
**
**
**
**
**
**
**
**
**
**

ENERGIEKONZEPT
MÜNCHEN

M A T E R I A L I E N B A N D

Ausgabe vom 24.10.1983

S E S A M

Seminar Sanfte Energie für München

des Fachbereichs Physik an der Ludwig-Maximilians-Universität

Sapp Leipfshilf

Für die Formulierung dieser Studie verantwortlich sind:

Uta Adler
Dipl. Ing. Josef Heiler
Hans Herdl
Dipl. Ing. Rudolf Kaiserswerth
Franz Kössinger
Karl-Heinz Mantel
Dipl. Phys. Jürgen Schneider
Peter Sollich

Beteiligt an der Erarbeitung war in vielen Plenar- und zahlreichen Arbeitskreissitzungen das gesamte Seminar:

Georg Angermeier, Johanna Brandl, Christine Brodt, Hansjörg Bögle, Thomas Clarmann, Renate Dietrich, Prof. Dr. Hans-Peter Dürr, Götz Flöser, Ralf Hertenberg, Dipl. Phys. Martin Gorn, Andreas Herz, Erwin Karg, Dr. Michael Karger, Dipl. Met. Josef Kipfstuhl, Hans Kleele, Joachim Krug, Angelika Rogg, Dipl. Phys. Arno Steinbrecher, Dipl. Math. Helmut Weber, Georg Welsch, Dipl. Phys. Jörg Wölfl.

Wir danken Herrn Dipl. Ing. Wolfgang Feist (Kassel) und Prof. W. Broda (Nürnberg) für wertvolle Anregungen und Kritik und Herrn Friedbert Gelzer für das unentgeltliche Überlassen eines Kleinrechners.

KONTAKTADRESSEN

Prof. Dr. Hans-Peter Dürr
Rheinlandstr. 14a
8000 München 40
Tel. 089 / 32 66 64
089 / 3 18 93 - 280

Christine Brodt
Metzstr. 18 Rgb.
8000 München 80
Tel. 089 / 48 44 81

Dipl. Ing. Rudolf Kaiserswerth
Leitzachstr. 6
8000 München 90
Tel. 089 / 690 81 34

Karl-Heinz Mantel
Emil-Riedel-Str. 8
8000 München 22
Tel. 089 / 22 43 01

Vorwort von Prof. Dr. Hans-Peter Dürr

Die in den siebziger Jahren entbrannte heftige Debatte über die friedliche Nutzung der Kernenergie hatte sehr deutlich gezeigt, daß dieser Fragenkomplex nur in einem weit größeren Zusammenhang sinnvoll diskutiert werden kann. Auf dem Hintergrund der von allen Industrienationen bisher angestrebten hohen wirtschaftlichen Wachstumsraten war es offensichtlich, daß eine solche Entwicklung langfristig immer mehr in Konflikt zu Randbedingungen kommen muß, die durch die Verknappung nichterneuerbarer Ressourcen und die Umweltbelastung letztlich bestimmt sind. Im Rahmen der "Vereinigung Deutscher Wissenschaftler (VDW)" wurde deshalb im September 1979 eine interdisziplinäre Studiengruppe "Wirtschaftswachstum und Energieversorgung" gegründet, deren Hauptziel insbesondere war, den auf diesem Gebiet schon arbeitenden Universitätsgruppen bei einem jährlichen Arbeitstreffen die Möglichkeit zu einem intensiven Gedanken- und Erfahrungsaustausch zu bieten. Darüber hinaus sollten an weiteren Hochschulen Arbeitsgruppen mit ähnlicher Zielrichtung initiiert werden. In diesem Kontext wurde in WS 1979/80 das Seminar "Sanfte Energie für München" - damals noch unter dem allgemeineren Namen "Harte und sanfte Energietechnologien" - im Rahmen des Fachbereichs Physik an der Ludwig-Maximilians-Universität in München etabliert. Es setzte sich aus Studenten verschiedener Semesterzahl und verschiedener Fachbereiche zusammen, wobei jedoch die Physiker überwogen. Die Arbeit des Seminars konzentrierte sich zunächst auf die AUGE-Studie von Meyer-Abich über "Energieeinsparung als neue Energiequelle", und Veröffentlichungen zum "sanften Weg" der Energieversorgung, wie insbesondere Lovins "The soft energy path" und den Schweizerischen NAWU-Report "Wege aus der Wohlstandsfalle". Angeregt durch einen Vortrag von Wolfgang Feist über ein "Alternatives Energiekonzept der Stadt Tübingen" auf der 1. Arbeitsitzung der VDW-Studiengruppe in Bielefeld 1980 wurde beschlossen, die Stoßrichtung des Seminars im weiteren Verlauf auf die konkrete Fragestellung einer zukünftigen Energieversorgung Münchens einzuengen, wozu die öffentliche Auseinandersetzung um das Heizkraftwerk Moosach einen geeigneten Anlaß bot.

Das Seminar war nach Art eines "workshop" organisiert. Planung, vorbereitende Arbeit und Durchführung ruhte ganz auf den Schultern der Seminarteilnehmer. Die umfangreichen Vorarbeiten, detaillierte Sachdiskussionen, Computeranalysen usw. wurden von kleinen Arbeitskreisen übernommen, die einmal wöchentlich ihre Ergebnisse dem Seminar vermittelten und von diesem auch wieder allgemeine Anregungen aufnahmen. Um einen möglichst guten Überblick über die Problematik zu erhalten, wurden im Rahmen des Seminars "hearings" mit Fachleuten der Universität, aus der Industrie, mit Verwaltungsbeamten und Ingenieuren der Energieversorgungsunternehmen und der Stadtwerke, mit Stadträten, Politikern und Vertretern der Bürgerinitiativen abgehalten.

Das hier vorgestellte Papier über ein "Energiekonzept München" ist von den Seminarteilnehmern gemeinsam im wesentlichen während der letzten beiden Semester, WS 1982/83 und SS 1983 erarbeitet worden. Gemessen an der Komplexität der Aufgabe wird man anerkennen müssen, daß hier ein gutes und wichtiges Stück Arbeit geleistet wurde. Selbstverständlich werden an vielen Stellen noch Verbesserungen möglich und auch manche Korrekturen nötig sein. Eine Ausarbeitung über das vorgelegte Niveau hinaus würde vermutlich jedoch einen wesentlich größeren Aufwand an Kraft und Zeit erfor-

dern, als dies von rührigen und engagierten Studenten neben ihrem regulären Studium geleistet werden kann. Welcher Erfolg diesem Papier auch immer beschieden sein wird, so war, glaube ich, das Seminar selbst - trotz einiger Durststrecken - ein großer Erfolg. Hier wurde nicht nur mit großem persönlichem Engagement, mit Fleiß und Ausdauer und zunehmender Sachkompetenz ein wichtiges Thema angegangen und kritisch verarbeitet, sondern es wurde auch durch die Art der Zusammenarbeit und im Umgang miteinander eine neue Lebensform praktiziert, die im Gegensatz zu dem verbreiteten Egoismus und Opportunismus unserer Zeit steht. Das Hereinnehmen eines aktuellen und relevanten Themas in einen theorieüberladenen Elfenbeinturm kann die Theorie aus ihrer Erstarrung lösen und die Praxis beleben. In der Anwendung und Umsetzung von Ideen auf die kleinere Welt, unmittelbar vor der eigenen Tür, auf den eigenen Lebensbereich, lernt man erst die Vielgestaltigkeit der Problematik kennen. Ihre Überwindung schafft Kompetenz und Augenmaß. Ich würde mich freuen, wenn dieses Seminar noch viele Nachfolger finden würde.

München, im September 1983

Prof. Dr. Hans-Peter Dürr

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

1.	EINLEITUNG	1-1
1.1.	WER WIR SIND	1-1
1.2.	EINE KURZE ÜBERSICHT	1-1
1.3.	EINIGE GRUNDSÄTZLICHE GEDANKEN	1-3
2.	DIE HEUTIGE ENERGIESITUATION	2-1
2.1.	ALLGEMEINE GEDANKEN.	2-1
2.2.	DIE ANALYSE DER DREI VERBRAUCHSSEKTOREN.	2-3
2.2.1.	DER SEKTOR HAUSHALTE	2-3
2.2.1.1.	Aufteilung auf die Energieträger	2-3
2.2.1.2.	Die Verbrauchsstruktur	2-3
2.2.1.2.1.	Allgemeines.	2-3
2.2.1.2.2.	Aufteilung auf die Energieträger	2-3
2.2.1.2.3.	Fernwärme.	2-5
2.2.1.2.4.	öl und Kohle	2-5
2.2.1.2.5.	Strom.	2-6
2.2.1.2.6.	Gas.	2-6
2.2.1.2.7.	Zusammenfassung.	2-7
2.2.2.	DER SEKTOR KLEINVERBRAUCH.	2-8
2.2.2.1.	Aufteilung auf die Energieträger	2-8
2.2.2.2.	Die Verbrauchsstruktur	2-8
2.2.2.3.	Energieträger pro Verbrauchssektoren	2-8
2.2.3.	DER SEKTOR INDUSTRIE	2-10
2.2.3.1.	Aufteilung auf die Energieträger	2-10
2.2.3.2.	Die Verbrauchsstruktur	2-10
2.2.3.3.	Energieträger pro Verbrauchssektoren	2-10
2.3.	DAS MÜNCHENER ENERGIEFLUSSDIAGRAMM	2-13
2.3.1.	ALLGEMEINES.	2-13
2.3.2.	DIE ENDENERGIESTRUKTUR	2-17
2.3.2.1.	Die Stromerzeugung	2-17
2.3.2.2.	Die Fernwärmeerzeugung	2-18
2.3.2.3.	Der Heizölanteil	2-18
2.3.2.4.	Der Kohleanteil.	2-18
2.3.2.5.	Der Gasanteil.	2-18
2.3.3.	DIE AUFTEILUNG AUF DIE ANWENDUNGSBEREICHE.	2-19
2.3.4.	DIE PRIMÄRENERGIESTRUKTUR.	2-19
2.3.5.	DER MÜNCHNER GESAMTWIRKUNGSGRAD.	2-20
2.3.6.	DIE MÜNCHNER KRAFTWERKE.	2-21
2.3.7.	DER VERGLEICH MIT DER BUNDESREPUBLIK	2-27
2.4.	DIE UMWELTSITUATION.	2-30
2.4.1.	DER ANTEIL DER KRAFTWERKE IN MÜNCHEN	2-31
2.4.2.	ANTEIL VON HAUSHALTEN, KLEINVERBRAUCH, INDUSTRIE	2-33
2.4.3.	GESAMTEMISSION DER MÜNCHNER ENERGIEERZEUGUNG	2-34
2.5.	KRITIK AN DER OFFIZIELL GEPLANTEN ENTWICKLUNG.	2-36
2.5.1.	DIE ZUKÜNFTIGEN ANNAHMEN DER STADTWERKE.	2-36
2.5.2.	DIE BISHERIGEN ENERGIEPROGNOSEN DER STADT.	2-38

3.	EINE NEUE ENERGIEPOLITIK	3-1
3.1.	PERSPEKTIVEN	3-1
3.2.	ENERGIEEINSPARUNG.	3-3
3.2.1.	SENKUNG DES WARMEBEDARFS	3-3
3.2.2.	ENERGIESPARENDE HAUSHALTSGERÄTE.	3-10
3.2.3.	EINSPARMÖGLICHKEITEN IN DER INDUSTRIE.	3-11
3.2.4.	EINSPARMÖGLICHKEITEN IM KLEINVERBRAUCH	3-11
3.2.5.	WARUM ANDERE ENERGIETARIFE	3-11
3.3.	REGENERATIVE ENERGIEQUELLEN.	3-15
3.3.1.	DIE SONNENENERGIE.	3-15
3.3.1.1.	Die Solarzelle	3-15
3.3.1.2.	Der Sonnenkollektor.	3-15
3.3.1.2.1.	Aufbau einer Solaranlage	3-15
3.3.1.2.2.	Die Leistung eines Sonnenkollektors.	3-16
3.3.1.2.3.	Kollektoranlage zur Brauchwassererzeugung.	3-16
3.3.1.2.4.	Rentabilität der solaren Brauchwassererzeugung	3-17
3.3.1.2.5.	Kollektoranlage zur Raumheizung.	3-17
3.3.1.2.6.	Rentabilität der solaren Raumheizung	3-19
3.3.1.2.7.	Energetische Amortisation von Kollektoren.	3-20
3.3.2.	ENERGIE AUS BIOMASSE	3-21
3.3.2.1.	Methangärung	3-21
3.3.2.2.	Vergärung tierischer Exkremente.	3-22
3.3.2.3.	Vergärung pflanzlicher Abfälle	3-23
3.3.2.4.	Klärschlamm und Abwasser	3-24
3.3.2.5.	Müll	3-25
3.3.3.	WASSERKRAFT.	3-30
3.3.4.	DIE WINDENERGIENUTZUNG	3-31
3.3.4.1.	Allgemeines.	3-31
3.3.4.2.	Das Windenergiepotential in München.	3-32
3.3.4.3.	Wirtschaftlichkeitsberechnung.	3-36
3.3.4.4.	Resümee.	3-37
3.3.5.	NUTZUNG VON UMGEBUNGSENERGIE DURCH WÄRMEPUMPEN	3-38
3.4.	VERBESSERUNG DER HEUTIGEN TECHNOLOGIEN	3-41
3.4.1.	KRAFTWÄRMEKOPPLUNG IN KLEINEN ANLAGEN.	3-41
3.4.1.1.	Blockheizkraftwerke.	3-41
3.4.1.2.	Der Stromofen.	3-42
3.4.2.	FERNWÄRME.	3-44
3.4.2.1.	Berechnung nach Methode I.	3-44
3.4.2.1.1.	Berechnung der Fernwärmedichte	3-44
3.4.2.1.2.	Die heutige Fernwärmesituation	3-45
3.4.2.1.3.	Ergebnis	3-46
3.4.2.2.	Berechnung nach Methode II	3-48
3.4.2.2.1.	Die Stadtviertel als kleinste Einheiten.	3-49
3.4.2.2.2.	Fernwärmegeeignete Siedlungstypen	3-50
3.4.2.2.3.	Für Fernwärme geeignete Stadtviertel	3-50
3.4.2.2.4.	Ergebnis	3-51
3.4.2.2.5.	Alternative.	3-52
3.4.2.3.	Vergleich der Ergebnisse beider Methoden	3-53
3.4.2.3.1.	Maximales Fernwärmepotential	3-53
3.4.2.3.2.	Bestehende, aber ungeeignete Fernwärmegebiete.	3-54
3.4.2.4.	Kontrollrechnungen	3-54
3.4.2.4.1.	Heutiger Fernwärmerversorgungsgrad	3-54
3.4.2.4.2.	Die Bruttogeschoßfläche	3-54
3.4.2.5.	Zusammenfassung.	3-56

3.4.3.	EMISSIONSSCHUTZ BEI KRAFTWERKEN.	3-58
3.4.4.	WIRBELSCHICHTVERFAHREN	3-61
3.4.5.	WOMIT ZUKÜNFTIG HEIZEN?.	3-70
3.4.5.1.	Kosten und Primärenergievergleich.	3-70
3.4.5.2.	Einige Gedanken zur Nachtstromspeicherheizung.	3-74
4.	ENERGIEVERSORGUNG DER ZUKUNFT.	4-1
4.1.	ALLGEMEINES.	4-1
4.2.	WAS IST EIN SZENARIO?.	4-2
4.3.	DAS TABELLENVERFAHREN.	4-3
4.4.	WELCHER COMPUTER, WELCHES PROGRAMM?.	4-5
4.5.	DAS SZENARIO IM DETAIL	4-7
4.5.1.	UNSERE SZENARIOVARIANTEN	4-7
4.5.2.	DAS SZENARIOMODELL	4-8
4.5.3.	ALLGEMEINE PARAMETER	4-9
4.5.3.1.	Die Einwohnerentwicklung	4-9
4.5.3.2.	Die Entwicklung der Haushaltsanzahl.	4-10
4.5.3.3.	Die Entwicklung der Erwerbstätigenanzahl	4-10
4.5.4.	Der Sektor Haushalte	4-12
4.5.4.1.	Raumwärme.	4-12
4.5.4.1.1.	Der Berechnungsgang.	4-12
4.5.4.1.2.	Die Abschätzung der Prognoseparameter.	4-12
4.5.4.2.	Warmwasserbedarf	4-15
4.5.4.2.1.	Der Berechnungsgang.	4-15
4.5.4.2.2.	Bedarf durch Wasch- und Spülmaschinen	4-16
4.5.4.2.3.	Sonstiger Warmwasserbedarf	4-16
4.5.4.3.	Prozeßwärme, Licht und Kraft	4-17
4.5.4.3.1.	Der Berechnungsgang.	4-17
4.5.4.3.2.	Die Abschätzung der Szenarioparameter.	4-18
4.5.4.3.3.	Die Berechnung des zukünftigen Bedarfs	4-20
4.5.5.	DER SEKTOR KLEINVERBRAUCH.	4-21
4.5.5.1.	Der Raumwärmebedarf.	4-21
4.5.5.1.1.	Der Berechnungsgang.	4-21
4.5.5.1.2.	Die Abschätzung der Szenarioparameter.	4-21
4.5.5.2.	Der Prozeßwärmebedarf.	4-22
4.5.5.3.	Der Licht- und Kraftbedarf	4-22
4.5.5.4.	Der gesamte Endenergiebedarf	4-23
4.5.6.	DER SEKTOR INDUSTRIE	4-23
4.5.6.1.	Der Berechnungsgang.	4-23
4.5.6.2.	Die Abschätzung der Szenarioparameter.	4-24
4.5.7.	ABSCHÄTZUNG DES ENDENERGIEBEDARFS.	4-29
4.5.8.	DIE DECKUNG DES ENERGIEBEDARFS	4-30
4.5.8.1.	Das Berechnungsverfahren	4-30
4.5.8.2.	Unsere Ausgangsparameter	4-32
4.5.8.3.	Die Deckung des zukünftigen Strombedarfs	4-32
4.5.8.4.	Die Nutzung der Solarenergie	4-33
4.5.8.5.	Einsparung durch Solararchitektur.	4-36
4.5.8.6.	Die Deckung der restlichen Nutzenergie	4-37
4.5.8.7.	Die Erzeugung von Biogas	4-37
4.5.8.8.	Die Endenergiebilanz	4-38
4.5.8.9.	Die Primärenergiebilanz.	4-38
4.5.9.	DIE OBERE VARIANTE	4-39
4.5.10.	DIE KOMMUNALE WACHSTUMSVARIANTE.	4-42
4.5.11.	DIE KOMMUNALE NIEDRIGWACHSTUMSVARIANTE	4-44
4.5.12.	DIE UNTERE VARIANTE.	4-45

4.5.13.	ÜBERSICHT ÜBER DIE PARAMETER	4-46
4.6.	DIE SZENARIOERGEBNISSE UND IHRE BEWERTUNG.	4-48
4.6.1.	VERGLEICH ZWISCHEN OBERER UND UNTERER VARIANTE	4-48
4.6.2.	DIE SENSITIVITÄTSANALYSE	4-53
4.6.3.	DIE KOSTEN VON ENERGIESYSTEMEN	4-56
4.6.3.1.	Wie lassen sich Kosten errechnen?	4-56
4.6.3.2.	Welche Maßnahmen sind am billigsten?	4-58
4.6.3.3.	Das Investitionsprogramm der Stadtwerke.	4-59
4.6.4.	AUSWIRKUNGEN AUF DEN ARBEITSMARKT.	4-62
4.6.4.1.	Wie entstehen Arbeitsplätze?	4-63
4.6.4.2.	Studien für die Bundesrepublik	4-64
4.6.4.2.1.	Kern- und Steinkohlekraftwerke	4-65
4.6.4.2.2.	Direkte Solarenergienutzung.	4-65
4.6.4.2.3.	Wärmedämmung	4-65
4.6.4.2.4.	Herstellung langlebiger Produkte	4-66
4.6.4.2.5.	Fernwärme.	4-66
4.6.4.3.	Eine vergleichende Betrachtung	4-66
4.6.4.4.	Eine Abschätzung für München	4-69
4.6.4.5.	Fazit und Ausblick	4-70
4.6.5.	DIE UMWELTSITUATION IN DER ZUKUNFT	4-72
5.	WAS IST ZU TUN?	5-1
5.1.	Was kann der einzelne tun?	5-1
5.2.	Was kann die Stadt tun?	5-2
5.2.1.	Vorschläge für den Bereich der Raumheizung	5-5
5.2.2.	Vorschläge für sonstige Bereiche	5-6
5.2.3.	Vorschläge zur Informationspolitik	5-7
5.2.4.	Vorschläge für Anträge im Stadtrat	5-7
6.	WEITERE MÖGLICHKEITEN.	6-1
6.1.	SOLARZELLEN.	6-1
6.2.	SOLARER WASSERSTOFF.	6-4
ANHANG		A-1
Anhang A:	Daten des Planungsreferats	A-2
Anhang B:	Ergebnisse der Bedarfsszenarien	B-1
Anhang C:	Solarpotential	C-1
Anhang D:	Ergebnisse der Deckungsszenarien	D-1

LITERATURVERZEICHNIS

LISTE DER BILDER

1-1	Verfügbarkeit fossiler Brennstoffe	1-3
2-1	Verlauf von Endenergie- und Stromverbrauch in München.	2-2
2-2	Aufteilung des Nutzenergieverbrauchs	2-12
2-3	Energieflußdiagramm der Stadt München (Teil 1)	2-14
2-4	Energieflußdiagramm der Stadt München (Teil 2)	2-15
2-5	Energieflußdiagramm für München (Teil 3)	2-16
2-6	Energiebilanz der Münchner Heizkraftwerke (Stand 1982)	2-21
2-7	Die Münchner Fernwärmenetze.	2-23
2-8	Überblick über die Münchner Heizkraftwerke (1982)	2-24
2-9	Tages- und Jahresgang von Strom und Fernwärme	2-25
2-10	Vergleich: Endenergie pro Kopf und Jahr (ohne Verkehr)	2-27
2-11	Vergleich: Aufteilung auf die Verbrauchssektoren	2-28
2-12	Vergleich: Aufteilung auf die Energieträger.	2-28
2-13	Vergleich: Aufteilung auf die Anwendungsbereiche	2-29
2-14	Primärenergiebedarfs-Prognosen für die BRD	2-39
2-15	Endenergie- und Strombedarfsprognosen.	2-40
3-1	Wärmebilanzen der Haustypen.	3-5
3-2	Wärmetechnische Sanierung von Mehrfamilienhäusern.	3-6
3-3	Optimale Wärmedämmung nach Stiftung Warentest.	3-8
3-4	Strompreise für einzelne Haushalte	3-13
3-5	Solarer Deckungsanteil verschiedener Haustypen	3-18
3-6	Funktionsprinzip der Wärmepumpe.	3-38
3-7	Energiebilanzen von Gas- und Elektrowärmepumpe	3-39
3-8	Statistische Verteilung der Wärmedichte.	3-45
3-9	Bisheriger Fernwärme-Versorgungsgrad nach Wärmedichte.	3-46
3-10	Fernwärmegeeignete Gebiete nach Methode I.	3-47
3-11	Bisheriges Fernwärmenetz	3-47
3-12	Fernwärmegeeignete, aber nicht angeschlossene Gebiete.	3-48
3-13	Anteil des dominierenden Siedlungstyps im Stadtviertel	3-49
3-14	Anteil der für Fernwärme geeigneten Siedlungstypen.	3-50
3-15	Fernwärmegeeignete Gebiete nach Methode II	3-52
3-16	Nicht ausgewiesene, aber fernwärmegeeignete Gebiete.	3-53
3-17	NOx-Emissionen bei modifizierter Verbrennungstechnik	3-59
3-18	Kosten der SCR-Technik (2)	3-59
3-19	Vergleich der drei Feuerungsarten (2).	3-61
3-20	Schema der Wirbelschichtfeuerung	3-62
3-21	Entschwefelung in Abhängigkeit vom Kalksteinzusatz (2)	3-63
3-22	Versuchsergebnisse Lurgi-Pilotanlage	3-64
3-23	Vergleich klassische und druckbetriebene WSF	3-65
3-24	Primärenergievergleich von Heizsystemen (Typ III)	3-72
3-25	Kosten und Energieverbrauch von Heizsystemen (Typ I).	3-72
3-26	Kosten und Energieverbrauch von Heizsystemen (Typ II)	3-73
3-27	Kosten und Energieverbrauch von Heizsystemen (Typ III)	3-73
4-1	Zusammensetzung des Münchner Energieverbrauchs	4-2
4-2	Beispiel für ein Berechnungsschema	4-3
4-3	Berechnungsschema der Deckung.	4-31
4-4	Übersicht über die Szenarioparameter	4-47
4-5	Primärenergie: Die vier Varianten im Vergleich	4-49
4-6	Endenergie: Die vier Varianten im Vergleich.	4-50
4-7	Kraftwerkskapazität und Spitzenlast (ohne Ohu II).	4-52
4-8	Kraftwerkskapazität und Spitzenlast (mit Ohu II)	4-52
4-9	Energieflußbild unter Kostengesichtspunkten.	4-56
4-10	Zukünftige Investitionen der Elektrizitätswerke.	4-60

5-1	Vorschlag für die organisatorische Struktur.	5-5
6-1	Relative Kosten in Abhängigkeit vom Deckungsanteil . .	6-2

1. EINLEITUNG

1.1. WER WIR SIND

Diese Studie über eine alternative bzw. sanfte Energieversorgung der Stadt München hat das "Seminar Sanfte Energie für München" (SESAM) am Fachbereich Physik der Universität erarbeitet. Wir haben uns seit mehreren Semestern mit Energiefragen auseinandergesetzt. Unter anderem entstand dabei die Studie "Heizkraftwerk Moosach", die sich ausführlich mit dem Für und Wider eines zusätzlichen Heizkraftwerks im Rahmen der Münchner Energieversorgung auseinandersetzt.

Während unserer Arbeit wuchs das Bedürfnis, einzelne Energieprobleme nicht isoliert, sondern im Zusammenhang zu betrachten, also ein umfassendes Energiekonzept zu erarbeiten. Wir glauben, daß für die Wahl des zukünftigen Energiepfades die ausführliche Untersuchung und der Vergleich aller heute denkbaren Alternativen eine wesentliche Voraussetzung ist. Da von seiten der Stadt und damit auch der Stadtwerke hauptsächlich die bisherige Energiepolitik fortgeschrieben wird, versuchten wir, das Problem einmal unter ganz anderen Gesichtspunkten zu betrachten.

Schon bei der Moosachstudie wollten wir die im Rahmen des Seminars erworbenen theoretischen Kenntnisse vervollständigen und auf das konkrete Problem einer alternativen Energieversorgung anwenden. Dabei schien es uns auch wichtig zu sein, die politischen und gesetzlichen Grenzen nicht unberücksichtigt zu lassen. Inwieweit uns das gelungen ist, wird die öffentliche Diskussion unseres Beitrags zeigen.

Die Ergebnisse der Studie sind in diesem Materialienband festgehalten. Eine leicht verständliche und übersichtliche Zusammenfassung ist für denjenigen erhältlich, der nicht ganz so tief einsteigen will.

1.2. EINE KURZE ÜBERSICHT

Als Prognosezeitraum betrachten wir die nächsten 50 Jahre bis zum Jahr 2030. Nach kurzer Beschäftigung mit der Materie konnten wir nämlich feststellen, daß der Zeitraum bis zum Jahr 2000 (noch 17 Jahre) zu kurz ist, um die Auswirkungen einer alternativen Energieversorgung abschätzen zu können. Auch die meisten ähnlichen Veröffentlichungen verwenden die gleiche Zeitspanne.

Da die Stadtwerke hier in München vor allem die Sektoren Haushalte, Kleinverbrauch und Industrie versorgen, haben auch wir uns auf diese Bereiche festgelegt und den Sektor Verkehr erst einmal ausgeklammert. Das ist kein allzu großer Nachteil, da die Versorgung des Verkehrs relativ leicht von der übrigen Energieversorgung getrennt betrachtet werden kann. Im Kapitel über die Biogasnutzung gehen wir allerdings kurz darauf ein, wie zukünftig der Treibstoffbedarf beim Verkehr gedeckt werden könnte.

Im zweiten Kapitel des Materialienbandes beschäftigen wir uns mit der heutigen Situation der Münchner Energieversorgung. Wir haben soweit wie möglich versucht, die dazu notwendigen Daten von

den städtischen Stellen zu erhalten. Die dann noch fehlenden Zahlen - und das waren leider nicht wenige - mußten wir durch eigene Schätzungen ergänzen. Erst auf dieser Grundlage war die weitere Arbeit an unserem Energiekonzept möglich. Unter anderem waren wir damit in der Lage, die bisherige städtische Energiepolitik in ihrer Gesamtheit zu beurteilen.

Das dritte Kapitel bringt eine Zusammenfassung der Techniken und Einsparmöglichkeiten, die bereits heute technisch ausgereift und wirtschaftlich sind. Da diese Sachverhalte in anderen Studien ausführlich erläutert sind, konnten wir dieses Kapitel kurz halten und uns auf die Übertragbarkeit auf Münchner Verhältnisse konzentrieren.

Aufbauend auf den Ergebnissen des zweiten und dritten Abschnitts und mit der Vorgehensweise der Studie des ökoinstituts errechneten wir nun im vierten Kapitel verschiedene Varianten der Entwicklung des Münchner Energieverbrauchs. Neben der Entwicklung, die sich nach unseren Berechnungen einstellt, wenn die bisherige Politik der Stadt fortgeschrieben wird, erarbeiteten wir zwei kommunale Varianten, die die Stadt ohne fremde Hilfe verwirklichen könnte. Die Übertragung der Annahmen des ökoinstituts auf Münchner Verhältnisse führte zu einer unteren Variante. Dabei gingen wir so vor, daß zuerst nur der Einfluß der Einsparmöglichkeiten untersucht wurde. Anschließend schätzten wir dann jeweils das Potential der nichterschöpflichen Energieträger ab. Das Ergebnis ist, daß in den nächsten 50 Jahren der Münchner Energieverbrauch je nach Variante und damit politischer Weichenstellung um knapp 20 % steigt oder aber um mehr als zwei Drittel sinkt, wobei der Anteil nichterschöpflicher Energieträger zwischen 3 und 30 % liegt.

Es überrascht nicht, daß die unteren Varianten bei Energieverbrauch und Umweltbelastung wesentlich günstiger liegen. Interessanterweise kosten sie auch weniger und schaffen mehr Arbeitsplätze. Insofern fällt die Entscheidung, welchen Weg wir zukünftig gehen sollen, nicht mehr schwer.

Auch scheint uns sehr wesentlich zu sein, daß ein regionales Energiekonzept nicht nur die technischen Möglichkeiten einer Entwicklung aufzeigt. Vielmehr muß detailliert angegeben werden, durch welche konkreten Maßnahmen die politische Umsetzung möglich wird. Dabei hielten wir uns weitgehend an die Vorschläge des Tübinger Energiekonzepts und der Enquetekommission "Zukünftige Kernenergiepolitik" des Deutschen Bundestages (fünftes Kapitel).

Letztlich wollen wir hier noch anmerken, daß unsere Studie nicht den Anspruch, erhebt die Zukunft vorhersagen zu können. Wir können eigentlich nur aufzeigen, was aus heutiger Sicht passiert, wenn der eine oder andere Weg der Energieversorgung zukünftig eingeschlagen wird. Technologien, die heute noch nicht ausgereift sind, haben wir in unsere Berechnungen nicht miteinbezogen, sondern im sechsten Kapitel behandelt.

Unser Wunsch ist nun, daß diese Studie die Diskussionen um die Münchner Energieversorgung positiv anregt. Ganz besonders würden wir uns freuen, wenn dadurch die städtische Politik beeinflusst würde.

1.3. EINIGE GRUNDSÄTZLICHE GEDANKEN

Im Bewußtsein der Öffentlichkeit ist die Bedeutung des Energieproblems zurückgegangen. Aus sinkenden Ölpreisen haben viele den Schluß gezogen, alles sei gar nicht so schlimm und irgendwie würden es Wissenschaftler und Techniker schon schaffen.

Einige Überlegungen können aber schnell klar machen, daß die Lösung des Problems so einfach nicht sein kann. Wir sind im Moment dabei, einen riesigen Vorrat an Energie, den die Natur in Millionen Jahren aufgebaut hat, in wenigen Jahrzehnten, ja sogar in immer rasanterem Tempo aufzubrechen. Wir kennen die Größe dieses Vorrats nicht genau, er mag größer sein als heute bekannt ist. Fest steht aber - und an dieser Feststellung kann kein noch so großer Optimismus vorbei -, daß der Vorrat begrenzt ist. Irgendwann, in nicht allzuferner Zukunft, wird er zu Ende sein. Spätestens dann wird sich etwas ändern an unserem Umgang mit Energie.

In langfristigen Zeitmaßstäben gesehen kann unser Verbrauch an (erschöpflicher) Energie nur so aussehen:

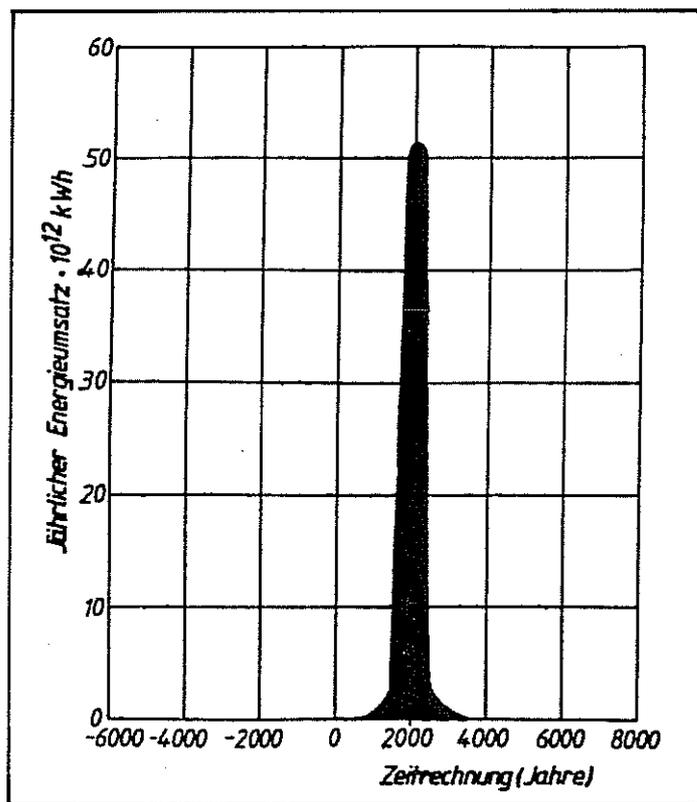


Bild 1-1: Verfügbarkeit fossiler Brennstoffe
(Entnommen aus einem Vorlesungsskript von Prof. Dr. Sizmann, LMU München, Wintersemester 1980/81)

Und nicht nur der Vorrat an Energie ist endlich, sondern auch die Belastbarkeit der Umwelt durch Abgase, Radioaktivität und Abwärme. Selbst wenn uns genügend Energie zur Verfügung stünde, müßte ein immer weiter wachsender Verbrauch an Energie unsere Umwelt zerstören. Schon jetzt ist die Zerstörung der Umwelt weit fortgeschritten. (Wir erinnern hier nur an das Waldsterben.)

Wir müssen demnach unseren Verbrauch an Energie senken. Unser Verbrauch an Vorratsenergien (öl, Gas, Kohle, Uran) muß sogar auf Null gesenkt werden. Womit sollen wir dann aber unseren Energiebedarf decken?

Es gibt auch Energien, die nicht einen erschöpflichen Vorrat darstellen, sondern der Erde kontinuierlich zufließen: Sonnenenergie, Wasserkraft, Windenergie, Bioenergie usw.

Aber diese "Flußenergien" oder regenerativen Energien stehen nicht in beliebigem Ausmaß zur Verfügung. Wir müssen uns mit dem zufriedengeben, was uns die Sonne zur Verfügung stellt - auch Wind-, Wasser- und Bioenergie entstehen letztlich aus Solarenergie -, und auch davon werden wir nur einen kleinen Teil nützen können.

Wenn man die Größe des jetzigen Verbrauchs dem gegenüberstellt, was an regenerativer Energie gewinnbar wäre, so stellt man schnell fest, daß der Energiebedarf keineswegs so weiter wachsen darf wie bisher, daß er sogar sinken muß, soll der Übergang zu regenerativen Energien möglich sein. Wir haben ja vorhin bereits festgestellt, daß eine Senkung des Energieverbrauchs auch aus Gründen der Erhaltung der Umwelt notwendig ist.

Bedeutet die Senkung des Energieverbrauchs, daß auch der Lebensstandard entsprechend sinken wird? Nicht unbedingt. Unser jetziges Energiesystem ist gekennzeichnet durch ungeheure Verschwendung. Das heißt, daß nur ein kleiner Teil der Energie, die wir verbrauchen, schließlich zur Befriedigung menschlicher Bedürfnisse dient. Der größte Teil geht unterwegs verloren.

Wenn wir diese großen Verluste reduzieren, könnte es gelingen, bei gleichem Wohlstand mit wesentlich weniger Energie auszukommen. (Ein ganz anderes Problem ist es, wieviel von diesem Wohlstand wir zu unserem Glück überhaupt benötigen).

Wenn wir also klug sind, werden wir unseren allzu hohen Verbrauch an Energie reduzieren und den verbleibenden Restbedarf zu einem immer höheren Prozentsatz mit regenerativen Energien decken. So können wir ganz sanft und ohne daß wir uns zu sehr einschränken müßten, mit dem Problem fertig werden. Dabei sollten wir berücksichtigen, daß die Umstellung auf regenerative Energien viel Zeit und Energie benötigt. Wenn wir dagegen so weitermachen wie bisher, dann werden unsere Energievorräte irgendwann erschöpft sein. Wir werden buchstäblich vor dem Nichts stehen, und die vielzitierte "Rückkehr in die Steinzeit" findet dann tatsächlich statt.

Nach diesen allgemeinen Überlegungen kann man jetzt die Richtung sehen, in die wir gehen müssen, aber wie wir diese Umstellung auf weniger Energieverbrauch und auf regenerative Energiequellen bewerkstelligen sollen, ob es überhaupt geht, das bleibt noch unklar. Genau diese ganz konkreten Dinge haben wir in unserer Studie untersucht. Für einen kleinen, relativ überschaubaren Bereich, nämlich für die Stadt München, versuchen wir, den Weg zu weniger Energieverbrauch und zu regenerativen Energien möglichst genau abzustecken.

Um es noch einmal zusammenzufassen: Die bisherige Energiepolitik hat sich immer am Bedarf orientiert, sie hat versucht, diesen Bedarf zu decken, ohne dabei viel Rücksicht auf die Ressourcen

oder die Umwelt zu nehmen. In Zukunft werden wir umgekehrt vorgehen müssen: Zunächst überlegen, wieviel regenerative Energie zur Verfügung steht, wieviel Energieverbrauch wir der Umwelt zumuten dürfen und dann nach dem Ergebnis unserer Überlegungen unseren Energieverbrauch ausrichten.

Unser Konzept ist ein Konzept für die Übergangszeit, es kann die Umstellung auf regenerative Energieträger nur zum Teil leisten (zumindest, wenn man, wie wir es getan haben, das Umland nicht miteinbezieht). Wollten wir morgen schon auf fossile Energieträger verzichten, dann müßten wir auch große Einbußen an Komfort hinnehmen. Natürlich kann man sich fragen, ob dieser Komfort für das Glück der Menschen so ausschlaggebend ist. Vielen scheint er jedoch sehr wichtig zu sein, und wir sollten uns darüber nicht zum Richter machen. Deshalb gehen wir in unserer Studie so vor, daß wir noch eine leichte Steigerung des Wohlstands annehmen, daß wir aber alle technischen Möglichkeiten der Energieeinsparung ausschöpfen. Natürlich wollen wir niemand daran hindern, auf Komfort zu verzichten, wir wollen aber auch niemanden dazu zwingen. Und es ist ja auch nicht so, daß morgen die Lichter ausgehen. Vor allem wenn wir den Energieverbrauch reduzieren, werden wir noch lange Zeit fossile Energieträger zur Verfügung haben, und damit viel Zeit, uns umzustellen.

Bei dieser Umstellung geht es nicht nur darum, die fossilen Energieträger durch andere zu ersetzen. Die Sahara mit Solarzellen vollzustellen oder ausgedehnte Monokulturen zur Gewinnung von Treibstoffen aus Biomasse anzulegen ist ökologisch gesehen ähnlich unvernünftig wie die Verfeuerung fossiler Brennstoffe. Es ist auch nicht einzusehen, warum Energiegewinnungsanlagen immer gigantische Ausmaße haben müssen, mit der Folgewirkung ebenso gigantischer Verteilungssysteme. Energie wird dezentral verbraucht, warum kann sie nicht auch dezentral gewonnen werden? Es ist wirklich auffällig, daß hier immer ein Hang zu großer, aufwendiger, teurerer Technik besteht. Statt viel Geld in große Windenergieanlagen, Solar-Tower-Kraftwerke und ähnlich ehrgeizige Projekte zu investieren, hätte man besser eine Vielzahl kleiner Projekte gefördert. Aber vielleicht haben wir hier, wie Theo Ginzburg sagt, "nicht eine Energielücke, sondern eine Phantasielücke" bei Technikern und Politikern. Allzuviel Aufwand und Kompliziertheit sind sicherlich ungünstiger als einfache, zuverlässige und angepaßte Technik. Damit ist keine Primitivtechnik gemeint, im Gegenteil. Ein Ziel mit kleinem Aufwand, elegant und sicher, zu erreichen, ist jedenfalls viel schwieriger als, mit Lovins' Worten, "Butter mit der Kreissäge" zu schneiden. Und, machen wir uns nichts vor, komplizierte Technik ist im Grunde schlechte Technik. Eine gewisse Komplexität mag unumgänglich sein, aber alles, was darüber hinausgeht, ist negativ zu werten, nicht positiv.

2. DIE HEUTIGE ENERGIESITUATION

2.1. ALLGEMEINE GEDANKEN

Zur anschaulichen Darstellung ist es sinnvoll, den Energiebedarf Münchens in Bezug auf Verbrauchssektoren, Energieträger und Anwendungsbereiche aufzuteilen:

Verbrauchssektoren:	- Haushalte - Kleinverbraucher - Industrie
Energieträger:	- Öl - Gas - Kohle - Fernwärme - Strom
Anwendungsbereiche:	- Raumwärme - Warmwasserbereitung - Prozeßwärme - Licht und Kraft

Die Aufteilung in die Verbrauchssektoren und Energieträger macht dabei wenig Probleme, da entsprechende Zahlen für die Jahre 1970 bis 1980 vom Planungsreferat zur Verfügung gestellt wurden (siehe Anhang A). Wesentlich schwieriger gestaltet sich die Trennung auf die Anwendungsbereiche, da hierzu von der Stadt München keine offiziellen Zahlen zur Verfügung gestellt werden. So waren wir gezwungen, aus Zahlen der Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE) und von Wilde (WIL) eigene Schätzungen zu erarbeiten.

Da für das Jahr 1979 das umfangreichste Zahlenmaterial vorliegt, nehmen wir dieses als Analysejahr. Dieses Jahr war noch nicht von der darauffolgenden Rezession betroffen (die Industriekapazitäten waren weitgehend ausgelastet!), so daß wir den weiteren Energiebedarf ausgehend von 1979 wohl kaum unterschätzen dürften.

Wenn wir uns im nächsten Bild den bisherigen Verlauf des Endenergieverbrauches in München ansehen, stellen wir von 1969 bis 1979 eine Steigerung um 27.2 % fest. Das sind pro Jahr ca. 2.5 %. Der Stromverbrauch stieg dagegen im gleichen Zeitraum wesentlich stärker, nämlich um 94 %, was einer Steigerung von ca. 7 % pro Jahr entspricht. Der Nachtstromanteil vergrößerte sich von 34 GWh auf 259 GWh, was 1.6 % bzw. 6.2 % des Stromverbrauchs sind. Das oft gehörte Argument, daß der Münchner Stromverbrauch im wesentlichen durch die Nachtstromverbrauchssteigerung anwachsen, ist daher offensichtlich falsch, da auch ohne diesen ein Anstieg um 85 % stattfand.

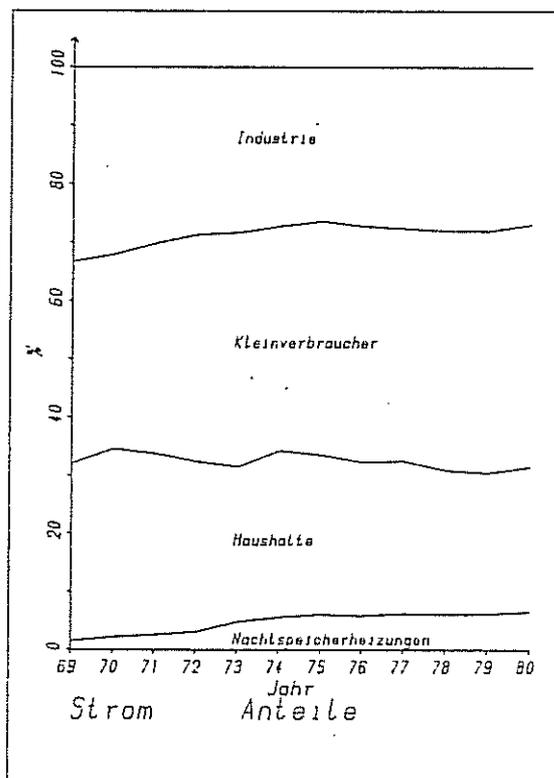
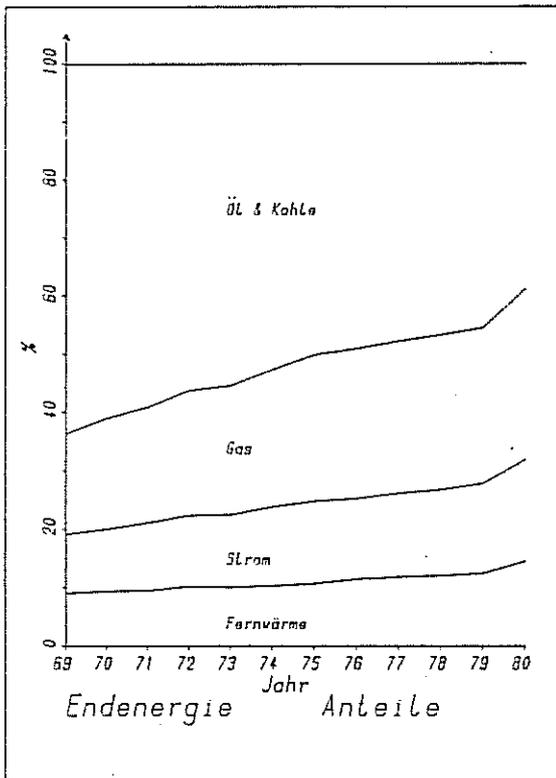
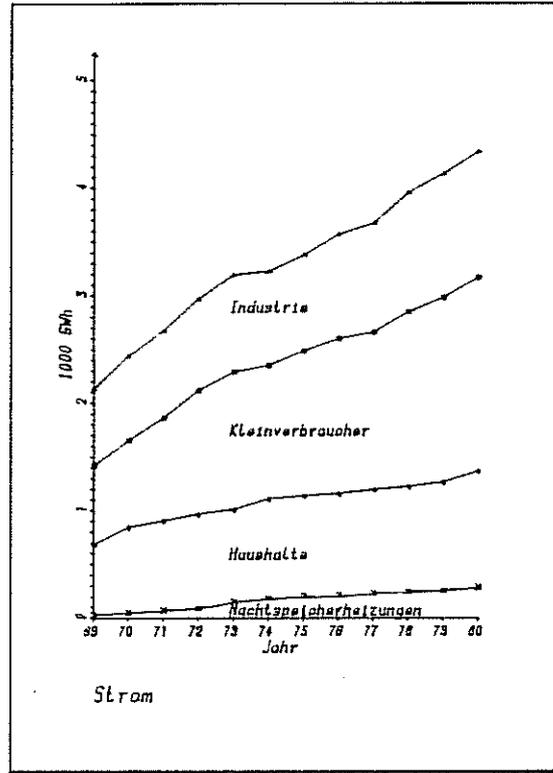
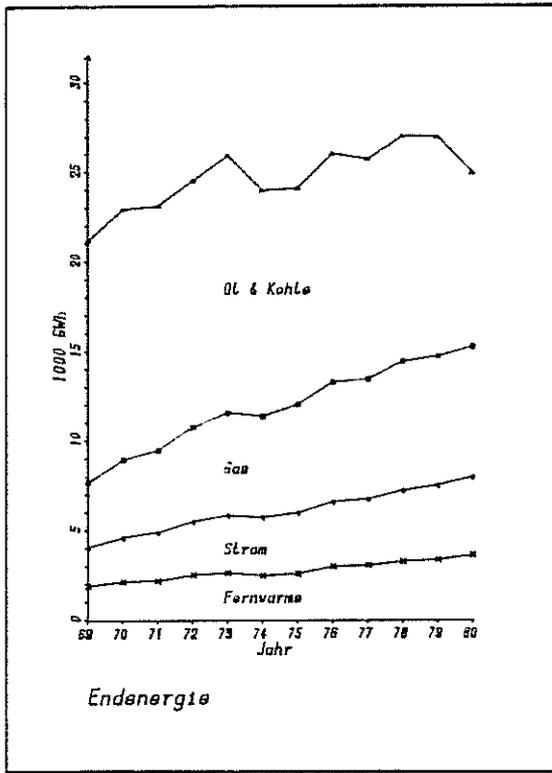


Bild 2-1: Verlauf von Endenergie- und Stromverbrauch in München

2.2. DIE ANALYSE DER DREI VERBRAUCHSSEKTOREN

2.2.1. DER SEKTOR HAUSHALTE

2.2.1.1. Aufteilung auf die Energieträger

Für die Jahre 1970 bis 1980 kann der gesamte Endenergieverbrauch im Sektor Haushalte und die Aufteilung auf die verschiedenen Energieträger den Daten des Planungsreferats entnommen werden (PLA-1970 bis PLA-1980, siehe Anhang A).

2.2.1.2. Die Verbrauchsstruktur

2.2.1.2.1. Allgemeines

Für den folgenden Berechnungsgang sind einige Grunddaten von Interesse, die konstant bleiben.

- Nach SEP-25 leben 1979 durchschnittlich 2.3 Einwohner in einer Münchner Wohnung. In einem Münchner Haushalt leben aber nur 1.9 Personen.
- Der Energiebedarf zur Warmwasserbereitung für eine bestimmte Personenanzahl pro Jahr errechnet sich bei einer durchschnittlichen Erwärmung um 35 Grad näherungsweise zu:

$$\text{Personenanzahl} * \text{Liter} * 0.04 \text{ kWh/l} * 365 \text{ Tage}$$

Unter Liter wird dabei der Verbrauch pro Kopf und Tag verstanden.

- Der mittlere Warmwasserbedarf pro Kopf und Tag in München kann folgendermaßen abgeschätzt werden:
 - o In WIL-77 wird für 1975 ein mittlerer Jahreswarmwasserbedarf von 1125 kWh pro Haushalt errechnet. Das entspricht nach der Rechnung des ökoinstuts bei 2 Personen/Haushalt 38.5 l pro Kopf und Tag.
 - o Das ökoinstitut rechnet für 1980 mit 50 l pro Kopf und Tag. Das scheint bei weitem zu viel zu sein. Offensichtlich ist der Warmwasserbedarf bis 1980 nicht in dem Maße wie erwartet gestiegen.
 - o Auf der Handwerksmesse 1983 in München wird von fast allen Firmen bei der Bemessung von Warmwasserheizsystemen mit 35 l pro Kopf und Tag gerechnet.

Somit kann ein starker Rückgang des Verbrauchs in den Schätzungen festgestellt werden, so daß uns ein Verbrauch von ca. 35 l pro Kopf realistisch erscheint.

2.2.1.2.2. Aufteilung auf die Energieträger

Die Daten des Planungsreferats (PLA-1970 bis PLA-1980) und die der Süddeutschen Zeitung (SZ 1981 Nr. 114/S. 17) stimmen, was die Aufteilung angeht, gut überein. Wir verwenden die Daten des Planungsreferats als Rechengrundlage, da diese neueren Datums sind. Aus der SZ kann allerdings noch die Aufteilung bei Kohle- und Heizöltechnologien bezüglich Sammel- und Einzelheizungen entnommen werden. Somit läßt sich die Heizungsstruktur in München im Sektor Haushalte angeben:

	zentral beheizt		dezentral beheizt		Summe	
	Wohnungen	%	Wohnungen	%	Wohn.	%
Kohle + öl	266 500	65	60 000	40	326 500	58
Gas	62 000	15	62 000	41	124 000	22
Fernwärme	83 100	20	—	—	83 100	15
Strom	—	—	28 700	19	28 700	5
	411 600	73	150 700	27	562 300	=100

Die Aufteilung der Gasheizungen wurde nach WIL-48 vorgenommen (48:52). Da diese Zahlen für 1975 (zentral 48 %, dezentral 52 %) gelten, kann überschlagsweise für 1979 ein Verhältnis von 50:50 angenommen werden. Damit ist der momentane Trend zur zentral beheizten Wohnung berücksichtigt.

Bezüglich der Aufteilung der Warmwasserbereitungstechnologien liegen uns keine offiziellen Zahlen vor. Daher verwenden wir die Zahlen von Wilde (WIL-81 / Bild 28), die den Anteil der Wohnungen angeben, in denen mit der jeweiligen zentralen Heizungstechnologie auch zentral Warmwasser bereitet wird.

öl- oder Kohlesammelheizung	:	75 %
Gas Sammelheizung	:	90 %
Fernwärme	:	85 %

Damit ist die Anzahl der Wohnungen mit zentraler Warmwasserbereitung bekannt. Es bleiben noch 235 990 Wohnungen, die das Warmwasser dezentral erzeugen. Nach Wilde (WIL-48) ist dabei die Aufteilung der einzelnen Energieträger wie folgt gegeben:

öl oder Kohle	:	13 %
Gas	:	22 %
Strom	:	65 %

Unter der bei Wilde für den Bereich öl und Kohle angegebenen Modernisierungsrate von mindestens 10 % jährlich sinkt dieser Anteil auf ca. 8 % ab. Die Differenz wird gleichmäßig auf Gas und Strom aufgeteilt (Gas: 24 %, Strom: 68 %). Somit ergibt sich die folgende Aufteilung:

	WW zentral		WW dezentral		Summe	
	Wohnungen	%	Wohnungen	%	Wohnungen	%
öl und Kohle	199 875	61	18 879	8	218 754	39
Gas	55 800	17	58 998	24	114 798	20
Fernwärme	70 635	22	—	—	70 635	13
Strom	—	—	160 473	68	160 473	28
	326 310	58	235 990	42	562 300	100

2.2.1.2.3. Fernwärme

Daten: Verbrauch 1979 : 1257 GWh
Anzahl der beheizten Wohnungen : 83 100

Warmwasseranteil

Wie oben gezeigt, decken 70 635 Wohnungen oder 162 461 Personen ihren Warmwasserbedarf mit Fernwärme.

--> Nutzenergiebedarf:

$$35 \text{ l} * 0.04 \text{ kWh/l} * 365 \text{ Tage} * 162 \text{ 461} = 83 \text{ GWh.}$$

Nach WIL-78 liegt der Wirkungsgrad bei ca. 60 %.

--> Endenergieverbrauch:

$$83 \text{ GWh} / 0.6 = 138 \text{ GWh.}$$

Raumwärmeanteil

Durch Abzug des Warmwasseranteils vom gesamten Endenergieanteil der Fernwärme ergibt sich der Raumwärmeanteil (Endenergie) zu:

$$1257 \text{ GWh} - 138 \text{ GWh} = 1119 \text{ GWh.}$$

Pro Wohnung sind das 13.5 MWh/a an Endenergie. Mit einem Wirkungsgrad von 85 % (WIL-50) wird der Nutzenergiebedarf 13.5 MWh/a * 0.85 = 11.5 MWh/a.

2.2.1.2.4. Öl und Kohle

Da das Planungsreferat diese beiden Energieträger im Haushaltssektor nur zusammen ausweist, wird der Kohleanteil vernachlässigt. Dies ist zulässig, da er nach E80 für die gesamte Endenergie nur ca. 6 % beträgt.

Daten: Verbrauch (Jahr) : 6137 GWh/a
Anzahl der beheizten Wohnungen : 326 500

Warmwasseranteil

Wie oben abgeleitet wurde, bereiten 199 875 Wohnungen oder 459 713 Einwohner ihr Warmwasser zentral mit Öl oder Kohle.

--> Nutzenergiebedarf bei zentraler Warmwasserbereitung:

$$35 \text{ l} * 0.04 \text{ kWh/l} * 365 \text{ Tage} * 459 \text{ 713} = 235 \text{ GWh}$$

Weitere 18 879 Wohnungen oder 43 422 Einwohner haben eine dezentrale Warmwasserbereitung.

--> Nutzenergiebedarf bei dezentraler Warmwasserbereitung:

$$35 \text{ l} * 0.04 \text{ kWh/l} * 365 \text{ Tage} * 43 \text{ 422} = 22 \text{ GWh}$$

Der Wirkungsgrad bei zentraler Bereitung ist 40 %, bei dezentraler 35 % (WIL-78).

--> Endenergie bei zentraler Warmwasserbereitung:

$$235 \text{ GWh} / 0.4 = 588 \text{ GWh}$$

--> Endenergie bei dezentraler Warmwasserbereitung:

$$22 \text{ GWh} / 0.35 = 63 \text{ GWh}$$

--> Endenergie zur Warmwasserbereitung: 651 GWh

Raumwärmeanteil

Es bleiben 6137 GWh - 651 GWh = 5486 GWh für die Raumheizung. Pro Wohnung sind das 16.8 MWh/a. Mit 56 % Wirkungsgrad ist der Nutzenergiebedarf pro Wohnung 9.4 MWh/a.

2.2.1.2.5. Strom

Daten: Endenergie bei Raumheizung (Jahr) : 259 GWh/a
 beheizte Wohnungen : 28 700
 Endenergieverbrauch gesamt : 1264 GWh

Warmwasseranteil

Für Warmwasser, Prozeßwärme und Licht und Kraft bleiben somit noch 1264 GWh - 259 GWh = 1005 GWh. Wie vorher gezeigt, erzeugen 160 473 Wohnungen oder 369 088 Einwohner ihr Warmwasser mit Strom.

--> Nutzenergiebedarf:
35 l * 0.04 kWh/l * 365 Tage * 369 088 = 189 GWh
Mit einem Wirkungsgrad von 80 % (WIL-78) ergibt sich:
--> Endenergieverbrauch:
189 GWh / 0.8 = 236 GWh

Somit bleiben für Prozeßwärme, Licht und Kraft noch 1005 GWh - 236 GWh = 769 GWh.

Raumheizungsanteil

Nach Planungsreferat (PLA-1979) = 259 GWh
Pro Wohnung sind das 9 MWh/a. Mit 95 % Wirkungsgrad für die Elektrospeicherheizung wird der Nutzwärmebedarf pro Wohnung zu 8.55 MWh/a.

2.2.1.2.6. Gas

Daten: Raumwärme und Warmwasser (Jahr) : 1820 GWh/a
 Anzahl der beheizten Wohnungen : 124 000
 Prozeßwärme (Jahr) : 160 GWh/a

Prozeßwärmeanteil

Nach WIL-99 benötigte ein Haushalt in München im Jahr 1975 für einen Gasherd 688 kWh. Ferner gibt Wilde an (WIL-48), daß die Gasherde in München einen Anteil von ca. 32 % haben (Rest sind Elektroherde). Für 1979 kann angenommen werden, daß sowohl der spezifische Energiebedarf als auch der Anteil des Gasherdes ungefähr gleichgeblieben ist.

Nach SEP-14 kann die Zahl der Haushalte im Jahr 1979 zu 638 000 abgeschätzt werden. Somit ergeben sich 638 000 * 0.32 = 204 160 Haushalte mit Gasherd.

--> Endenergiebedarf:
204 160 * 688 kWh/a = 141 GWh
Dieser Wert stimmt ziemlich genau mit dem von Planungsreferat angegebenen Wert für Prozeßwärme (160 GWh) überein.

Warmwasseranteil

Aus dem vorher Gezeigten geht hervor, daß 55 800 Wohnungen oder 128 340 Einwohner ihr Warmwasser zentral und 58 998 Wohnungen oder 135 695 Einwohner ihr Warmwasser dezentral mit Gas erzeugen.

--> Nutzenergiebedarf (zentral):
35 l * 0.04 kWh/l * 365 Tage * 128 340 = 66 GWh
--> Nutzenergiebedarf (dezentral):
35 l * 0.04 kWh/l * 365 Tage * 135 695 = 69 GWh

Mit Wirkungsgraden von 45 % (zentral) und 65 % (dezentral) ergibt sich:

- > Endenergieverbrauch (zentral):
66 GWh / 0.45 = 147 GWh
- > Endenergieverbrauch (dezentral):
69 GWh / 0.65 = 106 GWh
- > Endenergie für Warmwasserbereitung: = 253 GWh

Raumwärmeanteil

Es bleiben 1820 GWh - 253 GWh = 1567 GWh für die Raumheizung mit Gas. Das ergibt 12.6 MWh/a pro Wohnung. Mit einem mittleren Wirkungsgrad von 64 % (WIL-50) ist der Nutzwärmebedarf pro Wohnung 8.1 GWh/a.

2.2.1.2.7. Zusammenfassung

In der Bundesrepublik beträgt der Warmwasserverbrauch ca. 15 % des Raumwärmeverbrauchs. Hier in München liegen wir bei etwa 13 %, was im Rahmen unserer Abschätzungen vergleichbar ist. Die folgende Tabelle faßt die Ergebnisse noch einmal zusammen:

Endenergie: (in GWh)

	Öl + Kohle	Gas	Fern- wärme	Strom	Summe GWh	%
Raumheizung in %	5486 65	1567 19	1119 13	259 3	8431	87
Warmwasser in %	651 51	253 20	138 11	236 18	1278	13

Nutzenergie: (in GWh)

	Öl + Kohle	Gas	Fern- wärme	Strom	Summe GWh	%
Raumheizung in %	3072 58	1003 19	951 18	246 5	5272	89
Warmwasser in %	257 39	135 20	83 13	189 28	664	11

Damit ist der mittlere Wirkungsgrad bei der Raumheizung ca. 63 %. Bei der Warmwasserbereitung liegt er bei ca. 52 %. Hier ist wieder deutlich sichtbar, daß wir unsere Energie ziemlich verschwenderisch bereiten.

2.2.2. DER SEKTOR KLEINVERBRAUCH

2.2.2.1. Aufteilung auf die Energieträger

Fuer die Jahre 1970 bis 1980 kann der gesamte Endenergieverbrauch im Sektor Kleinverbrauch und die Aufteilung auf die verschiedenen Energieträger den Daten des Planungsreferats entnommen werden (PLA-1970 bis PLA-1980, siehe Anhang A).

2.2.2.2. Die Verbrauchsstruktur

Das Feststellen der Verbrauchsstruktur erweist sich als äußerst schwierig, da alle uns bekannten Quellen hier stark unterschiedliche Werte angeben:

	BRD 1973	München 1975		Mü. 1970
		WIL-160	WIL-180-184	FfE 27-1
Raumwärme	75 %	72.6 %	85 %	79 %
Warmwasser		2.2 %	1.2 %	9 %
Prozesswärme	19 %	9 %	7.5 %	12 %
Licht und Kraft	6 %	16 %	5.9 %	*

* = in Prozeßwärme enthalten

Da nicht geklärt werden kann, welche Quelle der Wirklichkeit am nächsten kommt, und da die Zahlen für die Bundesrepublik offiziell sind, nehmen wir für München die gleiche Verteilung an. Dies ist eine konservative Annahme, da die Verwendung der Zahlen von Wilde oder der Forschungsstelle für Energiewirtschaft wegen des höheren Raumwärmeanteils und der damit besonders hohen möglichen Energieeinsparungen zu einem noch stärkeren Energieverbrauchsrückgang führen würde. Auch ist anzunehmen, daß sich die Verbrauchsstruktur von 1973 bis 1979 nicht wesentlich geändert hat.

Damit ergeben sich die folgenden Zahlen:

Endenergie ges.	Raumwärme	Prozeßwärme	Licht und Kraft
100 %	75 %	19 %	6 %
11 848 GWh	8886 GWh	2251 GWh	711 GWh

2.2.2.3. Energieträger pro Verbrauchssektoren

Auch hierzu existieren keine offiziellen Zahlen. Das Ökoinstitut gibt für das Jahr 1973 an, daß in der Bundesrepublik die Raumwärme im Sektor Kleinverbrauch fast gänzlich mit nichtelektrischen Energieträgern erzeugt wird. Für die Prozeßwärme wird ein Verhältnis von Strom zu nichtelektrischen Energieträgern von 40:60 errechnet. Licht und Kraft werden in der Regel durch Strom erzeugt. Die Analyse der Zahlen des Planungsreferats ergibt von 1973 bis 1979 einen vergrößerten Anteil des Stroms und dementsprechend einen relativen Rückgang von Öl und Kohle (nichtelektrischer Anteil). Diesen Sachverhalt berücksichtigen wir durch eine Veränderung des Verhältnisses Strom zu nichtelektrischen Energieträgern von 45:55 bei der Prozeßwärme. Mit diesen Werten ergibt sich - was die Aufteilung auf Strom und nichtelektrische Energieträger betrifft - eine erstaunlich genaue Nachbildung der

--- MATERIALIENBAND : Die heutige Energiesituation ---

Realität von 1979 (Strom: 1721 GWh, nichtelektrischer Anteil: 10128 GWh).

	Raumwärme	Prozeßwärme	Licht/Kraft	Summe
Endenergie	8 886 GWh	2251 GWh	711 GWh	11848 GWh
Stromanteil %	---	45 %	100 %	
absolut	---	1013 GWh	711 GWh	1724 GWh
nichtel. %	100 %	55 %	---	
absolut	8 886 GWh	1238 GWh	---	10124 GWh

Wilde schlägt mangels genauerer Zahlen vor (WIL-160), die Aufteilung der nichtelektrischen Energieträger in den Bereichen Raumwärme und Prozeßwärme identisch vorzunehmen. Da meist eine Kopplung zwischen beiden Anwendungen besteht ist dieser Ansatz wohl sicherlich gerechtfertigt. Mit den Zahlen des Planungsreferats (PLA-1979) ergibt sich:

	öl und Kohle	Gas	Fernwärme
Anteil an Endenergie	44 %	27 %	14 %
Anteil am nichtel. Verbr.	52 %	32 %	16 %

Damit läßt sich die Aufteilung der Energieträger im Sektor Kleinverbrauch auf die Verbrauchsstruktur endgültig vornehmen. Die Berechnung der Nutzenergie im Bereich Raumwärme erfolgte unter der Annahme gleicher Wirkungsgrade wie bei den Haushalten.

	Raumwärme	Prozeßwärme	Licht/Kraft	Summe
Endenergie	8886 GWh	2251 GWh	711 GWh	11 848 GWh
öl / Kohle	4533 GWh	633 GWh	---	5 166 GWh
Gas	2858 GWh	399 GWh	---	3 257 GWh
Fernwärme	1495 GWh	209 GWh	---	1 704 GWh
Strom	---	1010 GWh	711 GWh	1 721 GWh
Nutzenerg.	5638 GWh			
öl / Kohle	2538 GWh			
Gas	1829 GWh			
Fernwärme	1271 GWh			
Strom	---			

2.2.3. DER SEKTOR INDUSTRIE

2.2.3.1. Aufteilung auf die Energieträger

Fuer die Jahre 1970 bis 1980 kann der gesamte Endenergieverbrauch im Sektor Industrie und die Aufteilung auf die verschiedenen Energieträger und Industriesektoren den Daten des Planungsreferats entnommen werden (PLA-1970 bis PLA-1980).

2.2.3.2. Die Verbrauchsstruktur

Auch hier erweist sich das Feststellen der Verbrauchsstruktur als äußerst schwierig, da wieder die uns bekannten Quellen stark unterschiedliche Werte angeben:

	BRD 1978	München 1975 WIL-175	Mü. 1970 FfE 27-1
Raumwärme	14 %	24 %	60 %
Warmwasser	*	1.68%	7 %
Prozesswärme	75 %	39 %	33 %
Licht und Kraft	11 %	35 %	*

* = in Prozeßwärme enthalten

Angesichts der äußerst unterschiedlichen Meinungen der verschiedenen Autoren und der Tatsache, daß die Forschungsstelle für Energiewirtschaft sich seit Jahren mit dieser Problematik beschäftigt, verwenden wir diese Zahlen. Wir nehmen an, daß im Jahr 1979 in etwa noch die gleiche Aufteilung gilt. Dies ist deshalb zulässig, da auch ein etwaiger größerer Fehler sich wegen des geringen Anteils der Industrie am Münchner Endenergieverbrauch (ca. 17 % im Jahr 1979) kaum auswirkt.

Somit ergeben sich die folgenden Zahlen:

Endenergie ges.	Raumwärme	Warmwasser	Licht und Kraft + Prozeßwärme
100 % 4 457 GWh	60 % 2674 GWh	7 % 312 GWh	33 % 1471 GWh

2.2.3.3. Energieträger pro Verbrauchssektoren

Strom wird nur wenig bei Raumwärme und Warmwasser verwendet. Somit wird der gesamte Strom in den Sektoren Prozeßwärme / Licht und Kraft verbraucht. Den restlichen Anteil Prozeßwärme / Licht und Kraft teilen wir auf die verbleibenden Energieträger auf. Wegen fehlender Daten müssen wir auch bei der Aufteilung auf die Anwendungsbereiche Raumwärme und Warmwasser von einer gleichmäßigen Aufteilung ausgehen.

(alle Werte in GWh)

	Gesamt	öl+Kohle	Gas	Fernwärme	Strom
Raumwärme	2 674	756	1 597	321	—
Warmwasser	312	88	186	38	—
PW / L + K	1 471	88	186	37	1 160
Summe	4 457	932	1 969	396	1 160

--- MATERIALIENBAND : Die heutige Energiesituation ---

Bei der Berechnung der Nutzenergie gehen wir mangels genauerer Zahlen von den gleichen Anlagenwirkungsgraden wie bei den Haushalten und Kleinverbrauchern aus, womit sich die folgende Übersicht ergibt:

(alle Werte in GWh)

	öl+Kohle	Gas	Fernwärme	Strom
Raumwärme	423	1 022	273	=
Warmwasser	35	99	23	=

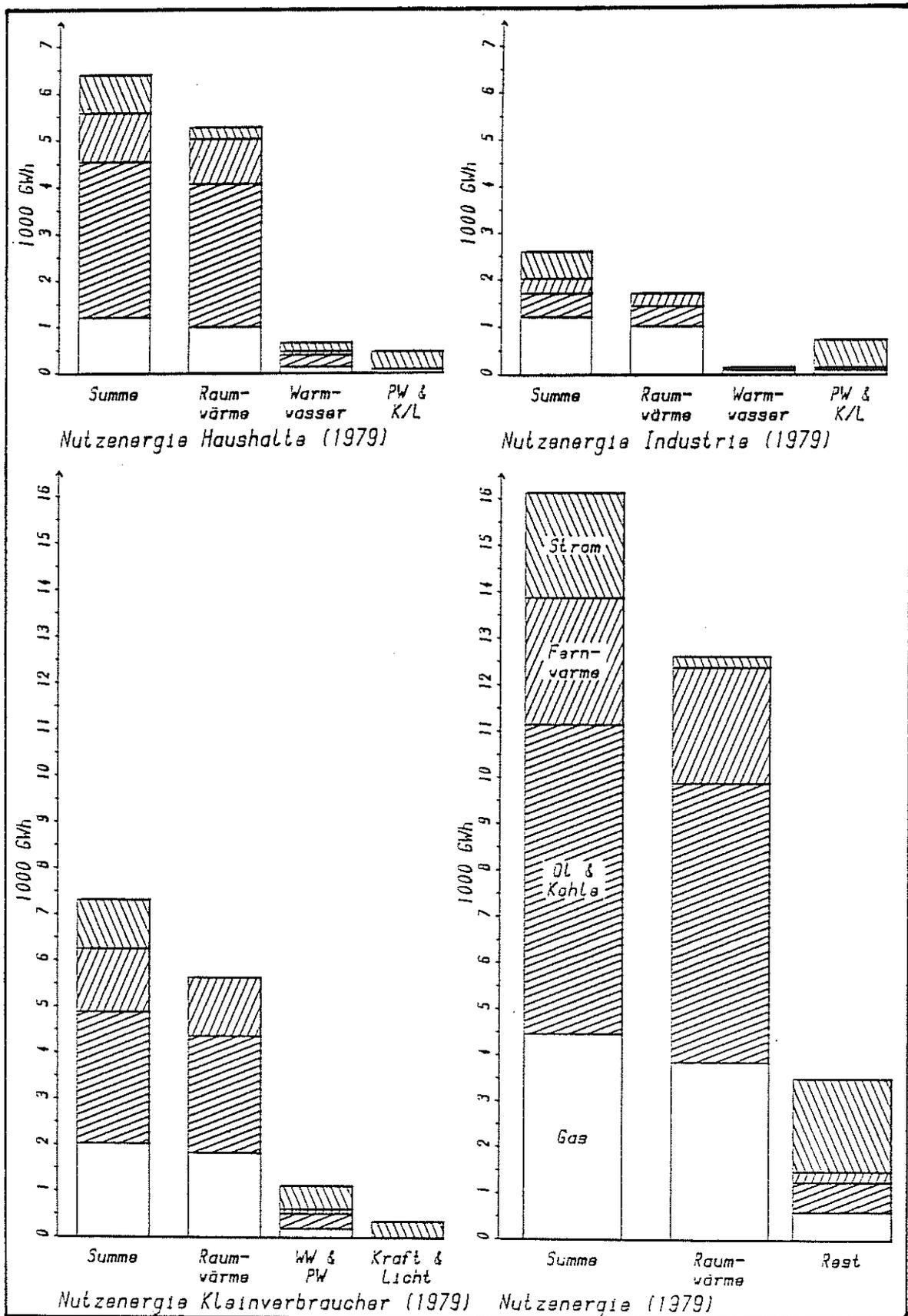


Bild 2-2: Aufteilung des Nutzenergieverbrauchs

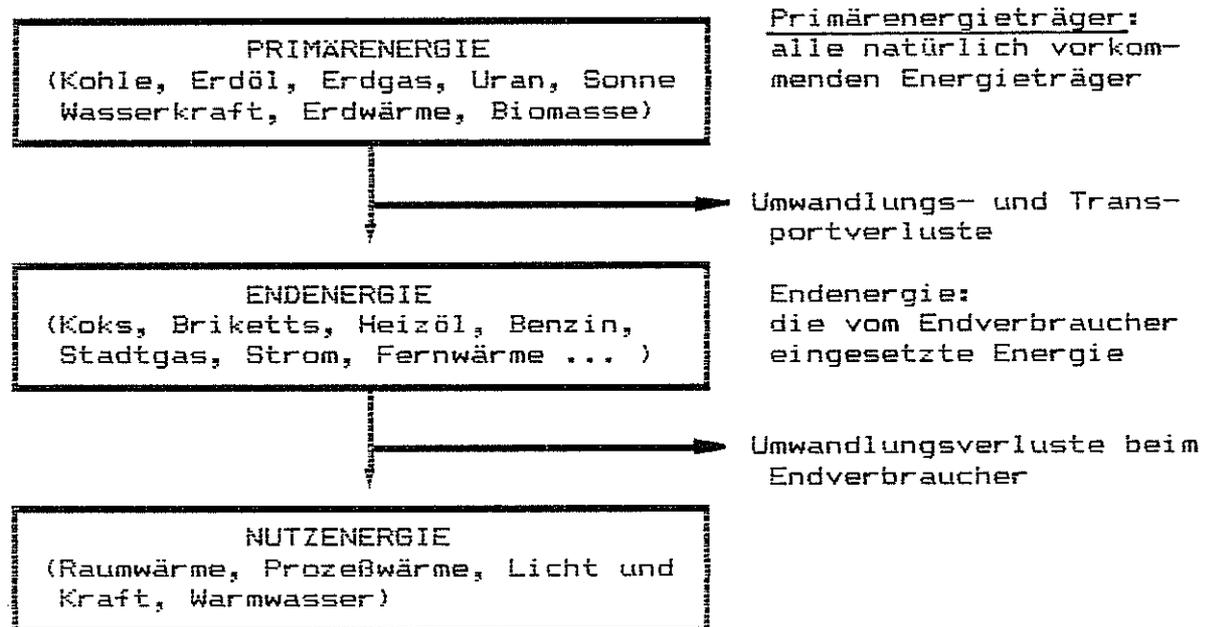
2.3. DAS MÜNCHENER ENERGIEFLUSSDIAGRAMM

2.3.1. ALLGEMEINES

Für die Bundesrepublik wird jährlich von der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen ein ausführliches und übersichtliches Energieflußbild (AEB) herausgegeben. Ähnlich detaillierte Daten liegen auch für Bayern vor und werden jedes Jahr auf den neuesten Stand gebracht (EBB). Für München existiert nur für die leitungsgebundenen Energieträger eine derartige Übersicht (EBO).

Ein Energieflußbild für die Stadt München ist aber unerlässlich für die Untersuchung der jetzigen Energiesituation und für die Abschätzung der zukünftigen Entwicklung. Ausgehend von den Daten des Werkreferats (EBO), den Daten des Planungsreferats (PLA 1970-1980) und den statistischen Jahrbüchern der Stadt München (SJ) haben wir den Versuch unternommen, ein derartiges Diagramm zu entwickeln. Ausgespart blieb - wie bei allen unseren Betrachtungen - der Verkehrssektor bis auf den Strombedarf für Straßenbahn, U-Bahn und Straßenbeleuchtung, den wir dem Sektor Kleinverbrauch zugeschlagen haben. Die Daten des Planungsreferats haben wir in übersichtlicher Weise in Anhang A aufgeführt.

Das Flußdiagramm ist wie üblich nach dem folgenden Schema aufgebaut:



Die Errechnung des Primärenergieeinsatzes erfordert die Annahme von spezifischen Wirkungsgraden bei den verschiedenen Energieumsetzungen (Primärenergie nach Endenergie). Diese haben wir dem Energieflußdiagramm der BRD für das Jahr 1980 entnommen (AEB).

Kohleumwandlung	95 %
Raffinerien	99.5 %
Stromerzeugung	37.9 %
Gasbereitstellung	100 %

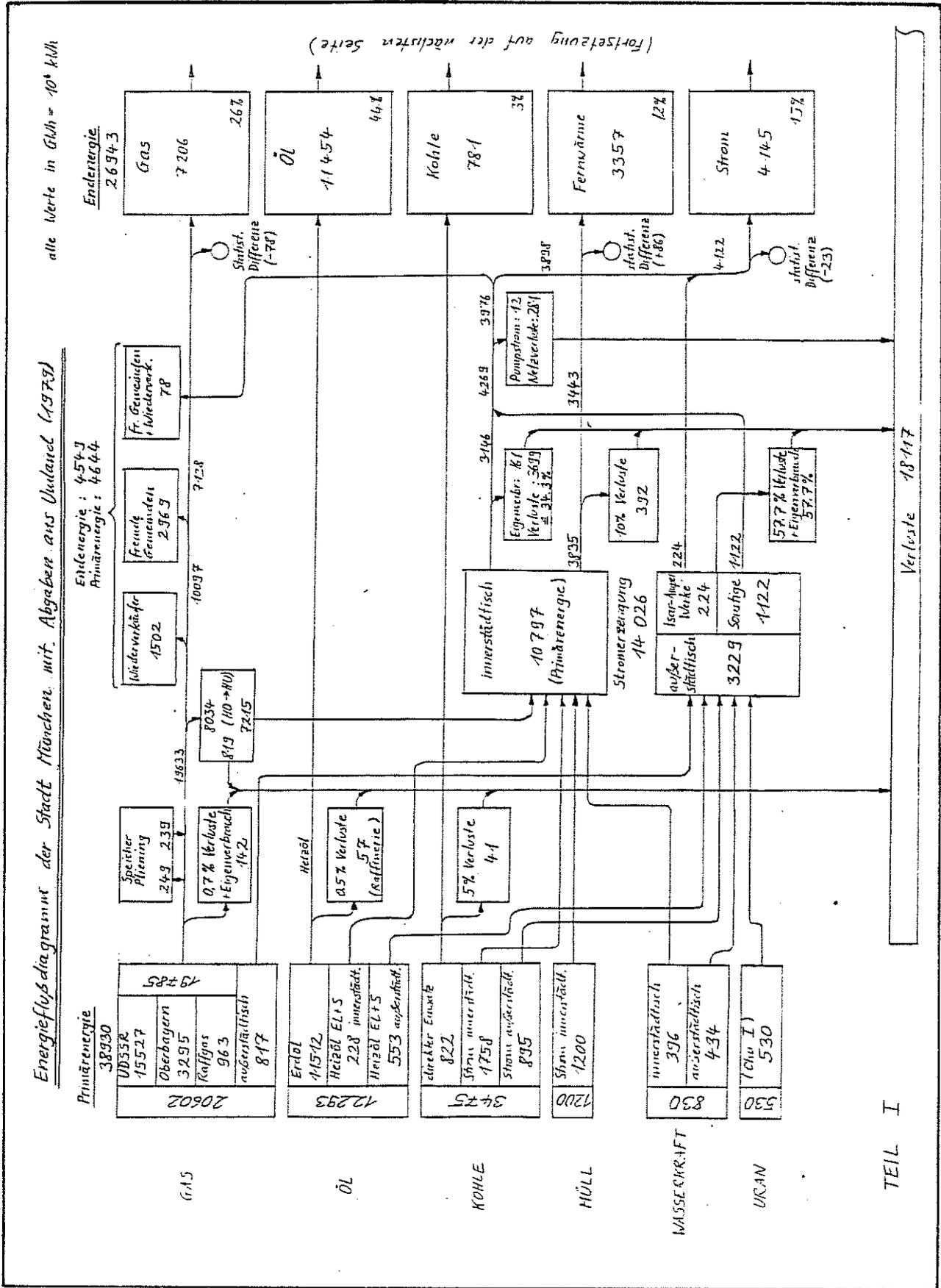


Bild 2-3: Energieflußdiagramm der Stadt München (Teil 1) mit Abgaben ans Umland, ohne Verkehr

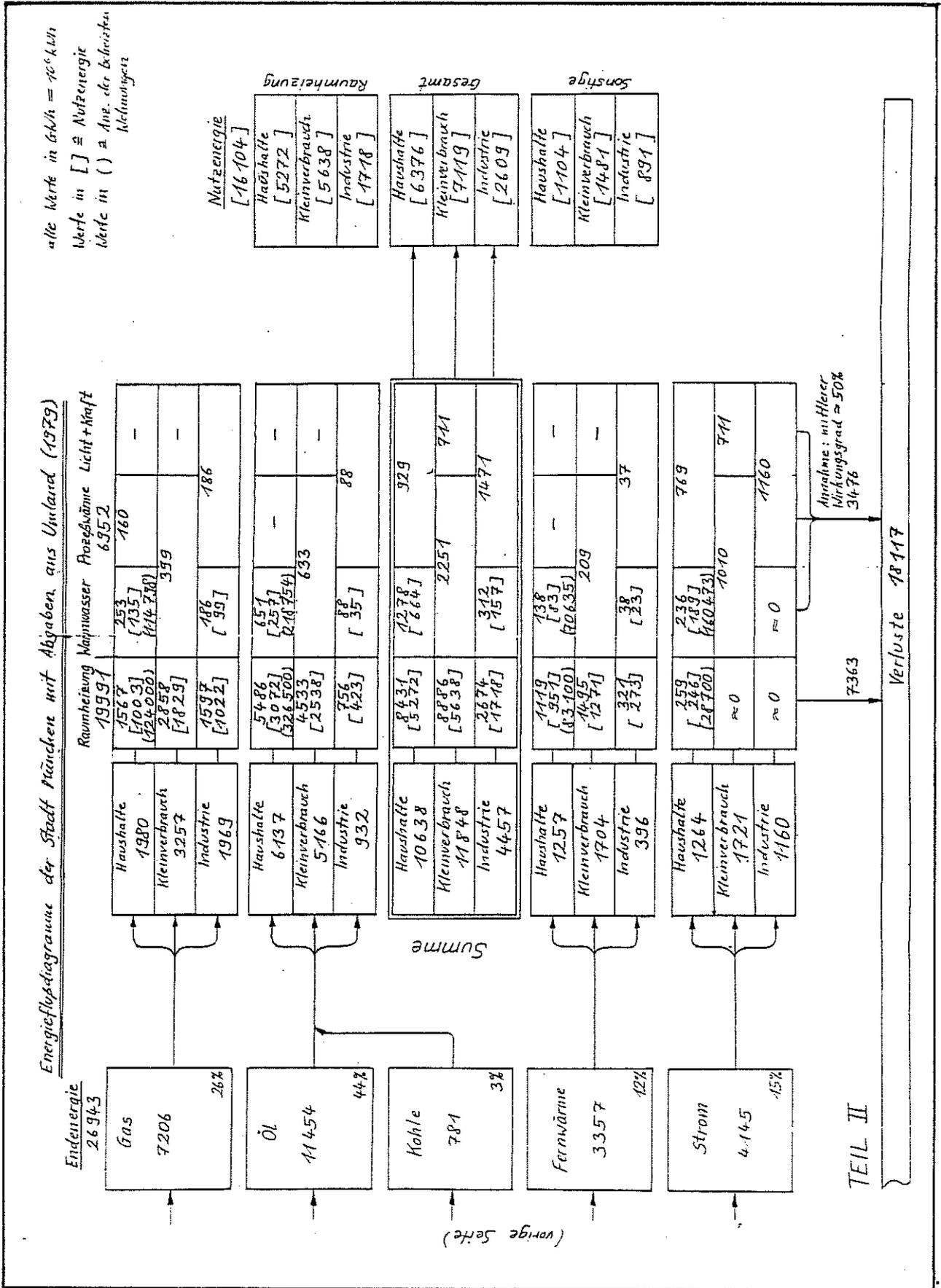


Bild 2-4: Energieflußdiagramm der Stadt München (Teil 2) mit Abgaben ans Umland, ohne Verkehr

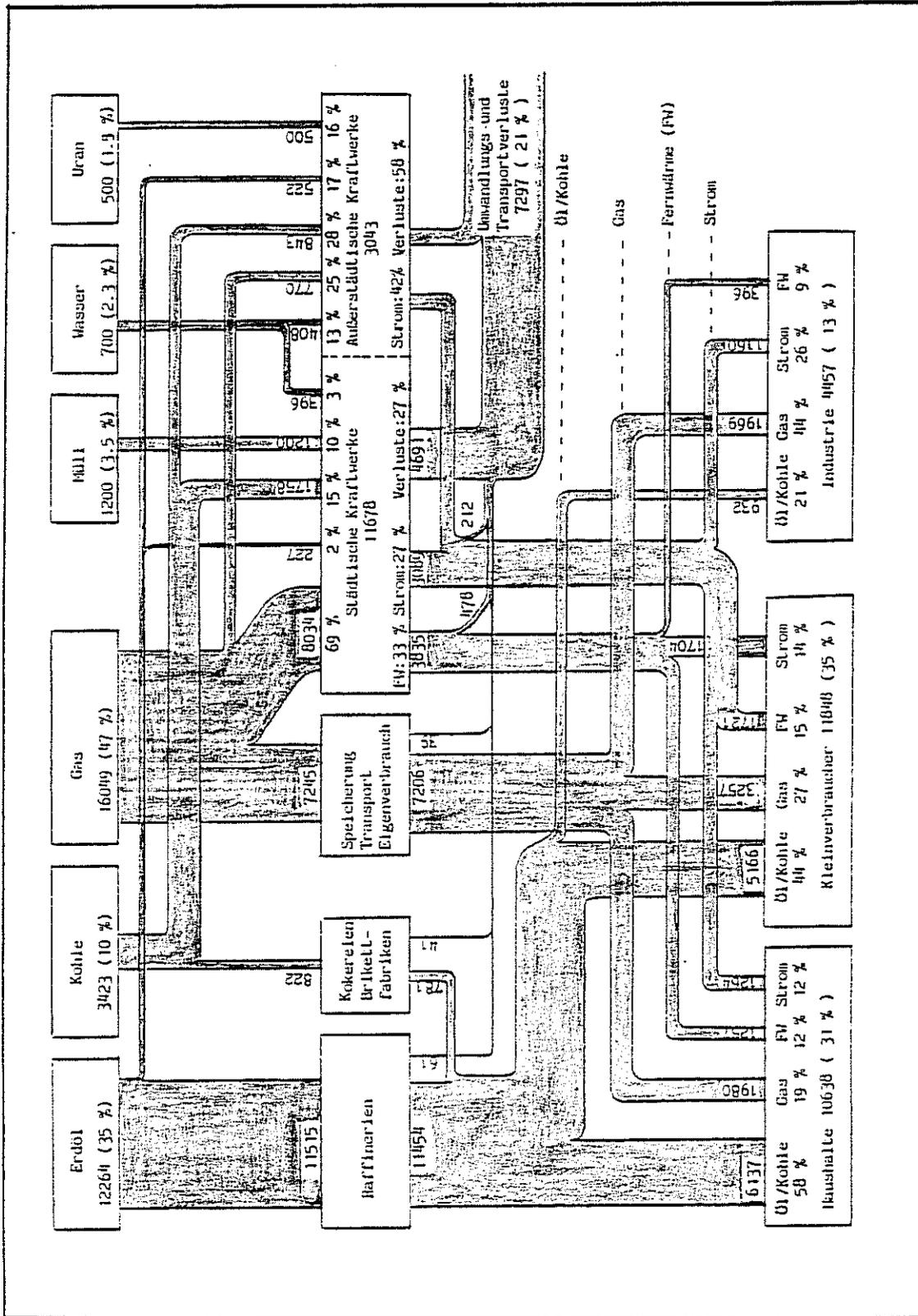


Bild 2-5: Energieflußdiagramm für München (Teil 3) ohne Abgaben ans Umland, ohne Verkehr

2.3.2. DIE ENDENERGIESTRUKTUR

Ausgehend von den Daten des Planungsreferats ergibt sich die Endenergiestruktur aufgeteilt nach Energieträgern und Verbrauchssektoren. Die Werte für die Straßenbahn (62 GWh), U-Bahn (56 GWh) und die Straßenbeleuchtung (36 GWh) rechnen wir zum Sektor Kleinverbrauch (SJ80-175).

2.3.2.1. Die Stromerzeugung

In München werden ca. 70 % des Stroms in Eigenerzeugung und dabei zum größten Teil in Kraftwärmekopplung erzeugt (3166 GWh). 25 % sind Fremdbezug (1122 GWh) und 5 % werden von den Isar-Amper-Werken nach München eingespeist (224 GWh) (SJ80 S. 174).

Die Aufteilung der Primärenergie für die innerstädtische Stromerzeugung haben wir aus EBO entnommen.

Bei der außerstädtischen Stromerzeugung übernehmen wir die Anteile der Primärenergieträger der gesamt-bayerischen Stromerzeugung aus EBB-56. Der Müllanteil entfällt, da dies in etwa der Münchner Anteil ist. Aus EBB-35 kann ausgerechnet werden, daß aus 7,931 Mio. t. SKE fossiler Primärenergie 2,965 Mio. t SKE Strom erzeugt wurden, was einem mittleren Wirkungsgrad von etwa 37.4 % entspricht. Der gleiche Wirkungsgrad ergibt sich auch, wenn bei den Kohle- und Heizölkraftwerken von etwa 40 % Wirkungsgrad und bei den Gaskraftwerken von etwa 30 % Wirkungsgrad ausgegangen wird (alle Werte in 1000 t SKE):

Kohle	3851	*	0.4	=	1540
Heizöl	1734	*	0.4	=	694
Gas	2346	*	0.3	=	704
	7931	*	0.374	=	2938

Diese Wirkungsgrade stimmen auch weitgehend mit den Angaben aus der Broschüre "Energiamarkt in Bayern" (EMB-15) überein. Für die Wasserkraft rechnen wir u.a. wegen der Verluste der Pumpspeicherkraftwerke mit etwa 80 % Wirkungsgrad, die Kernenergie wird mit 33 % bewertet.

Die nach München eingespeisten 1122 GWh + 224 GWh = 1346 GWh teilen sich dann wie folgt auf:

Anteil für München: 1346 GWh				
	Anteil an Stromerz.		Wirkungsgrad	Primärenergie
Wasserkraft	25.8 %	347	80	434
Kohle	26.6 %	358	40	895
Heizöl	16.4 %	221	40	553
Gas	18.2 %	245	30	817
Kernenergie	13.0 %	175	33	530
	100.0 %	1346		3229

(alle Werte in GWh)

Damit ergibt sich ein mittlerer Wirkungsgrad bei der bayerischen Stromerzeugung von ca. 42 %, der über dem bundesdeutschen Durchschnitt von 38 % liegt und wohl auf den hohen Wasserkraftan-

teil zurückzuführen ist.

Vom so erzeugten Strom sind noch einmal 12 GWh für Pumpspeicherverluste und Netzverluste von 281 GWh abzuziehen. An fremde Gemeinden wurden 78 GWh abgegeben (SJ80 S. 175 und E80). Als statistische Differenzen bleiben -23 GWh.

Der Gesamtwirkungsgrad der Münchner Strom- und Fernwärmeerzeugung kann somit folgendermaßen errechnet werden:

Primärenergie innerstädtisch:	10 798 GWh	
Primärenergie außerstädtisch:	3 229 GWh	
<hr/>		
Primärenergie gesamt:	14 027 GWh	100 %
Endenergie Strom:	4 122 GWh	29 %
Endenergie Fernwärme:	3 443 GWh	25 %
<hr/>		
Endenergie gesamt:	7 565 GWh	54 %
Verluste:	6 414 GWh	46 %

Dies ist ein für Stromerzeugung erstaunlich hoher Wirkungsgrad, der verdeutlicht, daß nur durch Kraft-Wärme-Kopplung sinnvolle Nutzung von fossilen Brennstoffen möglich ist. Für die innerstädtische Stromerzeugung liegt der Wirkungsgrad etwa bei $3146 + 3443 / 10797 = 61 \%$. Allerdings steht zu befürchten, daß die zukünftige Beteiligung an Ohu II den Wirkungsgrad weiter verschlechtern wird, da zum einen die Abwärme nicht genutzt werden kann, zum anderen die in München stehenden Kraftwerke wegen den vertraglichen Verpflichtungen zur Stromabnahme vom Bayernwerk bei weitem nicht mehr so gut ausgefahren werden können wie bisher (E80 S. 21).

2.3.2.2. Die Fernwärmeerzeugung

Die Daten hierzu sind erfreulicherweise im Statistischen Jahrbuch (SJ80) und im Energieprogramm der Stadtwerke München (E80) einmal identisch. Zum Zahlenmaterial des Planungsreferats ergibt sich ein kleiner Unterschied, den wir als statistische Differenz führen.

2.3.2.3. Der Heizölanteil

Der Endenergieanteil des Heizöls von 11 454 GWh wird durch die Raffinerieverluste von ca. 0.5 % zu 11 512 GWh Primärenergie.

2.3.2.4. Der Kohleanteil

Bei der Kohle wird ein Verlust von etwa 5 % bei der Kohleverarbeitung angenommen.

2.3.2.5. Der Gasanteil

Bei der Gaserzeugung muß der Speicher Pliening und die Abgabe an Wiederverkäufer und andere Gemeinden berücksichtigt werden (SJ80 S. 176). Auch hier ergibt sich wieder eine geringe statistische Differenz.

2.3.3. DIE AUFTEILUNG AUF DIE ANWENDUNGSBEREICHE

Ausführliche Berechnungen hierzu haben wir im Kapitel 2.2 angestellt. Sie sind in den zweiten Teil des Flußdiagramms eingearbeitet.

Ersichtlich ist die Aufteilung in Raumwärme und die dortigen Verluste. Somit bleiben noch 12 628 GWh an Nutzwärme.

Wesentlich schwieriger ist es, die übrigen Bereiche (Prozeßwärme, Licht und Kraft, Warmwasser) abzuschätzen. Näherungsweise liegt der Wirkungsgrad bei etwa 50 %, wenn an den Wirkungsgrad der elektrischen Beleuchtung (5 % bei Glühlampen, 30 % bei Leuchtstoffröhren) und die Warmwassererzeugung (40 bis 60 %) gedacht wird. Auch Systeme zur Prozeßwärmebereitung dürften nicht wesentlich günstiger liegen. Da der Anteil der sonstigen Bereiche nur bei etwa 25 % liegt ist hier auch keine allzu genaue Abschätzung notwendig.

2.3.4. DIE PRIMÄRENERGIESTRUKTUR

Die Primärenergiestruktur kann direkt aus dem Flußdiagramm abgelesen werden:

Öl	31.6 %	12293 GWh
Kohle	8.9 %	3475 GWh
Gas	52.9 %	20602 GWh
Uran	1.4 %	530 GWh
Müll	3.1 %	1200 GWh
Wasserkraft	2.1 %	830 GWh
<hr/>		
Summe	100.0 %	38930 GWh

Wenn die außerstädtischen Abgaben (Wiederverkäufer und andere Gemeinden) abgezogen werden, ergibt sich der reine Münchner Primärenergieverbrauch zu 34 286 GWh und folgende Aufteilung auf die Primärenergieträger:

Öl	35.9 %	12293 GWh
Kohle	10.1 %	3475 GWh
Gas	46.6 %	15958 GWh
Uran	1.5 %	530 GWh
Müll	3.5 %	1200 GWh
Wasserkraft	2.4 %	830 GWh
<hr/>		
Summe	100.0 %	34286 GWh

Beachtlich ist, daß wir zu fast 50 % vom Gas abhängig sind. Erst an zweiter Stelle steht der Ölanteil. Dies würde sich allerdings ändern, wenn der Sektor Verkehr noch mitbetrachtet würde (Benzin- und Dieselanteil). Der Urananteil war 1979 noch verschwindend gering, ist aber durch Zuschalten von Grafenrheinfeld gestiegen und wird sich demnächst durch Gundremmingen II weiter erhöhen. Eine Beteiligung der Stadt an Isar II wird hier zu wesentlichen Änderungen führen.

2.3.5. DER MÜNCHNER GESAMTWIRKUNGSGRAD

Zieht man von der Primärenergie (38 930 GWh) die Abgabe an außerstädtische Abnehmer ab, so ergibt sich ein reiner Münchner Primärenergieeinsatz von 34 286 GWh. Die Endenergie liegt bei 26 943 GWh, was einem Verlust von 21 % entspricht. Mit der geschätzten Nutzenergie von 16 104 GWh ergibt sich ein Wirkungsgrad von rund 60 % beim Endverbraucher. Der Bezug der Nutzenergie auf die Primärenergie führt zu einem Gesamtwirkungsgrad in München von 47 %, d. h. rund die Hälfte der Energie in München geht ungenutzt verloren. Dieser relativ gute Wert ergibt sich natürlich nur dadurch, daß wir den Individualverkehr mit seinem katastrophal schlechten Wirkungsgrad von ca. 18 % unberücksichtigt lassen.

Auch darf nicht vergessen werden, daß die Nutzenergie keineswegs dem notwendigen Maß an Energiedienstleistung entspricht. So könnte z.B. durch entsprechende Wärmedämmung der Nutzenergiebedarf noch einmal stark gesenkt werden.

Für einen Vergleich ist nun die Errechnung des Gesamtwirkungsgrades der Energieversorgung in der Bundesrepublik interessant (abgeleitet aus AEB):

Primärenergieeinsatz:	443.3 Mio. t SKE		
Export, Bunkerung etc.	80.5 Mio. t SKE		
<hr/>			
Primärenergie gesamt	362.8 Mio. t SKE	100 %	
Endenergie gesamt	256.9 Mio. t SKE	71 %	
Nutzenergie	114.1 Mio. t SKE	31 %	
Verluste	248.7 Mio. t SKE	69 %	

ohne den Sektor Verkehr ergibt sich:

Primärenergie	306 Mio. t SKE	100 %	
Endenergie	200 Mio. t SKE	65 %	
Nutzenergie	105.3 Mio. t SKE	34 %	
Verluste	201 Mio. t SKE	66 %	

Damit liegt der Nutzenergieanteil bzw. der Wirkungsgrad bei 31 bzw. 34 % .

2.3.6. DIE MÜNCHNER KRAFTWERKE

In diesem Kapitel wollen wir darstellen, woher Strom und Fernwärme in München kommen, welche Kraftwerke es in München gibt, womit sie betrieben werden, und welche Probleme es jetzt und in Zukunft gibt.

Der größte Teil des in München verbrauchten Stroms wird von innerstädtischen Heizkraftwerken zusammen mit Fernwärme erzeugt, ein weiterer Anteil wird von den Bayernwerken (BAG) bezogen, den Rest liefern städtische Wasserkraftwerke. Ein kleiner Teil der Fernwärme wird nicht von Heizkraftwerken (die gleichzeitig Strom erzeugen), sondern von reinen Heizwerken geliefert. Die Tabelle soll die Verhältnisse deutlich machen:

Strom	Fernwärme
61% Heizkraftwerke	95% Heizkraftwerke
30% Bayernwerke (BAG)	5% Heizwerke
9% Wasserkraftwerke	

Die Heizkraftwerke (siehe nächstes Bild) werden hauptsächlich mit Erdgas betrieben. Auch die Kohle hat noch einen beträchtlichen Anteil. Bei der Müllverbrennung stellt die Energieerzeugung eher einen angenehmen Nebeneffekt dar (es gibt auch weniger angenehme, Umwelt !). Der Anteil des öls fällt kaum ins Gewicht.

Die eingesetzte Primärenergie wird in einen Anteil Strom und in einen größeren Anteil Fernwärme verwandelt. Der größte Anteil geht aber - wie in der Energieerzeugung leider üblich - verloren:

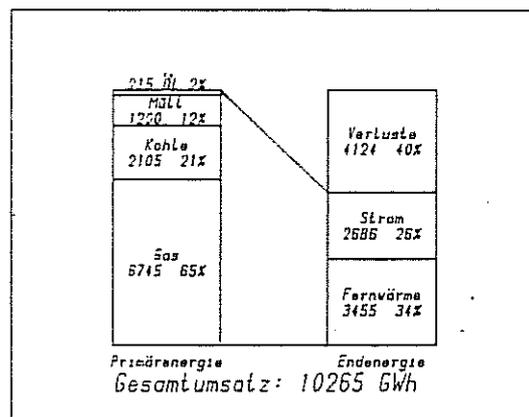


Bild 2-6: Energiebilanz der Münchner Heizkraftwerke (Stand 1982)

Die Verluste werden zum größten Teil als Abwärme in die Isar geleitet. Das ist bis zu einem gewissen Grad unvermeidlich, aber trotzdem zu bedauern.

An dieser Stelle muß gesagt werden, daß die Energieerzeugung in München trotz Verlusten, trotz Abwärme, auf einem guten Prinzip aufgebaut ist, nämlich auf der Kraft-Wärme-Kopplung. Dieser Begriff bedeutet, daß, wie oben schon angedeutet, Strom und Wärme zusammen erzeugt werden. Dabei wird gegenüber der getrennten Erzeugung der Brennstoff wesentlich besser ausgenutzt. Während ein Kraftwerk, das nur Strom erzeugt, mit einem Wirkungsgrad von etwa 35 - 40 % arbeitet, kommen die Münchner Heizkraftwerke auf einen Jahreswirkungsgrad von mehr als 60 % . Entsprechend wird etwa 20 % weniger Brennstoff benötigt und auch die Abwärmebelastung der Umwelt wird wesentlich geringer.

In München gibt es im wesentlichen drei Kraftwerkstypen:

- Gegendruckanlagen (Theresienstraße, Müllerstraße), dies sind Dampfkraftwerke, bei denen der Dampf nach Hoch- und Mittel-druckstufe der Turbine direkt ins Fernwärmenetz eingespeist wird. Dieser Typ hat zwar den höchsten Wirkungsgrad (bis 90%), das Verhältnis Strom zu Fernwärme liegt jedoch fest bei etwa 1:4.
- Entnahme - Kondensations - Anlagen (Heizkraftwerke Nord und Süd), dieser Typ ist ähnlich aufgebaut wie ein Dampfkraftwerk zur reinen Stromerzeugung. An den verschiedenen Stellen der Turbine kann jedoch Dampf für das Fernwärmenetz abgezapft werden. Wenn man nichts abzapft, erzeugt man nur Strom und keine Fernwärme, bei maximaler Fernwärmeproduktion ist das Verhältnis Strom zu Fernwärme etwa 2:3. Der Wirkungsgrad beträgt bis zu 75% .
- Gasturbinen (Freimann, Sendling, Süd GuD), die heißen Abgase der stromerzeugenden Gasturbinen erzeugen über einen Abgaswärmetauscher Fernwärme. In der Gas- und Dampfturbinenanlage Süd (GuD) kann über den Abgaswärmetauscher nochmals eine Dampfturbine zur Stromerzeugung betrieben werden. Das Verhältnis Strom zu Fernwärme beträgt 1:0 bis 2:3. Der Wirkungsgrad beträgt bis zu 75% .

Bild 2-7 zeigt das Münchner Fernwärmenetz, Bild 2-8 gibt einen Überblick über die Münchner Kraftwerke.

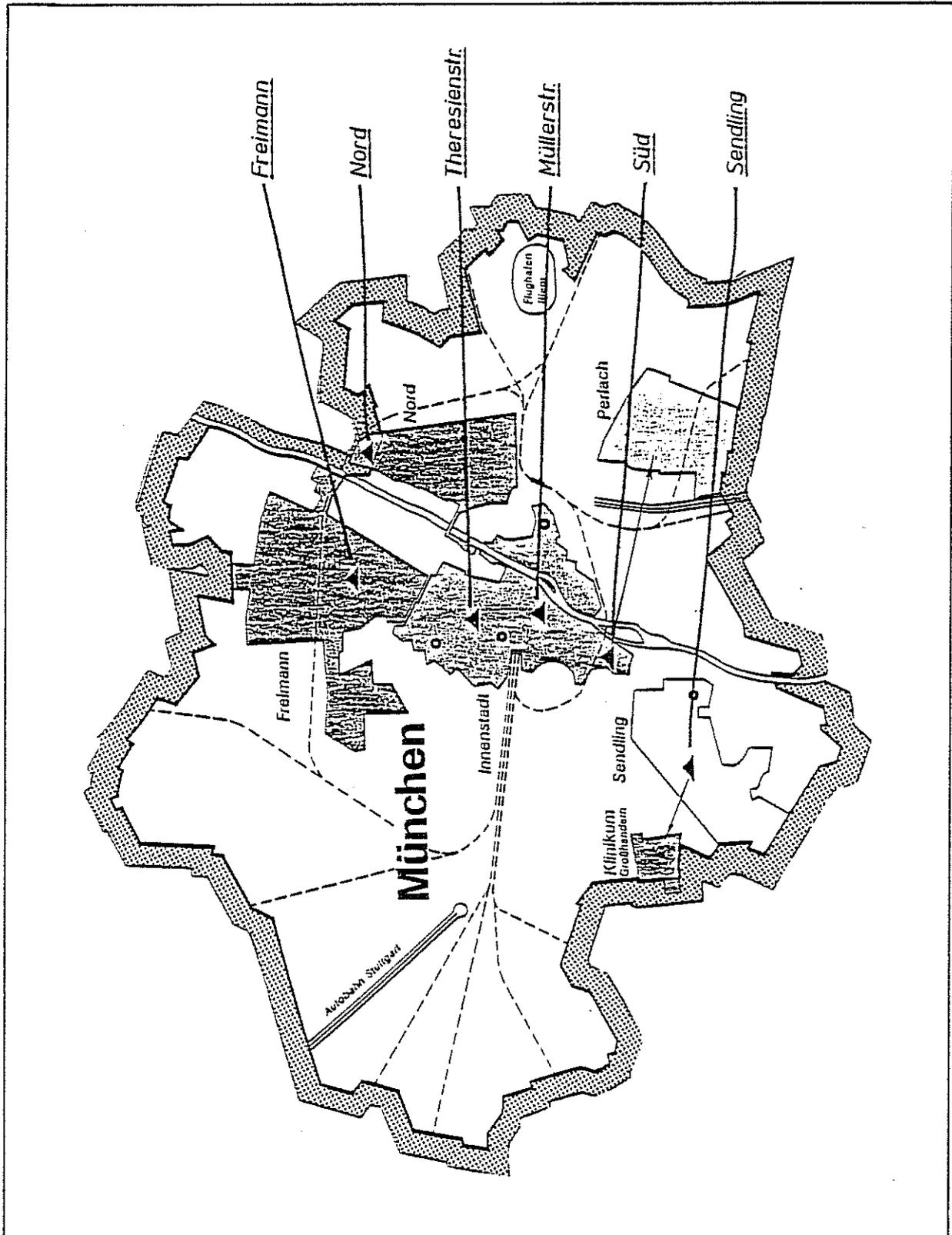


Bild 2-7: Die Münchner Fernwärmenetze

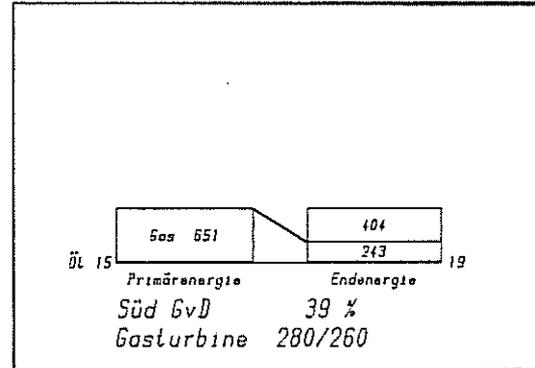
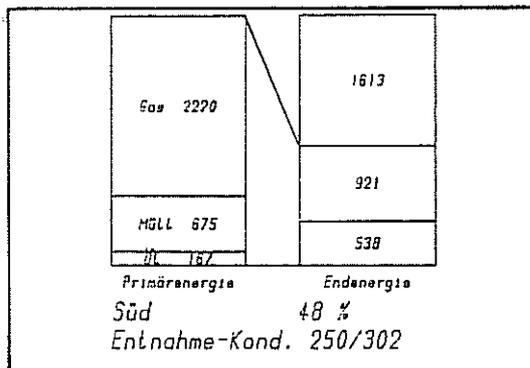
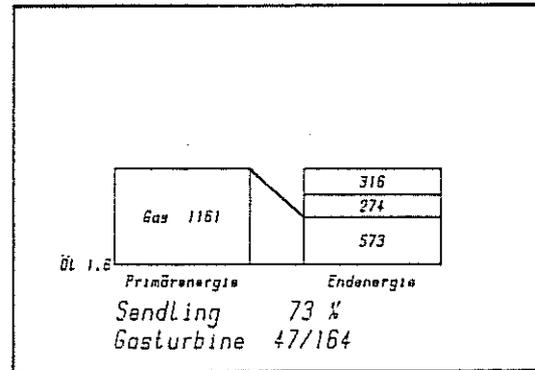
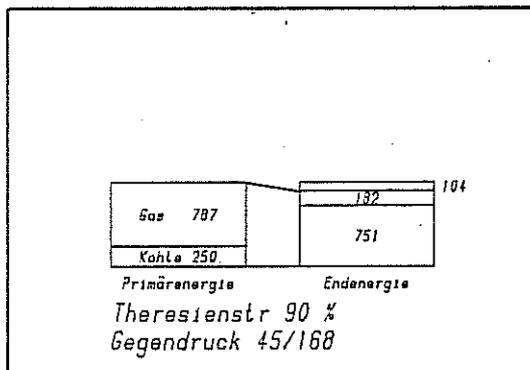
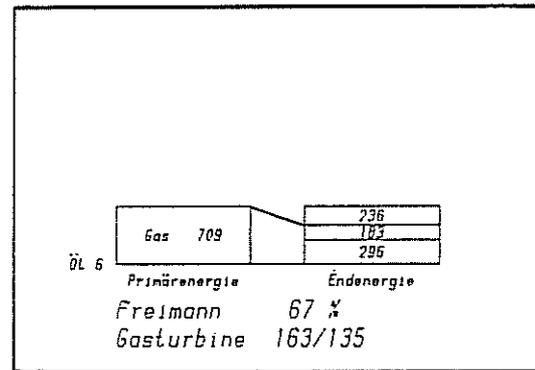
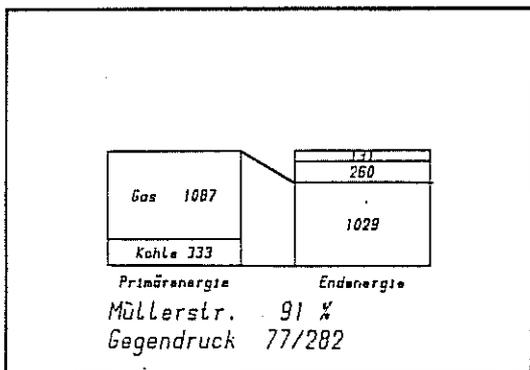
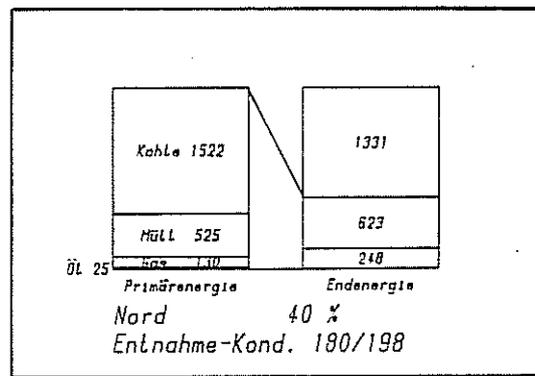
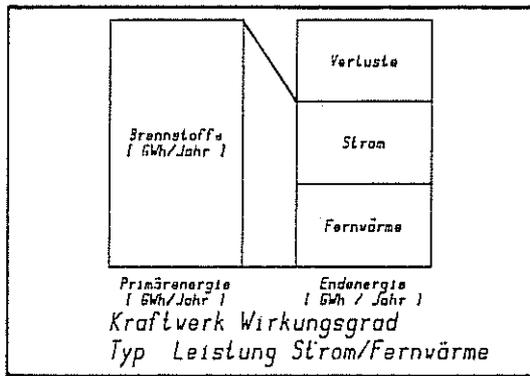


Bild 2-8: Überblick über die Münchner Heizkraftwerke (Stand 1982)

Wie man sieht, ist der Wirkungsgrad der Gegendruckanlagen sehr gut (ca. 90 %), danach kommen die Gasturbinen mit einem Wirkungsgrad von etwa 63 % und schließlich die Entnahme-Kondensationsanlagen mit etwa 44 %. Woran liegt das nun genau, und warum bauen die Stadtwerke nicht lauter Gegendruckanlagen? Der Grund ist die unterschiedliche jahreszeitliche Schwankung des Strom- und Fernwärmeverbrauchs. Beide sind im Sommer kleiner als im Winter, aber die Variation ist bei der Fernwärme sehr viel stärker:

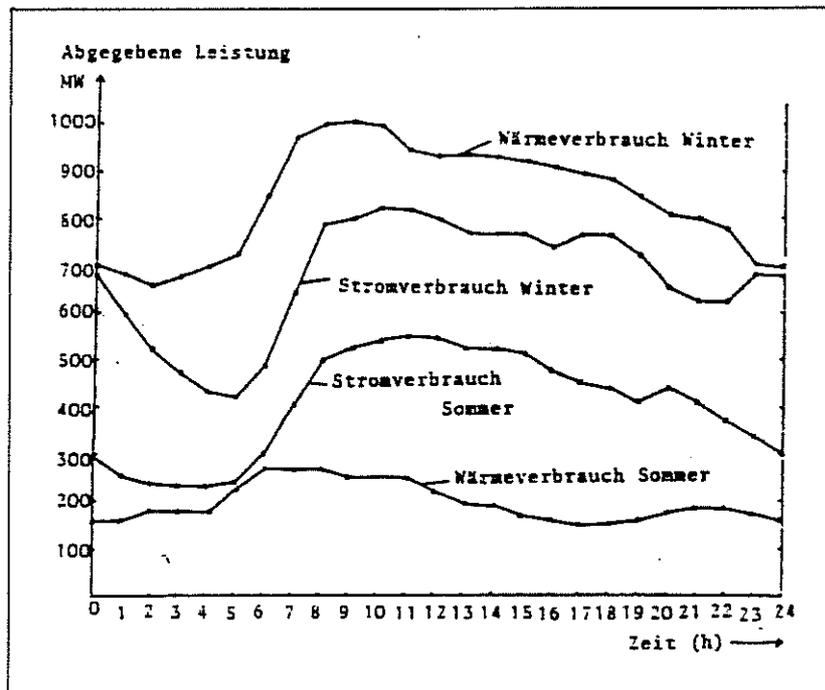


Bild 2-9: Tages- und Jahreszeitlicher Verlauf von Strom und Fernwärme

Während der Stromverbrauch im Sommer nur auf etwa 80 % des Wertes im Winter abnimmt, nimmt der Fernwärmeverbrauch auf etwa 20 % ab. Die Gründe dafür sind klar: Strom wird nur zu einem kleinen Teil zu Zwecken eingesetzt, die von der Jahreszeit abhängig sind (Heizung, Beleuchtung). Die Fernwärme dagegen wird hauptsächlich zur Heizung eingesetzt und im Sommer bleibt lediglich ein geringer Bedarf an Warmwasser und Prozeßwärme.

Die Heizkraftwerke müssen sich an diese Verschiebungen anpassen können und ihr Verhältnis von Fernwärme- zu Stromproduktion entsprechend mitverschieben. Die Gegendruckanlagen sind dazu nicht geeignet, bei ihnen liegt dieses Verhältnis ziemlich fest. Im Sommer muß man diese Anlagen also stark zurückfahren oder abstellen. Dann jedoch würde im Sommer ein Mangel an Strom entstehen. Die Entnahmekondensationsanlagen können auf reine Stromproduktion umgestellt werden und den Strombedarf decken, ohne zugleich einen Überschuß an Fernwärme zu produzieren. Die dabei entstehende Abwärme muß jedoch an die Umwelt (z.B. Isar) abgegeben werden.

Die unterschiedlichen Kraftwerkstypen müssen also zusammenarbeiten, um einerseits guten Wirkungsgrad, andererseits Anpassung an unterschiedlichen Verbrauch zu gewährleisten. Wir sehen nicht, wie man dieses Problem sehr viel besser lösen könnte, als es die Stadtwerke bereits tun. Wenn man die im Sommer zuviel erzeugte Wärme für den Winter speichern könnte, wäre das Problem gelöst.

Die Wärmemengen, die da zu speichern wären, sind aber so groß, daß ein herkömmlicher Wasserspeicher riesige Ausmaße hätte und daher kaum zu verwirklichen wäre.

Daß die Stadtwerke bisher einen großen Teil ihres Strombedarfs in Kraftwärmekopplung erzeugt haben, muß man ihnen hoch anrechnen, es scheint aber, als wollten sie diesen vernünftigen Kurs nicht fortsetzen. Durch ihre Beteiligung am Kernkraftwerk Isar II in Ohu wird der Anteil des in Kraftwärmekopplung erzeugten Stroms von heute 61 % auf zunächst weniger als 30 % abnehmen. Ob der Anteil danach je wieder steigt, hängt stark vom zukünftigen Strombedarf ab. Wenn dieser so stark steigt, wie die Stadtwerke annehmen (2 - 3.5 % pro Jahr), dann wird der Anteil der Kraftwärmekopplung wieder zunehmen. Wenn der Strombedarf aber nur wenig steigt oder gar stagniert, was wir für sehr viel wahrscheinlicher halten, dann wird die Beteiligung an Ohu dazu führen, daß die innerstädtischen Heizkraftwerke sehr viel unrentabler werden und eventuell stillgelegt werden müssen.

2.3.7. DER VERGLEICH MIT DER BUNDESREPUBLIK

In der Bundesrepublik wurden im Jahr 1979 ohne den Sektor Verkehr 213.3 Mio. t SKE (=1734 TWh) an Endenergie verbraucht. Bei 60.5 Millionen Einwohnern ergibt das einen Endenergieverbrauch von 28.7 MWh pro Kopf und Jahr.

In München wurden im gleichen Zeitraum 26 943 GWh an Endenergie benötigt, was bei 1.3 Mio. Einwohnern 20.7 MWh pro Kopf und Jahr entspricht. Der Unterschied von -28 % zur gesamten Bundesrepublik ist wohl hauptsächlich durch die andersartige Industriestruktur zu erklären.

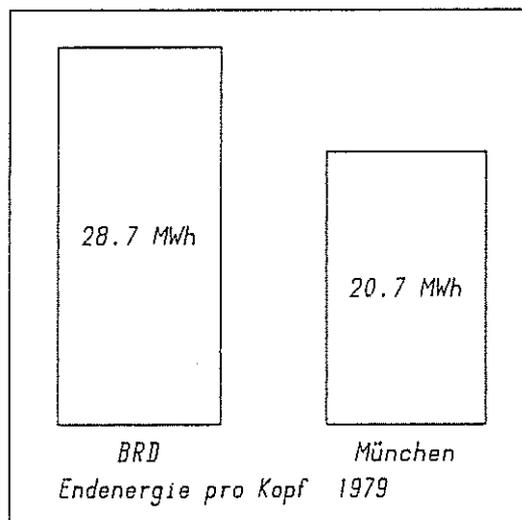


Bild 2-10: Vergleich: Endenergie pro Kopf und Jahr (ohne Verkehr!)

Die Aufteilung der Endenergie auf die Verbrauchssektoren (siehe nächstes Bild) und die Gegenüberstellung von Bundesrepublik und München zeigt, daß das Verhältnis von Industrie und Kleinverbrauch fast genau umgekehrt ist. Dies ergibt sich daraus, daß in München wenig energieintensive Grundstoffindustrie, dafür aber viele Dienstleistungsbetriebe angesiedelt sind.

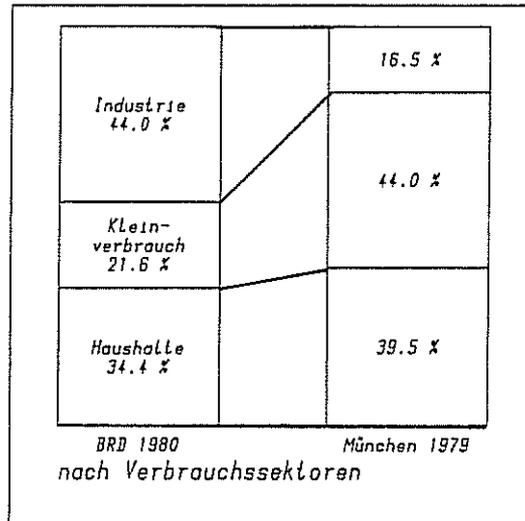


Bild 2-11: Vergleich: Aufteilung auf die Verbrauchssektoren

Eine Betrachtung der Anteile der Energieträger am Endenergieverbrauch zeigt, daß der Fernwärmeanteil in München wesentlich höher ist, als im Bundesdurchschnitt.

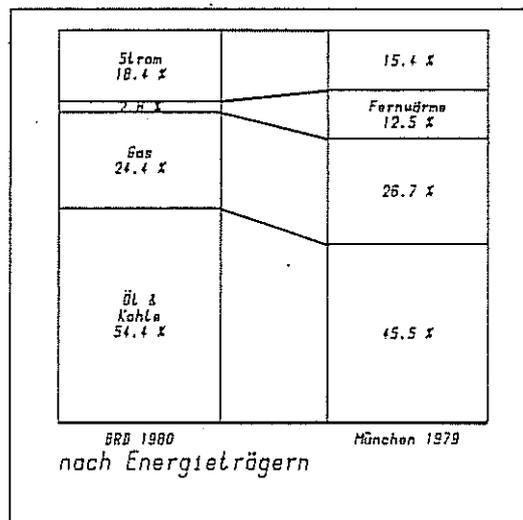


Bild 2-12: Vergleich: Aufteilung auf die Energieträger

Die Aufspaltung der Endenergie auf die Anwendungsbereiche ist uns nur sehr unsystematisch gelungen, da das zugrundeliegende Zahlenmaterial hierzu äußerst dürftig war. Es wäre zu wünschen, daß die Stadt möglichst bald eine entsprechende Untersuchung in Auftrag gibt, da eine detaillierte Energieplanung ohne diese Daten nur schlecht möglich ist.

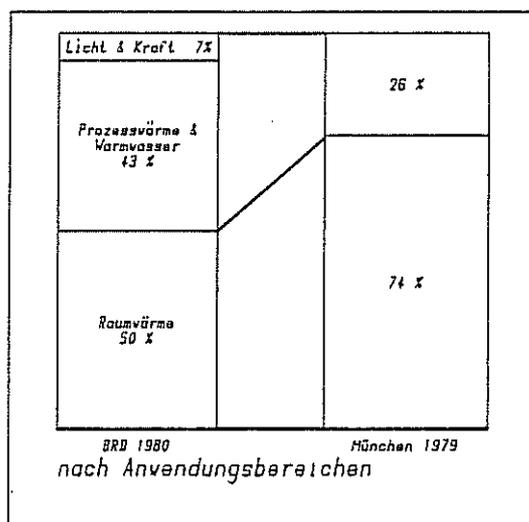


Bild 2-13: Vergleich: Aufteilung auf die Anwendungsbereiche

Trotzdem sieht man, daß - bedingt durch den andersartigen Industrieanteil - ca. 3/4 der Münchner Endenergie im Bereich Raumwärme verwendet wird. Der Rest teilt sich auf auf die Warmwasserbereitung, Prozeßwärme und Licht und Kraft.

2.4. DIE UMWELTSITUATION

Angesichts der dramatisch zunehmenden Schäden in unseren Wäldern durch Schadstoffe (Schwefeldioxid, Stickoxide etc.) ist die Beurteilung der Emissionssituation in München von entscheidender Bedeutung für die weitere Entwicklung der Energieerzeugung.

Zu diesem Thema existiert mittlerweile eine beachtliche Menge an Literatur. Wir haben uns im wesentlichen auf die Broschüre des ökoinstituts "Saurer Regen" (SAR) und das Schwerpunktheft "Waldsterben" (WS) aus der Zeitschrift "Natur und Umwelt" des Bund Naturschutz Bayern gestützt, da diese zu den neueren Arbeiten auf diesem Gebiet zählen und uns außerdem für die Analyse der Münchner Situation am geeignetsten erschienen.

Die aus dem zweiten Immissionsschutzbericht der Bundesregierung vom März 1982 entnommene Tabelle zeigt die Situation für die BRD (1978):

Emissionen in der BRD

Emission in 1000 t pro Jahr	SO ₂	NO _x	org. Verbindungen
Kraftwerke und Heizkraftwerke	2 000	940	10
Industrie	990	580	470
Verkehr	100	1 340	650
Haushalte und Kleinverbraucher	450	140	630
Summe	3 540	3 000	1 760

Hier zeigt sich, daß bei den Emissionen von Schwefeldioxid eindeutig die Kraftwerke den Löwenanteil erzeugen. Erst danach folgen Industrie und Haushalte. Vom Verkehr kommt ein nur geringer Beitrag. Bei den Stickoxiden kommen die Kraftwerke erst nach dem Verkehr. Bei den organischen Verbindungen sind die Kraftwerke zu vernachlässigen. Verkehr und Haushalte bestreiten den Hauptanteil.

Wir gehen wie die meisten Autoren davon aus, daß das Waldsterben und ähnliche Erscheinungen (z.B. unbrauchbare Landwirtschaftsflächen) nicht durch einen Schadstoff allein verursacht werden, sondern durch Zusammenwirken vieler (Komplexkrankheit). Die Forderung muß daher lauten, alle Schadstoffe, die unsere Umwelt belasten, so weit wie möglich zu reduzieren. Schwerpunktmäßig müssen hier zunächst die Schadstoffe Schwefeldioxid und Stickoxide angegangen werden.

Prinzipiell gibt es zwei Möglichkeiten die Schadstoffe zu reduzieren:

- o Vermindern bzw. Verhindern von schadstoffproduzierender Produktion (Nur noch soviel Produktion wie unbedingt nötig bzw. Ausweichen auf alternative, schadstoffarme Produktionsmethoden). Bei der Energieerzeugung Verminderung des Energieverbrauchs.
- o Reduzieren der Schadstoffe durch technische Maßnahmen wie z.B. Filtereinbau.

Prinzipiell ist dabei der ersten Möglichkeit die Priorität einzuräumen. Für Sofortmaßnahmen ist allerdings die zweite Möglichkeit (Einbau von Filtern, Rauchgaswäsche) geeigneter.

Im folgenden untersuchen wir nun den Schadstoffanfall durch die Münchner Energieproduktion. Dabei ist allerdings nicht zu vergessen, daß z.B. der Autoverkehr ein wesentlicher Stickoxidproduzent ist, der bei einer Betrachtung der gesamten Schadstoffproduktion in München stark ins Gewicht fällt.

2.4.1. DER ANTEIL DER KRAFTWERKE IN MÜNCHEN

Für das Jahr 1982 haben wir dazu für die sieben Münchner Kraftwerke Süd, Süd GuD, Nord, Müllerstraße, Theresienstraße, Sendling, Freimann die Schadstoffemissionen dargestellt.

Emissionen der Münchner Heizkraftwerke im Jahr 1982

Kraftwerk	Energie-träger	Prim.en ein-satz in GWh	Strom in GWh	Fernw. in GWh	SO ₂ in t	NOx in t	Staub in t	Chlor in t
Müller	Erdgas	1087	260	1029	580	550	36	43
	Heizöl EL	0.008						
	Steinkohle	333						
Theresien	Erdgas	787	183	751	463	381	29	34
	Heizöl EL	0.16						
	Steinkohle	250						
Sendling	Erdgas	1161	274	573	11	1287	---	---
	Heizöl EL	1.6						
Freimann	Erdgas	709	183	296	7	791	---	---
	Heizöl EL	6						
Süd	Erdgas	2220	921	538	652	930	1015	402
	Heizöl EL	167						
	Müll	675						
Süd GuD	Erdgas	651	243	19	6	737	---	---
	Heizöl EL	15						
Nord	Erdgas	130	623	248	3174	1365	921	278
	Heizöl EL	25						
	Steink.	1522						
	Müll	525						
Summe	Erdgas	6745	2686	3454	4893	6041	2001	757
	Heizöl EL	215						
	Steink.	2105						
	Müll	1200						

- Die Werte für Sendling und Freimann haben wir nach den Daten für die Anlage Süd GuD abgeschätzt.
- EL: extra leicht

Wenn man aus den eingesetzten Primärenergie- und emittierten Schadstoffmengen rückrechnet (dies ist nicht bei allen Energieträgern möglich) können aus diesen Daten folgende spezifische Emissionen (in kg/GWh Primärenergie) abgeschätzt werden:

Brennstoff	SO ₂	NOx	Staub	Chlor
Steinkohle	1800	900	110	130
Heizöl	?	?	?	?
Erdgas	10	200/1100	---	---
Müll	800	?	1600	600

- Die beiden Angaben bei Erdgas beziehen sich auf Dampf- und Gasturbinen.

Auffallend sind die hohen Chlor- und Staubemissionen bei den Müllkraftwerken. Wenn wir aus der nächsten Tabelle (SAR-59) die Durchschnittswerte für Schwefeldioxidemissionen von Großfeuerungen entnehmen, läßt sich feststellen, daß in München schwefelarme Kohle verfeuert wird.

Auf die Feuerungsleistung bezogene spezifische SO₂-Emissionen für Großfeuerungen aus SAR-59

Brennstoff	UBA 1977 für 1975	Mittelwerte 1964-1974	TÜV Rheinland
Steinkohle	2520 - 5400	3204	2178 * S (S=0.7...1.5%)
Braunkohle	720 - 5400	2826	4284 * S (S=0.1...0.5%)
Heizöl S	720 - 18000	3276	1764 * S (S=1.0...1.8%)
Heizöl EL			1692 * S (S=0.3%)
Erdgas	72	36	25
Müll	720 - 2520	1332 - 1836	

- alle Werte sind in kg pro GWh angegeben.
- Die obere Zeile bei den Angaben von UBA (Umweltbundesamt) für Braunkohle gilt für das Revier Rheinland, die untere für das Revier Helmstedt.)
- S steht für Schwefelgehalt in %.

Wir müssen nun vom Jahr 82, für das Emissionsdaten vorliegen, auf das Jahr 79 rückrechnen. Außerdem bezieht München auch Strom von außerhalb, sodaß auch die dadurch verursachten Emissionen in die Rechnung anteilmäßig miteinbezogen werden müssen. Leider ist diese Berechnung, obwohl sie wichtige Erkenntnisse vermittelt, nur überschlagsmäßig möglich. Wir sind dabei so vorgegangen, daß wir die Energieverbrauchsdaten aus dem Flußdiagramm mit spezifischen Emissionsfaktoren multipliziert haben. Die Emissionsfaktoren stammen zum Teil aus der Rückrechnung der Werte von 1982, zum Teil aus der oben angegebenen Tabelle aus SAR-59.

SO₂-Emissionen der Strom- und Fernwärmeerzeugung

Energie- träger	spezif. Emission in kg/GWh	Energie in GWh		SO ₂ in t		gesamt in t
		inner- städtisch in GWh	außer- städtisch in GWh	inner- städtisch in t	außer- städtisch in t	
Öl	500	228	553	114	277	391
Kohle	1800	1758	895	3164	1611	4775
Erdgas	10/36	7215	817	72	29	101
Müll	800	1200	0	960	0	960
		10401	2265	4310	1917	6227

NO_x-Emissionen der Strom- und Fernwärmeerzeugung

Energie- träger	spezif. Emission in kg/GWh	Energie in GWh		NO _x in t		gesamt in t
		inner- städtisch in GWh	außer- städtisch in GWh	inner- städtisch in t	außer- städtisch in t	
Öl	500 ?	228	553	114	277	391
Kohle	900	1758	895	1582	805	2387
Erdgas	540*/200	7215	817	3870	163	4033
Müll	?	1200	0	?	?	960
		10401	2265	5566	1245	6811

* anteilig Dampf- und Gasturbinen

Allein durch die Strom- und Fernwärmeerzeugung für München werden also pro Jahr 6227 t SO₂ und 6811 t NO_x erzeugt. Pro Kopf (1.3 Mio Einwohner) sind das 4.8 kg SO₂ und 5.2 kg NO_x.

2.4.2. ANTEIL VON HAUSHALTEN, KLEINVERBRAUCH, INDUSTRIE

Für den Haushalts- und Kleinverbraucherbereich können mit der Tabelle aus SAR-60 die Schadstoffemissionen abgeschätzt werden.

Emissionsfaktoren bei Haushalten und Kleinverbrauch (SAR-60)

Energieträger	SO ₂	NO _x	Staub	CH	CO	HF
Steinkohle	1800	180	720	900	19440	5.4
Steinkohle-Briketts	1800	180	2160	3240	19440	5.4
Steinkohle-Koks	1800	252	180	36	24120	5.4
Braunkohle-Briketts	360	43.2	288	1080	16920	2.5
Heizöl EL	720	180	18	54	432	0
Gas	0.72	126	0.72	43.2	243	0

- alle Werte in kg/GWh

Auch für die Industrie rechnen wir mit ähnlichen Emissionswerten, wobei sich durch Berücksichtigung der Energiewerte (hier ist Endenergie ungefähr gleich Primärenergie) aus unserem Flußdiagramm als Ergebnis einstellt:

Emissionen der Sektoren Haushalte, Kleinverbrauch und Industrie:

Energieträger	Endenergie in GWh	SO ₂ in ² t	NOx in t	Staub in t
Heizöl EL	11 454	8246	2062	206
Kohle	781	1406	141	562
Erdgas	7 206	5	908	5
		9657	3111	773

2.4.3. GESAMTEMISSION DER MÜNCHNER ENERGIEERZEUGUNG

Durch Summation der in 2.4.1 und 2.4.2 erhaltenen Werte für 1979 ergeben sich die gesamten Emissionen:

Die gesamten Emissionen der Energieerzeugung 1979 in t

Bereich	SO ₂		NOx	
	t	%	t	%
Kraftwerke	6227	39	6811	69
Sonstige	9657	61	3111	31
insgesamt	15885	100	9922	100

Man sieht, daß 39 % der innerstädtischen SO₂-Emissionen und 69 % der Stickoxide, die bei der Energieerzeugung entstehen, von den Kraftwerken erzeugt werden. Ferner wird durch die zwei Müllkraftwerke eine immense Menge an Staub und Chlor-Emissionen erzeugt.

Die Bilder auf den folgende Seiten sollen einen genaueren Eindruck von der Aufteilung der Schadstoffe SO₂ und NOx auf Primärenergieträger, Endenergieträger, Verbrauchssektoren und Anwendungsbereiche geben. Diese Zahlen sind wieder gewonnen aus den Energieverbräuchen, aus dem Energieflußdiagramm und aus dem spezifischen Emissionsfaktoren. Emissionsfaktoren für Strom und Fernwärme wurden dabei durch Aufteilung der gesamten Emissionen der Kraftwerke auf Fernwärme und Strom gewonnen. Dabei wurde der Strom - entsprechend seiner höheren Wertigkeit - stärker gewichtet. Die Wichtung hat sich dabei an der Tatsache orientiert, daß bei voller Kraftwärmekopplung das Verhältnis von Fernwärme zu Strom etwa 2:1 ist. Um die Emissionen für diesen Fall "gerecht", das heißt 50:50, aufzuteilen, muß man den Strom doppelt so stark wichten wie die Fernwärme.

Interessant ist auch die Aufteilung der Schadstoffemissionen der innerstädtischen Energieerzeugung pro Münchner Bürger im Jahr 1979. Dies gibt eine wesentlich bessere Vorstellung davon, wie stark die Umweltbelastung heute schon fortgeschritten ist, als die Angabe von Tonnen. Dabei ist das die Menge, die statistisch gesehen und auch real dem Münchner Bürger auf den Kopf fällt, sofern durch die Politik der Hochschornsteine nicht für eine weiträumige Verbreitung gesorgt wird.

Schadstoffemissionen pro Münchner Bürger in kg im Jahr 1979
(In München leben z. Zt. ca. 1.3 Mio. Bürger)

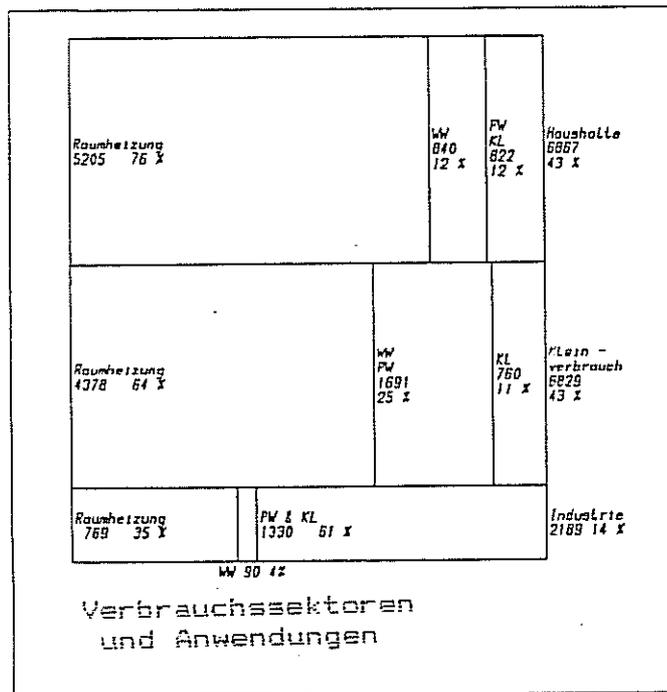
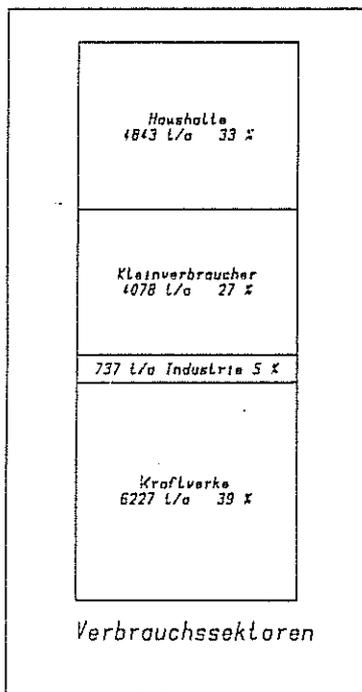
Bereich	SO ₂	NOx	Staub	Chlor	gesamt
Kraftwerke	4.79	5.24	0.58	1.54	12.15
Sonstiges	7.43	2.39	0.60	?	10.42
gesamt	12.22	7.63	1.18	1.54	22.57

Aus der ersten Tabelle dieses Abschnitts (2.4) können die mittleren Schadstoffemissionen, die auf einen Bundesbürger treffen, ermittelt werden:

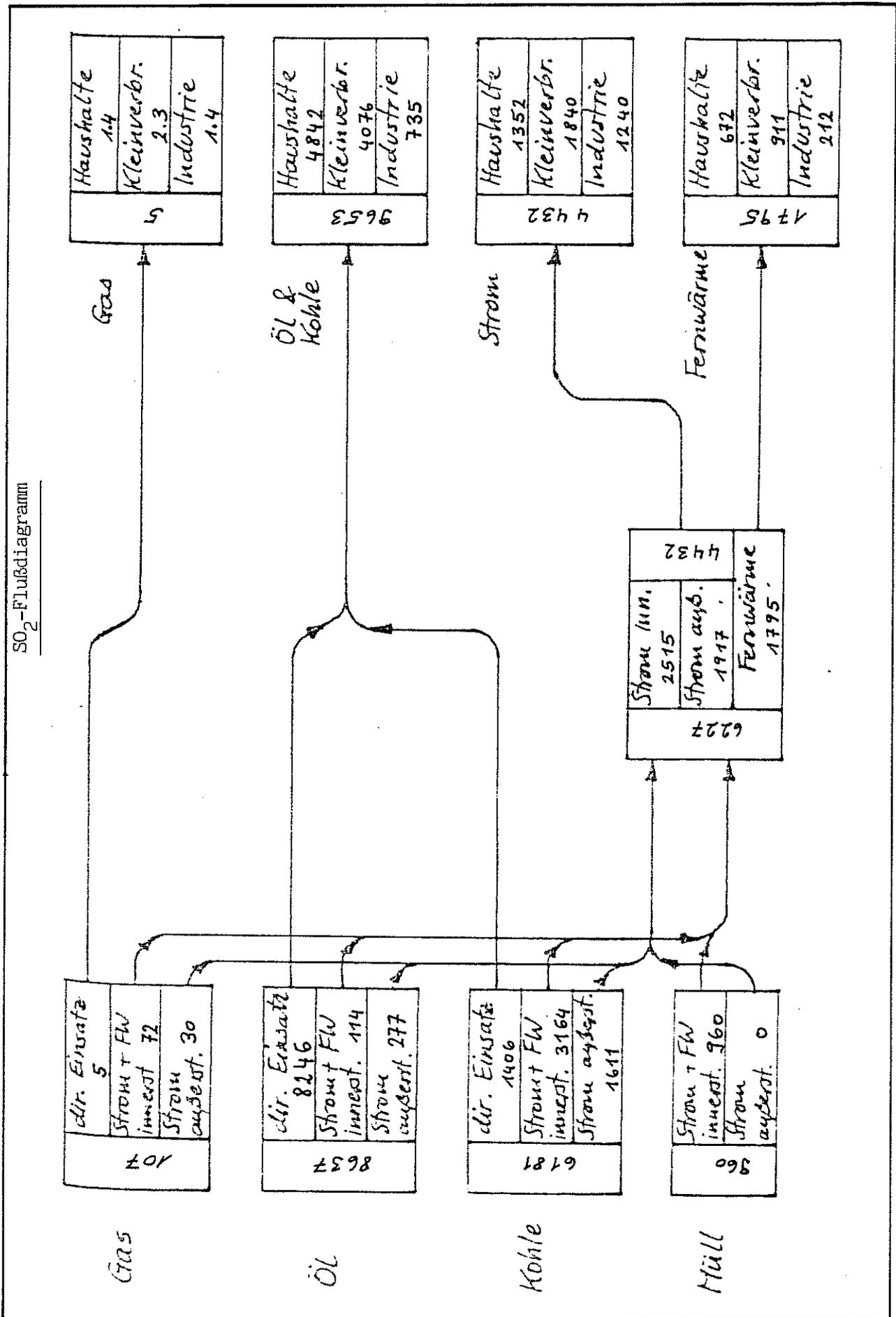
Schadstoffemissionen pro Bürger der BRD 1978 in kg (ohne Verkehr)

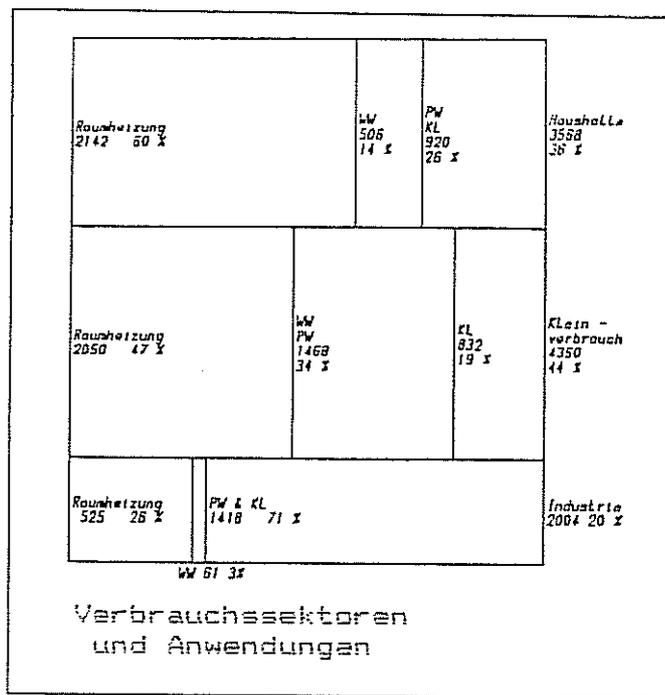
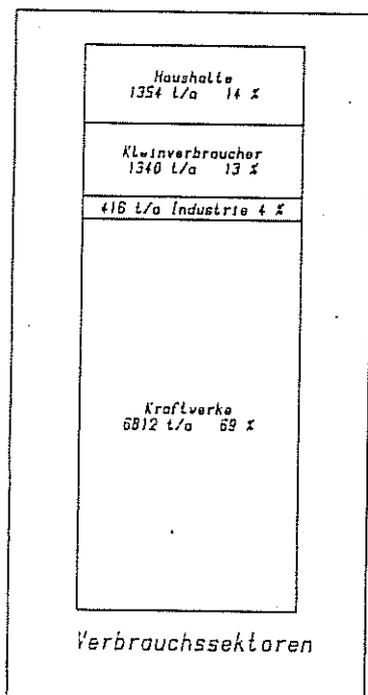
Bereich	SO ₂	NOx
Kraftwerke	33.33	15.67
Sonstiges	24.00	12.00
gesamt	57.33	27.67

Hier zeigt sich, daß auf den Bundesbürger wesentlich höhere Schadstoffanteile treffen als auf den Münchner Bürger. Dies erklärt sich dadurch, daß in den bundesdeutschen Zahlen auch Emissionen der Industrieproduktion enthalten sind, die in München wegen des geringen und wenig energieintensiven Industrieanteils kaum ins Gewicht fallen. Von dieser Produktion profitieren aber schließlich auch die Münchner Bürger. Ferner ist zu berücksichtigen, daß München wegen seines hohen Gasanteils und der Fernwärmennutzung heute schon seine Energie relativ umweltfreundlich erzeugt. Dies sollte nun aber kein Grund sein, bei weiteren Verbesserungen zurückhaltend zu sein. Man darf auch nicht nur auf die Emission der Schadstoffe sehen, auch ihre Verteilung und ihre Konzentration in der Luft sind wichtig. München weist für die Verteilung der Schadstoffe ungünstige Bedingungen auf. Inversionswetterlagen sind häufig, die mittleren Windgeschwindigkeiten relativ niedrig. Unsere Forderung nach weiterer Reduktion der Schadstoffkonzentration hat also gute Gründe.

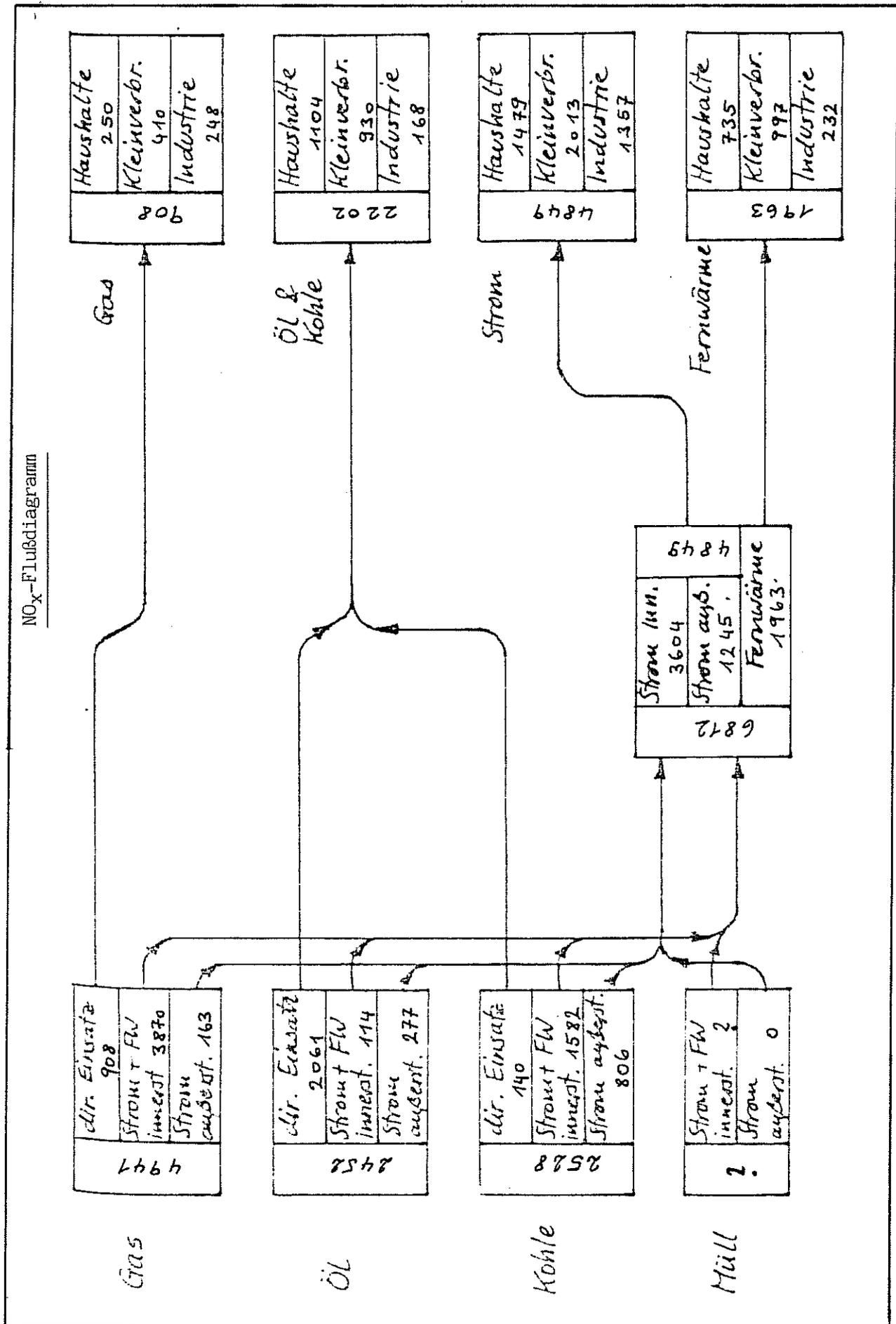


SO₂-Bilanz





NO_x-Bilanz



2.5. KRITIK AN DER OFFIZIELL GEPLANTEN ENTWICKLUNG

2.5.1. DIE ZUKÜNFTIGEN ANNAHMEN DER STADTWERKE

Die Stadtwerke München erstellten zuletzt 1980 ein Energieprogramm für die Stadt München (E80). Obwohl darin (E80-25) die Aktualisierung der Daten, die Anpassung an neue Entwicklungstrends und die turnusmäßige Vorlage beim Stadtrat vorgesehen ist, gibt es bisher keine Fortschreibung dieses Programms. Lediglich im Stadtentwicklungsplan 1982 (SEP) wurden neue Prognosewerte für die Münchner Energieversorgung veröffentlicht. Nach Auskunft der Pressestelle der Stadtwerke soll frühestens zu Beginn des nächsten Jahres eine Fortschreibung des Energieprogramms erscheinen. Wir beziehen uns deshalb im folgenden vor allem auf E80, sowie auf SEP.

Zunächst wollen wir die allgemeinen Annahmen der Stadtwerke betrachten. Laut Energieprogramm gehen in die Prognose für den zukünftigen Energiebedarf folgenden Faktoren ein:

- Der derzeitige Stand der Energieversorgung der Stadt
- Annahmen zu Bevölkerungsentwicklung, Wirtschaftswachstum etc
- Zwischen Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch wird ein enger Zusammenhang gesehen.
- Die Substitution von Erdöl durch alternative Energieträger wird in den nächsten 20 Jahren nicht entscheidend zu Buch schlagen.
- Erdöl muß durch Strom, Fernwärme und Erdgas (leitungsgebundene Energieträger) ersetzt werden.
- Auf dem Sektor der Energieeinsparung sind Veränderungen erreichbar.

In diesen Faktoren, wie auch im gesamten Energieprogramm, wird nicht sauber unterschieden zwischen Primärenergieverbrauch, Endenergie und Energiedienstleistung. (Die Energiedienstleistung besteht in der vollbrachten Leistung, z.B. einen bestimmten Raum eine Stunde lang auf eine bestimmte Temperatur zu heizen, oder eine Person in einer Stunde über 100 km zu transportieren.) Jedoch gerade diese Unterscheidung ist für eine fundierte Betrachtung des Energiebereiches notwendig: unser Wohlstand und Lebensstandard ist von der Höhe und Art der Energiedienstleistung abhängig, nicht von der dafür aufgewandten Primärenergie. Beim Einsatz verschiedener Primärenergien (z.B. Öl, Kohle, Uran) für eine bestimmte Energiedienstleistung (z.B. Heizen) ist der jeweilige Aufwand sehr unterschiedlich. Die Höhe des Primärenergieeinsatzes ist also eine unbefriedigende Größe zur Beschreibung unseres Wohlstandes. Hierzu eignet sich der Begriff der Energiedienstleistung sehr viel besser. Andererseits ist bei Betrachtung der energiepolitischen Abhängigkeit der Stadt München die Höhe des Primärenergieeinsatzes entscheidend, nicht der Umfang der damit erfolgten Energiedienstleistung.

Die Stadtwerke München gehen weiterhin von einem engen Zusammenhang zwischen Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch aus. Diese These ist recht fragwürdig. So war der Verbrauch an leichtem Heizöl in den Jahren 1980 bis 1982 in der BRD rückläufig (SZ

vom 5.5.83 und 14.4.83). Da leichtes Heizöl überwiegend zum Heizen verwendet wird und der Verbrauch somit unabhängig von der Konjunktur der Wirtschaft ist, läßt sich dieser Rückgang nicht mit der Rezession erklären. Er ist eindeutig durch geändertes Verbraucherverhalten und technische Verbesserungen bedingt. Hinzu kommt noch, daß 1981 kein milder Winter war. Auch eine Erklärung dieses Rückgangs mit der Substitution durch andere Energieträger z.B. Strom und Gas ist nicht schlüssig, da im selben Zeitraum der Gasverbrauch leicht rückläufig war und der Stromverbrauch stagnierte. Betrachtet man den Stromverbrauch 1980, so zeigt sich, daß die Zunahme geringer war, als das Wachstum des Bruttosozialprodukts. Es galt aber bisher als eiserne Regel, daß der Stromverbrauch stets stärker steigt, als das Bruttosozialprodukt. Dieses Gesetz hat nach Berechnungen des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (DIW) seine Gültigkeit verloren (ED). Da die Tendenz der Preissteigerungen bei den Energieträgern in Zukunft sicherlich anhält, wird dies - wie in der Vergangenheit in der Industrie steigende Kosten für Arbeitsplätze zu Rationalisierungsmaßnahmen geführt haben - verstärkt zu "Energierationalisierung" führen.

Im Energieprogramm 80 wird nicht offen ausgesprochen, daß außer Daten und angenommenen Gesetzmäßigkeiten auch politische Zielsetzungen mit eingehen. So heißt es auf Seite 10:

"Energieeinsparung wird von den Stadtwerken München seit vielen Jahren angestrebt und gefördert. Auf diesem Gebiet sind noch Veränderungen z.B. durch eine verbesserte Wärmeisolierung der Gebäude, durch den weiteren Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung, durch sinnvolleren Energieeinsatz in Haushalt und Industrie sowie durch eine entsprechende technische Auslegung von Geräten erreichbar."

Die Stadtwerke bewerten in diesem Punkt die Möglichkeiten der Energieeinsparung. Da der Umfang der Energieeinsparung in erster Linie von den ergriffenen politischen Maßnahmen abhängt, geht durch die Bewertung der Einsparmöglichkeit die politische Zielsetzung, die die Stadtwerke verfolgen, mit ein. In der Formulierung "... sind Veränderungen erreichbar" wird deutlich, daß die Stadtwerke der Energieeinsparung keinen hohen Stellenwert bei der Entwicklung des Energieverbrauchs einräumen. Aus diesem Grund kommen die Stadtwerke dann auch zu sehr hohen Zuwachsraten bei den einzelnen Energieträgern und zur notwendigen Beteiligung an Isar II.

Die Stadtwerke gehen davon aus, daß regenerative Energieträger bis zum Jahr 2000 keinen nennenswerten Beitrag zur Substitution von Erdöl leisten können, sondern dies durch Strom, Fernwärme und Erdgas geschehen muß.

Insbesondere wollen die Stadtwerke den Anteil der Nachtspeicherheizungen durch finanzielle Anreize weiter ausbauen. So heißt es in E 80, Anlage 8, Seite 2 und 7:

"Für die Zukunft kommt es daher darauf an, die Nachtstromabgabe bis an die Grenze der verfügbaren Lastkapazität zu steigern. Bezogen auf das derzeitige Potential ist eine Verdoppelung möglich. D.h. es können etwa weitere 30000 Wohnungen mit einer umweltfreundlichen Nachtstromspeicherheizung ausgerüstet werden. Von den Stadtwerken werden hierzu neben einer umfassenden Beratung entsprechende finanzielle Anreize geboten." ...

"Darüberhinaus werden Umstellaktionen von Staat und Stadt finanziell unterstützt und der Einbau von Nachtstromspeicherheizungen und Warmwasserspeichern durch Prämien der Stadtwerke-EW begünstigt."

Auch wenn Nachtstromspeicherheizungen beim Verbraucher keine Schadstoffe emittieren, so sind sie auf keinem Fall umweltfreundlich, da bei der Stromerzeugung sehr wohl Schadstoffe entstehen. Wird der Strom nicht in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt, so entsteht im Vergleich zu Fernwärme, Kohle-, Öl- oder Gasheizungen bei Nachtstromspeicherheizungen ein fast dreimal so hoher Primärenergiebedarf. Eine solche Steigerung ist unter zwei Gesichtspunkten problematisch:

- Die Abbauraten bei der Kohle sind begrenzt und der gesteigerte Einsatz von Kohle zur Energieerzeugung kann das Waldsterben und das CO₂-Problem verschärfen. Der Einsatz von Uran ist nur dann eine Alternative, wenn es möglich ist, ab dem Jahr 2000 den Schnellen Brüter kommerziell zur Stromerzeugung einzusetzen. Angesichts des momentanen Standes der Entwicklung scheint dies nicht möglich zu sein. Ohne den Schnellen Brüter wird es jedoch beim forcierten Ausbau der Kernenergie sehr schnell zu einer Urankrise kommen. Außerdem könnten selbst bei starkem Ausbau im Jahr 2000 nur etwa 54 Mio. t. SKE an Erdöl durch Strom ersetzt werden. (Bericht der Enquetekommission "Zukünftige Kernenergiepolitik", Pfad 1). Dies ist etwa 26 % des Erdölverbrauchs der BRD im Jahr 1978.
- Ein weiteres Anwachsen des Primärenergieverbrauchs führt auf jeden Fall zu verstärkten Abhängigkeiten von Rohstoffen (was man durch diese Strategie eigentlich vermeiden wollte) und zum verstärkten Einsatz von Großtechnologie, die sehr empfindlich gegenüber äußeren Einflüssen ist. Die Energieversorgung wird damit nur unsicherer und krisenanfälliger.

Ein weiterer Ausbau der Nachtspeicherheizungen verschärft somit die Probleme, anstatt zu ihrer Lösung beizutragen. Wir können nicht verstehen, weshalb die Stadtwerke eine solche Politik auch noch finanziell fördern.

Die Substitution von Erdöl durch Fernwärme und Erdgas ist sicher möglich. Angesichts der bereits bestehenden hohen Abhängigkeit der Stadtwerke vom Erdgas (75 % des Primärenergieeinsatzes der Stadtwerke erfolgt in Form von Erdgas), ist es aber nicht unproblematisch, den Einsatz von Erdgas weiter zu erhöhen. Der weitere Ausbau der Fernwärme führt zwar auch zu einem höheren Primärenergieverbrauch an Kohle, jedoch bei weitem nicht so stark wie bei der Stromerzeugung, da der Wirkungsgrad bei Heizkraftwerken über 60 % liegt.

2.5.2. DIE BISHERIGEN ENERGIEPROGNOSEN DER STADT

Wer sich die Fortschreibung der Energieprogramme der Bundesregierung zwischen 1973 und 1982 betrachtet, stellt fest, daß eine ständige Reduktion der Prognosewerte stattfand (Bild 2-13).

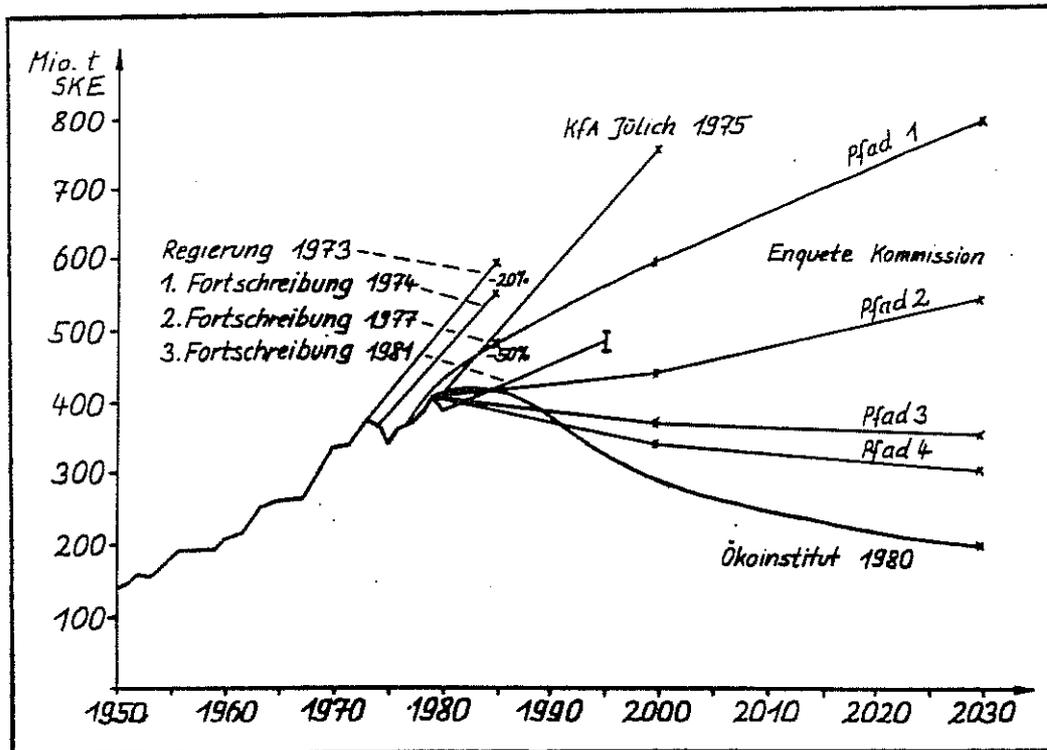


Bild 2-14: Primärenergiebedarfs-Prognosen für die BRD

In München fand eine ähnliche Entwicklung statt. Die Stadtwerke ließen durch das DIW ein Energieprognosemodell für München erstellen. In dieses Modell gehen die Planungszahlen der Stadt München über den zukünftigen Wohnungsbestand, die Art der Beheizung, die beheizte Fläche, der spezifische Energieverbrauch, die Entwicklung der Beschäftigungszahl, das Bevölkerungswachstum usw. ein. Bei diesen Daten handelt es sich um reine Planungszahlen, die aus dem Stadtentwicklungsplan (SEP) entnommen werden, oder von anderen Stellen kommen. Das Modell wird jedes Jahr neu errechnet. Vor der Veröffentlichung der Zahlen im Energieprogramm der Stadtwerke werden die Zahlen von der Werksleitung überarbeitet und genehmigt. In EBO und SEP wurden von den Stadtwerken folgende Prognosen für den Energieverbrauch veröffentlicht:

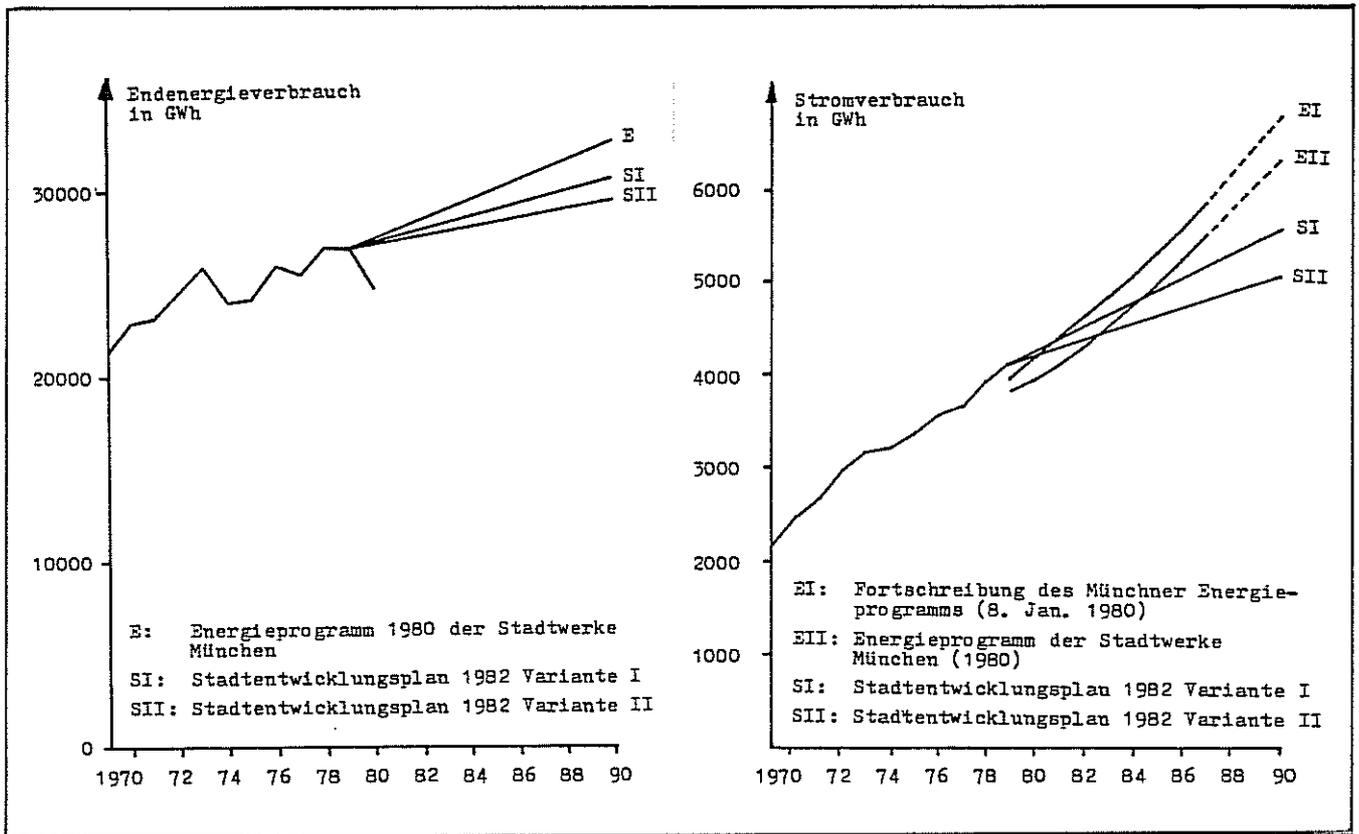


Bild 2-15: Endenergie- und Strombedarfsprognosen

Noch im Jahr 1979 rechneten die Stadtwerke mit einem Energieverbrauchsanstieg von ca. 22 % bis zum Jahr 1990 (E79). Ein knappes Jahr später wurde dieser Wert im Energieprogramm 80 (E80), wohl wegen der tatsächlichen Entwicklung, auf 19 % gesenkt. Noch einmal 2 Jahre später (1982) liegen die Prognosewerte für die nächsten 10 Jahre bei 8.8 bis 13 %, wobei der untere Wert als der wahrscheinlichere angesehen wird (SEP-159).

Noch wesentlich gravierender äußert sich dies bei den Stromverbrauchsschätzungen. Während im Jahr 1979 (E79) noch ein Anstieg von ca. 71 % geschätzt wurde, nahm man 1980 (E80) nur noch einen Anstieg von 68 % an. Wir haben uns dabei zum besseren Vergleich erlaubt, die bis zum Jahre 1987 gehenden Prognosen der Stadtwerke bis 1990 mit gleichen Steigerungsraten fortzuschreiben. Im Stadtentwicklungsplan (SEP) wurden diese Werte dann auf 24.4 bis 36.5 % stark reduziert.

Dies zeigt deutlich, daß die Stadtwerke ihre Schätzungen innerhalb von 3 Jahren um fast zwei Drittel senken mußten.

3. EINE NEUE ENERGIEPOLITIK

3.1. PERSPEKTIVEN

Unser Energieverbrauch kann nicht unbegrenzt steigen. Die Grenzen liegen in der Belastbarkeit der Umwelt und in der Erschöpfung der Ressourcen, die unseren Handlungsspielraum immer weiter eingengen. Wir wollen im folgenden versuchen, die Perspektiven einer neuen Energiepolitik aufzuzeigen, die versucht, diese Probleme zu meistern.

- Unser zukünftiger Energieverbrauch sollte möglichst gering sein, zumindest jedoch nicht weiter steigen. Nur so wird es uns gelingen, die Umweltbelastungen zu verringern und, bezogen auf die Ressourcen, eine gesicherte Energieversorgung zu ermöglichen.
- Der Anteil regenerativer Energiequellen am Energieverbrauch sollte möglichst hoch sein, um der Begrenztheit der Ressourcen zu begegnen.
- Die zukünftige Energieversorgung sollte in ihrem Konzept flexibel sein - keine Sachzwänge schaffen - um so optimal auf neue Entwicklungen eingehen zu können und Entscheidungsfreiheit offen zu halten.
- Die mit dem Energieverbrauch verbundene Umweltbelastung muß soweit wie möglich reduziert werden.
- Die zukünftige Energieversorgung sollte stabil und sicher sein gegenüber Einflüssen von außen, das heißt, die Energieerzeugung sollte auf vielen Füßen stehen und einseitige Abhängigkeiten vermeiden.

In den folgenden Abschnitten zeigen wir, wie die konkrete Ausgestaltung eines Energiekonzepts in München, das auf diesen Prinzipien beruht, aussehen könnte. Wir wissen, daß auf Grund des mangelnden Datenmaterials vieles noch fragmentarisch und teilweise oberflächlich bleibt. Die Stadt hätte jedoch die Möglichkeit, innerhalb kurzer Zeit unsere Ergebnisse zu vervollständigen und zu vertiefen, damit eine fundierte Energieplanung möglich wird.

Die Ergebnisse aus dem Kapitel 2 ermöglichen uns, die bisherige Energiepolitik der Stadt bezogen auf die oben genannten Kriterien zu bewerten:

- Der Münchner Energiebedarf wird zu 98 % aus erschöpflichen Quellen gedeckt. Dazu kommt noch, daß bei der Umwandlung zur Nutzenergie noch einmal rund die Hälfte verlorenggeht. Damit ist die Forderung nach Ressourcenschonung nicht annähernd erfüllt.
- München erzeugt im Vergleich mit der Bundesrepublik relativ geringe Schadstoffemissionen bei der Energieerzeugung. Das hat seine Ursachen im hohen Gasanteil, in der Fernwärmenutzung und in der Verwendung schwefelarmer Kohle und nicht, wie sich vermuten ließe, in ausgefeilter Filtertechnik bzw. Rauchgasentschwefelung. Angesichts der sich dramatisch verschärfenden Situation beim Waldsterben darf die Stadt sich nicht auf ihren Lorbeeren ausruhen, sondern muß möglichst rasch alle Maßnahmen zu einer weiteren Senkung der Schadstoffemissionen ergreifen. Erst damit wäre die Forderung

nach Umweltschonung erfüllt.

- Unser Erdgas (knapp die Hälfte des Münchner Primärenergieverbrauchs) beziehen wir zu mehr als drei Vierteln aus der UdSSR, das Erdöl (mehr als ein Drittel des Primärenergieverbrauchs) kommt ebenfalls aus dem Ausland. Dies stellt ein bedenkliches Krisenpotential dar.
- Die Kosten waren zwar aufgrund des niedrigen Ölpreises Anfang der siebziger Jahre relativ niedrig, sind jedoch seit 1973 stark steigend, woran auch die momentanen Einbrüche langfristig nichts ändern werden. Die allmähliche Erschöpfung der Quellen wird die Entwicklung weiter verstärken.

Die wesentlichen Forderungen an eine im Sinne des Bürgers optimale Energieversorgung werden also heute nicht erfüllt. Es steht zu befürchten, daß sie bei weiterem Anstieg des Energiebedarfes immer weniger erfüllbar werden.

Gibt es nun eine Möglichkeit, eine Energieversorgung aufzubauen, die die bisherigen Nachteile weitgehend vermeidet und die obigen Forderungen erfüllt? Von A.B. Lovins wurde in seinem Buch "Sanfte Energie" (LOV) eine sogenannte "Sanfte" Energieversorgung vorgeschlagen, die auf den folgenden Prinzipien beruht:

- o Der zukünftige Energiebedarf kann durch bessere Nutzung der Energie gesenkt werden.
- o Der noch verbleibende Restbedarf soll weitgehend durch unerschöpfliche Energieträger gedeckt werden.

Weltweit gibt es inzwischen nationale Studien für viele Länder, die diese Gedanken konkretisiert haben.

Eine Studie für die Bundesrepublik aus dem Jahr 1980 wurde vom Ökoinstitut in Freiburg verfaßt (EW). Diese kommt zum Ergebnis, daß im Jahr 2030 - also in 50 Jahren - unser Energieverbrauch auch bei weiter steigendem Wohlstand fast auf die Hälfte des heutigen Wertes sinken kann.

Auch eine Kommission des Deutschen Bundestages, die sogenannte Enquetekommission "Zukünftige Kernenergiepolitik" hat entsprechende Berechnungen angestellt und kommt nur zu leicht erhöhten Ergebnissen (ENQ).

Inzwischen sind Energiekonzepte auf der Basis der Studie des Ökoinstituts für die Städte Tübingen, Nürnberg, Kassel, Bielefeld, Mainz, Wiesbaden und Stuttgart erschienen bzw. in Arbeit. Für die Stadt Schaffhausen wurde ein entsprechendes Konzept von der Kommune in Auftrag gegeben und inzwischen zum offiziellen Energieprogramm der Stadt erklärt.

Angesichts der oben angegebenen Probleme wäre es nun nur recht und billig, wenn auch die Stadt München zumindest als Alternative zum heute geplanten Energiepfad ebenfalls eine entsprechende Studie in Auftrag geben würde. Da dies bisher nicht geschehen ist, haben wir versucht, dies zumindest im Ansatz vorwegzunehmen.

In den nachfolgenden Abschnitten zeigen wir, wie die konkrete Ausgestaltung eines Energiekonzepts in München aussehen könnte.

3.2. ENERGIEEINSPARUNG

3.2.1. SENKUNG DES WARMEBEDARFS

Manch einer sitzt heutzutage über seiner jährlich höher werden- den Heizungsrechnung und zerbricht sich den Kopf darüber, wie er zukünftig seine Heizkosten senken könnte. Neben der Möglichkeit des persönlichen Verzichts durch Absenken der Heiztemperatur bzw. dem nur teilweisen Beheizen ihrer Wohnung glauben viele - nicht zuletzt wegen der raffinierten Werbemethoden der Heizungssystem- hersteller -, daß sie durch den Einbau einer anderen Heizung ihre Probleme lösen könnten. Dabei wird oft übersehen, daß die Ener- giepreise nicht unabhängig voneinander sind, sondern, wie sich das für eine Marktwirtschaft gehört, sich dem allgemeinen Ener- giepreisniveau anpassen. Steigt z.B. der Heizölpreis, so kann da- mit gerechnet werden, daß der Gaspreis bzw. der Nachtstrompreis nicht lange auf sich warten lassen. Ein Hausbesitzer, der den oben beschriebenen Weg geht, hat also nichts anderes erreicht, als daß er von einer Abhängigkeit in die andere geraten ist.

Wesentlich sinnvoller wäre es, den Energiebedarf des Hauses zu senken. Daher sollte die Grundregel beachtet werden:

ERST ISOLIEREN DANN INSTALLIEREN

Sonst könnte leicht der Fall eintreten, daß die gerade erst neu installierte Heizanlage nach den Wärmedämmmaßnahmen plötzlich viel zu groß ist, was unwirtschaftlich ist, oder bei einem erneuten Austausch wiederum hohe Investitionskosten anfallen.

Allerdings gilt dieser Grundsatz nicht mehr in voller Strenge, da es heute bereits sogenannte "Brennwert-Kessel" gibt, die Wir- kungsgrade von 95 % erreichen. Hat die bestehende Heizungsanlage einen schlechten Wirkungsgrad, so kann hier der Einbau einer neuen Anlage wesentlich zur Senkung des Energieverbrauchs beitra- gen und damit auch vor einer Isolierung sinnvoll sein.

Um die verschiedenen Möglichkeiten der Wärmedämmung aufzuzei- gen, ist es zweckmäßig, die Häuser in sechs verschiedene "Norm- häuser" (100 m² Wohnfläche) mit unterschiedlichem Dämmstandard aufzuteilen. Dabei wollen wir uns zunächst auf Einfamilienhäuser beschränken. Diese sechs Typen lassen sich folgendermaßen charak- terisieren:

- Typ I: Entspricht der üblichen Nachkriegsbauweise bis 1977, Einfachverglasung, Raumwärmebedarf 3700 l Heizöl pro Jahr.
- Typ Ia: Entspricht Typ I, es werden jedoch Sofortmaßnahmen er- griffen: Absenken der Vorlauftemperatur, Einbau von Thermostatventilen, Wärmedämmung der Rolladenkästen und Heizkörpernischen, Vorhänge vor Heizkörpern gekürzt, Fenster- und Türdichtungen verbessert. Raumwärmebedarf 3000 l Heizöl pro Jahr.
- Typ II: Entspricht der heute üblichen Bauweise "Vollwärme- schutz", Doppelverglasung, Raumwärmebedarf 2100 l Heizöl pro Jahr.
- Typ III: Entspricht dem schwedischen Baustandard: Dreifach- oder Isolierverglasung, 12 cm Wärmedämmung an den Wänden,

10-30 cm Dach- und Kellerisolierung, Raumwärmebedarf 900 l Heizöl pro Jahr (entspricht in etwa den Forderungen der neuen Wärmeschutzverordnung, die für Neubauten ab dem 1.1.84 gilt).

Typ IV: Das Nullenergiehaus: Dreifachverglasung, 30-50 cm Außendämmung, isolierte Fensterläden, Wärmerückgewinnung aus Abwasser, kontrollierte Belüftung, Raumwärmebedarf 160 l Heizöl pro Jahr.

Typ S: Dieses Haus wird durch Solararchitektur ganz auf passive Wärmerückgewinnung ausgelegt. Wohnräume nach Süden ausgerichtet, an der Südseite große Glasflächen, großer Wintergarten, der sich über die gesamte Haushöhe erstreckt. Diese Bauweise ist heute bereits zu vergleichbaren Preisen wie für herkömmliche Bauten möglich. Raumwärmebedarf 350 l Heizöl pro Jahr.

Der jeweilige Raumwärmebedarf wurde vom Tübinger Arbeitskreis mit Hilfe eines komplizierten Computerprogramms errechnet (TÜB2-55). Die Berechnungsmethode unterscheidet sich dabei insofern von der herkömmlichen, als auch die Wärmerückgewinnung durch Beleuchtung, Personenabwärme, Sonneneinstrahlung durch die Fenster etc. berücksichtigt werden. Dies ist bei der Berechnung nach VDI 2067 nicht der Fall, weshalb diese Methode bei guter Wärmedämmung zu völlig falschen Ergebnissen führt. Die Überprüfung der Tübinger Berechnung an mehreren Häusern hat ergeben, daß der Fehler kleiner als 10 % ist.

Für diese Typen lassen sich Wärmebilanzen aufstellen. In Bild 3-1 ist für jeden Haustyp links angegeben, woher die Wärme bezogen wird, rechts, wohin sie fließt. Alle Angaben beziehen sich auf ein Normhaus mit 100 m² Wohnfläche, Zahlen in l Heizöl.

Alles bisher gesagte gilt auch für Mehrfamilienhäuser, insbesondere lassen sich auch Mehrfamilienhäuser vom Typ S verwirklichen. Beim Mehrfamilienhaus verringern sich - je nach Größe des Hauses und der Anzahl der Wohnungen - die Wärmeverluste nach außen. Dadurch ist der Raumwärmebedarf beim Mehrfamilienhaus im Vergleich zum Einfamilienhaus gleichen Typs geringer. Je nach Mehrfamilienhaus ergeben sich 50 bis 80 Prozent des Raumwärmebedarfs eines Einfamilienhauses. Wir nehmen im folgenden einen mittleren Wert von 66 Prozent an.

Oft wird bezweifelt, daß sich die Solararchitektur auch bei Mehrfamilienhäusern, bzw. dichter Bebauung in der Stadt realisieren läßt. Bild 3-2 (entnommen aus "Grünes Bauen", rororo) zeigt einen Vorschlag zur Anwendung der Solararchitektur bei Hochhäusern. Man sieht deutlich, daß sich durch die Solararchitektur nicht nur der Heizenergiebedarf verringern läßt, sondern sich auch der Wohnkomfort und das optische Bild deutlich verbessern.

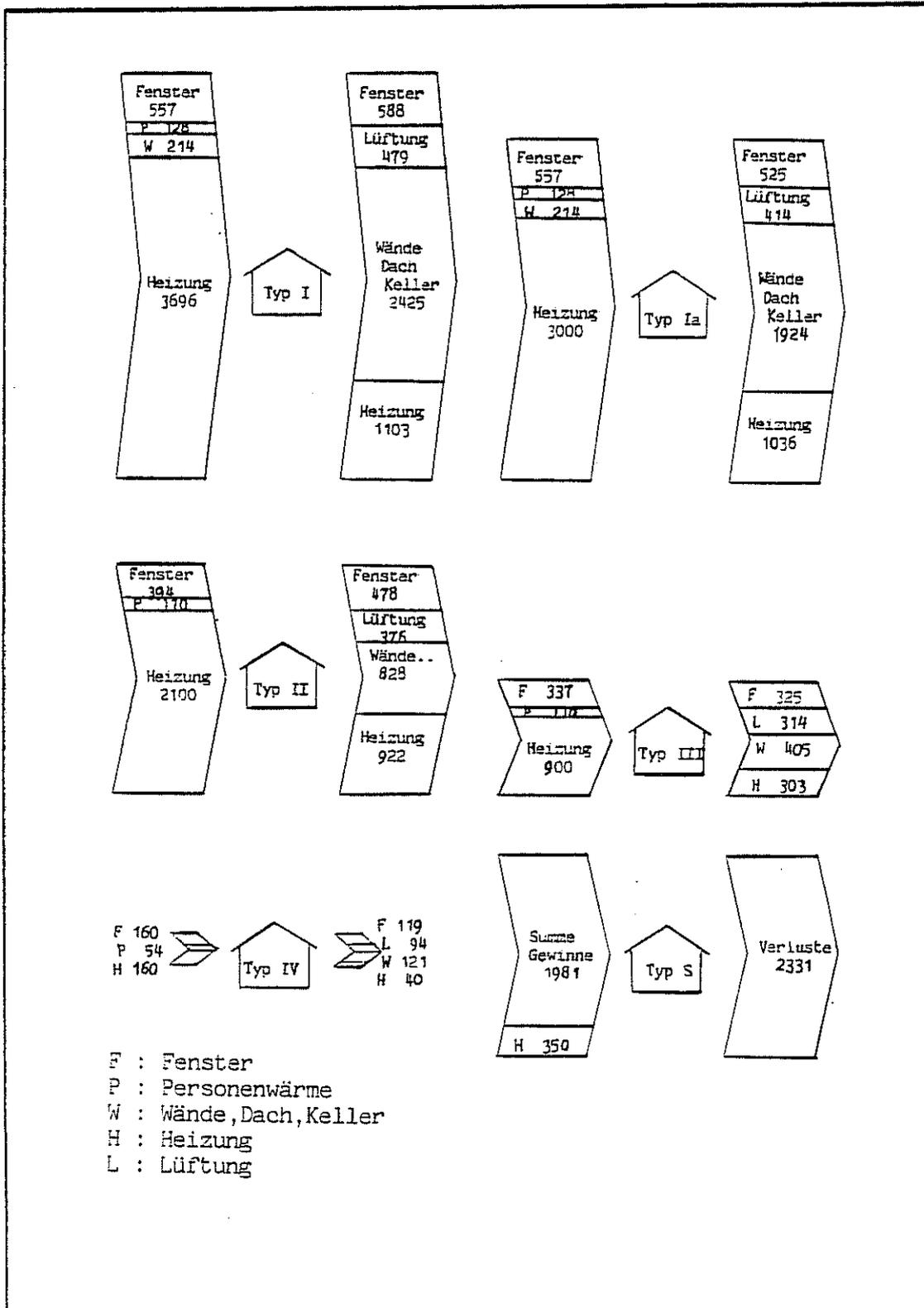


Bild 3-1: Wärmebilanzen der Haustypen

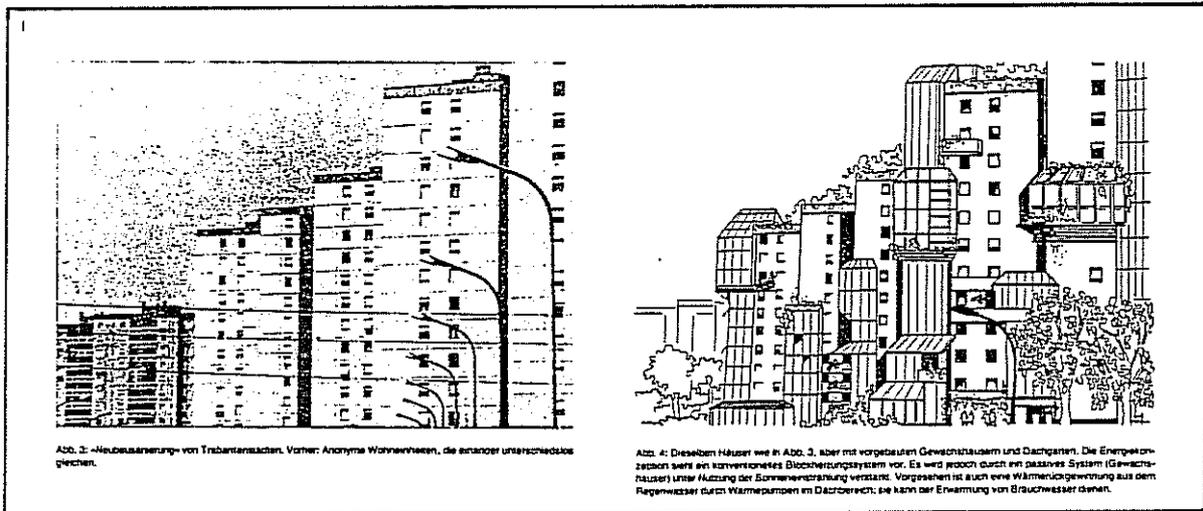


Bild 3-2: Wärmetechnische Sanierung von Mehrfamilienhäusern

Daß die Reduzierung des Raumwärmeverbrauchs keine Utopie ist, zeigt Tabelle 3-1 (entnommen aus TRA und ergänzt). Dort sind die Wärmeschutzvorschriften bzw. -empfehlungen für die Bundesrepublik und die skandinavischen Länder gegenübergestellt. Selbst die neue Wärmeschutzverordnung der Bundesrepublik, die am 1.1.84 in Kraft tritt, bleibt weit hinter den seit 1977 in Nordschweden üblichen Bauvorschriften zurück. Der k-Wert ist ein Maß für den Energiefluß durch eine Fläche von 1 m^2 bei einem Temperaturunterschied von 1 Grad und damit auch ein Maß für den Wärmeverlust (Einheit: $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$).

!	Jahr	Vorschrift V	k-Wert	k-Wert	!
!		Empfehlung E	Außenwand	Dach	!
!	DIN 4108	1969 V	1.56	0.8	!
!	RWE und andere				!
!	EVU	1954 E	1.0	0.5	!
!	Wärmeschutzver-				!
!	ordnung BRD				!
!	(Bauteilnachweis-				!
!	verfahren)	1978 V	0.9	0.45	!
!	RWE und andere				!
!	EVU	1980 E	0.35	0.3	!
!	Wärmeschutzver-				!
!	ordnung BRD	1984 V	0.6-0.8	0.3	!
!	Schweizer				!
!	Energiestiftung	1978 E	0.26	0.23	!
!	Südschweden	1977 V	0.3	0.2	!
!	Nordschweden	1977 V	0.25	0.17	!
!	Dänemark	1979 V	0.3	0.2	!
!	Beispiel für ein				!
!	käufliches Fertig-				!
!	haus in der BRD	1981	0.22	0.14	!

Interessant ist nun die Frage, ob sich diese Maßnahmen auch lohnen. Dazu stellt sich nach Berechnungen des Tübinger Arbeitskreises (TÜB2-69) folgendes heraus:

! Haustyp !	! Mehrinve- !	! ölkosten !	! Kosten !	! Mittl. !	! Verbrauch !
! !	! stitionen !	! heute !	! 1. Jahr !	! Kosten !	! in % !
! I !	! --- !	! 3 555 !	! 3 555 !	! 5 487 !	! 100 !
! Ia !	! 1 200 !	! 2 880 !	! 3 075 !	! 4 615 !	! 81 !
! II !	! 6 050 !	! 2 018 !	! 3 003 !	! 3 972 !	! 56 !
! III !	! 16 240 !	! 960 !	! 3 142 !	! 3 201 !	! 27 !

(alle Angaben in DM, auf 128 m² bezogen)

Die mittleren Kosten wurden dabei wie folgt errechnet: Die Kosten für Heizöleinkauf und Zins und Tilgung für die Dämmmaßnahmen werden inflationsbereinigt aufsummiert und der Mittelwert über 20 Jahre gebildet. Ausgegangen wurde von 4 % Inflationsrate, 8 % nominale Energiepreissteigerungen pro Jahr und einem Zinssatz von 10 %. Der heutige Heizölpreis wird mit 75 Pf. angesetzt, die Lebensdauer der Sofortmaßnahmen und der Maßnahmen für Typ II mit 10 Jahren und diejenige des Außenwandwärmeschutzes mit 30 Jahren.

Somit ist die Beheizung eines Hauses vom Typ I bereits heute völlig unwirtschaftlich. Die Sofortmaßnahmen als auch die Maßnahmen für Typ II bringen bereits deutliche Einsparungen. Aber auch die Dämmung nach Schwedischem Standard ist heute schon rentabel und bringt den Bewohnern geringere Abhängigkeit von zukünftigen Energiepreissteigerungen.

Mit zunehmender Wärmedämmung nehmen die Kosten für die Wärmedämmung und die Brennstoffersparnis zu - allerdings nicht im gleichen Verhältnis. Bei zunehmender Wärmedämmung wird deshalb der Gewinn zunächst ansteigen, ein Maximum erreichen und dann wieder abfallen. Man erhält so eine optimale Größe der Wärmedämmung. Die Stiftung Warentest (Test) hat die optimale Dämmung an Außenwänden untersucht. Bild 3-3 zeigt das Ergebnis:

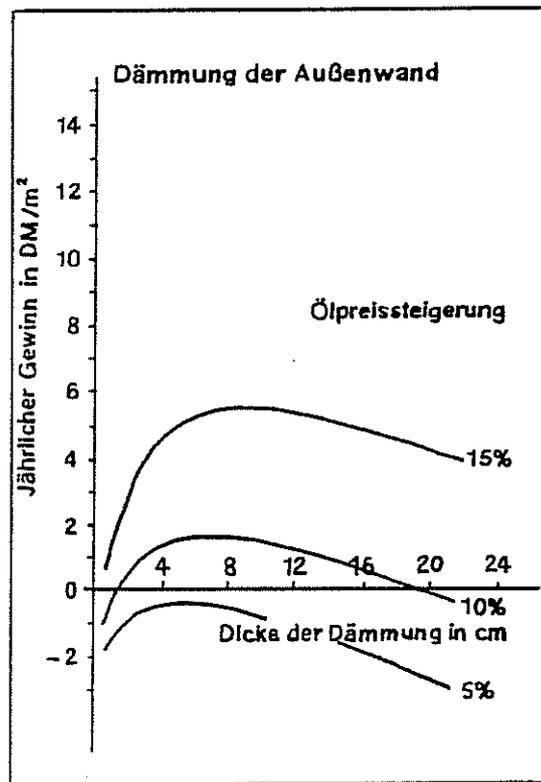


Bild 3-3: Optimale Wärmedämmung nach Stiftung Warentest

Ausgegangen wurde von 68.50 DM/m² Arbeits- und Materialkosten, Lebensdauer der Dämmung 20 Jahre, k-Wert der Wand 1.56 W/m²K, Heizölpreis 0.65 DM/l, Zinssatz 7.5 % und Wärmeleitfähigkeitsgruppe des Dämmstoffes 035. Es wurde angenommen, daß die Investition mit Eigenkapital getätigt wird; ein positiver Gewinn ergibt sich, wenn die Brennstoffersparnis über die Lebensdauer der Anlage größer ist als die Verzinsung des eingesetzten Kapitals über den gleichen Zeitraum.

Aus den Kurven läßt sich die optimale Dämmstoffdicke in Abhängigkeit von der Ölpreissteigerung ablesen. Steigt der Heizölpreis jährlich um 5 % so sind fünf Zentimeter am günstigsten, bei einer 15 % Steigerung zehn Zentimeter. Weniger als fünf Zentimeter sollte die Wärmedämmung nicht betragen. Aus den Kurven läßt sich noch eine weitere wichtige Konsequenz erkennen: da die Kurven zunächst steil ansteigen, nach dem Maximum aber nur langsam absinken, ist es immer besser, etwas mehr Dämmstoff anzuraten als zu wenig.

Zur Wirtschaftlichkeit von einzelnen Wärmeschutzmaßnahmen wird vom Tübinger Arbeitskreis eine Tabelle angegeben (TÜB2-152), die wir teilweise hier wiedergeben.

! Maßnahme	! Investi-	! Jährl.	! *1	! *2	! Eff.
! :	! tions-	! ölein-	! :	! :	! Kosten!
! :	! kosten	! sparung	! :	! :	! Pf / !
! :	! in DM	! in l	! :	! :	! kWh !
! Thermostatventile	! 60/Vent.	! 30/Vent.	! 15	! 2.7	! 2.86
! Heizkörpernischen	! 40/m2	! 27/m2	! 15	! 2.0	! 2.14
! isolieren (3 cm)	! :	! :	! :	! :	! :
! Heizungsregelung	! 2000	! 730	! 20	! 3.7	! 3.14
! Kellerdecke 6 cm	! 20/m2	! 8/m2	! 15	! 3.3	! 3.57
! Geschoßdecke 10 cm	! 30/m2	! 8.5/m2	! 20	! 4.7	! 4.14
! Dachschräge 10 cm	! 60/m2	! 8.5/m2	! 20	! 9.4	! 8.29
! Außenwand 12 cm	! 100/m2	! 10/m2	! 25	! 13.3	! 10.00
! Außenwand 12 cm *3	! 65/m2	! 10/m2	! 25	! 8.7	! 6.57
! Dreifachverglasung	! 470/m2	! 10/m2	! 25	! 62.7	! 47.29
! statt Doppelfenster	! :	! :	! :	! :	! :
! wie vorher aber nur	! 100/m2	! 10/m2	! 25	! 13.3	! 10.00
! Mehrkosten *3	! :	! :	! :	! :	! :
! Dreifachverglasung	! 100/m2	! 28/m2	! 25	! 4.8	! 3.57
! statt Einfachv. *3	! :	! :	! :	! :	! :
! Elektrowärmepumpe	! 13 000	! 3 000	! 12	! 13.1	! 14.04
! Elektrospeicherheiz.	! 18 000	! 4 850	! 25	! 46.5	! 15.65
! z.Vergleich die rei-	! ---	! ---	! 20	! ---	! 15.40
! nen Energiekosten	! :	! :	! :	! :	! :
! bei einer Ölheizung	! :	! :	! :	! :	! :

*1 Lebensdauer

*2 Statische Amortisationszeit in Jahren

*3 nur Mehrkosten bei sowieso fälliger Renovierung

Eine Maßnahme amortisiert sich dann, wenn die Amortisationszeit kürzer ist als ihre Lebensdauer. Damit ist klar, daß sich Elektrowärmepumpe und Elektrospeicherheizung nicht rentieren. Das gilt auch für den Austausch von Fenstern nur zum Zwecke der besseren Wärmedämmung. Wir gehen daher im folgenden davon aus, daß die Dämmung von Wänden und der Austausch von Fenstern nur bei sowieso notwendiger Renovierung durchgeführt wird. So entfallen auf die Energiesparmaßnahmen nur noch die entsprechenden Mehrkosten.

Oft wird auch behauptet, daß zur Herstellung von Wärmedämmmaterial mehr Energie benötigt würde als über die gesamte Lebensdauer eingespart würde. Dies ist eindeutig falsch. Alle Dämmmaßnahmen sparen die zur Herstellung notwendige Energie innerhalb einer Heizperiode wieder ein (ca. 4 Monate).

3.2.2. ENERGIESPARENDE HAUSHALTSGERÄTE

Nur ca 8% des Energieverbrauchs eines Haushalts in der Bundesrepublik entfällt auf elektrische Geräte (ohne Warmwasser und Heizung). Einsparungen auf diesem Bereich sind dennoch von großem Interesse, da in München die Haushaltsgeräte am Gesamtstromverbrauch einen Anteil von immerhin 18,5% haben. Mit Warmwasser und Heizung zusammen verbrauchen die Haushalte sogar 30% des Münchner Stroms.

Der mit großem Aufwand hergestellte Strom wird also zum Großteil zur Erzeugung von Niedertemperaturwärme (Elektroherd, Aufheizen des Wassers in der Waschmaschine ...) verwendet. Dies ist, um ein Bild A.Lovins zu gebrauchen, gerade so, als ob man Butter mit einer Kreissäge schneiden würde.

Um von dieser "Kreissägenmethode" wegzukommen, ist es erforderlich, z.B. den Warmwasserbedarf der Waschmaschinen solar oder unter direktem Einsatz von Primärenergieträgern zu decken. Mittlerweile haben bereits einige Fabrikate der oberen Komfortklasse (Miele, AEG) einen separaten Warmwasseranschluß und verfügen über die erforderliche Elektronik.

Doch auch bei stromspezifischen Anwendungen unterscheiden sich die angebotenen Geräte erheblich. So schwankten die nach Norm ermittelten Herstellerangaben für 3-Sterne-Kühlschränke bei unserer stichprobenartigen Untersuchung zwischen 5,2 und 10,8 Wattstunden pro Tag und Liter Nutzinhalt. Dabei waren die Preisunterschiede weitgehend unabhängig vom Energieverbrauch. Eine dickere Isolierung kostet eben kaum mehr bei der Herstellung, während der Preis hauptsächlich vom Namen des Herstellers und dem Design abhängt. Aber selbst wenn wir einen teureren energiesparenden Kühlschrank (5,3 Wh/l*d mit Anschaffungskosten von 5,63 DM/l) mit einem in Billigbauweise hergestellten vergleichen (10,0 Wh/l*d zu 4,07 DM/l), rentiert sich diese Anschaffung bereits nach 4 1/2 Jahren (1,56 DM/l Mehrkosten bei 4,7 Wh/l*d Stromersparnis und 21 Pf/kWh Strompreis).

Bei den Waschmaschinen gilt ähnliches. Dort lagen die Herstellerangaben für den Energiebedarf eines Kochwaschganges im Bereich von 0,5 kWh/kg Wäsche und 0,64 kWh/kg Wäsche. Der entscheidende Faktor ist hierbei die benötigte Menge an Warmwasser, da ca 90% des Stromverbrauchs zur Aufheizung des Wassers benötigt werden. Die Preise werden somit fast ausschließlich von zusätzlichem Komfort und Aussehen bestimmt, so daß in jeder Preisklasse der Vergleich lohnt.

Auch bei der Beleuchtung läßt sich Geld und Energie sparen. Die neue Leuchtstoffbirne von Philips paßt in die üblichen Schraubfassungen und erzeugt dasselbe warme Lichtspektrum wie die alten Glühbirnen. Sie hat die fünffache Lebensdauer einer Glühbirne und verbraucht bei gleicher Helligkeit nur ein Viertel soviel Strom. Bei 5000 Betriebsstunden spart also eine 25 W Leuchtstoffbirne (die genauso hell wie eine 100 W Glühbirne leuchtet) trotz ihres hohen Anschaffungspreises (DM 40.-) DM 57,50. Von Nachteil ist die klobige Gestalt dieser Birnen, so daß sie nicht überall eingesetzt werden können. Auch erreichen sie erst ca. eine Minute nach dem Einschalten ihre volle Leuchtkraft. Überall da jedoch, wo über einen längeren Zeitraum beleuchtet wird (z.B. Küche, Fernsehlampe, Arbeitstisch, Gartenbeleuchtung, ...), lohnt sich

diese Anschaffung.

An diesen Beispielen wird deutlich, daß jeder durch sein Verhalten bei der Gestaltung seines Energieverbrauchs zur Entscheidung beiträgt, welche Variante des Energieszenarios realisiert wird (d.h. Gasherd statt Elektroherd, so lange suchen bis das energetisch günstigste Gerät gefunden ist ...). Aber auch ohne diesen Hintergrund machen die Energiepreise den Mehraufwand an Zeit und Investition rentabel.

3.2.3. EINSPARMÖGLICHKEITEN IN DER INDUSTRIE

Das ökoinstitut nennt in DUF eine Reihe von Möglichkeiten, im Sektor Industrie Energie einzusparen. Bei der Prozeßwärme bieten sich große Einsparmöglichkeiten durch die Anwendung von Kraft-Wärme-Kopplung. Im Bereich der elektrischen Antriebe ergeben sich ebenfalls Einsparmöglichkeiten. So ist der Wirkungsgrad von Elektromotoren zwar ungefähr gleich eins, dies gilt aber nur für den Nennlastbereich. Außerhalb des Nennlastbereichs sinkt der Wirkungsgrad drastisch. Durch elektronische Regelungen lassen sich in diesem Bereich deutliche Verbesserungen erreichen. In DUF wird als Einsparmöglichkeit bei elektrischen Antrieben in der Industrie ein mittlerer Wert von 50 % genannt. Mangels detaillierten Daten können wir leider keine quantitative Abschätzung über die Einsparmöglichkeiten der Münchner Industrie machen.

3.2.4. EINSPARMÖGLICHKEITEN IM KLEINVERBRAUCH

Ein Großteil des Endenergieverbrauchs im Münchner Kleinverbrauch (75 %) wird zur Raumheizung verwendet (siehe Kap. 2). Die Einsparmöglichkeiten im Sektor Kleinverbrauch liegen deshalb vor allem im Bereich Raumwärme (siehe Kap. 3.2.1). Bei der Prozeßwärme lassen sich Einsparungen wie bei der Industrie durch Anwendung von Kraft-Wärme-Kopplung erreichen. Mangels Daten ist auch hier eine genauere Abschätzung nicht möglich.

3.2.5. WARUM ANDERE ENERGIETARIFE

Im Jahr 1981 lieferten die Stadtwerke 4091 GWh Strom zu einem durchschnittlichen Preis von 19.21 Pf/kWh. Bei genauerem Hinsehen stellt man fest, daß die Tarifkunden (Haushalte) 1514 GWh zu 25.09 Pf/kWh bezogen, die Sondervertragskunden (Teile des Kleinverbrauchs und die Industrie) jedoch 2253 GWh zu 16.61 Pf/kWh. Das heißt nichts anderes, als daß die Sondervertragskunden durch die Tarifkunden indirekt subventioniert werden. Dies wird damit begründet, daß Großkunden üblicherweise Mengenrabatt bekommen. Ferner würden sie Energie gleichmäßig verbrauchen und damit Grundlast schaffen, die billig bereitgestellt werden kann. Auch sei zur Versorgung dieser Kunden kein ausgedehntes Leitungsnetz erforderlich.

	! Strom- ! verbr.	! Preis pro ! kWh	! Summe im Jahr ! ! 1981 !
Tarifikunden	! 1514 GWh	! 25.09 Pf/kWh	! 379.8 Mio. DM !
Sondervertragskunden	! 2253 GWh	! 16.61 Pf/kWh	! 374.2 Mio. DM !
Elektrospeicherkunden	! 325 GWh	! 9.87 Pf/kWh	! 32.0 Mio. DM !
Summe	! 4230 GWh	! 19.21 Pf/kWh	! 786.0 Mio. DM !

Das Argument mit der Grundlast stimmt in München nur zum kleineren Teil, da Dienstleistungsbetriebe tagsüber Strom verbrauchen und damit keine Grundlast bewirken. Dies ist nur bei Betrieben der Fall, die auch nachts durcharbeiten.

Im Sinne der effektiven Energienutzung ist diese Subvention also eher schädlich, da einige Kunden einen Strompreis bezahlen, der insgesamt gesehen etwas unter den Stromherstellungskosten liegt. Andere (die Haushalte) dürfen die Differenz begleichen. Gerechter wäre, wenn alle den gleichen Preis bezahlen würden. Damit wäre der "Energiespardruck" auf alle gleichmäßig verteilt. Die Industrie kann die entstehenden Zusatzkosten ja auf die Preise aufschlagen, was gerechter ist, da dann nur derjenige die Energiekosten mitbezahlt, der ein Produkt dieser Firma kauft.

Ein Wettbewerbsnachteil der Münchner Industrie ist nicht zu erwarten, da der Übergang zu den linearen Tarifen langsam stattfinden kann. Die Stadtwerke kündigen an, daß innerhalb von 10 Jahren die Angleichung erfolgt, was einer jährlichen Steigerung von ca. 1.5 % entspricht. Damit hat jede Firma genügend Zeit und Möglichkeiten, sich darauf einzustellen. Eine davon wäre z.B. Energiesparen.

Noch gravierender aber sind die Mengenrabatte bei den Tarifkunden selbst. In München beträgt der Arbeitspreis pro kWh für Haushalte 17.5 Pf. Wenn man dazu noch die Grundgebühr, den Verrechnungspreis und die 3.2 % Ausgleichsabgabe addiert, erhält man, je nach Verbrauch, Strompreise zwischen 25 und 50 Pf/kWh. Aus der folgenden Tabelle ist ersichtlich, daß derjenige, der mehr Strom verbraucht, weniger dafür zahlen muß. Sparsamkeit im Stromverbrauch wird mit höheren Kosten bestraft. Beispielhaft haben wir für fünf verschiedene Haushalte die Stromrechnungen des letzten Jahres aufgeschlüsselt:

Haushaltstyp / Verbrauchs- verhalten	! Verbrauch ! pro ! Monat ! in kWh	! Grundgebühr ! + ! Verrechn.preis ! in DM/Monat	! realer Preis ! ! in Pf/kWh
4-Personen / großzügig	! 263	! 12.15	! 25.9
2-Personen / großzügig	! 169	! 13.00	! 29.5
3-Personen / sparsam	! 106	! 9.75	! 33.9
2-Personen / sparsam	! 59	! 10.50	! 41.4
1-Zimmer Appartment nur Licht und Radio	! 8.4	! 2.40	! 100.2

Dies Werte haben wir zur besseren Übersicht noch in eine graphische Darstellung umgesetzt (Bild 3-4).

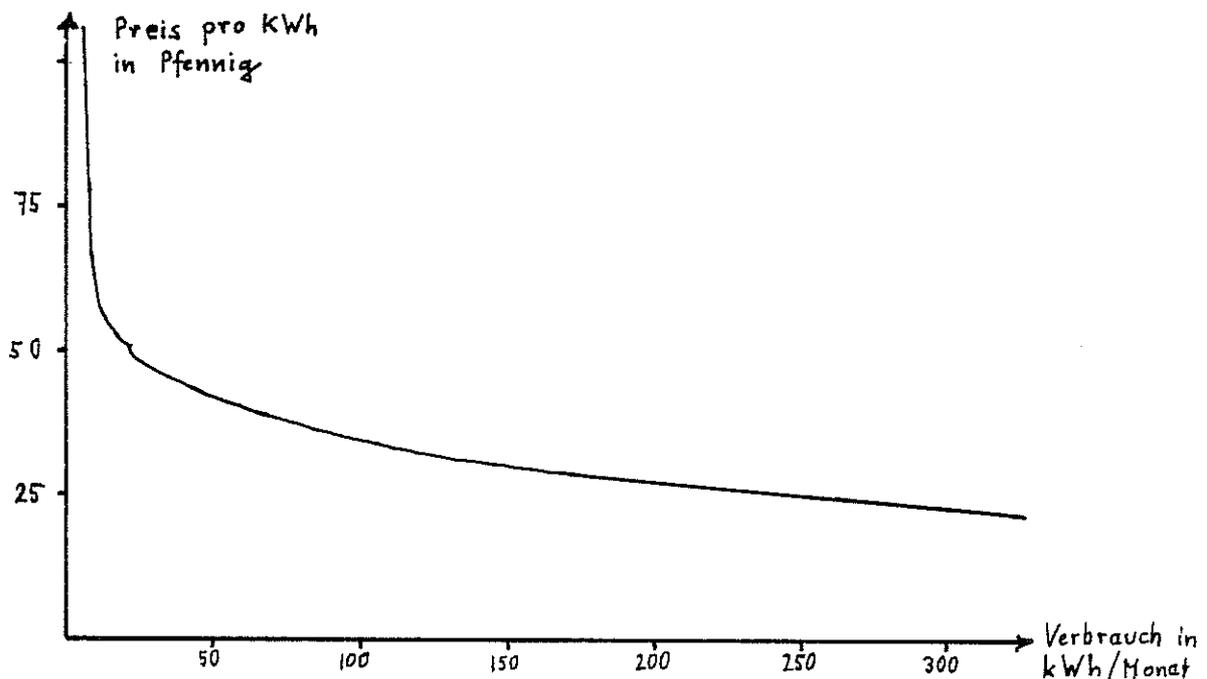


Bild 3-4: Strompreise für einzelne Haushalte

Der Verbrauch von Beispiel 5 ist so gering, daß er nicht mehr unter "Haushalte" fällt, sondern den Kleinverbraucher-Tarif zahlen muß. Im Arbeitspreis von 57 Pf/kWh ist die Grundgebühr enthalten zur welcher noch Verrechnungspreis, Kohlepennig und die Mehrwertsteuer dazukommen, so daß sich schließlich ein realer Preis von 1 DM/kWh ergibt.

In der Tabelle sind Verbraucher mit Nachtstromtarifen nicht berücksichtigt. Sie erhalten jedoch - wie wir vorher gezeigt haben - den Strom zu einem wesentlich günstigeren Preis. Dies ist kei-

neswegs gerechtfertigt, da Strom auf diese Weise weit unter Kosten verschleudert wird. Sinnvoller wäre anstatt der Nachtstromnutzung (Verbrauch des Überschusses) eine Verteilung der Stromspitzen auf die Stromtäler. Eine Möglichkeit hierzu könnten zeitvariable Tarife sein. Dabei würde dem Verbraucher über das Netz der den momentanen Lastverhältnissen entsprechende Preis mitgeteilt. Er kann dann manuell oder über entsprechende technische Einrichtungen Geräte zuschalten, wenn der Strompreis seinen Vorstellungen entspricht. Damit werden Lastspitzen vermieden. Mit entsprechenden Versuchen sollten die Stadtwerke möglichst bald beginnen.

Für die Übergangszeit schlagen wir eine Linearisierung durch Umlegen der Grundpreise auf den Arbeitspreis vor. Dies heißt, daß zukünftig die Grundgebühr in den Preis pro kWh integriert wird. Dadurch wird ein wesentlicher Anreiz zum Energiesparen geboten.

3.3. REGENERATIVE ENERGIEQUELLEN

3.3.1. DIE SONNENENERGIE

Die Sonne strahlt im Laufe eines Jahres außerordentlich große Energiemengen auf die Erde ein. Die Einstrahlung auf einer horizontalen Fläche beträgt im Jahr ca. 1000 kWh pro Quadratmeter. Berücksichtigt man die Bewölkung, so kommen auf der Fläche der Bundesrepublik in einem Jahr ca. 250000 TWh an. Dies ist das 70-fache des Primärenergieverbrauchs der Bundesrepublik im Jahre 1980. Auf die Fläche von München strahlt die Sonne eine Energie von 310 TWh pro Jahr ein. Der Primärenergieverbrauch Münchens betrug 1980 39 TWh. Die auf München eingestrahlte Sonnenenergie entspricht also in etwa dem achtfachen des heutigen Primärenergieverbrauchs. Um die eingestrahlte Energie nutzen zu können, müssen wir diese jedoch erst in eine brauchbare Energieform umwandeln.

Eine charakteristische Eigenschaft der Sonnenenergie ist die - im Vergleich zur Energiedichte unseres Energieverbrauchs - relativ geringe Energiedichte. Die Sonnenenergie läßt sich also besonders dort einsetzen, wo geringe Energiedichten benötigt werden. Dies ist vor allem im Niedertemperaturbereich, also bei der Raumheizung und der Warmwassererzeugung der Fall. Da dieser Bereich jedoch einen wesentlichen Teil unseres heutigen Energiebedarfs ausmacht, - in München werden ca. 80 Prozent des gesamten Energieverbrauchs zur Raumheizung und Warmwassererzeugung verwendet - kann die Sonnenenergie einen wesentlichen Beitrag zu unserer Energieversorgung leisten und damit zur Substitution fossiler Energieträger beitragen.

Zur Nutzung der Sonnenenergie bieten sich heute zwei verschiedene Möglichkeiten an: die Solarzelle, die die einfallende Strahlung direkt in Strom umwandelt, und der Sonnenkollektor, der die einfallende Strahlung in Form von Niedertemperaturwärme abgibt.

3.3.1.1. Die Solarzelle

Dem Einsatz von Solarzellen stehen heute keine technischen Hindernisse im Weg; jedoch beträgt der Preis für das installierte Watt ca. 30.- DM. Damit scheidet die Solarzelle zur Zeit aus Kostengründen zur Stromerzeugung aus. Da nicht abzusehen ist, wann und in welchem Umfang die Kosten für Solarzellen sinken werden, berücksichtigen wir die solare Stromerzeugung in unserer Studie nicht.

3.3.1.2. Der Sonnenkollektor

3.3.1.2.1. Aufbau einer Solaranlage

Das Kernstück einer Solaranlage ist der Absorber. Er ist mit einer oder auch zwei Glasscheiben abgedeckt und an der Unterseite, sowie an den Seiten gegen Wärmeverluste isoliert. Beim Auftreffen der einfallenden Sonnenstrahlung auf den schwarzen Absorber erwärmt sich dieser und setzt sie in langwellige Wärmestrahlung um. Da Glas für die langwellige Wärmestrahlung undurchlässig ist, bleibt die Wärme unter den Glasscheiben gefangen (Treibhauseffekt). Die Wärme kann so durch ein Medium (z.B. Wasser) im Absorber einem Speicher zugeführt werden.

3.3.1.2.2. Die Leistung eines Sonnenkollektors

Die nutzbare Wärmeabgabe eines Sonnenkollektors hängt von mehreren Faktoren ab: Jahreszeit, Wetter und Ausrichtung des Kollektors. Die Ausrichtung des Kollektors läßt sich durch zwei Winkel beschreiben: den Neigungswinkel gegen die Horizontale und die Himmelsrichtung, nach der der Kollektor ausgerichtet ist. Der größte Wärmegewinn wird erzielt, wenn die Sonne senkrecht auf den Kollektor einfällt. Deshalb ist es sinnvoll, die Kollektoren möglichst nach Süden auszurichten. Abweichungen bis 30 Grad von der Südrichtung bewirken nur relativ geringe Energieverluste. Die Größe des Neigungswinkels ist abhängig vom Verwendungszweck der Anlage: da die Sonne in unseren Breitengraden im Sommer höher über dem Horizont steht als im Winter, ist für Wärmegewinne im Sommer ein kleiner, im Winter ein größerer Neigungswinkel für eine optimale Energieausbeute erforderlich. Verwendet man die Anlage zur Warmwassererzeugung, so ist ein Neigungswinkel zu wählen, der dem Breitengrad des Aufstellungsortes entspricht, für München also 48 Grad. Bei der Verwendung der Anlage zur Raumheizung hingegen sollte man einen größeren Neigungswinkel wählen (55 - 70 Grad).

Die obengenannte jährliche Einstrahlung von 1000 kWh pro Quadratmeter bezog sich auf eine horizontale Fläche. Richtet man die Fläche auf senkrechten Sonneneinfall aus, so ergibt sich ein jährlicher Wert von ca. 1200 kWh pro m². Bezogen auf einen Tag ist das eine durchschnittliche Energiemenge von 3.3 kWh pro m². Davon läßt sich mit einer guten Kollektoranlage durchschnittlich 45 % gewinnen, sodaß also die Kollektoranlage pro Tag eine Energiemenge von ca. 1.5 kWh pro m² zur Verfügung stellen kann. Jahreszeit und Wetter haben einen erheblichen Einfluß auf diesen Wert, so stehen im Sommerhalbjahr (April bis September) durchschnittlich 1.7 kWh pro m² und Tag zur Verfügung, im Winterhalbjahr (Oktober bis März) jedoch nur 0.9 kWh pro m² und Tag. Im folgenden wollen wir zwei Systeme zur Wärmegewinnung betrachten: eine Kollektoranlage zur Warmwassererzeugung und eine Kollektoranlage zur Raumheizung.

3.3.1.2.3. Kollektoranlage zur Brauchwassererzeugung

Ausschlaggebend für die Dimensionierung einer Kollektoranlage zur Warmwassererzeugung ist der Warmwasserbedarf pro Person. Auf Grund der Überlegungen beim Sektor Haushalte (s. Materialienband Kap. 2.2.) gehen wir von einem durchschnittlichen Bedarf von 35 l Wasser pro Person und Tag von 45 Grad Celsius aus. Da das Leitungswasser eine Temperatur von ca. 10 Grad hat, und zur Erwärmung eines Liter Wasser 1.16 Wh/Grad benötigt werden, ergibt sich ein Energiebedarf von

$$35 \text{ l} * 1.16 \text{ Wh}/(1 * \text{Grad}) * 35 \text{ Grad} = 1.42 \text{ kWh}$$

pro Tag und Person für Warmwasser. Dies entspricht in etwa der durchschnittlichen Tagesleistung eines Kollektors mit einem Quadratmeter Kollektorfläche. Um ein bis zwei Regentage überbrücken zu können, sollte deshalb die Kollektorfläche pro Person 2 m² betragen. Der Speicher sollte so dimensioniert werden, daß er den Warmwasserbedarf für zwei Tage speichern kann. Damit ergibt sich eine Größe von 100 l pro Person. Für einen 4-Personenhaushalt

benötigt man also eine Anlage mit 8 m^2 Kollektorfläche und 400 l Speicher. Die Erfahrungen mit bestehenden Anlagen zeigen, daß sich mit solchen Anlagen im Sommer 90 % und im Winter 30 % des Warmwasserbedarfs decken lassen. Im Jahresdurchschnitt ergibt sich eine Deckung von ca. 65 % .

3.3.1.2.4. Rentabilität der solaren Brauchwassererzeugung

Für die folgende Rentabilitätsrechnung gehen wir von einem Vierpersonenhaushalt aus, dessen Warmwasser bisher mit einem Ölbrenner erzeugt wurde. Es ergibt sich:

Anzahl der Personen	4
täglicher Warmwasserbedarf (35l/Pers, 45 Grad)	140 l ₂
Kollektorfläche	8 m ²
Speichervolumen	400 l
Kosten für Kollektoranlage	8000,- DM
staatlicher Zuschuß	2000,- DM
Investitionskosten	6000,- DM
Kapitalkosten (Tilgung und 8% Zins)	611,- DM
jährliche Brennstoffeinsparung	640 l
mittlere jährliche Kosteneinsparung (7% jährliche Preissteigerung)	832,- DM
mittlerer jährlicher Gewinn	221,- DM
Rentabilität (Verzinsung des eingesetzten Kapitals)	3,68%

3.3.1.2.5. Kollektoranlage zur Raumheizung

Der jährliche Energieaufwand zur Raumheizung hängt stark vom Dämmstandard der Häuser ab; er schwankt zwischen 3700 und 160 l Heizöl pro Jahr (vgl. Kap. 3.2.). Je nach Dämmstandard ist auch der relative und absolute Deckungsanteil einer Solaranlage starken Schwankungen unterworfen. Im folgenden wollen wir uns wieder auf die sechs Haustypen beziehen, die wir in Kapitel 3.2. definiert haben. Im Gegensatz zur Brauchwasserbereitung läßt sich der solare Deckungsanteil bei der Raumheizung nicht mehr so einfach berechnen. Wir werden deshalb vor allem von Erfahrungswerten ausgehen, die in der Bundesrepublik bisher mit Kollektoranlagen zur Raumheizung gesammelt wurden. Die folgenden Überlegungen beziehen sich auf den Erfahrungsbericht über das Philipps-Experimentierhaus in Aachen, auf einen Bericht über 18 Nullenergiehäuser in Deutschland, auf Berechnungen des öko Instituts und des Bayerischen Wirtschaftsministeriums.

Trägt man für die sechs Haustypen (100 m^2 Wohnfläche) den möglichen solaren Deckungsanteil auf, so erhält man Bild 3-2. Bei Mehrfamilienhäusern liegen die Absolutwerte etwa 1/3 niedriger.

Diese Deckungsanteile lassen sich z.B. mit einer Solaranlage bestehend aus 50 m^2 Kollektorfläche und 5 m^3 Speicher erreichen. Bei Platzmangel auf dem Dach läßt sich das Verhältnis₂ zwischen Kollektorfläche₃ und Speicher auch verändern (z.B. 40 m^2 Kollektorfläche, 10 m^3 Speicher).

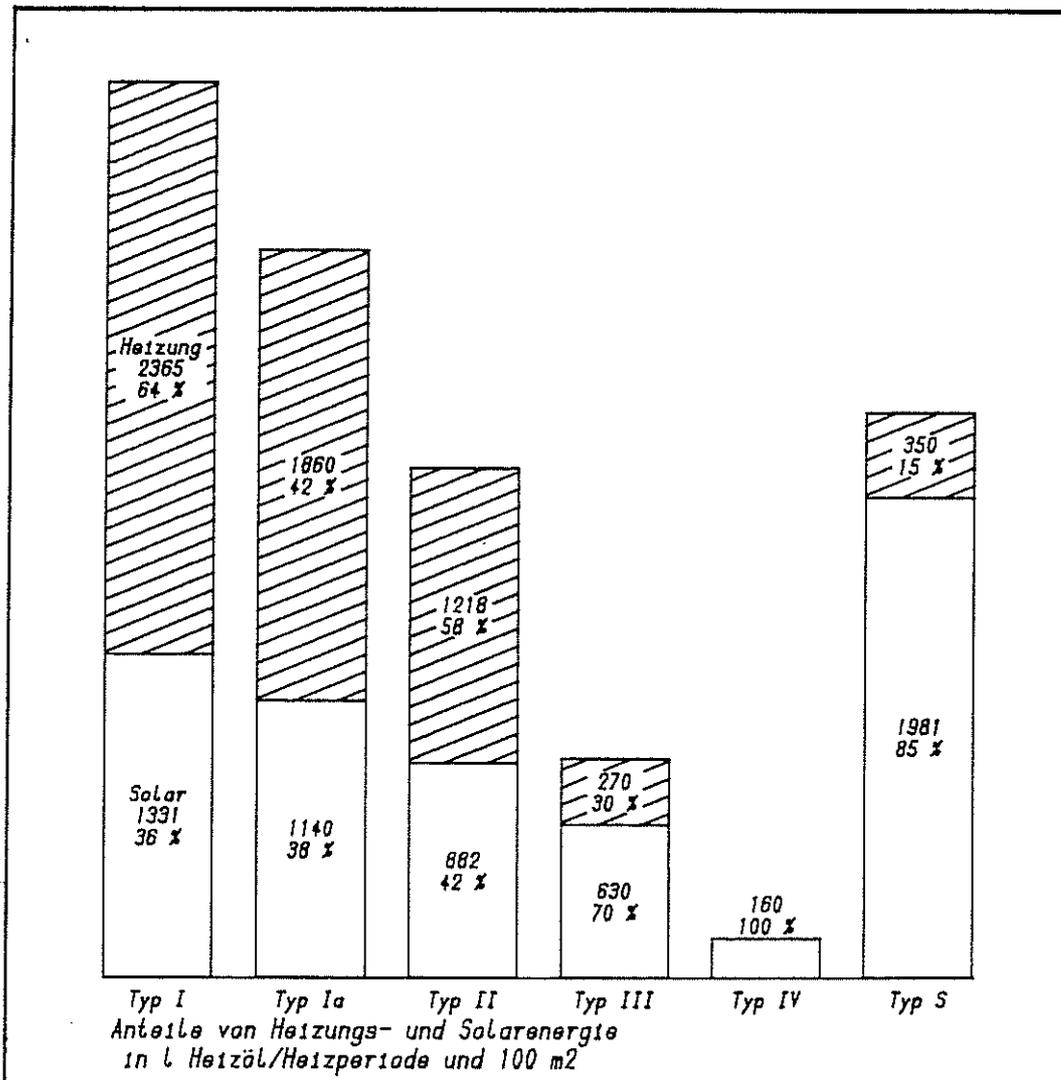


Bild 3-5: Möglicher solarer Deckungsanteil verschiedener Haustypen

Da mit zunehmender Wärmedämmung von Typ I nach Typ IV die Energie zur Raumheizung immer mehr in den kalten Monaten benötigt wird, sinkt der absolute Beitrag der solaren Anlage. Der relative Anteil der solaren Energieerzeugung steigt zwischen Typ I und II nur leicht an, erreicht aber bei Typ III bereits 70 % und bei Typ IV fast 100 %. Das Haus vom Typ S hat zwar einen wesentlich höheren Energiedurchfluß als Typ IV und Typ III, trotzdem ist durch die Solararchitektur ein 85-prozentiger Anteil der solaren Energie zur Raumwärme möglich. Während jedoch eine Umrüstung von Typ I auf Typ III in fast allen Fällen möglich ist, läßt sich Typ S fast nur bei Neubauten verwirklichen. Die zukünftige Entwicklung im Wohnungsbau tendiert deutlich zu Typ S, begünstigt dadurch, daß es bereits heute möglich ist, solche Häuser zu vergleichbaren Preisen wie Normalhäuser zu bauen.

Auf Grund der verschiedenen Wärmebilanzen der einzelnen Häuser (s. 3.2.) kann man sich nun überlegen, bei welchen Haustypen eine Solaranlage zur Raumheizung sinnvoll ist. Bei Typ IV und S ist der absolute Energiebedarf zur Raumheizung gering, durch den Einbau einer Solaranlage läßt sich der Raumwärmebedarf fast zu 100 % decken. Man wird jedoch aus Sicherheitsgründen in den meisten Fällen noch eine kleine konventionelle Zusatzheizung (z.B. Kachelofen) vorsehen. Die hohen Kosten einer Solaranlage im Vergleich zum absolut geringen Gewinn an Energie durch die Anlage

machen den Einbau einer Solaranlage damit sehr unwirtschaftlich. Bei Typ I und II lassen sich durch eine Solaranlage absolut gesehen beträchtliche Energiemengen gewinnen (ca. 1000 l Heizöl pro Jahr), jedoch wird durch eine Wärmedämmung auf den Standard des Typs III mehr Energie eingespart, als sich durch den Einbau einer Kollektoranlage gewinnen läßt. Außerdem liegt die energetische Amortisationsdauer (= die Zeit, die eine Anlage laufen muß, um die zu ihrer Herstellung benötigte Energie wieder zu erzeugen, bzw. einzusparen) bei einer Wärmedämmung unter einem Jahr, während sie bei einer Solaranlage zu Heizzwecken zwischen 5 und 10 Jahren liegt.

Aus diesen Überlegungen heraus halten wir den Einbau einer Solaranlage zu Heizzwecken nur bei Typ III für sinnvoll. Bei Typ I, Ia und II sollte zunächst eine Wärmedämmung auf den Dämmstandard des Typs III durchgeführt werden. Bei Typ IV und S gehen wir nicht vom Einbau einer Solaranlage aus.

Es stellt sich nun noch die Frage, ob sich die erforderliche Kollektorfläche auch immer auf den Häusern unterbringen läßt. Beim Einfamilienhaus ist dies in der Regel möglich, wenn man berücksichtigt, daß sich das Verhältnis zwischen Kollektorfläche und Speicher variieren läßt, und sich die Kollektoren auch an der Hauswand oder auf Garagendächern installieren lassen. Auch die Beschattung durch andere Gebäude oder Bäume stellt beim Einfamilienhaus meistens kein Problem dar. Beim Mehrfamilienhaus liegt die erforderliche Kollektorfläche ca. 1/3 niedriger, die Speichergröße läßt sich etwa um die Hälfte senken. Dadurch verringern sich auch die Probleme mit der Unterbringung der Kollektorfläche beim Mehrfamilienhaus. Benutzt man zur Aufstellung nur die Dachfläche, so läßt sich bei einem vierstöckigen Mehrfamilienhaus mit 100 m² Grundfläche auf einem mit 45 Grad geneigten Dach bei Ausrichtung nach Süden 70 m² Kollektorfläche unterbringen. Es werden jedoch ca. 100 m² benötigt. Es ergibt sich also die Notwendigkeit, Kollektoren auch an der Hauswand oder entlang von Balkonen anzubringen. Bei ungünstiger Lage des Gebäudes oder bei schützenswerten Fassaden können sich dann Probleme mit der Unterbringung der erforderlichen Kollektorfläche ergeben.

3.3.1.2.6. Rentabilität der solaren Raumheizung

Eine Möglichkeit, die Wirtschaftlichkeit einer Solaranlage zu berechnen, besteht darin, die Kosten für Investitionen und Unterhaltung der Anlage der durch die Anlage eingesparten Energie gegenüberzustellen. Man erhält so einen Preis für die Kilowattstunde eingesparter Energie. Die Anlage ist dann rentabel, wenn der Preis für die Kilowattstunde eingesparter Energie kleiner oder gleich dem Preis für die Kilowattstunde konventioneller Energie ist.

Im Zusammenhang mit dem Philipps-Experimentierhaus in Aachen wurde eine solche Rechnung für drei verschiedene Haustypen, die in etwa unserem Typ I, III und IV entsprechen, durchgeführt. Grundlage war eine Anlage mit 5 m³ Speicher und hocheffizienten Kollektoren. Die Anlagekosten wurden mit 500,- DM pro Quadratmeter angenommen. Der Preis für die Kilowattstunde eingesparte Energie hängt jeweils stark von den Anlagekosten pro Quadratmeter und der Größe der Kollektorfläche ab.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Ergebnisse:

Haustyp	Kollektorfläche in m ²				in DM/kWh
	20	30	40	50	
I	0,14	0,15	0,18	0,19	
III	0,15	0,20	0,25	0,27	
IV	0,24	0,34	0,44	0,55	

Vergleicht man diese Werte mit den Kosten in Bild 3-24, so sieht man, daß heute das Heizen mit Fernwärme, Gaswärmepumpe oder Ölheizung rentabler ist.

3.3.1.2.7. Energetische Amortisation von Kollektoren

In der Diskussion wird oft der Vorwurf erhoben, daß zur Herstellung einer Solaranlage mehr Energie notwendig ist, als durch die Anlage selbst gewonnen werden kann. Durch eine kleine Überlegung läßt sich dieser Vorwurf leicht entkräften:

- Brauchwasserbereitung:

Mit einem einfachen Kollektor zur Brauchwasserbereitung läßt sich im Durchschnitt pro Jahr rund 300 kWh/m² Energie in Form von Warmwasser gewinnen. Der Energieaufwand für die Herstellung eines einfachen Kollektors beträgt ca. 1500 kWh/m² Primärenergie. Daraus errechnet sich eine energetische Amortisationszeit von fünf Jahren.

- Raumheizung:

Mit einem einfachen Kollektor lassen sich für Heizzwecke pro Jahr ca. 150 kWh/m² an Energie gewinnen. Der Energieaufwand zur Herstellung des Kollektors beträgt wie oben ca. 1500 kWh/m². Es errechnet sich eine energetische Amortisationszeit von ca. 10 Jahren.

Da die Lebensdauer einer Kollektoranlage ca. 20 Jahre beträgt, erzeugt die Anlage also in jedem Fall mehr Energie, als zu ihrer Herstellung benötigt wird. Darüber hinaus sollte man noch berücksichtigen, daß in dieser Betrachtung der "Brennstoff Sonne" mit enthalten ist, während sich die energetischen Amortisationszeiten konventioneller Anlagen immer nur auf die Anlage selbst beziehen, der energetische Aufwand zur Wiederbeschaffung der Brennstoffe aber nicht berücksichtigt wird.

3.3.2. ENERGIE AUS BIOMASSE

Als Biomasse bezeichnet man alle Materie, die direkt aus biologischen Prozessen hervorgegangen ist. Ihren Ursprung hat sie in pflanzlicher Biomasse, welche aus Kohlendioxid, Wasser und Sonnenenergie durch Photosynthese von Pflanzen gebildet wird. Die Pflanze speichert also die auf sie eingestrahlte solare Energie in Form von chemischer Energie. Diese kann durch unten beschriebene Verfahren in eine für uns nutzbare Energieform verwandelt werden. Da Biomasse jedes Jahr erneut von Pflanzen produziert wird, zählt sie zu den regenerativen Energiequellen. Dieses ist jedoch nur dann richtig, wenn bei ihrer Nutzung der ökologischen Verträglichkeit Rechnung getragen wird (Stichwort: Raubbau bei intensivem Energyfarming, z.B. wie in Monokulturen in Brasilien).

Innerhalb der Stadt München kann man vier Quellen bezeichnen:

- tierische Exkremente
- pflanzliche Land- und Gartenbauabfälle
- Abwasser
- Müll

3.3.2.1. Methangärung

Wird Biomasse unter Ausschluß von Sauerstoff abgebaut, so entsteht Biogas. Beispiele aus der Natur sind der Verdauungsvorgang im Magen von Wiederkäuern und die Faulung in Mooren (Sumpfgas). Für diesen anaeroben Abbau sind verschiedene Bakterien verantwortlich. Sie wandeln die Nährstoffe des Gärsubstrats, also Kohlenhydrate, Fette und Proteine, über Zwischenprodukte (u. a. organische Säuren, "Säurephase") in Biogas um. Dieses besteht aus Methan (50-80%) und Kohlendioxid. Das Methan stellt die gewonnene Primärenergie dar. Es hat einen Heizwert von 38.5 MJ/Nm^3 , also ungefähr 10 kWh pro Kubikmeter reinem Methangas unter Normbedingungen. Für den Methangärprozeß müssen Kohlenstoff, Stickstoff und verschiedene anorganische Elemente im richtigen Verhältnis und in einer für die Bakterien brauchbaren Form vorliegen. Bei den betrachteten komplexen natürlichen Substraten ist das in der Regel gegeben. Abweichungen in einem gewissen Rahmen haben nur einen geringen Effekt auf die Gasausbeute. Schwere Störfaktoren stellen unter anderem Antibiotika und Pestizide dar, da sie die Bakterien abtöten.

Biogasanlagen wurden und werden in den verschiedensten technischen Ausführungen gebaut. Die grundlegenden Bestandteile sind ein Faulraum, der meist kontinuierlich mit zu vergärendem Substrat beschickt wird, ein Wärmetauscher plus Zusatzheizung, um das Substrat auf die optimale Gärtemperatur von ca. 35 Grad C zu heizen, Speicher für unvergorenes und vergorenes Substrat und Gasspeicher.

Ein Problem der Methangärung ist, daß, je nach Substrat, 0.08-0.8 Vol% Schwefelwasserstoff, H_2S im Biogas enthalten sind. Es gibt jedoch verschiedene Reinigungsverfahren, insbesondere recht einfache biologische (1), die auch bei relativ kleinen Anlagen anwendbar wären. Die Firma MBB hat in Ismaning bei München eine vielversprechende Pilotanlage mit einer verfahrenstechnischen Neuerung der räumlichen Trennung von Säure- und Methanphase errichtet: Hier sind die Säurephase und die Methanphase räumlich

getrennt. Eine hohe Prozeßsicherheit (Voraussetzung für eine verläßliche Energiequelle), eine Steigerung des Stoffumsatzes (d. h. kürzere Verweilzeiten, also kleinerer Faulraum, niedrigere Investitionskosten) wurden so erreicht. Da H_2S und ein Teil des CO_2 in der ersten Phase entstehen und dort abgeleitet werden, hat das Biogas einen höheren Methananteil und ist angeblich frei von H_2S (4). Letzteres bedeutet eine bessere technische Verwendbarkeit, keine Korrosion durch Schwefelsäure und keine Emission von SO_2 bei der Verbrennung.

3.3.2.2. Vergärung tierischer Exkremente

Der in der Nutztierhaltung anfallende Mist, d.h. Kot und Harn der Tiere plus Beimengungen wie Streu, Reinigungswasser etc., eignet sich durch seinen hohen Anteil an vergärbaren organischer Trockensubstanz (oTs) und einem Wassergehalt von 70-94 % sehr gut zur Methangärung. Außer dem hier wichtigen Aspekt der Gasproduktion gibt es noch andere Gründe für eine Biomethanisierung der Gülle:

- In der modernen Intensivtierhaltung fällt so stark mit organischen Stoffen belasteter Flüssigmist an, daß dieser unbehandelt nicht mehr auf Felder ausgebracht werden kann.
- Der Düngewert des Mistes steigt durch die Methangärung, da das Kohlenstoff/Stickstoff Verhältnis verbessert wird.

Der erste Punkt bedarf jedoch einer Bemerkung: Grundsätzlich stehen wir eben dieser Intensivtierhaltung ablehnend gegenüber; Liegeställe mit Einstreu und zeitweisen Weidegang halten wir für angemessener (Pro und Kontra kann hier nicht diskutiert werden, siehe hierzu z.B. (10) S.323ff). Der Faktor Einstreu wurde hier trotzdem nicht eingerechnet, da sein Potential im Punkt Abfallstroh enthalten ist. Eine Verringerung der Gasausbeute durch Weidung wird durch den gleichzeitig gegenüber der Stallhaltung wegfallenden Energieaufwand mehr als kompensiert ((10) S.330).

Wie sieht es nun mit dem Tierbestand in München aus? Dieser ist zwar für eine Großstadt relativ hoch, absolut natürlich gering:

Tier	!	Rind	Schwein	Pferd	Schaf	Federvieh	!
Stück in Mü 1982	!	4464	2400	1562	1227	4752	(6) !
Großvieh-einheiten	!	16V=1R	16V=3-6S	16V=0.9P	-	16V=270-500F	!(2), (1) !
ungefähre GV in Mü	!	4000	500	1600		14	!
kg oTs in Exkrementen pro GV*d	!	3-4.5	2.5-3.5			7.5-12.5	!(2) !
Gasausbeute m ³ /kg oTs	!	0.5	0.45			0.8	!(2), (4) !
m ³ /d in Mü	!	7000 1)	675	3000 2)		112	!

1) hier geht die Wichtung entsprechend Münchner Milchkuh-Mastrindaufteilung ein

2) Annahme durch Vergleich mit Rind

Das macht zusammen 10800 m^3 Biogas pro Tag in München, d.h. pro Jahr 3.9 Mill. m^3 .

Bei einem Methangehalt von 80% des Biogases bei der Vergärung von Gülle und Stroh (4) und einem Wirkungsgrad von minimal 75% (d.h. 25% Eigenenergiebedarf einer Anlage im Winter) (4) bedeutet dieses ein Potential für eine Nettoenergieausbeute von 26 GWh pro Jahr.

3.3.2.3. Vergärung pflanzlicher Abfälle

Beim landwirtschaftlichen Anbau fällt eine große Menge Abfall an, z.B. Stroh, Rübenblätter, Kartoffelkraut oder verdorbene Feldfrüchte. Dieser wird zum Teil wieder als Gründüngung untergepflügt oder direkt an Vieh verfüttert. Betrachten wir hier nur einmal das Überschustroh incl. Streu (3):

Im Jahr 1979 wurde in München auf 3284 ha Getreide angebaut. Der Strohanfall beträgt ca. 4.5 t TS/ha im Bundesdurchschnitt (3), das ergibt für München 12200 t TS, 18 % für Strohdüngung abgerechnet. Bei einer Gasausbeute von $0.35 \text{ m}^3/\text{kg TS}$ folgt eine nutzbare Energie von 27.3 GWh/a. Die Energieaufwendung für Einbringung und Häckseln kann mit 2.7 % (3) der nutzbaren Energie angesetzt werden.

Das gesamte so errechnete Potential der Landwirtschaft im Stadtgebiet München zur Biogasproduktion beträgt also 53 GWh/a. Wie wir später sehen werden, sind das 0.5 % des Endenergiebedarfs unserer unteren Szenariovariante.

In (3) zeigt das Ökoinstitut ein weiteres zukünftiges Potential für Energie aus Biomasse: es schlägt vor, auf der durch den sicher zu erwartenden Bevölkerungsrückgang (um ca. 20% bis 2030) freiwerdenden Ackerfläche Leguminosen anzubauen. Diese Pflanzen, z.B. Hülsenfrüchte, Klee, Luzerne, stellen durch ihre Fähigkeit Luftstickstoff zu binden hochwertigen Dünger und eine gute Zwischenfrucht dar. Sie würden bei ihrer Vergärung in Biogasanlagen Energie als Gas liefern und gleichzeitig durch die Verwendung des vergorenen Substrats als Stickstoffdünger Energie einsparen, die sonst zur Herstellung des umstrittenen Kunstdüngers hätte aufgewendet werden müssen. Außerdem wird gezeigt, welches Potential die Umstellung von nur einem Fünftel des heutigen Konsums des Bundesbürgers an tierischem Eiweiß auf pflanzliches Eiweiß ergibt, wenn die hierbei gewonnene Ackerfläche z.B. mit zu vergärenden Futterrüben bebaut würde.

Gemäß dieser oben angedeuteten Variante des Ökoberichts ergäbe sich für den Münchner Anteil an der Bevölkerung der BRD ein Energiepotential von 3120 GWh/a. Auch hier werden wir später sehen, daß dieses Potential etwa einem Drittel des Endenergiebedarfs unserer unteren Variante entspricht. Dieser Vergleich kann jedoch nur Licht auf die Größenordnung werfen, da folgende Aspekte zu beachten sind:

- Die benutzte Fläche liegt nicht in München (bisher wurden nur lokale regenerative Quellen betrachtet), und zunächst ist Selbstversorgung der produzierenden Gemeinden anzustreben.

- Beim Gesamtenergiebedarf der Bevölkerung kommt der Verkehr hinzu (heutiger Anteil am Energieverbrauch: etwa 22% im Bundesdurchschnitt). Er stellt den Hauptabnehmer des Biogases in Form von Methantreibstoff, selbst bei einer wünschenswerten Reduzierung des Individualverkehrs.
- Die oben für München errechnete Größe dieses Potentials relativ zum Bedarf kann nicht auf die BRD verallgemeinert werden, denn erstens fehlt im Bedarf der Verkehr und zweitens hat München einen Energieverbrauch von pro Kopf, der 28 % unter dem Bundesdurchschnitt liegt (wichtiger Grund: Fehlen von Grundstoffindustrie). (Siehe Kap. 2.3.7)

Für den, dem bei der Abschätzung auf Basis des zu erwartenden Bevölkerungsrückgangs nicht wohl ist: der Anteil aus der Umstellung der Ernährungsgewohnheiten beträgt, je nach Anbau von Leguminosen oder Futterrüben 1000 - 1460 GWh/a.

3.3.2.4. Klärschlamm und Abwasser

In München sind fast alle Gebäude an die öffentliche Kanalisation angeschlossen. Der Industrie sind keine Beschränkungen bezüglich der organischen (also vergärbaren) Fracht auferlegt, so daß keine Notwendigkeit zur Verringerung dieser Bestandteile in den Betrieben besteht. Alle Klärung geschieht in Großlappen und zukünftig auch in einem weiteren Klärwerk in Dietersheim.

In Großlappen fallen derzeit jährlich 219 Millionen m³ Abwasser an, die einen BSB5-Wert von 248 mg/l haben (9). Dieser Wert ist ein Maß für die Verschmutzung, er gibt den Biochemischen Sauerstoff-Bedarf von Bakterien in 5 Tagen an, den diese benötigen, um die organischen Schmutzstoffe abzubauen.

Derzeit werden etwa zwei Drittel des Abwassers in einer Rundbeckenanlage vorgeklärt und biologisch nachgeklärt, und ein Drittel in einer in Kürze zu ersetzenden Emscheranlage gereinigt. Der Schlamm aus der erstgenannten Anlage wird in beheizten Faultürmen ausgefault und produziert dort 0.09 Nm³ Biogas pro m³ Abwasser. Bei einem Methananteil von 64 % entspricht das einer Energie von 83 GWh/a. Die alte Emscheranlage liefert noch einmal 20.8 GWh/a. Bei der Ersetzung durch eine Anlage gleicher Gasproduktivität wie die erstgenannte würde sich die Gasausbeute immerhin um 20 % auf insgesamt 124 GWh/a erhöhen.

Heute decken die 100 GWh 60 % des Eigenenergiebedarfs. Jedoch wird, wegen zu kleiner Speicher und da es, naß und dreckig, nicht ins Netz eingespeist werden kann, mehr als ein Viertel des Gases abgefackelt.

Es ist zwar offensichtlich, daß im Abwasser kein zusätzliches Energiepotential für München steckt, doch meinen wir, es sollte auch hier bei zukünftigen Investitionen verstärkt auf die energetische Seite Wert gelegt werden. D.h. also, bei neuen Faulanlagen ist für zu quantitativ und qualitativ optimaler Energieausbeute geeignete Anlagen zu sorgen. Konkret bedeutet das, die Voraussetzungen zu schaffen, daß kein Gas mehr abgefackelt werden muß (z.B. durch Erhöhung der Gasreinheit, damit das Gasnetz als Puffer dienen kann) und auf Energieeinsparung zu achten, z.B. durch verstärkten Einsatz von Wärmetauschern bei der Faultschlammaufheizung und durch bessere Isolierung der Faultürme. Mit diesen Maßnahmen wäre zumindest Energieautarkie für Großlappen möglich.

Bei der Beschäftigung mit dem Energiebedarf von Großlappen fällt noch etwas auf: die Beseitigung des ausgefaulten Schlammes stellt ein Problem dar. Zwar wird der zulässige Gehalt an Cadmium von 20 ppm um ungefähr die Hälfte unterschritten, jedoch ist der Boden in und um München durch frühere Ausbringung von starkbelastetem Klärschlamm und durch andere Quellen schon zu stark mit Cadmium belastet. Der Faulschlamm darf heute nicht mehr auf den Feldern verteilt werden. Das Abfallbeseitigungskonzept der Stadt sieht vor, den Klärschlamm zusammen mit Müll zu verbrennen. Diese Methode hat zwei Nachteile: Erst muß der Schlamm energieintensiv entwässert werden und bei der Verbrennung wiederum verbraucht er einen Teil der Verbrennungsenergie des Mülls. Bei den hohen Verbrennungstemperaturen verdampfen Schwermetalle. Sie werden so ausgetragen, da sie kaum filterbar sind. Das bedeutet, daß gerade die Schwermetalle, die das Ausbringen des Klärschlammes auf die Felder verhindern, so auf das gleiche Land unauffälliger fein verteilt werden. Hier zeigt sich deutlich, wie Umweltverschmutzungen sich anreichern und die Allgemeinheit die Folgekosten für vergangene und aktuelle Verschmutzungen zu tragen hat. Auch wenn die jetzigen Grenzwerte die angeblich maximale wirtschaftliche Zumutung für die Verursacher darstellen, fragt sich, ob nicht die Gesundheit der Natur der unbedingte Maßstab zu sein hat. Die oben genannten Konsequenzen aus der Cadmiumbelastung im Boden bedeuten eine neue Kette von Eingriffen: Energieaufwand, Verbrennung, zusätzlicher Kunstdüngerbedarf etc.. Das ist ein Beispiel für eine deutliche Potenzierung von Umweltschäden. "Unter Umständen ist mit staatlichen Subventionen in öffentlichen Kläranlagen die Schädlichkeit mit 10-20fach höheren Kosten zu verringern, als sie bei den unterlassenen industriellen Maßnahmen entstanden wären" (Rat des Sachverständigen für Umweltfragen, Umweltgutachten 1978, S.116).

3.3.2.5. Müll

In der Stadt München fielen 1981 rund 393000 t Hausmüll an, das sind 302 kg pro Einwohner und Jahr, 60 kg mehr als im Bundesdurchschnitt. Hinzu kamen 44000 t Sperrmüll, 131000 t Gewerbemüll und 37000 t Hausmüll aus dem Umland, also insgesamt 605000 t, mit denen die Stadt fertig zu werden hatte. Für sie besteht das Problem, für eine jederzeit gesicherte, effiziente, raumsparende und akzeptierte Beseitigung zu sorgen. Es wurden daher unter maximaler Ausnutzung der Kapazitäten 530000 t in den Kraftwerken Nord und Süd verbrannt. Verbrennung bedeutet eine Volumenreduzierung auf bis zu 10% des Rohmülls, d.h. ca. 1/10 Deponieraumbedarf. Bei einem mittleren Heizwert von 8.4 MJ/kg sind somit 1237 GWh erzeugt worden.

Aber ist die Verbrennung die ideale Müllbeseitigung? Es gibt sehr gewichtige Argumente gegen die Verbrennung unseres gesamten Mülls:

- Wertstoffe gehen verloren (Rohstoffverschwendung).
- Zur Herstellung von Wertstoffen aus Primärrohstoffen wird in der Regel ein Vielfaches der zum Recycling nötigen Energie verbraucht (oft gilt das gleiche für den Wasserverbrauch) spezifische Energieeinsparung durch Recycling in %, Bandbreite der Literaturwerte:

Papier/Pappe 89-93	Aluminium 92-98	Glas 0-90	Kunststoff 98	Eisen 80-90
-----------------------	--------------------	--------------	------------------	----------------

Die Reduzierung des Energieverbrauchs auf bis zu 1/50, z.B. bei der besonders energieintensiven Aluminiumherstellung, darf nicht mehr vernachlässigt werden.

- Bei der Verbrennung werden Schadstoffe freigesetzt, besonders die in Kunststoffen enthaltenen Chlor- und Schwermetallverbindungen. In Kapitel 2.4 wurden spezifische Emissionen von 600 kg Chlor pro GWh Primärenergie aus Müll (dagegen: 130 kg bei Kohle) und 1600 kg Staub (Kohle 110 kg) abgeschätzt. Außerdem konnten in Abgasen und Flugasche von Müllverbrennungsanlagen hochgiftige, krebsauslösende polychlorierte Biphenyle (PCB's) und andere Giftstoffe wie Dibenzfurane und Dioxine (z.B. das Sevesogift TCDD) nachgewiesen werden (15).

Auch die Verfahrensseite wirft Probleme auf:

- Die gemischten und zum Teil korrosiven Bestandteile des Mülls führen zu einer größeren Störanfälligkeit des Prozesses.
- Daraus folgt, daß, obwohl Müll kontinuierlich verbrannt werden muß, er wegen mangelnder Versorgungssicherheit nicht für den Grundlastbetrieb geeignet ist.
- Das wiederum bedeutet, daß unter der Priorität der Müllbeseitigung Verlust an Verbrennungsenergie in Kauf genommen wird.

Wir meinen, der Müllanfall überhaupt ist viel zu hoch. Die o.g. Mengen sind ein deutliches Ergebnis unserer Wegwerfmentalität. Das erste Ziel muß sein, den Müll beim Verursacher zu reduzieren. Das steht schon im Abfallwirtschaftsprogramm der Bundesregierung von 1975. Wäre der Wille ernsthaft vorhanden, hätten folgende Maßnahmen längst eingeleitet werden müssen:

- vollständiger Verzicht auf Einwegglasbehältnisse, also nicht nur bei Getränken; statt dessen Pfandgut
- drastische Reduzierung der Dosen-, Verbundkarton- (z.B. Saftkartons aus Alubeschichteter Pappe) und Kunststoffverpackungen. (Wußten Sie z.B., daß alleine in einer Joghurtverpackung mehr als zweimal so viel Energie steckt, wie Nährwert im Joghurt? (13))
- keine sinnlosen Mehrfachverpackungen
- Kauf und Produktion langlebiger, reparaturfähiger Güter
- verstärkter Gebrauchtwarenhandel
- ...

Vom unvermeidbar verbleibenden Müll sollten alle verwertbaren Wertstoffe recycelt werden. Aber nur vom unvermeidbaren, denn die Benützung von Altglascontainern darf nicht ein gutes Umweltbewusstsein beim Kauf der Einwegflasche bewirken. In (11) wurde ein theoretisches Potential von 250000 t Wertstoffe im Münchner Hausmüll angegeben. Den Müll in seiner jetzigen Zusammensetzung zentral maschinell zu trennen ist wegen seiner Verschmutzung durch den organischen Anteil nicht nur unwirtschaftlich, sondern auch vom Energieaufwand und der Ausbeute her nicht zu vertreten. Eine gute Möglichkeit scheint die Trennung des Mülls beim Verursacher nach Trocken- (Wertstoff-) und Naßmüll. Dieses System wird in Beienfurt praktiziert. Das Modell umfaßt ungefähr 7000 Einwohner in einem Arbeiterwohnort von Ravensburg. Nach 6 Monaten Laufzeit

fanden sich keine Naßstoffe mehr im Wertstoffbehälter und von dessen Inhalt zeigten sich nur 10 % nicht verwertbar. Ein gutes Beispiel dafür, daß bei umfassender Organisation die getrennte Einsammlung durchaus praktikabel ist. (Wenn in München versuchsweise in Neuperlach, der anonymsten aller Siedlungen, Papierbehälter zu den übrigen Mülltonnen gestellt werden und diese Maßnahme nicht in ein verbindliches Konzept eingebunden ist, darf ein Fehlschlag, d.h. Verschmutzung der Behälter, nicht verwundern.)

Welches Beseitigungsverfahren bietet sich für den Restmüll an? Da gibt es einmal die Pyrolyse, eine Entgasung unter Luftabschluß, bei der, je nach Temperatur, Gase sowie Pyrolysekoks entstehen. Der Vorteil ist eine ebenfalls große Volumenreduzierung, eine speicherbare Energieform und eine weitgehende Bindung der Schadstoffe - anstatt sie durch Rauchgas zu verteilen. Das Verfahren zeigt jedoch zwei entscheidende Nachteile: es haben sich Schwierigkeiten im Prozessablauf und ein sehr schlechter Wirkungsgrad bei gemischten Produkten gezeigt, also bei Müll. Bei einer weitgehenden Wertstoffrückgewinnung fehlen im Müll genau die geeigneten, energiereichen Stoffe, z.B. Kunststoffe und Papier. Auch wäre der verbleibende Restmüll zu naß. Die Pyrolyse scheint jedoch die beste Beseitigungsmethode für besondere Abfälle wie z.B. Altreifen zu sein.

Für den Restmüll von München bietet sich ein anderes Verfahren an: die Vergärung zusammen mit dem Klärschlamm. Wie schon erwähnt, ist dessen Beseitigung durch gemeinsame Verbrennung mit Müll problematisch.

Zusammen vergären lassen sich Klärschlamm und Müll gut: der Restmüll hat einen Anteil von ca. 50 % Wasser, Klärschlamm ca. 95 %. Geht man von einem Restmüll von 60 % des heutigen aus (basierend auf den in der Literatur üblichen Recyclingpotentialen und einem verringerten Anfall) und einer Gasausbeute von ca. 300 m³ Methan pro t abgebauter oTS (12), so ergibt sich für München hieraus ein Energiepotential von 460 GWh/a aus dem Restmüll.

Die Belastung des Klärschlammes macht eine Nachbehandlung des Gärrückstands zur Deponierung oder eine andere Verwertung nötig, der Müll, durch Fehlen der Kunststoffe, trägt hingegen nicht mehr zur Giftigkeit bei.

Hausmüllzusammensetzung in München in Gewichtsprozent:

Material	Anteil in %	vergärbar
Papier/Pappe	25.0	ja
Eisen	3.5	--
Nicht Eisen (z.B.Alu)	0.4	--
Glas	14.3	--
Kunststoffe	5.6	--
Textilien	1.5	teilweise
vegetab. Rest	25.0	ja
Küchenabfälle, Scherben...	15.8	teilweise
Holz, Leder	1.7	ja
Verbundmaterial	0.7	teilweise
Mineralien	2.0	--
Asche, Kehrriecht	6.7	--

Informationen bezüglich dieses Konzepts kann z.B. der "Verein für anaerobe Vergärung", 8 München 80, Weißenburgerstr. 30, bieten.

Die Mülltrennung sollte sofort umfassend eingeleitet werden. Immer mehr Gemeinden starten dahingehende Projekte (z.B. Garching (14)).

Oben beschriebene Anlagen zur Müll-Klärschlammvergärung lassen sich dezentral errichten, d.h. die Stadt muß sich nicht auf ein Großprojekt festlegen. Derzeit jedoch konzentriert sich die Stadt nur auf Um- und Neubau von Müllverbrennungsblöcken. Diese Politik erstaunt schon deshalb, weil in dem gleichen Konzept der Stadt (11), in dem eine Strategie zur Deckung eines Defizits in der Verbrennungskapazität von voraussichtlich 100 000 t pro Jahr entwickelt wird, von einem Wertstoffanteil von 250 000 t in Hausmüll die Rede ist. Daß trotz des Wissens um umweltschonende Technologien und des reklamierten Bewußtseins für die Notwendigkeit von Ressourcenschonung und Umweltschutz eine rein traditionelle Verfahren fortschreibende Planung betrieben wird, ist geradezu widersinnig.

Zu den Kosten nur folgendes: Müllverbrennung ist teuer (ein Wert aus der Literatur: 80 DM/t). Bei Recycling und Vergärung ist es möglich, diese Kosten drastisch zu senken und eventuell sogar in den Gewinnbereich zu kommen. (Details: siehe (12)).

Literaturverzeichnis

- (1) R. Braun: Biogas-Methangärung organischer Abfallstoffe, Reihe "Innovative Energietechnik", Wien, N-Y. Springer-Verlag 1982
- (2) Ernst A. Stadlbauer: Biogasanlagen, Grafenau, Württ. Expert-Verlag 1982
- (3) Jürgen Thiele: Alternative in der Energiegewinnung, Nutzung der Biomasse in der BRD, ökobericht Nr. 17, öko-Institut Freiburg 1980
- (4) Bericht von R.A. Brand: Biogas - Energiequelle von Heute und Morgen, Betriebserfahrungen mit der Biogasanlage Ismaning, vorläufige Ergebnisse, Entwicklungsfortschritte, MBB GmbH München, Mai 1982
- (5) Faustzahlen zur Landwirtschaft
- (6) Statistisches Jahrbuch der Stadt München 1983
- (7) Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, 2, Mach, Blickwinkel: Biogas aus Abfall und Abwasser, Erich Schmitt-Verlag 1983
- (8) KWK-Aktuell, Maurer, Winkler: Biogas, Verlag Müller, Karlsruhe 1982
- (9) Klärwerk München-Großlappen, Betriebsdaten, August 1982
- (10) Katalyse Umweltgruppe: Chemie in Lebensmitteln, Köln 1982
- (11) Fortschreibung des Münchner Abfallbeseitigungskonzepts, Teil 2, 1982
- (12) Werner Westphal, Diplomarbeit, Dez. 1982, Bereich Wirtschaft, FH und Uni Hamburg
- (13) Schnell, Dehli: Nutzen wir unsere Energie richtig?, Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft
- (14) Werner Bauer, Diplomarbeit, Mai 83, Lehrstuhl für Wasserwirtschaft, TU München
- (15) Der Fischer öKO-Almanach 82/83, Reihe Fischer-Alternativ

3.3.3. WASSERKRAFT

Die Wasserkraftnutzung hat in München bereits eine lange Tradition. Im 14. Jahrhundert gab es in München bereits 15 Mühlen, die entlang des damals weitverzweigten Stadtbachnetzes standen. Die Wasserkraftnutzung dehnte sich im Laufe der Zeit auf alle handwerklichen Bereiche aus, man spricht von einer "mittelalterlichen industriellen Revolution". Im 19. Jahrhundert sind in München 146 Mühlen, Betriebe, Werke und Fabriken urkundlich erwähnt, die die Wasserkraft nutzten. Von der in den Stadtbächen theoretisch zur Verfügung stehenden Leistung von ca. 4.2 MW wurden 1852 ca. 1.6 MW genutzt. Die genutzte Leistung stieg bis zum Jahr 1936 auf ca. 2.7 MW an. Nach dem Krieg führte die weitere Ausdehnung der Stadt, der wachsende Bedarf an Energie und der billige Strom dieser Zeit aus Kohle- und ölkraftwerken zum Rückgang der dezentralen Wasserkraftnutzung in München (zur Geschichte der Wasserkraft: die Isar - ein Lebenslauf, herausgegeben von Marie-Luise Plessen).

Heute wird von den Stadtwerken die Wasserkraft der Isar in folgenden Kraftwerken genutzt:

Isar I, II und III
Uppenborn I, II und III
Maxwerk

Diese Kraftwerke haben zusammen eine Leistung von 42 MW. Hinzu kommen noch die beiden Pumpspeicherkraftwerke Leitzach I und II, die eine Leistung von ca. 100 MW haben. Mit dieser installierten Leistung ist das nutzbare Wasserkraftpotential ausgeschöpft. 1979 wurden mit den oben genannten Kraftwerken 400 GWh Strom erzeugt. Das sind 9.6 % des Stromverbrauchs.

3.3.4. DIE WINDENERGIENUTZUNG

3.3.4.1. Allgemeines

Mehr als 4000 Jahre lang war die Windenergie, abgesehen von der Wasserkraft und dem Schinden von Tier und Mensch, die einzige Möglichkeit Fahrzeuge und Maschinen anzutreiben. Fast überall auf der Erde gab es windbetriebene Pumpen und Mühlen, und alle Völker, die Schifffahrt betrieben, wußten den Wind als Antriebsquelle zu nutzen. Die Erfindung der Dampfmaschine, des Otto- und schließlich des Dieselmotors, deren Leistung im Gegensatz zum Wind den Vorteil hatte, jederzeit abrufbar zu sein, brachten die Windenergie allerdings dann Ende des 19. Jahrhunderts um ihre vorherrschende Stellung. Die 16200 Windmühlen, die es 1890 noch in Deutschland gab, sind heute praktisch alle von "zeitgemäßerer" Kraftmaschinen abgelöst. Doch seit einiger Zeit ist die Nutzung des Windes wieder im Vormarsch begriffen, und das ganz zurecht. Stellt doch die Windenergie eine saubere, ungefährliche und unerschöpfliche, wenn auch nicht unbeschränkte Energiequelle dar.

Ständig werden 1.5% - 2.5% der auf der Erde eingestrahelten Sonnenenergie in Strömungsenergie der Atmosphäre umgewandelt (1). Umgerechnet auf die BRD ergibt sich, daß im Wind eine Energie von $1.5 \cdot 10^{14}$ TWh/a steckt. Allerdings läßt sich diese gewaltige Energiemenge nur zu einem kleinen Teil nutzen. Dies hat mehrere Gründe.

So nimmt die über dem offenen Meer herrschende Windgeschwindigkeit über Land infolge der im Vergleich zum "glatten" Meer hohen Reibung an Bodenunebenheiten stark ab. Dies macht sich bis in Höhen von ca. 1000 m über Grund bemerkbar (siehe hierzu z.B. (2), S.44 ff.). Für die technische Nutzung der Windenergie sind jedoch nur Höhen bis maximal 300m Höhe über Grund zugänglich, mit entsprechend geringeren verfügbaren Windgeschwindigkeiten. Dies macht sich um so mehr bemerkbar, als der Energieinhalt des Windes proportional der Windgeschwindigkeit hoch 3 ist.

$$E = 1/2 \cdot F \cdot g \cdot v^3 \quad (I)$$

E : Energieinhalt des Windes
F : Vom Wind durchströmte Fläche
g : Spezifische Luftdichte
v : Windgeschwindigkeit

Darüberhinaus ist es aus prinzipiellen Gründen nicht möglich, dem Wind die gesamte Energie zu entziehen, denn dies entspräche einer Abbremsung der Windgeschwindigkeit auf 0 m/s. Für den Betrieb einer Windkraftanlage ist es jedoch erforderlich, den Wind, dem Energie entzogen worden ist, auch wieder abzuführen, um Platz für nachfolgenden "neuen" Wind zu schaffen. Theoretische Überlegungen (Betz 1926) ergeben für freiumströmte Windturbinen mit horizontaler Achse, die die am weitesten verbreitete Bauart von Windenergiekonvertern darstellen, daß dem Wind maximal 16/27 der in ihm enthaltenen Energie entzogen werden können. Dies entspricht einer Verringerung der Windgeschwindigkeit auf ein Drittel. Bezogen auf die Rotorfläche kann dieser Wert theoretisch noch von Windenergiekonvertern übertroffen werden, die auf die verschiedensten Arten eine Bündelung der Windenergie auf die vom Rotor überstrichene Fläche erzielen. Beispiele hierfür sind Mantelturbinen, Wirbeltürme und sog. Winks (gegen den Wind ange-

stellte, deltaförmige Flächen, an deren Vorderkanten sich starke Wirbel ausbilden, in denen die Windenergie konzentriert ist; die Energie wird diesen Wirbeln mit kleinen, schnellaufenden Rotoren entzogen). (Siehe auch (2), S.8ff und (3).)

Für die Berechnung des nutzbaren Windenergiepotentials ist dieser theoretisch höhere Wirkungsgrad jedoch nicht von Bedeutung, da er hauptsächlich darauf zurückzuführen ist, daß der Turbine Wind aus einem größeren Gebiet zugeführt wird, was wiederum zur Folge hat, daß die einzelnen Windkraftanlagen größere Abstände untereinander haben müssen als freiumströmte Turbinen gleichen Rotordurchmessers. Diese Abstände, die notwendig sind, um gegenseitige Abschattungen der einzelnen Windenergiekonverter zu vermeiden, sollen zwischen 6 und 18 Rotordurchmessern betragen, d.h. nur ein kleiner Bruchteil der vom Wind durchströmten Fläche kann überhaupt zur Nutzung herangezogen werden.

Außerdem haben in der Praxis eingesetzte Windkraftanlagen einen schlechteren Wirkungsgrad als theoretisch maximal möglich. Dies umso mehr, als es aus wirtschaftlichen Gründen sinnvoll ist, nicht um jeden Preis einen hohen Wirkungsgrad zu erzielen, sondern den Preis für die kWh erzeugte Energie möglichst niedrig zu halten. So wird die Zukunft zeigen, ob nicht vielleicht die derzeit favorisierten Windturbinen mit horizontaler Achse von solchen mit vertikaler Achse (Darrieus und vereinfachte Modifikationen davon, siehe z.B. (2) und (3)) verdrängt werden. Deren Wirkungsgrad ist zwar schlechter, jedoch aufgrund der Tatsache, daß kein hoher Turm nötig ist, der Rotor und Maschinenhaus trägt, und daß die Rotorblätter an beiden Enden eingespannt und damit geringeren Belastungen ausgesetzt sind, können sie etwas billiger gebaut werden als erstere. Ferner ist es ebenfalls nicht sinnvoll eine Windenergieanlage nur auf einen möglichst hohen Jahresenergieertrag auszulegen, sondern es muß auch auf eine relativ stetige Energieerzeugung geachtet werden, um möglichst viel an konventioneller Kraftwerksleistung ersetzen zu können (hierzu siehe z.B. (4), S.183 ff.).

Unter Berücksichtigung obiger Gesichtspunkte kann man nach (5) für das maximal technisch nutzbare Windenergiepotential etwa 220 TWh/a angeben (Im Vergleich dazu betrug der Stromverbrauch in der BRD im Jahr 1977 ca. 340 TWh). Nach (4) wäre auf der Preisbasis von 1985 an einigen ausgewählten Standorten an der Nordseeküste eine Windenergienutzung mit Konvertern vom Typ GROWIAN bei Investitionskosten pro GROWIAN von 15,9 Mio. DM (im Vergleich : die Kosten für den ersten Prototyp betragen ca. 27 Mio. DM, bei Kleinserienfertigung werden Stückkosten unter 20 Mio. DM für möglich gehalten.) bereits betriebswirtschaftlich lohnend und in der Lage einen Beitrag von ca. 4,2 % an der Gesamtstromerzeugung zu liefern. Bei Investitionskosten von ca. 9,6 Mio. DM/GROWIAN ließen sich gar ca. 14% des Gesamtstrombedarfs der BRD wirtschaftlich aus Wind erzeugen.

3.3.4.2. Das Windenergiepotential in München

Wie schon oben erwähnt ist das Windenergiepotential im Binnenland wesentlich geringer als an den Küsten. Wir benutzen für eine Abschätzung des Potentials Messungen der Windgeschwindigkeit in Garching, die vom Meteorologischen Institut der Universität München gemacht wurden. Die verwendeten Meßwerte sind Stundenmittel-

werte der Windgeschwindigkeit in Höhen von 10m, 20.6m und 52.7m über Grund aus den Jahren 1961-1973. Für eine erste Abschätzung des Windenergiepotentials in München können diese Werte als hinreichend aussagekräftig gelten.

Um zuerst einmal ein Gefühl für die Größenordnung zu bekommen wurde der absolute Energieinhalt des Windes in den Jahren 1961-1973 ermittelt. Und zwar wurde nach Formel (I) der Energiegehalt des Windes bei Windgeschwindigkeiten zwischen 1.5 und 19.5 m/s in Intervallen von 1 m/s bestimmt, die jeweiligen Werte mit der Zahl der Stunden, an denen diese Windgeschwindigkeit auftrat, multipliziert und zum Schluß darüber summiert.

Gesamter kinetischer Energieinhalt des Windes gemittelt über die Jahre 1961 - 1973:

Höhe in m:	10	20	50
Ekin in kWh/a*m ²	591	842	1397

Von dieser Energie sind, wie schon erwähnt, theoretisch maximal 16/27 technisch nutzbar. Dies ergibt folgende Tabelle (Einheiten wie oben):

Höhe	10	20	50
Jahr			
1961 - 1973	323	462	769
1962	418	521	817
1963	232	309	583
1964	271	375	653
1965	458	636	1021
1966	346	531	886
1967	429	601	940
1968	304	443	770
1969	279	409	703
1970	436	657	1018
1971	210	322	579
1972	192	297	516
1973	302	441	746

In der Praxis kann ein Windenergiekonverter weit weniger Energie liefern, als nach Betz theoretisch möglich wäre. So liegen ständig schwankende Windgeschwindigkeiten vor, während für die Stromerzeugung eine relativ konstante Rotordrehzahl gefordert ist. Eine Regelung der Rotordrehzahl verringert jedoch den aerodynamischen Wirkungsgrad des Rotors, da dieser nur bei einer bestimmten Schnellaufzahl Lambda, die das Verhältnis von Blattumfangsgeschwindigkeit zu Windgeschwindigkeit angibt, optimal ist. Der Bereich der zulässigen Rotordrehzahlen kann zwar durch geeignete Auslegung des Generators (z.B. doppelt gespeister Asynchron-generator) und stufenlose Getriebe etc. erweitert werden, dies hat jedoch wiederum Einflüsse auf den Generatorwirkungsgrad und die Getriebeverluste. Darüber hinaus können Windgeschwindigkeiten unter 2 m/s, die weitaus am häufigsten sind, praktisch nicht genutzt werden, weil die meisten Konverter erst bei höheren Windgeschwindigkeiten anlaufen. Bei Windgeschwindigkeiten oberhalb der Nennwindgeschwindigkeit der Anlage kann dem Wind nicht mehr als die Nennleistung des Generators entzogen werden, der Rest muß

ungenutzt bleiben. Zwar könnte man die Anlage auf sehr hohe Windgeschwindigkeiten auslegen, dies verringert jedoch einerseits den Wirkungsgrad bei niedrigeren Windgeschwindigkeiten und andererseits steigen dabei die Investitionskosten wesentlich schneller als der Energieertrag.

Um nun einen Anhaltspunkt für die tatsächlich aus dem Wind gewinnbare Energie zu erhalten, wurde folgende Berechnung angestellt:

$$E = \sum_{v=v_{EIN}}^{v_{NENN}} \left(\frac{1}{2} \rho \cdot c_p \cdot v^3 - R \right) \cdot \eta_E \cdot t(v) + \sum_{v=v_{NENN}+1}^{v_{AB}} \left(\frac{1}{2} \rho \cdot c_p \cdot v_{NENN}^3 - R \right) \cdot \eta_E \cdot t(v)$$

E : Jahresenergieertrag in Wh/a

ρ : Luftdichte (1.22 kg/m^3)

c_p : Aerodynamischer Wirkungsgrad

η_E : Generatorwirkungsgrad

R : Mechanische Verluste (Hydraulikpumpen etc.)

$t(v)$: Stundenhäufigkeit des Windgeschwindigkeitsintervalls mit der mittleren Geschwindigkeit v

v_{NENN} : Nenngeschwindigkeit

v_{AB} : Abschaltwindgeschwindigkeit

v_{EIN} : Einschaltwindgeschwindigkeit

Folgende Werte wurden eingesetzt:

$$c_p = 0.47 (\hat{=} 80\% \text{ Betz}), \quad \eta = 85\%, \quad R = 6.37 \text{ W/m}^2 \text{ Rotorfläche}$$

$$v_{NENN} = 8 \text{ m/s für } 10 \text{ m und } 52 \text{ m}, \quad 10 \text{ m/s für } 100 \text{ m-Gen.}$$

$$v_{EIN} = 3 \text{ m/s} \quad \text{''} \quad \text{''} \quad \text{''} \quad \text{''}, \quad 4 \text{ m/s} \quad \text{''} \quad \text{''}$$

$$v_{AB} = 15 \text{ m/s} \quad \text{''} \quad \text{''} \quad \text{''} \quad \text{''}, \quad 19 \text{ m/s} \quad \text{''} \quad \text{''}$$

Zu den gewählten Parametern ist zu bemerken, daß sie alle relativ optimistisch gewählt wurden, da es sich ja um eine Maximalabschätzung handeln soll. So ist z.B. die Annahme eines konstanten Rotorwirkungsgrades von 80% des Betz'schen Maximalwertes eine Vereinfachung, die tendenziell höhere Energieerträge ergibt. Dies wird zum Teil jedoch wieder durch den, vor allem für große Generatoren relativ niedrigen, wenn auch als konstant angenommenen, Generatorwirkungsgrad von 85% und die mit 6.4 W/m^2 Rotorfläche konstant angenommenen Verluste für Getriebe, Hydraulikpumpe etc.

kompensiert. Diese Verluste entsprechen bei einer Anlage von 10 kW Nennleistung etwa 500 W, bei größeren Anlagen dürfte das etwas zu hoch gegriffen sein.

Es ergeben sich folgende maximal zu erzielende Energieausbeuten in kWh pro m² Rotorfläche und Jahr :

Höhe in m:	10	20	50
Jahr:			
1961 - 1973	152	205	321
maximal: 1965	208	263	403
minimal: 1972	93	140	232

Auffällig sind die starken jährlichen Schwankungen des Windenergiepotentials. Dies macht deutlich, daß die angegebenen Zahlen nur Anhaltspunkte für den zu erwartenden Energieertrag sein können. Überdies ist klar zu sehen, wie der mögliche Energieertrag mit zunehmender Höhe über Grund steigt.

Um nun abzuschätzen, wieviel Energie sich in München maximal aus Wind gewinnen ließe, muß man Annahmen über Größe und Zahl der aufzustellenden Windenergiekonverter machen. Wir gehen davon aus, daß wir nur das Stadtgebiet Münchens zur Verfügung und die Möglichkeit haben, Windenergiekonverter mit 10 m Rotordurchmesser (ähnlich z.B. dem Aeromann von MAN) über den Dächern der Stadt aufstellen zu können, und zwar jeweils dichtestmöglich im Abstand von 18 Rotordurchmessern. Das soll nun aber nicht heißen, daß wir vorschlagen, die gesamte Stadt mit Windenergiekonvertern zu übersäen, sondern es handelt sich nur um ein Gedankenexperiment, um das Potential abschätzen zu können. Weiter nehmen wir an, daß der Wind in 10 m Höhe über den Dächern der Stadt dem Wind in 10 m Höhe über Grund in Garching vergleichbar ist. Ein Vergleich der skalaren Mittelwerte der Windgeschwindigkeit legt dies nahe.

Mit diesen Annahmen ergibt sich eine Zahl von maximal 12182 aufstellbaren Rotoren, von denen jeder eine maximale Energieausbeute von $152 * 5 * 2 * 3.14 \text{ kWh/a} = 11.93 \text{ MWh/a}$ erzielt. Dies ergibt einen möglichen Gesamtjahresenergieertrag von 145.33 GWh/a. Derselbe maximale Jahresenergieertrag ließe sich auch mit 47 Windenergiekonvertern, vergleichbar dem GROWIAN, jedoch auf eine Nennwindgeschwindigkeit von 10 m/s (dies entspricht einer Nennleistung von 2.37 MW) ausgelegt, erzielen. Diese Anlagen ließen sich z.B. entlang der Stadtgrenzen aufstellen. Bei dieser Berechnung legten wir jedoch mangels Winddaten aus 100 m Höhe die Garchinger Daten aus 50 m zugrunde, was natürlich zu einem zu geringen Energieertrag der einzelnen Anlagen führte. Doch als Anhaltspunkt mag das genügen.

Schließlich soll noch betrachtet werden, wieviel Energie sich mit auf dem Münchner Müllberg aufgestellten Windenergiekonvertern mit 10 bzw. 52 m Rotordurchmesser (z.B. Aeromann der Firma MAN bzw. 265 kW Generator der Firma Voith) gewinnen ließe. Die exponierte Lage des Müllbergs gestattet es, für dort aufgestellte Anlagen von Windverhältnissen auszugehen, wie sie in Garching in 50 m Höhe herrschen. Das ergibt für den 10m Rotor einen Jahresenergieertrag von 25.2 MWh, für die 52m Anlage von 681.4 MWh.

3.3.4.3. Wirtschaftlichkeitsberechnung

Ausgehend von obigen Jahresenergieerträgen läßt sich nun die Wirtschaftlichkeit der Windenergienutzung in Abhängigkeit vom Preis pro installiertes kW berechnen. Wir gehen hier der Einfachheit halber davon aus, daß die Windenergienutzung auf der Kostenbasis von 1985 unter Annahme einer realen Preissteigerung für Kraftwerksbrennstoffe von 3.5% pro Jahr bei Kosten von 20 Pf. für die erzeugte kWh wirtschaftlich ist (siehe auch (4), S.253). Die Wirtschaftlichkeitsgrenze ist hier mit 20 Pf./kWh also etwas niedriger gesetzt als sonst in dieser Studie. Die Gründe hierfür sind, daß zum einen für den sinnvollen Einsatz von Windgeneratoren im Netzverbund Pufferspeicher (z.B. Pumpspeicherwerke, Druckspeicher, evtl. Schwungradspeicher) vorgesehen werden müssen, die es erlauben 2-3 stündige Flaute zu überbrücken, zum anderen die installierte Windkraftkapazität bei längeren Flaute durch konventionelle Reservekapazitäten ersetzt werden muß. Als Annahmen gehen eine Lebensdauer der Anlage von 20 Jahren, ein Kapitalzins von 8% und jährliche Betriebskosten der Anlage in Höhe von 2% der Investitionskosten ein. Die Berechnung der höchst zulässigen Investition für eine Windenergieanlage sieht dann folgendermaßen aus:

$$I_{\max} = E(\text{kWh}) * 0.20(\text{DM/kWh}) * \left(\frac{(1+z)^n - 1}{(1+z)^n * z} - 0.4 \right)$$

mit E(kWh) = Jahresenergieertrag in kWh
 z = Zinsfuß = 8 %/a
 n = Lebensdauer = 20 Jahre

Damit ergeben sich für die 10-Meter-Generatoren im Stadtgebiet maximal zulässige Investitionskosten von 22500 DM pro Stück (das entspricht 2250 DM/kW), für die 100-Meter-Generatoren am Stadtrand 5.84 Mill. DM/Stück (2500 DM/kW), für den 10-Meter-Generator auf dem Müllberg 47500 DM (4750 DM/kW) und für den 52-Meter-Generator auf dem Müllberg 1.28 Mill. DM (4850 DM/kW).

Vergleicht man diese Zahlen mit den Kosten derzeit in der BRD käuflicher, bzw. in der Entwicklung befindlicher Windgeneratoren, so ergibt sich folgendes Bild: der Aeromann von MAN kostet derzeit ca. 86000 DM, und bei Kleinserienproduktion wird ein Preis von ca. 65000 - 70000 DM für möglich gehalten. Hierzu kommen allerdings noch die Kosten für das Fundament. Unter der Annahme von Fundamentkosten in Höhe von 20000 DM ergibt dies für den Aufstellort München kWh-Preise von ca. 94 Pf. derzeit und 75-80 Pf. bei Serienfertigung. Der Prototyp eines 11-Meter-Generators der DFVLR mit 12 kW Nennleistung in Modulbauweise kostete 76000 DM (entspricht 70.5 Pf./kWh bei Fundamentkosten von wiederum 20000 DM), und bei der Firma Voith in Heidenheim gibt man als Traumziel einen Preis von 5000 DM pro installiertes kW an (entspricht einem Preis von 20.6 Pf./kWh bei Aufstellort Müllberg).

Im Stadtgebiet ist die Nutzung der Windenergie also noch weit von der Wirtschaftlichkeit entfernt, und es ist unwahrscheinlich, daß die Kosten pro installiertes kW jemals soweit sinken werden, daß die Grenze zur Wirtschaftlichkeit erreicht wird. Jedoch kann eine dramatische Brennstoffkostensteigerung die Verhältnisse schnell zu Gunsten der Windenergie ändern. Dasselbe gilt für die Großgeneratoren am Stadtrand.

Bei den Windgeneratoren auf dem Müllberg sieht die Lage schon wesentlich besser aus. Die exponierte Lage dieses Standorts bietet Windverhältnisse, wie sie sonst nur von Anlagen mit sehr hohen und damit entsprechend teureren Türmen genutzt werden können. Dies wäre gerade für den 52-Meter-Generator der Fa. Voith mit seinem relativ niedrigen 30-Meter-Turm der ideale Aufstellungs-ort. Die Grenze zur Wirtschaftlichkeit scheint beim Standort Müllberg jedenfalls erreichbar zu sein, um so mehr als die in der Wirtschaftlichkeitsberechnung angenommene reale Brennstoffkostensteigerung von 3.5% pro Jahr recht niedrig angesetzt ist.

3.3.4.4. Resumee

In München könnte eine Nutzung der Windenergie maximal 145 GWh Strom pro Jahr liefern. Unter der Annahme einer kontinuierlichen realen Steigerung der Kraftwerksbrennstoffkosten von 3.5%/a erscheint eine Windenergienutzung im großen Umfang im Stromnetzverbund zunächst aus wirtschaftlichen Erwägungen nicht sinnvoll. Stärker steigende Brennstoffkosten und/oder sinkende Kapitalzin- sen können jedoch in fernerer Zukunft eine Nutzung der Windener- gie durchaus rentabel erscheinen lassen. Außerdem wäre noch zu untersuchen, ob für Regionen mit relativ niedrigen Windgeschwin- digkeiten wie München der Einsatz einfacherer und damit billige- rer Windkraftanlagen nicht lohnender ist, die dafür einen schlechteren Wirkungsgrad haben. Dies hängt davon ab, ob die Ko- sten einer solchen Anlage stärker sinken als der mögliche Jahres- energieertrag.

Die Erstellung einer Versuchsanlage auf dem Münchener Müllberg ist jedenfalls heute schon sinnvoll, um die Möglichkeiten der Windenergienutzung im Binnenland genauer zu untersuchen. In die- sem Zusammenhang ist auch die Messung der Windgeschwindigkeit in Höhen über 50 m interessant. Eine solche Anlage kann bei entspre- chender Förderung durch das BMFT für die Stadtwerke durchaus ren- tabel sein.

Für Anwendungsgebiete, bei denen es nicht auf die jederzeitige Verfügbarkeit der Energie ankommt, kann die Windenergie bei wei- ter steigenden Brennstoffpreisen auch im Inselbetrieb lohnend sein. Hier ist z.B. der Einsatz langsam laufender, billiger Roto- ren als Zusatzantrieb für Wärmepumpen zu erwähnen.

Literaturverzeichnis

- (1) Zur friedlichen Nutzung der Kernenergie, Reihe: Berichte und Dokumentationen, 2.Aufl., BMFT 1978.
- (2) Windenergie in Theorie und Praxis, J.-P. Molly/Karls- ruhe: Müller, 1978.
- (3) Seminar und Statusbericht Windenergie 1980, VDI
- (4) Windenergie, L.Jarass et al., Springer 1980
- (5) Energiequellen für morgen? Nichtnukleare-nichtfossile Pri- märenergiequellen, Teil II: Nutzung der solaren Strahlungs- energie. Programmstudie, durchgeführt im Auftrag des BMFT. Frankfurt/Main: Umschau-Verlag 1976.

3.3.5. NUTZUNG VON UMGEBUNGSENERGIE DURCH WÄRMEPUMPEN

Durch eine Wärmepumpe kann Umgebungswärme zur Raumheizung und Warmwasserbereitung genutzt werden. Eine Wärmepumpe arbeitet nach dem Prinzip des Kältschranks. Dabei entspricht die Umgebung, das kann Außenluft, Erdreich, Grundwasser oder ein Gewässer sein, dem Kältschränkinneren. Der zu erwärmende Raum oder das Warmwasser nimmt die Stellung der Wand oder Luft ein, die das Kühlaggregat umgibt. Ein flüssiges Arbeitsmittel nimmt im Wärmetauscher Wärme aus der Umgebung auf und verdampft dabei. Der entstandene Dampf wird von einem Kompressor verdichtet, wodurch die Temperatur des Dampfes stark ansteigt (z.B. auf 60 Grad C). Im Verflüssiger gibt der Dampf Wärme an den Warmwasserkreislauf oder die Raumheizung ab und verflüssigt sich dadurch wieder. Im Expansionsventil wird das noch unter Druck stehende Arbeitsmittel wieder "entspannt" und fließt dann von neuem in den Wärmetauscher, um wieder zu verdampfen. Bild 3-6 zeigt schematisch diesen Prozeß.

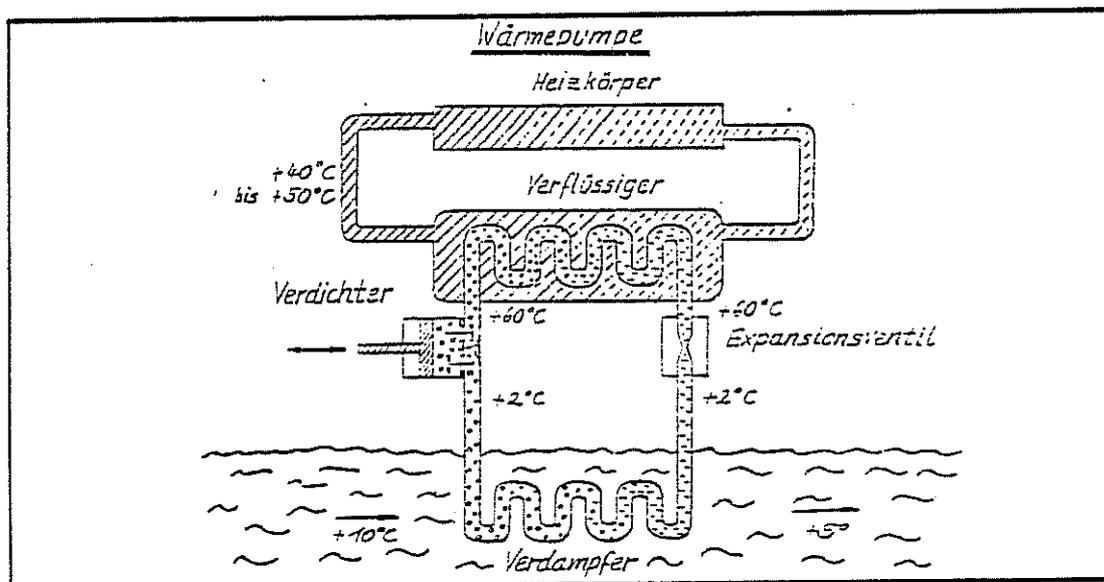


Bild 3-6: Funktionsprinzip der Wärmepumpe

Zum Antrieb des Kompressors wird entweder ein Elektro- oder ein Gas- bzw. Dieselmotor verwendet. Man spricht dann von einer Elektro- oder Gas- bzw. Dieselmotordrivenen Wärmepumpe. In den letzteren Fällen läßt sich zusätzlich noch die Abwärme aus dem Kühlwasser und den Verbrennungsabgasen verwerten, sodaß - auf Primärenergie bezogen - ein höherer Wirkungsgrad erzielt wird. Zur Charakterisierung einer Wärmepumpe verwendet man die Leistungszahl. Sie gibt das Verhältnis zwischen abgegebener Nutzenergie und eingesetzter Brennstoffenergie an. Diese Leistungszahl ist abhängig vom Unterschied zwischen der Temperatur des Mediums, dem Wärme entzogen wird, und der gewünschten Warmwasser- oder Raumtemperatur. So wird klar, daß bei sehr tiefen Außentemperaturen eine Luftwärmepumpe eine schlechtere Leistungszahl hat als z.B. eine Grundwasserwärmepumpe. Daher müssen Luftwärmepumpen in der Regel bivalent betrieben werden: Ist die Außentemperatur so gering, daß die Leistungszahl zu schlecht wird, so übernimmt ein Brennstoffkessel oder eine Elektroheizung die Heizarbeit. Ein typischer Wert für eine durchschnittliche Leistungszahl einer Gaswärmepumpe ist 1,6 bzw. 160 %. Bei diesem Wert handelt es sich um eine Luftwärmepumpe, die nur im rentablen Bereich betrieben wird. Bild 3-7

zeigt die Energiebilanzen von Gas- und Elektrowärmepumpe.

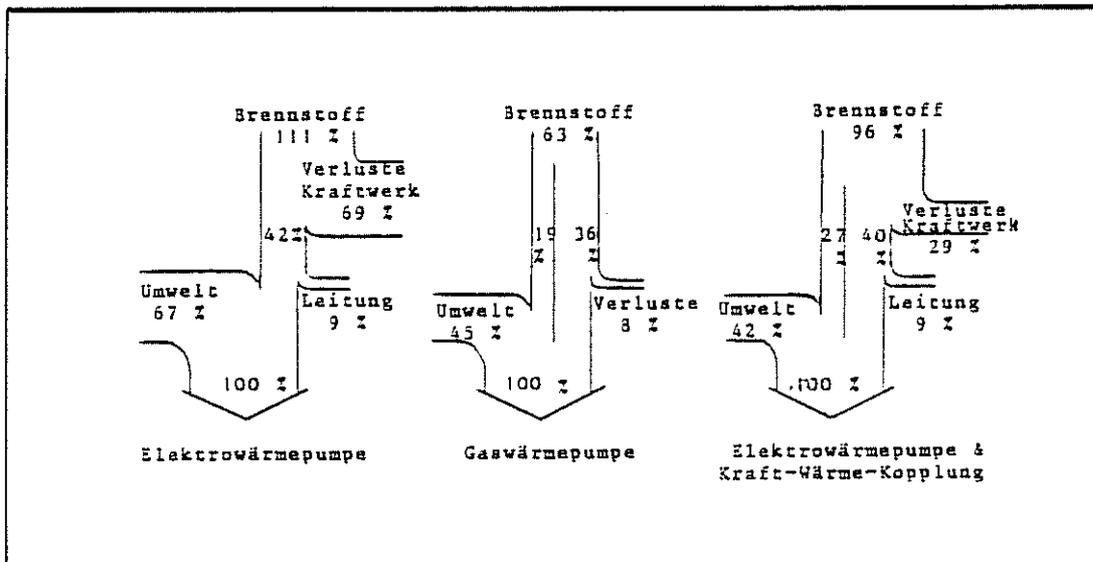


Bild 3-7: Energiebilanzen von Gas- und Elektrowärmepumpe

Um dieselbe Menge Nutzenergie zur Verfügung zu stellen, benötigt die Elektrowärmepumpe deutlich mehr Brennstoff als die Gaswärmepumpe. Die Elektrowärmepumpe gewinnt in der Regel weniger Energie aus der Umgebung wieder, als bei der Stromerzeugung im Kraftwerk in Form von umweltbelastender Abwärme verloren geht. Das Bild ändert sich, wenn der Strom in Kraftwärmekopplung erzeugt wird, da dann ein Teil der Umwandlungsverluste zu Heizzwecken, z.B. Fernwärme, verwendet wird. Allerdings auch dann weist die Gaswärmepumpe einen deutlich geringeren Brennstoffbedarf und ein besseres Verhältnis zwischen Umweltgewinnen und Umweltverlusten auf. Aus diesen Gründen ist die Gaswärmepumpe der Elektrowärmepumpe vorzuziehen.

Wieviele Wärmepumpen kann man nun in München einsetzen, und wieviel Primärenergie läßt sich mit Hilfe der Wärmepumpen einsparen?

In München wird man aufgrund der hohen Siedlungsdichte Erdreich- oder Grundwasserwärmepumpen nur sehr beschränkt einsetzen können. Der Regelfall wird also die Luftwärmepumpe sein. In der kältesten Zeit des Jahres muß ein gasbetriebener Heizkessel die Wärmeproduktion übernehmen. Für unsere Berechnungen haben wir angenommen, daß die Wärmepumpe die o.g. Leistungszahl von 160 % erreicht und 70 % der Jahresheizarbeit liefert. Die restlichen 30 % werden von einem Gaskessel übernommen, der mit 88 % Wirkungsgrad arbeitet. Als durchschnittliche Leistungszahl von Wärmepumpe und Kessel zusammen ergibt sich dann

$$70 \% * 1.6 + 30 \% * 0.88 = 138 \%$$

Weiterhin ist zu berücksichtigen, daß wir nicht den gesamten Wärmebedarf mit Gaswärmepumpen decken können, sondern nur Raumwärme, Warmwasser und einen kleinen Teil Prozeßwärme bei niedrigen Temperaturen.

Literaturverzeichnis

- (1) Arbeitskreis Alternativenergie Tübingen :
Energiepolitik von unten
Fischer Taschenbuchverlag 1982

3.4. VERBESSERUNG DER HEUTIGEN TECHNOLOGIEN

3.4.1. KRAFTWÄRMEKOPPLUNG IN KLEINEN ANLAGEN

Das Prinzip der Kraftwärmekopplung läßt sich in großem Stil anwenden, aber auch in kleinen Anlagen: Blockheizkraftwerken (BHKW) und Stromöfen. BHKW versorgen eine Wohnsiedlung mit Strom und Wärme, der Stromofen ist für eine oder mehrere Wohnungen gedacht.

3.4.1.1. Blockheizkraftwerke

Blockheizkraftwerke sind Kraftwerkseinheiten kleinerer und mittlerer Größe (thermische Leistung 50 kW - 10 MW) die mit Kraftwärmekopplung arbeiten. Bei Verbrennung von Gas oder leichtem Heizöl in Motoren wird zum einen über Synchron- und Asynchrongeneratoren elektrische Energie erzeugt, andererseits die Verbrennungsabwärme für Heizzwecke und Warmwasserbereitung verwendet. Die Wärmeleistung deckt den Bedarf von (großen) Mehrfamilienhäusern bis hin zu Siedlungen.

Die BHKW-Anlagen sind in der Regel Mehrmotorenanlagen. Die benötigte Leistung wird durch Zuschalten einzelner Module, die nur im Bestleistungspunkt laufen, erzeugt. Durch Verwendung von Motoren aus großen Serien (LKW- und Schiffsdieselbau) erreicht man eine Senkung der Investitionskosten. Die Investitionskosten liegen bei 700 - 900 DM/kW_{el} je nach Größe, und 110 - 150 DM/kW_{el} für Gebäude und Schalldämmung und damit deutlich unter denen von Großkraftwerken (2000 - 2500 DM für Kohlekraftwerke, 3000 - 5000 DM für Kernkraftwerke). Der Gesamtpreis einer Anlage für 300 Wohnungen liegt zur Zeit bei 1350 DM/kW_{el}.

Durch die Nennlastfahrweise und optimale Einstellung der Motoren wird bei BHKWs eine relativ günstige Emissionsrate erreicht. Bei Verwendung von Erdgas als Primärenergie entstehen praktisch nur NO_x-Emissionen. Nach Karl Hein (1) übersteigen sie nur unwesentlich die von konventionellen Heizkesseln. Durch katalytische Nachverbrennung und/oder Abgaswäsche in Kalkmilch läßt sich die Schadstoffmenge noch drastisch reduzieren und liegt dann deutlich unter der moderner Großkraftwerke.

Die Abwässer der Abgaswäsche - sie enthalten hauptsächlich Kalziumnitrat/nitrit, Kalk und Gips können nach dem Urteil des bayerischen Landesamts für Umweltschutz unbedenklich in die Kanalisation eingeleitet werden (2). Wir sind uns da nicht so sicher. Zwar beschränken die Vorschriften nur die Abgabe von Nitrit auf 30 mg/l, den Feststoffgehalt (Kalk/Gips) und den pH-Wert auf 6 bis 11, Werte, die problemlos unterschritten werden. Jedoch scheint uns eine Einleitung größerer Nitratmengen (etwa 1 t Nitrat/GWh) nicht unbedenklich zu sein (Eutrophierung der Gewässer).

Der Lärm der Motoren läßt sich bei vertretbaren Kosten durch geeignete Maßnahmen (z.B. Kapselung der Motoren) unter den alter Ölheizungen senken. Sie können daher unmittelbar an Wohnhäuser angebaut werden (26 dB(A) in angrenzenden Räumen).

BHKW können als vollautomatische Anlagen mit einem Minimum an Personalaufwand betrieben werden. Vollwartungsverträge mit dem EVU oder BHKW-Lieferanten zur Anlagenbetreuung sind üblich.

Die Standzeit der Motoren beträgt 10000 - 30000 Stunden, das entspricht 5 - 15 Jahren und läßt sich durch Entwicklung spezieller Motoren sicher noch erheblich steigern. Nach dieser Zeit wird der Motor generalüberholt oder durch einen Tauschmotor (wie beim Auto) ersetzt.

Für den Einsatz bietet sich folgendes Modell an: Das BHKW wird zusammen mit einem Wärmespeicher beim Verbraucher aufgestellt. Investitions- und Wartungskosten übernehmen die Stadtwerke, Ihnen gehört auch der erzeugte Strom und sie bestimmen die Lauf- und Stillstandszeiten der Anlage, wobei dem Verbraucher die notwendige Raumwärme garantiert wird. Die Brennstoffkosten werden anteilig nach Strom und Wärme auf Stadtwerke und Verbraucher verteilt. Durch den Wärmespeicher kann Strom- und Wärmeerzeugung zeitlich entkoppelt werden, daher kann die Anlage zur Deckung der Tageslastspitzen beim Strom verwendet werden.

Merkmale der BHKW-Versorgung

- unmittelbare Installation neben den Wärmeabnehmern (keine Wärmetransportverluste, keine aufwendigen Leitungen)
- niedrige Bau- und Planungskosten, kurze Bauzeiten und einfache, billige Anpassung an den momentanen und zu erwartenden Wärmebedarf durch Modulbauweise.
- minimaler Platzbedarf
- direkte Einspeisung des erzeugten Stromes in das Niederspannungsnetz mit 380/220 V ist möglich (Transformierungs- und Leitungsverluste entfallen, keine Anlagenkosten zur Stromtransformation)
- Entlastung der öffentlichen Stromversorgung, insbesondere beim Auftreten von Stromspitzen.
- eine Umstellung des Brennstoffes von Erdgas auf Klär-, Bio-, Flüssiggas oder Dieselmotortreibstoff ist möglich.

BHKW sind Kraftwerke, die Strom und Wärme gleichzeitig erzeugen und bei der vorliegenden Energiemangel eine wichtige Ergänzung zu Großkraftwerken darstellen.

3.4.1.2. Der Stromofen

Der Stromofen stellt eine Weiterentwicklung der BHKW dar, und deckt den Leistungsbereich von 10-50 kW thermisch für Wohnungen bis Mehrfamilienhäuser ab. Er kann somit herkömmliche Heizungen ersetzen. Der überschüssige Strom wird ins Netz abgegeben. Netzstörungen können dabei durch geeignete technische Maßnahmen klein gehalten werden. Bei Verwendung von Wärmespeichern und Rundsteuerung durch das E-Werk lassen sich die Einschaltzeiten so legen, daß die Anlagen hauptsächlich (teueren) Spitzenstrom liefern.

Durch die kompakte Bauweise, kurze Leitungen und Kondensation des in den Abgasen enthaltenen Wasserdampfs läßt sich der Wirkungsgrad auf über 100 % steigern (bezogen auf den unteren Heizwert, der üblicherweise zur Berechnung des Wirkungsgrads herangezogen wird).

Weiter verbesserte Schallschutzmaßnahmen lassen erwarten, daß Stromöfen die Lautstärke von Kühlschränken erreichen, und somit auch in Wohnungen verwendet werden können.

Die Preise liegen mit 800-1500 DM/kWel noch etwas über denen großer BHKW. Bedenkt man jedoch, daß ganze Autos mit einem 20 kW Motor für unter 10000 DM zu haben sind, so ist hier noch viel Luft. Für die Wartung (ein bis vier Mal pro Jahr) muß man mit 2.5 bis 5 Pf/kWWh rechnen. Zu diesem Preis werden bereits Vollwartungsverträge angeboten.

Als Beispiel ergibt sich für eine serienmäßige Anlage mit 15 kWel und 38 kWth Leistung (Preis 20000.- DM, Lebensdauer 10 Jahre, Nutzungsgrad 95% , Wartung 4 Pf/kWh) ein Gesamtnutzenergiepreis von 10.2 Pf/kWh, davon sind 28% Strom und 72% Wärme. Bezieht man den Stromanteil aus der Steckdose (21 Pf/kWh) und erzeugt die Wärme in einer Gasheizung mit 90% Wirkungsgrad, so kostet die Kilowattstunde 10.4 Pf ohne Grundpreis und Investitionskosten, die oben eingerechnet wurden.

Für den Einsatz der Kraftheizung sehen wir drei Möglichkeiten:

- Sie werden privat betrieben und die Stadtwerke nehmen den Strom zu einem angemessenen (!) Preis ab.
- Sie werden von den Stadtwerken entsprechend der elektrischen Leistung bezuschußt. Der Strom gehört den Werken und wird normal von ihnen verkauft, die Wärme erhält der Verbraucher.
- Sie werden auf Rechnung der Stadtwerke beim Verbraucher installiert, der Strom und Wärme von ihnen bezieht.

Bei allen Vorschlägen bleibt natürlich die Möglichkeit zur Rundsteuerung offen. Sie würden folgende Vorteile gegenüber der konventionellen Technik bieten:

- geringe Energieverluste, Schadstoffe und Kosten
- flexiblere Kapazitätsanpassung an den Bedarf und damit geringeres Planungsrisiko
- Vermeidung großer Reservekapazitäten.

Literaturverzeichnis

- (1) Karl Hein: "Blockheizkraftwerke"
Verlag C.F. Müller, Karlsruhe 1980
- (2) Günter Axt et al.: "Dezentrale Wärme-Kraft-Kopplung"
DEKAS, Berlin 1981

3.4.2. FERNWÄRME

Es soll abgeschätzt werden, in wie weit das Münchner Fernwärmenetz noch weiter ausgebaut werden kann. Dazu ermitteln wir zuerst, ausgehend von der Siedlungsstruktur, in welchen Stadtgebieten Fernwärmeversorgung sinnvoll ist. Dann vergleichen wir das Ergebnis mit der heutigen Situation. Daraus kann man ableiten, wieviel noch ausbaufähig ist.

Das Hauptproblem beim Einsatz von Fernwärme sind die hohen Investitionskosten für das Leitungsnetz. Deshalb ist Fernwärme nur da wirtschaftlich sinnvoll, wo viel Wärme auf kleinem Gebiet verbraucht wird. Um herauszufinden, wo das in München der Fall ist, sind hier zwei Ansätze versucht worden. Methode I geht direkt von den Daten der Häuserdatei aus, Methode II macht den Umweg über die neun Siedlungstypen der Studie "Wechselwirkung zwischen der Siedlungsstruktur und der Wärmeversorgung".

3.4.2.1. Berechnung nach Methode I

Zur Verfügung stand eine Datei, in der die wichtigsten Konstruktionsmerkmale von nahezu jedem Münchner Gebäude beschrieben sind. Aus Gründen des Datenschutzes ist jedoch die Anschrift nicht enthalten, lediglich die Nummer des Stadtviertels, in dem das Gebäude steht. Deshalb sind die kleinsten Einheiten, über die wir etwas aussagen können, die 444 Stadtviertel.

3.4.2.1.1. Berechnung der Fernwärmedichte

Ein gutes Kriterium für den sinnvollen Einsatz von Fernwärme wäre der Wärmeverbrauch bezogen auf die Fläche. Die Grundstücksgröße ist in der Häuserdatei enthalten, der Wärmebedarf jedoch nicht. Er muß deshalb indirekt erschlossen werden.

Von den aus der Häuserdatei zur Verfügung stehenden Größen scheint die Bruttogeschoßfläche als erste Näherung für den Wärmeverbrauch am geeignetsten zu sein (Näheres im Anhang). Wir haben deshalb in jedem Stadtviertel die Bruttogeschoßfläche und die Grundstücksfläche aller Häuser addiert und den Quotienten daraus gebildet. Wir nennen ihn im folgenden "Wärmedichte". Je höher diese Wärmedichte ist, umso besser eignet sich ein Gebiet für die Fernwärmeversorgung.

Das folgende Histogramm gibt einen Überblick über den Zahlenbereich der vorkommenden Wärmedichten, über die Anzahl der Stadtviertel und den Anteil der Bruttogeschoßfläche, die auf die jeweilige Wärmedichte entfallen (Bild 3-8).

Wärmedichte	Anzahl Stadt- viertel	Bruttogeschoßfläche		
		in qm	in %	
0.00 bis 0.25	163	15491267	19.22	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
0.25 bis 0.50	118	21700100	26.93	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
0.50 bis 0.75	45	10466114	12.99	XXXXXXXXXXXX
0.75 bis 1.00	37	11354810	14.09	XXXXXXXXXXXX
1.00 bis 1.25	19	4901454	6.08	XXXXXX
1.25 bis 1.50	29	8674915	10.76	XXXXXXXXXX
1.50 bis 1.75	14	3631698	4.50	XXXX
1.75 bis 2.00	3	693929	0.86	X
2.00 bis 2.25	5	1252677	1.55	XX
2.25 bis 2.50	0	0	0.00	
2.50 bis 2.75	3	474295	0.58	X
2.75 bis 3.00	1	407518	0.50	
3.00 bis 3.25	3	571004	0.70	X
3.25 bis 3.50	1	339054	0.42	
3.50 bis 3.75	0	0		
3.75 bis 4.00	0	0		
4.00 bis 4.25	1	299726	0.37	
4.25 bis 4.50	0	0		
4.50 bis 4.75	1	209750	0.26	
4.75 bis 5.00	1	89606	0.11	

Bild 3-8: Statistische Verteilung der Wärmedichte

3.4.2.1.2. Die heutige Fernwärmesituation

Zur Verfügung standen sechs Planausschnitte im Maßstab 1:2500, in die alle Fernwärmeleitungen und alle mit Fernwärme versorgten Gebäude eingezeichnet sind (Stand 1980), sowie eine topographische Karte 1:50000 mit eingezeichneten Stadtviertelgrenzen. Durch gedankliche Überlagerung dieser beider Karten wurde für jedes Viertel grob abgeschätzt, welcher Anteil bereits mit Fernwärme versorgt ist. Da diese Abschätzung nicht sehr genau sein kann, wurde als Ergebnis nur eine von fünf Klassen angegeben: 0, 25, 50, 75 oder 100 %. Gleichzeitig wurde, was erst später benötigt wird, für jedes Viertel abgelesen, ob bereits Fernwärmeleitungen im Viertel oder zumindest entlang der Grenzen des Viertels existieren und ob das Viertel überwiegend als Fernwärmegebiet von der Stadt ausgewiesen ist.

Nun kann man ins Histogramm von vorher eintragen, welcher Anteil von jedem Wärmedichtebereich schon mit Fernwärme versorgt ist (Bild 3-9).

Wärmedichte	Bruttogeschoßfl.		davon schon mit Fernw. versorgt (%)
	in qm	in %	
0.00 bis 0.25	15491267	19.22	7
0.25 bis 0.50	21700100	26.93	8
0.50 bis 0.75	10466114	12.99	24
0.75 bis 1.00	11354810	14.09	22
1.00 bis 1.25	4901454	6.08	20
1.25 bis 1.50	8674915	10.76	22
1.50 bis 1.75	3631698	4.50	15
1.75 bis 2.00	693929	0.86	46
2.00 bis 2.25	1252677	1.55	43
2.25 bis 2.50	0	0.00	
2.50 bis 2.75	474295	0.58	72
2.75 bis 3.00	407518	0.50	100
3.00 bis 3.25	571004	0.70	100
3.25 bis 3.50	339054	0.42	75
3.50 bis 3.75	0		
3.75 bis 4.00	0		
4.00 bis 4.25	299726	0.37	100
4.25 bis 4.50	0		
4.50 bis 4.75	209750	0.26	100
4.75 bis 5.00	89606	0.11	100

Bild 3-9: Bisheriger Fernwärme-Versorgungsgrad nach Wärmedichte

Wenn man nun davon ausgeht, daß die Stadtwerke bisher schon nach ökonomischen Gesichtspunkten gehandelt haben, d.h. Fernwärme nur in dafür geeigneten Gebieten verlegt haben, dann kann man mindestens alle diejenigen Wärmedichtebereiche als "fernwärmegeeignet" betrachten, in denen schon ein nennenswerter Anteil, z.B. mehr als 20 %, an Fernwärmeversorgung besteht. Das sind die Bereiche mit Wärmedichten größer als ca. 0.5.

3.4.2.1.3. Ergebnis

Unter dieser Voraussetzung ergibt sich ein fernwärmegeeigneter Anteil von 43.3 Mio m² das sind 54 % von den gesamten 80.6 Mio m² Bruttogeschoßfläche. Jedoch müssen noch einige Korrekturen gemacht werden, denn es wäre weder realistisch noch sinnvoll, innerhalb der geeigneten Stadtviertel einen Versorgungsgrad von 100 % anzustreben. Wir nehmen 80 % als Ziel an. Falls ein Viertel heute schon mehr als 80 % hat, nehmen wir den heutigen Wert. Dann verbleiben 35.9 Mio m², entsprechend 45 % .

Da es nicht wirtschaftlich ist, Fernwärme und Gas in einem Viertel gleichzeitig zu verlegen, sollen die Viertel abgezogen werden, die gasversorgt sind. Diese Information haben wir nicht zu Verfügung. Deshalb ziehen wir, um sicher zu gehen, alle Viertel ab, die nicht überwiegend von der Stadt als Fernwärmegebiet ausgewiesen sind. Es verbleiben 23.7 Mio m², entsprechend 30 % . Davon sind nach unserer eigenen Schätzung ca. 11.2 Mio m² bereits mit Fernwärme versorgt. Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten sinnvoll wäre demnach eine Erweiterung um mindestens 12.5 Mio m², das ist, bezogen auf das heutige Netz von 14.3 Mio m², ein Zuwachs von 87 % .

Die folgende Karte zeigt, wo diese Gebiete liegen. Zum Vergleich ist auch eine mit grober Darstellung der existierenden Fernwärmeleitungen angegeben (Bild 3-10 und 3-11).

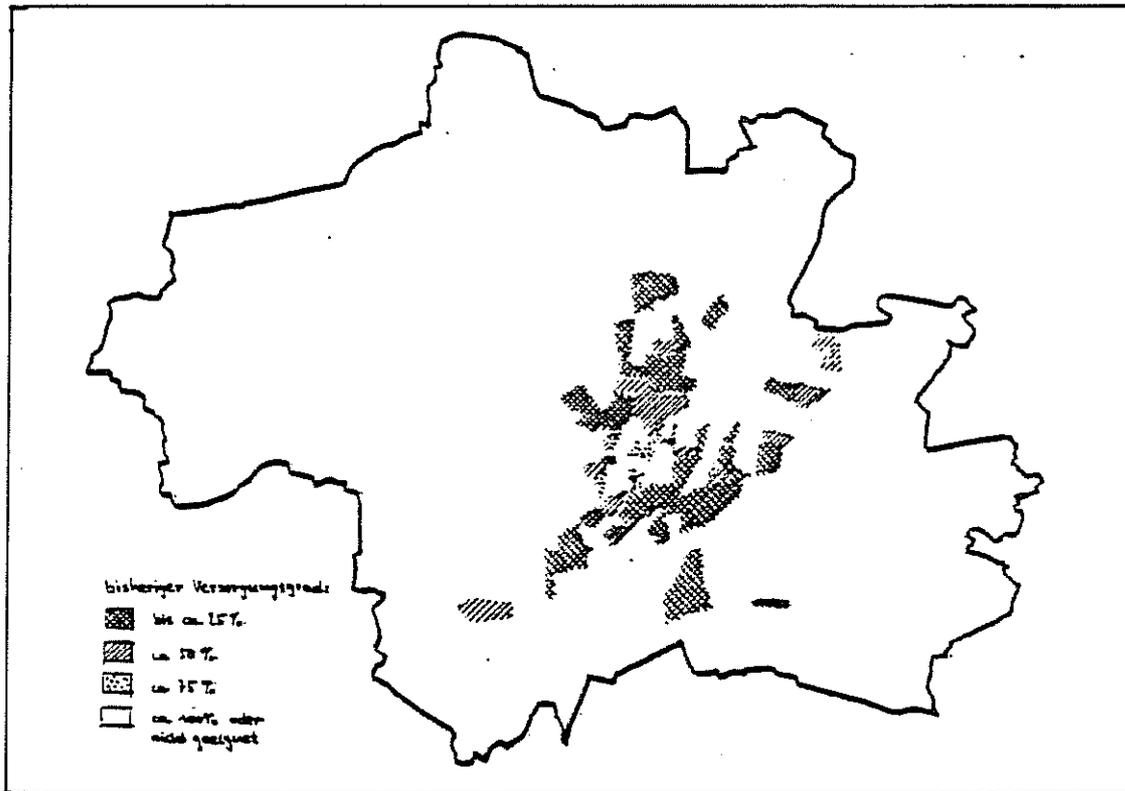


Bild 3-10: Fernwärmegeeignete Gebiete nach Methode I

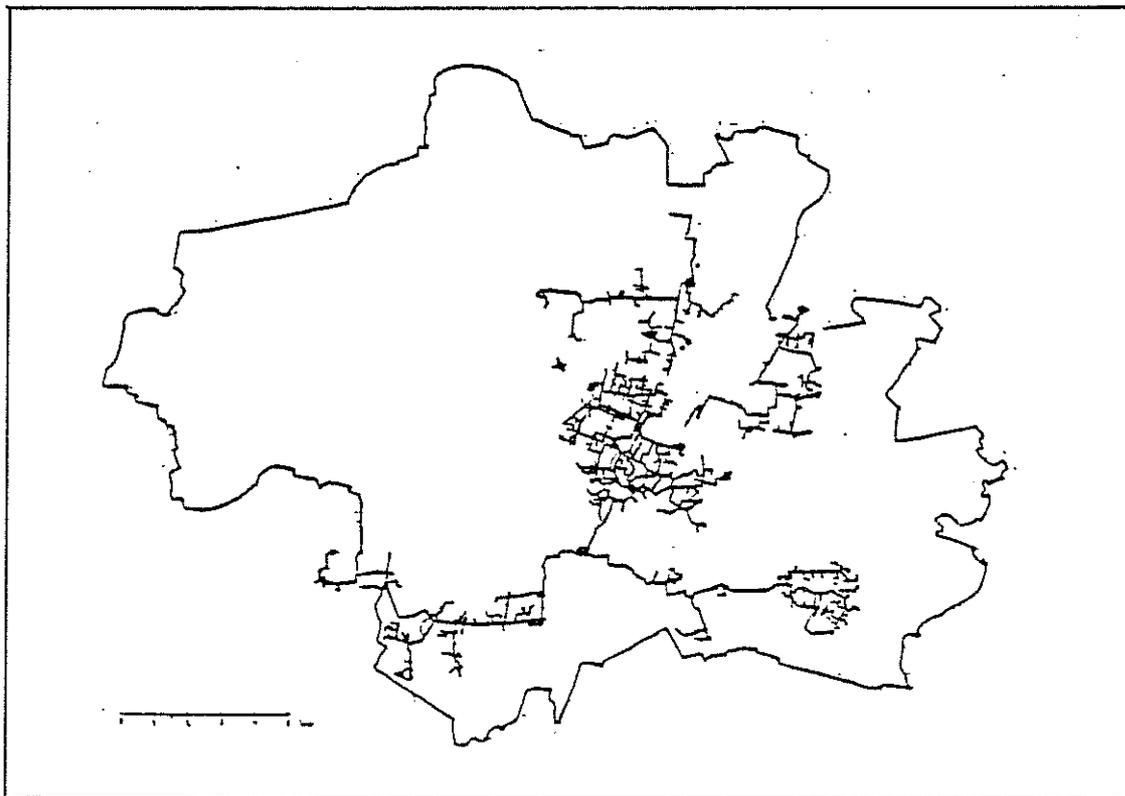


Bild 3-11: Bisheriges Fernwärmenetz

Alternative:

Wenn man die Beschränkung auf offizielle Fernwärmegebiete fallen läßt, vergrößert sich der für Fernwärme geeignete Anteil von 29.5 auf 44.5 Mio m², in Prozent von 29 auf 45. Die folgende Karte zeigt die hinzukommenden Gebiete. Da sie abseits des bisherigen Fernwärmenetzes liegen, kommen sie eventuell auch für Blockheizkraftwerke in Frage (Bild 3-12).

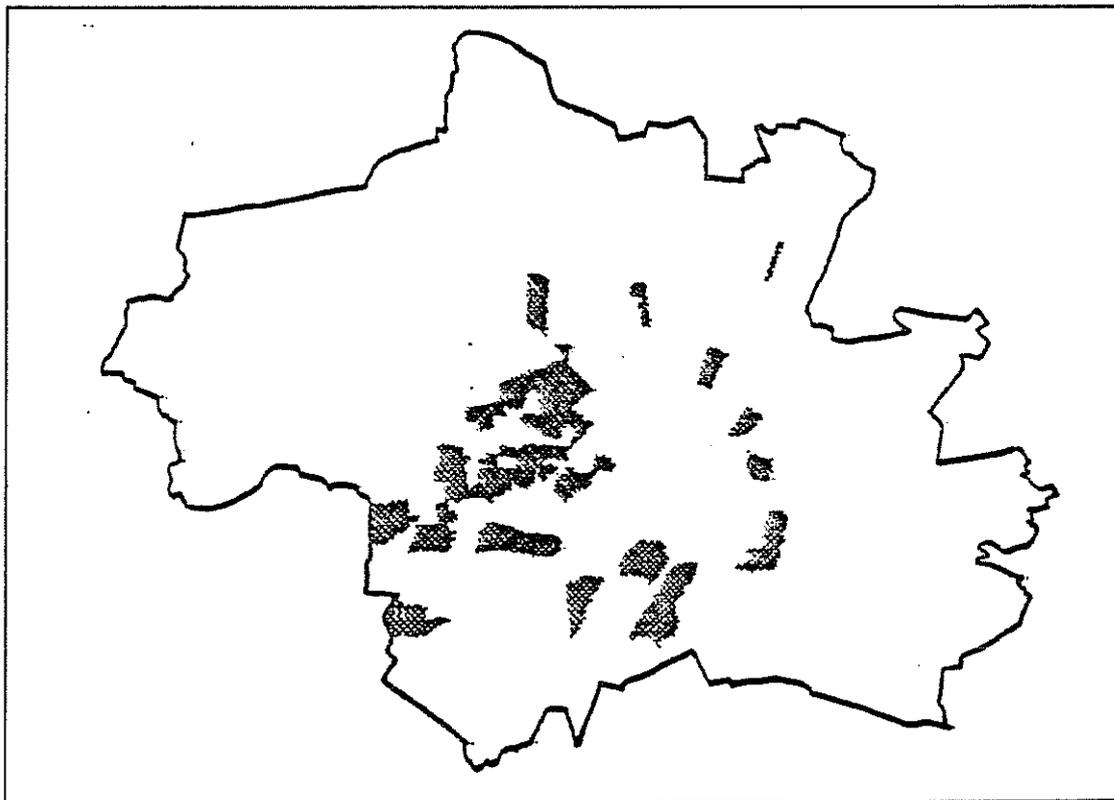


Bild 3-12: Fernwärmegeeignete, aber nicht angeschlossene Gebiete

3.4.2.2. Berechnung nach Methode II

Während bei Methode I die Zuordnung von Siedlungsstruktur (konkret: Wärmedichte) zur Fernwärmeeignung recht pauschal anhand der bisherigen Fernwärmerversorgung erfolgte, wird bei Methode II eine differenzierte Studie des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau "Wechselwirkung zwischen der Siedlungsstruktur und Wärmeversorgungssystemen" zugrundegelegt. Sie unterscheidet für Altbauten die neun Siedlungstypen:

- 1 Ein- und Mehrfamiliensiedlung niedriger Dichte
- 2 Dorfkern und Einfamiliensiedlung hoher Dichte
- 3 Reihenhaussiedlung
- 4 Zeilenbebauung mittlerer Dichte
- 5 Zeilenbebauung hoher Dichte
- 6 Blockbebauung
- 7 Citybebauung ab Mitte 19. Jahrhundert
- 8 Mittelalterliche Altstadt
- 9 Industrie- und Lagergebäude

Für jeden Siedlungstyp gibt sie die Wirtschaftlichkeit verschiedener Heizungssysteme an, zu denen auch Fernwärme gehört.

3.4.2.2.1. Die Stadtviertel als kleinste Einheiten

Damit die Ergebnisse der Studie auf München übertragen werden können, muß das Münchner Stadtgebiet in so viele Parzellen aufgeteilt werden, daß jede der Parzellen eindeutig einem der neun Siedlungstypen zugeordnet werden kann. Im Gegensatz zur Studie wird diese Zuordnung bei uns nicht anhand von Landkarten gemacht, sondern mit Hilfe der Häuserdatei.

Jedes Gebäude wird anhand bestimmter Kriterien (näheres siehe Anhang) einem Siedlungstyp zugewiesen. Der Siedlungstyp, auf den die meiste Bruttogeschosßfläche entfällt, wird dem gesamten Stadtviertel zugeordnet. Damit sind als kleinste Einheiten die 444 Stadtviertel festgelegt. Die Berechtigung dieser Einheiten muß noch geprüft werden.

Wenn die Aufteilung in Stadtviertel fein genug ist, müßte in jedem Viertel der dominierende Siedlungstyp einen Anteil von nahe 100 % besitzen. Das folgende Histogramm zeigt, welcher Anteil der Bruttogeschosßfläche auf den jeweils dominierenden Siedlungstyp entfällt (Bild 3-13).

Anteil (%)	Anzahl Stadtviertel
0 bis 5	0
5 bis 10	0
10 bis 15	0
15 bis 20	0
20 bis 25	11
25 bis 30	41
30 bis 35	50
35 bis 40	69
40 bis 45	49
45 bis 50	42
50 bis 55	36
55 bis 60	41
60 bis 65	27
65 bis 70	19
70 bis 75	20
75 bis 80	10
80 bis 85	8
85 bis 90	9
90 bis 95	2
95 bis 100	10

Bild 3-13: Anteil des dominierenden Siedlungstyps im Stadtviertel

Bei den meisten Stadtvierteln macht der dominierende Siedlungstyp nur 1/3 bis 2/3 des Viertels aus. Das heißt, daß die Stadtviertel als Einheiten eigentlich zu groß sind. Jedoch ist das für unsere Zwecke noch nicht nachteilig, da für Fernwärme eine ganze Gruppe von Siedlungstypen geeignet ist, und nur diese Gruppe eindeutig dominieren muß.

3.4.2.2.2. Für Fernwärmeversorgung geeignete Siedlungstypen

Die Studie gibt für jeden Siedlungstyp die Eignung für Fernwärme in Abhängigkeit folgender Parameter an:

- Energiepreis 100 % oder 200 % (Basis 1978),
- Gas als Konkurrenz vorhanden oder nicht vorhanden,

und liefert als Ergebnis für jeden Siedlungstyp eine der drei Stufen:

- geringe Wirtschaftlichkeit
- mittlere Wirtschaftlichkeit
- hohe Wirtschaftlichkeit.

Um mit unserer Abschätzung auf der sicheren Seite zu bleiben, wird für die weitere Untersuchung angenommen, daß der Energiepreis bei 100 % bleibt, auch Gasversorgung in Frage kommt (jedoch für ein Viertel entweder nur Gas oder Fernwärme) und hohe Wirtschaftlichkeit verlangt ist.

Unter diesen Voraussetzungen kann man der Studie entnehmen, daß Fernwärme bei den Siedlungstypen 5, 6, 7 und 9 hohe Wirtschaftlichkeit aufweist.

3.4.2.2.3. Für Fernwärme geeignete Stadtviertel

Nun kann man prüfen, ob es Stadtviertel gibt, in denen die für Fernwärme geeigneten Siedlungstypen eindeutig dominieren. Dazu wurde für jedes Stadtviertel berechnet, welcher Anteil der Bruttogeschosßfläche auf die Siedlungstypen 5, 6, 7 und 9 entfällt (Bild 3-14).

Anteil (%)	Anzahl Stadtviertel
0 bis 5	25
5 bis 10	17
10 bis 15	14
15 bis 20	16
20 bis 25	20
25 bis 30	21
30 bis 35	21
35 bis 40	16
40 bis 45	14
45 bis 50	20
50 bis 55	16
55 bis 60	22
60 bis 65	16
65 bis 70	21
70 bis 75	22
75 bis 80	40
80 bis 85	37
85 bis 90	42
90 bis 95	29
95 bis 100	15

Bild 3-14: Anteil der für Fernwärme geeigneten Siedlungstypen

Ideal wäre eine Häufung bei 100 % , die klar vom Rest abzugrenzen ist. Oberhalb von 75 % kann man eine solche Häufung erkennen. Dieser Wert paßt gut zu den 80 % , die in der Studie als Gesamtversorgungsgrad innerhalb jeder Versorgungszelle vorausgesetzt sind. Um die Ergebnisse übertragen zu können, haben deshalb auch wir die Schwelle auf 80 % gelegt. Alle Stadtviertel, in denen die Bruttogeschosßfläche der Siedlungstypen 5, 6, 7 und 9 mehr als 80 % von der gesamten Bruttogeschosßfläche beträgt, gelten als vorläufig fernwärmegeeignet.

3.4.2.2.4. Ergebnis

Der Anteil der Viertel, die zu 80 oder mehr Prozent aus den für Fernwärme geeigneten Siedlungstypen bestehen, beträgt 26.4 Mio m², das sind 33 % der gesamten 80.6 Mio m² Münchner Bruttogeschosßfläche.

Unter Berücksichtigung eines Versorgungsgrades von 80 % in jedem Viertel ergeben sich 21.7 Mio m², entsprechend 27 % . In den wenigen Vierteln, die heute schon mit mehr als 80 % versorgt sind, wird der heutige Stand beibehalten.

Läßt man davon, um Überschneidungen mit gasversorgten Gebieten zu vermeiden, alle Viertel weg, die nicht überwiegend als offizielles Fernwärmegebiet ausgewiesen sind, bleiben 16.7 Mio m², entsprechend 21 % , als maximales Fernwärmepotential.

Davon sind 7.3 Mio m² bereits mit Fernwärme versorgt.

Für den weiteren Ausbau kommen also 9.4 Mio m² in Frage. Verglichen mit dem heutigen Netz von 14.3 Mio m² bedeutet das eine Erweiterung um 66 % . Die folgende Karte zeigt, wo diese Gebiete liegen (Bild 3-15).

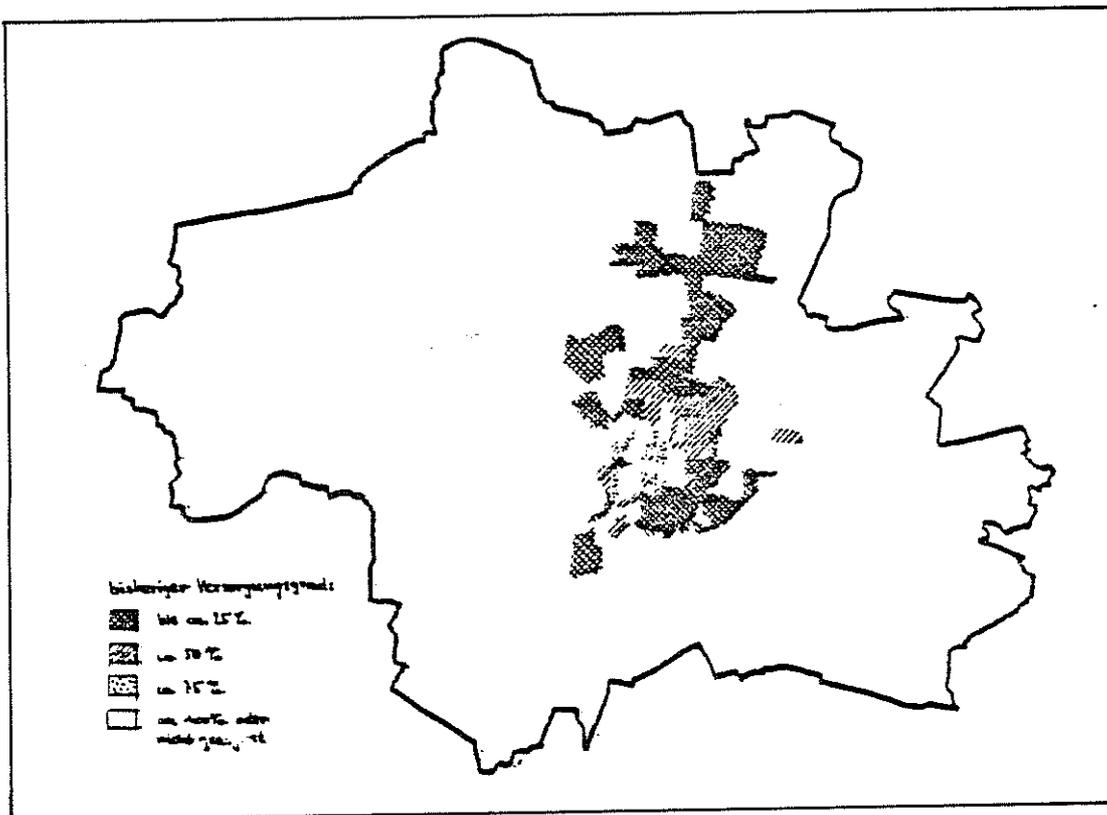


Bild 3-15: Fernwärmegeeignete Gebiete nach Methode II

3.4.2.2.5. Alternative

Eine starke Reduzierung brachte die Beschränkung auf offiziell ausgewiesene Fernwärmegebiete. Würde man Fernwärme überall zulassen, kämen als maximales Potential statt 16.7 ca. 20.6 Mio m² heraus. Das offizielle Fernwärmegebiet deckt also tatsächlich den größten Teil (80 %) des für Fernwärme geeigneten Gebiets ab.

Die folgende Karte zeigt, welche Gebiete hinzukämen, wenn man die Einschränkung auf offizielle Fernwärmegebiete fallen ließe (Bild 3-16).

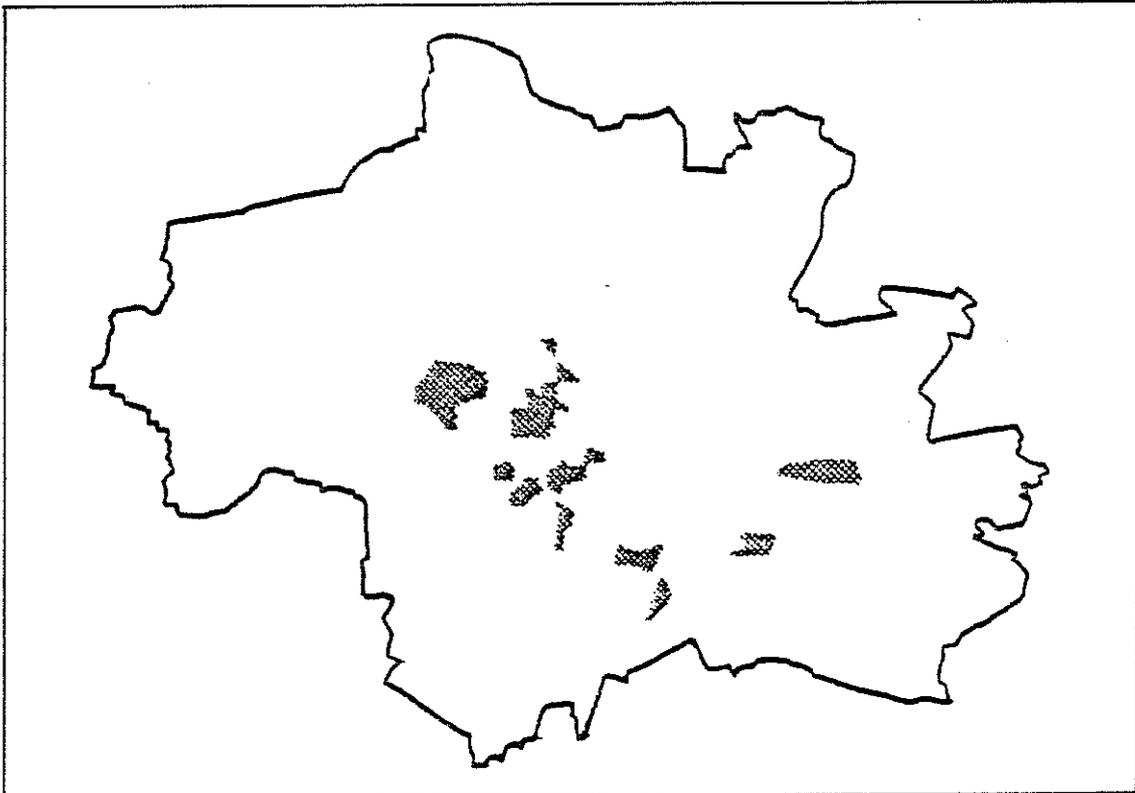


Bild 3-16: Nicht ausgewiesene, aber fernwärmegeeignete Gebiete

Zu beachten ist, daß diese Gebiete in MRS ausdrücklich unter dem Gesichtspunkt der Fernwärmeeignung ermittelt wurden. Deshalb darf nicht automatisch angenommen werden, daß sie auch z.B. für Blockheizkraftwerke in Frage kommen. Die dafür geeigneten Siedlungstypen sind nicht notwendigerweise dieselben.

3.4.2.3. Vergleich der Ergebnisse von Methode I und Methode II

3.4.2.3.1. Maximales Fernwärmepotential

Nach Methode I ergaben sich 23.7 Mio m^2 als maximales Fernwärmepotential, nach Methode II 16.7 Mio m^2 . Ist die kleinere Fläche eine Untermenge der größeren oder überschneiden sie sich nur teilweise? Wendet man beide Kriterien gleichzeitig an, kommen 14.7 Mio m^2 heraus, das sind 88 % der kleineren Fläche. Das Ergebnis nach Methode II ist also fast ganz eine Untermenge des Ergebnisses nach Methode I.

Für eine möglichst abgesicherte Schätzung der Erweiterungsmöglichkeiten kann man sich auf diese 14.7 Mio m^2 beschränken, die nach beiden Methoden geeignet sind. Da hiervon bereits 6.8 Mio m^2 mit Fernwärme versorgt sind, kommen als Erweiterung 7.9 Mio m^2 in Frage. Bezogen auf das heutige Netz ist das ein Zuwachs von 55 %.

Falls man auch noch die Gebiete mitrechnet, die zwar nach beiden Methoden geeignet wären, jedoch außerhalb des offiziellen Fernwärmegebiets liegen, kommen 11.9 Mio m^2 für Erweiterung in Frage, das ist ein Zuwachs von 83 %.

3.4.2.3.2. Bestehende, aber ungeeignete Fernwärmegebiete

Von der heute mit Fernwärme versorgten Bruttogeschoßfläche (14.3 Mio m²) fällt ein Teil in Stadtviertel, die nach unserer Rechnung nicht für Fernwärme geeignete sind. Das sind nach Methode I 2.9 Mio m², nach Methode II 6.8 Mio m². Dabei liegt der Bereich nach Methode I praktisch vollständig im Bereich nach Methode II, da 2.4 Mio m² nach beiden Kriterien ungeeignet sind.

3.4.2.4. Kontrollrechnungen

3.4.2.4.1. Kontrolle des heutigen Fernwärmeversorgungsgrades

Die Ermittlung des bereits mit Fernwärme versorgten Anteils an jedem Stadtviertel erfolgte durch grobe optische Abschätzung der Fernwärmekarten. Da diese Abschätzung fehleranfällig ist, sollte sie kontrolliert werden.

Die Aufsummierung aller Stadtviertel ergab, daß insgesamt 17.8 % des Stadtgebiets an Fernwärme angeschlossen sind. Ob diese Zahl die Bruttogeschoßfläche oder die Anzahl der Häuser meint, ist gleichgültig, wenn man voraussetzt, daß die Häuser innerhalb eines Stadtviertels etwa gleich sind. In den Fernwärmekarten sind nur die Grundrisse der Häuser eingezeichnet.

Wenn man in erster Näherung annimmt, daß alle Wohnflächen den gleichen spezifischen Wärmebedarf haben, müßten in München ca. 17.8 % des Heizwärmebedarfs durch Fernwärme gedeckt sein.

Nach den Daten des Planungsreferats (PLA 1969 bis PLA 1980) ergibt sich folgende Aufteilung der jährlich in München für Raumwärme verbrauchten Energie:

Öl und Kohle	10775 GWh
Gas	6022 GWh
Fernwärme	2935 GWh
Strom	259 GWh

Die Fernwärme hat demnach einen Anteil von 14.7 %. Wenn man bedenkt, daß die mit Fernwärme versorgten Gebäude hauptsächlich Mehrfamilienhäuser sind, deren spezifischer Wärmebedarf gegenüber Einfamilienhäusern etwas geringer ist, passen die beiden Zahlen ganz gut zusammen.

3.4.2.4.2. Die Bruttogeschoßfläche als Berechnungsgrundlage

Es mußte entschieden werden, in welchem Maß der Anteil eines Siedlungstyps am gesamten Stadtviertel berechnet werden soll (z.B. Anzahl Gebäude, Bruttogeschoßfläche, umbauter Raum etc.).

Aus der Häuserdatei stehen folgende Größen zur Verfügung:

- Anzahl Gebäude
- Bruttogeschoßfläche
- umbauter Raum
- Grundfläche der Gebäude
- Grundstücksfläche

Da es hier um den Vergleich verschiedener Heizungsarten geht, sollte eine Größe verwendet werden, die möglichst der notwendigen

Heizleistung proportional ist. Deshalb scheiden Anzahl der Gebäude, Grundfläche und Grundstücksfläche aus. Um zu einer Entscheidung zwischen Bruttogeschoßfläche und umbauten Raum zu kommen, wurde folgender Versuch gemacht:

Versuch:

Jeder der 37 Münchner Stadtbezirke wurde aufgeschlüsselt in die neun Siedlungstypen. Für jeden Stadtbezirk wurde berechnet:

- a) die gesamte Bruttogeschoßfläche und der gesamte umbaute Raum,
- b) Bruttogeschoßfläche und umbauter Raum derjenigen Gebäude, die zu den Siedlungstypen 5, 6, 7, oder 9 gehören, d.h. die für Fernwärme geeignet sind,
- c) das Verhältnis von b) zu a), d.h. der für Fernwärmeversorgung geeignete Anteil in Prozent, und zwar sowohl an Bruttogeschoßfläche als auch an umbauten Raum (und, zum Vergleich, auch Anzahl Gebäude, Grundfläche und Grundstücksfläche). Dieses Verhältnis ist in der folgenden Tabelle wiedergegeben.

Anteil der Siedlungstypen 5, 6, 7 und 9 an jedem Stadtbezirk:

Stadt- bezirk	Brutto- geschoß- fläche	Umbauter Raum	Anzahl Gebäude	Grund- fläche	Grund- stücks- fläche
1	0.928	0.919	0.750	0.905	0.813
5	0.829	0.824	0.607	0.807	0.594
6	0.814	0.812	0.579	0.774	0.534
7	0.882	0.879	0.702	0.813	0.628
8	0.838	0.842	0.594	0.808	0.590
9	0.897	0.897	0.663	0.855	0.505
10	0.801	0.791	0.615	0.757	0.544
11	0.845	0.841	0.684	0.783	0.553
12	0.871	0.872	0.625	0.809	0.633
13	0.914	0.910	0.719	0.875	0.574
14	0.838	0.837	0.665	0.797	0.546
16	0.855	0.852	0.642	0.792	0.544
17	0.681	0.678	0.377	0.620	0.470
18	0.625	0.622	0.290	0.519	0.287
19	0.824	0.810	0.650	0.792	0.488
20	0.834	0.835	0.639	0.813	0.578
21	0.822	0.816	0.635	0.818	0.549
22	0.771	0.768	0.369	0.753	0.549
23	0.774	0.771	0.434	0.676	0.485
24	0.571	0.567	0.185	0.533	0.453
25	0.697	0.699	0.356	0.636	0.520
26	0.893	0.882	0.745	0.853	0.654
27	0.728	0.710	0.384	0.686	0.569
28	0.641	0.640	0.298	0.571	0.476
29	0.592	0.582	0.205	0.497	0.424
30	0.595	0.584	0.182	0.479	0.410
31	0.542	0.534	0.243	0.504	0.367
32	0.217	0.223	0.040	0.225	0.493
33	0.415	0.408	0.097	0.362	0.272
34	0.572	0.568	0.233	0.503	0.208
35	0.548	0.549	0.157	0.518	0.386
36	0.368	0.360	0.098	0.298	0.415
37	0.233	0.238	0.059	0.196	0.130
38	0.321	0.380	0.053	0.288	0.553
39	0.501	0.497	0.116	0.465	0.384
40	0.258	0.239	0.037	0.250	0.072
41	0.442	0.431	0.085	0.309	0.367

Man sieht, daß zwischen Bruttogeschoßfläche und umbauten Raum praktisch kein Unterschied besteht. Da die Bruttogeschoßfläche im Gegensatz zum umbauten Raum Keller, Tiefgaragen und nicht ausgebauten Dachräume ausschließt, scheint sie für unsere Zwecke etwas geeigneter zu sein. Deshalb wird in dieser Untersuchung die Bruttogeschoßfläche als Berechnungsgrundlage verwendet.

3.4.2.5. Zusammenfassung

Die Fernwärme läßt sich in München noch in beträchtlichem Umfang ausbauen. Dieser Ausbau ist allerdings nur dann sinnvoll, wenn die Fernwärme zusammen mit dem Strom in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt wird. Schließt man Stromlieferungen der Stadt an das Um-

land aus, so muß sich der zukünftige Fernwärmeausbau am innerstädtischen Strombedarf orientieren. Zieht man Stromlieferungen zwischen Stadt und Umland mit in die Betrachtungen ein, so ergibt sich folgendes Konzept:

Das Fernwärmenetz der Stadt wird durch den Zubau von Heizkraftwerken weiter ausgebaut. Der im Winter in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugte und in der Stadt nicht benötigte Strom wird an das Umland abgegeben. Im Austausch dafür wird im Sommer - wenn die Heizkraftwerke in München außer Betrieb sind - vom Umland Strom an die Stadt geliefert. Da der Stromverbrauch im Umland im Winter höher als im Sommer ist, könnte durch dieses Konzept ein, übers Jahr gesehen, gleichbleibender Stromverbrauch im Umland erreicht werden. Teurer Spitzenstrom könnte durch Strom aus der Mittellasterzeugung ersetzt werden. Dieses Konzept brächte so für beide Seiten - Stadt und Umland - beträchtliche Vorteile. Wir verstehen nicht, warum in diese Richtung bisher keine Schritte unternommen wurden.

3.4.3. EMISSIONSSCHUTZ BEI KRAFTWERKEN

Unsere Kraftwerke stoßen heute eine Vielzahl von Schadstoffen aus, zum Teil in sehr großen Mengen. Wir müssen zwar langfristig die fossilen Energieträger durch erneuerbare ersetzen, in der Übergangszeit ist es jedoch unbedingt nötig, die Emissionen der Kraftwerke weit unter das heutige Maß zu reduzieren. Zwar bringt auch hier die Energieeinsparung Verbesserungen. Je weniger wir verbrennen, desto weniger Dreck entsteht auch. Wir müssen aber dennoch auch zu verschiedenen technischen Verfahren greifen, um die Umweltbelastung der Kraftwerke zu reduzieren. Im folgenden wollen wir daher kurz darstellen, wie die wichtigsten Schadstoffe entstehen, und wie ihre Emission verringert werden kann.

Schwefeldioxid

Kohle und Öl enthalten bis zu 2 % Schwefel. Bei der Verbrennung entsteht deshalb SO₂. Man kann dieses Gas binden, indem man gebrannten Kalk hinzufügt. Es entsteht Gips. Chemische Reaktion: $\text{CaO} + \text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CaSO}_4$.

Bei der Wirbelschichtfeuerung (im nächsten Kapitel ausführlicher behandelt) mischt man den Kalk gleich bei der Verbrennung bei. Bei konventionellen Anlagen braucht man Rauchgasentschwefelungsanlagen. Bei ihnen werden die heißen Abgase durch eine Kalkmilch (Kalklösung) geleitet und das SO₂ so "herausgewaschen". Als Endprodukt erhält man Gipsschlamm, der entweder deponiert oder von der Bauindustrie verwendet werden kann. Nachteilig an diesem Verfahren ist, daß die Rauchgase dabei sehr stark abkühlen und nach der Wäsche wieder aufgeheizt werden müssen, um durch den Schornstein abgegeben werden zu können.

Außerdem gibt es noch sogenannte regenerative Verfahren, die im Prinzip ganz ähnlich arbeiten wie die nasse Rauchgaswäsche mit Kalkmilch. Bei ihnen fällt als Endprodukt wieder (konzentriertes) SO₂ an, das entweder mit weiterem Sauerstoff zu SO₃ aufoxidiert (Kontaktprozeß) und letztlich zu Schwefelsäure verarbeitet werden oder mit Schwefelwasserstoff (H₂S) zu reinem Schwefel reduziert werden kann (Klaus-Prozeß). Eines dieser regenerativen Verfahren ist das Wellman-Lord Verfahren, das mit Natriumsulfit arbeitet. Eine 75 MW Anlage ist seit 1971 in Betrieb, eine 220 MW Anlage seit 1973, beide in Japan. (1,2) Die Betriebserfahrungen scheinen positiv zu sein. Falls der bei der üblichen Wäsche mit Kalkmilch entstehende Gips deponiert werden müßte, wäre dieses Verfahren attraktiver, da seine Endprodukte sicherlich in der chemischen Industrie Verwendung finden könnten.

Von der Großfeuerungsanlagenverordnung werden SO₂-Abscheidegrade von 85 % gefordert, erreichbar dürften in der Praxis mindestens 95 % sein (In Versuchsanlagen wurden bereits Werte bis zu 99,8 % erreicht (1)).

Stickoxide (NO und NO₂):

Stickoxide entstehen hauptsächlich aus dem Luftstickstoff, wenn bei der Verbrennung hohe Temperaturen und Sauerstoffüberschuss auftreten. Zum geringen Teil hängen sie auch vom Stickstoffgehalt des Brennstoffs ab; der Stickstoff verbindet sich mit dem Luft-sauerstoff zu Stickoxid. Wieviel Stickoxide entstehen, hängt sehr

empfindlich von den genauen Bedingungen bei der Verbrennung ab. Deswegen können durch geschickte Auslegung der Brenner und Kessel, durch Zweistufenverbrennung und Abgasrezirkulation die NO_x-Emissionen um mehr als einen Faktor zwei gesenkt werden (Bild 3-17).

Tabelle 3: NO_x-Emissionen von steinkohle-gefeuerten Kraftwerken mit modifizierter Verbrennungstechnik [44]

Kraftwerk	Kraftwerks-Leistung in MW _{el}	Kohle-Herkunft	Brenner-Bauart	NO _x -Emission in ppm
Isago-Kraftwerk (Electric Power Development Co.)	265	Japan	Dual Flow-Convergent Fuel Nozzle	150 bis 200 *)
Tomato-Atsuma-KW (Hokkaido Electric)	350	Japan	Dual air register	200 (**)
Matsushima-KW (Electric Power Development Co.)	500	Import	Separat Gas Recirculation	200 bis 280 (**)

*) In Kombination mit Zweistufenverbrennung
 **) In Kombination mit Zweistufenverbrennung und Abgasrezirkulation

Bild 3-17: NO_x-Emissionen bei modifizierter Verbrennungstechnik (2)

Neuerdings werden auch katalytische Methoden zur Reduktion des im Abgas enthaltenen NO_x diskutiert. Bei dem SCR-Verfahren (Selective Catalytic Reduction) werden die Stickoxide durch Zugabe von Ammoniak (NH₃) in Anwesenheit eines Katalysators zu Stickstoff reduziert. In Japan, wo diese Technik bereits am weitesten verbreitet ist, werden Ende 1983 15 Anlagen hinter Kohlekraftwerken in Betrieb sein mit einer elektrischen Gesamtleistung von 3500 MW (2). Das Verfahren hat allerdings den Nachteil, daß unverbrauchtes NH₃ emittiert wird. Wenn man NH₃-Emissionen < 5 ppm fordert, sind NO_x-Abscheidegrade von 80 - 90 % erreichbar. Die NO_x-Konzentration im Abgas läßt sich dann - zusammen mit entsprechenden Maßnahmen auf der Feuerungsseite - auf etwa 60 - 80 ppm senken (2). Das ist fast ein Faktor zehn weniger als in der neuen "Verordnung über Großfeuerungsanlagen" gefordert wird (900 mg/m³ als NO₂ gerechnet, das sind etwa 450 ppm). Auch hier ist aber zu befürchten, daß die Kraftwerksbetreiber ihre Anlagen nur so sauber machen werden, wie das Gesetz es eben vorschreibt, obwohl die Kosten für dieses Verfahren durchaus nicht unerschwinglich sind (Bild 3-18).

Tabelle 4: Kosten für die Selektive Katalytische NO_x-Reduktion bei einem 700 MW-Steinkohlekraftwerk (Stand 1981; \$ 1 = 230 Yen = 2,30 DM) [45]. Vorgaben: 70% Jahresnutzung; 80% NO_x-Minderung; NH₃-Emission < 5 ppm; 2 parallel geschaltete SCR-Reaktoren; Waben-Katalysator für Kohle und Öl; Pellets für Gas

Brennstoff		Kohle*)	Kohle*)	Kohle*)	Öl	Öl	Gas	
NO _x -Rohgaskonzentr.	ppm	600	300	300	200	100	60	
SO _x -Rohgaskonzentr.	ppm	2500	2500	600	1500	100	1	
	Volumen	m ³	1045	852	767	714	392	111
Katalysator	Kosten	10 ³ DM/m ³	35	35	35	33	33	31
	Standzeit	Jahre	2	2	2	3	3	4
Raumgeschwindigkeit	Stunden ⁻¹	2200	2700	3000	2800	5100	18000	
Kapitalkosten ^{b)}	DM/kWh	84,40	72,60	66,90	62,30	41,30	24,70	
Gesamtkosten ^{c)}	Pfz/kWh	0,81	0,65	0,59	0,44	0,28	0,17	

*) Für stark staubbeladene Systeme; für entstaubte Systeme können vergleichbare Kosten angenommen werden
 b) Einschließlich Katalysator-Erstausrüstung, Ingenieurkosten und Inbetriebnahmekosten
 c) Einschließlich 7 Jahre Abschreibung und 10% Zinsen

Bild 3-18: Kosten der SCR-Technik (2)

Staub:

Der Staub ist bei der Kohleverbrennung ein großes Problem. Er besteht hauptsächlich aus Ascheteilchen und Reststoffen, die in der Kohle enthalten sind (Schwermetalle, Mineralien, radioaktive Stoffe usw.). Die Staubfilter funktionieren nach folgendem Prinzip: zuerst werden die Abgase durch eine Art Zentrifuge geleitet; dadurch sammeln sich die Staubteilchen am Rand und können entfernt werden. Danach wird die Abluft entweder in Gewebe- oder in Elektrofiltern weiter gereinigt. Bei Gewebefiltern bleiben die Teilchen wie im Kaffeefilter im Gewebe hängen, das öfters ausgewechselt werden muß. Beim Elektrofilter werden die Teilchen zuerst elektrisch aufgeladen und dann von entgegengesetzt geladenen Elektroden aus dem Abgasstrom herausgezogen.

Literaturverzeichnis

- (1) Energy Technology Handbook
McGraw-Hill New York 1977
- (2) Davids, P.; Haug, N.; Lange, M.; Oels, H.J. und
Schmidt, B.:
Luftreinhaltung bei Kraftwerken und Industriefeuerungen
BWK 35 (1983) Nr 4, April

3.4.4. WIRBELSCHICHTVERFAHREN

Seit einigen Jahren hat die Wirbelschichttechnik, die im Bereich der chemischen Industrie schon seit längerem bekannt war, auch im Bereich der Verfeuerung von Kohle und von anderen festen Brennstoffen zunehmende Beachtung gefunden. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, daß diese Technik ohne zusätzliche Rauchgaswaschanlagen eine umweltfreundliche Nutzung solcher Brennstoffe erlaubt. Zudem lassen sich Wirbelschichtfeuerungen relativ klein bauen, was den Einsatz in kleinen, verbrauchsnahe Heizkraftwerken möglich macht (1,5,7).

Prinzip der Wirbelschichtfeuerung

Es lassen sich prinzipiell drei Arten der Kohleverfeuerung in Kraftwerken unterscheiden: die Rostfeuerung, die Wirbelschichtfeuerung und die Staubfeuerung.

Bei der Rostfeuerung liegt die Kohle, wie der Name sagt, auf einem Rost und verbrennt ähnlich wie in einem normalen Kohleofen. Sie wird von unten her mit frischer Luft (Verbrennungsluft) versorgt. Die Asche fällt durch den Rost und wird darunter gesammelt.

Bei der Wirbelschichtfeuerung wird fein gemahlener Kohlenstaub von unten her hochgeblasen und in der Schwebelage gehalten. Es entsteht die "Wirbelschicht". In ihr verbrennt die Kohle, die Ascheteilchen fallen nach unten oder werden mit den Abgasen aus der Schicht befördert.

Bei der Kohlenstaubfeuerung wird der Kohlenstaub, ähnlich wie bei einer Gas- oder Ölf Feuerung, zusammen mit der Verbrennungsluft durch Düsen in den Feuerraum geblasen und verbrannt (Bild 3-19).

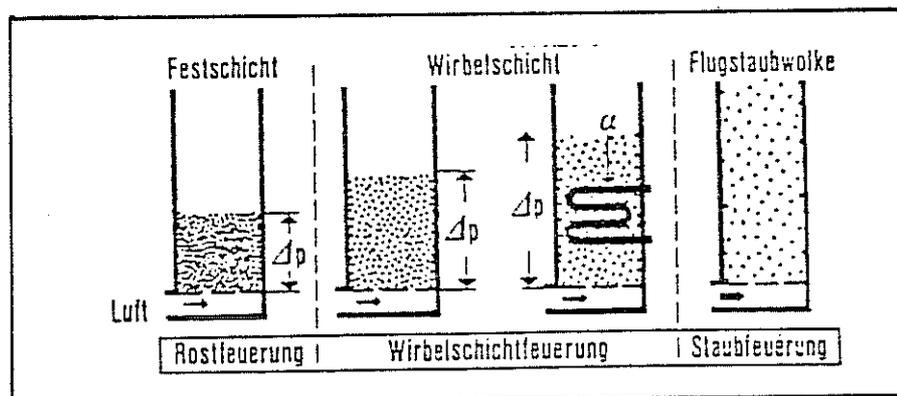


Bild 3-19: Vergleich der drei Feuerungsarten (2)

Die Kohle wird von unten von der Verbrennungsluft durchströmt. Bei geringer Luftgeschwindigkeit (bzw. bei großen Kohleteilchen) liegt die Kohle fest auf der Unterlage (Rostfeuerung). Mit zunehmender Geschwindigkeit bildet sich die Wirbelschicht, die durchströmende Luft wirkt dem Gewicht der Kohleteilchen entgegen und hält sie in der Schwebelage. Diese Schicht hat Eigenschaften wie eine Flüssigkeit. Bei weiter steigender Geschwindigkeit werden die Teilchen mit der Luft mitgerissen und aus dem Behälter ausgetragen (Staubfeuerung). Wir wollen die Wirbelschichtfeuerung nun näher

her beschreiben. Bild 3-20 zeigt das prinzipielle Schema der Wirbelschichtfeuerung:

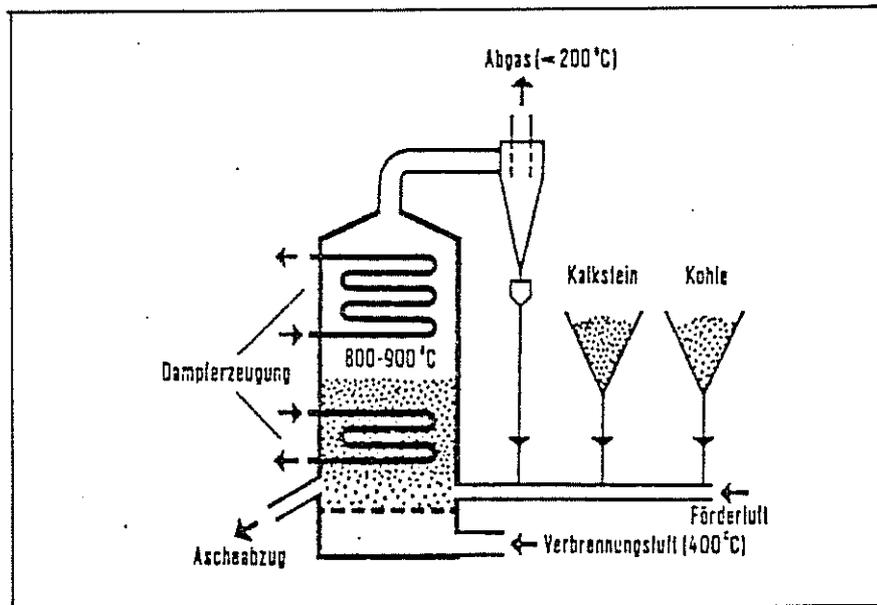


Bild 3-20: Schema der Wirbelschichtfeuerung

Die Wirbelschicht besteht hauptsächlich aus Asche oder Kalkstein (also nicht-aktivem Material). Sie wird aus kleinen Löchern im Boden des Kessels mit Luft durchblasen. Die Verbrennungstemperatur liegt bei 800 bis 900 Grad Celsius, die Wärme wird hauptsächlich durch Wärmetauscher abgeführt, die in die Schicht eintauchen. Sie erzeugen Dampf, der die Stromturbine antreibt.

Besondere Merkmale der Wirbelschichtfeuerung:

- In der Wirbelschicht ist die Wärmeübertragung extrem gut, da die heißen Teilchen schnell "herumtanzen" und somit oft an die Wärmetauscher stoßen. Dadurch kann man mit weniger Rohren mehr Wärme abführen und die Rohre enger anordnen als bei konventionellen Feuerungsarten (Rost-, Staubfeuerung). Dies ermöglicht eine kompaktere Bauweise und führt somit zu niedrigeren Investitionskosten (2,5).
- In der Wirbelschicht ist nur ein geringer Anteil an Kohle (weniger als ein Gewichtsprozent) nötig, um die Verbrennung aufrecht zu erhalten. Dies ermöglicht es, auch schlechte Kohle (Ballastkohle usw.) oder Müll mit einem hohen Ausnutzungsgrad zu verbrennen (2,3,5).
- Der Kalkstein bindet das Schwefeldioxid zu Gips, der deponiert oder als Baustoff weiterverwendet werden kann. Die Entschwefelung erfolgt also gleich bei der Verbrennung, man erspart sich kostspielige Entschwefelungsanlagen (siehe unten). Die Einbindung des Schwefeldioxids erfolgt durch die schnelle Bewegung der Teilchen und den dadurch häufigen Kontakt untereinander sehr wirksam. Bild 3-21 zeigt die Abhängigkeit der Entschwefelung vom Kalksteinverbrauch (bei verschiedenen Drucken):

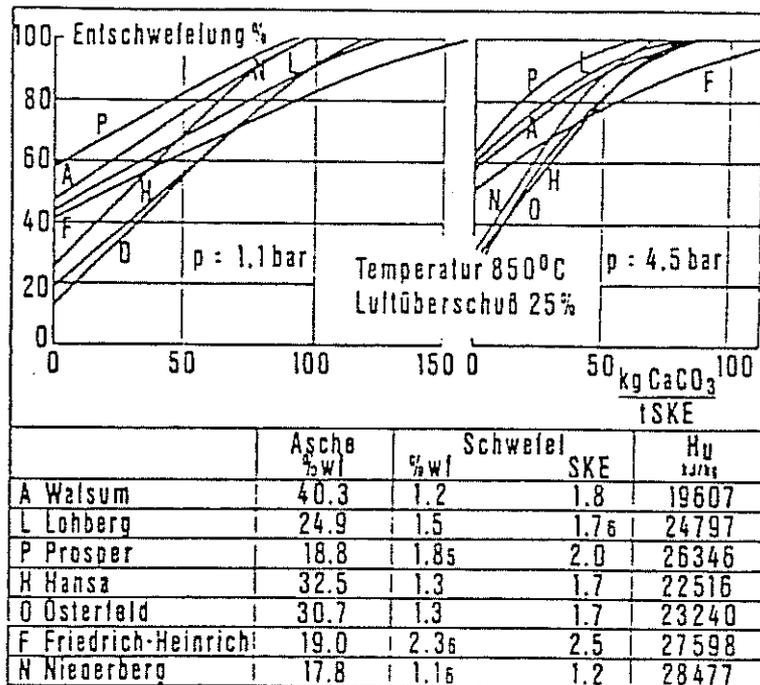


Bild 3-21: Entschwefelung in Abhängigkeit vom Kalksteinzusatz (2)

Man sieht, daß ein Entschwefelungsgrad von 90–95 % und höher realisierbar ist. Je höher man aber die Entschwefelung treiben will, desto höher muß auch der Kalksteinzusatz sein.

- Wegen der relativ geringen Verbrennungstemperaturen (800–900 Grad Celsius) entstehen nur geringe Mengen an Stickoxiden gegenüber der konventionellen Feuerung mit Temperaturen über 1500 Grad Celsius.
- Die Wirbelschichtanlagen lassen sich in relativ kleinen Einheiten (5 bis 30 MW thermische Leistung) bauen. Man kann sich vorstellen, daß sie in Modulbauweise hergestellt und je nach Bedarf zusammengesetzt werden können. Dadurch würden die Kosten noch einmal erheblich sinken (Serienanfertigung).

Varianten der Wirbelschichttechnik:

Es gibt drei verschiedene Konstruktionen

- die unter atmosphärischen Druck betriebene Wirbelschichtfeuerung (auch "stationäre" oder "klassische" Wirbelschichtfeuerung), d.h. der Druck im Verbrennungsraum ist genauso groß wie der normale Umgebungsdruck (1 bar).
- die "zirkulierende" Wirbelschichtfeuerung, bei der die Kohleteilchen immer wieder in die untere Zone der Wirbelschichtfeuerung zurückgeführt werden.
- die unter Überdruck betriebene Wirbelschichtfeuerung (ca. 4 bis 5 bar).

Die klassische Wirbelschichttechnik ist bereits seit längerem bekannt und relativ gut erprobt. Probleme liegen bei diesem Typ darin, daß relativ viel Kalk zugegeben werden muß, um hohe SO₂-

Abscheidegrade zu erreichen. Dies bedeutet entsprechend mehr Asche, die deponiert werden muß (5).

Bei der zirkulierenden Wirbelschichttechnik verteilt sich die Wirbelschicht über die ganze Höhe des Feuerungsraumes. Die Kohle- und Ascheteilchen, die oben ausgetragen werden, werden über Staubabscheider von den Abgasen getrennt und unten wieder zugegeben. Jedes Kohle- und Kalkteilchen läuft also mehrmals um. Dies hat einige wichtige Vorteile (1,5):

- Entschwefelungsgrad von 80 % und mehr bei vergleichsweise niedrigem Ca/S Mol-Verhältnis.
- geringe Stickoxidbildung durch niedrige Verbrennungstemperatur und zweistufige Verbrennung.
- hoher Kohlenstoffausbrand von über 99 %.
- gute Regelbarkeit aufgrund der räumlichen Trennung zwischen Verbrennung einerseits und Wärmeübertragung andererseits.
- gutes Teillastverhalten und Laständerungsgeschwindigkeiten wie bei konventionellen Anlagen.
- hohe Wärmeübergangswerte und entsprechend geringe Heizflächengrößen.
- kompaktere Anlagen

Die zirkulierende Wirbelschichttechnik wurde von der Firma Lurgi entwickelt und wird zur Zeit in der BRD eingeführt, während die Firma Ahlström (Finnland) schon seit 1979 zirkulierende Wirbelschichtanlagen vor allem in mittleren Größenordnungen verkauft (5). Bild 3-22 (1) zeigt Versuchsergebnisse der Lurgi-Pilotanlage.

Tafel 1. Heizkraftwerk mit zirkulierender, atmosphärischer Wirbelschichtfeuerung. Verbrennungs-Versuchsergebnisse Lurgi-Pilotanlage.

Kohlemenge	kg/h	20	21
Kalksteinmenge	kg/h	1,2	1,25
Primärluft	m ³ /h (i.N.)	150	105
Sekundärluft	m ³ /h (i.N.)	12	62
Gesamtluft	m ³ /h (i.N.)	162	167
Brennkammer-Temp.	°C	890	860
NO _x	vpm	125	80
NO _x	kg/MW*	0,121	0,118
O ₂ im Abgas	Vol.-%	2,7	2,4
Ca/S-Mol-Verhältnis	—	1,53	1,53
SO ₂	vpm	180	220
SO ₂	kg/MW*	0,59	0,72
Entschwefelungsgrad	%	83	79

Brennstoff: Steinkohle — unterer Heizwert	= 27 086 kJ/kg	} Gew.-% bez. auf trockene Kohle
— Aschegehalt	= 19,5	
— Ges.-Schwefelgehalt	= 1,23	

* thermische Leistung

Bild 3-22: Versuchsergebnisse Lurgi-Pilotanlage

Die unter Überdruck arbeitende Wirbelschichtfeuerung befindet sich heute noch in der Entwicklung. Sie kann noch bessere SO₂-Einbindung aufweisen als die zirkulierende Wirbelschichtfeuerung (vgl. Bild 3-21 und Tabelle 1) und vergleichbare oder bessere NO_x-Werte (5). Bild 3-23 (2) vergleicht klassische und druckbetriebene Wirbelschichtfeuerung bezüglich NO_x.

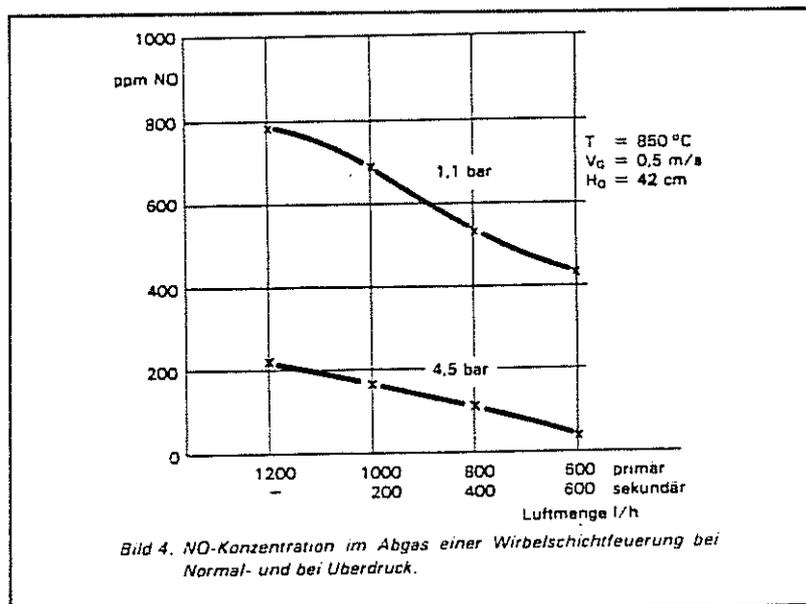


Bild 3-23: Vergleich klassische und druckbetriebene WSF

Das Problem besteht heute noch darin, daß die hinter den Kessel geschalteten Turbinen den hohen Staubgehalt der Abgase nicht lange aushalten. Man kann nun entweder die Abgase besser entstauben oder robustere Turbinen entwickeln. Beides befindet sich noch in der Entwicklung, sodaß nach allgemeiner Einschätzung die unter Überdruck arbeitende Wirbelschichtfeuerung erst in etwa 5-10 Jahren marktreif sein dürfte (5).

In Tabelle 1 (zusammengestellt aus Angaben in (2), (5) und (6)) haben wir versucht, die Eigenschaften der drei Wirbelschichttypen einander gegenüberzustellen. Leider sind oft nur qualitative Aussagen möglich. AWSF steht dabei für die klassische, unter atmosphärischem Druck betriebene Wirbelschichtfeuerung, ZWSF für die zirkulierende Wirbelschichtfeuerung und DWSF für die unter Überdruck betriebene.

Tabelle 1:	AWSF	ZWSF	DWSF
Ca/S Verhältnis für 90% SO ₂ Rückhaltegrad (5)	2.5-3.5	1.0-2.0	1.0-1.5
Ascheanfall (hängt mit Ca/S zusammen) (5)	viel	weniger	noch weniger
Staub (5) (Anforderung an Filter)	wenig	mehr	noch mehr
NO _x (mg/m ³) (5)	ca. 500	ca. 250	< 250
NO (ppm) (2)	400-800		70-200
NO _x (kg/GWh) (1)		120	
Einsatzreife (5) (s.a. Tabelle 2)	seit längerem	seit kurzem	in Entwicklung

Schwierigkeiten:

Bei der Erprobung der Wirbelschichttechnologie traten bisher folgende Schwierigkeiten auf:

- Bevor sich der Verbrennungsprozeß in der Wirbelschicht selbstständig aufrecht erhält, muß sie mit einem Gas- oder Ölbrenner auf ca. 600 Grad Celsius aufgeheizt werden. Dieser Vorgang ist langwierig (ca. 2 Stunden) und verhindert so einen schnellen Einsatz. Allerdings kühlt die Asche sehr langsam aus, wenn die Luftzufuhr aufhört, die Wärme also nicht mit der Luft nach außen gebracht wird. In der Pilotanlage König Ludwig in Recklinghausen z.B. kühlte die Schicht über Nacht nur auf 450 bis 500 Grad Celsius ab und konnte innerhalb von 20 Min wieder auf 600 Grad gebracht werden.
- Die Anlagen können nur innerhalb eines Bereichs von 60-100 % der Vollast geregelt werden. Das heißt, man kann sie entweder anstellen oder abstellen, aber man kann sie nicht mit nur ganz geringer Leistung betreiben. Diesem Nachteil kann man mit mehreren kleinen Blöcken (Moduln) begegnen, die man je nach Bedarf einzeln ab- oder zuschaltet.
- Zum Teil werden die leichten Kohleteilchen schon aus der Wirbelschicht geblasen, ehe sie vollständig verbrannt sind. Deshalb muß man den Staub aus den Rauchgasen noch einmal in die Verbrennungsschicht zurückführen. Das bedeutet natürlich einen zusätzlichen konstruktiven Aufwand.

Bleiben die Teilchen jedoch lange genug in der Schicht, so verbrennen sie wesentlich besser als in den konventionellen Anlagen, da sie kleiner sind und eine bessere Luftzufuhr vorhanden ist.

- Die Kohlestaubkörner sollten in der Größe möglichst nicht zu stark variieren, damit nicht die einen schon aus der Schicht gerissen werden während die anderen noch am Boden liegen. Die Körner sollten höchstens einen Durchmesser von 10 mm haben. Dies stellt etwas höhere Anforderungen an die Kohlemühlen.
- Die Entstaubung der Rauchgase ist wesentlich aufwendiger, da mehr Feststoffe vom Luftstrom mitgerissen werden. Man muß also entsprechende Staubfilter einsetzen.

Ökologische Probleme

Die Wirbelschichtfeuerung bietet gegenüber konventionellen Kohlefeuerungen bezüglich SO₂ und NO_x große Vorteile. Es gibt jedoch noch viele weitere Schadstoffe, die von Kohlefeuerungen emittiert werden. Wir haben schon erwähnt, daß vor allem die ZWSF und die DWSF relativ staubhaltige Abgase liefern. Dieses Problem läßt sich wahrscheinlich durch genügend effiziente Filter lösen. Kohlefeuerungen emittieren aber auch

- Schwermetalle. Die klassische Wirbelschichtfeuerung liegt hier eher günstiger als konventionelle Feuerungen. Bei der zirkulierenden Wirbelschicht bestehen Bedenken auf Grund des vielfachen Umlaufs der Kohleteilchen. Das Umweltbundesamt führt gegenwärtig diesbezügliche Messungen durch, deren Er-

gebnisse etwa Anfang 1984 zu erwarten ist (5).

- Organische Verbindungen. Kohlefeuerungen emittieren in geringen Mengen polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe. Diese Substanzen können krebserregend wirken. Untersuchungen aus den USA kommen zu dem Ergebnis, daß Wirbelschichtfeuerungen hier mit konventionellen Feuerungen vergleichbar sind. Auch hier werden gegenwärtig Messungen durchgeführt (5).

Ein weiteres Problem stellt die Asche dar, die natürlich auch bei der Wirbelschichtfeuerung unvermeidlich entsteht. Alle Stoffe, die in der Kohle enthalten sind und nicht durch den Schornstein gehen, bleiben in der Asche (z.B. ein Teil der Schwermetalle) und stellen dort eine gewisse Umweltgefährdung dar. Ein anderes Problem stellt der unverbrauchte Kalkanteil in der Asche dar. Er ist insbesondere bei der klassischen Wirbelschichtfeuerung relativ hoch und führt zu einem entsprechend höheren Aschevolumen (s. Tabelle 1). Obwohl die Asche zum Teil in der Baustoffindustrie verwendet werden kann, müssen eventuell Teile auch deponiert werden, was ökologisch ebenfalls unbefriedigend ist (5).

Diese Probleme zeigen, daß auch die Wirbelschichttechnik keine Ideallösung darstellt. Trotz ihrer guten Eigenschaften bleibt es also vordringlich, Energie rationell einzusetzen.

Tabelle 2: Wirbelschichtanlagen

In der Bundesrepublik sind folgende Anlagen in Betrieb, im Bau oder in Planung (5):			
Betreiber/Standort	Typ	thermische Leistung	Jahr der Inbetriebnahme
König Ludwig	AWSF	6 MW	1979
Flingern/Düsseldorf	AWSF	35 MW	1979
Fenne III/Völklingen	AWSF	3 MW	1980
Gneisenau/Dortmund	AWSF	35 MW	1981
BAYER/Dormagen	AWSF	32 MW	1982
Saarbergwerke/Völklingen	AWSF	2x100 MW	1982
HASTRA/Lüneburg	AWSF	2x7 MW	1983
Afferde/Wesertal	AWSF	128 MW	1983
VAW/Lünen	ZWSF	84 MW	1982
Stadtwerke/Duisburg	ZWSF	208 MW	1984
Stadtwerke/Flensburg	ZWSF	100 MW	1985
PREAG/Wölfersheim	ZWSF	250-300 MW	beantragt
PREAG/Borken	ZWSF	300 MW	in Diskussion
Haniel/AGW	DWSF	?	in Planung
RWTH/Aachen	DWSF	25-50 MW	1985
Anlagen im Ausland, die von deutschen Herstellern gebaut wurden (5):			
De Haazelaar/Holland	AWSF	10 MW	1982
Cebu/Philippinen	AWSF	2x130 MW	1983
LeMans/Frankreich	AWSF	10 MW	1983
Europoort/Holland	AWSF	50 MW	1982

Bei den relativ früh gebauten Anlagen handelt es sich dabei oft um Forschungsprojekte, die vom Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) unterstützt werden. Es wurden damit schon Erfahrungen gesammelt und die Betreiber melden meist positive Ergebnisse. Neuerdings sind auch immer mehr kommerzielle Anlagen in Bau bzw. in Planung.

Es bleibt noch zu erwähnen, daß die Wirbelschichttechnologie als solche schon ziemlich lange in der chemischen Industrie bekannt ist. Außerdem wurde sie schon viel früher als bei uns (seit 1970) in den USA und England erprobt, so daß man in diesen Ländern schon über große Erfahrungen verfügt. Auch hier stellte sich die Wirbelschichtfeuerung als vielversprechende Technologie heraus, um Kohle und Abfallstoffe umweltfreundlich in Kraftwerken zu verbrennen.

Literaturverzeichnis

- (1) W. Wein:
Verbrauchsnahe Energieerzeugung durch ein Heizkraftwerk mit der umweltfreundlichen "Zirkulierenden atmosphärischen Wirbelschichtfeuerung".
VGB Kraftwerkstechnik 62
Heft 3 März 1982 S.185
- (2) H.-D. Schilling und H. Schreckenbergl :
Entwicklung eines Kombi-Prozesses auf der Basis der Wirbelschichtfeuerung.
VGB Kraftwerkstechnik 59
Heft 8 August 1979 S.634
- (3) W. Winkler :
Wirbelschichtfeuerungen für ballastreiche Brennstoffe
BWK 34 (1982) Nr 10, Oktober
- (4) SES-Report Nr. 10 "Die Wirbelschichtfeuerung" der schweizerischen Energiestiftung (Zürich 1980).
- (5) Uwe Fritsche: "Stand der Wirbelschichtfeuerung" in:
"Das Waldsterben - Ursachen, Folgen, Gegenmaßnahmen"
Kölner Volksblattverlag, November 1983
- (6) P.Davids, N.Haug, M.Lange, H.-J.Oels und B.Schmidt, Berlin :
"Luftreinhaltung bei Kraftwerks- und Industriefeuerungen"
Brennstoff-Wärme-Kraft 35 (1983) Nr. 4, April
- (7) E. Bitterlich: "Die Wirbelschicht-Technologie als Prozeß zur umweltfreundlichen Energie-Erzeugung"
VGB Kraftwerkstechnik 60, Heft 5, Mai 1980

Bei unseren weiteren Literaturangaben handelt es sich hauptsächlich um Zeitschriften, in denen man auch andere Fragen über Kraftwerke und Energieprobleme findet:

- Energie (z.B. Juni/Juli 1980)
- BWK: Brennstoff-Wärme-Kraft (z.B. Nov. 1978)
- VGB-Kraftwerkstechnik (z.B. August 1978)
- Elektrizitätswirtschaft
- Energiewirtschaftliche Tagesfragen
- Fernwärme International (z.B. Heft 4, 1980)
- Klima, Kälte, Ingenieur
- VDI-Berichte (z.B. Nr. 322, 1978)

Diese Zeitschriften sind zum Beispiel im Zeitschriftenlesesaal der Technischen Universität München oder in der Bibliothek des Deutschen Museums erhältlich.

3.4.5. WOMIT ZUKUNFTIG HEIZEN?

Wir waren eigentlich erstaunt darüber, daß auch bei diesem doch schon recht alten Thema in der heutigen Fachwelt nicht nur unterschiedliche Meinungen zu der Frage "Mit was heizen?" sondern auch "Wie heizen?" bestehen.

So wird von Eisenschink (EIS1, EIS2) erläutert, daß heutige Zentralheizsysteme durch die ständige Luftumwälzung Staub aufwirbeln, der das Gefühl einer trockenen Luft vermittelt und evt. auch zur Krebserregung beitragen könnte. Er schlägt daher vor, sogenannte Strahlungsheizungen einzuführen, die die Wände erwärmen. Dies führt dazu, daß die Lufttemperatur des Raumes abgesenkt werden kann, da die Faustregel gilt, daß für das Wohlbefinden der Mittelwert aus Luft- und Wandtemperatur wichtig ist. Wir fühlen uns also in einem Raum mit 22 Grad Lufttemperatur und 16 Grad Wandtemperatur ebenso wohl, wie in einem Raum mit umgekehrten Verhältnissen. Eisenschink empfiehlt den Einsatz von Fußleistenheizungen, die billig, leicht nachrüstbar und materialsparend sind. Dies soll noch den Vorteil haben, daß innerhalb kurzer Zeit die Wände austrocknen und damit deren Dämmwert ansteigt, womit bis zu 40 % Heizenergie gespart werden kann. Ferner werden durch die niedrigen Lufttemperaturen die Lüftungswärmeverluste verringert. Fußboden- oder Deckenheizungen lehnt Eisenschink ab, da auch sie zu den staubaufwirbelnden Heizungen gehören.

Diese Argumentation klingt recht plausibel. Trotzdem sind wir der Meinung, daß einige Behauptungen erst noch einer gründlichen Prüfung bedürfen. Falsch finden wir die Aussage von Eisenschink, daß Wärmedämmung, Thermostatventile etc. unrentabel seien. Dies gilt nicht einmal bei rein betriebswirtschaftlicher Betrachtungsweise und läßt ferner völlig außer Acht, daß auch Umwelt-, volkswirtschaftliche und Rohstoffgesichtspunkte zu beachten sind. Auch Eisenschink betreibt seine Heizleisten mit konventionellen Brennstoffen (Gas, Öl, Kohle) und umgeht damit nicht das Problem der begrenzten Rohstoffe. Er kann den Verbrauch allenfalls mindern und bleibt auf jeden Fall die Antwort schuldig, was danach kommt.

Eine recht verständliche und übersichtliche Beurteilung des Heizproblems ist übrigens auch im Sonderheft "Heizen und Sparen, heute und morgen" der Zeitschrift "Das Haus" erschienen.

Die Frage nach dem "Womit heizen" sollte nach unserer Meinung erst gestellt werden, wenn das Haus ausreichend Wärme gedämmt ist. Dies ist jedoch kein Dogma. Im Einzelfall kann durchaus auch der Austausch eines Heizkessels vor einer Wärmedämmmaßnahme sinnvoll sein. Dabei sollte aber streng darauf geachtet werden, daß die Dimensionierung richtig vorgenommen wird (ein Großteil heutiger Heizungen ist überdimensioniert, was hohe Verluste zur Folge hat).

3.4.5.1. Kosten und Primärenergievergleich

Wie bereits im Abschnitt 3.2.1 gezeigt, sollte die Frage nach dem Heizsystem erst gestellt werden, wenn das Haus ausreichend wärmedämmt ist. Bei den folgenden Vergleichen übernehmen wir wieder die Berechnungen des Tübinger Arbeitskreises (TÜB2-75 ff).

Prinzipiell können Heizsysteme nach verschiedenen Kriterien beurteilt werden. So werden den Benutzer vor allem die betriebs-

wirtschaftliche Rentabilität, der Bedienungskomfort und das erzielte Raumklima interessieren. Der Energieplaner oder Politiker sollte dagegen auch noch Gesichtspunkte wie den Primärenergiebedarf (Stichwort: erschöpfliche Energieträger!) und damit die Umweltbelastung in Betracht ziehen. Auch die volkswirtschaftlichen Kosten sollte er nicht vergessen.

Bezogen auf das in TUB2-56 definierte und auf schwedischen Standard gedämmte Normalhaus (Typ III) ergibt sich dann bezüglich des Primärenergieverbrauchs:

Heizungssystem	Primärenergieverbrauch in kWh pro Jahr
Ölheizung	14 860
Gasheizung	15 830
Feststoffheizung (Kohle, Holz etc.)	17 670
Fernwärmeheizung	14 810
Elektrospeicherheizung	41 180
elektrische Wärmepumpe + Ölheizung	13 530
elektrische Wärmepumpe + Elektrospeicherheiz.	26 030
Gaswärmepumpe	7 270
Blockheizkraftwerk	13 730
Ölheizung mit Brauchwasserkollektor	11 740
Kollektorheizung mit Gaswärmepumpe	2 470

Zur besseren Veranschaulichung haben wir diese Tabelle noch einmal graphisch dargestellt (Bild 3-24).

Auch zu den Kosten dieser Heizsysteme hat W. Feist (Modellversuch weiterbildendes Studium Energietechnik an der Gesamthochschule Kassel) Berechnungen angestellt, die wir hier vorstellen wollen. Die Tabelle gibt die spezifischen Kosten der Heizsysteme bei einem auf Typ III gedämmten Haus bezogen auf den tatsächlichen Verbrauch an (ohne Kosten des Wärmeschutzes):

Heizungssystem	Invest. in DM	Energiekosten in DM/Jahr	Wart. kosten / Jahr	effekt. Kosten pro kWh
Ölheizung alt	4 000	2 090	280	32.6 Pf
Ölheizung neu	8 000	1 300	300	27.0 Pf
Gasheizung neu	8 000	1 300	200	26.0 Pf
Erdgasbrennwertkessel	11 000	1 100	190	27.3 Pf
Feststoffheizung	6 500	1 200	310	24.0 Pf
Elektrospeicher	13 000	2 000	---	33.7 Pf
el. WP + Ölheiz.	20 000	800	370	38.1 Pf
Gasabsorber-WP	14 000	900	300	29.1 Pf
Blockheizkraftw.	4 250	900	150	17.0 Pf
Gasmotor-WP	5 925	700	150	16.2 Pf

Die Einspareffekte sieht man am besten, wenn man die Kosten auf den Verbrauch des ungedämmten Hauses (Typ I) bezieht. Damit ergeben sich - inklusive der Wärmedämmkosten - die folgenden Preise.

Zum Vergleich haben wir noch den Jahresverbrauch an Endenergie aufgeführt:

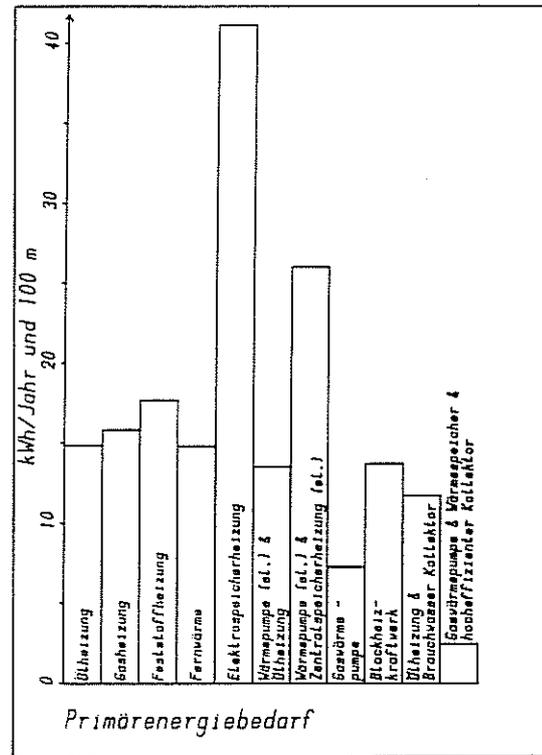


Bild 3-24: Primärenergievergleich von Heizsystemen (Typ III)

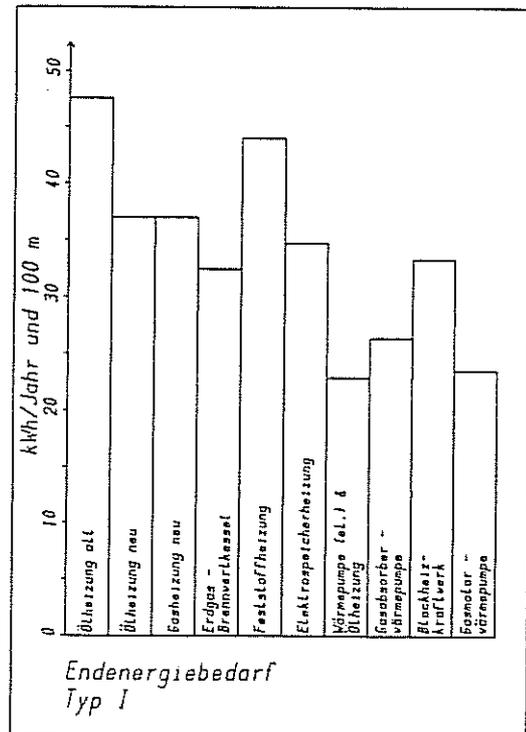
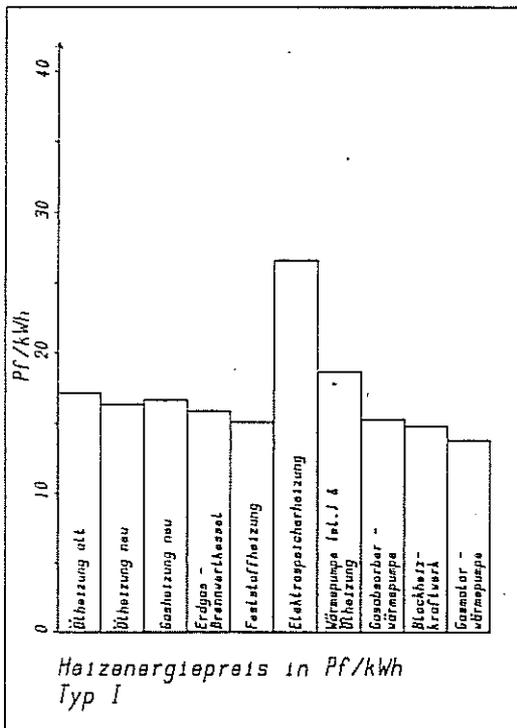


Bild 3-25: Kosten und Energieverbrauch von Heizsystemen (Typ I)

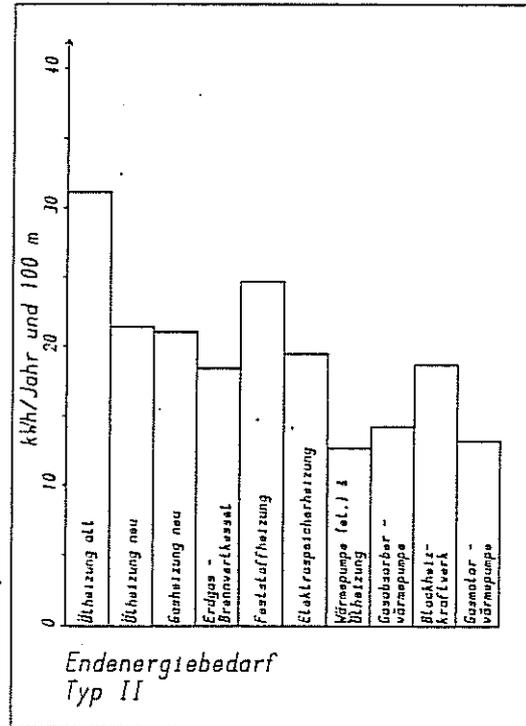
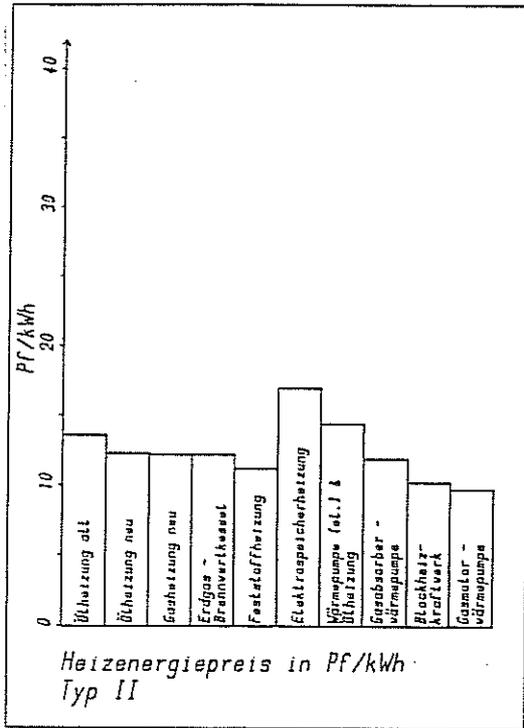


Bild 3-26: Kosten und Energieverbrauch von Heizsystemen (Typ II)

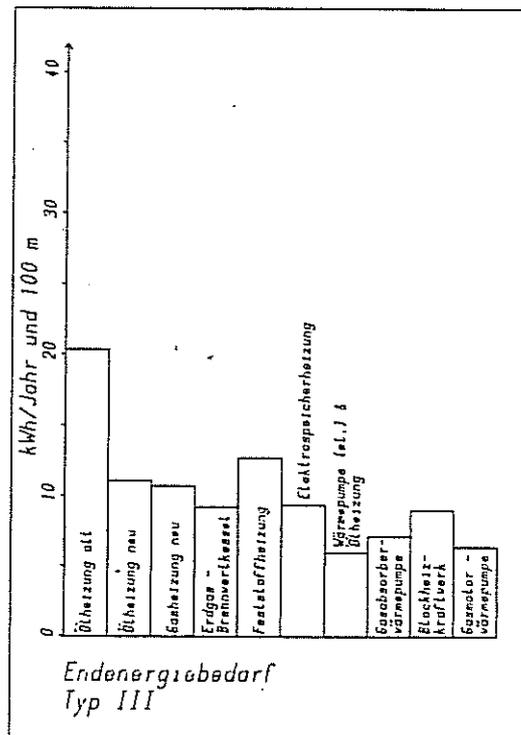
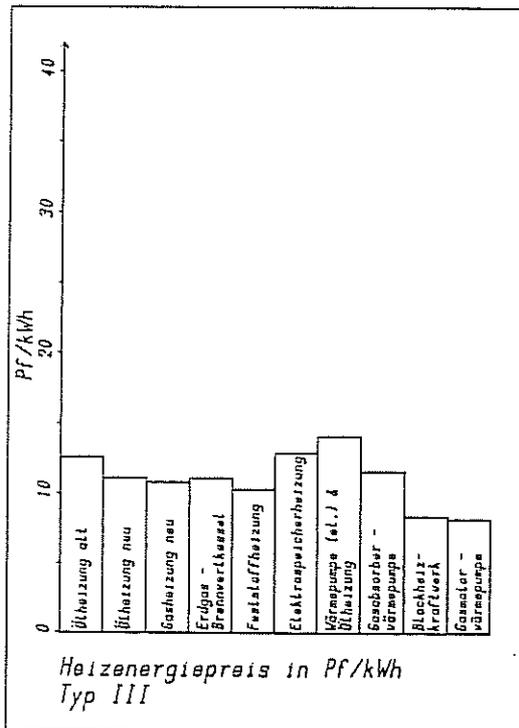


Bild 3-27: Kosten und Energieverbrauch von Heizsystemen (Typ III)

Die oben in der Tabelle angegebene Rangfolge zeigt, daß je nach verwendetem Kriterium der Stellenwert stark unterschiedlich sein kann. Besonders deutlich ist dies für die elektrische Wärmepumpe, die die Rentabilitätsschwelle nicht erreicht. Systeme mit elektrischer Direktheizung sind sowohl Energieverschwender als auch unrentabel. Am besten schneiden Systeme ab, die Abwärme nutzen wie Fernwärmeheizung und Blockheizkraftwerke. Sehr günstig ist die Gaswärmepumpe sowohl beim Primärenergieverbrauch als auch bei den Kosten. Leider ist sie zur Zeit noch nicht in Blockgrößen für Einfamilienhäuser verfügbar, was sich aber in nächster Zukunft ändern dürfte. Überraschend ist, daß die herkömmlichen Systeme wie Öl- oder Gasheizung gut im Mittelfeld liegen. Das liegt einfach daran, daß die Brennstoffkosten wegen des geringen Wärmebedarfs kaum mehr ins Gewicht fallen.

Bezüglich der Umweltbelastung von Heizsystemen müßten verschiedene Schadstoffe untersucht werden, was im Rahmen dieser Studie zu umfangreich wäre. Prinzipiell kann jedoch so gewertet werden, daß ein niedriger Primärenergieverbrauch auch eine niedrige Schadstoffbelastung bringt, wobei Gas vor Öl und Kohle der Vorzug zu geben ist. Auch hier schneidet daher die Gaswärmepumpe am besten ab.

Bei der Gaswärmepumpe muß allerdings noch entschieden werden aus welchem Medium die Wärme entzogen werden soll. In München bleibt mangels großer Wasserreservoirs (Medium Wasser) und kleiner Grundstücksflächen (Medium Erde) eigentlich nur die Luft übrig. Die Nutzung dieses Reservoirs führt zwar zu den geringsten Wirkungsgraden andererseits aber zu keinen Umweltbelastungen durch lokales Abkühlen der Umgebung.

3.4.5.2. Einige Gedanken zur Nachtstromspeicherheizung

Die Nachtstromspeicherheizung ist normalerweise eine extrem energieverschwendende Heizung, da sie dreimal mehr Primärenergie benötigt, als sie als Nutzenergie abgibt. Dies ist in München wegen der Kraftwärmekopplung zwar nicht ganz so krass, gilt aber in vollem Umfang für den außerstädtisch bezogenen Strom, der z.Z. bei etwa 30 % liegt.

Es scheint uns auch nicht zweckmäßig, wenn eine derartig hochwertige Energie wie der Strom in die energetisch minderwertigste Energieform - nämlich Wärme - umgewandelt wird. Das kann auch nicht mit dem Auffüllen von Nachttälern begründet werden. Sinnvoller wäre es, durch geeignete Maßnahmen die am Tage auftretenden Stromspitzen auf die Nacht zu verschieben. Hier gibt es die Möglichkeit der Rundsteuerung oder die der zeitvariablen, lastabhängigen Tarife. Bevor also nicht alle Möglichkeiten zur Vergleichmäßigung der Lastkurve ausgenutzt sind, lehnen wir Nachtstromspeicherheizungen ab. Dies wäre bewußte Energievergeudung.

Es muß weiter bedacht werden, daß nachts die Stromerzeugung vom Prinzip her ja auch nicht billiger sein kann wie am Tage. Sicherlich laufen dann nur Grundlastkraftwerke, aber deren Erzeugungskosten liegen bei weitem nicht so tief, wie das die Nachtstromkosten glauben machen wollen. Das bedeutet aber nichts anderes, als daß die nachts eingefahrenen Verluste auf den normalen Stromtarif aufgeschlagen werden. Wir alle subventionieren so indirekt die Nachtstromspeicherheizungen. Der Nachtstrom ist also ein fiktiver Preis, der so gestaltet wird, daß er in etwa dem Preis der übr-

gen auf dem Markt befindlichen Energieträgern entspricht. Er liegt immer etwas darüber, was dazu führt, daß Nachtstromspeicherheizungen nur dort eingebaut werden können, wo schon ein erhöhter Wärmeschutz existiert, da die Subventionierung oder die Verluste sonst zu offensichtlich würden.

Nachtstromspeicherheizungen sollen nach der Werbung sehr verbraucherfreundlich sein. Dies ist in der Realität keineswegs so. Man muß nämlich bereits am Vortag entscheiden, wie lange man sich in der Wohnung aufhalten will und wie das Wetter wird. Schätzt man dies falsch ein, so sitzt man entweder im Kalten oder aber in einem total überhitzten Raum. Auch finden wir die eingebauten Gebläse nicht unbedenklich, da sie zum einen Staub aufwirbeln und andererseits diesen Staub auch noch verschwelen, was beides gesundheitsgefährdend ist.

Bei zentralen Modellen mit Warmluftkanälen dürften sich die Probleme bezüglich Staub noch verschärfen. Zusätzlich kommt noch das Problem der Geräuschübertragung hinzu.

Unserer Meinung nach ist also die Nachtstromspeicherheizung eine teure, anwenderunfreundliche, gesundheitlich nicht unbedenkliche und energieverwendende Heizung.

4. ENERGIEVERSORGUNG DER ZUKUNFT

4.1. ALLGEMEINES

Noch vor ca. einem Jahrzehnt wurde der zukünftig erwartete Verlauf unseres Energieverbrauchs durch einfaches Hochrechnen der Vergangenheit bestimmt. Aus dem scheinbaren Zusammenhang von Bruttosozialprodukt und Primärenergieverbrauch konnte durch Vorgabe des gewünschten Anstiegs des Bruttosozialprodukts der zugehörige Primärenergieverbrauch errechnet werden.

Die Ölkrise im vergangenen Jahrzehnt machten jedoch deutlich, daß die Zusammenhänge wohl nicht ganz so einfach waren wie vorher beschrieben. Von den Politikern gingen nun Aufträge an die wissenschaftlichen Institute, komplexere Energiemodelle zu entwickeln. Mit Hilfe eines gewaltigen mathematischen Aufwands entstanden so neue Energieprognosen, die aber ebensowenig die Wirklichkeit widerspiegeln. Gründe dafür sind:

- Um Prognosen zu erstellen, muß von bestimmten Werten für die Zukunft ausgegangen werden (z.B. Grad der Beschäftigung, Potential der Energieeinsparung, Entwicklung der Bevölkerungszahl), bei welchen die Ungenauigkeiten teilweise sehr groß sind. In der Prognose selbst wird dann nur noch ein Wert angegeben, die sogenannten Bandbreiten werden meist gar nicht berücksichtigt. So entsteht das Bild einer sicheren Prognose, die in Wirklichkeit aber sehr unsicher ist.
- Eine andere Fehlermöglichkeit liegt in der Tatsache, daß man einmal gefundene Gesetzmäßigkeiten zwischen einzelnen Faktoren (z.B. zwischen Bruttosozialproduktwachstum und Primärenergiesteigerungen) einfach für die Zukunft übernimmt, weil geglaubt wird, daran könnte sich nichts ändern. Solche Gesetzmäßigkeiten können sich aber unter veränderten Bedingungen sehr schnell ändern, was dann zu einer falschen Beurteilung der Situation führt.
- Die Zahl der Faktoren, die man bei einer Prognose berücksichtigen kann, ist immer beschränkt. Es gibt daher immer Dinge, von denen angenommen werden muß, daß sie auf den prognostizierten Wert keinen Einfluß nehmen werden. Dies muß aber nicht immer so bleiben.
- Die Voraussetzungen, die in eine Prognose eingehen, können sich im Prognosezeitraum ändern. Dies kann dann schlagartig zu einer anderen Entwicklung führen. Beispielsweise wurden bisher so wesentliche Einflüsse wie geändertes Benutzerverhalten oder die gewaltigen Möglichkeiten des Energiesparens völlig unterschätzt.

Aufgrund der angesprochenen Probleme sieht man leicht, daß Prognosen mit einer großen Ungenauigkeit behaftet sein können. Prognostizierte Werte sollten daher mit größter Vorsicht betrachtet werden, und die vorhergesagte Entwicklung darf auf keinen Fall mit dem Eintreffen von Tatsachen verwechselt werden.

Wir wollen deshalb in unserer Studie methodisch anders vorgehen. Aus diesem Grunde haben wir die Szenariomethode gewählt. Im Szenario wird nicht versucht, die Zukunft vorherzusagen, sondern mit Hilfe von Parametern (z.B. beheizte Wohnfläche, Bevölkerungs-

entwicklung) wird dargestellt, wie sich der Energieverbrauch unter genau festgelegten Voraussetzungen bei Veränderung der Parameter entwickelt. Als Ergebnis ergeben sich verschiedene Möglichkeiten für die Entwicklung des zukünftigen Energiebedarfs. So wird deutlich, wie sich bei Veränderung der Rahmenbedingungen der Energieverbrauch ändert. Bestimmende Faktoren und Einflußmöglichkeiten sowohl technischer wie politischer Art werden klar erkennbar. Es wird deutlich, auf welchem Weg wir einen möglichst sparsamen Umgang mit Energie, die Umstellung auf regenerative Energiequellen und eine Energieerzeugung mit möglichst geringer Umweltbelastung erreichen können.

4.2. WAS IST EIN SZENARIO?

Unser Münchner Energieverbrauch setzt sich aus vielen kleinen Teilchen zusammen. Einzelne Haushalte, Behörden, Krankenhäuser, Handwerks- und Industriebetriebe tragen dazu bei. Wenn wir Aussagen über den zukünftigen Energieverbrauch treffen wollen, müssen wir versuchen, die Entwicklung all dieser Teilchen vorherzubestimmen. Durch Zusammenzählen der Teilergebnisse ergibt sich dann der zukünftige Energieverbrauch in München (Bild 4-1).

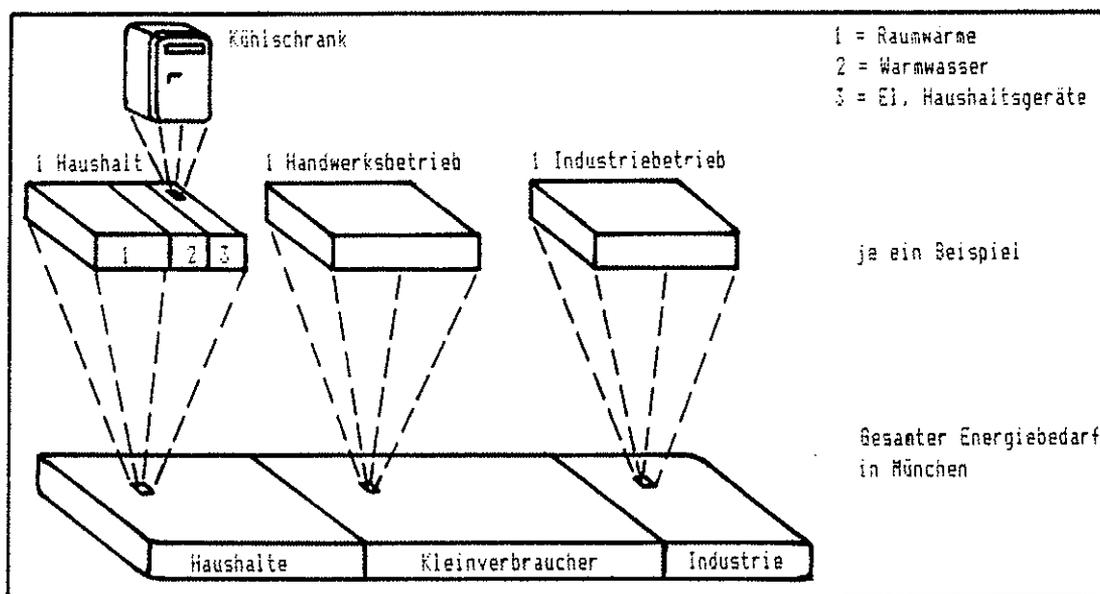


Bild 4-1: Zusammensetzung des Münchner Energieverbrauchs

Wie kann der Verlauf eines Teilchens vorausberechnet werden? Wenn wir beispielsweise einen Haushalt betrachten, können wir feststellen, daß dieser Energie zur Raumheizung, zur Warmwasserbereitung und für Haushaltsgeräte benötigt. So verfügen die meisten Haushalte heute über einen Kühlschrank, der mit Strom betrieben wird. Für den zukünftigen Energieverbrauch ist nun bestimmend, ob noch mehr Haushalte einen Kühlschrank besitzen werden und ob eventuell der Kühlbedarf steigt, was zum Kauf größerer Kühlschränke führen würde. Beides bedingt, daß der Komfort des Haushalts steigt, weshalb wir diese beiden Größen (Verbreitung und Vergrößerung der Kühlschränke, im folgenden Parameter genannt) als Komfortparameter bezeichnen.

Wer zuhause einen Kühl- und einen Gefrierschrank hat, der sollte einmal die Wanddicken dieser beiden Geräte vergleichen. Diejenige des Gefrierschranks ist wesentlich dicker, da er tiefere

Temperaturen erzeugen muß, was bei geringerer Dämmstärke unrentabel wäre. Dies bedeutet aber, daß eine bessere Wärmedämmung kein technisches Problem darstellt, sondern nur in Zeiten billiger Energie einfach "vergessen" wurde. In Kapitel 3.2.3. wurde gezeigt, daß es heute schon Kühlschränke gibt, die gegenüber dem auf dem Markt befindlichen schlechtesten Gerät nur die Hälfte des Stromverbrauchs haben. Somit kann es für die weitere Entwicklung des Stromverbrauchs wesentlich sein, wie sich die Verbraucher zukünftig beim Kauf von Elektrogeräten verhalten. Damit ist vorstellbar, daß trotz Komfortsteigerungen der Energieverbrauch der Kühlschränke in München durch geeignete technische Maßnahmen auf der Herstellerseite und vernünftiges Verbraucherverhalten sinkt.

Mit diesen drei Größen - Verbreitung des Kühlschranks, Vergrößerung des Kühlschranks und technische Verbesserungen - läßt sich nun abschätzen, wie sich zukünftig für einen durchschnittlichen Haushalt der Stromverbrauch für den Kühlschrank ändert.

Um für ganz München den Einfluß der Kühlschränke zu bestimmen, müssen wir wissen, wieviele Haushalte es später geben wird. Dies läßt sich aus der Bevölkerungsentwicklung und der Anzahl der Personen pro Haushalt bestimmen. Damit ergibt sich das vollständige Berechnungsschema für den Beitrag der Kühlschränke im Haushalt:

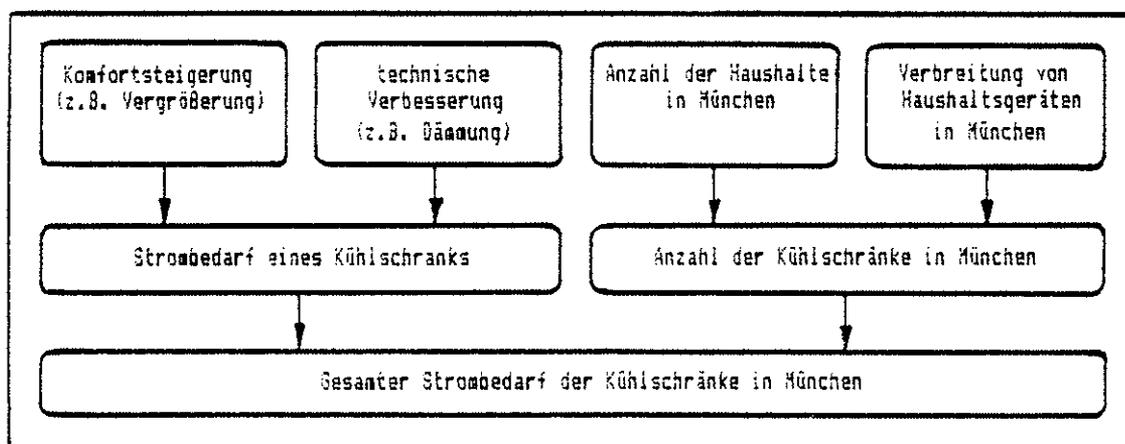


Bild 4-2: Beispiel für ein Berechnungsschema

Auch für alle anderen Teilchen kann nun ein entsprechendes Schema aufgestellt werden.

4.3. DAS TABELLENVERFAHREN

Das ökoinstitut (EW) zeigte mit seiner Studie aus dem Jahre 1980, daß die Berechnung eines komplexen und detaillierten Energiekonzeptes mit Papier und Bleistift möglich ist. Dies hat den wesentlichen Vorteil, daß der Rechengang für jeden Interessierten nachvollziehbar wird. Zum anderen muß das Modell deshalb nicht simpel sein. Es verzichtet nur auf das Umsetzen von diskreten Werten (z.B. den Energieverbrauch pro Jahr) in eine stetige mathematische Funktion. Statt dessen werden - wie vor allem in den USA üblich - Tabellen aufgestellt und diese zweckmäßig miteinander verknüpft.

Auch wir haben uns entschlossen, mit dieser Methode zu arbeiten.

ten. Da jedoch abzusehen war, daß im Laufe der Szenarioentwicklung häufig kleine Änderungen am Konzept oder den Eingabewerten durchzuführen sind, lag der Gedanke nahe, für die ständige Wiederholung des gleichen Rechengangs mit nur leicht geänderten Zahlen, einen Computer einzusetzen. Damit wir nicht falsch verstanden werden: Dies führt nicht zu einer Verschleierung unserer Berechnungen, da jede Rechnung auch mit Hilfe eines Taschenrechners, der die Grundrechenarten beherrscht, leicht nachvollzogen werden kann.

Dies führt zu einem durchschaubaren und übersichtlichen Konzept und hat den Vorteil, daß die zukünftige Entwicklung nicht einer mathematischen Beziehung überlassen wird, sondern, daß jeder einzelne Parameter zu jedem Szenariozeitpunkt diskret gewählt werden muß. Damit ist die Verantwortung wieder mehr beim Programmbediener als beim Programm selbst.

Entsprechend unserem Beispiel in Abschnitt 4.2 ergibt sich die folgenden Tabelle:

	1980	1990	2000
1 Anzahl der Haushalte (in Tsd.)	652	611	579
2 Verbreitung der Kühlschränke (in %)	83	88	92
3 Anzahl der Geräte (in Tsd.)	A1 * A2	B1 * B2	C1 * C2
4 Komfortsteigerungen (Index in %)	100	113	123
5 Techn. Verbesserungen (Index in %)	100	90	70
6 spezifischer Strombedarf (Index in %)	A4*A5/100	B4*B5/100	...
7 spez. Strombedarf heute (kWh)	176		
8 Strombedarf der Kühlschränke (in GWh)	A3*A6*A7	B3*B6*B7	...

Jede Zeile stellt einen Block aus unserem Berechnungsschema dar. In die Spalte A sind dabei die heutigen Werte eingetragen. Alle Parameter dieser Spalte sind entsprechend dem heutigen Zustand zu eichen, d.h. jeder Prognoseparameter muß entsprechenden Statistiken entnommen werden bzw. anderweitig abgeschätzt werden. Jede weitere Spalte stellt den Zustand jeweils 10 Jahre später dar. Die Zeilen 1, 2, 4, 5 und 7 sind unsere Eingangsparameter, die Zeilen 3, 6 und 8 stellen die Verknüpfungen her (abhängige Größen). So ergibt sich der Wert an der Stelle A3 (Spalte A, Reihe 3) zu $A1 * A2$. Die ausgerechnete Tabelle sieht dann so aus:

	A 1980	B 1990	C 2000
1 Anzahl der Haushalte (in Tsd.)	652	611	579
2 Verbreitung der Kühlschränke (in %)	83	88	92
3 Anzahl der Geräte (in Tsd.)	541	538	533
4 Komfortsteigerungen (Index in %)	100	113	123
5 Techn. Verbesserungen (Index in %)	100	90	70
6 spezifischer Strombedarf (Index in %)	100	102	86
7 spez. Strombedarf heute (kWh)	176		
8 Strombedarf der Kühlschränke (in GWh)	95	97	80

Somit waren 13 Eingangsparameter vorzugeben und 9 Ergebnisse zu

berechnen. Wie wir später sehen werden, hat unser Szenario rund 90 Eingangparameter, was mit 5 Zeitpunkten (1990, 2000, 2010, 2020, 2030) ca. 450 Eingangsparameter ergibt. Damit ist klar, daß unser Szenario - wie alle derartigen Betrachtungen - nur ein sehr grobes Abbild der Zukunft liefern kann. Es ist aber ein hervorragendes Mittel, um den Einfluß bestimmter Maßnahmen, wie z.B. technische Verbesserungen, auf eine zukünftige Entwicklung zu erkennen.

Nachdem wir nun die Szenariomethode eingeführt haben, soll nicht verschwiegen werden, wo Probleme liegen können. So ist z.B. denkbar, daß neue Parameter hinzukommen, oder sich eine Beziehung zwischen zwei Parametern ändert, was das Ergebnis u.U. erheblich beeinflussen kann. Diese Schwierigkeiten sind jedoch prinzipieller Natur und daher unlösbar. Man kann nur versuchen, sorgfältig zu arbeiten, und alle wesentlichen Einflußgrößen miteinzubeziehen und, wo dies nicht möglich ist, Abschätzungen vorsichtig (konservativ) zu treffen.

Unser Szenariozeitraum reicht bis zum Jahr 2030 (knapp 50 Jahre). Das hat einerseits den Vorteil, daß der Einfluß relativ langsam ablaufender Entwicklungen beobachtet werden kann. Andererseits werden aber sehr unsichere Vorausschätzungen notwendig, wie z.B. die der Bevölkerungsentwicklung. Wir glauben, daß unter der Voraussetzung einer demokratischen Durchsetzung durch Überzeugung der Bürger ein solcher Zeitraum gewählt werden muß.

Die schwierigste Aufgabe ist dabei, den zukünftigen Verlauf der einzelnen Parameter abzuschätzen (hier Verbreitungsgrad, Anzahl der Haushalte, Entwicklung des spezifischen Verbrauchs).

Um eine gewisse Bandbreite der Betrachtung zu erreichen ist es zweckmäßig, mehrere Varianten durchzurechnen (hier ist der Computer hilfreich!). So kann z.B. einmal mit viel oder wenig Einsparungen gerechnet werden.

Eine weitere Möglichkeit, ein Gefühl für den Einfluß eines einzelnen Parameters zu erhalten, ist die sogenannte "Sensitivitätsanalyse". Das heißt nichts anderes, als daß alle Parameter bis auf einen konstant gehalten werden. An diesem "freien" Parameter wird nun kräftig gewackelt und dabei beobachtet, wie sich das Szenarioergebnis dabei verhält. Es ist möglich, daß es sich nur wenig ändert, etwa im gleichen Maße wie der Parameter ändert oder aber stärker ändert als der Parameter. Insbesondere der letzte Typ sollte bei der Abschätzung besonders genau unter die Lupe genommen werden, da er das Szenarioergebnis wesentlich beeinflussen kann.

4.4. WELCHER COMPUTER, WELCHES PROGRAMM?

Unser Szenario besteht also aus vielen tausend Detailrechnungen, die eventuell mehrfach durchgerechnet werden müssen (mehrere Varianten oder Sensitivitätsanalyse). Daher war die Realisierung der Berechnungsvorgänge auf einen Computer zwingend notwendig.

Mehrere Möglichkeiten der Umsetzung auf einen Computer standen zur Debatte:

- Die Verwendung eines fertigen Programms:
Vorteil: wenig Eigenarbeit ist notwendig, evt. hoher Komfort, hohe Rechengeschwindigkeit.
Nachteil: Ein derartiges Programm ist uns nicht bekannt. Unter Umständen wäre es auch undurchsichtig, da meist nur der Programmentwickler das notwendige Verständnis dafür hat.
- Schreiben eines speziellen Programms in einer höheren Programmiersprache (PASCAL, FORTRAN, PLI etc.).
Vorteil: Die Programmgestaltung ist nach unseren Wünschen möglich, hohe Rechengeschwindigkeit.
Nachteil: Extrem hoher Arbeitsaufwand, umständliche Änderungen (neuer Übersetzer- und Binderlauf).
- Verwenden eines fertigen Tabellenkalkulationsprogramms (z.Z. nur auf Mikrocomputern erhältlich!).
Vorteil: Völlig variable Gestaltung des Rechenablaufs, leichte interaktive Änderungen, übersichtliche Darstellung (wie beim Arbeiten auf einem Blatt Papier).
Nachteil: begrenzter Arbeitsspeicherplatz und mäßige Rechengeschwindigkeit der Mikrocomputer.

Uns standen zwei Alternativen zur Auswahl:

- Die Benutzung der CYBER-Großrechenanlage der Universität.
- Die Verwendung eines selbstgebauten privaten Mikrocomputers mit ZBOA-CPU, 64 kByte RAM, 2 * 800 kByte Mini-Floppy-Disklaufwerke und CP/M Betriebssystem.

Unsere Wahl fiel auf den Mikrocomputer, da einerseits das für unsere Zwecke sehr geeignete Tabellenkalkulationsprogramm auf der CYBER nicht zur Verfügung steht und andererseits der Mikrocomputer zu Hause ständig zur Verfügung steht. Auch die Zuverlässigkeit des Mikrocomputers ließ keinen Wunsch offen: Während der gesamten Zeit der Benutzung (ca. 1 Jahr) trat kein einziger Systemabsturz auf. Davon läßt sich auf Großrechnern im Teilnehmerbetrieb nur träumen. Die relativ geringe Rechengeschwindigkeit stellte kein Hindernis dar, da in der Zwischenzeit andere Aufgaben erledigt werden konnten wie z.B. die Vorbereitung für den nächsten Rechnerlauf.

Als Tabellenkalkulationsprogramm standen uns 3 zur Auswahl: MULTIPLAN, SUPERCALC und CALCSTAR. Nachdem CALCSTAR als veraltet gelten muß und deshalb völlig ungeeignet ist, war die Wahl zwischen MULTIPLAN und SUPERCALC zu treffen. Eine ca. zweiwöchige Versuchszeit mit MULTIPLAN ergab, daß zumindest in unserer Version noch gravierende Fehler auftraten, wenn die Eigenschaft der Blattkopplung bei großen Tabellen (ca. 80 - 90 % des verfügbaren Speichers) intensiv genutzt wurde. So blieb nichts anderes übrig als auf SUPERCALC auszuweichen, welches nicht ganz den Komfort besitzt wie MULTIPLAN, dafür aber beim interaktiven Arbeiten ca. doppelt so schnell reagiert. Die Blattkopplung war mit Hilfe des Befehls /X (Execute) zwar umständlicher aber ebenfalls möglich.

4.5. DAS SZENARIO IM DETAIL

4.5.1. UNSERE SZENARIOVARIANTEN

Für eine möglichst breite Betrachtung unserer zukünftigen Energieversorgungsmöglichkeiten schienen uns die im folgenden näher erläuterten Varianten besonders aussagekräftig:

Die obere Variante:

Hier gehen wir davon aus, daß die Stadt ihre bisherige Energiepolitik ohne größere Änderungen weiterverfolgt. Ferner rechnen wir noch mit starkem Wirtschafts- und Komfortwachstum. Einsparungen und die Nutzung nichterschöpflicher Energien werden nicht gefördert.

Die kommunale Wachstumsvariante:

Diese Variante unterscheidet sich von der vorangehenden dadurch, daß die Stadt alle Anstrengungen unternimmt um Einsparungen und nichterschöpfliche Energien aktiv zu unterstützen (siehe unsere Vorschläge in Kapitel 3 und 5). Dabei ist sie ganz auf sich allein gestellt und kann auf keine weiteren Verfügungen bzw. Gesetze der Bundesregierung (wie etwa die Wärmeschutzverordnung) mehr hoffen.

Die kommunale Niedrigwachstumsvariante:

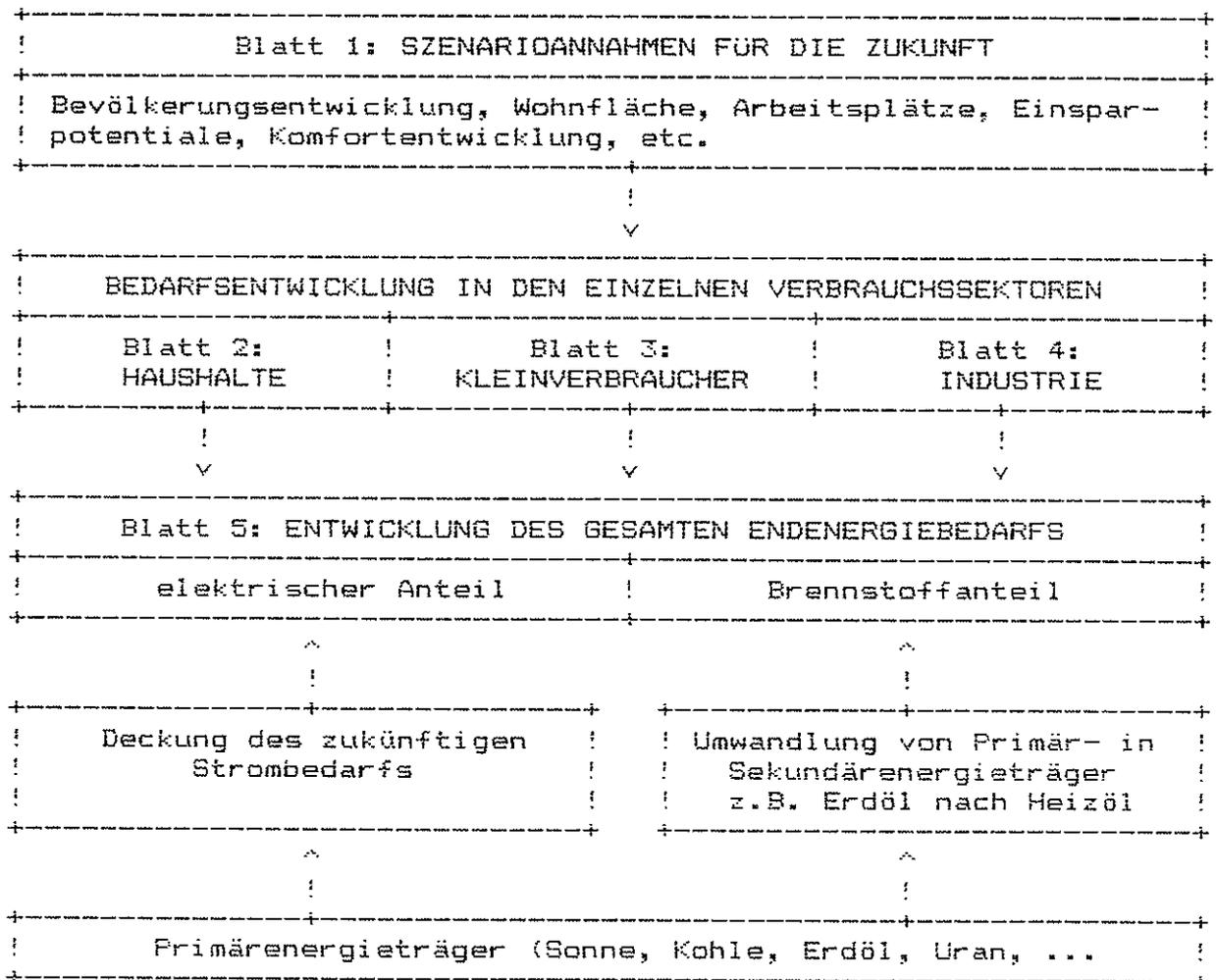
Unter der Annahme von nur noch mäßigen Wachstumsraten und Komfortsteigerungen ergibt sich diese Variante. Ansonsten gelten die gleichen Bedingungen wie bei der kommunalen Wachstumsvariante.

Die untere Variante:

Diese Variante geht noch einen Schritt weiter. Hier ergründen wir, was erreichbar wäre, wenn die Komfort- und Wirtschaftsentwicklung wie bei der kommunalen Niedrigwachstumsvariante angenommen wird, zusätzlich aber von weiteren Anstrengungen der Bundesregierung zur Energieeinsparung und Förderung nichterschöpflicher Energiequellen ausgegangen wird. Diese Variante überträgt die Ergebnisse der Studie des Ökoinstituts (Energiewende) auf Münchner Verhältnisse, wobei wir allerdings das dort verwendete Komfort- und Wirtschaftswachstum stark abgeschwächt haben.

4.5.2. DAS SZENARIOMODELL

Am besten stellt man sich unser Konzept in Form vieler Blätter Papier vor, die wie folgt angeordnet sind:



Die Detaillierung der einzelnen Blätter und Erläuterungen zu den zugehörigen Annahmen werden ausführlich in den folgenden Kapiteln dargestellt.

Bei näherer Betrachtung der Eingabeparameter ist zu erkennen, daß wir es im wesentlichen mit drei verschiedenen Arten zu tun haben:

Die allgemeinen Parameter

Das sind diejenigen, die durch die Politik der Stadt nur relativ wenig beeinflussbar sind wie Bevölkerungsentwicklung oder Haushaltsanzahl. Bei diesen Parametern beschränken wir uns für die vier Szenariovarianten auf die Annahme von mittleren Werten, wobei wir anschließend aber den Einfluß durch eine Sensitivitätsanalyse abschätzen.

Die Einsparungsparameter

In allen Sektoren existieren Möglichkeiten zur technischen Energieeinsparung. Diese können durch geeignete politische Vorgaben mehr oder weniger gut ausgenutzt werden.

Die Komfortparameter

Für die Bestimmung des zukünftigen Energieverbrauchs ist es nicht unwesentlich, wie stark unser Wohlstand oder Komfortbedürfnis (z.B. größere Kühlschränke) noch wachsen soll. Außer den zunehmenden Beschränkungen durch die Umweltzerstörung ist dies auch eine ethische und moralische Frage (Situation der Dritten Welt etc.).

Die letzten beiden Parametertypen werden sinnvollerweise für jeweils eine Szenariovariante gemeinsam variiert.

Die Ergebnisse unserer Berechnungen sind in den Anhängen B bis D zu finden. Ebenso die zugrundeliegenden Verknüpfungen. Damit ist unser Szenario bis ins letzte Detail nachvollziehbar.

4.5.3. ALLGEMEINE PARAMETER

Die zukünftige Entwicklung des Münchner Energieverbrauchs kann nicht unabhängig von anderen Daten wie Bevölkerungs- und Haushaltsentwicklung gesehen werden. Da die Abschätzung der zukünftigen Veränderungen nicht einfach ist, halten wir uns soweit möglich an andere Untersuchungen wie den Stadtentwicklungsplan 1982 (SEP), die Studie des Ökoinstituts (EW) mit zugehörigem Materialienband "Daten und Fakten zur Energiewende" (DUF), die Untersuchungen von Wilde (WIL) und Fendt (FEN), die statistischen Jahrbücher der Stadt München (SJ) und das Energieprogramm der Münchner Stadtwerke von 1980 (E80). Da uns einige der Daten insbesondere im Stadtentwicklungsplan aber recht utopisch anmuten, nehmen wir jeweils einen mittleren Wert für alle Varianten an, den wir dann anschließend per Sensitivitätsanalyse untersuchen.

Die zahlenmäßige Aufschlüsselung der Daten für den gesamten Szenariozeitraum ist den Berechnungsprotokollen "SZENARIOANNAHMEN" zu entnehmen (Anhang B). Ausführliche Begründungen sind im folgenden zu finden.

4.5.3.1. Die Einwohnerentwicklung

Der bisherige Verlauf der Bevölkerungsentwicklung ergibt sich aus SEP-4. Uns ist klar, daß prinzipiell Aussagen über den Verlauf der Bevölkerungsentwicklung nicht einfach sind. Beispielsweise könnte die Bevölkerung wieder steigen, wenn die Gesellschaft wieder kinderfreundlicher wird (sozialpsychologische Änderungen) oder eventuell die Abnahme der einheimischen Bevölkerung durch verstärkten Zuzug von Ausländern ausgeglichen wird. Trotzdem halten wir uns an die Angaben des Stadtentwicklungsplans (SEP).

Die Stadt errechnet unter verschiedenen Annahmen drei Alternativen für eine zukünftige Entwicklung. Die biometrische kann dabei als "theoretisch" außer acht gelassen werden. Unverständlich ist, weshalb die von den Planern als Zielvorgabe verwendete Planungsvariante außerhalb des Bereichs zwischen unterer und oberer Variante liegt, insbesondere da hierfür auch keine Begründung angegeben wird. Wir wählen daher für unsere Varianten als Basiswert die obere Variante des Stadtentwicklungsplans (-6% bis 1990).

Da über den weiteren Zeitraum nirgendwo Annahmen zu finden sind, schreiben wir diese Entwicklung bis zum Jahr 2030 bei langsam fallender Wachstumsrate fort.

4.5.3.2. Die Entwicklung der Haushaltsanzahl

Die bisherige Entwicklung kann aus SEP-14 oder SJ entnommen werden. Dabei wird als näherungsweise Berechnungsformel die Beziehung

$$\text{Anzahl der Haushalte} = \frac{\text{Einwohneranzahl} - 60\ 000}{\text{Personen} / \text{Haushalt}}$$

angegeben. Von den Münchner Einwohnern leben zur Zeit ca. 60 000 in Anstalten und führen sonst keinen eigenen Haushalt. Nimmt man an, daß diese Zahl in Zukunft in etwa konstant bleibt und die Anzahl der Personen pro Haushalt sich bei etwa 1.9 stabilisiert, so kann über die obige Beziehung auch die weitere Entwicklung abgeschätzt werden.

Unserer Meinung nach könnte sich ein weiteres Absinken der Personenzahl pro Haushalt zu einer dramatischen Verschärfung der sozialen Probleme wie Vereinsamung, Drogen- und Medikamentenmißbrauch etc. führen, was durch entsprechende politische Vorgaben verhindert werden sollte. Städte wie Berlin mit 1.4 Personen pro Haushalt können dabei wegen ihrer Sonderstellung nicht als erstrebenswertes Beispiel angeführt werden.

4.5.3.3. Die Entwicklung der Erwerbstätigenanzahl

Angesichts der momentan katastrophalen Entwicklung der Arbeitslosenzahlen dürften alle Voraussagen für dieses Gebiet auf sehr schwachen Füßen stehen. Einerseits wird durch die weitere rasante Rationalisierung der Anteil der Erwerbstätigen weiter sinken, andererseits könnte durch entsprechende Anstrengungen der Gewerkschaften oder durch gesellschaftlichen Druck dieser Trend durch Arbeitszeitverkürzung zumindest abgeschwächt werden.

Arbeitszeitverkürzung hätte dabei unter anderem den Vorteil, daß Energieeinsparungen praktisch automatisch mit abfallen. Zum einen könnten Gebäude weniger lange beheizt werden, andererseits könnte (Zukunftsmusik!) eventuell ein ganzer Tag eingespart werden (32 Stunden Woche), was den Energieverbrauch des Berufsverkehrs um 20 % verringern würde. Auch individuelle Möglichkeiten der Arbeitszeitverkürzung wie Teilzeitarbeit führen zu ähnlichen Ergebnissen. Nun kann zwar angeführt werden, daß der Bürger ja auch in der Freizeit durch Benutzung seines Autos Energie verbraucht und sich daher nur scheinbar eine Verbesserung ergibt. Dies ist sicherlich zumindest teilweise richtig, heute jedoch auch dadurch bedingt, daß die Wohnumgebung in der Stadt nicht gerade dazu einlädt, die Freizeit dort zu verbringen. So ist der Bürger oftmals gezwungen, größere Strecken bis zur nächsten Erholungslandschaft zurückzulegen. Auch sollten wir uns in Zukunft darauf besinnen, daß außer den energieintensiven Erholungsmöglichkeiten wie Skifahren, Surfen etc. noch andere wie Spazieren gehen, Bücher lesen, Musik machen existieren, die an Erlebniswert den vorher genannten in nichts nachstehen.

Die bisherige Entwicklung der Beschäftigungszahlen ist in SEP-34 beschrieben.

Zur weiteren Entwicklung der Beschäftigungszahlen werden in SEP-43 für 1990 Annahmen getroffen. Drei Varianten mit 3 %, 0 % und -3.2 % werden angeboten. Dabei sind wir wie die Verfasser des Stadtentwicklungsplans der Meinung, daß die tatsächliche Entwicklung wohl eher der sinkenden Prognose entsprechen wird.

Für die Entwicklung der Arbeitsplätze über das Jahr 1990 hinaus scheint uns eine Kopplung an die Entwicklung der Bevölkerung sinnvoll, d.h. ein langfristig wenig veränderlicher Anteil der Bevölkerung wird am Arbeitsprozeß beteiligt sein. Dieser könnte zwar z.B. durch einen höheren Anteil arbeitender Frauen oder frühere Pensionierungen zu- oder abnehmen. Da dies aber schlecht abzuschätzen ist, gehen wir von einem konstanten Anteil aus.

Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß in München viele Menschen arbeiten, die nicht hier wohnen (Pendler). Realistischer ist es also von der Bevölkerungsentwicklung im Großraum München auszugehen. Zur Zeit steigt sie hier noch leicht, während sie in München bereits leicht abnimmt. Die Frage ist nun, wie sich der Großraum München langfristig entwickeln wird. Wir nehmen an, daß er langfristig dem Trend in der Bundesrepublik folgen wird. Mit Hilfe einer Prognose des Statistischen Bundesamts ergibt sich die Bevölkerungsentwicklung im Großraum München und damit mit unserer obigen Annahme auch die Arbeitsplatzentwicklung.

	! 1980 !	1990 !	2000 !	2010 !	2020 !	2030 !
Bevölker. (BRD)	! 60.5	! 59.0	! 57.0	! 53.7	! 49.7	! 45.3
Index in %	! 100	! 97.5	! 94.2	! 88.8	! 82.1	! 74.9
Bev. (Großraum)	! 2.300	! 2.243	! 2.167	! 2.042	! 1.888	! 1.722
Arbeitsplätze	! 788 T	! 768 T	! 742 T	! 700 T	! 647 T	! 590 T

(T = Tausend, alle sonstigen Angaben in Millionen)

Somit ergibt sich, daß auch die gesamten Arbeitsplätze in München sich in den nächsten 50 Jahren um etwa ein Viertel verringern. Dies ist nur wenig mehr, als dem Rückgang der innerstädtischen Bevölkerung entspricht.

Wohnfläche / Kopf

Von Wilde werden für München folgende Werte angegeben:

	! 1975 !	! 2000 !	! Seite !
Gesamtwohnfl. in München (m ²)	! 34 409 300 !	! 40 350 918 !	! 40 !
Einwohner in München	! 1 314 865 !	! 1 250 000 !	! 32 !
Wohnfläche pro Kopf in m ²	! 26.17 !	! 32.23 !	! !
Index	! 100 % !	! 123 % !	! !

Das ökoinstitut gibt dagegen eine wesentlich stärker steigende Prognose an (Energiewende S. 71 und S. 51):

	! 1975 !	! 1980 !	! 1990 !	! 2000 !	! 2010 !	! 2020 !	! 2030 !
Fläche/Kopf	! 26.6 !	! 31.7 !	! 33.5 !	! 36.6 !	! 39.5 !	! 41.4 !	! 45.5 !
Index in %	! 100 !	! 119 !	! 126 !	! 138 !	! 148 !	! 156 !	! 171 !
% pro Jahr	! 1.9 !	! 1.4 !	! 1.2 !	! 1.0 !	! 0.8 !	! 1.5 !	! --- !

Es gibt Gründe anzunehmen, daß in München der Platzbedarf pro Kopf nicht so stark ansteigen wird wie vom ökoinstitut prognostiziert, da hier die Mieten höher als im Bundesdurchschnitt liegen, was die Wohnfläche zu einem Luxusgut erhebt. Zum anderen wird durch nur noch geringe Zubaumöglichkeiten innerhalb der Stadtgrenzen diese Situation wohl nicht wesentlich entschärft werden. Dabei ist es wohl sinnvoller sich an die Zahlen von Wilde zu halten. Auch könnte es gut sein, daß eine Entlastung der Situation durch die sinkende Bevölkerung eintritt. So ergibt sich z. B. mit unserer mittleren Bevölkerungsprognose bei konstanter Gesamtwohnfläche trotzdem ein starker Anstieg der Wohnfläche pro Kopf um 23 % im Jahr 2030.

Der spezifische Verbrauch

Im Kapitel 3.2.1 haben wir verschiedene Haustypen definiert, auf welche sich die folgenden Berechnungen stützen.

Die Berechnung des spezifischen Wärmebedarfs der einzelnen Haustypen und die Berücksichtigung der passiven Wärmegewinne führt zu der Entwicklung des spezifischen Wärmebedarfs (Sonneneinstrahlung durch die Fenster, Abwärme der elektrischen Geräte etc., siehe auch DUF 2-99). Wegen der recht beträchtlichen Unterschiede zwischen Ein- und Mehrfamilienhäusern wird auch nach diesen aufgeteilt (EW-77). Somit ergibt sich:

Haustyp	! Einfamilienhaus !				! Mehrfamilienhaus !			
	! 1 !	! 2 !	! 3 !	! 4 !	! 1 !	! 2 !	! 3 !	! 4 !
Index des spez. Bedarfs	! 100 !	! 56 !	! 26 !	! 4 !	! 100 !	! 64 !	! 27 !	! 4 !

Durch Abschätzen der zukünftigen Entwicklung der Baustruktur in München (Anteile der verschiedenen Haustypen) kann ein mittlerer spezifischer Wärmebedarfsindex jeweils für Ein- und Mehrfamilienhäuser (EFH und MFH) bestimmt werden.

$$MIE = AE1 * SE1 + AE2 * SE2 + AE3 * SE3 + AE4 * SE4$$

$$MIM = AM1 * SM1 + AM2 * SM2 + AM3 * SM3 + AM4 * SM4$$

mit MIE = mittlerer spez. Wärmebedarf eines EFH's im Jahr x

MIM = mittlerer spez. Wärmebedarf eines MFH's im Jahr x

AE1..AE4 = Anteil eines Typs an der Baustruktur (EFH)

AM1..AM4 = Anteil eines Typs an der Baustruktur (MFH)

SE1..SE4 = spez. Wärmebedarf des Typs (EFH)

SM1..SM4 = spez. Wärmebedarf des Typs (MFH)

Unsere Auswertung der Münchner Gebäudedatei (Daten des Planungsreferats) nach den in MRS angegebenen Gebäudetypen und die Zuordnung von Typ 1 und 2 an die Einfamilienhäuser, sowie der restlichen Typen (außer Typ 9 = Industriebau) an die Mehrfamilienhäuser führt zu einem Anteil der Einfamilienhäuser an der Wohnfläche von 13 % und somit 87 % für die Mehrfamilienhäuser. Dies wird auch durch die Daten des Statistischen Jahrbuchs SJ80-113 bestätigt.

Unter Berücksichtigung der Daten von Wilde, der Daten des Statistischen Jahrbuchs (SJ80-113) und des Stadtentwicklungsplanes (SEP-25) ergibt sich in München eine mittlere Wohnfläche zwischen 65 und 70 m² pro Wohnung. Bei 562 000 Wohnungen im Jahr 1979 ist die Wohnfläche der Haushalte dann etwa 37.6 Mio m². Da die Auswertung der Gebäudedatei nach Abzug des Industrieanteils zu einer Gesamtfläche von ca. 74.2 Mio m² führt, bleiben für den Kleinverbrauch noch ca. 36.6 Mio m² (ca. 50 %).

Somit kann unter der Annahme, daß nur wenige Kleinverbraucher in Einfamilienhäusern zu finden sind, die folgende Aufteilung bestimmt werden:

	! Haushalte	! Kleinverbrauch	! gesamt	!
Einfamilienhäuser	! 13 %	! 0 %	! 13 %	!
Mehrfamilienhäuser	! 37 %	! 50 %	! 87 %	!
	! 50 %	! 50 %	! 100 %	!

Damit kann der Index des spezifischen Wärmebedarfs der Kleinverbraucher dem der Mehrfamilienhäuser gleichgesetzt werden:

$$SKV = MIM$$

(SKV = Index des spezifischen Wärmebedarfs der Kleinverbraucher)

Die Berechnung des Index des spezifischen Wärmebedarfs bei den Haushalten gestaltet sich etwas schwieriger, da hier die Aufteilung der Wohnfläche auf Ein- und Mehrfamilienhäuser berücksichtigt werden muß. Nimmt man vereinfachend ein konstantes Verhältnis auch für die Zukunft an (13 : 37) so kann der Index folgendermaßen berechnet werden:

Das weiteren kann davon ausgegangen werden, daß sich auch bei uns, ebenso wie heute bereits in skandinavischen Ländern, Abwasserwärmetauscher zunehmend durchsetzen werden. Damit ergibt sich das auch vom ökoinstitut verwendete Berechnungsschema.

4.5.4.2.2. Zusätzlicher Bedarf durch Wasch- und Spülmaschinen

Da bereits heute Wasch- und Spülmaschinen mit externem Warmwasseranschluß und Mischventil auf dem Markt erhältlich sind, nehmen wir an, daß ihr Anteil im Jahr 1990 bei der unteren Variante ca. 20 % betragen könnte. Ab 2000 kann - wegen der Lebensdauer der Geräte von 10 bis 15 Jahren - mit einem 100 %-igen Anteil gerechnet werden.

Nach Norgard (DUF 2-22,2-24) ist der Anteil der Energie ab 2000 für die Warmwasserbereitung bei der Waschmaschine ca. 2.2 mal (Geschirrspülmaschine: 2.7 mal) so hoch wie der elektrische Bedarf. Für das Jahr 1990 nehmen wir wegen noch schlechterer Geräte 4 bzw. 3.5 an. Damit kann aus dem elektrischen Bedarf jeweils der Warmwasserbedarf näherungsweise abgeschätzt werden.

4.5.4.2.3. Sonstiger Warmwasserbedarf

Nach DUF 2-44 liegt 1974 der Warmwasserbedarf pro Kopf und Tag bei etwa 33 l. Bei einer Erwärmung um ca. 35 Grad ergibt sich ein Wärmebedarf von 0.04 kWh/l. Der Jahreswärmebedarf (Nutzenergie) pro Person liegt dann bei:

$$33 \text{ l} * 0.04 \text{ kWh/l} * 365 \text{ Tage} = 482 \text{ kWh/Person und Jahr}$$

Auch Wilde kommt, wie wir bereits früher angemerkt haben, zu ähnlichen Ergebnissen.

Das ökoinstitut geht in DUF 2-44 von einer Sättigung beim Warmwasserverbrauch von etwa 70 l pro Kopf und Tag aus, die im Jahr 2000 erreicht werden sollen. Da der heutige Warmwasserverbrauch offensichtlich nicht in dem Maße gestiegen ist, wie vom ökoinstitut angenommen, rechnen wir bei den oberen Varianten damit, daß im Jahr 2010 die Sättigung bei etwa 50 l pro Kopf und Tag eintritt.

Mit obiger Beziehung und durch Multiplikation mit der Bevölkerungsanzahl ergibt sich der Warmwasserbedarf für "Sonstige Anwendungen" in jedem Jahr.

Durch Addition mit dem zusätzlichen Bedarf für die Wasch- und Spülmaschinen erhält man den Netto-Nutzenergiebedarf für Warmwasser.

Wird nun angenommen, daß in zukünftigen Neubauten (ab etwa 1986) eine komplette Abwärmerückgewinnung vorgeschrieben wird (nur bei der unteren Variante), so kann wie in DUF 2-50 mit einer 30 %-igen Einsparung gerechnet werden. Außerdem gehen wir davon aus, daß erst ab dem Jahr 2000 die Abwärmerückgewinnung voll entwickelt ist, d. h. 1990 werden nur 20 % der Wärme zurückgewonnen. Je nach Variante rechnen wir mit 0 bis 25 % Neubauten mit Warmwasserwärmerückgewinnung bis zum Jahr 2030.

Ca. alle 15 bis 20 Jahre werden in Altbauten umfangreiche Änderungen an bestehenden Brauchwasser- und Duschanlagen durchge-

+-----+
! Stromverbrauch der Haus- !
! halte in München !
+-----+

Wesentlich ist, daß die Daten des Ökoinstituts nur für die BRD Gültigkeit haben und somit nicht auf Münchner Verhältnisse übernommen werden können. Dies läßt sich leicht durch eine probeweise Berechnung für das Jahr 1975 und Vergleich mit dem tatsächlichen Verbrauch nachweisen. Er läge um 45 % zu hoch. Die Verwendung der Daten von Wilde führt dagegen nur zu einer leichten Überschätzung (ca. 8 %) gegenüber dem tatsächlichen Verbrauch 1975.

Wilde gibt als Gründe für die anderen Verhältnisse in München u. a. folgendes an (WIL-108):

- Die Anzahl der Personen pro Haushalt ist in München geringer als im Bundesgebiet (2.03 zu 2.5 Personen).
- Das Verbraucherverhalten unterscheidet sich teilweise. So hat der durchschnittliche Haushalt in München wegen guter Einkaufsmöglichkeiten eine geringere Vorratshaltung (→ weniger Gefriergeräte, kleinere Kühlschränke).

Zu beachten ist, daß der Posten Wärmeverteilung bei Wilde im Gegensatz zu DUF nicht aufgeführt ist, da er bereits in "sonstige Anwendungen" enthalten ist. Der Posten "Elektrische Boiler" wird hier nicht betrachtet, da er im Abschnitt Warmwasserbereitung (nächster Abschnitt) berücksichtigt ist.

4.5.4.3.2. Die Abschätzung der Szenarioparameter

Eine Entwicklung der Haushaltsanzahl haben wir bereits oben vorgenommen. Nach der vorher angegebenen Graphik sind noch die Verbreitungsgrade der Geräte, die zukünftigen Komfortsteigerungen, die technischen Verbesserungen und die heutigen spezifischen Verbräuche pro Gerätetyp abzuschätzen. Ebenso wie das Ökoinstitut gehen wir davon aus, daß in der ferneren Zukunft weitere Anwendungen auftreten, die heute noch nicht bekannt sind (DUF 2-10). So nehmen wir an, daß diese dem mittleren Energieverbrauch der Großgeräte (Kühlschrank bis Wäschetrockner) entsprechen. Für die Verbreitung gilt 20 % im Jahr 2010, 50 % im Jahr 2020 und 100 % im Jahr 2030.

Technische Verbesserungen der Geräte:

Hier halten wir uns für die untere Variante an die Werte des Ökoinstituts (DUF-2-14), die sich auf dänische Untersuchungen von Norgard beziehen und somit wohl auf deutsche Verhältnisse direkt übertragbar sind. Wegen der durchschnittlichen Lebensdauer der Haushaltsgeräte von 10-15 Jahren ist es bis zum Jahr 2000 daher ohne weiteres möglich, durch entsprechende gesetzliche Auflagen alle Geräte auf diesen Stand zu bringen (DUF 2-40). Dabei sollte auch beachtet werden, daß sich bereits heute Kühlschränke mit gleicher Energiedienstleistung im Energiebedarf um den Faktor 2 bis 3 unterscheiden (siehe auch Kapitel 3.2.2.).

Wir halten einen Übergang von der elektrischen Warmwasserbereitung auf nichtelektrische Methoden für dringend notwendig, da damit auf die Primärenergie bezogen günstigere Wir-

kungsgrade erreichbar sind. Dies gilt jedoch nur dann, wenn zukünftig die Anlagen zur Warmwasserbereitung gegenüber den heute üblichen bezüglich der Bereitschaftsverluste noch verbessert werden, damit sie den mittleren jährlichen Wirkungsgrad der Münchner Stromerzeugung übertreffen. So sollen in Zukunft Wasch- und Spülmaschinen einen Warmwasseranschluß mit Mischventil haben. Geräte mit dieser Eigenschaft sind bereits heute auf dem deutschen Markt erhältlich. Dann erst ist es möglich durch Solarenergie erhitztes Wasser für Prozeßwärme im Haushalt zu verwenden.

Beim Gasherd nehmen wir an, daß in Zukunft nur noch unwesentliche Verbesserungen stattfinden werden.

Komfortsteigerungen:

Auch hier nehmen wir die vom ökoinstitut vorgeschlagenen Werte für die zukünftige Entwicklung an. Nähere Begründungen hierzu sind in DUF 2-14 ff nachzulesen.

Die Verbreitungsgrade:

Eine Gegenüberstellung von verschiedenen Veröffentlichungen zu diesem Thema zeigt, daß für ein bestimmtes Jahr weitgehende Übereinstimmung besteht. Deutlich ist aber zu sehen, daß in München andere Verbreitungsgrade gelten als im Bundesgebiet. Wir nehmen an, daß die in den Siemens Mitteilungen veröffentlichte Umfrage über zukünftige Geräteanschaffungen auch für München gültig ist, so daß sich daraus eine obere Grenze für die Verbreitung der jeweiligen Haushaltsgeräte ergibt, die spätestens im Jahr 2030 erreicht wird. Die Werte für die dazwischenliegenden Jahre haben wir durch eine einfache Näherung bestimmt.

Anwendung in %	DUF BRD 1973	FfE BRD 1973	EST BRD 1980	SM BRD 1982	GRENZE	WIL Münch. 1975
Kühlschrank	87.0	79.5	94	95	96	80
Gefriergerät	32.0	17.7	54	--		18
Waschmaschine	80.0	56.6	90	89	92	57
Spülmaschine	7.0	12.4	22	23	60	12
Herd	64.0	68.0	75	--		68
Wäschetrockner	4.0	5.7	10	--		6
Fernsehen s/w	65.0	50.4	--	--		50
Fernsehen farbe	38.0	45.7	69	69	92	46
sonst. Kleinger.	100.0	100.0	--	--		100
Beleuchtung	100.0	100.0	100	--		100
elektr. Boiler	25.0		45	--		
Gasherd		28.0				32

DUF = ökoinstitut 1973 (DUF 2-7)
 FfE = Forschungsstelle für Energiewirtschaft 1973 (2.3-5 ff)
 EST = Energiespartips 1980 (Broschüre) S.177
 SM = Siemens Mitteilungen 1982 (11/82-2)
 WIL = Wilde 1975 für München (WIL 114)

Der heutige spezifische Verbrauch der Geräte

Anwendung	DUF BRD 1973 2.5 P.	FfE BRD 1973 4 P.	EST BRD 1980 4 P.	LW BRD 1980 4 P.	WIL Münch. 1975 2 P.
Kühlschrank	400	300	400	400	160
Gefriergerät	750	800	600	700	320
Waschmaschine	450	500	340	900	352
Spülmaschine	880	600	530	400	364
Herd	600	500	400	800	637
Wäschetrockner	440	500	380	400	702
Fernsehen s/w	165		125		130
Fernsehen farbe	275	200	260	600	255
sonst. Kleinger.	100	200	300		125
Beleuchtung	250	400	438		150
elektr. Boiler	1500	1500	1000	1800	1218
Gasherd					688

(alle Angaben in kWh / Jahr und Haushalt)

- DUF = Ökoinstitut
- FfE = Forschungsstelle für Energiewirtschaft
- EST = Energiespartips
- LW = Reklame der Lechwerke (Augsburg) 1980
- WIL = Wilde

Aus den technischen Verbesserungen und den Komfortsteigerungen läßt sich die Entwicklung des spezifischen Verbrauchs der Geräte in den Münchner Haushalten bis zum Jahr 2030 grob abschätzen. Wie bereits oben erwähnt, liefern dabei die Zahlen von Wilde für 1975 ein relativ genaues Abbild der Wirklichkeit. Daß sie etwas höher liegen, kann für unsere weiteren Abschätzungen nur günstig sein, da wir dann auch den zukünftigen Verbrauch überschätzen.

4.5.4.3.3. Die Berechnung des zukünftigen Bedarfs

Aus den Verbreitungsgraden und der Anzahl der Haushalte in München läßt sich die Anzahl der Haushalte in München bestimmen, die jeweils ein bestimmtes Gerät haben. Die Multiplikation dieser Werte mit dem jeweiligen spezifischen Verbrauch führt dann zum Verbrauch eines Gerätetyps in München pro Jahr. Die Summe über diese Werte ergibt den Verbrauch der Haushalte in den Sektoren Licht und Kraft und Prozeßwärme in einem bestimmten Jahr.

Arbeitsplätze !	1970 !	1975 !	1977 !	1979 !	1980 !
gesamt	784 000	765 500	772 200	785 300	788 150
Kleinverbr.	584 200	587 400	600 600	604 500	601 500
Anteil in %	74	77	78	77	76
Industrie	199 800	178 100	171 600	180 800	186 650

Für die zukünftige Entwicklung nehmen wir an, daß sich das Verhältnis von Arbeitsplätzen in Industrie und Kleinverbrauch analog zur Aufteilung des Bruttoinlandsprodukts entwickelt. Somit ergibt sich der zukünftige Verlauf der Arbeitsplätze in München im Sektor Kleinverbrauch als abhängige Größe.

Arbeitsfläche pro Kopf

Im Sinne des Schlagworts "Humanisierung der Arbeitswelt" nehmen wir ebenso wie das ökoinstitut eine Vergrößerung der Arbeitsfläche pro Kopf im Sektor Kleinverbrauch an. Dabei wünschen wir uns nicht, daß diese durch Entlassungen zustande kommt, indem die Zurückgebliebenen auf einer vergrößerten Arbeitsfläche womöglich mit Hilfe des Kollegen Computer mehr leisten dürfen. In diesem Falle wäre wohl eine Verkürzung der Arbeitszeit und damit Verteilung der Arbeit auf alle zweckmäßiger. Wir nehmen an, daß die Arbeitsfläche pro Kopf noch auf 130 bis 140 % steigen wird.

Der spezifische Bedarf

Dieser wurde bereits in 4.5.4.1.2 abgeschätzt und kann näherungsweise gleich dem spezifischen Bedarf der Mehrfamilienhäuser gesetzt werden.

4.5.5.2. Der Prozeßwärmebedarf

In DUF 2-147 wird vom ökoinstitut angegeben, daß die Energiedienstleistung im Bereich Prozeßwärme in etwa proportional dem industriellen Wachstum zunimmt. Wir übernehmen diesen Ansatz und ebenso die Aufteilung auf Strom und Brennstoffe. Damit kann in Analogie zum Verlauf in der BRD der Bedarf an Strom und nichtelektrischer Endenergie berechnet werden.

4.5.5.3. Der Licht- und Kraftbedarf

Im Anwendungssektor Licht und Kraft geht das ökoinstitut davon aus, daß die EDL bei den stromspezifischen Anwendungen etwa so wächst wie die beheizte Nutzfläche. Wegen zu berücksichtigender Komfortsteigerungen und sonstiger künftiger Anwendungen wird vom ökoinstitut jedoch im Jahr 2030 das 1.19-fache an EDL angenommen (DUF 2-145, 2-150, 2-151). Diesen Wert übernehmen wir für die beiden oberen Varianten. Bei allen übrigen nehmen wir keine weitere Steigerung an.

4.5.5.4. Der gesamte Endenergiebedarf

Durch Summation der Werte in den Anwendungsbereichen Raumwärme, Prozeßwärme und Licht und Kraft ergibt sich der zukünftige Strombedarf und der Bedarf an nichtelektrischen Energieträgern. Die Summe dieser beiden Werte führt zum gesamten Endenergiebedarf im Sektor Kleinverbrauch.

4.5.6. DER SEKTOR INDUSTRIE

Zur Bestimmung des zukünftigen Energiebedarfs der Industrie scheint uns die vom ökoinstitut gewählte Aufteilung in Industriesektoren günstiger als die Aufspaltung in Anwendungsbereiche. Als besonders vorteilhaft erweist sich dabei, daß uns vom Planungsreferat (PLA 1970 bis PLA 1980, siehe Anhang A) die Daten für die vier Hauptindustriesektoren vorliegen. Mit den vom ökoinstitut bestimmten Einsparraten (DUF 4-36 ff), die sich im wesentlichen auf die Fichtnerstudie stützen, kann damit die zukünftige Entwicklung abgeschätzt werden.

Eine genauere Unterteilung und Abschätzung der Entwicklung einzelner Industriezweige wie sie vom ökoinstitut durchgeführt wurde, ist uns in München leider nicht möglich, da uns dazu das geeignete Datenmaterial fehlt. Für die Referate der Stadt München dürfte dies allerdings kein Problem darstellen, da die Industrie verpflichtet ist, monatlich den Energieverbrauch zu melden.

Üblicherweise wird als Maß für das Wachstum unserer Wirtschaft das Bruttosozialprodukt bzw. das Bruttoinlandsprodukt herangezogen. Gleichzeitig wird damit versucht unseren Wohlstand zu definieren. Über den Sinn und Unsinn dieser Größe wurde bereits viel geschrieben. Sicher ist, daß viele Bereiche die durchaus das Wohlbefinden des Menschen steigern können, wie etwa musische Betätigung oder häusliche Tätigkeiten nicht in dieser Größe erfaßt sind. Andererseits trägt zum Beispiel eine erhöhte Verkehrsunfallziffer zur Erhöhung des BSP bei, da dann mehr Krankenhäuser etc. benötigt werden. Trotz all dieser Schwächen und mangels eines besseren alternativen Maßes verwenden wir in unseren Berechnungen ebenfalls diesen Wert.

Vom Jahr 1973 bis 1980 stieg das BIP in München von 23334 DM auf 36231 DM pro Kopf, also um 55.3 %. Dies entspricht einer jährlichen Steigerungsrate von rund 6.5 %. Die vergleichbare Steigerungsrate in der BRD lag dagegen im gleichen Zeitraum nur bei 2.4 % pro Jahr. Der Unterschied erklärt sich im wesentlichen damit, daß in den letzten Jahren in München die Industriekonzentration stark zunahm. Da dieser Trend aber in Zukunft so nicht beliebig weiter steigen kann, ist langfristig mit einem Angleich an die Wachstumsraten in der BRD zu rechnen. Auch Optimisten glauben inzwischen nicht mehr an Wachstumsraten über 2 % im Mittel für die nächsten Jahre.

Die vom Ökoinstitut angenommenen Wachstumsraten halten wir daher für zu hoch angesetzt.

Der Industrieanteil am BIP in München

In praktisch allen Industrienationen ist nach der Dreisektorenhypothese von Fourastié übereinstimmend ein Strukturwandel zu beobachten. Damit ist nichts anderes gemeint, als daß die Anteile des primären (Landwirtschaft und Bergbau) und des sekundären Sektors (Industrie und Bauwirtschaft) zugunsten des tertiären Sektors (Dienstleistungen und Staat) immer mehr schrumpfen. Mit dieser Verschiebung geht zudem eine Verlangsamung des wirtschaftlichen Wachstums einher (DUF 4-2 ff).

Da in München der primäre Sektor praktisch vernachlässigbar ist, spielt sich die Entwicklung hier zwischen sekundärem und tertiärem Sektor ab. Zu beachten ist dabei, daß die Verschiebung in München bereits weiter fortgeschritten ist wie in der BRD.

Das Ökoinstitut läßt den Anteil der Industrie am BIP in der BRD von 51 % im Jahr 1980 auf 35 % im Jahr 2030 sinken. Da wir in München heute schon bei 36 % sind, nehmen wir eine entsprechend langsamere Verschiebung auf 30 % im Jahr 2030 an. Die Zwischenwerte wurden dabei grob abgeschätzt.

Die Anteile der Industriesektoren am BIP in München

Leider war es uns nicht möglich entsprechende Zahlen von den städtischen Referaten zu erfragen. So versuchen wir eine Aufteilung über die Umsatzverteilung, die uns aus den statistischen Jahrbüchern der Stadt München bekannt sind, zu errechnen. Für 1980 ergibt sich:

Grundstoffindustrie	4.84 Mrd. DM	oder	12.5 %
Investitionsgüterindustrie	26.32 Mrd. DM	oder	68.8 %
Verbrauchsgüterindustrie	3.16 Mrd. DM	oder	8.2 %
Nahrungsmittelindustrie	4.05 Mrd. DM	oder	10.5 %

Auf Seite 4-120 (DUF) gibt das ökoinstitut Schätzungen für die Entwicklung des Produktionswertes der einzelnen Sektoren im Verhältnis zum Gesamtwachstum der Industrie an, d. h. es wird angenommen, daß sich die Sektoren in Zukunft durchaus unterschiedlich entwickeln werden, was plausibel erscheint. Detaillierte Begründungen für die jeweilige Entwicklung finden sich in DUF-4. Aus der Tabelle in DUF 4-120 lassen sich die relativen Wachstumsraten bestimmen:

	! 1973 !	! 1980 !	! 1990 !	! 2000 !	! 2030 !
Grundstoffindustrie	! 1 !	! 0.95 !	! 0.88 !	! 0.87 !	! 1.01 !
Investitionsgüterindustrie	! 1 !	! 1.05 !	! 1.12 !	! 1.24 !	! 1.34 !
Verbrauchsgüterindustrie	! 1 !	! 0.97 !	! 0.93 !	! 0.84 !	! 0.55 !
Nahrungsmittelindustrie	! 1 !	! 0.93 !	! 0.83 !	! 0.78 !	! 0.61 !

Da dies zweifellos grobe Schätzungen sind, übertragen wir diese an sich nur für die BRD gültigen Zahlen auch auf München, gewichten sie jedoch noch mit den Münchner Verhältnissen. Es gilt:

$$(1) \text{ BIP73} = \text{GBIP} + \text{IBIP} + \text{VBIP} + \text{NBIP}$$

mit BIP73 = BIP der Industrie im Jahr 1973
 GBIP = BIP der Grundstoffindustrie im Jahr 1973
 IBIP = BIP der Investitionsgüterindustrie im Jahr 1973
 VBIP = BIP der Verbrauchsgüterindustrie im Jahr 1973
 NBIP = BIP der Nahrungsmittelindustrie im Jahr 1973

Für ein beliebiges Jahr X in der Zukunft läßt sich die folgende Beziehung aufstellen:

$$(2) \text{ BIPX} = \text{GBIP}' + \text{IBIP}' + \text{VBIP}' + \text{NBIP}' \\ = \text{GBIP} * g + \text{IBIP} * i + \text{VBIP} * v + \text{NBIP} * n$$

wobei g bis n die jeweilige Veränderung des BIP je Sektor bedeuten. Ferner gilt die Beziehung

$$(3) \text{ BIPX} = \text{BIP73} * R$$

wobei R die Wachstumsrate für die gesamte Industrie darstellt. Ein mittleres Wachstum y ergibt sich dann über den folgenden Ansatz:

$$(4) \begin{aligned} g &= g' * y \\ i &= i' * y \\ v &= v' * y \\ n &= n' * y \end{aligned}$$

Die Koeffizienten g' bis n' entsprechen dabei den Werten aus der oben angegebenen Tabelle des ökoinstituts. Durch Gleichsetzen von (2) und (3) und Einsetzen von (4) in (2) erhält man:

$$(5) R * \text{BIP73} = \text{GBIP} * g' * y + \text{IBIP} * i' * y + \text{VBIP} * v' * y + \text{NBIP} * n' * y$$

oder

$$(6) \quad R = \frac{GBIP}{BIP73} * g' * y + \frac{IBIP}{BIP73} * i' * y + \frac{VBIP}{BIP73} * v' * y + \frac{NBIP}{BIP73} * n' * y$$

und daraus

$$(7) \quad y = \frac{R}{\frac{GBIP}{BIP73} * g' + \frac{IBIP}{BIP73} * i' + \frac{VBIP}{BIP73} * v' + \frac{NBIP}{BIP73} * n'}$$

Die Koeffizienten (BIP-Anteile) GBIP/BIP73 bis IBIP/BIP73 können nun näherungsweise durch die Umsatzanteile ersetzt werden. Damit kann bei Kenntnis des Gesamtwachstums R das mittlere Wachstum y bestimmt werden. Direkt daraus mit (4) ergeben sich die Wachstumsraten der einzelnen Sektoren g bis n.

Ist zum Beispiel die Wachstumsrate R im Jahr 2000 gleich 130 % und die Umsatzverteilung wie 13 % : 69 % : 8 % : 10 % so wird gerechnet:

$$y = \frac{1.3}{0.13 * 0.95 + 0.69 * 1.05 + 0.08 * 0.97 + 0.1 * 0.93}$$

$$y = 1.28$$

Damit ergibt sich

$$g = g' * y = 0.95 * 1.28 = 1.216 = 122 \%$$

$$i = i' * y = 1.05 * 1.28 = 1.344 = 134 \%$$

...

Für unsere weiteren Berechnungen ist nun eine Umstellung notwendig.

$$(8) \quad y = N * R$$

oder

$$(9) \quad g = g' * N * R$$

$$i = i' * N * R$$

$$v = v' * N * R$$

$$n = n' * N * R$$

Die Produkte g' * N bis i' * N sind dabei konstant, womit sich die folgende Tabelle bilden läßt.

	!	1980	!	1990	!	2000	!	2010	!	2020	!	2030	!
g' * N	!	0.9326	!	0.8424	!	0.7810	!	0.77	!	0.81	!	0.8700	!
i' * N	!	1.0308	!	1.072	!	1.1132	!	1.14	!	1.15	!	1.1543	!
v' * N	!	0.9523	!	0.8903	!	0.7541	!	0.64	!	0.56	!	0.4737	!
n' * N	!	0.9130	!	0.7945	!	0.7002	!	0.64	!	0.57	!	0.5255	!

Mit Hilfe dieser Tabelle ist nun durch einfache Multiplikation mit dem Gesamtwachstum R der Industrie zu jedem Zeitpunkt die Wachstumsrate pro Industriesektor zu bestimmen.

• Die Entwicklung des spezifischen Bedarfs

Da nicht einsichtig ist, weshalb sich die Einsparraten in München von denen in der BRD unterscheiden sollen, übernehmen wir für unsere unteren Varianten die Zahlen des Ökoinstituts. Nähere Begründung hierzu siehe DUF 4-32 ff. Bei allen übrigen Varianten werden die Zahlen wieder entsprechend abgeschwächt.

4.5.7. ABSCHÄTZUNG DES ENDEENERGIEBEDARFS

An dieser Stelle schien uns wichtig, den gesamten Endenergiebedarf - aufgeteilt nach Strom und Brennstoffen - grob abzuschätzen. Da uns aus dem Sektor Haushalte nur der Nutzenergiebedarf in den Bereichen Raumwärme und Warmwasser zur Verfügung steht, müssen wir nun noch den mittleren Wirkungsgrad der entsprechenden Bereitstellungssysteme vorgeben:

Die zur Zeit auf dem Markt befindlichen Heizkessel haben im Vergleich zu früher bereits erheblich verbesserte Wirkungsgrade. Dies wird u.a. durch den ISP-Bericht "Raumwärmeoptionen für die Stadt Kassel" (1983) aufgezeigt. Die Autoren weisen darauf hin, daß die Verbesserung des mittleren Wirkungsgrades angesichts der unvermeidbaren Erneuerungen (alle 10 bis 15 Jahre) praktisch nicht zu verhindern ist.

Folgende mittlere Wirkungsgrade, die wir für die obere Variante verwenden, werden angegeben:

		1980	1990	2000	2010	2020	2030
Raumheizung	(%)	63	75	81	83	84	85
Warmwasserbereitung	(%)	52	62	67	69	71	73

Werden dagegen die heute schon erhältlichen Gaskessel mit Brennwertnutzung berücksichtigt, so ergibt sich:

		1980	1990	2000	2010	2020	2030
Raumheizung	(%)	63	78	87	90	92	93
Warmwasserbereitung	(%)	52	64	72	75	78	80

Diese Werte setzen wir in alle übrigen Varianten ein.

Um die Frage der Substitution konventioneller Energieträger untereinander und durch erneuerbare Energieträger bzw. neue Technologien von der Frage der erreichbaren Einsparungen an Endenergie überhaupt so gut wie möglich zu trennen, wird der Nutzenergiebedarf wie vom ökoinstitut angegeben wie folgt in den Endenergiebedarf übersetzt (DUF 2-131):

Bei Raumheizung und Warmwasserbereitung wird je nach Variante davon ausgegangen, daß sich der Anteil der elektrischen Bereitung verändert. Der restliche Energiebedarf wird dann durch Öl, Gas, feste Brennstoffe und Fernwärme erzeugt. Die regenerativen Anteile vernachlässigen wir an dieser Stelle erst einmal.

Nun stellt die Summierung der Strom- und Brennstoffanteile der einzelnen Verbrauchssektoren kein Problem mehr dar. Die Substitution durch erneuerbare Energieträger wird unabhängig von den vorangehenden Betrachtungen im folgenden behandelt, d.h. die jetzt erhaltenen Werte gelten nur unter der Voraussetzung, daß es keine Substitution durch regenerativen Energien gibt (= Szenariovariante "Fortanschreibung" des ökoinstituts.). Mit ein Grund für die Berechnung dieses Zwischenergebnisses stellt auch die Sensitivitätsanalyse dar, die auf diese Werte bezogen wird.

4.5.8. DIE DECKUNG DES ENERGIEBEDARFS

Nun ist uns bekannt, daß durch Einsparungen unser Energiebedarf stark gesenkt werden kann. Die Frage, die noch zu beantworten bleibt, ist die, wie wir den restlichen Energiebedarf decken. In 4.2.7 haben wir gezeigt, wie dies aussehen könnte, wenn wir so tun als ob uns zukünftig keine neuen Energietechnologien zur Verfügung stehen. In diesem Abschnitt wollen wir nun aufgrund der Ergebnisse aus Kapitel 3 klären, wie hoch in München der Beitrag der unerschöpflichen Energiequellen bei den verschiedenen Bedarfsvarianten sein könnte und weiter, wie der dann noch übrigbleibende Bedarf auf möglichst effektive Art und Weise zu decken wäre. Als Technologien, die wir bereits heute als entwickelt und auch wirtschaftlich einsatzfähig ansehen verwenden wir:

- o Die Solarenergienutzung zur Raumheizung und Warmwasserbereitung über Kollektoren.
- o Die Biogaserzeugung aus tierischen Abfällen, Stroh, Naßmüll- und Klärschlammabfällen.
- o Die Nutzung von Umgebungsenergie über bivalente Gaswärmepumpen.
- o Die effektive gleichzeitige Erzeugung von Strom- und Wärme durch die Verwendung von Blockheizkraftwerken.
- o Wie in 3.3.4. gezeigt, ist die Windenergienutzung in München aufgrund des geringen Potentials und der daraus resultierenden Kosten heute noch nicht sinnvoll.

4.5.8.1. Das Berechnungsverfahren

Im Prinzip müssen wir ein Flußdiagramm wie in Kapitel 2.3 erstellen. Allerdings enthält dieses noch zusätzlich die oben genannten neuen Technologien. Andererseits haben wir einige Vereinfachungen vorgenommen, die aber sinnvoll sind, da eine Vorausschätzung von zu vielen Details nur scheinbar ein genaueres Ergebnis liefern würde.

Im folgenden erläutern wir unser Vorgehen anhand des Übersichtsbildes. Dieses Prinzip haben wir wieder in Rechenprotokolle auf unserem Mikrocomputer umgesetzt. Die detaillierten Ergebnisse sind in Anhang C und D zu finden.

SEJAM 2.8.83

Die Deckung: Berechnungsschema

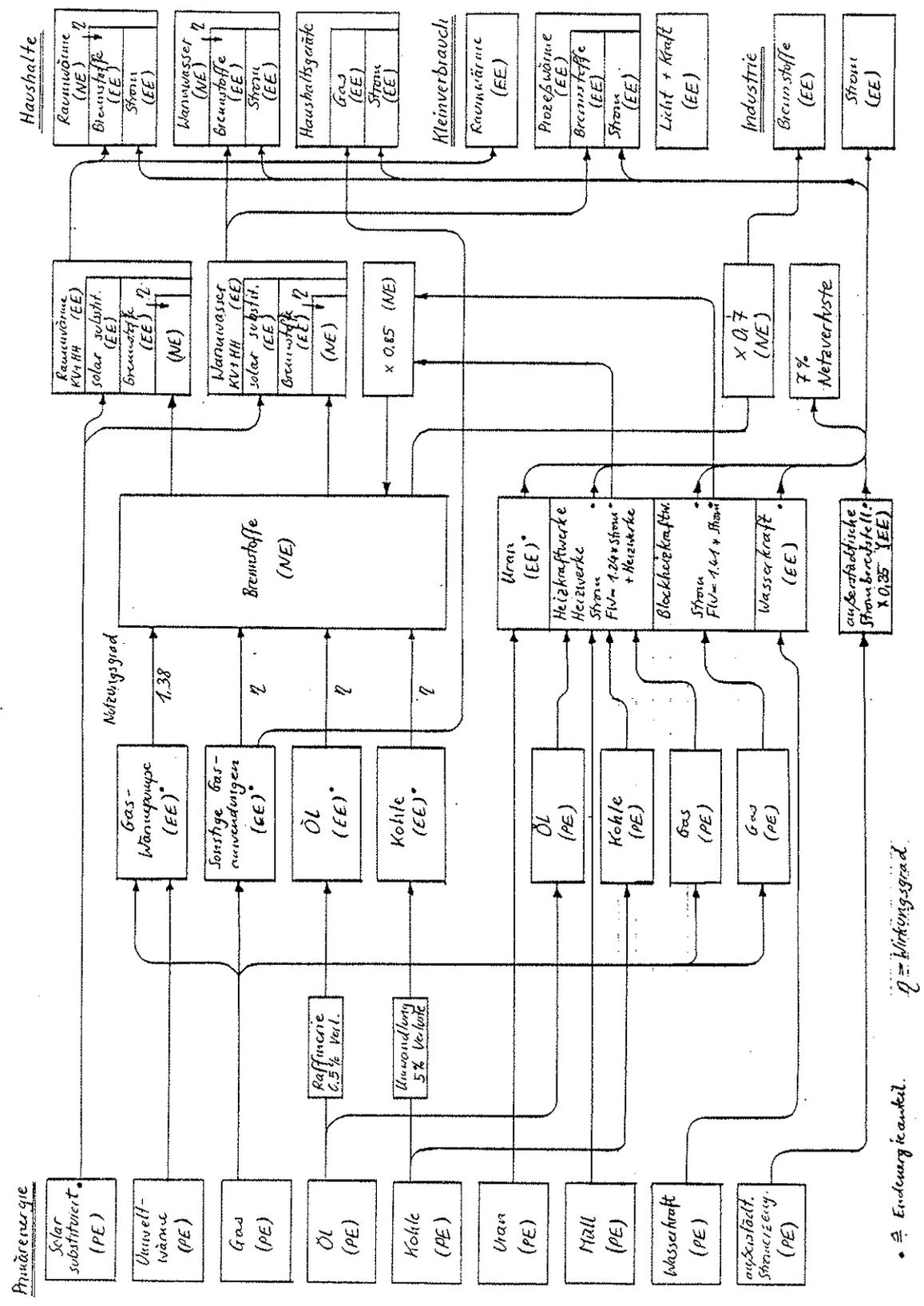


Bild 4-3: Berechnungsschema der Deckung

4.5.8.2. Unsere Ausgangsparameter

Aus den Bedarfsrechnungen benötigen wir die Nutzenergie bei Raumwärme und Warmwasser im Sektor Haushalte, ferner den durch Haushaltsgeräte verbrauchten Strom und das Gas für den Gasherd. Vom Kleinverbrauch werden die Raumwärme, der Strom aus dem Sektor Licht und Kraft und die elektrische und nichtelektrische Prozeßwärme verwendet. Aus der Industrie kommt noch der Bedarf an Brennstoffen und der Strom hinzu.

4.5.8.3. Die Deckung des zukünftigen Strombedarfs

Aus den Teilbeiträgen (siehe voriger Absatz) ergibt sich der uns schon vertraute gesamte Strombedarf. Nun geben wir als ersten Deckungsparameter den Anteil der außerstädtischen Stromlieferungen an. Daraus ergibt sich die entsprechende End- und Primärenergie, wobei ein mittlerer Wirkungsgrad von ca. 35 % auch in der Zukunft angenommen wird.

Der nun verbleibende innerstädtische Anteil wird teilweise wie heute durch einen Anteil Wasserkraft und eventuell zukünftig durch eine Kernkraftwerksbeteiligung wie Isar II gedeckt.

Der Restbedarf wird einerseits durch Heizkraftwerke und andererseits durch Blockheizkraftwerke nach dem Heidenheimer Modell oder kleinere Anlagen nach dem Berliner Modell (Stromofen) befriedigt. Dabei nehmen wir an, daß die Blockheizkraftwerke nur im Winterhalbjahr betrieben werden, da sie größtenteils in Wohngebäuden untergebracht sind und nur dann die erzeugte Wärme sinnvoll zu verwenden ist. Das oft gehörte Argument, damit seien Blockheizkraftwerke unwirtschaftlich, sticht nicht, da auch Ölheizungen im Sommer nicht oder nur wenig betrieben werden und bei entsprechender Massenproduktion die beiden Technologien kostenmäßig nicht mehr stark unterschiedlich sind. Auch ist zu bedenken, daß Blockheizkraftwerke bei entsprechender Rundsteuerung durch die Stadtwerke hervorragend zur Spitzenlastdeckung geeignet sind, was die Wirtschaftlichkeit stark verbessert. Voraussetzung ist dabei natürlich ein Tageswärmespeicher, der aber kein Problem darstellt (siehe auch 3.4.1).

Als mittlere Wirkungsgrade für die Heizkraftwerke und Blockheizkraftwerke halten wir uns an die Angaben im Energieprogramm 80 (E80) der Stadtwerke:

Heizkraftwerke:	Stromwirkungsgrad	: 29.4 %
	Fernwärmewirkungsgrad:	36.4 %
Blockheizkraftwerke:	Stromwirkungsgrad	: 33.7 %
	Fernwärmewirkungsgrad:	47.5 %

Damit liegen wir konservativ, da die Berliner hier noch etwas günstigere Werte für ihren Stromofen angeben (Brennwertnutzung).

Die erzeugte Fernwärme bestimmen wir dann folgendermaßen:

Heizkraftwerk:	Strom * 1.24 + Anteil der Heizwerke
Blockheizkraftwerke:	Strom * 1.41

Der Primärenergieeinsatz ist:

Heizkraftwerk:	Strom / 0.294
Blockheizkraftwerke:	Strom / 0.337

larer Brauchwasserbereitung fördert (kommunale Variante). Zur Vereinfachung nehmen wir an, daß im Sektor Haushalte und Kleinverbraucher der solare Anteil an der Warmwassererzeugung jeweils gleich hoch ist und in der Industrie keine solare Warmwassererzeugung erfolgt. Im einzelnen werden für den Bereich Haushalte und Kleinverbraucher folgende drei Varianten gerechnet:

Variante	Anteil solarer Brauchwasseranlagen an der Brauchwassererzeugung im Sektor Haushalte und Kleinverbraucher in %					
	1980	1990	2000	2010	2020	2030
minimal	0	3	8	12	16	20
kommunal	0	10	25	40	50	60
maximal	0	18	40	60	70	80

Unter Berücksichtigung des jährlichen Deckungsanteils einer solaren Brauchwasseranlage von 65% und der Warmwasserbedarfsentwicklung in den vier Varianten (im Sektor Kleinverbraucher wird der Warmwasseranteil mit 50% des Prozeßwärmebedarfs angesetzt) ergibt sich die in Anhang C dokumentierte Entwicklung.

Raumheizung

Aus den Überlegungen in Kapitel 3 heraus erscheint es uns sinnvoll, bei Typ 4 und Typ 5 nicht vom Einbau einer Solaranlage auszugehen, ebenso bei Typ 1, 1a und 2. Bei den letzteren sollte zunächst eine Wärmedämmung auf den Dämmstandard des Typs 3 durchgeführt werden. Bei Typ 3 halten wir den Einbau einer Solaranlage zu Heizzwecken für sinnvoll. Wie bei der solaren Brauchwasserbereitung rechnen wir wieder drei Varianten:

Variante	Anteil der Häuser vom Typ 3 in % mit Solarheizung					
	1980	1990	2000	2010	2020	2030
minimal	0	3	8	12	16	20
kommunal	0	10	25	40	50	60
maximal	0	18	40	60	70	80

Aus der Häuserdatei lassen sich die Anzahl der Einfamilienhäuser (EFH) und Mehrfamilienhäuser (MFH) sowie die zugehörige Bruttogeschoßfläche entnehmen. Da die Wärmebilanzen der Häuser jeweils auf eine 100 m²-Einheit bezogen sind, berechnen wir² aus diesen Daten die Anzahl der sogenannten "Normhäuser" (100 m²-Einheiten). Es ergibt sich:

	Normhäuser
EFH	96 460
MFH	645 540

Den Anteil der Häuser des Typs 3 für EFH und MFH für die jeweiligen Jahre entnehmen wir dem Bedarfsszenario. Bei MFH sinkt der Heizenergiebedarf auf Werte zwischen 50 und 79 % des EFH, je nach Anzahl der Wohnungen (siehe (6) und (9)). Wir rechnen mit einem mittleren Wert von 66 %. Man benötigt deshalb bei MFH deutlich weniger Kollektorfläche (etwa ein Drittel weniger), die Speichergröße für die Kollektoranlage läßt sich etwa um die Hälfte senken. Dadurch verringern sich auch die Probleme mit der Un-

! Anzahl der Norm-Mehrfami- !		! Anteil des Haustyps III !	
! lienhäuser (100 m2) !		! !	
+-----+-----+		+-----+-----+	
!	!	!	!
!	!	!	!
v	v		
+-----+-----+		+-----+-----+	
! Solar zu beheizende !		! spezifischer Wärmebedarf !	
! Normhäuser !		! !	
+-----+-----+		+-----+-----+	
!	!	!	!
!	!	!	!
v	v		
+-----+-----+		+-----+-----+	
! Wärmebedarf !		! Verbreitung der !	
! zur Raumheizung !		! Anlagen !	
+-----+-----+		+-----+-----+	
!	!	!	!
!	!	!	!
v	v	v	v
+-----+-----+		+-----+-----+	
! Solar substituierte Endenergie bei Mehrfamilienhäusern !			
+-----+-----+			

4.5.8.5. Einsparung durch Solararchitektur

Bei Typ S spart man 85% ein, d.h. 19811 Heizöl beim EFH, 9901 Heizöl beim MFH im Jahr. Aus den Annahmen über die Entwicklung der Häusertypen in den vier Varianten läßt sich damit die durch die Solararchitektur eingesparte Energiemenge berechnen.

Anteil des Typs 4 in den vier Varianten (bezogen auf 1980) in %

		1980	1990	2000	2010	2020	2030
EFH	obere	0	0	0	0	0	0
	kommunal	0	0	1	2	4	5
	kommunal Niedrig	0	0	1	2	4	5
	untere	0	0	12	18	23	25
MFH	obere	0	0	0	0	0	0
	kommunal	0	1	2	3	4	5
	kommunal Niedrig	0	1	2	3	4	5
	untere	0	1	11	12	13	14

1980: 645 540 Normwohnungen bei MFH
96 460 Normwohnungen bei EFH

daraus ergibt sich:

$$E_i = A_i \cdot f_i \cdot l_i \cdot 10.12 \text{ kWh/l (in kWh)}$$

mit

- E_i eingesparte Energie in GWh
- A_i Normwohnungen 1980 ($i = \text{MFH, EFH}$)
- f_i Anteil Typ IV bezogen auf 1980
- l_i eingesparte Liter Heizöl

Die Einsparungen betragen dann (Angaben in GWh):

	1980	1990	2000	2010	2020	2030
EFH						
obere	0	0	0	0	0	0
kommunal	0	0	27,22	54,95	110,92	139,92
kommunal Niedr.	0	0	25,44	50,88	101,76	127,20
untere	0	0	305,29	457,93	585,15	636,01
MFH						
obere	0	0	0	0	0	0
kommunal	0	66,46	138,08	209,05	281,31	354,87
kommunal Niedr.	0	64,52	129,04	193,56	258,08	322,61
untere	0	0	709,73	774,25	838,77	903,30
Summe						
obere	0	0	0	0	0	0
kommunal	0	66,46	165,30	264,0	392,23	494,79
kommunal Niedr.	0	64,52	154,48	244,44	359,84	449,81
untere	0	0	1015,02	1232,18	1423,90	1539,31

4.5.8.6. Die Deckung der restlichen Nutzenergie

Die Wirkungsgrade im Sektor Kleinverbrauch nehmen wir wieder analog der ISP-Studie an. Durch Addition des Industrieanteils an Nutzenergie ergibt sich die noch verbleibende Summe an Nutzenergie. Mangels detaillierter Zahlen gehen wir hier von einem über den gesamten Szenariozeitraum konstanten Wirkungsgrad von 70 % aus, was eine konservative Abschätzung darstellt.

Davon wird der in 3.4.2. bestimmte Fernwärmeanteil unter Berücksichtigung eines ungefähren Wirkungsgrades von 85 % abgezogen. Die Aufteilung auf die Energieträger Öl, Kohle und Gas wird wegen der Unterschiede in den einzelnen Varianten näher erläutert. Bei Gas wird dabei außer der heute bestehenden Gasheizungen (Gasöfen) und dem Bedarf des Gasherdes zukünftig noch der Gaswärmepumpe hinzukommen. Dabei planen wir nur bivalente Systeme ein, die die Umgebungswärme bei einem mittleren Nutzungsgrad von 1.38 aus der Luft entziehen.

4.5.8.7. Die Erzeugung von Biogas

Aus Kapitel 3.3. ist uns bekannt, daß innerstädtisch folgendes Potential zur Verfügung steht:

tierische Exkremente	:	26 GWh
Abfallstroh	:	27 GWh
Naßmüll und Klärschlamm	:	460 GWh
Summe		513 GWh

Bereits heute werden in Großlappen 100 GWh genutzt, so daß uns ein zusätzliches Potential von 413 GWh zur Verfügung steht. Nehmen wir nun als erste Näherung an, daß dieses Potential sich zukünftig entsprechend der Bevölkerung entwickelt und der Ausbau der Biomassevergärung bis zum Jahr 2010 dauert, so ergibt das die folgende Tabelle:

	1979	1990	2000	2010	2020	2030
Bevölkerung in %	100	94	89	86	83	81
max. Potential	413	388	368	355	343	335
Ausbau in %	0	20	50	100	100	100
reales Potential	0	78	194	355	343	335

Den durch die rückläufige Bevölkerung freiwerdenden Anteil an landwirtschaftlicher Anbaufläche berücksichtigen wir hier nicht, da dieser dringend für die Deckung des Treibstoffbedarfs (Sektor Verkehr) benötigt wird.

4.5.8.8. Die Endenergiebilanz

Hier werden all die vorher bestimmten Beiträge der Endenergieeinsatzstoffe zusammengerechnet. Außer Strom und Fernwärme sind dies die konventionellen Energieträger Gas, Öl und Kohle. Neu kommen hinzu die Solar- und Umweltwärme sowie der Biogasanteil. Welche Anteile summiert werden, kann am besten aus Bild 4-3 entnommen werden.

4.5.8.9. Die Primärenergiebilanz

Außer den vorangehend summierten Endenergieträgern, die eventuell noch durch die Berücksichtigung von Umwandlungsverlusten, die wir für die Zukunft als konstant annehmen, etwas erhöht werden, kommen noch Strom und Fernwärme hinzu, die hier durch die Primärenergieeinsatzstoffe ersetzt sind. Beim außerstädtischen Anteil nehmen wir dabei an, daß auch zukünftig der mittlere Wirkungsgrad sich nicht wesentlich verändern wird. Bei der Kernenergie rechnen wir mit einem Wirkungsgrad von 33 %, d.h. die bereitzustellende Primärenergie ist dreimal so hoch wie der erzeugte Strom. Da die Abwärme von 66 % der Primärenergie die Flüsse bzw. die Umgebung aufheizt und damit nicht unwesentlich belastet, können wir der Argumentation der Kraftwerksbetreiber nicht folgen, daß der Wirkungsgrad bei 100 % läge, da Uran ja anderweitig nicht verwendbar sei.

4.5.9. DIE OBERE VARIANTE

Diese Variante spiegelt in etwa die Verhältnisse wieder, die sich ergeben wenn die bisherige Energiepolitik von den Stadtwerken ohne wesentliche Änderungen weiterverfolgt wird. Einsparungen finden nur statt, soweit die Verbesserung der Technik dies ohnehin mit sich bringt. Der Komfortanstieg ist etwas schwächer als beim ökoinstitut angenommen, da das Energiebewußtsein der Bevölkerung seit 1980 bereits wieder etwas gewachsen ist.

Der Sektor Haushalte

Hier nehmen wir unter anderem an, daß sich das Verhältnis von Elektroherd zu Gasherd von 1979 (68 % zu 32 %) auf 80 % zu 20 % im Jahr 2030 verschiebt. Diese Annahme ist angesichts der heutigen Politik der Stadtwerke nicht unwahrscheinlich, obwohl Kosten- und Energiespargesichtspunkte den Elektroherd wenig sinnvoll erscheinen lassen.

Bei den technischen Verbesserungen rechnen wir mit wesentlich geringeren Werten als das ökoinstitut. Bei den Komfortsteigerungen übernehmen wir die Werte des ökoinstituts.

Da bereits heute Waschmaschinen mit Mischventil erhältlich sind, kann davon ausgegangen werden, daß auch bei dieser Variante ein gewisser Anteil solcher Maschinen eingesetzt wird (2030 ca. 40 %). Der Warmwasserbedarf pro Kopf wird von uns mit 50 l pro Tag für das Jahr 2030 abgeschätzt was einem Anstieg um 43 % entspricht. Warmwasserwärmerückgewinnung wird hier vernachlässigt.

Die Gesamtwohnfläche wird noch um ca. 10 % in den nächsten Jahren zunehmen, was bei abnehmender Bevölkerung noch ein gewaltiges Wachstum pro Kopf bedeutet (+ 35 %). Bei den verschiedenen Dämmtypen stellen wir uns die Entwicklung so vor, daß bei Einfamilienhäusern mehr gedämmt wird als bei Mehrfamilienhäusern, weil der Vermieter wohl kein Interesse daran hat, die Heizkosten seiner Mieter zu senken. Der Typ 4 bzw. 5 werden mangels Aufklärung der Bevölkerung kaum gebaut.

Der Sektor Kleinverbrauch

Die Annahme, daß die Arbeitsfläche pro Kopf noch um 40 % steigt dürfte wohl sehr optimistisch sein. Die Einsparungen bei Prozeßwärme und Licht und Kraft sind ebenso wie bei Haushalten erheblich schwächer als vom ökoinstitut angenommen. Der Anteil des Stroms bei Prozeßwärme wird in dieser Variante zukünftig weiter zunehmen, da dies die logische Folge der bisherigen städtischen Energiepolitik ist. Auch werden die Licht- und Kraftanwendungen bis zum Jahr 2030 gegenüber dem Raumwärmebedarf überproportional steigen (1.2 - fach).

Der Sektor Industrie

Die Steigerung des BIP pro Kopf wird mit zunächst 3.5 % pro Jahr recht hoch angesetzt und schwächt sich bis zum Jahr 2030 auf 1.5 % pro Jahr ab. Die Abschwächung der Einsparraten fällt hier nicht so stark aus, da die Industrie bereits in der Vergangenheit starkes Kostendenken bewiesen hat, was sich wohl auch in Zukunft nicht ändern wird.

Für die Bestimmung des Gesamtenergiebedarfs nehmen wir an, daß der Stromanteil bei Raumwärme und Warmwasser im Sektor Haushalte im Sinne der bisherigen städtischen Politik weiter zunehmen wird.

Die Deckung des Energiebedarfs

Der Stromverbrauch beträgt im Jahr 2030 rund 8599 GWh. Dabei nehmen wir an, daß auch dann die Stadt immer noch an einem Atomkraftwerk der Größe von Ohu II beteiligt ist (Ohu II ist nach heutigen Schätzungen nur bis etwa 2010 in Betrieb). Dies bringt bei 320 MW und 75 % Auslastung pro Jahr (nach bisherigen Erfahrungen mit der Atomenergie wären ca. 55 % realistischer):

$$320 \text{ MW} * 8760 \text{ h} * 75 \% = 2102 \text{ GWh}$$

Zusätzlich nehmen wir an, daß wegen des hohen Strombedarfs die Stadt auch weiterhin auf ca. 30 % außerstädtischen Strombezug angewiesen ist, was noch einmal

$$8599 * 30 \% = 2580 \text{ GWh}$$

bringt, womit 3521 GWh für die rein innerstädtische Erzeugung bleiben. Gegenüber heute rund 2700 GWh wäre das ein Anstieg um fast ein Drittel. Dies könnte bei Beibehaltung aller bisherigen Standorte der Heizkraftwerke durch ein zusätzliches innerstädtisches oder am Stadtrand liegendes Kraftwerk realisiert werden.

Bei der Fernwärme gehen wir davon aus, daß das Netz zukünftig entsprechend unseren Berechnungen in Kapitel 3 ohne Probleme noch ausgebaut werden kann. Allerdings bringt das Zuschalten von Ohu II, wie auch die Stadtwerke wissen, zumindest vorübergehend einige Probleme (EBO-21):

"Das Kernkraftwerk Isar 2 wird in begrenztem Maße Auswirkungen auf den stromseitigen Einsatz der innerstädtischen Heizkraftwerke haben. Bei optimaler Fahrweise nach üblichen Lastverteilerkriterien wird es Übergangsweise zu einer Erhöhung des in Spitzenkesseln zu erzeugenden Wärmeanteils kommen. Die Fernwärmeeerzeugungskosten werden sich dadurch vorübergehend etwas erhöhen, das bisherige Wärmeversorgungs-konzept wird durch die Kernkraftwerksbeteiligung jedoch nicht gestört."

Auch wir konnten feststellen, daß im Jahr 1990 dieses Problem mit Sicherheit ansteht. Bleibt nämlich der Bayernwerksanteil bei etwa 30 %, was 1604 GWh entspricht, und wird Isar II hinzugeschaltet (2102 GWh), so bleiben für die Heizkraftwerke in München nur noch 1244 GWh von den insgesamt 4996 GWh zu decken. Das wiederum würde nach unserer vorher angegebenen Beziehung bedeuten, daß bei bisheriger Fahrweise der Heizkraftwerke nur noch 1543 GWh Fernwärme erzeugt würden. Da aber, wie man an 1979 sehen kann, ca. 3500 GWh notwendig sind, muß auf Abhilfe gesonnen werden, wobei wir folgende Möglichkeiten sehen:

- Der Ausstieg aus Isar 2 wird vollzogen. Da damit die Ursache des Problems behoben würde, wäre dies die sauberste Lösung.
- Der Bayernwerksanteil wird entsprechend dem zuviel an Strom im Winter reduziert. Die Stadtwerke behaupten, daß dies aufgrund langfristiger Verträge nicht möglich sei. Diese Behauptung können wir nicht nachprüfen, da uns die Verträge

leider nicht zugänglich sind.

- Wie in 2.3.6 beschrieben, gibt es in München verschiedene Arten von Heizkraftwerken. Bei Entnahmekondensationskraftwerken und Gasturbinen kann das Verhältnis von Fernwärme zu Strom so variiert werden, daß nach unseren Berechnungen fast die gesamte notwendige Fernwärme (ca. 80 %) bereit gestellt werden kann. Der Rest von etwa 20 % müßte über Heizwerke erzeugt werden (siehe obiges Zitat!).

Da uns die letzte Möglichkeit im Rahmen der oberen Variante am plausibelsten vorkommt, setzen wir dies in unsere Rechnung ein. Wir wollen nun vereinfachend annehmen, daß der Kraftwerkspark, so wie er heute besteht, auch in den nächsten 20 Jahren vorhanden ist. Dann kann davon ausgegangen werden, daß mit den Gegendruckanlagen pro Jahr 442 GWh Strom und 1780 GWh Fernwärme erzeugt werden (konstantes Verhältnis!). Die Entnahmekondensationsanlagen können maximal Strom zu Fernwärme im Verhältnis 2 : 3 liefern, d.h. die erzeugbare Fernwärme ergibt sich durch den noch zu erzeugenden Strom. Die restliche noch benötigte Fernwärme (20 % im Jahr 1990) muß durch Heizwerke bereitgestellt werden. Uns ist dabei bewußt, daß wir die zeitlichen Verläufe des Strombedarfes bei dieser Überschlagsrechnung außer acht lassen. Wir wollten nur zeigen, daß aus technischer Sicht auch bei Zuschalten von Öhu die Fernwärmeversorgung gesichert ist. Was das kostenmäßig bedeutet, muß die Zukunft zeigen.

Die Berechnung der notwendigen Primärenergie zur Strombereitstellung geschieht unter der Annahme eines Wirkungsgrades von 90 % bei den Gegendruckanlagen, 80 % bei den Heizwerken und 55 bis 75 % bei den Entnahmekondensationsanlagen (je nach dem Verhältnis Strom zu Fernwärme).

Die gesamte Rechnung sieht folgendermaßen aus (Werte in GWh):

	!	1980	1990	2000	2010
innerstädtischer Strom (aus Szenario)	!	2691	1244	1726	2307
Fernwärme bei Betrieb wie heute	!	3443	1928	2247	3003
	!				
Gegendruckanlagen: Strom	!	442	442	442	442
Fernwärme	!	1780	1780	1780	1780
	!				
Entnahmekondens. : Strom	!		802	1284	1865
Fernwärme	!		1203	1687	1735
	!				
Heizwerke in %	!		20	5	5
absolut	!		597	183	185
	!				
Fernwärme insgesamt	!	3443	3580	3650	3700
	!				
Primärenergie	!				
Gegendruckanlage (90 %)	!		2469	2469	2469
Entnahmekondensation (75/65/55 %)	!		2673	4571	6545
Heizwerke (80 %)	!		746	229	231
	!				
Summe der Primärenergie	!		5888	7269	9245

Dank der weiteren Steigerung des Strombedarfes beruhigt sich somit die Situation zunehmend, und ab dem Jahr 2010 können in München die Heizkraftwerke wieder in etwa wie heute gefahren

werden.

Die Stadtwerke würden in größte Verlegenheit kommen, wenn der Strombedarf nicht so wie geplant ansteigen wird. Wir warten gespannt darauf, was dann als Lösung von der Stadt vorgeschlagen wird. Die Stadtwerke sollten dies aber bereits heute in ihre Planungen miteinbeziehen. Die andere Lösung - Reduktion des Bayernwerksanteils - müßte wegen des stagnierenden Strombedarfs auf lange Zeit vereinbart werden. Wenige Jahre würden das Problem nur verschieben.

Beim Müll haben wir angenommen, daß sein Beitrag in Zukunft in etwa konstant bleibt (1200 GWh) pro Jahr. Bei abnehmender Bevölkerung ist damit allerdings immer noch ein Anstieg der Müll-erzeugung des Münchner Bürgers verbunden.

Da die Stadtwerke heute noch kein Blockheizkraftwerk installiert haben, glauben wir, daß dies auch in Zukunft nicht der Fall sein wird.

Die Solarenergieanteile entnehmen wir den Berechnungsprotokollen in Anhang C. Die restliche Nutzenergie wird weiterhin durch konventionelle Energieträger gedeckt, wobei Öl und Kohle zukünftig nach den heutigen Aussagen der Stadtwerke (Förderung leitungsgebundener Energieträger) auf Kosten von Gas abnehmen. Wie stark die Substitution sein wird und ob dies politisch sinnvoll ist, kann schlecht abgeschätzt werden. Andererseits scheint es uns auch ziemlich unwesentlich zu sein, welcher erschöpfliche Energieträger verbraucht wird. Für Gas spricht allerdings seine relativ hohe Umweltfreundlichkeit und die eventuell zukünftige Substitutionsmöglichkeit durch Wasserstoff und Biogas.

Wegen der oben erwähnten Müllpolitik setzen wir den Biogasan- teil auf Null.

Mit diesen Annahmen ergeben sich die entsprechenden End- und Primärenergieaufteilungen.

4.5.10. DIE KOMMUNALE WACHSTUMSVARIANTE

Hier nehmen wir an, daß die Stadt alle Anstrengungen, die auf kommunaler Ebene möglich sind, unternimmt, um Einsparungen zu fördern. Dies heißt, daß die in unserem Maßnahmenteil angegebenen Punkte möglichst bald umgesetzt werden. Andererseits ist hier zu- grundgelegt, daß die Bundesregierung kaum weitere Energiesparge- setze erläßt, so daß von außen keine Hilfe zu erwarten ist (Selbsthilfeszenario). Die Komfortmaßnahmen lassen wir gleich wie bei der oberen Variante, d.h. den Münchner Bürgern wird es in Zukunft noch erheblich besser gehen als heute.

Der Sektor Haushalte

Aufgrund einer entsprechenden Aufklärung der Stadt prognosti- zieren wir einen Rückgang des Anteils der Elektroherde (40 % im Jahr 2030) zugunsten der Gasherde (60 % im Jahr 2030).

Die technischen Verbesserungen werden etwas schwächer angenom- men als dies vom ökoinstitut abgeschätzt wird, da die Stadt auf die außerstädtischen Hersteller nur wenig Einfluß hat. Die Kom- fortsteigerungen sind entsprechend den Werten des ökoinstituts angesetzt.

Spülmaschinen und Waschmaschinen mit getrennter Warmwasserversorgung kommen bis zum Jahr 2030 auf einen Anteil von 80 %. Der Warmwasserbedarf pro Kopf ist gleich dem der oberen Variante (50 l im Jahr 2030). Allerdings rechnen wir damit, daß zukünftig Warmwasserrückgewinnung sowohl in Alt- als auch Neubauten langsam eingeführt wird.

Die Gesamtwohnfläche ist gleich der der oberen Variante (110 % im Jahr 2030). Bei den verschiedenen Dämmtypen wird durch das Vorbild der städtischen Bauten und entsprechende Aufklärungsmaßnahmen auch im privaten Bereich eine ähnliche Entwicklung eingeleitet.

Der Sektor Kleinverbrauch

Auch hier steigt die Arbeitsfläche pro Kopf wie bei der oberen Variante. Die Einsparungen sind wieder leicht schwächer als beim ökoinstitut angesetzt. Der Anteil des Stroms bei Prozeßwärme nimmt langsam ab. Alle anderen Parameter sind wie bei der oberen Variante angenommen.

Der Sektor Industrie

Alle Parameter bleiben gleich denen der oberen Variante bis auf die Einsparungen, die wieder etwas schwächer als beim ökoinstitut angenommen werden.

Bei der Errechnung des Gesamtenergiebedarfs wird hier ein auf Null sinkender Stromanteil bei Raumwärme und Warmwasser im Sektor Haushalte vorausgesetzt. Der hochwertige Energieträger Strom soll ja - wie bereits früher erwähnt - nicht für Niedertemperaturzwecke verschwendet werden.

Die Deckung des Energiebedarfs

Wir nehmen an, daß der Anteil der außerstädtischen Stromerzeugung bis zum Jahr 2030 auf Null sinkt. Eine Atomkraftwerksbeteiligung ist selbstverständlich nicht notwendig.

Durch den Bau eines Tageswärmespeichers wie in Flensburg und/oder den Einsatz von Blockheizkraftwerken, welche ebenfalls mit Kurzzeitwärmespeichern versehen sind, könnte der Einsatz der Heizwerke weitgehend überflüssig werden. Wir glauben, daß dies bis zum Jahr 2010 der Fall sein kann.

Unter der Annahme, daß zukünftig in München Wirbelschichtfeuerung eingesetzt wird, ist eine verstärkte Kohlenutzung zur Stromerzeugung weniger problematisch als heute. Allerdings ist zu beachten, daß zur schnellen Bereitstellung von Stromspitzen weiterhin Gasturbinen notwendig sein werden. Wir nehmen hier pauschal an, daß diese im Jahr 2030 ca. 15 % des jährlichen Strombedarfs zur Verfügung stellen werden. Wahrscheinlich könnte aber dieser Wert noch gesenkt werden, wenn entsprechende Lastausgleichsmaßnahmen ergriffen würden, wie zeitvariable Tarife, Rundsteuerung oder Ähnliches. Auch der Einsatz von Blockheizkraftwerken kann hier Entlastung bringen. BI ist ab 2000 nicht mehr notwendig. Weshalb wir die Müllverbrennung ablehnen, haben wir in Kapitel 3 beschrieben. Diese Art der Energieerzeugung geht daher mit der Lebensdauer der Müllkraftwerke zu Ende.

Der Anteil der Blockheizkraftwerke steigt entsprechend dem Mehrbedarf an Strom im Winter bis zum Jahr 2030 langsam bis auf 20 % an. Der Solar deckbare Wärmeanteil ist aus Anhang C entnommen.

Zuletzt bleibt noch die verbleibende Nutzenergie zu decken. Auch hier nehmen wir an, daß das Öl bis 2020 substituiert ist. Auch Kohle als unattraktive Technologie wird bis 2010 ersetzt. Bei Gas nehmen wir an, daß die Gaswärmepumpe wegen ihrer hohen Attraktivität bis zum Jahr 2030 80 % der Gasanwendungen beherrscht.

Wir setzen hier den in 3.3.2. bestimmten Verlauf des Biogasan- teils ein.

Auch damit ergibt sich wieder die End- und Primärenergieauftei- lung.

4.5.11. DIE KOMMUNALE NIEDRIGWACHSTUMSVARIANTE

Diese Variante kombiniert die Einsparanstrengungen der kommunalen Wachstumsvariante und die Annahme eines Niedrigwachstums (also nur noch leicht steigender Komfort). Sie gibt sozusagen einen Richtwert für das Maximum an Energieeinsparung an, das die Stadt ohne fremde Hilfe verwirklichen kann ohne daß es den Münchner Bürgern schlechter gehen muß.

Der Sektor Haushalte

Die Einsparungen sind gleich denen der kommunalen Wachstumsvariante gesetzt. Der Komfort ist allerdings auf dem Wert von 1980 festgehalten, was allerdings nicht für die Haushaltsgeräteausrüstung gilt. Hier rechnen wir noch mit starkem Wachstum.

Gegenüber der vorigen Variante ist hier eine konstante Gesamt- wohnfläche angenommen, was aber pro Kopf noch einem Wachstum von 23 % bis zum Jahr 2030 entspricht.

Der Sektor Kleinverbrauch

Auch hier wurde gegenüber der vorigen Variante nur die Arbeits- fläche pro Kopf von 140 % auf 130 % im Jahr 2030 vermindert. Auch bei Licht und Kraft wurde nur eine proportionale Steigerung in Bezug auf den Raumwärmebedarf eingerechnet.

Der Sektor Industrie

Hier liegt der wesentlich Unterschied im geringeren Anstieg des BIP. Ab dem Jahr 2000 rechnen wir mit einem Stagnieren der Wirtschaftstätigkeit.

Alle übrigen Parameter sind gegenüber der kommunalen Wachstums- variante unverändert.

Die Deckung des Energiebedarfs

Bei der Deckung scheint uns wegen des geringeren Strombedarfs eine schnellere Abkopplung von der außerstädtischen Stromversor- gung möglich. Aus Anhang C entnehmen wir wieder die Solaranteile. Auch kann das Öl etwas schneller substituiert werden. Alle übrige

gen Parameter haben wir nicht verändert.

4.5.12. DIE UNTERE VARIANTE

In dieser Variante wollten wir ergründen, was aus heutiger Sicht maximal in München erreichbar ist. Dies erfordert allerdings, daß wie bei der vorigen Variante der Münchner Bürger keine wesentlichen Komfortsteigerungen mehr erwartet und daß andererseits die Bundesregierung Energiesparmaßnahmen stark fördert. Damit können die Einsparmaßnahmen des Ökoinstituts voll übernommen werden.

Der Sektor Haushalte

Die Entwicklung der Elektro- und Gasherde ist analog zu der kommunalen Variante angenommen.

Die technischen Verbesserungen sind gleich denen des Ökoinstituts. Der Komfort ist auf dem Niveau von 1980 festgehalten.

Geräte mit getrenntem Warmwasseranschluß sind bei entsprechender Bundesgesetzgebung bis zum Jahr 2000 in allen Haushalten eingeführt (Lebensdauer ca. 10 bis 15 Jahre!). Der Dusch- und Warmwasserbedarf bleibt auf dem heutigen Niveau, was durch weiter steigendes Energiebewußtsein denkbar ist.

Der Einbau von Wärmerückgewinnungsanlagen wird in Neubauten und Altbauten bei notwendigen Erneuerungsarbeiten zwingend vorgeschrieben (Neubaurate ca. 0.5 % pro Jahr --> 5 % pro Jahrzehnt).

Der Index der Gesamtwohnfläche bleibt konstant, was pro Kopf aber noch eine weitere Steigerung bedeutet. Die Haustypenanteile wurden analog dem Ökoinstitut angenommen.

Der Sektor Kleinverbrauch

Auch hier lassen wir die Arbeitsfläche pro Kopf noch auf 130 % steigen. Die Einsparungen sind denen des Ökoinstituts gleich, auch der Stromanteil nimmt bei Prozeßwärme stärker ab als bei den kommunalen Varianten. Die Energiedienstleistung bei Licht und Kraft lassen wir proportional zum Raumwärmebedarf steigen.

Der Sektor Industrie

Hier ist die Veränderung des BIP gleich der kommunalen Niedrigwachstumsvariante gesetzt. Die Einsparraten entsprechen denen des Ökoinstituts.

Der Stromanteil bei Warmwasser und Raumwärme im Sektor Haushalte wird auch hier aus den oben angegebenen Gründen gegen Null gehen.

Die Deckung des Energieverbrauchs

Hier ist durch die parallele unterstützende Entwicklung in der Bundesrepublik eine noch schnellere Entkopplung von der außerstädtischen Stromversorgung möglich. Auch die Heizwerke werden schneller überflüssig. Ferner findet der Übergang von Heiz- zu Blockheizkraftwerken rascher statt. Aus 3.3.1. wird wiederum der solare Anteil eingesetzt. Wegen des stark sinkenden Energiebe-

darfs ist auch die schnelle Substitution von Öl und Kohle bei der restlichen Nutzenergie möglich.

Wesentlich ist, daß diese Variante nicht die absolute untere Grenze darstellt, die ohne Wohlstandsverzicht erreichbar ist. Weitere Fortschritt in der Technik und im Bewußtsein der Bürger könnten noch niedrigere Energieverbrauchswerte ermöglichen. Dies ist nicht unwahrscheinlich, wenn nur 50 Jahr zurückgedacht wird. Kein Mensch hätte sich damals unsere heutige Situation vorstellen können, insbesondere nicht unsere technischen Möglichkeiten.

4.5.13. ÜBERSICHT ÜBER DIE PARAMETER

Die in den vorigen Kapiteln behandelten Parameter haben wir zur besseren Übersicht in der folgenden Tabelle zusammengefaßt. Sind zwei Werte angegeben, so bezieht sich der erste auf 1979, der zweite auf 2030. Ein mit einem Vorzeichen versehener Wert gibt den Anstieg bzw. Abfall um diesen Prozentsatz gegenüber dem heutigen Wert an.

	obere Variante	kommunale Wachstumsvariante	kommunale Niedrigwachstumsvariante	Untere Variante
<u>Allgemeine Parameter</u>				
Politik der Stadt München	Wie bisher	alle möglichen Anstrengungen 1)	alle möglichen Anstrengungen 1)	alle möglichen Anstrengungen 1)
Politik der Bundesregierung	keine weiteren Anstrengungen	keine weiteren Anstrengungen	keine weiteren Anstrengungen	alle möglichen Anstrengungen
Bevölkerung innerstädtisch in der BRD	- 18,5 % - 27 %	- 18,5 % - 27 %	- 18,5 % - 27 %	- 18,5 % - 27 %
Wirtschaftswachstum Wachstumsrate bis 1990	steigt stark 3,5 %	steigt stark 3,5 %	steigt mäßig 1,0 %	steigt mäßig 1,0 %
Bruttoinlandsprod./Kopf	x 3,43	x 3,43	x 1,16	x 1,16
Strukturwandel (Anteil Ind.)	36 % ... 30 % 2)	36 % ... 30 % 2)	36 % ... 30 % 2)	36 % ... 30 % 2)
<u>Komfortsteigerungen</u>				
Haushaltsgeräte: Verbreitung Komfort	stark steigt stark	stark steigt stark	mäßig steigt stark	mäßig steigt stark
Warmwasserverbrauch/Kopf+Tag	steigt stark	steigt stark	bleibt wie heute	bleibt wie heute
Wohnfläche/Kopf	35 l ... 50 l + 35 %	35 l ... 50 l + 35 %	35 l wie heute + 23 %	35 l wie heute + 23 %
Arbeitsfläche/Beschäftigten	+ 40 %	+ 40 %	+ 30 %	+ 30 %
<u>Technische Verbesserungen</u>				
Wirkungsgrad bei Raumheizung bei Warmwasserbereitung bei Haushalten	mäßig (Trend) 63 % ... 85 % 52 % ... 73 %	stark 63 % ... 93 % 52 % ... 80 %	stark 63 % ... 93 % 52 % ... 80 %	sehr stark 63 % ... 93 % 52 % ... 80 %
bei Haushaltsgeräten Geräte mit HW-Anschluß Wärmerückgewinnung Wärmedämmung	mäßig (Trend) 0 % ... 40 % 0 % ... 0 % nach WSchVO 4)	geeignete Auswahl 3) 0 % ... 80 % 0 % ... 8 % stark	geeignete Auswahl 3) 0 % ... 80 % 0 % ... 8 % stark	stark 0 % ... 100 % 0 % ... 23 % sehr stark
Einsparung bei EFH	0 % ... 41 %	0 % ... 49 %	0 % ... 49 %	0 % ... 71 %
Einsparung bei MFH	0 % ... 20 %	0 % ... 44 %	0 % ... 44 %	0 % ... 69 %
Anteil Strom/Raumwärme	3 % ... 15 %	3 % .. 0 % ab 2010	3 % .. 0 % ab 2010	3 % ... 0 % ab 2010
Anteil Strom/Warmwasser bei Kleinverbrauchern	18 % ... 25 %	18% .. 0 % ab 2010	18% .. 0 % ab 2010	18% ... 0 % ab 2010
Einspar. bei Raumwärme	0 % ... 20 %	0 % ... 44 %	0 % ... 44 %	0 % ... 69 %
Einspar. bei Prozeßwärme	0 % ... 15 %	0 % ... 30 %	0 % ... 30 %	0 % ... 40 %
Einspar. bei Licht/Kraft	0 % ... 15 %	0 % ... 25 %	0 % ... 25 %	0 % ... 35 %
in der Industrie je nach Industriesparte				
bei Strom	5 % bis 25 %	9 % bis 40 %	9 % bis 40 %	9 % bis 62 %
bei Brennstoffen	20 % bis 30 %	31 % bis 50 %	31 % bis 50 %	31 % bis 70 %
<u>Einsatz neuer Technologien</u>				
Kernkraftwerksbeteiligung außerstädtischer Stromanteil	ja 30 % ... 30 %	nein 30 % .. 0 % ab 2030	nein 30 % .. 0 % ab 2020	nein 30 % .. 0 % ab 2020
Blockheizkraftwerke	ja 0 % ... 0,5 %	ja (20 % bis 2030) 0 % ... 5 %	ja (20 % bis 2030) 0 % ... 5 %	ja (20 % bis 2030) 0 % ... 33 %
Solarenergie bei Raumwärme bei Warmwasser	0 % ... 17 %	0 % ... 35 %	0 % ... 36 %	0 % ... 46 %
Müllbeseitigung				
weiter Müllverbrennung	ja	nein (nur bis 2000)	nein (nur bis 2000)	nein (nur bis 2000)
neues Müllkonzept	nein	ja	ja	ja
Gaswärmepumpen				
Anteil an Gasheizungen	0 % ... 10 %	0 % ... 80 %	0 % ... 80 %	0 % ... 80 %

1) siehe Kapitel 5

2) Der erste Wert gilt für 1980, der zweite für 2030

3) Da die Stadt keinen Einfluß auf die Gerätehersteller hat, nehmen wir an, daß immer das energiesparendste Gerät ausgewählt wird.

4) WSchVO: Wärmeschutzverordnung

Bild 4-4: Übersicht über die Szenarioparameter

4.6. DIE SZENARIOERGEBNISSE UND IHRE BEWERTUNG

Bei der Auswertung der Szenarioergebnisse war selbst für uns überraschend, daß zukünftig auch bei noch starkem Komfort- und Wirtschaftswachstum (obere Variante) kein weiteres Anwachsen des Münchner Endenergieverbrauches zu erwarten ist. Der Primärenergieverbrauch der oberen Variante steigt zwar noch leicht, was jedoch im wesentlichen auf die Verdopplung des Stromverbrauchs zurückzuführen ist. Die ernsthaften Einsparanstrengungen der kommunalen Wachstumsvariante bringen unter den gleichen Voraussetzungen bereits ein Absinken des Primär- und Endenergieverbrauchs um ein Viertel. Wird das Wirtschaftswachstum nicht so hoch angesetzt und auch nur mäßig steigender Komfort angenommen, so ist sogar ein Rückgang des Energieverbrauchs um mehr als die Hälfte des heutigen Wertes denkbar (kommunale Niedrigwachstumsvariante). Kommen dazu noch die Anstrengungen des Bundes, so wird ein nochmals um rund ein Viertel niedrigerer Wert erreicht, der etwa gleich einem Drittel des heutigen Verbrauchs ist (Bild 4-5).

Die Bandbreite unseres Ergebnisses zeigt deutlich, welche gewaltigen Spielräume bei der Energieplanung zukünftig zur Verfügung stehen. Der tatsächliche Verbrauch wird sehr wahrscheinlich in diesem Bereich liegen.

Interessant ist nun, welche Anteile der Energieträger zukünftig zur Deckung der einzelnen Varianten benötigt werden.

Es zeigt sich, daß bei der oberen Variante der Anteil nichterschöpflicher Energieträger (Wasser, Sonne, Biomasse) relativ gering ausfällt. Aber auch bei der unteren Variante sind nach unseren Abschätzungen nur ca. 30 % möglich. Dies bedeutet natürlich, daß eines unserer Ziele, nämlich die möglichst weitgehende Deckung durch regenerative Energien, nur zu einem kleinen Teil erreicht ist. Dies hängt einfach damit zusammen, daß wir ein "Inselkonzept" entwickelt haben, welches das Umland außer acht läßt. Wir glauben nicht, daß die ausschließliche Deckung durch nichterschöpfliche Energieträger für eine derart dicht besiedelte Region wie die Stadt München jemals erreichbar ist.

4.6.1. VERGLEICH ZWISCHEN OBERER UND UNTERER VARIANTE

Nun wollen wir uns etwas näher mit den Auswirkungen der einzelnen Varianten beschäftigen. Dabei ist eine Gegenüberstellung der oberen und der unteren Variante ausreichend. Für die beiden kommunalen Varianten gelten alle Aussagen dann in entsprechend abgeschwächter Form.

Bei der oberen Variante wird im Jahr 2030 fast 7 % mehr erschöpfliche Energie eingesetzt als heute. Dies kann kein langfristiges Konzept sein. Hier wird nur vordergründig eine Verschiebung von Öl auf Strom oder Gas vorgenommen, das eigentliche Problem aber - die Abhängigkeit von fossilen und nuklearen Energieträgern - wird nicht gelöst. Zu bedenken ist auch, daß die Umstellung auf nichterschöpfliche Energieträger und die Maßnahmen zur Energieeinsparung Energie benötigen. Wenn wir zu lange warten, wird diese entweder nicht mehr ausreichend zur Verfügung stehen oder aber zumindest sehr teuer werden. Zudem ist es moralisch nicht zu rechtfertigen, unseren hohen Verbrauch an fossilen Energieträgern auch für die Zukunft aufrechtzuerhalten. Wertvolle

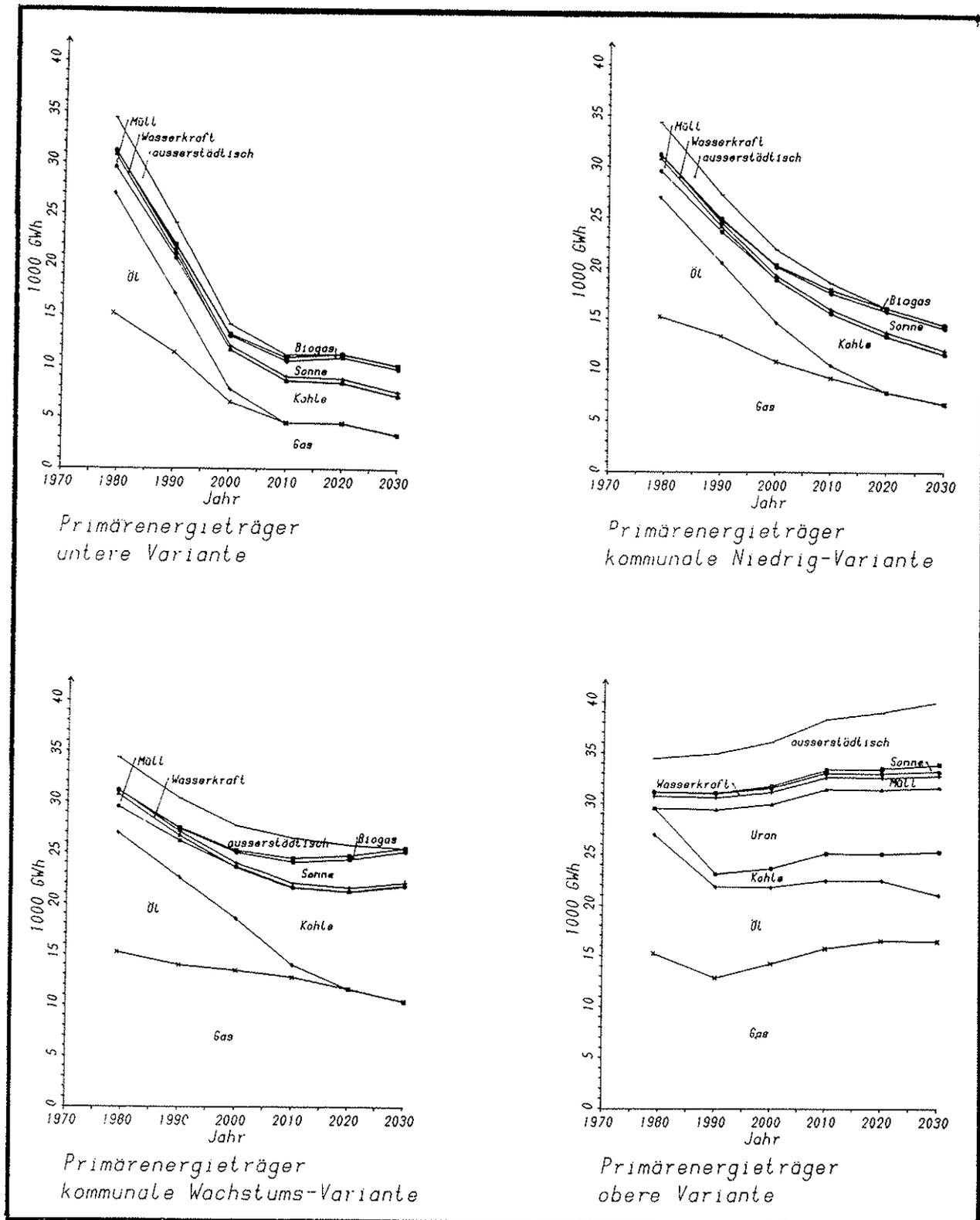


Bild 4-5: Primärenergie: Die vier Varianten im Vergleich

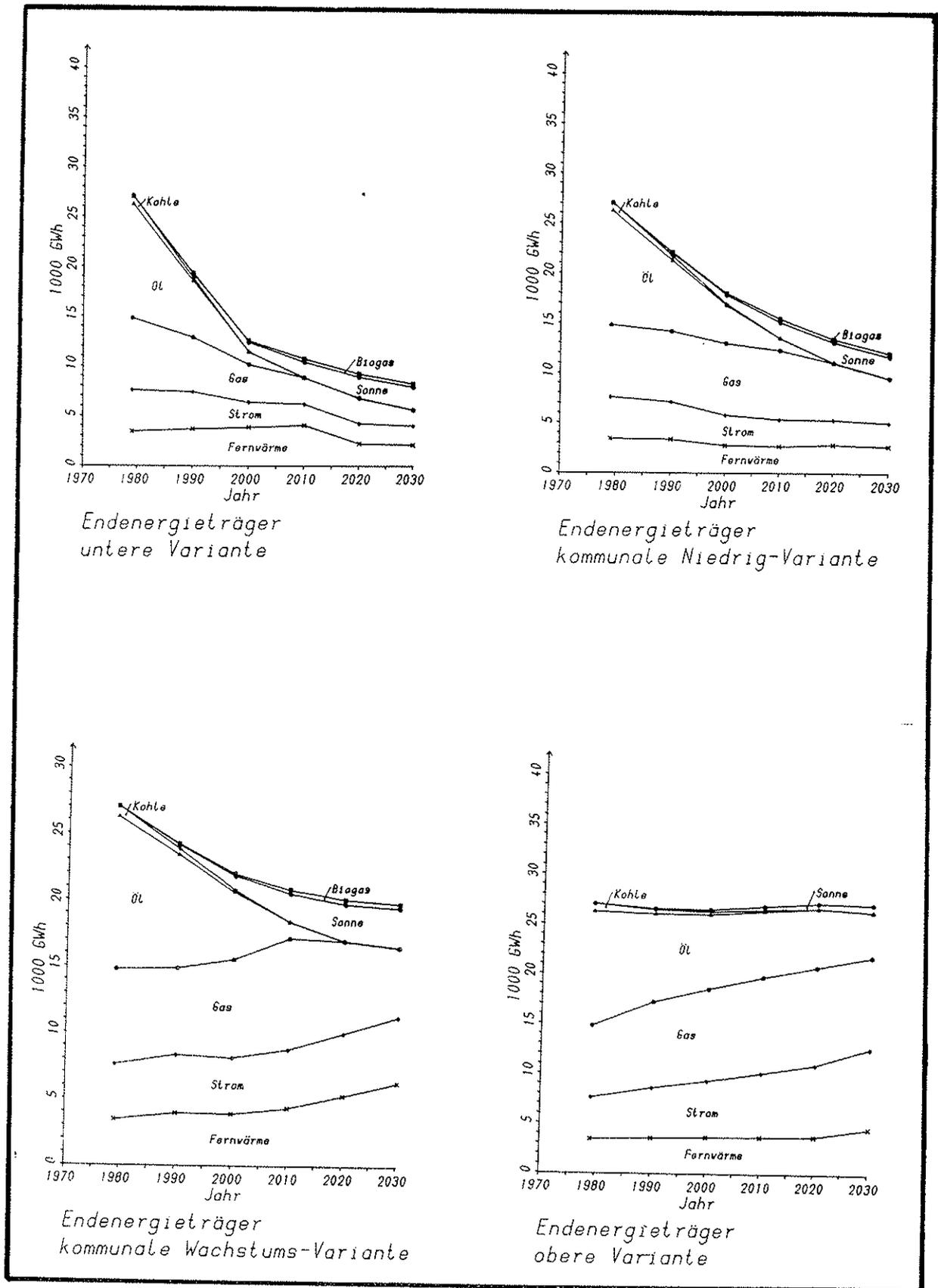


Bild 4-6: Endenergie: Die vier Varianten im Vergleich

Rohstoffe werden ohne zwingende Notwendigkeit unwiederbringlich vernichtet. Dafür werden unsere Nachfahren kaum Verständnis aufbringen können.

Die Vorteile der unteren Variante sind offensichtlich: Die Umstellung findet rasch (aber ohne Hast) statt und führt dazu, daß in 50 Jahren nur noch knapp ein Viertel des heutigen Verbrauchs an erschöpflichen Energieträgern benötigt wird. Auch findet dadurch eine starke Verringerung der Abhängigkeit vom Ausland statt. Bei der oberen Variante treten dagegen nur Verschiebungen auf: weg von den erdölproduzierenden, hin zu den erdgaserzeugenden Ländern. Ein weiterer Vorteil für unsere Volkswirtschaft ist die Tatsache, daß durch Energiesparen und Nutzung nichterschöpflicher Energieträger vor allem Investitionen im Inland getätigt werden. Andererseits eignen sich die neu entwickelten Technologien auch hervorragend für den Export.

Wir sollten uns auch fragen, wie sicher unsere Energieversorgung ist. Prinzipiell ist diejenige mit geringem Energieverbrauch sicherer als die mit hohem. Ferner bieten Systeme zur Energieeinsparung (z.B. Wärmedämmung) neben dem Vorteil einer verringerten Reservehaltung eine extrem hohe Ausfallsicherheit. Wie wir gesehen haben, verringert der Rückgang des Primärenergieverbrauchs Abhängigkeiten aller Art, was ebenfalls zur Sicherheit beiträgt.

Ferner bietet der Wegfall von sogenannten "Sachzwängen" - wie etwa weiter steigender Strombedarf - auch in Zukunft größere Handlungsspielräume. Es muß z.B. nicht mehr entschieden werden, wo ein neues Kraftwerk gebaut werden soll, sondern welches stillgelegt wird. Dies läßt sich an den Bildern 4-7 und 4-8 zeigen. Wir haben dort den Verlauf der installierten Leistung, unter Berücksichtigung der Bauarbeiten an den Kraftwerken, eingezeichnet. Wenn man von der installierten Leistung die Leistung des größten Blocks abzieht (Reserve), so erhält man die gesicherte Leistung. Die benötigte Spitzenlast muß stets kleiner sein. Wir haben nun die voraussichtlich benötigte Spitzenlast in den einzelnen Varianten (unter der Voraussetzung konstanter Volllaststundenzahl) abgeschätzt. Wie man sieht, kommen alle Varianten, außer der oberen Variante ohne den Zubau neuer Kraftwerke aus (Bild 4-7). Bemerkenswert ist auch, daß sich durch die Inbetriebnahme von Ohu II die gesicherte Leistung nur um 125 MW erhöht, da jeweils der größte Block (in diesem Fall 320 MW) als Reserve vorgehalten werden muß.

Auch führen die kürzeren Planungs- und Bauzeiten bei Blockheizkraftwerken oder kollektiven Gaswärmepumpen zu größerer Flexibilität und schnellerer Reaktion bei Auftreten von unerwartet hohem Energiebedarf. Dies bringt ebenfalls Sicherheit und Handlungsfreiheit.

Auf andere Gesichtspunkte wie etwa die Gefahr verstärkter Sicherheits- und Kontrollmaßnahmen bei der Nutzung sensibler Großtechnologien wie etwa der Kernenergie wollen wir hier nicht näher eingehen. Neueste Untersuchungen (Spiegel 36/1983 bzw. 37/1983) deuten darauf hin, daß bisher offensichtlich nicht alle Konsequenzen solcher Technologien bedacht wurden. Keinesfalls dürfen derartige Auswirkungen verharmlost werden, da sie unsere Demokratie nachhaltig schädigen könnten.

Zum Schluß wollen wir noch anmerken, daß die untere Variante eine gerechtere Gesellschaft fördert. So ist zu bedenken, daß sozial schwache Personen durch hohe Energiepreise besonders bela-

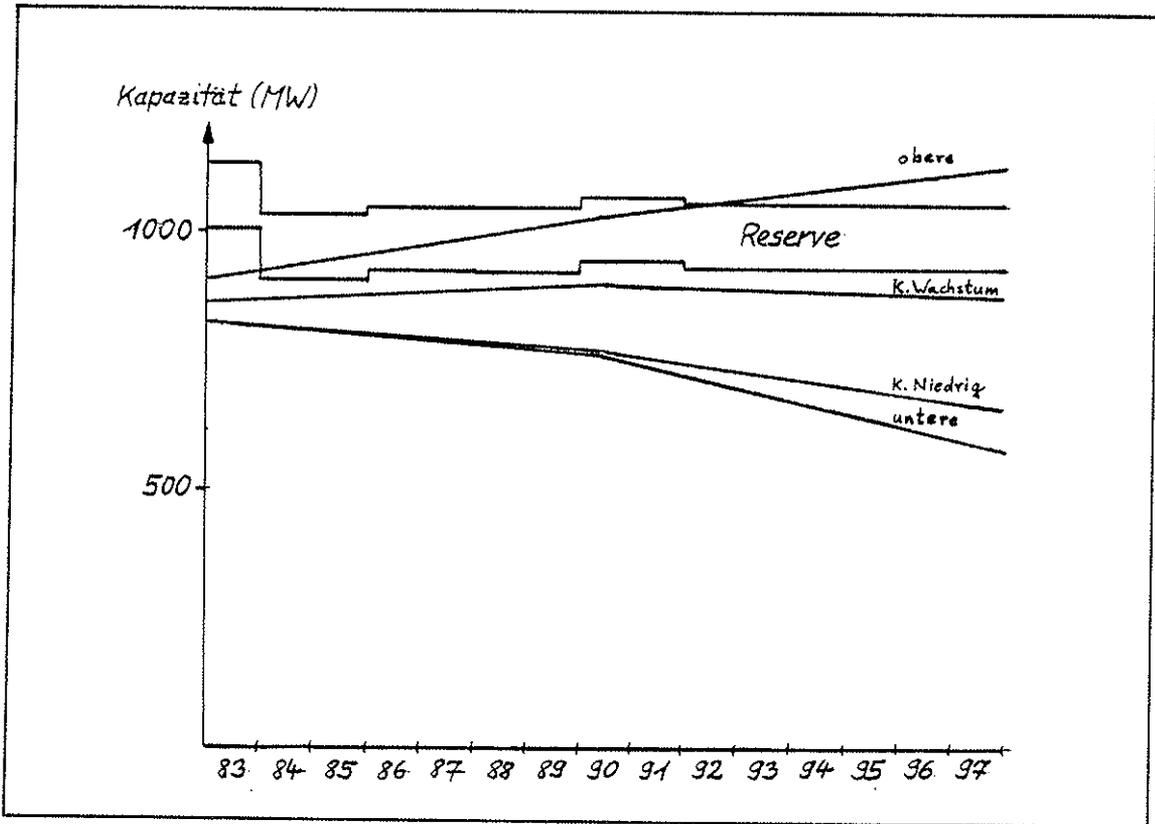


Bild 4-7: Kraftwerkskapazität und Spitzenlast (ohne Ohu II)

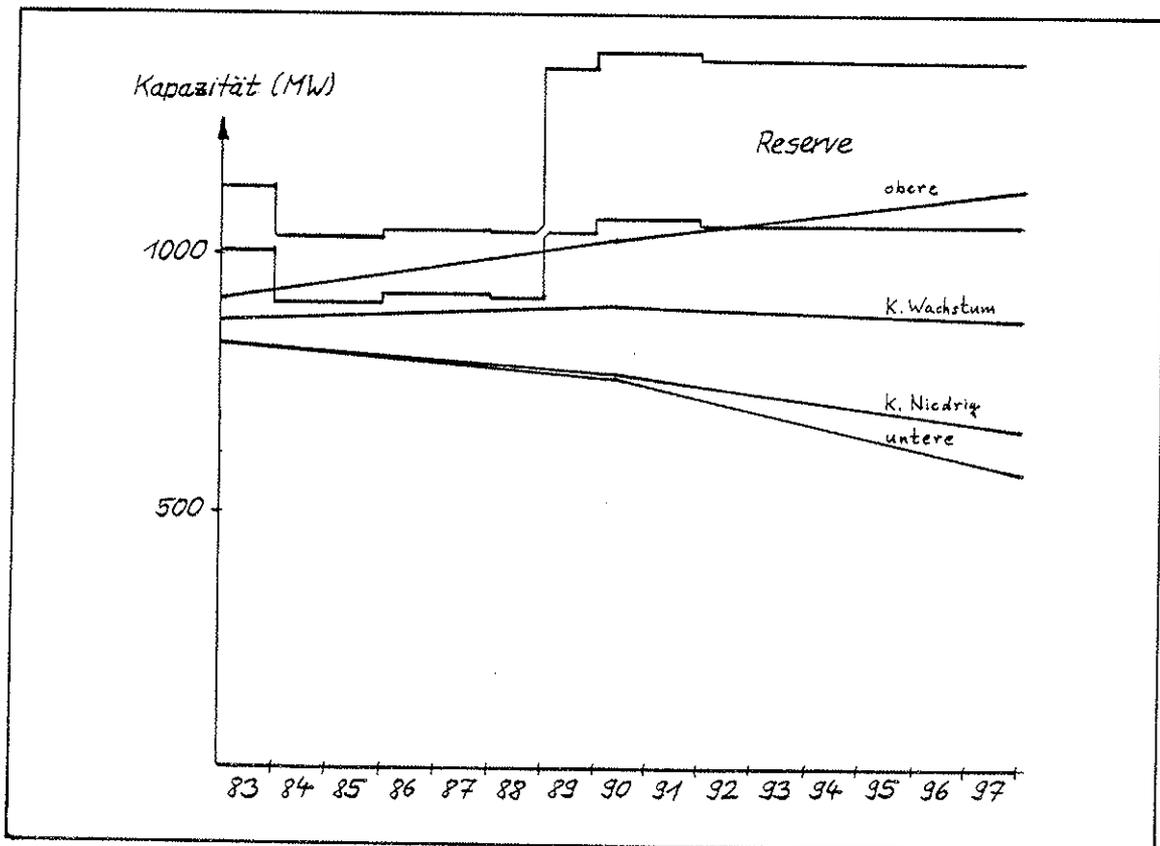


Bild 4-8: Kraftwerkskapazität und Spitzenlast (mit Ohu II)

stet werden. Energieeinsparung bringt hier eine deutliche Verbesserung der Situation (soziale Gerechtigkeit). Dabei muß allerdings darauf geachtet werden, daß die Kosten der Energieeinsparung nicht überproportional auf die Mieten aufgeschlagen werden. Ebenso wird durch einen verringerten Energieverbrauch der Industrieländer für die übrige Welt (Entwicklungsländer) ein größerer Anteil billiger Energie verfügbar (Verteilungsgerechtigkeit).

In den folgenden Kapiteln zeigen wir nun auf, wie sich die Verhältnisse bezüglich Kosten, Arbeitsplätzen und Umweltsituation ändern, wenn unsere Energieversorgung in Richtung untere Variante ausgerichtet würde.

4.6.2. DIE SENSITIVITÄTSANALYSE

Da wir in unserem Szenario die allgemeinen Parameter wie innerstädtische Bevölkerung und Bevölkerung der BRD, Personenanzahl pro Haushalt oder der Industrieanteil am Bruttoinlandsprodukt nicht variiert haben, holen wir dies in diesem Abschnitt nach. Jeder dieser Werte wird dabei um einen bestimmten Betrag nach oben oder unten verändert und das Ergebnis des Bedarfsszenarios dabei beobachtet. Damit ergibt sich die folgende Tabelle:

Ergebnis der Parametervariation (obere Variante)

! variiertes Parameter !	! Endenergie !		! Brennstoffe !		! Strom !			
	! absolut !	! % !	! absolut !	! % !	! absolut !	! % !		
! Bevölk. !	1115	+5.3	28704	2.6	20360	2.1	8374	4.2
! inner- !	1059		27977		19941		8036	
! städt. !	866	-18	25347	-9.4	18425	-7.6	6831	-15
! Bevölk. !	55.2	21.9	29712	6.2	21457	7.6	8205	2.1
! in der !	45.3		27977		19941		8036	
! BRD !	32.0	-29.3	25655	-8.3	17907	-10.2	7811	-2.8
! Person. !	2.4	26.3	27697	-1.0	19881	-0.3	7795	-3.0
! pro !	1.9		27977		19941		8036	
! Haush. !	1.4	-26.3	28453	1.7	20041	0.5	8446	5.1
! Industr. !	36	20	29544	5.6	20699	3.8	8904	10.8
! anteil !	30		27977		19941		8036	
! am BIP !	24	-20	26410	-5.6	19183	-3.8	7186	-10.8

Ergebnis der Parametervariation (untere Variante)

! variierter Parameter !	! Endenergie !		! Brennstoffe !		! Strom !			
	! Bez. !	! absolut % !	! absolut % !	! absolut % !	! absolut % !	! absolut % !		
! Bevölk. !	1115	+5.3	8859	2.4	6873	2.1	1996	4.0
! inner- !	1059		8651		6732		1919	
! städt. !	866	-18	7898	-8.7	6234	-7.4	1639	-14.6
! Bevölk. !	55.2	21.9	9248	6.9	7217	7.2	2025	5.5
! in der !	45.3		8651		6732		1919	
! BRD !	32.0	-29.3	7855	-9.2	6086	-9.6	1775	-7.5
! Person. !	2.4	26.3	8521	-1.5	6671	-0.9	2009	4.7
! pro !	1.9		8651		6732		1919	
! Haush. !	1.4	-26.3	8876	2.6	6833	1.5	1767	-7.9
! Industr. !	36	20	8936	3.3	6880	2.2	2076	8.2
! anteil !	30		8651		6732		1919	
! am BIP !	24	-20	8366	-3.3	6584	-2.2	1760	-8.3

Diese Analyse haben wir sowohl für die obere als auch für die untere Variante durchgeführt. Für die beiden kommunalen Varianten kann bei Bedarf interpoliert werden. Prinzipiell wäre die Variation weiterer Parameter möglich. Allein die vier von uns ausgewählten Parameter benötigten schon eine Rechenzeit von ca. einem Tag auf unserem Minicomputer. Außerdem sind wir der Meinung, daß wir damit die wichtigsten Parameter auf ihre Wirkung untersucht haben.

Beispielsweise bedingt eine Erhöhung der innerstädtischen Bevölkerung bei der oberen Variante um ca. 5 % eine Erhöhung der Endenergie um ca. 2.6 %. Ein Absinken um 18 % erniedrigt den Endenergiebedarf um fast 10 %. Da diese Tabellen relativ unübersichtlich sind, haben wir sie zusätzlich noch graphisch dargestellt. Dann zeigt sich, daß die innerstädtische Bevölkerung einer der kritischen Parameter in unserem Szenario ist. Er hat sowohl einen starken Einfluß auf die Endenergie als auch auf Strom und Brennstoffe.

Auch die außerstädtische Bevölkerung (Bevölkerung der BRD) bewirkt noch eine starke Erhöhung der Endenergie. Nur beim Stromverbrauch ist der Einfluß relativ gering.

Bei der Änderung des Industrieanteils am BIP kann festgestellt werden, daß dies eine große Wirkung auf den Strombedarf hat, andererseits aber die Brennstoffe und damit den Endenergiebedarf kaum beeinflusst.

Der Anstieg der Personenanzahl pro Haushalt bringt erwartungsgemäß einen sinkenden Energieverbrauch und umgekehrt. Außerdem ist dies offensichtlich eine leicht nichtlineare Beziehung.

Schließlich wollen wir zum Schluß noch anmerken, daß diese Sensitivitätsanalyse natürlich nur die Beziehungen in unserem Szenario wiedergibt. Da jedes Szenario nur ein stark vereinfachtes Bild der Wirklichkeit darstellt, fehlen selbstverständlich viele Querverbindungen und Wirkungen, was letztlich dazu führen kann, daß die wirkliche Entwicklung anders aussehen kann. Trotzdem gibt die Sensitivitätsanalyse eine grobe Vorstellung davon, wie stark

und auf welche Weise sich die Veränderung eines bestimmten Parameters auf das Szenarioergebnis auswirkt.

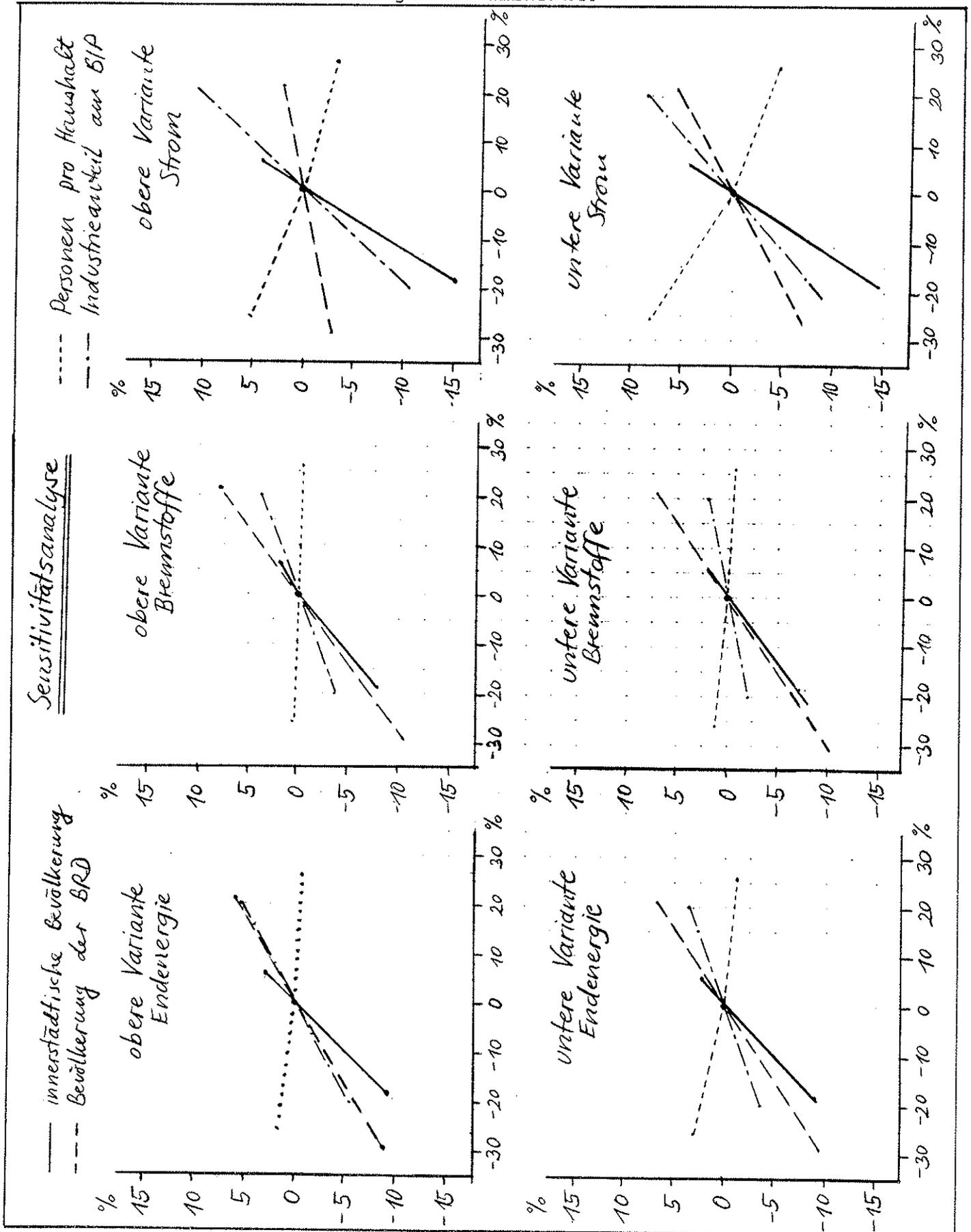


Bild 4-9a: Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse

4.6.3. DIE KOSTEN VON ENERGIESYSTEMEN

Wer heute die alternativen Technologien in der Energiediskussion erwähnt, bekommt meist als erstes Gegenargument zu hören: "Aber das ist doch alles noch viel zu teuer". Schon bei rein betriebswirtschaftlicher Betrachtung stellt sich meist heraus, daß Maßnahmen zur Energieeinsparung und die Nutzung nichterschöpflicher Energieträger kostengünstig sind. Wer sich aber mit der Beurteilung ganzer Energiesysteme beschäftigt, erkennt, daß es eigentlich viel sinnvoller wäre, eine Beurteilung auf volkswirtschaftlicher Basis vorzunehmen.

Volkswirtschaftlich heißt in diesem Sinne, daß alle Kosten eines Energiesystems betrachtet werden und nicht nur ein Teil davon. Zum Beispiel muß bei der Kohlenutzung die Gefährdung unseres Waldes sich direkt im Strompreis widerspiegeln. Bei der Kernenergie sind Kosten wie Wiederaufarbeitung, Endlagerung und Überwachung dieser Endlager über unvorstellbare Zeiträume in die Betrachtung mit einzubeziehen. Nur so können letztlich Energiesysteme bezüglich ihrer Kosten miteinander verglichen werden. Das "Verursacherprinzip" muß hier voll zum tragen kommen.

4.6.3.1. Wie lassen sich Kosten errechnen?

Zweckmäßig ist es, sich zu vergegenwärtigen, wie und wo Kosten im Rahmen der Energiebereitstellung entstehen. Das aus der Broschüre "Aktueller Stand der Energiediskussion" (ASE) von Franz Ederer entnommene Energieflußbild unter Kostengesichtspunkten stellt die wesentlichen Punkte dar (Ein "K" steht dabei jeweils für eine Kostenstelle):

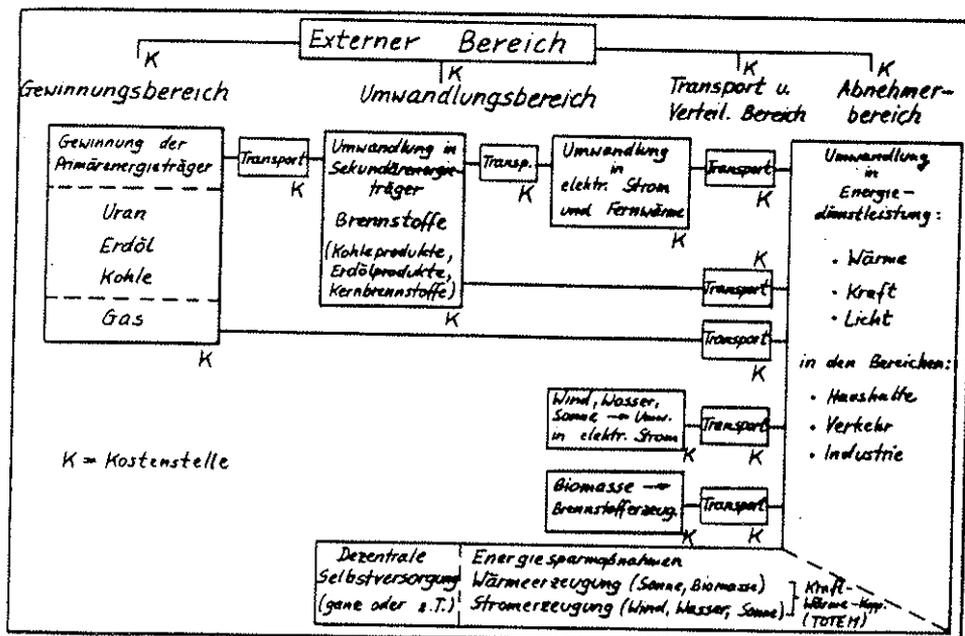


Bild 4-9: Energieflußbild unter Kostengesichtspunkten

Beim konventionellen Weg der Energieerzeugung entstehen Kosten bei der Gewinnung, bei der Umwandlung in Sekundärenergieträger, bei der Umwandlung in Endenergie und beim Abnehmer (Endverbraucher). Ferner addieren sich dazu noch die jeweiligen Transportko-

sten. Die Summe all dieser Kostenstellen ergibt aber noch nicht die gesamten Kosten. Vielmehr muß dazu noch betrachtet werden, was die Gesellschaft an sogenannten "externen Kosten" aufzubringen hat. Damit sind z.B. Aufwendungen für das Gesundheitswesen oder für Infrastrukturmaßnahmen gemeint (Bau von Straßen, Schienen etc.).

Erst das Einbeziehen der externen Kosten führt zu einem einigermaßen gerechten Kostenvergleich verschiedener Energiesysteme. Meist ist es schon schwierig genug, für die einzelne Kostenstelle im internen Bereich verlässliche Daten zu erhalten. Um so schwieriger ist es, diese für den externen Bereich zu bekommen. Wer kann schon feststellen, zu wieviel Prozent eine Straße wegen der nachher darauf fahrenden Öltransporter gebaut worden ist?

Nicht zuletzt wegen dieser Schwierigkeiten werden Kostenberechnungen meist nur für Teilbereiche durchgeführt (betriebswirtschaftliche Betrachtung), wobei uns aber klar sein muß, daß derartige Angaben dann nicht mehr besonders aussagekräftig sind. Aus diesem Grunde sollten Kostenberechnungen keinesfalls überbewertet werden. Sie können bestenfalls Trends angeben, wenn auch oft versucht wird, mit bis auf den Zehntelpfennig genauen "Ergebnissen" den gegenteiligen Eindruck zu erwecken.

Auf einige ganz wesentliche Dinge soll aber noch hingewiesen werden. Wenn wir noch einmal das obige Bild betrachten, so stellen wir fest, daß die Nutzung der nichterschöpflichen Energieträger bzw. die Energiesparmaßnahmen wegen ihrer dezentralen Struktur prinzipiell weniger Kostenstellen haben als die konventionelle Energiebereitstellung. Dies führt dazu, daß im letzteren Fall wesentlich leichter Kosten "versteckt" werden können. Man denke nur an die "Ölkrisen" der siebziger Jahre, an denen die internationalen Multis noch kräftig mitverdient haben. Aus diesem Grunde tendieren die sanften Technologien zumindest mittelfristig zu niedrigeren Kosten. Langfristig ist dies wegen der zur Neige gehenden Vorräte bei den erschöpflichen Energieträgern sowieso keine Frage.

Auch scheint es so zu sein, daß die dezentrale Energieversorgung (z.B. Blockheizkraftwerk) entgegen den oft gehörten Behauptungen nicht unbedingt teurer sein muß als die zentrale Technik (Großkraftwerk), da die Massenfabrikation bei der dezentralen Versorgung und der Wegfall teurer Verteilungssysteme (Fernwärme) die sonstigen Nachteile aufwiegen. Auch Möglichkeiten wie kombinierte Techniken (z.B. Kraft-Wärme-Kopplung) sind bei der dezentralen Technik im allgemeinen leichter zu verwirklichen. Ein weiterer Vorteil ist, daß Reservekapazitäten - die ja auch bezahlt sein wollen - nicht in dem Maße notwendig sind wie bei den zentralen Techniken, da die Blockgrößen geringer sind.

Bereits in Kapitel 3 haben wir für die einzelnen Maßnahmen oder Technologien deren Rentabilität abgeschätzt. Dabei handelte es sich jeweils um betriebswirtschaftliche Rechnungen. Im nächsten Abschnitt wollen wir exemplarisch zeigen, daß dies volkswirtschaftlich ganz anders aussehen kann. Insbesondere muß uns klar sein, daß wir für den Aufbau einer alternativen Energieversorgung viel Geld, Arbeitskräfte und Rohstoffe benötigen, was wir heute noch im Überfluß besitzen. Je länger wir aber warten um, so teurer und schwieriger wird der Einstieg in die sanfte Technologie werden.

4.6.3.2. Welche Maßnahmen sind am billigsten?

Vom Institut für Energie- und Umweltforschung (IFEU) in Heidelberg wird im Bericht Nr. 13 (IFEU) aufgezeigt, wieviel Öl über 20 Jahre hinweg eingespart wird, wenn die gleiche Investition von 1 Mrd. DM in verschiedene Technologien gesteckt wird. Diese Zahlen wurden von Wolfgang Feist (Kassel) aktualisiert und überarbeitet, was zur folgenden Tabelle führt:

Vergleich unterschiedlicher Technologien

Technologie bzw. Maßnahme		Öleinsparung über 20 Jahre
Kernkraftwerk und el. Speicherheizung	*1	727 000 m ³
Kernkraftwerk und elektrische Wärmepumpe	*1	1 122 000 m ³
Kohleverflüssigung	*2	1 428 000 m ³
Kraftwärmekopplung - Fernwärme (Kohle)	*3	1 410 000 m ³
Gas-Wärmepumpen		1 500 000 m ³
Blockheizkraftwerk - Nahwärme (Gas)		1 940 000 m ³
Rationelle Energienutzung ohne Einschränkung des Komforts		
Phase I (1981-1986)	*4	4 000 000 m ³
Phase II (1986-1995)	*5	2 000 000 m ³
Phase III (1995-2010)	*6	1 400 000 m ³

*1 ohne Entsorgungskosten

*2 unter Verdopplung des Primärenergieverbrauchs

*3 ohne Erhöhung des Primärenergieverbrauchs lediglich durch Nutzung von Abwärme.

*4 heizungs- und regelungstechnische Maßnahmen

*5 bessere Wärmedämmung

*6 sogenannte Nullenergiehäuser

Klar ist zu sehen, daß die Einspartechnologien die absolut größte Rendite bezogen auf Öleinsparung bringen. Allein in der Phase I werden in den 20 Jahren 4 Mrd. l Öl (= 40 TWh) eingespart. Die Phase II bringt noch einmal 2 Mrd. l Öl (= 20 TWh) und sogar die Phase III ermöglicht noch 1.4 Mrd. l Öleinsparung (= 14 TWh). Deutlich wird, daß die Einsparung wegen der besseren Effizienz nach jeder Phase abnimmt.

Die Zahl von 1 Mrd. DM ist deshalb so interessant, weil sie in etwa der Investitionssumme entspricht, die München von 1982 bis 1986 (= Zeitraum der Phase I) für die Beteiligung an Öhu I aufzubringen hat. Durch Verbrauch des dort erzeugten elektrischen Stroms in Speicherheizungen werden dabei nur 727 Mio. l Öl (= 7.27 TWh) eingespart bzw. bei Verwendung in elektrischen Wärmepumpen 1122 Mio. l Öl (= 11.22 TWh), was jeweils nur einen Bruchteil des Wertes bei der rationellen Energienutzung entspricht. Auch die Kohleverflüssigung kommt nicht viel günstiger weg, wobei noch berücksichtigt werden sollte, daß sie den Primärenergieverbrauch verdoppelt, da die Hälfte der eingesetzten Kohle zur Verflüssigung der anderen benötigt wird.

Dagegen bringt die Nutzung von Abwärme einen Gewinn von 14 TWh, wobei wir hier in München allerdings kein allzu großes Potential mehr haben, da alle Kraftwerke bereits kraftwärmegekoppelt sind. Dagegen kann der Einsatz von Gaswärmepumpen in München durchaus in Betracht gezogen werden. Hier sind Einsparungen von ca. 15 TWh

zu erwarten. Auch Blockheizkraftwerke würden ca. 2,5 mal soviel Öl einsparen wie ein Kernkraftwerk mit elektrischer Speicherheizung.

Noch einmal zurück zur Kernenergie. Falls Ohu wirklich 20 Jahre läuft, würde es bei der von den Betreibern angenommenen Ausnutzung von 75 % des Jahres (=6570 h) und bei 25 % städtischem Anteil der Kraftwerkskapazität (= 320 MW) für München rund 42 TWh Strom erzeugen. Diesen Strom müssen die Verbraucher bezahlen. Bei heutigen Strompreisen (21 Pf/kWh) wären somit über die 20 Jahre gerechnet 8,8 Mrd. DM aufzubringen. Wenn die Verbraucher dieses Geld in die Wärmedämmung investieren würden, könnten sie aber 176 TWh an Energie einsparen, mehr als 4 mal soviel. Auch wenn mit dem Nachtstrompreis von ca. 11 Pfennig gerechnet wird, kann noch mehr als doppelt soviel Energie eingespart werden.

Ausgehend von diesen Betrachtungen ist es keine Frage, daß die Beteiligung der Stadt an Ohu II energiewirtschaftlich eine der schlechtesten aller Möglichkeiten darstellt.

4.6.3.3. Das Investitionsprogramm der Stadtwerke

Für die Jahre 1982 bis 1986 haben die Stadtwerke (Elektrizitätswerke, Gaswerke, Badebetriebe, Verkehrsbetriebe) einen Finanzbedarf von ca. 4,1 Mrd. DM. Dazu werden rund 3 Mrd. DM für Investitionen in Sachanlagen verwendet, ca. 1 Mrd. DM wird zur Schuldentilgung benötigt. Prinzipiell sieht es in München so aus, daß die Bade- und Verkehrsbetriebe mit Verlust arbeiten, welchen die Energieversorgungsbetriebe zumindest zum Teil über ihre positive Bilanz ausgleichen. Den Rest schießt die Stadtkämmerei zu:

! Elektrizitätswerke	+ 60.6 Mio. DM	!
! Gaswerke	+ 46.8 Mio. DM	!
! Wasserwerke	+ 0.8 Mio. DM	!
! Energieversorgung insgesamt	+ 108.2 Mio. DM	!
! Badebetriebe	- 22.1 Mio. DM	!
! Verkehrsbetriebe	-196.2 Mio. DM	!
! Summe Bade- und Verkehrsbetr.	- 218.3 Mio. DM	!
! Stadtwerke insgesamt	- 110.0 Mio. DM	!

Dabei wird angegeben, daß die Ertragslage der E-Werke unbefriedigend und die Umsatzentwicklung rückläufig sei.

Die Investitionen der Elektrizitätswerke in München sehen zukünftig folgendermaßen aus:

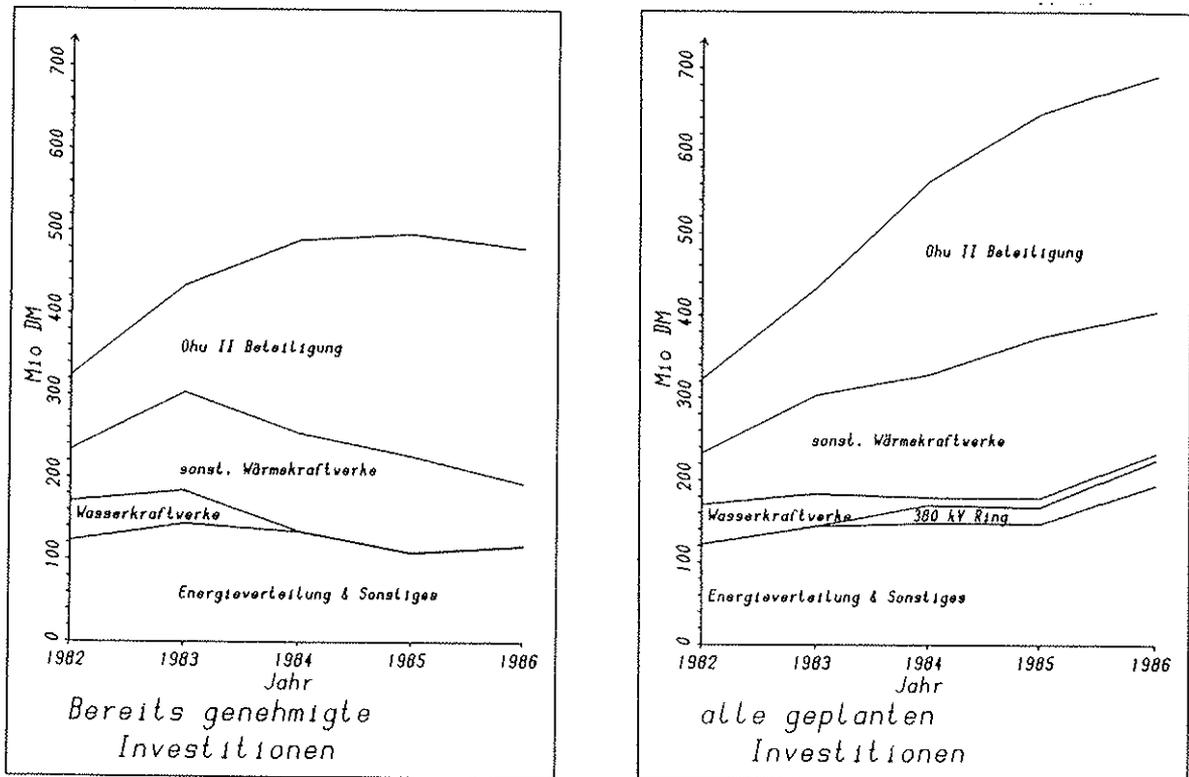


Bild 4-10: Zukünftige Investitionen der Elektrizitätswerke

Im linken Bild sind nur die bereits genehmigten Projekte eingetragen. Ohu II benötigt dabei 1.012 Mrd. DM bei einer Gesamtinvestitionssumme von 2.224 Mrd. DM, was einem Anteil von fast 46 % in diesen 5 Jahren entspricht!

Inzwischen aber hat sich herausgestellt, daß noch zusätzliche Investitionen getätigt werden müssen. So stehen z.B. die Erneuerungen der Kraftwerke Isarwerk I, Müllerstraße und Theresienstr. an. Ferner gehört hierzu auch der geplante Bau des 380 kV Höchstspannungsringes um München. Die Addition all dieser noch nicht genehmigter Investitionen zu denen im linken Bild ergibt die rechte Darstellung. Somit verdoppeln sich die Investitionen der Stadtwerke innerhalb von 5 Jahren. Ohne Ohu II wäre kaum ein Anstieg zu verzeichnen.

Bei den drei unteren Varianten ist wegen dem sinkenden Strombedarf keine Beteiligung an Ohu II notwendig. Das freiwerdende Kapital kann - wie oben gezeigt - in sinnvolle Bereiche wie Wärmedämmung investiert werden. Dabei ist auch noch zu berücksichtigen, daß beim Ausstieg aus der Kernkraftwerksbeteiligung weitere Gelder freiwerden. So brauchen keine Netzverstärkungen mehr durchgeführt werden; der Bau neuer Trafostationen ist hinfällig.

Die heutige Spitzenlast (an einem kalten Wintertag) liegt in München bei etwa 900 MW. Der Höchstspannungsring um München soll aber auf 4000 MW ausgelegt werden. Wir können uns aber beim besten Willen nicht vorstellen, daß der Stromverbrauch (besser: die Spitzenlast) zukünftig auf mehr als das vierfache ansteigt. Hier wird eindeutig übers Ziel hinausgeschossen.

Nun ist natürlich nicht unwichtig, wie das Geld für die Investitionen bereitgestellt wird. Insgesamt gibt dabei der steigende Kreditbedarf und die wachsende Verschuldung der Stadtwerke Anlaß zur Sorge. Berücksichtigen wir nur die bisher genehmigten Projekte, so ergibt sich folgender Verlauf:

1.1.1980	:	720 Mio. DM Schulden
Ende 1983	:	ca. 1500 Mio. DM Schulden
Ende 1986	:	ca. 1900 Mio. DM Schulden

Werden die bereits geplanten aber noch nicht genehmigten Vorhaben dazugerechnet erhalten wir:

1.1.1980	:	720 Mio. DM Schulden
Ende 1983	:	ca. 1500 Mio. DM Schulden
Ende 1986	:	ca. 2600 Mio. DM Schulden

In einem Zeitraum von nur 7 Jahren werden sich also die Schulden der Stadtwerke nahezu vervierfachen. Der Anteil von Ohu II an der Schuldenlast liegt bei etwa 860 Mio. DM, d.h. der größte Teil der Beteiligung wird über Kredite finanziert. Oder anders gerechnet: Jeder Münchner Bürger nimmt allein in den nächsten 3 Jahren für Ohu II einen Kredit von 661 DM auf.

Es ist nun zu fürchten, daß durch die immense Schuldenlast die Stadt München in den nächsten Jahren jeglichen finanziellen Handlungsspielraum verliert. Das bedeutet, daß die Einführung einer alternativen Energiepolitik in München nur möglich ist, wenn der Ausstieg aus Ohu II möglichst rasch vollzogen wird. Daß dabei ca. 100 Mio. DM als Verlust abzubuchen sind, ist zwar tragisch, aber immer noch besser als sich durch die Beteiligung an der Kernenergienutzung auf Jahre hinaus zu binden. Anzunehmen ist, daß die derzeitigen geplanten Kosten von Ohu II nach allen bisherigen Erfahrungen nicht der endgültigen Höhe entsprechen, sondern viel höher liegen werden. Außerdem wird auch München sich an den rasant steigenden Kosten für die Endlagerung und/oder Wiederaufarbeitung beteiligen müssen, was weitere Nachteile bringen wird.

4.6.4. AUSWIRKUNGEN AUF DEN ARBEITSMARKT

Seit es Menschen gibt, waren diese gezwungen, sich ihren Lebensunterhalt durch Arbeit zu verdienen. Im Gegensatz zu heute war die Arbeit damals vom sonstigen Leben nicht zu unterscheiden. Wir dagegen teilen unser Leben fast alle in Freizeit und Arbeit auf. Während der Arbeit verdienen wir das Geld, mit dem wir unsere Freizeit gestalten.

Eine Gesellschaft benötigt eine bestimmte Menge von Gütern, die ihren Mitgliedern ein lebenswertes Dasein ermöglicht. Ebenso wie bei dem Begriff Energiedienstleistung ist hier zu berücksichtigen, daß diese Güter mit viel oder wenig menschlicher Arbeitskraft hergestellt werden können, je nachdem wieviel von Maschinen übernommen wird. In diesem Sinne können Maschinen ein Segen für die Menschheit sein. Die Wirklichkeit sieht jedoch ein bißchen anders aus: So wurde z.B. nach dem zweiten Weltkrieg durch neu aufkommende (oder auch durch künstlich erzeugte) Bedürfnisse immer mehr produziert. Neben der Entwicklung neuer Maschinen waren dazu auch Gastarbeiter notwendig, da die einheimische Bevölkerung dies alles nicht leisten konnte. Nun trat aber in den siebziger Jahren eine Sättigung der materiellen Bedürfnisse ein, die ein weiteres starkes Anwachsen der Güterproduktion verhinderte. Die technische Entwicklung stagnierte jedoch keineswegs, d.h. die Produktivität stieg noch, und so verloren immer mehr Menschen ihren Arbeitsplatz. Die noch verbliebenen mußten genauso lange und viel wie vorher, aber oft unter erschwerten Bedingungen weiterarbeiten (Stichworte: sinnentleerte, arbeitsteilige Arbeit).

Der eigentliche Sinn der Maschinen - nämlich dem Menschen schwere oder stumpfsinnige Arbeiten abzunehmen - wird so nicht erreicht. Vielmehr müßte die verbleibende Arbeit auf alle gleichmäßig verteilt werden, wozu die Forderung der Gewerkschaften nach der 35-Stunden-Woche ein erster Schritt ist. Die anderer Lösung - immer mehr Güter zu produzieren, ohne zu hinterfragen ob diese auch wirklich benötigt werden - kann wegen begrenzter Rohstoff- und Energievorräte nur kurzfristig und auf Kosten der nachfolgenden Generationen funktionieren, was letztlich rücksichtslos ist.

Fassen wir zusammen: Wir sind damit zufrieden, wenn unsere Bedürfnisse (geistige und materielle) im wesentlichen befriedigt werden. Für die materiellen ist dazu das Vorhandensein gewisser Güter notwendig, welche zukünftig wegen des Einsatzes von Maschinen mit immer weniger menschlicher Arbeitskraft erzeugt werden können. Hier sollten wir auch bedenken, daß die Erzeugung langlebiger Güter zumindest langfristig noch einmal weniger menschliche Arbeitsleistung erforderlich macht. Wer also den technischen Fortschritt auch nur bedingt bejaht, der muß sich im klaren sein, daß damit zukünftig weniger Arbeitskraft notwendig wird.

Wir sehen darin aber - falls die Arbeit einigermaßen gerecht aufgeteilt wird - keine Katastrophe. Da der ganze Prozeß langsam abläuft, haben wir genügend Zeit, uns an die dazugewonnene Freizeit zu gewöhnen. Wie eine solche Umstellung konkret aussehen könnte, zeigt der NAWU-Report "Wege aus der Wohlstandsfalla" von Theo Ginsburg et al.. Wir werden hoffentlich dadurch wieder zu mehr Muße kommen, können uns mit schönen Dingen beschäftigen (Bücher lesen, Musik machen, mit anderen Menschen reden usw.), kurzum die Zukunft könnte lebenswerter werden.

Mit diesen Gedanken wollten wir zeigen, daß Arbeit kein Selbstzweck ist, sondern der Befriedigung der menschlichen Bedürfnisse dient. Im folgenden wollen wir diese Überlegungen wieder vergessen und uns im Sinne der heutigen Wirtschaftswissenschaften einfach fragen, wieviel Arbeitsplätze eine bestimmte Energiestrategie sichert bzw. schafft.

In der Vergangenheit wurde oft versucht, den Einsatz der Kernenergie durch Arbeitsplatzargumente zu forcieren. Entsprechende, auch von der Kernenergieindustrie in Auftrag gegebene Studien führten alle zu dem Ergebnis, daß Kernkraftwerke keine herausragende Wirkung auf den Arbeitsmarkt haben.

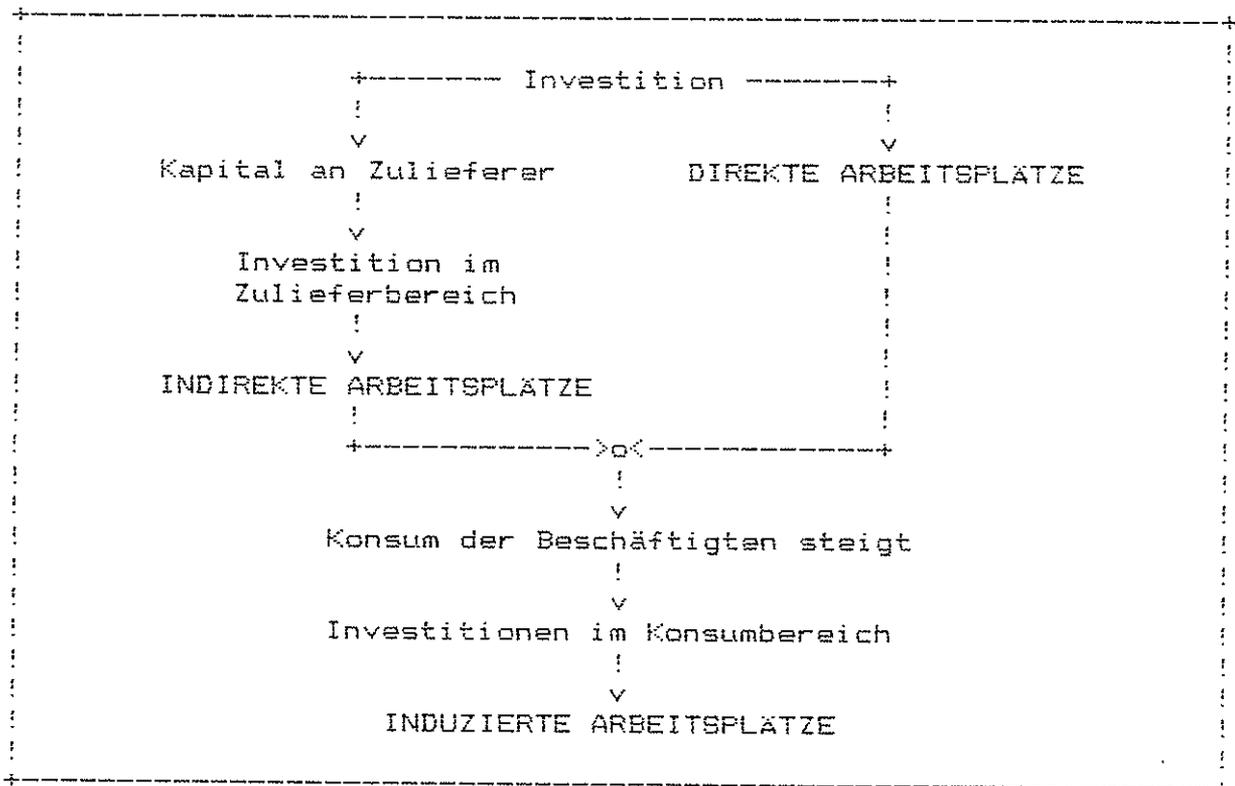
Wolfgang Klauder, Mitarbeiter am Institut für Arbeitsmarkt und Berufsforschung (IAB), zeigt in einer Reihe von Veröffentlichungen (KLA1 bis KLA4) auf, daß sich Wirtschaftswachstum und Vollbeschäftigung prinzipiell mit verschiedenen Energieversorgungsstrukturen verwirklichen lassen. Investitionen zur Nutzung regenerativer Energien verursachen zumindest ähnlich bedeutsame Beschäftigungseffekte wie diejenigen in die traditionelle Energieversorgung. Für die USA zeigt dies eine sehr detaillierte Studie von Leonhard Rodberg (ROD).

4.6.4.1. Wie entstehen Arbeitsplätze?

Die zentrale Frage, die an dieser Stelle gestellt werden muß, ist: Wie entstehen Arbeitsplätze?

Wenn wir wirtschaftliche Aktivität als klassische Funktion von Kapital und Arbeit auffassen, sind es zusätzliche Arbeitsplätze (allgemein gesagt die Beschäftigungseffekte von Investitionen), die ihrerseits eine Erhöhung des Kapitals darstellen. Dabei müssen wir davon ausgehen, daß eine bestimmte Zahl von Arbeitskräften vorhanden sind, die in einer bestimmten Relation zum eingesetzten Kapital stehen. Man unterscheidet dabei zwischen direkten, indirekten und induzierten Beschäftigungseffekten.

Direkte Beschäftigungseffekte sind die Arbeitsplätze, die am Ort der getätigten Investition geschaffen werden. Konkret sind das zum Beispiel die Arbeitskräfte beim Bau eines Kernkraftwerks. Indirekte Beschäftigungseffekte sind dagegen diejenigen Arbeitsplätze, die infolge von Investitionen in den sogenannten Zulieferindustrien geschaffen werden. Am Beispiel des Kernkraftwerkes wären diese bei all denjenigen zu verzeichnen, die Teile des für den Bau benötigten Materials (Vorleistungen) liefern. Die induzierten Beschäftigungseffekte kommen ihrerseits über die neu geschaffenen Einkommen der direkten und indirekten Beschäftigungseffekte zustande. Die neu geschaffenen Arbeitsplätze bedeuten neues Einkommen, das zum größten Teil für den Konsum verwendet wird. Diese Konsumerhöhung bedeutet eine Erhöhung der Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen, was weitere Unternehmen zu Investitionen veranlassen könnte. Das folgende Schema stellt diesen Zusammenhang noch einmal graphisch dar.



Diese Effekte kommen dadurch zustande, daß die Wirtschaft ein dynamisches System ist. Die komplexen Verflechtungen ermöglichen es, daß eine Werteinheit Investition ein vielfaches Resultat hat, das in der Theorie als Multiplikatoreffekt (indirekte Beschäftigungseffekte) und Akzeleratoreffekt (induzierte Beschäftigungseffekte) bekannt ist.

Die Theorie ist plausibel. Es bleibt aber zu bedenken, daß es äußerst schwierig ist, bei gegebenen Investitionen die indirekten und induzierten Beschäftigungseffekte abzuschätzen. So liefern alle derartigen Untersuchungen nur überschlägige Ergebnisse, die nicht allzu genau genommen werden sollten.

4.6.4.2. Studien für die Bundesrepublik

Klauder weist darauf hin, daß alle Autoren nur die direkten und indirekten Arbeitsplatzeffekte abschätzen. Ferner wird der Einfluß auf Erweiterungsinvestitionen und der unterschiedliche Zeitbedarf für die Durchführung einer Investition, also ihre Verteilung auf mehrere Jahre, und schließlich die Auswirkungen des laufenden Betriebes (Wartung etc.) und die eventuelle Notwendigkeit von Folgeinvestitionen (z.B. Aufbau eines Verteilungsnetzes) nicht betrachtet. Unter diesen Voraussetzungen ergeben sich die folgenden Ergebnisse, die wir hier nach Klauder zitieren. Zu beachten ist, daß die sehr verkürzt dargestellten Sachverhalte nicht direkt verglichen werden können. Eine vergleichende Betrachtung folgt anschließend.

4.6.4.2.1. Kern- und Steinkohlekraftwerke

Nach Unterlagen der KWU und des Bergbaus sowie des IAB hat das DIW die Beschäftigungseffekte eines Atomkraftwerks (1300 MW Leistung, 1.1 Mrd DM in Preisen von 1972) und eines Steinkohlekraftwerks verglichen (2*700 MW, 1 Mrd. DM). Während der Bauzeit sind die Beschäftigungseffekte mit rund 25 000 Mannjahren (nur direkt) und 40 000 Mannjahren (direkt und indirekt = 6000 Arbeitsplätze auf 7 Jahre) weitgehend gleich.

Bei Beschickung mit heimischer Kohle führt der Betrieb eines Kohlekraftwerks zu höheren Beschäftigungseffekten. Jährlich wird allein mit ca. 4 000 Mannjahren für die Kohleförderung gerechnet (KLA2-8).

4.6.4.2.2. Direkte Solarenergienutzung

Henseler und Tanner (KLA2-8) haben die Auswirkungen der Wärmeerzeugung mittels Solarkollektoren auf den Arbeitsmarkt abgeschätzt. Würden im Inland lediglich 10 - 20 % der Wärme durch derartige Anlagen gedeckt (= 6 % des heutigen Primärenergieverbrauchs) und würden ca. 30 % der Produktion solarthermischer Anlagen exportiert werden, so gäbe es bei Annahme heutiger Produktivität ca. 700 000 bis 1 400 000 Arbeitsplätze. Diese würden sich folgendermaßen aufteilen:

- 10 % Installation
- 10 % Handel und Verkehr
- 10 % Kollektorfertigung
- 20 % Fertigung konventioneller Anlagenteile
- 50 % Lieferung von Material und Halbzeugen

4.6.4.2.3. Wärmedämmung

Auch Klauder gibt an, daß mit dieser Maßnahme am schnellsten Energie gespart werden kann. Dazu existiert eine Studie der schweizer Prognos-AG (KLA2-9). Zugrunde liegt die Annahme, daß etwa 45 % des Raumwärmebedarfs eingespart werden, was in etwa der Umrüstung von Typ I auf Typ II entspricht. Dazu sind Investitionen von ca. 410 Mrd. DM nötig (Preise von 1976), wobei auf eine durchschnittliche Wohneinheit ca. 8 000 - 11 000 DM kämen.

Der daraus resultierende Arbeitsplatzeffekt betrüge über 20 Jahre gerechnet im Bereich Bauwirtschaft und Steine und Erden jeweils 70 000 Arbeitsplätze bzw. zusammen 140 000 Arbeitsplätze. Mit den indirekten Arbeitsplätzen ergäben sich im Schnitt der 20 Jahre 400 000 Arbeitsplätze, wobei Prognos wegen des technischen Fortschritts für 1980 mit 500 000 und für 1995 mit 300 000 Arbeitsplätzen rechnet.

Prognos weist in einer Kosten-Nutzen-Analyse darauf hin, daß die Investitionskosten volkswirtschaftlich gesehen in den 20 Jahren zu 60 % durch Energieeinsparung und zu 40 % durch Entlastung der öffentlichen Haushalte kompensiert würden. Der Effekt bei den öffentlichen Haushalten ergibt sich als Entlastung bei Arbeitslosengeld / Arbeitslosenhilfe durch die Arbeitsplatzeffekte.

4.6.4.2.4. Herstellung langlebiger Produkte

Beispielhaft hat dies die Porsche-AG in Zusammenarbeit mit den Universitäten Mannheim und Köln für das Langzeitauto untersucht (KLA2-9). Danach läge die optimale Lebenszeit eines Langzeitautos bei ungefähr 18 bis 25 Jahren bzw. 300 000 km, was ca. das doppelte der heutigen Werte ist.

	Langzeitauto	
	auf Stahlbasis	auf Aluminiumbasis
Materialverbrauch insgesamt	- 55 %	- 65 %
Energieverbrauch insgesamt	- 5 %	- 20 %
Arbeitsinput	+ 7 %	+ 17 %
Verkaufspreis	+ 22 %	+ 30 %

Wenn 1985 das Langzeitauto einen Marktanteil von 30 % erreicht hätte, würden die Produktion und die Beschäftigung um rund 8 % steigen, im Jahr 2000 würde die Steigerungsrate aber auf Null zurückgehen und im Jahr 2010 lägen Produktion und Beschäftigung rund 4 % unter dem Niveau bei konventioneller Herstellung. Dies würde gut mit dem erwarteten Arbeitskräfteberg durch die geburtenstarken Jahrgänge übereinstimmen.

Wie aus der Tabelle abzulesen ist, spielt die Energieersparnis beim Langzeitauto zwar eine wichtige Rolle. Dabei ist aber noch zu berücksichtigen, daß das Aluminiumauto bei der Herstellung wesentlich mehr Energie benötigt als das Stahlauto. Uns scheint aber noch wichtiger zu sein, daß eine enorme Materialersparnis eintritt. Daher ist aufgrund der sich zuspitzenden Rohstoffsituation die Einführung von langlebigen Gütern eine unabdingbare Notwendigkeit. Der einzige "Nachteil" ist der, daß Modetendenzen wesentlich seltener Einfluß auf das Aussehen des Langzeitautos hätten. Dies scheint uns angesichts der zukünftigen Probleme völlig unbedeutend zu sein.

4.6.4.2.5. Fernwärme

Nach der Fernwärmestudie der Bundesregierung (KLA2-10) könnte durch Fernwärme zwischen 1980 und 1995 etwa 25 % des Heizenergiebedarfs gedeckt werden. Der Beschäftigungseffekt läge bei 35 000 bis 60 000 direkten Arbeitsplätzen beim Bau. Der Betrieb der zugehörigen Heizkraftwerke würde ca. 10 000 bis 20 000 Beschäftigte erfordern.

4.6.4.3. Eine vergleichende Betrachtung

Im vorhergehenden Kapitel wurde beispielhaft aufgezeigt, daß alle Energiesysteme prinzipiell beachtliche Beschäftigungseffekte auslösen können. Homeyer und Rahner haben 1980, aufbauend auf die Untersuchungen von Wessels (KLA1-20) versucht, einen Vergleich durchzuführen. Die folgende Tabelle zeigt, welche Arbeitsplatzeffekte sich bei einer Investition von 1.075 Mrd. DM in ausgewählte Wirtschaftszweige ergibt. Die Reihenfolge ist dabei in der Richtung geringerer Arbeitsplatzeffekte gewählt:

Wirtschaftszweig	Beschäftigungseffekte in 1000 Mannjahren		
	direkte + indirekte	induzierte	gesamt
Land- und Forstwirtschaft	61	24	85
Verarb. Gewerbe, Kleinind.	38	25	63
Sonst. Dienstleistungen	33	30	63
Maschinenbau	29	28	57
Elektrotechn. Industrie	29	24	53
Biogasanlagen	35	18	53
Blockheizkraftwerke	31	20	51
Wärmepumpen	31	20	51
Kohlebergbau	28	20	48
Bekleidungsindustrie	34	14	48
Solare Brauchwasseranlagen	30	17	47
Windenergie	27	18	45
Wärmedämmung	24	17	41
Elektrizitätswirtschaft	16	24	40
Steinkohlekraftwerke	26	13	39
Atomkraftwerke	24	15	39
Mineralölverarbeitung	8	14	22

Wie die Tabelle zeigt, liegen die Beschäftigungseffekte der neuen Technologien deutlich über denen des traditionellen Kraftwerksbaus, jedoch nach denen des Handwerks und des allgemeinen Maschinenbaus.

Hohmeyer und Rahner schätzten ferner die Nachfrage nach nicht-erschöpflichen Energieträgern bis zum Jahr 1985 ab. Dabei veranschlagten sie das Marktpotential auf 9-16 Mrd. DM, was 370 000 bis 650 000 Mannjahren entspricht. Der Energieeinspareffekt läge bei 3.5 bis 4.7 Mrd. t SKE. Unter Berücksichtigung von 3.5 % Produktivitätssteigerungen pro Jahr würden die Effekte um ein Drittel auf 230 000 bis 420 000 Mannjahre sinken. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick:

Bereich	Nachfrage potential in Mrd. DM	Beschäftigungseff. in 1000 Mannjahren insgesamt	direkt
Wärmedämmung	5.7-11.0	212 - 420	77-160
Gaswärmepumpen	1.7	80	35
Blockheizkraftwerke	1.0	46	19
Solare Brauchwasseranlage	0.3-1.5	14 - 68	6-32
Biogasanlagen	0.2-0.6	12 - 30	6-15
Windenergieanlagen	0.1-0.3	4 - 12	2-5
Insgesamt ohne Prod. anstieg	9.0-16.1	368 - 656	145-266
mit Prod. anstieg	9.0-16.1	230 - 420	90-170

Wollte man den gleichen Effekt mit Kernkraftwerken erreichen, so müßten 1985 bei Annahme einer Bauzeit von sechs Jahren über 100 Kernkraftwerke in Bau sein (KLA1-20).

Nun wissen wir, wieviele Arbeitsplätze durch die neuen Technologien entstehen könnten. Interessant ist nun aber noch die

Frage, welcher Art diese Arbeitsplätze sind und wo sie entstehen könnten (strukturschwache Gebiete oder Ballungszentren). Dabei ist Technologien der Vorzug zu geben, die möglichst in allen Bereichen und auch in strukturschwachen Gebieten Arbeitsplätze hervorrufen.

Wie sich die Arbeitsplätze auf die verschiedenen Wirtschaftsbereiche verteilen, zeigt die folgende Tabelle, wobei allerdings die neuen Technologien gesondert dargestellt sind. So ist z.B. die Wärmedämmung nicht im Baugewerbe enthalten.

Wirtschaftszweige	Beschäftigungseffekte in 1000 Mannjahren	
	insgesamt	direkt
Neue Wirtschaftszweige:	187	187
davon		
Wärmedämmung	121	121
Bau von Gaswärmepumpen	20	20
Bau von Blockheizkraftwerken	9	9
Bau von sol. Brauchwasseranl.	13	13
Bau von Solarkollektoren	11	11
Bau von Biogasanlagen	11	11
Bau von Windenergieanlagen	2	2
Übrige Wirtschaft:	469	78
davon		
Steine und Erden	13	10
Nichteisenmetallindustrie	5	5
Chemie	22	11
Holzbearbeitung	10	9
Stahlbau	5	5
Maschinenbau	24	18
Elektrotechnik	17	6
Glasindustrie	16	5
Kunststoffverarbeitung	9	0
Textil und Bekleidung	20	0
Verarb. Handwerk, Kleinind.	43	0
Baugewerbe (ohne Wärmedämm.)	5	3
Groß- und Einzelhandel	81	0
Übriger Verkehr	11	3
Kreditinst. u. Versicherungen	11	0
Sonst. Dienstleistungen	46	0
Insgesamt	656	266

Zur Problematik der hier aufgeführten Berechnungen möchten wir Klauder zitieren (KLA1-22):

"Nun darf man natürlich alle derartigen Berechnungen, die nur unter sehr eingeschränkten Annahmen gelten, nicht auf die Goldwaage legen. Auf jeden Fall zeigen die Berechnungen aber, daß energiewirtschaftliche Maßnahmen zum Aufbau unterschiedlicher Energiestrukturen zwar zu verschiedenartigen, aber unter gleichen Voraussetzungen zu jeweils bedeutsamen Beschäftigungseffekten führen, wobei wahrscheinlich auf mittlere Sicht die Investitionen in regenerative Energien tendenziell höhere Beschäftigungseffekte aufweisen dürften als die traditionellen Kraftwerksinvestitionen."

4.6.4.4. Eine Abschätzung für München

Wenn wir annehmen, daß München an dem von Homeyer und Rahner angegebenen Arbeitskräftepotential entsprechend seinem Bevölkerungsanteil von 2.15 % teilhat, so ergibt sich ein Münchner Marktpotential von 194 bis 347 Mio. DM im Jahr 1985, was wiederum 7840 bis 14100 Arbeitsplätzen entspricht. Unter Berücksichtigung des Produktivitätsfortschritts ergäben sich 4900 bis 9000 Arbeitsplätze. Der Energieeinspareffekt läge in diesem Jahr bei 610 bis 820 GWh, was ca. 2.25 bis 3 % des heutigen Münchner Endenergieverbrauchs entspricht. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über den Anteil der Arbeitsplatzeffekte in München:

Bereich	Nachfrage potential in Mio. DM	Beschäftigungseff. in Mannjahren insgesamt	direkt
Wärmepumpen	123 - 237	4500-9000	1700-3400
Gaswärmepumpen	37	1700	750
Blockheizkraftwerke	22	990	410
Solare Brauchwasseranlage	6 - 32	300-1500	130- 190
Biogasanlagen	4 - 13	260- 650	130- 320
Windenergieanlagen	2 - 6	90- 260	40-1100
Insgesamt ohne Prod. anst.	194 - 347	7840-14100	3160-6670
mit Prod. anst.	194 - 347	4900-9000	1900-3700

Eine Umrechnung der Zahlen der Studie der Prognos-AG für die Wärmedämmung, welche von den Annahmen her unserem Szenario durchaus vergleichbar ist, ergibt bei Dämmung aller 569 000 Wohnungen zu ca. 10 000 DM eine Nachfrage von 5.7 Mrd. DM über 20 Jahre gerechnet (in Preisen von 1976) was wiederum 5600 Arbeitsplätzen im Schnitt entspricht (1980: 7000, 1995: 4200). Außerdem ist der Betrag der Nachfrage von ca. 5.7 Mrd. DM ungefähr gleich den heute projektierten Gesamtkosten für das Atomkraftwerk Ohu II.

Eine Durchführung des Solarkonzepts von Henseler und Tanner ergäbe ohne Berücksichtigung des Produktivitätsfortschritts ca. 15 000 bis 30 000 Arbeitsplätze, was ein beachtliches Potential darstellt. Der Unterschied zu den Zahlen von Homeyer und Rahner erklärt sich durch die zusätzliche Annahme, daß Solarenergie auch zur Hausheizung benutzt wird. In den verschiedenen Bereichen ergibt sich folgende Aufteilung:

- ca. 1500 - 3000 Arbeitsplätze bei der Installation
- ca. 1500 - 3000 Arbeitsplätze bei Handel und Verkehr
- ca. 1500 - 3000 Arbeitsplätze bei der Kollektorfertigung
- ca. 3000 - 6000 Arbeitsplätze bei der Fertigung konventioneller Anlagenteile
- ca. 7500 -15000 Arbeitsplätze bei sonst. Material und Halbzeugen

Die Abschätzung eines Gesamtpotentials ist nun sicherlich nicht einfach und auch stark von der zukünftig eingeschlagenen Variante unseres Energieszenarios abhängig. Auch wenn z.B. die untere Variante verwirklicht wird, gibt es noch viele Unbekannte, wie etwa die zukünftigen Erfolge bei den Forderungen der Gewerkschaften

zur Arbeitszeitverkürzung, die zumindest teilweise die Produktivitätsfortschritte ausgleichen können. Trotzdem kann die folgende Rechnung eine grobe Vorstellung geben, wie eine Energiepolitik, die sich auf Energiesparen und nichterschöpfliche Energieträger stützt, in Zukunft die Arbeitsplatzsituation in München erhalten bzw. verbessert werden kann. Wesentlich ist aber auch, daß hierbei Arbeitsplätze in München entstehen und nicht in großer Entfernung.

Da Wärmedämmung in München unabhängig von äußeren Einflüssen durchgeführt werden kann, rechnen wir hier mit einem geschätzten Potential von ca. 6000 Arbeitsplätzen für die nächsten 20 Jahre. Bei der Solarenergie dürften aufgrund unserer Annahmen etwa 10 000 Arbeitsplätze entstehen, die aber nur zum Teil (ca. 1500) auf den Installationssektor fallen. Ein Zusammenzählen der restlichen Bereiche könnte in München noch einmal ca. 4000 Arbeitsplätze bringen. Damit ergibt sich:

!	Wärmedämmung	6 000 Arbeitsplätze	!
!	aktive Solarenergie	10 000 Arbeitsplätze	!
!	Sonstige Bereiche	4 000 Arbeitsplätze	!
!	Summe	20 000 Arbeitsplätze	!

In Preisen von 1976 ergibt sich dann über 20 Jahre gerechnet ein Nachfragepotential von ca. 8.6 Mrd. DM:

!	Wärmedämmung	160 Mio. DM * 20 Jahre = 3.2 Mrd. DM	!
!	aktive Solarenergie	210 Mio. DM * 20 Jahre = 4.2 Mrd. DM	!
!	Sonstige Bereiche	60 Mio. DM * 20 Jahre = 1.2 Mrd. DM	!
!	Summe	430 Mio. DM = 8.6 Mrd. DM	!

Angesichts eines mittelfristigen Investitionsplanes der Stadt München von ca. 7 Mrd. DM für die nächsten 4 Jahre ist dies eine relativ geringe Summe, die aufzubringen wäre. Dabei darf auch nicht vergessen werden, daß ein großer Teil der Kosten nicht von der öffentlichen Hand getragen werden muß, da er sich durch die Energieeinsparmaßnahmen ja direkt rentiert und so dem Bürger zugemutet werden kann. Bei einigen Technologien sollte allerdings zumindest in der Anfangsphase eine kräftige finanzielle Unterstützung bereitgestellt werden.

4.6.4.5. Fazit und Ausblick

Da die von Klauder zusammengestellten Ergebnisse im wesentlichen auch hier in München Geltung haben, zitieren wir ihn hier wörtlich:

"Alle vorliegenden Untersuchungen deuten darauf hin, daß in einer flexiblen, anpassungsfähigen Marktwirtschaft mit funktionierendem Preismechanismus dank technischen Fortschritts und Substitution eine bestimmte Energiestruktur zumindest längerfristig nicht primär mit quantitativen Beschäftigungseffekten begründet werden kann. Vollbeschäftigung und Wirtschaftswachstum lassen sich prinzipiell mit unterschiedlichen Energiestrukturen und so-

mit auch mit der Nutzung regenerativer Energiequellen vereinbaren. Es gibt keinen starren Zusammenhang sondern längerfristig genügend Flexibilitäts- und Gestaltungsspielräume. Dies schafft Raum für andere Gesichtspunkte bei den grundsätzlichen energie- und umweltpolitischen Entscheidungen. Es sollte daher nicht an Arbeitslosenängste appelliert werden, wenn es im Grunde primär um ganz andere Fragen geht, wie um die Verfügbarkeit, die Sicherheit und die Umweltverträglichkeit oder auch um die Bereitschaft zum Strukturwandel und zum Umdenken.

Allerdings sprechen manche Untersuchungen dafür, daß sich mittelfristig bei anhaltender Unterbeschäftigung mit zusätzlichen, relativ arbeitsintensiven Maßnahmen zur Nutzung regenerativer Energiequellen zunächst höhere Beschäftigungseffekte erzielen ließen als mit zusätzlichen Maßnahmen, die die bisherigen Trends auf dem Energiegebiet fortsetzen, und daß dies außerdem vielleicht eine dezentralere Wirtschaftsstruktur begünstigen könnte, die wiederum die regionalen Beschäftigungsprobleme leichter lösen ließe.

Bedenkt man angesichts dieser Untersuchungsergebnisse, daß

- das Öl wahrscheinlich schon binnen zwei Jahrzehnten, bei politischen Krisen womöglich schon kurzfristig, als Energieträger weitgehend substituiert werden muß,
- die Kernenergie selbst bei einem forcierten Ausbau kaum mehr vor den 90er Jahren einen größeren Beitrag zur Energieversorgung leisten kann,
- in den 80er Jahren noch die geburtenstarken Jahrgänge auf den Markt drängen,

so dürfte es auf jeden Fall zweckmäßig sein, die Zeit zu nutzen, in der sowohl Energie als auch Arbeitskräfte noch relativ reichlich vorhanden sind. Wir sollten alle technisch möglichen und wirtschaftlich vertretbaren Maßnahmen zur rationelleren Energieverwendung und Nutzung der unerschöpflichen Energiequellen im größtmöglichen Ausmaß noch in den 80er Jahren durchführen."

4.6.5. DIE UMWELTSITUATION IN DER ZUKUNFT

In diesem Kapitel soll versucht werden, die Umweltbelastung abzuschätzen, die unsere vier Varianten verursachen. Wir beschränken uns dabei zunächst auf Schwefeldioxid und Stickoxide.

Die Zahlenangaben sind dabei nur als grobe Anhaltswerte zu verstehen. Selbstverständlich können wir die technische Entwicklung der nächsten 50 Jahre nicht voraussehen. Wir können nur abschätzen, was heute möglich erscheint.

Welchen Einfluß hat Energiesparen alleine auf die Umwelt?

Um diese Frage zu beantworten, haben wir berechnet, welche Umweltbelastung bei heutiger Technik und dem Primärenergieverbrauch der unteren Variante im Jahr 2030 entsteht. Die Daten für Kohlekraftwerke, Gasturbinen und Gasöfen entnehmen wir aus Kapitel 2.4, abzuschätzen bleiben die spezifischen NO_x-Emissionen der Gaswärmepumpen (GWP) bzw. Blockheizkraftwerke (BHKW). Da es sich hier um Verbrennungsmotoren handelt, die ähnlich auch in Kraftfahrzeugen eingesetzt werden, orientieren wir uns hier an Daten aus der entsprechenden Literatur. Angaben werden z.B. 9.85 g/l Treibstoff für Ottomotoren bzw. 7.2 g/l für Dieselmotoren (1). Da ein Liter Treibstoff etwa 10 kWh entspricht, wollen wir für unsere Zwecke etwa 1 t NO_x/GWh Primärenergie annehmen.

Wir kommen dann zu folgenden Werten für die spezifischen Emissionen (Angaben in kg/Gwh) :

	SO ₂	NO _x
Steinkohle	1900	900
Erdgas + Biogas		
- Gasturbinen, BHKW, GWP	10	1000
- Gasöfen, Gasherd	10	120

Der Primärenergieverbrauch der unteren Variante 2030 beträgt (GWh) :

Erdgas + Biogas insgesamt	3331 + 335	=	3666
- Gasturbinen, BHKW, GWP	752 + 984 + 1234	=	2970
- Rest Gasöfen, Gasherd			696
Kohle			3833
			7499

Die Umweltbelastung (in t Schadstoff) ergibt sich dann zu :

	SO ₂	NO _x
Erdgas + Biogas	37	
- Gasturbinen, BHKW, GWP		2970
- Gasöfen, Gasherd		84
Kohle	7283	3450
Summe	7320	6504

Die Belastung verringert sich also beim SO₂ auf 46 % des Wertes von 1979 (15885 t), beim NO_x auf 66 % des Wertes von 1979 (9922 t). Die Reduktion fällt erstaunlich gering aus, wenn man bedenkt, daß der Primärenergieverbrauch auf ca. 35 % sinkt, der Verbrauch an Gas, Öl und Kohle sogar auf 26 %.

Woher kommt das? Wir haben das Gas zurückgedrängt und durch die dreckigere Kohle ersetzt, und wir haben einen großen Anteil Gas in Gaswärmepumpen und Blockheizkraftwerken eingesetzt, wodurch zwar der Energieverbrauch sinkt, die NO_x-Emissionen aber ansteigen.

Wir müssen also zusätzliche Maßnahmen ergreifen, um die Emissionen an SO₂, aber vor allem auch an NO_x weiter zu verringern.

- Beim SO₂ sind 95 % Rückhaltegrad in Kraftwerken heute schon technisch möglich (Die Großfeuerungsanlagenverordnung schreibt nur 85 % vor).
- NO_x kann durch Optimierung der Verbrennung etwa auf die Hälfte reduziert werden. Bei Kohlekraftwerken, Gasturbinen, Blockheizkraftwerken und Gaswärmepumpen setzen wir zusätzlich Katalysatoren ein, die nochmals eine Verringerung auf etwa 20 % bewirken (Siehe Kapitel 3.4.3.).
- Beim Heizöl ist eine starke Reduktion des SO₂ eventuell schwierig, da es sich in der Regel um relativ kleine Anlagen handelt. Wir nehmen eine Verbesserung auf ca. 200 kg SO₂/GWh an, etwa durch besonders schwefelarmes oder entsprechend aufbereitetes Öl. Beim NO_x nehmen wir dieselben Werte an wie für Gas.

Damit ergeben sich folgende spezifischen Emissionen :
(kg/GWh, großzügig gerundet)

	SO ₂	NO _x
Erdgas + Biogas	10	100
Kohle + Müll	100	100
Heizöl	200	100

Diese Werte hat man noch mit dem Primärenergieverbrauch der Varianten im Jahr 2030 zu multiplizieren um die Umweltbelastung der Varianten im Jahr 2030 zu erhalten :

(O = obere Variante, K = kommunale Wachstumsvariante, KN = kommunale Niedrigwachstumsvariante, U = untere Variante)

Primärenergieverbrauch der Varianten (GWh/a):

	O	K	KN	U
Erdgas + Biogas	16457	10726	7034	3666
Kohle + Müll	5475	11383	4876	3833
Heizöl	4574	0	0	0

SO₂-Emission (t/a):

	O	K	KN	U
Erdgas + Biogas	164	107	70	37
Kohle + Müll	548	1138	488	383
Heizöl	915	0	0	0
Summe	1627	1245	558	420

NO_x-Emission (t/a):

	O	K	KN	U
Erdgas + Biogas	1646	1073	703	367
Kohle + Müll	548	1138	488	383
Heizöl	457	0	0	0
Summe	2651	2211	1191	750

Wie man in diesen Tabellen und den nachfolgenden Graphiken sieht, bewirkt die bessere Technik beim SO₂ bereits eine Reduktion um einen Faktor zehn. Die Reduktion des Energieverbrauchs von der oberen zur unteren Variante bringt nochmals einen Faktor vier.

Beim NO_x bewirkt die bessere Technik nur etwa eine Verringerung um einen Faktor drei. Wieder bringt die Reduktion des Energieverbrauchs etwa einen Faktor vier.

Man könnte nun noch annehmen, daß etwa die obere Variante auch schlechtere Technik verwendet - Politiker, die die Energieeinsparung vernachlässigen, werden auch weniger für den Umweltschutz tun - davon haben wir jedoch der Einfachheit der Berechnung und der Vergleichbarkeit der Ergebnisse wegen abgesehen.

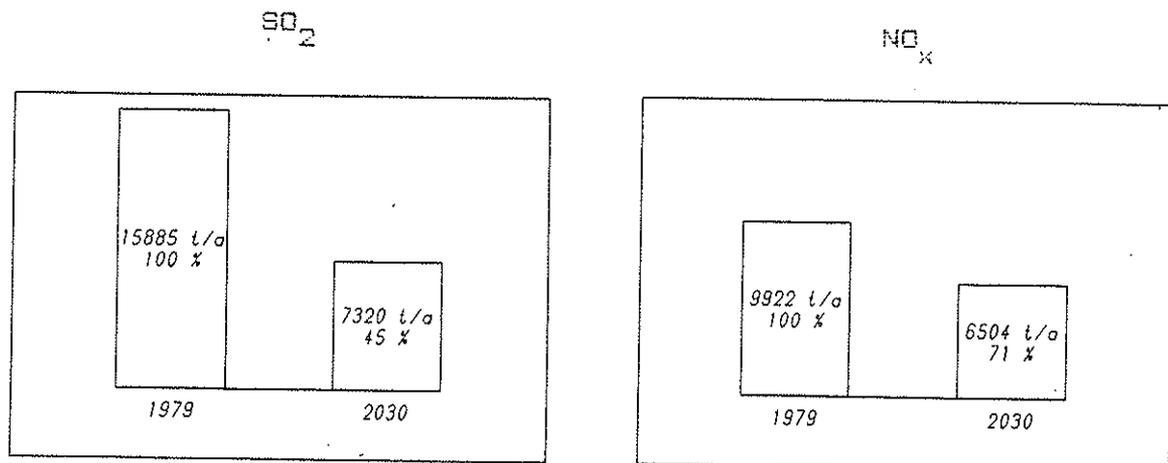


Bild 4-11: Verbesserungen durch starke Reduktion des Energieverbrauchs (gleiche Technik wie heute, untere Variante)

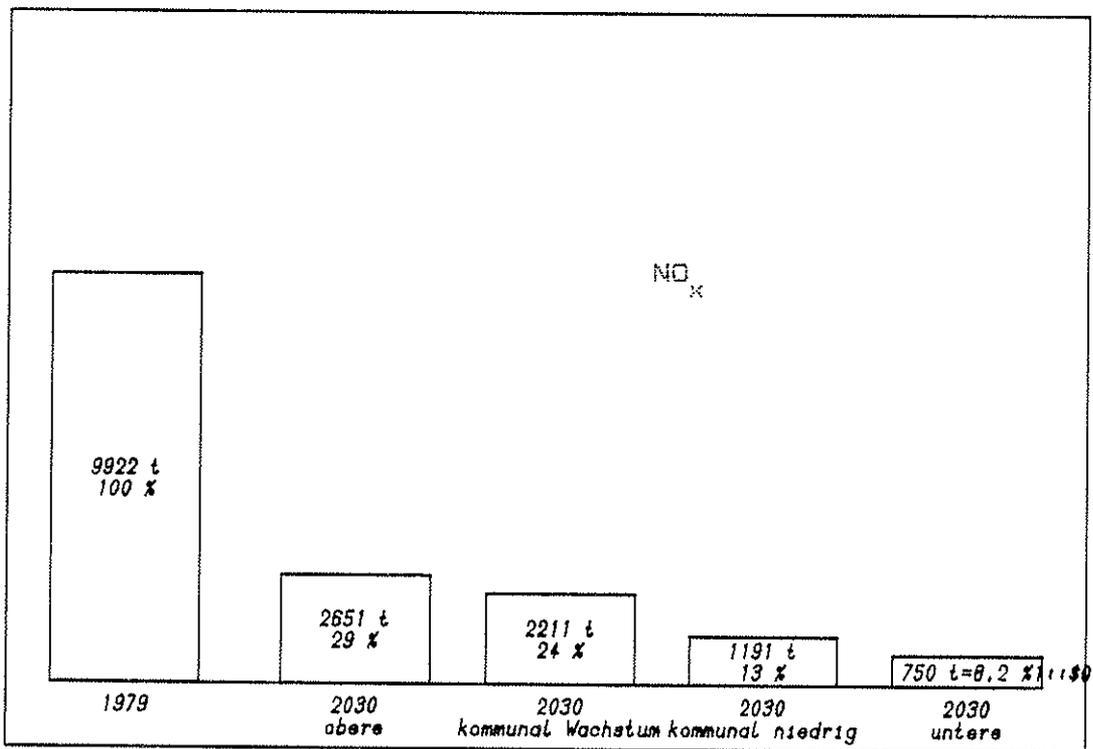
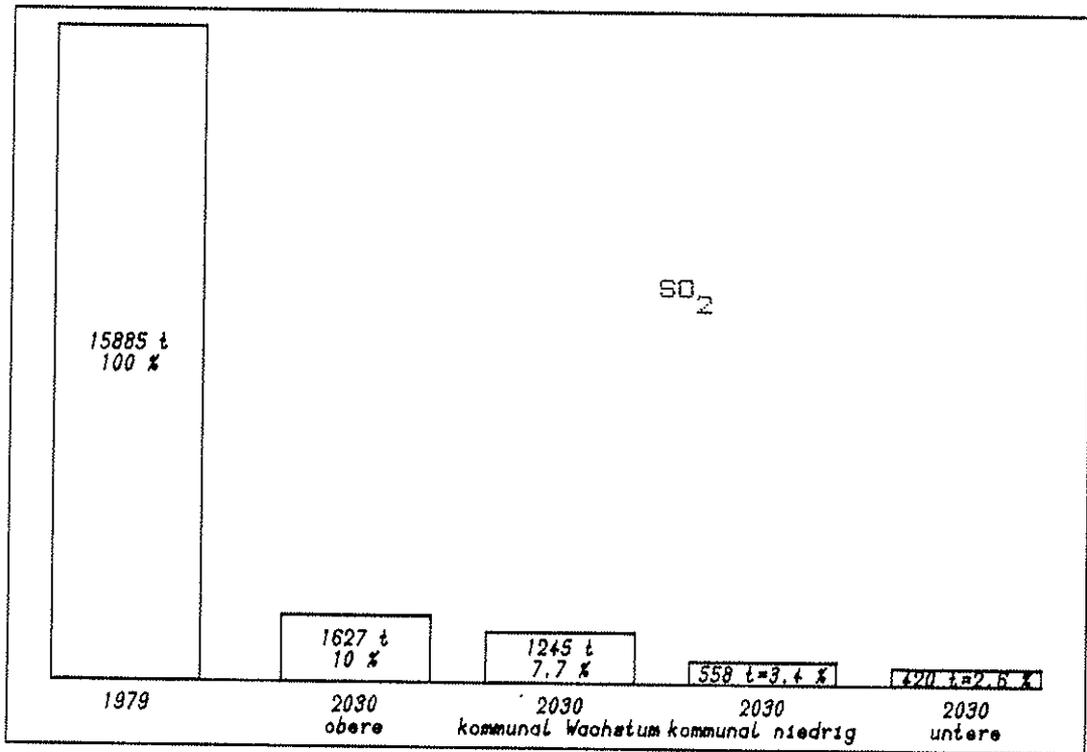


Bild 4-12: Verbesserung durch stark verbesserte, aber für alle Varianten gleiche Technik

Literaturverzeichnis

- (1) Josef Vogl, Anton Heigl, Kurt Schäfer :
Handbuch des Umweltschutzes
Josef Dummer & Co München 1977

5. WAS IST ZU TUN?

Im vorangehenden Abschnitt konnten wir zeigen, daß es sinnvoll ist, zukünftig einen energiepolitischen Weg in Richtung der unteren Variante einzuschlagen. In diesem Kapitel wollen wir erläutern, wie sich unsere Politik und unser Verhalten ändern muß und welche konkreten Schritte notwendig sind, um auf diesen Weg zu gelangen.

Wir wissen, daß unsere Arbeit nur dann einen Sinn hat, wenn sie Eingang in die öffentliche Diskussion findet. Ansonsten wäre sie - wie leider so viele wissenschaftliche Arbeiten - für die Schublade, oder was noch schlimmer wäre, für den Papierkorb erstellt. Wir wollen versuchen, den Begriff "Wissenschaft für alle" in die Wirklichkeit umzusetzen. Dabei haben wir versucht, ausgehend von den Vorschlägen der Enquetekommission (ENQ) und der Umarbeitung dieser Ansätze für die kommunale Ebene (TÜB und TÜB2) Entsprechendes für München zu erarbeiten. Die folgende Auflistung unserer Vorschläge soll nur der Anfang sein und zukünftig durch neue Erfahrungen und Ideen erweitert und ergänzt werden.

Für falsch halten wir es, wenn dem Bürger mit erhobenem Zeigefinger bedeutet wird, daß er allein für den ständig steigenden Energieverbrauch verantwortlich ist. Ebenso verkehrt ist die Ansicht, daß der einzelne ja doch nichts tun könne und die da oben an allem schuld seien. Wir meinen, daß sowohl politisches als auch persönliches Engagement von uns allen gefordert ist, um die Probleme der Zukunft zu lösen.

5.1. Was kann der einzelne tun?

Heute existiert bereits eine Fülle von Tips zum Thema Energiesparen. Wir wollen hier keine neue Liste aufstellen, sondern auf zwei im großen und ganzen akzeptable Veröffentlichungen hinweisen, die kostenlos zu beziehen sind:

Energiespartips (Band 2):

Hier wird eine Fülle von Tips geboten, denen wir weitgehend zustimmen können. Erhältlich in der Stadtinformation (Stachus) oder vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft und Verkehr.

Energiesparbuch für das Eigenheim:

Eine nützliche Anleitung für Eigenheimbesitzer und Bastler. Reihe Bürgerservice 17, Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, Welcherstr. 11, 5300 Bonn 1.

Weitere Tips sind beim Bund Naturschutz bzw. beim BBU (Bund Bürgerinitiativen Umweltschutz) erhältlich. Wer auch nur einen Teil dieser Tips befolgt, wird Energie und damit meist auch Geld sparen.

Die Lebensdauer heutiger Haushaltsgüter liegt bei etwa 10 Jahren. Da sich in dieser Zeit, wie wir in Kapitel 3 gezeigt haben, bemerkenswerte Entwicklungen ergeben können, tut man gut daran, sich vor dem Kauf eines neuen Geräts gründlich über Energie- und Wasserverbrauch zu informieren. Ähnliches gilt bei der Erneuerung von Heizkesseln. Hier kann der einzelne durch bewußte Auswahl einen nicht unerheblichen Beitrag zum Umweltschutz leisten.

An dieser Stelle wollen wir davor warnen, allzu leicht dem Urteil "Von Stiftung Warentest für gut befunden" zu glauben. Ein Gerät, das vor einigen Jahren zu recht so eingestuft wurde, kann inzwischen völlig veraltet sein (vgl. hierzu Neckermann-Katalog Winter 83/84, S. 800, Position 1 und 4):

- Das Gerät auf Position 1 (LLOYDS 100) hat einen Wasserverbrauch von 50 l und benötigt 2.4 kWh Strom bei einem Fassungsvermögen von 10 Maßgedecken.
- Dagegen braucht die modernere Spülmaschine nur noch 28 l Wasser und 1.9 kWh obwohl ihr Fassungsvermögen bei 12 Maßgedecken liegt.

Auf das Maßgedeck bezogen ergibt sich somit eine Verminderung um 53 % beim Wasserverbrauch und 34 % beim Stromverbrauch. Ferner ist zu berücksichtigen, daß durch entsprechende Sparprogramme, die in den meisten Fällen ausreichen, bei der zweiten Maschine noch einmal eine Reduktion von Wasser- und Energieverbrauch möglich ist (24 l und 1.6 kWh). Man sieht, daß sich genaues Hinschauen lohnt. Wird von einem Hersteller also in der Werbung der Hinweis auf die Stiftung Warentest verwendet, so ist es wesentlich, auf das Datum des Tests zu achten!

Neben diesen technischen Maßnahmen halten wir es für wichtig, daß jeder versucht, mit seinen Bekannten über diese Thematik zu reden, um so das Bewußtsein zu schärfen, bzw. von den Erfahrungen anderer zu profitieren. Auch ist es sinnvoll, Politiker anzusprechen, ihnen die eigene Sicht der Energiepolitik zu vermitteln, um so entsprechenden öffentlichen Druck zu schaffen, damit Veränderungen in Gang kommen.

5.2. Was kann die Stadt tun?

Bisher wurde von den Stadtwerken lediglich dafür gesorgt, daß wir immer genügend Energie zur Verfügung hatten. Zukünftig müßten aber andere Ziele in den Vordergrund rücken:

- Förderung von Energiesparen und effektiven Nutzungstechniken.
- Hilfestellung geben bei der Nutzung nichterschöpflicher Energien.

Wir haben zuerst versucht herauszubekommen, was die Stadt bisher in dieser Richtung unternommen hat. So gibt es die Verbraucherberatung der Stadtwerke. Wie wir bei einigen Testgesprächen feststellen konnten, ist diese, was die technische Beratung angeht, empfehlenswert. Allerdings sollten den Kunden nicht nur Kosten-, sondern auch Umweltaspekte vermittelt werden. Dies haben wir leider vermißt. Wir fänden es gut, wenn zukünftig darauf wesentlich mehr Wert gelegt würde.

Die Stadt unterhält in Zusammenarbeit mit dem TÜV einen Energiebus, der gegen akzeptable Kosten Energieberatung vor Ort durchführt (Stadtratsantrag der CSU).

Interessierten Bürgern wird hier die Möglichkeit geboten, in 3 Stufen eine individuelle Energieberatung durchführen zu lassen. In der Stufe 1 wird die Computerauswertung eines Fragebogens durchgeführt, was für ein Einfamilienhaus ca. 75.- DM kostet. Etwas merkwürdig finden wir, daß das Computerprogramm den "für Ihr Gebäude optimalen Energieverbrauch" errechnet und ihn mit dem

tatsächlichen vergleicht. Der optimale Energieverbrauch eines Gebäudes ist Null. Wenn hier der wirtschaftlich optimale gemeint ist, so sollte das deutlich gemacht werden.

Stufe 2 ermöglicht eine Vor-Ort-Beratung durch ein Sachverständigenteam (ca. 300 bis 500 DM). Im Gegensatz zur Stufe 1 werden hier gezielte Verbesserungsvorschläge durchgeführt und zusätzlich die Heizanlage untersucht.

In Stufe 3 wird mit Hilfe einer Thermografiekamera eventuellen baulichen Schwächen nachgegangen (ca. 300 DM + 50 DM pro Aufnahme). Wer die Unterlagen zu den entsprechenden Stadtratsanträgen aufmerksam durchliest, stellt fest, daß die Thermographie ein teures, aufwendiges und nur an wenigen Tagen des Jahres anwendbares Verfahren ist. Daher halten wir die Möglichkeit thermographischer Aufnahmen zum Aufspüren von Wärmelecks in Gebäuden für technisch überzogen.

Richtig finden wir, daß einzelne Gebäude mit Hilfe eines Computerprogramms analysiert werden, wobei wir den Eindruck haben, daß das Programm noch einige Schwächen aufweist. So berechnet es den Wärmeverbrauch anhand der Normen DIN 4701 und VDI 2067, was bei guter Wärmedämmung wegen der Vernachlässigung der Wärmegewinne zu falschen Ergebnissen führt. Hier sind dringend Verbesserungen entsprechend dem heutigen technischen Stand vonnöten. Nach unserer Meinung ist jedoch das Konzept "Energiebus" ein Schritt in die richtige Richtung. Leider ist diese Leistung der Stadt kaum bekannt.

Da oft behauptet wird, der Zustand der heutigen Häuser sei schon so gut, daß größere Verbesserungen nicht zu erwarten sind, hier einige Ergebnisse der Energiebus-Untersuchungen:

In den vergangenen Jahren wurden ca. 30 bis 40 Ein- oder Zweifamilienhäuser in München untersucht. Dabei fiel auf, daß die Dämmung zu wünschen übrig ließ:

ca. 10 % der Häuser lag im Bereich der Wärmeschutzverordnung,
ca. 64 % waren 20 bis 80 % schlechter,
ca. 16 % waren 80 bis 200 % schlechter und
ca. 10 % waren sogar 200 % schlechter.

Dies heißt nichts anderes, als daß hier noch beträchtlich gespart werden kann. Weiter wurde festgestellt, daß außer der mangelnden Dämmung auch die Heizanlagen stark überdimensioniert waren, womit natürlich ein erheblicher Mehrbedarf an Brennstoffen gegenüber dem berechneten Sollwert notwendig war:

ca. 33 % lagen in etwa richtig,
ca. 39 % verbrauchten 20 bis 50 % mehr,
ca. 17 % verbrauchten 50 bis 80 % mehr und
ca. 11 % lagen sogar über 80 %.

Betrachtet man nun Dämmung und Heizanlage zusammen, so ergibt sich gegenüber einem nach der Wärmeschutzverordnung gedämmten Haus mit guter Heizanlage ein Mehrverbrauch von

ca. 50 % bei ca. 11 % der Häuser,
ca. 50 % bis 100 % bei etwa 19 % der Häuser,
ca. 100 % bis 200 % bei etwa 45 % der Häuser und

mehr als 200 % bei knapp 6 % der Häuser.

Obwohl hier natürlich berücksichtigt werden sollte, daß die Leistungen des TÜV oft nur dann in Anspruch genommen werden, wenn der Verdacht auf hohe Verluste besteht, zeigen die Ergebnisse doch, daß noch große Einsparpotentiale vorhanden sind. Bezieht man diese Ergebnisse auf die ab 1.1.84 gültige verschärfte Wärmeschutzverordnung, so ist eine nochmalige deutliche Verbesserung sichtbar.

Für Interessierte hier die Adresse des Energiebus:

Technischer Überwachungsverein Bayern e.V.
D.1-WV
Westendstr. 199
8000 München 21

Diese beiden Maßnahmen der Stadt reichen nun aber keinesfalls aus, um zu dem Quasimonopol der Stadtwerke auf dem Sektor Energie ein entsprechendes Gegengewicht zu schaffen. Hier ist offensichtlich etwas mehr Marktwirtschaft notwendig: Auf der einen Seite die Stadtwerke mit Energiebereitstellung, auf der anderen Seite (Konkurrenz!) eine davon unabhängige Einrichtung, die Einsparungen fördert.

Wie könnte so ein Konzept aussehen? Wir stellen uns vor, daß die Stadt einen Energiebeauftragten anstellt, der am besten als Energiesparreferent (hauptamtlicher Stadtrat) ein Gegengewicht zum Werkreferenten darstellt. Diesem unterstehen mehrere Energieberatungsstellen, die möglichst gleichmäßig über die Stadt verteilt sind (Bürgernähe!). Hier wird der interessierte Bürger in täglichen Schalterstunden individuell und kostenlos über einfache Energiesparmaßnahmen beraten. Ferner existiert die Möglichkeit, gegen geringe Gebühren (evt. Selbstkostenpreis) eine Wärmebedarfsberechnung entsprechend dem Energiebus durchführen zu lassen. Ferner werden Veranstaltungen und Ausstellungen zu Themen wie energiesparende Geräte oder alternative Technologien durchgeführt. Die Beratungsstellen arbeiten eng mit den zuständigen Bezirksausschüssen zusammen, damit die Energieplanung stadtteilorientiert ist. Diese veranstalten regelmäßig sogenannte Energieforen, in welchen öffentlich über aktuelle Entwicklungen im Stadtteil diskutiert werden kann. Hier sehen wir auch die Möglichkeit einer Rückkopplung insofern gegeben, als praktische Ergebnisse die Theorie befruchten können und umgekehrt. Dem Energieforum sollten angehören:

Der Energiebeauftragte,
die Mitarbeiter der Beratungsstellen,
Vertreter der Stadtwerke München,
Vertreter des Stadtrates und der Bezirksausschüsse,
Vertreter der Bauämter und der Architekten und des Handwerks,
Vertreter der örtlichen Bürgerinitiativen
und alle interessierten Bürger.

Nun könnte jemand auf den Gedanken kommen, daß dieses Konzept zusätzliche Bürokratie schafft, die zweifellos Geld kostet und scheinbar nichts einbringt. Die durch die Energieberatungsstellen angeregten Einsparungen führen zu verminderten Brennstoffkosten (auch bei den städtischen Kraftwerken) und zum Verzicht auf den Bau neuer Kraftwerke. Volkswirtschaftlich gesehen - und darauf kommt es an - wird sich dieses Konzept daher mehr als auszahlen.

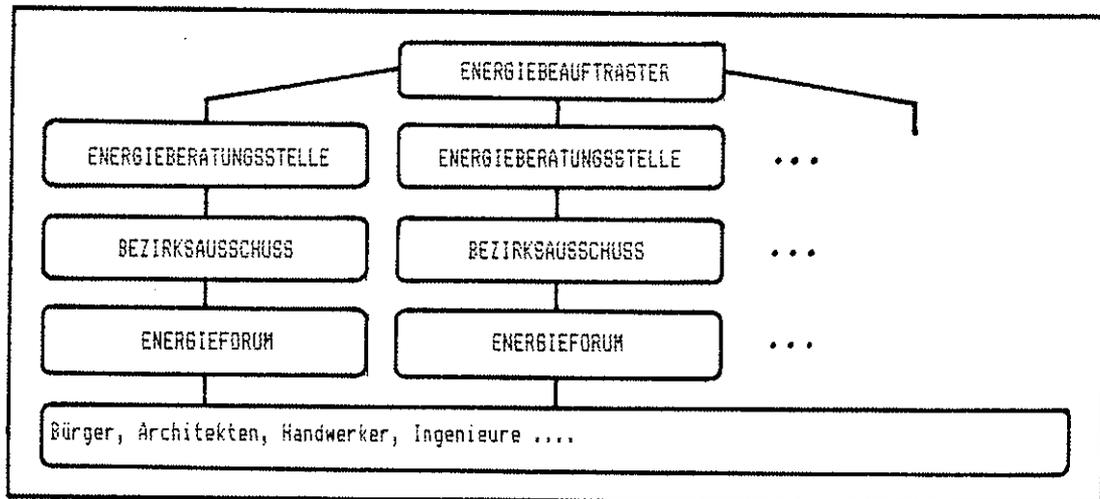


Bild 5-1: Vorschlag für die organisatorische Struktur

Wir glauben, daß dieser "organisatorische Überbau" die Voraussetzung für die rasche Realisierung unseres Konzepts darstellt. Die alleinige Verwendung der heutigen Strukturen reicht nicht aus. Im weiteren zeigen wir nun auf, welche Maßnahmen die Stadt zukünftig ergreifen sollte, damit das Energiesparkonzept verwirklicht wird.

5.2.1. Vorschläge für den Bereich der Raumheizung

Wie die Beispiele der Firmen Migros in der Schweiz und Borsig in Berlin zeigen, kann durch einfache Sofortmaßnahmen (organisatorischer Art und kleine technische Änderungen) der Energieverbrauch innerhalb relativ kurzer Zeit stark gesenkt werden. So sparte Migros innerhalb von fünf Jahren ca. 30 % an Energie, Borsig mehr als die Hälfte des Heizöls ein.

Wir schlagen vor, daß die Stadt München bei ihren Gebäuden ähnlich vorgeht:

- Zuerst wird bei jedem Gebäude in Zusammenarbeit mit den Energieberatungsstellen eine Bestandsaufnahme bezüglich Wärmedämmung und Heiztechnik durchgeführt. Damit können die größten Schwachstellen festgestellt werden.
- Nun wird ein Katalog mit technischen und organisatorischen Sofortmaßnahmen erstellt. Ferner wird an die städtischen Mitarbeiter ein Merkblatt mit entsprechenden Energiesparhinweisen verteilt.

Damit ist - sehr vorsichtig geschätzt - eine Einsparung von mindestens 20 % bis zum Jahr 1990 möglich.

- Parallel dazu erstellen die Energieberatungsstellen in Zusammenarbeit mit Architekten für jedes einzelne Gebäude ein langfristiges Sanierungsprogramm. Zu denken wäre an stark verbesserte Außenwärmedämmung (nur bei denkmalgeschützten Objekten ist eine fachgerechte Innendämmung zweckmäßig) und verbesserte Heizsysteme. Die Finanzierung sollte von der Stadt übernommen werden, wobei sich diese Kosten innerhalb weniger Jahre durch die Energieeinsparung wieder bezahlt ma-

chen. Wichtig ist auch, daß die Gelder auf wenige Objekte konzentriert werden (modellhafte Sanierung). Eine breite Streuung wäre nicht zweckmäßig.

- Bei Neubauten sollte die Stadt bei der Ausschreibung darauf achten, daß Energiespargesichtspunkte stark in den Vordergrund rücken. So könnten z.B. Solarhäuser in passiver Bauweise erstellt werden. Bei der Festlegung der Ausschreibung sollten der Energiebeauftragte und die Energieberatungsstellen ein Mitspracherecht haben.

Mit diesen Maßnahmen kann die Stadt in ihrem Bereich innerhalb mehrerer Jahrzehnte einen wesentlichen Beitrag zur Energieeinsparung leisten. Entsprechende begleitende Öffentlichkeitsarbeit würde dabei viele Privatpersonen und auch Betriebe zur Nachahmung anregen.

Da viele Münchner in einer Mietwohnung leben und somit nur wenig Möglichkeiten zur technischen Energieeinsparung wie etwa Wärmedämmung haben, sollte die Stadt sich geeignete unterstützende Maßnahmen überlegen. Beispielsweise könnte die Angabe von Warmmieten vorgeschrieben werden, wodurch sich für die Vermieter ein Anreiz für Dämmmaßnahmen ergäbe.

Weiter könnte die Stadt über die Bauleitplanung den Grundstock für die Solararchitektur legen. Wesentliche Vorteile bieten Häuser mit den Giebeln in Ost-West-Richtung. In diesem Zusammenhang wollen wir auch darauf hinweisen, daß die z.Z. von Oberbürgermeister Kiesel als große Leistung dargestellten Sparhäuser keine Energiesparhäuser sind. Es ist damit zu rechnen, daß die Käufer das gesparte Geld zukünftig zum Fenster hinausheizen. Die Stadt sollte Architekten über einen Wettbewerb anregen, Häuser zu entwerfen, die etwa preislich gleich, aber energetisch erheblich verbessert sind. Dann könnte von echten Sparhäusern gesprochen werden.

5.2.2. Vorschläge für sonstige Bereiche

Hier gehen wir davon aus, daß die Stadt beispielhaft an bestehenden oder neu zu bauenden städtischen Gebäuden aufzeigt, wo heute Verbesserungen denkbar und auch wirtschaftlich sind:

- Solarenergienutzung bzw. Gaswärmepumpen können die elektrische Warmwassererzeugung weitgehend ersetzen.
- Elektrische Antriebe werden an die wirklich benötigte Leistung angepaßt, wobei sie dann in ihrem Optimum betrieben werden können.
- Heutige Lampen werden bei Ausfall durch energiesparende ersetzt.
- Bei der Neuanschaffung bzw. beim Ersatz von Geräten wird speziell auf den Energie- und Wasserverbrauch geachtet.
- Klimaanlage sind zukünftig nur noch in begründeten Ausnahmefällen zu genehmigen.
- Bei Kühlanlagen kann der Energieverbrauch durch verbesserte Wärmedämmung erniedrigt werden.

Auch diese Maßnahmen werden wieder zur Nachahmung im privaten und betrieblichen Bereich führen.

5.2.3. Vorschläge zur Informationspolitik

Über den jeweiligen Stand der Diskussion und die neuesten Entwicklungen und Ergebnisse ist die Öffentlichkeit regelmäßig durch die örtlichen Medien zu unterrichten. Eventuell könnten auch Energiesparwettbewerbe mit attraktiven Preisen durchgeführt werden.

Hier sehen wir ein weites Betätigungsfeld für den Energiebeauftragten. Ferner sollten für alle Interessierten, in Zusammenarbeit mit der Volkshochschule oder den entsprechenden Berufsverbänden, Weiterbildungskurse eingerichtet werden. Insbesondere ist hier an die damit befaßten Berufe wie Architekten, Ingenieure, Handwerker, Techniker und Energieberater zu denken.

An dieser Stelle ist noch anzumerken, daß der Energiebeauftragte Kontakte zur Energieforschung mit den örtlichen Hochschulen pflegen sollte. So wäre es zum Beispiel denkbar, im Rahmen der Arbeit der Energieberatungsstellen anfallende Forschungsaufgaben an die Hochschulen abzugeben (z.B. Erstellen geeigneter Programme für Wärmebedarfsberechnungen). Auch könnte er durch entsprechende Vermittlung mithelfen, daß neue Forschungsergebnisse in der Praxis im Rahmen von Modellversuchen erprobt werden können.

Ebenso hat der Energiebeauftragte dafür zu sorgen, daß andere Gebiete wie Bauplanung, Sanierung oder Verkehrsplanung stärker als heute auch aus der Sicht der Energieplanung gesehen werden und umgekehrt.

5.2.4. Vorschläge für Anträge im Stadtrat

Wir haben uns in die Lage von Stadträten versetzt und überlegt, welche Anträge zur Realisierung unseres Konzepts zu stellen sind, wobei wir diese in etwa in der Reihenfolge der Dringlichkeit geordnet haben:

Antrag 1: Ausstieg aus Ohu II

Die Stadt kündigt ihre Beteiligung an Ohu II so schnell wie möglich auf. Der Bau eines Höchstspannungsringes um München ist ebenfalls überflüssig.

Begründung: Bei entsprechender Einsparpolitik ist ein weiterer Anstieg des Stromverbrauchs nicht zu erwarten.

Antrag 2: Einstellung der Stromwerbung

Die bisherige Werbung für Strom zu Wärmezwecken wird umgehend eingestellt.

Begründung: Strom ist eine wertvolle Energie, mit der sparsam umgegangen werden sollte. Die Bezahlung einer Prämie bei Installation von Nachtspeicherheizungen ist daher direkte Förderung von Energieverschwendung (siehe auch Kapitel 3.4.5.2).

Antrag 3: Verbesserung der Kraftwerkstechnik

Die Stadtwerke unternehmen sofort alle Anstrengungen um den Schadstoffausstoß der Kraftwerke, die mit Kohle betrieben werden, zu vermindern. Ein Entschwefelungsgrad von 95 % ist anzustreben. Bei den übrigen Kraftwerken, die überwiegend mit Gas betrieben werden, sind Maßnahmen zur Reduktion der Stickoxide vorzunehmen. Beim notwendigen Ersatz eines Kraftwerks ist auf die umweltfreundlichere Wirbelschichttechnik umzustellen.

Begründung: siehe Kapitel 3.4.3. und 3.4.4.

Antrag 4: Detaillierung unserer Studie

Die Stadt gibt eine Studie in Auftrag, die unsere Ergebnisse noch weiter detailliert.

Begründung: Mangels geeigneten Datenmaterials war uns die Behandlung der Bereiche Kleinverbrauch und Industrie nur relativ grob möglich. So vermuten wir, daß z.B. die Brauereien - und davon gibt es ja in München viele - durch Biogasnutzung einen großen Teil ihrer Energie in Eigenerzeugung herstellen könnten.

Antrag 5: Müllentsorgung

Die Müllverbrennung ist zukünftig wegen ihrer Umweltschädlichkeit einzustellen. Stattdessen ist eine starke Verminderung des Müllanfalls anzustreben. Beim dann noch verbleibenden Restmüll sind umweltfreundliche und rohstoffsparende Verfahren einzusetzen (Recycling, Biogaserzeugung, Pyrolyse).

Begründung: siehe Kapitel 3.3.2.5.

Antrag 6: Zukünftige Fernwärmepolitik

Den Fernwärmekunden wird nahegelegt, Energiesparmaßnahmen durchzuführen. Als Anreiz dienen zeitlich begrenzte Tarifsenkungen (indirekter Zuschuß).

Begründung: Die so frei werdende Anschlußleistung ermöglicht den Anschluß weiterer Kunden, die aber bereits einen entsprechenden Dämmstandard aufweisen sollten. Auf diese Weise kann die Stadt bei gleicher oder sogar verminderter Fernwärmeproduktion wie heute ihr Fernwärmenetz noch ausweiten.

Antrag 7: Blockheizkraftwerke

Die Stadt bietet allen Interessenten die kostenfreie Installation von Blockheizkraftwerken unterschiedlicher Größe an.

Begründung: siehe Kapitel 3.4.1.

Antrag 8: Eigenerzeugung von Energie

Wird von privater oder industrieller Seite Energie erzeugt (z.B. Biogas oder Strom), so garantieren die Stadtwerke die Abnahme. Der erzeugte Strom wird zu einem Preis abgenommen, der den mittleren Stromerzeugungskosten der Stadtwerke entspricht, bei Biogas wird der mittlere Einkaufspreis für Erdgas vergütet. Bei Strom können die Stadtwerke den Zeitpunkt der Abnahme bestimmen.

Begründung: In der Vergangenheit wurde von den Stromerzeugungsunternehmen bei Abnahme von eigenerzeugter Energie ein

viel zu geringer Preis berechnet. Dies führte dazu, daß eine ganze Reihe volkswirtschaftlich sinnvoller, aber nun nicht mehr rentabler Möglichkeiten der Energieerzeugung im nicht-öffentlichen Bereich eingestellt wurden. Hier müssen neue Anreize geschaffen werden.

Antrag 9: Linearisierung der Energietarife

Die Stadtwerke kündigen an, daß innerhalb der nächsten Jahre sämtliche Energietarife (Strom, Fernwärme, Gas) schrittweise linearisiert werden, also auch die Aufteilung in Grund- und Arbeitspreis aufgehoben wird.

Begründung: Heute wird derjenige mit hohen Kosten bestraft, der wenig Energie verbraucht. Energieverschwendung wird belohnt. Wir sind der Ansicht, daß durch lineare oder später eventuell gar progressive Tarife (hoher Verbrauch kostet mehr!) die effiziente Energienutzung stark gefördert wird. Dadurch, daß der Übergang auf das neue Tarifsysteem nicht abrupt, sondern langsam geschieht, hat jeder die Möglichkeit, rechtzeitig entsprechende Energiesparmaßnahmen durchzuführen.

Eine weitere Möglichkeit wäre die Einführung von zeitlich variablen Tarifen. So sollte der Strom zu Spitzenlastzeiten (frühmorgens, mittags, abends) teurer sein als sonst. Der Verbraucher erhält so die Möglichkeit, seine Geräte zu Niedrigtarifzeiten zu betreiben. Dies hätte ähnliche Effekte wie Rundsteueranlagen (siehe auch Kapitel 3.2.5.).

Antrag 10: Finanzielle Förderung des Energiesparens

Die Stadtwerke vermitteln billige Kredite zur Förderung von Energiesparmaßnahmen oder für die Nutzung nichterschöpflicher Energieträger.

Begründung: Die bisherige Energiepolitik sah ihren Sinn nur darin, immer genügend Energie - z.B. durch Bau ausreichend vieler Kraftwerke - zur Verfügung zu stellen. Sinnvollerweise sollten die für Investitionen anstehenden Gelder auch im Bereich der Verbraucher investiert werden können, da damit der gleiche Effekt erzielt würde (Einsparung von Energie statt Bereitstellung neuer).

Antrag 11: Errichtung eines Windkraftwerks

Die Stadtwerke errichten ein Windkraftwerk auf dem Münchner Müllberg.

Begründung: Das Windkraftwerk erreicht knapp Wirtschaftlichkeit und könnte wertvolle Aufschlüsse über die Windenergienutzung im Binnenland liefern (siehe auch Kapitel 3.3.4.).

6. WEITERE MÖGLICHKEITEN

6.1. SOLARZELLEN

In dem Kapitel über Solarenergie haben wir festgestellt, daß Solarzellen (die im Unterschied zu Solarkollektoren das Sonnenlicht nicht in Wärme, sondern direkt in Strom umwandeln) einstweilen noch zu teuer sind, um in großem Umfang eingesetzt zu werden. In unserem Szenario sind sie deshalb auch nicht enthalten.

In diesem Kapitel soll trotzdem dargestellt werden, wieviel Strom mit Hilfe von Solarzellen in München gewinnbar wäre, wieviel Fläche dazu erforderlich ist und wieviel Solarzellen kosten dürfen, soll eine solche Anwendung wirtschaftlich sein.

Zunächst ist zu bemerken, daß sich der Jahresgang der Solarstromerzeugung ausgezeichnet mit dem Angebot der Heizkraftwerke ergänzt. Diese liefern ihren Strom vor allem im Winter, wenn auch Wärme gebraucht wird, im Sommer können sie Strom nur mit hohen Abwärmeverlusten erzeugen. Dies bedeutet, daß sich durch den Solarstrom die Abwärmeverluste reduzieren lassen. Auch der Tagesgang der Solarstromerzeugung fügt sich gut ein; tagsüber, wenn viel Strom verbraucht wird, wird auch viel Solarstrom erzeugt.

Wieviel dürfen die Solarzellen nun kosten, damit man sie überhaupt sinnvoll zur Stromerzeugung einsetzen kann? Wenn man annimmt, daß jede Kilowattstunde Solarstrom etwa das dreifache an Primärenergie einspart, und daß Primärenergie in Form von Öl oder Gas etwa doppelt so teuer ist wie heute, nämlich etwa 10 Pf/kWh kostet, dann erhält man einen Kostenanteil der Primärenergie am Strompreis von etwa 30 Pf/kWh. Wenn man davon noch etwas abzieht für Stromaufbereitung, Umformung usw., dann darf die Solarzelle, optimistisch gerechnet, etwa 25 Pf/kWh kosten. Das ergibt bei einer Annuität von 10 % und einer Stromproduktion von 1.1 kWh/installiertes Watt einen Preis von etwa 2.75 DM/installiertes Watt. Ab dieser Schwelle frühestens beginnt sich Stromerzeugung mit Solarzellen wirtschaftlich zu rentieren. Der Preis von Solarzellen liegt heute bei etwa 20 DM, es ist also noch ein weiter Weg zurückzulegen, wenn auch solche Preisreduktionen bei der Halbleitertechnologie durchaus nichts ungewöhnliches sind.

Wieviele Solarzellen soll man aufstellen? Natürlich so viele wie möglich; aber es gibt Grenzen. Wenn das Stromangebot aus Solarzellen die Stromnachfrage übersteigt, kann man den Solarstrom nicht mehr nutzen, er geht verloren. Je mehr Solarzellen man installiert, desto mehr Energie wird man gewinnen, andererseits wird man an den schönen Tagen auch desto mehr Energie verschenken. Um genau zu berechnen, wieviel Solarzellenfläche welchen Deckungsanteil bringt, bräuchte man Einstrahlungs- und Stromverbrauchswerte für ein Jahr, und zwar keine Mittelwerte, sondern wirklich gemessene Werte eines "Modelljahres". Bei der Einstrahlung wäre noch zu beachten, daß die Solarzellen über ganz München verteilt sind und dadurch Schwankungen durch Wolken geglättet werden. Es würde wahrscheinlich genügen, mit Stundenmittelwerten von Strahlung und Stromverbrauch zu rechnen. Für eine solche genaue Rechnung fehlen uns die Daten. Einfach mit mittlerer monatlicher Einstrahlung zu rechnen, wie dies in (1) geschieht, liefert jedoch mit Sicherheit viel zu optimistische Werte. Wenn man, um ein extremes Beispiel zu geben, 500 W Strombedarf hat und die Solarzellen die Hälfte der Zeit 100 W/m², die andere Hälfte der

Zeit 0 W/m^2 abgeben, liefert die Rechnung mit Mittelwerten, daß man den Bedarf vollständig mit 10 m^2 Fläche decken kann. Die zeitlich aufgelöste Rechnung ergibt eine solare Deckung von 50 % bei 5 m^2 Fläche, wobei mehr Fläche gar nichts bringt.

Nachdem die oben beschriebene, zeitlich aufgelöste Rechnung für uns nicht möglich war, eine Rechnung mit Strahlungsmittelwerten aber - wie oben gezeigt - viel zu grob ist, haben wir eine andere Abschätzung versucht, die noch mit vertretbarem Aufwand möglich ist. Wir gingen von mittleren Häufigkeiten der Einstrahlung aus, also von Angaben darüber, wieviele Stunden im Jahr die Sonne mit welcher Intensität scheint. Wir haben weiterhin angenommen, daß der Stromverbrauch über das Jahr und den Tag konstant ist. Dies ist keine so grobe Annahme, wie es scheinen mag. Zwar ist der Jahresgang des Strombedarfs entgegengesetzt zu dem des solaren Strahlungsangebots, die Tagesgänge laufen jedoch in etwa parallel. In unserer Rechnung haben wir die Möglichkeit der Stromspeicherung ausgeklammert. Gerechnet wird nun folgendermaßen: Wenn das solare Angebot den tatsächlichen Bedarf nicht übersteigt, können wir es voll nutzen, sonst nur den tatsächlichen Bedarf. Wenn wir nun die Solarzellenfläche steigern, steigt natürlich auch das Angebot an Solarstrom. Wir können damit einen immer größeren Teil des Strombedarfs solar decken, aber das Angebot übersteigt auch immer öfter den Betrag, den wir nutzen können. Der Beitrag insgesamt wird also größer, der der einzelnen Zelle jedoch kleiner. Damit werden die Kosten je benutzte Kilowattstunde ebenfalls umso höher, je größer der angestrebte solare Deckungsanteil ist. Bild 6-1 stellt das Ergebnis unserer Berechnung dar:

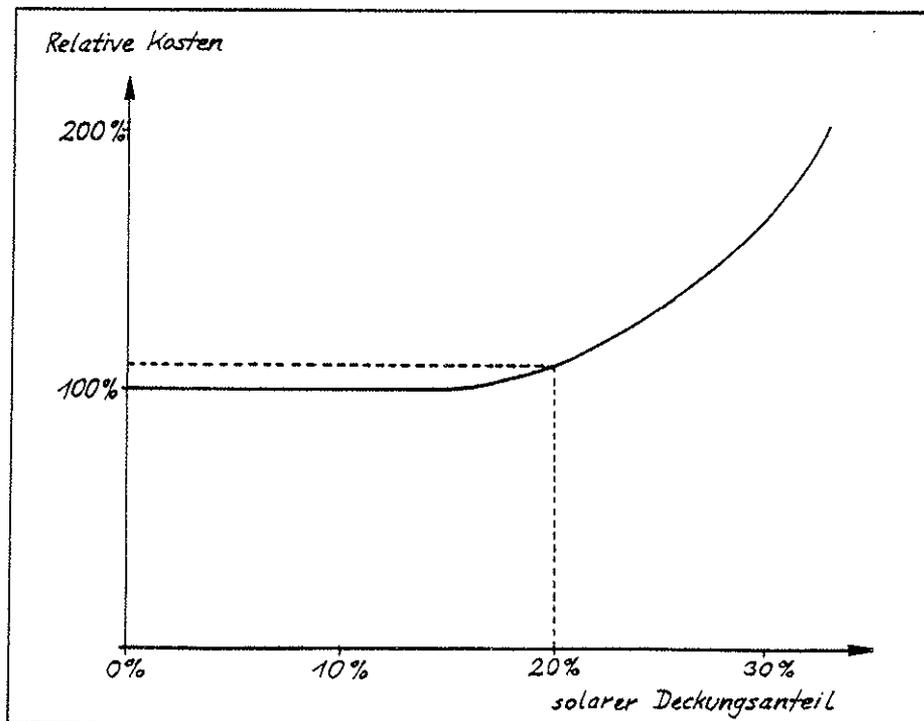


Bild 6-1: Relative Kosten in Abhängigkeit vom Deckungsanteil

Mit den minimalen Kosten (hier gleich 1 gesetzt) kommt man etwa bis 15 % solarer Deckungsanteil. Nimmt man Mehrkosten von 10 % in Kauf, so beträgt der Deckungsanteil bereits 20 %.

Jetzt stellt sich natürlich noch die Frage, ob die benötigte Fläche in München überhaupt zur Verfügung steht. Der Strombedarf der unteren Variante beträgt 2053 GWh; 20 % davon sind etwa 411 GWh. Die nötige Fläche wäre dann etwa 4.1 Mio m²; das sind etwa 1.3 % der gesamten Fläche Münchens oder 16 % der Dachfläche.

Da die Dachfläche in unseren Szenarien zum großen Teil bereits mit Sonnenkollektoren belegt ist, da andere Flächen in einer Großstadt wie München nicht zur Verfügung stehen, dürfte die Unterbringung der Solarzellen kein ganz einfaches Problem sein. Es sollte aber möglich sein, diese Fläche zur Verfügung zu stellen.

Der Deckungsanteil von 411 GWh stellt aber schon einen recht großen Brocken dar, wenn ihn etwa mit dem Beitrag der Blockheizkraftwerke (331 GWh) und der Wasserkraftwerke (396 GWh) vergleicht. Interessant ist auch, daß sich - wie oben bereits angedeutet - auch die Abwärmeverluste bedeutend reduzieren lassen. Wenn man annimmt, daß im Sommer die Kraftwerke im reinen Strombetrieb gefahren werden, dann reduzieren sich die Abwärmeverluste um etwa das Doppelte des solaren Stromanteils, also etwa 822 GWh. Das sind immerhin 48 % der gesamten Abwärmeproduktion von etwa 1726 GWh, also eine gewaltige Verbesserung.

Literaturliste

- (1) Arbeitskreis Alternativenenergie Tübingen :
Energiepolitik von unten
Fischer Taschenbuchverlag, Frankfurt a.M. 1982

6.2. SOLARER WASSERSTOFF

Wasserstoff ist lediglich ein Speicher- und Transportmedium für Energie; er kommt in der Natur in nennenswerter Menge nur in chemisch gebundener Form - nämlich im Wasser - vor, aus dem er durch Energieeinsatz erst abgetrennt werden muß. Da die Deckung eines größeren Anteils des Strombedarfs durch Solarzellen im Grunde daran scheitert, daß wir Strom nicht in größerem Umfang speichern können, liegt es nahe, zu untersuchen, ob die Wasserstofftechnologie hier nicht ein Ausweg wäre.

Wenn die Sonne scheint, würde der Solarstrom in diesem Konzept dazu benutzt, in Elektrolysezellen Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zu zerlegen. Der Wirkungsgrad von Elektrolysezellen - gerechnet als Heizwert des Wasserstoffs/Stromverbrauch - liegt heute zwischen 60 und 90 %, wobei mit höherem Wirkungsgrad auch die Kosten drastisch steigen. Der entstehende Sauerstoff würde in die Atmosphäre entlassen, der Wasserstoff dagegen gespeichert. Später würde man den Wasserstoff in Kraftwerken verbrennen, um daraus wieder Strom zu gewinnen. Bei den aufeinanderfolgenden Energieumwandlungen Strom - Wasserstoff - Strom geht allerdings recht viel Energie verloren. Rechnet man mit 70 % Wirkungsgrad für die Elektrolyse und mit 40 % für die Kraftwerke, so wäre der gesamte Speicherwirkungsgrad nur 28 %. Damit wäre über Wasserstoff gespeicherter Solarstrom um einen Faktor 3.5 teurer als direkt genutzter Solarstrom, die Kosten der Elektrolyse und des Wasserstoffspeichers nicht gerechnet.

Wasserstoffelektrolyse als Solarstromspeicher kann also nur in begrenztem Umfang sinnvoll sein, solange nicht die Wirkungsgrade der Energieumwandlungen bedeutend besser werden. (Etwa durch verbesserte Elektrolysezellen und Brennstoffzellen statt Kraftwerken). In begrenztem Umfang, etwa als Tag-Nacht Puffer oder zur Nutzung solaren Überschußstroms, könnte solare Wasserstoffelektrolyse aber durchaus sinnvoll sein.

Ein anderes, vieldiskutiertes, Konzept geht davon aus, die Solarzellen nicht hier aufzustellen, sondern in einer sonnigeren Gegend, etwa der Sahara, dort Wasserstoff herzustellen und diesen dann mit Tankern, Pipelines usw. hierherzutransportieren. So erzeugter Wasserstoff würde in Unserem Szenario einfach Kohle und Erdgas ersetzen. In der Sahara ist die solare Einstrahlung etwa doppelt so hoch wie hier, sodaß es mit der Wirtschaftlichkeit wieder günstiger aussieht. Die Umwandlungsverluste allerdings bleiben. Außerdem würde ein solches Projekt riesige Ausmaße annehmen, und es ist fraglich, ob es ökologisch so ohne weiteres vertretbar wäre.

Außer der solaren Wasserstoffelektrolyse gibt es noch viele andere Ansätze, mit Sonnenstrahlung Wasserstoff zu gewinnen. Genannt werden thermochemische, photochemische, photoelektrochemische, biologische und biochemische Verfahren (1). Alle diese Verfahren scheinen sich aber noch im Laborstadium zu befinden.

Literaturliste

- (1) T. Ohta (Hg.) :
Solar Hydrogen Energy Systems
Pergamon Press, New York 1979
- (2) N. Getoff :
Wasserstoff als Energieträger
Springer, Wien 1977
- (3) K. Freudenberg :
Betriebsverhalten und Leistungsanpassung von Solarzellen
bei photovoltaischer Konversion solarer Einstrahlung
Diplomarbeit München 1980

A. ANHANG

Erläuterungen zum Anhang A

Hier haben wir in übersichtlicher Darstellung die uns vom Planungsreferat zur Verfügung gestellten Daten aufgelistet. Die Angaben sind sowohl absolut als auch relativ (in %) angegeben.

Erläuterungen zum Anhang B

Wir haben hier die Ergebnisse unserer Bedarfsszenarien dargestellt. Auf diese bezieht sich auch unsere Sensitivitätsanalyse, deren Protokolle wir allerdings weggelassen haben, da dies weitere 50 Seiten wären. In Kurzform sind sie in Kapitel 4.6.2 zu finden.

Das Berechnungsschema für unsere Bedarfsprognose ist anschließend an die Protokolle aufgeführt.

Erläuterungen zum Anhang C

Aufbauend auf die Ergebnisse aus Anhang B wird hier das Münchner Solarpotential berechnet (siehe 3.2.1). Das Berechnungsschema folgt anschließend.

Erläuterungen zum Anhang D

Hier sind mit anschließendem Berechnungsschema die Endergebnisse unserer Szenarien zu finden.

Bitte beachten:

Zu lange Formeln, die nicht in die Zellen des Berechnungsschemas passen, können nicht wiedergegeben werden. Diese wurden handschriftlich ergänzt.

ENERGIEVERBRÄUCH Muenchens von 1969 (nach Daten des Planungsreferats)

	Öl-EL	Kohle	Gas	Fernw. nichtel.	Strom	Summe	in T
Einwohner	1274400		102,7 Mrd. DM				
Temperaturfaktor	.9518		22 Mrd. DM				
1) Haushalte							
Wohnungen beheizt mit	337400 (in Öl)	85300	36700	459400	5700	465100	
	72,54 (in Öl)	18,34	7,89	98,77	1,23	100,00 T	
Raumheizung mit	7407,10 (in Öl)	868,10	662,50	8937,70	34,40	8972,10 GWh	42,35
	82,56 (in Öl)	9,68	7,38	99,62	,38	100,00 T	
Prozessw. + Licht + Kraft	215,10		215,10	630,90	866,00 GWh		4,09
	24,84		24,84	75,16	100,00 T		
Endenergie der Haushalte	7407,10	1083,20	662,50	9152,80	685,30	9838,10 GWh	46,44
	75,29	11,01	6,73	93,03	6,97	100,00 T	
2) Kleinverbraucher							
Erwerbstätige	567260						
Endenergie im Kleinverbrauch	4162,50 (in Öl)	1585,40	1072,40	6020,80	738,20	7559,00 GWh	35,68
	55,67 (in Öl)	20,97	14,19	90,23	9,77	100,00 T	
3) Industrie							
Grundstoffe und Produktionsqueter	481,30	23,80	37,00	34,00	576,10	94,30	670,40 GWh
	71,79	3,55	5,52	5,07	85,93	14,07	100,00 T
Investitionsqueter	377,00	76,30	852,40	142,40	1448,10	440,30	1888,40 GWh
	19,36	4,04	45,14	7,54	76,68	23,32	100,00 T
Verbrauchsqueter	173,50	6,40	20,40	4,40	205,10	85,90	291,00 GWh
	59,76	2,20	7,01	1,51	70,48	29,52	100,00 T
Nahrungs- und Genussqueter	469,20	307,20	58,50	14,10	849,00	90,30	939,30 GWh
(ohne Käsereien und Molkereien)	49,55	32,71	6,23	1,50	90,39	9,61	100,00 T
Endenergie in der Industrie	1501,40	413,70	968,30	194,90	3078,30	710,80	3789,10 GWh
	39,62	10,92	25,55	5,14	81,24	18,76	100,00 T
Endenergie gesamt	13484,70	5636,90	1930,30	19651,90	2134,30	21186,20 GWh	100,00
	63,65	17,17	9,11	89,93	10,07	100,00 T	

ENERGIEVERBRÄUCH Muenchens von 1970 (nach Daten des Planungsreferats)

	Öl-EL	Kohle	Gas	Fernw. nichtel.	Strom	Summe	in T
Einwohner	1312000		109,3 Mrd. DM				
Temperaturfaktor	.9599		23,5 Mrd. DM				
1) Haushalte							
Wohnungen beheizt mit	332300 (in Öl)	94700	40500	467500	8400	475900	
	69,83 (in Öl)	19,90	8,51	98,23	1,77	100,00 T	
Raumheizung mit	7120,10 (in Öl)	1042,60	779,00	8941,70	54,70	8996,40 GWh	39,21
	79,14 (in Öl)	11,59	8,66	99,39	,61	100,00 T	
Prozessw. + Licht + Kraft	262,80		262,80	202,80	791,00	953,80 GWh	4,33
	20,41		20,41	79,59	100,00 T		
Endenergie der Haushalte	7120,10	1245,40	779,00	9144,50	845,70	9990,20 GWh	43,54
	71,27	12,47	7,80	91,53	8,47	100,00 T	
2) Kleinverbraucher							
Erwerbstätige	567260						
Endenergie im Kleinverbrauch	5066,10 (in Öl)	1926,70	1140,50	8133,30	812,70	8946,60 GWh	38,99
	56,63 (in Öl)	21,54	12,75	90,92	9,08	100,00 T	
3) Industrie							
Grundstoffe und Produktionsqueter	467,40	11,70	49,40	36,30	564,80	102,80	667,60 GWh
	70,01	1,75	7,40	5,44	84,60	15,40	100,00 T
Investitionsqueter	420,40	64,60	920,50	181,40	1586,90	497,40	2084,30 GWh
	20,17	3,10	44,16	8,70	76,14	23,86	100,00 T
Verbrauchsqueter	180,30	5,40	29,60	4,70	220,00	90,80	310,80 GWh
	58,01	1,74	9,52	1,51	70,79	29,21	100,00 T
Nahrungs- und Genussqueter	378,40	269,40	192,70	14,20	854,70	90,80	945,50 GWh
(ohne Käsereien und Molkereien)	40,02	28,49	20,38	1,50	90,40	9,60	100,00 T
Endenergie in der Industrie	1446,50	351,10	1192,20	236,60	3226,40	781,80	4608,20 GWh
	36,09	8,76	29,74	5,90	80,49	19,51	100,00 T
Endenergie gesamt	13983,80	4364,30	2156,10	20504,20	2440,20	22944,40 GWh	100,00
	60,95	19,02	9,40	89,36	10,64	100,00 T	

ENERGIEVERBRUCH Muenchens von 1971

(nach Daten des Planungsreferats)

	Öl-El	Kohle	Gas	Fernw. nichtel.	Strom	Summe	in T	
Einwohner	1338400		114,7 Mrd. DM					
Temperaturfaktor	1,0332		25,2 Mrd. DM					
1) Haushalte								
Wohnungen beheizt mit	331500 (in Öl)	100660	44700	476200	11500	487700		
	67,97 (in Öl)	20,30	9,17	97,64	2,36	100,00 T		
Raucherzeugung mit	6678,46 (in Öl)	1056,60	808,30	8543,30	71,30	8614,60 GWh	37,24	
	77,52 (in Öl)	12,27	9,38	99,17	,83	100,00 T		
Prozessw. + Licht + Kraft	192,30			192,30	834,50	1026,80 GWh	4,44	
	18,73			18,73	81,27	100,00 T		
Endenergie der Haushalte	6678,40	1248,90	808,30	8735,60	905,80	9641,40 GWh	41,68	
	67,27	12,95	8,38	90,61	9,39	100,00 T		
2) Kleinverbraucher								
Erwerbstätige:	595300							
Endenergie im Kleinverbrauch	5756,00 (in Öl)	2665,00	1133,80	8455,50	963,10	9418,40 GWh	40,72	
	55,80 (in Öl)	24,93	12,04	89,77	10,23	100,00 T		
3) Industrie								
Grundstoffe und Produktionsquater	415,00	5,80	41,00	509,10	109,20	618,30 GWh	2,67	
	67,12	,94	7,52	82,34	17,66	100,00 T		
Investitionsquater	355,00	49,00	1011,10	200,90	1616,80	509,30	2126,10 GWh	9,19
	16,73	2,30	47,56	9,45	76,05	23,95	100,00 T	
Verbrauchsquater	209,10	3,30	33,30	6,10	251,80	90,90	342,70 GWh	1,48
	61,02	,96	9,72	1,78	73,48	26,52	100,00 T	
Nahrungs- und Genussquater (ohne Käsereien und Molkereien)	383,60	297,30	188,20	17,40	886,50	96,90	983,40 GWh	4,25
	39,01	30,23	19,14	1,77	90,15	9,85	100,00 T	
Endenergie in der Industrie	1363,50	355,40	1279,10	264,20	3264,20	806,30	4070,50 GWh	17,60
	33,50	8,73	31,42	6,54	80,19	19,81	100,00 T	
Endenergie gesamt	13653,30	4583,60	2208,40	20455,30	2675,20	23130,50 GWh	100,00	
	59,03	19,86	9,55	88,47	11,57	100,00 T		

ENERGIEVERBRUCH Muenchens von 1972

(nach Daten des Planungsreferats)

	Öl-El	Kohle	Gas	Fernw. nichtel.	Strom	Summe	in T	
Einwohner	1338900		119,8 Mrd. DM					
Temperaturfaktor	,9437		25,6 Mrd. DM					
1) Haushalte								
Wohnungen beheizt mit	343400 (in Öl)	102400	49200	495000	14400	509400		
	67,43 (in Öl)	20,10	9,66	97,17	2,83	100,00 T		
Raucherzeugung mit	6863,50 (in Öl)	1126,50	908,00	8898,00	94,30	8992,30 GWh	36,65	
	76,33 (in Öl)	12,53	10,10	98,95	1,05	100,00 T		
Prozessw. + Licht + Kraft	180,20			180,20	871,80	1052,00 GWh	4,29	
	17,13			17,13	82,87	100,00 T		
Endenergie der Haushalte	6863,50	1306,70	908,00	9078,20	966,10	10044,30 GWh	40,94	
	68,33	13,01	9,04	90,38	9,62	100,00 T		
2) Kleinverbraucher								
Erwerbstätige:	612100							
Endenergie im Kleinverbrauch	5366,40 (in Öl)	2608,30	1323,70	9288,40	1156,10	10454,50 GWh	42,61	
	51,33 (in Öl)	24,95	12,66	88,94	11,06	100,00 T		
3) Industrie								
Grundstoffe und Produktionsquater	388,30	,60	43,90	47,90	480,70	116,00	596,70 GWh	2,43
	65,07	,10	7,36	8,03	80,56	19,44	100,00 T	
Investitionsquater	346,00	47,20	1015,50	218,50	1627,20	546,20	2173,40 GWh	8,86
	15,92	2,17	46,72	10,05	74,87	25,13	100,00 T	
Verbrauchsquater	183,60	,80	37,40	8,30	230,10	95,60	325,90 GWh	1,33
	56,34	,25	11,48	2,55	70,60	25,40	100,00 T	
Nahrungs- und Genussquater (ohne Käsereien und Molkereien)	462,10	115,00	248,30	23,80	846,20	94,30	940,50 GWh	3,83
	49,13	12,23	28,08	2,53	89,97	10,03	100,00 T	
Endenergie in der Industrie	1380,00	163,60	1342,10	298,50	3184,20	852,30	4036,50 GWh	16,45
	34,19	4,05	32,25	7,40	78,89	21,11	100,00 T	
Endenergie gesamt	13773,50	5287,10	2530,20	21560,80	2774,50	24635,30 GWh	100,00	
	56,14	21,43	10,31	87,88	12,12	100,00 T		

ENERGIEVERBRUCH Münchens von 1973 (nach Daten des Planungsreferats)

Einwohner : 1326600 BIP in Bayern : 125,7 Mrd. DM
 Temperaturfaktor : .9813 BIP in München: 27,4 Mrd. DM

1) Haushalte

	Öl-EL	Kohle	Gas	Fernw.	nichtel.	Strom	Summe	in T
Wohnungen beheizt mit	349200 (in Öl)	106760	52000	507900	17600	525500		
	66,45 (in Öl)	20,30	9,90	96,65	3,35	100,00 T		
Raumheizung mit	7535,20 (in Öl)	1337,60	974,50	9631,30	156,30	9787,60 GWh		37,78
	75,19 (in Öl)	13,67	9,55	98,40	1,60	100,00 T		
Prozessw. + Licht + Kraft	151,60	151,60	151,60	853,90	1065,50 GWh			3,88
	15,08	15,08	15,08	84,92	100,00 T			
Endenergie der Haushalte	7539,20	1489,20	974,50	9782,90	1010,20	10793,10 GWh		41,66
	66,18	13,60	8,66	90,64	9,36	100,00 T		

2) Kleinverbraucher

Erwerbstätige: 611560

	Öl-EL	Kohle	Gas	Fernw.	nichtel.	Strom	Summe	in T
Endenergie im Kleinverbrauch	5519,80 (in Öl)	2749,10	1389,20	9658,10	1284,00	10942,10 GWh		42,24
	50,45 (in Öl)	25,12	12,70	88,27	11,73	100,00 T		

3) Industrie

	Öl-EL	Kohle	Gas	Fernw.	nichtel.	Strom	Summe	in T
Grundstoffe und Produktionsquater	376,00	.20	46,80	55,40	472,40	115,20	587,60 GWh	2,27
	63,99	.03	8,94	9,42	86,39	19,61	160,00 T	
Investitionsquater	341,60	37,70	1091,40	222,90	1672,70	592,70	2286,40 GWh	8,83
	14,94	1,65	47,73	9,71	74,03	25,97	160,00 T	
Verbrauchsquater	178,90	.10	34,70	7,60	221,30	95,90	317,20 GWh	1,22
	56,40	.03	10,94	2,40	69,77	30,23	100,00 T	
Nahrungs- und Genussquater	404,30	121,70	331,20	23,40	880,60	99,80	980,40 GWh	3,78
	41,24	12,41	33,76	2,39	89,82	10,18	100,00 T	
Endenergie in der Industrie	1360,80	159,70	1498,10	308,40	3267,60	904,60	4171,60 GWh	16,10
	31,18	3,83	35,91	7,29	78,32	21,68	100,00 T	
Endenergie gesamt	14339,50	5736,40	2632,10	22708,00	3198,80	25906,80 GWh		100,00
	55,35	22,14	10,16	87,65	12,35	160,00 T		

ENERGIEVERBRUCH Münchens von 1974 (nach Daten des Planungsreferats)

Einwohner : 1323400 BIP in Bayern : 126,8 Mrd. DM
 Temperaturfaktor : 1,077 BIP in München: 25,9 Mrd. DM

1) Haushalte

	Öl-EL	Kohle	Gas	Fernw.	nichtel.	Strom	Summe	in T
Wohnungen beheizt mit	349700 (in Öl)	112500	55800	518000	21300	529300		
	64,84 (in Öl)	20,86	10,35	96,05	3,95	100,00 T		
Raumheizung mit	6283,20 (in Öl)	1363,80	918,70	8565,70	184,20	8749,90 GWh		36,50
	71,88 (in Öl)	15,59	10,50	97,89	2,11	100,00 T		
Prozessw. + Licht + Kraft	156,20	156,20	156,20	924,00	1086,20 GWh			4,51
	14,46	14,46	14,46	85,54	100,00 T			
Endenergie der Haushalte	6283,20	1320,00	918,70	8721,90	1108,20	9830,10 GWh		41,01
	63,92	15,46	9,35	88,73	11,27	100,00 T		

2) Kleinverbraucher

Erwerbstätige: 603600

	Öl-EL	Kohle	Gas	Fernw.	nichtel.	Strom	Summe	in T
Endenergie im Kleinverbrauch	5084,30 (in Öl)	2702,70	1281,50	9688,50	1245,80	10314,30 GWh		43,03
	49,29 (in Öl)	26,20	12,42	87,92	12,08	100,00 T		

3) Industrie

	Öl-EL	Kohle	Gas	Fernw.	nichtel.	Strom	Summe	in T
Grundstoffe und Produktionsquater	338,60	.70	50,10	46,50	435,90	113,70	549,60 GWh	2,29
	61,61	.13	9,12	8,46	79,31	20,69	160,00 T	
Investitionsquater	249,80	31,00	953,00	206,90	1440,70	576,20	2016,90 GWh	8,41
	12,39	1,54	47,25	10,26	71,43	28,57	100,00 T	
Verbrauchsquater	169,40	.20	31,50	8,10	209,20	89,60	298,80 GWh	1,25
	56,69	.07	10,54	2,71	70,01	29,99	100,00 T	
Nahrungs- und Genussquater	348,80	182,30	387,30	26,60	864,40	98,50	962,90 GWh	4,02
	36,22	10,62	40,72	2,70	89,77	10,23	100,00 T	
Endenergie in der Industrie	1106,60	134,20	1421,90	287,50	2950,20	878,00	3828,20 GWh	15,97
	28,91	3,51	37,14	7,51	77,06	22,94	100,00 T	
Endenergie gesamt	12608,30	5644,60	2487,70	20740,60	3232,00	23972,60 GWh		100,00
	52,59	23,55	10,36	86,52	13,48	160,00 T		

ENERGIEVERBRAUCH Münchens von 1975

(nach Daten des Planungsreferats)

	Öl-EL	Kohle	Gas	Fernw. nichtel.	Strom	Summe	in %	
Erwohner	1314900		124,6 Mrd. DM					
Temperaturfaktor	1,041		25,3 Mrd. DM					
1) Haushalte								
Wohnungen beheizt mit	348000 (in Öl)	116380	59000	523500	23200	546500		
	63,68 (in Öl)	21,28	10,88	95,75	4,25	100,00 %		
Raumheizung mit	6231,90 (in Öl)	1406,66	891,70	8529,60	208,40	8738,00 GWh	36,29	
	71,32 (in Öl)	16,09	10,20	97,62	2,38	100,00 %		
Prozessw. + Licht + Kraft	150,60		150,60		928,30	1078,90 GWh	4,16	
	13,96		13,96		86,04	100,00 %		
Endenergie der Haushalte	6231,90	1556,60	891,70	8680,20	1136,70	9816,90 GWh	40,77	
	63,48	15,86	9,08	88,42	11,58	100,00 %		
2) Kleinverbraucher								
Erwerbstätige:	587400							
Endenergie im Kleinverbrauch	4644,80 (in Öl)	2863,60	1397,10	8902,90	1554,50	10257,40 GWh	42,60	
	45,28 (in Öl)	27,89	13,62	86,79	13,21	100,00 %		
3) Industrie								
Grundstoffe und Produktionsqueter	313,50	80	169,50	59,20	543,00	112,00	655,00 GWh	2,72
	47,86	12	25,88	9,04	82,96	17,10	100,00 %	
Investitionsqueter	258,20	25,90	1068,40	214,60	1567,10	589,60	2156,70 GWh	8,96
	11,97	1,20	49,54	9,95	72,66	77,34	100,00 %	
Verbrauchsqueter	157,60	10	28,80	6,60	192,50	90,50	283,00 GWh	1,18
	55,48	0,4	10,18	2,32	68,62	31,98	100,00 %	
Nahrungs- und Genussqueter (ohne Käsereien und Molkereien)	354,50	69,50	365,60	21,00	810,60	99,50	909,90 GWh	3,78
	38,96	7,64	40,18	2,31	89,69	10,91	100,00 %	
Endenergie in der Industrie	1082,20	96,30	1632,30	301,40	3413,20	891,40	4004,60 GWh	16,63
	27,05	2,40	40,76	7,53	77,74	22,26	100,00 %	
Endenergie gesamt	12056,20	6049,90	2590,20	20086,30	3382,60	24078,90 GWh	100,00	
	58,67	25,13	10,76	85,95	14,65	100,00 %		

ENERGIEVERBRAUCH Münchens von 1976

(nach Daten des Planungsreferats)

	Öl-EL	Kohle	Gas	Fernw. nichtel.	Strom	Summe	in %	
Erwohner	1314600		132,9 Mrd. DM					
Temperaturfaktor	1,0161		26,6 Mrd. DM					
1) Haushalte								
Wohnungen beheizt mit	343700 (in Öl)	118260	63600	525500	25500	551060		
	62,38 (in Öl)	21,45	11,54	95,37	4,63	100,00 %		
Raumheizung mit	6873,10 (in Öl)	1424,90	1100,60	9398,60	212,30	9610,90 GWh	36,94	
	71,51 (in Öl)	14,83	11,45	97,79	2,21	100,00 %		
Prozessw. + Licht + Kraft	144,90		144,90		943,90	1088,80 GWh	4,19	
	13,31		13,31		86,69	100,00 %		
Endenergie der Haushalte	6873,10	1569,80	1100,60	9545,50	1156,20	10699,70 GWh	41,13	
	64,24	14,67	10,29	89,19	10,81	100,00 %		
2) Kleinverbraucher								
Erwerbstätige:	593700							
Endenergie im Kleinverbrauch	4708,30 (in Öl)	3356,00	1572,60	9636,90	1445,90	11082,80 GWh	42,60	
	42,48 (in Öl)	30,28	14,19	86,95	13,05	100,00 %		
3) Industrie								
Grundstoffe und Produktionsqueter	338,10	2,50	166,00	62,80	569,40	118,20	687,60 GWh	2,64
	49,17	0,36	24,14	9,13	82,81	17,19	100,00 %	
Investitionsqueter	261,90	3,79	1214,50	255,80	1715,90	644,50	2360,40 GWh	9,67
	11,10	0,16	51,45	9,99	72,70	27,30	100,00 %	
Verbrauchsqueter	158,90	10	55,10	6,50	222,60	98,90	321,50 GWh	1,24
	49,42	0,3	17,14	2,64	69,24	30,76	100,00 %	
Nahrungs- und Genussqueter (ohne Käsereien und Molkereien)	348,90	45,80	335,50	22,50	752,80	109,40	862,20 GWh	3,31
	40,47	5,33	38,91	2,62	87,31	12,69	100,00 %	
Endenergie in der Industrie	1107,80	52,10	1771,10	329,70	3266,70	971,00	4231,70 GWh	16,27
	26,18	1,23	41,85	7,79	77,05	22,95	100,00 %	
Endenergie gesamt	12741,30	6696,90	3002,90	22441,10	3573,10	26014,20 GWh	100,00	
	48,98	25,74	11,54	86,26	13,74	100,00 %		

ENERGIEVERBRUCH Münchens von 1977 (nach Daten des Planungsausschusses)

Einwohner	BIP in Bayern :	138.7 Mrd. DM	Gas	Ferwm. nichtel.	Strom	Summe	in %	
Temperaturfaktor : ,9801	BIP in München:	27.8 Mrd. DM	Del-El	Kohle				
1) Haushalte								
Wohnungen beheizt mit	340300 (in Del)	120400	68400	529100	26700	555800		
	61.23 (in Del)	21.66	12.31	95.20	4.80	100.00 %		
Raumheizung mit	6454.00 (in Del)	1529.00	1112.60	3095.60	231.60	9327.20 GWh	36.31	
	69.20 (in Del)	16.39	11.93	97.52	2.48	100.00 %		
Prozessw. + Licht + Kraft	146.90	146.90	146.90	983.50	1110.40 GWh		4.32	
	13.23	13.23	13.23	86.77	100.00 %			
Endenergie der Haushalte	6454.00	1675.90	1112.60	9242.50	1195.10	10437.60 GWh	40.63	
	61.83	16.66	10.66	98.55	11.45	100.00 %		
2) Kleinverbraucher								
Erwerbstätige: 60660								
Endenergie im Kleinverbrauch	4755.30 (in Del)	3180.00	1595.10	9530.40	1466.10	10996.50 GWh	42.81	
	43.24 (in Del)	28.32	14.51	86.67	13.33	100.00 %		
3) Industrie								
Grundstoffe und Produktionsquater	335.50	3.10	161.00	55.90	555.50	125.10	680.60 GWh	2.65
	49.29	.46	23.66	8.21	81.62	18.38	100.00 %	
Investitionsquater	237.90	.40	1238.30	250.70	1727.30	676.90	2404.20 GWh	9.36
	9.90	.02	51.51	10.43	71.85	28.15	100.00 %	
Verbrauchsquater	141.90	.10	34.70	7.50	184.20	94.40	278.60 GWh	1.08
	50.93	.04	12.46	2.69	66.12	33.88	100.00 %	
Nahrungs- und Genussquater	309.00	26.30	415.50	24.60	774.80	116.90	891.70 GWh	3.47
(ohne Käsereien und Molkereien)	34.65	2.95	46.60	2.69	86.89	13.11	100.00 %	
Endenergie in der Industrie	1024.30	29.90	1849.50	338.10	3241.80	4013.30	4255.10 GWh	16.56
	24.07	.70	43.47	7.95	76.19	23.81	100.00 %	
Endenergie gesamt	12263.50	6705.40	3045.80	22014.70	3674.50	25689.20 GWh	100.00	
	47.74	26.10	11.86	85.70	14.30	100.00 %		

ENERGIEVERBRUCH Münchens von 1978 (nach Daten des Planungsausschusses)

Einwohner	BIP in Bayern :	143.2 Mrd. DM	Gas	Ferwm. nichtel.	Strom	Summe	in %	
Temperaturfaktor : ,9857	BIP in München:	28.5 Mrd. DM	Del-El	Kohle				
1) Haushalte								
Wohnungen beheizt mit	330400 (in Del)	121400	79100	530900	28100	559000		
	59.11 (in Del)	21.72	14.15	94.97	5.03	100.00 %		
Raumheizung mit	6554.20 (in Del)	1789.30	1176.00	9519.50	244.10	9763.60 GWh	36.16	
	67.13 (in Del)	18.33	12.04	97.50	2.50	100.00 %		
Prozessw. + Licht + Kraft	151.30	151.30	151.30	982.10	1133.40 GWh		4.20	
	13.35	13.35	13.35	86.65	100.00 %			
Endenergie der Haushalte	6554.20	1940.60	1176.00	9670.80	1226.20	10897.90 GWh	40.35	
	60.15	17.81	10.79	88.75	11.25	100.00 %		
2) Kleinverbraucher								
Erwerbstätige: 602100								
Endenergie im Kleinverbrauch	4949.20 (in Del)	3194.20	1725.20	9888.60	1625.80	11494.40 GWh	42.56	
	43.06 (in Del)	27.79	15.01	85.86	14.14	100.00 %		
3) Industrie								
Grundstoffe und Produktionsquater	330.60	2.20	114.60	54.90	501.70	117.70	619.40 GWh	2.29
	52.28	.36	16.50	8.86	81.00	19.00	100.00 %	
Investitionsquater	282.20	6.50	1411.10	289.40	1989.20	760.40	2749.60 GWh	10.18
	10.26	.24	51.32	10.53	72.35	27.65	100.00 %	
Verbrauchsquater	121.80	.20	62.10	6.60	210.70	98.80	309.50 GWh	1.15
	39.35	.06	26.53	2.13	68.08	31.92	100.00 %	
Nahrungs- und Genussquater	320.60	22.00	442.20	20.10	804.90	130.00	934.90 GWh	3.46
(ohne Käsereien und Molkereien)	34.29	2.35	47.30	2.15	86.09	13.91	100.00 %	
Endenergie in der Industrie	1054.60	30.90	2059.00	371.00	3506.50	4613.40 GWh	17.08	
	22.86	.67	44.44	8.04	76.01	23.99	100.00 %	
Endenergie gesamt	12588.90	7184.80	3272.20	23045.90	3958.90	27004.80 GWh	100.00	
	46.62	26.61	12.12	85.34	14.66	100.00 %		

ENERGIEVERBRUCH Muenchens von 1979 (nach Daten des Planungsreferats)

	BIP in Bayern :	150.1 Mrd. DM	Öl-EL	Kohle	Gas	Fernw. nichtel.	Strom	Sunne	in %	
Einwohner	1299700									
Temperaturfaktor :	1.0154									
1) Haushalte										
Wohnungen beheizt mit			326506 (in Öl)	124000	83100	535600	28700	562300		
			58.07 (in Öl)	22.05	14.78	94.90	5.10	100.00 %		
Beheizung mit			6137.40 (in Öl)	1819.60	1256.90	9213.90	239.10	9473.00 GWh	35.16	
			64.79 (in Öl)	19.21	13.27	97.26	2.74	100.00 %		
Prozessm. + Licht + Kraft			160.10		160.10	1005.10	1165.20 GWh		4.32	
			13.74		13.74	86.26	100.00 %			
Endenergie der Haushalte			6137.40	1879.70	1256.90	9374.00	1264.20	10638.20 GWh	39.48	
			57.69	18.61	11.81	88.12	11.88	100.00 %		
2) Kleinverbraucher										
Erwerbstätige:	604500									
Endenergie im Kleinverbrauch			5166.20 (in Öl)	3257.10	1704.30	10127.60	1726.60	11848.20 GWh	43.88	
			43.66 (in Öl)	27.49	14.38	85.48	14.52	100.00 %		
3) Industrie										
Grundstoffe und Produktionsgueter			276.80	2.10	93.80	60.90	433.60	107.70	541.30 GWh	2.01
			51.14	.39	17.33	11.25	80.10	19.90	100.00 %	
Investitionsgueter			250.70	.50	1328.70	308.40	1888.30	815.80	2704.10 GWh	10.04
			9.27	.02	49.14	11.40	69.83	30.17	100.00 %	
Verbrauchsgueter			119.00	.10	89.00	7.00	215.10	103.20	318.30 GWh	1.18
			37.39	.03	27.96	2.20	67.58	32.42	100.00 %	
Nahrungs- und Genussgueter (ohne Käsereien und Molkereien)			275.30	7.30	457.50	19.60	759.70	133.20	892.90 GWh	3.31
			30.83	.82	51.24	2.20	85.68	14.92	100.00 %	
Endenergie in der Industrie			921.80	10.00	1965.00	395.90	3296.70	1159.90	4456.60 GWh	16.54
			20.68	.22	44.18	8.88	73.97	26.03	100.00 %	
Endenergie gesamt			12235.40	7205.80	3357.10	22798.30	4144.70	26943.00 GWh	100.00	
			45.41	26.74	12.46	84.62	15.38	100.00 %		

ENERGIEVERBRUCH Muenchens von 1980 (nach Daten des Planungsreferats)

	BIP in Bayern :	151.2 Mrd. DM	Öl-EL	Kohle	Gas	Fernw. nichtel.	Strom	Sunne	in %	
Einwohner	1298900									
Temperaturfaktor :	.9488									
1) Haushalte										
Wohnungen beheizt mit			372300 (in Öl)	123900	87400	538600	30000	568600		
			57.56 (in Öl)	21.79	15.37	94.72	5.28	100.00 %		
Beheizung mit			5179.00 (in Öl)	1807.60	1320.60	8307.20	287.80	8595.00 GWh	34.50	
			60.26 (in Öl)	21.03	15.36	96.65	3.35	100.00 %		
Prozessm. + Licht + Kraft			276.50		276.50	1079.90	1356.40 GWh		5.45	
			20.38		20.38	79.62	100.00 %			
Endenergie der Haushalte			5179.00	2084.10	1320.60	8583.70	1367.70	9951.40 GWh	39.95	
			52.04	20.94	13.27	86.26	13.74	100.00 %		
2) Kleinverbraucher										
Erwerbstätige:	601500									
Endenergie im Kleinverbrauch			3595.60 (in Öl)	3252.20	1897.00	8784.20	1805.80	10590.00 GWh	42.51	
			33.95 (in Öl)	31.09	17.91	82.95	17.65	100.00 %		
3) Industrie										
Grundstoffe und Produktionsgueter			218.40	2.10	94.60	61.20	376.30	94.70	471.00 GWh	1.89
			46.37	.45	20.08	12.99	79.89	20.11	100.00 %	
Investitionsgueter			251.70	.50	1259.40	318.30	1879.90	826.60	2655.90 GWh	10.66
			9.48	.02	47.42	11.98	68.96	31.10	100.00 %	
Verbrauchsgueter			111.30	.10	82.20	7.20	200.80	106.20	307.00 GWh	1.23
			36.25	.03	26.76	2.35	65.41	34.59	100.00 %	
Nahrungs- und Genussgueter (ohne Käsereien und Molkereien)			294.30	13.70	468.20	20.20	796.40	137.90	934.30 GWh	3.75
			31.50	1.47	50.11	2.16	85.24	14.76	100.00 %	
Endenergie in der Industrie			875.70	16.40	1904.40	406.90	3263.40	1164.80	4368.20 GWh	17.54
			20.05	.38	43.60	9.32	73.33	26.67	100.00 %	
Endenergie gesamt			9668.10	7280.70	3624.50	20571.30	4338.30	24999.60 GWh	100.00	
			38.80	29.23	14.55	82.58	17.42	100.00 %		

1 A : B : C : D : E : F : G : H : I : J : K : L : M : N : O : P : Q : R : S : T : U : V : W : X : Y : Z : 0 : 1 : 2 : 3 : 4 : 5 : 6 : 7 : 8 : 9 : 10 : 11 : 12 : 13 : 14 : 15 : 16 : 17 : 18 : 19 : 20 : 21 : 22 : 23 : 24 : 25 : 26 : 27 : 28 : 29 : 30 : 31 : 32 : 33 : 34 : 35 : 36 : 37 : 38 : 39 : 40 : 41 : 42 : 43 : 44 : 45 : 46 : 47 : 48 : 49 : 50 : 51 : 52 : 53 : 54 : 55 : 56 : 57 : 58 : 59 : 60 : 61 : 62 : 63 : 64 : 65 : 66 : 67 : 68 : 69 : 70 : 71 : 72 : 73 : 74 : 75 : 76 : 77 : 78 : 79 : 80 : 81 : 82 : 83 : 84 : 85 : 86 : 87 : 88 : 89 : 90 : 91 : 92 : 93 : 94 : 95 : 96 : 97 : 98 : 99 : 100 : 101 : 102 : 103 : 104 : 105 : 106 : 107 : 108 : 109 : 110 : 111 : 112 : 113 : 114 : 115 :

ALLGEMEINE DATEN

	1973	1980	1990	2000	2010	2020	2030
Die Bevoelkerungsentwicklung absolut	1336576	1298941	1221005	1159954	1113556	1080449	1058546
in Muenchen			-6,00	-5,00	-4,00	-3,00	-2,00
Die Bevoelkerung in der BRD	62,00	60,50	59,00	57,00	55,70	49,70	45,30
Die Haushaltesentwicklung absolut	652074	611055	578923	554503	536971	525551	
Pers./HH	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
Wirkungsgrad bei der Raumheizung in %	63	75	81	83	83	84	85
Wirkungsgrad Warmwassererzeugung in %	52	62	67	69	69	71	73

2. HAUSHALTE

	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030
Kuehlschrank	80	83	88	92	94	95	96
Gefriergeraet	18	27	38	45	48	49	50
Waschmaschine	57	64	73	82	87	90	92
Spuelmaschine	12	22	38	48	56	59	60
Elektroherd	68	68	70	72	75	78	80
Waschetroekner	6	8	13	16	18	19	20
Fernseher s/w	50	50	50	50	50	50	50
Fernseher farbe	46	53	65	75	83	88	92
sonst. Kleingeraete	100	100	100	100	100	100	100
Beleuchtung	100	100	100	100	100	100	100
zukuenft. Anwendungen	100	100	100	100	100	100	100

Verbreitung der Haushaltsgeraete

	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030
in % der Haushalte	80	83	88	92	94	95	96
in % der Haushalte	18	27	38	45	48	49	50
in % der Haushalte	57	64	73	82	87	90	92
in % der Haushalte	12	22	38	48	56	59	60
in % der Haushalte	68	68	70	72	75	78	80
in % der Haushalte	6	8	13	16	18	19	20
in % der Haushalte	50	50	50	50	50	50	50
in % der Haushalte	46	53	65	75	83	88	92
in % der Haushalte	100	100	100	100	100	100	100
in % der Haushalte	100	100	100	100	100	100	100
in % der Haushalte	100	100	100	100	100	100	100

3. KLEINVERBRAUCH

	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030
Kuehlschrank	100	100	90	70	70	70	70
Gefriergeraet	100	100	90	70	70	70	70
Waschmaschine	100	100	87	60	60	60	60
Spuelmaschine	100	100	87	60	60	60	60
Elektroherd	100	100	95	85	85	85	85
Waschetroekner	100	100	90	70	70	70	70
Fernseher s/w	100	100	93	80	80	80	80
Fernseher farbe	100	100	60	50	40	40	40
sonst. Kleingeraete	100	100	97	90	90	90	90
Beleuchtung	100	100	95	85	85	85	85

Koerfortsteigerungen

	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030
Kuehlschrank	100	110	124	135	142	147	150
Gefriergeraet	100	102	105	107	107	107	107
Waschmaschine	100	110	120	128	128	128	128
Spuelmaschine	100	100	100	100	100	100	100
Elektroherd	100	100	100	100	100	100	100
Waschetroekner	100	108	120	128	136	140	142
Fernseher s/w	100	100	100	100	100	100	100
Fernseher farbe	100	100	100	100	100	100	100
sonst. Kleingeraete	100	110	137	150	167	186	200
Beleuchtung	100	100	110	110	120	120	120

Technische Verbesserungen

	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030
in %	100	100	90	70	70	70	70
in %	100	100	90	70	70	70	70
in %	100	100	87	60	60	60	60
in %	100	100	87	60	60	60	60
in %	100	100	95	85	85	85	85
in %	100	100	90	70	70	70	70
in %	100	100	93	80	80	80	80
in %	100	100	60	50	40	40	40
in %	100	100	97	90	90	90	90
in %	100	100	95	85	85	85	85

Index Arbeitsflaeche/Kopf in %

	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030
Index spez. Energieverbr. in %	100	112	123	130	136	140	140
Index spez. Energieverbr. in %	100	100	81	71	67	63	59

Prozesswaerme

	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030
Einsparung in %	100	95	90	87	85	85	85
Anteil Strom in %	45	45	50	52	55	55	60
Anteil nichtel. in %	55	55	50	48	45	40	40
EDL(K)/EDL(RW)	1,00	1,00	1,03	1,08	1,12	1,19	1,19
Einsparung in %	100	95	90	87	85	85	85

Licht und Kraft

	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030
Einsparung in %	100	95	90	87	85	85	85

A : B : C : D : E : F : G : H : I : J : K : L : M :
 Bedarf des Sektors HAUSHALTE

 (obere Variante)

Die Entwicklung der Haushaltsanzahl

	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030
627433	62074	61055	578923	554503	536921	525551	

1 ENTWICKLUNG DES STROMBEDARFS DURCH HAUSHALTSGERÄTE

Techn. Verbesserungen an Haushaltsgeräten	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030
Kühlschrank	in Z	100	100	90	70	70	70
Gefriergerät	in Z	100	100	90	70	70	70
Waschmaschine	in Z	100	100	87	60	60	60
Spülmaschine	in Z	100	100	87	60	60	60
Elektroherd	in Z	100	100	95	85	85	85
Wäschetrockner	in Z	100	100	90	70	70	70
Fernseher s/w	in Z	100	100	93	80	80	80
Fernseher farbe	in Z	100	100	50	40	40	40
sonst. Kleingeräte	in Z	100	100	97	90	90	90
Beleuchtung	in Z	100	100	95	85	85	85

Konfortsteigerungen bei Haushaltsgeräten

	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030
Kühlschrank	in Z	100	110	124	135	142	150
Gefriergerät	in Z	100	102	105	107	107	107
Waschmaschine	in Z	100	110	120	128	128	128
Spülmaschine	in Z	100	100	100	100	100	100
Elektroherd	in Z	100	100	100	100	100	100
Wäschetrockner	in Z	100	108	120	128	136	142
Fernseher s/w	in Z	100	100	100	100	100	100
Fernseher farbe	in Z	100	100	100	100	100	100
sonst. Kleingeräte	in Z	100	110	137	150	167	186
Beleuchtung	in Z	100	100	110	120	120	120

spezifischer Verbrauch der Haushaltsger.

	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030
Kühlschrank	in kWh	160	176	179	151	163	168
Gefriergerät	in kWh	320	326	302	240	240	240
Waschmaschine	in kWh	352	387	366	270	270	270
Spülmaschine	in kWh	364	384	316	218	218	218
Elektroherd	in kWh	637	637	605	541	541	541
Wäschetrockner	in kWh	702	758	758	629	668	698
Fernseher s/w	in kWh	130	130	121	104	104	104
Fernseher farbe	in kWh	255	153	128	102	102	102
sonst. Kleingeräte	in kWh	150	165	199	203	225	270
Beleuchtung	in kWh	125	125	131	128	128	128
zukünft. Anwendungen	in kWh			421	342	350	356

A : B : C : D : E : F : G : H : I : J : K : L : M :
 4 INDUSTRIE

Bruttoinlandsprodukt pro Kopf in DM

	1973	1980	1990	2000	2010	2020	2030
23334	38231	51107	68684	87921	107176	124382	

BIP-Wachstumsrate pro Kopf

	1973	1980	1990	2000	2010	2020	2030
42.30	36.00	34.00	32.00	31.00	30.50	30.00	

Grundstoffindustrie

	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030
spezifischer Strombedarf	in Z	100	89	83	80	77	76
spezifischer Brennstoffbedarf	in Z	100	82	75	72	70	70

Investitionsquoteindustrie

	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030
spezifischer Strombedarf	in Z	100	98	95	93	92	91
spezifischer Brennstoffbedarf	in Z	100	92	87	85	83	81

Verbrauchsquoteindustrie

	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030
spezifischer Strombedarf	in Z	100	96	95	95	95	95
spezifischer Brennstoffbedarf	in Z	100	91	85	83	82	81

Nahrungsmittelindustrie

	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030
spezifischer Strombedarf	in Z	100	97	95	93	92	91
spezifischer Brennstoffbedarf	in Z	100	93	87	85	83	81

5 Deckungs-Variante "Fortreibung"

	1980	1990	2000	2010	2020	2030
3	6	9	11	13	15	
18	20	22	24	25	25	

Stromanteil bei Raumwärme (Haushalte)

Stromanteil bei Warmwasser (Haushalte)

Verbreitung der Haushaltsgeräete	1975		1980		1990		2000		2010		2020		2030	
	in Z	in GWh												
Kuehlschrank	80	83	88	92	94	95	96							
Gefriergeraet	18	27	38	45	48	49	50							
Maschmaschine	57	64	73	82	87	90	92							
Spuelmaschine	12	22	38	48	56	59	60							
Elektroherd	68	68	70	72	75	78	80							
Maeschetrockner	6	13	16	18	18	19	20							
Fernseher s/w	50	50	50	50	50	50	50							
Fernseher farbe	46	53	65	75	83	88	92							
sonst. Kleingeraete	100	100	100	100	100	100	100							
Beleuchtung	100	100	100	100	100	100	100							
zukuenftl. Anwendungen								20	50	100				

Anzahl der Haushalte mit diesen Geräeten	1975		1980		1990		2000		2010		2020		2030	
in Z	in GWh	in Z	in GWh	in Z	in GWh	in Z	in GWh	in Z	in GWh	in Z	in GWh	in Z	in GWh	
Kuehlschrank	503946	541221	537728	532609	521233	510075	504529							
Gefriergeraet	112938	176060	232201	260515	266162	263091	262775							
Maschmaschine	357637	417327	446070	474717	482418	483279	483507							
Spuelmaschine	73272	143456	232201	277883	310522	316783	315330							
Elektroherd	426654	443410	427739	416875	415877	418798	420441							
Maeschetrockner	37646	52166	79437	92828	99811	102015	105110							
Fernseher s/w	313717	326037	305528	289462	277252	268460	262775							
Fernseher farbe	288619	345599	397186	434192	460238	472490	485507							
sonst. Kleingeraete	627433	652074	611055	578923	554503	536921	525551							
Beleuchtung	627433	652074	611055	578923	554503	536921	525551							
zukuenftl. Anwendungen								0	110991	268460	525551			

Verbrauchsentwicklung in Menschen	1975		1980		1990		2000		2010		2020		2030	
in GWh	in GWh	in GWh	in GWh	in GWh	in GWh	in GWh	in GWh	in GWh	in GWh	in GWh	in GWh	in GWh	in GWh	
Kuehlschrank	80	95	96	81	83	84	85							
Gefriergeraet	36	57	70	62	64	63	63							
Maschmaschine	126	162	163	128	130	131	131							
Spuelmaschine	27	52	73	61	68	69	69							
Elektroherd	272	282	259	226	225	227	228							
Maeschetrockner	26	40	60	58	67	70	73							
Fernseher s/w	41	42	37	30	29	28	27							
Fernseher farbe	74	53	51	44	47	48	49							
sonst. Kleingeraete	94	108	121	117	125	135	142							
Beleuchtung	78	82	80	74	71	68	67							
zukuenftl. Anwendungen								39	95	187				

Stromverbrauch gesamt	1975		1980		1990		2000		2010		2020		2030	
in GWh	in Z	in GWh	in Z	in GWh	in Z	in GWh	in Z	in GWh	in Z	in GWh	in Z	in GWh	in Z	
Stromverbrauch gesamt	855	973	1011	881	947	1018	1121							
Index	100	114	118	103	111	119	131							

Endenergiebedarf des Gasherdes	1975		1980		1990		2000		2010		2020		2030	
in Z	in GWh	in Z	in GWh	in Z	in GWh	in Z	in GWh	in Z	in GWh	in Z	in GWh	in Z	in GWh	
Technische Verbesserungen	100	100	100	95	90	90	90							
Koerfortsteigerungen	100	100	105	110	110	110	110							
Spezifischer Verbrauch	688	688	686	681	681	681	681							
Anzahl der Gasherde	200779	208654	183317	162099	138626	118123	105110							

Gasverbrauch gesamt	1975		1980		1990		2000		2010		2020		2030	
in GWh	in Z	in GWh	in Z	in GWh	in Z	in GWh	in Z	in GWh	in Z	in GWh	in Z	in GWh	in Z	
Gasverbrauch gesamt	138	144	126	110	110	94	80							
Index	100	104	91	80	80	68	58							

A B C D E F G H I J K L M N
 Bedarf des Sektors KLEINVERBRAUCH

 Bedarf des Sektors KLEINVERBRAUCH

 (obere Variante)

	1973	1979	1990	2000	2010	2020	2030
Endenergiebedarf nach Anwendungen							
Bevölkerungsentwickl. in der BRD in Mio.	62,00	60,50	59,00	57,00	53,70	49,70	45,30
in 1/10 a							
Arbeitsplätze insgesamt	788150	768809	742555	695565	647455	590125	540125
Anteil der Arb. an BIP	42,30	36,00	34,00	32,00	31,00	30,30	30,00
Anteil der Arbeitsplätze im KV	74,12	78,44	79,91	80,49	81,07	81,07	81,07
Arbeitsplätze im Kleinverbrauch	584200	587519	584804	559049	521156	478434	438434
Index der Arbeitsplätze im KV	100	100	101	100	96	89	82
Index der Arbeitsplätze / Kopf	100	100	112	123	130	136	140
Raumwärmebedarf							
EDL in %	100	113	123	124	121	115	115
Einspar. in %	100	81	71	67	63	59	59
Index in %	100	91	88	83	77	67	67
absolut in GWh	8886	8099	7822	7372	6806	5993	5993
Prozesswärmebedarf							
EDL wie Industrie	100	128	161	193	230	268	299
Einspar. in %	100	95	90	87	85	85	85
Index in %	100	119	115	156	177	198	198
absolut in GWh	2251	2678	3049	3508	3988	4461	4461
Anteil Strom	45	45	50	52	55	55	60
Anteil nichtel.	1013	1205	1524	1824	2193	2676	2676
Index in %	55	55	50	48	45	40	40
absolut in GWh	1238	1473	1524	1684	1794	1784	1784
Licht und Kraft							
EDL(KV)/EDL(GW)	1,66	1,60	1,03	1,08	1,12	1,19	1,19
Einspar. in %	100	95	90	87	85	85	85
Index in %	100	107	114	117	115	116	116
absolut in GWh	711	761	812	831	821	825	825
Strombedarf							
EDL(KV)/EDL(GW)	1,66	1,60	1,03	1,08	1,12	1,19	1,19
Einspar. in %	100	95	90	87	85	85	85
Index in %	100	107	114	117	115	116	116
absolut in GWh	711	761	812	831	821	825	825
Prozesswärme elektrisch							
in GWh	1613	1205	1524	1824	2193	2676	2676
Anteil	59	61	65	69	73	76	76
Licht und Kraft	711	761	812	831	821	825	825
Anteil	41	39	35	31	27	24	24
Strombedarf gesamt	1724	1966	2336	2655	3014	3501	3501
Index	100	114	135	154	175	203	203
nichtelektrischer Endenergiebedarf							
in GWh	1238	1473	1524	1684	1794	1784	1784
Anteil	12	15	16	19	21	21	23
Prozesswärme	8886	8099	7822	7372	6806	5993	5993
Anteil	88	85	84	81	79	77	77
Raumwärme	16124	9372	9346	9056	8660	7778	7778
nichtelektr. gesamt	100	95	92	89	85	85	85
Index	100	95	92	89	85	85	85
Gesamter Endenergiebedarf							
in GWh	1724	1966	2336	2655	3014	3501	3501
Anteil	15	17	20	23	26	31	31
nichtelektr. absolut	10124	9572	9346	9056	8660	7778	7778
Anteil	85	85	80	77	74	69	69
Gesamtbedarf absolut	11848	13538	11682	11712	11615	11279	11279
Index	100	97	99	99	99	98	95

	1973	1980	1990	2000	2010	2020	2030
Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts							
Bevölkerungsentwickl.	1336576	1298941	1221005	1159954	1113556	1080149	1058546
BIP pro Kopf	23334	36231	51107	48684	87921	107176	124382
BIP in München gesamt	31188	47062	62402	79670	97905	115766	131664
in Mio. DM							
Industrieanteil in München	42	36	34	32	31	31	30
BIP der Industrie absolut	13192	16942	21217	25495	30351	35309	39499
Index	100	128	161	193	230	268	299
Wachstum des BIP in den verschiedenen Industriezweigen							
Grundstoffindustrie	100	120	135	151	177	217	260
Investitionsindustrie	100	132	172	215	262	308	346
Verbrauchsgüterindustrie	100	122	143	146	147	156	142
Nahrungsmittelindustrie	100	117	128	135	147	153	157
Endenergiebedarf der Grundstoffindustrie							
in %	100	89	83	80	77	76	75
Index des Strombedarfs	100	107	112	121	136	165	195
Strombedarf absolut	115	123	129	139	157	189	225
spezifischer Brennstoffbedarf	100	82	75	72	76	76	76
Index des Brennstoffbedarfs	100	98	102	109	124	152	182
Brennstoffbedarf absolut	473	465	481	514	587	718	862
Endenergiebedarf gesamt	588	587	610	653	743	907	1087
Index	100	100	104	111	126	154	185
Endenergiebedarf der Investitionsindustrie							
in %	100	132	172	215	262	308	346
spezifischer Strombedarf	100	98	95	93	92	91	90
Index des Strombedarfs	100	136	164	206	241	280	311
Strombedarf absolut	594	711	973	1188	1433	1664	1848
spezifischer Brennstoffbedarf	100	92	87	85	83	81	80
Index des Brennstoffbedarfs	100	122	150	183	218	249	276
Brennstoffbedarf absolut	1693	2062	2539	3096	3685	4271	4681
Endenergiebedarf gesamt	2287	2833	3512	4284	5119	5885	6529
Index	100	124	154	187	224	257	285

	1973	1980	1990	2000	2010	2020	2030
Index des Produktionswerts	100	120	135	151	177	217	260
spezifischer Strombedarf	100	89	83	80	77	76	75
Index des Strombedarfs	100	107	112	121	136	165	195
Strombedarf absolut	115	123	129	139	157	189	225
spezifischer Brennstoffbedarf	100	82	75	72	76	76	76
Index des Brennstoffbedarfs	100	98	102	109	124	152	182
Brennstoffbedarf absolut	473	465	481	514	587	718	862
Endenergiebedarf gesamt	588	587	610	653	743	907	1087
Index	100	100	104	111	126	154	185
Endenergiebedarf der Investitionsindustrie							
in %	100	132	172	215	262	308	346
spezifischer Strombedarf	100	98	95	93	92	91	90
Index des Strombedarfs	100	136	164	206	241	280	311
Strombedarf absolut	594	711	973	1188	1433	1664	1848
spezifischer Brennstoffbedarf	100	92	87	85	83	81	80
Index des Brennstoffbedarfs	100	122	150	183	218	249	276
Brennstoffbedarf absolut	1693	2062	2539	3096	3685	4271	4681
Endenergiebedarf gesamt	2287	2833	3512	4284	5119	5885	6529
Index	100	124	154	187	224	257	285

	1973	1990	2000	2010	2020	2030
Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts						
Bevölkerungsentwickl.	1336576	1298941	1221005	1159954	1113556	1080149
BIP pro Kopf	23334	36231	51107	48684	87921	107176
BIP in München gesamt	31188	47062	62402	79670	97905	115766
in Mio. DM						
Industrieanteil in München	42	36	34	32	31	31
BIP der Industrie absolut	13192	16942	21217	25495	30351	35309
Index	100	128	161	193	230	268
Wachstum des BIP in den verschiedenen Industriezweigen						
Grundstoffindustrie	100	120	135	151	177	217
Investitionsindustrie	100	132	172	215	262	308
Verbrauchsgüterindustrie	100	122	143	146	147	156
Nahrungsmittelindustrie	100	117	128	135	147	153
Endenergiebedarf der Grundstoffindustrie						
in %	100	89	83	80	77	76
Index des Strombedarfs	100	107	112	121	136	165
Strombedarf absolut	115	123	129	139	157	189
spezifischer Brennstoffbedarf	100	82	75	72	76	76
Index des Brennstoffbedarfs	100	98	102	109	124	152
Brennstoffbedarf absolut	473	465	481	514	587	718
Endenergiebedarf gesamt	588	587	610	653	743	907
Index	100	100	104	111	126	154
Endenergiebedarf der Investitionsindustrie						
in %	100	132	172	215	262	308
spezifischer Strombedarf	100	98	95	93	92	91
Index des Strombedarfs	100	136	164	206	241	280
Strombedarf absolut	594	711	973	1188	1433	1664
spezifischer Brennstoffbedarf	100	92	87	85	83	81
Index des Brennstoffbedarfs	100	122	150	183	218	249
Brennstoffbedarf absolut	1693	2062	2539	3096	3685	4271
Endenergiebedarf gesamt	2287	2833	3512	4284	5119	5885
Index	100	124	154	187	224	257

	1973	1990	2000	2010	2020	2030
Index des Produktionswerts	100	120	135	151	177	217
spezifischer Strombedarf	100	89	83	80	77	76
Index des Strombedarfs	100	107	112	121	136	165
Strombedarf absolut	115	123	129	139	157	189
spezifischer Brennstoffbedarf	100	82	75	72	76	76
Index des Brennstoffbedarfs	100	98	102	109	124	152
Brennstoffbedarf absolut	473	465	481	514	587	718
Endenergiebedarf gesamt	588	587	610	653	743	907
Index	100	100	104	111	126	154
Endenergiebedarf der Investitionsindustrie						
in %	100	132	172	215	262	308
spezifischer Strombedarf	100	98	95	93	92	91
Index des Strombedarfs	100	136	164	206	241	280
Strombedarf absolut	594	711	973	1188	1433	1664
spezifischer Brennstoffbedarf	100	92	87	85		

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
GESAMTER ENDEENERGIEBEDARF (obere Variante)												
53:	Endenergiebedarf der Verbrauchsseiterind.	1973	1980	1990	2000	2010	2020	2030				
54:	Index des Produktionswerts	100	122	143	146	147	150	142				
55:	spezifischer Strombedarf	100	96	95	95	95	95	95				
56:	Index des Strombedarfs	100	117	136	138	140	142	135				
57:	Strombedarf absolut	96	113	131	133	134	137	129				
58:	spezifischer Brennstoffbedarf	100	91	85	83	82	81	80				
59:	Index des Brennstoffbedarfs	100	111	122	121	121	121	113				
60:	Brennstoffbedarf absolut	221	246	269	267	267	268	251				
61:	Endenergiebedarf gesamt	317	359	400	400	401	405	380				
62:	Index	100	113	126	126	127	128	120				
63:	Endenergiebedarf der Nahrungsmittelindustrie	1973	1980	1990	2000	2010	2020	2030				
64:	Index des Produktionswerts	100	117	128	135	147	153	157				
65:	spezifischer Strombedarf	100	97	95	93	92	91	90				
66:	Index des Strombedarfs	100	114	121	126	135	139	142				
67:	Strombedarf absolut	100	114	121	126	135	139	142				
68:	spezifischer Brennstoffbedarf	100	93	87	85	83	81	80				
69:	Index des Brennstoffbedarfs	100	109	111	115	122	124	126				
70:	Brennstoffbedarf absolut	880	960	978	1012	1075	1087	1108				
71:	Endenergiebedarf gesamt	980	1073	1100	1138	1211	1226	1249				
72:	Index	100	110	112	116	124	125	127				
73:	Besitzer Endenergiebedarf	1973	1980	1990	2000	2010	2020	2030				
74:	Strombedarf absolut	905	1120	1354	1586	1860	2129	2343				
75:	Index	100	124	150	175	206	235	259				
76:	Brennstoffbedarf absolut	3267	3732	4267	4889	5614	6294	6902				
77:	Index	100	114	131	150	172	193	211				
78:	Endenergiebedarf absolut	4172	4852	5621	6475	7474	8423	9245				
79:	Index	100	116	135	155	179	202	222				

A : B : C : D : E : F : G : H : I : J : K : L : M :
 Bedarf des Sektors HAUSHALTE

 Die Entwicklung der Haushaltsanzahl

 I ENTWICKLUNG DES STROMBEDARFS DURCH HAUSHALTSGERAETE

 Techn. Verbesserungen an Haushaltsgeraeten

 Kostfortsetzungen bei Haushaltsgeraeten

 Spezifischer Verbrauch der Haushaltsger.

	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030
175: Die Entwicklung der Haushaltsanzahl	627433	652074	611055	578923	554503	536721	525551
I ENTWICKLUNG DES STROMBEDARFS DURCH HAUSHALTSGERAETE							

Techn. Verbesserungen an Haushaltsgeraeten							

176: Kuehlschrank	in %	100	100	80	40	40	40
177: Gefriergeraet	in %	100	100	80	40	40	40
178: Waschmaschine	in %	100	100	75	25	25	25
179: Spuelmaschine	in %	100	100	75	25	25	25
180: Elektroherd	in %	100	100	87	60	60	60
181: Maeschetroekner	in %	100	100	87	60	60	60
182: Fernseher s/w	in %	100	100	93	80	80	80
183: Fernseher farbe	in %	100	100	60	50	40	40
184: sonst. Kleingeraete	in %	100	100	97	90	90	90
185: Beleuchtung	in %	100	100	87	60	60	60

Kostfortsetzungen bei Haushaltsgeraeten							

186: Kuehlschrank	in %	100	110	124	135	142	147
187: Gefriergeraet	in %	100	102	105	107	107	107
188: Waschmaschine	in %	100	110	120	128	128	128
189: Spuelmaschine	in %	100	100	100	100	100	100
190: Elektroherd	in %	100	100	100	100	100	100
191: Maeschetroekner	in %	100	108	120	128	136	142
192: Fernseher s/w	in %	100	100	100	100	100	100
193: Fernseher farbe	in %	100	100	100	100	100	100
194: sonst. Kleingeraete	in %	100	110	137	150	167	186
195: Beleuchtung	in %	100	100	110	120	126	126

Spezifischer Verbrauch der Haushaltsger.							

196: Kuehlschrank	in kWh	160	176	159	86	91	94
197: Gefriergeraet	in kWh	320	326	249	137	137	137
198: Waschmaschine	in kWh	352	367	317	113	113	113
199: Spuelmaschine	in kWh	364	364	273	91	91	91
200: Elektroherd	in kWh	637	637	552	382	382	382
201: Maeschetroekner	in kWh	702	758	730	539	573	598
202: Fernseher s/w	in kWh	130	130	121	104	104	104
203: Fernseher farbe	in kWh	255	153	128	102	102	102
204: sonst. Kleingeraete	in kWh	150	165	199	203	225	270
205: Beleuchtung	in kWh	125	125	119	90	90	90
206: zukuenft. Anwendungen	in kWh			383	225	231	234
207: *****							

A : B : C : D : E : F : G : H : I : J : K : L : M :
 4 INDUSTRIE

 Bruttoinlandsprodukt pro Kopf in DM
 BIP-Wachstumsrate pro Kopf % / Jahr
 Anteil der Industrie an BIP
 Grundstoffindustrie
 spezifischer Strombedarf
 spezifischer Brennstoffbedarf
 Investitionsquoteindustrie
 spezifischer Strombedarf
 spezifischer Brennstoffbedarf
 Verbrauchsquoteindustrie
 spezifischer Strombedarf
 spezifischer Brennstoffbedarf
 Nahrungsmittelindustrie
 spezifischer Strombedarf
 spezifischer Brennstoffbedarf
 S Deckungs-Variante "Fortanschreibung"

	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030
121: Bruttoinlandsprodukt pro Kopf in DM	23334	36233	51107	68684	87921	107176	124382
122: BIP-Wachstumsrate pro Kopf % / Jahr	3.50	3.00	2.50	2.00	1.50		
123: Anteil der Industrie an BIP	42.30	36.00	34.00	32.00	31.00	30.50	30.00
Grundstoffindustrie							
124: spezifischer Strombedarf	in %	100	89	78	71	66	62
125: spezifischer Brennstoffbedarf	in %	100	82	68	60	55	52
Investitionsquoteindustrie							
126: spezifischer Strombedarf	in %	100	98	92	87	84	82
127: spezifischer Brennstoffbedarf	in %	100	92	83	77	72	67
Verbrauchsquoteindustrie							
128: spezifischer Strombedarf	in %	100	96	93	82	79	84
129: spezifischer Brennstoffbedarf	in %	100	91	85	64	57	66
Nahrungsmittelindustrie							
130: spezifischer Strombedarf	in %	100	97	92	88	84	82
131: spezifischer Brennstoffbedarf	in %	100	93	83	75	70	65
S Deckungs-Variante "Fortanschreibung"							

132: Stromanteil bei Raumwaerme (Haushalte)			3	2	1	0	0
133: Stromanteil bei Warmwasser (Haushalte)			18	12	6	0	0

A B C D E F G H I J K L M N
 2 ENTWICKLUNG DES WÄRMENERGIEBEDARFS

	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030
Entwicklung des Nutzenergiebedarfs							
Maschinen							
mit getrennter Wärmeerzeugung, in kWh	0	0	0	7	28	55	73
zus. Wärmeerzeugung, in kWh	0	0	0	1268	248	248	248
Spez. Bedarf pro Haushalt, in kWh	0	0	0	40	33	66	87
Spez. Bedarf pro Haushalt, in kWh	0	0	0	7	28	55	73
zus. Wärmeerzeugung, in kWh	0	0	0	956	246	246	246
zus. Wärmeerzeugung, in kWh	0	0	0	16	19	42	57
Somme Wasch- und Spülmaschinen, in kWh	0	0	0	55	52	108	158
Dusch- und Badwasserbedarf							
Verbrauch pro Kopf und Tag	35	35	40	45	50	50	50
Bevölkerungszahl	1314885	1298941	1221005	1159954	1113556	1086149	1058546
Wärmeerzeugung gesamt, in kWh	672	664	713	762	813	789	775
Somme des Netto-Nutzenergiebedarfs, in kWh	672	664	768	814	921	933	931
Index	100	99	114	121	137	139	136
Wärmeerzeugung							
Anteil der Neubauten	0	0	1	3	5	10	15
Rückgewinnung	0	0	20	30	30	30	30
Bedarf in Neubauten	0	0	6	17	32	45	98
Anteil der Altbauten	100	100	99	97	95	90	85
davon mit Wärmeerzeugung	0	0	5	10	15	17	20
Rückgewinnung	0	0	10	20	20	20	20
Bedarf in Altbauten	672	664	757	774	842	811	759
Somme des Brutto-Nutzenergiebedarfs, in kWh	672	664	763	793	881	876	857
Index	100	99	114	118	131	130	128
Effektive Wärmeerzeugung, in kWh	0	0	0	1	3	4	6

3 ENTWICKLUNG DES RAUHWÄRMENERGIEBEDARFS

	1975	1979	1990	2000	2010	2020	2030
Index der Gesamtwohnfläche							
mittl. spez. Wärmebedarf eines EFH in kWh	100	100	103	107	108	109	110
mittl. spez. Wärmebedarf eines MFH in kWh	100	98	87	76	66	57	50
Spez. Wärmebedarf (Haushalte) in kWh	100	98	88	78	70	62	55
Index des Nutzenergiebedarfs, in kWh	0	98	90	83	74	66	59
Nutzenergiebedarf, in kWh	0	5272	4856	4444	3969	3526	3170

	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030
Verbreitung der Haushaltsgeräte							
Kühlschrank	80	83	88	92	94	95	96
Gefriergerät	18	27	38	45	48	49	50
Waschmaschine	57	64	73	82	87	90	92
Spülmaschine	12	22	38	48	56	59	60
Elektroherd	68	68	64	59	53	47	40
Wäschetrockner	6	8	13	16	18	19	20
Fernseher s/w	50	50	50	50	50	50	50
Fernseher farbe	46	53	65	75	83	88	92
sonst. Kleingeräte	100	100	100	100	100	100	100
Beleuchtung	100	100	100	100	100	100	100
zukünft. Anwendungen	0	0	0	0	20	50	100
Anzahl der Haushalte auf diesen Geräten							
Kühlschrank	501946	541221	537728	532609	521233	510075	504529
Gefriergerät	112938	176660	232201	240515	264162	263091	262775
Waschmaschine	357637	413327	446070	474717	482418	483229	483507
Spülmaschine	75292	143456	232201	277883	310522	316783	315330
Elektroherd	426654	443410	391075	341565	293887	252533	210220
Wäschetrockner	37646	52166	79437	92628	99811	107015	105110
Fernseher s/w	313717	326037	305528	289462	277252	268460	262775
Fernseher farbe	288619	345599	397186	434192	460238	472490	483507
sonst. Kleingeräte	627433	652074	611055	578923	554503	536921	525551
Beleuchtung	627433	652074	611055	578923	554503	536921	525551
zukünft. Anwendungen	0	0	0	0	110903	248460	525551
Verbreitungsentwicklung in München							
Kühlschrank	80	95	85	46	47	48	48
Gefriergerät	36	57	62	36	36	36	36
Waschmaschine	126	162	141	53	54	54	54
Spülmaschine	27	52	63	25	28	29	29
Elektroherd	272	282	216	131	112	96	80
Wäschetrockner	26	40	58	50	57	60	63
Fernseher s/w	41	42	37	30	29	28	27
Fernseher farbe	74	53	51	44	47	48	49
sonst. Kleingeräte	94	108	121	117	125	135	142
Beleuchtung	78	82	73	52	50	48	47
zukünft. Anwendungen	0	0	0	0	26	63	124
Stroeverbrauch gesamt	855	973	908	585	612	646	701
Index	100	114	106	68	72	76	82
Endenergiebedarf des Bisherdes							
Technische Verbesserungen	100	100	95	90	90	90	90
Konfortsteigerungen	100	100	105	110	110	110	110
spezifischer Verbrauch	688	688	686	681	681	681	681
Anzahl der Bisherde	266779	208664	219980	237359	240617	284568	316330
Gasverbrauch gesamt	138	144	151	162	178	194	215
Index	100	104	109	117	129	140	155

	1973	1979	1990	2000	2010	2020	2030
Endenergiebedarf nach Anwendungen	62,00	60,50	59,00	57,00	53,70	49,70	45,30
Bevölkerungsentwickl. in der BRD in Mio. in 1/10 a		-2,48	-3,39	-5,79	-7,45	-8,65	
Arbeitsplätze insgesamt	768150	768609	742555	699565	647655	590135	
Anteil der IHD am BIP	42,30	36,00	34,00	32,00	31,00	30,00	
Anteil der Arbeitsplätze im KV	74,12	76,44	79,76	79,91	80,49	81,07	
Arbeitsplätze im Kleinverbrauch	564200	587519	584804	559049	521156	478434	
Index der Arbeitsplätze im KV	100	101	100	96	89	82	
Index der Arbeitsfläche / Kopf	100	112	123	130	136	140	
Raumenergiebedarf							
EÜL in %	100	113	123	124	121	115	
Einspar. in %	100	73	58	50	43	38	
Index in %	100	82	71	62	52	44	
absolut in GWh	8886	7260	6306	5485	4643	3890	
Prozesswasserbedarf							
EÜL wie Industrie	100	128	161	193	230	268	299
Einspar. in %	100	90	83	77	73	70	
Index in %	100	113	125	138	152	163	
absolut in GWh	2251	2537	2811	3105	3425	3674	
Anteil Strom							
in %	45	45	45	43	41	40	
in GWh	1013	1142	1265	1335	1404	1469	
Anteil nichtel.							
in %	55	55	55	57	59	60	
in GWh	1238	1395	1546	1770	2020	2204	
Licht und Kraft							
EÜL (L/K)/EÜL (KW)	1,00	1,00	1,03	1,08	1,12	1,19	
Einspar. in %	100	92	85	80	77	75	
Index in %	100	104	108	107	105	102	
absolut in GWh	711	737	766	764	744	728	
Strombedarf							
1973	1979	1990	2000	2010	2020	2030	
Prozesswärme elektrisch	1013	1142	1265	1335	1404	1469	
Anteil	59	61	62	64	65	67	
Licht und Kraft	711	737	766	764	744	728	
Anteil	41	39	38	36	35	33	
Strombedarf gesamt	1724	1878	2032	2099	2148	2197	
Index	100	109	118	122	125	127	
nichtelektrischer Endenergiebedarf							
1973	1979	1990	2000	2010	2020	2030	
Prozesswärme	1238	1395	1546	1770	2020	2204	
Anteil	12	16	20	24	30	36	
Raumwärme	8886	7260	6306	5485	4643	3890	
Anteil	88	84	80	76	70	64	
nichtelektr. gesamt	10124	8655	7854	7255	6664	6094	
Index	100	85	78	72	66	60	
Gesamter Endenergiebedarf							
1973	1979	1990	2000	2010	2020	2030	
Strombedarf absolut	1724	1878	2032	2099	2148	2197	
Anteil	15	18	21	22	24	26	
nichtelektr. absolut	10124	8655	7854	7255	6664	6094	
Anteil	85	82	79	78	76	74	
Gesamtheit absolut	11848	10534	9885	9354	8877	8291	
Index	100	89	83	79	74	70	

	1973	1980	1990	2000	2010	2020	2030
1) HAUSHALTE							
Raumwärme							
in GWh	5272	4856	4444	3989	3526	3170	
mittl. Wirkungsgrad	63	78	87	90	92	93	
Endenergie	8431	6226	5108	4410	3832	3408	
davon Brennstoffe	8172	6101	5057	4410	3832	3408	
in T	97	98	99	100	100	100	
davon Strom	259	125	51	0	0	0	
in T	3	2	1	0	0	0	
Warmwasser							
Nutzenergie	664	763	791	881	876	857	
in T	52	64	72	75	78	80	
mittl. Wirkungsgrad	1278	1192	1099	1174	1123	1071	
Endenergie	1042	1049	1033	1174	1123	1071	
davon Brennstoffe	1042	1049	1033	1174	1123	1071	
in T	82	88	94	100	100	100	
davon Strom	236	143	66	0	0	0	
in T	18	12	6	0	0	0	
Haushaltsgenerierte Strom	769	908	585	612	646	701	
in GWh	160	151	162	178	194	215	
Brennstoffe (Gas/erd)	5374	7301	6251	5762	5149	4694	
in GWh	1264	1176	702	612	646	701	
Endenergie	10638	8477	6953	6374	5795	5395	
Summe							
in GWh	8886	7260	6308	5485	4643	3890	
in GWh	2251	2537	2811	3105	3425	3674	
in GWh	711	737	766	764	744	728	
Brennstoffe	10127	8655	7854	7255	6664	6094	
Strom	1721	1878	2032	2099	2148	2197	
Endenergie gesamt	11848	10534	9885	9354	8811	8291	
2) KLEINVERBRAUCH							
Raumwärme							
in GWh	8886	7260	6308	5485	4643	3890	
in GWh	2251	2537	2811	3105	3425	3674	
in GWh	711	737	766	764	744	728	
Brennstoffe	10127	8655	7854	7255	6664	6094	
Strom	1721	1878	2032	2099	2148	2197	
Endenergie gesamt	11848	10534	9885	9354	8811	8291	
3) INDUSTRIE							
Raumwärme							
in GWh	3297	4061	4332	4750	5096	5466	
in GWh	1160	1309	1469	1678	1900	2072	
in GWh	4457	5370	5801	6429	6996	7538	
Brennstoffe	4172	4852	5370	5801	6429	6996	
Strom	100	116	129	139	154	168	
Endenergie gesamt	5172	6014	6649	7379	8025	8634	
4) GESAMTER ENDEENERGIEBEDARF in Kuenchen							
in GWh	22798	20037	18437	17767	16909	16255	
in GWh	100	88	81	78	74	71	
in GWh	4145	4364	4202	4390	4694	4970	
in GWh	100	105	101	106	113	120	
in GWh	26943	24381	22639	22157	21602	21224	
in GWh	100	90	84	82	80	79	
Summe							
in GWh	22798	20037	18437	17767	16909	16255	
in GWh	100	88	81	78	74	71	
in GWh	4145	4364	4202	4390	4694	4970	
in GWh	100	105	101	106	113	120	
in GWh	26943	24381	22639	22157	21602	21224	
in GWh	100	90	84	82	80	79	

	1973	1980	1990	2000	2010	2020	2030
spezifischer Strombedarf	100	96	93	82	79	84	91
Index des Strombedarfs	100	117	133	119	116	126	129
Strombedarf absolut	96	113	128	115	112	121	124
spezifischer Brennstoffbedarf	100	91	85	64	57	60	69
Index des Brennstoffbedarfs	100	111	122	93	84	90	98
Brennstoffbedarf absolut	221	246	269	206	185	199	216
Endenergiebedarf gesamt	317	359	397	321	297	320	340
Index	100	113	125	101	94	101	107
Endenergiebedarf der Nahrungsmittelindustrie	100	117	128	135	147	153	157
Index des Produktionswerts	100	97	92	88	84	82	80
spezifischer Strombedarf	100	114	118	119	124	125	126
Index des Strombedarfs	100	114	118	119	124	125	126
Strombedarf absolut	100	114	118	119	124	125	126
spezifischer Brennstoffbedarf	100	93	83	75	70	65	60
Index des Brennstoffbedarfs	100	109	106	101	103	99	94
Brennstoffbedarf absolut	880	960	933	893	907	873	831
Endenergiebedarf gesamt	980	1073	1051	1012	1031	998	957
Index	100	110	107	103	105	102	98
Gesamter Endenergiebedarf	100	1120	1309	1469	1678	1900	2072
Index	100	124	145	162	185	210	229
Strombedarf absolut	3267	3732	4061	4332	4750	5096	5466
Index	100	114	124	133	145	156	167
Endenergiebedarf absolut	4172	4852	5370	5801	6429	6996	7538
Index	100	116	129	139	154	168	181

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129
4 INDUSTRIE												

Die Entwicklung der Haushaltsanzahl												
		1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030				
		627433	652074	611055	578923	554503	536921	525551				

J ENTWICKLUNG DES STROMBEDARFS DURCH HAUSHALTSGERAETE												
Techn. Verbesserungen an Haushaltsgeraeten												
		1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030				
141	Kuehlschrank	in Z	100	100	80	40	40	40	40	40	40	40
142	Gefriergeraet	in Z	100	100	80	40	40	40	40	40	40	40
143	Waschmaschine	in Z	100	100	75	25	25	25	25	25	25	25
144	Spelmaschine	in Z	100	100	75	25	25	25	25	25	25	25
145	Elektroherd	in Z	100	100	87	60	60	60	60	60	60	60
146	Waschetroechner	in Z	100	100	87	60	60	60	60	60	60	60
147	Fernseher s/w	in Z	100	100	93	80	80	80	80	80	80	80
148	Fernseher farbe	in Z	100	100	60	50	40	40	40	40	40	40
149	sonst. Kleingeraete	in Z	100	100	97	90	90	90	90	90	90	90
150	Beleuchtung	in Z	100	100	87	60	60	60	60	60	60	60

Kaufsteigerungen bei Haushaltsgeraeten												
		1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030				
281	Kuehlschrank	in Z	100	110	110	110	110	110	110	110	110	110
282	Gefriergeraet	in Z	100	102	102	102	102	102	102	102	102	102
283	Waschmaschine	in Z	100	110	110	110	110	110	110	110	110	110
284	Spelmaschine	in Z	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
285	Elektroherd	in Z	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
286	Waschetroechner	in Z	100	108	108	108	108	108	108	108	108	108
287	Fernseher s/w	in Z	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
288	Fernseher farbe	in Z	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
289	sonst. Kleingeraete	in Z	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
290	Beleuchtung	in Z	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Spezifischer Verbrauch der Haushaltsgeraete												
		1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030				
421	Kuehlschrank	in kWh	160	176	141	70	70	70	70	70	70	70
422	Gefriergeraet	in kWh	320	326	261	131	131	131	131	131	131	131
423	Waschmaschine	in kWh	552	387	290	97	97	97	97	97	97	97
424	Spelmaschine	in kWh	364	364	273	91	91	91	91	91	91	91
425	Elektroherd	in kWh	637	637	552	382	382	382	382	382	382	382
426	Waschetroechner	in kWh	782	758	657	455	455	455	455	455	455	455
427	Fernseher s/w	in kWh	130	130	121	104	104	104	104	104	104	104
428	Fernseher farbe	in kWh	255	153	128	102	102	102	102	102	102	102
429	sonst. Kleingeraete	in kWh	150	165	160	149	149	149	149	149	149	149
430	Beleuchtung	in kWh	125	125	108	75	75	75	75	75	75	75
431	zukuenft. Anwendungen	in kWh			382	204	204	204	204	204	204	204

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129
4 INDUSTRIE												

Bruttoinlandsprodukt pro Kopf												
		1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030				
		23334	36231	40022	42068	42068	42068	42068				
BIP-Wachstumsrate pro Kopf												
			1.00	.50	0	0	0	0				

Anteil der Industrie am BIP												
		1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030				
131	Grundstoffindustrie	in Z	100	89	78	71	66	62	60	60	60	60
132	spezifischer Strombedarf	in Z	100	89	78	71	66	62	60	60	60	60
133	spezifischer Brennstoffbedarf	in Z	100	82	68	60	55	52	50	50	50	50
Investitionsquaterindustrie												
134	spezifischer Strombedarf	in Z	100	98	92	87	84	82	80	80	80	80
135	spezifischer Brennstoffbedarf	in Z	100	92	83	77	72	67	65	65	65	65
Verbrauchsquaterindustrie												
136	spezifischer Strombedarf	in Z	100	96	93	82	79	84	91	91	91	91
137	spezifischer Brennstoffbedarf	in Z	100	91	85	84	57	60	69	69	69	69
Nahrungsmittelindustrie												
138	spezifischer Strombedarf	in Z	100	97	92	88	84	82	80	80	80	80
139	spezifischer Brennstoffbedarf	in Z	100	93	83	75	70	65	60	60	60	60

S Deckungs-Variante "Fortreibung"												
		1980	1990	2000	2010	2020	2030					
141	Stromanteil bei Raumwaerme (Haushalte)	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
142	Stromanteil bei Waerwaerme (Haushalte)	18	12	6	0	0	0	0	0	0	0	0

Spezifischer Verbrauch der Haushaltsgeraete												
		1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030				
421	Kuehlschrank	in kWh	160	176	141	70	70	70	70	70	70	70
422	Gefriergeraet	in kWh	320	326	261	131	131	131	131	131	131	131
423	Waschmaschine	in kWh	552	387	290	97	97	97	97	97	97	97
424	Spelmaschine	in kWh	364	364	273	91	91	91	91	91	91	91
425	Elektroherd	in kWh	637	637	552	382	382	382	382	382	382	382
426	Waschetroechner	in kWh	782	758	657	455	455	455	455	455	455	455
427	Fernseher s/w	in kWh	130	130	121	104	104	104	104	104	104	104
428	Fernseher farbe	in kWh	255	153	128	102	102	102	102	102	102	102
429	sonst. Kleingeraete	in kWh	150	165	160	149	149	149	149	149	149	149
430	Beleuchtung	in kWh	125	125	108	75	75	75	75	75	75	75
431	zukuenft. Anwendungen	in kWh			382	204	204	204	204	204	204	204

A : B : C : D : E : F : G : H : I : J : K : L : M : N : O : P : Q : R : S : T : U : V : W : X : Y : Z :

2 ENTWICKLUNG DES WÄRMENUTZGEBEDARFS
 Entwicklung des Nutzenergiebedarfs
 Maschinaschinen
 mit getrennter Wärmeerzeugung, in I
 spez. Bedarf pro Haushalt in kWh
 zus. Wärmeerbedarf gesamt in kWh
 Maschinaschinen
 mit getrennter Wärmeerzeugung, in I
 spez. Bedarf pro Haushalt in kWh
 zus. Wärmeerbedarf gesamt in kWh
 Summe Wasch- und Spülmaschinen in kWh
 Dusch- und Badwasserbedarf
 Verbrauch pro Kopf und Tag
 Bevölkerungszahl
 Wärmeerbedarf gesamt
 Summe des Netto-Nutzenergiebedarfs in kWh
 Index
 Wärmeerzeugungsgewinnung
 Anteil der Neubauten
 Rückgewinnung
 Bedarf in Neubauten
 Anteil der Altbauten
 davon mit Wärmeerzeugungsgewinnung
 Rückgewinnung
 Bedarf in Altbauten
 Summe des Brutto-Nutzenergiebedarfs in kWh
 Index
 Effektive Wärmeerzeugungsgewinnung
 3 ENTWICKLUNG DES RAUMWÄRMEBEDARFS
 Index der Gesamtwohlfäche
 mittl. spez. Wärmebedarf eines EFH in I
 mittl. spez. Wärmebedarf eines MFH in I
 spez. Wärmebedarf (Haushalte) in I
 Index des Nutzenergiebedarfs in I
 Nutzenergiebedarf in kWh

	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030
112:							
113:							
114:							
115:							
116:							
117:							
118:							
119:							
120:							
121:							
122:							
123:							
124:							
125:							
126:							
127:							
128:							
129:							
130:							
131:							
132:							
133:							
134:							
135:							
136:							
137:							
138:							
139:							
140:							
141:							
142:							
143:							
144:							
145:							
146:							
147:							
148:							
149:							
150:							
151:							
152:							
153:							
154:							
155:							
156:							
157:							
158:							
159:							

Anzahl der Haushalte mit diesen Geräten
 Kühlschrank
 Gefriergeraet
 Waschmaschine
 Spülmaschine
 Elektroherd
 Wäschetrockner
 Fernseher s/w
 Fernseher farbe
 sonst. Kleingeraete
 Beleuchtung
 zukünft. Anwendungen
 1975 1980 1990 2000 2010 2020 2030
 503946 541221 537728 532609 521233 510075 504529
 112938 176060 232201 260515 26162 263091 262775
 357637 417327 446070 474717 482418 483279 483507
 75292 143456 232201 277883 310522 316783 315330
 426654 443410 391075 341585 293887 252353 210220
 37646 52166 79437 92628 99811 102015 105110
 313717 326037 305528 289462 277252 268460 262775
 288619 345599 397186 434192 460238 472490 483507
 627433 652074 611055 578923 554503 536921 525551
 627433 652074 611055 578923 554503 536921 525551

Verbrauchsentwicklung in München
 Kühlschrank
 Befriergeraet
 Waschmaschine
 Spülmaschine
 Elektroherd
 Wäschetrockner
 Fernseher s/w
 Fernseher farbe
 sonst. Kleingeraete
 Beleuchtung
 zukünft. Anwendungen
 Strohverbrauch gesamt
 Index
 1975 1980 1990 2000 2010 2020 2030
 80 95 76 37 37 36 36
 36 57 61 34 35 34 34
 126 162 130 46 47 47 47
 27 52 63 25 28 29 29
 272 282 216 131 112 98 80
 26 40 52 42 45 46 48
 41 42 37 30 29 28 27
 74 53 51 44 47 48 49
 94 108 97 86 82 80 78
 78 82 66 43 42 40 39
 655 973 849 519 526 540 575
 100 114 99 61 62 63 67
 1975 1980 1990 2000 2010 2020 2030
 100 100 95 90 90 90 90
 100 100 105 110 110 110 110
 688 488 686 681 681 681 681
 200779 208664 219980 237359 240617 284568 315330
 138 144 151 162 178 194 215
 100 104 109 117 129 140 155

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	Bedarf des Sektors KLEINVERBRAUCH (kommunale Niedrig-Variante)												

1:	Energiebedarf nach Anwendungen												
2:	1973	1979	1990	2000	2010	2020	2030						
3:	Bevoelkerungsentwickl. in der BRD in Mio.												
4:	62.00	60.50	59.00	57.00	53.70	49.70	45.30						
5:	in %/10 ³												
6:	-2.48	-3.39	-5.79	-7.45	-8.85								
7:	Arbeitsplatze insgesamt												
8:	788150	768609	742555	699565	647455	590135							
9:	Anteil der INO am BIP												
10:	36.00	34.00	32.00	31.00	30.50	30.00							
11:	Anteil der Arbeitsplatze in KV in %												
12:	74.12	76.44	78.76	79.91	80.49	81.07							
13:	Arbeitsplatze im Kleinverbrauch												
14:	584200	587519	594804	595049	521156	478434							
15:	Index der Arbeitsplatze in KV in %												
16:	100	101	100	96	89	82							
17:	Index der Arbeitsplatze / Kopf in %												
18:	100	110	118	124	128	130							
19:	Rauwaerbedarf												
20:	EBL in %												
21:	100	111	118	119	114	106							
22:	Einspar. in %												
23:	100	73	58	50	43	38							
24:	Index in %												
25:	100	80	68	59	49	41							
26:	absolut in GWh												
27:	8886	7130	6051	5232	4370	3612							
28:	Prozesswaerbedarf												
29:	EDL wie Industrie												
30:	100	128	126	118	110	105	101						
31:	Einspar. in %												
32:	100	90	83	77	73	70							
33:	Index in %												
34:	100	88	76	66	60	55							
35:	absolut in GWh												
36:	2251	1987	1722	1486	1344	1242							
37:	Anteil Strom in %												
38:	45	45	45	45	41	40							
39:	in GWh												
40:	1013	894	775	639	551	497							
41:	Anteil nichtel. in %												
42:	55	55	55	57	59	60							
43:	in GWh												
44:	1238	1092	947	847	793	745							
45:	Licht und Kraft												
46:	EDL/ELI/EDL(RH)												
47:	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00						
48:	Einspar. in %												
49:	100	92	85	80	77	75							
50:	Index in %												
51:	100	102	100	95	88	80							
52:	absolut in GWh												
53:	711	724	714	675	625	568							
54:	Strombedarf												
55:	1973	1979	1990	2000	2010	2020	2030						
56:	in GWh												
57:	1013	894	775	639	551	497							
58:	in %												
59:	59	55	52	49	47	47							
60:	in GWh												
61:	711	724	714	675	625	568							
62:	in %												
63:	41	45	48	51	53	53							
64:	in GWh												
65:	1724	1618	1489	1314	1176	1065							
66:	Index												
67:	100	94	86	76	68	62							
68:	nichtelektrischer Endenergiebedarf												
69:	in GWh												
70:	1238	1092	947	847	793	745							
71:	in %												
72:	12	13	14	14	15	17							
73:	in GWh												
74:	8886	7130	6051	5232	4370	3612							
75:	in %												
76:	88	87	86	86	85	83							
77:	nichtelektr. gesamt												
78:	10124	8223	6998	6079	5163	4358							
79:	Index												
80:	100	81	69	60	51	43							
81:	Gesamter Endenergiebedarf												
82:	1973	1979	1990	2000	2010	2020	2030						
83:	in GWh												
84:	1724	1618	1489	1314	1176	1065							
85:	absolut												
86:	15	16	18	18	19	20							
87:	in %												
88:	10124	8223	6998	6079	5163	4358							
89:	absolut												
90:	85	84	82	82	81	80							
91:	in %												
92:	11948	9841	8487	7393	6339	5422							
93:	absolut												
94:	100	83	72	62	54	46							
95:	Index												

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
GESAMTER ENDENERGIEBEDARF (kommunale Niedrig-Varianze)												

1) HAUSHALTE												

	1979	1990	2000	2010	2020	2030						
121	Raumwärme											
122	in GWh											
123	5272	4715	4153	3675	3234	2881						
124	in %											
125	63	78	87	90	92	95						
126	Endenergie											
127	in GWh											
128	8431	6044	4774	4083	3516	3098						
129	in %											
130	8172	5923	4726	4083	3516	3098						
131	in %											
132	97	98	99	100	100	100						
133	davon Strom											
134	in GWh											
135	259	121	48	0	0	0						
136	in %											
137	3	2	1	0	0	0						
138	in %											
139	664	671	622	638	642	631						
140	in %											
141	52	64	72	75	78	80						
142	Endenergie											
143	in GWh											
144	1278	1049	864	851	824	789						
145	in %											
146	1042	923	812	851	824	789						
147	in %											
148	82	88	94	100	100	100						
149	in GWh											
150	236	126	52	0	0	0						
151	in %											
152	18	12	6	0	0	0						
153	in %											
154	769	849	519	526	540	575						
155	in GWh											
156	160	151	162	178	194	215						
157	in GWh											
158	9374	6997	5700	5112	4533	4102						
159	in GWh											
160	1264	1096	619	526	540	575						
161	in GWh											
162	10638	8093	6318	5639	5073	4677						
163	in %											
164	1979	1996	2000	2010	2020	2030						
165	in %											
166	8886	7139	6051	5232	4370	3612						
167	in GWh											
168	2251	1887	1722	1486	1344	1242						
169	in GWh											
170	711	724	714	675	625	568						
171	in %											
172	10127	8223	6998	6079	5163	4358						
173	in GWh											
174	1721	1618	1489	1314	1176	1065						
175	in GWh											
176	31848	9841	8467	7393	6339	5422						
177	in %											
178	1979	1990	2000	2010	2020	2030						
179	in %											
180	3297	3180	2653	2273	2030	1849						
181	in GWh											
182	1160	1025	900	803	746	761						
183	in GWh											
184	4457	4205	3553	3076	2746	2550						
185	in %											
186	1979	1990	2000	2010	2020	2030						
187	in %											
188	22798	18400	15351	13464	11676	10309						
189	in GWh											
190	100	81	67	59	51	45						
191	in GWh											
192	4145	3738	3067	2643	2462	2340						
193	in %											
194	100	90	73	64	59	56						
195	in GWh											
196	26943	22138	18358	16107	14158	12649						
197	in %											
198	100	82	68	60	53	47						

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
Endenergiebedarf der Verbrauchswerteind.													

Index des Produktionswerts													
	1973	1980	1990	2000	2010	2020	2030						
542	in %												
543	100	122	112	89	70	59	48						
544	in %												
545	100	96	93	82	79	84	91						
546	in %												
547	100	117	104	73	56	49	44						
548	in GWh												
549	96	113	100	70	53	47	42						
550	in %												
551	100	91	85	64	57	60	69						
552	in %												
553	100	111	95	57	40	35	33						
554	in GWh												
555	221	246	211	126	89	78	73						
556	in GWh												
557	317	359	311	197	142	125	115						
558	in %												
559	100	113	98	62	45	40	36						
560	in %												
561	1973	1980	1990	2000	2010	2020	2030						
562	in %												
563	100	117	100	83	70	60	53						
564	in %												
565	100	97	92	88	84	82	80						
566	in %												
567	100	114	92	73	59	49	43						
568	in GWh												
569	100	114	92	73	59	49	43						
570	in %												
571	100	93	83	75	70	65	60						
572	in %												
573	100	109	83	62	49	39	32						
574	in GWh												
575	880	960	731	547	434	343	281						
576	in %												
577	980	1073	823	620	493	392	324						
578	in %												
579	100	110	84	63	56	40	33						
580	in %												
581	1973	1980	1990	2000	2010	2020	2030						
582	in %												
583	905	1120	1025	900	803	746	701						
584	in %												
585	100	124	113	99	89	82	77						
586	in GWh												
587	3267	3732	3180	2653	2273	2000	1849						
588	in %												
589	100	114	97	81	70	61	57						
590	in GWh												
591	4172	4652	4205	3553	3076	2746	2550						
592	in %												
593	100	116	101	85	74	66	61						

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
1 ALLGEMEINE DATEN													
Szenarioannahmen (untere Variante)													
1	1973	1980	1990	2000	2010	2020	2030						
2	Die Bevölkerungsentwicklung in München												
3	absolut	1334576	1298941	1221005	1159954	1113556	1080149	1058546					
4	1/10 a	-6,00	-5,00	-5,00	-4,00	-3,00	-2,00						
5	Die Bevölkerung in der BRD												
6	in Mio.	62,00	60,50	59,00	57,00	53,70	49,70	45,30					
7	Die Haushaltsentwicklung												
8	absolut	652074	611055	578723	554563	536921	525551						
9	pers./HH	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90					
10	Wirkungsgrad bei der Raumheizung												
11	in %	63	78	87	90	92	93						
12	Wirkungsgrad Warmwasserbereitung												
13	in %	52	64	72	75	78	80						
2 HAUSHALTE													
Verbreitung der Haushaltsgeräte													
15	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030						
16	Kühlschrank	in % der Haushalte	80	83	88	92	94	95	96				
17	Befriergerät	in % der Haushalte	18	27	38	45	48	49	50				
18	Waschmaschine	in % der Haushalte	57	64	73	82	87	90	92				
19	Spülmaschine	in % der Haushalte	12	22	38	48	56	59	60				
20	Elektrorohr	in % der Haushalte	68	68	64	59	53	47	40				
21	Wäschetrockner	in % der Haushalte	6	13	16	18	19	20	20				
22	Fernseher s/w	in % der Haushalte	50	50	50	50	50	50	50				
23	Fernseher farbe	in % der Haushalte	46	53	65	75	82	88	92				
24	sonst. Kleingeräte	in % der Haushalte	100	100	100	100	100	100	100				
25	Beleuchtung	in % der Haushalte	100	100	100	100	100	100	100				
26	zukunfft. Änderungen	in % der Haushalte				20	50	100					
Technische Verbesserungen													
27	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030						
28	Kühlschrank	in %	100	100	72	17	17	17	17				
29	Befriergerät	in %	100	100	73	18	18	18	18				
30	Waschmaschine	in %	100	100	71	12	12	12	12				
31	Spülmaschine	in %	100	100	72	16	16	16	16				
32	Elektrorohr	in %	100	100	82	46	46	46	46				
33	Wäschetrockner	in %	100	100	81	42	42	42	42				
34	Fernseher s/w	in %	100	100	91	73	73	73	73				
35	Fernseher farbe	in %	100	100	60	50	40	40	40				
36	sonst. Kleingeräte	in %	100	100	97	99	90	90	90				
37	Beleuchtung	in %	100	100	82	47	47	47	47				
Kaufkraftsteigerungen													
38	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030						
39	Kühlschrank	in %	100	110	110	110	110	110	110				
40	Befriergerät	in %	100	102	102	102	102	102	102				
41	Waschmaschine	in %	100	110	110	110	110	110	110				
42	Spülmaschine	in %	100	100	100	100	100	100	100				
43	Elektrorohr	in %	100	100	100	100	100	100	100				
44	Wäschetrockner	in %	100	108	108	108	108	108	108				
45	Fernseher s/w	in %	100	100	100	100	100	100	100				
46	Fernseher farbe	in %	100	100	100	100	100	100	100				
47	sonst. Kleingeräte	in %	100	110	110	110	110	110	110				
48	Beleuchtung	in %	100	100	100	100	100	100	100				

Bedarf des Sektors HAUSHALTE
 (untere Variante)

Die Entwicklung der Haushaltsanzahl	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030
627433	652074	611055	578923	554503	536921	525551	
J ENTWICKLUNG DES STROMBEDARFS DURCH HAUSHALTSGERÄTE							
Techn. Verbesserungen an Haushaltsgeräten							
1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030	
Kühlschrank	in %	100	100	72	17	17	17
Gefriergeraet	in %	100	100	73	18	18	18
Maschmaschine	in %	100	100	71	12	12	12
Spuelmaschine	in %	100	100	72	16	16	16
Elektroherd	in %	100	100	82	46	46	46
Waeschetrockner	in %	100	100	81	42	42	42
Fernseher s/w	in %	100	100	91	73	73	73
Fernseher farbe	in %	100	60	50	40	40	40
sonst. Kleingeraete	in %	100	100	97	90	90	90
Beleuchtung	in %	100	100	82	47	47	47

Konfortsteigerungen bei Haushaltsgeräten

1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030
Kühlschrank	in %	100	110	110	110	110
Gefriergeraet	in %	100	102	102	102	102
Maschmaschine	in %	100	110	110	110	110
Spuelmaschine	in %	100	100	100	100	100
Elektroherd	in %	100	100	100	100	100
Waeschetrockner	in %	100	108	108	108	108
Fernseher s/w	in %	100	100	100	100	100
Fernseher farbe	in %	100	100	100	100	100
sonst. Kleingeraete	in %	100	110	110	110	110
Beleuchtung	in %	100	100	100	100	100

Spezifischer Verbrauch der Haushaltsgüter

1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030
Kühlschrank	in kWh	160	176	127	30	30
Gefriergeraet	in kWh	320	326	237	59	59
Maschmaschine	in kWh	352	387	274	46	46
Spuelmaschine	in kWh	364	364	262	58	58
Elektroherd	in kWh	637	637	522	293	293
Waeschetrockner	in kWh	702	758	612	318	318
Fernseher s/w	in kWh	130	130	118	95	95
Fernseher farbe	in kWh	255	153	128	102	102
sonst. Kleingeraete	in kWh	150	165	160	149	149
Beleuchtung	in kWh	125	125	103	59	59
zukunfft. Anwendungen	in kWh		339	134	134	134

4 INDIUSTRIE

1973	1980	1990	2000	2010	2020	2030
23334	36231	40022	42068	42068	42068	42068
BIP-Wachstumsrate pro Kopf						
1.00	.50	0	0	0	0	0
Anteil der Industrie am BIP						
42.30	36.00	34.00	32.00	31.00	30.50	30.00
Grundstoffindustrie						
100	89	81	60	44	40	38
spezifischer Strombedarf						
100	82	70	46	35	31	30
spezifischer Brennstoffbedarf						
100	98	96	80	75	74	74
spezifischer Brennstoffbedarf						
100	92	86	67	58	55	55
Verbrauchsquerindustrie						
100	96	93	82	79	84	91
spezifischer Strombedarf						
100	91	85	64	57	60	69
spezifischer Brennstoffbedarf						
100	97	95	90	84	78	75
spezifischer Strombedarf						
100	93	85	60	50	50	50
spezifischer Brennstoffbedarf						

S Deckungs-Variante "Fortanschreibung"

1980	1990	2000	2010	2020	2030
3	2	1	0	0	0
18	12	6	0	0	0

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030							
55: Verbreitung der Haushaltsgerätee														
56: Kuehlschrank	in %	80	88	92	94	95	96							
57: Gefriergeraet	in %	18	27	38	45	48	49	50						
58: Waschaeschine	in %	57	64	73	82	87	90	92						
59: Spuelwaeschine	in %	12	22	38	48	56	59	60						
60: Elektroherd	in %	68	88	84	59	53	47	40						
61: Waeschetroekner	in %	6	8	13	16	18	19	20						
62: Fernseher s/w	in %	50	50	50	50	50	50	50						
63: Fernseher farbe	in %	46	55	65	75	83	88	92						
64: sonst. Kieingeraete	in %	100	100	100	100	100	100	100						
65: Beleuchtung	in %	100	100	100	100	100	100	100						
66: zukuenft. Anwendungen	in %								20	50	100			
67: Anzahl der Haushalte mit diesen Beraeten	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030							
68: Kuehlschrank	501946	541221	537728	526609	521233	510075	504529							
69: Gefriergeraet	112938	176660	232201	260515	266162	265091	262775							
70: Waschaeschine	357637	417327	446070	474717	482418	483229	483507							
71: Spuelwaeschine	75292	143456	232201	277883	310522	316783	315230							
72: Elektroherd	426654	443410	391075	341565	293887	252353	210220							
73: Waeschetroekner	37646	52166	79437	92628	99811	102015	105110							
74: Fernseher s/w	313717	326037	305528	289462	277252	268460	263775							
75: Fernseher farbe	288619	345599	397186	434192	460238	472490	483507							
76: sonst. Kieingeraete	627433	652074	611055	578923	554503	536921	525551							
77: Beleuchtung	627433	652074	611055	578923	554503	536921	525551							
78: zukuenft. Anwendungen			0	0	110901	268460	525551							
79: Verbrauchsentwicklung in Muenchen														
80: Kuehlschrank	in GWh	80	95	68	16	16	15	15						
81: Gefriergeraet	in GWh	36	57	55	15	16	15	15						
82: Waschaeschine	in GWh	126	162	122	22	22	22	22						
83: Spuelwaeschine	in GWh	27	52	61	16	16	18	18						
84: Elektroherd	in GWh	272	282	204	100	86	74	62						
85: Waeschetroekner	in GWh	26	40	49	29	32	32	33						
86: Fernseher s/w	in GWh	41	42	36	27	26	25	25						
87: Fernseher farbe	in GWh	74	53	51	44	47	48	49						
88: sonst. Kieingeraete	in GWh	94	108	97	86	82	80	78						
89: Beleuchtung	in GWh	78	82	63	34	33	32	31						
90: zukuenft. Anwendungen	in GWh			0	0	15	36	70						
91: Stromverbrauch gesamt	in GWh	855	973	807	391	393	399	420						
92: Index	in %	100	114	94	46	46	47	49						
93: Endenergiebedarf des Gasherdes	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030							
94: Technische Verbesserungen	in %	100	100	95	90	90	90	90						
95: Komfortsteigerungen	in %	160	100	105	110	110	110	110						
96: spezifischer Verbrauch	in kWh	688	688	688	681	681	681	681						
97: Anzahl der Bshaerde	290779	208664	219980	237359	260617	284568	315330							
98: Gasverbrauch gesamt	in GWh	138	144	151	162	178	194	215						
99: Index	in %	100	104	109	117	129	140	155						

	1973	1979	1990	2000	2010	2020	2030
Bedarf des Sektors KLEINERBAU (untere Variante)							
Endenergiebedarf nach Anwendungen	62.00	60.50	59.00	57.00	53.70	49.70	45.30
Bevölkerungsentwickl. in der BRD in Mio. in 2/10 a		-2.48	-3.39	-5.79	-7.45	-8.85	
Arbeitsplätze insgesamt	788150	768609	742555	695565	647455	590135	
Anteil der BND am BIP	34.00	34.00	32.00	31.00	30.50	30.00	
Anteil der Arbeitsplätze im KV	74.12	76.44	78.76	79.91	80.49	81.07	
Arbeitsplätze im Kleinverbrauch	584200	587519	584804	559049	521156	478434	
Index der Arbeitsplätze im KV	100	101	100	96	89	82	
Index der Arbeitsfläche / Kopf	100	110	118	124	128	130	
Rauwaerkebedarf							
EDL in Z	100	111	118	119	114	106	
Einspar. in Z	100	58	35	30	25	21	
Index in Z	100	64	42	33	28	22	
absolut in GWh	8886	5694	3720	3133	2497	1942	
Prozesswaerkebedarf	100	128	126	118	110	105	
EDL wie Industrie	100	90	75	70	65	60	
Einspar. in Z	100	88	69	60	53	47	
Index in Z	2251	1987	1556	1351	1197	1065	
absolut in GWh	45	45	40	35	35	35	
Anteil Strom	1013	894	622	473	419	373	
Anteil nichtel.	55	55	60	65	65	65	
Index in Z	1238	1093	934	878	778	692	
EDL (ELK)/EDL (NH)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Einspar. in Z	100	90	70	65	65	65	
Index in Z	100	100	83	77	74	69	
absolut in GWh	711	708	588	548	528	492	
Strombedarf							
Prozesswaerke elektrisch	1013	894	622	473	419	373	
Anteil	59	56	51	46	44	43	
Licht und Kraft	711	708	588	548	528	492	
Anteil	41	44	49	54	56	57	
Strombedarf gesamt	1724	1602	1210	1021	947	865	
Index	100	93	70	59	55	50	
nichtelektrischer Endenergiebedarf							
Prozesswaerke	1738	1093	934	878	778	692	
Anteil	12	16	20	22	24	26	
Rauwaerke	8886	5694	3720	3133	2497	1962	
Anteil	88	84	80	78	76	74	
nichtelektr. gesamt	10124	6786	4654	4011	3275	2654	
Index	100	67	46	40	32	26	
Gesamter Endenergiebedarf							
Strombedarf absolut	1724	1602	1210	1021	947	865	
Anteil	15	19	21	20	22	25	
nichtelektr. absolut	10124	6786	4654	4011	3275	2654	
Anteil	85	81	79	80	78	75	
Gesamtbedarf absolut	11848	8388	5864	5032	4222	3519	
Index	100	71	49	42	35	30	

	1973	1980	1990	2000	2010	2020	2030
51: Endenergiebedarf der Verbrauchsgüterind.	100	122	112	89	70	59	48
52: Index des Produktionswerts	in %						
53: Spezifischer Strombedarf	in %	100	96	93	82	79	84
54: Index des Strombedarfs	in %	100	117	104	73	56	49
55: Strombedarf absolut	in GWh	96	113	100	70	53	47
56: spezifischer Brennstoffbedarf	in %	100	91	85	64	57	60
57: Index des Brennstoffbedarfs	in %	100	111	95	57	40	35
58: Brennstoffbedarf absolut	in GWh	221	246	211	126	89	78
59: Endenergiebedarf gesamt	in GWh	317	359	311	197	142	115
60: Index	in %	100	113	98	62	45	36
61: Endenergiebedarf der Nahrungsmittelindustrie	1973	1980	1990	2000	2010	2020	2030
62: Index des Produktionswerts	in %	100	117	100	83	70	60
63: spezifischer Strombedarf	in %	100	97	95	90	84	78
64: Index des Strombedarfs	in %	100	114	95	75	59	47
65: Strombedarf absolut	in GWh	100	114	95	75	59	47
66: spezifischer Brennstoffbedarf	in %	100	93	85	60	50	50
67: Index des Brennstoffbedarfs	in %	100	109	85	50	35	27
68: Brennstoffbedarf absolut	in GWh	880	960	748	438	310	234
69: Endenergiebedarf gesamt	in GWh	980	1073	844	512	369	310
70: Index	in %	100	110	86	52	38	32
71: Gesamtenergiebedarf	1973	1980	1990	2000	2010	2020	2030
72: Strombedarf absolut	in GWh	905	1120	1054	835	715	664
73: Index	in %	100	124	118	92	79	73
74: Brennstoffbedarf absolut	in GWh	3287	3732	3276	2260	1771	1521
75: Index	in %	100	114	100	69	54	47
76: Endenergiebedarf absolut	in GWh	4172	4852	4340	3094	2486	2155
77: Index	in %	100	116	104	74	60	54

	1973	1980	1990	2000	2010	2020	2030
1: S Z E N J O A N N A H R E N							
2: (untere Variante)							
3: 1 ALLGEMEINE DATEN							
4: Die Bevölkerungsentwicklung	absolut	1336576	1298941	1084114	971000	834114	714000
5: in München	7 / 10 a						
6: Die Bevölkerung in der BRD	in Mio.	62.0	60.5	59			
7: Die Haushaltsentwicklung	absolut	652074					
8: Pers./HH	1.9						
9: Wirkungsgrad bei der Raumheizung	in %	63	78				
10: Wirkungsgrad Warmwasserbereitung	in %	52	64				
11: 2 HAUSHÄLTER							
12: Verteilung der Haushaltsgeräte	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030
13: Kühlschrank	in % der Haushalte	80	83	88	94	95	96
14: Gefriergerät	in % der Haushalte	18	27	38	48	49	50
15: Waschmaschine	in % der Haushalte	57	64	73	87	90	92
16: Spielmaschine	in % der Haushalte	12	22	38	56	59	66
17: Elektroherd	in % der Haushalte	68	68	64	53	47	40
18: Wäschetrockner	in % der Haushalte	6	8	13	18	19	20
19: Fernseher s/w	in % der Haushalte	50	50	50	50	50	50
20: Fernseher farbe	in % der Haushalte	46	53	65	83	88	92
21: sonst. Kleingeräte	in % der Haushalte	100	100	100	100	100	100
22: Beleuchtung	in % der Haushalte	100	100	100	100	100	100
23: zukünft. Anwendungen	in % der Haushalte						
24: Technische Verbesserungen	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030
25: Kühlschrank	in %	100	100	H39-(H39-J59)*.333	39	17	17
26: Gefriergerät	in %	100	100	H40-(H40-J40)*.333	40	18	18
27: Waschmaschine	in %	100	100	H41-(H41-J41)*.333	41	12	12
28: Spielmaschine	in %	100	100	H42-(H42-J42)*.333	42	16	16
29: Elektroherd	in %	100	100	H43-(H43-J43)*.333	43	46	46
30: Wäschetrockner	in %	100	100	H44-(H44-J44)*.333	44	42	42
31: Fernseher s/w	in %	100	100	H45-(H45-J45)*.333	45	73	73
32: Fernseher farbe	in %	100	60	50	46	40	40
33: sonst. Kleingeräte	in %	100	100	H47-(H47-J47)*.333	47	90	90
34: Beleuchtung	in %	100	100	H48-(H48-J48)*.333	48	47	47
35: Komfortsteigerungen	1975	1980	1990	2000	2010	2020	2030
36: Kühlschrank	in %	100	110	110	110	110	110
37: Gefriergerät	in %	100	102	102	102	102	102
38: Waschmaschine	in %	100	110	110	110	110	110
39: Spielmaschine	in %	100	100	100	100	100	100
40: Elektroherd	in %	100	100	100	100	100	100
41: Wäschetrockner	in %	100	100	100	100	100	100
42: Fernseher s/w	in %	100	100	100	100	100	100
43: Fernseher farbe	in %	100	100	100	100	100	100
44: sonst. Kleingeräte	in %	100	110	110	110	110	110
45: Beleuchtung	in %	100	100	100	100	100	100

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
64:													
65:	Gussherd						1990						
66:	Technische Verbesserungen	in %	100	100			95						
67:	Koalitionssteigerungen	in %	100	100			105						
68:													
69:													
70:													
71:	Warmwasserbedarf						1990						
72:	Beräte mit getr. W-Erzeug.	in %	0	0			20						
73:													
74:													
75:	Busch- und Warmwasserbed.	l / Kopf und Tag	35	35			35						
76:	Anteil der Neubauten	in %	0	0			5						
77:	Rueckgewinnung in Neubauten	in %	0	0			20						
78:	Altbauten mit Rueckgewinnung	in %	0	0			25						
79:	Rueckgewinnung in Altbauten	in %	0	0			10						
80:													
81:													
82:	Raumwärmebedarf						1990						
83:	Index der Gesamtwohlfäche	in %	100	100			100						
84:													
85:	spezifischer Wärmebedarf												
86:	Hausstyp	Index spez. MR	in %	1990									
87:													
88:													
89:													
90:	EFH 1	in %	100	87,5			35						
91:	EFH 2	in %	100	12,5			46						
92:	EFH 3	in %	100	19			19						
93:	EFH 4	in %	100	108,4659			108,4659						
94:	EFH mittel	in %	100	85			27						
95:	MFH 1	in %	100	15			57						
96:	MFH 2	in %	100	16			16						
97:	MFH 3	in %	100	1			1						
98:	MFH 4	in %	100	195,195			195,195						
99:	MFH mittel	in %	100	85			27						
100:													
101:													
102:													
103:													
104:													
105:													
106:													
107:	Raumwaerme	Index Arbeitsfäche/Kopf	in %	100			110						
108:	Index spez. Energieverbr.	in %	100	89,7			89,7						
109:													
110:	Prozesswaerme	Einsparung in %	100	100			90						
111:	Anteil Strom in %	in %	100	45			45						
112:	Anteil nichtel. in %	in %	100	1111			100-1111						
113:	EDL (LE)/EEL (RW)	in %	100	1			1						
114:	Licht und Kraft	Einsparung in %	100	100			90						
115:													

	1973	1980	1990	2000	2010	2020	2030
116:							
117:							
118:							
119:							
120:							
121:							
122:							
123:							
124:							
125:							
126:							
127:							
128:							
129:							
130:							
131:							
132:							
133:							
134:							
135:							
136:							
137:							
138:							
139:							
140:							
141:							
142:							
143:							
144:							
145:							
146:							
147:							
148:							
149:							

	I	H	G	F	E	D	C	B	A	J	K	L	M
	1970	1980	1975	1980	1975	1980	1975	1980	1970	2000	2010	2020	2030
Bedarf des Sektors HAUSHALTE	611035-0210526316		627433	652074					5178923-3226315789	584503-2318315789	536920-764655789		525550-7721790989
Die Entwicklung der Haushaltsanzahl													
I ENTWICKLUNG DES STROMBEDARFS DURCH HAUSHALTSGERAETE													
Techn. Verbesserungen an Haushaltsgeraeten													
Kuehlschrank	in Z	100	100	100	100	100	100	100	72-361	17	17	17	17
Befriergeraet	in Z	100	100	100	100	100	100	100	72-694	18	18	18	18
Waschmaschine	in Z	100	100	100	100	100	100	100	70-696	12	12	12	12
Spuelmaschine	in Z	100	100	100	100	100	100	100	72-028	16	16	16	16
Elektroerd	in Z	100	100	100	100	100	100	100	82-018	46	46	46	46
Waschetroekner	in Z	100	100	100	100	100	100	100	80-666	42	42	42	42
Fernseher s/W	in Z	100	100	100	100	100	100	100	91-009	73	73	73	73
Fernseher farbe	in Z	100	100	100	100	100	100	100	50	40	40	40	40
sonst. Kleingeraete	in Z	100	100	100	100	100	100	100	96-67	90	90	90	90
Beleuchtung	in Z	100	100	100	100	100	100	100	82-351	47	47	47	47
Komfortsteigerungen bei Haushaltsgeraeten													
Kuehlschrank	in Z	100	110	100	100	100	100	100	110	110	110	110	110
Befriergeraet	in Z	100	102	100	100	100	100	100	102	102	102	102	102
Waschmaschine	in Z	100	110	100	100	100	100	100	110	110	110	110	110
Spuelmaschine	in Z	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Elektroerd	in Z	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Waschetroekner	in Z	100	108	100	100	100	100	100	108	108	108	108	108
Fernseher s/W	in Z	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Fernseher farbe	in Z	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
sonst. Kleingeraete	in Z	100	110	100	100	100	100	100	110	110	110	110	110
Beleuchtung	in Z	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Spezifischer Verbrauch der Haushaltsger.													
Kuehlschrank	in kWh	160	128	160	128	160	128	160	114/10000+642	428	414/10000+642	428	414/10000+642
Befriergeraet	in kWh	320	129	320	129	320	129	320	115/10000+643	429	415/10000+643	429	415/10000+643
Waschmaschine	in kWh	352	130	352	130	352	130	352	116/10000+644	430	416/10000+644	430	416/10000+644
Spuelmaschine	in kWh	364	131	364	131	364	131	364	117/10000+645	431	417/10000+645	431	417/10000+645
Elektroerd	in kWh	637	132	637	132	637	132	637	118/10000+646	432	418/10000+646	432	418/10000+646
Waschetroekner	in kWh	702	133	702	133	702	133	702	119/10000+647	433	419/10000+647	433	419/10000+647
Fernseher s/W	in kWh	130	134	130	134	130	134	130	120/10000+648	434	420/10000+648	434	420/10000+648
Fernseher farbe	in kWh	255	135	255	135	255	135	255	121/10000+649	435	421/10000+649	435	421/10000+649
sonst. Kleingeraete	in kWh	150	136	150	136	150	136	150	122/10000+650	436	422/10000+650	436	422/10000+650
Beleuchtung	in kWh	125	137	125	137	125	137	125	123/10000+651	437	423/10000+651	437	423/10000+651
zusuehntl. Anwendungen													
AVERAGE (142:147)													

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	54:	55:	56:	57:	58:	59:	60:	61:	62:	63:	64:	65:	66:
	54:	55:	56:	57:	58:	59:	60:	61:	62:	63:	64:	65:	66:
	54:	55:	56:	57:	58:	59:	60:	61:	62:	63:	64:	65:	66:
Verbreitung der Haushaltsgeraete													
Kuehlschrank	in Z	80	83	88	94	95	96						
Befriegeraet	in Z	18	27	38	48	49	50						
Waschmaschine	in Z	57	64	73	82	87	90						
Spuelmaschine	in Z	12	22	38	56	59	60						
Elektroherd	in Z	68	68	64	55	47	40						
Waschetroekner	in Z	6	8	13	18	19	20						
Fernseher s/w	in Z	50	50	50	50	50	50						
Fernseher farbe	in Z	46	53	65	85	88	92						
sonst. Kleingeraete	in Z	100	100	100	100	100	100						
Beleuchtung	in Z	100	100	100	100	100	100						
zukuenft. Anwendungen	in Z	100	100	100	100	100	100						
Anzahl der Haushalte mit diesen Beraeten													
Kuehlschrank	in Z	657466/1	857466/100	157416/100	257416/100	2630	2630						
Befriegeraet	in Z	659466/1	859466/100	158416/100	258416/100	2630	2630						
Waschmaschine	in Z	659466/1	859466/100	159416/100	259416/100	2630	2630						
Spuelmaschine	in Z	660466/1	860466/100	160416/100	260416/100	2630	2630						
Elektroherd	in Z	661466/1	861466/100	161416/100	261416/100	2630	2630						
Waschetroekner	in Z	662466/1	862466/100	162416/100	262416/100	2630	2630						
Fernseher s/w	in Z	663466/1	863466/100	163416/100	263416/100	2630	2630						
Fernseher farbe	in Z	664466/1	864466/100	164416/100	264416/100	2630	2630						
sonst. Kleingeraete	in Z	665466/1	865466/100	165416/100	265416/100	2630	2630						
Beleuchtung	in Z	666466/1	866466/100	166416/100	266416/100	2630	2630						
zukuenft. Anwendungen	in Z	667466/1	867466/100	167416/100	267416/100	2630	2630						
Verbrauchsentwicklung in Muenchen													
Kuehlschrank	in kWh	6724642/	8724642/1000000	1724142/1000000	2724142/1000000	2030	2030						
Befriegeraet	in kWh	6734643/	8734643/1000000	1734143/1000000	2734143/1000000	2030	2030						
Waschmaschine	in kWh	6744644/	8744644/1000000	1744144/1000000	2744144/1000000	2030	2030						
Spuelmaschine	in kWh	6754645/	8754645/1000000	1754145/1000000	2754145/1000000	2030	2030						
Elektroherd	in kWh	6764646/	8764646/1000000	1764146/1000000	2764146/1000000	2030	2030						
Waschetroekner	in kWh	6774647/	8774647/1000000	1774147/1000000	2774147/1000000	2030	2030						
Fernseher s/w	in kWh	6784648/	8784648/1000000	1784148/1000000	2784148/1000000	2030	2030						
Fernseher farbe	in kWh	6794649/	8794649/1000000	1794149/1000000	2794149/1000000	2030	2030						
sonst. Kleingeraete	in kWh	6804650/	8804650/1000000	1804150/1000000	2804150/1000000	2030	2030						
Beleuchtung	in kWh	6814651/	8814651/1000000	1814151/1000000	2814151/1000000	2030	2030						
zukuenft. Anwendungen	in kWh	6824652/	8824652/1000000	1824152/1000000	2824152/1000000	2030	2030						
Stromverbrauch gesamt	in kWh	SUM(687:897)	SUM(887:897)	SUM(187:197)	SUM(187:197)	2030	2030						
Index	in Z	699/699*	899/699*	199/699*	199/699*	100	100						
Endenergiebedarf des Gasherdes													
Technische Verbesserungen	in Z	100	100	95	90	90	90						
Koerfuerstigerungen	in Z	100	100	105	110	110	110						
spezieller Verbrauch	in kWh	8105/100+8104/100+6106	8105/100+8104/100+6106	8105/100+8104/100+6106	8105/100+8104/100+6106	8105/100+8104/100+6106	8105/100+8104/100+6106						
Anzahl der Gasherde	in Z	1100-861/100+861/100+86	1100-861/100+86	1100-861/100+86	1100-861/100+86	1100-861/100+86	1100-861/100+86						
Gasverbrauch gesamt	in kWh	61074610	81074610/1000000	11074106/1000000	11074106/1000000	11074106/1000000	11074106/1000000						
Index	in Z	6109/610	8109/610*	1109/610*	1109/610*	1109/610*	1109/610*						

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
111:													
112:													
113:													
114:													
115:													
116:													
117:													
118:													
119:													
120:													
121:													
122:													
123:													
124:													
125:													
126:													
127:													
128:													
129:													
130:													
131:													
132:													
133:													
134:													
135:													
136:													
137:													
138:													
139:													
140:													
141:													
142:													
143:													
144:													
145:													
146:													
147:													
148:													
149:													
150:													
151:													
152:													
153:													
154:													
155:													
156:													
157:													
158:													
159:													

	1973	1979	1990	2010	2020	2030
1: Bedarf des Sektors KLEINVERBRAUCH (untere Variante)						
2: Endenergiebedarf nach Anwendungen	1973	1979	1990	2010	2020	2030
3: Bevölkerungsentwickl. in der BRD in Mio.	62,0	60,5	59	53,7	49,7	45,3
4: in %/10 a						
5: Arbeitsplaetze insgesamt	768150					
6: Anteil der JMD am BIP	42,3	36	34	31	30,5	30
7: Anteil der Arbeitsplaetze im KV	H11/H84*100		(100-19)/(100-99)*100	(100-97)/(100-97)*100	(100-19)/(100-19)*100	(100-97)/(100-19)*100
8: Arbeitsplaetze im Kleinverbrauch	584200		18*110/100	K8*107/100	L8*10/100	M8*10/100
9: Index der Arbeitsplaetze im KV	H11/H11*100		111/H11*100	K11/H11*100	L11/H11*100	M11/H11*100
10: Index der Arbeitsplaetze / Kopf	100	100	110	124	128	130
11: Raumwaermebedarf						
12: EDL in Z	H14*H13/100		114*H13/100	K14*H13/100	L14*H13/100	M14*H13/100
13: Einspar. in Z	100	100	57,92161327045047	29,7093022558139	24,6183709899807	20,73791175066494
14: Index in Z	H17*H16/100		117*H16/100	K17*H16/100	L17*H16/100	M17*H16/100
15: absolut in 6Wh	8886		H19*H18/100	H19*H18/100	H19*H18/100	H19*H18/100
16: EDL wie Industrie	100	128,4248382842519	125,9409703766787	110,079208207834	105,054617944609	101,2657628711968
17: Einspar. in Z	100	100	90	70	65	60
18: Index in Z	H22*H21/H21		122*(H21/H21)	K22*(H21/H21)	L22*(H21/H21)	M22*(H21/H21)
19: absolut in 6Wh	2251		H24*H23/100	H24*H23/100	H24*H23/100	H24*H23/100
20: Anteil Strom	in Z	45	45	35	35	35
21: in 6Wh	H24*H26/100		124*H26/100	K24*H26/100	L24*H26/100	M24*H26/100
22: Anteil nichtel.	in Z	100-H26	100-H26	100-H26	100-H26	100-H26
23: in 6Wh	H24*H28/100		124*H28/100	K24*H28/100	L24*H28/100	M24*H28/100
24: Licht und Kraft						
25: EDL(KK)/EDL(RH)	1	1	1	1	1	1
26: Einspar. in Z	100	100	90	65	65	65
27: Index in Z	H31*H32*H16/100		131*(H32*H16/100)	K31*(H32*H16/100)	L31*(H32*H16/100)	M31*(H32*H16/100)
28: absolut in 6Wh	711		H34*H33/100	H34*H33/100	H34*H33/100	H34*H33/100
29: Strombedarf	1973	1979	1990	2010	2020	2030
30: Prozesswaerme						
31: Anteil	H27		127	K27	L27	M27
32: in Z	H38/H43*100		138/H43*100	K38/H43*100	L38/H43*100	M38/H43*100
33: in 6Wh	H34		134	K34	L34	M34
34: Licht und Kraft						
35: Anteil	H40/H43*100		140/H43*100	K40/H43*100	L40/H43*100	M40/H43*100
36: Strombedarf	gesamt	H38*H40	138*H40	K38*H40	L38*H40	M38*H40
37: Index	H43/H43*100		143/H43*100	K43/H43*100	L43/H43*100	M43/H43*100
38: nichtelektrischer Endenergiebedarf	1973	1979	1990	2010	2020	2030
39: Prozesswaerme						
40: Anteil	H29		129	K29	L29	M29
41: in Z	H48/H53*100		148/H53*100	K48/H53*100	L48/H53*100	M48/H53*100
42: in 6Wh	H19		119	K19	L19	M19
43: Raumwaerme						
44: Anteil	H50/H53*100		150/H53*100	K50/H53*100	L50/H53*100	M50/H53*100
45: nichtelektr. gesamt	H48*H50		148*H50	K48*H50	L48*H50	M48*H50
46: Index	H53/H53*100		153/H53*100	K53/H53*100	L53/H53*100	M53/H53*100
47: Gesaelter Endenergiebedarf	1973	1979	1990	2010	2020	2030
48: Strombedarf	absolut	H43	143	K43	L43	M43
49: Anteil	H58/H63*100		158/H63*100	K58/H63*100	L58/H63*100	M58/H63*100
50: nichtelektr. absolut	H53		153	K53	L53	M53
51: Anteil	H60/H63*100		160/H63*100	K60/H63*100	L60/H63*100	M60/H63*100
52: Gesaeltbedarf	absolut	H58*H60	158*H60	K58*H60	L58*H60	M58*H60
53: Index	H63/H63*100		163/H63*100	K63/H63*100	L63/H63*100	M63/H63*100

	1973	1980	1990	2000	2010	2020
Bedarf des Sektors INDUSTRIE (sonstere Variante)						
Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts	1336576	1798941	1221004,54	1113556,14048	1089149,4562656	1058546,467140288
Bevölkerungsentwicklung	23334	36231	40621,5642574493	42068,27239469855	42068,27239469855	42068,27239469855
BIP pro Kopf	56467/10	48487/10	16477/1000000	68487/1000000	68487/1000000	68487/1000000
BIP in München gesamt	42,3	36	34	31	30,5	30
Industrieteil in München	684610/1	884410/160	184110/100	884410/100	884410/100	884410/100
BIP der Industrie absolut	611/611*	411/611*	111/611*	111/611*	111/611*	111/611*
Index						
Wachstum des BIP in den verschiedenen Industriebereichen						
Grundstoffindustrie	in Z 612	8124,9326	1124,8424	8124,781	8124,77	8124,87
Investitionsindustrie	in Z 612	81241,0388	11241,072	81241,34	81241,15	81241,1543
Verbrauchsindustrie	in Z 612	8124,9523	1124,8903	8124,7541	8124,56	8124,4737
Nahrungsmittelindustrie	in Z 612	8124,9130	1124,7945	8124,7945	8124,64	8124,5255
Endenergiebedarf der Grundstoffindustrie	in Z 615	815	115	815	815	815
Index des Produktionswerts						
spezifischer Strombedarf	in Z 100	89	81	44	40	38
Index des Strombedarfs	in Z 623+625/	823+825/100	123+125/100	823+825/100	823+825/100	823+825/100
Strombedarf absolut	in GWh	623+826/100	627+126/100	627+826/100	627+826/100	627+826/100
spezifischer Brennstoffbedarf	in Z 100	82	70	35	31	30
Index des Brennstoffbedarfs	in Z 623+629/	823+829/100	123+129/100	823+829/100	823+829/100	823+829/100
Brennstoffbedarf absolut	in GWh	631+830/100	631+130/100	631+830/100	631+830/100	631+830/100
Endenergiebedarf gesamt	in GWh	631+627	831+827	831+827	831+827	831+827
Index	in Z 633+633*	833+633+100	133+633+100	833+633+100	833+633+100	833+633+100
Endenergiebedarf der Investitionsindustrie	in Z 616	816	116	816	816	816
Index des Produktionswerts						
spezifischer Strombedarf	in Z 100	98	96	75	74	74
Index des Strombedarfs	in Z 638+640/	838+840/100	138+140/100	838+840/100	838+840/100	838+840/100
Strombedarf absolut	in GWh	642+841/100	642+141/100	642+841/100	642+841/100	642+841/100
spezifischer Brennstoffbedarf	in Z 100	92	86	58	55	55
Index des Brennstoffbedarfs	in Z 638+644/	838+844/100	138+144/100	838+844/100	838+844/100	838+844/100
Brennstoffbedarf absolut	in GWh	646+845/100	646+145/100	646+845/100	646+845/100	646+845/100
Endenergiebedarf gesamt	in GWh	646+842	846+842	846+842	846+842	846+842
Index	in Z 648+648*	848+648+100	148+648+100	848+648+100	848+648+100	848+648+100

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	50:	51:	52:	53:	54:	55:	56:	57:	58:	59:	60:	61:	62:
	50:	51:	52:	53:	54:	55:	56:	57:	58:	59:	60:	61:	62:
Endenergiebedarf der Verbrauchsgüterind.	1990	1973	1980	1990	1973	1980	1990	1973	1980	1990	1973	1980	1990
Index des Produktionswerts	in %												
spezifischer Strombedarf	in %												
Index des Strombedarfs	in %												
Strombedarf absolut	in %												
spezifischer Brennstoffbedarf	in %												
Index des Brennstoffbedarfs	in %												
Brennstoffbedarf absolut	in %												
Endenergiebedarf gesamt	in %												
Index	in %												
Endenergiebedarf der Nahrungsmittelindustrie	1973	1980	1990	1973	1980	1990	1973	1980	1990	1973	1980	1990	
Index des Produktionswerts	in %												
spezifischer Strombedarf	in %												
Index des Strombedarfs	in %												
Strombedarf absolut	in %												
spezifischer Brennstoffbedarf	in %												
Index des Brennstoffbedarfs	in %												
Brennstoffbedarf absolut	in %												
Endenergiebedarf gesamt	in %												
Index	in %												
Gesamter Endenergiebedarf	1973	1980	1990	1973	1980	1990	1973	1980	1990	1973	1980	1990	
Strombedarf absolut	in %												
Index	in %												
Brennstoffbedarf absolut	in %												
Index	in %												
Endenergiebedarf absolut	in %												
Index	in %												

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	GESAMTER ENDENERGIEBEDARF											
2	(untere Variante)											
3	*****											
4	1) HAUSHALTE											
5	*****											
6		1979	1990									
7	Rauwaerme	in GWh	3740,623145215439									
8	Nutzenergie	in GWh	78									
9	mittl. Wirkungsgrad	in %	18,14									
10	Endenergie	in GWh	8431									
11												
12	davon Brennstoffe	in GWh	110-114									
13		in %	100-115									
14	davon Strom	in GWh	110-115/100									
15		in %	2									
16	Wärwasser	in GWh	738,439703532284									
17	Nutzenergie	in GWh	64									
18	mittl. Wirkungsgrad	in %	117/118-100									
19	Endenergie	in GWh	119-123									
20			100-124									
21	davon Brennstoffe	in GWh	119-124									
22		in %	119-124/100									
23	davon Strom	in GWh	12									
24		in %	112-121+127									
25			128+123+114									
26	Haushaltsgeraete Strom	in GWh	130-129									
27		in GWh	806,631126538131									
28	Brennstoffe (Gasherd)	in GWh	150,96774234828									
29		in GWh	160									
30	Brennstoffe	in GWh	112-121+127									
31	Strom	in GWh	128+123+114									
32	Endenergie	in GWh	130-129									
33												
34	2) KLEINWERRBRAUCH											
35	*****											
36		1979	1990									
37	Rauwaerme	in GWh	5693,7742726703528									
38	Prozesswaerme	in GWh	1986,717019034786									
39	Licht und kraft	in GWh	707,889375									
40												
41	Sonne	in GWh	6786,465877266									
42	Strom	in GWh	1601,912033565653									
43	Endenergie gesamt	in GWh	141+142									
44												
45	3) INDUSTRIE											
46	*****											
47		1979	1990									
48	Brennstoffe	in GWh	3276,04963648517									
49	Strom	in GWh	1663,861567111662									
50	Endenergie gesamt	in GWh	149+150									
51												
52	4) GESAMTER ENDENERGIEBEDARF in Muenchen											
53	*****											
54		1979	1990									
55	Brennstoffe	in GWh	149+141+129									
56	Strom	in GWh	157/157+100									
57	Endenergie gesamt	in GWh	150+142+130									
58			139/139+100									
59			159+157									
60			161/161+100									

	1980	1990	2000	2010	2020	2030
1) Warmwasserbereitung						
in kWh	52	62	67	69	71	73
in %	0	3	8	12	16	20
in kWh	65	65	65	65	65	65
in %						
Haushalte						
in kWh	664	777	833	940	954	962
in kWh	1277	1253	1243	1362	1344	1318
in kWh	0	24	65	106	140	171
in %						
Kleinstverbrauch						
in kWh	2251	2678	3049	3508	3908	4461
in %	50	50	50	50	50	50
in kWh	0	26	79	137	207	270
in %						
Summe der solar substituierbaren Endenergie	0	51	144	243	347	461
in kWh						
2) Raumheizung						
in kWh	63	75	81	83	84	85
in %	100	103	107	108	109	110
in kWh	0	3	8	12	16	20
in %						
Summe der solar substituierbaren Endenergie	0	70	70	70	70	70
in kWh						

	1980	1990	2000	2010	2020	2030
3) Warmwasserbereitung						
in kWh	52	64	72	75	78	80
in %	0	10	25	40	50	60
in kWh	65	65	65	65	65	65
in %						
Haushalte						
in kWh	664	763	791	881	876	857
in kWh	1277	1192	1099	1175	1123	1071
in kWh	0	77	179	305	365	418
in %						
Kleinstverbrauch						
in kWh	2251	2537	2811	3105	3475	3674
in %	50	50	50	50	50	50
in kWh	0	82	228	404	557	716
in %						
Summe der solar substituierbaren Endenergie	0	160	407	709	922	1134
in kWh						
2) Raumheizung						
in kWh	63	78	87	90	92	93
in %	100	103	107	108	109	110
in kWh	0	3	8	12	16	20
in %						
Summe der solar substituierbaren Endenergie	0	70	70	70	70	70
in kWh						

	1980	1990	2000	2010	2020	2030
Einfamilienhauser (EFH)						
Anzahl der Flachhauser	96460	99354	103212	104177	105141	106106
in %	0	2	4	8	12	15
in kWh	0	15	29	58	86	107
in kWh	0	0	2	5	10	15
Mehrfamilienhauser (MFH)						
Anzahl der Flachhauser	645540	664906	690728	697183	703639	710094
in %	0	0	2	4	6	10
in kWh	0	0	65	127	190	316
in kWh	0	0	4	11	21	44
Summe der solar substituierbaren Endenergie	0	0	5	16	31	59
in kWh						

A : B : C : D : E : F : G : H : I : J : K : L : M :
 SOLARENERGIE
 (untere Variante)
 1) Warmwasserbereitung
 2) Raumheizung

	1980	1990	2000	2010	2020	2030
mittlerer Wirkungsgrad	52	64	72	75	78	80
Verbreitung der Anlagen	0	10	25	40	50	60
solarer Deckungsgrad	65	65	65	65	65	65
Haushalte						
Karwasser	664	671	622	638	642	631
Nutzenergie	1277	1048	864	851	823	789
Endenergie	0	68	140	221	268	308
solar subst. Endenergie						
Kleinverbrauch						
Prozesswärme	2251	1987	1772	1486	1344	1242
Karwasseranteil	50	50	50	50	50	50
solar subst. Endenergie	0	65	140	193	218	242
Summe der solar substituierbaren Endenergie	0	133	280	414	486	550

	1980	1990	2000	2010	2020	2030
mittlerer Wirkungsgrad	63	78	87	89	92	93
Index der Besatzfläche	100	100	100	100	100	100
Verbreitung der Anlagen	0	10	25	40	50	60
solarer Deckungsgrad	70	70	70	70	70	70
Einfamilienhäuser (EFH)						
Anzahl der Mehrhäuser	96460	96460	96460	96460	96460	96460
Anteil des Typs III	0	6	11	16	20	25
Gesamte Endenergie (Typ III)	0	43	76	98	120	149
solar substituierte Endenergie	0	3	12	28	42	62
Mehrfamilienhäuser (MFH)						
Anzahl der Mehrhäuser	645540	645540	645540	645540	645540	645540
Anteil des Typs III	0	5	10	15	20	25
Gesamte Endenergie (Typ III)	0	157	281	407	531	657
solar substituierte Endenergie	0	11	49	114	186	276
Summe der solar substituierten Endenergie	0	14	61	142	228	339

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	(Berechnungsschema)												
	SOLARENERGIE												

	1) Warmwasserbereitung												

	1980	1990	2000	2010	2020	2030							
	in %	in %	in %	in %	in %	in %							
9:	52	64	75	508	78	80							
10:	0	18	80	L14/L9+L100	80	80							
11:	65	65	65	K14/K9+L100	70	80							
12:				K15/K11+K10/10000	65	65							
13:	Haushalte												
14:	664	738	524	524	508	496							
15:	H14/H9+L100	114/19+L100	K14/K9+L100	K14/K9+L100	L14/L9+L100	H14/H9+L100							
16:	H15/H11+H10/10000	115/11+110/10000	K15/K11+K10/10000	K15/K11+K10/10000	L15/L11+L10/10000	H15/H11+H10/10000							
17:	Kleinverbrauch												
18:	2251	1987	1351	1351	1197	1065							
19:	in GWh	in GWh	in GWh	in GWh	in GWh	in GWh							
20:	50	50	50	50	50	50							
21:	H19/H20+H11+H10/1000000	119/120+11+110/1000000	K19/K20+K11+K10/1000000	K19/K20+K11+K10/1000000	L19/L20+L11+L10/1000000	H19/H20+H11+H10/1000000							
22:	Summe der solar substituierbaren Endenergie												
23:	H2+H16	121+116	K21+K16	K21+K16	L21+L16	H21+H16							
24:	*****												
25:	2) Raumheizung												
26:	*****												
27:	1980	1990	2000	2010	2020	2030							
28:	in %	in %	in %	in %	in %	in %							
29:	63	78	90	90	92	83							
30:	100	106	100	100	100	100							
31:	0	18	60	60	70	80							
32:	70	70	70	70	76	76							
33:													
34:	Einfamilienhaeuser (EFH)												
35:	96460	H36+L31/100	H36+K31/100	H36+K31/100	H36+L31/100	H36+K31/100							
36:	0	19	39	39	44	49							
37:	in %	in %	in %	in %	in %	in %							
38:	H36/H37/100000000+9108/H30+H3	L36+L37/100000000+9108/L30+H3	K36+K37/100000000+9108/K30+H3	K36+K37/100000000+9108/K30+H3	L36+L37/100000000+9108/L30+H3	H36+H37/100000000+9108/H30+H30							
39:	H38+H33+H32/10000	L38+L33+L32/10000	K38+K33+K32/10000	K38+K33+K32/10000	L38+L33+L32/10000	H38+H33+H32/10000							
40:	Mehrfamilienhaeuser (MFH)												
41:	645540	H42+L31/100	H42+K31/100	H42+K31/100	H42+L31/100	H42+K31/100							
42:	0	16	45	45	60	72							
43:	in %	in %	in %	in %	in %	in %							
44:	H42/H43/100000000+9108/H30+H3	L42+L43/100000000+9108/L30+H3	K42+K43/100000000+9108/K30+H3	K42+K43/100000000+9108/K30+H3	L42+L43/100000000+9108/L30+H3	H42+H43/100000000+9108/H30+H30							
45:	H44+H33+H32/10000	L44+L33+L32/10000	K44+K33+K32/10000	K44+K33+K32/10000	L44+L33+L32/10000	H44+H33+H32/10000							
46:	Summe der solar substituierbaren Endenergie												
47:	H45+H39	145+139	K45+K39	K45+K39	L45+L39	H45+H39							

A B C D E F G H I J K L M N

1) Ergebnisse des Bedarfsszenarios
 D.E.C.A.H.N.6 (sanfte Variante)

	1979	1990	2000	2010	2020	2030
Haushalte						
Raumwaerme	5272	5187	5064	4723	4479	4202
Warmwasser	259	415	563	626	693	741
Haushaltsgraete	236	251	274	327	336	330
Gas	160	126	110	94	80	72

	1979	1990	2000	2010	2020	2030
KLEINWIRTSCHAFT						
Raumwaerme	8886	8099	7622	7372	6806	5993
Prozesswaerme (inchtel.)	1238	1473	1524	1684	1794	1784
Licht und Kraft	1013	1205	1524	1824	2193	2676
INDUSTRIE						
Brennstoffe	3297	4267	4689	5614	6294	6902
Strom	1166	1354	1586	1860	2129	2343

	1979	1990	2000	2010	2020	2030
MUEHLINGSGRABE						
bei der Raerwaelzung	63	75	81	83	84	85
bei der Warmwasserbereitung	52	62	67	69	71	73

	1979	1990	2000	2010	2020	2030
2) Stromerzeugung						
Strombedarf	4145	4796	5640	6415	7190	8036
+ Verluste	288	350	395	449	503	563
= Gesamter Strombedarf	4433	5146	6034	6864	7694	8599
davon ausserstaedtlisch	30	30	30	30	30	30
davon innerstaedtlisch	3229	3819	4310	4903	5496	6142
davon Wasserkraft	3087	3742	4224	4805	5386	6019
durch Kernenergie	396	396	396	396	396	396
bleibt Restbedarf	2691	2102	2102	2102	2102	2102

	1979	1990	2000	2010	2020	2030
Deckung des Restbedarfs innerstaedtlisch:						
durch Heizkraefte	190	100	100	100	100	100
erzeugter Strom	2691	1244	1726	2307	2887	3521
erzeugte Fernwaerme	3443	3580	3650	3700	3759	4584
Energieeinsatz	10401	9888	7269	9245	9821	11975
davon Gas	7215	3800	4500	5500	6000	6500
davon Oel	228	100	0	0	0	0
davon Kohle	1758	788	1569	2545	2621	4275
davon Kueell	1200	1200	1200	1200	1200	1200
durch Blockheizkraefte						
erzeugter Strom	0	0	0	0	0	0
erzeugte Fernwaerme	0	0	0	0	0	0
Energieeinsatz (Gass)	0	0	0	0	0	0
erzeugte Fernwaerme	3443	3580	3650	3700	3759	4584

102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145

4) Endenergiebilanz

	1979	1990	2000	2010	2020	2030
Strom	in GWh	4145	4996	5640	6415	7190
Anteil	in %	15	19	21	24	26
Ferriwaerme	in GWh	3443	3580	3650	3700	3759
Anteil	in %	13	13	14	14	17
Gas	in GWh	7206	8623	9237	9631	9837
Anteil	in %	27	32	35	36	34
Öel	in GWh	11454	8842	7505	6658	5721
Anteil	in %	42	33	28	25	22
Kohle	in GWh	781	458	203	138	0
Anteil	in %	3	2	1	1	0
Solar + Umweltwaerme	in GWh	0	68	208	365	533
Anteil	in %	0	0	1	1	2
Biogas	in GWh	0	0	0	0	0
Anteil	in %	0	0	0	0	0
Summe	in GWh	27029	26565	26522	26507	27240
Index	in %	100	98	98	100	101

5) Primärenergiebilanz

	1979	1990	2000	2010	2020	2030
Gas	in GWh	15240	12843	14237	15742	16504
Anteil	in %	49	41	45	47	49
Öel	in GWh	11740	8987	7543	6692	5951
Anteil	in %	38	29	24	20	18
Kohle	in GWh	2580	1270	1867	2690	2621
Anteil	in %	8	4	6	8	8
Muell	in GWh	1200	1200	1200	1200	1200
Anteil	in %	4	4	4	4	4
Üran	in GWh	0	6307	6307	6307	6307
Anteil	in %	0	20	20	19	19
Solar + Umweltwaerme	in GWh	0	68	208	365	533
Anteil	in %	0	0	1	1	2
Biogas	in GWh	0	0	0	0	0
Anteil	in %	0	0	0	0	0
Wasserkraft	in GWh	396	396	396	396	396
Anteil	in %	1	1	1	1	1
Summe	in GWh	31156	31071	31757	33392	33511
Index	in %	100	99	102	107	108
davon regenerativ	in GWh	396	464	604	761	929
Anteil	in %	1	1	2	2	3
ausserstaedtisch	in GWh	3229	3819	4310	4903	5496
Anteil	in %	10	12	13	15	16
Summe	in GWh	34385	34889	36067	38295	39007
Index	in %	100	101	105	111	113

3) Nutzung von Solarenergie

	1979	1990	2000	2010	2020	2030
Raumwaerme (HH + KV)	16995	13361	11364	9895	8475	7298
davon solar gedeckt	14	66	153	249	372	4926
Restbedarf	16981	13295	11211	9646	8093	6802
Warmwasser (HH + KV)	2279	2444	2579	2944	3144	3275
davon solar gedeckt	160	407	709	922	1134	1314
Restbedarf	2119	2037	1870	1622	1310	1161
Summe solare substituierte Endenergie	0	174	473	862	1171	1506

4) Deckung der restlichen Nutzenergie

	1979	1990	2000	2010	2020	2030
Restliche (HH + KV)	19274	15631	13470	11977	10448	9168
Endenergie	11892	11873	11393	10444	9301	8155
Nutzenergie	3297	4061	4332	4759	5096	5466
Industrie	2308	2842	3032	3325	3567	3876
Summe	14260	14715	14426	13769	12868	11981
davon Fernwaerme	2927	3359	3315	3692	4190	5329
davon Öl	6529	6000	4600	1660	0	0
davon Kohle	11454	8502	5082	1228	0	0
davon Gas	430	360	160	0	0	0
davon Gaswaerme	781	441	132	0	0	0
davon Gaswaerme (Teil)	4323	5056	7611	9077	8378	6652
davon Gaswaerme (Teil)	0	10	30	50	70	80
davon Gaswaerme (Teil)	0	366	1524	3289	4259	3636
davon Gaswaerme (Teil)	0	139	578	1246	1613	1463
davon Gaswaerme (Teil)	7206	6276	6085	5473	5062	4717
davon Gaswaerme (Teil)	160	151	162	178	194	215

1) Ergebnisse des Bedarfsszenarios

	1979	1990	2000	2010	2020	2030
Nutzenergie	5272	4856	4444	3949	3526	3170
davon Strom	259	125	51	0	0	0
davon Wasser	664	763	791	881	876	857
davon Strom	236	143	66	0	0	0
Haushaltsgeraete	769	908	985	612	646	701
Gas	160	151	162	178	194	215

2) Stromerzeugung

	1979	1990	2000	2010	2020	2030
Endenergie	8886	7260	6308	5485	4643	3890
davon Wasser	1238	1395	1546	1770	2020	2204
davon Wasser (teilw.)	1013	1142	1265	1335	1494	1469
Licht und Kraft	711	737	766	764	744	728
Industrie	3297	4061	4332	4750	5096	5466
Brennstoffe	1160	1309	1469	1678	1900	2072
Strom	63	78	87	99	92	93
Wärme	52	64	72	75	78	80

3) Energieerzeugung

	1979	1990	2000	2010	2020	2030
Endenergie	4145	4364	4202	4390	4654	4970
davon Wasser	288	305	294	307	329	348
davon Wasser (teilw.)	4433	4659	4496	4697	5022	5317
davon Wasser (teilw.)	36	26	23	18	9	6
davon Wasser (teilw.)	1346	1214	1034	846	452	0
davon Wasser (teilw.)	3279	2890	2462	2013	1076	0
davon Wasser (teilw.)	3087	3455	3462	3852	4570	5317
davon Wasser (teilw.)	396	396	396	396	396	396
davon Wasser (teilw.)	0	0	0	0	0	0
davon Wasser (teilw.)	2691	3059	3066	3456	4174	4921

Deckung des Restbedarfs innerstädtisch

	1979	1990	2000	2010	2020	2030
erzeugter Strom	2691	2996	2913	3110	3548	3937
davon Wasser	5	4	2	0	0	0
davon Wasser (teilw.)	3443	3866	3684	3857	4400	4882
davon Wasser (teilw.)	10401	10177	9997	10579	12069	13392
davon Wasser (teilw.)	7215	6500	5000	3600	2500	2009
davon Wasser (teilw.)	228	100	0	0	0	0
davon Wasser (teilw.)	1758	3097	4907	7579	9569	11383
davon Wasser (teilw.)	1200	500	0	0	0	0
davon Wasser (teilw.)	61	153	346	628	984	984
davon Wasser (teilw.)	86	216	487	883	1387	1387
davon Wasser (teilw.)	182	455	1025	1859	2921	2921
davon Wasser (teilw.)	3443	3952	3900	4344	5282	6289

Deckung des Restbedarfs in der Stromproduktion

	1979	1990	2000	2010	2020	2030
erzeugter Strom	2691	2996	2913	3110	3548	3937
davon Wasser	5	4	2	0	0	0
davon Wasser (teilw.)	3443	3866	3684	3857	4400	4882
davon Wasser (teilw.)	10401	10177	9997	10579	12069	13392
davon Wasser (teilw.)	7215	6500	5000	3600	2500	2009
davon Wasser (teilw.)	228	100	0	0	0	0
davon Wasser (teilw.)	1758	3097	4907	7579	9569	11383
davon Wasser (teilw.)	1200	500	0	0	0	0
davon Wasser (teilw.)	61	153	346	628	984	984
davon Wasser (teilw.)	86	216	487	883	1387	1387
davon Wasser (teilw.)	182	455	1025	1859	2921	2921
davon Wasser (teilw.)	3443	3952	3900	4344	5282	6289

A : : B : : C : : D : : E : : F : : G : : H : : I : : J : : K : : L : : M : :

4) Endenergiebilanz

	1979	1990	2000	2010	2020	2030
Strom	4145	4364	4202	4390	4694	4970
in GWh						
Anteil in %	15	18	19	21	23	25
Ferrowerme	3443	3952	3906	4344	5282	6269
in GWh						
Anteil in %	13	16	18	21	26	32
Gas	7206	6565	7425	8466	8969	9238
in GWh						
Anteil in %	27	27	34	40	35	26
Öl	11454	8502	5082	1228	0	0
in GWh						
Anteil in %	42	35	23	6	0	0
Kohle	781	441	132	0	0	0
in GWh						
Anteil in %	3	2	1	0	0	0
Solar + Umweltwärme	0	313	1051	2110	2784	2969
in GWh						
Anteil in %	0	1	5	10	14	15
Erogas	0	78	184	355	343	335
in GWh						
Anteil in %	0	0	1	2	2	2
Suene	27029	24214	21975	20833	20072	19781
in GWh						
Index	100	90	81	77	74	75

5) Primärenergiebilanz

	1979	1990	2000	2010	2020	2030
Gas	15240	13968	13435	12765	11605	10391
in GWh						
in %	49	51	53	51	46	40
Öl	11746	8645	5107	1234	0	0
in GWh						
in %	38	31	20	5	0	0
Kohle	2580	3561	5046	7579	9569	11383
in GWh						
in %	8	13	20	31	38	44
Kern	1200	500	0	0	0	0
in GWh						
in %	4	2	0	0	0	0
Uran	0	0	0	0	0	0
in GWh						
in %	0	0	0	0	0	0
Solar + Umweltwärme	0	313	1051	2110	2784	2969
in GWh						
in %	0	1	4	9	11	12
Erogas	0	78	184	355	343	335
in GWh						
in %	0	0	1	1	1	1
Wasserkraft	396	396	396	396	396	396
in GWh						
in %	1	1	2	2	2	2
Suene	31156	27461	25220	24440	24697	25474
in GWh						
davon regenerativ	396	787	1631	2861	3523	3760
in GWh						
Anteil	1	3	6	12	14	15
in GWh						
ausserstaedisch	3279	2890	2462	2013	1076	0
in GWh						
Suene	34385	30351	27682	26453	25773	25474
in GWh						
Index	100	88	81	77	75	74

4) Endenergiebilanz

	1979	1990	2000	2010	2020	2030
Strom	4145	3738	3007	2643	2462	2340
Anteil in %	15	17	17	17	18	20
Ferneuer	3443	3364	2771	2702	2832	2686
Anteil in %	13	15	15	17	21	22
Gas	7206	7060	7190	6928	5730	4491
Anteil in %	27	32	40	45	43	37
Öl	11454	7085	3811	1228	0	0
Anteil in %	42	32	21	8	0	0
Kohle	781	441	132	0	0	0
Anteil in %	3	2	1	0	0	0
Solar + Umweltwärme	0	287	901	1589	2046	2148
Anteil in %	0	1	5	10	15	18
Biogas	0	78	184	355	343	335
Anteil in %	0	0	3	2	3	3
Summe	27029	22063	17996	15445	13413	12066
Index	100	82	67	57	50	44

5) Privateenergiebilanz

	1979	1990	2000	2010	2020	2030
Gas	15240	13326	10847	9232	7838	6699
Anteil in %	49	54	55	52	49	46
Öl	11740	7221	3830	1234	0	0
Anteil in %	38	29	19	7	0	0
Kohle	2580	3044	4177	5080	5470	4876
Anteil in %	8	12	21	28	34	34
Yucca	1200	500	0	0	0	0
Anteil in %	4	2	0	0	0	0
Uran	0	0	0	0	0	0
Anteil in %	0	0	0	0	0	0
Solar + Umweltwärme	0	297	901	1589	2046	2148
Anteil in %	0	1	4	9	13	15
Biogas	0	78	184	355	343	335
Anteil in %	0	0	1	2	2	2
Wasserkraft	396	396	396	396	396	396
Anteil in %	1	2	2	2	2	3
Summe innerstädtisch	31156	24811	20335	17887	16093	14454
davon regenerativ	396	771	1483	2340	2765	2879
Anteil	1	3	7	13	17	20
Summe ausserstädtisch	3229	2381	1532	673	0	0
Anteil	10	10	8	4	0	0
Summe gesamt	34385	27242	21867	18560	16093	14454
Index	100	79	64	54	47	42

	1979	1990	2000	2010	2020	2030
1) Ergebnisse des Bedarfsszenarios						
RAUSGANGSPUNKT						
Raumaerme	5272	3741	2468	2137	1834	1602
davon Strom	259	96	28	0	0	0
Waerwasser	664	738	541	524	508	496
davon Strom	236	138	45	0	0	0
Haushaltsgeraete	769	807	391	393	399	420
Gas	160	151	162	178	194	215
KLEINVERBRAUCH						
Raumaerme	8886	5694	3720	3133	2497	1962
Prozesswaerme (inchtel.)	1238	1093	934	878	778	682
Licht und Kraft	1013	894	622	473	419	373
Industrie	711	768	588	548	528	492
Brennstoffe	3297	3276	2260	1771	1591	1521
Strom	1166	1064	835	715	664	634
WIRTSCHAFTSSEKTOR						
bei der Raumheizung	63	78	87	90	92	93
bei der Waerwasserbereitung	52	64	72	75	78	80
2) Stromerzeugung						
Strombedarf	4145	3707	2509	2128	2010	1919
+ Verluste	288	259	176	149	141	134
= Gesamter Strombedarf	4433	3966	2685	2277	2151	2053
davon ausserstaedtlisch	30	22	15	5	0	0
Primaaernergie	1346	873	403	114	0	0
davon innerstaedtlisch	3229	2078	959	271	0	0
davon Wasserkraft	3087	3094	2282	2163	2151	2053
durch Fernen.	376	396	386	396	396	396
bleibt Restbedarf	2691	2698	1886	1767	1755	1657
Deckung des Restbedarfs (innerstaedtlisch): durch Heizkraftwerke						
anteil an der Stromproduktion	100	95	90	85	80	80
erzeugter Strom	2691	2563	1698	1502	1404	1326
anteil Heizwerke	5	3	1	0	0	0
erzeugte Fernwaerme	3443	3500	3594	3700	3741	3644
Energieeinsatz	10401	8717	5774	5110	4775	4510
davon Gas	7215	5000	2060	1000	800	677
davon Oel	228	100	0	0	0	0
davon Kohle	3758	3117	3774	4110	3975	3823
davon Mueel	1200	500	0	0	0	0
durch Blockheizkraftwerke						
erzeugter Strom	135	189	265	351	331	331
erzeugte Fernwaerme	190	266	374	495	467	467
Energieeinsatz (Gas)	400	560	787	1041	984	984
erzeugte Fernwaerme	3443	3690	3860	4074	2235	2111

4: Endenergiebilanz

		1979	1990	2000	2010	2020	2030
Stron	in GWh	4145	3707	2509	2128	2010	1919
	Anteil in %	15	19	20	22	22	23
Ferriwaeræ	in GWh	3443	3690	3860	4074	2235	2111
	Anteil in %	13	19	31	38	24	26
Gas	in GWh	7206	5453	3772	2623	2651	1595
	Anteil in %	27	28	30	24	28	19
Öel	in GWh	11454	5668	1270	0	0	0
	Anteil in %	42	29	10	0	0	0
Kohle	in GWh	781	294	66	0	0	0
	Anteil in %	3	2	1	0	0	0
Solar + Umweltwaeræ	in GWh	0	446	984	1557	2092	2290
	Anteil in %	0	2	8	15	23	28
Bioqas	in GWh	0	78	184	355	343	335
	Anteil in %	0	0	1	3	4	4
Sunne	in GWh	27029	19326	12645	10737	9231	8251
	index	100	72	47	40	34	31

5: Priiaerenergiebilanz

		1979	1990	2000	2010	2020	2030
Gas	in GWh	15240	11409	6554	4521	4482	3321
	in %	49	52	49	40	39	32
Öel	in GWh	11740	5796	1277	0	0	0
	in %	38	26	10	0	0	0
Kohle	in GWh	2580	3426	3844	4110	3975	3833
	in %	8	15	29	36	34	36
Kueil	in GWh	1206	500	0	0	0	0
	in %	4	2	0	0	0	0
Bran	in GWh	0	0	0	0	0	0
	in %	0	0	0	0	0	0
Solar + Umweltwaeræ	in GWh	0	446	984	1557	2092	2290
	in %	0	2	7	14	18	22
Bioqas	in GWh	0	78	184	355	343	335
	in %	0	0	1	3	3	3
Wasserkræft	in GWh	396	396	396	396	396	396
	in %	1	2	3	4	3	4
Sunne	in GWh	31156	22652	13238	10979	11287	10185
	in %	96	92	83	78	78	78
Genon regenerætiv	in GWh	396	920	1564	2368	2831	3021
	in %	1	4	12	21	25	26
Anteil	in GWh	3229	2978	959	271	0	0
	in %	10	13	7	2	0	0
Sunne	in GWh	34385	24129	14197	11210	11287	10185
	index	100	70	41	33	33	30

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1	D E C K U M G (sanfte Variante)													
2	*****													
3	J) Ergebnisse des Bedarfsszenarios													
4	=====													
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														
32														
33														
34														
35														
36														
37														
38														
39														
40														
41														
42														
43														
44														
45														
46														
47														
48														
49														
50														
51														
52														
53														
54														
55														
56														
57														
58														
59														
60														
61														
62														
63														
64														
65														

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
66:													
67:													
68:													
69:													
70:													
71:													
72:													
73:													
74:													
75:													
76:													
77:													
78:													
79:													
80:													
81:													
82:													
83:													
84:													
85:													
86:													
87:													
88:													
89:													
90:													
91:													
92:													
93:													
94:													
95:													
96:													
97:													
98:													
99:													
100:													
101:													

102: 103: 104: 105: 106: 107: 108: 109: 110: 111: 112: 113: 114: 115: 116: 117: 118: 119: 120: 121: 122: 123: 124: 125: 126: 127: 128: 129: 130: 131: 132: 133: 134: 135: 136: 137: 138: 139: 140: 141: 142: 143: 144: 145: 146: 147: 148: 149: 150: 151: 152:

	1979	1990	2010	2020	2030
4) Endenergiebilanz					
Strom	in GWh K38 Anteil in % H107/H122+100	138 H107/H122+100	K38 K107/H122+100	L38 L107/H122+100	M38 H107/H122+100
Ferneuer	in GWh H65 Anteil in % H109/H122+100	165 H109/H122+100	K65 K109/H122+100	L65 L109/H122+100	M65 H109/H122+100
Gas	in GWh H100+H98+H119 Anteil in % H111/H122+100	H100+H98+H119 H111/H122+100	K100+K98+K119 K111/H122+100	L100+L98+L119 L111/H122+100	M100+M98+M119 H100/H122+100
Öl	in GWh H93 Anteil in % H113/H122+100	193 H113/H122+100	K93 K113/H122+100	L93 L113/H122+100	M93 H113/H122+100
Kohle	in GWh H95 Anteil in % H115/H122+100	195 H115/H122+100	K95 K115/H122+100	L95 L115/H122+100	M95 H115/H122+100
Solar + Umweltwaer	in GWh H79+H89 Anteil in % H117/H122+100	179+199 H117/H122+100	K79+K89 K117/H122+100	L79+L99 L117/H122+100	M79+M89 H117/H122+100
Biogas	in GWh 0 Anteil in % H119/H122+100	78 H119/H122+100	K55 K119/H122+100	L43 L119/H122+100	K55 H119/H122+100
Summe	in GWh H119+H117+H115+H113+H111+H109 Anteil in % H122/H122+100	1221 H119+H117+H115+H113+H111+H109 H122/H122+100	K122 K119+K117+K115+K113+K111+K109 K122/H122+100	L122 L119+L117+L115+L113+L111+L109 L122/H122+100	M122 M119+M117+M115+M113+M111+M109 H122/H122+100
5) Privateenergiebilanz					
Gas	in GWh 13240 Anteil in % H129/H146+100	1100+198+163+156/7,9 H129/H146+100	K100+K98+K63+K56/7,9 K129/H146+100	L100+L98+L63+L56/7,9 L129/H146+100	M100+M98+M63+M56/7,9 H129/H146+100
Öl	in GWh H93+H95+H57 Anteil in % H131/H146+100	193+195+157 H131/H146+100	K93+K95+K57 K131/H146+100	L93+L95+L57 L131/H146+100	M93+M95+M57 H131/H146+100
Kohle	in GWh H95+H58 Anteil in % H133/H146+100	195+158 H133/H146+100	K95+K58 K133/H146+100	L95+L58 L133/H146+100	M95+M58 H133/H146+100
Umwelt	in GWh H59 Anteil in % H135/H146+100	159 H135/H146+100	K59 K135/H146+100	L59 L135/H146+100	M59 H135/H146+100
Uran	in GWh H46 Anteil in % H137/H146+100	146+3 H137/H146+100	K46+3 K137/H146+100	L46+3 L137/H146+100	M46+3 H137/H146+100
Solar + Umweltwaer	in GWh H117 Anteil in % H139/H146+100	117 H139/H146+100	K117 K139/H146+100	L117 L139/H146+100	M117 H139/H146+100
Biogas	in GWh H19 Anteil in % H141/H146+100	119 H141/H146+100	K119 K141/H146+100	L119 L141/H146+100	M119 H141/H146+100
Wasserkraft	in GWh H45 Anteil in % H143/H146+100	145 H143/H146+100	K45 K143/H146+100	L45 L143/H146+100	M45 H143/H146+100
Summe	in GWh H143+H141+H139+H137+H135+H133 Anteil in % H147/H146+100	1463 H143+H141+H139+H137+H135+H133 H147/H146+100	K143+K141+K139+K137+K135+K133 K147/H146+100	L143+L141+L139+L137+L135+L133 L147/H146+100	M143+M141+M139+M137+M135+M133 H147/H146+100
Anteil	in GWh H43 Anteil in % H43	143	K43	L43	M43
Szene	in GWh H149+H146 Anteil in % H151/H151+100	149+146 H151/H151+100	K149+K146 K151/H151+100	L149+L146 L151/H151+100	M149+M146 H151/H151+100

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

- AEB "Energieflußbild der Bundesrepublik Deutschland 1980",
Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen Düsseldorf oder RWE
Anwendungstechnik.
- ALM "Der Fischer ökoalmanach 82/83", fischer alternativ
- ASE "Aktueller Stand der Energiediskussion", Broschüre des
Arbeitskreis Energie der Grünen München, 1982.
- BER Prof. Dr. rer. nat. B. Strümpel: "Berechnungen und
Überlegungen zu einem alternativen Enrgiekonzept:
Testfall Berlin", Papers aus dem Internationalen Insti-
tut für Umwelt und Gesellschaft des Wissenschaftszent-
rums in Berlin.
- BuE "18 Energiesparhäuser in Deutschland", Zeitschrift Bau
und Energie, 6/82.
- DUF Krause: "Daten und Fakten zur Energiewende", Technische
Berichte zur Energiestudie, Ökobericht Nr. 16, Ökoin-
stitut Freiburg.
- E79 Energieprogramm der Stadtwerke (Entwurf für die Stadt-
ratssitzung)
- E80 Energieprogramm 1980 der Stadtwerke München (Werkrefe-
rat).
- EBB Bayer. Staatsministerium für Wirtschaft und Verkehr:
"Energiebericht Bayern 1979", Dez. 1980.
- ED "Energiediskussion", Herausgeber: Bundesminister für
Forschung und Technologie, 1/2/81, Seite 32.
- EIS1 A. Eisenschink: "Der Heizratgeber", Technischer Verlag
Resch KG, Gräfelfing 1981.
- EIS2 A. Eisenschink: "Falsch geheizt ist halb gestorben",
Technischer Verlag Resch KG, Gräfelfing 1981.
- EMB "Energemarkt in Bayern", eine Information des Bayeri-
schen Staatsministeriums für Wirtschaft und Verkehr.
- ENQ Bericht der Enquete-Kommission des Deutschen Bundesta-
ges: "Zukuenftige Kernenergiepolitik", ISSN 0343-8899.
- ESE "Energiesparbuch für das Eigenheim", Reihe Bürgerser-
vice 17, Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen
und Städtebau.
- EW Krause, Bossel, Müller-Reißmann: "Energiewende ohne
Erdöl und Uran", Energiestudie des Ökoinstituts in
Freiburg 1980.
- FEN H. Fendt: "Regionale Energieplanung", Universität Mün-
chen, Institut für Infrastruktur, Bericht Nr. A-79-03.
- SESAM - Seminar Sanfte Energie für München

- FfE "Technologien zur Einsparung von Energie", 4 Teilstudien im Auftrag des BMfT, Forschungsstelle für Energiewirtschaft, Mai 1977.
- IFE IFEU-Bericht Nr. 13, Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg.
- KLA1 Wolfgang Klauder: "Regenerative Energien und Arbeitsmarkt" in Sonnenenergie, Heft 5/6, Dez. 1982, S. 19-24.
- KLA2 Wolfgang Klauder: "Zu den Arbeitsmarktauswirkungen unterschiedlicher Energiestrukturen", Sonderdruck aus Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, 13. Jg. 1980.
- KLA3 Wolfgang Klauder: "Energie, Wachstum, Arbeitsplätze", Argumente in der Energiediskussion, Band 4/5, Herausgeber: Volker Hauff.
- KLA4 Wolfgang Klauder: "Ohne Kernenergie hohe Arbeitslosigkeit?", Wirtschaftsdienst 1979/V.
- LOV Amory B. Lovins: "Sanfte Energie", Rowohlt Verlag.
- MRS "Wechselwirkungen zwischen der Siedlungsstruktur und Wärmeversorgungssystemen", Schriftenreihe Raumordnung des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, 1980, Nr. 06.044.
- MÜL K. F. Müller-Reißmann, H. Bossel: "Kriterien für Energieversorgungssysteme", Hannover 1979.
- ROD Leonhard S. Rodberg: "Beschäftigungswirkungen beim Übergang zu alternativen Energiestrukturen", Sonderdruck aus Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, 13. Jg. 1980.
- SAR "Saurer Regen", ökobericht, ökoinstitut Freiburg.
- SJ Statistische Jahrbücher der Stadt München (erhältlich für jedes Jahr).
- SEP Materialien zum Stadtentwicklungsplan 1982 (Entwurf des Planungsreferats).
- TRA K. Traube, D. Ullrich: "Billiger Atomstrom", rororo aktuell 4947, 1982.
- TÜB "Alternatives Energiekonzept für die Stadt Tübingen", Arbeitskreis Alternativenergie, Postfach 1169, 7400 Tübingen.
- TÜB2 Arbeitskreis Alternativenergie Tübingen: "Energiepolitik von unten", fischer alternativ 4068.
- VES Frederic Vester: "Das Überlebensprogramm", fischer Taschenbuchverlag Nr. 6274.

- WIL K. D. Wilde: "Energiebedarf 2000", Universitaet Muen-
chen, Institut fuer Infrastruktur, Bericht Nr. A-78-02.
- WS "Waldsterben", Schwerpunktheft der Zeitschrift Natur
und Umwelt des Bund Naturschutz (Ausgabe Bayern) 1/83.

I N D E X

=====

A

- Abwasser, 3-24
- Abwärmerückgewinnung, 4-16
- Amortisation
 - energetische, 3-20
 - Wärmeschutzmaßnahmen, 3-7, 3-9
- Analysejahr, 2-1
- Anwendungsbereiche, 2-1, 2-19
- Arbeitsmarkt
 - Auswirkungen auf, 4-62, 4-66
 - Auswirkungen der Solarenergie, 4-65
 - Auswirkungen des Kraftwerkbaus, 4-65
 - Auswirkungen langlebiger Produkte, 4-66
 - Effekte in München, 4-69
 - Effekte regenerativer Energien, 4-67
- Arbeitsplätze, 4-8
 - Einfluß der Kernenergie, 4-63
 - wie entstehen -, 4-64
- Arbeitszeitverkürzung, 4-10
- Architekten, 5-6
- Atomkraftwerk
 - Auswirkungen auf Arbeitsmarkt, 4-65
- Auto
 - Langzeit-, 4-66

B

- Bandbreite, 4-5
- Bauleitplanung, 5-6
- Bauplanung, 5-7
- Bevölkerungsentwicklung, 4-3, 4-9, 4-11
- Bezirksausschüsse, 5-4
- BHKW
 - siehe Blockheizkraftwerke
- Biogas, 4-30, 4-37, 5-8
 - Energiepotential, 3-23
- Biogasanlagen, 3-21
- Biogaserzeugung, 5-8
- Biomasse, 3-21
- Blockheizkraftwerk, 3-48, 3-74, 4-30, 4-32, 5-8
- Brauereien, 5-8
- Bruttogeschoßfläche, 3-44, 3-54
- Bruttosozialprodukt, 2-37, 4-1, 4-25
- Bund Naturschutz, 5-1

C

- Chlor, 2-32
- CO2-Problem, 2-38

D

Dampfkraftwerke, 2-22
Deckenheizung, 3-70
DIN 4701, 5-2
Dämmung, 5-3

E

effiziente Energienutzung, 5-9
Einfamilienhaus, 3-3, 4-13, 5-2
Einsparpotential, 4-8, 5-4
Elektrische Antriebe, 5-6
Elektrische Antriebe, 3-11
Elektrospeicherheizung, 2-6
Elektrowärmepumpe, 3-38
Emissionen
 bei der Strom- und Fernwärmeerzeugung, 2-32
 der Energieerzeugung, 2-34
 Heizkraftwerke, 2-31
 in BRD, 2-30
 in der BRD, 2-35
 in München, 2-35, 3-1
 Sektoren, 2-34
 SO₂-, 2-34
 spezifische, 2-32, 4-72
 Verminderung, 2-30
Endenergie, 2-13
Endenergiebedarf, 2-7, 4-29
 die 4 Varianten im Vergleich, 4-50
 Entwicklung des, 4-8
 Industrie, 4-24
 Prognosen, 2-40
Endenergiebilanz, 4-38
Endenergiestruktur, 2-17
Endenergieverbrauch, 2-1, 2-20, 2-36
 Haushalte, 2-3
 Industrie, 2-10
 Kleinverbrauch, 2-8
 München, 2-27
 nach Anwendungsbereichen, 2-28
 nach Energieträger, 2-28
 nach Verbrauchssektoren, 2-27
 Verkehr, 2-27
 Verlauf in München, 2-2
Energie
 Eigenerzeugung, 5-8
 nichterschöpfliche, 1-4
Energiebeauftragter, 5-4
Energiebedarf
 zukünftig, 2-36, 3-1
Energieberatungsstellen, 5-4
Energiebus, 5-2
Energiedienstleistung, 2-20, 2-36, 4-21
Energieeinsparung, 2-37
Energieerzeugung
 Emissionen, 2-34
 externe Kosten, 4-57
Energieflußdiagramm, 2-13
 unter Kostengesichtspunkten, 4-56
Energieforum, 5-4
Energiekonzept, 4-3

- Grundprinzipien, 3-1
 - regionales, 1-2, 3-2
- Energiemodell, 2-39, 4-1
- Energieprognose, 4-1
- Energieprogramm, 2-36
- Energiesparbuch für das Eigenheim, 5-1
- Energiesparen
 - Tips zum -, 5-1
- Energiespartips (Band 2), 5-1
- Energiesparwettbewerbe, 5-7
- Energiesysteme
 - Kosten, 4-56
- Energietarife, 3-11
 - lineare, 5-9
 - Linearisierung, 3-14, 5-9
 - progressive, 5-9
 - zeitvariable, 5-9
- Energieträger, 2-1
- Energieverbrauch, 4-1, 4-2
- Energieversorgung
 - Handlungsspielräume, 4-51
 - Sicherheit der -, 4-51
- Engagement
 - persönliches, 5-1
 - politisches, 5-1
- Enquetekommission, 1-2, 2-38, 3-2, 5-1
- Entnahme-Kondensations-Anlagen, 2-22
- Entschwefelung, 3-62, 5-8
- Erdgas, 3-2
- Ersatz von Geräten, 5-6
- Erwerbstätige
 - Entwicklung der Anzahl, 4-10, 4-11

E

- Fernwärme, 2-3, 2-5, 3-44
 - Auswirkungen auf Arbeitsmarkt, 4-66
 - Einsparung, 5-8
 - Heizung mit -, 3-74
 - tages- und jahreszeitlicher Verlauf, 2-25
 - Versorgungsgrad, 3-46
- Fernwärmedichte, 3-44
- Fernwärmeerzeugung, 2-18
 - nach Kraftwerkstypen, 2-21
 - Strom zu Fernwärme, 2-22
- Fernwärmegebiet, 3-45
- fernwärmegeeignet, 3-46
- Fernwärmepotential, 3-52, 3-53
- Flußenergie, 1-4
- Forschungsaufgaben, 5-7
- Fußbodenheizung, 3-70
- Fußleistenheizung, 3-70

G

- Gasheizung, 3-74
- Gasturbinen, 2-22
- Gaswärmepumpe, 3-38, 5-6
- Gegendruckanlagen, 2-22
- Großtechnologie, 4-51
- Grundstoffindustrie, 2-27

H

- Haushalte, 2-3, 4-12
 - Energiebedarf, 4-12
 - Entwicklung der Anzahl der, 4-10
 - Personen pro, 4-10
- Haushaltsgeräte
 - energiesparende, 3-10
 - Gesamtstromverbrauch, 3-10
 - spezifischer Energieverbrauch, 4-20
 - Verbreitungsgrad, 4-19
- Haustypen, 3-3, 4-13
- Heizanlagen
 - überdimensioniert, 5-3
- Heizkessel
 - Austausch, 3-70
- Heizkraftwerk
 - Wirkungsgrad, 2-22, 4-32
- Heizkraftwerke, 2-21
 - Emissionen, 2-31
 - Energiebilanz, 2-21
 - Investitionskosten, 3-41
- Heizung
 - Kosten, 3-70
 - Primärenergievergleich, 3-70
 - überdimensioniert, 3-70
- Heizungen
 - Heizungsstruktur der Haushalte, 2-3
- Heizwerke, 2-21
- Häuserdatei, 3-44, 3-54, 4-14
- Höchstspannungsring, 5-7

I

- Industrie, 5-8
- Inselkonzept, 4-48
- Investitionen der Elektrizitätswerke, 4-60
- Isar II, 2-19, 2-26, 2-37, 4-32, 4-40, 4-59, 4-60, 4-61
 - Ausstieg aus, 5-7
 - Verschuldung, 4-61
 - siehe auch Ohu II

J

- Jahresgang von Strom und Fernwärme, 2-25

K

- k-Wert, 3-6
- Kalkstein, 3-62
- Kernenergie, 2-38, 4-63
- Kleinverbrauch, 4-21, 5-8
 - Arbeitsplätze im Sektor, 4-21
 - Endenergieverbrauch, 4-23
- Klimaanlagen, 5-6
- Klärschlamm, 3-25
- Kohlekraftwerk
 - Auswirkungen auf Arbeitsmarkt, 4-65
 - Feuerungstechnik, 3-61
- Komfort, 1-5
- Komfortparameter, 4-2, 4-9

Kommunale Niedrigwachstumsvariante, 4-7, 4-44
Kommunale Wachstumsvariante, 4-7, 4-42
konservativ, 4-5
Kosten, 5-5
Kosten von Energiesystemen, 4-56
Kosten
 Nachtstromspeicherheizung, 3-74
 von Heizsystemen, 3-71
Kraftheizung, 3-42, 3-43
Kraftwerke
 Auswirkungen auf Arbeitsmarkt, 4-65
 Schadstoffausstoß senken, 5-8
Kraftwerkstypen, 2-22
Kraftwärmekopplung, 2-17, 2-22, 3-11, 3-39, 3-41
Kredite
 billige, 5-9
Kühlanlagen, 5-6
Kühlschrank, 3-10, 4-2

L

Lampen, 3-10, 5-6
langlebige Produkte
 Auswirkungen auf Arbeitsmarkt, 4-66
Licht und Kraft, 4-17
Linearer Tarif, 3-12
Linearisierung der Energietarife, 3-14
Lüftungswärmeverluste, 3-70

M

Marktwirtschaft, 5-4
Mehrfamilienhaus
 Raumwärmebedarf, 3-4
Mietwohnung, 5-6
Mist, 3-22
Moosachstudie, 1-1
Müll, 3-25
 Hausmüllzusammensetzung, 3-27
Mülltrennung, 3-28
Müllverbrennung, 5-8
 Kosten der -, 3-28

N

Nachtspeicherheizungen, 2-37
 Prämie, 2-38, 5-7
Nachtstromanteil, 2-1
Nachtstromspeicherheizung, 3-74
Neckermann-Katalog, 5-2
Netzverluste, 2-18
Neubauten
 städtische, 5-6
Normalhaus, 3-3, 4-34
 Wärmebilanz, 3-4
Nullenergiehaus, 3-4
Nutzenergie, 2-13
Nutzenergiebedarf, 2-7
 Industrie, 2-11

Nutzenergiebedarf
Kleinverbraucher, 4-21
Nutzwärme, 2-19

O

Obere Variante, 4-7, 4-39, 4-48
Ohu II, 4-51
Ausstieg aus, 5-7
siehe auch ISAR II

ö

öffentlichkeitsarbeit, 5-6, 5-7
ökoinstitut, 1-2, 2-3, 3-2, 3-11
öleinsparung
nach Technologie bzw. Maßnahmen, 4-58
ölheizung, 3-74

P

Parameter, 4-1, 4-4, 4-5, 4-8, 4-9, 4-18
Parametervariation, 4-53
Planungsreferat, 2-3, 2-6, 2-8
Politik, 5-1
Primärenergie, 2-13
Primärenergiebedarf
BRD, 2-39
die 4 Varianten im Vergleich, 4-49
pro Endenergie, 2-13
zur Strombereitstellung, 4-41
Primärenergiebilanz, 4-38
Primärenergieeinsatz in München, 2-20
Primärenergiestruktur, 2-19
Primärenergieträger, 2-13
Primärenergieverbrauch, 2-36, 2-38, 4-1
der Heizsysteme, 3-71
pro Energieträger, 2-19
Prognose, 4-1
Bandbreite, 4-1
Prognosen
Endenergie- und Strombedarf, 2-40
Prognosezeitraum, 1-1
Prozeßwärme, 4-17
Pyrolyse, 5-8

R

Rauchgaswäsche, 2-31
Raumheizung
mit Kollektoranlage, 3-17
Wirkungsgrad, 4-29
Raumwärmebedarf, 3-11, 3-54, 4-12
Reduzierung, 3-6
Recycling, 5-8
Regenerative Energiequellen, 3-15

- S
- Sanfte Energie, 3-2
- Sanierung, 5-5
- Schneller Brüter, 2-38
- Schwefeldioxid, 2-30, 3-58, 4-72
- Schwefelwasserstoff, 3-21
- Senariozeitraum, 4-5
- Sensitivitätsanalyse, 4-5, 4-8, 4-53
- SESAM, 1-1
- Siedlungstypen, 3-44, 3-48
- Solaranlage, 3-15
 - Rentabilitätsrechnung, 3-19
 - zur Brauchwasserbereitung, 4-33
 - zur Raumheizung, 4-34
- Solararchitektur, 3-4, 4-36
- Solarenergie, 3-15, 4-30, 4-33
 - Auswirkungen auf Arbeitsmarkt, 4-65
 - passive, 4-36
- Solarenergienutzung, 5-6
- Solarhäuser, 5-6
- Solarkollektor, 3-74
- Solarzelle, 3-15
 - benötigte Fläche, 6-3
 - Deckungsanteil, 6-2
 - Kosten, 6-1
- Solarzellen, 6-1
- Sonneneinstrahlung, 3-16
- Sonnenenergie
 - siehe: Solarenergie
- Sonnenkollektor, 3-15, 3-16
 - energetische Amortisation, 3-20
 - Rentabilitätsrechnung, 3-17
- Sparhäuser, 5-6
- Spitzenlast, 5-9
- Spülmaschine, 4-43
- Stadtentwicklungsplan, 2-36, 2-39, 4-9
- Stadtrat
 - Anträge, 5-7
- Stadtwerke, 5-4
- Staub, 2-32, 3-60
- Stickoxide, 2-30, 3-58, 3-62, 4-72
- Stiftung Warentest, 3-7, 5-2
- Strahlungsheizung, 3-70
- Strom, 5-8
 - Nachtstromspeicherheizung, 3-74
 - tages- und jahreszeitlicher Verlauf, 2-25
 - Werbung, 5-7
- Strom-Ofen, 4-32
- Strombedarf, 2-26, 4-4
 - Deckung des, 4-32
 - Prognosen, 2-40
- Stromerzeugung, 2-17
 - Fremdbezug, 2-17
 - nach Kraftwerkstypen, 2-21
 - nach Primärenergieträgern, 2-17
 - Wirkungsgrad, 2-18
- Stromofen, 3-42
- Strompreis, 3-11, 3-12
 - in Abhängigkeit vom Verbrauch, 3-13

Stromtarif
 Linearisierung, 3-14
Stromverbrauch, 2-1
 nach Tarifkunden, 3-12
 Spitzenlast, 4-60
 Verlauf in München, 2-2
städtische Gebäude
 Sanierung, 5-5
Substitution von Erdöl, 2-38
Szenario, 4-1, 4-2
 Annahmen, 4-8, 4-9
 Parameterübersicht, 4-46
 Probleme der -methode, 4-5
 Varianten, 4-7
Süddeutsche Zeitung, 2-3

I

Tabellenkalkulationsprogramm, 4-6
Tagesgang von Strom und Fernwärme, 2-25
Technischer Überwachungsverein, 5-4
Teilchen, 4-2
Thermographie, 5-2
Tierbestand in München, 3-22

U

Umwandlungsverluste, 2-13
Umwelt, 5-2
 Einfluß des Energiesparens, 4-72
 Situation in der Zukunft, 4-72
Umweltbelastung
 SO₂- und NO_x-Ausstoß, 4-72
 von Heizsystemen, 3-74
Umweltsituation, 2-30
Untere Variante, 4-7, 4-45, 4-48

V

Varianten, 4-7
VDI 2067, 3-4, 5-2
Verbraucherberatung der Stadtwerke, 5-2
Verbrauchssektoren, 2-1
 Bedarfsentwicklung der, 4-8
Vergärung
 pflanzlicher Abfälle, 3-23
 tierischer Exkremente, 3-22
Verkehrsplanung, 5-7
Verursacherprinzip, 4-56
Volkshochschule, 5-7
Vollbeschäftigung
 Energieversorgungsstrukturen, 4-63
Vollwärmeschutz, 3-3

W

Wachstumsrate, 4-7
Warmwasserbedarf, 2-3, 4-16
Warmwasserbereitung, 2-4, 3-16
 Energiebedarf, 2-3
 solare, 4-33

- Wirkungsgrad, 4-29
- Warmwasserverbrauch, 4-16
- Waschmaschine, 3-10, 4-43
- Weiterbildungskurse, 5-7
- Werbung
 - Nachtstromspeicherheizung, 3-75
- Werkreferat, 2-13
- Wind, 3-31
 - Energieausbeute, 3-35
 - Energieinhalt, 3-31, 3-33
 - Energiepotential, 3-32
 - Jahresertrag, 3-34, 3-35
 - Konverter, 3-31, 3-35
 - Wirtschaftlichkeit, 3-36
- Windenergie, 4-30
- Windkraftwerk, 5-9
- Wirbelschicht, 3-61, 4-43
 - Anlagen, 3-67
 - druckbetriebene, 3-63
 - klassische, 3-63
 - Schwierigkeiten, 3-66
 - zirkulierende, 3-63
 - ökologische Probleme, 3-66
- Wirbelschichttechnik, 5-8
- Wirkungsgrad
 - bei den Energieumsetzungen, 2-13
 - Gesamt- der Energieversorgung, 2-20
 - Kraftwerkstypen, 2-25
 - Raumheizung, 2-7
 - Warmwasserbereitung, 2-7
- Wirtschaftswachstum, 2-36, 4-7
- Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch, 2-36
- Wirtschaftswachstum
 - Energieversorgungsstrukturen, 4-63
- Wohnfläche, 4-12, 4-14
- Wärmebedarf
 - Senkung, 3-3
 - spezifischer - eines Hauses, 4-15
- Wärmebedarfsindex, 4-13
- Wärmedämmung, 3-3, 3-19, 3-70
 - Amortisation, 3-7, 3-8
 - Auswirkungen auf Arbeitsmarkt, 4-65
 - Außenwände, 3-8
 - energetische Amortisation, 3-9
- Wärmegewinne, 5-3
- Wärmepumpe, 3-38
 - Elektro-, 3-74
 - Funktionsprinzip, 3-38
 - gasbetrieben, 3-74
 - Leistungszahl, 3-38
- Wärmeschutzverordnung, 3-6, 4-7, 5-3
- Wärmespeicher, 4-43

- Z
- Zentralheizung, 3-70

