzen ist ausgesprochen einfach und kurz (je nach Ausschaltkriterien kleiner als 1 kByte). Die vorliegende Implementation ist in *Perl* realisiert, einer einfachen interpretierten Programmier-

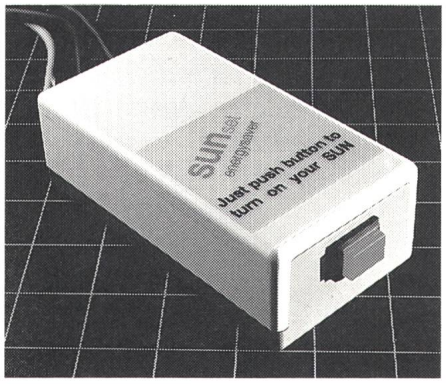


Bild 2 Komplettes Sunset-Gerät

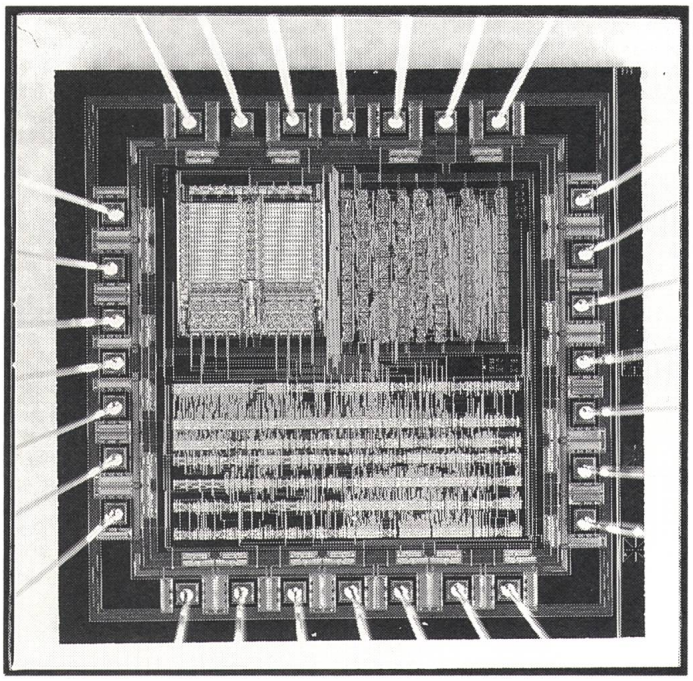


Bild 3
Sunset-Asic
Dieser Chip wurde in einer ETH-Semesterarbeit speziell für diese Anwendung entwickelt

sprache, welche sich unter Unix besonders für Systemaufgaben eignet. Die Ausschaltsequenz wird in unserem Falle nach einer aktivitätslosen Zeitspanne von 20 Minuten gesandt. Keine Aktivität bedeutet, dass weder jemand auf der Station eingeloggt ist (sei dies direkt oder «remote»), noch dass ein Benützerprogramm im Hintergrund läuft. Das Unix Systemkommando «uptime» liefert die zur Entscheidung notwendigen Parameter, welche das Perl-Programm alle zwei Minuten überprüft und entscheidet, ob abgeschaltet werden soll oder nicht. Für das zuverlässige Funktionieren sind allerdings zusätzlich einige Ausnahmesituationen zu berücksichtigen. Dazu gehört zum Beispiel das Detektieren von «hängenden» Prozessen, die entstehen können, wenn Benützerprogramme nicht konform beendet werden. In diesem Fall darf trotz einer verbleibenden CPU-Aktivität die Station ausgeschaltet werden. Zur Erfassung der tatsächlichen Benützungszeiten und der erzielten Energieeinsparung schreibt das Programm ein Logfile.

Da die Ausschaltkriterien softwaremässig festgelegt sind, bleibt das System sehr flexibel. Beispielsweise ist es ohne weiteres möglich, den Bildschirm, der den grössten Energieanteil aufnimmt, über den zweiten Kanal getrennt vom eigentlichen Rechner zu schalten. Als Ausschaltkriterien könnten in diesem Fall die längerdauernde Nichtbetätigung von Tastatur und Maus herangezogen werden. Im Hinblick auf eine Lebensdauerverkürzung des Bildschirms durch zu häufiges Schalten wurde aber nach entsprechenden Testresultaten darauf verzichtet. Das implementierte einfachere Ausschaltkriterium hat zudem den Vorteil, dass es ganz natürlich mit einem Betriebssystem zusammenarbeitet, welches inaktive Benützer nach einer bestimmten Zeit automatisch ausloggt.

Hardware

Den Kern des Sunset-Geräts bildet der bereits erwähnte Asic, der alle digitalen Funktionen in sich vereinigt. Das ganze Gerät kommt dadurch mit einer minimalen Anzahl elektronischer Komponenten aus, was im Hinblick auf eine allfällige Serieproduktion wichtig ist. Der Baustein erfasst zunächst alle Signale, welche über die RS 232-Schnittstelle übermittelt werden; er reagiert aber nur auf diejenigen Codes, welche für die Ansteuerung der Netzrelais bestimmt sind. Alle übrigen Codesequenzen leitet er unverändert weiter. Die reguläre Benützung der Schnittstelle wird dadurch nicht eingeschränkt. Die speziellen Codesequenzen, welche den Chip zu einer Aktion veranlassen, sind 4 Bytes lang und bestehen aus einer Erkennungssequenz und einem Datenzeichen. Der Chip selbst ist in der Lage, bis zu vier verschiedene Kanäle zu steuern. In unserem Sunset-Gerät werden nur zwei davon benutzt. Insgesamt sind acht verschiedene Datenbytes notwendig: «Ein» und «Aus» für jeden der Kanäle. Um die Flexibilität des Chips weiter zu erhöhen, wurden diese acht Codes frei programmierbar gemacht.

Der Asic umfasst ein kleines RAM, welches die acht programmierten Codebytes speichert, sowie einen Logikteil, bestehend aus drei endlichen Automaten. Je einer davon nimmt die Aufgaben der Filterung des Datenstromes, der Dekodierung der relevanten Codesequenzen und der Ablaufsteuerung wahr. Im Hinblick auf das Testen der fabrizierten Schaltungen sind ein partieller Scan Path sowie Multiplexer zur Isolation kritischer Blöcke eingebaut worden. Während das RAM in Form einer Makrozelle realisiert worden ist, baut der Logikteil mit einer Komplexität von 1550 Gatteräquivalenten auf Standardzellen auf. Bild 3 zeigt das Layout des Sunset Asic. Insgesamt wurden in 1,5-μm-CMOS-Technologie 4,5 mm^2 Siliziumfläche beansprucht. Die Herstellung erfolgte via den Multi-Project-Wafer-Service des CSEM (Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique, Neuchâtel) bei VLSI Technology, USA. Eine detaillierte Beschreibung des Asic ist im Bericht der Semesterarbeit [1] enthalten.

Die Schaltung arbeitet mit einer Taktfrequenz von 4,9152 MHz und ist damit in der Lage, Baudraten von 4,8 bis 38,4 kBaud zu verarbeiten. Das Taktsignal wird mit Hilfe eines externen Schwingquarzes hergestellt. Als externe Komponenten sind noch die Halbleiterrelais, die Starttaste sowie eine Spannungsversorgung notwendig. Letztere besteht aus Kleintrafo, Gleichrichter und 5-V-Spannungsregler. Das ganze Gerät ist in einem Kunststoffgehäuse untergebracht. Sein Eigenverbrauch in eingeschaltetem Zustand beträgt weniger als 3 W.

Computer-Typ	Rechner allein	Rechner + Monitor
Sun 3/60	77 W	195 W
Sparc 1 +	35 W	145 W
Sparc 2	47 W	155 W

Bild 4 Leistungsaufnahme der verschiedenen Sun-Stationen

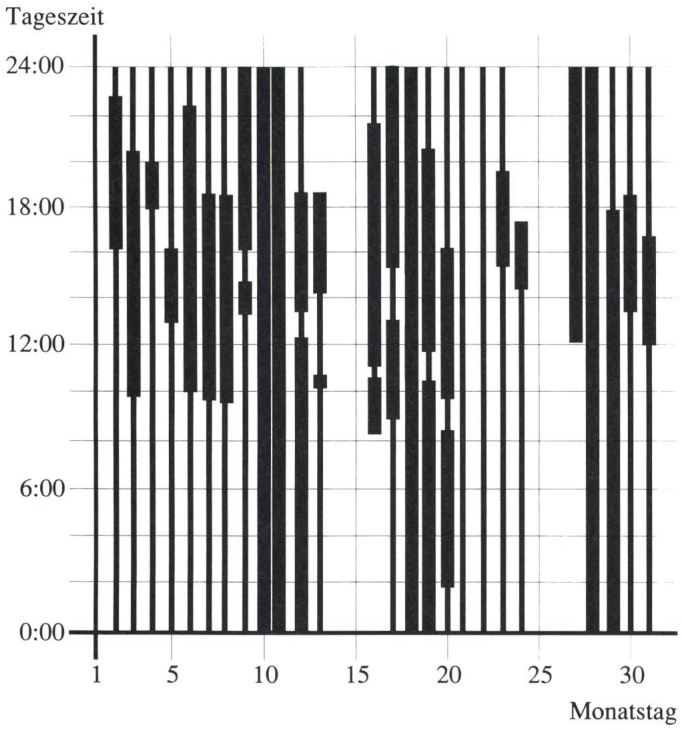


Bild 5
Einschaltzeiten einer Workstation ohne Sunset
Einschaltzeit und Benützung einer Workstation ohne Sunset im Dezember 1991

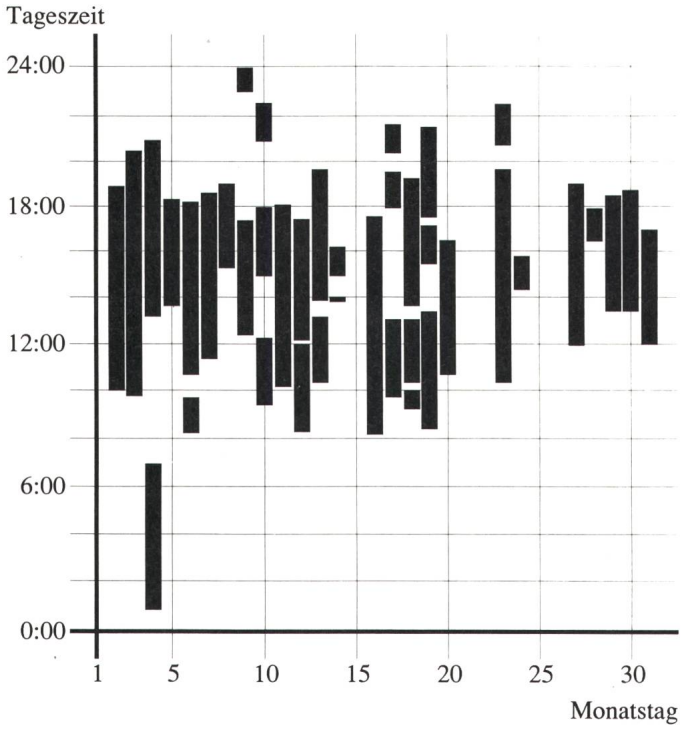


Bild 6
Einschaltzeiten einer Workstation mit Sunset
Einschaltzeit und Benützung einer Workstation, ausgerüstet mit dem Sunset, für die gleiche Zeit wie in Bild 5

Resultate

Der erste Prototyp des Sunset ist im September 1991 in Betrieb genommen worden. Hardware und Software funktionieren nach kleineren Anpassungen seither zuverlässig und ohne Wartung. Daraufhin sind sechs Sun 3/60-Workstations im «Solarium» (Studenten-Arbeitsraum) des Elektrotechnik-Gebäudes der ETH mit dem Sunset ausgerüstet worden. Die ersten Erfahrungen mit dem erweiterten Testbetrieb sind sehr erfolgversprechend.

Die Akzeptanz bei den Benützern dieser Geräte war von Anfang an sehr gut. Bei der Einführung traten keine Schwierigkeiten auf, obwohl keinerlei Instruktionen oder Anleitungen über den Betrieb des Sunset gegeben wurden. Manche Studenten scheinen die Maschinen mit dem Sunset zu bevorzugen, möglicherweise weil das Vorgehen beim Einschalten der Station offensichtlich ist. Dies im Gegensatz zu den «regulären» Stationen, bei denen nie ganz klar ist, ob der Monitor, der Rechner oder gar beide ausgeschaltet sind. Zudem neigen die Designer von Computergehäusen dazu, die Bedienungselemente elegant versteckt, schlecht zugänglich und bei jedem Modell wieder ganz woanders zu plazieren.

Aufgrund der guten Erfolge bei der Einführung, der erzielten Energieeinsparung und auch der Erleichterung im Unterhalt wurden in diesem Jahr alle verbleibenden Maschinen ebenfalls mit dem Sunset ausgerüstet.

Energietechnische Einsparungen

Der Energiebedarf einer Station ist seit dem Einsatz des Sunset bekannt, da automatisch ein Logfile über die Einschaltdauer geführt wird. Aus der Reduktion der Betriebszeit und dem früheren Energieverbrauch lässt sich so die eingesparte Energie errechnen. Für den Vergleich sind also Messdaten von Stationen, ausgerüstet mit Sunset, als auch von solchen ohne Sunset notwendig.

Ohne die automatische Abschalteinrichtung setzte sich der Energieverbrauch wie folgt zusammen (siehe auch Bild 4): Während der Rechner in der Regel rund um die Uhr eingeschaltet blieb, wurde der Monitor doch des öfteren von Hand ausgeschaltet (Schalter auf der Frontseite). Dennoch blieb typischerweise etwa ein Viertel aller Monitore auch die Nacht hindurch eingeschaltet. Zur schlechten Benützerdisziplin trug sicher das sogenannte Screen-saver-Programm bei, welches den Bildschirm bei längerem Nichtgebrauch verdunkelt und ihn somit ausgeschaltet erscheinen lässt, obschon dabei die Stromaufnahme dem eingeschalteten Zustand entspricht.

Bild 5 zeigt die Betriebszeit einer Station ohne Sunset. Die Daten stammen aus dem System-Logfile und den Login-Zeiten von Benützern für den Monat Dezember 1991. Eine dünne Linie bedeutet, dass der Rechner allein eingeschaltet war, während die dickere Linie die Zeit darstellt, während der Rechner und Monitor gleichzeitig eingeschaltet waren. Man erkennt klar, dass ausser an einem Wochenende und während der Festtage (Station vom Institutspersonal ausgeschaltet) der Rechner immer eingeschaltet blieb.

Bild 6 zeigt die Benutzung einer Workstation mit Sunset. Die Daten stammen vom Logfile des Sunset-Programms und zeigen die exakte Betriebsdauer dieser Station im Monat Dezember 1991. Wie das Bild zeigt,

wurde die Station manchmal während weniger als 10% der Tageszeit gebraucht. Selbst die längste Betriebsdauer pro Tag betrug nur 11 Stunden 53 Minuten, was immer noch weniger als 50% der früheren täglichen Einschaltdauer ist.

Den Vergleich der Energieverbräuche dieser ausgewählten Stationen zeigt, unter Berücksichtigung der Eigenbedarfsenergie des Sunset, das Bild 7. Um statistisch gesicherte Daten zu erhalten, sind sämtliche Logfiles ausgewertet worden, die vom Sunset-Programm automatisch erstellt wurden. Die Messungen für die Stationen mit Sunset zeigen für das erste Betriebshalbjahr eine durchschnittliche tägliche Benützungszeit von 4 Stunden 15 Minuten. Für den Monat am Schulsemesterende lag die durchschnittliche Benützungszeit mit 6 Stunden 55 Minuten allerdings wesentlich höher. Die durchschnittliche Tagesauslastung liegt zwischen 18% und 29%. Je nach Monat lässt sich daher im Unterrichtsraum, der mit 30 Sun 3/60-Stationen ausgerüstet ist, zwischen 43 kWh und 50 kWh pro Tag einsparen. Aus dieser Betriebszeitreduktion dank Sunset resultierte für das erste halbe Jahr eine totale Energieersparnis von etwa 9000 kWh.

Energieverbrauch ohne Sunset		
CPU Monitor Total	20h · 77 W 8,4h · 118 W	1,54 kWh 0,99 kWh 2,53 kWh
Energieverbrauch mit Sunset		
CPU + Monitor	5,6h · 198 W	1,1 kWh
Einsparung mit Sunset		
Pro Station und Tag In Prozenten		1,4 kWh 57

Bild 7 Energieeinsparung durch das Sunset-Gerät
Energieeinsparung bei ausgewählten Stationen, unter Berücksichtigung der Eigenbedarfsenergie des Sunset

Es zeigt sich, dass selbst bei diesen täglich und häufig benützten Workstations (kleinstes Einsparpotential) durch betriebsgerechtes Ein- und Ausschalten der Maschinen die Betriebsenergie auf weniger als die Hälfte reduziert wird. Aus den Logfiles (siehe Bild 6) ist ersichtlich, dass das verwendete Ausschaltkriterium beim gegebenen Arbeitsverhalten in diesem Labor ein fast optimales Abschalten der Station ermöglicht. Im Beispiel wurde während des ganzen Monats nur in drei Fällen ein unnötiges Ausschalten verursacht.

Ökonomische Betrachtung

Der Materialwert des Sunset beträgt ungefähr 80 Franken (Einzelstückpreis). Dieser Preis mutet geradezu vernachlässigbar an im Vergleich mit den Kosten des Computers, welche im Bereich von einigen 10000 Franken liegen. Die Herstellungskosten für das Gerät könnten bei grösseren Stückzahlen und industriellen Produktionsmethoden noch wesentlich kleiner sein. Würde die Funktion des Sunset gar serienmässig in Arbeitsplatzrechner eingebaut, so wären die Mehrkosten praktisch vernachlässigbar.

Ausser der direkten Energieeinsparung wird eine Herabsetzung der Raumtemperatur auf angenehme Werte und eine Reduktion im Klimatisierungsaufwand erreicht. Beides erhöht die Arbeitsplatzergonomie. Der wichtigste Punkt bleibt aber die Energieeinsparung. Diese allein rechtfertigt die Installation eines solchen Gerätes. Die Amortisationszeit der Gerätekosten allein durch die Energiekosteneinsparung liegt unter einem Jahr.

Zusammenfassung und Ausblick

Zur Einsparung von Stand-by-Betriebsenergie von Workstations wurde ein kleines Gerät entwickelt, das Computer automatisch und benützungsorientiert ausschaltet. Das Gerät löst das Ausschaltsignal nach einer längeren Inaktivität des Computers aus. Im Betrieb an einigen Sun Workstations in einem Unterrichtsraum der ETH wurde gezeigt, dass mit dieser einfachen Massnahme durchschnittlich etwa 60% der vormals benötigten elektrischen Energie eingespart werden kann (rund 15000 kWh pro Jahr für den ganzen Unterrichtsraum). Das Resultat ist eine äusserst einfache Lösung mit geringem Hardware- und Softwareaufwand. Selbstverständlich kann die gleiche Idee genausogut auf PC wie MS-DOS- oder Macintosh-Maschinen und sogar für Terminals angewandt werden. Die Autoren hoffen, mit dieser Arbeit die Entwicklung von Produkten für ähnliche Anwendungen anzuregen. So könnten die gemachten Erfahrungen in einem grösseren Rahmen genutzt werden.

Denzler-Preis

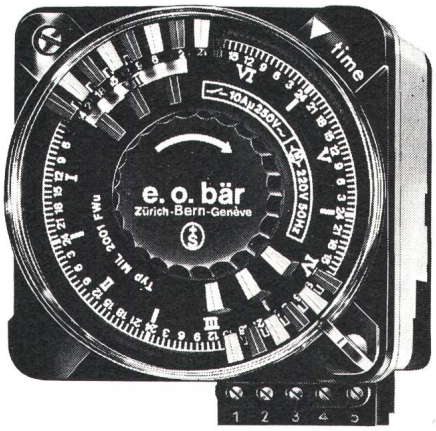
Seit vielen Jahren hat der Schweizerische Elektrotechnische Verein (SEV) die Möglichkeit, Arbeiten auf dem Gebiet der Elektrotechnik mit dem Denzler-Preis auszuzeichnen. Ermöglicht wurde dies durch ein Legat von Dr. *Albert Denzler*, Mitglied des SEV, welcher dem SEV 1918 eine für damalige Verhältnisse grosse Summe vermachte. Die Bestimmung war, dass damit Preise für hervorragende Arbeiten auf dem Gebiet der Elektrotechnik im weitesten Sinne zu vergeben seien. Für den diesjährigen Denzler-Preis konnten unter anderem Arbeiten zum Thema «rationellere Energienutzung», mit konkreten Vorschlägen für das Stromsparen durch eine bessere Steuerung von Systemen und Geräten sowie für Massnahmen beim Entwurf und Einsatz elektronischer Geräte, eingereicht werden. In diesem Wettbewerb ging die vorliegende Arbeit «Energieeinsparungen durch bedarfsgerechten Betrieb von Computern» als Sieger hervor und wurde vom SEV mit dem Denzler-Preis 1992 ausgezeichnet.

Literatur

[1] *S. Kunz* and *J. Mugwyler*: IC Design – Automatic Power Control for Sun. ETH Zürich, Semesterarbeit, Februar 1991.

Dank: Die Autoren möchten allen am Projekt Beteiligten für ihre Mithilfe danken. Am Denzler-Preis mitbeteiligt waren auch Dr. *N. Felber*, *C. Wicki* und Prof. *W. Fichtner* sowie die Studenten *S. Kunz* und *J. Mugwyler*, die den Asic entworfen haben. Besonderer Dank geht auch an *H.J. Gisler* und *H.P. Mathys* für die Herstellung der Geräte.

Anmerkung: Dieser Aufsatz stellt eine leicht überarbeitete Fassung des Beitrags zum Denzler-Preis 1992 dar.



Schaltuhren

(und Stundenzähler)

sind unsere Spezialität

e.o.bär

3000 Bern 13
Postfach 11
Wasserwerkgasse 2
Telefon 031/22 76 11

Wir optimieren

Elektro-Energie-Verbräuche und senken damit Kosten kompetent und zuverlässig -seit 1965- warum nicht auch

für Sie Energieverbräuche

detron ag 4332 Stein

4332 Stein Tel. 064 - 63 16 73

Elektro-Energie-Optimierung

M·P·A ENGINEERING AG

Energie sparen mit dem Universalmessgerät 500

8 Messgeräte in einem Gerät

mit Anschluss an Ihr Gebäudeleitsystem oder an Ihre elektronischen Steuerungen

Wir beraten Sie gerne

UMG 400

MESSEN · PLANEN · AUTOMATISIEREN

MPA Engineering AG, Friedackerstrasse 7, Postfach, 8050 Zürich, Tel. 01/312 13 41, Telefax 01/312 51 49

Wenn die Sicherheit nicht mehr Zufall ist.

Als Lieferant hochwertiger Einzelkomponenten oder ganzen audiovisueller Sicherheits-Systeme planen, realisieren oder ergänzen wir Ihre bestehende Anlage. Ebenso professionell übernehmen wir auch die Wartung.

Schibli vision

Industrial-Video-Systems
Broadcast-Systems

Oberfeldstrasse 12c, CH-8302 Kloten
Tel. 01/813 16 16, Telefax 01/813 66 51