

Projekt
*Klimaverträgliche Energieversorgung
in Baden-Württemberg*

Stromverbrauch für EDV-Anwendungen

Th. Schulze, U. Fahl, A. Voß
Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung
der Universität Stuttgart

Nr. 7 / April 1994

Arbeitsbericht

ISBN 3-930241-08-0
ISSN 0945-9553

***Akademie für Technikfolgenabschätzung
in Baden-Württemberg***

Nobelstr. 15, 70569 Stuttgart
Tel.: 0711/6783 - 0, Fax: 0711/6783 - 299

Die *Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg* gibt in loser Folge Aufsätze und Vorträge von Mitarbeitern sowie ausgewählte Zwischen- und Abschlußberichte von durchgeführten Forschungsprojekten als *Arbeitsberichte der Akademie* heraus. Diese Reihe hat das Ziel, der jeweils interessierten Fachöffentlichkeit und dem breiten Publikum Gelegenheit zu kritischer Würdigung und Begleitung der Arbeit der Akademie zu geben. Anregungen und Kommentare zu den publizierten Arbeiten sind deshalb jederzeit willkommen.

Vorbemerkung

Die Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg betreibt in Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen, energiewirtschaftlichen und administrativen Einrichtungen des Landes das Projekt *Klimaverträgliche Energieversorgung in Baden-Württemberg*. Im Rahmen dieses Projektes sollen die Optionen für eine Umstrukturierung des Energieversorgungs- und Energieverbrauchssystem in Baden-Württemberg mit dem Ziel der Reduktion der klimawirksamen CO₂-Emissionen um 25 - 30 % bis zum Jahr 2005 sowie weitergehender Perspektiven bis zum Jahr 2020 untersucht werden. Das Projekt gliedert sich in drei Phasen:

- I) In einer Reihe von Gutachten wurde der künftige Bedarf an Energiedienstleistungen in Baden-Württemberg prognostiziert und die verfügbaren Technologien und Strategien zu seiner Deckung dargestellt. Besonders beachtet wurden dabei die Potentiale der regenerativen Energieträger und die Möglichkeiten, den Energieverbrauch durch sparsame und effiziente Energieverwendung zu mindern (Juli 1993 - März 1994).
- II) In der gegenwärtigen, zweiten Phase entwirft der Gutachterkreis im Zusammenwirken mit der Akademie mehrere mögliche Szenarien für die Gestaltung des zukünftigen Energiesystems in Baden-Württemberg. Durch die Mitwirkung des gebildeten Projektbeirates soll die wissenschaftliche Expertise des Gutachterkreises um zusätzliche Aspekte vor allem aus energiewirtschaftlicher, politischer, industrieller und technischer Sicht ergänzt werden. Dauer der Phase II: April 1994 bis voraussichtlich November 1994.
- III) Nach Abschluß der wissenschaftlichen Arbeiten ist beabsichtigt, mit den bisherigen Projektergebnissen in eine Phase des gesellschaftlichen Diskurses einzutreten und dabei die Möglichkeiten auszuloten, über den wissenschaftlichen Konsens hinaus zu einem gesellschaftlichen Konsens über die Optionen der zukünftigen Energiesysteme in Baden-Württemberg zu gelangen.

Die abgeschlossene Phase I des Projektes hat zu einer Reihe Fachgutachten geführt, die als Materialiensammlung für den weiteren Projektprozeß dienen. Die Fachgutachten werden als Arbeitsberichte der Akademie publiziert. Die vorliegende Studie *Stromverbrauch für EDV-Anwendungen* des Instituts für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart ist Teil dieser Reihe. Eine Übersicht über die im Zusammenhang mit dem Projekt *Klimaverträgliche Energieversorgung in Baden-Württemberg* bereits herausgegebenen Arbeitsberichte kann der Schlußseite dieses Berichts entnommen werden. Eine synoptische Aufarbeitung der Gutachtenreihe, die Ergebnisse der Szenariophase sowie die Resultate des Diskursprozesses werden entsprechend dem weiteren Projektfortschritt publiziert.

Im April 1994

Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg

D. Schade

W. Weimer

Inhaltsverzeichnis

	Seite
0	Kurzfassung 1
1	Einleitung 5
2	Informations- und Kommunikationstechnologien im Büro 9
2.1	Technik und Organisation 9
2.2	Elektrische Bürogeräte und ihr Stromverbrauch 10
2.2.1	Der Bildschirmarbeitsplatz als Grundbaustein des Büros 10
2.2.2	Die Peripherie des Bildschirmarbeitsplatzes 15
2.2.3	Vom Einzelgerät zum Globalen Netzwerk — Elektronischer Datenaustausch 16
2.2.4	Der Mythos vom papierlosen Büro 19
2.2.5	Andere Aspekte der Büroautomatisierung 21
2.3	Die Nutzung von Bürogeräten 23
2.3.1	Betriebszeiten von elektrischen Geräten im Bürobereich 23
2.3.2	Benutzerverhalten, Motivation, Wissen und Werthaltungen 25
2.4	Erste Überlegungen zu Abschätzungen von Einsparpotentialen 27
3	Stromverbrauch für EDV-Anwendungen in Baden-Württemberg 33
3.1	Stromverbrauch für EDV-Anwendungen im Basisjahr 1990 33
3.1.1	Stromverbrauch für Computer 34
3.1.2	Stromverbrauch für Telekommunikation 36
3.1.3	Zusammenfassung der Ergebnisse für das Basisjahr 41
3.2	Szenarien für das Jahr 2005 42
3.2.1	Typische Arbeitsplatzkonfigurationen 43
3.2.2	Szenarienkonstruktion 44
4	Empfehlungen zur rationellen Energieanwendung im EDV-Bereich 47
	Literatur 49

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 2-1: Typischer Leistungsbedarf eines Personal Computers inkl. Peripherie	11
Abbildung 2-2: Durchschnittliche Leistungsaufnahme verschiedener Klassen von Personal Computern mit jeweils dem gleichen Prozessor	12
Abbildung 2-3: Leistungsaufnahme verschiedener Monitortypen	13
Abbildung 2-4: Durchschnittlicher Stromverbrauch von Druckern mit unterschiedlichen Verfahren	14
Abbildung 2-5: Referenzarchitektur eines Multimedia Arbeitsplatzsystems	15
Abbildung 2-6: Zusammensetzung des direkten Energieverbrauchs eines Thermofaxgerätes	17
Abbildung 2-7: Wachstum des Weltmarktes für tragbare Computer	19
Abbildung 2-8: Zusammensetzung des Stromverbrauchs eines Kopiergerätes	21

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 2-1: Stromverbrauch pro bedruckte Seite DIN A4 für verschiedene Geräte und Verfahren	20
Tabelle 3-1: Strombedarf für Computer in der Bundesrepublik Deutschland 1990	35
Tabelle 3-2: Energieverbrauch des Telefonnetzes und der darüber betriebenen Dienste für die Bundesrepublik Deutschland (alt) im Jahr 1991	38
Tabelle 3-3: Energieverbrauch des Integrierten Datennetzes und der darüber betriebenen Dienste für die Bundesrepublik Deutschland (alt) im Jahr 1991	39
Tabelle 3-4: Energieverbrauch der mobilen Telekommunikationsdienste für die Bundesrepublik Deutschland (alt) im Jahr 1991	40
Tabelle 3-5: Direkter Energieverbrauch für Telekommunikation in der Bundesrepublik Deutschland (alt) im Jahr 1991	41
Tabelle 3-6: Szenarien für den Umfang des für EDV-Anwendungen erforderlichen Strombedarfs für Baden-Württemberg im Jahr 2005.	45

0 Kurzfassung

Von allen denkbaren Technikfolgen des Einsatzes moderner Kommunikations- und Informationstechnologien soll im Teilgutachten „Stromverbrauch für EDV-Anwendungen“ nur ein bestimmter Aspekt herausgegriffen werden: auch der Betrieb dieser Techniken erfordert Strom, ohne daß genau bekannt ist, wieviel. Diese Untersuchung soll das Einzelgutachten 1 zum Bedarfsszenario und das Einzelgutachten 4 zur rationellen Energieanwendung bei den Haushalten in diesem Punkt ergänzen und im Rahmen einer ersten Abschätzung für Baden-Württemberg den Stromverbrauch von Informations- und Kommunikationssystemen sowie entsprechende Einsparpotentiale ermitteln.

Drei Entwicklungen ermöglichten den heutigen universellen Einsatz von Informations- und Kommunikationssystemen als Werkzeuge im Büro. Zunächst wurde eine beispiellose technische Entwicklung bei den dafür verwendeten Technologien von einem rapiden Preisverfall begleitet. Dieses günstige Preis-/Leistungsverhältnis kommt aber nur deshalb zum Tragen, weil auch bei der Mensch-Computer-Interaktion erhebliche Fortschritte erzielt werden konnten. Schließlich erlaubt die zunehmende Vernetzung von Arbeitsplätzen eine Optimierung des Zusammenspiels im Arbeitsprozeß innerhalb des Büros und zwischen verschiedenen Unternehmenseinheiten.

Die wichtigsten stromverbrauchenden Funktionen am Bildschirmarbeitsplatz sind Datenverarbeitung, Datenspeicherung sowie Datenein- und -ausgabe. Wenn im folgenden den verschiedenen Gerätetypen und -klassen ihr jeweiliger Leistungsbedarf gegenübergestellt wird, werden soweit wie möglich Meßwerte herangezogen. Denn es bestehen gerade im Kleingerätebereich erhebliche Abweichungen zwischen Herstellerangaben und der gemessenen Leistung.

Im Mittel betrug die Leistungsaufnahme der untersuchten PC (ohne Monitor) 50 W mit Schwankungen innerhalb einer Leistungsklasse von etwa 25 %. Für die leistungsfähigen 486-er sind es 79 W, jeweils ohne große Unterschiede zwischen Standby- und Normalbetrieb. Erst in letzter Zeit werden Elemente aus den tragbaren Laptop-Computern, die bei gleicher Leistungsfähigkeit nur ein Fünftel des Stroms von normalen PC verbrauchen, auch in Standardrechnern eingesetzt. Ziel eines derartigen Power-Managements ist es, den Energieverbrauch in den teilweise beachtlichen Leerlaufzeiten ohne große Einschränkungen des Bedienungskomforts und der Kommunikationsfähigkeit der Rechner im Netzwerk auf einige Watt zu reduzieren.

Auch der Stromverbrauch der meist verwendeten Kathodenstrahl-Bildschirme steigt mit zunehmender Größe, Auflösung und Farbigkeit an. Die in Laptops verwendeten LCD-Bildschirme brauchen selbst bei Hintergrundbeleuchtung nur ein Zehntel des Stromverbrauchs eines normalen Monitors. Sie gelten allerdings (derzeit noch) als weniger komfortabel. Bei den herkömmlichen

Bildschirmen kann beispielsweise der Verbrauch eines farbigen 15-Zoll Bildschirms im Standby-Modus von 66 W auf 8 W reduziert werden.

Im Rahmen dieser Untersuchung werden auch zwei Anhaltspunkte dahingehend aufgezeigt, wo eine isolierte Betrachtung des Stromverbrauchs sicher nicht ausreicht. So ist erstens beim Drucken der Einfluß der Papierwahl mehr als 20 mal so groß wie der des Druckverfahrens, zumindest wenn man vom Standby-Verbrauch absieht. Bei allen methodischen Unsicherheiten deutet eine energetische Input-Output Analyse darauf hin, daß der jeweilige Anteil von Herstellung und Nutzung am kumulierten Primärenergieaufwand eines PC in der gleichen Größenordnung liegen.

Bei der Verwendung von Computern im Büro muß zwischen dem Betrieb des Systems und seiner tatsächlichen Nutzung unterschieden werden. Aus diversen Angaben zu Betriebszeiten, den Ergebnissen einer Schweizer Studie zum Benutzerverhalten im Bürobereich sowie Beobachtungen am IER ergibt sich, daß höchstens 65 bis 80 % der PC gleichzeitig in Betrieb sind. Darüber hinaus werden auch noch jeweils 60 bis 90 % aller angeschalteten PC gerade nicht verwendet. Letztlich sind wohl nur ein Drittel des PC-Bestandes "bei der Arbeit".

Grundsätzlich werden in der Literatur verschiedene Möglichkeiten unterschieden, um im Bereich der elektrischen Bürogeräte Strom einzusparen: Überprüfen der technischen Anforderungen, Beachtung von Unterschieden im Strombedarf, Verwendung von "Power Management" und Abschaltung nicht benutzter Geräte. Diese Alternativen werden folgendermaßen beurteilt. Bei der Auswahl des Gerätes werden wohl weder Anforderungssenkungen noch (statistische) Unterschiede im Stromverbrauch zu entscheidenden Reduktionen führen. Wesentliche Einsparungen sind von technischen Entwicklungen und Effizienzsteigerungen zu erwarten. Eine derartige Entwicklung hat schon begonnen und weist eine erhebliche Dynamik auf. Schon jetzt sind problemlos Reduktionen des Jahresstromverbrauchs um 60 % möglich; neueste Entwicklungen im Notebook-Bereich lassen noch erheblich mehr erwarten. Aber auch individuelle und gemeinsame Maßnahmen der Benutzer können zu einer Vermeidung unnötiger Betriebszeiten vor allem älterer Geräte führen, wobei der Umfang dieser Zeiten und die Realisierbarkeit während der Bürozeit schwer abzuschätzen sind. Am Wochenende und nachts müßten allerdings viele Geräte nicht in Betrieb sein.

Bislang wurden nur die den Bürobereich zunehmend dominierenden Personal Computer und ihre Peripherie im weitesten Sinne betrachtet. Grundsätzlich konkurrieren aber zwei unterschiedliche Konzepte einer Realisierung von EDV-Systemen miteinander: der Betrieb einer zentralen Rechenanlage mit daran angeschlossenen Terminals und die dezentrale Installation von Personal Computern bzw. "Workstations" am Arbeitsplatz. Im Rahmen einer Untersuchung des derzeitigen

Stromverbrauchs für Informations- und Kommunikationstechnologien sind also auch die Großrechner und die Telekommunikationsinfrastruktur zu berücksichtigen.

Eine mit großen Unsicherheiten behaftete Abschätzung ergibt für den Stromverbrauch von Computern in der Bundesrepublik Deutschland (alt) 13,6 TWh im Jahr 1990, was etwa 2,8 % des gesamten Endenergieverbrauchs an Elektrizität entspricht (vgl. Tabelle). Für das Bundesland Baden-Württemberg ergeben sich 2,2 TWh/a. Die Hauptunsicherheit des erzielten Ergebnisses liegt in den notwendigen Annahmen über den Verbrauch der großen, zentralen Rechenanlagen, deren Beitrag maßgeblich die Höhe des Ergebnisses charakterisiert.

Tabelle: Strombedarf für Computer in der Bundesrepublik Deutschland 1990 (alt)

Computerklasse	Anzahl	Mittlere Leistung [kW]	Mittlere Einschalt- zeit [h/d]	Stromverbrauch [TWh/a]
Große Systeme	15.000	50,0	24	6,6
Mittlere Systeme	93.000	7,0	17	4,0
Kleine Systeme	237.000	3,0	6	1,6
Mikrocomputer	5.000.000	0,15	5	1,4
Summe				13,6

Anhand einer detaillierten Analyse des Telekommunikationssystems wurde der direkte Energieverbrauch für die Telekommunikationsdienste der Deutschen Bundespost TELEKOM ermittelt. Ausgehend vom universellen Fernmeldelinienetz und seinen Einrichtungen werden dann die verschiedenen Telekommunikationsnetze und danach die darauf betriebenen Telekommunikationsdienste erfaßt. Insgesamt ergibt sich als direkter Energieverbrauch für Telekommunikation (ohne den Computeranteil) in der Bundesrepublik Deutschland des Jahres 1991 etwa 1 TWh, das entspricht für das Land Baden-Württemberg etwa 0,2 TWh im Jahr 1990.

Was den zukünftigen Stromverbrauch betrifft, so unterscheiden sich drei denkbare Szenarien für das Jahr 2005 um einen Faktor 3 und reichen von einer Beibehaltung des bisherigen gesamten Stromverbrauchs, der aber etwas effektiver eingesetzt wird, bis zu einer Reduktion des bisherigen Verbrauchs auf ein Drittel trotz starker weiterer Diffusion von Computern. Diese günstige Variante setzt aber auch engagiertes Handeln voraus.

Im Bereich der Informationstechniken können Einsparpotentiale offenbar auch dadurch definiert werden, daß man aufgrund machbarer Techniken gemeinsam mit den Herstellern den Stromverbrauch als Zielvorgabe festlegt und mit einem Logo kennzeichnet. Dies stellt wohl zusammen mit der öffentlichen Einkaufspolitik die wichtigste Maßnahme einer rationellen Stromanwendung im EDV-Bereich dar. So haben die Aktivitäten der Environmental Protection Agency (EPA) vermutlich schon weltweit Stromeinsparungen in erheblichem Umfang ausgelöst, ohne allerdings die Möglichkeiten schon voll auszuschöpfen. Hier könnte das Land Baden-Württemberg für Deutschland eine führende Rolle übernehmen.

Insbesondere muß sichergestellt werden, daß die jetzt im Mikrocomputer verwendeten Verfahren auch - soweit technisch sinnvoll - bei den bislang den Stromverbrauch dominierenden größeren Systemen Einzug finden und der Herstellungs- und Wiederverwertungsprozeß nicht vernachlässigt wird. Im derzeitigen Zustand sind aber einfache Verhaltensmaßnahmen, wie das Abschalten am Wochenende, noch längst nicht überflüssig. Dabei sind zunächst Informationsmängel zu beseitigen und davon ausgehend geeignete Richtlinien zu formulieren.

1 Einleitung

Moderne Industriegesellschaften unterliegen einem ständigen Wandel. Die aktuelle Entwicklung ist dabei mit den unterschiedlichsten Begriffen belegt worden; so ist von der Entwicklung zur Informationsgesellschaft oder der nachindustriellen Gesellschaft, und vom Computerzeitalter oder der Wissenswirtschaft die Rede /Beniger, 1986/. Zu den zentralen Problemen gehört dabei die Frage, ob durch zunehmende Kommunikationsmöglichkeiten auch neue wirtschaftliche, möglicherweise umweltverträglichere Strukturen entstehen /Binswanger, 1992/.

Eine umfassende Diskussion des Entstehungs- und Wirkungsgefüges moderner Kommunikations- und Informationstechnologien kann im Rahmen dieser Untersuchung nicht erfolgen. Im Rahmen dieser Einführung sollen lediglich einige Gesichtspunkte angesprochen werden, ohne deren Berücksichtigung die beabsichtigte Analyse dieser Technologien unter energiewirtschaftlichen Gesichtspunkten zusammenhanglos bliebe und zu falschen Schlußfolgerungen bei der Formulierung energiepolitischer Empfehlungen führen könnte. Diese Gesichtspunkte betreffen

- die zentrale Rolle der Schlüsseltechnologien im Kommunikationsbereich für die gesamtwirtschaftliche Entwicklung und den intersektoralen Strukturwandel,
- die zunehmende Bedeutung der entsprechenden Produktions- und Dienstleistungsbereiche für die volkswirtschaftliche Leistungserstellung,
- die durch die Produktion und Entsorgung der derzeit verwendeten Informationssysteme verursachten Umweltbelastungen und Energieaufwendungen,
- die schwer einzuschätzenden indirekten Auswirkungen des Mikroelektronikeinsatzes auf den gesamten Energieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland, die von der Energieeinsparung durch Prozeßoptimierung über Verkehrsvermeidung, aber auch -induktion bis zum Entstehen völlig neuer Produkte und Dienstleistungen reichen (vgl. /Walker, 1985/),
- die bei aller Neuheit der derzeitigen technischen Informationssysteme durchaus nachvollziehbare Kontinuität in dem Bemühen gesellschaftlicher Gruppen, die seit der industriellen Revolution immer komplexeren Produktions- und Konsumvorgänge zu steuern bzw. zu koordinieren /Beniger, 1986/,
- die unabsehbaren Folgen einer technisch gestützten "Informatisierung" der Gesellschaft in sozialer und persönlicher Hinsicht (vgl. /Famulla, u. a., 1992/ oder /Postman, 1992/)

Von allen diesen Technikfolgen, deren Liste sich auch durchaus noch ergänzen ließen, soll hier nur ein bestimmter, vielleicht vergleichsweise banal erscheinender Aspekt herausgegriffen werden: auch der Betrieb dieser Techniken erfordert Strom, ohne daß genau bekannt ist, wieviel.

EDV-Anwendungen finden in allen Bereichen von Wirtschaft und Gesellschaft zunehmende Verbreitung. Eine wesentliche Ursache dieser Entwicklung liegt in der ständigen Verbesserung des Preis-/Leistungsverhältnisses von Computern, insbesondere von Personal Computern. Auch wenn Information selbst immateriell ist, so brauchen doch die Geräte zu ihrer Verarbeitung und Speicherung Energie, also konkret Elektrizität.

Vor dem Hintergrund des postulierten Übergangs zur Informationsgesellschaft stellen Computer also eine energiewirtschaftlich relevante Gruppe stromverbrauchender Geräte dar /Spreng, Aebischer, 1990; Norford, u. a., 1990/. Für die Schweiz bzw. die USA werden jeweils für EDV-Anwendungen etwa 2 bis 3 Prozent des Stromverbrauchs angegeben. Dies gilt für die Bundesrepublik vermutlich wohl in ähnlichem Umfang, ist aber bislang noch nicht genauer untersucht worden. Besonders für den Betrachtungszeitraum des Projekts „Klimaverträgliche Energieversorgung in Baden-Württemberg“ der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg wäre sogar noch eine Zunahme des Stromverbrauchs denkbar, weil die Diffusion dieser Technologien mit hoher Geschwindigkeit weitergeht. Andererseits werden sich möglicherweise langsam auch am Markt effizientere Geräte durchsetzen.

Das Teilgutachten „EDV-Anwendungen“ soll das Einzelgutachten 1 zum Bedarfsszenario und das Einzelgutachten 4 zur rationellen Energieanwendung bei den Haushalten in diesem Punkt ergänzen und im Rahmen einer ersten Abschätzung für Baden-Württemberg den Stromverbrauch von Informations- und Kommunikationssystemen sowie entsprechende Einsparpotentiale ermitteln. Besonderes Augenmerk verdient wegen seiner zunehmenden wirtschaftlichen Bedeutung und der relativ hohen EDV-Durchdringung dabei der Dienstleistungsbereich. Mögliche Wechselwirkungen zwischen dem Einsatz von Informationstechniken und dem Verkehrsaufkommen werden im Rahmen des Einzelgutachtens 15 „Verkehrsvermeidung und -verlagerung“ behandelt.

Im einzelnen sind hier die nachfolgend beschriebenen, nicht voneinander unabhängigen, Teilaspekte zu berücksichtigen. Wegen der erwähnten Eigenheiten neuer Informations- und Kommunikationstechniken wurde auf eine Bewertung anhand des vorgeschlagenen Kriterienkataloges verzichtet.

Im Rahmen einer *Technologiebeschreibung* werden zunächst die derzeit eingesetzten Geräte (Computer, Bildschirme, Drucker etc.) und ihre Anwendungsgebiete im Bürobereich dargestellt (vgl. Kapitel 2.1). Entsprechend der identifizierten Gerätetypen und Leistungsklassen wird dann

deren jeweiliger Leistungsbedarf ermittelt (vgl. Kapitel 2.2). Neben dem Energieaufwand sind an dieser Stelle auch andere durch Computer verursachte Umweltprobleme (z. B. Sondermüll, CKW-Lösemittel) anzusprechen.

Bei der Verwendung von Computern, vor allem im Büro, besteht ein wesentlicher Unterschied zwischen Betrieb und *Nutzung*. Hier sind die Betriebsgewohnheiten für die einzelnen Technologien zu untersuchen, soweit die Datenlage dies zuläßt. Darüber hinaus ist aber zu prüfen, inwieweit der Betriebsmodus überhaupt die jeweiligen Nutzungsanforderungen widerspiegelt (vgl. Kapitel 2.4). Hier können schon erste Aussagen zu Einsparmöglichkeiten durch technische und verhaltensändernde Maßnahmen getroffen werden (vgl. Kapitel 2.4)

Danach sind die bisherige Verbreitung und die absehbare *Diffusion* der derzeit verbreiteten EDV-Geräte abzuschätzen. Zusammen mit den Ergebnissen zur Nutzung und zum Stromverbrauch ist dies Voraussetzung für die Ermittlung des aggregierten Elektrizitätsbedarfs für EDV-Anwendungen. Während für das Basisjahr Computer- und Telekommunikationsanwendungen getrennt untersucht werden (vgl. Kapitel 3.1), sollen die Szenarien in Kapitel 3.2 nur helfen, einige wesentliche Trends in der Informatisierung der Bürowelt hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den Stromverbrauch einzuordnen.

Die besondere Bedeutung von *Innovationen* für die gesamte Entwicklung des EDV-Marktes zieht sich als roter Faden durch die meisten Abschnitte. Zu den möglichen Maßnahmen der rationellen Stromanwendung (vgl. Kapitel 4) gehört auch ihre zielgerichtete Stimulation.

Neben entsprechenden Fachzeitschriften und energetischen Untersuchungen wird darum auch auf Quellen aus dem Wirtschaftsbereich zurückgegriffen; denn dort fallen die Entscheidungen, welche jetzt und in Zukunft den Stromverbrauch beeinflussen. In Anlehnung an /Fröschle, 1993/ und /KFZ, 1993/ wird auch davon ausgegangen, daß durch Beobachtungen am eigenen Arbeitsplatz, d. h. am IER, Erkenntnisse über das Nutzungsverhalten gewonnen werden können.

2 Informations- und Kommunikationstechnologien im Büro

In einer funktionsorientierten Betrachtungsweise stellt das Büro einen Ort dar, an dem Informationen gesammelt, erfaßt, gespeichert, bearbeitet, reproduziert und weitergeleitet werden /Bullinger, 1989/. Die Büro-Realität wird aber auch von anderen Faktoren geprägt, so etwa von einer bestimmten Ausstattung, die neben Schreibtisch, Stuhl und Telefon auch zunehmend einen "Bildschirm" beinhaltet, und von Inhalten, die ein weites Spektrum von ausführenden bis zu rein gedanklichen Prozessen umfassen. Damit verschwindet allerdings auch die herkömmliche räumliche Konzentration und personelle Zusammensetzung des klassischen Büros. Insbesondere dürfte in Zukunft eine Unterscheidung zwischen dem Haushalts- und dem Erwerbsbereich an Bedeutung verlieren.

Im folgenden sollen büroähnliche Arbeitsplätze betrachtet werden, die aufgrund ihrer zunehmenden Unterstützung durch elektronische Informations- und Kommunikationstechnologien auch auf eine zuverlässige informations- und energietechnische Infrastruktur angewiesen sind. Zunächst wird in Kapitel 2.1 die Bedeutung dieser neuen Technologien für die Büroarbeit diskutiert. Eine Übersicht über die wichtigsten elektrischen Bürogeräte und ihren (derzeitigen) Stromverbrauch (vgl. Kapitel 2.2) wird dann um Untersuchungen zum Nutzungsverhalten ergänzt (vgl. Kapitel 2.3), um erste Aussagen über Stromverbrauch und Einsparpotentiale im Büro (vgl. Kapitel 2.4) zu ermöglichen.

2.1 Technik und Organisation

Drei Entwicklungen ermöglichten den heutigen universellen Einsatz von Informations- und Kommunikationssystemen als Werkzeuge im Büro. Zunächst wurde eine beispiellose technische Entwicklung bei den dafür verwendeten Technologien von einem rapiden Preisverfall begleitet. Ob Rechnerarchitektur, Prozessorleistung, Speicherkapazität oder Datenübertragung: heutige Systeme sind bei einem geringeren Preis meist um Größenordnungen leistungsfähiger als ihre Vorgänger. Dieses günstige Preis-/Leistungsverhältnis kommt aber nur deshalb zum Tragen, weil auch bei der Mensch-Computer-Interaktion erhebliche Fortschritte erzielt werden konnten /Bullinger, 1989/. Schließlich erlaubt die zunehmende Vernetzung von Arbeitsplätzen eine Optimierung des Zusammenspiels im Arbeitsprozeß innerhalb des Büros und zwischen verschiedenen Unternehmenseinheiten.

Das Schlagwort vom "Global LAN", vom globalen "Local Area Network", macht deutlich, daß diese Vernetzung zunehmend umfangreicher sein wird und eine weitgehende Trennung von Anwendungsprogrammen und Datenhaltung erlaubt. In den nächsten Abschnitten sollen die elektrischen Bürogeräte, ausgehend vom Mikroprozessor über Systeme zur Datenein- und ausgabe

bis hin zu den Schnittstellen mit Telekommunikationsnetzen, behandelt werden. Dabei wird jeweils auf Funktionen, unterschiedliche Verfahren, technische Entwicklungen und den jeweiligen Stromverbrauch eingegangen.

2.2 Elektrische Bürogeräte und ihr Stromverbrauch

Natürlich begann die Elektrifizierung des Büros schon vor der Einführung des Mikroprozessors. So braucht auch eine elektrische Schreibmaschine in Bereitschaft etwa 12 W Leistung /Huser, u. a., 1992/. Hier soll aber vor allem die durch den EDV-Einsatz anfallende Stromnachfrage untersucht werden. Derzeit konkurrieren zwei unterschiedliche Konzepte einer Realisierung von EDV-Systemen miteinander: der Betrieb einer zentralen Rechenanlage mit daran angeschlossenen Terminals und die dezentrale Installation von Personal Computern bzw. "Workstations" am Arbeitsplatz. In diesem Abschnitt sollen nur die den Bürobereich zunehmend dominierenden Personal Computer und ihre Peripherie im weitesten Sinne betrachtet werden. Wenn auch davon ausgegangen werden kann, daß die Bedeutung von Großrechnern relativ abnimmt bzw. zunehmend in der Übernahme von Server-Funktionen liegt, so spielt ihr Stromverbrauch doch eine wesentliche Rolle (vgl. Kapitel 3.1). Die hier vorgenommene Konzentration auf den Bildschirmarbeitsplatz erlaubt aber später (vgl. Kapitel 3.2) eine übersichtliche Konstruktion von Szenarien, in denen der Zentralisierungsgrad der Rechenleistung weniger den durchschnittlichen Leistungsbedarf beeinflußt, als vielmehr aufgrund unterschiedlicher Laufzeiten den Jahresenergieverbrauch. Zentrale Anlagen sind typischerweise auch länger in Betrieb.

Wenn im folgenden den verschiedenen Gerätetypen und -klassen ihr jeweiliger Leistungsbedarf gegenübergestellt wird, werden soweit wie möglich Meßwerte herangezogen. Denn es bestehen gerade im Kleingerätebereich erhebliche Abweichungen zwischen Herstellerangaben und der gemessenen Leistung /Norford, u. a., 1990/. Einige Geräte verbrauchen auch dann Strom, wenn sie ausgeschaltet sind. Insgesamt sind darum bei der Betrachtung von Bürogeräten drei Betriebszustände zu unterscheiden: neben dem Arbeitszustand und dem ausgeschalteten Zustand noch ein Standby-Betrieb, in dem die Geräte auf ihren Einsatz warten.

2.2.1 Der Bildschirmarbeitsplatz als Grundbaustein des Büros

Die wichtigsten stromverbrauchenden Funktionen am Bildschirmarbeitsplatz sind Datenverarbeitung, Datenspeicherung sowie Datenein- und -ausgabe. Beim Desktop-PC bestimmen dann auch die Wahl des Prozessors und des Bildschirms den Strombedarf. An dieser Stelle soll auch schon der Drucker berücksichtigt werden, weil er mittlerweile zur Standardausstattung gehört. In Abbildung 2-1 wird die typische Aufteilung der Leistungsaufnahme eines PC auf die verschiedenen Bauteile gezeigt /Spreng, Aebischer, 1990/. Bei der Beschreibung der einzelnen Geräte

werden die Festspeicherplatten aber nicht mehr gesondert betrachtet und die Computer anhand ihrer Prozessoren, und damit ihrer Rechenleistung, klassifiziert.

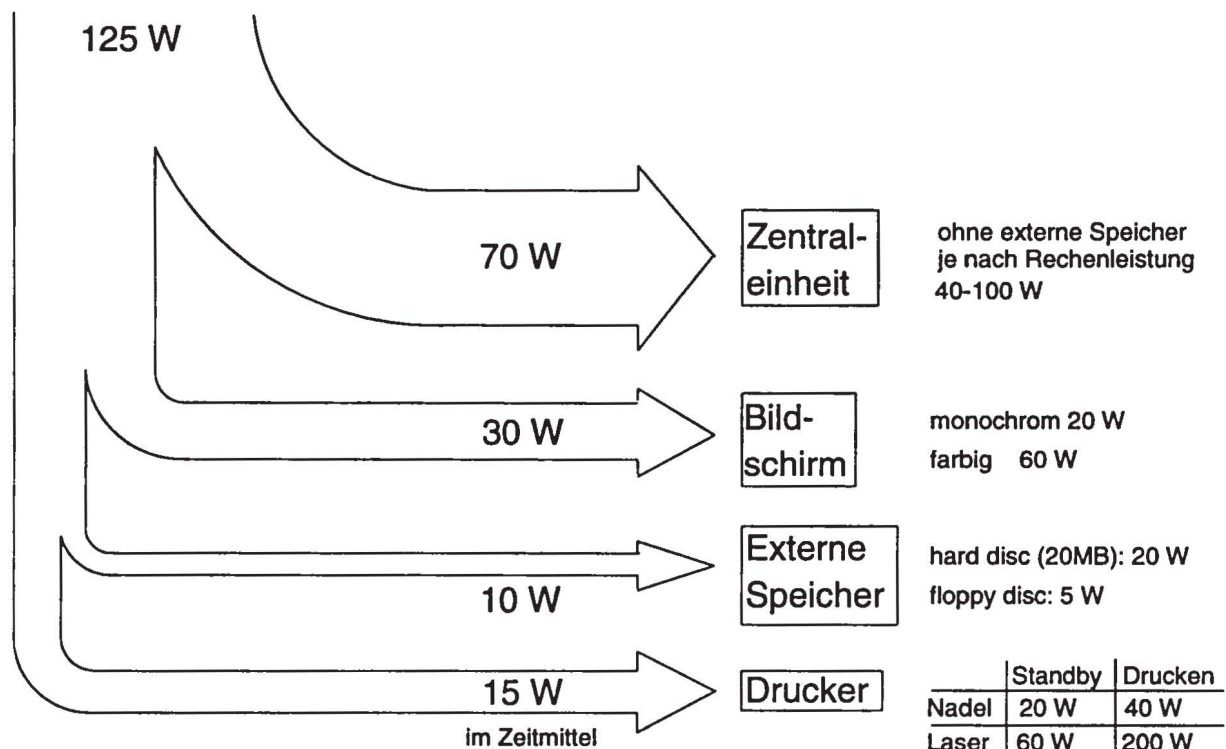


Abbildung 2-1: Typischer Leistungsbedarf eines Personal Computers inkl. Peripherie

Im Prozessorbereich wurden die in den letzten Jahren erzielten technischen Verbesserungen bislang fast ausschließlich in Leistungssteigerungen umgesetzt. Abbildung 2-2 zeigt durchschnittliche, gemessene Werte des Stromverbrauchs von verschiedenen Computern in Abhängigkeit vom Prozessor. Dabei sind z. T. unterschiedliche Leistungsmerkmale, etwa zusätzliche Steckkarten, berücksichtigt worden. Die Schwankungen innerhalb einer Leistungsklasse betragen etwa 25 %. Der Mittelwert der Leistungsaufnahme aller dort untersuchten PC betrug (ohne Monitor) 50 W, für die leistungsfähigen 486-er 79 W /Huser, u. a., 1992/, jeweils ohne große Unterschiede zwischen Standby- und Normalbetrieb.

Erst in letzter Zeit werden Elemente aus den tragbaren Laptop-Computern, die bei gleicher Leistungsfähigkeit nur ein Fünftel des Stroms von normalen PC verbrauchen, auch in Standardrechnern eingesetzt. Dabei wird vor allem der Standby-Verbrauch reduziert bzw. um einen "Suspend-Modus" ergänzt /c't, 1993/. Ziel eines derartigen Power-Managements ist es, den Energieverbrauch in den teilweise beachtlichen Leerlaufzeiten (vgl. Kapitel 2.3) ohne große Einschränkungen des Bedienungskomforts und der Kommunikationsfähigkeit der Rechner im Netzwerk zu reduzieren. Dazu wird der Rechner durch schrittweise Abschaltung von (über Zeit-

Leistung [W]

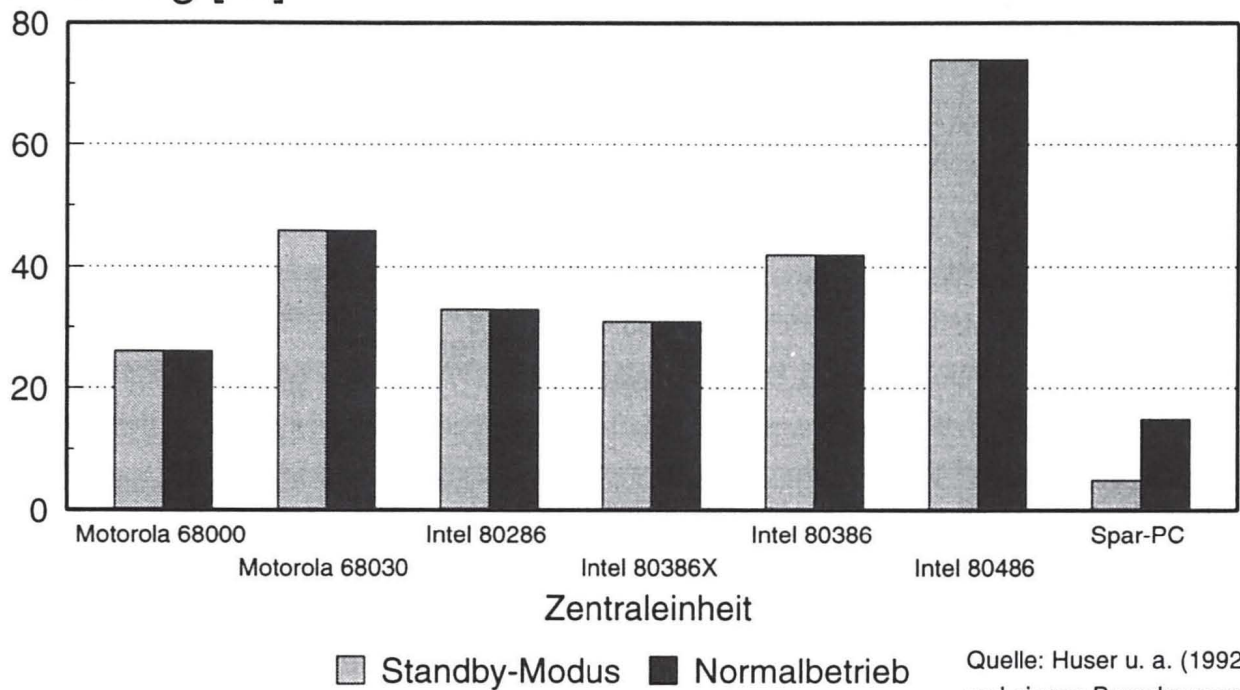


Abbildung 2-2: Durchschnittliche Leistungsaufnahme verschiedener Klassen von Personal Computern mit jeweils dem gleichen Prozessor

spannen einstellbarer Länge) nicht gebrauchten Komponenten in einen weitgehend inaktiven Zustand versetzt, aus dem er durch Tastendruck des Benutzers wieder hervorgeholt werden kann, der sich dann an genau der gleichen Stelle im Anwendungsprogramm wiederfindet.

Wegen den unterschiedlichen Kombinationen der verschiedenen Einsparmöglichkeiten und diverser "Kinderkrankheiten" erscheint aber die Bildung eines Mittelwerts für die ersten, gerade am Markt erhältlichen, Modelle wenig sinnvoll. Abbildung 2-2 wurde deshalb um derzeit schon realisierte Werte von 20 W im Normalbetrieb und 5 W im "Suspend"-Modus ergänzt, der hier nicht weiter vom Standby-Modus unterschieden werden soll. Der gelegentlich noch vorhandene Stromverbrauch im ausgeschalteten Zustand /c't, 1993/ sollte sich problemlos eliminieren lassen.

Abschließend sei noch auf drei spezielle Aspekte des PC-Stromverbrauchs hingewiesen. Erstens weisen die verwendeten Netzteile nicht immer einen guten Wirkungsgrad auf. Manchmal erreichen nur 40 % der vom Netz entnommenen Elektrizität als Gleichstrom überhaupt den Prozessor /c't, 1993/. Hier sollten sich ohne größere Probleme Wirkungsgrade von 80 % erreichen lassen /Markt & Technik, 1993/. Neben den bislang diskutierten Wirkleistungen können bei Geräten mit kapazitiven (Kondensatoren) und induktiven (Spulen) Bauteilen Scheinleistungen und Blindströme auftreten, die zwar nicht abgerechnet werden, aber Netzauslegung

und -stabilität beeinträchtigen. Im PC-Bereich kann die Scheinleistung doppelt so hoch wie die Wirkleistung sein /Spreng, 1989/. Während dies vor allem die Energieversorgungsunternehmen (und indirekt alle ihre Kunden) betrifft, haben die Computernutzer häufig noch unter einem dritten Problem, nämlich der Lärm- und Staubeentwicklung durch die zur Kühlung verwendeten Lüfter, zu leiden. Auch hier schneiden neue PC-Generationen wegen des dort möglichen Verzichts auf Lüftung erheblich besser ab. Weitere Aspekte, die im Rahmen einer ganzheitlichen Bilanzierung ("Ökobilanz") des Einsatzes von Bürokommunikationstechniken zu berücksichtigen wären, werden in Kapitel 2.2.5 angesprochen.

Auch der Stromverbrauch der meist verwendeten Kathodenstrahl-Bildschirme steigt mit zunehmender Größe, Auflösung und Farbigkeit an (vgl. Abbildung 2-3).

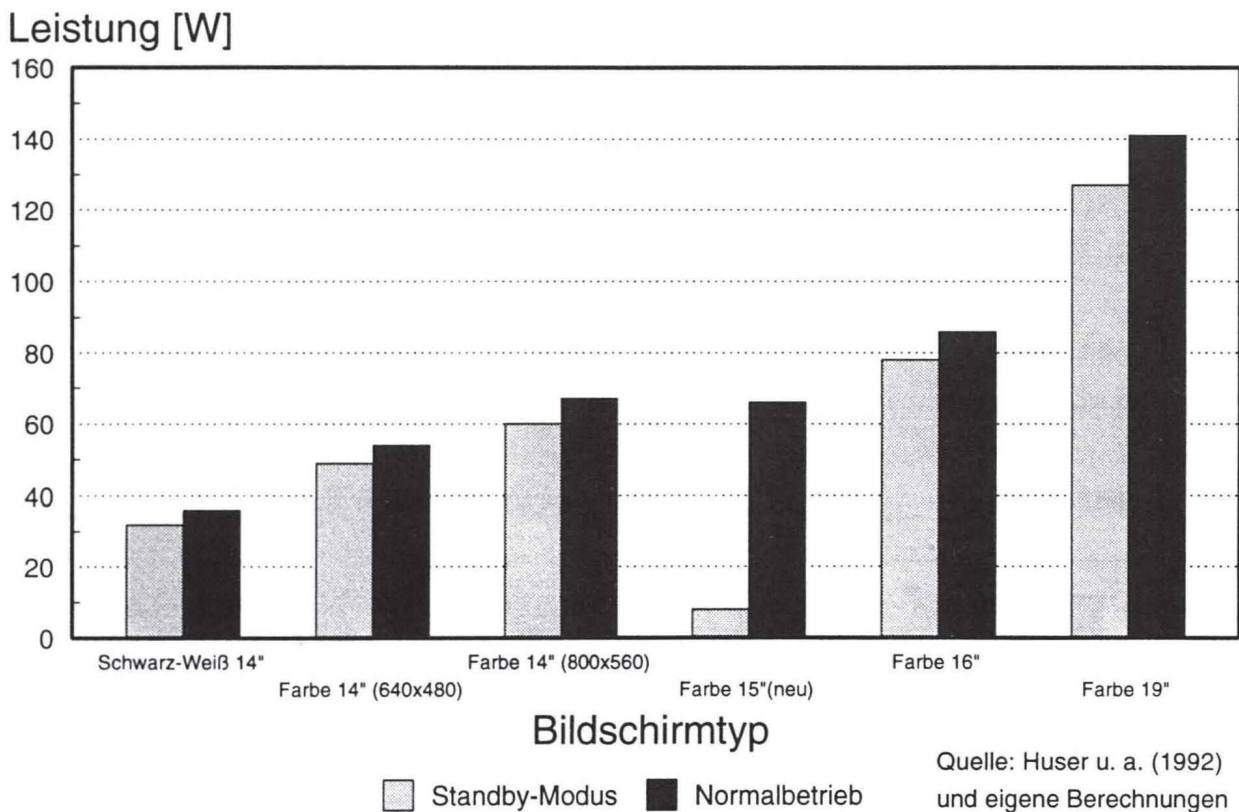


Abbildung 2-3: Leistungsaufnahme verschiedener Monitortypen

In den einzelnen Leistungsklassen bestehen wiederum Unterschiede von etwa 25 %. Die in Laptops verwendeten LCD-Bildschirme brauchen selbst bei Hintergrundbeleuchtung nur ein Zehntel des Stromverbrauchs eines normalen Monitors /Huser, u. a., 1992/. Sie gelten allerdings (derzeit noch) als weniger komfortabel. Bei den herkömmlichen Bildschirmen wird im Standby-Modus durch Verdunklung Strom gespart (vgl. Abbildung 2-3). Neuere Produkte verbrauchen deutlich weniger. Beispielsweise kann der Verbrauch eines farbigen 15-Zoll Bildschirms von 66 W im Normalbetrieb auf 8 W im Standby-Modus reduziert werden /c't, 1993/.

Wenn auch Drucker nicht direkt an allen Arbeitsplätzen vorhanden sind, so ist doch der Zugang zu einem Gemeinschaftsdrucker so gut wie immer möglich. Für das Bedrucken von Papier werden verschiedene Techniken verwendet. Bei Aufschlagdruckern (Matrix bzw. Typenrad) werden Punkte oder Zeichen über ein Farbband auf das Papier gedruckt. Tintenstrahl-, Laser- und Thermodrucker arbeiten aufschlagsfrei. Bei Tintenstrahldruckern werden kleine Tintentröpfchen durch Düsen gepreßt und auf das Papier gedruckt. Laserdrucker funktionieren wie Kopierer nach dem elektrographischen Verfahren (vgl. Kapitel 2.2.4). Thermodrucker werden heute vor allem noch in Faxgeräten (vgl. Kapitel 2.2.3) verwendet.

Bei den in Abbildung 2-4 angegebenen Leistungsaufnahmen für Drucker wird für die unterschiedlichen Verfahren lediglich der Standby-Modus betrachtet /Huser, u. a., 1992/.

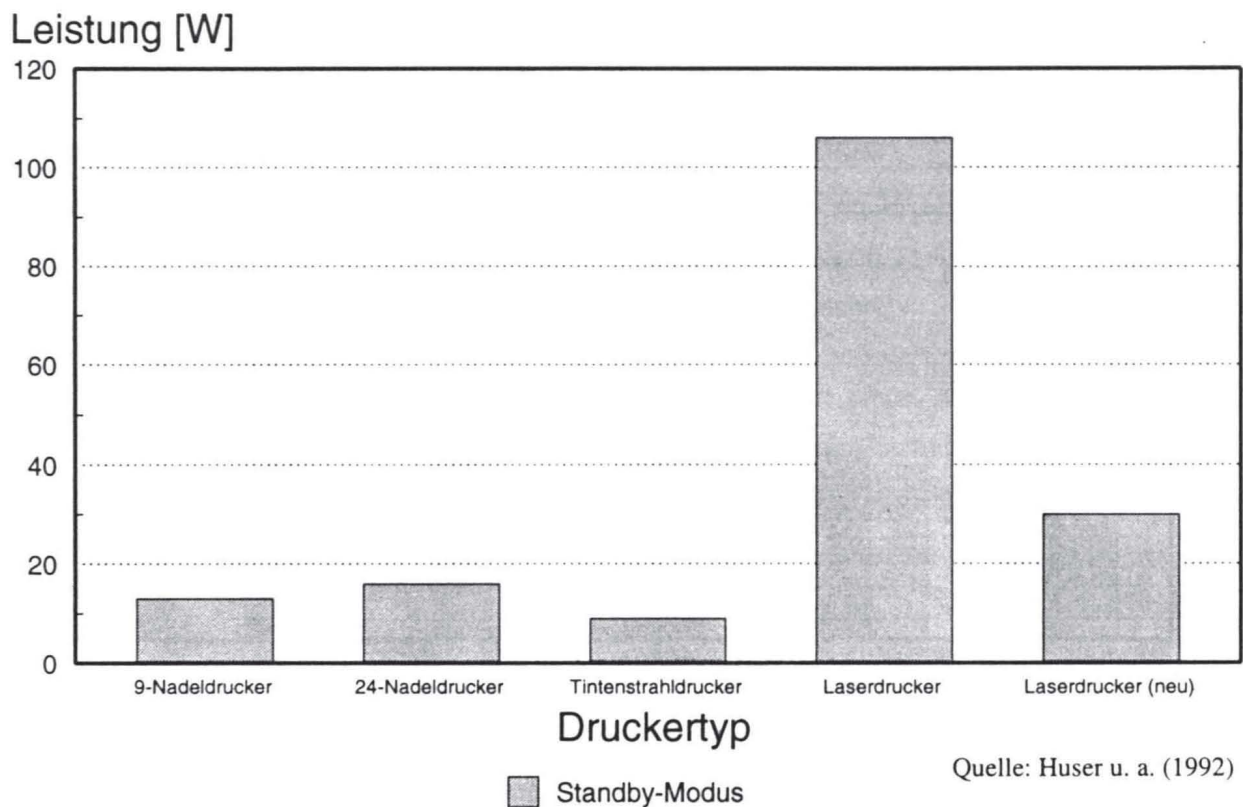


Abbildung 2-4: Durchschnittlicher Stromverbrauch von Druckern mit unterschiedlichen Verfahren

Es läßt sich aber auch aus dem Verbrauch im Arbeitszustand ein Stromverbrauch pro gedruckter Seite ermitteln (vgl. Tabelle 2-1 in Kapitel 2.2.4). Im Dauerbetrieb schwanken die durchschnittlichen Werte zwischen 0,15 Wh pro Seite für den Tintenstrahl- und 0,6 Wh pro Seite für den Laserdrucker. Bei allen Geräten mit elektrostatischen Verfahren sind die Werte für einzeln angefertigte Drucke typischerweise drei mal so hoch wie während des Dauerbetriebs. Laserdrucker finden aufgrund ihrer hohen Druckqualität und -geschwindigkeit zunehmend Verbrei-

tung. Sie verbrauchen vor allem im Standby-Modus erheblich mehr Strom als andere Typen. Auch hier zeichnen sich aber Reduktionsmöglichkeiten ab, und zwar auf etwa 30 W.

2.2.2 Die Peripherie des Bildschirmarbeitsplatzes

Nur ein Teil der Arbeitsplätze ist bislang mit anderen Möglichkeiten der Datenein- und ausgabe als Tastatur (ggf. mit Maus), Bildschirm und Drucker ausgestattet. Am wichtigsten sind dabei Kommunikationsschnittstellen, die einen direkten Datenaustausch mit anderen Systemen ermöglichen (vgl. Kapitel 2.2.4). Noch selten anzutreffen sind hingegen Geräte wie Laserscanner, Videokamera, Mikrophon, Schreibtafel, CD-ROM und vieles mehr, was technisch schon möglich ist und auch eine zunehmende Verbreitung finden dürfte. Alle diese Geräte verbrauchen natürlich ebenso Strom wie die dafür erforderlichen Schnittstellen im Rechner (vgl. Abbildung 2-5). Leistungsfähige Software, preisgünstige Massenfertigung und eine "kritische Masse" an Anwendern wären für eine weite Verbreitung von Multimedia-Arbeitsplätzen ebenso Voraussetzung wie eine leistungsfähige Kommunikationsinfrastruktur.

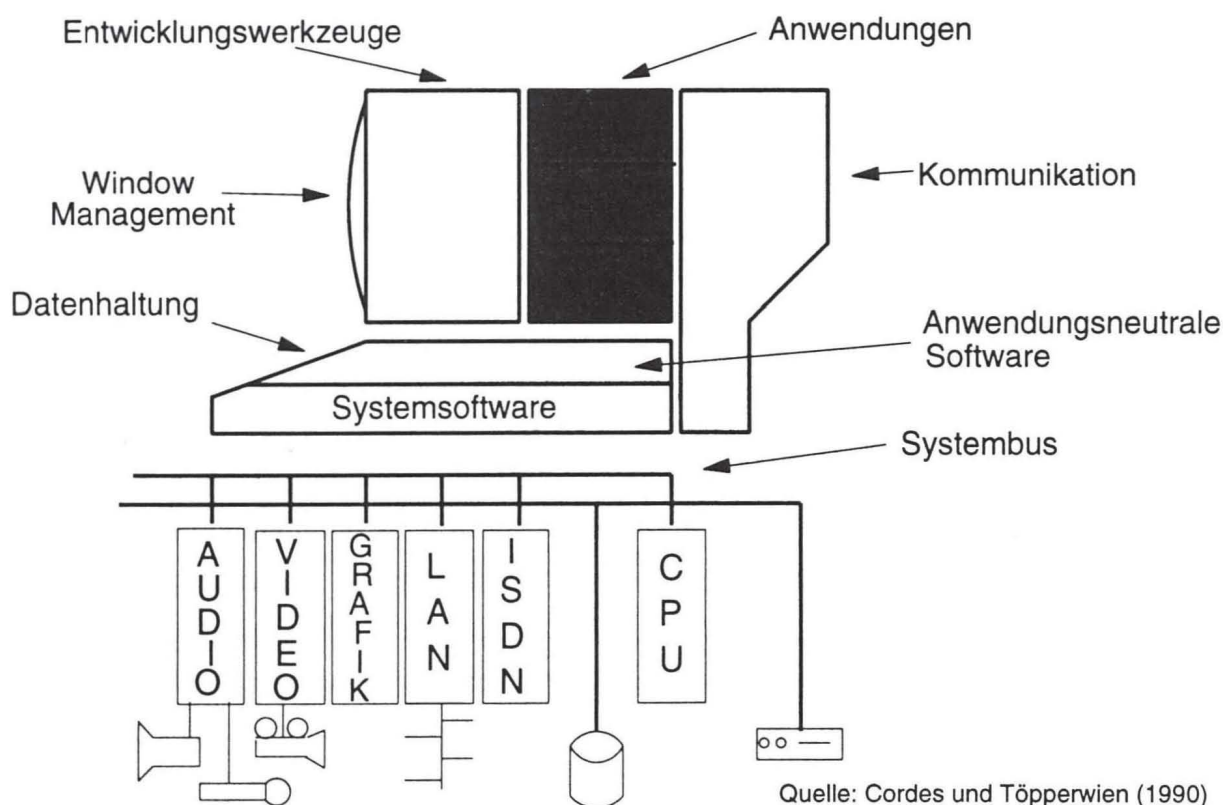


Abbildung 2-5: Referenzarchitektur eines Multimedia Arbeitsplatzsystems

Auf eine detaillierte Betrachtung des Stromverbrauchs dieser Erweiterungen soll hier verzichtet werden. Es sind nämlich vor allem die mit der Vernetzung verbundenen Anforderungen an Mobilität, Datenaustausch und Erreichbarkeit, welche wohl im nächsten Jahrzehnt die Entwicklung in ökonomischer und energetischer Hinsicht prägen werden.

2.2.3 Vom Einzelgerät zum Globalen Netzwerk — Elektronischer Datenaustausch

Die traditionellen Kommunikationsmittel zwischen dem Büro und seiner Umgebung sind Telefon (Fernsprechen) und Post (Briefe). Das Fernsprechen stellt nach wie vor den wichtigsten Telekommunikationsdienst dar und scheint bei einer Betrachtung des Bürobereichs nicht gesondert berücksichtigt werden zu müssen. Schließlich werden nicht nur die Telekommunikationsinfrastruktur sondern auch die üblichen Telefonhauptanschlüsse von den jeweiligen Unternehmen¹ mit Strom versorgt. Mittlerweile werden aber mehr als 1,5 Mio. Nebenstellenanlagen zur internen und externen Kommunikation verwendet, die getrennt aus dem öffentlichen Netz mit Strom versorgt werden. Die Zahl der angeschlossenen Nebenstellen pro Anlage liegt im Mittel bei 10, schwankt aber zwischen zwei und einigen hundert. Der Stromverbrauch hängt von Größe und Ausbauzustand der Anlage ab und wird, ausgehend von Herstellerangaben, mit durchschnittlich 2 W pro Nebenstelle, also 17,5 kWh pro Jahr und Teilnehmer, angesetzt /Schock, 1993/.

Einen eigenen Telefonanrufbeantworter wird hingegen nicht jeder Mitarbeiter zur Verfügung haben. Derartige Geräte weisen einen Stromverbrauch von 3 W im Standby-Modus und 6 W im Falle einer Anrufaufnahme auf /Huser, u. a., 1992/. Bei geringer Anruhfrequenz ergeben sich also 26,3 kWh pro Jahr und Gerät. Auch für schnurlose Systeme und die Endgeräte des Mobilfunks fallen noch zusätzliche, aber sehr kleine Beträge an.

Während die Postzustellung von Dokumenten keinen zusätzlichen Energieverbrauch im Bürobereich verursacht, ist dies beim Telefax-Dienst anders². Meist wird zum Fernkopieren ein eigenes Gerät verwendet, das in der Regel den ganzen Tag eingeschaltet ist, um ankommende Meldungen auszudrucken. Es ist darum auch hier die Wahl des Druckverfahrens, die den Stromverbrauch im Standby-Modus und damit im wesentlichen auch den Gesamtverbrauch bestimmt. Bei Thermodruckern schmilzt Farbe, die sich bereits im Spezialpapier befindet. Dessen Herstellung ist aber nicht nur besonders teuer, sondern erfordert auch erheblich mehr Energie als die des normalen Papiers. Abbildung 2-6 zeigt die typische Zusammensetzung des direkten Stromver-

¹ In der Bundesrepublik ist dies vor allem die - in weiten Bereichen monopolistisch tätige - Deutsche Bundespost TELEKOM.

² Auf eine Gegenüberstellung des jeweiligen Energiebedarfs für die Übermittlung zwischen Sender und Empfänger kann hier nicht eingegangen werden.

brauchs eines Thermofaxgerätes von 140 kWh/a nach /Bachmann, Huser, 1992/. Während Thermofaxgeräte im Durchschnitt nur 12 W im Standby-Modus brauchen, sind es für ein Laserfax schon 62 W. Allein für die ständige Empfangsbereitschaft fallen hier also schon 543 kWh/a an. Man kann sich aber auch den Umweg über das Drucken und Kopieren ersparen und den PC selbst via Modem oder ISDN-Schnittstelle zum Senden und Empfangen von Fernkopien verwenden. Dieser Vorgang unterscheidet sich dann nicht mehr wesentlich von der elektronischen Datenübertragung, die jetzt schon im Zuge der Bildung leistungsfähiger Netzwerke in erheblichem Umfang genutzt wird.

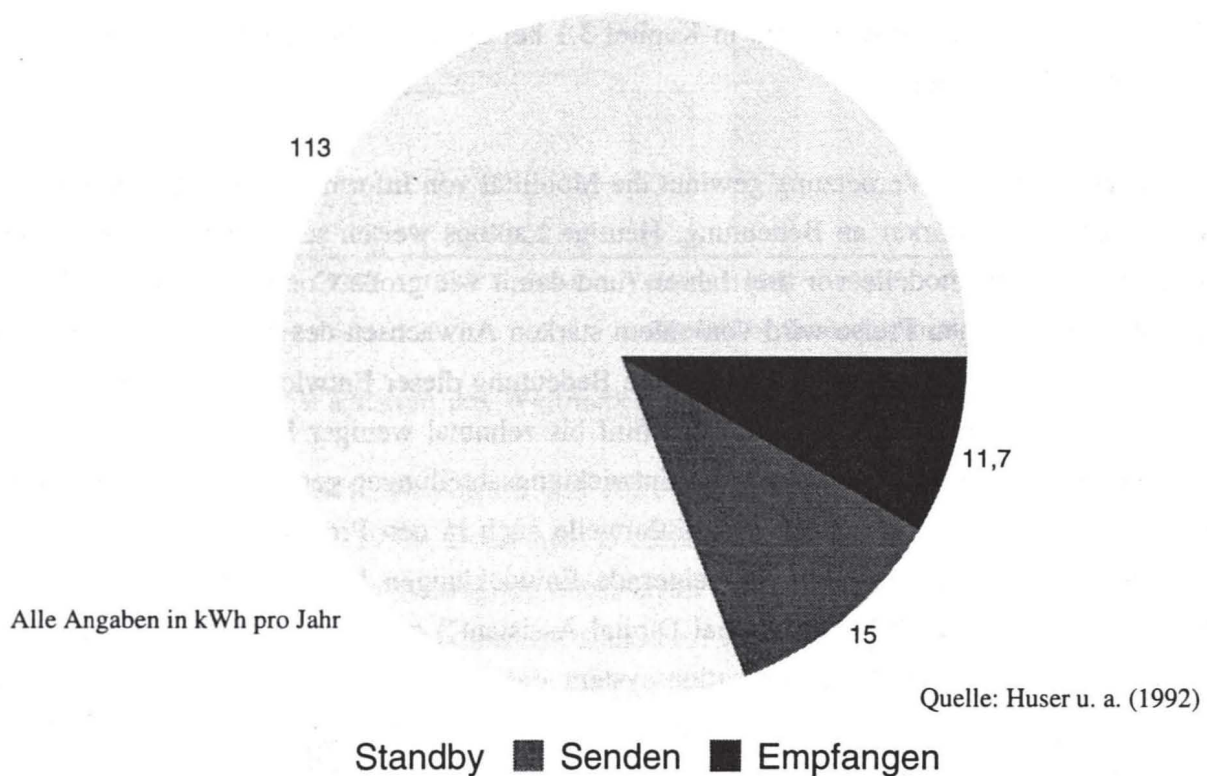


Abbildung 2-6: Zusammensetzung des direkten Energieverbrauchs eines Thermofaxgerätes

Erst aufgrund ihrer zunehmenden Vernetzung wurden zwei - gegenüber einem Zentralrechner - wesentliche Nachteile von Arbeitsplatzrechnern beseitigt und damit der derzeitige Trend zur zunehmenden Dezentralisierung gefördert: die zunächst fehlende Möglichkeit, Daten und Nachrichten zu übertragen, sowie Probleme bei der aktuellen und fehlerfreien Verwaltung gemeinsam verwendeter Daten. Für viele Anwendungen, wie z. B. ein Flugreservierungssystem oder die Kontoführung in einer Bank, werden wegen hoher Anforderungen an Geschwindigkeit und Sicherheit der Dateiverwaltung nach wie vor leistungsfähige Zentralsysteme verwendet.

In jedem Falle bewirken derartige Netzstrukturen auch ein anderes Nutzungsverhalten. So können z. B. in einem am IER installierten Netz aus leistungsfähigen Workstations die Geräte gar nicht mehr ausgeschaltet werden, weil jede Speichereinheit von den anderen Arbeitsplätzen erreichbar sein muß. Für die Höhe des Stromverbrauchs gewinnen darum Standby- und Schlummerzustände zunehmend an Bedeutung.

Alle für die Datenübertragung erforderlichen Schnittstellen werden nicht nur zunehmend vereinheitlicht, etwa im Rahmen des ISDN-Konzepts³, sondern auch über Steckkarten in die Rechner integriert. Noch vorhandene Modems oder BTX-Terminals fallen hinsichtlich ihres Stromverbrauchs kaum ins Gewicht /Schock, 1993/. Die ohnehin nicht dem Bürobereich zuzurechnende Telekommunikationsinfrastruktur wird in Kapitel 3.1 bei der Betrachtung des Stromverbrauchs im Basisjahr angesprochen.

Neben der zunehmenden Vernetzung gewinnt die Mobilität von Informations- und Kommunikationssystemen immer stärker an Bedeutung. Heutige Laptops weisen schon gleiche Rechenleistungen auf wie Tischmodelle vor drei Jahren (und damit wie große Computer vor 20 Jahren). Angesichts der günstigen Preise wird von einem starken Anwachsen des Marktes ausgegangen (vgl. Abbildung 2-7). Die energiewirtschaftliche Bedeutung dieser Entwicklung liegt nun darin, daß Laptops als akkubetriebene Geräte etwa fünf bis zehnmal weniger Strom verbrauchen als Tischgeräte. Nur hier war der Druck auf die Entwicklungsabteilungen genügend groß, um stromsparende Innovationen zu bewirken, die mittlerweile auch in den Produktbereichen eingesetzt werden, wo bislang nur über leistungssteigernde Entwicklungen konkurriert wurde. Neueste Produkte, wie sogenannte PDA ("Personal Digital Assistant") stellen eine Mischung zwischen Computer, Notizblock und Kommunikationssystem dar, mit denen Nachrichten, Daten und Fernkopien empfangen und gesendet werden können. Dies bedeutet aber, daß mit mobiler Datenverarbeitung auch zunehmend drahtlose Datenübertragung einhergehen wird.

Den Schrittmacher eines generellen Trends, demzufolge Kommunikation zunehmend drahtlos erfolgt, spielt bislang der vor einer Dekade noch unbedeutende Mobilfunk. Mittlerweile sind schon 30 der 550 Millionen Telefonbenutzer auf der Welt fast ständig und überall erreichbar /The Economist, 1993/. So rasch wie in diesem Feld folgt selten eine Produktgeneration auf die nächste; In der Bundesrepublik Deutschland wird derzeit das analoge C-Netz von den beiden konkurrierenden digitalen Netzen D1 und D2 abgelöst, während gerade noch leistungsfähigere E-Netze fertiggestellt werden. Drahtlose Netze werden wahrscheinlich einmal vergleichbare Möglichkeiten der Datenübertragung bieten, wie die derzeitigen fest installierten Netze. Es wird auch daran gedacht, drahtlose Büronetze aufzubauen, um z. B. dem Umstand abzuweichen, daß nur

³ Für eine Gegenüberstellung einer Vernetzung von PC über LAN und ISDN vgl. /Hirschmugel, 1992/

Umsatz [Mrd. Dollar]

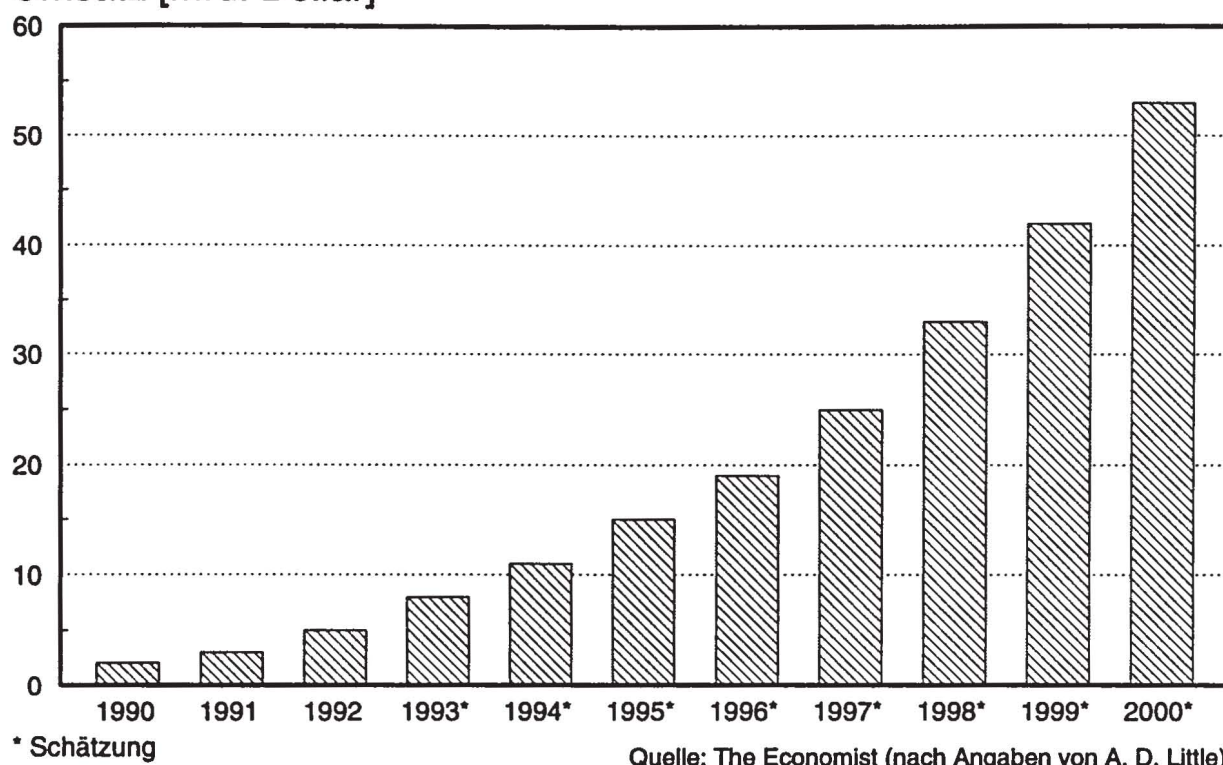


Abbildung 2-7: Wachstum des Weltmarktes für tragbare Computer

ein Drittel aller geschäftlichen Anrufe den Adressaten auch wirklich an seinem Arbeitsplatz erreicht /Financial Times, 1993/. Doch auch in einer Bürowelt, in der verschiedene Möglichkeiten der elektronischen Datenübertragung miteinander konkurrieren, dürfte gedruckten Nachrichten noch eine erhebliche Rolle zukommen, zumindest wenn man die derzeitige Bürowirklichkeit als Maßstab nimmt.

2.2.4 Der Mythos vom papierlosen Büro

Die in den früheren Zeiten der Informationstechnik erfolgte Ankündigung des papierlosen Büros zählt mittlerweile zu den am meisten genannten Beispielen für unrealistische Einschätzungen einer Technikentwicklung. Heute wird mehr Papier als je zuvor bedruckt, korrigiert, kopiert, wieder ausgedruckt, gefaxt, korrigiert, zurückgefaxt usw. Der jährliche Papierdurchsatz pro Kopf kann in einer Organisation bis zu 25 kg betragen /Financial Times, 1993/, das sind 5.000 Blatt Papier DIN A4. Eine Überprüfung der Anzahl der am IER jährlich angefertigten Kopien und Ausdrücke deutet darauf hin, daß dieser Wert nicht unrealistisch ist.

Deshalb gehört auch der Kopierer neben Druckern und Faxgeräten zu denjenigen elektronischen papierbedruckenden Geräten, deren Stromverbrauch in Tabelle 2-1 aufgetragen ist. Zusätzlich zu den schon erwähnten Leistungsaufnahmen der Geräte sind hier Durchschnittswerte für das

Kopieren (bzw. Drucken) einer Seite im Einzel- und Dauerbetrieb angegeben /Bachmann, Huser, 1992/.

Tabelle 2-1: Stromverbrauch pro bedruckte Seite DIN A4 für verschiedene Geräte und Verfahren

Gerätekategorie	Stromverbrauch pro Seite DIN A4 [Wh]	
	Einzelkopie	Dauerkopie
Drucker		
9-Nadeldrucker	0,36	0,36
24-Nadeldrucker	0,37	0,37
Tintenstrahldrucker	0,15	0,15
Thermodrucker	0,51	0,51
Laserdrucker	1,6	0,58
Photokopierer unterschiedlicher Leistung		
bis 15 Kopien pro Minute	1,8	0,82
15-30 Kopien pro Minute	1,88	0,67
über 30 Kopien pro Minute	2,14	0,49
Faxgeräte		
Thermofax	0,69	
Laserfax	2,4	

Leistungsfähigere Kopierer brauchen also im Dauerbetrieb pro Seite weniger, im Einzelbetrieb hingegen mehr als einfachere Geräte. Kopiergeräte brauchen aber häufig nicht nur im Arbeits- und Standby-Zustand Strom, sondern auch dann, wenn sie ausgeschaltet sind (vgl. Abbildung 2-8). Dies hat seinen Grund in der Ausstattung mit Feuchtigkeitskontrollvorrichtungen, die durch Beheizung der Trommel verhindern, daß der Zwischenträger beschlägt. Die Funktionsweisen von Laserdruckern, Kopieren, Laserfaxgeräten und Scannern sind so eng miteinander verwandt, daß folgerichtig auch schon erste multifunktionale Geräte auf dem Markt erscheinen, die mehrere oder alle von diesen Aufgaben erfüllen. Der Energieverbrauch dieser Produkte dürfte dem eines kleinen Kopierers bzw. Laserdruckers entsprechen.

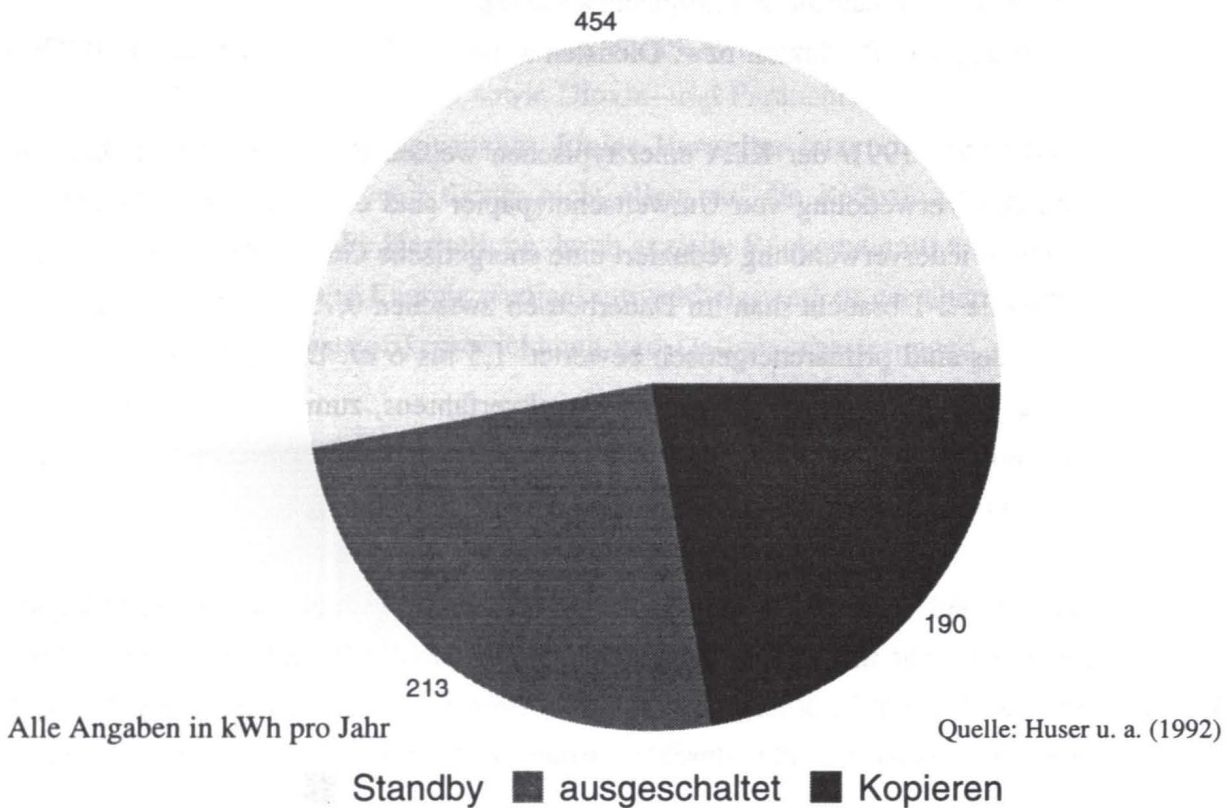


Abbildung 2-8: Zusammensetzung des Stromverbrauchs eines Kopiergerätes

2.2.5 Andere Aspekte der Büroautomatisierung

Ganzheitliche Bilanzierungen bzw. Ökobilanzen oder Produktlinienanalysen stellen ein Werkzeug dar, mit dessen Hilfe die Auswirkungen von verschiedenen Produkten oder Systemen möglichst vollständig bilanziert und vergleichend bewertet werden können. Eine derartige Untersuchung ist für den gesamten EDV-Einsatz im Büro allerdings schon allein deshalb nicht möglich, weil in dieser Allgemeinheit gar keine Alternativen unterschieden werden können. Das Empfangen und Ausdrucken einer Fernkopie mit unterschiedlichen Druckersystemen stellt hingegen einen von vielen Vorgängen im Büro dar, deren jeweilige Realisierung unterschiedliche Auswirkungen auf die Umwelt hat, und die wiederum nicht allein anhand des Stromverbrauchs aus Tabelle 2-1 beurteilt werden können. So ist z. B. der Aufwand für die Herstellung des in Thermodruckern verwendeten Spezialpapiers erheblich höher, als für Normalpapier.

Zieht man die Systemgrenzen etwas weiter, so könnten auch unterschiedliche Methoden der Datenübertragung, wie Post und Fax, oder aber Mobilfunk und normaler Telefondienst, miteinander verglichen werden. Im Rahmen dieser Untersuchung können aber nur einige Anhaltspunkte dahingehend aufgezeigt werden, wo eine isolierte Betrachtung des Stromverbrauchs sicher nicht angebracht ist. Dabei stehen Abschätzungen zum kumulierten Primärenergieaufwand (KEA) im

Mittelpunkt. Darunter werden sämtliche Energieaufwendungen verstanden, die bei Herstellung, Nutzung und Entsorgung von Produkten bzw. Diensten anfallen /Hagedorn, Ilmberger, 1992/.

So beträgt nach /BUWAL, 1991/ der KEA einer typischen weißen Papiersorte 50 MJ/kg, also 0,25 MJ pro Blatt. Bei Verwendung von Umweltschutzpapier sind es 30 MJ/kg (0,15 MJ pro Blatt). Im Falle einer Wiederverwendung reduziert eine energetische Gutschrift die Werte um je 12 MJ/kg. Nach Tabelle 2-1 braucht man im Dauerbetrieb zwischen 0,15 und 0,6 Wh, um eine Seite zu bedrucken, das sind primärenergetisch bewertet⁴ 1,5 bis 6 kJ. Der Einfluß der Papierwahl ist also mehr als 20 mal so groß wie der des Druckverfahrens, zumindest wenn man vom Standby-Verbrauch absieht. Die in Kapitel 2.2.4 angegebenen 25 kg Papierverbrauch pro Jahr und Mitarbeiter entsprechen also 750 bis 1250 MJ.

Auch die Herstellung und Entsorgung der Geräte selbst erfordert Energie. Mit einer Input-Output-Analyse können nicht nur die Energieaufwendungen für die Produktion, sondern über eine Verflechtungsmatrix auch der Energiegehalt der Vorleistungen berücksichtigt werden. Die Ergebnisse werden hier meist auf den durchschnittlichen Wert der Produkte eines Sektors bezogen.

So wurde in /Schulze, u. a., 1992/ bzw. /Weber, Fahl, 1993/ für die Produkte des Bereichs "Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräte und -einrichtungen" ein spezifischer kumulierter Primärenergieaufwand von 5,4 MJ/DM im Jahr 1988 ermittelt. Die rapiden Preisänderungen in diesem Sektor, die Unterschiedlichkeit der Produkte und der hohe Importanteil lassen allerdings nur begrenzt Aussagen zu. Setzt man einen Preis von 10.000 DM für einen PC dieses Jahrganges an, also etwa für ein Gerät mit einem 80286-Prozessor, ergäbe sich ein KEA von 54.000 MJ, woraus derzeit etwa 5.400 kWh Strom erzeugt werden. Bei einer Leistungsaufnahme von 100 W (80286-Prozessor mit 14-Zoll Farbbildschirm) entspricht dies einer Nutzungszeit von 54.000 h. Diese Betriebszeit kann aber heute noch nicht einmal ein PC erreicht haben, der seit 1988 ununterbrochen läuft. Die schnelle Abfolge technischer Qualitätssprünge führt ohnehin dazu, daß Informations- und Kommunikationstechnologien selten bis zum Ende ihrer technischen Lebenszeit betrieben werden. Bei allen methodischen Unsicherheiten läßt sich somit festhalten, daß der jeweilige Anteil von Herstellung und Nutzung am kumulierten Primärenergieaufwand in der gleichen Größenordnung liegt (vgl. in diesem Sinne auch /Spreng, 1989/). Der KEA der jetzt verkauften Spar-PC wird wohl schon von dem Anteil für die Herstellung dominiert.

⁴ Für diese groben Abschätzungen wurde der Einfachheit halber ein Strombereitstellungsfaktor von 10 MJ (primär) pro kWh gewählt, der in etwa dem westeuropäischen Stromverbundsystem UPTCE entspricht.

Dabei sind der Energieverbrauch für die Entsorgung und die im Elektronikbereich anzutreffenden Schadstoffprobleme noch nicht mit einbezogen. FCKW- und CKW-Einsatz bei der Produktion, PCB oder Asbest in den Bauteilen sowie Dioxin- und Furanentstehung bei der Kunststoffentsorgung seien hier als Stichworte genannt. Einige Hersteller setzen bei der Entwicklung umweltschonender Personal Computer darum nicht allein auf die Reduzierung des Stromverbrauchs, sondern versuchen auch die Herstellung durch gezielte Rückgewinnung von Wasser, Rohstoffen (insbesondere Kupfer) und Energie weniger umweltbelastend zu gestalten, sowie die Wiederverwendbarkeit durch Kunststoffkennzeichnung und Designverbesserungen zu erhöhen.

2.3 Die Nutzung von Bürogeräten

Eine gewisse Schwierigkeit, die bei einem Versuch, den Stromverbrauch von Computern abzuschätzen, auftritt, wurde schon im letzten Abschnitt erwähnt; aufgrund der raschen Weiterentwicklung des Systems ist es unklar, welche älteren Geräte überhaupt noch regelmäßig verwendet werden, und nicht als Reservesysteme in der Ecke oder gleich ganz im Lagerraum stehen. Deshalb ist die Verwendung von aufaddierten Verkaufsangaben der Hersteller problematisch.

Die zweite Unsicherheit betrifft die Verwendung von Computern im Büro. Hier muß zwischen dem Betrieb des Systems und seiner tatsächlichen Nutzung unterschieden werden. Wohl nirgendwo sonst bei elektrischen Geräten klaffen beide Aspekte so weit auseinander. Diese inhaltliche Unterscheidung hilft aber nur wenig, wenn es dazu keine verlässlichen Daten gibt (vgl. /Norford u. a., 1990/). Die mehr oder weniger genauen Bestandszahlen und Stromverbräuche müssen zwangsläufig mit grob abgeschätzten Betriebsdauern verknüpft werden. Im folgenden sollen diverse Angaben zu Betriebszeiten, die Ergebnisse einer Schweizer Studie zum Benutzerverhalten im Bürobereich /Nussbaumer, Hofer, 1992/ sowie Beobachtungen am IER zusammengetragen werden, um diese Abschätzungen einzuordnen.

2.3.1 Betriebszeiten von elektrischen Geräten im Bürobereich

Bei der Untersuchung der jährlichen Benutzungszeit sowie dem Bedarf an elektrischer Leistung und Arbeit muß sorgfältig zwischen einer Betrachtung von arbeitsplatz- sowie personenbezogenen Rechnern unterschieden werden. So geben etwa /Norford, u. a. 1990/ für alle Bürogeräte im Mittel einen Gleichzeitigkeitsfaktor von 1 an, wobei implizit unterstellt wird, daß alle Geräte während der Arbeitszeit auch tatsächlich von Mitarbeitern verwendet werden. Die Annahme von /Nussbaumer, Hofer, 1992/, daß auch im Normalfall nur 80 % der Geräte an allen Arbeitstagen angeschaltet sind und sich Sparmöglichkeiten in zusätzlichen Abschaltzeiten äußern, beinhaltet einen Gleichzeitigkeitsfaktor, der nur erreicht wird, wenn die Geräte Mitarbeitern zugeordnet

sind, also aufgrund von deren Abwesenheitszeiten häufig auch nicht verwendet werden. Diese Überlegungen werden durch Beobachtungen am IER gestützt: dort sind etwa zwei Drittel der installierten Rechner, die meistens bestimmten Mitarbeitern zugeordnet sind, gleichzeitig in Betrieb.

In jedem Fall wären derart geschätzte mittlere Aufnahmeleistungen mit der Zahl der Werktage (240) und der Bürostunden und nicht mit der tariflichen Arbeitszeit der Mitarbeiter zu multiplizieren. Je höher dann der Ausstattungsgrad mit persönlichen Bildschirmen, Rechnern etc. ist, um so niedriger der Gleichzeitigkeitsfaktor. Zentrale Rechenanlagen und Drucker werden aus technischen und organisatorischen Gründen häufig sogar kontinuierlich betrieben. Es erscheint darum problematisch, eine sinnvolle mittlere Nutzungszeit für alle Systeme anzugeben, wie dies /Norford, u. a., 1990/ mit 5.000 h/a tun.

Bei der Ermittlung des derzeitigen Stromverbrauchs in Kapitel 3.1 wird deshalb so weit wie möglich versucht, die Geräte entsprechend ihrer unterschiedlichen Verwendung als Zentralanlage, Arbeitsplatzsystem oder Mitarbeitergerät einzugruppieren. Dies dürfte eine bessere Abschätzung liefern, denn in vielen Fällen ergibt sich eine starke Korrelation zwischen der Leistungsfähigkeit eines Systems und seiner Nutzungsintensität. Neue, leistungsstärkere sowie zentralere Rechenanlagen sind auch länger in Betrieb als andere. Damit hängt der jährliche Stromverbrauch als Produkt von Leistung und Nutzungsdauer nicht linear sondern eher quadratisch von einer über einen geeigneten Indikator ermittelten Rechenleistung ab.

Nicht alle angeschalteten Systeme werden allerdings auch jeweils aktiv genutzt. Während man einen Supercomputer schon aus Kostengründen selten ungenutzt herumstehen lassen möchte und mittlere Systeme zumindest teilweise ausgelastet sind, werden nach Schätzungen jeweils 60 bis 90 % aller PC gerade nicht zur Arbeit verwendet⁵. Am IER sind es nach Stichproben 50 %. Dies ist aber vor dem Hintergrund der dort schon hohen umgesetzten Abschaltquote zu sehen. Letztlich sind auch hier nur ein Drittel des PC-Bestandes "bei der Arbeit".

Nun könnte sicher ein Teil der nicht verwendeten Geräte abgeschaltet werden. So geben /Nussbaumer, Hofer, 1992/ aufgrund der Befragung von Angestellten als erzielbare Abschaltzeit von Bürogeräten während der Arbeitszeit 1,5 h an. Entsprechende Schätzwerte sind aber zweifellos für einige Geräte zu niedrig, für andere gar nicht erreichbar. Hier kommen wiederum eher die kleinen dezentralen Geräte für eine Abschaltung in Frage, vor allem nachts und am Wochenende. Schätzungen des Anteils unnötig außerhalb der Arbeitszeit betriebener PC reichen von 5 % für

⁵ Nach Angaben von Apple Computers bzw. des National Research Council of Canada wie zit. in /The Economist, 1992/.

die Schweiz /Nussbaumer, Hofer, 1992/ bis zu 40 % für Canada⁶. Damit gibt es zweifellos einen erheblichen vermeidbaren Stromverbrauch, dessen Umfang aber nicht ohne eine genauere Analyse des Betriebsverhaltens in und außerhalb der Bürozeit bestimmt werden kann. Im folgenden Abschnitt wird den Gründen bzw. den Hinderungsgründen für die Erschließung derartiger verhaltensabhängiger Sparpotentiale nachgegangen.

2.3.2 Benutzerverhalten, Motivation, Wissen und Werthaltungen

Nimmt man die später genauer zu untersuchenden Anschaffungs- und Auswahlentscheidungen (vgl. Kapitel 2.5) einmal als gegeben an, so beschränken sich die Einflußmöglichkeiten der Nutzer auf den Stromverbrauch vor allem auf das individuelle Ein- und Ausschalten ihrer persönlichen Geräte sowie auf kollektive Maßnahmen und Regelungen zur Verwendung gemeinsamer Anlagen etwa nach dem Motto "Der Letzte macht das Licht aus". Ziel einer Schweizer Befragung /Nussbaumer, Hofer, 1992/ war es, die Gründe bzw. die Hinderungsgründe für stromsparendes Verhalten der Mitarbeiter in einem Verwaltungsbetrieb herauszufinden. 248 Personen hatten einen Fragebogen ausgefüllt, der Fragestellungen zur Demographie, der Einschätzung von Sparpotentialen, dem Allgemeinwissen, dem alltäglichen Benutzerverhalten, den Werthaltungen und der Motivation des Einzelnen, Strom einzusparen, beinhaltete.

Die Hauptresultate sind eher von heuristischem Wert und lassen sich wie folgt charakterisieren:

- Es herrscht die Meinung vor, daß EDV und Bürobeleuchtung ein relativ hohes Sparpotential beinhalten.
- Unsicherheiten im Wissensbereich betreffen die Frage, wann sich das Abschalten bestimmter Geräte überhaupt lohnt.
- Ein Großteil der Befragten hat das Thema "Energiesparen am Arbeitsplatz" bereits diskutiert und ein entsprechendes Bewußtsein für den Umfang mit verschiedenen Energieformen entwickelt.
- Es konnten aber keine bestimmenden Faktoren für ein entsprechendes Handeln oder Nichthandeln herausgearbeitet werden.
- Insbesondere konnte die Vermutung nicht bestätigt werden, daß sich Personen mit hoher Motivation, hohem stromrelevanten Wissensstand oder sparfreundlicher Werthaltung auch tatsächlich energiesparender verhalten.

Die Vorgehensweise und Ergebnisse dieser Studie wurden über eine Mitarbeiterbefragung am IER einer kritischen Überprüfung unterzogen. Die Ergebnisse werden dadurch im wesentlichen

⁶ Nach Angaben des National Research Council of Canada wie zit. in /The Economist, 1992/.

bestätigt. Im einzelnen ergeben sich folgende Übereinstimmungen und Unterschiede: das entsprechende Wissen der IER-Mitarbeiter ist (wenig überraschend) etwas höher, aber durchaus nicht vollständig, z. B. wenn es um Strompreise im Gewerbebereich geht. Im Bereich der Werthaltungen und Motivation waren keine signifikanten Unterschiede festzustellen. Als etwas überraschend müssen dann die Angaben über das Abschaltverhalten am IER gelten: Computer werden zwar nachts und am Wochenende konsequent abgeschaltet, während der Arbeitszeit laufen die Geräte aber im wesentlichen kontinuierlich. Ein deutlich geringerer Anteil der Mitarbeiter als bei /Huser, u. a., 1992/ orientiert sich an Pausen oder dem erwarteten Arbeitsaufkommen.

Diese Angaben sind aber angesichts der vor Erhebung der Umfrage vorgenommenen Beobachtungen zu relativieren, nach denen am IER schon eine recht hohe Abschaltquote realisiert ist (vgl. Kapitel 2.3.1). Als Gründe für einen Verzicht auf das Abschalten während des Arbeitstages werden vor allem eine intensive Nutzung im Arbeitsablauf, die fehlende Vorhersehbarkeit längerer Pausen und Sorge um die Lebensdauer der Geräte genannt.

Als problematisch muß bei dieser Umfrage in methodischer Hinsicht außerdem die Ausklammerung des Raumwärmebereichs gelten. Hierbei soll gar nicht auf den großen Anteil der Beheizung am Energieverbrauch von Bürohäusern oder die dort ermittelten Einsparpotentiale verwiesen werden; erklärterweise geht es /Nussbaumer, Huser, 1992/ ja auch nicht um eine systematische Analyse des Energieverbrauchs. Es muß aber bezweifelt werden, ob bei Ausblendung eines so verhaltenssensiblen Bereichs wie der Büroheizung (Temperaturregelung, Lüftung oder Absprache in Mehrpersonbüros) überhaupt Aussagen hinsichtlich der Auswirkungen bestimmter Einstellungen getroffen werden können. Hier dürfte auch der Informationsstand der Mitarbeiter deutlich besser sein. Wenn sich ein einstellungsbedingtes Einsparverhalten bislang im Raumwärmebereich geäußert hätte, wäre dies auch aus energiewirtschaftlicher Sicht nicht der schlechteste Ansatzpunkt.

Die Ergebnisse zu einstellungsbedingten Energiesparen sind mit neueren Ansätzen der Lebensstilforschung⁷ konsistent. Danach gehen auch im privaten Bereich ökologisches Bewußtsein, Verfügbarkeit von relevanten Informationen etc. durchaus nicht mit einem umweltschonenden Lebensstil einher.

Der Vergleich mit dem privaten Bereich macht aber noch eine weitere Schwäche einer Umfrage deutlich, die sich allein auf das Stromsparen aus energiepolitischen Gründen oder Werthaltungen bezieht und den Verwaltungsbereich untersucht. Denn schließlich zahlt die Rechnung ja der

⁷ vgl. dazu z. B. /Politische Ökologie, 1993/ oder /Miersch; Langer, 1993/

Arbeitgeber. Fragen nach dem Strompreis und der betriebsinternen Ermutigung zum Energiesparen müßten also in den Kontext des allgemeinen betrieblichen Anreizes zur Kostensenkung gestellt werden.

2.4 Erste Überlegungen zu Abschätzungen von Einsparpotentialen

Grundsätzlich werden in der Literatur vier Möglichkeiten unterschieden, um im Bereich der elektrischen Bürogeräte Strom einzusparen:

1. Der Benutzer kann durch Überprüfung seiner Leistungsanforderungen vermeiden, daß ein andernfalls "zu groß" ausgewähltes Gerät auch einen unnötig hohen Energieverbrauch hat /Huser, u. a., 1992; Spreng, 1990/.
2. Ganz direkt beeinflussen die Wahl von Technologie und Fabrikat den Stromverbrauch von Geräten. Typischerweise unterscheiden sich verschiedene Verfahren um einen Faktor 5, Geräte gleicher Leistungsfähigkeit um bis zu 25 % im Leistungsbedarf (vgl. Kapitel 2.2).
3. Nichtbenutzte Geräte können u. U. abgeschaltet werden. Die daraus ableitbaren Potentiale werden i. w. von der vorher angesetzten Nutzungszeit und von einer realistischen Einschätzung der Handlungsmöglichkeiten abhängen (vgl. Kapitel 2.3.2).
4. Bei gleicher Technologie und Nutzung durch den Anwender kann technisches Energiemanagement zu beträchtlichen Einsparungen führen (vgl. Kapitel 2.2).

Prinzipiell sollten jeweils noch verschiedene Potentialbegriffe unterschieden werden, zumindest ein technischer und ein wirtschaftlicher Potentialbegriff. Die dramatischen Entwicklungen von Technik und Preisen auf den Märkten für Informationssysteme und das Nebeneinander von manuellen und technischen Kontrollmechanismen verwischen diese Unterschiede aber erheblich. So sind die gerade auf dem Markt erschienenen Desktop-PC mit Power-Management derzeit noch deutlich teurer als der Marktdurchschnitt; alle bisherigen Erfahrungen und erste Beispiele aus dem Monitorbereich deuten aber darauf hin, daß sich dies rasch ändern wird.

Hier soll aber noch ein anderes Problem angesprochen werden: die vier Einsparfelder sind weder untereinander noch von der generellen Entwicklung hinsichtlich der Technikwahl und ihrer Verwendung unabhängig.

Zunächst kann man sich fragen, ob sich aufgrund der Leistungspezifikation überhaupt ein sinnvolles Einsparpotential ermitteln ließe. In Kapitel 2.2 wurde herausgearbeitet, daß in fast allen Bereichen mit zunehmender Leistungsfähigkeit der Stromverbrauch der Geräte ansteigt. Aus diesem Grund wird der Kauf eines PC auch mit dem eines Automobil verglichen /Spreng, 1990/. Auch eine große Limousine brauche ja mehr Benzin als ein Kleinwagen. Allerdings greifen Hinweise, bei der Geräteauswahl darauf zu achten, daß ihre Leistungsfähigkeit den Anforderungen der Benutzer entsprechen sollen, zu kurz, wenn nicht gleichzeitig untersucht wird, welche Beziehungen zwischen der Leistungsfähigkeit, den Anforderungen und den Gerätepreisen besteht. Es mag ja sein, daß für einen Großteil der im Büro produzierten Papiere ein Tintenstrahldrucker "reichen" würde, die Nutzer entscheiden sich hingegen meist für den Laserdrucker (z. B. im Rahmen des von /Nussbaumer, Hofer, 1992/ untersuchten Bürogebäudes mit 85:2!). Auch "braucht" man für viele Anwendungsprogramme nicht unbedingt einen farbigen Graphikbildschirm oder eine hohe Rechenleistung. Und doch werden diese Systeme wohl den Markt dominieren. Dies kann verschiedene Gründe haben:

- So sind heute erhältliche Anwendungsprogramme wie z. B. Tabellenkalkulationsprogramme mit so vielen zusätzlichen Leistungsmerkmalen ausgestattet, daß die Rechenvorgänge nicht viel schneller laufen als vor 10 Jahren. Nur wären diese Programme und ihre anwenderfreundlichen Benutzeroberflächen ohne neue leistungsfähige Hardware überhaupt nicht denkbar. Auf alten Maschinen laufen sie bis zu zehnmal langsamer /The Economist, 1993b/.
- Stellt ein Unternehmen seinen PC-Betrieb auf moderne, fenstergestützte Betriebssysteme um, so schränkt sich die Auswahlmöglichkeit auf den oberen Leistungsbereich des derzeitigen Prozessor- und Bildschirmspektrums ein.
- Diese Leistungsspirale wird vor allem durch einen immer härteren Wettbewerb der Anbieter angetrieben /The Economist, 1993b/.
- Aber auch die Anwender sind an dieser Entwicklung nicht unbeteiligt, vor allem durch immer höhere Anforderungen an Berichte, Präsentationen u. ä.
- Häufig werden aber auch signifikante Qualitätsunterschiede wahrgenommen: so gilt das Thermopapier von Faxgeräten als wenig angenehm zu lesen und ein LCD-Bildschirm als gegenüber einem Fernschirmschirm ermüdender.

Die Analogie mit dem Automobil kann, konsequent weiter gedacht, auch bei der Einordnung von Nutzungsanforderungen und Einsparmöglichkeiten im EDV-Bereich weiterhelfen. Natürlich könnte man aus ökologischen oder ökonomischen Gründen auch mit einem Sparauto oder im "Car-Sharing" fahren, nur tut es die Mehrzahl der Autobesitzer nicht. Neben gewissen Qualitätsunterschieden scheint eine Orientierung an Spitzenanforderungen und an einer guten Verfüg-

barkeit entsprechender Systeme auch beim Computerkauf wichtig zu sein. Außerdem mögen für den einzelnen auch Besitzstands- und Statusdenken im sozialen Bürogefüge eine Rolle spielen.

Völlig vernachlässigt wird bei dieser Diskussion also der Umstand, daß Computer im Unternehmen am Arbeitsplatz stehen, also vom Mitarbeiter verwendet und vom Unternehmen bezahlt werden. Sie wären also eher einem Geschäftswagen vergleichbar. Aus Sicht des Mitarbeiters stellen sie aus ergonomischer Sicht ein zentrales Element seines Arbeitsplatzes dar, aus Sicht des Unternehmens sind die Kostenunterschiede im Stromverbrauch zwischen den technischen Systemen doch recht klein gegenüber den Mitarbeiterkosten. Der Unterschied zwischen 100 DM Stromkosten jährlich für einen kleinen PC mit Schwarzweißmonitor und 340 DM für ein 486-er Modell mit großem Farbmonitor spiegelt also völlig verschiedene Arbeitsplätze wieder. Die subjektive Arbeitssituation der Angestellten oder ihre "objektive" Produktivität entscheiden dann über die Wahl der Technik.

Natürlich haben auch einfachere Geräte ihren Markt, schon allein aus Kostengründen. Im folgenden werden nur Unterschiede im Verbrauch aufgrund "angepaßter Technologien" nicht als Einsparpotentiale deklariert. Es sei aber auch dahingestellt, ob 25 % bis 30 % (statistischer) Unterschied im Verbrauch innerhalb einer Leistungsklasse die Kaufentscheidung beeinflussen.

Zu unterschiedlich scheinen viele Angebote auf dem Markt hinsichtlich ihrer Leistungsmerkmale und Preisunterschiede zu sein, als daß derartige Verbrauchsunterschiede zu einem zentralen Verkaufsargument werden. Eine Angabe des Stromverbrauchs für verschiedene Betriebszustände kann aber dazu beitragen, daß die Frage nach dem Energieverbrauch für den Käufer ein größeres Gewicht erhält. Derartige Informationen sind aber vor allem hinsichtlich einer Unterscheidung zwischen Standardgeräten und Produkten, bei denen die Reduktion des Strombedarfs ein zentrales Anliegen ist, bedeutsam.

Denn der bisherige Energieverbrauch ist technisch in überhaupt keiner Leistungsklasse notwendig. Entsprechende Impulse gehen eher von einer ansteigenden Mobilität, einer zunehmenden Integration verschiedener Anwendungen, einer weitergehenden Vernetzung und der damit verbundenen zunehmenden Erreichbarkeit aus. Die von verschiedener Seite (vgl. u. a. /Spreng, 1989/, /Norford, u. a., 1990/ und /Nussbaumer, Hofer, 1993/) vorgetragene Forderung einer Übertragung von Konzepten des Energiemanagements aus dem Laptop- und Notebookbereich auf den Arbeitsplatzrechner hat Wirkung gezeigt. Dies hat verschiedene Gründe. Auf der einen Seite nutzten verschiedene Konkurrenten des Marktführers im Mikroprozessorbereich die entsprechende Marktlücke, um standardisierte Chips mit Energiesparmöglichkeiten auszustatten. Seit auch im Gegenzug die leistungsstärksten 80486- und Pentium-Prozessoren in Stromsparvarianten

angeboten werden, bieten sich für Computerhersteller bessere Möglichkeiten, den Stromverbrauch zu senken /c't, 1993/.

Die Entscheidung, dies auch zu tun, ist den Herstellern (inzwischen 100) wohl vor allem aufgrund des "Energy Star Program" der amerikanischen "Environmental Protection Agency" leichtgefallen. Denn seit Oktober 1993 dürfen die amerikanischen Behörden - der größte EDV-Käufer der Welt - nur noch Geräte einkaufen, die einen bestimmten Standby-Verbrauch (typischerweise 30 W) nicht überschreiten /Johnson, Zoi, 1992/. Diese Initiative erfolgte in Absprache mit den wichtigsten Herstellern, die dann auch schnell mit entsprechenden Beispielrechnungen oder dem Etikett "Öko-PC" bei der Hand sind. Auch von Seiten der Europäischen Gemeinschaft werden entsprechende Schritte erwogen /Roturier, Harris, 1993/.

So werden vermutlich eher preiswerte energiesparende Farbbildschirme den Markt überschwemmen, als daß weiter in größerem Umfang mit Schwarz-Weiß-Monitoren gearbeitet wird. Und die Integration von Faxgerät, Kopierer, Scanner und Drucker in Geräten, die jetzt schon am Markt erhältlich sind, ist derzeit nur auf der Basis der (energieintensiven) Lasertechnologie möglich. Dadurch wird aber andererseits auch die Zahl der Geräte reduziert. Schon jetzt dürfte ein Standby-Verbrauch von deutlich weniger als 100 Watt ausreichen, um ein derartiges System (bis zu 15 Seiten pro min) zu betreiben.

Wie sieht es also mit technischen Einsparungen aus? Der Stromverbrauch einer Kombination von 486-er PC und Farbbildschirm läßt sich ohne großen Komfortverlust von 150 W im Dauerbetrieb auf 85 W im Arbeitszustand und 15 W im Suspend-Modus reduzieren. Ignoriert man den Unterschied zwischen Standby- und Suspendzustand und geht von 220 Arbeitstagen mit 5 h Arbeit und 4 h Suspend-Modus aus, so ergibt sich eine Reduktion auf etwa ein Drittel⁸. Für einen kleinen Laser-Drucker sieht bei einer Reduktion des Standby-Verbrauchs von 100 W auf 30 W die Rechnung ähnlich aus. Hier fällt allerdings das regelmäßige Wiederaufheizen ins Gewicht. Damit sind aber die technischen Möglichkeiten wohl längst noch nicht ausgeschöpft.

Auch diese neue Gerätegenerationen sollte man natürlich soweit sinnvoll abschalten, wenn sie über einen längeren Zeitraum nicht verwendet werden. Viel wichtiger ist dies aber bei den bisherigen Beständen. Die Einsparmöglichkeiten gelten im Bereich der Nutzung zwar als weniger bedeutend bzw. zumindest schwierig abzuschätzen /Nussbaumer, Hofer, 1992/. Solange aber nur eine Minderheit von Geräten mit elektronischen Möglichkeiten der Energieeinsparung ausgestattet sind, sollten in jedem Falle Anstrengungen unternommen werden, daß beim Verlassen des

⁸ Entsprechende Aussagen hängen natürlich von den Annahmen über das Nutzungsverhalten ab, das in Kapitel 2.3 genauer behandelt wird.

Arbeitsplatzes (i. a. Mittagspause, Feierabend, Wochenende) Geräte weitgehend abgeschaltet werden. Der Trend zur Vernetzung begrenzt z. B. im Workstationbereich aber auch diese Möglichkeit. Voraussetzung für Verhaltensänderungen sind aus Mitarbeitersicht aber Informationen darüber, wann sich das Abschalten bestimmter Geräte lohnt, bzw. wann es die Gerätelebenszeit beeinträchtigt. So bewirkt z. B. das häufige Abschalten von Festplatten-Laufwerken laut einer Untersuchung des Rocky-Mountain Instituts keine Verkürzung der technischen Lebenszeit⁹. Es bleibt aber unklar, wie lange eine derartige Umorientierung im Anwenderverhalten dauern würde.

Zusammenfassend können die vier Möglichkeiten zur Stromeinsparung im Bürobereich folgendermaßen beurteilt werden. Bei der Auswahl des Gerätes werden wohl weder Anforderungsenkungen noch (statistische) Unterschiede im Stromverbrauch zu entscheidenden Reduktionen führen. Wesentliche Einsparungen sind von technischen Entwicklungen und Effizienzsteigerungen zu erwarten. Eine derartige Entwicklung hat schon begonnen und weist eine erhebliche Dynamik auf. Schon jetzt sind problemlos Reduktionen des Jahresstromverbrauchs um 60 % möglich; neueste Entwicklungen im Notebook-Bereich lassen noch erheblich mehr erwarten. Individuelle und gemeinsame Maßnahmen der Benutzer können zu einer Vermeidung unnötiger Betriebszeiten vor allem älterer Geräte führen, wobei der Umfang dieser Zeiten und die Realisierbarkeit während der Bürozeit schwer abzuschätzen sind. Am Wochenende und nachts müssen aber zumindest PC nicht in Betrieb sein.

⁹ wie zitiert in /Bachmann, Huser, 1992/

3 Stromverbrauch für EDV-Anwendungen in Baden-Württemberg

In diesem Abschnitt soll versucht werden, auf der Grundlage der in Kapitel 2 zusammengetragenen Ergebnisse und Überlegungen, Aussagen auf aggregierter Ebene zu gewinnen. Welchen Anteil haben Computer und ihre Peripherie derzeit am Stromverbrauch? Welche Szenarien sind für das Jahr 2005 denkbar? Keinesfalls erheben die im folgenden getroffenen Aussagen aber den Anspruch, präzise Werte anzugeben. Einerseits geht es um eine erste Abschätzung dieses Stromverbrauchs für Baden-Württemberg, andererseits um eine Gegenüberstellung einiger z. T. schon diskutierter Entwicklungspfade und ihrer jeweiligen Auswirkungen auf den gesamten Stromverbrauch.

Zwischen dem Jahr 2005 und heute liegen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik u. U. mehrere Gerätegenerationen. Deswegen sind auch jeweils unterschiedliche methodische Vorgehensweisen angebracht. Bei einer Analyse der derzeitigen Situation wird von möglichst realistischen Bestandszahlen ausgegangen, die Szenarien für die zukünftige Entwicklung orientieren sich hingegen an der Zahl der Beschäftigten, die voraussichtlich früher oder später an einem Bildschirmarbeitsplatz tätig sind. Während sich die Bestandszahlen i. a. zunächst auf die Bundesrepublik Deutschland (alt) beziehen und entsprechend umgerechnet werden müssen, kann bei der Szenarienbildung gleich von Beschäftigtenzahlen für Baden-Württemberg ausgegangen werden. Schließlich bietet sich für das Jahr 1990 eine getrennte Betrachtung der EDV-Anlagen selbst und der von der Deutschen Bundespost TELEKOM angebotenen Telekommunikationsdienste an, die wohl in Zukunft immer weniger scharf voneinander abgrenzbar sein werden. Der Strombedarf für Telekommunikation wird darum für das Jahr 2005 auch nicht mehr gesondert ausgewiesen.

Wenn auch beide Zugänge prinzipiell miteinander konsistent sein müßten, kann auf dieser Grundlage keine sinnvolle zeitliche Entwicklung angegeben werden.

3.1 Stromverbrauch für EDV-Anwendungen im Basisjahr 1990

Die vorgenommene Trennung von Stromverbräuchen nach Computereinsatz und Telekommunikation ist weniger als streng räumliche, sondern eher als wirtschaftlich-funktionale Gliederung zu sehen. Während in Kapitel 3.1.1 ausgehend von den Computern alle Geräte im Büro betrachtet werden, die hauptsächlich der Datenverarbeitung, der Datenein- und ausgabe, aber teilweise auch der Datenübertragung dienen, werden in Kapitel 3.1.2 diejenigen Telekommunikationsnetze und zugehörigen speziellen Endgeräte betrachtet, über welche die Dienste der Deutschen Bundespost TELEKOM betrieben werden, also auch Faxgeräte und Nebenstellenanlagen. Ebenso wie Nebenstellenanlagen zur innerbetrieblichen Kommunikation verwendet werden,

dienen aber umgekehrt auch immer häufiger Computernetzwerke als Träger von Funktionen, die bisher ausschließlich im Bereich der TELEKOM lagen.

3.1.1 Stromverbrauch für Computer

In der Bundesrepublik Deutschland dominieren bislang vor allem zentralisierte Rechenanlagen mit VDU-Terminals ohne eigene Prozessoren /Dataquest, 1993/. Wie in Kapitel 2.3 erläutert, bewirkt ein höherer Anteil leistungsstarker Zentralrechner auch einen höheren Energieverbrauch. Es muß also davon ausgegangen werden, daß, ähnlich wie in der Schweiz (vgl. /Spreng, 1990/) der Stromverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland derzeit noch von diesen Systemen dominiert wird. Während für die Bestände an Rechenanlagen noch Daten vorliegen, ist eine Ermittlung von Bildschirmen (bei Mehrplatzsystemen) oder Druckern schon schwieriger. Deshalb werden deren Beiträge eher über pauschale Zuschläge erfaßt.

Die Diebold-Statistik /Diebold, 1990/, in welcher der Bestand aller Rechenanlagen in der Bundesrepublik nach Größenklassen erfaßt wird, bildet eine gute Grundlage für eine Abschätzung des derzeitigen Stromverbrauchs. Tabelle 3-1 zeigt die Stückzahl installierter Informationssysteme unterteilt nach Produktgruppen in der Bundesrepublik Deutschland nach dem Stand vom 1. 1. 1990. Hinter den vier Produktgruppen "Große Systeme", "Mittlere Systeme", "Kleine Systeme" und Mikrocomputer verbergen sich insgesamt 11 Größenklassen, die nach dem durchschnittlichen Kaufpreis gebildet werden. Die in /Diebold, 1990/ unvollständigen Angaben zum Mikrocomputerbereich wurden durch Schätzwerte von /Dataquest, 1993/ ergänzt.

Leider ist es nicht ohne weiteres möglich, diese detaillierten Angaben um entsprechend genaue Werte für die durchschnittliche Betriebszeit und den typischen Stromverbrauch zu ergänzen. Weil die Zugehörigkeit eines Systems zu einer Preisklasse kaum Auskunft über Rechnerarchitektur und Einsatzart gibt, müßten dafür letztlich die primären Statistiken aufgeschlüsselt und mit Angaben der jeweils vertretenen Hersteller zum Stromverbrauch verknüpft werden. Dies wäre nicht nur mit hohem Aufwand verbunden, sondern ließe immer noch den Energieaufwand für Netze, Bildschirme und Peripherie unberücksichtigt. Deshalb wurde auf Angaben von /Spreng, 1990/ zu typischen Verbrauchswerten und Betriebszeiten zurückgegriffen, die aufgrund von Fallbeispielen und Messungen entstanden. Die dort angegebenen Schätzwerte für die durchschnittliche Leistung beziehen sich auf vom öffentlichen Netz bezogene Leistungen unter Einbeziehung von Peripherie und Kommunikation und spiegeln nach Angaben des Autors Unterschiede von einem Faktor 3 innerhalb einer Preisklasse wieder. Die angegebenen Benutzungszeiten reichen von der Büroarbeitszeit bis zum Dauerbetrieb.

Eine weitere Unsicherheit resultiert aus der jeweils unterschiedlichen Einteilung in Größenklassen zwischen /Spreng, 1990/ und /Diebold, 1990/. Ein Vergleich der Verteilungen unterschiedlicher Rechnergrößen zwischen der Schweiz und der Bundesrepublik legt die Vermutung nahe, daß die Mikrocomputerklassen ungefähr übereinstimmen und die drei verbleibenden Klassen von /Diebold, 1990/ gerade die vier von /Spreng, 1990/ überdecken. Um eine Abschätzung des Stromverbrauchs zu erhalten, wurden in Tabelle 3-1 jeweils ausgehend von /Spreng, 1990/ mittlere Leistungswerte gebildet und die Angaben über die Betriebszeiten i. w. übernommen: nur für die Mikrocomputer wurden eine höhere Leistung und Betriebszeit gewählt, um erweiterter Peripherie Rechnung zu tragen. Insbesondere wird damit unterstellt, daß auch der Beitrag der Kopierer, über die keine detaillierten Angaben vorlagen, damit ebenfalls abgedeckt ist. Alle Angaben werden dann mit den Bestandszahlen multipliziert. Man erhält 13,6 (3,4) TWh, was etwa 2,8 (0,7) % des gesamten Endenergieverbrauchs an Elektrizität im Jahr 1990 (Bundesrepublik Deutschland alt) entspricht. Der in Klammern angegebene Wert stellt denjenigen Fehler dar, der sich allein aus der Unsicherheit aufgrund der Anpassung der Größenkategorien wiedergeben, nicht jedoch durch die (unbekannten) Fehler in den verwendeten Werten für Stromverbrauch und Benutzungszeit. Für das Bundesland Baden-Württemberg ergeben sich unter Zuhilfenahme des Landesanteils an Arbeitsplätzen von 16,7 % /Statistisches Jahrbuch, 1991/ 2,2 (0,5) TWh. Welche elektrische Last ergäbe sich dann an einem Arbeitstag? Geht man von den Bestandszahlen, den mittleren Leistungen und einem Gleichzeitigkeitsfaktor von 1 für die beiden größeren Systemgruppen und von 0,8 für die beiden kleineren Gruppen aus, so erhält man für Baden-Württemberg eine elektrische Spitzenlast von etwa 430 Megawatt.

Tabelle 3-1: Strombedarf für Computer in der Bundesrepublik Deutschland 1990

Computerklasse	Anzahl	Mittlere Leistung [kW]	Mittlere Einschaltzeit [h/d]	Stromverbrauch [TWh/a]
Große Systeme	15.000	50,0	24	6,6
Mittlere Systeme	93.000	7,0	17	4,0
Kleine Systeme	237.000	3,0	6	1,6
Mikrocomputer	5.000.000	0,15	5	1,4
Summe				13,6

Gegen die Gültigkeit des Ergebnisses können allerdings erhebliche Einwände erhoben werden. Geht man von etwa 30 Millionen Erwerbstätigen und einem Durchdringungsgrad für Bildschirmarbeitsplätze von einem Drittel aus, so ergeben sich etwa 1300 kWh pro Arbeitsplatz und Jahr.

Angesichts der Vorgehensweise ist es wenig überraschend, wenn die erhaltenen Ergebnisse nur wenig von denen in /Spreng, 1990/ für die Schweiz abweichen. Etwas niedriger liegen /Norford,, u. a. 1990/ mit einem Wert von 1000 kWh pro Arbeitsplatz und Jahr. Dieser Wert stellt aber eine Schätzung dar, die nicht den überdurchschnittlichen Verbrauch von Mitarbeitern berücksichtigt, die über eine zentrale Rechenanlage versorgt werden. Klarheit könnte hier nur eine systematische, empirisch fundierte Analyse des Großrechnerverbrauchs schaffen.

Außerdem ist auch in erheblichem Umfang zusätzliche Energie für die Klimatisierung der Rechenzentren erforderlich. Dies können je nach Größe bis zu 50 % des reinen Stromverbrauchs sein /Spreng, 1989/. Andererseits stehen viele Arbeitsplatzrechner in unklimateisierten Räumen und verringern lediglich im Winter den Raumwärmebedarf, so daß es schwierig erscheint, hierzu Aussagen auf aggregierter Ebene zu treffen. Für den einzelnen Gebäudeplaner stellen diese Unsicherheiten aber durchaus ein Problem dar, wenn in einer "Stromverbrauchsspirale" hinsichtlich des zukünftigen Stromverbrauchs in einem Bürogebäude von maximalen Ausstattungsgraden mit elektrischen Bürogeräten, hohen Anschlußleistungen und entsprechenden Klimaanlage ausgegangen wird /Walthert, 1992/.

3.1.2 Stromverbrauch für Telekommunikation

Unter Telekommunikation soll hier die Gesamtheit der von der TELEKOM angebotenen Dienste¹⁰ verstanden werden. Typische Telekommunikationsdienste aus dem Dienstangebot der TELEKOM sind z. B. der Telefon- und der Telefaxdienst. Auf eine detaillierte Beschreibung aller angebotenen und im folgenden berücksichtigten Dienste wird hier verzichtet (vgl. dafür z. B. /Barth, 1992/). Für eine Ermittlung des Stromverbrauchs wurde zunächst der direkte Energieverbrauch (d. h. ohne Lüftungs- und Klimatechnik) der Telekommunikationseinrichtungen in der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 1991 abgeschätzt. Dabei waren neben den Übertragungs- und Vermittlungseinrichtungen der TELEKOM im Büro nur noch telekommunikations-spezifische Endgeräte, wie Telefonnebenstellenanlagen und Telefaxgeräte, zu berücksichtigen; der anteilige Verbrauch von Computern, der Kommunikationszwecken dient, ist in den Ergebnissen des vorhergehenden Kapitels enthalten. Die erhaltenen Ergebnisse sind dann in einem zweiten Schritt auf das Jahr 1990 und das Land Baden-Württemberg zu beziehen

Eine entsprechende Momentaufnahme wird allerdings von zwei Entwicklungen wesentlich beeinflusst. So wird einerseits derzeit von der TELEKOM zur Verbesserung des Leistungsangebots die Umrüstung von Analog- auf Digitaltechnik vollzogen. Auf der anderen Seite kann in

¹⁰ Es werden auch von privaten Unternehmen Telekommunikationsdienste angeboten, indem Übertragungswege von der TELEKOM gemietet oder gekauft werden und darauf eigene Dienste angeboten werden (Bsp.: Mailboxsysteme, Datenbanken).

den neuen Bundesländern für viele Bereiche der Fernmeldeinfrastruktur von einem völligen Neuaufbau ausgegangen werden, der ausschließlich in Digitaltechnik erfolgt. Deswegen sind nur Angaben über die alten Bundesländer herangezogen worden.

Die TELEKOM unterhält vier Netze bzw. Netztypen, auf denen ihre Dienste betrieben werden: das Telefonnetz, das integrierte Text- und Datennetz IDN, ein Breitbandnetz und verschiedene Mobilfunknetze. Jedes Netz besteht aus Übertragungs- und Vermittlungstechnik sowie dienstspezifischen Endgeräten auf der Seite des Nutzers. Während jedes Netz eigene Vermittlungsstellen besitzt, greifen alle beschriebenen Netze zur Abwicklung ihrer Dienste auf die selben Übertragungseinrichtungen zurück, das sogenannte Fernmeldelinienetz (Übertragungsnetz).

Anhand einer detaillierten Analyse des Telekommunikationssystems kann der direkte Energieverbrauch ermittelt werden. Ausgehend vom universellen Fernmeldelinienetz und seinen Einrichtungen werden dann die verschiedenen Telekommunikationsnetze und danach die darauf betriebenen Telekommunikationsdienste erfaßt. Auf jeder Stufe sind für die verwendeten Geräte die (i. a. gemessenen) spezifischen Energieverbräuche und die jährlichen Nutzungszeiten zu bestimmen. Aus den letzten beiden Angaben erhält man den jeweiligen durchschnittlichen Jahresenergieverbrauch und mit den Gerätebeständen für 1991 (Jahresendwerte) dann den gesamten Energieverbrauch für diese Gerätegruppe in der Bundesrepublik (alt). In einigen Bereichen können nur Verbrauchswerte pro Teilnehmer ermittelt werden, oder es liegen (z. B. beim Energieverbrauch des Fernmeldelinienetzes) nur für Stichproben der Oberpostdirektion Stuttgart Werte vor, die dann landesweit hochgerechnet werden.

Bei der Aggregation der Daten interessiert natürlich nicht nur das Gesamtergebnis, also der Energieverbrauch für alle Dienste zusammen, sondern auch nach den einzelnen Netzen getrennt. Dafür muß der Strombedarf der Übertragungseinrichtungen auf die verschiedenen Netze aufgeteilt werden. Dem Telefonnetz werden entsprechend des Umsatzes der TELEKOM 90 % zugeordnet, das Breitbandnetz wird aufgrund seines (bislang) niedrigen Auftragsaufkommens dabei vernachlässigt. Die restlichen 10 % werden entsprechend ungefähr gleicher Teilnehmerzahlen zu gleichen Teilen auf das IDN-Netz und die Mobilfunkdienste aufgeteilt. Während dieses Verfahren aufgrund des gegenüber der Vermittlungstechnik kleinen Energieverbrauchs unproblematisch erscheint und ohnehin nichts am Gesamtergebnis ändert, läßt sich wegen fehlender Daten der Energieverbrauch von Übertragungs- und Vermittlungstechnik eines Netzes dann nicht mehr weiter auf die zugehörigen Dienste aufteilen. So unterscheidet die TELEKOM z. B. beim Telefonnetz (vgl. Tabelle 3-2) nicht zwischen einer Telefoneinheit, die zum Telefonieren, und einer, die zum Fernkopieren verwendet wurde.

Der Energieverbrauch¹¹ für die Vermittlungstechnik in Tabelle 3-2 umfaßt zunächst die jeweils getrennt bilanzierten Beiträge von analoger, teilweise und ganz digitaler Orts- und Fernvermittlungstechnik in den alten Bundesländern. Der zusätzliche Bedarf für Übertragungstechnik beträgt Stichproben zufolge auf der Ortsebene 5 % und auf der Fernebene 15 % dessen für Vermittlungstechnik.

Tabelle 3-2: Energieverbrauch des Telefonnetzes und der darüber betriebenen Dienste für die Bundesrepublik Deutschland (alt) im Jahr 1991

	Stromverbrauch [Mio. kWh]
Übertragungstechnik (anteilig)	33,4
Vermittlungstechnik des Telefonnetzes	428,9
Zwischenergebnis für das Telefonnetz	462,3
Zusätzlich für Telefondienst (Nebenstellen)	242,5
Zusätzlich für Telefax-Dienst (Endgeräte)	139,0
Zusätzlich für Btx-Dienst (Vermittlung)	10,5
Zusätzlich für Datenübertragung	vernachlässigt
Telekommunikationsdienste im Telefonnetz	854,3

Für den Telefondienst sind zusätzlich noch die Nebenstellenanlagen zu berücksichtigen, weil Telefonapparate als Hauptanschlüsse über das Netz versorgt werden. Aufgrund der unterschiedlichen Größen und Auslastungen von Nebenstellenanlagen kann hier nur ein durchschnittlicher Energiebedarf von 2 W für 14 Mio. Nebenstellen geschätzt werden. Der Strombedarf für die Faxgeräte wird im wesentlichen durch den Standby-Verbrauch bestimmt und mit 140 kWh pro Gerät und Jahr angesetzt (vgl. Kapitel 2.2.3). Weiter wird angenommen, daß 90 % der auf 1.1 Mio. geschätzten Geräte¹² in den alten Bundesländern betrieben werden. Wegen seiner sehr geringen Verbreitung in den neuen Bundesländern wurden für den Btx-Dienst direkt Angaben über die gesamte Bundesrepublik verwendet. Neben einem (schon erfaßten) Zentralrechner sind

¹¹ Alle Angaben beziehen sich im folgenden auf den vom Netz entnommenen Elektrizitätsverbrauch vom, wobei für viele Anlagen Gleichstrom erforderlich ist, der derzeit von der TELEKOM mit Umwandlungsverlusten von 20 % erzeugt wird. Prinzipiell kann man sich aber auch eine direkte Versorgung mit Gleichstrom (etwa aus Brennstoffzellen) vorstellen

¹² Dieser Zahl liegt die Annahme zugrunde, daß zusätzlich zu den im Telefaxverzeichnis verzeichneten 946.000 Geräten noch 15 % Zweitgeräte betrieben werden.

dann noch 53 Vermittlungstellen zu berücksichtigen. Die zusätzlich zu Computern eingesetzten Modems und andere Datenendgeräte fallen nicht ins Gewicht.

In Tabelle 3-3 sind die Ergebnisse für das Integrierte Datennetz (IDN) aufgetragen. Der Energieverbrauch für die Vermittlungstechnik beruht auf gemessenen Werten der Oberpostdirektion Stuttgart, die je 10 % des gesamten Aufkommens an Leitungs- und Paketvermittlung aufweist.

Tabelle 3-3: Energieverbrauch des Integrierten Datennetzes und der darüber betriebenen Dienste für die Bundesrepublik Deutschland (alt) im Jahr 1991

	Stromverbrauch [Mio. kWh]
Übertragungstechnik (anteilig)	1,9
Vermittlungstechnik des IDN	31,4
Zwischenergebnis IDN	33,3
Zusätzlich für DATEX-L (Leitungsvermittlung)	--
DATEX-P (Paketvermittlung)	--
Zusätzl. für Datendirektverbindungen	--
Zusätzl. für Telex	103,1
Zusätzl. für Teletex	7,1
Telekommunikationsdienste im IDN	143,5

Für die einzelnen Dienste sind noch die Teilnehmerzahlen und Datenendeinrichtungen zu bestimmen; deren durchschnittlicher Strombedarf ergibt sich aus dem jeweiligem Leistungsbedarf und Angaben über die Verbindungsdauern. Während für den Telex- und Teletextdienst spezielle Endgeräte mit einem Jahresverbrauch von 970 bzw. 530 kWh pro Teilnehmer eingehen, müssen die beteiligten Computer nicht mehr extra bilanziert werden. Der Telegrammdienst wurde nicht in Tabelle 3-3 aufgenommen, weil der direkte Energieverbrauch des Zentralrechners und der Datenterminals mit 0,35 Mio. kWh gegenüber den anderen Beiträgen recht klein ist und keine Angaben über Aufwendungen für die persönliche Zustellung erhältlich waren. Alle Angaben wurden soweit sie nur für die gesamte Bundesrepublik vorlagen, um einen geschätzten Anteil von 5 % für die neuen Bundesländer reduziert.

Die in Tabelle 3-4 erfaßten Mobilfunknetze weisen nicht nur unterschiedliche Endgeräte, sondern auch jeweils eigene Vermittlungseinrichtungen auf, die jeweils getrennt erfaßt werden. Hier

wurde für alle Werte bis auf den des Funktelefons unterstellt, daß sie fast ausschließlich in den alten Bundesländern von Bedeutung sind. Das Funktelefon fand hingegen aufgrund seiner zügigen Anschlußmöglichkeiten auch in den neuen Bundesländern schnelle Verbreitung.

Tabelle 3-4: Energieverbrauch der mobilen Telekommunikationsdienste für die Bundesrepublik Deutschland (alt) im Jahr 1991

	Stromverbrauch [Mio. kWh]
Übertragungstechnik (anteilig)	1,9
Zusätzlich für Funktelefondienst (C-Netz)	31,2
Zusätzlich für Eurosignal	2,8
Zusätzlich für Cityruf	5,0
Zusätzlich für CHEKKER	0,8
Alle Mobilfunkdienste	41,7

Insgesamt ergibt sich als direkter Energieverbrauch für Telekommunikation ohne den Computeranteil in der Bundesrepublik Deutschland des Jahres 1991 etwa 1,04 Mrd. kWh (vgl. Tabelle 3-5). Für Baden Württemberg im Jahr 1990 kann über den Anteil an Oberpostdirektionen bzw. Telefonanschlüssen, sowie deren zeitlicher Entwicklung ein Verbrauch von etwa 0,17 Mrd. kWh abgeschätzt werden. Dieser Beitrag ist zwar deutlich kleiner als derjenige der Rechenanlagen, aber durchaus nicht vernachlässigbar. Die größten Unsicherheiten liegen bei den Annahmen über die Nutzungszeiten von Endgeräten, die nicht in allen Fällen auf gemessene Daten gestützt werden konnten, während der Anteil der Telekommunikationsinfrastruktur recht genau sein dürfte.

Die Verwendung digitaler Bausteine im Fernmeldesystem erfordert wiederum den Einsatz von Lüftungs- und Klimatechnik, um die entstehende Abwärme (Verlustleistung) abzuführen. Der Energieverbrauch der digitalen Übertragungs- und Vermittlungstechnik (im Telefonnetz und IDN) beträgt ca. 350 Mio. kWh (BRD, neu). Typischerweise ist eine zusätzliche Klimaleistung von 30 % erforderlich, womit sich ein zusätzlicher (indirekter) Energieverbrauch für Klimatechnik von 105 Mio. kWh für die gesamte Bundesrepublik ergibt. Entsprechend der Vorgehensweise bei der Behandlung der Rechenanlagen wird dieser Wert aber im folgenden nicht weiter behandelt.

Tabelle 3-5: Direkter Energieverbrauch für Telekommunikation in der Bundesrepublik Deutschland (alt) im Jahr 1991

	Stromverbrauch [Mio. kWh]
Telefonnetz und zugehörige Dienste	854,3
IDN und zugehörige Dienste	143,5
Mobile Dienste	41,7
Alle Telekommunikationsdienste	1.039,5

3.1.3 Zusammenfassung der Ergebnisse für das Basisjahr

Insgesamt ergeben sich für das Land Baden-Württemberg als Schätzung des Stromverbrauchs von Informations- und Kommunikationssystemen im Jahr 1990 etwa 2.4 Mrd. kWh. Vergleicht man diesen Wert mit den in der Energiebilanz ausgewiesenen Beiträgen zur Stromnachfrage, so muß man sich an der Nutzenergieform Kraft orientieren, die derzeit auch die technisch völlig anderen Informationsdienstleistungen umfaßt. Für den Kleinverbrauchssektor, in dem der Stromverbrauch für EDV relativ am wichtigsten ist, wird für Kraft in der BRD eine Stromnachfrage von 4,7 Mio t SKE angegeben /VDEW, 1993/, das entspricht (unter Zuhilfenahme der Beschäftigtenzahlen) 6,4 Mrd. kWh Elektrizität in Baden-Württemberg. Hilfreicher als ein entsprechend grober Vergleich wäre hier aber eine Angabe des nicht erklärten Anteils der Stromnachfrage in diesem Sektor, der ja ganz unterschiedliche Verbrauchergruppen umfaßt.

Die Hauptunsicherheit des erzielten Ergebnisses liegt in den notwendigen Annahmen über den Verbrauch der großen, zentralen Rechenanlagen, deren Beitrag maßgeblich die Höhe des Ergebnisses charakterisiert. Wie könnte sich dieser Anteil nun entwickeln?

3.2 Szenarien für das Jahr 2005

Der Stromverbrauch für EDV-Geräte wird zukünftig von einer Reihe von Faktoren bestimmt. Für einige Aspekte zeichnen sich dabei klare Trends ab, während andere Entwicklungen völlig unsicher sind. Es wird darum nicht versucht, die zeitliche Entwicklung ausgehend vom Status-Quo zu beschreiben. Stattdessen soll versucht werden, auf der Grundlage einfacher und diskutierbarer Annahmen mögliche Zustände zu skizzieren. Das Jahr 2005 dient dabei als eine Art künstlicher Fixpunkt in einer kontinuierlichen Entwicklung, indem für die Szenarien unterstellt wird, daß bestimmte Anwendungen, wie z. B. die Ausstattung mit Bildschirmarbeitsplätzen, bis dahin schon ihren Sättigungsgrad erreicht haben, während andere ebenfalls wichtige Entwicklungen, wie z. B. Bildkommunikation vom Arbeitsplatz, nicht systematisch erörtert werden, gerade so als fänden diese Entwicklungen zeitlich danach statt. Weil für das Jahr 2020 sogar die Frage der Basistechnologien in der Informationsverarbeitung offen ist, werden keine Aussagen über den Stromverbrauch getroffen. Einige der im folgenden skizzierten Entwicklungslinien werden aber wohl auch längerfristig wirksam sein.

Zunächst sind die wichtigsten Faktoren zu identifizieren, die den Stromverbrauch beeinflussen und dafür jeweils Hypothesen zu formulieren, die den Abschätzungen zu Grunde gelegt werden sollen. Dabei wird versucht, prinzipielle Entwicklungslinien herauszuarbeiten, die dann in der Analyse und Diskussion hinsichtlich ihrer Stärke gewichtet oder gegebenenfalls auch geändert werden können:

1. Soweit überhaupt sinnvoll werden bis zum Jahr 2005 alle Arbeitsplätze Bildschirmarbeitsplätze sein, d. h., ausgestattet mit technischen Geräten zur Unterstützung von Informationsverarbeitung und Kommunikation.
2. Das Wechselspiel von Preisverfall, neuen und höheren Anforderungen sowie verbesserter Software führt zu hohen Leistungsspezifikationen. Es wird davon ausgegangen, daß Rechenleistung, Bildschirmqualität etc. denen der heute marktbesten PC (oder kleineren Workstations) entsprechen.
3. Der Zentralisierungsgrad der gesamten Rechenleistung nimmt ab.
4. Der Anteil mobiler Geräte nimmt deutlich zu.
5. Das für mobile Anwendungen entwickelte elektronische Energiemanagement gewinnt, angetrieben von marktdominierenden Unternehmen und großen Verbrauchern, auch im Desktop-Bereich deutlich an Bedeutung.

6. Aufgrund zunehmender Integration und Vernetzung von Systemen sowie einer damit verbundenen zunehmenden "Notwendigkeit zur Erreichbarkeit" von Mensch und Maschine nehmen die durchschnittlichen Betriebszeiten zu.
7. Im Druckerbereich gehen die Anforderungen in Richtung hochwertiger, möglichst farbiger Präsentationen und Kopien etc., möglichst auf Normalpapier. (Wegen zunehmender Datenübertragung innerhalb und zwischen Büros, sowie besserer Software könnte der in den Szenarien nicht behandelte "intermediäre" Papierverbrauch aber abnehmen.)
8. Weitergehende Anwendungen etwa im Multimediabereich sind hinsichtlich ihrer Verbreitung oder des zu erwartenden Stromverbrauchs kaum einzuordnen. Sie werden sich aber eher zeitlich nach den bislang behandelten Entwicklungen in großem Umfang durchsetzen. Wo es sich um Erweiterungen bzw. zusätzliche Schnittstellen der Basistechnologie Bildschirmarbeitsplatz handelt, werden sie aufgrund des dann weiter verbreiteten Energiemanagements wenig ins Gewicht fallen.

Diese Annahmen wurden vor allem so formuliert, daß sie möglichst plausible Tendenzen wiedergeben und klare Bezüge zur Stromverbrauchsentwicklung aufweisen. Bei ihrer quantitativen Ausgestaltung ergibt sich immer noch ein erheblicher Spielraum.

3.2.1 Typische Arbeitsplatzkonfigurationen

Auf dieser Grundlage werden nun typische Realisierungen eines Bildschirmarbeitsplatzes mit der Rechenleistung eines guten PC bzw. einer "Workstation" gebildet, die dann zusammen mit drei unterschiedlichen Annahmen zur Verbreitung von Bildschirmarbeitsplätzen in Baden-Württemberg in die Szenarienbildung einfließen.

- Typ O: Der heutige Verbrauch liegt in etwa bei 1.300 kWh pro Bildschirmarbeitsplatz und Jahr.
- Typ A: Für diesen Fall wird angenommen, daß die Entwicklung im wesentlichen von der Verringerung des Zentralisierungsgrades und einer besseren Auslastung der Rechner bestimmt wird, während Powermanagement keine große Rolle spielt. Angesetzt werden hier 1.000 kWh pro Bildschirmarbeitsplatz und Jahr, die auch von /Norford, u. a., 1990/ als Basisfall angesetzt werden. Zusammensetzen kann sich ein derartiger Beitrag aus einer Leistung von 150 W für den Einzelrechner und 50 W für Peripherie über 5.000 Stunden pro Jahr oder als Anteil an einer zentralen Rechenanlage.

- Typ B:** Hier wird angenommen, daß der Leistungsbedarf aufgrund höherer Anforderungen auf etwa 250 W während einer Kernarbeitszeit von 1.000 h/a ansteigt und ansonsten (5.000 h/a) durch Energiemanagement auf die heute schon möglichen 40 W reduziert wird, die anteilig dem Arbeitsplatz und zentraler Peripherie entsprechen. Es ergeben sich 450 kWh/a.
- Typ C:** Geht man von 150 W über wiederum 1.000 h/a und 25 W über jährlich 2000 h aus, so entspricht dies dem derzeitigen Stand der Technik im Personal-Computerbereich (und vergleichbaren Annahmen über die Peripherie) bei Abschalten außerhalb der Arbeitszeit. Insgesamt ergeben sich 200 kWh/a.
- Typ Z:** Technisch problemlos möglich ist aber auch eine Reduktion der normalen Leistungsaufnahme auf 50 W (1.000 h/a) und des Standby-Verbrauchs auf 10 W (1.000 h/a), so daß für viele Arbeitsplätze auch 100 kWh pro Jahr möglich erscheinen.

Es zeichnet sich dabei ab, daß zwischen den Extremfällen noch Unterschiede von mehr als einer Größenordnung bestehen. Die Verbreitung des Typs Z ist allerdings dadurch begrenzt, daß aufgrund eines gewissen Großrechneranteils auch umgekehrt noch die derzeitige Konstellation O vorhanden sein wird. Die anderen drei Typen kann man sich aber gut als durchschnittliche Profile oder in einer Mischung vorstellbar.

3.2.2 Szenarienkonstruktion

Der Einfachheit halber sollen nun die drei Typen A, B und C direkt als Repräsentanten in die Szenarienbildung eingehen. Für den zweiten wichtigen Parameter, nämlich die Verbreitung von Bildschirmplätzen, werden ausgehend von derzeit 1,7 Millionen drei unterschiedlichen Entwicklungen für Baden-Württemberg unterstellt:

- i) Einer maßvollen Zunahme auf 2 Millionen Bildschirmarbeitsplätze
- ii) Einer mittleren Zunahme auf 2,75 Millionen Bildschirmarbeitsplätze
- iii) Einer starken Zunahme auf 3,5 Millionen Bildschirmarbeitsplätze

Von den neun denkbaren Kombinationen sind fünf, darunter zwei extreme Szenarien, die sich hinsichtlich des Stromverbrauchs um eine Größenordnung unterscheiden, in Tabelle 3-6 aufgeführt. Für die realistischeren anderen drei Szenarien wurde unterstellt, daß eine schnelle Diffusion auch mit der Verbreitung kleinerer Rechner zusammenhängt. Das Szenario "Status-Quo" beinhaltet eine eher langsame Verbreitung neuer Arbeitsplätze. Das "Trendszenario" ist bei stärkerer Verbreitung durch Leistungssteigerung der Systeme und elektronisches Energiemanagement gekennzeichnet. Das "Sparszenario" wäre nur bei großer Verbreitung neuer energiesparen-

der Geräte, also vom Typ D oder besser, möglich, die den Verbrauch noch verbleibender Großrechenanlagen ausgleichen.

Tabelle 3-6: Szenarien für den Umfang des für EDV-Anwendungen erforderlichen Strombedarfs für Baden-Württemberg im Jahr 2005.

			Bildschirm- arbeitsplätze [Mio.]	Stromverbrauch pro Arbeitsplatz [kWh]	Gesamter Strom- verbrauch [Mio. kWh]
1.	Ci	Minimalszenario	2,0	200	400
2.	Ciii	Sparszenario	3,5	200	700
3.	Bii	Trendszenario	2,75	450	1.250
4.	Ai	Statusquo-Szenario	2,0	1.000	2.000
5.	Aiii	Maximalszenario	3,5	1.000	3.500

Wenn man annimmt, daß die in Kapitel 3.1 ermittelten 2,2 Millionen kWh eher zu hoch sind, so unterscheiden sich die drei Szenarien um eine Faktor 3 und reichen von einer Beibehaltung des bisherigen gesamten Stromverbrauchs, der aber etwas effektiver eingesetzt wird, bis zu einer Reduktion des bisherigen Verbrauchs auf ein Drittel bei starker weiterer Diffusion von Computern. Abschließend soll noch mit aller Deutlichkeit darauf hingewiesen werden, daß dies nur eine mögliche Interpretation des erarbeiteten Materials darstellt und daraus auch andere Entwicklungen abgeleitet werden können.

4 Empfehlungen zur rationellen Energieanwendung im EDV-Bereich

Die Analyse der im EDV-Bereich verwendeten Techniken und die Bildung der Szenarien haben gezeigt, daß hinsichtlich des möglichen Stromverbrauchs erhebliche Unterschiede zwischen verschiedenen Entwicklungen denkbar sind. Die wesentlichen Unterschiede sind dabei nicht auf Unterschiede in der wirtschaftlichen Aktivität, der Geräteausstattung oder der Zahl der Bildschirmplätze zurückzuführen, sondern auf die große denkbare Schwankungsbreite des spezifischen Stromverbrauchs pro Rechenleistung und der Leerlaufleistung. Die Hauptunsicherheit in den Angaben für den derzeitigen Verbrauch liegt im Verbrauch der Großrechner; er ist aber in jedem Falle beachtlich. Genauere Angaben ließen sich, wenn überhaupt, nur in Zusammenarbeit mit den Herstellern erreichen. Die genannten Unsicherheiten sollten aber Maßnahmen der rationellen Energieanwendung nicht im Wege stehen.

Denn mehr als nur einen kleinen Teil des bisherigen gesamten Verbrauchs für die zu erwartenden Anwendungen zu verwenden ist volkswirtschaftlich wohl nicht optimal. Dies gilt sogar, obwohl bislang kaum energiesparende Rechner zur Verfügung standen, denn Informationsverarbeitung ist prinzipiell fast ohne Energiezufuhr möglich ist /Bennett, 1985/. Der beachtliche technische Fortschritt in diesem Bereich hätte auch schon früher zu einem kleinen Teil von der Leistungssteigerung auf die Energieeinsparung gelenkt werden können. Der große Konkurrenzdruck im Hardwarebereich sollte dabei wesentliche Preissteigerungen gegenüber Standardgeräten verhindern, doch läßt sich diese Entwicklung nur schwer einschätzen. Andererseits ist unklar, ob in einigen Jahren überhaupt noch Personal Computer ohne integriertes Power-Management erhältlich sein werden.

Insofern erscheint es müßig, sich bei der Analyse in einer Diskussion darüber zu verstricken, welcher Anteil der möglichen Unterschiede im Stromverbrauch nun einer autonomen Entwicklung, einem technischen, einem wirtschaftlichen, einem realisierbaren oder sonst irgendeinem Potentialbegriff entspricht. Entsprechendes gilt für die Diskussion von Hemmnissen. Denn nicht jeder Unterschied in der Energieeffizienz stellt auch ein Einsparpotential in dem Sinne dar, daß dazu auch irgendwelche konkreten Entscheidungsmöglichkeiten für den einzelnen Nutzer korrespondieren. Andere Einschränkungen betreffen den ständigen Wandel der Geräteausstattung oder der -anforderungen. Leistungs- und Effizienzverbesserungen erfolgen fast immer gleichzeitig. Letztlich erhielt jeder Versuch, aggregierte Einsparpotentiale zu ermitteln, seine Berechtigung dadurch, daß sich daraus auch bessere Programme und Maßnahmen ableiten lassen. Dies muß aber bezweifelt werden.

Wenn sich nämlich jetzt eine Entwicklung abzeichnet, in welcher sich der Zuwachs im Energieverbrauch des gesamten EDV-Bereichs scheinbar weitgehend autonom abschwächt und wohl

auch irgendwann umkehren wird, dann nicht zuletzt wegen der Aktivitäten der EPA, die damit letztlich weltweit Stromeinsparungen in erheblichem Umfang ausgelöst hätte. Im Bereich der Informationstechniken können Einsparpotentiale offenbar auch dadurch definiert werden, daß man aufgrund machbarer Techniken den Stromverbrauch als Zielvorgabe festlegt. Diese Möglichkeit muß sich nicht einmal in einem Standard äußern, sondern kann für geeignete Akteure auch in einer Einkaufspolitik bestehen. Sie stellt damit wohl die wichtigste Maßnahme einer rationellen Stromanwendung für den EDV-Bereich dar. Hier könnte das Land Baden-Württemberg eine wesentliche Rolle spielen.

Wenn also der derzeitige Kenntnisstand unseres Erachtens schon ausreicht, um erste Empfehlungen abzugeben, welche anderen Möglichkeiten sind über die schon genannten hinaus noch zu bedenken? Im wesentlichen gibt es drei unterschiedliche Ansatzpunkte. Erstens ist zu berücksichtigen, daß die oben getroffenen Einschätzungen zu optimistisch sein können. Eine Analyse möglicher Abweichungen von der unterstellten Effizienzentwicklung bzw. Diffusion energiesparender Geräte, könnte aufzeigen, inwieweit die Entstehung zusätzlicher unrealisierter Einsparpotentiale vermeidbar ist. Insbesondere muß sichergestellt werden, daß die im Mikrocomputer verwendeten Verfahren auch - soweit technisch sinnvoll - bei den bislang den Stromverbrauch dominierenden größeren Systemen Einzug finden. Hier wären gegebenenfalls neben den Erfahrungen aus anderen Bereichen der rationellen Energieanwendung noch spezielle Untersuchungen zur Entscheidungssituation beim Computerkauf anzustellen, die über die Überlegungen in Kapitel 2.4 hinausgehen.

Zweitens sind aus technischer Sicht noch zusätzliche Einsparungen etwa durch weitere Innovationen denkbar. Neben der schon erwähnten Einkaufspolitik, wäre zu analysieren, ob sich hier gezielt eingesetzte Fördergelder für Forschungs- und Entwicklung nicht auch positiv auf die Wettbewerbssituation europäischer Hersteller auswirken könnten. Außer dem Bereich der Bildschirme und der Druckverfahren erscheint besonders eine Verbesserung der Gleichstromerzeugung über bessere Netzteile und Direkterzeugung möglich. Neben dem Wirkungsgrad ist dabei auch die für den Nutzer unsichtbare (kostenlose) Phasenverschiebung zu berücksichtigen, am einfachsten über einen Standard. Dieser könnte sich dabei auch auf andere Kleingeräte beziehen, ohne sich allzu negativ auf die Kosten der Gesamtprodukte auszuwirken.

Drittens sind dadurch im derzeitigen Zustand aber einfache Verhaltensmaßnahmen, wie das Abschalten am Wochenende noch längst nicht überflüssig. Hier sind die Unternehmen und der einzelne Mitarbeiter bzw. Privatnutzer gefragt, um unnötigen Energieverbrauch zu vermeiden. Dabei sind zunächst Informationsmängel zu beseitigen und davon ausgehend einige wenige Regeln zu formulieren, um diese dann aber auch konsequent anzuwenden.

Literatur

- Bachmann, C., Huser, A., 1992
Fragen Sie nach dem Stromverbrauch!
Impuls, April 1992, S. 12 - 15
- Barth, H., 1992
Moderne Telekommunikation
Franzis, München, 1992
- Beniger, J. R., 1986
The Control Revolution - Technological and Economic Origins of the Information Society
Harvard University Press, Cambridge, 1986
- Bennett, C. H., Landauer R., 1985
Grundsätzliche physikalische Grenzen beim Rechnen
Spektrum der Wissenschaft, 9/85, Heidelberg, S. 94 - 105
- Binswanger, M., 1992
Information und Entropie
Campus, Frankfurt a. M., 1992
- Bullinger, H.-J. (Hrsg.), 1989
Integrationsmanagement-Zukunftssichere Konzepte für eine praxisgerechte Büroplanung
und Bürogestaltung
FBO Office Media, Reihe IAO-Büroforum, Baden-Baden, 1989
- Bullinger, H.-J., Fröschle, H.-P., 1993
Neue Unternehmensstrukturen und ihre Anforderungen an die Telekommunikation
In: ETG-Fachbericht Nr.123, VDE Verlag, Berlin, S. 83 - 89
- Bundesamt für Konjunkturfragen, 1992
Mehr Büro mit weniger Strom
2. Ravel-Tagung, 13. 5. 1992, Bern
- Cordes, R., Töpferwein, T., 1992
Konzept und Realisierung einer Bedienoberfläche für ein Multimedia Endgerät
In: ITG-Fachbericht 121, Nutzung und Technik von Kommunikationsendgeräten,
VDE-Verlag GmbH, Berlin, S. 197 - 207
- Dataquest Europe Limited, 1993
Unveröffentlichte Unterlagen zum PC-Markt
- Diebold, 1990
Diebold Management Report, Nr. 1/2, 1990
- Drucker, P., 1993
Die Postkapitalistische Gesellschaft
Econ, Düsseldorf, 1993
- Dutz, S., Stiller, A., 1993
Flower Power - Öko-PCs: Grüner Wind... oder windiges Grün?
C't, Heft 10/93, S. 80 - 90
- The Economist, 1992
Powered Down
The Economist, December 5th 1992, London, S. 86

- The Economist, 1993
When The Bloat Comes In
The Economist, October 2nd 1993, London, S. 95-96
- The Economist, 1993b
Survey: Telecommunication
The Economist, October 23rd 1993, London, S. 68ff
- Famulla, G.-E., u. a., 1992
Persönlichkeit und Computer
Mensch und Technik, Soziale Technikgestaltung, Band Nr. 34,
Westdeutscher Verlag, Opladen, 1992
- Fröschle, H.-P., 1993
Persönliche Mitteilung, Stuttgart
- Heilmann, H., 1990
Hardware-, Software- und Netzstrukturen am Beispiel von Mikrocomputersystemen
Vorlesung WS 90/91, Betriebswirtschaftliches Institut der Uni Stgt., Abteilung VII,
Stuttgart
- Hirschmugl, E. V., 1992
PC-Kommunikation mit ISBN-PBX
In: ITG-Fachbericht 121, Nutzung und Technik von Kommunikationsendgeräten,
VDE Verlag, Berlin, S. 71 - 92
- Huser, A.; Eisenhut, H.; Bush, E., 1992
Energieverbrauch von elektronischen Bürogeräten
Materialien zu RAVEL, Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern, 1992
- Johnson, B., Zoi, C., 1992
EPA Energy Star Computers: The Next Generation of Office Equipment
Proc. of the ACEEE Summer Study ASILOMAR 1992, Asilomar, 1992
- KFZ Karlsruhe, Abtl. für angew. Systemanalyse, 1993
Entwicklung und Anwendung von Informationstechnologien - Ergebnisse,
Erfahrungen, methodische Reflexionen
4. Veranstaltung Reihe: Praxisprobleme der Technikfolgenabschätzung, Karlsruhe
- Kühn, P. J., 1993
Das Zusammenwachsen von Telekommunikationstechnik und Informationstechnik
ETG-Fachbericht Nr. 123, VDE Verlag, Berlin, S. 67 - 74
- Markt & Technik, 1993
Marktübersicht Stromversorgungen für EDV-Anlagen
Markt & Technik Nr. 1/2, 8.2.93, S. 24 - 35
- Markt & Technik, 1993b
Weniger Power bei gleicher Leistung
Markt & Technik Nr. 25, 18.6.93, S. 10
- Miersch, M., Langer, M., 1993
Alles öko, oder was?
Zeit Magazin Nr. 48, 26.11.1993, Hamburg, S. 46 - 55

- Norford, L., Hatcher, A., 1990
Electricity Use in Information Technologies
Ann. Rev. Energy, 1990 (15), S. 423 -453
- Paszkowski, I., 1993
Entsorgungsfreundlich und sparsam; US-Behörde fordert stromsparende PC und Drucker
VDI-Nachrichten Nr.39, 10/93, S. 25
- Politische Ökologie, 1993
Lebensstil oder Stilleben - Lebenswandel durch Wertewandel
Heft Nr. 33, Sept./Okt. 93, 11. Jahrgang, München, S. 1 - 100
- Postman, N., 1992
Das Technopol - Die Macht der Technologien und die Entmündigung der Gesellschaft
S. Fischer, Frankfurt a. M., 1992
- Roturier, J., Harris, J. P., 1993
Electricity and Microcomputers: a Comprehensive Way to a Better Efficiency
To be published in Bulletin of the International Electrotechnical Committee
- Schinnen, P., 1992
Multifunktionale Arbeitsplätze im ISDN - Konzept und Anwendungen der Bildkommunikation im ISDN
ITG-Fachbericht 121, Nutzung und Technik von Kommunikationsendgeräten,
VDE-Verlag GmbH, Berlin, S. 355 - 364, 1992
- Schock, C., 1993
Energieverbrauch für Telekommunikation
Diplomarbeit, Universität Stuttgart, Oktober 1993
- Schulze, Th., Weber, C., Fahl, U., Voß, A., 1992
Grundlagenuntersuchungen zum Energiebedarf und seinen Bestimmungsfaktoren
Erster Zwischenbericht, Stuttgart, 1992
- Spreng, D., Aebischer B., 1990
Computer als Stromverbraucher
Schweizer Ingenieur und Architekt Nr. 50, 13.12.90
- Spreng, D., 1989
Personal Computer und ihr Stromverbrauch
INFEL Forschungsbericht Nr. 1/ 1989, Zürich, 1992
- Spreng, D., 1990
Computers as Energy Consumers
Draft, to be published, Zürich
- Spreng, D., Hediger W., 1987
Der Energiebedarf der Informationsgesellschaft
Verlag der Fachvereine, Zürich
- Statistisches Bundesamt, 1991
Statistisches Jahrbuch
Metzler-Poeschel Verlag, Stuttgart, 1991
- Statistisches Bundesamt, 1992
Fachserie 15; Reihe 1: Wirtschaftsrechnungen
Metzler Poeschel, Bonn, 1992

Taylor, P., 1993

A Revolution on the Desk-top

Financial Times Survey: Technology in the office, 26.10.93, London

VDEW-Arbeitsausschuß "Marktforschung-Elektrizitätsanwendung", 1993

Struktur des Endenergieverbrauchs in der Bundesrepublik Deutschland (alt) im Jahre 1990
Frankfurt, 1993

Walch, Chr., 1991

Analyse des Stromverbrauchs in einem Bürogebäude

Studienarbeit IER Uni Stgt., Stuttgart, 1991

Walker, W., 1985

Information Technology and the Use of Energy

Energy Policy, Oktober 1985, S. 458 - 476

Walthert, R., 1992

Die Stromverbrauchsspirale

In: Mehr Büro mit weniger Strom, 2. Ravel-Tagung, 13. Mai 1992, Bern, S. 15 - 16

Weber, Chr., Fahl, U., 1993

Energieverbrauch und Bedürfnisbefriedigung - eine Analyse mit Hilfe der
energetischen Input-Output-Rechnung

Energiewirtschaftliche Tagesfragen 8/93 43. Jg, Stuttgart