

KURZINFORMATION

BAU UND TECHNIK



HOCHSCHUL-INFORMATIONSSYSTEM, GOSERIEDE 9, 30159 HANNOVER

Oktober 1998

B 5/1998

Energieeinsparung als Aufgabe in Hochschulen

Vorwort

Ziel dieser Kurzinformation ist es, Aktivitäten verschiedener Hochschulen bei der rationellen Energieverwendung zu dokumentieren und damit Anregungen für Problemlösungen zu geben. Behandelt werden aus der Sicht der zentralen Hochschulverwaltung (Energiebeauftragte, technische Betriebsleiter) sowohl technische und organisatorische als auch nutzerbezogene, d. h. verhaltensorientierte Maßnahmen. Eingegangen wird auch auf den Umweltschutzaspekt sowie Möglichkeiten zur Finanzierung.

Die Veröffentlichung der Beiträge in dieser Kurzinformation sind durch eine Fortbildungsveranstaltung von HIS mit dem Zentrum für Technologietransfer und Weiterbildung (ZTW) der TU Clausthal im November 1996 zum Thema Energieeinsparung angeregt worden. Beispielhaft werden Aktivitäten der Universitäten Berlin (TU), Clausthal (TU), Darmstadt (TH), Hamburg (U), Jena (U), Osnabrück (U) und Zürich (ETH) vorgestellt. Ein Fachbeitrag zum Thema „Contracting“ aus dem Blickwinkel eines Ingenieurbüros rundet die Zusammenstellung ab.

Besonderen Dank möchte HIS an die Autoren dieser Kurzinformation aussprechen, die es ermöglicht haben, diesen interessanten Überblick zu veröffentlichen.

HIS wird sich auch in Zukunft intensiv mit Fragen der rationellen Energieverwendung im Hochschulbereich befassen und hierbei das gewonnene Know-How aus anderen Untersuchungen (z. B. „Betriebskosten in Hochschulkliniken“ und „Gebäudeautomation“) einfließen lassen.

INHALTSVERZEICHNIS

<i>Thomas Albrecht</i> TU Berlin: Organisatorische Hilfen zur Energieeinsparung und Schulung der Nutzer	1
<i>Manfred Göring</i> Wärmeversorgung der TU Clausthal	7
<i>Michael Nitze</i> Das Energiekonzept der TH Darmstadt – Stand und Perspektiven	9
<i>Hans-Peter Zeise</i> Energieeinsparung als Aufgabe in der Hochschule. Beispiel: Universität Hamburg	15
<i>Heinz-Jürgen Neugebauer</i> Energieeinsparung in Hochschulen: Friedrich-Schiller-Universität Jena	19
<i>Peter Viebahn</i> Energieflußanalyse als Teil eines Umweltmanagementsystems für die Universität Osnabrück	25
<i>Dr. Felix Jenni</i> Effiziente Energienutzung an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich	35
<i>Prof. Dr. Kurt Müller</i> Energieeinsparung über Contracting Modelle	41
Abstract	44

ORGANISATORISCHE HILFEN ZUR ENERGIEEINSPARUNG UND SCHULUNG DER NUTZER

Dipl.-Ing. Thomas Albrecht, Umweltschutzingenieur an der Technischen Universität Berlin

1 Daten der TU-Berlin

Die TU Berlin (TUB) ist eine große Universität mit technisch-naturwissenschaftlichem Schwerpunkt, deren 200 alte und neuere Gebäude mit 20.000 Räumen über die Stadt verteilt liegen. In 15 Fachbereichen mit 173 Instituten verbrauchen 6.500 Beschäftigte und 35.000 Studierende für 13 Mio. DM Strom, für 7,4 Mio. DM Fernwärme, für 1 Mio. DM Gas und für 0,6 Mio. DM flüssige Brennstoffe (Stand 1996). Im zentralen Bereich sind die Gebäude überwiegend nach dem Krieg in Zeiten niedriger Energiepreise und mangelnden Energiebewußtseins erstellt worden. Zahlreiche Flächen, die durch die innerstädtische Lage angemietet werden mußten, können nur bedingt energiesparend bewirtschaftet werden. Derzeit sollen im Zuge der Sparaktivitäten in Berlin Mietflächen erheblich abgebaut werden.

2 Entwicklung

In den letzten Jahren hat die TUB den Umweltschutz weiterentwickelt, der sich an die Nutzer und an die Zentrale Universitätsverwaltung, hier insbesondere die Abteilung Bau- und technische Angelegenheiten, richtet. Regelmäßig wurden Studien zum Thema Energiesparen erstellt, oft veranlaßt von wissenschaftlichen Einrichtungen. Das erklärte Ziel auch Energie zu sparen dokumentierte sich 1991 mit der Bestellung des zentralen Umweltschutzingenieurs. Dieser hat als Aufgabe im Umweltschutz Energiesparen durch Beraten, Initiieren und Überwachen zu veranlassen. Für die überwiegend mit Fernwärme beheizten Gebäude wurde ab 1996 von Leistungsauf Verbrauchsabrechnung umgestellt.

3 Energiekonzept und Energieleitbild

Ein Energiekonzept der TUB kann erst erarbeitet werden, wenn die gebäudeweise gezählten Strom- und Heizwärmeverbräuche vorliegen. Für eine Erfassung waren jedoch keine Zähler vorhanden. Sie wurden nachgerüstet. Das Energiekonzept sollte basierend auf einer Analyse, gebäudebezogen die wesentlichen Daten wie Verbrauch, Nutzfläche, spezifischen Verbrauch und Sanierungsprioritäten zusammenstellen.

Das Energiesparen wird von der Stabsstelle „Umweltschutzingenieur“ auf die Zielgruppe „Hochschulmitglieder“ bezogen, gleichzeitig mit den anderen umweltbezogenen Themen wie Abfallwirtschaft,

Grundwasserschutz, Wassersparen, Abwasserreinhalten bearbeitet. In diesem Beitrag wird daher im Weiteren in der Regel der Begriff „Umweltschutz“ anstelle des Begriffs „Energiesparen“ verwendet.

Nach der Pflichtenregelung der TUB zum betrieblichen Umweltschutz vom 29.08.1994 lautet der Leitsatz: „Die Bundesrepublik Deutschland ist eines der wohlhabenden Industrieländer der Welt und strebt nachhaltiges Wachstum an. Die Universität sieht sich in ihrer gesellschaftlichen Vorbildfunktion verpflichtet, mit ihrem Betrieb die Umwelt nicht mehr als unvermeidbar zu belasten und vor betriebsbedingten Schäden zu schützen. Unser Ziel ist, den Umweltschutz in Lehre und Forschung und Verwaltungshandeln zu integrieren.“

Vorgaben: Landesrechtlich besteht ein Energiespargesetz. Da die Verordnungen fehlen, ergaben sich keine Auswirkungen. Anweisungen des Senats von Berlin für seine öffentlichen Dienststellen gelten nicht für die öffentlich-rechtliche Körperschaft TU-Berlin. Sie muß sie selbständig für sich übernehmen, was sie sinngemäß durchführt.

4 Management im Betrieblichen Umweltschutz der TU-Berlin

Die Beschreibung des Umweltmanagementsystems der TUB orientiert sich nachstehend am Öko-Audit-System nach der EU-Verordnung. Dieses wurde auch auf wissenschaftliche Dienstleister erweitert und bildet eine gute Grundlage für den Aufbau des Umweltmanagementsystems an einer Hochschule. Derzeit bereitet sich die TUB auf ein Öko-Audit vor (Stand: August 1998).

4.1 Umweltprogramm

Grundlage der Arbeit ist ein **Umweltschutzkonzept TU** von 1991, welches der Autor vor Aufnahme seiner Arbeit maßgeblich ausarbeiten konnte. Es wurde vom akademischen Senat abgestimmt und war Teil der Arbeitsbeschreibung des Umweltschutzingenieurs und seiner drei Mitarbeiter bzw. Mitarbeiterinnen. Es enthält Aussagen zu Maßnahmen, deren zeitlicher Umsetzung (kurz-, mittel- und langfristig) und der Struktur des aufzubauenden Umweltmanagementsystems.

Derzeit werden **Umweltleitlinien**, die den **betrieblichen Umweltschutz (BU)**, die wissenschaftlichen

Dienstleistungen und u. a. die Erwartungen an Lieferanten und den Umgang mit der Öffentlichkeit umfassen, erarbeitet.

4.2 Umweltmanagementsystem

Bei der Umsetzung von Umweltleitlinien ist die jeweils relativ starke Eigenständigkeit der Betriebsteile „Fachbereich“, „Institut“, „Einrichtung“ und „Fachgebiet“ zu beachten. Das Bewußtsein für Notwendigkeiten der Entwicklung im BU ist bei der Universitätsspitze und den Gremien generell stärker vertreten als vor Ort in den genannten Betriebsteilen. Es sollte daher Wert auf die Kommunikation mit Multiplikatoren gelegt werden. Dies sind im BU in der Regel das nichtwissenschaftliche Personal. Die schwierige Ansprache der Studierenden gelingt – begrenzt – nur über Plakate, Unizeitung, Broschüren und ihre Betreuenden.

Die gemeinsame Bearbeitung von präventiven und nachsorgenden Aspekten, sicherheits- und ressourcenbezogenen Umweltschutz in einer Stabsstelle hat sich bewährt. Von dieser wird der Aufbau eines Umweltmanagementsystems, welches zentrale und dezentrale Akteure besitzt, betrieben. Der Arbeitsplan beinhaltet:

- C Grundlagen regeln und verbreiten,
- C Gesetze und Vorschriften auf die Hochschule angewendet bekanntmachen,
- C hochschuleigene Regeln für nicht geregelte Problembereiche erstellen,
- C Verantwortliche, Zuständige und Multiplikatoren benennen, die Zielgruppen schulen, einweisen, motivieren und weiterbilden,
- C Anbieten von zentralen Dienstleistungen,
- C Kontrolle und Beratung kombinieren, Mitwirken bei Investitionsmaßnahmen,
- C Vermitteln von zentralen Finanzierungsmöglichkeiten bei Sonderaktionen,
- C Öffentlichkeitsarbeit.

Die Erfahrungen des historisch älteren Arbeitsschutzes sollten für den Umweltschutz aufgegriffen werden, können aber z. B. wegen der ungleichen Regelungsdichte und verschiedenen Reife der Systeme, nicht 1 : 1 übernommen werden. Kooperation zwischen Umwelt- und Arbeitsschutz und das Einhalten der Grenzwerte des Arbeitsschutzes sind für den betrieblichen Umweltschutz selbstverständlich.

Priorität hatte bisher in den Hochschulen bei den Stabsabteilungen „Arbeits- und Umweltschutz“ und bei der HIS-GmbH das Thema Abfall- und Sonderabfall. Zunehmend sollte das Energiesparen mehr Bedeutung erhalten. Hier muß unter Umweltschutzgesichtspunkten die Priorität begründet werden, nicht unter Arbeitsschutzgesichtspunkten, sonst kommt es zu falschen Schwerpunkten im betrieblichen Umweltschutz. Die nachstehende Übersicht

soll diese Forderung am Beispiel der TUB begründen, erklärt aber auch den bisherigen Schwerpunkt:

		Abfall	Energie
Regelungsdichte	Relevanz	hoch	gering
	Aktivitäten	hoch	gering
Visuelle Präsenz	Relevanz	hoch („Müllberg“)	gering (Energie ist nur indirekt zu erfassen)
	Aktivitäten	hoch	gering
Kosten (TUB)	Relevanz	2,3 Mio. DM/a	22 Mio. DM/a
	Aktivitäten	z.B. 1 Mio. für Sanierung Sonderabfalläger	beabsichtigt
Fehlerfreundlichkeit	Relevanz	Reversibel (z. B. Deponiesanierung)	Irreversibel (Globale Erwärmung)
	Aktivitäten	keine	Erklärungen
Räumliche Ausbreitung	Relevanz	lokal (im wesentlichen)	global
	Aktivitäten	möglich	keine möglich
Personelle Ausstattung in Hochschulen	Relevanz	Stabsstellen und durchführende Stellen	gering bis keine
	Aktivitäten	hoch	gering
Gefahrenpotential für Beschäftigte	Relevanz	gering bis hoch	gering bis keines
	Aktivitäten	hoch	keine

Umweltrelevanz und Aktivitäten

Aus der Übersicht folgt auch der Bedarf des Umweltschutzes seine Prioritäten selbst, also unabhängig vom Arbeitsschutz, zu setzen.

4.2.1 Informationssystem

Die bisher arbeitsplatzbezogen aufgebaute **Innerbetriebliche Weiterbildung im BU** erreicht jährlich mit ca. 20 Kursen etwa 300 Beschäftigte. Die Teilnahme ist bisher freiwillig, bei BASF z. B. ist sie jedoch Pflicht für alle Beschäftigten. Der Vortragende als zentraler Umweltschutzbeauftragter ist in der „Planungsgruppe Weiterbildung“ als Berater vertreten. In den Kursen referieren die Umweltschutzingenieure, Beschäftigte und externe Fachkräfte. In die arbeitsplatzbezogen konzipierten Kurse wird das Energiesparen integriert: „Umweltschutz im Chemielabor, im Büro, in der Metallwerkstatt, im Photolabor, für Hausmeister sowie bei der Bauerstellung und -unterhaltung (Ökologische Baustoffe)“. Die Kurse werden von den Beschäftigten gut angenommen. Weiterbildung ist eine wesentliche Form, in Eigenverantwortung die neuen Herausforderungen des Umweltschutzes zu bewältigen. Vom Umweltschutz-

ingenieur werden Informationsmaterialien als **Loseblattsammlung Umweltschutz** in schriftlicher und elektronischer Form im **WWW** herausgegeben. Die **Universitätszeitung „TU-Intern“**, Plakate und Broschüren werden insbesondere für die Ansprache der Studierenden genutzt. Der Hochschultag Umwelt behandelte in zentralen und dezentralen Veranstaltungen das Thema Umweltschutz in Forschung, Lehre und Betrieb.

Im **Arbeitsschutzausschuß** werden Themen des Arbeitsschutzes und des BU behandelt. Im **Arbeitskreis Umwelt** engagieren sich Beschäftigte. Der **Personalrat** unterstützt den BU und hat dazu einem Mitglied die Zuständigkeit gegeben. **Fördern des umweltgerechten Verkehrs:** Im ASTA arbeitet eine **Verkehrs AG** mit den ASTEn Berlins zur Einführung des „Studierendenticket“. Ein **Vizepräsident** vertritt die TU-Interessen, um das „Jobticket“ mit den anderen Berliner Hochschulen einzuführen. Der **Ausschuß für Verbesserungswesen** erhält zunehmend Bedeutung als Instrument für umweltdienliche Innovationen. Das **persönliche Gespräch** ist sehr wirksam, aber bei der Größe der Universität zu arbeitsintensiv. Daher wird vorrangig mit Multiplikatoren gearbeitet. Dies gilt auch für die regelmäßig stattfindenden Begehungen.

4.2.2 Organisation des Umweltmanagements

konzeptionell-planend	Umweltschutzingenieur	Energiemanagement als Teil des Umweltmanagements
zentral-hinwirken und überwachen	Umweltschutzingenieur	gegenüber Nutzern und operativer Abteilung
dezentral-hinwirken und Überwachen	Dezentrale Umweltbeauftragte	Verantwortungsbereich der Einrichtung
operativ	zentrale Abt. Bau- und techn. Angelegenheiten	Betriebstechnische Anlagen innerhalb und außerhalb der Gebäude
operativ	Nutzer	Geräte der Forschung und Lehre, Nutzung der Gebäudetechnik

In einer Pflichtenübertragung und einer Grundlagenregelung „Pflichten und Verantwortung im betrieblichen Umweltschutz“ wurden für die Personen Präsident, Kanzler, Führungskräfte/Hochschullehrende, Vorgesetzte, Mitarbeiter/innen, Beauftragte und Studierende die jeweiligen Verantwortungen und Aufgaben beschrieben¹⁾.

¹⁾ Einsehbar im Internet:
<http://www.tu-berlin.de/zuv/sdu/lbs/1a6.htm>

Zum Beispiel trägt bei dem Betrieb der Gebäude die Betriebstechnische Abteilung die Verantwortung für den Stromverbrauch, der sich aus dem Zustand der technischen Anlagen ergibt. Intern tragen die energieverbrauchenden Hochschullehrer die Verantwortung für den Energieverbrauch ihrer Beschäftigten, ihrer Geräte und ihre Nutzung der Gebäude. Der verantwortliche Hochschullehrer muß z. B. den beauftragten Praktikumsassistenten kontrollieren. Dem Umweltschutzingenieur obliegt die Pflicht der internen Kontrolle und Aufklärung. Auswirkungen wird eher eine bereichsbezogene Budgetierung von Strom haben als die Pflichtenregelung.

Rundschreiben²⁾ regeln innerbetrieblich. Sie sind eine Argumentationshilfe für engagierte Beschäftigte, setzen betriebliche Standards, vermitteln gesetzliche Vorschriften und motivieren zum Handeln: Bisherige Themen waren z. B. „Pflichten und Verantwortung der TU-Mitglieder im BU“³⁾, „Energiesparen des Heizen“⁴⁾, „Dezentrale Umweltbeauftragte“⁵⁾, „Stromsparen im Büro“.

Seit Mai 1991 besteht ein bei dem Kanzler angesiedeltes zentrales **Umweltschutzreferat**. Darin arbeiten zwei Umweltschutzingenieure inzwischen vorwiegend in ihrer Stabsfunktion in allen Gebieten des BU und ein Mitarbeiter für die Sonderabfallbeseitigung der TUB. Eine Mitarbeiterin unterstützt sie in Verwaltungs- und Sekretariatstätigkeiten.

Die 205 Sicherheitsbeauftragten erhielten in der Regel zusätzlich die Funktion **Dezentrale/r Umweltbeauftragte/r** (DUB) aufgeteilt in fünf Fachgruppen (siehe Tabelle). Diese werden vom Kanzler bestellt. Sie erhalten Weiterbildung im Rahmen des internen Weiterbildungsprogramms. Durch diese im Umweltschutz engagierten und qualifizierten Personen soll der Prozeß zu mehr BU intensiviert werden. Das Umweltmanagementsystem soll mit dem Ziel weiterentwickelt werden, die internen und externen Vorschriften einzuhalten, weitergehende Aktivitäten, insbesondere im präventiven Umweltschutz zu verstärken und den Verantwortlichen und Beschäftigten mehr Unterstützung zu geben. Bisher nicht oder unterschiedlich geregelte Funktionen sollen so gebündelt und effizienter werden.

Die DUB sollen für die verantwortlichen Führungskräfte bzw. die Vorgesetzten und die Beschäftigten

²⁾ Einsehbar im Internet:
<http://www.tu-berlin.de/zuv/sdu/lbs/index.htm>

³⁾ Einsehbar im Internet:
<http://www.tu-berlin.de/zuv/sdu/lbs/1a6.htm>

⁴⁾ Einsehbar im Internet:
<http://www.tu-berlin.de/zuv/sdu/lbs/1c1.htm>

⁵⁾ Einsehbar im Internet:
<http://www.tu-berlin.de/zuv/IID/start.html>

beratend tätig und qualifizierte Ansprechperson sein und diese und die Beschäftigten bei der Verbesserung des betrieblichen Umweltschutzes unterstützen. Sie arbeiten vor Ort und stellen die Verbindung zu anderen Beauftragten her. Sie beraten, initiieren, informieren und machen auf Mängel aufmerksam (Stabsfunktion). Das Durchführen von Umweltschutzaktivitäten bleibt jedoch weiterhin bei den jeweiligen Beschäftigten, die selbständig den Umweltschutz in ihr Handeln am Arbeitsplatz integrieren (Linienfunktion).

Die DUB sind in ihrem Bereich für alle Themen zuständig, die für den betrieblichen Umweltschutz der TUB von Bedeutung sind. Die DUB sind verpflichtet, sich durch Teilnahme an den unten genannten Schulungen zu qualifizieren sowie aktiv tätig zu sein und entdeckte Mängel den Vorgesetzten und den zentralen Umweltschutzingenieuren zu melden, sofern der Mangel nicht durch Hinwirken auf die Zuständigen abgestellt werden kann. Die DUB haben keine Weisungsbefugnis.

	DUB-Fachgruppe	Herkunft
1.	Geisteswissenschaften/Büro/EDV	Geisteswissenschaften, Verwaltung, Informatik
2.	Chemie	Chemielabors, Verfahrenstechnik, Umwelttechnik, Biologie u.ä.
3.	Physikalische und mech. Labors	Physik, Mechanik, Metallforschung, Bauwesen, Geowissenschaften, Bodenkunde u.ä.,
4.	Werkstätten	Maschinenbau, Elektrotechnik, Werkstätten: Metall, Holz, Kunststoff, Elektro
5.	Betriebstechnik	Gebäudemaschinenisten, Hausmeister, Pförtner, Gärtner

Die DUB nehmen im Rahmen des TU-Weiterbildungsangebotes an zwei Grundkursen „Die Tätigkeit von DUB“ und „Büroökologie, -Technik“, einem Fachkurs der jeweiligen Gruppe z.B. „Umweltschutz im Chemielabor“ und an einem jährlichen Vertiefungskurs als moderierter Austausch in ihrer Fachgruppe teil. Empfohlen wird die Teilnahme an einem Kurs „Kommunikations- und Gesprächstraining“.

Durch das zentrale Bezahlen der Energierechnungen, pflegen die Hochschulen stromseitig vor Ort einen „Garten Eden“, der nicht mehr zeitgemäß ist. Es ist beabsichtigt, durch das **Budgetieren von Strom** das Verursacherprinzip einzuführen. Dazu sind wieder Stromzähler in Gebäuden gesetzt worden. Diese wurden in den siebziger Jahren aus „rationalen Gründen“ demontiert. Zwei vom Autor initiierte und betreute Diplomarbeiten haben ein detailliertes Konzept und nutzungsartenbezogene Kennziffern erarbeitet.

Derzeit wird das Konzept zur Budgetierung durch ein Ingenieurbüro weiter ausgearbeitet, um über die Einführung entscheiden zu können.

4.3 Umweltbetriebsprüfung

Jedes Mitglied der TUB ist an seinem Arbeitsplatz zur Praxis des BU verpflichtet, die Führungskräfte tragen die Organisationsverantwortung im BU für ihren Bereich und müssen die Durchführung des BU soweit überwachen wie dies zum Einhalten der Sparvorgaben erforderlich ist.

Eine wiederholte Überwachung durch Begehungen von Instituten, Werkstätten und Fachgebieten durch die zentralen Beauftragten kann nur stichprobenartig geschehen. Das Erstellen von Mängelberichten, das Beraten und Verfolgen der Mängel bis zur Beseitigung ist sehr arbeitsintensiv. Die Dezentralen Umweltbeauftragten sollen die permanente Prüfung vor Ort anstreben. Das Kuratorium der TU verlangt regelmäßig Berichte über BU und stellt Forderungen.

In der TUB baut und betreibt die Abt. für Bau- und technische Angelegenheiten die Gebäude und technischen Anlagen. Demnach ist auch sie zur Realisierung der Stromsparpotentiale verpflichtet. Der Zentrale Umweltschutzingenieur übt seine Überwachungsfunktion auch gegenüber der Abteilung aus. Er veranlaßt und betreut Studien- und Diplomarbeiten, die z. B. Gebäude auf Energiesparpotentiale untersuchen und regt Contracting an.

4.4 Ziele im Umweltschutz

Ziel ist die Integration des BU, also auch des Energiesparens, in jeden Arbeitsplatz. Das Einhalten der gesetzlichen Anforderungen ist selbstverständlich. Darüber hinaus werden Maßnahmen entsprechend ihrer Wirtschaftlichkeit und im Rahmen der verfügbaren Mittel verfolgt.

Ziele im Umweltschutz werden für Teilbereiche derzeit diskutiert in fixierter Form als Zielvereinbarungen zwischen Kanzler und seinen Abteilungen für Energie- und Wassereinsparungen und Abfallreduktion. Darin schlägt der Umweltschutzingenieur eine CO₂-Reduktion um 25 % im Zeitraum von 1990 bis 2010 vor⁶⁾. Die Erarbeitung und Formulierung darüber hinausgehender Umweltziele und Programmschritte, um diese zu erreichen, wird die Anwendung und Umsetzung des Öko-Audit-Verfahrens von Verwaltung, Fachbereichen und Instituten fordern.

⁶⁾ Orientiert an dem „Energiekonzept Berlin“ und dem Reduktionsziel der Bundesregierung.

Es wird darüber nachgedacht, weitere umweltbezogene Betriebskosten zu dezentralisieren, um das Verantwortungsprinzip auszubauen.

4.5 Umwelterklärung

Der Bericht für das Kuratorium enthält Aussagen zu Aktivitäten im Umweltschutz, in der Wissenschaft und im BU⁷⁾. Der Haushaltsbericht weist die Höhe der Energiekosten aus.

5 Beispiele von Maßnahmen

5.1 Zentral

In 1995 wurde erstmals eine Titel „Energieeinsparung“ eingerichtet und mit 600 TDM für energiesparende Maßnahmen verwendet. Dieser speiste sich 1995 aus 3 % der Gesamtenergiekosten und in 1996 aus 6 %. Weiterhin wurde eine Studie zu einer möglichen Umstellung von Notstromaggregaten mit einer elektrischen Leistung von insgesamt 2,3 MW auf Kraft-Wärme-Kopplung durchgeführt. Für größere ausgewählte Aggregate wird (konservativ gerechnet) die Umstellung empfohlen.

5.2 Energiesparen in der Gebäudetechnik

Es wurden u. a. Gebäude mit Heizkörperthermostaten, Fernwärme- und Stromzähler nachgerüstet. Einsparungen an Energie sollen zukünftig verstärkt mit Hilfe der **Gebäudeleittechnik** erfolgen. Maßnahmen hierzu sind zur Hochschulbauförderung beim Bund angemeldet und befinden sich in der Planungs- bzw. Vorbereitungsphase zur Durchführung.

Eine **Betreiber-gesellschaft** wurde für ein entsprechendes Gebäudemanagement (Facility Management) für ein Gebäude beauftragt. Hierbei ist eine effektivere Bewirtschaftung der Gebäude durch Integration von technischen Anlagen, insbesondere unter dem Aspekt ökologischer Energieeinsparung in den Bereichen Lüftungstechnische Systeme, Heizungssysteme, Klimatechnik und Optimierung der Betriebszeiten beabsichtigt. Nach einer Erprobungsphase und positiven Ergebnissen sollen weitere Gebäude der TUB von Betreiber-gesellschaften bewirtschaftet werden. Über den Einsatz von **Contracting** wird diskutiert: Welche Energiesparinvestitionen kann eine technische Abteilung, die den berlinspezifischen Vorteil hat, selbst zu bauen und Anlagen zu betreiben, jedoch nur beschränkt Finanzen zur Verfügung hat, selbst durchführten? Contracting kann, je nach Gestaltung des Vertrages, auch eine perso-

nelle Dimension haben. Zum Einsparen von Personal bestehen gegensätzliche Interessen zwischen Arbeitgeber und Personalvertretung.

Anbieter fragen wiederholt an, um für eine Angebotsabgabe kostenlos Grobanalysen zu erstellen.

5.3 Beispiele von Aktivitäten im Umweltmanagement

Das Rundschreiben „Energiesparendes Heizen“ gibt unter Mitwirkung des Personalrates Raumtemperaturobergrenzen vor. Textauszug: „Nach der Heizungsanweisung als Grundlage und den Arbeitsstätten-Richtlinien⁸⁾ als Vorgabe, sind in Büroräumen Raumtemperaturen von 20°C, in Fluren und Treppenhäusern 10 bis 15°C, in Werkstätten und Versuchshallen je nach Nutzung 12 bis 20°C, (12°C bei schwerer körperlicher Arbeit), in Krafffahrzeuggaragen soweit beheizt 5°C, in Nebenräumen (Lagerräumen) 15°C, in Pausen-, Liege-, Umkleide- und Sanitätsräumen 21°C, in Waschräumen 21°C, in Waschräumen mit Duschen 24°C, in Toiletten 18°C und in Turn- und Gymnastikhallen 15 bis 18°C, bei Veranstaltungen wie Yoga, autogenes Training etc. 21°C einzuhalten. Ein Überschreiten dieser Temperaturen um mehr als 2°C ist unbedingt zu vermeiden.“

Ein Rundschreiben als gestaltete Broschüre mit Energiesparaufklebern zum „Stromsparen im Büro“ ist geplant.

Bei **Photokopierern** wird geprüft, wann die integrierte Sparfunktion eingesetzt werden kann (unregelmäßig genutzt, Wartezeit akzeptiert) oder ein Zusatzgerät, welches die Nutzung permanent auswertet und danach in Pausen abschaltet („Memo-switch“). Kopiergeräteaufsteller haben Interesse geäußert.

5.4 Umweltschutzingenieur

Die Erfahrungen mit der nachträglich erfolgten organisatorische Unterordnung des Arbeitsbereiches „Umweltschutzingenieur“ unter die Leitung des zentralen Arbeitsschutzes zeigen den Bedarf nach der organisatorischen Gleichstellung von Arbeits- und Umweltschutz. Unterschiedliche Arbeitskonzepte vor dem Hintergrund der geringeren Regelungsdichte im Umweltschutz mit verschiedenen historischen Erfahrungen (Arbeitsschutz ist eingeführt, rechtlich abgesichert) erfordern bei der notwendigen Zusammenarbeit eigene Arbeitsweisen und Strategien.

Obwohl bei der Einrichtung die personelle Ausstattung für die Stabsstelle Umweltschutzingenieur ver-

⁷⁾ Einsehbar im Internet:
<http://www.tu-berlin.de/zuv/sdu/lbs/uwb/index.html>

⁸⁾ Arbeitsstätten-Richtlinien, Teil II 6/1, 3, Nov. 1989

glichen mit den anderer Hochschulen vergleichsweise gut war, mußten und müssen zahlreiche Aufgaben liegen bleiben. Die verwaltungsseitig durch den Umweltbeauftragten mit durchzuführende Entsorgungstätigkeiten beanspruchen Arbeitskapazität. (Linienfunktion neben der Stabsfunktion). Mit mehr Arbeitskapazität bei der zentralen Stelle wäre mehr BU möglich. Wertvoll ist die Bündelung des sog. „Sicherheitsbezogenen“ und des „Ressourcenbezogenen Umweltschutzes“ in einer bei dem Kanzler angesiedelten Stabsstelle. Die von HIS vorgeschlagene Teilung und Ansiedlung in der Abt. Bau- und Technische Angelegenheiten, also in dem zu überwachenden Betriebsteil, würde eine Schwächung des Umwelt- und damit auch Energiebeauftragten bedeuten.

Der Aufbau des betrieblichen Umweltschutzes in einer derartig großen technischen Universität als Großbetrieb mit der Umweltbelastung einer Kleinstadt ist eine langfristige Aufgabe. Die bisherige Arbeit kann als erfolgreich angesehen werden.

6 **Ausblick und Fragen**

Eine „Projektwerkstatt“ als studentische Arbeitsgruppe ermittelt die präzisen Stromverbräuche und CO₂-Emission der TU. Hochschulbezogene Energiekennziffern sind erforderlich um die Entwicklung quantifizieren zu können. Diese sollen flächenbezogen systematisch verschiedene Nutzungsarten und gebäudeseitige Unterschiede erfassen sowie bundesweit Hochschulen vergleichbar machen. Für das Energiesparen müssen Standards erarbeitet und veröffentlicht werden, z. B.: Welche Digestorien dürfen nachts durchlaufen? Wie sieht ein energiesparender Betrieb von Digestorien aus? Für welche Räume ist eine Klimatisierung zulässig? Ist das Nichtdurchführen von Contracting haushaltsrechtlich zulässig, wenn große Sparpotentiale vorliegen?

WÄRMEVERSORGUNG DER TU CLAUSTHAL

Dipl.-Ing. Manfred Göring, Stadtwerke Clausthal GmbH

Die TU Clausthal hat bis 1988/89 ein Heizwerk in Eigenregie betrieben. Die erforderliche Heizleistung wurde mit drei Kesseln erzeugt und betrug seinerzeit ca. 14 MW (thermisch). Dabei wurden im Jahresdurchschnitt ca. 3,5 Mio. Liter Heizöl verfeuert. Die Stadtwerke als lokales Versorgungsunternehmen waren sehr daran interessiert, die TU als Kunden zu gewinnen. Anfangs ging es nur darum Erdgas zu liefern, in Vorgesprächen mit dem Wirtschaftsministerium in Hannover hatte sich dann aber herausgestellt, daß das Ministerium nicht abgeneigt war, die Wärmeversorgung der TU abzugeben, vor allem wenn die Versorgung wirtschaftlich und umweltschonend mit einem BHKW durchgeführt werden könnte.

Vor Beginn der Planung war zunächst eine Reihe von Fragen zu klären. Der notwendige Vertragsabschluß mit der öffentlichen Hand brachte es mit sich, daß verschiedene Stellen zu beteiligen waren und dann auch Einfluß genommen haben. In diesem Fall waren das die TU, das Land Niedersachsen und die OFD.

Seitens der TU war anfangs keine große Begeisterung für den Vorschlag, den Betriebszweig „Wärmeversorgung“ abzugeben, zu erkennen. Erst nach langen Verhandlungen wurde ein Vertragsabschluß erreicht. Die TU verlangte eine Reihe von Maßnahmen, die von den Stadtwerken durchzuführen waren. Das alte Heizwerk (und auch das neue Blockheizkraftwerk – BHKW) lagen nur ca. 100 m von einem Studentenwohnheim entfernt. Das war, solange das Heizwerk von der TU betrieben wurde, unproblematisch, trotz der über 3 Mio. Liter Heizöl, die jährlich verbraucht wurden. Als die Stadtwerke den Betrieb übernehmen wollten, wurden strengere Maßstäbe an die Abgasemissionen angelegt. Die Stadtwerke mußten sich verpflichten, den Schadstoffausstoß auf ca. 50 % der nach der TA-Luft zulässigen Werte zu beschränken, also z. B. 250 - 300 mg NO_x/t. Hinzu kam, aufgrund der Lage des Heizwerkes in der Nähe der Studentenwohnheime, noch die zu berücksichtigende Lärmbelästigung. Die Stadtwerke wurden verpflichtet einen Geräuschpegel von max. 35 dB(A) im Abstand von einem Meter zum nächsten Fenster, zumindest in den Nachtstunden, einzuhalten. Tagsüber war die Lärmfrage unproblematisch, was jedoch kurioserweise hinzukam, waren Bedenken des nicht weit vom Heizwerk liegenden Geophysikalischen Instituts. Dort wurde befürchtet, daß Erschütterungen im Zusammenhang mit dem Betrieb der BHKW-Motoren, zu Fehlern bei seismologischen Messungen führen könnten. Glücklicherweise gab es eine Möglichkeit die seismologischen Messungen weit außerhalb in einem Waldgebiet durchzuführen. Allerdings mußten die Stadtwerke sich verpflichten, eine Stromzuleitung in das

betreffende Gebiet zu verlegen, was zusätzliche Kosten mit sich brachte.

Nachdem die Bedenken der Universität ausgeräumt waren, konnte die Realisierung des Projekts begonnen werden. Das Land Niedersachsen stellte ein Grundstück in Erbaupacht zur Verfügung. Das bestehende Heizwerk wurde von den Stadtwerken für einen symbolischen Preis von einer Mark für eine festgelegte Zeit gepachtet. Neben dem alten Heizwerk wurde ein stromgeführtes BHKW mit sechs Motoren mit jeweils 460 kW elektrischer und ca. 700 KW thermischer Leistung errichtet. Die relativ große Anzahl von sechs Motoren wurde gewählt, um beim Ausfall eines Motors sicher zu sein, daß die verfügbare Stromspitze nicht zu stark absackt. Hinzu kommt, daß eine Staffelung oder Abstufung außerdem sinnvoll sein kann, um die Anlage entsprechend dem Wärmebedarf des Abnehmers und damit wirtschaftlich, fahren zu können. Die Erfahrungen mit dieser Konstellation waren bisher positiv. Bisher gab es nur sehr selten Ausfälle. Ein Ausfall während der Spitzenzeiten des Energieverbrauchs wäre für das Energieversorgungsunternehmen problematisch, da während dieses Zeitraums die Einnahmen am höchsten sind.

Versorgt werden neben der Universität noch Studentenwohnheime (separater Anschluß) und seit 1989 ein Institut (CUTEC-Institut) auf einem ehemaligen Kasernengelände.

In den letzten Jahren konnte das BHKW durchschnittlich 5500 bis 6000 Stunden im Jahr über alle Motoren gefahren werden, was ein gutes Ergebnis darstellt. Die Wärmespitze der TU liegt bei ca. 12 MW. Da nur 4,2 MW über die Motoren abgefahren werden müssen, decken diese sowohl im Winter als auch im Sommer die Grundlast ab, so daß ein wirtschaftlicher Betrieb erreicht wird. Das Wärmeversorgungsnetz der TU weist noch eine Besonderheit auf. Bei der Errichtung des Netzes in den 60iger Jahren spielte die Energieeinsparung überhaupt keine Rolle (seinerzeit kostete Heizöl 9 Pfg./Liter). So wurde damals die Wärmeversorgung mit Vorlauftemperaturen von über 150°C konzipiert. Die dadurch bedingten hohen Energieverluste waren deutlich im Winter zu beobachten: überall dort, wo die Fernwärmetrasse verlief, waren Schnee bzw. Eis weggetaut. Durch geeignete Maßnahmen an den Fernwärme-Unterstationen konnte in den Folgejahren, nachdem die Stadtwerke die Versorgung übernommen hatten, die Vorlauftemperatur auf weniger als 130°C verringert werden. Diese Maßnahme kam – neben dem Effekt weiterer Energieeinsparungen – auch dem Betriebsverhalten des BHKW entgegen, da dort maximal 110°C an Vorlauftemperatur zur Verfügung stehen.

Die fehlende Differenz wird mit Hilfe von zusätzlichen Heizkesseln erzeugt. Zur Zeit ist die TU dabei bzw. strebt als Fernziel an, die Vorlauftemperatur auf 110°C zu reduzieren.

Das Fernwärmenetz selbst ist weiterhin im Besitz der TU. Dafür sprach u. a. die besondere Fahrweise. Nach Ende der regulären Dienstzeit, also nach 18 Uhr und am Wochenende generell, wird die Vorlauftemperatur im Netz abgesenkt. Die Stadtwerke haben keinen Einfluß auf die Fahrweise des Netzes.

Die TU profitiert vor allem von der Absenkung der Vorlauftemperatur auf 130°C, die, infolge der geringeren Wärmeverluste, zu Energieeinsparungen geführt hat. Hinzu kommt, daß das Netz mit gleitender Vorlauftemperatur – in Abhängigkeit von der Außentemperatur – gefahren wird. Für den Betreiber ergeben sich Einsparungen durch die kombinierte Erzeugung von Strom und Wärme. Der Wirkungsgrad der Anlage beträgt ab Ausgang Heizwerk 85–86% (35% bei der Stromerzeugung und 50–51% bei der Wärmeerzeugung). Für die TU schlägt sich dies in einem – so die Auffassung der Stadtwerke – günstigen Fernwärmepreis nieder.

Der Fernwärmepreis war seinerzeit ein entscheidender Punkt der Verhandlungen zwischen Stadtwerken und TU. Bedingung der TU war, daß die Kosten der Wärmeerzeugung durch das TU-eigene Heizwerk nicht überschritten werden durften (Personalkosten, Strom- und Betriebskosten für den Betrieb des Heizwerkes). Die Fixkosten wurden zur Ermittlung eines Jahresgrundpreises verwendet und der Arbeitspreis wurde nach dem Heizöleinsatz in den Kesseln bemessen (117 l Heizöl/MWh). Hinzugekommen ist noch eine Preisgleitklausel. Der Vorteil für das Land liegt natürlich in erster Linie bei den vermiedenen Instandhaltungskosten und den Kosten für die sonst erforderliche Erneuerung des Heizwerks sowie den Unterhaltungskosten. Insgesamt gesehen ist die größte Kosteneinsparung beim Land Niedersachsen erreicht worden. Das Personal des ehemaligen Heizwerkes blieb bei der Universität Clausthal. Dort gab es einen großen Bedarf im Bereich der Betriebstechnik.

Verfügt die Hochschule über ein Budget aus dem alle laufenden Kosten bezahlt werden müssen, kann sich die Realisierung der beschriebenen Maßnahmen schwierig gestalten. In diesem Fall erhöhen sich die laufenden Kosten – zum Nachteil der Hochschule, während sich die Investitionskosten – zum Vorteil des Landes – verringern. Die Maßnahme für die Hochschule uninteressant, wenn die Kosten für den Fremd-Energiebezug, die auch kalkulatorische Kosten enthalten müssen, höher liegen als die - Brennstoffkosten, die bei der Eigenversorgung durch die Hochschule aufgewendet werden mußten.

Zusammenfassend ist aber zu sagen, daß der Vorteil der BHKW-Lösung in Clausthal neben der Ener-

gieeinsparung auch in der starken Reduktion der Schadstoffemissionen zu sehen ist. Durch die Umstellung von leichtem Heizöl auf Erdgas und den hohen Anlagenwirkungsgrad wurden der CO₂-Ausstoß, die NO_x-Emissionen und vor allen Dingen auch der Ausstoß an SO₂ stark reduziert.

DAS ENERGIEKONZEPT DER TH DARMSTADT – STAND UND PERSPEKTIVEN



Dipl.-Phys. Michael Nitze, Energiebeauftragter an der Technischen Hochschule Darmstadt

1 Einleitung, Statistik

Die Technische Hochschule Darmstadt (THD) wird über ein zentrales Heizkraftwerk zu fast 100% mit Fernwärme versorgt. Über die Wärme-Kraft-Kopplung wird ca. 1/3 des Stromverbrauchs erzeugt; die restlichen 2/3 werden vom örtlichen EVU (HEAG) bezogen.

Mit Beginn der Arbeiten zum Energiekonzept (Okt. 1986) waren der Energieeinsatz im Heizkraftwerk sowie Stromabgabe (ca. 36.000 MWh/a) und Wärmeabgabe (ca. 91.000 MWh/a) ins Netz der THD bekannt. Diese „feinste“ Auflösung der Kostenströme stellt einen Wert von ca. 9,5 Mio. DM Betriebsmittelkosten dar. Anders ausgedrückt: Die kleinste Abrechnungseinheit betrug ca. 300.000 m² als Summe der

Das Energiekonzept¹⁾ verfeinert die Auflösung der Energieströme bis auf einzelne Bauteilflächen unter Benennung von Sanierungsmaßnahmen mit Angabe der Sanierungskosten, Einsparpotentialen und Komfortverbesserungen (= in der Regel Erreichen der Raumqualitätsstandards).

2 Bestehende Gebäude

2.1 Heizenergiebilanz

Für die THD-Gebäude (Wärmeanschlußwert > 100 kW) wurden die Heizenergiebilanzen nach SIA 380/1 erstellt (SIA mittlerweile in Leitfaden Gebäudeplanung²⁾ u.a. für Hessen übernommen). Über die Ermittlung der Bauteilflächen, bauphysikalischen

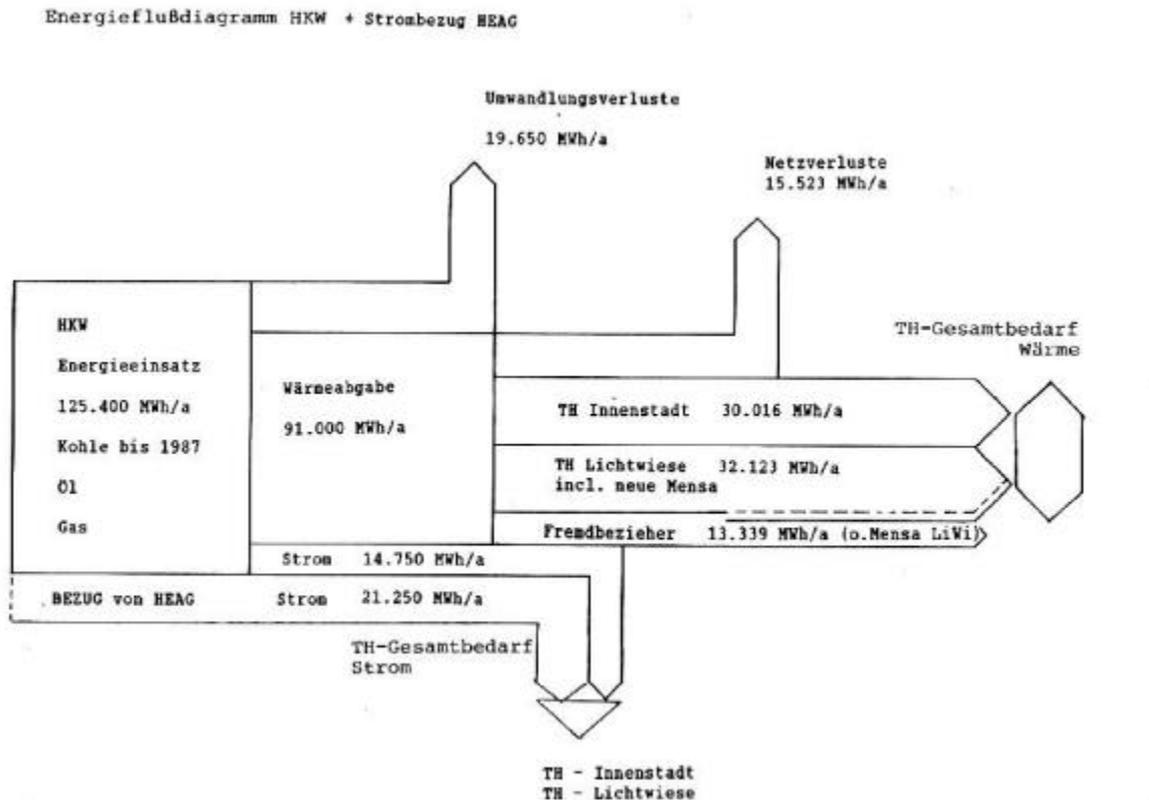


Abb. 1

beheizten Fläche (vgl. Wohnung mit ca. 80 ... 100 m²).

In Abbildung 1 sind symbolisch die drei Versorgungsbereiche TH-Innenstadt, TH-Lichtwiese und angeschlossene Fremdbezieher aufgeführt.

¹⁾ Herausgeber des Endberichts: Hess. Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit; Bereich Umwelt, Energie Referat Öffentlichkeitsarbeit Postfach 3109, 65021 Wiesbaden '94 oder ggf. in Kopie beim Energiebeauftragten THD gegen Unkostenerstattung

²⁾ Herausgeber des „Leitfaden Energiebewußte Gebäudeplanung“: Hess. Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit; Bereich Umwelt, Energie Referat Öffentlichkeitsarbeit Postfach 3109, 65021 Wiesbaden '93

Kennwerte, Haustechnik, Nutzungsprofile wurden neben dem Ist-Zustand Sanierungsvarianten berechnet. Als Beispiel sei das Gebäude der Organischen Chemie gezeigt:

Kennwerte:

EBF (Energiebezugsfläche)	13.611 m ²
Heizenergiebedarf	375 kWh/m ² *a
Wärmeverluste:	
Fenster	21,4 %
Lüftung (nat. u. mech.)	68,3 %
Dach	1,3 %
Wand	7,7 %
Boden	1,4 %

Die prozentualen Anteile der Verluste ergeben hier eindeutige Ansatzpunkte für Sanierungen im Gebäude. Wichtig ist dabei, daß mit Beginn der Arbeiten nicht alle erforderlichen Daten hinreichend genau bekannt sind, daher Plausibilitätskontrollen bzw. -annahmen (z. B. Laufzeiten von Lüftungsanlagen in Labors) durchgeführt werden müssen: diese sind wichtiger als eine zeitlich zu aufwendige flächendeckende Datensammlung (– für Gebäude hoher Priorität werden die Daten dann detaillierter erhoben). Falls sich daraus markante Abweichungen zu den gemachten Annahmen ergeben, sind erhaltene technische Angaben falsch, technische Anlagen defekt, Nutzeraussagen unzuverlässig oder Faktoren, deren Wert den Umsatz an Betriebsmitteln „normalerweise“ nur gering beeinflussen, zu ungenau angenommen/angesetzt.

Gleichzeitig durchgeführte Messungen im Bereich der haustechnischen Anlagen und davon versorgten Räumen (ein Datenlogger ist dabei das erste Handwerkszeug des Energiebeauftragten) ergeben Charakteristika der Wärme- und Stromleistungsverläufe sowie energetische Verbesserungsmöglichkeiten unter Einbeziehung von anstehenden Bauunterhaltungsmaßnahmen. Festgestellt wurden:

- C überdimensionierte Förderpumpen- zu geringe Temperaturspreizungen im Vor- und Rücklauf des Fernheiznetzes.
- C Permanente Stromlasten ohne erkennbare Schalthandlungen der Nutzer auch an Feiertagen (Spitzenlastreduktionspotentiale).
- C Unterheizung bestimmter Räume.
- C Wärmebrücken (besser: Kältebrücken) der Fassade.
- C Nicht angepaßte Energiedienstleistungen.

An Hand der Energiebilanz des Gebäudes (=2. Handwerkszeug des Energiebeauftragten) und den

technischen Gegebenheiten wurden für die größten Gebäude Steckbriefe erstellt. Darauf aufbauend sind Sanierungshandbücher mit den anstehenden Maßnahmen und deren energetischen und finanziellen Auswirkungen verfaßt worden.

Diese bilden seither den Daten- und Maßnahmenbestand des Energiebeauftragten, auf den immer wieder (schnell) und treffsicher im Bedarfsfall, z.B. bei kurzfristig anfallenden BU-Maßnahmen oder umfangreichen Sanierungen sowie Neubauplanungen zurückgegriffen werden kann.

2.2 Prioritäten für Sanierungen

In der Detailarbeit darf das übergeordnete Ziel des Energiemanagements des gesamten Gebäudebestandes nicht aus den Augen verloren werden. Gerade im universitären Bereich mit einem von der Verwaltung unabhängigen Bereich der Forschungsaktivitäten können sich Schwerpunkte schnell verlagern.

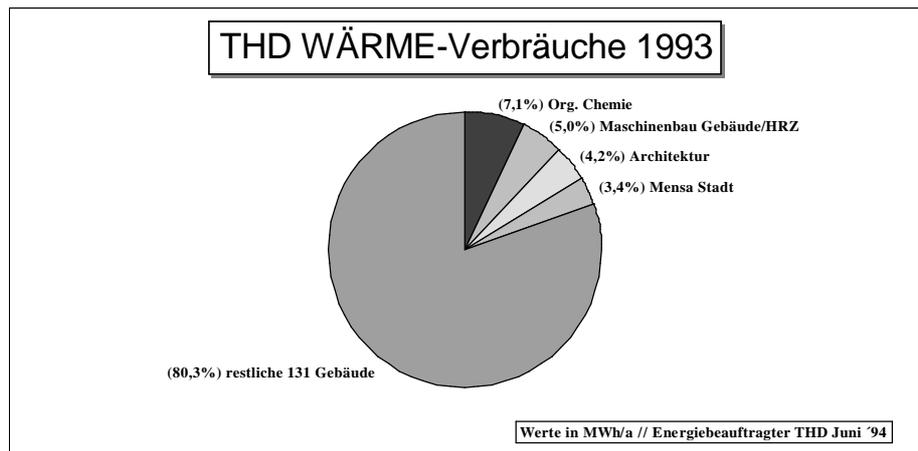


Abb. 2

Die Plausibilitätskontrollen müssen neben der Erfassung von Großverbrauchern mit Zählern immer wieder aktuell geführt werden: Für die Wärmeversorgung ergibt die Wärmeabgabe Kraftwerk vermindert um die Verluste des Fernwärmenetzes die Summe der Heizenergieverbrauchszahlen der Gebäude (Bilanz entsprechend für Strom und Wasser).

Abbildung 2 zeigt die Verhältnisse der absoluten Wärmeverbräuche mit abgesetzten 4 Gebäuden. Diese 4 von ca. 135 (!) setzen ca. 20% des Wärmeverbrauchs um. Bautätigkeiten in diesen Gebäuden in Folge von Neuberufungen, notwendig gewordenen Bauunterhaltungen, Anschaffungen z.B. aus Haushaltstiteln ATG 71 (Allgemeines Technisches Gerät) oder Großgeräten aus HFBG-Mitteln müssen den/die Energiebeauftragten in Alarm versetzen, um im teilweise weitverzweigten Ablauf des Verfahrens steuernd eingreifen zu können.

Beim Strombedarf beträgt der Anteil von 5 (der 135) Gebäude allein 45 % (siehe Abbildung 3). Allein die Darstellung und Diskussion unter Einbeziehung der Nutzer erbringt Betriebsmittel sparende Verbesserungen. Durch das Aufzeigen der hohen Priorität wird der Betriebsmittelverbrauch als zusätzliches Kriterium in Investitionsentscheidungen implementiert z. B. für Großrechner Gigaflops pro Sekunde (Rechenleistung) und MWh pro Jahr (Energiever-

Zu erwähnen ist, daß die Fassade aufgrund von Betonschäden erneuert wurde (Vorgehängte Fassade, ca. 4 Mio. DM Gesamtkosten). Dabei wurden auch Dämmmaßnahmen ausgeführt. Eine Verbrauchsänderung der statischen Heizenergie (Heizgruppe) von 1990 auf 1991 außerhalb der normalen Schwankungsbreite ist nicht abzulesen. Wenn auch die Dämmmaßnahme, gemessen an den Gesamtkosten geringen Anteil hat, wird über die Standzeit der neuen Fassade auch lange nichts mehr verbessert werden können.

Die Schwankungen im Bereich der Lüftung rühren von (veranlaßten) organisatorischen Änderungen her: die Lüftungsanlagen wurden nutzungsangepaßter geschaltet (Laufzeit und 2-stufige Luftmenge nach Augenschein des aktuellen Besetzungsgrades). Dieser Effekt ist durch einen Personalwechsel verloren gegangen, gleichwohl ist es mit diesen Erfahrungen

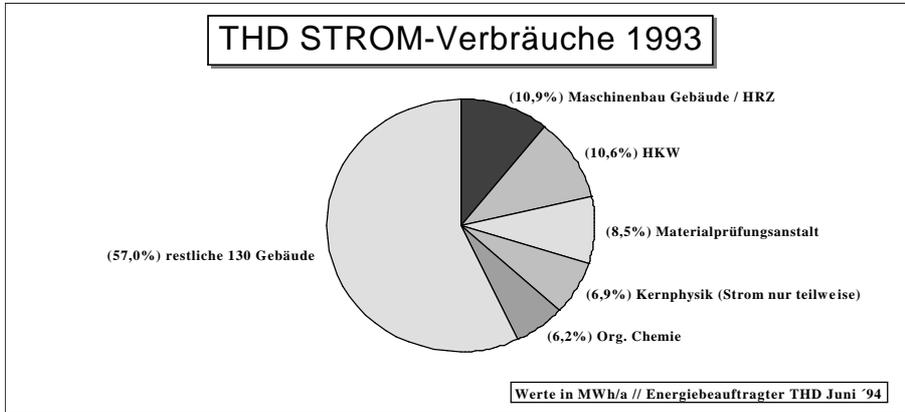


Abb. 3

brauch). Diese Projektarbeit erfordert Kommunikation der beteiligten Fachexperten (interdisziplinäre Zusammenarbeit) mit dem Ziel eines von allen Seiten tragbaren Ergebnisses.

2.3 Erfolgskontrolle

Unerlässlich für die Arbeit ist die Erfolgskontrolle. Dabei sind neben der Nachkalkulation der Kosten (Ermittlung bzw. Festigung von spezifischen Preisen für spätere Projekte) die tatsächliche Energieeinsparung mit der Prognose zu vergleichen. Veränderungen der Bedingungen für die Nutzer sind ebenso zu ermitteln wie für das Bedienungspersonal der Technischen Dienste.

möglich gewesen, im Rahmen der Planung eines DDC-systems, mit wenig technischem Aufwand eine zufriedenstellende Lösung zu finden. Ein weiterer Nutzen ist, daß durch Darstellung des Effekts eine Verifizierung der prinzipiellen Möglichkeit einer Energieeinsparung ohne Komfortverlust bei „Geldgeber“ (Haushalt), interner Bauabteilung, Betriebsdiensten, Bedienpersonal und Hochschulleitung erfolgte. Durch den Vergleich mit der (energie-effektlosen) teureren Maßnahme an der Fassade ist auch die Einsicht der Notwendigkeit einer Koordinierung und Steuerung gewachsen. Intern entstand infolge der durchgeführten Maßnahmen für den Energiebeauftragten und die Bereiche Bauunterhaltung, Haushalt sowie für den Nutzer die praktische Erfahrung einer Projektbearbeitung (statt Mittelverwaltung).

In Abbildung 4 sind die jährlichen Energieverbräuche des Gebäudekomplexes AudiMax-Hörsäle und Hauptverwaltung in absoluten und klimabereinigten Werten aufgetragen (Die erste ganzjährige Messung liegt erst ab 1990 vor). Die 11 Lüftungsanlagen in diesem Gebäudekomplex stellen mit ca. 1.100 MWh/Jahr eine der größten Lüftungswärmeverbraucher der THD dar (Strom sei zur Klärung des Prinzips hier außen vor gelassen).

Dargestellt sind die Verbrauchswerte der statischen Heizung (Heizgruppe) sowie der mechanischen Lüftungsanlagen (Lüftungsgruppe) der Jahre 1990 bis 1994.

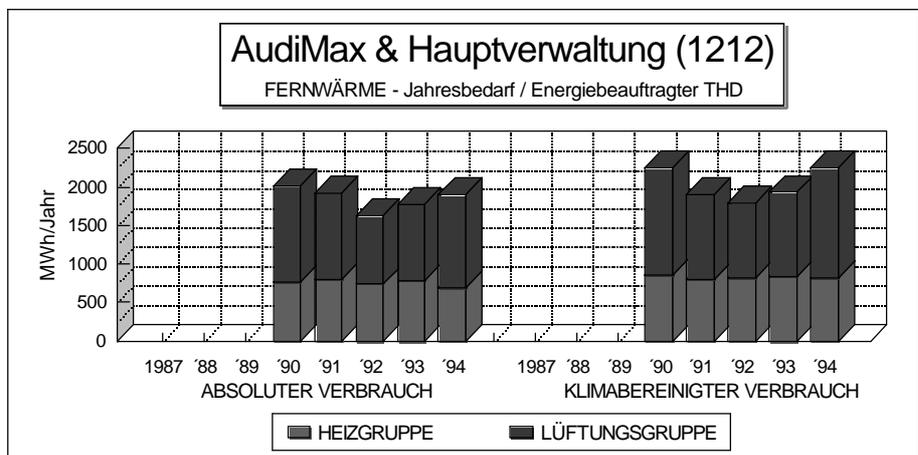


Abb. 4

2.4 Hemmnisse und deren Bewältigung

2.4.1 Technische Probleme

Problem: Veränderungen von Teilen der gesamten Anlage können anfangs zu nicht abgestimmten Gesamtlösungen führen.

Lösung: Gesamtkonzept vorher ausarbeiten und in Teilschritten als langfristiges Ziel vorgeben.

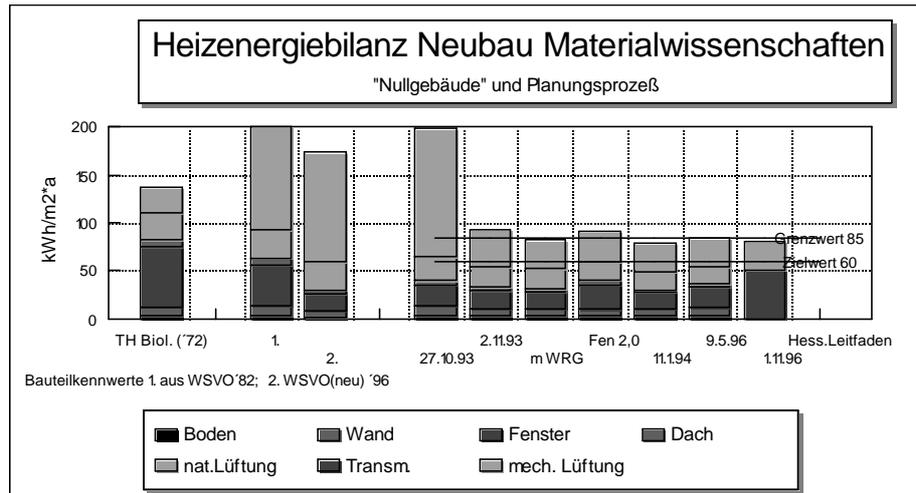


Abb. 5

2.4.2 Geldmittel

Problem: Die Aufteilung der öffentlichen Mittel in Haushaltstitel führt zu nicht abgestimmtem Ausgaben- und Investitionsverhalten („Dezemberfieber“).

Lösung: Über das Instrument des Globalhaushaltes wird ein ergebnisorientiertes Handeln ermöglicht („Erwirtschaftung von eingesparten Betriebsmittelkosten“).

2.4.3 Planungszeit

Problem: Die Planungszeiten werden möglichst kurz gehalten, um nach Baufreigabe möglichst schnell mit dem Bau beginnen zu können.

Lösung: Die Betrachtung einer möglichen Reduktion der Betriebskosten über die Lebensdauer des Gebäudes rechtfertigt verlängerte Planungszeiten um die spezielle Maßnahme in das Gesamtkonzept zu implementieren.

2.4.4 Folgerungen

Die einzelnen Phasen der Planung, der Errichtung, der Versorgung, des Betriebes und der Nutzung, der Entsorgung eines Gebäudes sind als Einheit zu betrachten. Nur dann ergibt sich ein für alle Stoffströme minimierter Umsatz.

3 Neubau TH-Gebäude

3.1 Betriebsmittelverbräuche

Neben der Sanierung des Bestandes ist die Neubauplanung ein wichtiges Betätigungsfeld des Energiebeauftragten. Bezogen auf die Lebensdauer eines Gebäudes werden in der kurzen Bauphase die Grundsteine für die späteren Betriebsmittelverbräuche gelegt.

Für den Neubau Materialwissenschaften seien der Prozeß und die Ergebnisse kurz skizziert: Abbildung 5 zeigt den Wandel der Energiebilanz. Als erstes wurde ein bestehendes Gebäude der THD mit etwa gleicher Haupt- und Nebennutzflächen in den Fassadenkennwerten mit den 1993 gültigen Anforderungen der Wärmeschutzverordnung (WSVO '82) modifiziert (1.), was die Bilanz für das „Nullgebäude Materialwissenschaften“ ergab.

Die Werte der Energiebilanz mit dem damals noch diskutierten Referentenentwurf für die neue WSVO '96 zeigt (2.). Deutlich zeichnet sich der Wärmebedarf der mechanischen Lüftungsanlagen als größter Anteil ab, der auch nach dem Referentenentwurf (WSVO ist ein Kennzahlverfahren, keine echte Bilanz!) kaum Änderung erfährt (Luftwechsel ist im Nachweisverfahren WSVO mit 0,8 je h anzusetzen). Die Energiebilanz zeigt hingegen Prioritäten.

Für den Neubau wurde ein integrierter Architekten und Technik-Wettbewerb ausgelobt. Durch die Nullbilanz wurde die Lüftung für den Wettbewerb als Problemfeld erkannt (weiterer Brennpunkt war die Kühlung). In dem ausgeführten Neubau konnte trotz Kostendeckel die Investition im Hinblick auf niedrige Folgekosten gezielt gelenkt werden, so daß die schärferen Anforderungen des Hessischen Leitfadens (siehe Fußnote 2 auf Seite 3) erfüllt wurden. Den Planungsprozeß mit Investitionsverschiebungen aufgrund der Überschreitung des Kostendeckels zeigen die Energiebilanzen 27.10.93 bis 3.5.96 (s. Abb. oben). Die Werte 1.11.96 stellen die Ausführung dar.

Den resultierenden Wärmeverbrauch je m² beheizte Fläche im Vergleich zum Bestand der TH-Gebäude zeigt Abbildung 6.

Die Schritte zur Energieoptimierung enthalten neben der direkten Beteiligung des Energiebeauftragten auch das Einbeziehen des zukünftigen Nutzers i.e. des Fachbereichs.

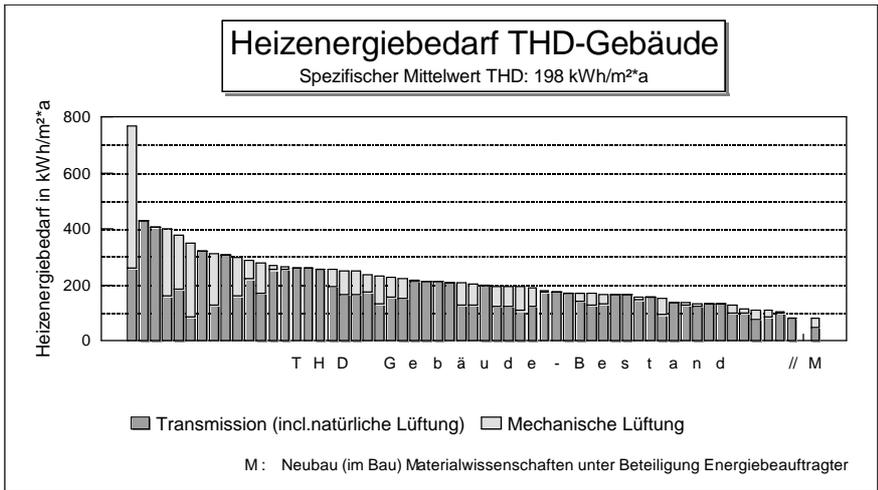


Abb. 6

Da Erzeugungsanlagen und Gebäude von der THD selbst betrieben werden, sind zudem Betriebsoptimierungen des Gesamtsystems möglich (z. B. Vermeidung von Lastspitzen in den Gebäuden, um die notwendige Leistung der Spitzenversorgungsanlagen zu minimieren).

Die Betriebsweise (derzeit noch im Vorplanungsstand!) nach Zubau/Sanierung des Kraftwerkes zeigt Abbildung 7 an Hand der Jahresdauerlinie Brennstoffeinsatz mit Deckungsgraden der Erzeugungsanlagen im Kraftwerk.

4 Massnahmen Versorgungsanlagen

4.1 Neukonzeption Kraftwerk (und Verbesserung Verteilnetz)

Neben der Energiekonzeption der Gebäude im Sinne einer Minimierung der Betriebsmittelumsätze ist auch der Bereich der Versorgungsanlagen zu betrachten. Im Falle der THD, mit einem schon bestehenden Kraftwerk zur Wärme und Stromerzeugung, bedeutet dies, eine Optimierung dieser Versorgungseinrichtung zu erreichen.

Für die THD besteht diese darin, den Deckungsgrad

Dargestellt ist die Variante einer maximalen Stromerzeugung **ohne Stromrückspeisung ins öffentliche Netz.**

Als Bindeglied zwischen Erzeugungsanlage und Gebäude ist das Verteilnetz ebenso zu berücksichtigen. Als typische Maßnahmen aus dem Bereich Wärme sind Absenkung der Rücklauftemperaturen im Fernheiznetz, Verringerung der Umwälzmenge (Stromeinsparung) und Umstellung des zum Teil noch vorhandenen Dampfnetzes auf Warmwasser-Fernwärme zu nennen.

4.2 Brauchwasseranlage

Auch im Bereich der Wasserversorgung sind ökologische und ökonomische Verbesserungen erreicht worden: Vorhandenes, abfließendes Drainage- und Regenwasser (für das Kanalgebühr zu entrichten ist) wird über die Brauchwasser-Anlage aufbereitet³⁾ und in ein separates Brauchwasser-Netz der THD-Lichtwiese eingespeist.

Versorgt werden Toiletten, Kühltürme, Labors und die Kühlung von Maschinen sofern keine geschlossenen Kreisläufe bestehen.

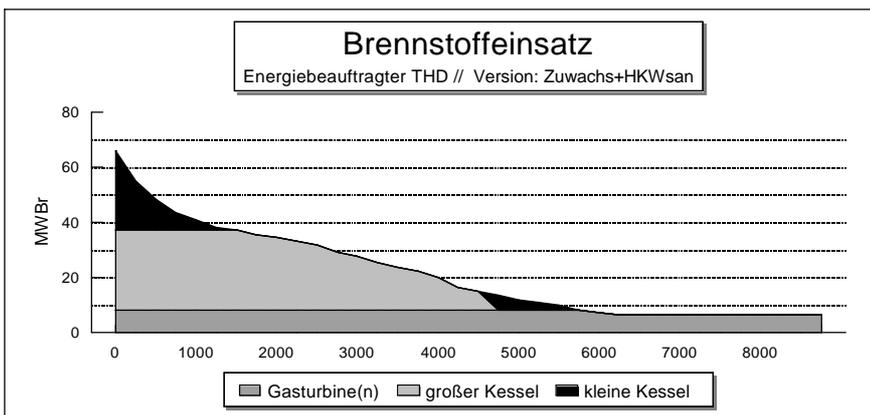


Abb. 7

an eigenerzeugtem Strom durch zusätzliche Installation einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage kleiner Leistung zu erhöhen. Diese soll(te) durch eine (Wärmeverbrauchende) Absorptionskälteanlage ergänzt werden. Durch die damit zu erreichende ganzjährige Wärmeabnahme wäre der THD ein verminderter Primärenergieeinsatz sowie verminderter Schadstoffausstoß bei günstigerer Wirtschaftlichkeit zuzuordnen.

Neben dem Effekt der Einsparung von wertvollem Trinkwasser (ca. 70.000 m³ pro Jahr) arbeitet die Anlage u. a. auch wegen der hohen Trink- und Abwassergebühr in Darmstadt von ca. 14 DM/m³ wirtschaftlich.

³⁾ „Brauchwasser für die THD“; Herausgeber : Der Präsident der TH Darmstadt, März 1994.

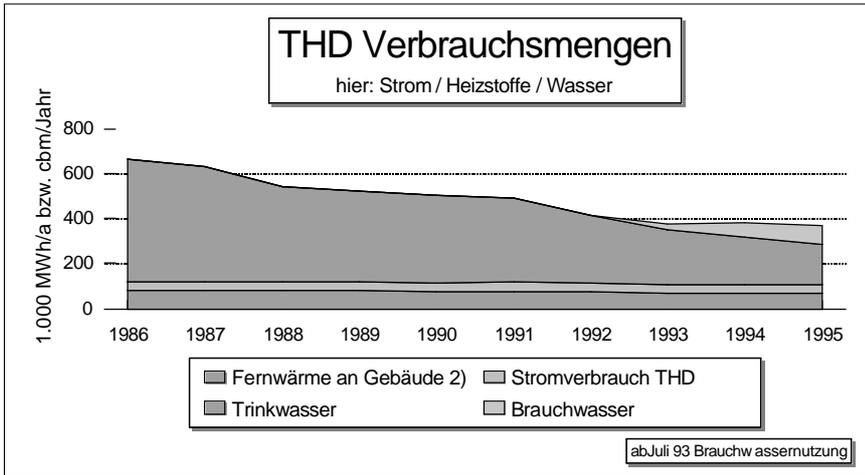


Abb. 8

Zudem ist das Bewußtsein für den Wasserkreislauf weiter sensibilisiert worden: Verunreinigungen führen zu Störmeldungen in der Anlage bzw. würden über das Brauchwasser wieder zum Nutzer gelangen. Bei Ausfall auf Grund von Verunreinigung ist der Verursacher örtlich besser eingrenzbar.

5 Auswirkungen auf den Betriebsmittelumsatz

5.1 Wärme-, Strom- und Wasserverbrauch

Als Schlußbetrachtung vieler kleinerer Maßnahmen, Verbesserungen und Aktivitäten dienen drei Abbildungen, die zugleich die „Fieberkurven“ des Erfolges darstellen.

In der Abbildung 8 sind die Betriebsmittelverbräuche als Summe gezeigt. Aufgelöst sind die Bereiche Wärme (Tendenz: konstante Verbrauchswerte bei steigenden Anschlußwerten), Strom (Tendenz: fallende Verbrauchswerte), Trinkwasser (Tendenz: stark fallend; Verbrauchshalbierung innerhalb von 8 Jahren) sowie Brauchwasser (Lieferung ins Brauchwassernetz seit Juli 1993).

Die Reihenfolge bzw. Prioritäten werden dabei deutlich: Verbrauchsreduktion d. h. Umsatz an Betriebsmitteln auf vergleichsweise geringe Werte senken und dann Ersatz der verbleibenden Mengen durch

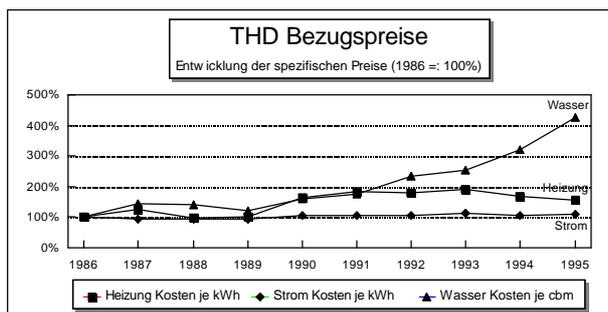


Abb. 9

angepaßte Versorgungsmittel herbeiführen. (Gilt für Brauchwasser statt Trinkwasser sowie für Niedertemperaturwärme statt Dampf, Wärme statt Strom, Strom aus Kraft-Wärme-Kopplung anstatt Strom aus Kondensationskraftwerken, usw.)

5.2 Spezifische Preise

Die spezifischen Preise der Betriebsmittelkosten verändern sich im Laufe der Jahre. Für das Trinkwasser einschließlich Abwassergebühr ergeben sich Kostensteigerungen auf fast 300% in 8 Jahren.

Die Mengen (Strom, Trinkwasser, Wärme, Brauchwasser, Stickstoff,...) bilden die Datenbasis. Aus Gründen der Ressourcenschonung sind deren Umsätze zu vermindern. Werden diese mit den spezifischen Preise (siehe Abbildung 9, nur Betriebsmittel betrachtet) multipliziert, so ergeben sich resultierenden Energiekosten.

5.3 Energiekosten

Die Ausgabenbilanz zeigt, daß die Einsparungen größer waren als der Anstieg der spezifischen Preise, was zur Kostenstabilisierung bzw. zum leichten Ausgabenrückgang führte.

In den letzten Jahren erfolgten seitens des Landes Hessen Kürzungen der Haushaltstitel. Über den Modellversuch Globalhaushalt wurde zugestanden, daß die Kürzungen von der THD über einen Gesamtbetrag nachgewiesen werden konnten. Durch die Kosteneinsparungen im Betriebsmittelbereich (incl. Reinigung), neben Mengenminderung auch Kostenmanagement durch Überwachung und Überprüfung von berechneten Leistungen, konnten z.B. die Ausgaben an wissenschaftlichem Gerät (ATG 71) im geplanten Umfang ohne Kürzung getätigt werden. Durch dieses aktive Handeln konnte auch innerhalb der Universität das oft vorhandene Schwarz-Weiß-Denken in Bezug auf Verwaltung und Wissenschaft weiter aufgelöst werden.

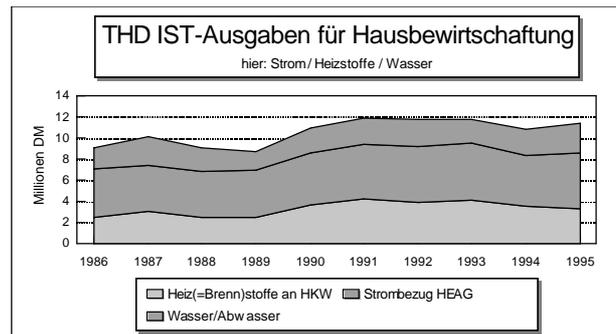


Abb. 10

ENERGIEEINSPARUNG ALS AUFGABE IN DER HOCHSCHULE. BEISPIEL: UNIVERSITÄT HAMBURG

Dipl.-Ing. Hans-Peter Zeise, Universität Hamburg

1 Vorstellung der Universität (ohne Universitäts-Krankenhaus Eppendorf)

An der Universität Hamburg waren 1998 ca. 42.000 Studenten eingeschrieben und nutzen das Angebot der 19 Fachbereiche mit den zugehörigen ca. 200 wissenschaftlichen Einrichtungen.

Die Universität hat ca. 4.700 ständige beschäftigte Mitarbeiter in der Wissenschaft und in der Verwaltung. Sie verteilt sich auf ca. 140 Gebäude mit einer Gesamtfläche von ca. 400.000 m². Die Bauweise reicht von Hochhäusern und Laborgebäuden der sechziger und siebziger Jahre bis hin zu Villen der Jahrhundertwende.

Die Universität ist über das gesamte Stadtgebiet Hamburgs verteilt und gliedert sich grob in den Campus-Bereich des Von-Melle-Parks (Geisteswissenschaften) und der Bundesstraße (Chemie, Geologie) im Bezirk Eimsbüttel. Den großen Dependancen an der Jungiusstr. (Physik, Biologie), Luruper Chaussee (Physik), der Vogt-Kölln-Str. (Informatik), der Ohnhorststr. (Biologie) und der Sternwarte in Bergedorf. Kleinere Einheiten sind am Hafensrand, in Altona, in Barmbek, Harburg und auf Helgoland angesiedelt.

2 Energieversorgung

2.1 Wärme

Die Wärmeversorgung erfolgt im Innenstadtbereich überwiegend mittels Fernwärme mit einem Gesamt-Anschlußwert von ca. 35 MW. Die Wärme wird vom Energieversorgungsunternehmen (EVU), der „Hamburgischen Electricitätswerke“ (HEW) AG, mittels Kraft-Wärme-Kopplung oder durch Müllverbrennung hergestellt und über das größte in Europa vorhandene Fernwärmenetz (überwiegend Wasser mit 136°C oder Hochdruckdampf) verteilt. Die Versorgung der Universität besteht aus Einzelanschlüssen sowie dem HEW-Netz nachgeschaltete, betriebseigene Wärmenetze.

Die Stadt Hamburg hat einen Rabatt von 10 % auf den Tarifpreis ausgehandelt. Die Wärmeversorgung der Liegenschaften in den Außenbereichen wird über erdgasbefeuerte Heizungsanlagen von 100 kW bis 7,5 MW sichergestellt. Ölbefeuerte Kesselanlagen beschränken sich auf vier kleinere Anlagen (jeweils unter 100 kW).

Die Preise für Fernwärme betragen ca. 90 DM/MWh, der Gaspreis lag bei 60 DM/MWh. Die

Mehrkosten für die Fernwärme lassen sich nur durch technisch aufwendige Heizungsanlagen, mit dem Ziel der konsequenten Ausnutzung des Leistungsanteiles (der b des Wärmepreises beträgt), kompensieren.

2.2 Elektro

Der Strom wird vollständig vom EVU (ebenfalls HEW) bezogen. Die Tarife sind vielgestaltig, zumal die Universität im Zentralbereich eigene Mittelspannungsringe mit einem Anschlußwert von ca. 2,5 MW unterhält. Durch die abrechnungsmäßige Zusammenfassung dieser Ringe, auch über öffentlichem Grund, ergaben sich nicht nur günstige Tarifbedingungen, sondern durch die Vielzahl der Verbraucher konnte auch eine günstige Auslastung der Leistungsanteile erzielt werden. Eine Höchstlastoptimierungsanlage ist trotzdem erforderlich. Im Vergleich dazu sind die Bezugsbedingungen für die Außenstellen mit geringerem Strombedarf und ungünstigeren Leistungsprofilen wesentlich schlechter. Hier hat die Stadt Hamburg aber ebenfalls Sondertarife als Großabnehmer ausgehandelt.

2.3 Wasser/Abwasser

Das Trinkwasser wird vollständig von den Hamburger Wasserwerken GmbH bezogen. Das Abwasser wird durch das „Siel der Hamburger Stadtentwässerung“ (Anstalt des öffentlichen Rechts) entsorgt. Die Berechnung der Sielkosten ist mit dem Wasserbezug gekoppelt. Verdunstete Wassermengen werden erfaßt und als Sielfreimengen nicht berechnet (die Kühltürme sind außerdem alle mit leitfähigkeitgesteuerten Wasseraufbereitungsanlagen ausgerüstet, die eine 2-fache Eindickung des Kreislaufwassers erlauben).

In den Gebäuden der Universität überwiegen zahlenmäßig Einzelanschlüsse. Es sind aber auch mehrere betriebseigene Netze vorhanden. Noch gibt es Großabnehmerverträge, diese verlieren aber durch ständige Anpassung an die Normaltarife ihre Bedeutung.

Für die Gießwasserversorgung des Versuchsfeldes und des Botanischen Gartens werden eigene Brunnen mit nachgeschalteten Wasseraufbereitungsanlagen betrieben. Zur Gießwasserversorgung der Gewächshäuser sind Zisternen vorhanden.

2.4 Erdgas

Erdgas wird vollständig von den Hamburger Gaswerken GmbH bezogen. Auf der Abnehmerseite überwiegen Einzelanschlüsse, betriebseigene Netze sind aber ebenfalls vorhanden. Die Stadt Hamburg erhält wegen der relativ hohen Abnahmemenge Sondertarife.

3 Entwicklungen in der Hochschule zum Energiesparen

Die Universität ist in die Behördenstruktur des Stadtstaates Hamburg eingegliedert und unterliegt somit dem jeweils geltenden Haushaltsrecht.

Seit 1951 besteht, anfangs im Hochbauamt der Baubehörde angesiedelt, heute der Umweltbehörde, Energieabteilung zugeordnet, eine Einrichtung, der die Überwachung der Energieverbräuche sämtlicher landeseigener Einrichtungen obliegt. Diese Abteilung bestimmt nicht nur den jeweiligen Energieträger für die Versorgung der Gebäude, sondern handelt auch die Tarife mit den Versorgungsunternehmen aus. Sie entwirft Dienstanweisungen für den sparsamen Umgang mit Energie für den Nutzer, Planer usw.

Die Überwachung der Heizenergieverbräuche erfolgt in einem sogenannten Soll-Ist-Vergleich. Der Soll-Zustand ergibt sich durch die Berechnungsformel für den Jahresbrennstoffverbrauch der VDI 2067 und wird durch das Verbrauchsergebnis sowie unter Berücksichtigung von Erfahrungswerten nach oben oder unten abgerundet. Der Soll-Verbrauch wird monatlich den jeweiligen Dienststellen, klimabereinigt, als Anteil des Jahresverbrauches übermittelt, so daß der Bediener frühzeitig seinen Verbrauchstand kontrollieren kann. Betriebskontrolleure überprüfen etwa einmal im Jahr Raumtemperaturen, Regelereinstellungen und Zustand der Anlage im Beisein des Bedieners. Durch diese Maßnahmen ist der spezifische Heizenergieverbrauch über die Jahre hinweg ständig gesunken und bewegt sich jetzt auf einem konstanten unteren Pegel.

Weiterhin hat diese Abteilung Mittel in Höhe von 10,0 Mio. DM jährlich eingeworben, um technische Verbesserungen zum Zwecke der Energieeinsparung voranzutreiben. An Hand von Wirtschaftlichkeitsberechnungen bis zu einer Grenze von b werden die jeweiligen Objekte selektiert.

Mit der Drucksache 13/6563 v. 21.08.90 wurde die Umweltbehörde ermächtigt mit dem EVU Verträge über Maßnahmen zur Einsparung von elektrischer Energie abzuschließen, die über Kredite finanziert werden. Maßnahmen von mehr als 110 % Wirtschaftlichkeit sind darüber finanzierbar, wobei die Kredite in Raten über die errechnete Stromeinsparung getilgt werden. Das gleiche Verfahren wurde danach mit den Hamburger Wasserwerken GmbH

zum Zwecke der Einsparung von Trinkwasser vereinbart. Erfahrungen liegen dazu aber noch nicht vor.

Die genannten Finanzierungs-Möglichkeiten werden von der Hochschule seit Jahren mit Erfolg genutzt, zumal dabei die Planungs- und Baunebenkosten mit finanziert werden können.

Seit dem 1. Januar 1995 ist der Baubehörde die Beschaffung und der Unterhalt der Gebäude entzogen worden. Bauherr ist seitdem die jeweilige Behörde.

Der Universität sind Bauvorhaben im Einzelfall bis 3,0 Mio. DM delegiert worden, wofür eine zentrale Baudienststelle in der Behörde für Wissenschaft und Forschung vorhanden ist. Diese wird in der Regel mit der Durchführung der jeweiligen Bauaufträge beauftragt. Ihre Leistungen werden nach der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) abgerechnet und vergütet. Diese Baunebenkosten stehen dem jeweiligen Bauherrn für die Bauunterhaltung mit einem festen Prozentsatz zusätzlich und für alle anderen Baumaßnahmen im Kostenrahmen zur Verfügung. Der Bauherr kann auch mit eigenem Personal Bauaufgaben planen, ausschreiben und Firmen beauftragen, hat jedoch die jeweils gültigen Bauordnungsvorschriften einzuhalten. Diese Möglichkeit, vor allem für Energiesparmaßnahmen zu nutzen, erleichtert das Geschäft ungemein.

Seit dem 1. Januar 1996 hat die Universität einen sogenannten Globalhaushalt, der, weil gedeckelt, zu Einsparungen auch im Energiebereich, zwingt.

4 Energieverbräuche

Die Energie- und Wasserverbräuche sowie die Kosten betragen 1995 für

Heizenergie:	84.954 MWh	6,7 Mio. DM
Elektr. Strom:	48.210 MWh	11,1 Mio. DM
Wasser:	367.056 m ³	<u>2,7 Mio. DM</u>
Summe der Kosten:		<u>20,5 Mio. DM</u>

5 Konzepte zur Energieeinsparung

Der Wille Energie einzusparen ist durch die gesetzlichen Rahmenbedingungen vorgegeben. Ein generelles Konzept zur Energieeinsparung liegt nicht vor. Bedingt durch die Größe und Zergliederung der Universität, wäre eine Umsetzung auch äußerst schwierig. Besonders viele Provisorien in den Altbauten, hochschulpolitische sowie finanzielle Zwänge sind hier als Stichworte zu nennen. Daher ist eine Beschränkung auf Einzelfälle die Regel.

5.1 Einige ausgewählte technische und organisatorische Maßnahmen

Es liegen mehrere Ergebnisse von Untersuchungen zu Energieeinsparungen vor, wovon drei der größten Projekte genannt werden.

1992 wurde durch die Fa. ISTA-ECO für den Zentralbereich eine ganzheitliche Energieanalyse durch die Umweltbehörde beauftragt und finanziert. Mit diesem Gutachten wurden alle relevanten Betriebskosten (Energie, Wasser, Wartung, Personal, Reinigung, Bauunterhaltung) aufgelistet und anschließend beurteilt. Die darin vorgeschlagenen Verbesserungen mit einem Kostenumfang von ca. 49,0 Mio. DM verteilt über 9–10 Jahre, wie

- Einführung einer automatischen Zählerdatenerfassung,
- Installation von mehreren Blockheizkraftwerken (BHKW),
- Installation einer Gebäudeleittechnik (GLT),
- Sonstige Maßnahmen (Haustechnik, Beleuchtung, Wärmedämmung, Fenster usw.)

werden oder wurden teilweise nur in kleinerem Umfang abgearbeitet. Dabei zwangen der zur Verfügung gestellte Kostenrahmen und genauere betriebswirtschaftliche Untersuchungen zu erheblichen Abstrichen.

In der Ausführung sind zur Zeit

- die automatische Zählerdatenerfassung mit einem Kostenumfang von ca. 1,2 Mio. DM.
- der Einbau eines ölbefeuerten Spitzenlastkessels für ca. 800.000,- DM in ein betriebseigenes Fernwärmenetz, mit dem Ziel die Leistungsanteile der HEW-Fernwärme mit einem Umfang von ca. 390.000,- DM/a zu senken.
- das Erarbeiten eines Konzeptes für die GLT, mit dem Ziel, diese für Einzelschritte finanzierbar zu gestalten.
- die Sanierung der Fassade (Fenster, Wärmedämmung) an einem Gebäude, für ein weiteres ist die Planung beauftragt.

Für die Vogt-Kölln-Str. 30 (Informatik) wurde eine energetische Untersuchung bei einem Ingenieurbüro beauftragt. Dieses erarbeitete ein Konzept für die Wärme-, Kälte- und Elektroversorgung. Die teilweise Erneuerung und Verbesserung der Kälteversorgung in Höhe von 300.000,- DM (einschl. der Baunebenkosten) wurde über den bereits genannten Kredit zum Zwecke der Stromeinsparung mit dem EVU abgewickelt. Die Maßnahme umfaßte die Nutzung des Wassers einer Grundwasserreinigungsanlage der Umweltbehörde für die Kühlung des Prozesskaltwassernetzes und den Einbau einer neuen Kältemaschine mit R 717 als Redundanz. Die heiztechnischen Verbesserungen an Rohrnetz, Pumpen und

GLT in Höhe von 300.000,- DM wurden dagegen aus der Bauunterhaltung finanziert.

In der Ohnhorststr. 18 (Allgemeine Botanik und Botanischer Garten) wurde 1992 ein Gutachten beauftragt und ein Energiekonzept erstellt. Dieses wurde auf seine Machbarkeit hin untersucht. Leider fielen einige Optimierungsvorschläge, wie

- die Abfuhr der Beleuchtungswärme aus den Pflanzenwuchskammern mittels freier Kälte,
- die Verbesserung der Beleuchtung in diesen Kammern

mit dem Ziel die Kälteerzeugungsanlagen, insbesondere die der Tiefkälte, mit dem Wärmeträger Wasser/Glykol mit -15 °C Betriebstemperatur, zu verkleinern, dem Verhältnis der Wirtschaftlichkeit zum Opfer. Das Ziel, die fällige Erneuerung der Kälteanlage über den HEW-Kredit als Stromsparmaßnahme abzuwickeln, konnte trotzdem umgesetzt werden, um diese abgängigen Maschinen (FCKW R 22, R 502) durch eine 2-stufige Anlage von ca. 850 kW (R 717) zu ersetzen.

In dem Gebäude wird aber dennoch eine stromsparende Maßnahme, die Erneuerung sämtlicher Lüfter, durchgeführt. Denn die Überprüfung durch ein weiteres Ingenieurbüro brachte äußerst schlechte Wirkungsgrade, teilweise weniger als 20 %, zu Tage. Der in diesem Gutachten gemachte Vorschlag, ein BHKW – mit oder ohne Kälte-Kopplung – zu installieren, scheiterte an den günstigen Stromtarifen und an geänderten Einspeisevergütungen.

5.2 Weitere Maßnahmen

Ohne vorherige größere Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen wird die Modernisierung der Beleuchtungsanlagen durchgeführt. Unter dem Stichwort „Zwei gegen Eins fürs Klima“ werden alle zweiflammigen Leuchten gegen einflammige mit besseren Wirkungsgrad (Lichtverteilung, elektronisches Vorschaltgerät) ausgetauscht. Diese Maßnahme ist auf Grund der vorher gemachten Erfahrungen, so wirtschaftlich, daß sie den Anforderungen des bereits erwähnten EVU-Kredites von vorneherein genügt. 1995 und 1996 wurden bereits bei 8 großen Gebäuden für mehr als 2,0 Mio. DM Leuchten erneuert. Weitere Gebäude mit ca. 40.000 Leuchten sind für 1997 bereits in der Planung.

Weitere kleinere Maßnahmen, wie die Anpassung von Kälteerzeugungsanlagen an den jeweiligen Bedarf und die Verbesserung der Leistungsziffer durch den Einsatz des Kältemittels Ammoniak, die Anpassung von Heizungspumpen und Kesselanlagen, der Einbau von Prozeßkälteanlagen mit Nutzung der freien Kälte im Winterbetrieb, der Einsatz von Rückkühlanlagen für Rotationsverdampfer an Stelle von Trinkwasserkühlung, der Ersatz von Quarzdestillen

durch modernere Wasseraufbereitungsverfahren usw. seien hier nur am Rande erwähnt. All diese Maßnahmen werden seit Jahren durchgeführt.

6 ORGANISATION DES ENERGIESPARMANGEMENTS

Das Thema Energiesparen ist in der Universität für den Bereich Gebäude und Betriebstechnik zentral beim Präsidenten angesiedelt. Die Aktivitäten werden von der Umweltbehörde überwacht, unterstützt und auch finanziell gefördert.

Anstöße aus dem Bereich der Wissenschaft sind kaum zu verzeichnen, was sich auch durch die langjährige Anwendung der kameralistischen Haushalts-systematik begründen läßt. Erste Erfolge waren nach der Gründung des Arbeitskreises „AGENDA 21“ zu beobachten, wobei bereits die Bemühungen an sich, zu entsprechenden Organisationsformen zu kommen und diese auch den Lehrenden und Studierenden näher zu bringen, ein Fortschritt ist. Aus diesem Arbeitskreis ging ein Unterausschuß „Runder Tisch Energie“ hervor, der mit Unterstützung von Institut für Organisationskommunikation (IFOK) in einigen ausgewählten naturwissenschaftlichen Fachbereichen „Energietische“ ins Leben rief.

Der neu eingeführte Globalhaushalt, mit der Deckelung aller Kosten, also auch der Betriebskosten, läßt Hoffnung aufkommen, daß auch endlich die Nutzer die Betriebskosten für die Energie als beeinflussbar begreift. Diese Gewinnbeteiligung bei der Energieeinsparung wurde z. B. in einigen Hamburger Schulen mit großem Erfolg unter dem Stichwort „fifty-fifty“ erprobt. Die Gewinne aus dem verbesserten Verbraucherverhalten werden dabei den Schulen jeweils zur Hälfte für die Beschaffung von zusätzlichem Lehrmaterial usw. zur Verfügung gestellt. Denkbar wäre die Anwendung dieses Modells auch für die Universität. Solche Abrechnungssysteme lassen sich nicht von heute auf morgen einführen, können aber langfristig zum besseren Umgang mit der kostbaren Energie führen. Die jahrzehntelange Erfahrung, nicht nur mit den Mitgliedern der Universität, haben gezeigt, daß die Motivation zur Energieeinsparung nur durch derartige Beteiligungsmodelle zu erreichen ist.

Dieses Modell wurde ab 1.1.1998 an der Universität Hamburg durch die Initiative „Runder Tisch Energie“ eingeführt. Außerdem wurde eine Stelle „Projekt Energieoptimierung“ wurde eingerichtet und besetzt.

ENERGIEEINSPARUNG IN HOCHSCHULEN: FRIEDRICH-SCHILLER-UNIVERSITÄT JENA

Dipl.-Ing. Heinz-Jürgen Neugebauer, Friedrich-Schiller-Universität Jena

1 Vorstellung der Hochschule

1.1 Zur Geschichte der Universität

Die Gründung der Universität Jena ist das Resultat der reformatorisch-konfessionellen Politik im ernestinischen Staatsverband:

- C 1527 als „Ersatz-Universität“ für Wittenberg genutzt und maßgebend durch Melancthon und Spalatin beinflusst.
- C 1558 durch Kaiser Ferdinand I. zur Universität erhoben. Die Universität hat bis heute eine wechselreiche Geschichte durchlaufen.
- C Frühjahr 1989: Beginn der Umgestaltung aus eigener Kraft. 1990 Eigenevaluierung der Hochschullehrer, wissenschaftlichen Mitarbeiter und des Verwaltungspersonals.

1.2 Die Universität in der Gegenwart

Der Hochschulbereich umfaßt Theologische Fakultät, Rechtswissenschaftliche Fakultät, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Philosophische Fakultät, Fakultät für Sozial- und Verhaltenswissenschaften, Fakultät für Mathematik und Informatik, Physikalisch-Astronomisch-Technikwissenschaftliche Fakultät, Chemisch-Geowissenschaftliche Fakultät, Biologisch-Pharmazeutische Fakultät sowie die Thüringer Universitäts- und Landesbibliothek und das Universitätsrechenzentrum.

Die Medizinische Fakultät wurde ab 1990 schrittweise ausgegliedert und ist nunmehr als selbständiger Bereich mit eigener Verwaltung organisiert (Klinikum der FSU Jena)

Die FSU bildet in 20 Studiengängen und mit der Auswahl in rund 90 Studienfächern und -richtungen sowie den angebotenen Studienabschlüssen (Diplom, Magister Artium, Staatsexamen) aus und ist damit die einzige klassische Volluniversität Thüringens.

Am Standort Jena befindet sich auch das Studentenwerk Jena (vor 1990 Bestandteil der Hochschule als Direktorat für Wirtschafts- und Sozialeinrichtungen)

Außerdem sind in Jena z. Z. 10 Arbeitsgruppen der Max-Planck-Gesellschaft sowie die Fachhochschule Jena angesiedelt.

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der Studierenden von 1989 bis 1997.

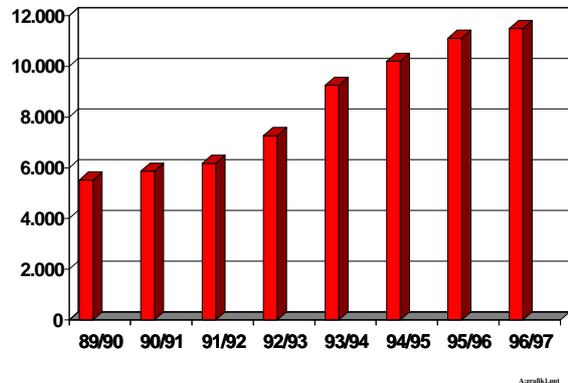


Abb. 1 Entwicklung der Studierenden

1.3 Standort, Flächen, Gebäudesituation

Die FSU ist eine Stadtuniversität mit dezentraler Lage mit mehreren Außenstellen in Erfurt, Weimar und im Umkreis Jena. Der Hochschulbereich allein umfaßt 275 Einzelgebäude an 98 Einzelstandorten, die sich auf 6 Hauptstandorte und Außenstellen konzentrieren.

Die Fläche (bestehend aus HNF, NNF, FF, VF inkl. Freiflächen und Leerräumen) des Hochschulbereiches per 13.02.96: 206.395,61 m².

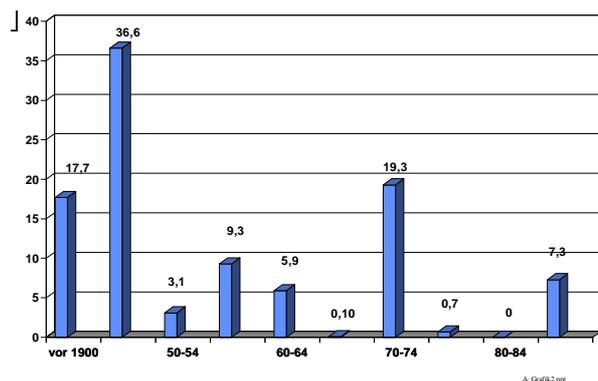


Abb. 2 Altersstruktur des Gebäudebestandes (gemäß HIS-Studie von 1992)

2 Historischer Abriss des Themas „Energieeinsparung“ an der FSU

Zwischen 1945–1970 erfolgte die Finanzierung der Energiekosten aus den laufenden Mitteln des Staatshaushaltes ohne fachtechnische Kontrolle und Einflußnahme.

Mit Beginn des Jahres 1971 mußte das zuständige Ministerium erstmalig eine Planung des Energieverbrauches und der -kosten vornehmen (Prinzipien des produzierenden Bereiches der Volkswirtschaft sollten auf den gesellschaftlichen Bereich übertragen werden).

Im Hochschulbereich war das Ziel, die Durchsetzung der staatlichen Energiepolitik unter den spezifischen Bedingungen von Lehre, Forschung und medizinischer Betreuung zu erreichen. Dazu wurden eigene Tarife für den Bereich des Hoch- und Fachschulwesens entwickelt. Die weitere Entwicklung erfolgte unter den Bedingungen der energiewirtschaftlichen Auflagen der jeweiligen Fünfjahrespläne (mit jährlichen Preisänderungen bei den Abnehmern der Volkswirtschaft, verbunden mit Preiskonstanz bei der Bevölkerung).

Ab 1974 folgten Einsatzverbote für Gas, Heizöl, Strom, Koks, Steinkohle sowie ein Einsatzgebot für Feinsteinkohle. Ab den 80-iger Jahren staatliche Kontingente für den Energieträgereinsatz. Im Rohbraunkohleerlaß wurde ein Einsatzgebot von 70% Rohbraunkohle (RbK) zu 30% BB. Es gab ein Programm zur Umstellung sämtlicher Anlagen auf 100% RbK.

Parallel zu diesen Entwicklungen gab es aber auch technisch fundierte Konzepte, z. B.:

- C 1972: Fernwärmeanschlußkonzept der FSU von 1974 –2000.
- C 1973: Konzept der Wärmedämmung, geschlossene Kühlwasserkreisläufe, Mehrfachverglasung (jedoch keine materiell-technische Abdeckung möglich oder vorhanden).
- C Ab 1983: Für alle Investitionen war ein Nachweis zur Energieabdeckung, möglichst aus Energieeinsparungen, vorzulegen (Energiesparkonzepte, Kennziffern u. a.)
- C 1988: Energiebedarf an Hochschulen (veröffentlicht in den Schriften des Zentralinstitutes für Hochschulbau).
- C 1990: Konzept der FSU „Umwelzentlastung Luft“ als Weiterentwicklung entsprechende Konzeptionen aus dem Jahre 1974.

In den letzten Jahren ist die Bereitstellung der finanziellen Mittel tendenziell rückläufig

3 Das energiewirtschaftliche Umfeld

3.1 Politische Vorgaben

Bundespolitisch gab es keine spezifischen Vorgaben. Auf der Landesseite fehlten diese ebenfalls weitgehend – beispielsweise gibt es kein Energiespargesetz des Landes Thüringen. Auf kommunaler Ebene ist die Satzung über die Regelung der Fernwärmeversorgung der Stadt Jena vom 8.8.1990 (in

der ein Anschlußzwang festgeschrieben ist) von Bedeutung.

3.2 Energiewirtschaftliches Umfeld

Die Energieversorgung der FSU Jena wird durch den überregionalen Versorger VEAG, den regionaler Versorger TEAG (Hauptgesellschafter sind die Bayernwerke) und seit 1991 durch den kommunalen Versorger Stadtwerke Jena GmbH, mit dem eine besonders enge Zusammenarbeit besteht, bestimmt. Eine Besonderheit stellt das Heizkraftwerk Jena-Süd dar.

Die Universität war und ist mittelbar oder unmittelbar in Umwelt- bzw. Energieprogramme eingebunden.

4 Organisation des Energiemanagements an der FSU Jena

4.1 Organisationsformen in den Neuen Bundesländern bis 1990

Bereits vor 1972 gab es Fachorgane für Energetik, Energetiker und Energiebeauftragte in den VEB und Kombinat der produzierenden Bereiche der Volkswirtschaft.

Aufgrund eines Erlasses des Ministers des MHF¹⁾ wurde 1971/72 die Stelle eines Hauptenergetikers an der FSU geschaffen. 1978 wurde der Umweltbeauftragte an der FSU berufen und die Arbeitsgruppe Energie- und Winterbereitschaft gegründet. Anfang 1979 erfolgte die Ordnung zur rationellen Energie- und Wasserwirtschaft an FSU. 1980 wurde ein hauptamtlicher Energiebeauftragter im MHF eingesetzt. Ende 1983 wurde eine Energieordnung des MHF herausgegeben, die u. a. die Stellenbesetzung, verbindliche Rahmenmerkmale und Gehaltstabellen festlegte. 1986 erfolgte die Berufung des Wasserbeauftragten an der FSU. 1988 wurde eine entsprechende Ausbildungsdisziplin in Zittau geschaffen.

Ab etwa Mitte der 80er Jahre wurden dem Fachorgan (Energetik, Umweltschutz, etc.) immer mehr Linienaufgaben angetragen. Zeitweilig wurden an der FSU bis zu 140 Heizer betreut. Weitere Aufgaben waren die Durchführung der Heiz- und Winterbereitschaft, des Brandschutzes sowie Schwachstellenanalysen in Wärmeversorgungsanlagen.

4.2 Organisationsform an der FSU ab 1990

Ab 1990 erfolgte der Aufbau neuer Verwaltungsstrukturen. Die folgenden Abbildungen zeigen den organisatorischen Aufbau der FSU.

¹⁾ Ministerium für Hoch- und Fachschulwesen

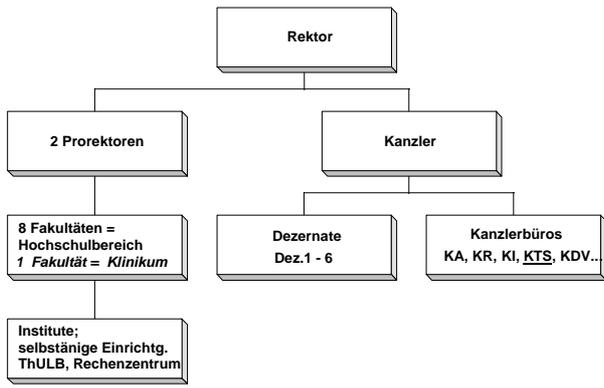


Abb. 3 Organigramm der Universität

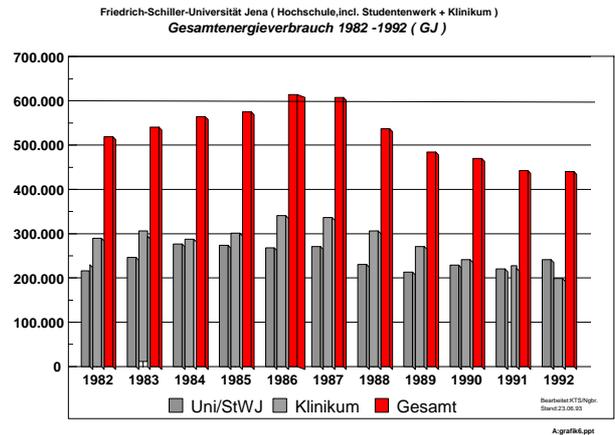


Abb. 5 Energieverbrauchsentwicklung

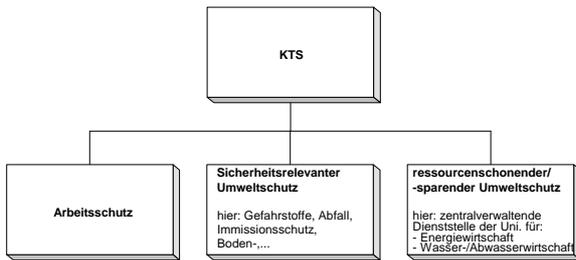


Abb. 4 Aufgaben des KTS

Im Kanzlerbüro für Technisches Sicherheitswesen (KTS) sind Arbeitsschutz und Umweltschutz sowie die betriebliche Energiewirtschaft (als Teil des Umweltschutzes) zusammengefaßt (siehe Abbildung 4).

5 Energiewirtschaftliche Daten der Universität

5.1 Gesamtenergieverbrauch und Verbrauchsstruktur

Aufgrund der Zuständigkeit in alter Form liegen bis 1992 langfristige Aussagen über den Energieverbrauch und die Energieträgerstruktur der Hochschule, des Klinikums und des Studentenwerkes vor (siehe folgende Abbildungen 5 und 6).

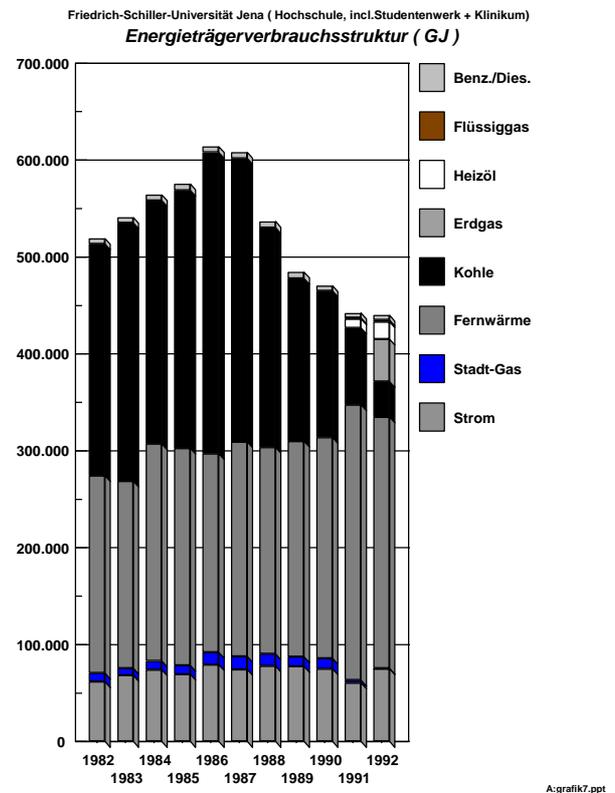


Abb. 6 Energieträgerstruktur

Abbildung 7 zeigt die Anteile des Gesamtenergieeinsatzes für Elektrischen Strom, Raumheizung, Warmwasser und Laborgase.

FSU Jena -Hochschulbereich- prozeßbezogener Energieträgereinsatz 1995

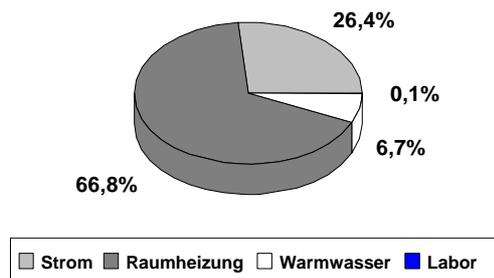
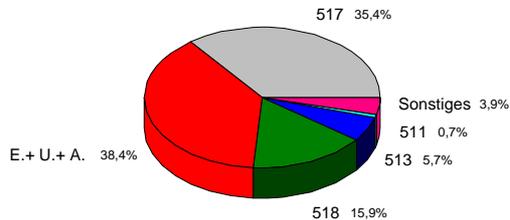


Abb. 7 prozeßbezogener Energieträgereinsatz

5.2 Grobgliederung der sächlichen Verwaltungsausgaben

Dargestellt sind die sächlichen Verwaltungsausgaben gemäß Jahresabschluß 1995.

FSU Jena -Hochschulbereich
Grobgliederung der sächlichen Verwaltungsausgaben
(gemäß Jahresabschluß 1995 - Druck/1ste Dez.2)



E.+U.+A.: Ausgaben für Energie, Wasser, Abwasser, Umweltschutz und Arbeitssicherheit

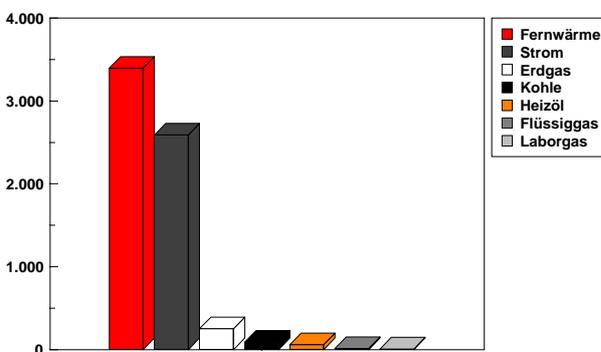
A:grafik10.ppt

Abb. 8 Verwaltungsausgaben der Universität

5.3 Wichtung des Energieträgereinsatzes als Voraussetzung für Energiesparprogramme

Abbildung 9 zeigt die Rangfolge des Energieträgereinsatzes an der FSU Jena (Hochschulbereich) gewichtet nach der finanziellen Bedeutung.

FSU Jena -Hochschulbereich
Rangfolge des Energieträgereinsatzes (finanzielle Bedeutung)
als Voraussetzung eines Energiesparprogrammes (TDM)



A:grafik11.ppt

Abb. 9 Bedeutung der eingesetzten Energieträger

6 ENERGIEKONZEPT

6.1 Voraussetzungen zur Aufstellung eines Energiekonzeptes

Bei der Aufstellung eines Energiekonzeptes sollten die folgenden Punkte beachtet werden:

- C Analyse der Planungs-, Vorbereitungs-, Durchführungs-, Inbetriebnahmeabläufe, laufende Betreuung (Wer macht was? Wer ist für was verantwortlich?)

- C Die Beziehung Versorger – Kunde ist zu analysieren (Vertragsbeziehungen erkunden). Dabei sollte der Kunde bei Neubauten, Sanierungen und Veränderungen immer mit einbezogen werden (– hierzu gibt es eine Vereinbarung der Stadtwerke Jena GmbH mit der FSU Jena).
- C Das Konzept sollte von fach- und sachkompetenten Mitarbeitern, die zudem die betriebswirtschaftlichen Zusammenhänge beherrschen, erarbeitet werden.
- C Eine Wichtung von Prozessen sowie finanzieller Bedeutung ist vorzunehmen.
- C Buchungsplan und buchhalterische Abläufe sind zu analysieren (bei Globalhaushalten müssen interne Festlegungen getroffen werden: Aufschlüsselung nach Energieträgern, Durchsetzung des Verursacherprinzipes ist wünschenswert – die Rechnung ist das wichtigste Instrument für Aufbau von energiewirtschaftlichen Prinzipien).
- C Die Einbeziehung in die Haushaltsplanung ist notwendig (Übernahme der zentralen Kostenstellenverantwortung; Rechnung ist der Hauptansatz).
- C Die Organisation ist mit den jeweiligen Nutzern vorzunehmen (von der Planung bis zum laufenden Betrieb). Zu beteiligen sind ggf. weitere Stellen (u. a. Energiekommissionen, Energiebeauftragte, Beauftragte für Arbeits- und Umweltschutz/ Sicherheitsausschuß).
- C Es ist ein Berichtswesen (z. B. jährliche Berichterstattung) zu organisieren.
- C Durchführung von Öffentlichkeitsarbeit: Anleiten, Beraten, Hinweise geben.
- C Schaffung formaler Voraussetzungen (Dienst-anweisungen etc.).

6.2 Energiekonzepte an der FSU Jena

Ausgangspunkt für die FSU war der prozeßbezogene Energieträgereinsatz. Danach werden 70 bis teilweise 85% der Energie für Raumheizzwecke bzw. Warmwasserbereitung verwendet, 11–21,4% für Strom. Der Laborbereich ist vernachlässigbar.

6.2.1 Wärmeprozesse

Umweltentlastung Luft:

Bis 1989 wurden 89 dezentrale Kesselanlagen auf Basis fester Brennstoffe sowie ein Kesselhaus auf Basis Rohbraunkohle (ca. 10.000 t/a) betrieben. Die Situation war gekennzeichnet durch eine ständige Unterbesetzung mit Heizern sowie eine hohe Umweltverschmutzung. Gas, Heizöl und Strom standen für Heizzwecke nicht zur Verfügung. Fernwärme war zwar verfügbar, angesichts der Erzeugung auf der Basis von Rohbraunkohle war diese aber nur bedingt als umweltfreundlich zu bezeichnen (– es gab eine Fernwärmekonzeption 1974– 2000).

Ab 1990 standen alle Energieträger zur Verfügung. Es erfolgte die Aufstellung eines Konzeptes „Umweltentlastung Luft“ mit folgenden Ergebnissen für die FSU (Abbildung 10 u. 11):

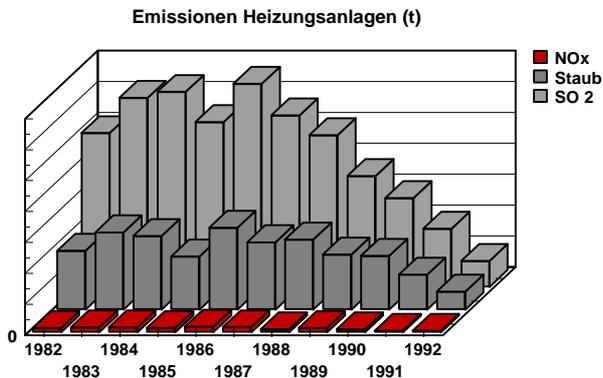


Abb. 10 Emissionen der Heizungsanlagen zwischen 1982 und 1992

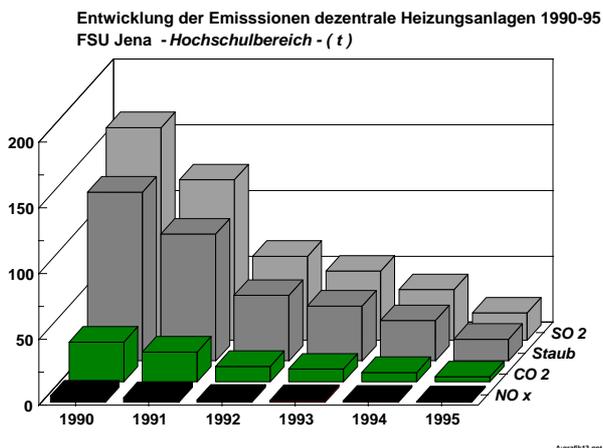


Abb. 11 Emissionen der Heizungsanlagen (dezentral)

Parallel dazu arbeitete der regionale Energieversorger an der Umweltentlastung der Luft durch Modernisierung des HKW Jena-Süd (Umstellung von Rohbraunkohle auf Erdgas).

Damit ergaben sich insgesamt Reduzierungen beim CO₂-Ausstoß auf 53 % (von 500.000 t/a auf 264.000 t/a), beim NO_x-Ausstoß auf 33,8 % (von 665 t/a auf 220 t/a), beim SO₂-Ausstoß auf 0,35 % (von 18.000 t/a auf 64 t/a) des vorherigen Wertes. Die Staubemissionen reduzierten sich von 128 t/a auf nahezu Null.

Insbesondere Kosteneinsparungen ergaben sich durch Vertragsänderungen, denen Analysen von Leistung, Arbeit und Betriebsstunden vorangingen.

Baumaßnahmen werden von der Vorbereitung bis zur Inbetriebnahme und zum laufenden Betrieb be-

gleitet. Dabei wird es als wichtig erachtet, bereits mit dem Planer und Staatsbauamt frühzeitig Kontakt aufzunehmen. Das Versorger-Kunde-Verhältnis ist strikt durchzusetzen (von der Anfrage bis zum Vertragsabschluß).

Arbeiten mit dem Wärmeausweis: Nachweis der laufenden Kosten und Energieeinsparungen durch Abweichungen von den gesetzlichen Werten des baulichen Wärmeschutzes – Betriebsinformationen zu:

- C Raumtemperaturen
- C Hauptnutzungszeiten von Gebäuden u.ä.
- C gegebenfalls über Dienstanweisungen
- C Einbeziehung in die Belegungsplanung/Öffnungszeiten von Gebäuden.

6.2.2 Strom

Energieeinsparungen können durch Vertragsveränderungen und Vertragsgestaltung begünstigt werden. Empfehlenswert ist eine Analyse der installierten Leistung, der vorhandenen Trafoleistung und Netzanschlußleistung, der bezogenen Energie sowie der Vertragsleistung. Hinzu kommt die Betrachtung von Gleichzeitigkeitsfaktoren und Auslastungsgrad, beides wichtige Kennziffern für den Planer. Auch hier ist bei Baumaßnahmen die laufende Begleitung von der Vorbereitung bis zur Inbetriebnahme und zum laufenden Betrieb erforderlich (Frühzeitige Kontaktaufnahme mit dem Planer bzw. Staatsbauamt wird empfohlen). Das Versorger-Kunde-Verhältnis ist strikt durchzusetzen (von der Anfrage bis zum Vertragsabschluß).

Die Abhängigkeit der Baukostenzuschüsse, Netzanschlußkosten von der Leistung als einmalige Kosten und Bedeutung des Leistungspreises für die laufenden Kosten ist deutlich zu machen. Ebenso die Auswirkungen der Zusammenhänge Vertragsleistung, 70% Klausel, Auswirkungen von kurzfristigen Spitzenwerten, Jahresverrechnungsleistung, Durchschnittsleistung etc.

Weitere Punkte sind u. a. die Überwachung des Leistungsfaktors (cos phi), Abrechnung Sondervertrags-/Tarifkunden, Beleuchtungsanlagen (Erreichen von geforderten Beleuchtungsstärken durch arbeitsplatzbezogene Leuchten und nicht durch hohe Allgemeinbeleuchtung).

Lastgangerfassung Strom (Monatliche Spitzenwerte > 15 min.) für :

Abnahmekomplex : Bau ... Nutzer: Fak., - Inst. f.....

SVK : 100248 Station: SWJ Trafoleistung: n.b. kVA Installierte Leistung : 1.674 kW

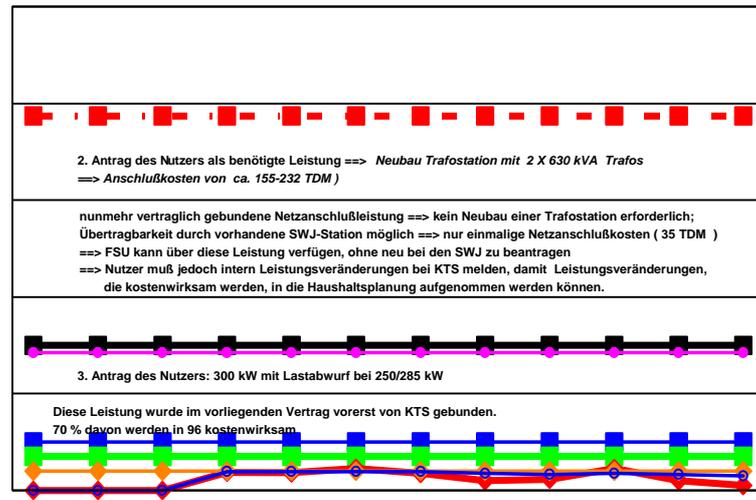
(nach Angaben des Nutzers/ 1. Antrag auf benötigte Leistung = benötigte Netzanschlußleistung ==> **NeubauTrafostation mit 3x 630 kVA Trafos erforderlich**).

Da es sich im vorliegenden Fall um eine SWJ-Station handelt ,hätte mit Anschlußkosten von ca. 200-300 DM/kW gerechnet werden müssen ==> ca. 335-502 TDM)

Einschätzung Energiekosten: (Leistung Strom)

laufend	einmalig	1.000
1.) 1674 kW : 381,2 TDM/a	335-502 TDM	
70% Klausel: 266,8 TDM/a		
2.) 774 kW : 176,2 TDM/a	155-232 TDM	
70% Klausel: 123,4 TDM/a		
3.) 300 kW : 68,3 TDM/a	35 TDM	
70% Klausel: 47,8 TDM/a		
4.) 100 kW: 22,7 TDM/a		
70% Klausel:		
5.) 11,2 TDM/a		

(diese Kosten werden 1996 wirksam als Jahresverrechnungsleistung)
=>
6.) Für laufenden Kosten/unter Anwendung der 70%-Klausel wären laufende Kosten von 266,8 TDM entstanden. Dem steht ein Ist von 11,2 TDM für 1996 gegenüber (die Diff. von 256,6 TDM hätte unnützlich gezahlt werden müssen, wenn dem 1. Antrag des Nutzers gefolgt worden wäre).
Einmalige Kosten 335-502 TDM stehen im Ist 35 TDM gegenüber.



Nutzer 2.Antrag kW	774,0	774,0	774,0	774,0	774,0	774,0	774,0	774,0	774,0	774,0	774,0	774,0	774,0
VL '96 KTS Vorgabe= Netzanschl.LeiKW	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0
Nutzer 3.Antrag kW mit Lastabwurf	285,0	285,0	285,0	285,0	285,0	285,0	285,0	285,0	285,0	285,0	285,0	285,0	285,0
VL '96 KTS /SWJVertrag kW	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
70 %-Klausel/kostenwirksam in '96kW	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0
IST '96 kW	0,0	0,0	0,0	37,4	36,6	45,5	35,0	20,0	23,0	45,0	20,0	10,0	10,0
JVL 96/nicht wirksam in '96 kW	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
Durchschn.Leist. kW	0,0	0,0	0,0	39,0	39,0	39,0	39,0	35,0	33,0	35,0	33,0	30,0	30,0

A:grafik14.ppt

Abb. 12 Lastgang Strom

7 Quellenverzeichnis

- FSU Jena: Vorlesungsverzeichnis Sommersemester 1996
- FSU Jena / KTS: Umweltberichterstattung 1980-1995, Dipl.-Ing. Neugebauer
- FSU Jena / KTS: Energieberichterstattung 1980-1995, Dipl.-Ing. Neugebauer
- FSU Jena / KTS: Statistiken Energie KTS 1 und KTS 2, Dipl.-Ing. Neugebauer
- FSU Jena / Dez.2: Auszug Jahresabschluß 1995
- Stadtwerke Jena GmbH: Geschäftsbericht 1995
- TEAG: Heizkraftwerk Jena-Süd
- TU Clausthal: Brennpunktseminar „Energieeinsparung an Hochschulen“, Dipl.-Ing. Neugebauer
- Universität Lüneburg: Unterlagen Umweltseminar vom 18.02,97, Dipl.-Ing. Neugebauer
- Diverse Gesetze und Verordnungen der ehemaligen DDR

ENERGIEFLUSSANALYSE ALS TEIL EINES UMWELTMANAGEMENTSYSTEMS FÜR DIE UNIVERSITÄT OSNABRÜCK



Institut für
Umweltsystemforschung
Universität Osnabrück

Dipl.-Math., Dipl.-Systemwiss. Peter Viebahn, Universität Osnabrück

1 Das Projekt „Stoff- und Energieflußanalyse einer Universität – Entwicklung eines Umweltmanagementsystems für Hochschulen am Beispiel der Universität Osnabrück“

Die Zahlen der folgenden Tabelle sollen zunächst die Größenordnung der Universität verdeutlichen:

1.261	Beschäftigte (1996)	
12.500	Studierende (SoSe 1996)	
35	Gebäude	
~70.000 m ²	Hauptnutzfläche	
8.694 MWh	Stromverbrauch (1994)	(≅ 119 kWh/m ²)
1.636 MWh	davon BHKW	(19 %)
12.794 MWh	Wärmeverbrauch (1994)	(≅ 192 kWh/m ²)
~2,5 Mio DM	Energiekosten	
66.650 m ³	Wasserverbrauch (1994)	(≅ 1 m ³ /m ²)

Tab. 1 Zahlen zur Universität Osnabrück

1.1 Gründe für die Durchführung des Projektes und Beteiligte

Die Universität Osnabrück ist mit ihren etwa 14.000 Angehörigen und ihrem Energie- und Stoffumsatz mit einem großen Wirtschaftsunternehmen zu vergleichen. Nicht nur durch ihre Heizungsanlagen oder ihre Forschungseinrichtungen, sondern auch durch die Verwaltungsbereiche entsteht eine Umweltbelastung, die bei einem richtigen Einsatz organisatorischer und technischer Maßnahmen erheblich reduziert werden kann.

Wie in der Wirtschaft, im privaten Sektor und in der öffentlichen Verwaltung, so bestehen auch an der Universität noch Defizite im Bereich des Umweltschutzes. Und das, obwohl sich schon aus finanziellen Gründen ein umweltschonender Umgang mit den Ressourcen anbieten würde. So entfallen annähernd 50 Prozent der Gebäudebewirtschaftungskosten des Landes Niedersachsen allein auf die Hochschulen. Allgemein könnte in öffentlichen Einrichtungen fast ein Drittel des Energieverbrauchs durch technisch-wirtschaftliche Maßnahmen eingespart werden (*Quelle: Stadtwerke Hannover 1996*). An der Universität Osnabrück würde dies eine Summe von mehr als 500.000 DM jährlich ausmachen.

Die Notwendigkeit, sich stärker im Umweltschutz zu engagieren, läßt sich aber nicht nur mit ökonomi-

schen Argumenten begründen: Eine Universität, die mit ihrer Lehre und ihrer Forschung die Entwicklung unserer Gesellschaft mitprägt, hat auch eine besondere gesellschaftliche Verantwortung. Sie sollte ein Vorbild sein.

An vielen Hochschulen in der Bundesrepublik werden trotzdem bereits einzelne Umweltschutzmaßnahmen durchgeführt (siehe *Starnick und Winzer 1994* sowie *Viebahn 1998*). Was fehlt, ist jedoch ein **ressourcensparendes Gesamtkonzept** mit einem abgestimmten Maßnahmenpaket, das alle Bereiche der Hochschulen berücksichtigt und einbezieht und versucht, die genannten Hemmnisse zu überwinden. Dieses Konzept soll nun an der Universität Osnabrück in einem bundesweit einmaligen Modellvorhaben realisiert werden, das vom Institut für Umweltsystemforschung durchgeführt wird. Neben technischen Verbesserungen sollen insbesondere Maßnahmen im nicht-investiven Bereich erarbeitet werden, da alleine durch ein umweltgerechtes Verhalten der Hochschulangehörigen schon viele Einsparungen erreicht werden könnten. Dafür müssen entsprechende Informations- und Anreizsysteme entwickelt werden, die auf die spezielle Situation in Hochschulen zugeschnitten sind.

Als Schwerpunkte wurden daher festgestellt:

1. Erfassung der Stoff- und Energieflüsse der Universität und Erstellung einer Ökobilanz.
2. Erarbeitung von Instrumenten zur Senkung der Umweltbelastungen.

Das Projekt wurde in Zusammenarbeit von Universitätsverwaltung, Arbeitskreis Umweltschutz und Institut für Umweltsystemforschung erarbeitet. Insbesondere durch das Interesse ihres technischen Leiters und der Universitätsleitung war auch eine breite Einbindung der Verwaltung bei der Durchführung möglich, die hauptsächlich für die Zuarbeit in der Datenermittlung, aber auch bei der Entwicklung konkreter Umsetzungsschritte gefordert ist (siehe Abbildung 1). Von außerhalb wird das Projekt von der HIS (Hochschul-Informationssysteme) GmbH, Hannover, begleitet.

Gefördert wird das Projekt durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück.

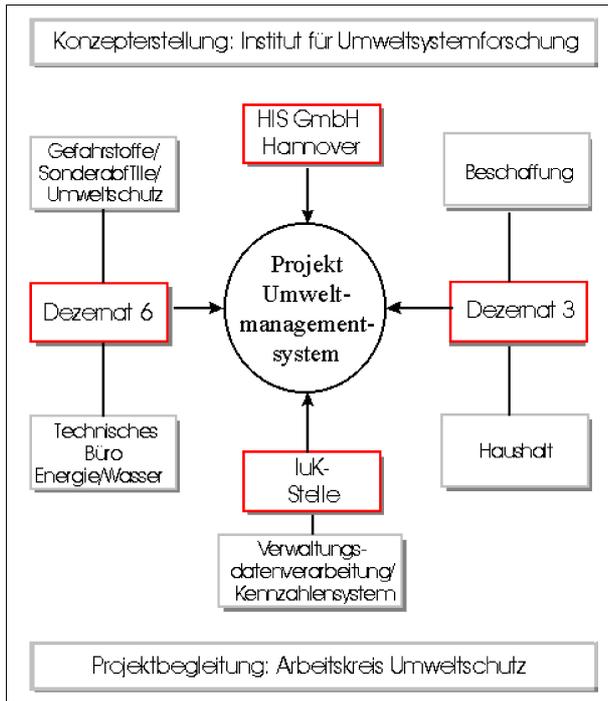


Abb. 1 Organisationsgraphik des Projektes

1.2 Projekttablauf in Anlehnung an die EG-Öko-Audit-VO

Das Umweltmanagementsystem für die Universität Osnabrück, das in fünf Phasen realisiert werden soll, orientiert sich an der Öko-Audit-Verordnung 1836/93 der Europäischen Union (EU 1993). Diese Verordnung, die auf eine kontinuierliche und dauerhafte Verbesserung des betrieblichen Umweltschutzes zielt, ist Ende 1995 in der Bundesrepublik in Kraft getreten. Sie betraf bisher nur gewerbliche Unternehmen, ist aber seit Anfang 1998 auf Bestreben der Universität Osnabrück auch auf Hochschulen erweitert worden.

Phase 1: Umweltleitlinien erstellen

Um einen Rahmen für die umweltbezogenen Aktivitäten an der Universität Osnabrück zu schaffen, hat der Senat der Universität am 16.4.1997 einstimmig als erste Universität Deutschlands die „Umweltleitlinien der Universität“ verabschiedet (siehe Anhang). In ihnen sind die Gesamtziele und Handlungsgrundsätze des Umweltschutzes für die Universität Osnabrück festgeschrieben. Sie stellen sowohl hochschulintern gegenüber den Mitarbeiter/inne/n als auch hochschulextern eine Selbstverpflichtung zum Schutz der Umwelt dar. Sie sollen Prioritäten setzen, Konsens schaffen und sowohl orientierend als auch informierend wirken. Im Gegensatz zu den erst später festzulegenden Umweltzielen enthalten sie allerdings keine quantifizierbaren und zeitlichen Verpflichtungen.

Phase 2: Ökobilanz erarbeiten

Für den „Betrieb“ Universität wurde eine Öko-Bilanz erstellt, die die wichtigsten Stoff- und Energieflüsse der Hochschule aufzeigt. Erfasst wurden folgende Bereiche:

- Energie (Wärme, Strom)
- Verkehr (Interner Verkehr, Pendlerverkehr)
- Wasser und Abwasser
- Materialien (Papier, Büromaterialien, Chemikalien, Betriebsstoffe)
- Abfälle (Sonderabfälle, Elektronikschrott, Restmüll, Papier, Gelber Sack, Styropor)
- (Flächen)

Die Bereiche Energie, Verkehr und Wasser einschließlich der Energievorketten wurden mit der Ökobilanzierungssoftware „Umberto“ modelliert. Die anderen Bereiche wurden zunächst nur mit „Excel“-Tabellen erfasst.

Die systematische Auflistung der In- und Output-Stoffe an der Universität bildet die Grundlage für eine Analyse der Wirkungen, die die jeweiligen Stoffe auf die Umwelt haben. Gleichzeitig läßt sich durch den ersten Durchlauf der Bilanzierung feststellen, wo weitergehende Maßnahmen zur Erfassung der Stoff- und Energieströme nötig sind. Es stellte sich heraus, daß viele Daten nicht oder nur teilweise vorlagen; wenn sie vorlagen, dann oft nur manuell oder in Dateien, die mit Datenbanksystemen nicht weiter verarbeitet werden können. Diese Erfahrungen bei der Aufstellung der Ökobilanz fließen in den Aufbau eines Umweltinformationssystems ein (siehe unten).

In Kapitel 2 wird die Energiebilanz als Teil der Ökobilanz näher betrachtet.

Phase 3: Umweltziele aufstellen

Aus dem Vergleich des in der Ökobilanz beschriebenen Ist-Zustandes und den Soll-Werten, die sich aus dem Stand der Technik und den gesetzlichen Vorgaben ergeben, werden Umweltziele erarbeitet, die in absehbarer Zeit verwirklicht werden sollen. Dadurch bietet sich die Möglichkeit, gezielt Schwerpunkte zu setzen, um vorhandene Mittel möglichst effizient zu verwenden. Ein Umweltziel wäre z.B., den Energieverbrauch innerhalb von zehn Jahren um 25% zu senken oder den Anteil des Papiers im Restmüll zu minimieren. Die konkrete Umsetzung (das Umweltprogramm) wird dann in der nächsten Phase aufgestellt.

Phase 4: Handlungsinstrumente zum Umweltschutz entwerfen

Ein wichtiger Teil des Projektes wird die Erarbeitung von Handlungsinstrumenten sein, um zu einer Senkung des Ressourcen- und Energieverbrauchs zu gelangen. Dazu gehören die Organisationsstrukturen, das Umweltinformationssystem und die konkreten Umsetzungsmaßnahmen.

Organisationsstruktur: Es werden die Strukturen für ein Umweltmanagement erarbeitet, so daß der Umweltschutz Teil des gesamten „Managementsystems“ der Universität wird. Dabei werden die Organisationsstruktur, die Zuständigkeiten, Verhaltensweisen, Abläufe und Mittel festgelegt, um die Vorgaben aus den Umweltleitlinien umsetzen zu können.

Umweltinformationssystem: Mit dem Umweltinformationssystem (UIS) werden erstmals für eine Hochschule die Grundlagen geschaffen, in Zukunft regelmäßig rechnergestützt die Ökobilanz der Universität aufstellen und Umweltkennzahlen ableiten zu können. Es dient gleichzeitig als Grundlage eines Öko-Controllings sowohl für die einzelnen Dezernate als auch für die Hochschulleitung. Dabei soll die Integration in das Uni-Informationssystem und zusätzlich die multimediale Aufbereitung der Informationen berücksichtigt werden (siehe Abbildung 2). Ein Konzept für ein UIS der Universität Osnabrück wurde 1998 erstellt (Berens 1998).

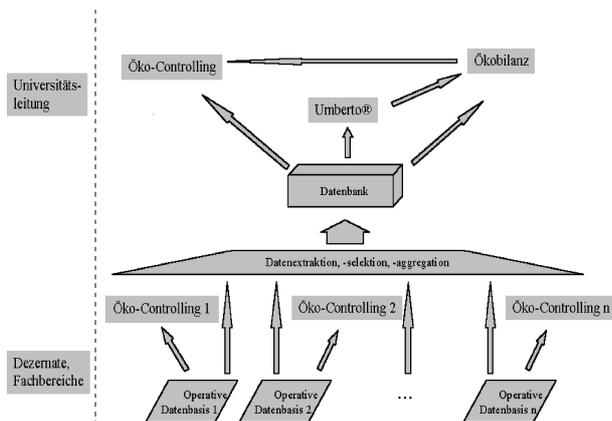


Abb. 2 Öko-Controlling für die Universität Osnabrück

Umsetzungsmaßnahmen: Zu eher direkt wirkenden Maßnahmen zählen z. B. Informations- und Motivationskampagnen für die Hochschulangehörigen. Umweltschutz-Informationen müssen aufgaben- und zielgruppenspezifisch verbreitet werden, das hochschulinterne Weiterbildungsprogramm muß um Umweltaspekte erweitert werden. Konkrete Maßnahmen wären weiterhin die Umstellung der Dienstwagen auf Erdgasbetrieb, die Einführung eines Jobtickets für Beschäftigte (verbilligte Monatsfahrkarte) oder der vermehrte Einsatz von umweltfreundlichen Büroartikeln.

Eher mittelfristig wird eine Änderung des Haushaltsrechts zu erreichen sein, so daß eingesparte Energie- und Wasserkosten in der Uni verbleiben und z. B. für Lehre und Forschung zur Verfügung stehen. Dies ergäbe einen Anreiz, sparsamer und bewußter mit den Ressourcen umzugehen, denn es würde eine zusätzliche Einnahmequelle darstellen. Voraussetzung ist allerdings eine fachbereichsbezogene Abrechnung der einzelnen Verbräuche.

Phase 5: Umweltbericht verfassen

Ein jährlicher Umweltbericht soll die Hochschulangehörigen und die interessierte Öffentlichkeit über alle bereits erfolgten Maßnahmen und die nach wie vor bestehenden Defizite im Bereich des Umweltschutzes informieren.

Das Projekt zeichnet sich insgesamt aus durch

- eine enge Zusammenarbeit zwischen Institut und Universitätsverwaltung;
- die übergreifende Betrachtung der verschiedenen Sektoren wie Energie, Verkehr, Abfälle und der Umweltmedien Luft, Wasser, Boden;
- umfassende Beteiligung und Information der Hochschulangehörigen;
- handlungsorientierte Vorgehensweise, um zu einer meßbaren Verminderung der Stoff- und Energieverbräuche zu gelangen sowie
- kooperative Zusammenarbeit mit anderen Hochschulen und Forschungseinrichtungen.

2 Die Energiebilanz der Universität Osnabrück als Teil der Ökobilanz

2.1 Darstellung der Energieeinfüsse mit der Software „Umberto“

Ausgehend vom Wärme- und Stromverbrauch der einzelnen Gebäude wurden für die drei Standorte *Westerberg (WB)*, *Innenstadt_1 (IS_1)* und *Innenstadt_2 (IS_2)* die Stoff- und Energieflüsse modelliert, die zur Bereitstellung der Energie nötig sind. Beispielhaft werden die Simulation einer Gasheizung und eines BHKWs beschrieben.

Beispiel Gasheizung:

In der folgenden Abbildung ist am Beispiel der Wärmeversorgung eines Gebäudes mittels einer Gasheizung die Grundstruktur der Energieflußmodellierung dargestellt (die folgenden Darstellungen beziehen sich auf die verwendete Software „Umberto“²⁾). In der Transition *T1: Gasheizung_1MW* wird, ausgehend von einer bestimmten Menge *Erdgas* als Input, die erzeugte Wärme, die freigesetzten Emissionen und der nötige Strombedarf errechnet (Vorwärts-Rechnung)³⁾. Das Erdgas wird als Fluß A1 angegeben und der Stelle P1 entnommen. Da für das Umweltmanagementsystem insbesondere die CO₂-

²⁾ Entwickelt vom Institut für Umweltinformatik, Hamburg, und Institut für Energie- und Umweltforschung, Heidelberg. Mit Transitionen werden Prozesse bezeichnet, mit Stellen „Lager“ symbolisiert, aus denen Stoffe oder Energien entnommen oder in sie hineingeleitet werden können (siehe Häuslein und Hedemann 1995).

³⁾ Ebenso könnte, ausgehend von einer bekannten Wärmemenge, die nötige Erdgaszufuhr sowie die entstehenden Emissionen ermittelt werden (Rückwärts-Rechnung). Der Wärmeverbrauch müßte dafür im Fluß A2 angegeben werden.

Emissionen von Interesse sind, werden sie zusammen mit der erzeugten Wärme in die Stelle P4 geleitet, die ein Gebäude symbolisieren soll. Die sonstigen Emissionen werden in der Stelle P3 gesammelt und nicht weiter auf einzelne Gebäude verteilt. Sie könnten jedoch bei Bedarf analog zum CO₂ weitergeleitet werden. Der Strombedarf der Heizungen wird gesondert ausgewiesen (Stelle P2). Innerhalb der Transition muß noch der Wirkungsgrad als Parameter angegeben werden.

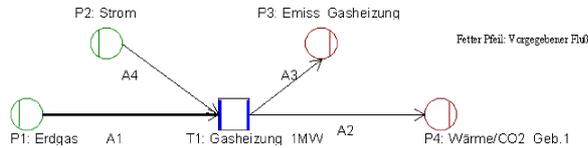


Abb. 3 Grundstruktur der Energieflußmodellierung am Beispiel einer Gasheizung

Als Ergebnis erhält man eine Input/Output-Bilanz der geflossenen Ströme (Tabelle 2). Sie bezieht sich in diesem Fall auf einen Gaseinsatz von 100.000 m³ (entspricht dem Fluß A1) und einem Wirkungsgrad der Gasheizung von 90%⁴⁾.

Vorketten:

Neben den Flüssen *innerhalb* der Hochschule wurden auch die *Vorketten* der Energieerzeugung berücksichtigt. Mit Vorkette sind alle Prozesse gemeint, die den Weg von der Förderung der Rohstoffe, die in die Energieproduktion eingehen, bis zur Übergabe der Nutzenergie an die Universität darstellen.

INPUT			OUTPUT		
Material	Menge	Einheit	Material	Menge	Einheit
Energie, elektrisch	0,00	MWh	Distickstoffmonoxid (L)	3,21	kg
Erdgas	100.000,00	m ³	Energie, thermisch	801,35	MWh
			Kohlendioxid, fossil (L)	176,74	t
			Kohlenmonoxid (L)	67,31	kg
			Methan (L)	16,03	kg
			NM VOC, unspez. (L)	16,03	kg
			NOx (L)	269,25	kg
			Schwefeldioxid (L)	1,37	kg
			Staub (L)	0,45	kg

Tab 2 Input/Output-Bilanz einer Gasheizung mit einem Gasinput von 100.000 m³

stellen. Dies betrifft im Wärmebereich die Vorketten für Heizöl EL (ausgehend von Erdöl (RiL⁵⁾) und Erdgas (ausgehend von Erdgas (RiL)) und im Strombereich die Stromerzeugung in den Großkraftwerken. Abbildung 4 zeigt schematisch die generelle Vorgehensweise auf:

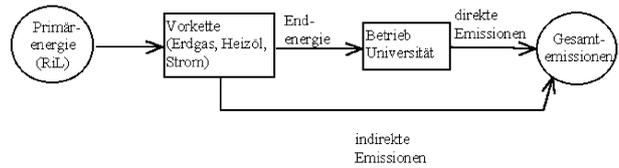


Abb. 4 Einbeziehung der Vorketten in die Energieflußmodellierung

Die Notwendigkeit, die Vorketten mit einzubeziehen, ergibt sich aus der unterschiedlichen Situation im Wärme- und Stromsektor: Während die Emissionen bei der Wärmeerzeugung direkt auf dem Hochschulgelände entstehen, fallen die Emissionen der Stromerzeugung (bis auf das BHKW) nicht lokal an. Daher wäre es rein rechnerisch sinnvoll, nur noch mit Strom zu heizen, wenn die lokalen Emissionen reduziert werden sollen. Da diese Folgerung unrealistisch ist, müssen die externen Emissionen ebenfalls betrachtet werden. Bezieht man jedoch die Strom-Vorkette mit ein, müssen auch die Vorketten im Wärme-sektor berücksichtigt werden.

Beispiel BHKW mit Spitzenlastkessel:

In der Heizzentrale des Standortes Westerberg wird ein gasbetriebenes BHKW, ergänzt durch zwei Spitzenlastkessel, betrieben (Abbildung 5). Bekannt ist nur der Gasinput in die gesamte Anlage (Fluß A1) und der durch das BHKW erzeugte Strom (Fluß A9). Ausgehend vom Fluß A9 wird über die Transition T2: *BHKW* der nötige Gasinput (A5) sowie die entstehenden Emissionen (A7) und die erzeugte Wärme als Output berechnet. Die Wärme wird in die Stelle P2 geleitet; die CO₂-Emissionen werden anteilig dem Wärme- und Stromoutput zugewiesen und die anderen Emissionen in der Stelle P5: *Emiss_BHKW* gesammelt. Der nun berechnete Gasinput von T2 wird weitergeleitet zur Transition T3: *GasAufteilung*, in der von der anderen Seite als Input der gesamte Gasbezug A1 eintrifft. Die Transition T3 besteht aus einer Gleichung, in der die Differenz zwischen A1 und A4 gebildet und dem Fluß A2 zugewiesen wird. Dadurch ist der Input für die Transition T1: *Gasheizung* (der Spitzenlastkessel) bekannt, so daß auch dort die entsprechende Wärme und Emissionen ermittelt und zu den passenden Stellen geleitet werden können. Der Stelle P8 wird noch der nötige Strombedarf entnommen.

4) Die Umwandlungsverluste werden von „Umberto“ in der Bilanz nicht ausgewiesen, so daß Input- und Output-Bilanz nicht ausgeglichen sind (siehe unten).

5) RiL = Rohstoff in der Lagerstätte.

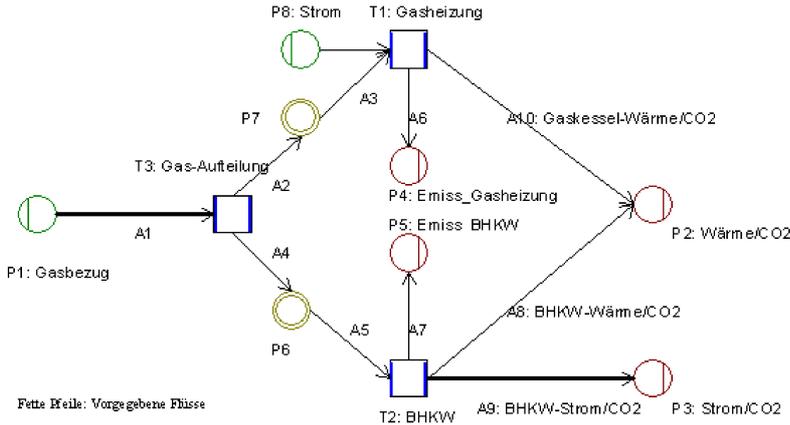


Abb. 5 BHKW und Spitzenlastkessel

Energieversorgung Heizzentrale Westerberg:

Aufbauend auf den bisher beschriebenen Energieerzeugungsanlagen kann nun in Abbildung 6 überblickartig die gesamte Heizzentrale des Standortes Westerberg mit den nötigen Vorketten dargestellt werden. Sie besteht aus dem gasbetriebenen BHKW, ergänzt durch zwei Spitzenlastkessel, die wahlweise mit Gas oder Öl betrieben werden können. Zusätzlich benötigter Strom wird über die Stadtwerke bezogen. Die Aufteilung der Wärme und des Stroms wird hier nur schematisch in P24: Uni-Gebäude und P23: FH-Gebäude vollzogen.

Zusammenfassend wird in Abbildung 7 das Fließschema der Energien und Emissionen für die gesamte Universität dargestellt.

2.3 Einige Ergebnisse

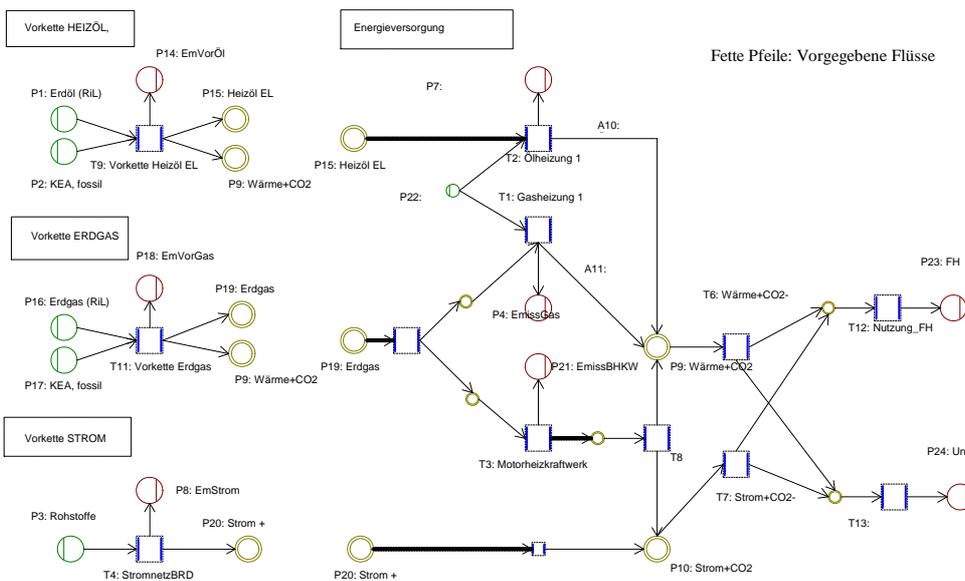


Abb. 6 Energieversorgung Standort Westerberg

Energiebilanz:

In der Energiebilanz werden alle Stoffe dargestellt, die zur Erzeugung der benötigten Energie (Strom und Wärme) in das gewählte Netz hereinfließen (z. B. Rohstoffe) und es wieder in anderer Form (z. B. Emissionen) verlassen. Als Bilanzraum wählt „Umberto“ alle Elemente zwischen Input- und Outputstellen. Tabelle 3 stellt die Energiebilanz der Universität Osnabrück für 1994 dar. Dabei muß beachtet werden, daß zur Zeit noch ein Teil der benachbarten FH mit bilanziert ist, was auf-

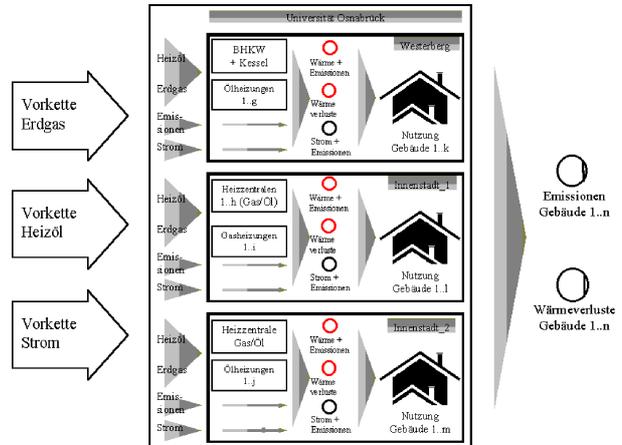


Abb. 7 Schema der Energie- und Emissionsflüsse für die Universität Osnabrück

grund fehlender Zähler in der FH nicht anders machbar ist. In den später folgenden Tabellen und Abbildungen ist der FH-Anteil jedoch eliminiert.

Input			Output		
Material	Menge	Einheit	Material	Menge	Einheit
Energieträger, sekundär			Abfälle		
Energie, elektrisch	256 MWh		Abfälle zur Beseitigung (AzB)		
KEA (Kernenergie)	8.946 MWh		Sondermüll (AzB)	251	kg
KEA (Wasserkraft)	473 MWh		Aschen u. Schlacken (AzB)	129.398	kg
KEA, fossil gesamt	34.161 MWh		Aschen u. Schlacken (AzV)	400.161	kg
KEA, un spez.	337 MWh		Emissionen (Luft)		
Kühlwasser	167.313 m ³		Staub (L)	5.052	kg
Rohstoffe in Lagerstätten			Verbindungen, anorg. (L)		
Energieträger (RiL)			Ammoniak (L)		
Erdgas (RiL)	2.077.255 m ³		Chlorwasserstoff (L)	236	kg
Erdöl (RiL)	207.755 l		Distickstoffmonoxid (L)	300	kg
Kohlen (RiL)			Fluorwasserstoff (L)	9	kg
Braunkohle (RiL)	2.733 t		Kohlendioxid (L)		
Steinkohle (RiL)	781 t		Kohlendioxid, fossil (L)	9.158	t
Nichtenergieträger (RiL)			Kohlenmonoxid (L)		
Mineralien (RiL)			NOx (L)	10.860	kg
Kalkstein (RiL)	63 t		Schwefeldioxid (L)	4.014	kg
Wasser			VOC (L)		
Wasser, un spez.	62.852 m ³		Methan (L)	14.936	kg
			NMVOc (L)		
			NMVOc, un spez. (L)		
			678 kg		
			Energieträger, sekundär		
			Energie, elektrisch	10.247	MWh
			Energie, thermisch	17.653	MWh
			Mineralien		
			Gips (REA)	112.236	kg
			VOC, un spez. (L)	3	kg
			Wasser		
			Abwasser (Kühlwasser)	163.037	m ³
			Abwasser, un spez.	52.689	m ³

Tab. 3 Energiebilanz der Universität Osnabrück

gas L, Heizöl EL und Strom) erreichen die Universität noch 63 % (22.859 MWh). Von diesen gehen weitere 5,9 % durch die Heizungsanlagen und das BHKW verloren, so daß 59 % der Primärenergie (21.516 MWh) als Raumwärme (60 %) bzw. Strom (40 %) verwendet werden können.

CO₂-Flußdiagramm:

Im Unterschied zum Energieflußdiagramm zeigt das CO₂-Flußdiagramm nur den Entstehungsort des Kohlendioxids und die Zuordnung zu den Verbrauchern (hier die drei Universitätsbereiche) auf. Aus dem in Abbildung 9 dargestellten Diagramm wird ersichtlich, daß 58 % der CO₂-Emissionen der Universität (4.415 t) außerhalb Osnabrücks entstehen, hauptsächlich verursacht bei der Stromerzeugung. Von den restlichen Emissionen innerhalb der Universität gelangen 27 % (885 t) durch das BHKW und 73 % (2.356 t) durch die Heizungsanlagen in die Atmosphäre. Betrachtet man die Zuordnung zu den Verbrauchern, fällt der überproportional hohe CO₂-Anteil für den Bereich Westerberg auf (4.908 t bzw. 64 %). Dies liegt daran, daß allein 78 %

Energieflußdiagramm:

Ein Energieflußdiagramm zeigt den Weg der eingesetzten Energie von der Primärenergie bis zur Nutzenergie und die bei der Umwandlung entstehenden Verluste auf. In Abbildung 8 ist der aggregierte Energiefluß der Universität für 1994 dargestellt. Von den 36.590 MWh eingesetzter Primärenergie (Erdgas und Erdöl aus der Lagerstätte sowie Rohstoffe für die Stromerzeugung) gehen allein in den Vorketten 37 % über Umwandlungsverluste, hauptsächlich bei der Stromerzeugung, verloren. An Endenergie (Erd-

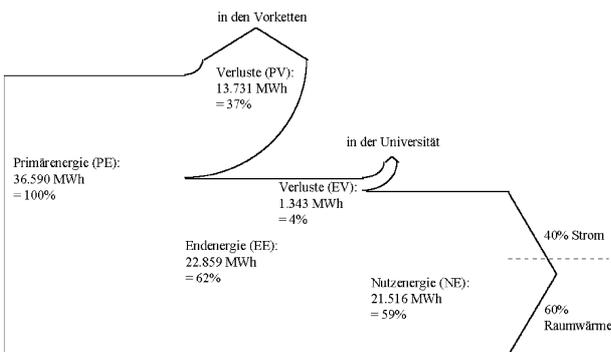


Abb. 8 Energieflußdiagramm Universität Osnabrück 1994

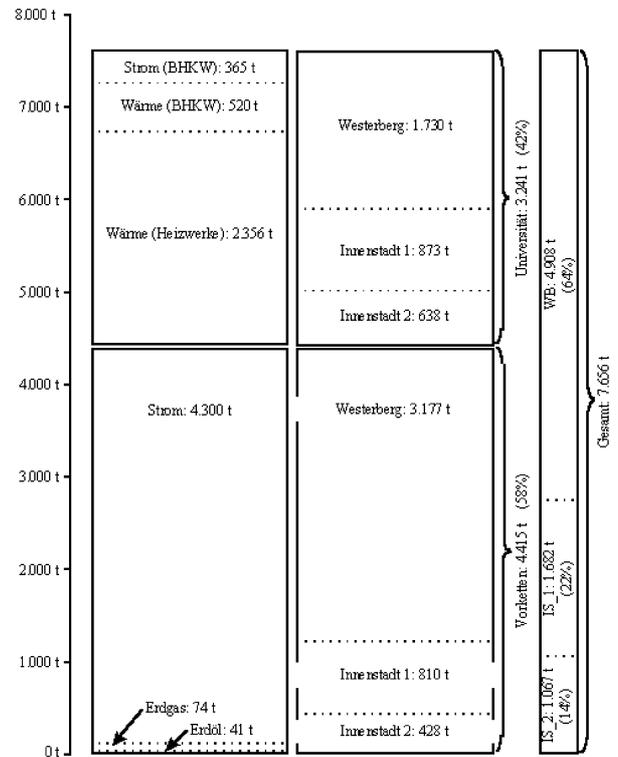


Abb. 9 CO₂-Flußdiagramm der Universität Osnabrück 1994

des Stroms mit seinen hohen CO₂-Emissionen dort in den Naturwissenschaften verbraucht werden.

Energieverbräuche und CO₂-Emissionen:

Die Zusammenhänge zwischen Wärme, Strom und CO₂-Emissionen werden im folgenden verdeutlicht. Grundlage dafür sind die in Tabelle 4 angegebenen Energieverbräuche und CO₂-Emissionen.

Energieart	Energie [MWh]	CO ₂ -Emissionen [t]
Wärme gesamt	14.165	2.992
Strom gesamt	8.694	4.665
Summe	22.859	7.657

Tab. 4 Energieverbräuche und CO₂-Emissionen Universität Osnabrück 1994 absolut

Der Energieverbrauch der Universität setzt sich zu 38 % aus Strom (8.694 MWh) und zu 62 % aus Wärme (14.165 MWh) zusammen. Das Verhältnis der CO₂-Emissionen ist jedoch genau umgekehrt: Während die Wärmeversorgung ca. 39 % (2.992 t) der CO₂-Emissionen verursacht, entstehen durch den Stromverbrauch 61 % des Kohlendioxids (4.665 t). Hieran erkennt man deutlich die hohen CO₂-Emissionen bei der Stromerzeugung, die durch den schlechten Wirkungsgrad der Großkraftwerke von ca. 30 % bedingt sind. Es wird ebenso deutlich, daß Einsparungen bei den Stromanwendungen oberste Priorität haben sollten, falls sich die Universität das Ziel einer CO₂-Minimierung setzt.

Energie und Verkehr:

Eine andere Teilbilanz der Universität wurde für den Bereich Verkehr erstellt. Betrachtet wurden der Pendlerverkehr der Beschäftigten und Studierenden von und zur Uni sowie der interne Verkehr (Dienstwagen und Dienstreisen). Dabei stand vor allem die Frage im Vordergrund, ob der durch die Universität verursachte Verkehr einen nennenswerten Beitrag zum Gesamtenergieverbrauch und den Emissionen leistet. Abbildung 10 zeigt das wesentliche Ergebnis:

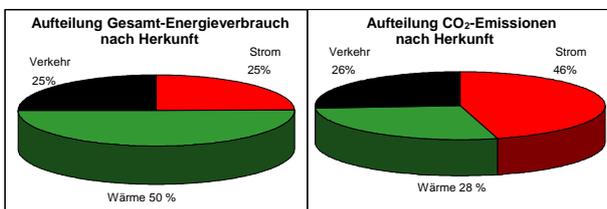


Abb. 10 Gesamt-Energieverbräuche und CO₂-Emissionen Universität Osnabrück 1994

25 % des Gesamt-Energieverbrauches der Universität entstehen durch den Verkehrssektor. Der Strom- und Wärmeverbrauch hat noch einen Anteil von 25 % bzw. 50 %. Dadurch wird deutlich, daß neben Energiesparmaßnahmen auch ein Mobilitätsmanagement nötig ist, um den verkehrsbedingten Energieverbrauch zu verringern. Die verkehrsbedingten

CO₂-Emissionen belaufen sich auf 26%, so daß der Anteil von Strom und Wärme sich auf 46 % bzw. 28 % verringert.

3 Das „Einsparkraftwerk“ Beleuchtungsanlage AVZ

Im folgenden soll als Beispiel für eine konkrete Einsparmöglichkeit auf die Stromeinsparung bei Beleuchtungsanlagen eingegangen werden, die im Allgemeinen wenig beachtet wird.

3.1 Energieeinsparung bei Beleuchtungsanlagen

Der Energieverbrauch von Leuchten kann auf verschiedene Arten wesentlich abgesenkt werden. Wie im folgenden erläutert wird, sind bei Berücksichtigung aller Kriterien Einsparungen bis zu 75 % des vorherigen Stromverbrauchs möglich.

Bisher werden oft noch Standardlampen verwendet. Sie haben einen relativ hohen Stromverbrauch - moderne *Dreibandenleuchtstofflampen* haben dagegen eine bis zu 35 % höhere *Lichtausbeute*, die über eine andere Zusammensetzung des Leuchtstoffes erreicht wird. Während eine Standardlampe mit 58 W Leistung und 4000 lm nur eine Lichtausbeute von $\phi = 4000 \text{ lm} / 58 \text{ W} = 70 \text{ lm/W}$ erreicht, hat eine Dreibandenleuchtstofflampe gleicher Leistung eine Lichtausbeute von $\phi = 5.200 \text{ lm} / 58 \text{ W} = 90 \text{ lm/W}$.

Die *Betriebswirkungsgrade* ϕ_{LB} verschiedener Leuchten-Bauweisen bewegen sich von ca. 50 % bei optimalen Abdeckungen bis zu 74 % bei Spiegelrastrerleuchten. ϕ_{LB} ist um so größer, je mehr Lichtstrom von einer Leuchte abgegeben wird. Der hohe Wert wird erreicht durch Verwendung hochwertiger lichttechnischer Bauelemente wie z. B. hochglänzender Spiegelreflektoren mit computeroptimierten Formen. Als Reflektoren können neben hochglänzenden auch weiße Oberflächen verwendet werden.

Im herkömmlichen Leuchtenbestand werden oft *konventionelle Vorschaltgeräte* (KVG) verwendet. Sie bestehen aus einem Eisenkern, umwickelt mit Kupferdraht, und wirken als (verlustbehafteter) induktiver Widerstand. Aufgrund der entstehenden Verluste ist bei einem KVG z. B. bei einer 58 W-Lampe eine Verlustleistung von 13 W anzusetzen.

Werden *verlustarme Vorschaltgeräte* (VVG) eingesetzt, wird die Verlustleistung gegenüber einem KVG um bis zu 38 % verringert, da höherwertige Elektrobleche und größere Kupferquerschnitte verwendet werden. VVGs gehören heute zunehmend zur Grundausstattung. KVGs und VVGs sind magnetische Vorschaltgeräte, in denen der Strom durch magnetische Selbstinduktion begrenzt wird.

Demgegenüber sind bei *elektronischen Vorschaltgeräten* (EVG) die induktiven Drosselspulen durch elektronische Baugruppen ersetzt, die gleichzeitig die Funktion von Starter und Kondensator erfüllen. Durch das EVG wird bei einer Verlustleistung von nur etwa 5 W die Netzspannung 220 V/50 Hz in eine hochfrequente Wechselspannung von 25 bis 40 kHz umgewandelt. Dadurch kann sich bei fast gleichem Lichtstrom einer 58 W-Lampe deren Leistungsaufnahme auf ca. 50 W reduzieren. Gegenüber KVGs weisen EVGs somit eine bis zu 62 % niedrigere Verlustleistung auf.

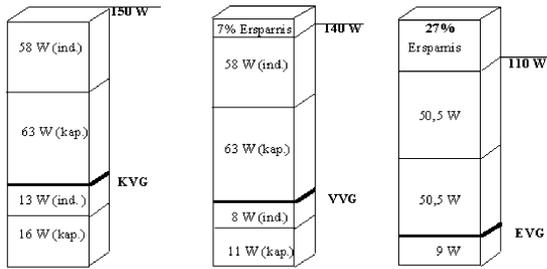


Abb. 11 Vergleich der Anschlussleistung am Beispiel einer 2-flammigen Leuchte mit 58-W-Lampen

Da die Verwendung von elektronischen Vorschaltgeräten zudem keine Kompensation durch eine kapazitive Schaltung erfordert, *verringert sich die Systemleistung um bis zu 27 %*, wie die obige Abbildung für eine zweiflammige Leuchte zeigt.

Eine weitere Einsparmöglichkeit ist die Installation einer *tageslichtabhängigen Dimmung*. Mittels eines Sensors werden in Abhängigkeit des Tageslichteinfalls und der geforderten Beleuchtungsstärke die Leuchten bis auf 1 % der maximalen Lichtleistung heruntergefahren. Reicht mehrere Minuten lang ausschließlich das Tageslicht, werden sie ganz ausgeschaltet. Benötigt werden jedoch *dimmbare EVGs*.

Allein durch die Verwendung von Dreibandleuchtstofflampen, (Spiegel)rasterleuchten und elektronischen Vorschaltgeräten lassen sich also Einsparungen von mehr als 50 % erreichen. Bei zusätzlicher Installation einer tageslichtorientierten Regelung können nach der Literatur 60-80 % bei Komplettsanierungen eingespart werden. Als Zusammenfassung werden in Tabelle 5 noch einmal sämtliche Maßnahmen mit ihren Wirkungen dargestellt.

alter Zustand	neuer Zustand	Ergebnis der Maßnahme
blendende Leuchten	Leuchten für Arbeitsplätze mit Bildschirmunterstützung	Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften
<ul style="list-style-type: none"> • hoher Indirektanteil • Standardlampen • freistrahkende Leuchten 	<ul style="list-style-type: none"> • hoher Direktanteil durch • Dreibanden-Leuchtstofflampen • in (Spiegel)rasterleuchten 	x% Energieeinsparung 10% Energieeinsparung 15% Energieeinsparung Summe: 25% + x% Energieeinsparung (Leistung)
KVG	EVG	25% Energieeinsparung (Leistung)
<i>keine Regelung</i>	<i>tageslichtabhängige Regelung</i>	20-50% Energieeinsparung (Verbrauch)
<i>PCB-haltige Kondensatoren</i>	<i>PCB-freie Kondensatoren bzw. keine Kondensat. bei EVGs</i>	Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften

Tab. 5 Maßnahmenkatalog zur Verbesserung der Beleuchtung

3.2 Erneuerung der Beleuchtungsanlage im AVZ-Gebäude

Im Allgemeinen Verfügungszentrum (AVZ), einem der Hauptgebäude der Universität Osnabrück mit 11.200 m² Hauptnutzfläche, war bis Ende 1997 eine veraltete Beleuchtungsanlage aus den 70er Jahren installiert, bei der alle nur denkbaren Schwachstellen aufeinander trafen:

- Die verwendeten Standardlampen waren in *freistrahrenden Leuchten* montiert, so daß ein Großteil des Lichts an die Decke anstatt auf die Arbeitsoberfläche gestrahlt wurde;
- aufgrund dieser Konstruktion existierte *keine Begrenzung der Direktblendung*, so daß die Leuchten für Bildschirmarbeitsplätze, die im AVZ in großer Zahl vorhanden sind, völlig ungeeignet waren;
- die konventionellen Vorschaltgeräte der Lampen benötigten zusätzlich zur Lampenleistung viel Strom, hatten eine Isolation aus Asbestpappe und enthielten größtenteils PCB;
- durch die Sondergröße der bisher verwendeten Lampen fielen erhebliche Mehrkosten bei der Beschaffung an;
- die installierte Leistung war mit durchschnittlich 26,4 W/m² erheblich zu hoch dimensioniert.

In einer Einsparanalyse wurde die installierte Leistung der Schweizer Empfehlung SIA 380/4 (E), die Grenzwerte der spezifischen Leistung (W/m²) u. a. für die Beleuchtung vorgibt, verglichen. Während z. B. für die Bürobeleuchtung 7 W/m² eingehalten werden sollten, liegt der Wert bei den Büroräumen im AVZ bei durchschnittlich 36 W/m², im Extremfall bei 54 W/m². Insgesamt wurde ein Einsparpotential von jährlich ca. 380.000 kWh bzw. 70 % des bisherigen Stromverbrauchs ermittelt. Allein aus Energiepargründen ist daher der Austausch der Leuchten gerechtfertigt.

Geht man von einem Jahresstromverbrauch eines Osnabrücker Durchschnittshaushaltes von 2.500 kWh aus, könnten damit jährlich 152 Haushalte versorgt werden. Allein an Stromkosten gingen durch diese fortgesetzte Verschwendung jährlich ca. 90.000 DM verloren. Weitere Einsparungen ergäben sich durch geringere Austauschkosten: Bei zukünftig

ausreichenden 1.072 Leuchten mit 1.618 Lampen anstatt derzeit 3.114 Leuchten mit 5.608 Lampen bräuchten auch weniger Lampen ausgewechselt, entsorgt und neu beschafft zu werden. Für die Sanierung der Beleuchtungsanlage wurde eine Investition von ca. 560.000 DM berechnet, so daß die Maßnahme sich nach ca. sechs Jahren amortisiert hätte.

Die Universität Osnabrück bemühte sich seit 1984 um die Sanierung der ineffizienten Beleuchtungsanlage, was jedoch mehrmals am Staatsbauamt und an den zuständigen Ministerien scheiterte. Erst Ende 1997, nach mittlerweile 13 Jahren, konnte mit dem kompletten Austausch der Beleuchtungsanlage begonnen werden. Erste Meßergebnisse zeigen, daß die erwartete Stromersparung eingetreten ist, wenn nicht sogar übertroffen wurde. Die Feineinstellung der Anlage, insbesondere der tageslichtabhängigen Steuerung in der Bibliothek, wird bis zum Herbst 1998 abgeschlossen sein, so daß danach eine konkrete Einsparbilanz aufgestellt werden kann.

Nähere Informationen können der Literatur (*Viebahn 1995*) entnommen werden. Das genannte Buch stellt einen Leitfaden dar, wie man eine Energieverbrauchsanalyse bei Beleuchtungsanlagen durchführen kann, welche Einsparmöglichkeiten es bei der Verwendung modernster Technik gibt, aufgrund welcher Hemmnisse sie in öffentlichen Gebäuden oft nicht umgesetzt werden und wie man hier mit dem immer häufiger angewendeten Instrument des Einspar-Contractings zu einer Lösung gelangen kann.

4 LITERATUR

- Berens 1998:** Konzeption eines Umweltinformationssystems für die Universität Osnabrück; in: Beiträge des Instituts für Umweltsystemforschung der Universität Osnabrück; Matthies, Michael (Hrsg); Nr. 9; Osnabrück
- EU 1993:** Verordnung EWG Nr. 1836/93 des Rates vom 29. Juni 1993 über die freiwillige Beteiligung gewerblicher Unternehmen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung; Brüssel
- Häuslein, Andreas; Hedemann, Jan 1995:** Die Bilanzierungssoftware Umberto und mögliche Einsatzgebiete; in: Schmidt und Schorb 1995; S. 59-78
- Schmidt, Mario; Schorb, Achim 1995:** Stoffstromanalysen in Ökobilanzen und Öko-Audits; Springer: Berlin
- Stadtwerke Hannover 1996:** Integrierte Ressourcenplanung – die LCP-Fallstudie der Stadtwerke Hannover AG, Doku-Band 2: Energiebilanzen und Angebotskurven; Hannover
- Starnick, Jürgen; Winzer, Matthias 1994:** Umweltschutz an Hochschulen – Handbuch für Umweltschutz; Hrsg: Hochschul-Rektoren-Konferenz; Alpha: Bonn

Viebahn, Peter 1995: Energieeinsparung durch Nutzlicht-Contracting – ein Einsparkraftwerk für die Universität Osnabrück und die Widerstände dagegen; Möllmann: Paderborn

Viebahn, Peter 1998: Umweltprojekte an Hochschulen; [http://www.usf.Uni-Osnabrueck.DE /projects/nuh/hs.html](http://www.usf.Uni-Osnabrueck.DE/projects/nuh/hs.html); 2.6.98

Anhang

Umweltleitlinien der Universität Osnabrück

Nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development):

Nachhaltige Entwicklung ist Entwicklung, die den Bedürfnissen heutiger Generationen Rechnung trägt, ohne die Möglichkeiten zukünftiger Generationen, ihren eigenen Bedürfnissen Rechnung zu tragen, zu behindern (*World Commission on Environment and Development, Our Common Future, 1987, Brundtland-Bericht*).

Die Universität Osnabrück sieht sich aufgrund der dramatischen globalen Umweltsituation dem Grundsatz der nachhaltigen Entwicklung verpflichtet.

Die Universität ist mit ihren etwa 14.000 Studierenden, Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern und ihrem Energie- und Stoffumsatz mit einem mittleren Wirtschaftsunternehmen vergleichbar. Durch den Universitätsbetrieb entstehen erhebliche Umweltbelastungen, die es zu minimieren gilt. Darüber hinaus trägt die Universität eine besondere gesellschaftliche Verantwortung dadurch, daß sie zukünftige Entscheidungsträger unserer Gesellschaft ausbildet und prägt. Sie hat damit eine Multiplikatorfunktion - dies ist Verantwortung und Chance zugleich. Und nicht zuletzt hat wissenschaftliche Forschung Auswirkungen auf Mensch und Natur. Daraus resultiert eine besondere Verantwortung der Wissenschaft für ihre Forschungsziele und -ergebnisse.

Umweltschutz ist Aufgabe für alle Studierenden und Beschäftigten an ihren Arbeitsplätzen und auf dem Weg zur Universität. Er ist Führungsaufgabe für die leitenden Personen. Nur wenn sich möglichst viele Universitätsmitglieder mit den Zielen des Umweltschutzes und der nachhaltigen Entwicklung identifizieren und aktiv zu deren Umsetzung beitragen, wird die Universität diesen Aufgaben gerecht.

Die Universität Osnabrück gibt sich daher im Einklang mit der CRE-Charter for sustainable development (CRE-Copernicus) die nachfolgenden Leitlinien. Diese Leitlinien sollen durch die Mitglieder der Universität in ihre persönlichen Arbeits- und Studienbereiche übernommen und innovativ umgesetzt werden.

Betrieb:

Schutz der Umwelt heißt für uns, Gefahren für Menschen und Umwelt zu vermeiden, den Ressourcen- und Energieverbrauch kontinuierlich zu verringern und Emissionen und Abfälle zu minimieren, so daß die Universität ihren Beitrag zu einer zukunftsfähigen Entwicklung leistet.

1. Um dies zu erreichen, wird die Universität unter Einbeziehung der Hochschulangehörigen Umweltziele festlegen und zu deren Umsetzung ein wirksames Umweltmanagementsystem aufbauen, über dessen Entwicklung dem Senat regelmäßig berichtet wird.
2. Der Umweltschutz an der Universität soll ressortübergreifend vernetzt werden, so daß sowohl Verwaltung als auch Fachbereiche in Umweltschutzangelegenheiten kooperieren. Darüber hinaus pflegt die Universität den Austausch mit anderen Hochschulen zur Förderung des Umweltschutzgedankens. Sie bemüht sich um politische und gesellschaftliche Unterstützung, um das Ziel einer umweltfreundlichen und am Nachhaltigkeitsgrundsatz orientierten Hochschule zu erreichen.
3. Die Universität führt einen offenen Dialog und betreibt gezielte Öffentlichkeitsarbeit. Damit ist gewährleistet, daß die eingeleiteten Schritte zur Umsetzung ihrer Umweltpolitik für die Hochschulöffentlichkeit bewertbar werden.
4. Die Universität sorgt für Weiterbildungsangebote des Personals in umweltrelevanten Bereichen.
5. Bei zukünftigen Investitionen und Anschaffungen der Universität sollen die Umweltauswirkungen im voraus in Betracht gezogen werden. Die umweltfreundlichsten Varianten sollen nach Möglichkeit den Vorzug erhalten. Die Hochschule wirkt auf ihre Geschäftspartner ein, um eine ökologische Verbesserung der von ihr bezogenen Waren und Dienstleistungen zu erreichen.
6. Gesetzliche Vorgaben und behördliche Auflagen sind einzuhaltende Mindeststandards, die nach Möglichkeit überboten werden sollten.

Lehre und Forschung:

Die Universität ist bestrebt, umweltrelevanten Fragen in Lehre und Forschung das ihnen gebührende Gewicht zu verleihen.

7. Voraussetzung für die Gewährleistung von Freiheit in Forschung und Lehre ist die Wahrnehmung von Verantwortung für ihre Folgen. Hierzu gehören die Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen im Interesse der jetzigen wie der zukünftigen Generationen. Die Lehrenden und Studierenden sind daher bestrebt, in Lehre und Forschung entstehende negative Auswirkungen zu minimieren.
8. Die Fachbereiche und die fachbereichsübergreifenden Einrichtungen der Universität fördern wissenschaftliche Arbeiten in Umweltbereich sowie die Teilnahme an Veranstaltungen zu Umweltfragen.
9. Sie setzen sich für die Vernetzung und interdisziplinäre Bearbeitung von umweltrelevanten Fragen in Forschung und Lehre ein sowohl innerhalb der Universität als auch in Zusammenarbeit mit anderen Hochschulen.

Verabschiedet vom Senat der Universität Osnabrück am 16.4.1997

EFFIZIENTE ENERGIEENTWERTUNG IN DER EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

Dr. Felix Jenni, (bis 1998) Energiebeauftragter der ETH Zürich

Für Diplomstudiengänge gibt es in der Schweiz zwei Eidgenössische Technische Hochschulen: die deutschsprachige in Zürich (ETHZ) und die französischsprachige in Lausanne (EPFL). Die ETHZ wurde 1854 gegründet, und die Wurzeln der EPFL reichen noch ein Jahr weiter zurück – bis 1853. In Zürich arbeiten bzw. studieren ca. 70 % und in Lausanne ca. 30% aller ETH-Angehörigen. Wie die Namen zeigen, sind beide Bundesinstitutionen. Im vorliegenden Aufsatz wird die ETH Zürich betrachtet. Der größte Teil der ETHZ konzentriert sich auf zwei Hauptstandorte, das „Zentrum“ und den „Hönggerberg“:

Der alte Teil, die ETH Zentrum, ist zu Fuß vom Hauptbahnhof Zürich aus in 10 Minuten zu erreichen. Das Hauptgebäude liegt 50 Meter über dem Stadtzentrum und dem See am Zürichberg.

Vor etwas über 30 Jahren konnten die ersten Gebäude auf dem Hönggerberg bezogen werden. Diese liegen am Rande der Stadt auf einer Hügelkuppe, etwa 5 km vom Zentrum entfernt. Auf dem Hönggerberg hat eine weitere Ausbautetappe begonnen: bis ins Jahr 2001 entstehen zusätzliche Räumlichkeiten für 2000 Angestellte und Studierende.

1 Die ETH Zürich in runden Zahlen

Gemäß Jahresstatistik hatte die ETHZ 1995 ca. 5.300 Vollzeitstellen für Lehre, Forschung und Betrieb und ca. 12.000 eingeschriebene Doktoranden, Nachdiplomstudenten und Studierende. Da ein Teil der Doktoranden und Nachdiplomstudenten in der Statistik auch als Angestellte geführt wird, ergibt sich teilweise eine Doppelzählung. Wird zusätzlich berücksichtigt, daß an der ETHZ viele Personen in Teilzeit angestellt sind, so gilt als Summe der ETH-Angehörigen in guter Näherung die Zahl 17.000.

Der größte Teil dieser Personen arbeitet in den beiden Hauptstandorten Zentrum und Hönggerberg. Die ca. 50 wichtigsten Gebäude im Zentrum weisen eine Energiebezugsfläche von rund 400.000 m² und die entsprechenden 15 auf dem Hönggerberg eine von rund 200.000 m² auf. Das mittlere Alter der Gebäude im Zentrum beträgt 75 Jahre, das derjenigen im Hönggerberg 25 Jahre. Dazu kommen, je nach Zählart, noch 50–100 kleinere Nebenstandorte, vom Hochleistungsrechenzentrum im Tessin bis zur Sternwarte in Arosa.

Die 19 Lehrabteilungen der ETHZ beginnen im Alphabet mit Architektur und gehen über die verschiede-

nen Ingenieur- und Naturwissenschaften bis hin zur Werkstoffkunde.

Die Gesamtausgaben der ETHZ betragen im Jahr 1995 fast eine Milliarde Franken, aufgeteilt in 58% Personalkosten sowie 42% für Sachausgaben und bauliche Investitionen. Für Energie und Wasser wurden etwas mehr als 20 Millionen Franken ausgegeben. Dies sind ca. 2% der Gesamtausgaben beziehungsweise ca. 5% der Sachausgaben und baulichen Investitionen. Die ETH Zürich ist einer der großen Energieverbraucher des Bundes: sie verbraucht in den 65 bundeseigenen Gebäuden in Zürich 17% der Wärme und 20% des Stromes aller Bundesbauten der Schweiz.

2 Die Geschichte der effizienten Energieentwertung an der ETH Zürich

Die (moderne) Geschichte des Energiesparens an der ETHZ begann mit der Volksabstimmung vom 23. September 1990. Damals beschloß das Schweizer Stimmvolk ein zehnjähriges Baumoratorium für Kernkraftwerke und einen Verfassungsartikel zur sparsamen Verwendung von Energie. Darauf reagierte der Bundesrat, die Schweizer Regierung, mit dem nationalen Energiesparprogramm **Energie 2000** mit den Zielen:

1. Den Gesamtverbrauch von Kohle, Gas und Öl und die Emissionen von CO₂ im Jahre 2000 auf dem Stand von 1990 zu stabilisieren und danach zu reduzieren.
2. Die Zunahme des Verbrauchs von Elektrizität zu dämpfen und ab dem Jahre 2000 zu stabilisieren.
3. Die erneuerbaren Energien zu fördern, so daß diese im Jahr 2000 0,5% zur Stromproduktion und 3% zur Wärmeenergie beitragen.
4. Bis ins Jahr 2000 die Elektrizität aus Wasserkraft um 5% und die Leistung der bestehenden Kernkraftwerke um 10% zu erhöhen.

Im Jahre 1996, nach der ersten Halbzeit des Programms, stand fest, daß diese Ziele bei entsprechenden Anstrengungen erreicht werden können. Ein Anschlußprogramm, **Energie 2000+**, mit den Stichworten verstärken, verbessern, verbreitern ist in Planung.

Das Amt für Bundesbauten, das unter anderem für sämtliche ETH eigenen Gebäude zuständig ist, beschloß aufgrund der E-2000-Ziele bei Gebäuden und Anlagen in seinem Einflußbereich:

1. Bei den fossilen Energieträgern den Verbrauch um 15–20% zu senken.

2. Den Strommehrverbrauch auf maximal 10% bis ins Jahr 2000 zu begrenzen.

Diese Ziele wurden aufgrund einer Analyse des Sparpotentials von 65 Gebäuden der Bereiche Zentrum und Höggerberg im Jahre 1992 festgelegt. Für Rentabilitätsberechnungen verwendet das Amt für Bundesbauten Energiepreise, die einen Zuschlag für externe Kosten enthalten. Damit werden Umweltbeeinflussungen bewertet, die durch die Energieträger verursacht, in ihrem Preis aber nicht berücksichtigt sind. Der Zuschlag beträgt für Strom 5,0 Rp/kWh, für Öl 4,5 Rp/kWh und für Gas 3,0 Rp/kWh. Mit dieser Rechnungsart werden oft Maßnahmen sinnvoll, die sich sonst rein ökonomisch nicht begründen ließen.

Dank der Unterstützung durch die Schulleitung unter dem Präsidenten Prof. J. Nüesch konnte das Thema „effiziente Energienutzung an der ETHZ“ auf verschiedenen Ebenen angegangen werden. Dazu wurde ab 1993 von externen Firmen, der Forschungsgruppe Energieanalysen unter Prof. D. Spreng, der Betriebsabteilung und Stabsstellen der Schulleitung mit der Planung und Ausarbeitung verschiedener Aktionen begonnen:

- 1993 wurde die Erarbeitung eines Energieleitbildes für die ETHZ beschlossen. Das breit abgestützte, qualitativ gehaltene Leitbild wurde im Spätsommer 1994 an alle ETH-Angehörigen verteilt. Seither wird es an alle neueintretenden Mitarbeiterinnen, Mitarbeiter und Studierende abgegeben.
- Die Einstellung eines Energiebeauftragten für die ETHZ wurde beschlossen. Die mit einem vielseitigen Aufgabenkatalog versehene Stelle wurde Anfang 1995 besetzt.
- In einem Mustergebäude (durch das Departement Informatik belegt) wurde 1994 ein Konzept zur Betriebsoptimierung erarbeitet. Durch Versuche konnte in diesem für die ETHZ typischen Gebäude gezeigt werden, daß das Stromsarpotential bei bewußterem Verhalten der Benutzer über 15% beträgt.
- Ende 1994 wurden 4 Betriebsoptimierungsgruppen mit der Absicht gegründet, die Zusammenarbeit zwischen Benutzern und Betriebsdiensten unter anderem bei Energiefragen weiter zu verbessern.
- 1995 wurden alle ETH-Angestellten zu zwei halbtägigen „Energie-Meetings“ eingeladen. Ziel dieser Motivationskampagne war es, jede Mitarbeiterin und jeden Mitarbeiter mit den eigenen Möglichkeiten zum effizienten Umgang mit Energie vertraut zu machen.
- Die ETHZ arbeitet in der Arbeitsgruppe „Großverbraucher des Bundes“ mit, in der Sparbemühungen auf Bundesebene koordiniert werden.

3 Politische Vorgaben zum Energieverbrauch an der ETHZ

Auf Bundesebene existieren ein „Energienutzungsbeschuß“, ein „Energiegesetz“ und ein „CO₂-Gesetz“. Deren Vollzug ist den Kantonen und Gemeinden übertragen. Die bestehenden Bauten und Anlagen der ETHZ werden von zwei wichtigen Vorschriften betroffen:

- Den Luftreinhalte-Vorschriften des Kantons Zürich, die dazu führten, daß ein Teil der Heizanlagen schon ersetzt werden mußte und die 60-MW-Heizkessel nur noch für den Notbetrieb verwendet werden dürfen. Deren Ersatz wird zur Zeit geplant.
- Das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (EWZ) ist per Gemeinderatsbeschuß verpflichtet, von seinen größeren Kunden alle 10 Jahre ein Energiekonzept zu verlangen. In diesem ist nachzuweisen, daß alle Maßnahmen zur rationellen Verwendung und zur Eigenproduktion von Elektrizität, welche den Umständen entsprechend möglich sind, getroffen oder vorgesehen sind. Die ETHZ ist damit für alle Gebäude zur Erstellung von Energieberichten an das EWZ verpflichtet.

Größere Um- sowie Neubauten sind durch Normen und Vorschriften weitgehend reglementiert. Beispiele sind Isolationsvorschriften für Gebäudehüllen oder die Bewilligungspflicht für Klima- und Lüftungsanlagen. Neben den gesamtschweizerischen Vorschriften hat der Kanton Zürich mit dem „Vollzugsordner Energie“ zusätzlich eine Zusammenstellung des kantonalen Energierechtes und seiner Anwendung geschaffen. Das Energiegesetz des Kantons Zürich, dem die ETHZ unterliegt, ist eines der strengsten in der Schweiz.

Die Ziele der ETH Zürich und des Amtes für Bundesbauten sind, die Vorgaben von E-2000 einzuhalten – dies trotz wachsendem Bauvolumen. Obwohl diese Ziele nicht auf Vorschriften basieren, besteht für die ETHZ, als Lehr- und Forschungsbetrieb des Bundes, ein moralischer und politischer Druck sie zu erreichen.

4 Energieleitbild der ETHZ

Wie bei der Geschichte des Energiesparens vorgestellt, hat die ETHZ seit 1994 ein Energieleitbild, in dem für die ETHZ als Betrieb und als Forschungs- und Lehrinstitution qualitative Ziele festgelegt sind. Der nachfolgende Auszug gibt einen Eindruck des Leitbildes:

Der Betrieb der ETHZ verbraucht weniger Energie durch

- **Energiecontrolling:** Stufengerechtes und wirksames Controlling in allen energierelevanten Bereichen.
- **Transparenz:** Systematische und regelmäßige Energieverbrauchserhebung mit Auswertung und Folgemaßnahmen.
- **Flexible Finanzierung:** Engagement für eine wirksame Finanzierung von Energiesparmaßnahmen sowie ausreichende Betriebsmittel.
- **Schulung:** Weiterbildung des Personals.
- **Information:** Berichterstattung über Energieverbrauch und Energiesparmaßnahmen, Erfolge und Hemmnisse sowie Tips und Motivation zum Energiesparen.
- **Verbrauchsbeschränkung:** Zielwertvorgaben für Planung, Einkauf und Betrieb.
- **Entschiedenheit:** Durchsetzen von Sparmaßnahmen auch gegen Widerstand.
- **Zeichen setzen:** Förderung von Pilotanlagen und vorläufig unrentablen Sparmaßnahmen mit Vorbildcharakter.

Energiefragen erhalten in Lehre und Forschung an der ETHZ mehr Gewicht durch

- **Ausbildung:** Verstärkter Einbezug von Energiefragen in das Vorlesungsangebot in Grund-, Vertiefungs- und Nachdiplomstudium.
- **Wissenschaftliche Arbeit:** Förderung von Studienarbeiten und Forschungsprojekten zu Energiefragen.
- **Folgenabschätzung:** Bewertung des Energiebedarfes bei großen Investitionen.
- **Reflexion:** Kritische Diskussion von Begriffen wie Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit, Effizienz oder Fortschritt in Lehrveranstaltungen auf allen Ausbildungsstufen.
- **Innovation:** Technische und betriebswirtschaftliche Versuche im eigenen Betrieb.
- **Vernetzung:** Intensiver Austausch zwischen Verwaltung, Betrieb, Forschung und Lehre sowie aktive Nutzung des eigenen wissenschaftlichen Potentials.

Für die Umsetzung der festgelegten Grundsätze und Stoßrichtungen beschließt die Schulleitung verbindliche Ziele, löst Maßnahmen aus und kontrolliert regelmäßig den Erfolg.

Bei der großen Zahl von Einzelzielen, die sich aus dem Energieleitbild ergeben, ist es nicht möglich, alle gleichzeitig mit gleicher Intensität zu bearbeiten. Einige Maßnahmen werden aber laufend umgesetzt. Beispiele dazu sind die Schulung des Personals, die Information der ETH-Angehörigen oder die nachfolgend vorgestellte Umsetzung von baulichen Maßnahmen. Die Anzahl verschiedener Themen, die parallel bearbeitet werden können ist stark von der vorhandenen Arbeitskapazität abhängig.

5 Energiekonzept, Energiemanagement und Energiebeauftragter

Struktur, Erneuerung und Ausbau der Energieversorgung an der ETHZ wurden in der Vergangenheit vor allem im Dreieck Vizepräsident Planung, Amt für Bundesbauten und Technischem Dienst der ETHZ festgelegt. Mittlerweile ist auch der Energiebeauftragte an der Bearbeitung solcher Fragen beteiligt. In diesem Gremium werden längerfristige Problemstellungen bearbeitet und konzeptionelle Fragen behandelt. Wie in anderen Institutionen werden an der ETHZ und beim Amt für Bundesbauten die heutigen Strukturen hinterfragt. Es ist deshalb damit zu rechnen, daß hier in absehbarer Zeit Änderungen eintreten werden.

Ein explizites Energiemanagement existiert an der ETHZ nicht. Unterhalt und Betrieb der bestehenden Anlagen sind Aufgaben des Technischen Dienstes. Dessen Mitarbeiter setzen sich dabei, im Bereiche ihrer Möglichkeiten, für einen möglichst effizienten Betrieb der Anlagen ein.

5.1 Aufgaben des Energiebeauftragten

Die primäre Aufgabe des Energiebeauftragten der ETHZ ist es, auf eine effiziente Energienutzung an der Hochschule hinzuwirken. Um dies zu erreichen, muß er in den verschiedensten Bereichen aktiv werden: von der Schulung und Information der Mitarbeiter über die Beeinflussung des Anlagen- und Geräteinkaufes bis zur Mitarbeit bei der Planung von Um- und Neubauten. Damit der Energiebeauftragte bzw. Energiemanager innerhalb des Betriebes agieren kann, ist die richtige Eingliederung in der Betriebshierarchie wichtig. Dieser bekannten Richtlinie ist die ETHZ gefolgt und hat den Energiebeauftragten direkt dem Verwaltungsdirektor, einem Mitglied der Schulleitung, unterstellt. Damit demonstriert die Schule nach innen und außen die Wichtigkeit der Funktion des Energiebeauftragten. Für den Energiebeauftragten ist die Unterstützung durch die Schulleitung sehr wichtig. Nur so besteht eine Chance, auch weniger populäre Maßnahmen durchzusetzen.

5.2 Motivation der ETH-Angehörigen zum Energiesparen

Energie wird heute allen ETH-Angehörigen gratis zur Verfügung gestellt. Deren Motivation zur effizienten Nutzung ist damit heute nur ideell gegeben. Bei den meisten Personen ist die Bereitschaft zu eigenem Handeln nur vorhanden, wenn damit höchstens ein Minimum an Aufwand verbunden ist.

Die direkte Zusammenarbeit des Energiebeauftragten mit den ETH-Angehörigen ist primär Motivations- und Überzeugungsarbeit. Seine Maßnahmen müssen im Konsens mit den jeweiligen Betroffenen er-

arbeitet werden. Es sind nur wenige Fälle denkbar, in denen Aktionen gegen den Willen der Betroffenen erfolgreich durchgeführt werden können.

6 Energiebereitstellung und Verbrauch

Die recht komplexe Energiebereitstellung an der ETHZ soll für die Bereiche Höggerberg und Zentrum getrennt in kurzer Form vorgestellt werden.

6.1 ETH Zentrum

Für die Wärmeversorgung stehen im Zentrum 5 Quellen zur Verfügung:

- Ein altes, ölbetriebenes 60-MW-Heizkraftwerk. Die Kessel dürfen auf Grund der ungenügenden Abgaswerte nur noch sehr begrenzt genutzt werden (Notbetrieb).
- Die Fernwärmeversorgung des Kantons Zürich, mit den Quellen Kehrichtverbrennung und Heizkraftwerk, stellt 35 MW zur Verfügung.
- Zwei elektrische Wärmepumpen, die dem Ausfluß des Zürichsees Wärme entziehen, leisten zusammen 10 MW.
- Eine 1,5-MW-Wärmerückgewinnungsanlage zur Nutzung der Abwärme des Rechenzentrums.
- Die neueste Quelle, ein Blockheizkraftwerk mit Dieselmotor, hat eine thermische und eine elektrische Leistung von je ca. 1,3 MW. Die Maschinen sind so ausgelegt, daß sie auch als Notstromanlage genutzt werden können.

Aus den genannten Quellen bezog die ETHZentrum im Jahr 1995 63 GWh Wärme, verbrauchte davon 36 GWh in eigenen Gebäuden und verkaufte 27 GWh an externe Abnehmer. Für Betrieb, Lehre und Forschung benötigte die ETHZ im Bereich Zentrum 47 GWh und für die Wärmepumpen 15 GWh elektrischen Strom. 3 GWh wurden selbst erzeugt, der Rest wurde beim Elektrizitätswerk der Stadt Zürich eingekauft.

6.2 ETH Höggerberg

Die drei Wärmequellen auf dem Höggerberg sind:

- Zwei konventionelle Heizkessel mit Gas- oder Ölfeuerung mit einer Gesamtleistung von 9 MW.
- Ein alter, sanierter Kessel mit einer Leistung von 20 MW für allfälligen Notbetrieb.
- Seit Ende 1995 zwei gasbetriebene Blockheizkraftwerke mit einer thermischen Leistung von je 0,98 MW und einer elektrischen Leistung von je 0,83 MW.

Auf dem Höggerberg wurden 1995 für den Eigenbedarf 32 GWh und für externe Verbraucher 7,4 GWh Wärme erzeugt.

Vom Strombedarf von 27 GWh konnten 3,5 GWh schon während des Probetriebes mit den beiden Gasmotoren gedeckt werden, den Rest lieferte wiederum das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich. In Zukunft sollen die Motoren pro Jahr ca. 12 GWh Strom liefern.

Insgesamt wurden 1995 von der ETHZ im Zentrum und auf dem Höggerberg somit 68 GWh Wärme und 74 GWh Strom verbraucht. In einer Gesamtbilanz der ETHZ sind zusätzlich noch verschiedene Miet- und Außenliegenschaften zu berücksichtigen. Die Unsicherheiten bei den absoluten Zahlen der letzten Jahre liegen in der Größenordnung von 5–10%. Ein exaktes Ausweisen von Resultaten der Sparbemühungen ist zur Zeit noch nicht möglich: die Einsparungen in den Bereichen Zentrum und Höggerberg betragen 1995 im Vergleich zum Vorjahr ca. 3%. Die Entwicklung über eine längere Zeitspanne läßt sich zuverlässiger ausweisen: in der Zeitspanne von 1990 bis 1995 hat der temperaturkorrigierte Wärmeverbrauch um 20% abgenommen, der Stromverbrauch entspricht nach einem leichten Überschwingen wieder etwa den Werten von 1990.

Die Zahlen und Tendenzen zeigen, daß die ETHZ mit ihren Bemühungen die richtigen Wege beschreitet.

7 Ausgewählte technische und organisatorische Maßnahmen

Aus den Bereichen Mitarbeiterverhalten, Geräte sowie haustechnische und bauliche Maßnahmen soll nachfolgend je ein Beispiel vorgestellt werden:

7.1 Energie-Meetings

Mit den Energie-Meetings, einem „Workshop“ zum Thema Energie, wird an der ETHZ ein in der Schweiz neuer Weg der Mitarbeiterschulung beschritten. 1995 wurden alle damaligen ETH-Angehörigen zur Teilnahme an solchen „Workshops“ eingeladen. Die Meetings behandelten vier Themenkreise mit einem Zeitaufwand von je ca. 1½ Stunden:

- 1. Die Herausforderung:** Energie und Umweltfragen, Konsequenzen für die ETHZ.
- 2. Was alles möglich ist:** Maßnahmen, die zu bedeutenden Verbesserungen führen.
- 3. Individuelle Energie-Checks:** Überprüfen der Situation im eigenen Arbeitsbereich.
- 4. Die Schritte zur Tat:** Maßnahmen im eigenen Einflußbereich festlegen (und anschließend realisieren).

Die Schritte 1, 2 und 4 erfolgen idealerweise in Gruppen zu vier Personen. Die Arbeitsunterlagen sind so aufgebaut, daß sich Diskussionen ergeben.

Schritt 3 sollte von allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern am eigenen Arbeitsplatz durchgeführt werden.

Die Meetings wurden an der ETHZ „top-down“ eingeführt: Nach dem Beginn durch die Schulleitung wurden alle Professoren und Abteilungsleiter vom ETH-Präsidenten zu Meetings eingeladen und dort aufgefordert, die gleiche Veranstaltung mit ihren Mitarbeitern durchzuführen. Es zeigte sich leider, daß die Durchführung in den Instituten und Abteilungen unbefriedigend erfolgte: nur etwa ein Drittel aller ETH-Angehörigen hat an Energie-Meetings teilgenommen.

Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Meetings konnten an einem Ideenwettbewerb teilnehmen. Als Gewinnsumme standen 10.000 Franken zur Verfügung. Im Anschluß an die Energie-Meetings konnten auch Institute, die sich durch besondere Sparbemühungen auszeichneten, an einem Wettbewerb teilnehmen. Die dabei an 12 Einheiten verteilte Summe betrug 100.000 Franken.

Die neueintretenden ETH-Angehörigen werden laufend zu Energie-Meetings unter der Leitung des Energiebeauftragten eingeladen. Ziel ist es, so eine hohe Beteiligung zu erreichen und kompetent auf Fragen und Anregungen reagieren zu können.

Die Frage „wieviel Verhaltensänderungen bei den Benutzern und damit wieviel Energieeinsparung bringen die Energie-Meetings“ kann nicht schlüssig beantwortet werden. Wie schon erwähnt, ist aus eigenen Versuchen an der ETHZ bekannt, daß das Strom-Sparpotential bei optimalem Verhalten am Arbeitsplatz gut 15% beträgt.

7.2 Ausrüsten von Kopiergeräten mit „Memo Switch“

In den Gebäuden der ETHZ stehen ca. 250 öffentliche Kopiergeräte. Für diese fühlt sich nachts und an Wochenenden sehr oft niemand verantwortlich, d. h. viele Kopierer laufen 24 Stunden pro Tag. Mit einer Hilfsschaltung, die in die Geräte eingebaut wird, kann die Einschaltdauer reduziert werden. Die erwartete Amortisationszeit beträgt 2,5 Jahre. Der verwendete „Memo Switch“ ist eine selbstlernende Schaltung, die das angeschlossene Gerät entsprechend dem Benutzerverhalten ein- bzw. ausschaltet. Die Schaltung unterscheidet nach einer Anlempphase zwischen Werktagen und Wochenenden. Das Kopiergerät kann in ausgeschaltetem Zustand jederzeit eingeschaltet werden. Wird im umgekehrten Fall ein eingeschaltetes Gerät während längerer Zeit nicht gebraucht, so schaltet der „Memo Switch“ das Gerät automatisch aus.

Nachdem ein großer Teil der Kopierer nachgerüstet ist und keinerlei Reklamationen eingetroffen sind,

darf die Maßnahme als gelungen bezeichnet werden.

7.3 Energietechnische Optimierung von Haustechnik-Anlagen auf dem Hönggerberg

Durch das Amt für Bundesbauten und die ETHZ werden in zwei Phasen in allen Gebäuden auf dem Hönggerberg Maßnahmen an Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage durchgeföhrt, die sich ohne vertiefte Abklärungen schnell auszahlen. In der ersten Phase wurden 1996 etwa in der Hälfte aller Gebäude mit einem Finanzeinsatz von 650.000 Franken Arbeiten ausgeführt. Die geschätzten Einsparungen belaufen sich beim Strom auf rund 290 MWh und bei der Wärme auf rund 640 MWh pro Jahr. Bei den aktuellen Strom- und Wärmetarifen, mit Zuschlag für externe Kosten, entspricht dies beim Strom etwa 68.000 Franken und bei der Wärme etwa 77.000 Franken. Die Amortisationszeit liegt damit im Bereich von 5 Jahren, d. h. etwa einem Drittel der typischen Anlagenlebensdauer. In einer zweiten Phase wird mit der Bearbeitung der restlichen Gebäude begonnen. Zusätzlich werden noch einige aufwendigere Maßnahmen der ersten Phase abgeklärt.

7.4 Aktionsplan E-2000

Aufgrund der Analyse des Sparpotentials an den ETH-Gebäuden wurde von der ETHZ und dem Amt für Bundesbauten schon vor einigen Jahren der **Aktionsplan E-2000** erstellt. Der detaillierte Plan für bauliche und haustechnische Sanierungen von ca. 25 bundeseigenen Bauten im Zentrum und auf dem Hönggerberg erstreckt sich bis ins Jahr 2010. Damit sollen bezogen auf den Verbrauch von 1990 bei der Wärme 30% und beim Strom 13% eingespart werden.

Inhalt und Ausführungsstand des Aktionsplanes werden in der Koordinationsgruppe E-2000 laufend überprüft und angepaßt. Dabei ist vorgesehen, noch weitere Gebäude aufzunehmen, d. h. es werden noch größere Einsparungen erwartet.

Der Aktionsplan E-2000 beschreibt im heutigen Zeitpunkt die am klarsten definierten zukünftigen Energieeinsparungen an der ETHZ.

8 Ausblick

Neben dem Weiterbearbeiten von verschiedenen Themenkreisen sind das Erstellen einer Energiebilanz und der Aufbau eines Energiecontrollings dringende Aufgaben. Die bisherige Erfassung der Energie, die in die ETHZ hineinfließt, erlaubt es nicht, verlässliche Aussagen über die Verbrauchsentwicklung, den Einfluß von Einzelmaßnahmen und konkreten Handlungsbedarf zu machen. Ohne exaktes

und umfassendes Energiecontrolling ist die Grundlage für ein wirkungsvolles Energiemanagement und für eine optimale Auslegung von zukünftigen Anlagen nicht gegeben. Die bisherigen Arbeiten zeigen, daß das Erstellen einer solchen Bilanz in einem so komplexen System wie der ETHZ schwierig und aufwendig ist. Insbesondere darf der Zeitbedarf für das erstmalige Einarbeiten in die Problematik nicht unterschätzt werden. Ziel war es, im Frühjahr 1997 eine konsistente Energiebilanz der obersten Verbrauchsebene von 1990 bis 1996 vorzuweisen. Dieses Ziel wurde erst ein Jahr später erreicht. In einem weiteren Schritt soll anschließend versucht werden, die Bilanz auf Gebäudeebene aufzuschlüsseln und die Einflüsse von einzelnen Maßnahmen damit zu beurteilen. Dies ist eine wichtige Grundlage für zukünftige Planungen und eine eventuelle Verrechnung des Verbrauches. Die Vorarbeiten dazu sind an der ETHZ im Gange.

ENERGIEEINSPARUNG ÜBER CONTRACTINGMODELLE

Prof. Kurt Müller,

Professor K. Müller + Partner Ingenieurgesellschaft für technische Gebäudeausrüstung mbH, Braunschweig

Der Begriff „Contracting“ definiert im Bereich der Energiewirtschaft den Vorgang der Übertragung festgelegter Aufgaben an Dritte, insbesondere zur Vorbereitung und Durchführung von Investitionen in energiewirtschaftlichen Projekten, die vom Auftraggeber nicht wahrgenommen werden können. Hierbei handelt es sich um Kooperationsmodelle und Dienstleistungskonzepte für die Implementierung von Maßnahmen und Technologien zur umweltschonenden und rationellen Energieumwandlung sowie zur Nutzeneinsparung.

Ziel des Contracting ist es, Investitionen und Betreiberfunktionen für Energieanlagen vom zu versorgenden Unternehmen bzw. der zu versorgenden Liegenschaft und dessen wirtschaftlicher Entwicklung abzukoppeln. Dabei ist der Grundgedanke die Ausgliederung der Energie- und Versorgungswirtschaft und ihre Übertragung auf ein kompetentes Dienstleistungsunternehmen bzw. auf eine zu diesem Zweck gegründete Betreibergesellschaft.

Das Contracting kann demnach folgende Leistungsbestandteile teilweise, oder auch vollständig umfassen:

- @ Planung und Abwicklung einer Investition,
- @ Finanzierung,
- @ Betriebsführung.

Diese Leistungsbestandteile sind bei der Realisierung von Contractingmaßnahmen individuell auf das jeweilige Objekt auszurichten.

1 Contracting-Modelle

1.1 Betriebsführungsmodell

Der bisherige Betreiber einer technischen Anlage wird von sämtlichen Tätigkeiten entbunden, die zur Aufrechterhaltung einer bestimmungsgemäßen Anlagenutzung notwendig sind. Das Contracting-Unternehmen ist für das betriebliche Führen der Anlagen mit Übernahme aller Organisations- und Verwaltungsaufgaben verantwortlich.

Auch:

- @ Facility Management
- @ Outsourcing
- @ Performance Contracting

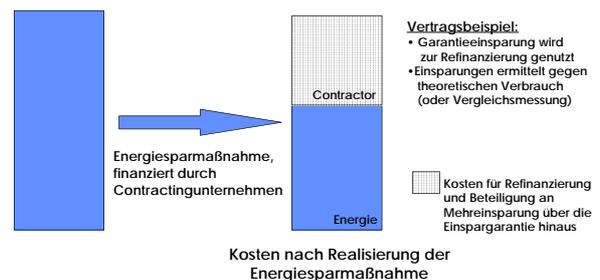
1.2 Garantiemodell

Dieses Modell verbindet bei einer Neuerrichtung einer technischen Anlage die Kosten-, Termin- und Leistungsgarantie mit einer Wirtschaftlichkeitsgarantie für die Betriebsphase (Betriebskostengarantie).

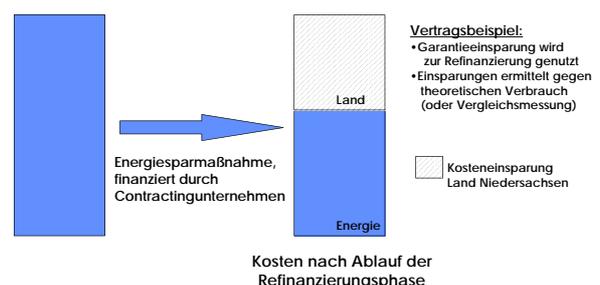
1.3 Energieeinsparmodell

Dieses Modell stellt eine Sonderform des Finanzierungsmodells dar. Es werden bei diesem Modell Energieeinsparmaßnahmen oder Anlagenmodernisierungen ohne den Einsatz von Eigenkapital realisiert. Die Refinanzierung erfolgt über das eingesparte Energiekostenpotential.

Kostenverteilung während der Vertragslaufzeit



Kostenverteilung nach Ablauf der Vertragslaufzeit



1.4 Finanzierungsmodell

Das Finanzierungsmodell sieht die Planung und Errichtung einer Anlage durch ein Contractingunternehmen vor. Die Finanzierung erfolgt durch das Contractingunternehmen und wird über die Vertragslaufzeit vom Nutzer zurückgeführt.

Auch:

- @ Drittmittelfinanzierung
- @ Investormodell

1.5 Betreibermodell

Eine Mischform der oben dargestellten Modelle ist das Betreibermodell. Diese Contractingvariante sieht die komplette Übertragung aller für die Energieversorgung notwendigen Aufgaben an ein Contractingunternehmen vor. Der Dienstleister erstellt auf eigene Kosten die notwendige Anlagensubstanz und erfüllt alle notwendigen Betreiberaufgaben. Der Nutzer wird mit Energie versorgt, die dem Contractingunternehmen vergütet wird.

Auch:

- @ Wärmedienstleistung
- @ Wärmelieferung

Für den Bereich der Energiewirtschaft ergibt sich die Notwendigkeit der Entwicklung komplexer Dienstleistungskonzepte aus der Tatsache, daß viele Energienutzer Investitionen in neue Energieumwandlungs- und Energienutzungstechnologien nicht durchführen können, obwohl diese wirtschaftlich sind und unter Gesichtspunkten des Umweltschutzes und einer rationellen Energieverwendung optimale Lösungen darstellen.

Die Grundidee der Drittmittelfinanzierung von Baumaßnahmen (Investormodell) im Bereich der Energiewirtschaft ist die technische Um- oder Aufrüstung von versorgungstechnischen Anlagen durch private Unternehmen auf deren Kosten. Bei dem Modell der Refinanzierung der getätigten Investition durch die erzielte Energieeinsparung (Energieeinsparmodell) werden die eingesparten Kosten zur Tilgung der Investition genutzt. Der Investor hat dabei die „Erwirtschaftung“ der Refinanzierungsrate zu garantieren. In der Regel wird er an weitergehenden Einsparungen beteiligt. Inwieweit ein Finanzierungs- oder Energieeinsparmodell auch zum Betreibermodell wird, ist im Einzelfall zu prüfen und projektweise zu konzipieren.

2 Refinanzierung über Energieeinsparmaßnahmen

Nach Sondierung verschiedener, heute auf dem Markt angebotener Contractingmodelle wird die Variante „Realisierungswettbewerb“ für die landeseigenen Liegenschaften empfohlen.

Eine Refinanzierung einer Energiesparmaßnahme durch das gewonnene Energieeinsparpotential ist in der Regel nur in hochinstallierten Gebäuden, die einen relativ hohen spezifischen Energieverbrauch aufweisen, möglich.

Realisierungswettbewerb	Ausschreibung
•Liegenschaftsdefinition	•Liegenschaftsdefinition
•Maßnahmendefinition	•Maßnahmendefinition
•Realisierungswettbewerb	•Ausführungsplanung und LV
•Realisierungsplanung	•Ausschreibung und Vergabe
•Installation und Inbetriebnahme	•Installation und Inbetriebnahme
•Betriebs- / Refinanzierungsphase	•Betriebs- / Refinanzierungsphase
•Anlagenübergabe, Vertragsende	•Anlagenübergabe, Vertragsende

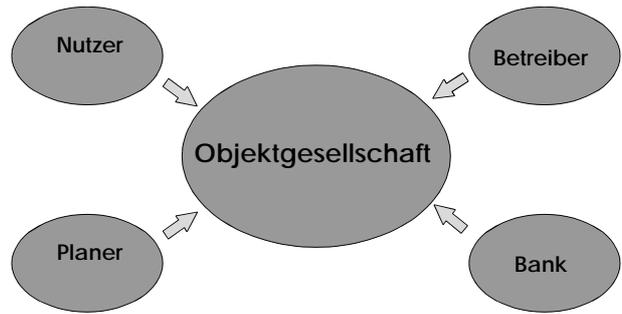
Bauliche Maßnahmen in derartigen Gebäuden sind kompliziert und haben eine Vielzahl von technischen Randbedingungen zu berücksichtigen (z. B. Forderungen der Gebäudeleittechnik-Integration von MSR-Baumaßnahmen, Möglichkeiten der Nutzung vorhandener Systeme, Schnittstellen mit vorhandenen Versorgungsanlagen und -netzen, Abrechnungs- und Versorgungsgrenzen). Diese liegenschaftsspezifischen Forderungen sind, genau wie die Abrechnungsmodalitäten und Vertragsmuster, den potentiellen Investoren mitzuteilen, bevor diese die Optimierungsmaßnahme kalkulieren. Dieses Aufgabenspektrum ist vom Land im Vorfeld einer Investormaßnahme zu definieren. Durch diesen Schritt hat das Land als Immobilieneigner die Möglichkeit, die Baumaßnahme durch entsprechend formulierte Forderungen so zu gestalten, daß ein gewünschter Qualitätsstandard sowie eine optimale Integration in vorhandene Liegenschaftsstrukturen gewährleistet sind.

Die Auswahl des Investors erfolgt in einem Verfahren, das Analogien zu einem Architektenwettbewerb aufweist. In diesem Wettbewerb haben die Investoren neben den wirtschaftlichen Daten auch die technischen Ansätze sowie das Unternehmen und die im Projekt eingesetzten (leitenden) Mitarbeiter zu präsentieren. Erst nach erfolgreicher Präsentation wird der Investor mit der dann bezahlten Feinanalyse und der Umsetzung der Energiesparmaßnahme beauftragt. Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß eine Wettbewerb zwischen den potentiellen Investoren ermöglicht wird.

Bei dem Contractingmodell „Refinanzierung durch Energieeinsparung“ kann von einem Investor nur die reine Energiesparinvestition verlangt werden. Dies kann jedoch zu der Installation von energiesparenden technischen Fragmenten führen. Weist die zu optimierende technische Installation einer Liegenschaft neben dem Energiesparpotential einen Sanierungsbedarf auf, so ist die Realisierung der technischen Gesamtlösung anzustreben. Der Sanierungsanteil ist dann durch ein gesondertes Budget zu refinanzieren und kann nicht durch das Energieeinsparpotential getragen werden.

Die Realisierbarkeit des vorgeschlagenen Modells „Realisierungswettbewerb“ in der Praxis sollte im Rahmen von Betriebsversuchen getestet werden. Da gerade bei diesen Feldversuchen ein hohes Maß an Fachkompetenz notwendig ist, sollten nur Unter-

nehmen mit hoher Ingenieurkompetenz und großer Leistungsstärke für den Betriebsversuch in Betracht gezogen werden. Gleichzeitig sollte auf ein partnerschaftliches Verhältnis zwischen Contractingunternehmen und Immobilieneigner hingewirkt werden, um optimale Energiesparergebnisse zu realisieren. Eine sinnvolle Vorstufe der Betriebsversuche könnte ein Feldversuch sein, bei dem vom Land bzw. der nutzenden Instanz (und/oder dem vertretenden Fachplaner), dem Contractingunternehmen und ggf. einem Finanzdienstleister eine Objektgesellschaft gebildet wird, die die Energiesparmaßnahme realisiert und die technischen Anlagen im Nachgang betreibt.



Abstract

The purpose of this brief information is to document the activities of various higher education institutions in the rational use of energy, and thus to provide stimuli for solving problems. Technical, organisational and user-based measures, i.e. behaviour-orientated ones, are considered from the point of view of the central administration of the institutions (Energy Officer, Head of Technical Installations). The aspect of environmental protection and possible methods of financing are also dealt with.

The publication of the papers was suggested at a further training conference on the subject of energy saving organised by HIS together with the Centre for Technology Transfer (CTT) of the Technical University (TU) in November 1996. The activities of various higher education institutions are given as examples. A specialist paper on 'Contracting' from the point of view of an engineering bureau rounds off the contributions.

The focal point of the paper by **Thomas Albrecht** is the internal environmental protection within the **Technical University Berlin**. The university's concept and the organisational requirements created for setting up the current environmental management system are described. In addition, the measures carried out so far and the results already achieved are introduced.

In his paper **Manfred Göring** describes the heating provision for the **Technical University Clausthal**. Particular attention must be paid here to the changes that have occurred through the taking over of the provision of heating by the Clausthal Municipal Services Department. It is made clear how difficult the decision-making process is when economic aspects are taken into account.

The energy concept of the Technical University Darmstadt is summarized by **Michael Nitze**. The focal point of his observations is the documentation of the electricity and heating requirements of the buildings belonging to the university. In addition, mention is made of the measures already carried out and their results.

A special feature of the paper by **Heinz-Jürgen Neugebauer** of the **Friedrich-Schiller-University Jena** is his look back to the time before German reunification. Even though the reasons for the rational utilization of energy in the former GDR are to be seen mainly in the lack of availability of the required energy sources, parallels to the current situation can nevertheless be seen.

Peter Viebahn describes the situation at **Osna-brück University** in detail. Here, above all, it is a matter of carrying out a central project with the title

'Environmental Management System', which is to be undertaken based on the European Union's Regulation on the eco-management and audit scheme. One central instrument here is the energy-flow analysis, which permits the provision of energy and material flows to be modelled.

In his paper **Dr. Felix Jenni** reports on the measures for the rational utilization of energy at the **Technical University Zürich**. One distinctive feature is to be found in the Swiss political guidelines, which were formulated at an early stage, and which also led to the carrying out of measures at the university. In addition, the activities for integrating the users at the university in the field of research and teaching should also be mentioned.

Finally, an interesting paper by **Prof. Dr. Kurt Müller** mentions special possibilities for financing energy-saving measures at higher education institutions. These measures are generally summarized under the term 'Contracting'. Various contracting models are explained together with their distinctive features.

Herausgeber: HIS Hochschul-Informationssystem GmbH,
Goseriede 9, 30159 Hannover
Tel. 0511 / 1220-0, Fax. 0511 / 1220-250
E-Mail: ederleh@his.de

ISSN 0931-816X

Verantwortlich: Dr. Jürgen Ederleh

Redaktion
und Layout: Ralf-Dieter Person

Erscheinungsweise: unregelmäßig

„Gemäß § 33 BDSG weisen wir jene Empfänger der HIS-Kurzinformationen, denen diese zugesandt werden, darauf hin, dass wir ihren Namen und ihre Anschrift ausschließlich zum Zweck der Erstellung des Adressaufklebers für den postalischen Versand maschinell gespeichert haben.“
