

Energiesparen im Netzwerk - leicht gemacht

Server und Netzwerk-Komponenten werden bei Nichtgebrauch gezielt ausgeschaltet: 2 Beispiele.

In Firmennetzen bleiben die PCs meist von morgens bis abends eingeschaltet. Die Zentralrechner (Server) stehen gar jahraus jahrein ununterbrochen in Betrieb.

Mit zwei wegweisenden Pilotprojekten zeigt das Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW), dass sich Server nachts und übers Wochenende herunterfahren lassen, ferngesteuert und ohne nennenswerte Einschränkung für die Benutzer. So lassen sich Strom und Kosten sparen.

1. Stromverbrauch von Netzwerken

Bis vor kurzem war der Energieverbrauch von EDV-Geräten weder bei den Anwendern noch bei den Herstellern ein Thema, obschon PCs, Bildschirme und Drucker starke Stromfresser sind und einen wesentlichen Anteil am Stromverbrauch im Dienstleistungsbereich haben.

In einer vom BEW in Auftrag gegebenen Studie wurde der Anteil der EDV-Netze am Gesamtstromverbrauch der Schweiz ermittelt. Dabei wurden auch die Verbrauchsanteile der einzelnen Netzkomponenten bestimmt. Die Resultate zeigten, dass 1.6% des gesamtschweizerischen Stromverbrauchs (entsprechend 780 GWh oder dem Jahresstromverbrauch der Stadt Lausanne) zu Lasten der EDV-Netzwerke gehen. Konsequentes Anwenden von Energiemanagement in Netzwerken und der Einsatz energieeffizienter Endgeräte vorausgesetzt könnten 52% des Stromverbrauchs eingespart werden.

Der Studie zufolge verbrauchen die zentralen Einheiten wie Rechner und Server mit 62% den grössten Anteil, gefolgt von den Arbeitsplatzgeräten mit 23%. Allerdings liegt das Energiesparpotential bei den Einzelgeräten mit 27% bzw. 560 GWh in der gleichen Grössenordnung wie bei den zentralen Geräten (29% bzw. 550 GWh).

In lokalen Netzwerken (ohne Gross- und Abteilungsrechner) beträgt der Anteil der Arbeitsplatzgeräte am Stromverbrauch etwa 60%, gefolgt von den Servern (25%) und den Vermittlungsgeräten (15%).

Das einfachste, billigste und zugleich auch wirksamste Mittel, den Energiebedarf bei den **Endgeräten** einzudämmen ist das Ausschalten der Geräte bei Nichtgebrauch. Das ist sinnvoll bei Pausen von mehr als 15 Minuten. Untersuchungen der ETH Zürich haben gezeigt, dass dadurch die Lebensdauer der Geräte nicht leidet. Daneben haben die Hersteller in den letzten Jahren bei den Endgeräten grosse Anstrengungen unternommen, um die Leistungsaufnahme im Standby-Betrieb möglichst weit zu senken.

Tabelle 1 zeigt den Jahresstromverbrauch und das Sparpotential der wichtigsten Netzwerk-Komponenten.

Kategorie	Jahresverbrauch [GWh]	Sparpotential [%]
Grossrechner	238.2	57
Abteilungsrechner	161.8	45
Server	82.2	44
Bildschirme	68.0	72
PC/Workstation	54.4	81
Terminals	53.8	20
USV-Anlagen	28.3	45
Arbeitsplatzdrucker	27.7	65
Übrige	63.4	56

Tabelle 1 *Energieverbrauch und Sparpotential von Komponenten*

Dem Energieverbrauch von **EDV-Netzwerken** hingegen wurde bis heute kaum Beachtung geschenkt.

Ein Grund für die mangelnden Aktivitäten im Netzwerk-Bereich ist einerseits die wachsende Komplexität der Systeme und andererseits die Angst der Betreiber, durch Manipulationen am Netz Störungen zu provozieren oder die Netzstabilität zu gefährden.

Hinzu kommt, dass in weltweit vernetzten Systemen bestimmte Rechner wie etwa Webserver, Mail-Server (elektronisches Postamt) oder FTP-Server (Datenarchiv) rund um die Uhr zur Verfügung stehen müssen

Kleinere Netze oder Teilnetze von grösseren Netzen hingegen müssen unter Umständen ausserhalb der Arbeitszeiten nicht oder nur bedingt verfügbar sein. Um dieses Energiesparpotential auszuschöpfen, hat das BEW an zwei unterschiedlichen EDV-Netzwerken gezeigt, dass das Ausschalten von Servern nachts und an Wochenenden ohne Komforteinbusse für den Benutzer realisiert werden kann.

2. Pilotnetzwerk: NOVELL-Netzwerk

Im Ingenieurbüro R. Brüniger AG in Ottenbach ZH, ist ein Novell-Netzwerk mit 6 Arbeitsplätzen installiert. Mit der Entwicklung und dem Betrieb eines Energiemanagers konnte der Nachweis erbracht werden, dass dieser mit vertretbarem Aufwand realisierbar ist, eine substantielle Energieeinsparung bewirkt und der produktive Betrieb nicht beeinträchtigt wird.

Einfaches Ein- und Ausschalten der Netzwerk-Komponenten mit Hilfe einer Schaltuhr ist nicht möglich, da das Netzwerk-Betriebssystem aus Geschwindigkeits- und Optimierungsgründen Verzeichnisse der Datenstruktur im RAM statt auf der Harddisk speichert. Ein Ausschalten oder ein Stromausfall würde daher zu einem kompletten oder teilweisen Verlust dieser Datenstruktur führen. Deshalb muss vor dem Ausschalten der Energieversorgung eines Servers das Netzwerk-Betriebssystem gezielt «heruntergefahren» werden, d.h. die Datenstrukturtabellen werden auf der Harddisk abgespeichert, und die ablaufenden Multitasking-Prozesse werden kontrolliert beendet.

Energieverbrauch vorher:	814 kWh/Jahr
Energieverbrauch nachher:	284 kWh/Jahr
Einsparung:	530 kWh/Jahr (≈65%)
Jährliche Minderausgaben:	CHF 110.– (CHF 0.20 pro kWh)
Kosten:	CHF 299.– pro Server

Tabelle 2 Bilanz der Stromsparmassnahmen im NOVELL-Netzwerk (R. Brüniger AG)

Daher wurde folgender Lösungsweg eingeschlagen: Da Stromausfälle für Server fatale Auswirkungen haben können, werden diese in der Regel mit einer kleinen separaten USV-Anlage ausgerüstet. Die bekannten Netzwerk-Betriebssysteme (Novell, Microsoft NT usw.) sind deshalb mit standardisierten Hard- und Softwareschnittstellen ausgerüstet, welche bei einem detektierten Stromausfall nach einer definierten Zeit das Netzwerk-Betriebssystem kontrolliert «herunterfahren».

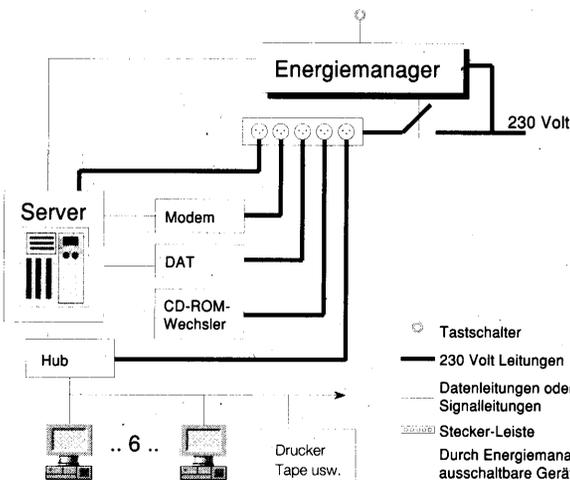


Bild 1 EDV-Netzwerk (R. Brüniger AG)

Der speziell entwickelte *Energiemanager* simuliert zu den mit der Schaltuhr einstellbaren Zeitpunkten dem Server über einen Relaiskontakt einen solchen Stromausfall. Das Netzwerk-

Betriebssystem alarmiert zuerst die noch am Server angemeldeten Benutzer. Nach einer definierten Zeit wird das Netzwerk-Betriebssystem «heruntergefahren», und anschliessend erfolgt das Ausschalten der Energieversorgung des Servers. Gleichzeitig werden auch die Server-Peripheriegeräte wie CD-ROM und DAT-Bandlaufwerk sowie der Hub ausgeschaltet.

Soll das Netzwerk später als ursprünglich geplant ausgeschaltet werden, genügt ein Druck auf einen zentral installierten Taster. Damit lässt sich die Betriebsdauer um drei Stunden (wählbar) verlängern. Entsprechend lässt sich das ausgeschaltete Netzwerk (Wochenende) per Knopfdruck einschalten.

Damit der Netzwerk-Drucker ebenfalls nur im Bedarfsfall am Strom angeschlossen ist, wurde dieser mit einem ECOMAN-Sparschalter (siehe Kasten) ausgerüstet. Dieser schaltet bei einer Datenübertragung den Drucker ein und nach einer vorgegebenen Zeit des Nichtgebrauchs automatisch wieder aus.

ECOMAN-Sparschalter

schalten das angeschlossene Gerät bei Nichtgebrauch nach einer einstellbaren Zeit automatisch aus. Sie laufen unter Windows und Macintosh. Der Eigenverbrauch ist vernachlässigbar. ECOMAN-Sparschalter sind unter anderem verfügbar für Bildschirme. (Preis: CHF 42.–) und Drucker (Preis: CHF 68.–).

Energiemanager

Hersteller	Linard AG, 9506 Lommis
Masse (B x T x H)	20 x 5 x 11 [cm]
Schnittstellen	1,3 oder 5 Server
Stärken	Einfache Installation, preiswert
Schwächen	Keine Fernsteuerung (geplant für Nachfolgemodell); Ausfall der USV-Anlage nur simulierbar, sofern Server ansprechbar; umständliche Programmierung der Schaltuhr

Tabelle 3 Der Energiemanager

Die nun bereits über zwei Jahre gemachten Erfahrungen im produktiven Betrieb sind für alle Benutzer durchwegs positiv. Es mussten weder Datenverluste noch Komforteinbussen in Kauf genommen werden.

3. Pilotnetzwerk: UNIX/NT-Server

Das BEW in Bern verfügt über ein auf drei Gebäude verteiltes Netzwerk, welches ein Teil des Netzwerks der allgemeinen Bundesverwaltung darstellt. Die installierten Server laufen unter den Betriebssystemen UNIX und Windows NT. In einem der Gebäude mit rund 30 Arbeitsplätzen wurde im Rahmen eines Pilotprojekts das Ausschalten des Netzwerks (Teilnetz) untersucht. Ursprünglich waren in diesem Netz vier Server installiert. Aufgrund der Leistungssteigerung konnten diese mittlerweile durch zwei leistungsstärkere Geräte ersetzt werden. Ausser den 29 Arbeitsplätze sind mehrere Laser- und Tintenstrahldrucker angeschlossen.

Die durchgeführten Energiesparmassnahmen gliedern sich in drei Schritte:

- Bereits seit Mitte 1994 werden sämtliche Drucker über herkömmliche Schaltuhren gesteuert und die Bildschirme durch ECOMAN-Geräte bei Nichtgebrauch automatisch ausgeschaltet.

- Ebenfalls bereits 1994 wurde die vorhandene USV-Anlage entfernt. Erwähnenswerte Zwischenfälle bzw. Datenverluste konnten bis heute nicht festgestellt werden.
- Seit Mitte 1996 setzt das BEW den AC-Manager ein (AC steht für Alternating Current). Diese Steuereinheit hat 6 Peripherieausgänge (230 Volt, 8 Ampère). Daran können je nach Ausgestaltung verschiedene Geräte wie Server, Drucker oder Scanner angeschlossen werden. Diese Geräte lassen sich ferngesteuert (über ein lokales Netz oder ein Modem) ein- und ausschalten. Die Server, der zentrale Drucker, der CD-ROM-Wechsler sowie diverse Modems werden so über das lokale Netz jeweils abends ausgeschaltet. Morgens früh vor dem regulären Arbeitsbeginn werden die beiden Server für die Datensicherung wiederbelebt. Diverse andere Geräte wie z.B. Bridges könnten ebenfalls über den AC-Manager gesteuert werden. Aufgrund der räumlichen Trennung wurde dies im vorliegenden Pilotprojekt allerdings nicht realisiert.

Energieverbrauch vorher:	12'191 kWh/Jahr
Energieverbrauch nachher:	6'503 kWh/Jahr
Einsparung:	5'688 kWh/Jahr (≈47%)
Jährliche Minderausgaben:	CHF 1'338.– (CHF 0.20 pro kWh)
Kosten:	AC-Manager: Die Steuereinheit von EMCT beläuft sich auf CHF 2500.– (inkl. Centronics-Schnittstelle), CHF 300.– für zusätzliche LAN-Schnittstellen (RJ 45 und BNC). Das zugehörige Programm kostet CHF 1500.–.

Tabelle 4 Bilanz der Stromsparmassnahmen im Netzwerk des BEW

Die Benutzer definieren die Betriebszeiten

Über ein auf einem zentralen Rechner des BEW-Netzwerks laufendes Programm (Scheduler), das vom Systembetreuer frei programmiert werden kann, erfolgen die Ein- und Ausschaltbefehle an den AC-Manager sowie die Befehle an die betroffenen Server, alle Prozesse kontrolliert zu beenden. Durch den Scheduler lassen sich die Ein- und Ausschaltzeiten den **Betriebszeiten** anpassen. Ferner können auf diese Weise **Feiertage** mühelos in den Schaltplan integriert werden.

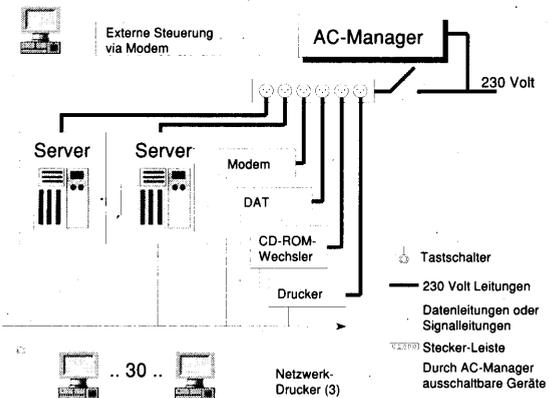


Bild 2 EDV-Netz BEW

Kurz vor dem Herunterfahren des Netzwerks erscheint eine Meldung auf dem Bildschirm der Benutzerinnen und Benutzer, die angibt, dass das System in Kürze heruntergefahren wird. Bei Bedarf kann das **Ausschalten** von jedem Benutzer um jeweils anderthalb Stunden **aufgeschoben** werden (Verzögerungszeit vom Systembetreuer frei programmierbar). Dazu genügt es, einen zentralen Taster zu drücken. Dieser Taster könnte ohne grossen Aufwand auch softwaremässig an jedem Arbeitsplatz realisiert werden.

AC-Manager	
Hersteller	EMCT, 3322 Schönbühl-Urtenen
Masse (B x T x H)	20 x 22 x 7 [cm]
Schnittstellen	6 (Server)
Stärken	Fernsteuerung beliebiger Geräte über lokales Netz oder Modem; flexible Zeitplanung über das Steuerprogramm
Schwächen	Teuer; Dokumentation (noch) mangelhaft; zur Zeit nur auf Vorbestellung lieferbar

Tabelle 5 Der AC-Manager

Wer den Warnhinweis verpasst oder am **Wochenende** arbeiten will, kann die stillgelegten Server durch einmaliges Drücken des zentralen Tasters ohne Unterstützung des Informatikdienstes selbständig aufstarten (Wartezeit: 5-10 Minuten). Die Abfrage des Tasters erfolgt über das Netzwerk durch den zentralen Rechner, welcher dann den entsprechenden Einschaltbefehl an den AC-Manager sendet.

Grosses Energiesparpotential

Mit den Stromsparmassnahmen im BEW konnte ein grosses Sparpotential erschlossen werden (Tabelle 6).

- **Dezentrale Netzwerk-Drucker: 71% Einsparung**
Durch den flächendeckenden Einsatz von Schaltuhren für die dezentralen Netzwerk-Drucker (nur während der offiziellen Arbeitszeiten eingeschaltet) wurde eine Reduktion des Stromverbrauchs um satte 71% erzielt.
- **Zentrale Geräte: 54% Einsparung**
54% der von den zentralen Geräten (Server) verbrauchten Energie lässt sich durch den Einsatz des AC-Managers einsparen.
- **Arbeitsstationen: 30% Einsparung**
Durch den Einsatz von ECOMAN-Sparschaltern für die Bildschirme konnten 30% des von den Arbeitsstationen verbrauchten Stroms eingespart werden¹. In neuen Bildschirmen sind solche Energiesparschaltungen allerdings in der Regel bereits eingebaut.

	Stromverbrauch [kWh]		Einsparung [%]
	vorher	nachher	
Server	3942	1805	54
Drucker	2646	755	71
Arbeitsstationen	5603	3943	30

Tabelle 6 Realisierte Stromeinsparungen im BEW

¹ Die Arbeitsstationen werden bei Nichtgebrauch konsequent durch die Benutzer ausgeschaltet. Gegenüber einem durchgehenden Betrieb kann der Stromverbrauch so auf einfache Weise bereits um 85% reduziert werden.

Benutzerfreundlichkeit und -zufriedenheit

Die beiden Versuchsnetze haben ihre praktische Bewährungsprobe bestanden. Es waren keine oder nur unbedeutende Probleme zu verzeichnen. Sämtliche Benutzerinnen und Benutzer haben die Energiesparmassnahmen gut aufgenommen.

Vorteile für den Systembetreuer

Für den Systembetreuer hat sich der Arbeitsaufwand merklich verringert. Vor allem, wenn einer der Server in einen nicht mehr kontrollierbaren Zustand gerät, aus welchem er auch durch einfaches Herunterfahren via Netzwerk nicht befreit werden kann, wird in der Regel durch vollständiges Ausschalten ein ordnungsgemässes Booten erreicht. Dies kann nun ferngesteuert über das Netzwerk erfolgen, während früher ein Aufsuchen der Lokalität unumgänglich war.

4. Ausblick

Von der einschlägigen Industrie werden bereits mehrere Systeme angeboten, die über eine Fernbedienung Arbeitsstationen ausschalten (z.B. Magic Packet von Advanced Micro Devices und Hewlett-Packard, Wake on LAN von IBM). Microsoft, Intel u.a. haben ein neues Energiemanagementsystem (On Now) angekündigt. Ob dieser neue Ansatz erfolgreich ist, bleibt allerdings abzuwarten. Angesichts der Tatsache, dass für die Entwickler von Betriebssystemen Energiesparen in Netzwerken zur Zeit kein Thema ist, dürften erfolgreiche Lösungen noch auf sich warten lassen.

Das BEW geht mit seinen beiden Versuchsnetzen einen entscheidenden Schritt weiter, indem Server und Netzwerkkomponenten in Nichtbetriebszeiten gezielt und vollständig heruntergefahren werden. Der Benutzer hat dabei die Möglichkeit, das Netzwerk auf einfache Weise selber zu starten. Die gewonnenen Erkenntnisse werden nun in einem bundeseigenen Neubau mit 500 Arbeitsplätzen umgesetzt.

5. Kontaktadressen

- Roland Brüniger
R. Brüniger AG, Ottenbach
Telefon 01 760 00 66
Telefax 01 760 00 68
- Dr. Rolf Schmitz
Bundesamt für Energiewirtschaft, Bern
Telefon 031 322 54 61
Telefax 031 323 25 00

6. Glossar

- AC-Manager: Neu entwickeltes Gerät, das EDV-Netzwerke oder Teile davon gezielt ein- und ausschaltet (Kapitel 3).
- Bridge: Gerät, das den Datenverkehr zwischen verschiedenen Netzwerkbereichen verbindet und filtert, d.h. nur diejenigen Daten übermittelt, deren Empfänger sich

in einem anderen Segment befindet. Ermöglicht Segmentierung von Netzen (Leistungssteigerung), führt aber zu Übertragungsverzögerungen.

- ECOMAN: Gerät, das an einen Bildschirm bzw. einen Drucker angeschlossen werden kann und diesen bei Inaktivität nach einer einstellbaren Zeit ausschaltet.
- EDV-Netzwerk: Gesamtheit der mittels eines Netzwerks verbundenen EDV-Geräte (Server, Clients, Workstations, Bildschirme, Drucker, Kommunikationsgeräte usw.).
- Energiemanager: Neu entwickeltes Gerät, das EDV-Netzwerke oder Teile davon gezielt ein- und ausschaltet (Kapitel 2).
- Endgeräte: Arbeitsplatzgeräte wie z.B. Workstations und PC.
- Hub: Verstärker mit mehreren Ein- und Ausgängen, der sternförmige Verzweigungen von Netzwerkkabeln verschiedener Art (twisted pair, koaxial, Glasfaser) ermöglicht.
- Netzwerk-Komponenten: Geräte, die für das Funktionieren des Datenverkehrs in einem EDV-Netzwerk wesentlich sind (Kommunikations-Server, Gateways, Hubs, Router, Bridges usw.).
- Router: Kopplungsgerät, das eine Anzahl von Netzwerken miteinander verbindet und Datenpakete von einem Sender zu einem Empfänger befördert, indem es verschiedene Teilnetzwerke benützt. Der Sender muss nur die Empfängeradresse, nicht aber den Weg durch die Netze kennen.
- Server: Zentraler Rechner, der für andere Rechner (sog. Clients) Dienstleistungen erbringt (Datenverwaltung, Rechnen, Kommunikation usw.).
- Switch: Kopplungsgerät, das den Datenverkehr zwischen verschiedenen Netzwerkbereichen verbindet.
- USV: Gerät, welches die angeschlossenen Verbraucher bei Netzunterbrüchen oder -störungen während einer befristeten Zeit mit Energie versorgt.
- Zentrale Geräte: Von verschiedenen Benutzern gemeinsam benutzte Geräte (z.B. Server, Drucker).

7. Literatur

- *Grundlagenarbeiten für Forschungsaktivitäten im Bereich Netzwerk-Energiemanagement*
Studie, BEW 1995
- *Effizientes Energiemanagement in Computer- und Kommunikationsnetzwerken*
Bericht, BEW 1996
- *Energiemanagement in EDV-Netzwerk des BEW*
Studie, BEW 1997
- *Energiemanagement in einem Novell-Netzwerk*
Studie, BEW 1996
- *Risikofreier Betrieb von klimatisierten EDV-Räumen bei 26°C Raumtemperatur*
Merkblatt, BEW 1995
- *USV für Planer, Energieoptimale Planung von unterbrechungsfreien Stromversorgungsanlagen*
Planungshilfe, BEW 1994
- *USV-Anlagen bis 10 kVA*
Merkblatt, BEW 1994