Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 114 (1996)
Heft: 16/17

Artikel: Energieeffizienz in Computer-Netzwerken
Autor: Meyer, Gianclaudio / Schaltegger, Björn
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-78951

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: 15.07.2025

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

Gianclaudio Meyer, Björn Schaltegger, St. Gallen

Energieeffizienz in Computer-Netzwerken

Computer-Netzwerke ermöglichen eine gemeinsame Speicherung von Daten an einem zentralen Ort, eine weltweite Kommunikation und die Verfügbarkeit zentraler Dienstleistungen an den verschiedenen Arbeitsplätzen. Computer und Computer-Netzwerke verbrauchen aber auch Energie. 1,6% des Schweizer Stromverbrauchs gehen zulasten von Netzwerken. Dies sind 772 GWh jährlich oder der Jahresverbrauch an Elektrizität einer Stadt in der Grösse von Lausanne mit 150 000 Einwohnern.

Im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft haben die Autoren untersucht, welche Sparpotentiale bei diesen Netzwerken vorhanden sind. Es zeigte sich, dass durch günstige Wahl der Geräte und durch Massnahmen zur Energieoptimierung der Verbrauch um über die Hälfte gesenkt werden kann.

Ausgangslage

Die stets wachsenden Kommunikations- und Informationsbedürfnisse, die markanten Technologiefortschritte sowie der grosse Preiszerfall im Computerbereich bewirken eine starke Durchdringung von Kommunikations- und Informationseinrichtungen in der Industrie, in Dienstleistungsbetrieben und im Gewerbe. Damit einher geht auch ein stärkerer Trend Richtung Vernetzung der einzelnen Geräte. Je länger je mehr gehören Stand-Alone-Arbeitsplatzgeräte der Vergangenheit an.

Durch die Netzwerkeinbindung ergeben sich aber auch energierelevante Konsequenzen auf das Benutzerverhalten. Server mit zentralen Diensten müssen 24 Stunden im Tag zur Verfügung stehen und dürfen daher nicht vollständig abgeschaltet werden. Das Einloggen ins Netzwerk bedeutet für den Benutzer meistens einen grösseren Aufwand. Deshalb wird auch bei Arbeitsunterbrüchen die Verbindung zum Netzwerk aufrechterhalten. Diese Umstände führen dazu, dass die Geräte länger in Betrieb bleiben und damit mehr Energie benötigen.

Im Rahmen des Energieforschungsprogramms Elektrizität des Bundesamtes für Energiewirtschaft wurde eine Grundlagenstudie [1] erarbeitet. Die Studie umfasste die folgenden Ziele:

- Beschreibung und Strukturierung der in Netzwerken vorhandenen Geräte
- Bildung von Netzwerkkategorien aufgrund ihres Energieverbrauchs
- Bestimmung des Energieverbrauchs der verschiedenen Komponenten und Netzwerke sowie Berechnung ihres Gesamtenergieverbrauchs in der Schweiz
- Abschätzung des vermeidbaren Energieverbrauchs in Netzwerken und Ermittlung des gesamten Sparpotentials für die Schweiz.

Die Untersuchung bestand einerseits in der Analyse des beschaffbaren Sekundärmaterials, andererseits in der Durchführung von persönlichen Expertengesprächen mit den führenden Herstellern und Importeuren sowie mit wichtigen Netzwerkbetreibern. Befragt wurden Computerhersteller, Netzwerk- und Kommunikationsspezialisten sowie Netzwerkbetreiber.

Der Untersuchungsgegenstand beschränkte sich auf EDV-Netzwerke bei Unternehmungen in der Schweiz. Es wurden sowohl lokale Netze (LAN) wie auch Weitverkehrsnetze (MAN, WAN) betrachtet. Weitverkehrsnetze verwenden meist auch Teile des öffentlichen Fernmeldenetzes. Die für den Anschluss an die Fernmeldenetze notwendigen Komponenten wurden mitberücksichtigt. Nicht einbezogen wurden hingegen die Anlagen der Fernmeldenetze selbst, wie etwa Vermittlungszentralen, Satellitenstationen usw.

Geräte im Netzwerk

Die in Netzwerken vorhandenen Geräte wurden aus energetischer Sicht grob in die Kategorien Arbeitsplatzgeräte, Peripheriegeräte am Arbeitsplatz, zentrale Rechner sowie übrige Netzwerkkomponenten gegliedert. Arbeitsplatzgeräte umfassen Personal Computers, Workstations, Bildschirme und Terminals. Als häufigste Peripheriegeräte wurden Drucker, Modems und Scanner untersucht. Zentrale Rechner sind Server und Abteilungsrechner sowie Grossrechner. Unter Netzwerkkomponenten wurden netzwerkspezifische Geräte zusammengefasst. Das Spektrum dieser Geräte umfasst Netzwerkkarten, Repeaters, Hubs, Bridges, Switches und Routers, Gateways, Terminal-Controller sowie unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USV).

Einflussfaktoren auf den Energieverbrauch

Als massgebende Einflussfaktoren auf den Energieverbrauch in Netzwerken liessen sich die folgenden Faktoren bestimmen:

- Netzwerkgrösse
- Zahl der Netzwerke
- Einschaltdauer
- Netzwerktyp
- Stromverbrauch

Der Energieverbrauch eines Netzwerks ist direkt von der Zahl der angeschlossenen Geräte und Komponenten abhängig. Massgebender Faktor ist die Zahl der Arbeitsplätze im Netz. Gestützt auf die zur Verfügung stehende Datenbasis erfolgte eine Unterteilung der Netzwerke nach ihrer Grösse aufgrund der Anzahl Mitarbeiter in den untersuchten Unternehmungen [2]. Verwendet wurde dazu die Gliederung in Unternehmensgrössenklassen des Bundesamtes für Statistik.

Ebenfalls massgebend für den Energieverbrauch ist die Einschaltdauer der Geräte und Komponenten im Netzwerk. Aufgrund der gewonnenen Informationen ist davon auszugehen, dass heute die Arbeitsplatzgeräte während der üblichen Arbeitszeiten ständig in Betrieb oder allenfalls im Standby-Modus sind. Die übrigen Netzwerkkomponenten werden ausser bei sehr kleinen Netzwerken 24 Stunden am Tag betrieben. Im Hinblick auf eine mögliche Energiereduktion durch Abschalten sind die Anforderungen an die Verfügbarkeit des Netzwerks zu berücksichtigen. Dabei können in Abhängigkeit von Netzwerkgrösse und Betriebsbranche verschiedene Fälle unterschieden werden.

Um diese Einflussfaktoren systematisch berücksichtigen zu können, wurde ein dreidimensionales Raster gewählt. In der einen Dimension wurde nach verschiedenen Netzwerktypen unterschieden, in der zweiten Dimension nach Unternehmen mit unterschiedlicher Mitarbeiterzahl. Die dritte Dimension umfasste die nach Betriebsgrösse und Branche gewichtete durchschnittliche Einschaltdauer der Geräte im Netz. Technisch lassen sich die untersuchten Netzwerke in verschiedene Typen aufteilen. Grundsätzlich werden Netzwerke in Rechnernetze und Terminalnetze eingeteilt.

Die älteste Form von Netzwerken sind Terminalnetze, in denen ein leistungsstarker zentraler Grossrechner eine grössere Zahl nichtintelligenter Terminals zu bedienen hat. In diesen Netzen wird die Rechenleistung auf einem einzigen zentralen Rechner (Host) konzentriert. Mit Hilfe einer Adapterkarte und einer Software zur Terminalemulation können auch PCs als Terminals eingesetzt werden. Auf dem Konzept der Terminalnetze basieren heute noch verschiedene Installationen von Abteilungsrechnern in kleinen und mittleren Unternehmen.

Bei den Rechnernetzen werden verschiedene Typen unterschieden. Die einfachsten Rechnernetze sind sogenannte Peer-to-Peer-Netze. Solche Netze sind durch eine gleichberechtigte Kommunikation zwischen unabhängigen Rechnern auf der gleichen hierarchischen Stufe gekennzeichnet. Jeder Rechner kann den anderen Netzteilnehmern Funktionen und Dienstleistungen anbieten oder Dienstleistungen von anderen Rechnern nutzen. Peer-to-Peer-Netze finden sich heute vorwiegend bei kleinen Netzen mit einer geringen Zahl von vernetzten PCs oder Workstations.

Das Konzept der Client-Server-Netzwerke beinhaltet die verteilte Datenverarbeitung in Rechnern, die über ein Kommunikationsnetz miteinander verbunden sind. Dabei wird die EDV-Anwendung in einen benutzernahen Teil (Client oder Frontend), der auf dem Endsystem des Benutzers abläuft, und einen von allen Benutzern gemeinsam genutzten Teil (Server, Backend) aufgeteilt. Client-Server-Netzwerke zeichnen sich durch die Existenz hierarchischer Gliederungen aus. Bestimmte Rechner im Netz stellen allen Teilnehmern ihre Dienste zur Verfügung. Diese Dienste können die Speicherung von Programmen und Daten, das Verwalten von Ausgabegeräten (Drucker, Plotter) oder Kommunikationsfunktionen sein. Client-Server-Netzwerke wurden zuerst im technisch-wissenschaftlichen Bereich mit Workstations realisiert und bilden heute die meistverbreitete Form von Netzwerken mit Personal Computers (PC-LANs).

Die Existenz von PC-LANs und LANs mit Workstations einerseits und von Netzen mit Abteilungs- und Grossrechnern andererseits erfordert Konzepte zur Integration aller Systeme. Diese Integration wird heute durch den Aufbau heterogener Netzwerke realisiert. Bei diesen Netzwerken handelt es sich in erster Linie um Client-Server-Netzwerke, die durch Verbindungen zu Abteilungs- und Grossrechnern erweitert werden. Der Anwender soll dabei möglichst auf alle Daten und Funktionen im Netz von seinem Arbeitsplatz aus zugreifen können, ohne dass er sich darum kümmern muss, welche Rechner an diesem Prozess beteiligt sind.

Netzwerktyp	Unternehmensgrösse: Anzahl Mitarbeiter im Unternehmen			
	1-19	20-99	100-499	>499
Peer-to-Peer-Netzwerk	●			
Client-Server-Netzwerk	●	●		
Heterogenes Netzwerk		●	●	●
Terminalnetzwerk		●	●	●

1

Der Stromverbrauch für einzelne Geräte und Komponenten wurde aufgrund der Informationen aus den Interviews und der zur Verfügung stehenden Daten in verschiedenen Datenbanken abgeschätzt. Es wurde zwischen dem Verbrauch im Betrieb und im Standby unterschieden. Dazu standen auch die Resultate aus früheren Arbeiten zur Verfügung [3].

Szenarien zur Ermittlung des Energieverbrauchs

Zur Ermittlung des Istzustandes und zur Berechnung mehrerer Zukunftsszenarien wurden die folgenden Schritte durchgeführt:

Für die in (1) gezeigten Kombinationen von Netzwerktyp und Unternehmensgrösse wurden typische Netzwerk-Konfigurationen ermittelt. Bei diesen Netzwerken wurde aufgrund des Stromverbrauchs der Geräte und Komponenten der jährliche Stromverbrauch eines Netzes ermittelt. Mit der bekannten Verteilung der Unternehmen wurde der Energieverbrauch für alle Unternehmen hochgerechnet. Unterschiedliche Betriebszeiten in den einzelnen Unternehmensklassen wurden berücksichtigt. Damit konnte der Gesamtverbrauch bestimmt werden.

Ergebnisse

In der Schweiz betreiben rund 40 000 Unternehmungen Netzwerke. Zwei Drittel der Schweizer Unternehmen mit 20 und mehr Mitarbeitern sind heute vernetzt. Der Anteil der Unternehmen mit Computernetzwerken steigt mit der Zahl der Mitarbeiter. Er erreicht bei Betrieben mit 500 und mehr Mitarbeitern 95%.

Aufgrund der Berechnungen der Studie beläuft sich der geschätzte Energiebedarf der Computernetzwerke in der Schweiz auf insgesamt 772 GWh. Dies sind rund 1,6% des schweizerischen Jahresverbrauchs an Elektrizität.

Neben der Erfassung des aktuellen Zustandes wurden Möglichkeiten zur Senkung des Energieverbrauchs untersucht. Einerseits wurde der auftretende Stromverbrauch bei konsequentem Einsatz der heute schon zur Verfügung stehenden energieoptimierten Geräte bestimmt. Durch ihren Einsatz liesse sich der Energieverbrauch um 27% auf 561 GWh senken. Diese Einsparungen lassen sich erreichen, wenn alle Netzwerkbetreiber bei ihren zukünftigen Anschaffungen energieoptimierte Geräte wählen.

Andererseits wurden die Auswirkungen eines Netzwerk-Energiemanagements, das heisst eines gezielten Abschaltens der Geräte ausserhalb der Nutzungszeiten, berechnet. Der Einsatz eines Energiemanagements bei allen Netzwerken würde zu einer Reduktion des Energieverbrauchs um 29% auf 550 GWh führen. Beträcht-

Jahresverbrauch Netzwerke Schweiz nach Gerätekategorien

Gerätekategorie	IST	Szenario 1 Energieoptimierte Geräte	Szenario 2 Energiemanagement	Szenario 3 Maximale Reduktion
	Jahresverbrauch in GWh			
Arbeitsplatzgeräte	175	71	176	72
Peripheriegeräte	37	13	37	13
Zentrale Rechner	481	401	288	236
Netzwerk-Komponenten	79	76	49	46
Jahresverbrauch total	772	561	550	367

2

Jahresverbrauch Netzwerke Schweiz nach Netzwerktypen

Netzwerktyp	IST	Szenario 1 Energie-optimierte Geräte	Szenario 2 Energie-management	Szenario 3 Maximale Reduktion
	Jahresverbrauch in GWh			
Peer-to-Peer-Netzwerk	14	4	14	3
Client-Server-Netzwerk	67	42	48	24
Heterogenes Netzwerk	528	363	384	247
Terminalnetz	163	152	104	93
Jahresverbrauch total	772	561	550	367

3

liche Einsparungen lassen sich durch ein Energiemanagement in erster Linie bei den zentralen Rechnern erreichen. Dies erfordert die Einrichtung eines gezielten Abschaltprozesses nach Betriebsschluss. Um erfolgreich eingesetzt zu werden, muss ein solches Energiemanagement automatisch ablaufen können. Entsprechende Versuche in Rechenzentren wurden bereits durchgeführt [4].

Ebenfalls berechnet wurde die Kombination beider Massnahmen. Damit könnte der Energieverbrauch um 52% auf 367 GWh gesenkt werden. Dies entspricht einer Einsparung in der Grössenordnung des Jahresverbrauchs einer Stadt wie St. Gallen mit 70 000 Einwohnern. (2) und (3) zeigen die Resultate der Szenarien im Vergleich.

Für beide Massnahmen liegt das grösste Sparpotential bei den grossen heterogenen Netzen mit zentralen Rechnern in den grösseren Unternehmungen. Dort sind Einsparungen von 132 GWh mit energieoptimierten Geräten und 110 GWh mit einem Energiemanagement möglich.

Ausblick

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass sowohl eine energieoptimierte Auswahl der Geräte als auch ein Netzwerk-Energiemanagement zu beträchtlichen Einsparungen führen können.

In Zukunft ist von einer weiteren Zunahme der Netzwerkzahl auszugehen. Neue weltweite Kommunikationsmöglichkeiten könnten die Zahl der Installationen auch bei Kleinunternehmen drastisch erhöhen. Zukünftige Untersuchungen sollten deshalb den energierelevanten Aspekten einer weltweiten Vernetzung gelten. Dabei müsste der Energieverbrauch der weltweiten öffentlichen und privaten Netze näher untersucht werden.

Literatur

[1]
Meyer & Schaltegger AG: Grundlagenarbeiten für Forschungsaktivitäten im Bereich Netzwerk-Energiemanagement. Forschungsprogramm Elektrizität, Bundesamt für Energiewirtschaft, Bern 1995

[2]
A. Lüthi (u.a.): Einsatz von Informatiktechnologien in Schweizer Unternehmen 1994. Institut für Informatik der Universität Freiburg und IHA Institut für Marktanalysen. Freiburg, Hergiswil 1994

[3]
Bundesamt für Energiewirtschaft: Die heimlichen Stromfresser, Standby-Verluste von Büro- und Unterhaltungselektronikgeräten. Abschlussbericht. BEW-Schriftenreihe Studie Nr. 51. Bern 1993

[4]
Bundesamt für Konjunkturfragen: RAVEL zahlt sich aus. 11 Praxislehrstücke, wie Ausgaben für einen rationellen Stromeinsatz zur lohnenden Investition werden. Bern 1994.

Adresse der Verfasser:
Gianclaudio Meyer, Dipl. Ing. ETH/SIA lic. oec. HSG, und *Björn Schaltegger,* Dipl. Ing. ETH/SIA lic. oec. HSG, c/o Meyer & Schaltegger AG, Singenbergstrasse 18, 9000 St.Gallen