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

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. Arbeitssitzung 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 ZUKUNFTIGEN 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:

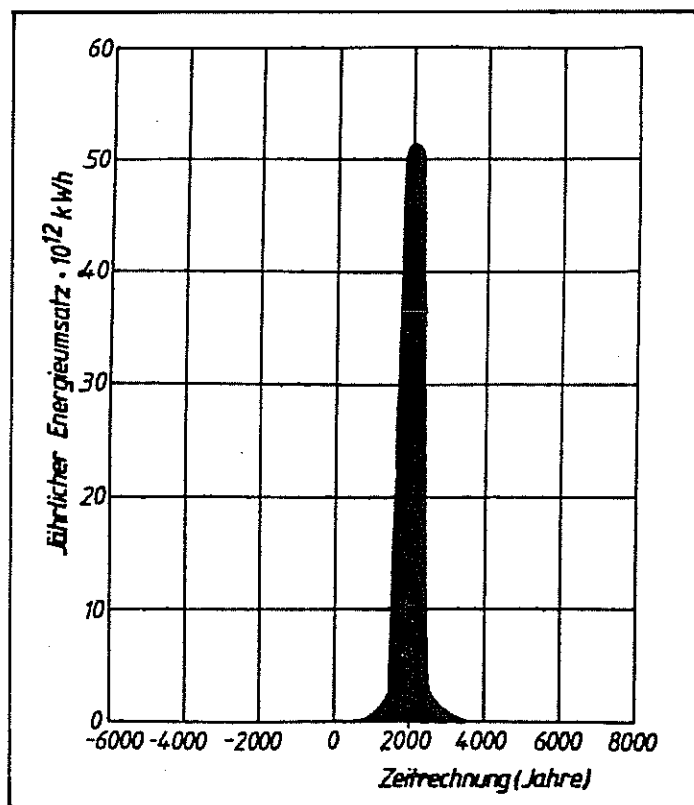


Bild 1-1: Verfügbarkeit fossiler Brennstoffe
(Entnommen aus einem Vorlesungsskript von Prof. Dr. Sizmann, LMU München, Wintersemester 1980/81)

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.

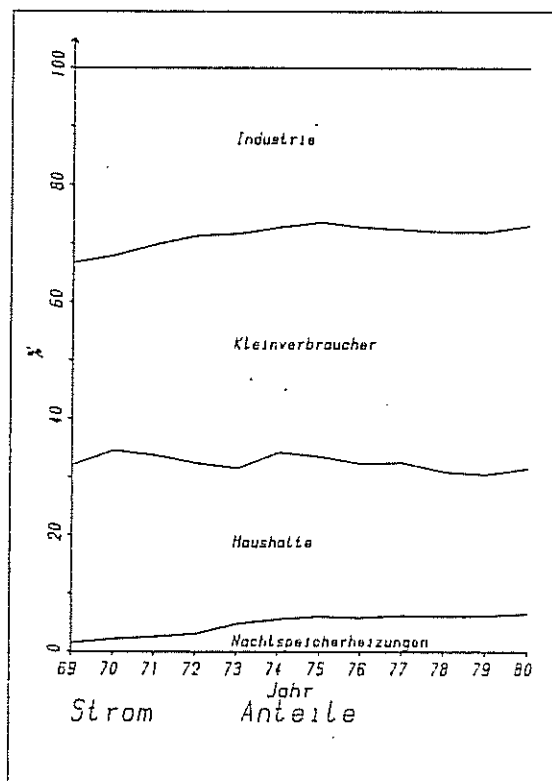
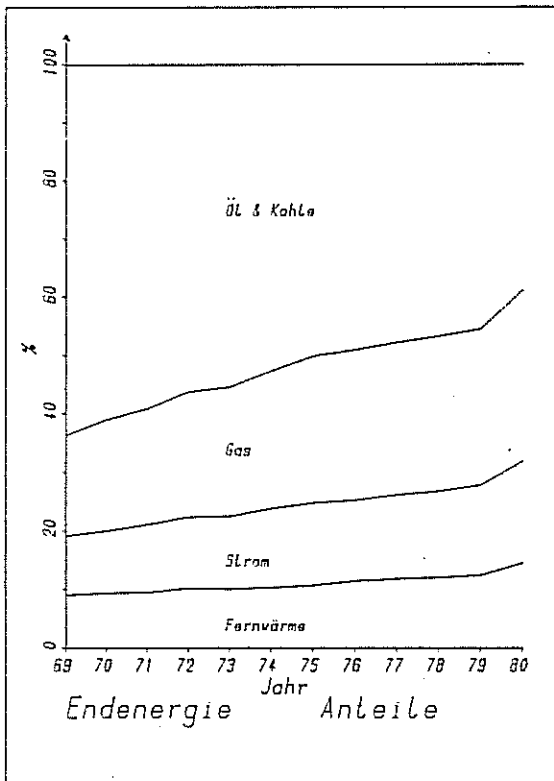
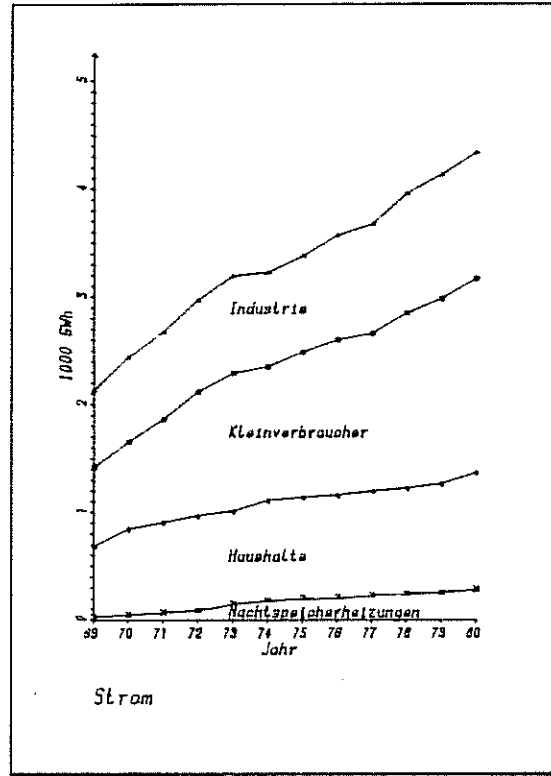
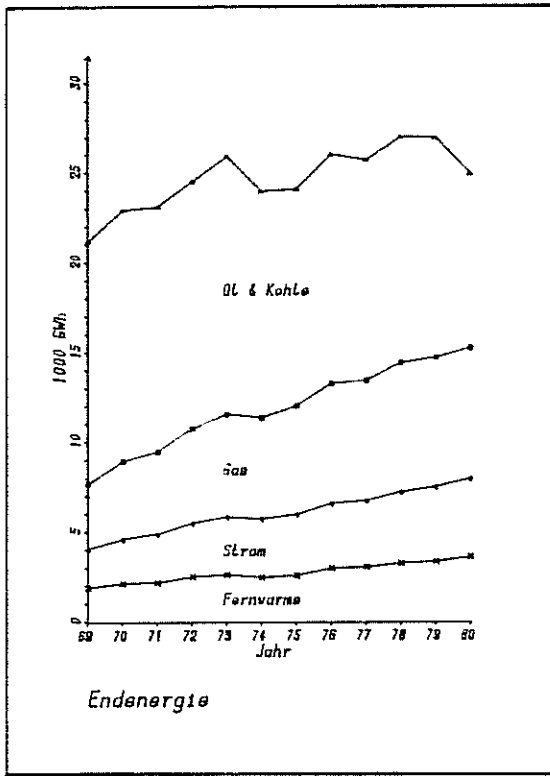


Bild 2-1: Verlauf von Endenergie- und Stromverbrauch in München

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 | — |

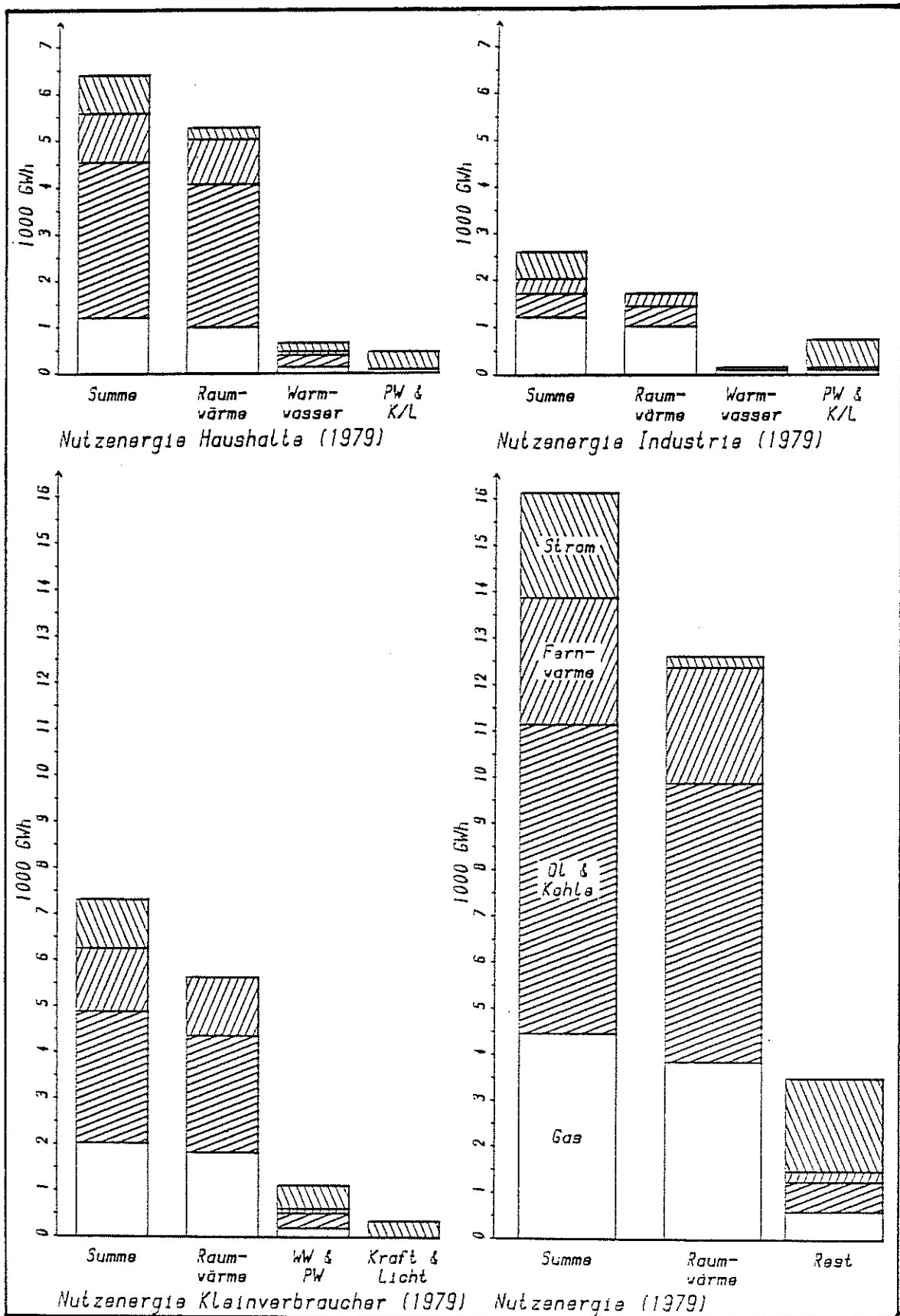


Bild 2-2: Aufteilung des Nutzenergieverbrauchs

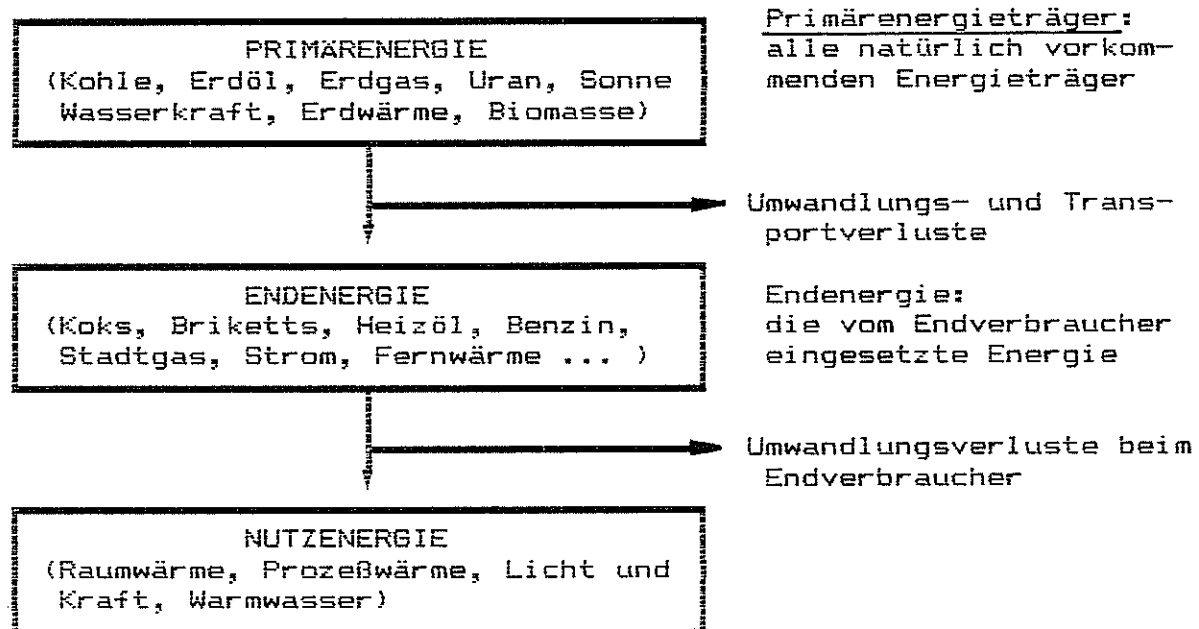
2.3. DAS MÜNCHENER ENERGIEFLUSSDIAGRAMM

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 % |

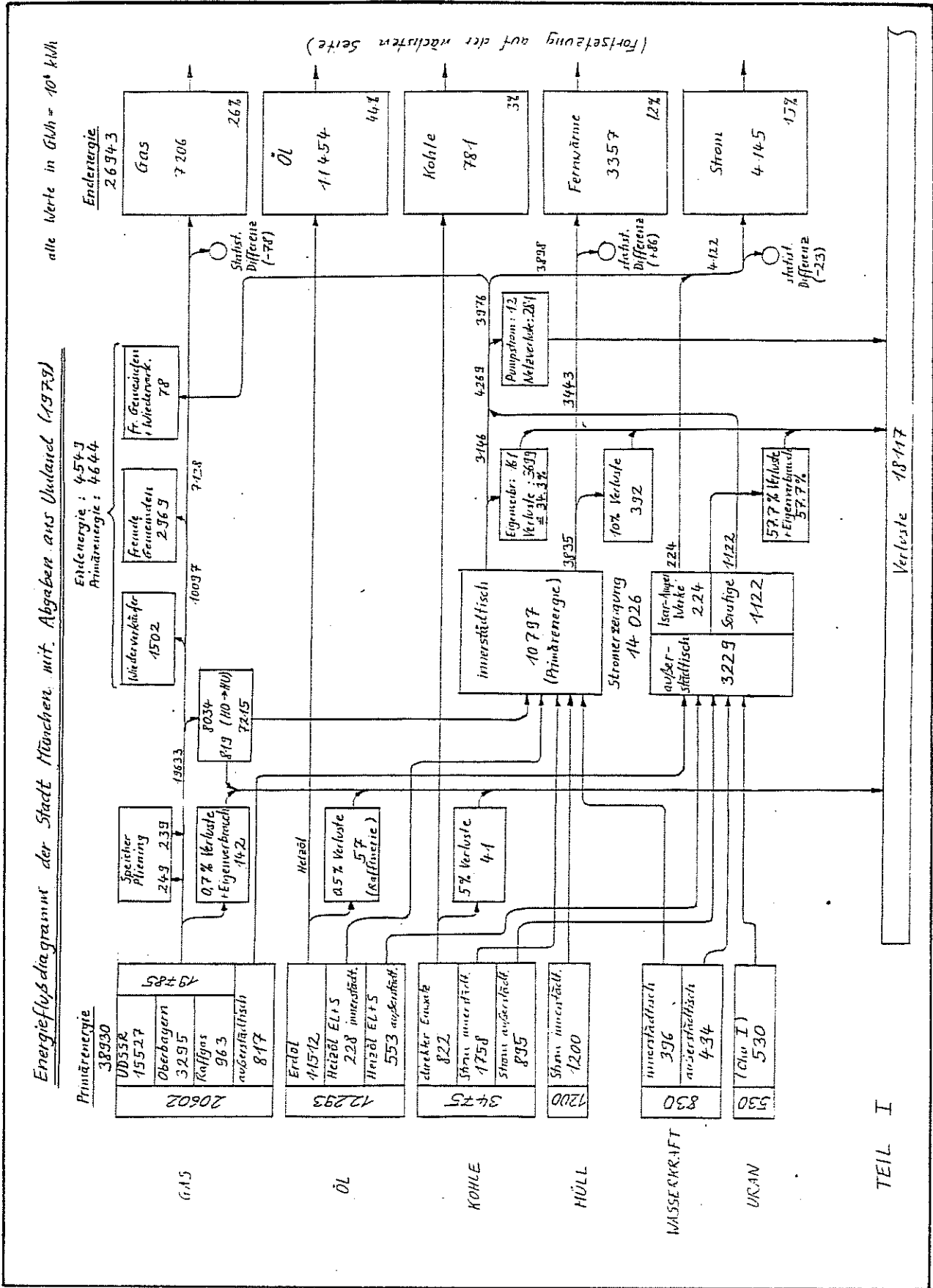


Bild 2-3: Energieflußdiagramm der Stadt München (Teil 1) mit Abgaben ans Umland, ohne Verkehr

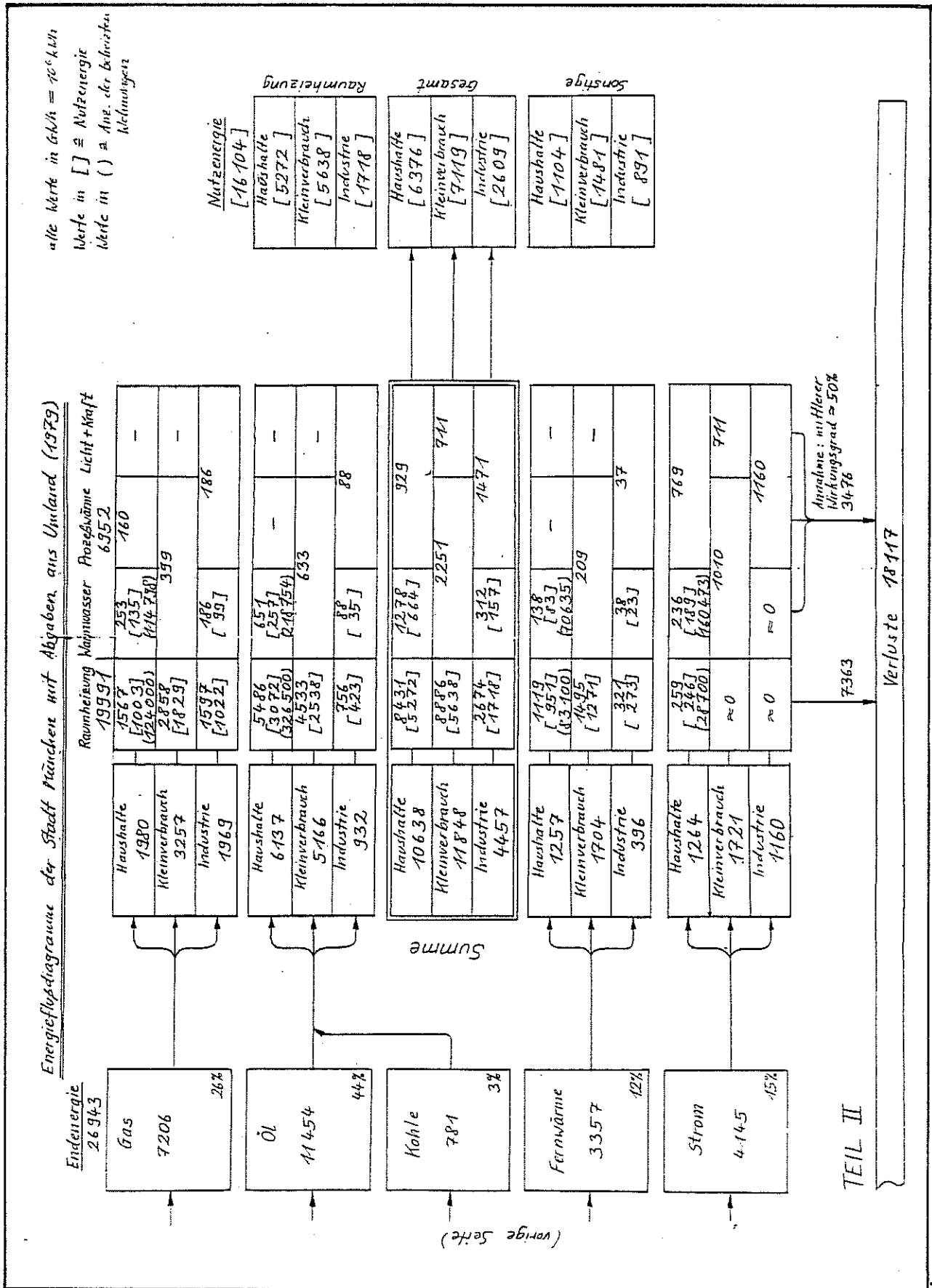


Bild 2-4: Energieflußdiagramm der Stadt München (Teil 2) mit Abgaben ans Umland, ohne Verkehr

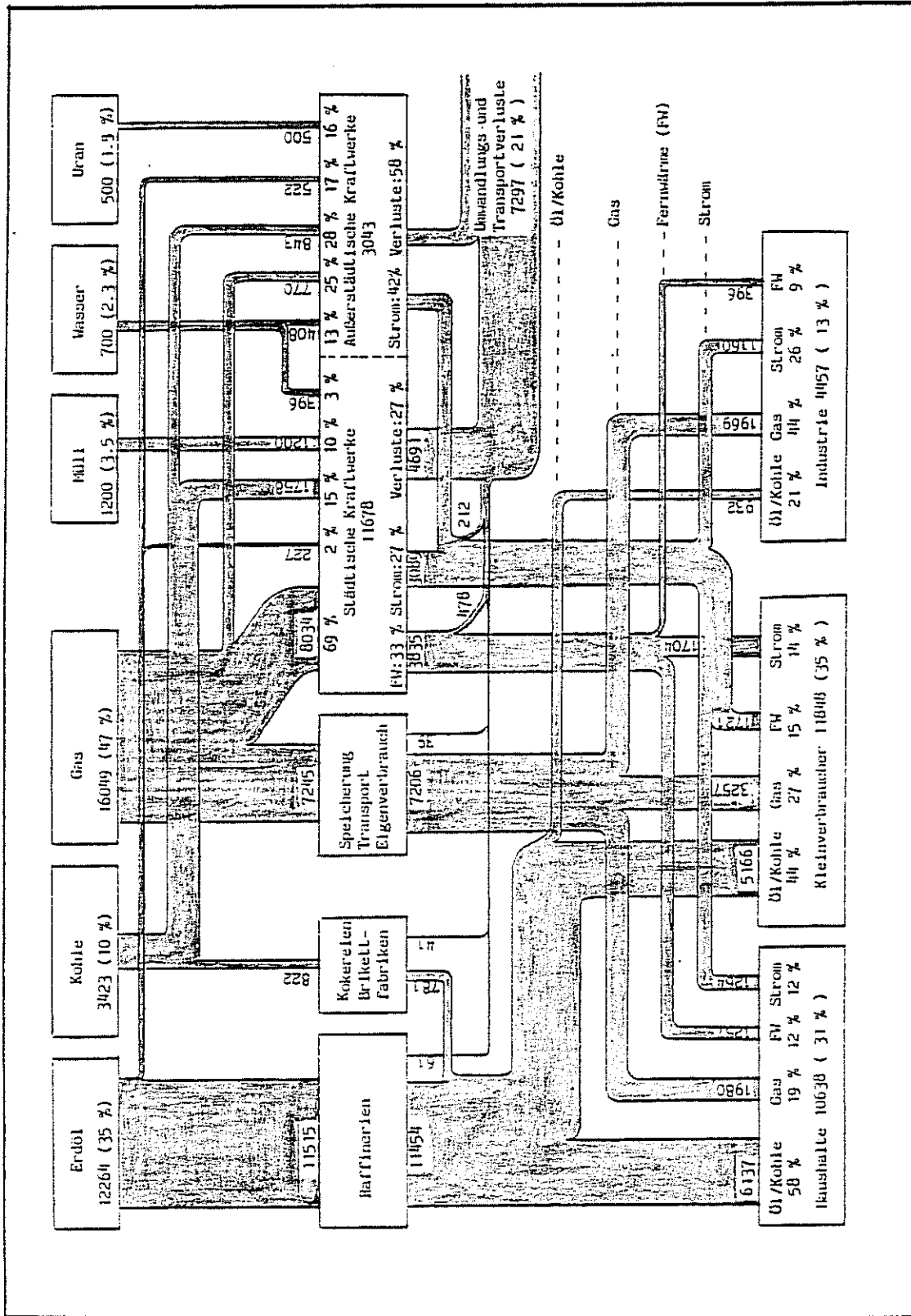


Bild 2-5: Energieflußdiagramm für München (Teil 3) ohne Abgaben ans Umland, ohne Verkehr

2.3.2. DIE ENDEENERGIESTRUKTUR

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:

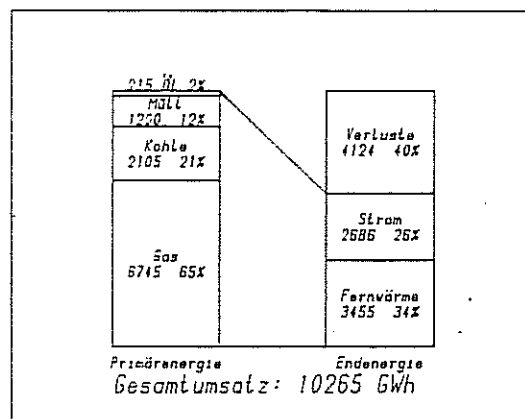


Bild 2-6: Energiebilanz der Münchner Heizkraftwerke (Stand 1982)

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.

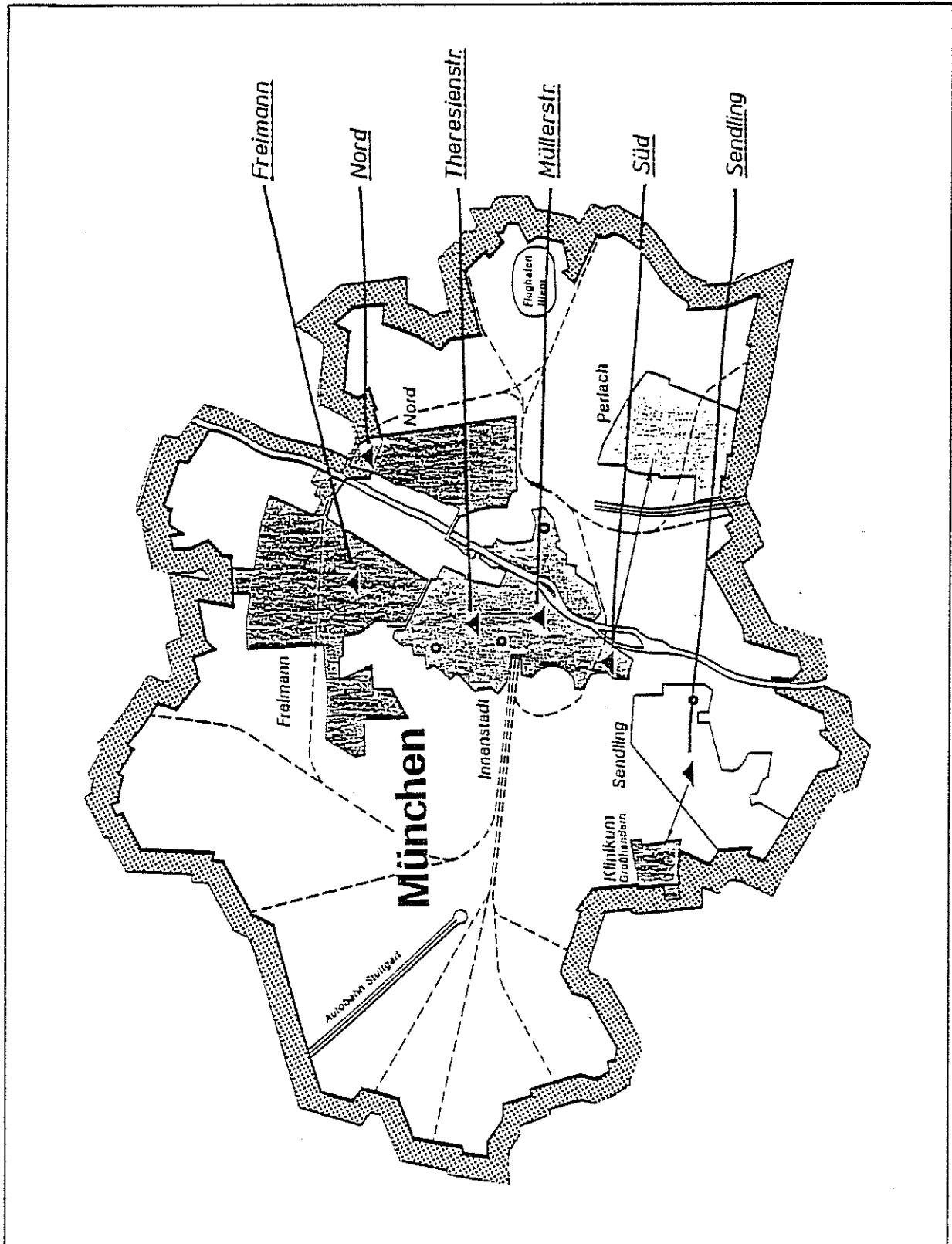


Bild 2-7: Die Münchner Fernwärmenetze

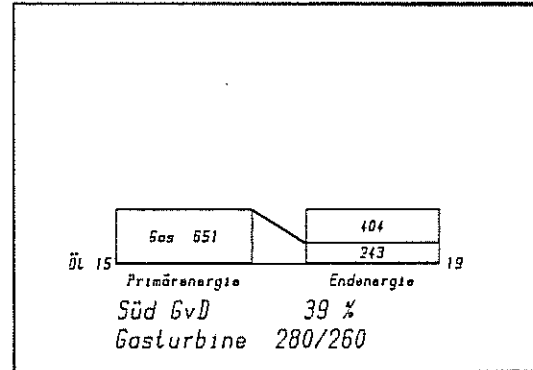
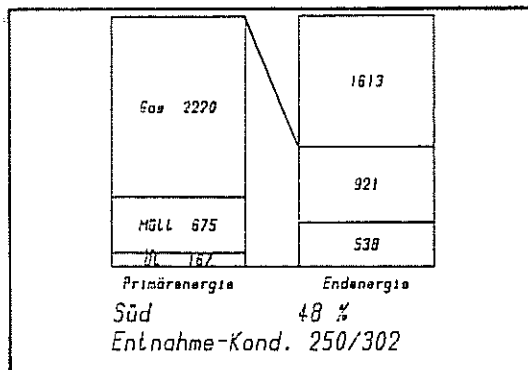
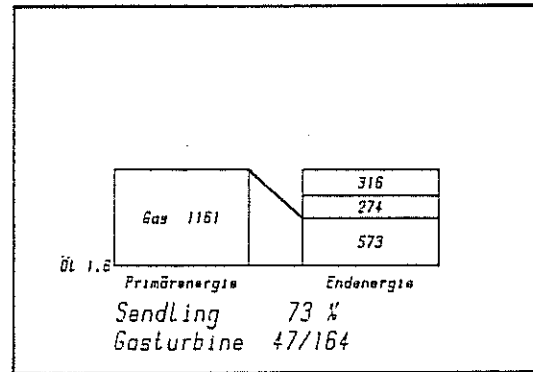
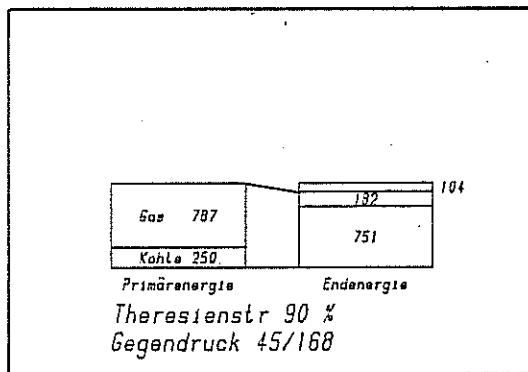
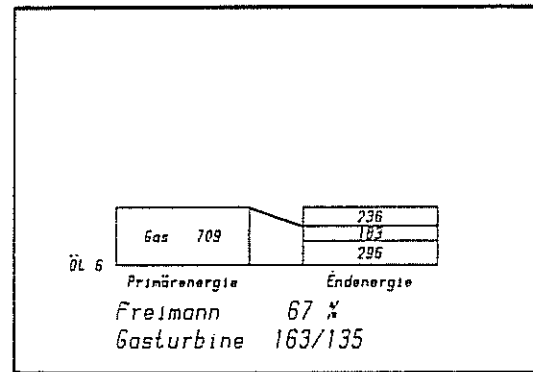
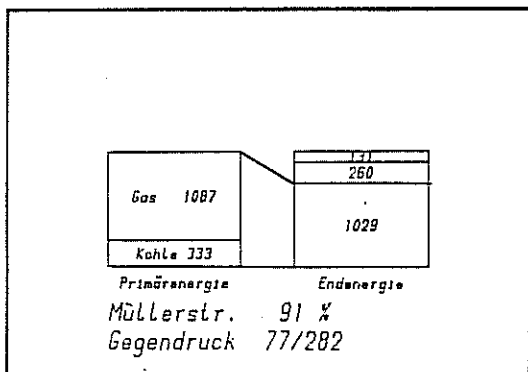
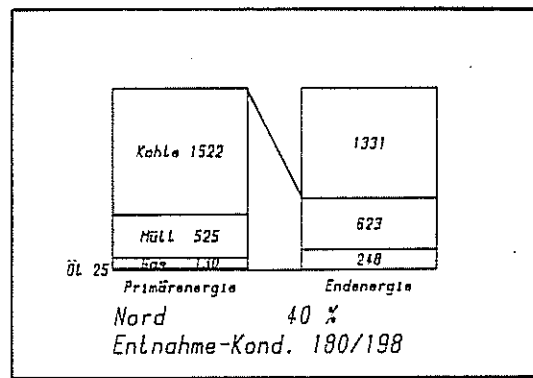
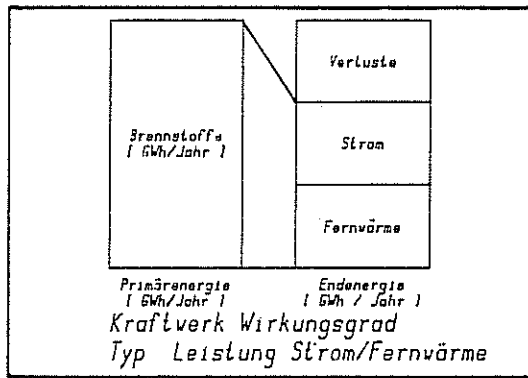


Bild 2-8: Überblick über die Münchner Heizkraftwerke (Stand 1982)

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:

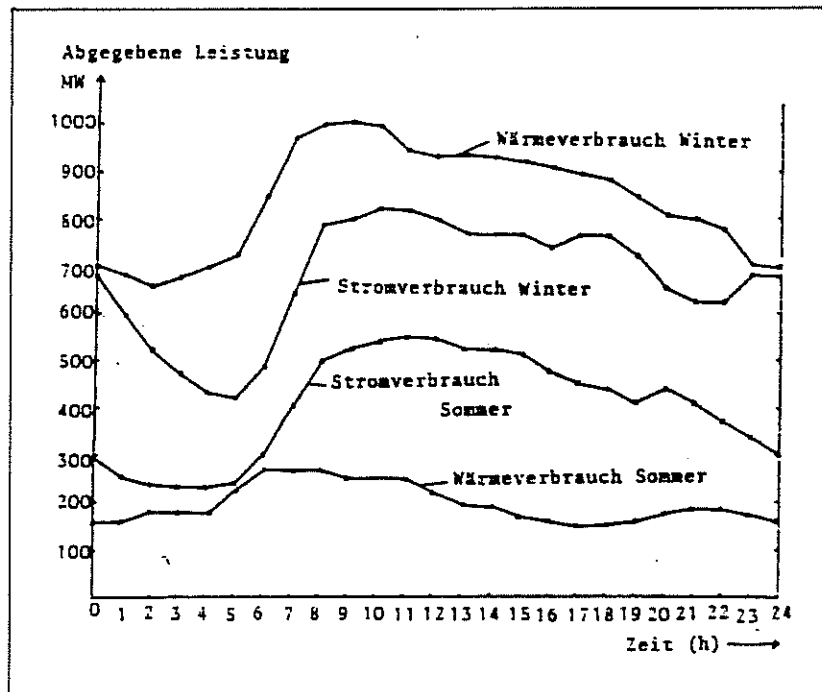


Bild 2-9: Tages- und Jahreszeitlicher Verlauf von Strom und Fernwärme

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.

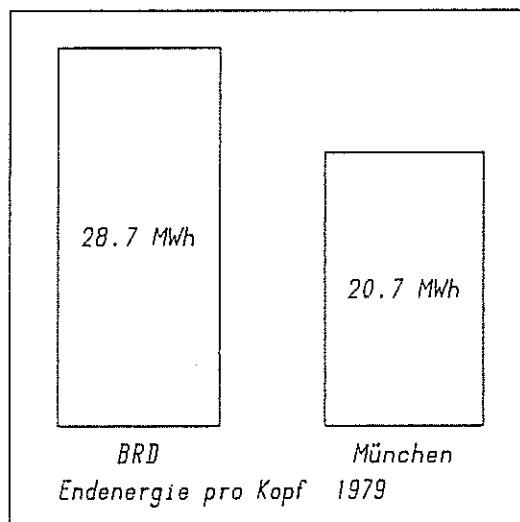


Bild 2-10: Vergleich: Endenergie pro Kopf und Jahr (ohne Verkehr!)

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.

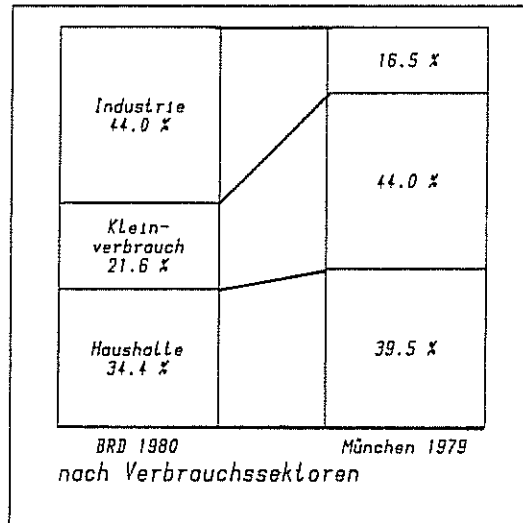


Bild 2-11: Vergleich: Aufteilung auf die Verbrauchssektoren

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

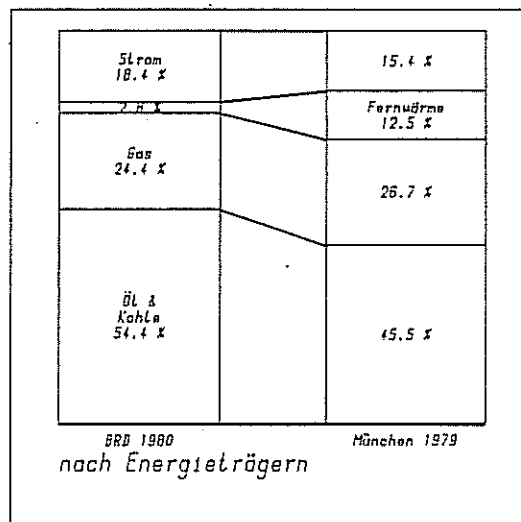


Bild 2-12: Vergleich: Aufteilung auf die Energieträger

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.

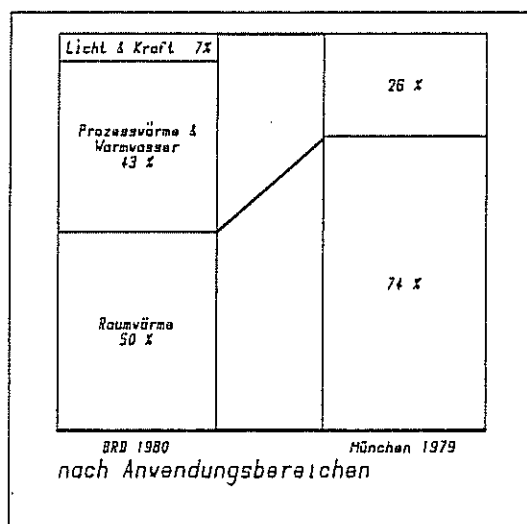


Bild 2-13: Vergleich: Aufteilung auf die Anwendungsbereiche

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)

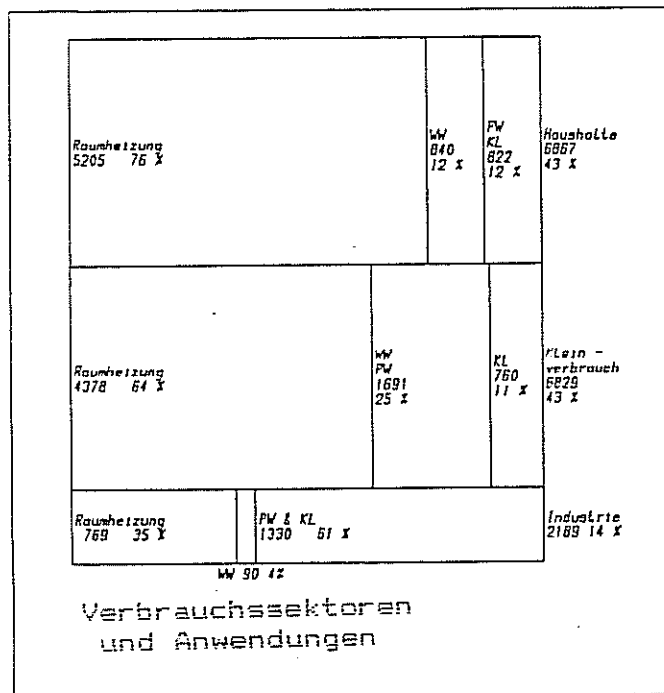
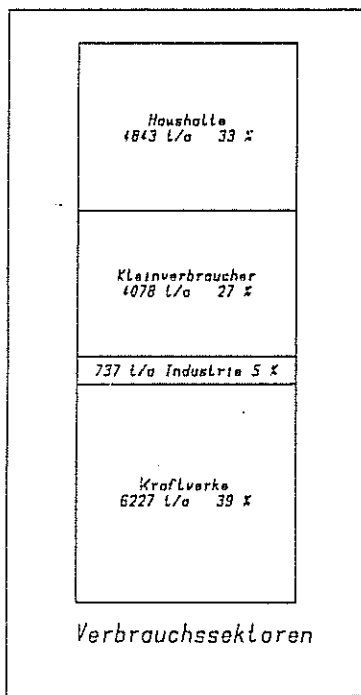
| Bereich | SO ₂ | NOx | Staub | Chlor | gesamt |
|------------|-----------------|------|-------|-------|--------|
| Kraftwerke | 4.79 | 5.24 | 0.58 | 1.54 | 12.15 |
| Sonstiges | 7.43 | 2.39 | 0.60 | ? | 10.42 |
| gesamt | 12.22 | 7.63 | 1.18 | 1.54 | 22.57 |

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

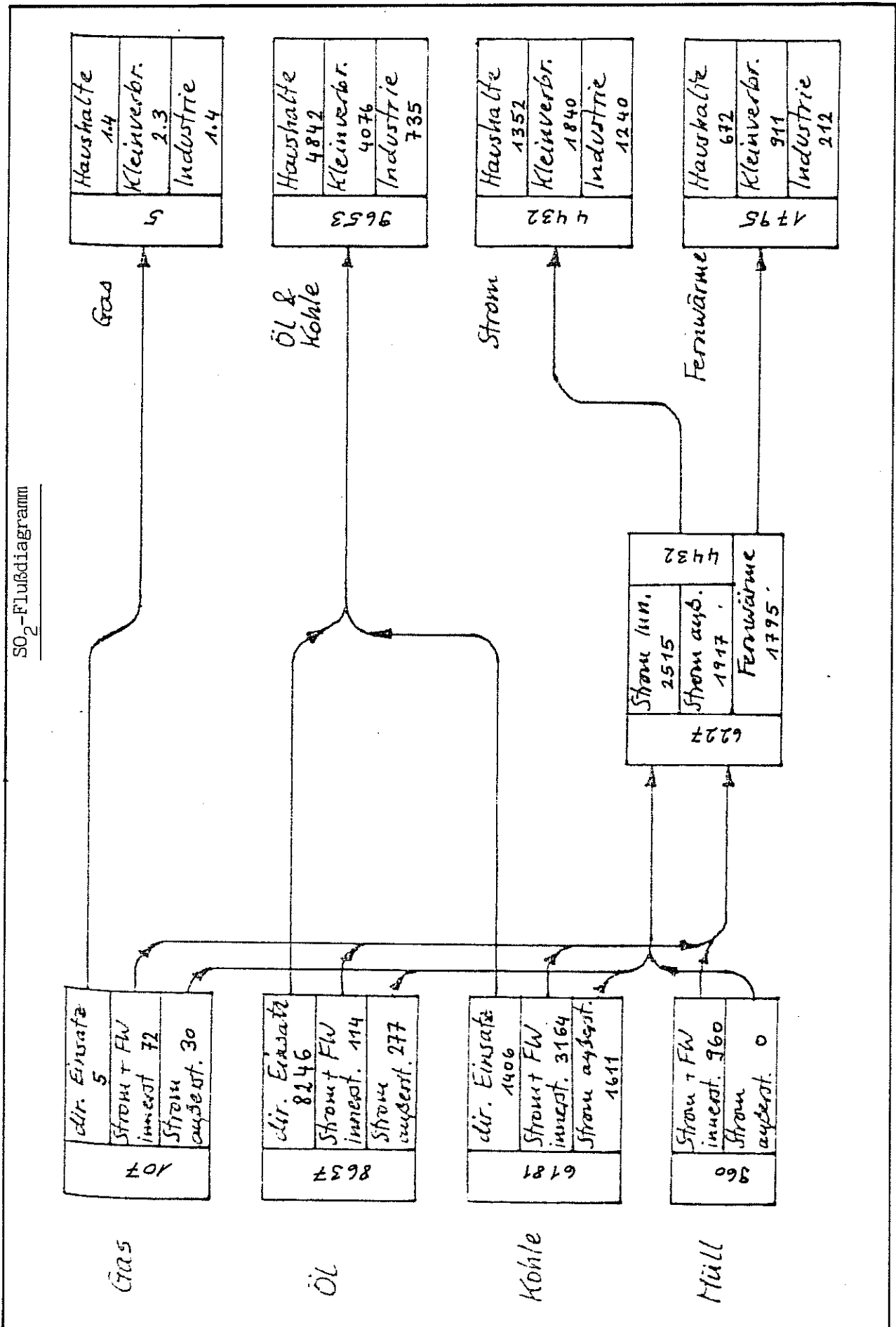
Schadstoffemissionen pro Bürger der BRD 1978 in kg (ohne Verkehr)

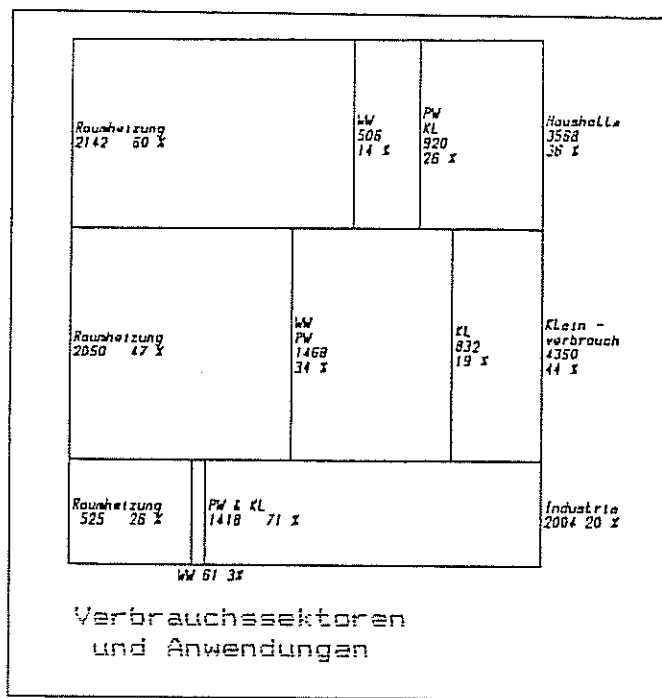
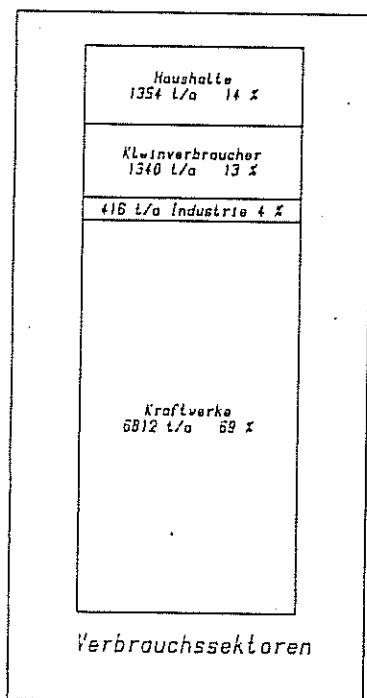
| Bereich | SO ₂ | NOx |
|------------|-----------------|-------|
| Kraftwerke | 33.33 | 15.67 |
| Sonstiges | 24.00 | 12.00 |
| gesamt | 57.33 | 27.67 |

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 Fernwärmenutzung 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.

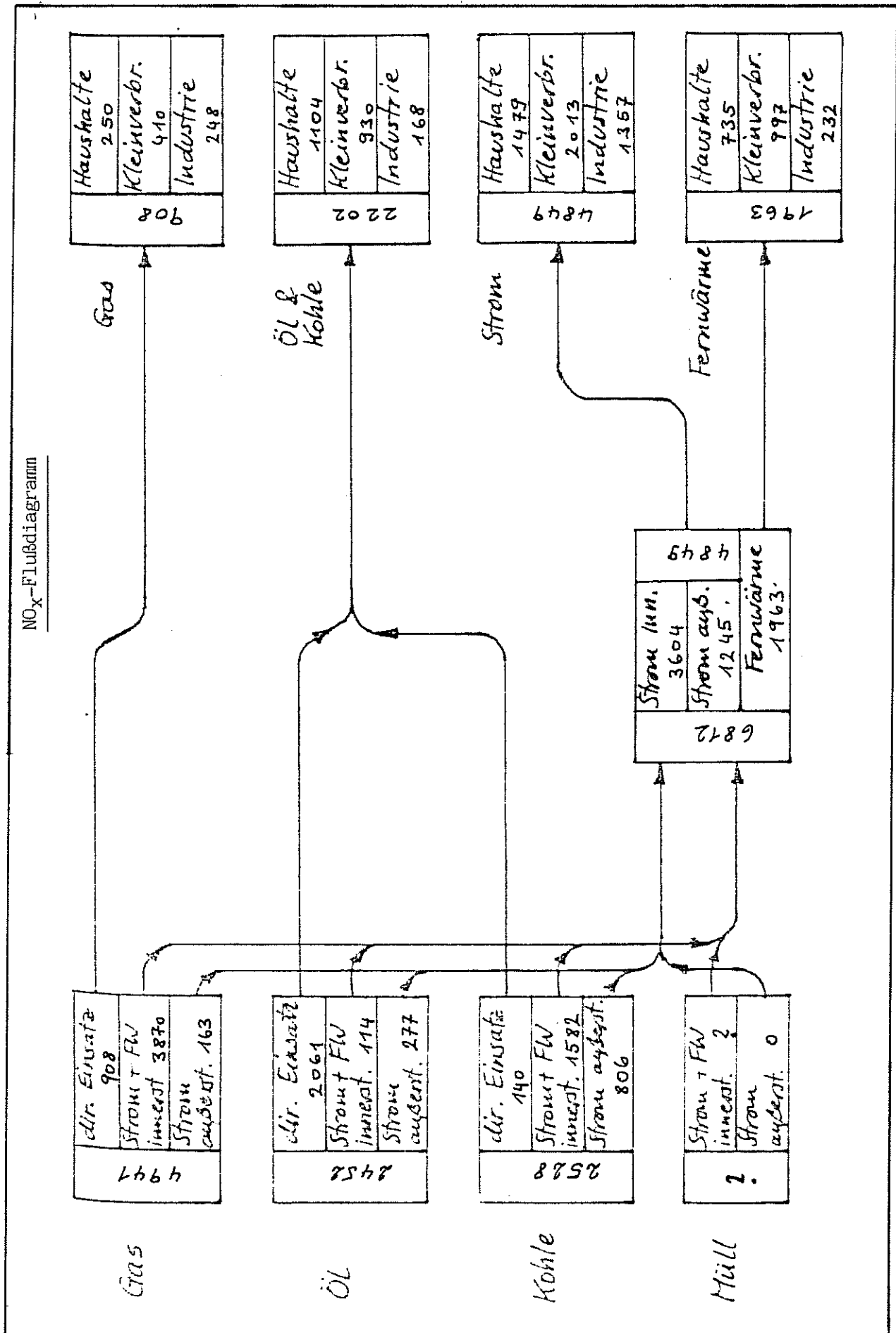


SO₂-Bilanz





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).

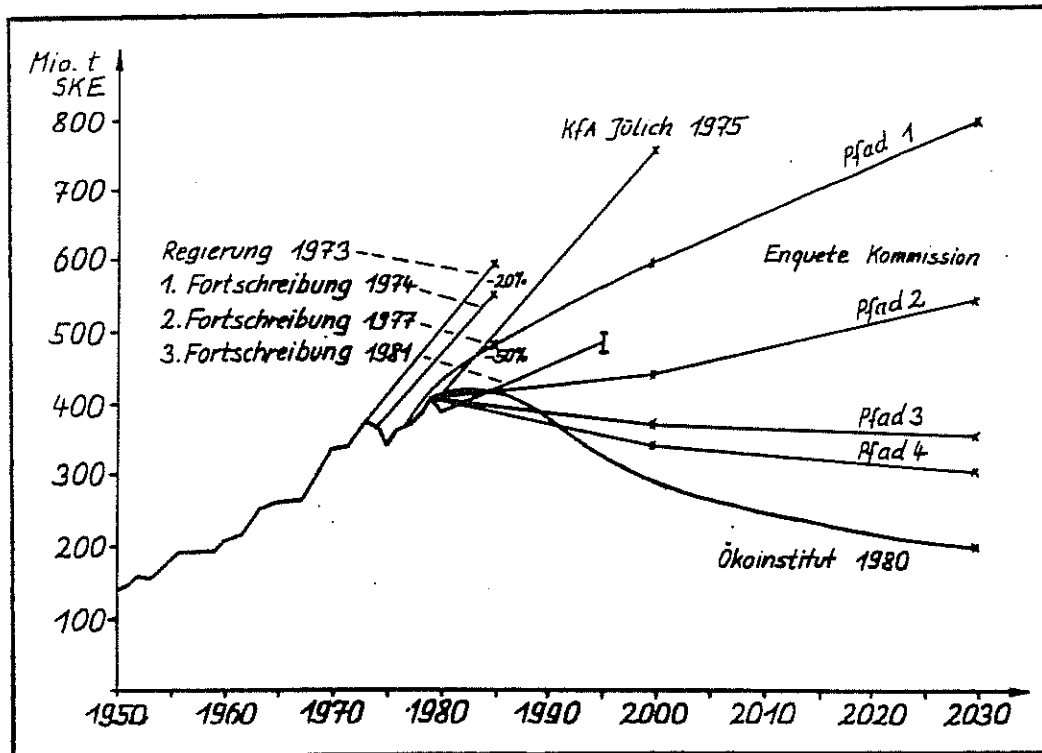


Bild 2-14: Primärenergiebedarfs-Prognosen für die BRD

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:

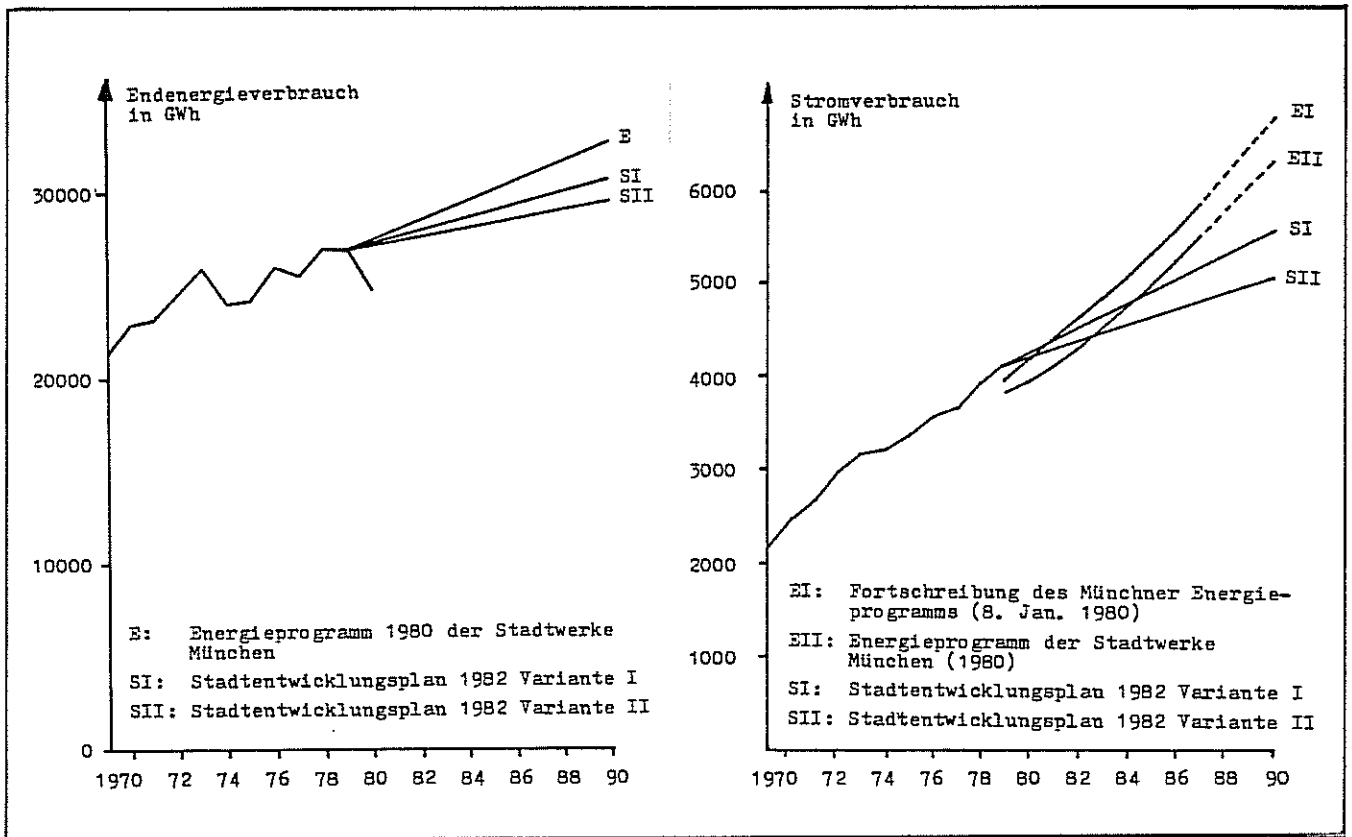


Bild 2-15: Endenergie- und Strombedarfsprognosen

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.

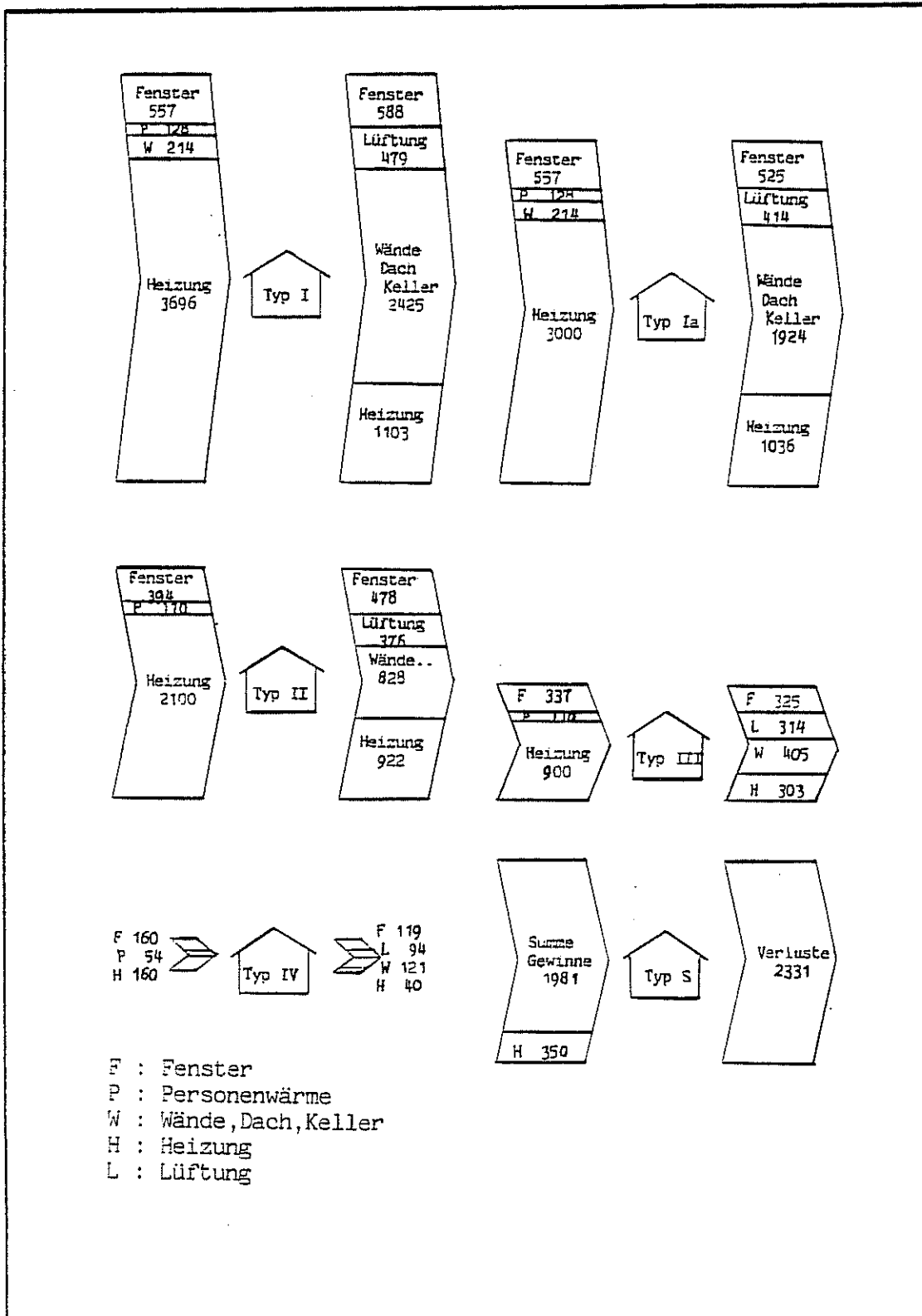


Bild 3-1: Wärmebilanzen der Haustypen

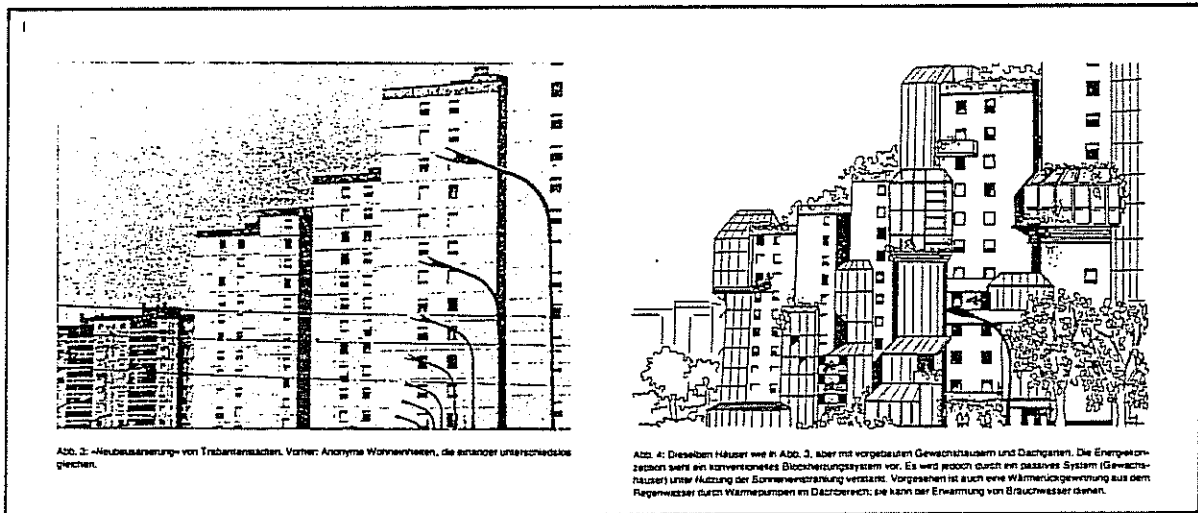


Bild 3-2: Wärmetechnische Sanierung von Mehrfamilienhäusern

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 m² bei einem Temperaturunterschied von 1 Grad und damit auch ein Maß für den Wärmeverlust (Einheit: W/m²K).

| ! | 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:

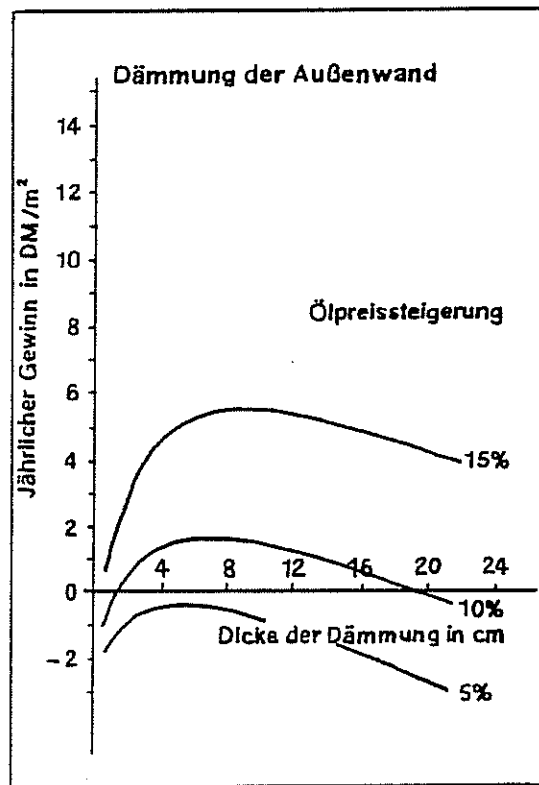


Bild 3-3: Optimale Wärmedämmung nach Stiftung Warentest

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).

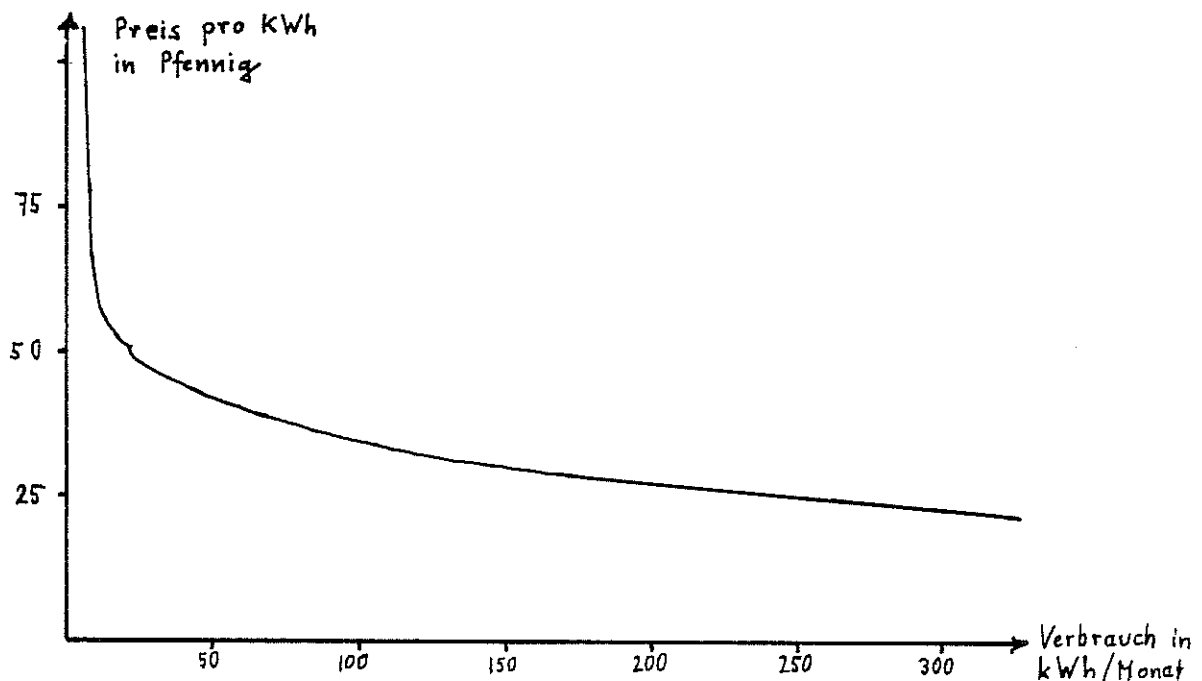


Bild 3-4: Strompreise für einzelne Haushalte

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).

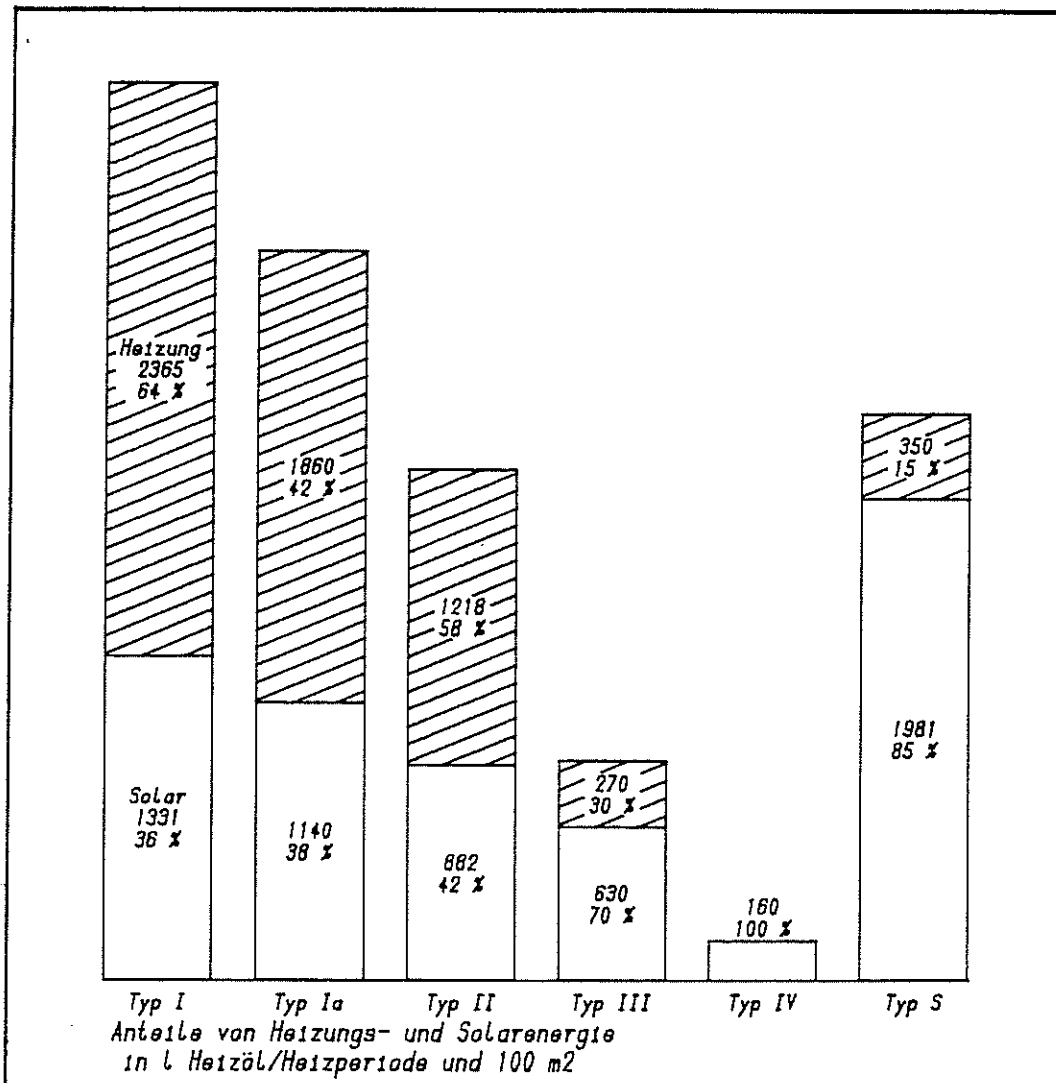


Bild 3-5: Möglicher solarer Deckungsanteil verschiedener Haustypen

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 vergärbare 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 auszuliegen, 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 λ , 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.

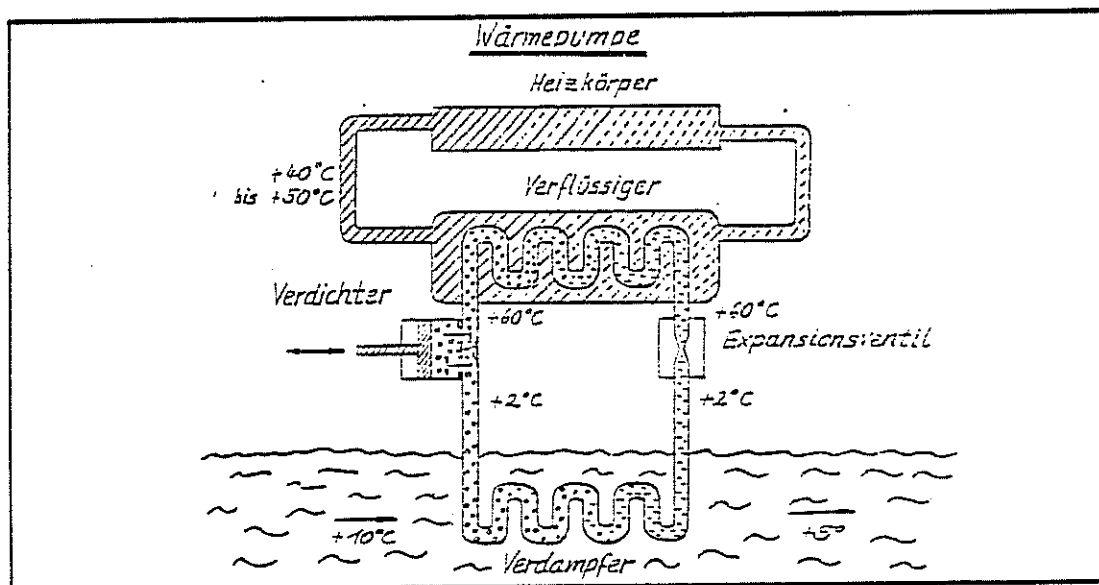


Bild 3-6: Funktionsprinzip der Wärmepumpe

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.

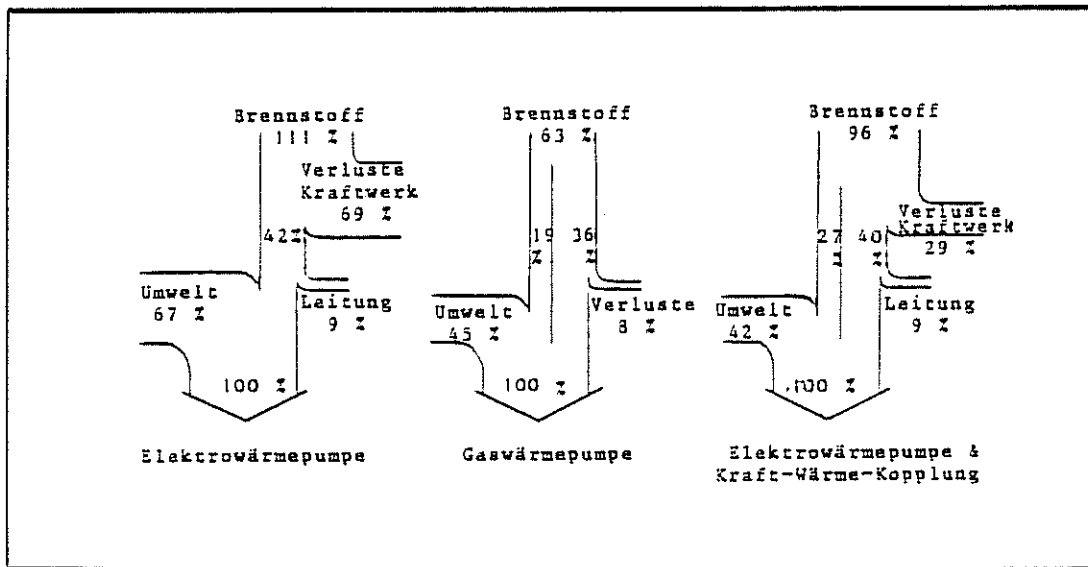


Bild 3-7: Energiebilanzen von Gas- und Elektrowärmepumpe

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 Alternativenenergie 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 kWWh Leistung (Preis 20000.- DM, Lebensdauer 10 Jahre, Nutzungsgrad 95% , Wartung 4 Pf/kWWh) ein Gesamtnutzenergiepreis von 10.2 Pf/kWWh, davon sind 28% Strom und 72% Wärme. Bezieht man den Stromanteil aus der Steckdose (21 Pf/kWWh) 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).

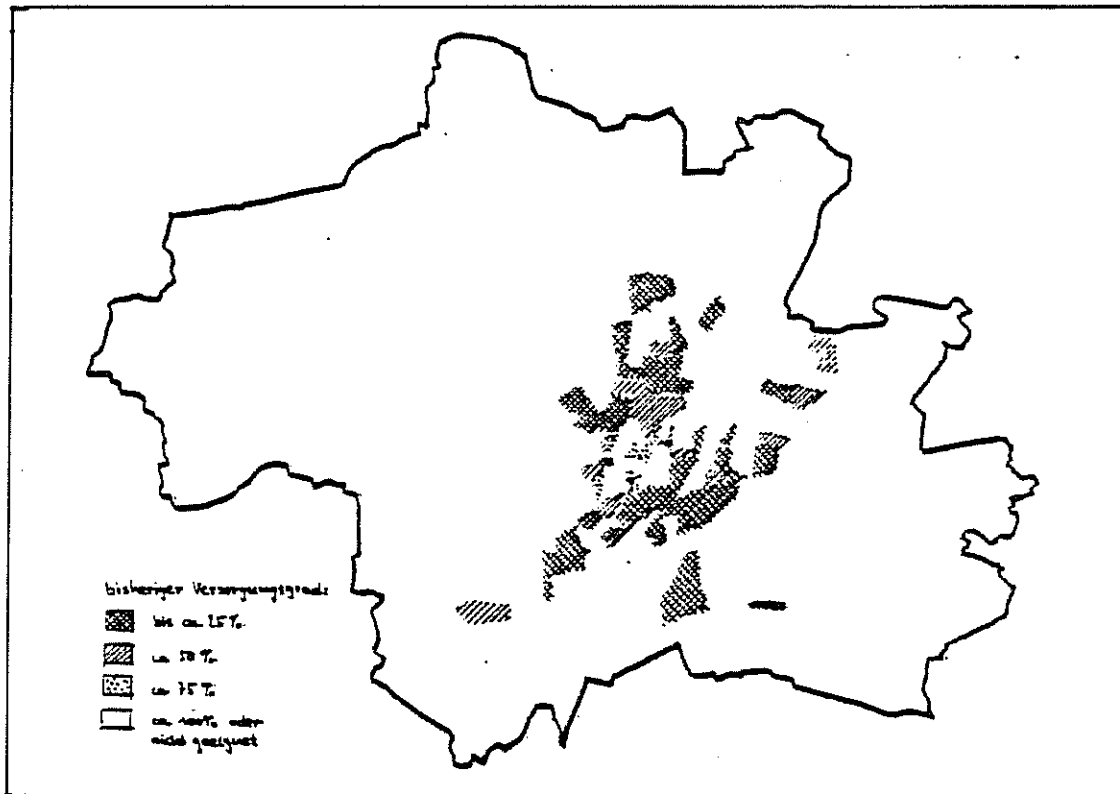


Bild 3-10: Fernwärmegeeignete Gebiete nach Methode I

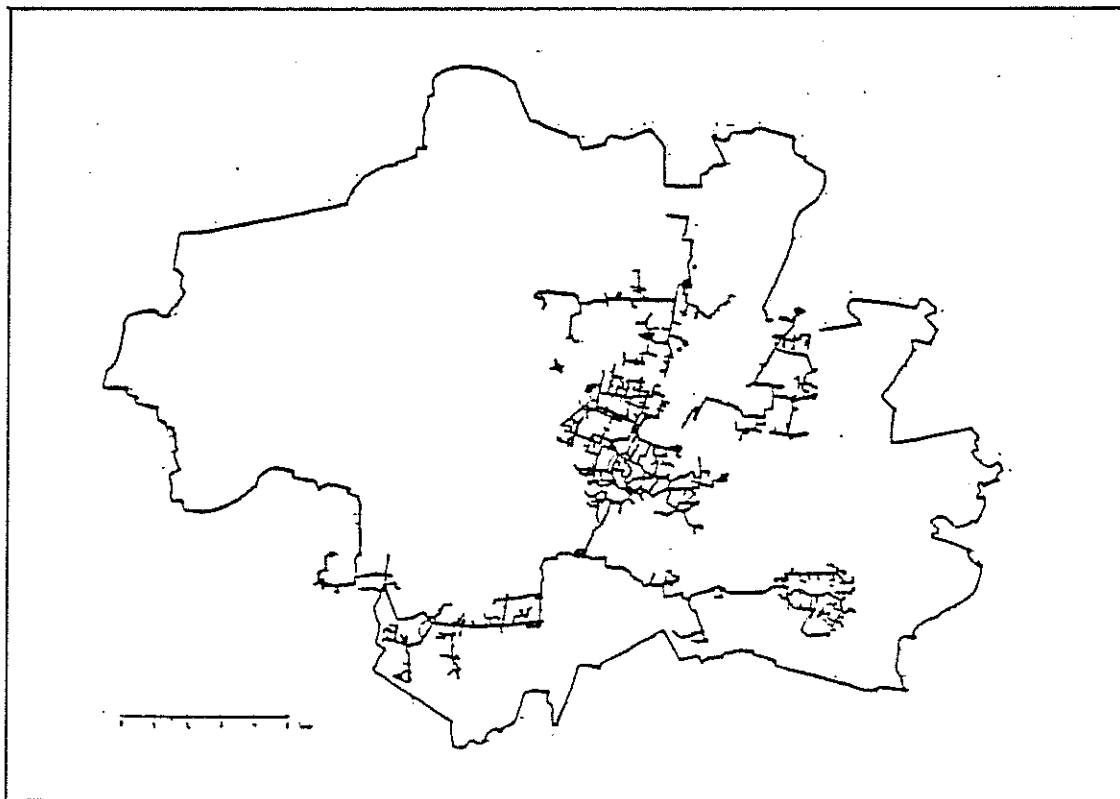


Bild 3-11: Bisheriges Fernwärmenetz

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).

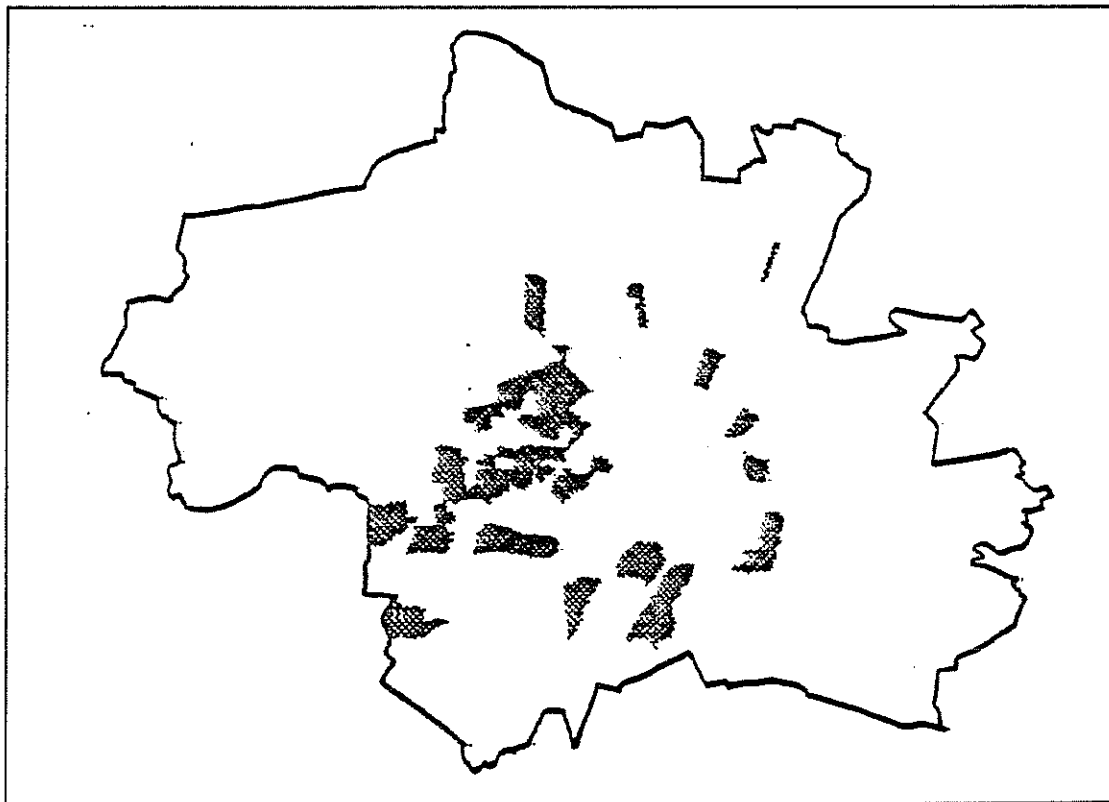


Bild 3-12: Fernwärmegeeignete, aber nicht angeschlossene Gebiete

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).

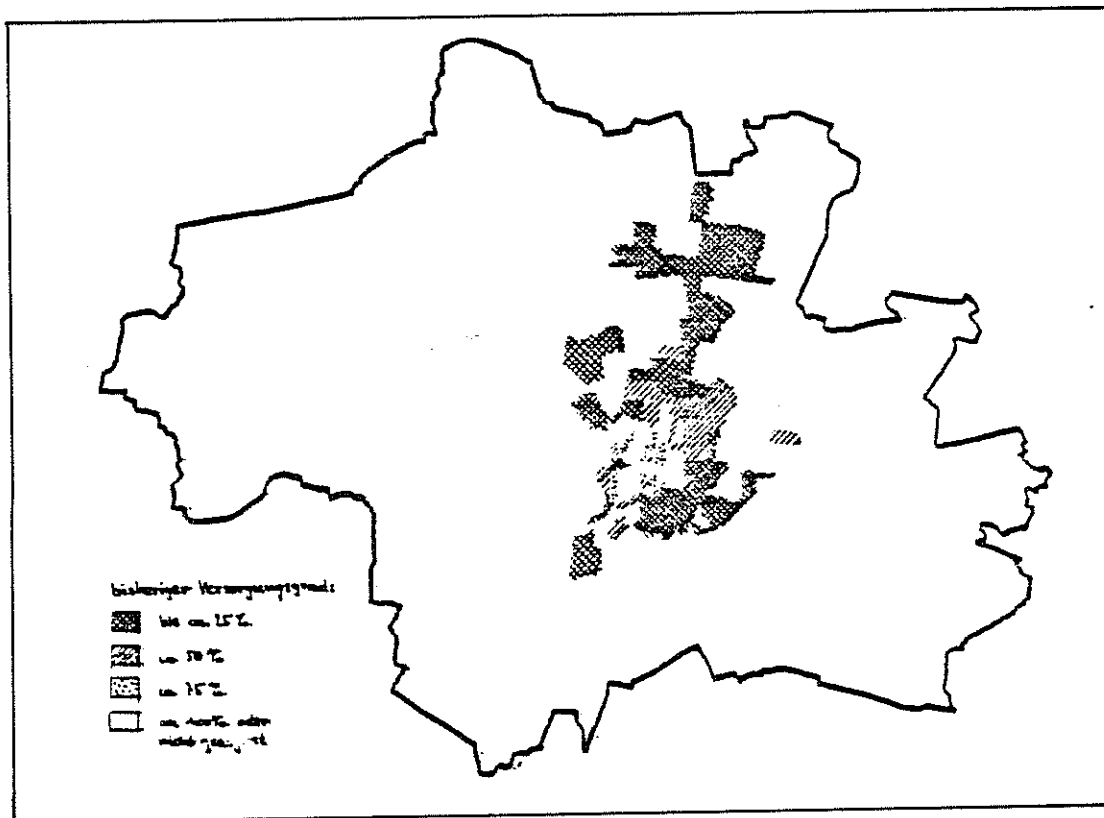


Bild 3-15: Fernwärmegeeignete Gebiete nach Methode II

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).

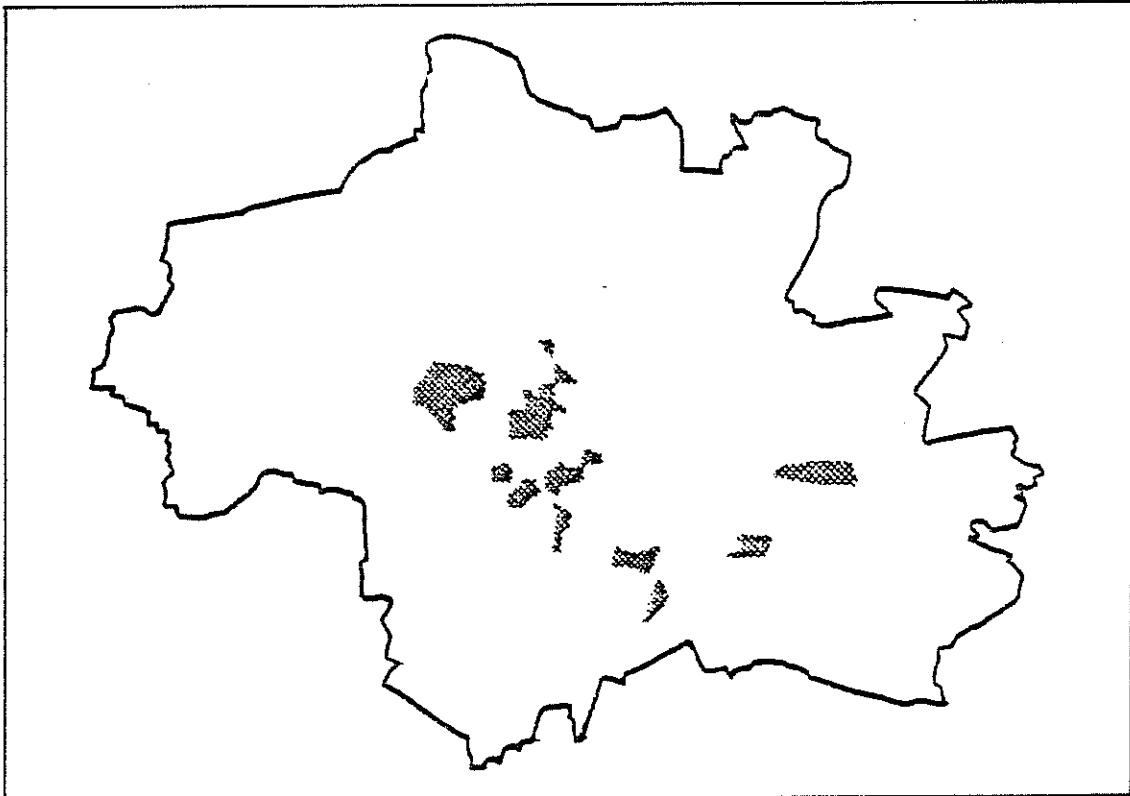


Bild 3-16: Nicht ausgewiesene, aber fernwärmegeeignete Gebiete

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 Luftsauerstoff 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)} | Pfg/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, verbrauchsnahen 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 Ölfeuerung, zusammen mit der Verbrennungsluft durch Düsen in den Feuerraum geblasen und verbrannt (Bild 3-19).

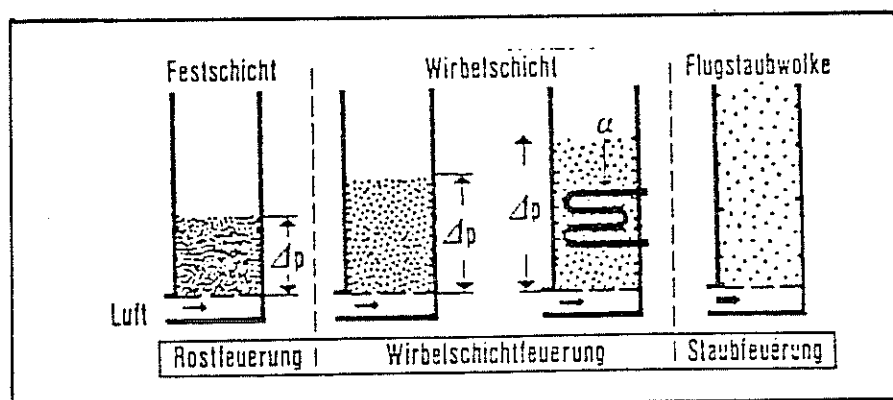


Bild 3-19: Vergleich der drei Feuerungsarten (2)

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 nä-

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

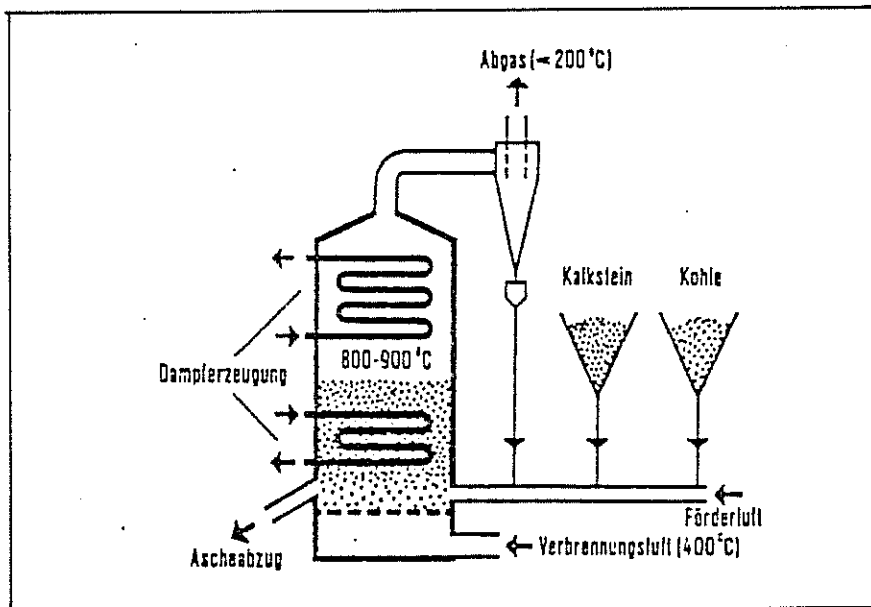


Bild 3-20: Schema der Wirbelschichtfeuerung

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):

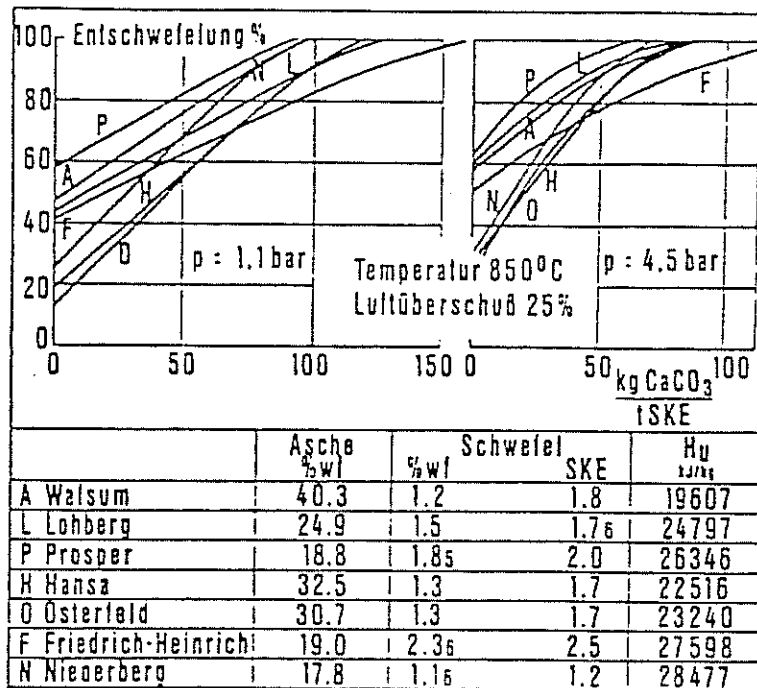


Bild 3-21: Entschwefelung in Abhängigkeit vom Kalksteinzusatz (2)

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.

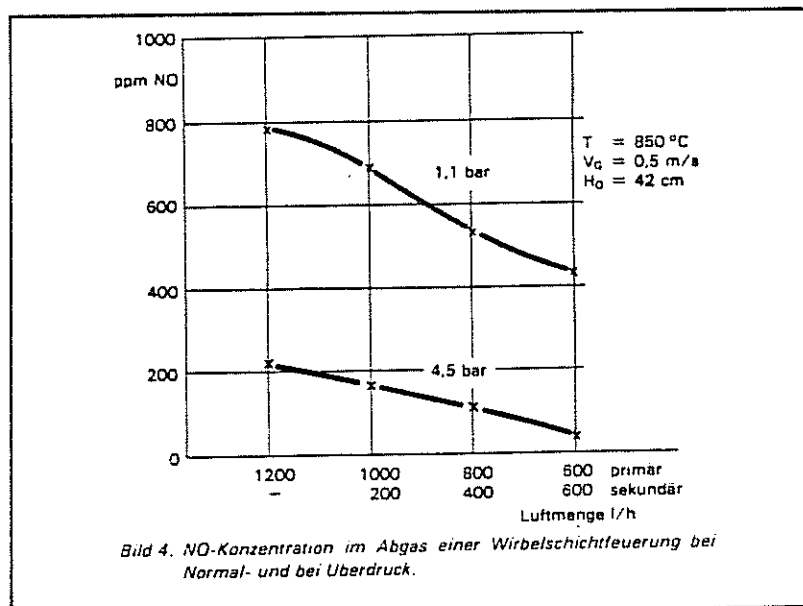


Bild 3-23: Vergleich klassische und druckbetriebene WSF

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:

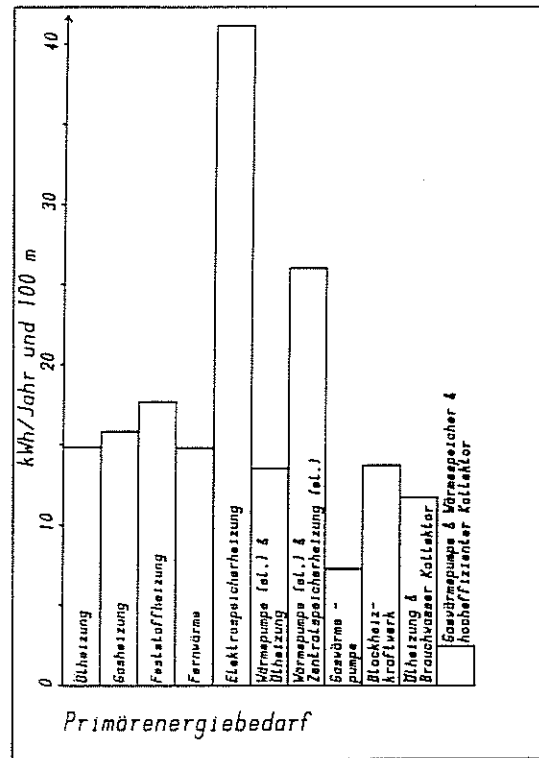


Bild 3-24: Primärenergievergleich von Heizsystemen (Typ III)

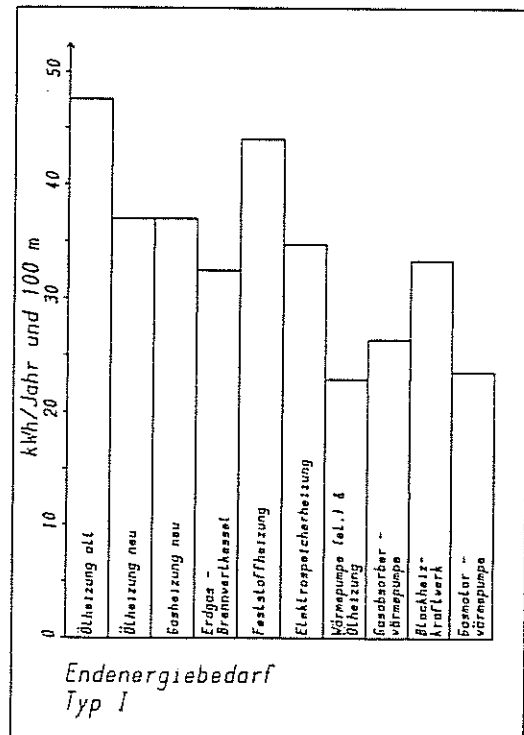
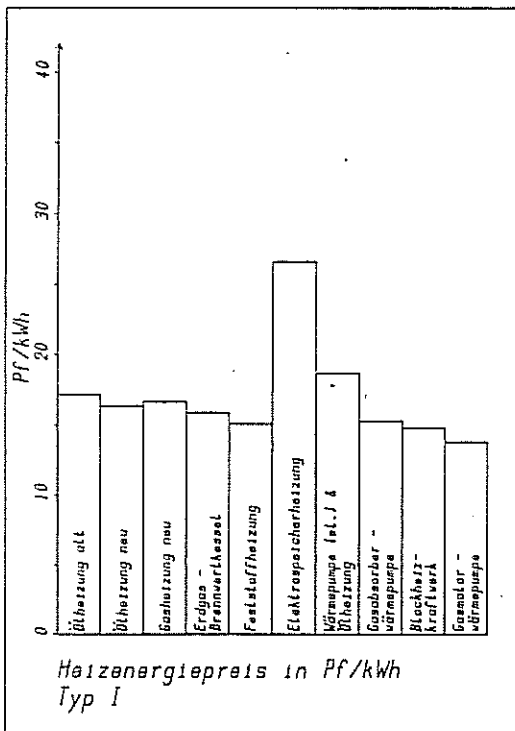


Bild 3-25: Kosten und Energieverbrauch von Heizsystemen (Typ I)

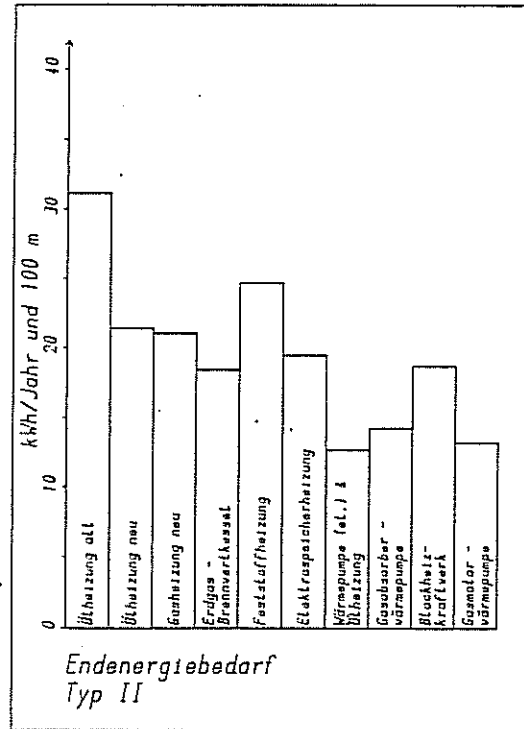
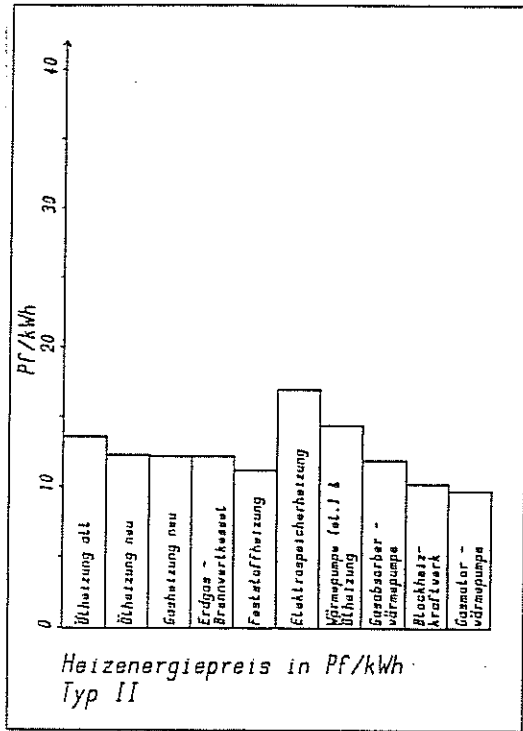


Bild 3-26: Kosten und Energieverbrauch von Heizsystemen (Typ II)

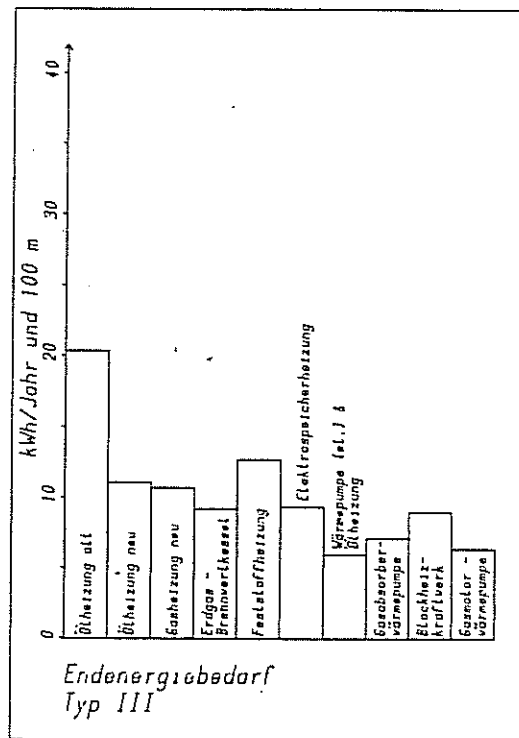
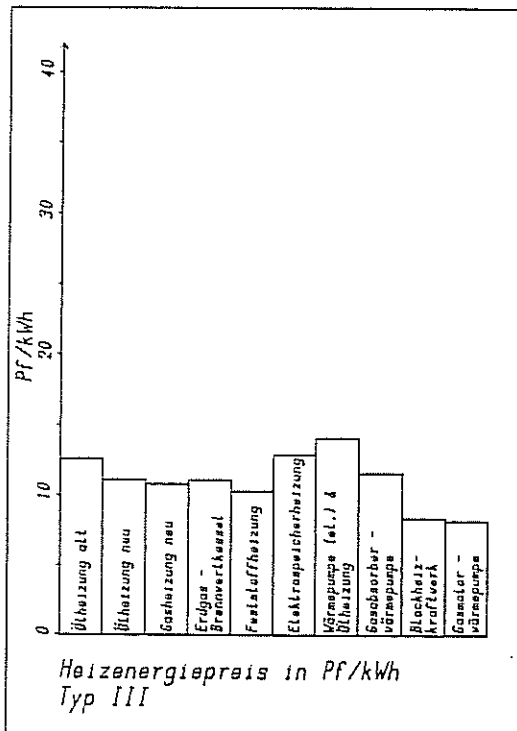


Bild 3-27: Kosten und Energieverbrauch von Heizsystemen (Typ III)

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).

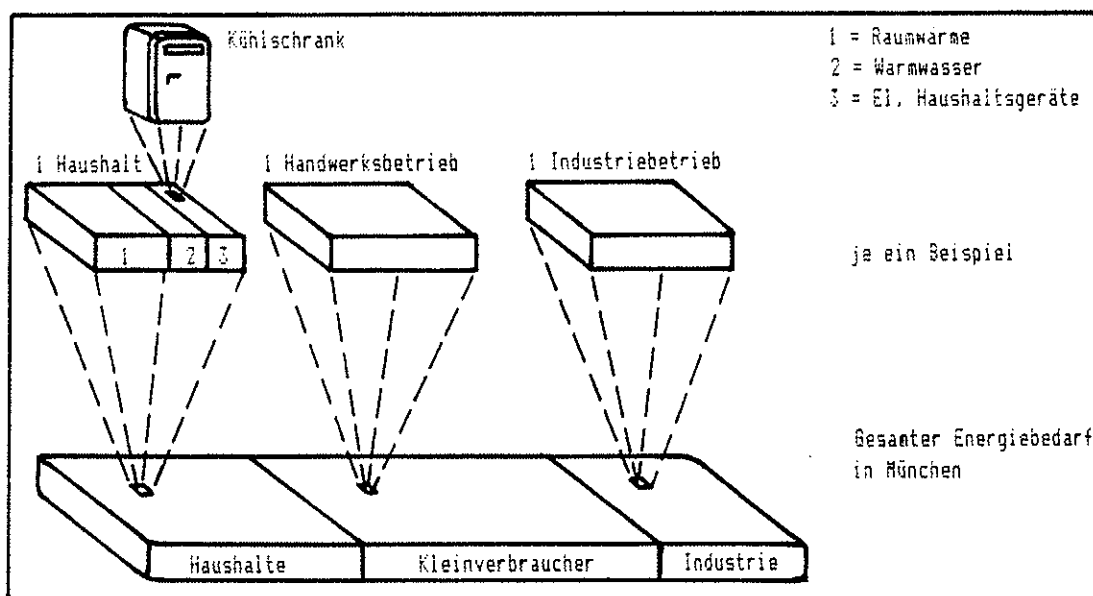


Bild 4-1: Zusammensetzung des Münchner Energieverbrauchs

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:

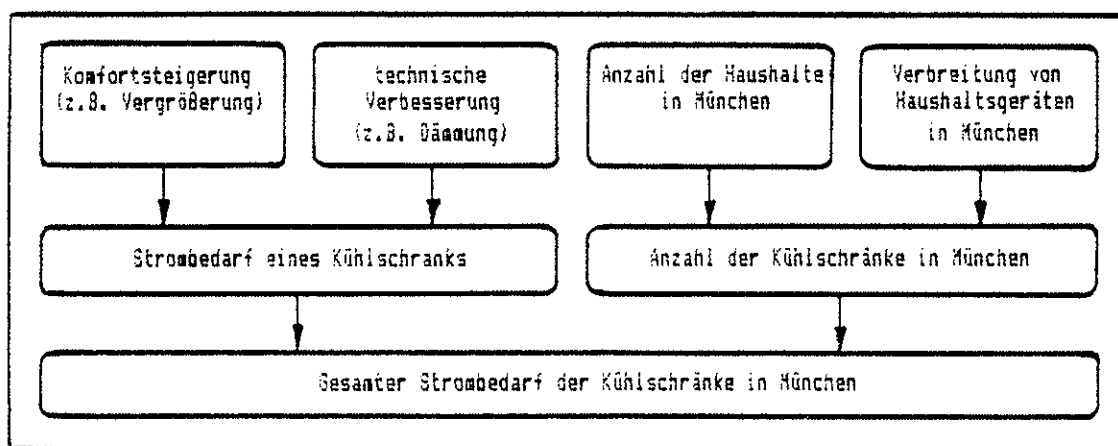


Bild 4-2: Beispiel für ein Berechnungsschema

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:

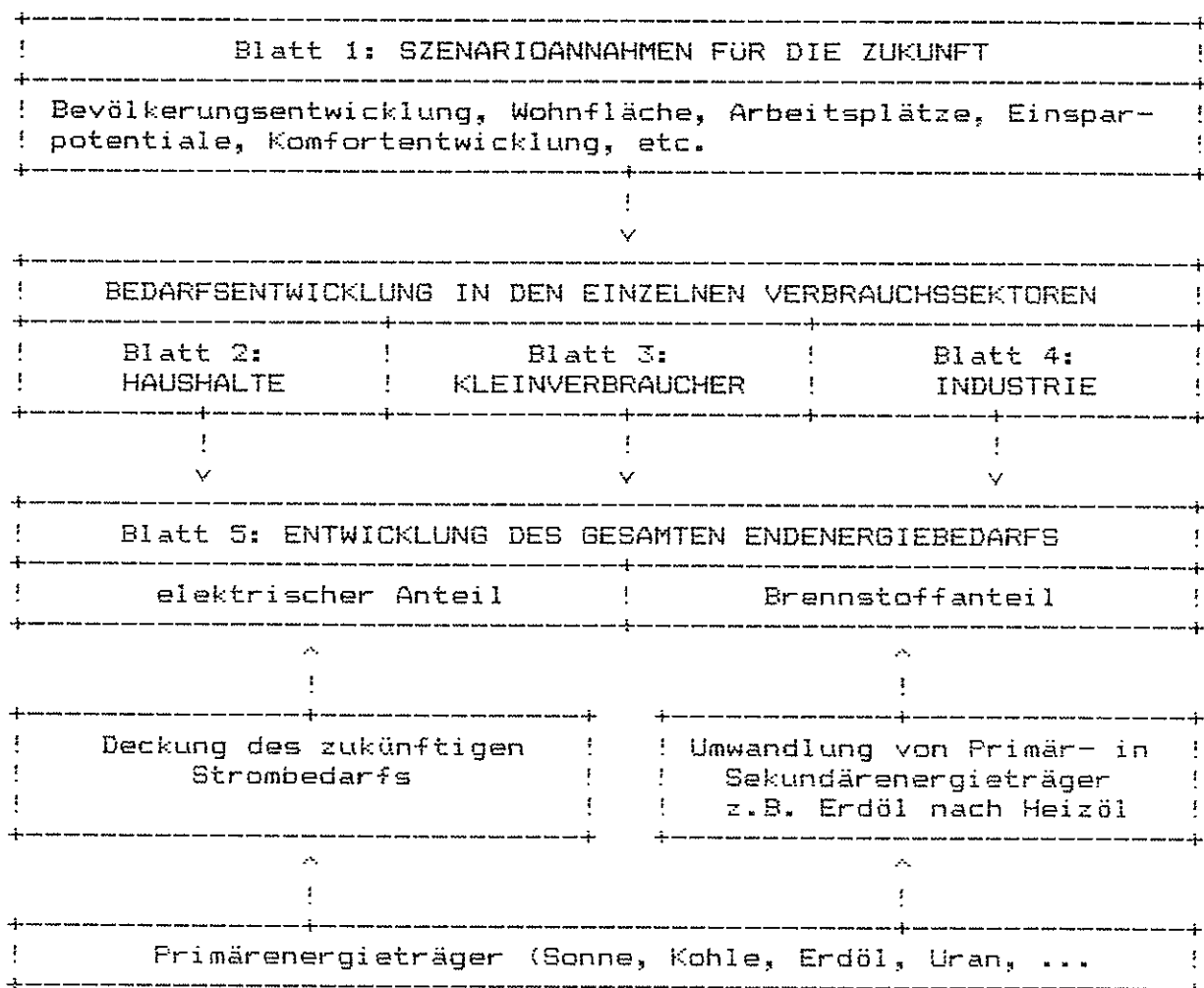
Unter der Annahme von nur noch mäßigen Wachstumsraten und Komfortsteigerungen ergibt sich diese Variante. Ansonsten gelten die gleichen Bedingungen wie bei der kommunalen Wachstumsvariante.

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.

4.5.5. DER SEKTOR KLEINVERBRAUCH

Da uns der Anteil des Warmwassers in München in diesem Sektor nicht bekannt ist, rechnen wir ihn unter den Bereich Prozeßwärme. Somit ergibt sich der Energiebedarf im Sektor Kleinverbrauch durch Addition des Bedarfs bei Raumwärme, Prozeßwärme und Licht/Kraft.

Für die Abschätzung der zukünftigen Entwicklung übernehmen wir im wesentlichen die Zahlen des ökoinstituts, da anzunehmen ist, daß die Struktur des Kleinverbrauchs sich in München nicht allzu wesentlich von der Struktur in der BRD unterscheidet. Wegen ähnlicher Ausstattung an Produktionsmitteln und Arbeitskräften können so die Einsparraten übernommen werden. (DUF 2-145, 148, 151).

Problematischer scheint uns die Übernahme der Energiedienstleistungssteigerungen (EDL) zu sein, die relativ hoch sind.

4.5.5.1. Der Raumwärmebedarf

4.5.5.1.1. Der Berechnungsgang

Die Nutzfläche im Sektor Kleinverbrauch hängt wesentlich von der Entwicklung der Arbeitsplätze in diesem Sektor und dem zukünftigen Komfortbedürfnis ab (Arbeitsfläche pro Kopf). Über die zukünftigen Einsparungen wird dann der spezifische Verbrauch bestimmt und wir erhalten das folgende Berechnungsschema:

| | |
|-------------------------------|------------------------------|
| ! Bevölkerungsentwicklung der | ! Anteil des Kleinverbrauchs |
| ! Bundesrepublik | ! an den Arbeitsplätzen |
| +-----+-----+-----+-----+ | +-----+-----+-----+-----+ |
| ! ! | ! ! |
| ! ! | ! ! |
| +-----+-----+-----+-----+ | +-----+-----+-----+-----+ |
| ! ! | ! ! |
| ! ! | ! ! |
| +-----+-----+-----+-----+ | +-----+-----+-----+-----+ |
| ! ! | ! ! |
| ! ! | ! ! |
| +-----+-----+-----+-----+ | +-----+-----+-----+-----+ |
| ! ! | ! ! |
| ! ! | ! ! |
| +-----+-----+-----+-----+ | +-----+-----+-----+-----+ |
| ! ! | ! ! |
| ! ! | ! ! |
| +-----+-----+-----+-----+ | +-----+-----+-----+-----+ |
| ! ! | ! ! |
| ! ! | ! ! |
| +-----+-----+-----+-----+ | +-----+-----+-----+-----+ |
| ! ! | ! ! |
| ! ! | ! ! |
| +-----+-----+-----+-----+ | +-----+-----+-----+-----+ |
| ! ! | ! ! |
| ! ! | ! ! |
| +-----+-----+-----+-----+ | +-----+-----+-----+-----+ |
| ! ! | ! ! |
| ! ! | ! ! |
| +-----+-----+-----+-----+ | +-----+-----+-----+-----+ |
| ! ! | ! ! |
| ! ! | ! ! |
| +-----+-----+-----+-----+ | +-----+-----+-----+-----+ |
| ! ! | ! ! |
| ! ! | ! ! |

4.5.5.1.2. Die Abschätzung der Szenarioparameter

Arbeitsplätze im Sektor Kleinverbrauch

In 4.5.3.3 haben wir die Entwicklung der Erwerbstätigen in München abgeschätzt. Nach den Zahlen des Planungsreferats (PLA-1970 bis 1980) ergibt sich im letzten Jahrzehnt der folgende Verlauf:

| 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

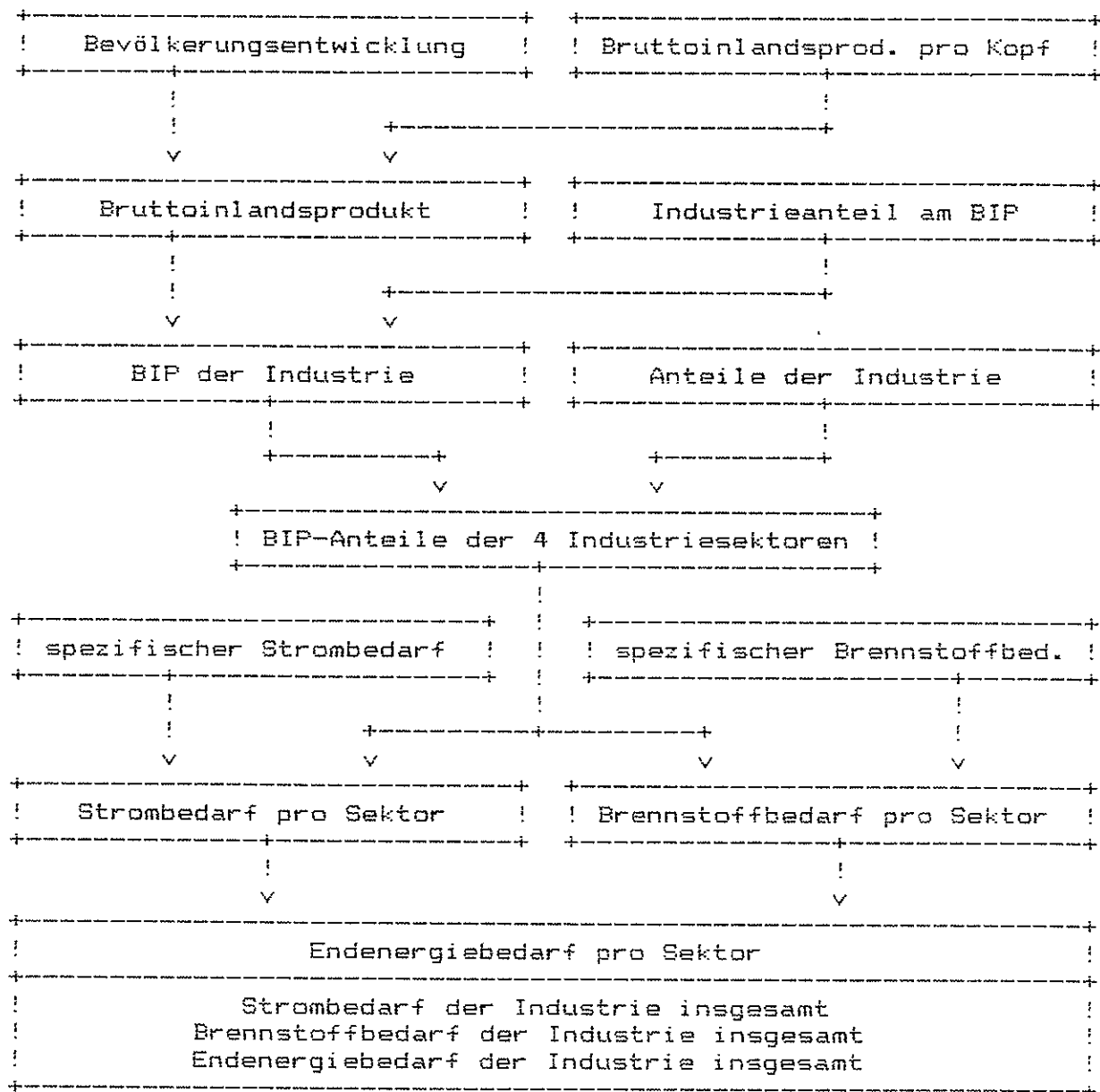
Durch Summation der Werte in den Anwendungsbereichen Raumwärme, Prozeßwärme und Licht und Kraft ergibt sich der zukünftige Strombedarf und der Bedarf an nichtelektrischen Energieträgern. Die Summe dieser beiden Werte führt zum gesamten Endenergiebedarf im Sektor Kleinverbrauch.

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 Planungserferat (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.

4.5.6.1. Der Berechnungsgang



Aus der Bevölkerungsentwicklung in München und der Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts (BIP) pro Kopf kann die zukünftige Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts in München abgeschätzt werden. Daraus ergibt sich bei Kenntnis des Industrieanteils am BIP das BIP der Industrie in München in DM und der zugehörige Entwicklungsindex. Mit entsprechenden Annahmen für die Aufteilung des BIP auf die 4 Industriesektoren und den Annahmen des ökoinstituts für die Einsparungen läßt sich sodann der Strom- und Brennstoffbedarf der Industrie errechnen. Als Ausgangswerte für die Entwicklungsberechnungen werden dabei die Zahlen des Planungsreferats eingesetzt.

4.5.6.2. Die Abschätzung der Szenarioparameter

Die Schätzung der Bevölkerungsentwicklung erfolgte bereits unter 4.5.3.1.

Die Entwicklung des BIP in München

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

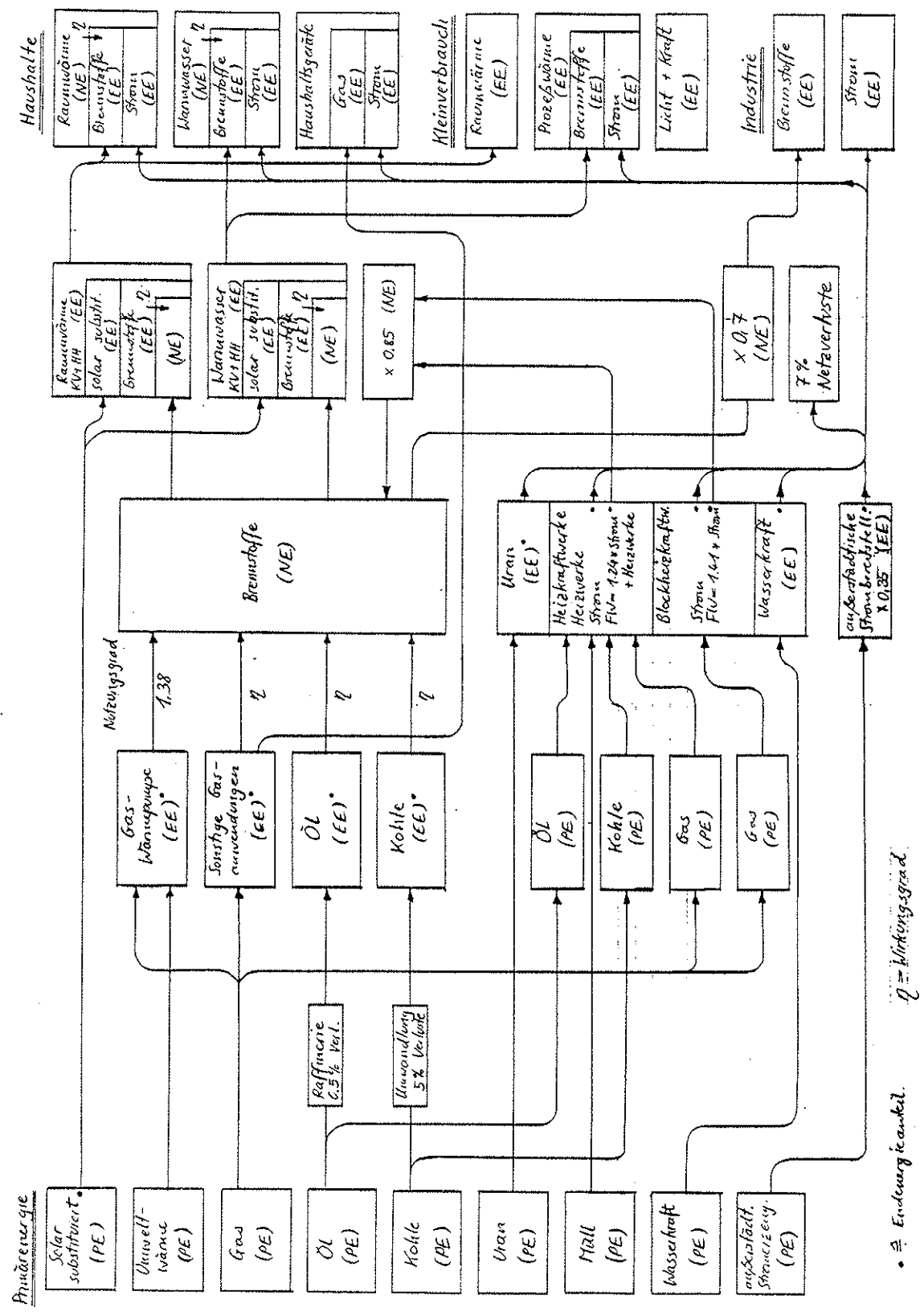


Bild 4-3: Berechnungsschema der Deckung

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 |

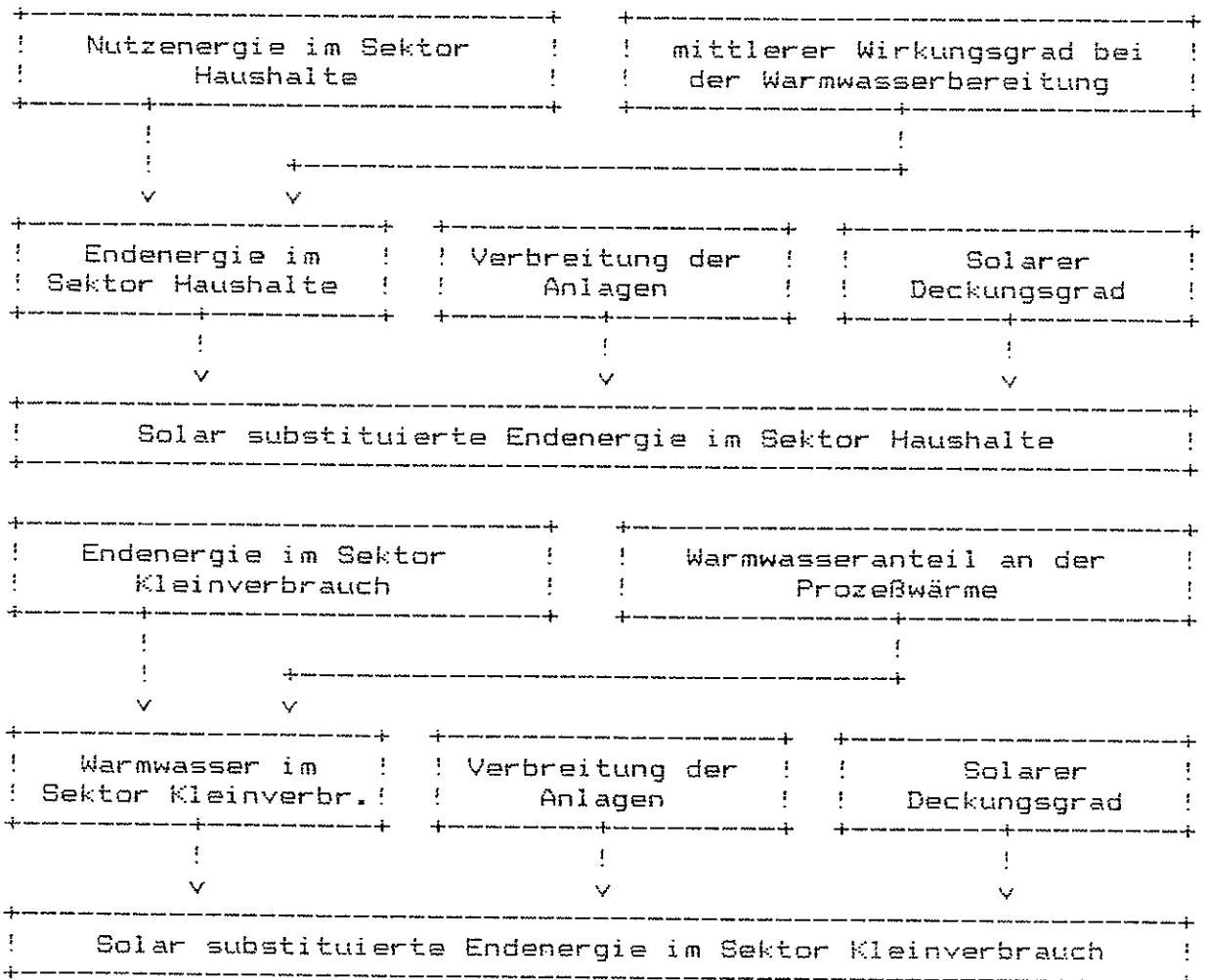
Nun bleibt noch das Problem der Aufteilung auf die verschiedenen Einsatzstoffe zu lösen. Die Vorgehensweise ist je nach Variante verschieden und daher in den folgenden Kapiteln beschrieben. Bei den Blockheizkraftwerken gehen wir pauschal von Gas aus, da andere Techniken wie Kohlestaubmotoren oder Ähnliches erst in Entwicklung sind und ihr Einsatz daher nicht absehbar ist.

4.5.8.4. Die Nutzung der Solarenergie

Das zugehörige Berechnungsprotokoll ist in Anhang C zu finden. Sowohl für die Warmwasserbereitung, als auch für die Raumheizung wird das jeweilige Potential abgeschätzt.

Warmwasserbereitung

In Kapitel 3 haben wir aufgezeigt, daß solare Warmwassererzeugung in den meisten Fällen heute bereits wirtschaftlich ist. Wir legen zur Abschätzung des Potentials das folgende Berechnungsschema zugrunde:



Zur Verbreitung rechnen wir 3 verschiedene Varianten: Eine obere und untere Variante, die unserer Einschätzung nach dem maximalen bzw. minimalen Anteil der solaren Brauchwasserbereitung entspricht, sowie eine Variante, bei der die Stadt durch geeignete Maßnahmen (Modellvorhaben, Beratung, etc.) die Einführung von so-

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-

terbringung der Kollektorfläche bei MFH. Wie wir bereits in Kapitel 3 dargestellt haben, können sich dennoch bei der Unterbringung der erforderlichen Kollektorfläche auf MFH Probleme ergeben, sodaß wohl nicht bei allen MFH die erforderliche Kollektorfläche untergebracht werden kann. Da wir jedoch nur beim Typ III vom Einbau von Solaranlagen zu Heizzwecken ausgehen, scheint es uns gerechtfertigt, bei EFH und MFH von einem gleich großen solaren Deckungsanteil von 70 % auszugehen. Somit läßt sich nun aus der Entwicklung der Gesamtwohnfläche (I_{wf}) der Anzahl der Normhäuser (A_i), dem Anteil der Häuser des Typs III an den Normhäusern (I_{3i}), dem Anteil der Häuser des Typs 3 mit Solaranlage (I_s), dem mittleren Energiebedarf der Häuser zur Raumheizung (E_{ri}), dem solaren Deckungsanteil (d_i) und einem Umrechnungsfaktor f_i die durch Solaranlagen eingesparte Energiemenge berechnen: ($i=EFH, MFH$)

$$E_i = A_i * I_{wf} * I_{3i} * I_s * E_{ri} * d_i * 10.12 \text{ kWh/l} \quad \text{oder}$$

$$E_i = I_{wf} * I_{3i} * I_s * f_i \quad \text{mit}$$

$$f_i = A_i * E_{ri} * d_i * 10.12 \text{ kWh/l}$$

$$f_{EFH} = 808\,726 \text{ MWh}$$

$$f_{MFH} = 2099\,164 \text{ MWh}$$

Die Ergebnisprotokolle sind in Anhang C zu finden. Das zugrundeliegende Berechnungsschema ergibt sich aus den vorher aufgeführten Formeln:

| | | | |
|---|------------------------------|------------------|---|
| +-----+ +-----+ | | +-----+ | |
| ! Anzahl der Norm-Einfami- | ! ! Anteil des Haustyps III | ! | |
| ! lienhäuser (100 m2) | ! ! | ! | |
| +-----+ +-----+ | | +-----+ | |
| ! | ! | ! | |
| ! | +-----+ | ! | |
| ∨ | ∨ | ! | |
| +-----+ +-----+ | | +-----+ | |
| ! Solar zu beheizende | ! ! spezifischer Wärmebedarf | ! | |
| ! Normhäuser | ! ! | ! | |
| +-----+ +-----+ | | +-----+ | |
| ! | ! | ! | |
| ! | +-----+ | ! | |
| ∨ | ∨ | ! | |
| +-----+ +-----+ +-----+ | | +-----+ | |
| ! Wärmebedarf | ! ! Verbreitung der | ! ! Solarer | ! |
| ! zur Raumheizung | ! ! Anlagen | ! ! Deckungsgrad | ! |
| +-----+ +-----+ +-----+ | | +-----+ | |
| ! | ! | ! | ! |
| ∨ | ∨ | ∨ | ∨ |
| +-----+ +-----+ +-----+ | | +-----+ | |
| ! Solar substituierte Endenergie bei Einfamilienhäusern | | | |
| +-----+ +-----+ | | +-----+ | |

| | | | |
|--|---------|------------------------------|--|
| ! 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 ! | |
| ! ! | | ! Solarer ! | |
| ! ! | +-----+ | ! Deckungsgrad ! | |
| 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. Öl 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 übr-

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 | steigt stark | steigt stark | mäßig steigt stark | mäßig steigt stark |
| Komfort | steigt stark | steigt stark | bleibt wie heute | bleibt wie heute |
| Warmwasserverbrauch/Kopf+Tag | 35 l ... 50 l | 35 l ... 50 l | 35 l wie heute | 35 l wie heute |
| Wohnfläche/Kopf | + 35 % | + 35 % | + 23 % | + 23 % |
| Arbeitsfläche/Beschäftigten | + 40 % | + 40 % | + 30 % | + 30 % |
| <u>Technische Verbesserungen</u> | | | | |
| Wirkungsgrad bei Raumheizung | mäßig (Trend) 63 % ... 85 % | stark 63 % ... 93 % | stark 63 % ... 93 % | sehr stark 63 % ... 93 % |
| bei Warmwasserbereitung | 52 % ... 73 % | 52 % ... 80 % | 52 % ... 80 % | 52 % ... 80 % |
| bei Haushalten | | | | |
| bei Haushaltsgeräten | mäßig (Trend) | geeignete Auswahl 3) | geeignete Auswahl 3) | stark |
| Geräte mit HW-Anschluß | 0 % ... 40 % | 0 % ... 80 % | 0 % ... 80 % | 0 % ... 100 % |
| Wärmerückgewinnung | 0 % ... 0 % | 0 % ... 8 % | 0 % ... 8 % | 0 % ... 23 % |
| Wärmedämmung | nach WSchVO 4) | stark | stark | 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 | 18 % ... 25 % | 18% .. 0 % ab 2010 | 18% .. 0 % ab 2010 | 18% ... 0 % ab 2010 |
| bei Kleinverbrauchern | | | | |
| 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 | ja | nein | nein | nein |
| außerstädtischer Stromanteil | 30 % ... 30 % | 30 % .. 0 % ab 2030 | 30 % .. 0 % ab 2020 | 30 % .. 0 % ab 2020 |
| Blockheizkraftwerke | nein | ja (20 % bis 2030) | ja (20 % bis 2030) | ja (20 % bis 2030) |
| Solarenergie bei Raumwärme | 0 % ... 0,5 % | 0 % ... 5 % | 0 % ... 5 % | 0 % ... 33 % |
| 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

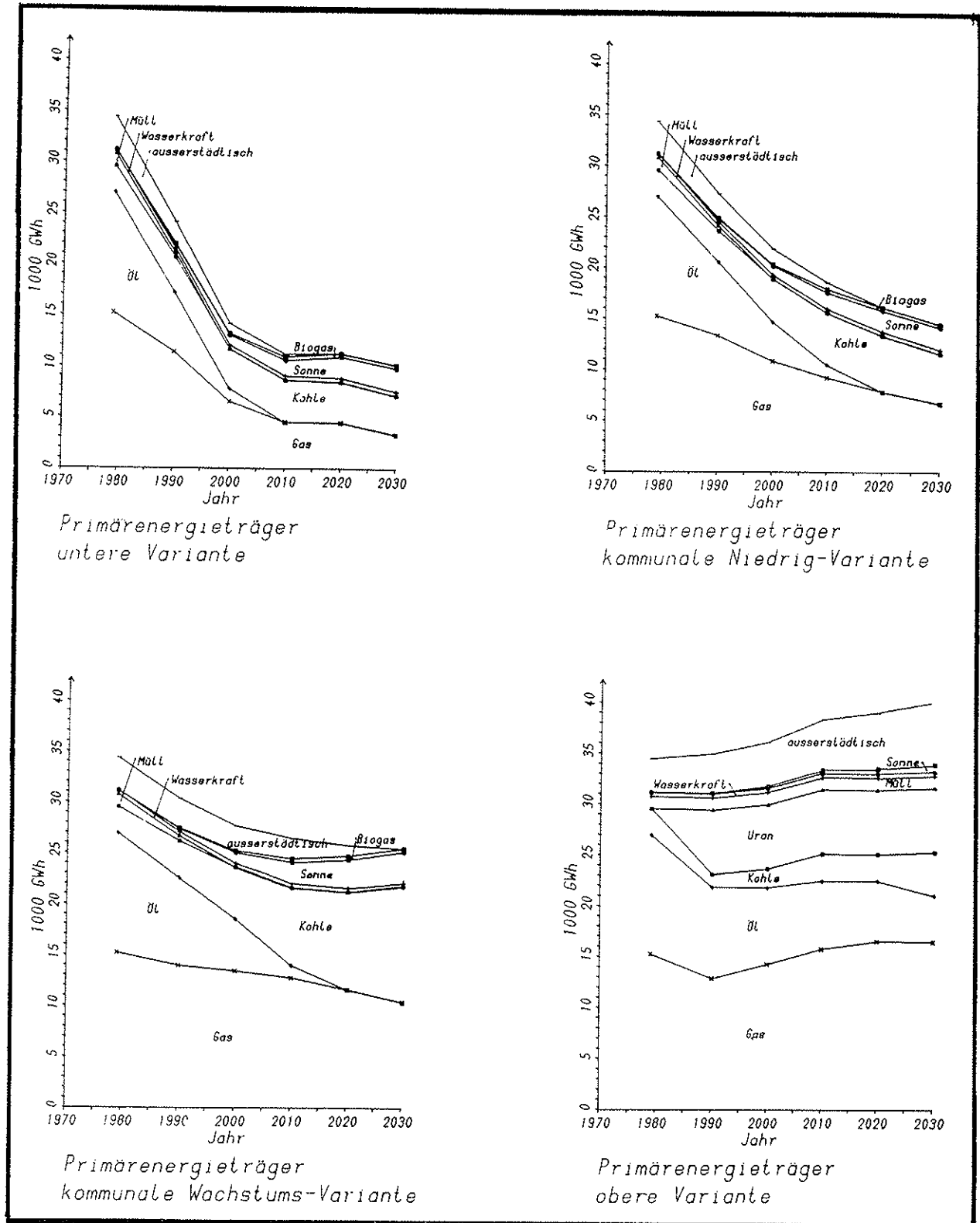


Bild 4-5: Primärenergie: Die vier Varianten im Vergleich

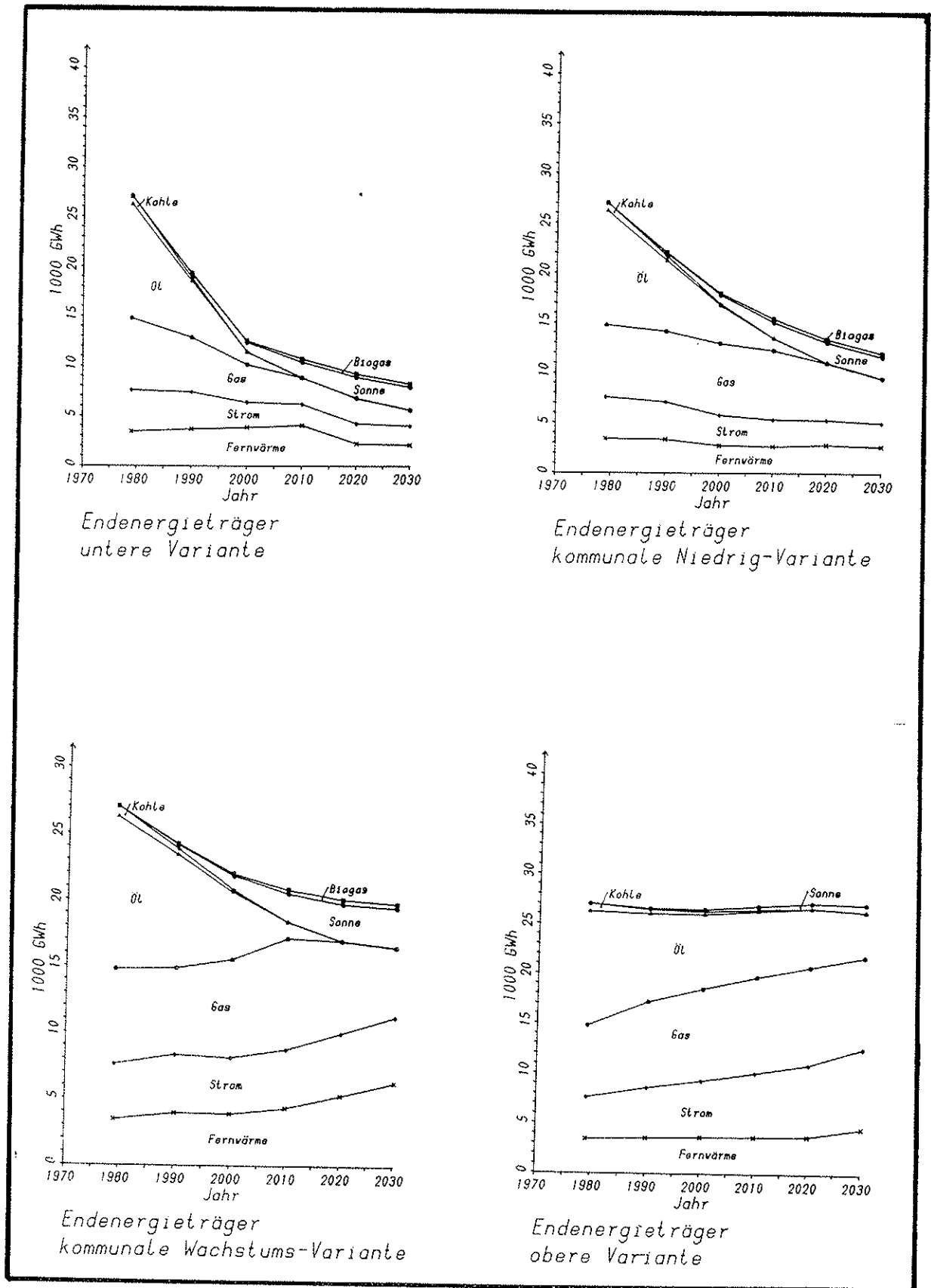


Bild 4-6: Endenergie: Die vier Varianten im Vergleich

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-

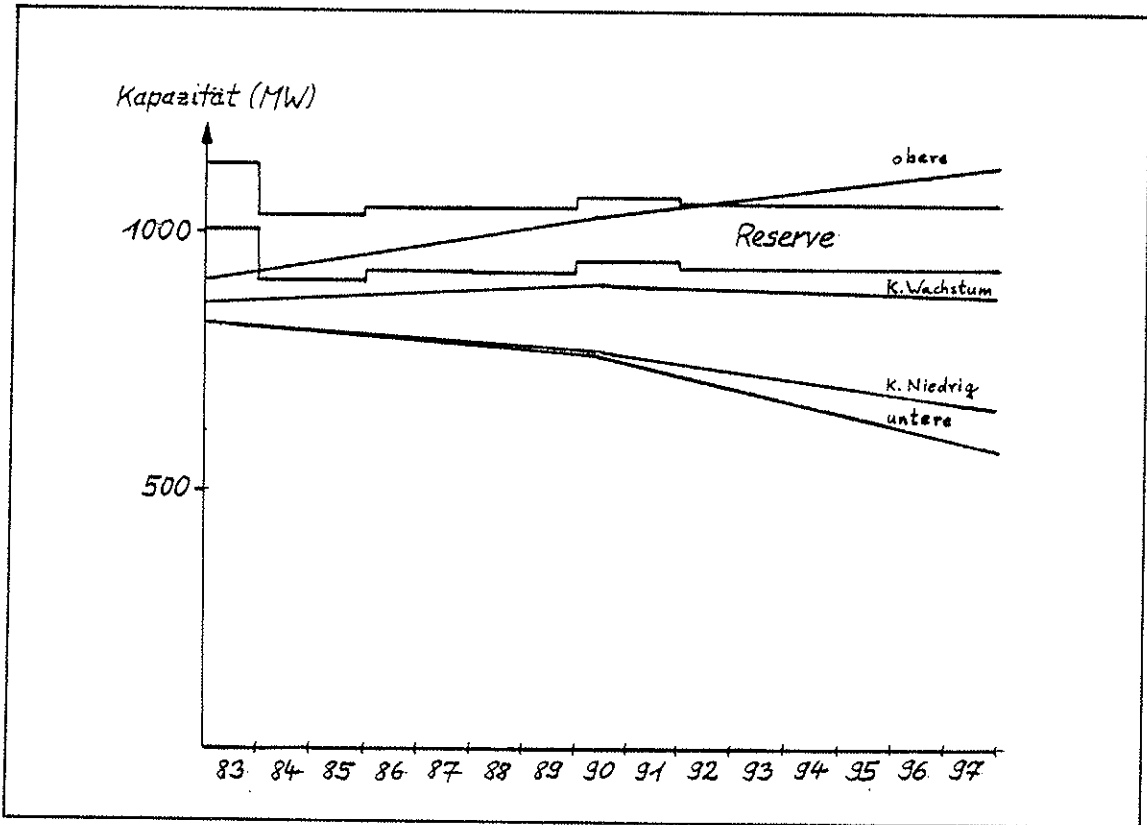


Bild 4-7: Kraftwerkskapazität und Spitzenlast (ohne Ohu II)

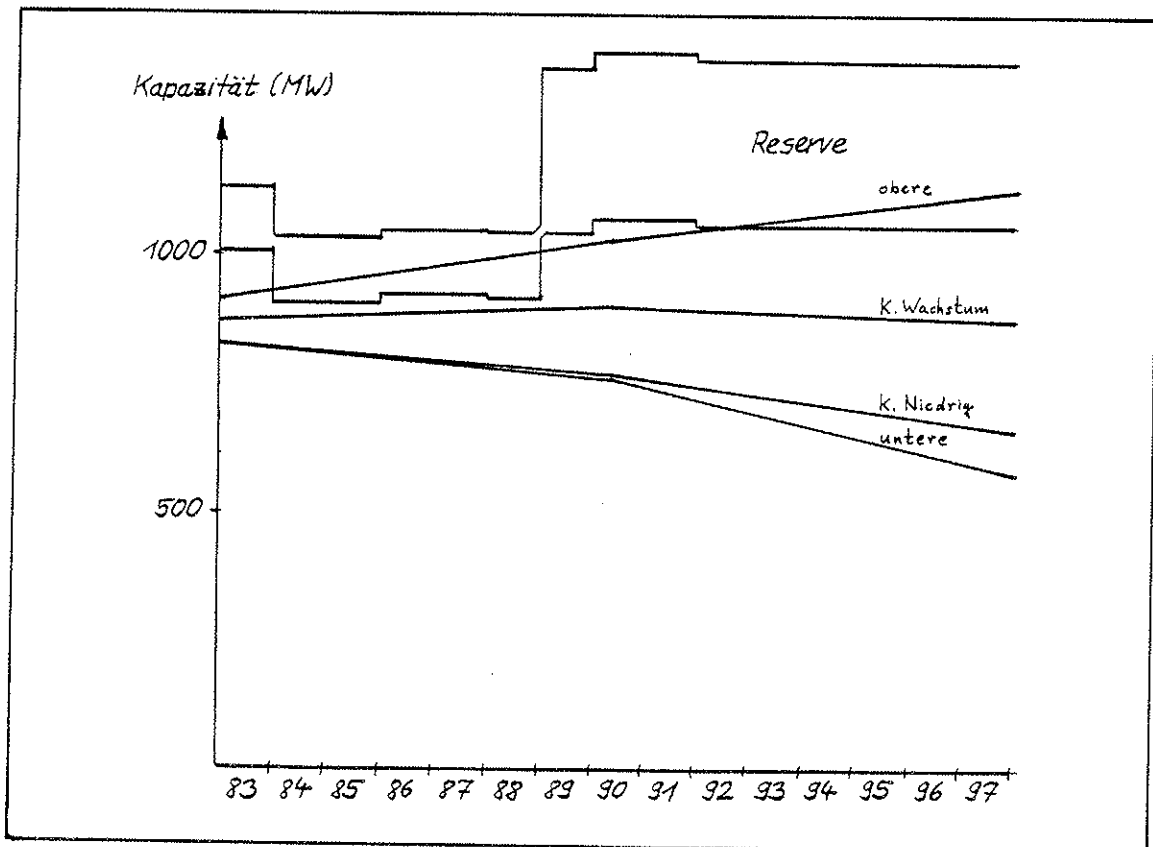


Bild 4-8: Kraftwerkskapazität und Spitzenlast (mit Ohu II)

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 ! | | | |
|--------------------------|----------------|---------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|----------|-----------|
| | ! Bez. ! | ! absolut % ! | ! absolut % ! | ! 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.

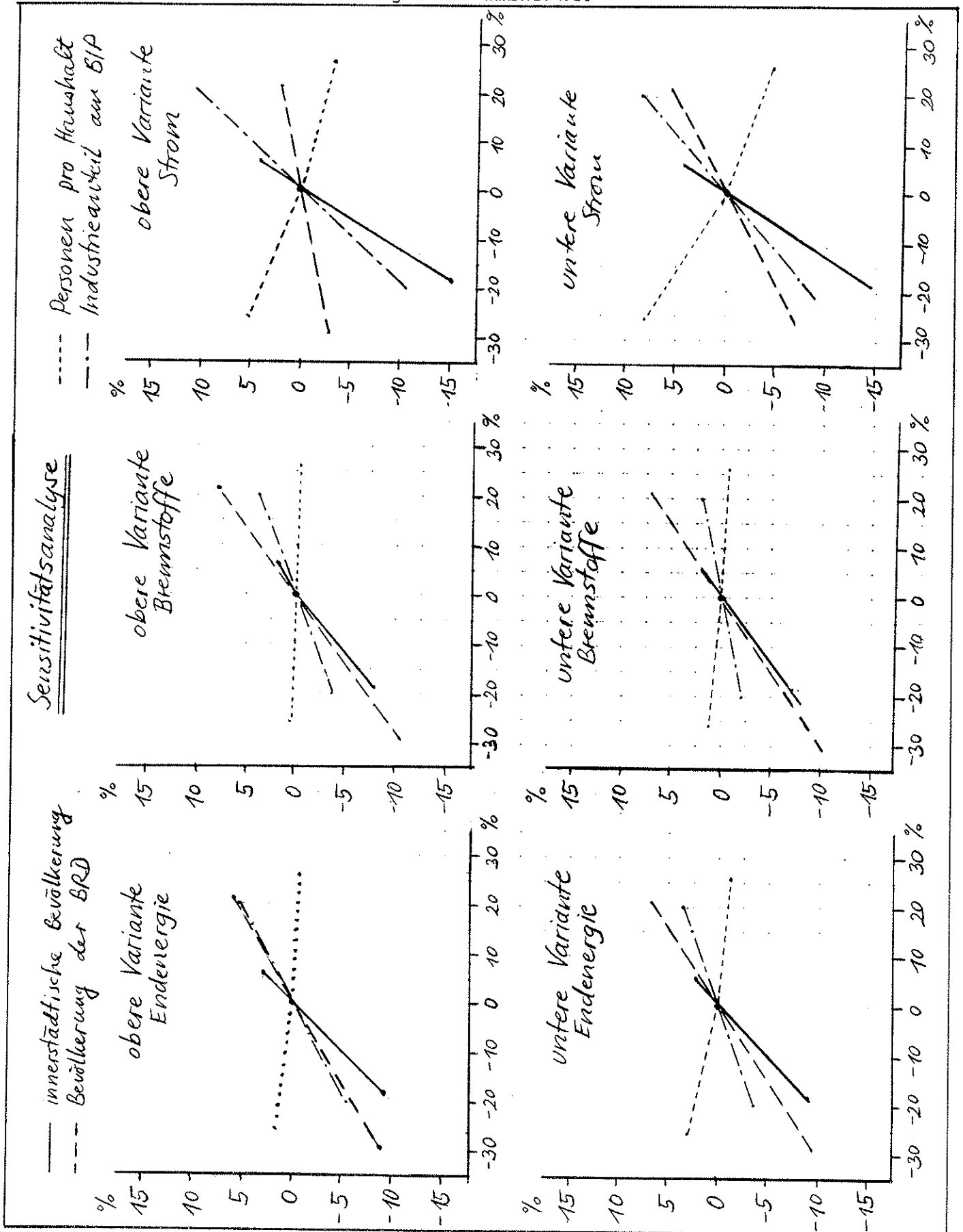


Bild 4-9a: Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse

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):

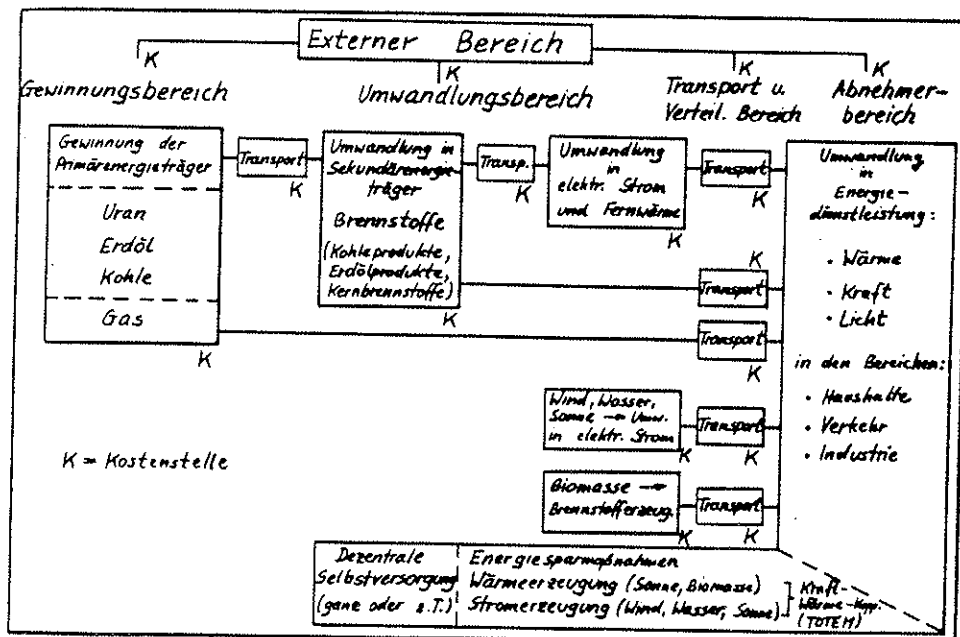


Bild 4-9: Energieflußbild unter Kostengesichtspunkten

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:

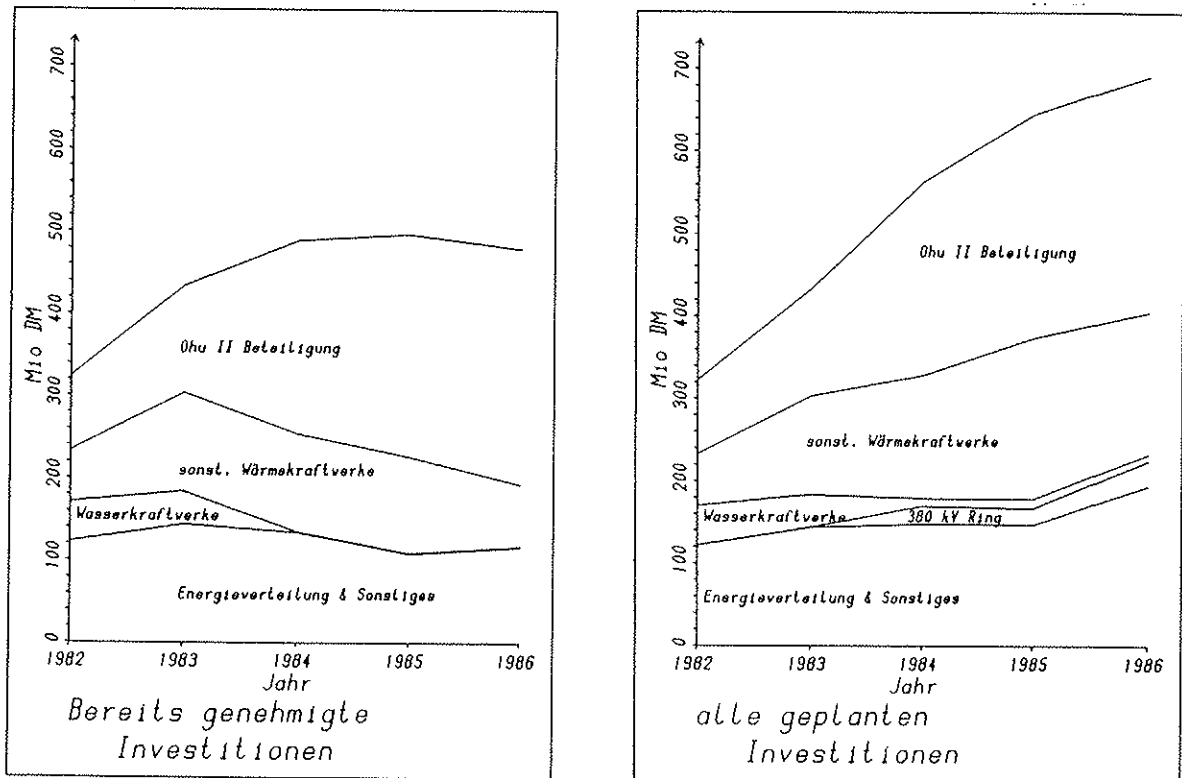


Bild 4-10: Zukünftige Investitionen der Elektrizitätswerke

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.

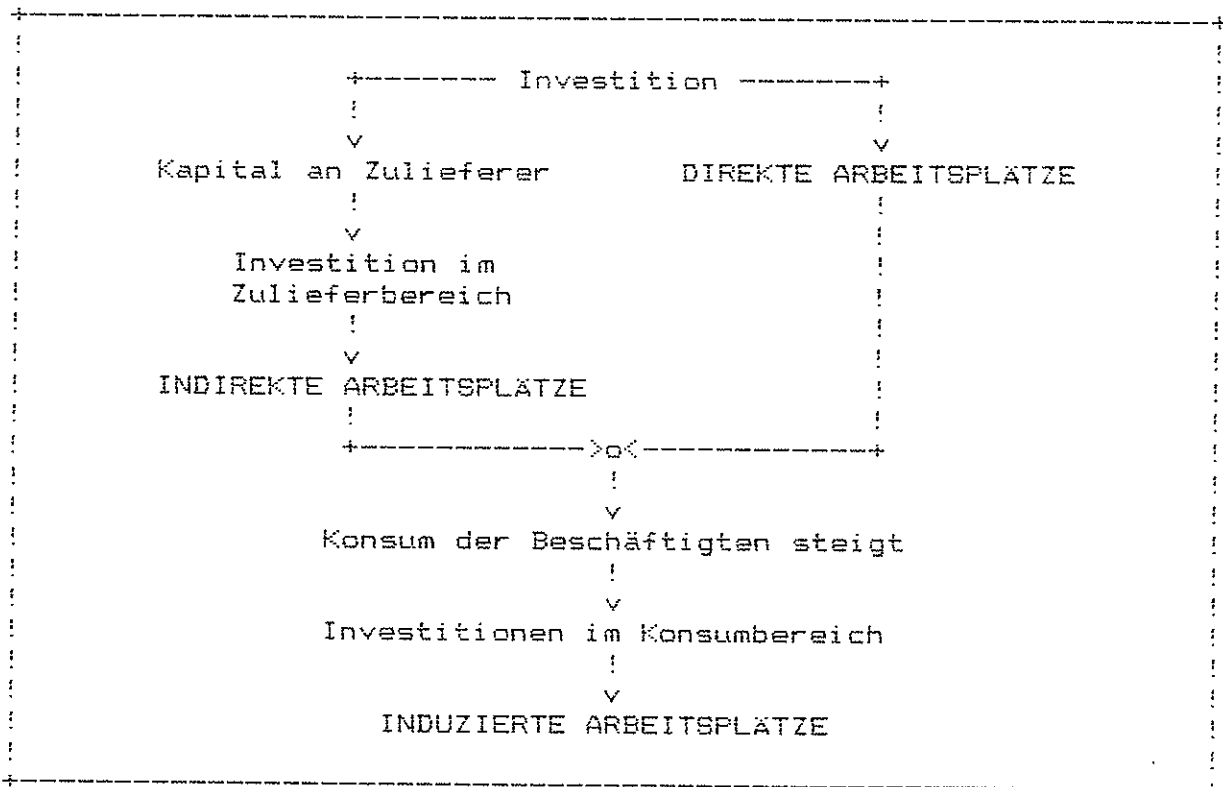
Wolfgang Klauder, Mitarbeiter am Institut für Arbeitsmarkt und Berufsforschung (IAB), zeigt in einer Reihe von Veröffentlichungen (KLA1 bis KLA4) auf, daß sich Wirtschaftswachstum und Vollbeschäftigung prinzipiell mit verschiedenen Energieversorgungsstrukturen verwirklichen lassen. Investitionen zur 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 | 489 | 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.

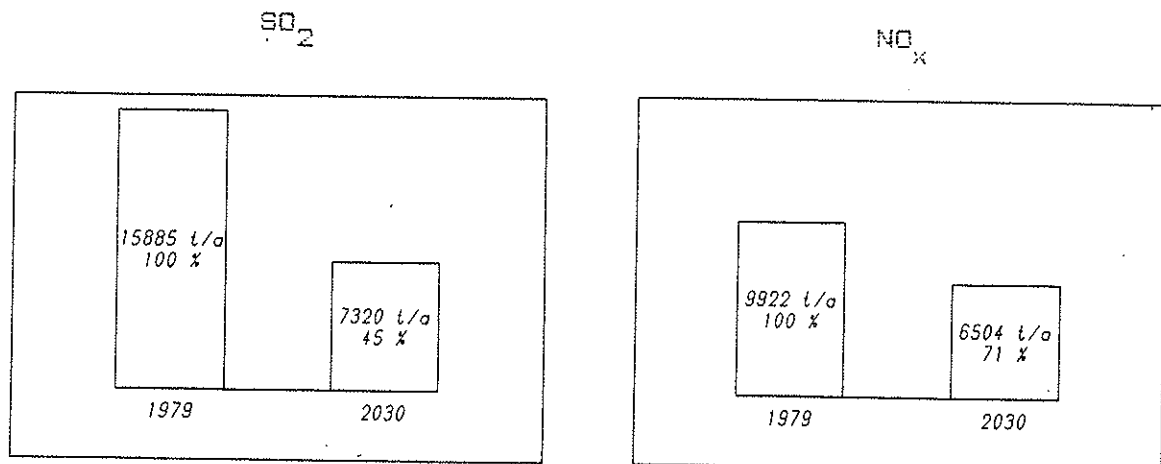


Bild 4-11: Verbesserungen durch starke Reduktion des Energieverbrauchs (gleiche Technik wie heute, untere Variante)

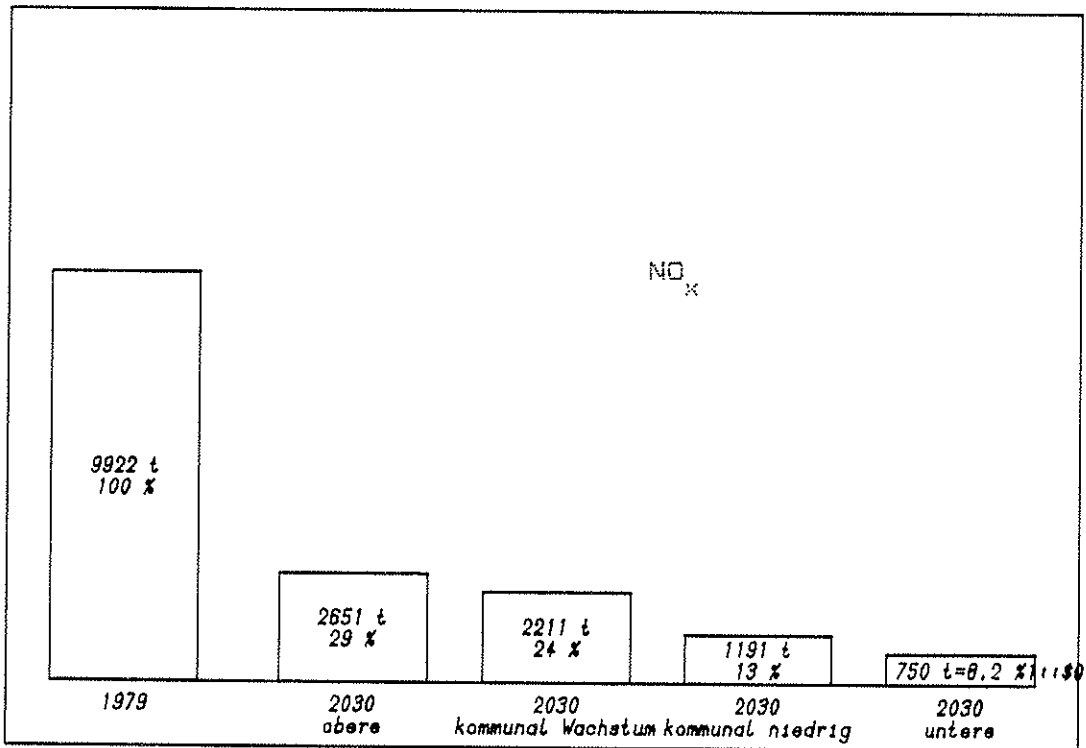
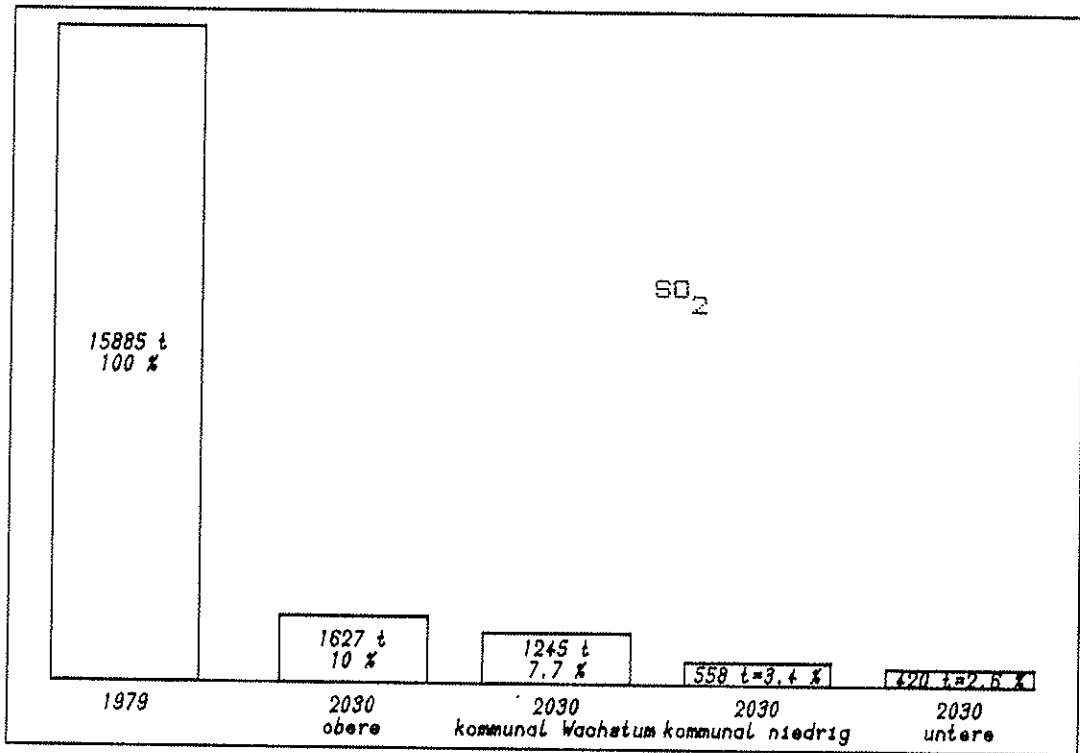


Bild 4-12: Verbesserung durch stark verbesserte, aber für alle Varianten gleiche Technik

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.

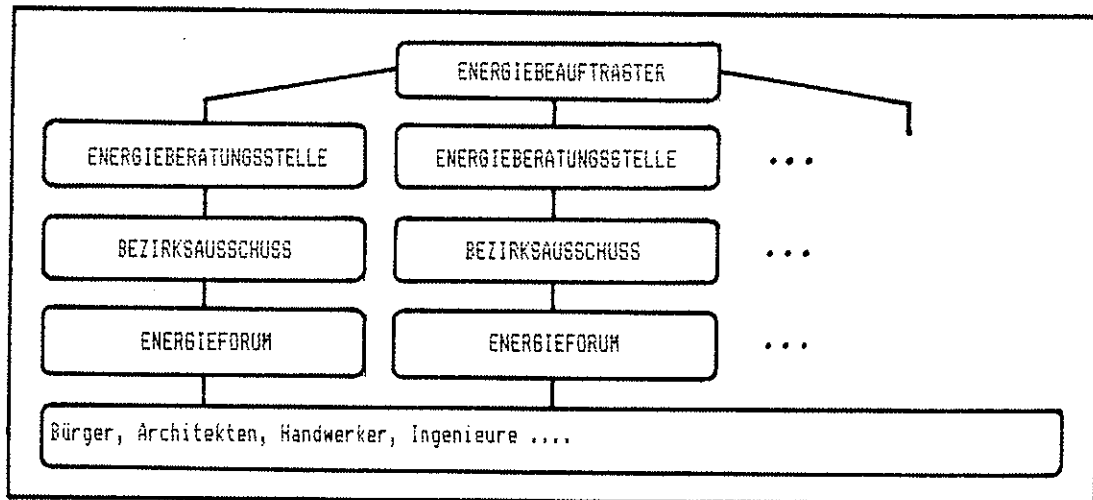


Bild 5-1: Vorschlag für die organisatorische Struktur

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 soviele 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/m² abgeben, liefert die Rechnung mit Mittelwerten, daß man den Bedarf vollständig mit 10 m² Fläche decken kann. Die zeitlich aufgelöste Rechnung ergibt eine solare Deckung von 50 % bei 5 m² 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:

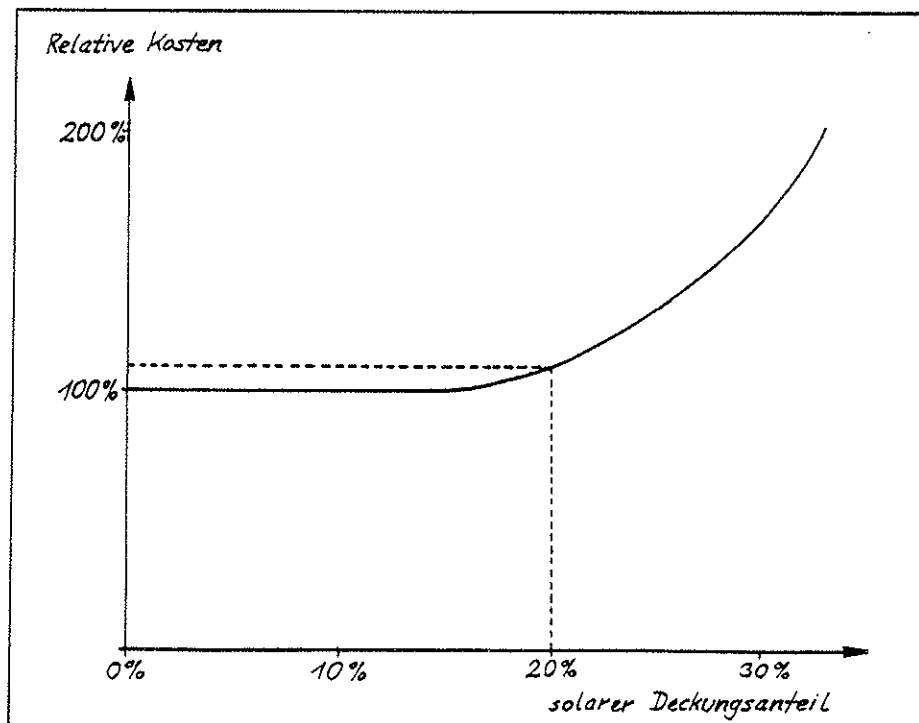


Bild 6-1: Relative Kosten in Abhängigkeit vom Deckungsanteil

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 | 567200 | | | | | | | |
| 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 | 576,10 | 94,30 | 670,40 GWh | 3,16 | |
| | 71,79 | 3,55 | 5,52 | 85,93 | 14,07 | 100,00 T | | |
| Investitionsqueter | 377,00 | 76,30 | 852,40 | 1448,10 | 440,30 | 1888,40 GWh | 8,91 | |
| | 19,36 | 4,04 | 45,14 | 76,68 | 23,32 | 100,00 T | | |
| Verbrauchsqueter | 173,50 | 6,40 | 20,40 | 205,10 | 85,90 | 291,00 GWh | 1,37 | |
| | 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 | 4,43 |
| (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 | 17,88 |
| | 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 | 993,80 GWh | | 4,33 | |
| | 20,41 | 20,41 | 70,41 | 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 | 567200 | | | | | | | |
| 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 | 564,80 | 102,80 | 667,60 GWh | 2,91 | |
| | 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 | 9,08 |
| | 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 | 1,35 |
| | 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 | 4,12 |
| (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 | 4008,20 GWh | 17,47 |
| | 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 Planungsausschusses)

| | Öl-El | Kohle | Gas | Fernw. n.ichtel. | Strom | Summe | in T | |
|-----------------------------------|-----------------|---------|-------------|------------------|---------|--------------|-------------|-------|
| Einwohner | : 1338400 | | | | | | | |
| Temperaturfaktor | : 1.0312 | | | | | | | |
| BIP in Bayern | : 114.7 Mrd. DM | | | | | | | |
| BIP in Muenchen | : 25.2 Mrd. DM | | | | | | | |
| 1) Haushalte | | | | | | | | |
| Wohnungen beheizt mit | 331500 (in Öl) | 100660 | 44700 | 476200 | 11500 | 487700 | | |
| | 67.97 (in Öl) | 20.50 | 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 | 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 Produktionsqueter | 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 | | |
| Investitionsqueter | 355.00 | 49.00 | 1911.10 | 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 | |
| Verbrauchsqueter | 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 Genussqueter | 383.60 | 297.30 | 188.20 | 17.40 | 886.50 | 96.90 | 983.40 GWh | 4.25 |
| (ohne Käsereien und Molkereien) | 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 Planungsausschusses)

| | Öl-El | Kohle | Gas | Fernw. n.ichtel. | Strom | Summe | in T | |
|-----------------------------------|------------------|---------|---------|------------------|----------|--------------|-------------|-------|
| Einwohner | : 1338900 | | | | | | | |
| Temperaturfaktor | : .9437 | | | | | | | |
| BIP in Bayern | : (19.8 Mrd. DM) | | | | | | | |
| BIP in Muenchen | : 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 | 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 Produktionsqueter | 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 | |
| Investitionsqueter | 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 | |
| Verbrauchsqueter | 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 Genussqueter | 462.10 | 115.00 | 248.30 | 23.80 | 846.20 | 94.30 | 940.50 GWh | 3.83 |
| (ohne Käsereien und Molkereien) | 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 | 5257.10 | 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 | 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 | 47,72 | 9,71 | 74,63 | 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 |
| | 71,83 (in Öl) | 15,59 | 10,50 | 97,89 | 2,11 | 100,00 T | | |
| Prozessw. + Licht + Kraft | 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 | 10,38 | 86,52 | 13,48 | 160,00 T | | |

ENERGIEVERBRUCH Muenchens von 1975

(nach Daten des Planungsreferats)

| | Bel-EL | Kohle | Gas | Ferrow. nichtel. | Strom | Summe | in % | |
|--|------------------|---------|---------------|------------------|---------|--------------|-------------|-------|
| Erwoehner | 1314900 | | 124.6 Mrd. DM | | | | | |
| Temperaturfaktor | 1.041 | | 25.3 Mrd. DM | | | | | |
| 1) Haushalte | | | | | | | | |
| Wohnungen beheizt mit | 348000 (in Oel) | 116380 | 59000 | 523500 | 23200 | 546500 | | |
| | 63.68 (in Oel) | 21.28 | 10.88 | 95.75 | 4.25 | 100.00 % | | |
| Raumheizung mit | 6231.90 (in Oel) | 1406.66 | 891.70 | 8529.60 | 208.40 | 8738.00 GWh | 36.29 | |
| | 71.32 (in Oel) | 16.09 | 10.20 | 97.62 | 2.38 | 100.00 % | | |
| Prozessw. + Licht + Kraft | 150.60 | | 150.60 | | 928.30 | 1078.90 GWh | 4.48 | |
| | 13.96 | | 13.96 | | 88.04 | 100.00 % | | |
| Endenergie der Haushalte | 6231.90 | 1556.66 | 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 | | | | | | | | |
| Erwerbstaeatige: | 587400 | | | | | | | |
| Endenergie im Kleinverbrauch | 4644.80 (in Oel) | 2863.00 | 1397.10 | 8902.90 | 1554.50 | 10257.40 GWh | 42.60 | |
| | 45.28 (in Oel) | 27.89 | 13.62 | 86.79 | 13.21 | 100.00 % | | |
| 3) Industrie | | | | | | | | |
| Grundstoffe und Produktionsgueter | 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 % | |
| Investitionsgueter | 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 % | |
| Verbrauchsgueter | 157.60 | .10 | 28.80 | 6.60 | 192.50 | 90.50 | 283.00 GWh | 1.18 |
| | 55.48 | .04 | 10.18 | 2.32 | 68.62 | 31.98 | 100.00 % | |
| Naehrungs- und Genussgueter (ohne Kaeasereien und Moelkereten) | 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 | |
| | 58.07 | 25.13 | 10.76 | 85.95 | 14.65 | 100.00 % | | |

ENERGIEVERBRUCH Muenchens von 1976

(nach Daten des Planungsreferats)

| | Bel-EL | Kohle | Gas | Ferrow. nichtel. | Strom | Summe | in % | |
|--|------------------|---------|---------------|------------------|---------|--------------|-------------|-------|
| Erwoehner | 1314600 | | 132.9 Mrd. DM | | | | | |
| Temperaturfaktor | 1.0161 | | 26.6 Mrd. DM | | | | | |
| 1) Haushalte | | | | | | | | |
| Wohnungen beheizt mit | 343700 (in Oel) | 118260 | 63600 | 525500 | 25500 | 551060 | | |
| | 62.38 (in Oel) | 21.45 | 11.54 | 95.37 | 4.63 | 100.00 % | | |
| Raumheizung mit | 6873.10 (in Oel) | 1424.90 | 1100.60 | 9398.60 | 212.30 | 9610.90 GWh | 36.94 | |
| | 71.51 (in Oel) | 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 | | | | | | | | |
| Erwerbstaeatige: | 593700 | | | | | | | |
| Endenergie im Kleinverbrauch | 4708.30 (in Oel) | 3356.00 | 1572.60 | 9636.90 | 1445.90 | 11082.80 GWh | 42.60 | |
| | 42.48 (in Oel) | 30.28 | 14.19 | 86.95 | 13.05 | 100.00 % | | |
| 3) Industrie | | | | | | | | |
| Grundstoffe und Produktionsgueter | 338.10 | 2.50 | 166.00 | 62.80 | 569.40 | 118.20 | 687.60 GWh | 2.64 |
| | 49.17 | .36 | 24.14 | 9.13 | 82.81 | 17.19 | 100.00 % | |
| Investitionsgueter | 261.90 | 3.79 | 1214.50 | 255.80 | 1715.90 | 644.50 | 2360.40 GWh | 9.07 |
| | 11.10 | .16 | 51.45 | 9.99 | 72.70 | 27.30 | 100.00 % | |
| Verbrauchsgueter | 158.90 | .10 | 55.10 | 8.50 | 222.60 | 98.90 | 321.50 GWh | 1.24 |
| | 49.42 | .03 | 17.14 | 2.64 | 69.24 | 30.76 | 100.00 % | |
| Naehrungs- und Genussgueter (ohne Kaeasereien und Moelkereten) | 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 | 963.50 | 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 | 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 | 9868.60 | 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 | 18.50 | 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 % | | |

ENERGIEVERBRAUCH Münchens 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 | 1819.70 | 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 | 43.98 | |
| | | | 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 % | |
| Nährungs- 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 % | | |

ENERGIEVERBRAUCH Münchens 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 | | | 327300 (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 % | |
| Nährungs- 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 % | | |

| | 1973 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|----------------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| ALLGEMEINE DATEN | | | | | | | |
| Die Bevölkerungsentwicklung | absolut | 1336576 | 1298941 | 1221005 | 1159954 | 1113556 | 1080449 |
| in München | Z / 10 a | -6,00 | -5,00 | -4,00 | -3,00 | -2,00 | -2,00 |
| Die Bevölkerung in der BRD | in Mio. | 62,00 | 60,50 | 59,00 | 57,00 | 55,70 | 54,70 |
| Die Haushaltsentwicklung | 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 | 84 | 85 |
| Wirkungsgrad Warmwassererzeugung | in % | 52 | 62 | 67 | 69 | 71 | 73 |

| | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|--|--------------------|------|------|------|------|------|------|
| 2. HAUSHÄLTER | | | | | | | |
| Verbreitung der Haushaltsgeräte | | | | | | | |
| Kühlschrank | in % der Haushalte | 80 | 88 | 92 | 94 | 95 | 96 |
| Gefriergerät | in % der Haushalte | 18 | 27 | 38 | 45 | 48 | 49 |
| Waschmaschine | in % der Haushalte | 57 | 64 | 73 | 82 | 87 | 90 |
| Spülmaschine | in % der Haushalte | 12 | 22 | 38 | 48 | 56 | 59 |
| Elektroherd | in % der Haushalte | 68 | 68 | 70 | 72 | 75 | 78 |
| Wäschetrockner | in % der Haushalte | 6 | 8 | 13 | 16 | 18 | 19 |
| Fernseher s/w | in % der Haushalte | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Fernseher farbe | in % der Haushalte | 46 | 53 | 65 | 75 | 83 | 88 |
| sonst. Kleingeräte | in % der Haushalte | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Beleuchtung | in % der Haushalte | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| zukünft. Anwendungen | in % der Haushalte | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

| | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Technische Verbesserungen | | | | | | | |
| Kühlschrank | in % | 100 | 100 | 90 | 70 | 70 | 70 |
| Gefriergerät | in % | 100 | 100 | 90 | 70 | 70 | 70 |
| Waschmaschine | in % | 100 | 100 | 87 | 60 | 60 | 60 |
| Spülmaschine | in % | 100 | 100 | 87 | 60 | 60 | 60 |
| Elektroherd | in % | 100 | 100 | 95 | 85 | 85 | 85 |
| Wäschetrockner | in % | 100 | 100 | 90 | 70 | 70 | 70 |
| Fernseher s/w | in % | 100 | 100 | 93 | 80 | 80 | 80 |
| Fernseher farbe | in % | 100 | 100 | 60 | 50 | 40 | 40 |
| sonst. Kleingeräte | in % | 100 | 100 | 97 | 90 | 90 | 90 |
| Beleuchtung | in % | 100 | 100 | 95 | 85 | 85 | 85 |

| | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Konfortsteigerungen | | | | | | | |
| Kühlschrank | in % | 100 | 110 | 124 | 135 | 142 | 147 |
| Gefriergerät | in % | 100 | 102 | 105 | 107 | 107 | 107 |
| Waschmaschine | in % | 100 | 110 | 120 | 128 | 128 | 128 |
| Spülmaschine | in % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Elektroherd | in % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Wäschetrockner | in % | 100 | 108 | 120 | 128 | 136 | 140 |
| Fernseher s/w | in % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Fernseher farbe | in % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| sonst. Kleingeräte | in % | 100 | 110 | 137 | 150 | 167 | 186 |
| Beleuchtung | in % | 100 | 100 | 110 | 120 | 120 | 120 |

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 | 60 | 50 | 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

| | 1973 | 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 |

Investitionsquaterindustrie

| | 1973 | 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 |

Verbrauchsquaterindustrie

| | 1973 | 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

| | 1973 | 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 |
|--|------|------|------|------|------|------|
| Stromanteil bei Raumwärme (Haushalte) | 3 | 6 | 9 | 11 | 13 | 15 |
| Stromanteil bei Warmwasser (Haushalte) | 18 | 20 | 22 | 24 | 25 | 25 |

| | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Entwicklung des Nutzenergiebedarfs | | | | | | | |
| Wärmemaschinen | | | | | | | |
| mit getrennter Warmwassererzeugung | 0 | 0 | 0 | 7 | 16 | 27 | 35 |
| spez. Bedarf pro Haushalt in kWh | 0 | 0 | 0 | 1465 | 595 | 595 | 595 |
| zus. Wärmeenergiebedarf gesamt in kWh | 0 | 0 | 0 | 46 | 45 | 77 | 101 |
| Spezialmaschinen | | | | | | | |
| mit getrennter Warmwassererzeugung | 0 | 0 | 0 | 7 | 16 | 27 | 35 |
| spez. Bedarf pro Haushalt in kWh | 0 | 0 | 0 | 1104 | 590 | 590 | 590 |
| zus. Wärmeenergiebedarf gesamt in kWh | 0 | 0 | 0 | 18 | 26 | 49 | 65 |
| Summe Wasch- und Spezialmaschinen in kWh | 0 | 0 | 0 | 64 | 71 | 127 | 166 |
| Dusch- und Badewascherbedarf | | | | | | | |
| Verbrauch pro Kopf und Tag | 35 | 35 | 40 | 45 | 50 | 50 | 50 |
| Bevölkerungszahl | 1314865 | 1298941 | 1221005 | 1159954 | 1113556 | 1080149 | 1058546 |
| Wärmemaschinenbedarf gesamt in kWh | 672 | 664 | 713 | 762 | 813 | 789 | 773 |
| Summe des Netto-Nutzenergiebedarfs in kWh | 672 | 664 | 777 | 833 | 940 | 954 | 962 |
| Index | 100 | 99 | 116 | 124 | 140 | 142 | 143 |
| Wärmereckgewinnung | | | | | | | |
| Anteil der Neubauten | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Rückgewinnung | 0 | 0 | 20 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Bedarf in Neubauten | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Anteil der Altbauten | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| davon mit Wärmereckgewinnung | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Rückgewinnung | 0 | 0 | 10 | 26 | 20 | 20 | 20 |
| Bedarf in Altbauten | 672 | 664 | 777 | 833 | 940 | 954 | 962 |
| Summe des Brutto-Nutzenergiebedarfs in kWh | 672 | 664 | 777 | 833 | 940 | 954 | 962 |
| Index | 100 | 99 | 116 | 124 | 140 | 142 | 143 |
| Effektive Wärmereckgewinnung | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 ENTWICKLUNG DES RAUMWÄRMENERGIEBEDARFS | | | | | | | |
| Index der Gesamtwohlfäche | | | | | | | |
| mittl. spez. Wärmebedarf eines EFH in kWh | 100 | 98 | 102 | 107 | 108 | 109 | 110 |
| spez. Wärmebedarf eines EFH in kWh | 100 | 98 | 95 | 90 | 86 | 83 | 78 |
| spez. Wärmebedarf (Haushalt) in kWh | 100 | 98 | 94 | 88 | 81 | 76 | 71 |
| Index des Nutzenergiebedarfs in kWh | 0 | 98 | 96 | 94 | 88 | 83 | 78 |
| Nutzenergiebedarf | 0 | 5272 | 5187 | 5064 | 4723 | 4479 | 4202 |

| | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Anzahl der Haushalte mit diesen Geräten | | | | | | | |
| Kühlschrank | 80 | 83 | 88 | 92 | 94 | 95 | 96 |
| Gefriergerät | 18 | 27 | 38 | 45 | 48 | 49 | 50 |
| Wärmemaschine | 57 | 64 | 73 | 82 | 87 | 90 | 92 |
| Spezialmaschine | 12 | 22 | 38 | 48 | 56 | 59 | 60 |
| Elektroherd | 68 | 68 | 70 | 72 | 75 | 78 | 80 |
| Wäschetrockner | 6 | 13 | 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 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Anzahl der Haushalte mit diesen Geräten | | | | | | | |
| Kühlschrank | 503946 | 541221 | 537728 | 532609 | 521233 | 510075 | 504529 |
| Gefriergerät | 112938 | 176060 | 232201 | 260515 | 266162 | 263091 | 262775 |
| Wärmemaschine | 357637 | 417327 | 446070 | 474717 | 482418 | 483279 | 483507 |
| Spezialmaschine | 73272 | 143456 | 232201 | 277883 | 310522 | 316783 | 315330 |
| Elektroherd | 426654 | 443410 | 427739 | 416875 | 415877 | 418798 | 420441 |
| Wäschetrockner | 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. Kleingeräte | 627433 | 652074 | 611055 | 578923 | 554503 | 536921 | 525551 |
| Beleuchtung | 627433 | 652074 | 611055 | 578923 | 554503 | 536921 | 525551 |
| zukünft. Anwendungen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Verbrauchsentwicklung in Menschen | | | | | | | |
| Kühlschrank | 80 | 95 | 96 | 81 | 83 | 84 | 85 |
| Gefriergerät | 36 | 57 | 70 | 82 | 84 | 83 | 83 |
| Wärmemaschine | 126 | 162 | 163 | 128 | 130 | 131 | 131 |
| Spezialmaschine | 27 | 52 | 73 | 61 | 68 | 69 | 69 |
| Elektroherd | 272 | 282 | 259 | 226 | 225 | 227 | 228 |
| Wäschetrockner | 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. Kleingeräte | 94 | 108 | 121 | 117 | 125 | 135 | 142 |
| Beleuchtung | 78 | 82 | 80 | 74 | 71 | 68 | 67 |
| zukünft. Anwendungen | 0 | 0 | 0 | 0 | 39 | 95 | 187 |
| Stromverbrauch gesamt | 855 | 973 | 1011 | 881 | 947 | 1018 | 1121 |
| Index | 100 | 114 | 118 | 103 | 111 | 119 | 131 |
| Energiebedarf des Gasherdes | | | | | | | |
| Technische Verbesserungen | 100 | 100 | 95 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| Koalitionssteigerungen | 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 | 138 | 144 | 126 | 110 | 94 | 80 | 72 |
| Index | 100 | 104 | 91 | 80 | 68 | 58 | 52 |

A B C D E F G H I J K L M N
 Bedarf des Sektors KLEINVERBRAUCH

 A B C D E F G H I J K L M N
 Bedarf des Sektors KLEINVERBRAUCH

 A B C D E F G H I J K L M N
 Bedarf des Sektors KLEINVERBRAUCH

| | 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 | 699565 | 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 | 594604 | 599049 | 592156 | 578434 | 568434 |
| 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 | 106 | 106 | 106 | 106 |
| 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 % | 100 | 107 | 114 | 117 | 115 | 116 | 116 |
| absolut in GWh | 1238 | 1473 | 1824 | 2193 | 2676 | 3221 | 3221 |
| Licht und Kraft | | | | | | | |
| EDL(KV)/EDL(GW) | 1,00 | 1,00 | 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) | 1,00 | 1,00 | 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 | 1013 | 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 | 1824 | 2193 | 2676 | 3221 | 3221 |
| Anteil | 12 | 15 | 16 | 19 | 21 | 23 | 23 |
| Prozesswärme | 8886 | 8099 | 7822 | 7372 | 6806 | 5993 | 5993 |
| Anteil | 88 | 85 | 84 | 81 | 79 | 77 | 77 |
| Raumwärme | 10124 | 9572 | 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 | 16682 | 19712 | 23655 | 28279 | 28279 |
| Index | 100 | 97 | 99 | 99 | 99 | 98 | 95 |

| 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. | 100 | 122 | 145 | 146 | 147 | 150 | 142 | | | | |
| 54: | Index des Produktionswerts | in % | | | | | | | | | | |
| 55: | spezifischer Strombedarf | in % | 100 | 96 | 95 | 95 | 95 | 95 | 95 | 95 | 95 | 95 |
| 56: | Index des Strombedarfs | in % | 100 | 117 | 136 | 138 | 140 | 142 | 135 | | | |
| 57: | Strombedarf absolut | in GWh | 96 | 113 | 131 | 133 | 134 | 137 | 129 | | | |
| 58: | spezifischer Brennstoffbedarf | in % | 100 | 91 | 85 | 83 | 82 | 81 | 80 | | | |
| 59: | Index des Brennstoffbedarfs | in % | 100 | 111 | 122 | 121 | 121 | 121 | 113 | | | |
| 60: | Brennstoffbedarf absolut | in GWh | 221 | 246 | 269 | 267 | 267 | 268 | 251 | | | |
| 61: | Endenergiebedarf gesamt | in GWh | 317 | 359 | 400 | 400 | 401 | 405 | 380 | | | |
| 62: | Index | in % | 100 | 113 | 126 | 126 | 127 | 128 | 120 | | | |
| 63: | Endenergiebedarf der Nahrungsmittelindustrie | 1973 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | | | | |
| 64: | Index des Produktionswerts | in % | 100 | 117 | 128 | 135 | 147 | 153 | 157 | | | |
| 65: | spezifischer Strombedarf | in % | 100 | 97 | 95 | 93 | 92 | 91 | 90 | | | |
| 66: | Index des Strombedarfs | in % | 100 | 114 | 121 | 126 | 135 | 139 | 142 | | | |
| 67: | Strombedarf absolut | in GWh | 100 | 114 | 121 | 126 | 135 | 139 | 142 | | | |
| 68: | spezifischer Brennstoffbedarf | in % | 100 | 93 | 87 | 85 | 83 | 81 | 80 | | | |
| 69: | Index des Brennstoffbedarfs | in % | 100 | 109 | 111 | 115 | 122 | 124 | 126 | | | |
| 70: | Brennstoffbedarf absolut | in GWh | 880 | 960 | 978 | 1012 | 1075 | 1087 | 1108 | | | |
| 71: | Endenergiebedarf gesamt | in GWh | 980 | 1073 | 1100 | 1138 | 1211 | 1226 | 1249 | | | |
| 72: | Index | in % | 100 | 109 | 112 | 116 | 124 | 125 | 127 | | | |
| 73: | Besitzer Endenergiebedarf | 1973 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | | | | |
| 74: | Strombedarf absolut | in GWh | 905 | 1120 | 1354 | 1586 | 1860 | 2129 | 2343 | | | |
| 75: | Index | in % | 100 | 124 | 150 | 175 | 206 | 235 | 259 | | | |
| 76: | Brennstoffbedarf absolut | in GWh | 3267 | 3732 | 4267 | 4889 | 5614 | 6294 | 6902 | | | |
| 77: | Index | in % | 100 | 114 | 131 | 150 | 172 | 193 | 211 | | | |
| 78: | Endenergiebedarf absolut | in GWh | 4172 | 4852 | 5621 | 6475 | 7474 | 8423 | 9245 | | | |
| 79: | Index | in % | 100 | 116 | 135 | 155 | 179 | 202 | 222 | | | |

| | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|-----------------------------|------------------|------|------|------|------|------|------|
| Gasbedarf | 100 | 100 | 100 | 95 | 90 | 90 | 90 |
| Technische Verbesserungen | in % | 100 | 100 | 105 | 110 | 110 | 110 |
| Konfortsteigerungen | in % | 100 | 100 | 105 | 110 | 110 | 110 |
| Wärmebedarf | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
| Geräte mit getr. W-erzeug. | in % | 0 | 0 | 7 | 28 | 55 | 73 |
| Dusch- und Warmwasserbed. | l / Kopf und Tag | 35 | 35 | 40 | 45 | 50 | 50 |
| Anteil der Neubauten | in % | 0 | 0 | 1 | 3 | 5 | 10 |
| Rückgewinnung in Neubauten | in % | 0 | 0 | 20 | 30 | 30 | 30 |
| Altbauten mit Rückgewinnung | in % | 0 | 0 | 5 | 10 | 15 | 17 |
| Rückgewinnung in Altbauten | in % | 0 | 0 | 10 | 20 | 20 | 20 |

| | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|--|----------------|------|------|------|------|------|------|
| Raumwärmebedarf | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
| Index der Gesamtwohnfläche | in % | 100 | 103 | 107 | 108 | 109 | 110 |
| Spezifischer Wärmebedarf | Index spez. WB | in % | 100 | 90 | 88 | 87 | 86 |
| Wohnflächen-Anteile der Haupttypen am Baubestand | in % | 100 | 95 | 74 | 53 | 36 | 21 |
| EFH 1 | in % | 100 | 95 | 74 | 53 | 36 | 21 |
| EFH 2 | in % | 56 | 50 | 20 | 15 | 10 | 6 |
| EFH 3 | in % | 26 | 6 | 6 | 11 | 16 | 20 |
| EFH 4 | in % | 4 | 1 | 2 | 2 | 4 | 5 |
| EFH mittel | in % | 100 | 98 | 87 | 76 | 66 | 57 |
| MFH 1 | in % | 100 | 95 | 74 | 53 | 36 | 21 |
| MFH 2 | in % | 64 | 50 | 20 | 15 | 10 | 6 |
| MFH 3 | in % | 27 | 6 | 6 | 11 | 16 | 20 |
| MFH 4 | in % | 4 | 1 | 2 | 2 | 4 | 5 |
| MFH mittel | in % | 100 | 98 | 88 | 78 | 70 | 62 |

| | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|--------------------------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| 3 KLEINVERBRUCH | | | | | | | |
| Bauwärme | Index Arbeitsfläche/Kopf in % | 100 | 112 | 123 | 130 | 136 | 140 |
| Index spez. Energieverbr. in % | in % | 100 | 73 | 58 | 50 | 43 | 38 |
| Prozentsumme | Einsparung in % | 100 | 90 | 83 | 77 | 73 | 70 |
| Anteil Strom in % | in % | 45 | 45 | 45 | 43 | 41 | 40 |
| Anteil nichtel. in % | in % | 55 | 55 | 55 | 57 | 59 | 60 |
| EDL(EK)/EDL(RW) | in % | 1.00 | 1.00 | 1.03 | 1.08 | 1.12 | 1.19 |
| Licht und Kraft | Einsparung in % | 100 | 92 | 85 | 80 | 77 | 75 |

| | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|---------------------------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|
| Verbreitung der Haushaltsgeräte | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
| Kühlschrank | in % der Haushalte | 80 | 83 | 88 | 92 | 94 | 95 |
| Gefriergerät | in % der Haushalte | 18 | 27 | 38 | 45 | 48 | 49 |
| Waschmaschine | in % der Haushalte | 57 | 64 | 73 | 82 | 87 | 90 |
| Spülmaschine | in % der Haushalte | 12 | 22 | 38 | 48 | 56 | 59 |
| Elektronherd | in % der Haushalte | 68 | 68 | 64 | 59 | 53 | 47 |
| Wäschetrockner | in % der Haushalte | 6 | 8 | 13 | 16 | 18 | 19 |
| Fernseher s/w | in % der Haushalte | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Fernseher farbe | in % der Haushalte | 46 | 53 | 65 | 75 | 83 | 88 |
| sonst. Kleingeräte | in % der Haushalte | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Beleuchtung | in % der Haushalte | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| zukunft. Anwendungen | in % der Haushalte | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

| | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Technische Verbesserungen | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
| Kühlschrank | in % | 100 | 100 | 80 | 40 | 40 | 40 |
| Gefriergerät | in % | 100 | 100 | 80 | 40 | 40 | 40 |
| Waschmaschine | in % | 100 | 100 | 75 | 25 | 25 | 25 |
| Spülmaschine | in % | 100 | 100 | 75 | 25 | 25 | 25 |
| Elektronherd | in % | 100 | 100 | 87 | 60 | 60 | 60 |
| Wäschetrockner | in % | 100 | 100 | 87 | 60 | 60 | 60 |
| Fernseher s/w | in % | 100 | 100 | 93 | 80 | 80 | 80 |
| Fernseher farbe | in % | 100 | 100 | 60 | 50 | 40 | 40 |
| sonst. Kleingeräte | in % | 100 | 100 | 97 | 90 | 90 | 90 |
| Beleuchtung | in % | 100 | 100 | 87 | 60 | 60 | 60 |

| | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Konfortsteigerungen | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
| Kühlschrank | in % | 100 | 110 | 124 | 135 | 142 | 147 |
| Gefriergerät | in % | 100 | 102 | 105 | 107 | 107 | 107 |
| Waschmaschine | in % | 100 | 110 | 120 | 128 | 128 | 128 |
| Spülmaschine | in % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Elektronherd | in % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Wäschetrockner | in % | 100 | 108 | 120 | 128 | 136 | 140 |
| Fernseher s/w | in % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Fernseher farbe | in % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| sonst. Kleingeräte | in % | 100 | 110 | 137 | 150 | 167 | 186 |
| Beleuchtung | in % | 100 | 100 | 110 | 120 | 120 | 120 |

A B C D E F G H I J K L M
 4 INDUSTRIE

 Die Entwicklung der Haushaltsanzahl

 Bedarf des Sektors HAUSHALTE

 (kommunale Wachstums-Variante)

| | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Bruttoinlandsprodukt pro Kopf in DM | 23334 | 36233 | 51107 | 68684 | 87921 | 107176 | 124382 |
| BIP-Wachstumsrate pro Kopf % / Jahr | | 3.50 | 3.00 | 2.50 | 2.00 | 1.50 | |
| Anteil der Industrie an BIP in % | 42.30 | 36.00 | 34.00 | 32.00 | 31.00 | 30.50 | 30.00 |

I ENTWICKLUNG DES STROMBEDARFS DURCH HAUSHALTSGERAETE

| Techn. Verbesserungen an Haushaltsgeraeten | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|
| Kuehlschrank in % | 100 | 100 | 80 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Gefriergeraet in % | 100 | 100 | 80 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Waschmaschine in % | 100 | 100 | 75 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Spuelmaschine in % | 100 | 100 | 75 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Elektroherd in % | 100 | 100 | 87 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Maeschetroekner in % | 100 | 100 | 87 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Fernseher s/w in % | 100 | 100 | 93 | 80 | 80 | 80 | 80 |
| Fernseher farbe in % | 100 | 100 | 60 | 50 | 40 | 40 | 40 |
| sonst. Kleingeraete in % | 100 | 100 | 97 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| Beleuchtung in % | 100 | 100 | 87 | 60 | 60 | 60 | 60 |

Kostfortsteigerungen bei Haushaltsgeraeten

| | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Kuehlschrank in % | 100 | 110 | 124 | 135 | 142 | 147 | 150 |
| Gefriergeraet in % | 100 | 102 | 105 | 107 | 107 | 107 | 107 |
| Waschmaschine in % | 100 | 110 | 120 | 128 | 128 | 128 | 128 |
| Spuelmaschine in % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Elektroherd in % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Maeschetroekner in % | 100 | 108 | 120 | 128 | 136 | 140 | 142 |
| Fernseher s/w in % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Fernseher farbe in % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| sonst. Kleingeraete in % | 100 | 110 | 137 | 150 | 167 | 186 | 200 |
| Beleuchtung in % | 100 | 100 | 110 | 120 | 120 | 126 | 120 |

Spezifischer Verbrauch der Haushaltsgeraete

| | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Kuehlschrank in kWh | 160 | 176 | 159 | 86 | 91 | 94 | 96 |
| Gefriergeraet in kWh | 320 | 326 | 249 | 137 | 137 | 137 | 137 |
| Waschmaschine in kWh | 352 | 367 | 317 | 113 | 113 | 113 | 113 |
| Spuelmaschine in kWh | 364 | 364 | 273 | 91 | 91 | 91 | 91 |
| Elektroherd in kWh | 637 | 637 | 552 | 382 | 382 | 382 | 382 |
| Maeschetroekner in kWh | 702 | 758 | 730 | 539 | 573 | 590 | 598 |
| Fernseher s/w in kWh | 130 | 130 | 121 | 104 | 104 | 104 | 104 |
| Fernseher farbe in kWh | 255 | 153 | 128 | 102 | 102 | 102 | 102 |
| sonst. Kleingeraete in kWh | 150 | 165 | 199 | 203 | 225 | 251 | 270 |
| Beleuchtung in kWh | 125 | 125 | 119 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| zukuenft. Anwendungen in kWh | | | 383 | 225 | 231 | 234 | 236 |

A B C D E F G H I J K L M
 5 Beckungs-Variante "Forterschreibung"

 Stromanteil bei Raumwaerme (Haushalte)

 Stromanteil bei Warmwasser (Haushalte)

| | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| spezifischer Strombedarf in % | 100 | 89 | 78 | 71 | 66 | 62 |
| spezifischer Brennstoffbedarf in % | 100 | 82 | 68 | 60 | 55 | 52 |

Investitionsquotenindustrie

| | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| spezifischer Strombedarf in % | 100 | 98 | 92 | 87 | 84 | 82 |
| spezifischer Brennstoffbedarf in % | 100 | 92 | 83 | 77 | 72 | 67 |

Verbrauchsquotenindustrie

| | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| spezifischer Strombedarf in % | 100 | 96 | 93 | 82 | 79 | 84 |
| spezifischer Brennstoffbedarf in % | 100 | 91 | 85 | 64 | 57 | 66 |

Nahrungsmittelindustrie

| | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| spezifischer Strombedarf in % | 100 | 97 | 92 | 88 | 84 | 82 |
| spezifischer Brennstoffbedarf in % | 100 | 93 | 83 | 75 | 70 | 65 |

| | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Entwicklung des Nutzenergiebedarfs | | | | | | | |
| Maschinen | | | | | | | |
| mit getrennter Wärmeerzeugung, in T | 0 | 0 | 0 | 7 | 28 | 55 | 73 |
| spez. Bedarf pro Haushalt in kWh | 0 | 0 | 0 | 1268 | 248 | 248 | 248 |
| zus. Wärmeenergiebedarf gesamt in kWh | 0 | 0 | 0 | 40 | 33 | 66 | 87 |
| Spezialmaschinen | | | | | | | |
| mit getrennter Wärmeerzeugung, in T | 0 | 0 | 0 | 7 | 28 | 55 | 73 |
| spez. Bedarf pro Haushalt in kWh | 0 | 0 | 0 | 956 | 246 | 246 | 246 |
| zus. Wärmeenergiebedarf gesamt in kWh | 0 | 0 | 0 | 16 | 19 | 42 | 57 |
| Summe Wasch- und Spezialmaschinen 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 | 1139954 | 1113556 | 1086149 | 1038546 |
| Wärmeenergiebedarf gesamt in kWh | 672 | 664 | 713 | 762 | 813 | 789 | 773 |
| Summe des Netto-Nutzenergiebedarfs in kWh | | | | | | | |
| Index | 100 | 99 | 114 | 121 | 137 | 139 | 136 |
| Wärmeenergiegewinnung | | | | | | | |
| 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 Wärmeenergiegew., in T | 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 |
| Summe des Brutto-Nutzenergiebedarfs in kWh | | | | | | | |
| Index | 100 | 99 | 114 | 118 | 131 | 130 | 128 |
| Effektive Wärmeenergiegewinnung in T | | | | | | | |
| | 0 | 0 | 1 | 3 | 4 | 6 | 8 |
| 3 ENTWICKLUNG DES RAUHWÄRMENERGIEBEDARFS | | | | | | | |
| Index der Gesamtwärmeenergiegewinnung in T | | | | | | | |
| mittl. spez. Wärmebedarf eines EFH in T | 100 | 98 | 87 | 76 | 66 | 57 | 50 |
| mittl. spez. Wärmebedarf eines MFH in T | 100 | 98 | 88 | 78 | 70 | 62 | 55 |
| spez. Wärmebedarf (Haushalte) in T | 100 | 98 | 88 | 77 | 68 | 60 | 54 |
| Index des Nutzenergiebedarfs in T | | | | | | | |
| Nutzenergiebedarf in kWh | 0 | 5272 | 4856 | 4444 | 3969 | 3526 | 3170 |

| | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Entwicklung des Nutzenergiebedarfs | | | | | | | |
| Maschinen | | | | | | | |
| mit getrennter Wärmeerzeugung, in T | 0 | 0 | 0 | 7 | 28 | 55 | 73 |
| spez. Bedarf pro Haushalt in kWh | 0 | 0 | 0 | 1268 | 248 | 248 | 248 |
| zus. Wärmeenergiebedarf gesamt in kWh | 0 | 0 | 0 | 40 | 33 | 66 | 87 |
| Spezialmaschinen | | | | | | | |
| mit getrennter Wärmeerzeugung, in T | 0 | 0 | 0 | 7 | 28 | 55 | 73 |
| spez. Bedarf pro Haushalt in kWh | 0 | 0 | 0 | 956 | 246 | 246 | 246 |
| zus. Wärmeenergiebedarf gesamt in kWh | 0 | 0 | 0 | 16 | 19 | 42 | 57 |
| Summe Wasch- und Spezialmaschinen 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 | 1139954 | 1113556 | 1086149 | 1038546 |
| Wärmeenergiebedarf gesamt in kWh | 672 | 664 | 713 | 762 | 813 | 789 | 773 |
| Summe des Netto-Nutzenergiebedarfs in kWh | | | | | | | |
| Index | 100 | 99 | 114 | 121 | 137 | 139 | 136 |
| Wärmeenergiegewinnung | | | | | | | |
| 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 Wärmeenergiegew., in T | 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 |
| Summe des Brutto-Nutzenergiebedarfs in kWh | | | | | | | |
| Index | 100 | 99 | 114 | 118 | 131 | 130 | 128 |
| Effektive Wärmeenergiegewinnung in T | | | | | | | |
| | 0 | 0 | 1 | 3 | 4 | 6 | 8 |
| 3 ENTWICKLUNG DES RAUHWÄRMENERGIEBEDARFS | | | | | | | |
| Index der Gesamtwärmeenergiegewinnung in T | | | | | | | |
| mittl. spez. Wärmebedarf eines EFH in T | 100 | 98 | 87 | 76 | 66 | 57 | 50 |
| mittl. spez. Wärmebedarf eines MFH in T | 100 | 98 | 88 | 78 | 70 | 62 | 55 |
| spez. Wärmebedarf (Haushalte) in T | 100 | 98 | 88 | 77 | 68 | 60 | 54 |
| Index des Nutzenergiebedarfs in T | | | | | | | |
| Nutzenergiebedarf in kWh | 0 | 5272 | 4856 | 4444 | 3969 | 3526 | 3170 |

| | 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 | 788150 | 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 | 584200 | 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 (LK/EDL (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 | 8811 | 8291 | |
| Index | 100 | 89 | 83 | 79 | 74 | 70 | |

A : B : C : D : E : F : G : H : I : J : K : L : M :
 GESAMTER ENDENERGIEBEDARF
 (kommunale Wachstums-Variante)

| | 1973 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|--|--------|------|------|------|------|------|------|
| 51: Endenergiebedarf der Verbrauchsqueterind. | 100 | 122 | 143 | 146 | 147 | 150 | 142 |
| 52: Index des Produktionswerts | in Z | | | | | | |
| 53: spezifischer Strombedarf | in Z | 96 | 93 | 82 | 79 | 84 | 91 |
| 54: Index des Strombedarfs | in Z | 100 | 117 | 133 | 119 | 116 | 126 |
| 55: Strombedarf absolut | in GWh | 96 | 113 | 128 | 115 | 112 | 124 |
| 56: spezifischer Brennstoffbedarf | in Z | 100 | 91 | 85 | 64 | 57 | 60 |
| 57: Index des Brennstoffbedarfs | in Z | 100 | 111 | 122 | 93 | 84 | 90 |
| 58: Brennstoffbedarf absolut | in GWh | 221 | 246 | 269 | 206 | 185 | 199 |
| 59: Endenergiebedarf gesamt | in GWh | 317 | 359 | 397 | 321 | 297 | 320 |
| 60: Index | in Z | 100 | 113 | 125 | 101 | 94 | 101 |
| 61: Endenergiebedarf der Nahrungsmittelindustrie | 1973 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
| 62: Index des Produktionswerts | in Z | 100 | 117 | 128 | 135 | 147 | 153 |
| 63: spezifischer Strombedarf | in Z | 100 | 97 | 92 | 88 | 84 | 82 |
| 64: Index des Strombedarfs | in Z | 100 | 114 | 118 | 119 | 124 | 125 |
| 65: Strombedarf absolut | in GWh | 100 | 114 | 118 | 119 | 124 | 125 |
| 66: spezifischer Brennstoffbedarf | in Z | 100 | 93 | 83 | 75 | 70 | 65 |
| 67: Index des Brennstoffbedarfs | in Z | 100 | 109 | 106 | 101 | 103 | 99 |
| 68: Brennstoffbedarf absolut | in GWh | 880 | 960 | 933 | 893 | 907 | 873 |
| 69: Endenergiebedarf gesamt | in GWh | 980 | 1073 | 1051 | 1012 | 1031 | 998 |
| 70: Index | in Z | 100 | 110 | 107 | 103 | 105 | 102 |
| 71: Gesamter Endenergiebedarf | 1973 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
| 72: Strombedarf | in GWh | 905 | 1120 | 1309 | 1469 | 1678 | 1900 |
| 73: Index | in Z | 100 | 124 | 145 | 162 | 185 | 210 |
| 74: Brennstoffbedarf | in GWh | 3267 | 3732 | 4061 | 4332 | 4750 | 5096 |
| 75: Index | in Z | 100 | 114 | 124 | 133 | 145 | 156 |
| 76: Endenergiebedarf absolut | in GWh | 4172 | 4852 | 5370 | 5801 | 6429 | 7538 |
| 77: Index | in Z | 100 | 116 | 129 | 139 | 154 | 181 |

| A | S T R I C H D E F I N I T I O N E N (kommale Niedrig-Variante) | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1973 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
| 65 | Gasberd | | | | | | | | | | | | | |
| 66 | Technische Verbesserungen in % | | | | | | | | | | | | | |
| 67 | Konfortsteigerungen in % | | | | | | | | | | | | | |
| 68 | Wärmebedarf | | | | | | | | | | | | | |
| 69 | Geräte mit getr. W-Frzeugung in % | | | | | | | | | | | | | |
| 70 | Dusch- und Warmwasserbed. l / Kopf und Tag | | | | | | | | | | | | | |
| 71 | Anteil der Neubauten in % | | | | | | | | | | | | | |
| 72 | Rückgewinnung in Neubauten in % | | | | | | | | | | | | | |
| 73 | Altbauten mit Rückgewinnung in % | | | | | | | | | | | | | |
| 74 | Rückgewinnung in Altbauten in % | | | | | | | | | | | | | |
| 75 | Raumwärmebedarf | | | | | | | | | | | | | |
| 76 | Index der Gesamtwohlfäche in % | | | | | | | | | | | | | |
| 77 | spezifischer Wärmebedarf | | | | | | | | | | | | | |
| 78 | Hausstyp | | | | | | | | | | | | | |
| 79 | Index spez. WB in % | | | | | | | | | | | | | |
| 80 | EFH 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 81 | EFH 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 82 | EFH 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 83 | EFH 4 | | | | | | | | | | | | | |
| 84 | EFH mittel | | | | | | | | | | | | | |
| 85 | MFH 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 86 | MFH 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 87 | MFH 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 88 | MFH 4 | | | | | | | | | | | | | |
| 89 | MFH mittel | | | | | | | | | | | | | |
| 90 | KLEINVERBRAUCH | | | | | | | | | | | | | |
| 91 | Raumwärme | | | | | | | | | | | | | |
| 92 | Index Arbeitsfläche/Kopf in % | | | | | | | | | | | | | |
| 93 | Index spez. Energieverbr. in % | | | | | | | | | | | | | |
| 94 | Prozesswärme | | | | | | | | | | | | | |
| 95 | Einsparung in % | | | | | | | | | | | | | |
| 96 | Anteil Strom in % | | | | | | | | | | | | | |
| 97 | Anteil nichtel. in % | | | | | | | | | | | | | |
| 98 | EDL(LE)/EDL(RN) | | | | | | | | | | | | | |
| 99 | Einsparung in % | | | | | | | | | | | | | |
| 100 | Licht und Kraft | | | | | | | | | | | | | |

| A | S T R I C H D E F I N I T I O N E N (kommale Niedrig-Variante) | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1973 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
| 101 | Die Bevölkerung in der BRD in Mio. | | | | | | | | | | | | | |
| 102 | Die Bevölkerungsentwicklung absolut | | | | | | | | | | | | | |
| 103 | in Mio. | | | | | | | | | | | | | |
| 104 | Die Haushaltsentwicklung absolut | | | | | | | | | | | | | |
| 105 | in Mio. | | | | | | | | | | | | | |
| 106 | Die Haushaltsentwicklung in Mio. | | | | | | | | | | | | | |
| 107 | Wirktungsgrad bei der Raumheizung in % | | | | | | | | | | | | | |
| 108 | Wirktungsgrad Warmwasserbereitung in % | | | | | | | | | | | | | |
| 109 | Z. HAUSHALTE | | | | | | | | | | | | | |
| 110 | Verbreitung der Haushaltsgerätee | | | | | | | | | | | | | |
| 111 | Kühlschrank in % der Haushalte | | | | | | | | | | | | | |
| 112 | Gefriergerätee in % der Haushalte | | | | | | | | | | | | | |
| 113 | Waschmaschine in % der Haushalte | | | | | | | | | | | | | |
| 114 | Spülmaschine in % der Haushalte | | | | | | | | | | | | | |
| 115 | Elektroherd in % der Haushalte | | | | | | | | | | | | | |
| 116 | Wäschetrockner in % der Haushalte | | | | | | | | | | | | | |
| 117 | Fernseher s/w in % der Haushalte | | | | | | | | | | | | | |
| 118 | Fernseher farbe in % der Haushalte | | | | | | | | | | | | | |
| 119 | sonst. Kleingerätee in % der Haushalte | | | | | | | | | | | | | |
| 120 | Beleuchtung in % der Haushalte | | | | | | | | | | | | | |
| 121 | zukünftl. Anmündungen in % der Haushalte | | | | | | | | | | | | | |
| 122 | Technische Verbesserungen | | | | | | | | | | | | | |
| 123 | Kühlschrank in % | | | | | | | | | | | | | |
| 124 | Gefriergerätee in % | | | | | | | | | | | | | |
| 125 | Waschmaschine in % | | | | | | | | | | | | | |
| 126 | Spülmaschine in % | | | | | | | | | | | | | |
| 127 | Elektroherd in % | | | | | | | | | | | | | |
| 128 | Wäschetrockner in % | | | | | | | | | | | | | |
| 129 | Fernseher s/w in % | | | | | | | | | | | | | |
| 130 | Fernseher farbe in % | | | | | | | | | | | | | |
| 131 | sonst. Kleingerätee in % | | | | | | | | | | | | | |
| 132 | Beleuchtung in % | | | | | | | | | | | | | |
| 133 | Konfortsteigerungen | | | | | | | | | | | | | |
| 134 | Kühlschrank in % | | | | | | | | | | | | | |
| 135 | Gefriergerätee in % | | | | | | | | | | | | | |
| 136 | Waschmaschine in % | | | | | | | | | | | | | |
| 137 | Spülmaschine in % | | | | | | | | | | | | | |
| 138 | Elektroherd in % | | | | | | | | | | | | | |
| 139 | Wäschetrockner in % | | | | | | | | | | | | | |
| 140 | Fernseher s/w in % | | | | | | | | | | | | | |
| 141 | Fernseher farbe in % | | | | | | | | | | | | | |
| 142 | sonst. Kleingerätee in % | | | | | | | | | | | | | |
| 143 | Beleuchtung in % | | | | | | | | | | | | | |

| | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Die Entwicklung der Haushaltsanzahl | 627433 | 652074 | 611055 | 578923 | 554503 | 536921 | 525551 |

| J ENTWICKLUNG DES STROMBEDARFS DURCH HAUSHALTSGERÄTE | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
| Techn. Verbesserungen an Haushaltsgeräten | in % | 100 | 100 | 80 | 40 | 40 | 40 |
| Kuehlschrank | in % | 100 | 100 | 80 | 40 | 40 | 40 |
| Gefriergeraet | in % | 100 | 100 | 80 | 40 | 40 | 40 |
| Waschmaschine | in % | 100 | 100 | 75 | 25 | 25 | 25 |
| Spelmaschine | in % | 100 | 100 | 75 | 25 | 25 | 25 |
| Elektroherd | in % | 100 | 100 | 87 | 60 | 60 | 60 |
| Waschetroechner | in % | 100 | 100 | 87 | 60 | 60 | 60 |
| Fernseher s/w | in % | 100 | 100 | 93 | 80 | 80 | 80 |
| Fernseher farbe | in % | 100 | 100 | 60 | 50 | 40 | 40 |
| sonst. Kleingeraete | in % | 100 | 100 | 97 | 90 | 90 | 90 |
| Beleuchtung | in % | 100 | 100 | 87 | 60 | 60 | 60 |

| Konfortsteigerungen bei Haushaltsgeräten | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
| Kuehlschrank | in % | 100 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 |
| Gefriergeraet | in % | 100 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 |
| Waschmaschine | in % | 100 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 |
| Spelmaschine | in % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Elektroherd | in % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Waschetroechner | in % | 100 | 108 | 108 | 108 | 108 | 108 |
| Fernseher s/w | in % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Fernseher farbe | in % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| sonst. Kleingeraete | in % | 100 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 |
| Beleuchtung | in % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

| Spezifischer Verbrauch der Haushaltsger. | | | | | | | |
|--|--------|------|------|------|------|------|------|
| | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
| Kuehlschrank | in kWh | 160 | 176 | 141 | 70 | 70 | 70 |
| Gefriergeraet | in kWh | 320 | 326 | 261 | 131 | 131 | 131 |
| Waschmaschine | in kWh | 552 | 387 | 290 | 97 | 97 | 97 |
| Spelmaschine | in kWh | 364 | 364 | 273 | 91 | 91 | 91 |
| Elektroherd | in kWh | 637 | 637 | 552 | 382 | 382 | 382 |
| Waschetroechner | in kWh | 782 | 758 | 657 | 455 | 455 | 455 |
| Fernseher s/w | in kWh | 130 | 130 | 121 | 104 | 104 | 104 |
| Fernseher farbe | in kWh | 255 | 153 | 128 | 102 | 102 | 102 |
| sonst. Kleingeraete | in kWh | 150 | 165 | 160 | 149 | 149 | 149 |
| Beleuchtung | in kWh | 125 | 125 | 108 | 75 | 75 | 75 |
| zukuenft. Anwendungen | in kWh | | | 382 | 204 | 204 | 204 |

| | 1973 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Bruttoinlandsprodukt pro Kopf | 23334 | 36731 | 40022 | 42068 | 42068 | 42068 | 42068 |
| BIP-Wachstumsrate pro Kopf | 1.00 | 1.00 | .50 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Anteil der Industrie am BIP | | | | | | | |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1973 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
| Grundstoffindustrie | in % | 100 | 89 | 78 | 71 | 66 | 62 |
| spezifischer Strombedarf | in % | 100 | 82 | 68 | 60 | 55 | 52 |
| spezifischer Brennstoffbedarf | in % | 100 | 98 | 92 | 87 | 84 | 82 |
| Investitionsquoteindustrie | in % | 100 | 92 | 83 | 77 | 72 | 67 |
| spezifischer Strombedarf | in % | 100 | 96 | 93 | 82 | 79 | 84 |
| spezifischer Brennstoffbedarf | in % | 100 | 91 | 85 | 84 | 57 | 60 |

| Nahrungsmittelindustrie | | | | | | | |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1973 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
| spezifischer Strombedarf | in % | 100 | 97 | 92 | 88 | 84 | 82 |
| spezifischer Brennstoffbedarf | in % | 100 | 93 | 83 | 75 | 70 | 65 |

| S Deckungs-Variante "Fortanschreibung" | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|---|
| | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | |
| Stromanteil bei Raumwaerme (Haushalte) | 3 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Stromanteil bei Waerwaerme (Haushalte) | 18 | 12 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N |
|------|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 ENTWICKLUNG DES WÄRMENUTZGEBEDARFS | | | | | | | | | | | | | |
| 112: | Entwicklung des Nutzenergiebedarfs | | | | | | | | | | | | | |
| 113: | Maschinen | | | | | | | | | | | | | |
| 114: | mit getrennter Wärmeerzeugung, in I | | | | | | | | | | | | | |
| 115: | spez. Bedarf pro Haushalt in kWh | | | | | | | | | | | | | |
| 116: | zus. Wärmebedarf gesamt in kWh | | | | | | | | | | | | | |
| 117: | Spezialmaschinen | | | | | | | | | | | | | |
| 118: | mit getrennter Wärmeerzeugung, in I | | | | | | | | | | | | | |
| 119: | spez. Bedarf pro Haushalt in kWh | | | | | | | | | | | | | |
| 120: | zus. Wärmebedarf gesamt in kWh | | | | | | | | | | | | | |
| 121: | Spezialmaschinen | | | | | | | | | | | | | |
| 122: | Summe Wasch- und Spülmaschinen in kWh | | | | | | | | | | | | | |
| 123: | Dusch- und Badwasserbedarf | | | | | | | | | | | | | |
| 124: | Verbrauch pro Kopf und Tag | | | | | | | | | | | | | |
| 125: | Bevölkerungszahl | | | | | | | | | | | | | |
| 126: | Wärmebedarf gesamt | | | | | | | | | | | | | |
| 127: | Summe des Netto-Nutzenergiebedarfs in kWh | | | | | | | | | | | | | |
| 128: | Index | | | | | | | | | | | | | |
| 129: | Wärmerückgewinnung | | | | | | | | | | | | | |
| 130: | Anteil der Neubauten | | | | | | | | | | | | | |
| 131: | Rückgewinnung | | | | | | | | | | | | | |
| 132: | Bedarf in Neubauten | | | | | | | | | | | | | |
| 133: | in I | | | | | | | | | | | | | |
| 134: | Bedarf in Altbauten | | | | | | | | | | | | | |
| 135: | davon mit Wärmerückgew. | | | | | | | | | | | | | |
| 136: | Rückgewinnung | | | | | | | | | | | | | |
| 137: | Bedarf in Altbauten | | | | | | | | | | | | | |
| 138: | Summe des Brutto-Nutzenergiebedarfs in kWh | | | | | | | | | | | | | |
| 139: | Index | | | | | | | | | | | | | |
| 140: | Effektive Wärmerückgewinnung | | | | | | | | | | | | | |
| 141: | 3 ENTWICKLUNG DES RAUMWÄRMEBEDARFS | | | | | | | | | | | | | |
| 142: | Index der Besatzfläche | | | | | | | | | | | | | |
| 143: | mittl. spez. Wärmebedarf eines EFH in I | | | | | | | | | | | | | |
| 144: | mittl. spez. Wärmebedarf eines MFH in I | | | | | | | | | | | | | |
| 145: | spez. Wärmebedarf (Haushalte) in I | | | | | | | | | | | | | |
| 146: | Index des Nutzenergiebedarfs in I | | | | | | | | | | | | | |
| 147: | in kWh | | | | | | | | | | | | | |
| 148: | Nutzenergiebedarf | | | | | | | | | | | | | |

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 ENTWICKLUNG DES WÄRMENUTZGEBEDARFS | | | | | | | | | | | | | |
| 151: | Anzahl der Haushalte mit diesen Geräten | | | | | | | | | | | | | |
| 152: | Kühlschrank | | | | | | | | | | | | | |
| 153: | Gefriergeraet | | | | | | | | | | | | | |
| 154: | Waschmaschine | | | | | | | | | | | | | |
| 155: | Spülmaschine | | | | | | | | | | | | | |
| 156: | Elektroherd | | | | | | | | | | | | | |
| 157: | Wäschetrockner | | | | | | | | | | | | | |
| 158: | Fernseher s/w | | | | | | | | | | | | | |
| 159: | Fernseher farbe | | | | | | | | | | | | | |
| 160: | sonst. Kleingeraete | | | | | | | | | | | | | |
| 161: | Beleuchtung | | | | | | | | | | | | | |
| 162: | zukünft. Anwendungen | | | | | | | | | | | | | |
| 163: | Index | | | | | | | | | | | | | |
| 164: | Stroeverbrauch gesamt | | | | | | | | | | | | | |
| 165: | Index | | | | | | | | | | | | | |
| 166: | Endenergiebedarf des Bisherdes | | | | | | | | | | | | | |
| 167: | Technische Verbesserungen | | | | | | | | | | | | | |
| 168: | Koeffizienten | | | | | | | | | | | | | |
| 169: | spezifischer Verbrauch | | | | | | | | | | | | | |
| 170: | Anzahl der Bisherde | | | | | | | | | | | | | |
| 171: | Gasverbrauch gesamt | | | | | | | | | | | | | |
| 172: | Index | | | | | | | | | | | | | |

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N |
|------|--------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 ENTWICKLUNG DES WÄRMENUTZGEBEDARFS | | | | | | | | | | | | | |
| 173: | Verbreitung der Haushaltsgeraete | | | | | | | | | | | | | |
| 174: | Kühlschrank | | | | | | | | | | | | | |
| 175: | Gefriergeraet | | | | | | | | | | | | | |
| 176: | Waschmaschine | | | | | | | | | | | | | |
| 177: | Spülmaschine | | | | | | | | | | | | | |
| 178: | Elektroherd | | | | | | | | | | | | | |
| 179: | Wäschetrockner | | | | | | | | | | | | | |
| 180: | Fernseher s/w | | | | | | | | | | | | | |
| 181: | Fernseher farbe | | | | | | | | | | | | | |
| 182: | sonst. Kleingeraete | | | | | | | | | | | | | |
| 183: | Beleuchtung | | | | | | | | | | | | | |
| 184: | zukünft. Anwendungen | | | | | | | | | | | | | |
| 185: | Index | | | | | | | | | | | | | |
| 186: | Stroeverbrauch gesamt | | | | | | | | | | | | | |
| 187: | Index | | | | | | | | | | | | | |
| 188: | Endenergiebedarf des Bisherdes | | | | | | | | | | | | | |
| 189: | Technische Verbesserungen | | | | | | | | | | | | | |
| 190: | Koeffizienten | | | | | | | | | | | | | |
| 191: | spezifischer Verbrauch | | | | | | | | | | | | | |
| 192: | Anzahl der Bisherde | | | | | | | | | | | | | |
| 193: | Gasverbrauch gesamt | | | | | | | | | | | | | |
| 194: | Index | | | | | | | | | | | | | |

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N |
|------|--------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 ENTWICKLUNG DES WÄRMENUTZGEBEDARFS | | | | | | | | | | | | | |
| 195: | Verbreitung der Haushaltsgeraete | | | | | | | | | | | | | |
| 196: | Kühlschrank | | | | | | | | | | | | | |
| 197: | Gefriergeraet | | | | | | | | | | | | | |
| 198: | Waschmaschine | | | | | | | | | | | | | |
| 199: | Spülmaschine | | | | | | | | | | | | | |
| 200: | Elektroherd | | | | | | | | | | | | | |
| 201: | Wäschetrockner | | | | | | | | | | | | | |
| 202: | Fernseher s/w | | | | | | | | | | | | | |
| 203: | Fernseher farbe | | | | | | | | | | | | | |
| 204: | sonst. Kleingeraete | | | | | | | | | | | | | |
| 205: | Beleuchtung | | | | | | | | | | | | | |
| 206: | zukünft. Anwendungen | | | | | | | | | | | | | |
| 207: | Index | | | | | | | | | | | | | |
| 208: | Stroeverbrauch gesamt | | | | | | | | | | | | | |
| 209: | Index | | | | | | | | | | | | | |
| 210: | Endenergiebedarf des Bisherdes | | | | | | | | | | | | | |
| 211: | Technische Verbesserungen | | | | | | | | | | | | | |
| 212: | Koeffizienten | | | | | | | | | | | | | |
| 213: | spezifischer Verbrauch | | | | | | | | | | | | | |
| 214: | Anzahl der Bisherde | | | | | | | | | | | | | |
| 215: | Gasverbrauch gesamt | | | | | | | | | | | | | |
| 216: | Index | | | | | | | | | | | | | |

| | 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/EK/EDL(RK) | | | | | | | | | | | | |
| 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: | in GWh | | | | | | | | | | | | |
| 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 GWh | | | | | | | | | | | | |
| 88: | 10124 | 8223 | 6998 | 6079 | 5163 | 4358 | | | | | | | |
| 89: | in % | | | | | | | | | | | | |
| 90: | 85 | 84 | 82 | 82 | 81 | 80 | | | | | | | |
| 91: | Gesamtbedarf | | | | | | | | | | | | |
| 92: | in GWh | | | | | | | | | | | | |
| 93: | 11948 | 9841 | 8487 | 7393 | 6339 | 5422 | | | | | | | |
| 94: | Index | | | | | | | | | | | | |
| 95: | 100 | 83 | 72 | 62 | 54 | 46 | | | | | | | |

| 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 | | | | | | |
| Raumwärme | in GWh | 5272 | 4715 | 4153 | 3675 | 3234 | 2881 | | | | | |
| | in % | 63 | 78 | 87 | 90 | 92 | 95 | | | | | |
| Endenergie | in GWh | 8431 | 6044 | 4774 | 4083 | 3516 | 3098 | | | | | |
| davon Brennstoffe | in GWh | 8172 | 5923 | 4726 | 4083 | 3516 | 3098 | | | | | |
| | in % | 97 | 98 | 99 | 100 | 100 | 100 | | | | | |
| davon Strom | in GWh | 259 | 121 | 48 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| | in % | 3 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| Wärme | in GWh | 664 | 671 | 622 | 638 | 642 | 631 | | | | | |
| | in % | 52 | 64 | 72 | 75 | 78 | 80 | | | | | |
| Endenergie | in GWh | 1278 | 1049 | 864 | 851 | 824 | 789 | | | | | |
| davon Brennstoffe | in GWh | 1042 | 923 | 812 | 851 | 824 | 789 | | | | | |
| | in % | 82 | 88 | 94 | 100 | 100 | 100 | | | | | |
| davon Strom | in GWh | 236 | 126 | 52 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| | in % | 18 | 12 | 6 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| Haushaltsgeräte | in GWh | 769 | 849 | 519 | 526 | 540 | 575 | | | | | |
| Brennstoffe (bisher) | in GWh | 160 | 151 | 162 | 178 | 194 | 215 | | | | | |
| Brennstoffe | in GWh | 9374 | 6997 | 5700 | 5112 | 4533 | 4102 | | | | | |
| Strom | in GWh | 1264 | 1096 | 619 | 526 | 540 | 575 | | | | | |
| Endenergie | in GWh | 10638 | 8093 | 6318 | 5639 | 5073 | 4677 | | | | | |
| 2) KLEINVERBRAUCH | | | | | | | | | | | | |
| ***** | | | | | | | | | | | | |
| | 1979 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | | | | | | |
| Raumwärme | in GWh | 8886 | 7139 | 6051 | 5232 | 4370 | 3612 | | | | | |
| Prozesswärme | in GWh | 2251 | 1887 | 1722 | 1486 | 1344 | 1242 | | | | | |
| Licht und Kraft | in GWh | 711 | 724 | 714 | 675 | 625 | 568 | | | | | |
| Summe | in GWh | 10127 | 8223 | 6998 | 6079 | 5163 | 4358 | | | | | |
| Strom | in GWh | 1721 | 1618 | 1489 | 1314 | 1176 | 1065 | | | | | |
| Endenergie gesamt | in GWh | 11848 | 9841 | 8467 | 7393 | 6339 | 5422 | | | | | |
| 3) INDUSTRIE | | | | | | | | | | | | |
| ***** | | | | | | | | | | | | |
| | 1979 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | | | | | | |
| Summe | in GWh | 3297 | 3180 | 2653 | 2273 | 2030 | 1849 | | | | | |
| Strom | in GWh | 1160 | 1025 | 900 | 803 | 746 | 761 | | | | | |
| Endenergie gesamt | in GWh | 4457 | 4205 | 3553 | 3076 | 2746 | 2550 | | | | | |
| 4) GESAMTER ENDENERGIEBEDARF in München | | | | | | | | | | | | |
| ***** | | | | | | | | | | | | |
| | 1979 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | | | | | | |
| Summe | in GWh | 22798 | 18400 | 15351 | 13464 | 11676 | 10309 | | | | | |
| Strom | in GWh | 100 | 81 | 67 | 59 | 51 | 45 | | | | | |
| Endenergie gesamt | in GWh | 4145 | 3738 | 3007 | 2643 | 2462 | 2340 | | | | | |
| | in GWh | 100 | 90 | 73 | 64 | 59 | 56 | | | | | |
| | in GWh | 26943 | 22138 | 18358 | 16107 | 14158 | 12649 | | | | | |
| | in GWh | 100 | 82 | 68 | 60 | 53 | 47 | | | | | |

| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | |
|--|--------|------|------|------|------|------|------|---|---|---|---|---|--|
| Endenergiebedarf der Verbrauchskategorie | | | | | | | | | | | | | |
| ***** | | | | | | | | | | | | | |
| Index des Produktionswerts | | | | | | | | | | | | | |
| | 1973 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | | | | | | |
| spezifischer Strombedarf | in % | 100 | 96 | 93 | 82 | 79 | 84 | | | | | | |
| Index des Strombedarfs | in % | 100 | 117 | 104 | 73 | 56 | 49 | | | | | | |
| Strombedarf absolut | in GWh | 96 | 113 | 100 | 70 | 53 | 47 | | | | | | |
| spezifischer Brennstoffbedarf | in % | 100 | 91 | 85 | 64 | 57 | 60 | | | | | | |
| Index des Brennstoffbedarfs | in % | 100 | 111 | 95 | 57 | 40 | 35 | | | | | | |
| Brennstoffbedarf absolut | in GWh | 221 | 246 | 211 | 126 | 89 | 78 | | | | | | |
| Endenergiebedarf gesamt | in GWh | 317 | 359 | 311 | 197 | 142 | 125 | | | | | | |
| Index | in % | 100 | 113 | 98 | 62 | 45 | 40 | | | | | | |
| Endenergiebedarf der Nahrungsmittelindustrie | | | | | | | | | | | | | |
| | 1973 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | | | | | | |
| Index des Produktionswerts | in % | 100 | 117 | 100 | 83 | 70 | 60 | | | | | | |
| spezifischer Strombedarf | in % | 100 | 97 | 92 | 88 | 84 | 82 | | | | | | |
| Index des Strombedarfs | in % | 100 | 114 | 92 | 73 | 59 | 49 | | | | | | |
| Strombedarf absolut | in GWh | 100 | 114 | 92 | 73 | 59 | 49 | | | | | | |
| spezifischer Brennstoffbedarf | in % | 100 | 93 | 83 | 75 | 70 | 65 | | | | | | |
| Index des Brennstoffbedarfs | in % | 100 | 109 | 83 | 62 | 49 | 39 | | | | | | |
| Brennstoffbedarf absolut | in GWh | 880 | 960 | 731 | 547 | 434 | 345 | | | | | | |
| Endenergiebedarf gesamt | in GWh | 980 | 1073 | 823 | 620 | 493 | 392 | | | | | | |
| Index | in % | 100 | 110 | 84 | 63 | 50 | 40 | | | | | | |
| Gesamter Endenergiebedarf | | | | | | | | | | | | | |
| | 1973 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | | | | | | |
| Strombedarf absolut | in GWh | 905 | 1120 | 1025 | 900 | 803 | 746 | | | | | | |
| Index | in % | 100 | 124 | 113 | 99 | 89 | 82 | | | | | | |
| Brennstoffbedarf absolut | in GWh | 3267 | 3732 | 3180 | 2653 | 2273 | 2000 | | | | | | |
| Index | in % | 100 | 114 | 97 | 81 | 70 | 61 | | | | | | |
| Endenergiebedarf absolut | in GWh | 4172 | 4852 | 4205 | 3553 | 3076 | 2746 | | | | | | |
| Index | in % | 100 | 116 | 101 | 85 | 74 | 66 | | | | | | |

| 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 | | | | | | | | | | | | | |
| Die Bevoelkerungsentwicklung in Menschen | | | | | | | | | | | | | |
| Die Bevoelkerung in der BRD | | | | | | | | | | | | | |
| Die Haushaltsentwicklung | | | | | | | | | | | | | |
| Wirkungsgrad bei der Raumheizung | | | | | | | | | | | | | |
| Wirkungsgrad Warmwasserbereitung | | | | | | | | | | | | | |
| 2 HAUSHALTE | | | | | | | | | | | | | |
| Verbreitung der Haushaltsgeraete | | | | | | | | | | | | | |
| Kuehlschrank | | | | | | | | | | | | | |
| Befriergeraet | | | | | | | | | | | | | |
| Waschmaschine | | | | | | | | | | | | | |
| Spuelmaschine | | | | | | | | | | | | | |
| Elektroherd | | | | | | | | | | | | | |
| Waschetroechner | | | | | | | | | | | | | |
| Fernseher s/w | | | | | | | | | | | | | |
| Fernseher farbe | | | | | | | | | | | | | |
| sonst. Kleingeraete | | | | | | | | | | | | | |
| Beleuchtung | | | | | | | | | | | | | |
| zukueffl. Aemendungen | | | | | | | | | | | | | |
| Technische Verbesserungen | | | | | | | | | | | | | |
| Kuehlschrank | | | | | | | | | | | | | |
| Befriergeraet | | | | | | | | | | | | | |
| Waschmaschine | | | | | | | | | | | | | |
| Spuelmaschine | | | | | | | | | | | | | |
| Elektroherd | | | | | | | | | | | | | |
| Waschetroechner | | | | | | | | | | | | | |
| Fernseher s/w | | | | | | | | | | | | | |
| Fernseher farbe | | | | | | | | | | | | | |
| sonst. Kleingeraete | | | | | | | | | | | | | |
| Beleuchtung | | | | | | | | | | | | | |
| Kuehlschrank | | | | | | | | | | | | | |
| Befriergeraet | | | | | | | | | | | | | |
| Waschmaschine | | | | | | | | | | | | | |
| Spuelmaschine | | | | | | | | | | | | | |
| Elektroherd | | | | | | | | | | | | | |
| Waschetroechner | | | | | | | | | | | | | |
| Fernseher s/w | | | | | | | | | | | | | |
| Fernseher farbe | | | | | | | | | | | | | |
| sonst. Kleingeraete | | | | | | | | | | | | | |
| Beleuchtung | | | | | | | | | | | | | |

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 :
 Bedarf des Sektors HAUSHALTE (untere Variante)

| | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Die Entwicklung der Haushaltsanzahl | 627433 | 652074 | 611055 | 578923 | 554503 | 536921 | 525551 |
| J ENTWICKLUNG DES STROMBEDARFS DURCH HAUSHALTSGERÄTE | | | | | | | |
| Techn. Verbesserungen an Haushaltsgeräten | | | | | | | |
| Kühlschrank | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Befriergeraet | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Maschmaschine | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Spuelmaschine | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Elektroherd | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Waeschetrockner | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Fernseher s/w | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Fernseher farbe | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| sonst. Kleingeraete | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Beleuchtung | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

| | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|
| Komfortsteigerungen bei Haushaltsgeräten | | | | | | | |
| Kühlschrank | 100 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 |
| Befriergeraet | 100 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 |
| Maschmaschine | 100 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 |
| Spuelmaschine | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Elektroherd | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Waeschetrockner | 100 | 108 | 108 | 108 | 108 | 108 | 108 |
| Fernseher s/w | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Fernseher farbe | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| sonst. Kleingeraete | 100 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 |
| Beleuchtung | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

| | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|
| Spezifischer Verbrauch der Haushaltsger. | | | | | | | |
| Kühlschrank | 160 | 176 | 127 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Befriergeraet | 320 | 326 | 237 | 59 | 59 | 59 | 59 |
| Maschmaschine | 352 | 387 | 274 | 46 | 46 | 46 | 46 |
| Spuelmaschine | 364 | 364 | 262 | 58 | 58 | 58 | 58 |
| Elektroherd | 637 | 637 | 522 | 293 | 293 | 293 | 293 |
| Waeschetrockner | 702 | 758 | 612 | 318 | 318 | 318 | 318 |
| Fernseher s/w | 130 | 130 | 118 | 95 | 95 | 95 | 95 |
| Fernseher farbe | 255 | 153 | 128 | 102 | 102 | 102 | 102 |
| sonst. Kleingeraete | 150 | 165 | 160 | 149 | 149 | 149 | 149 |
| Beleuchtung | 125 | 125 | 103 | 59 | 59 | 59 | 59 |
| zukunfft. Anwendungen | | | 339 | 134 | 134 | 134 | 134 |

| | 1973 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 4 INDUSTRIE | | | | | | | |
| Bruttolandprodukt pro Kopf | 23354 | 36231 | 40022 | 42068 | 42068 | 42068 | 42068 |
| BIP-Wachstumsrate pro Kopf | | | 1.00 | .50 | 0 | 0 | 0 |
| Anteil der Industrie am BIP | | | | | | | |
| Grundstoffindustrie | 42.30 | 36.00 | 34.00 | 32.00 | 31.00 | 30.50 | 30.00 |
| Investitionsqaeterindustrie | | | | | | | |
| spezifischer Strombedarf | 100 | 89 | 81 | 60 | 44 | 40 | 38 |
| spezifischer Brennstoffbedarf | 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 |
| Verbrauchsqaeterindustrie | | | | | | | |
| spezifischer Strombedarf | 100 | 96 | 93 | 82 | 79 | 84 | 91 |
| spezifischer Brennstoffbedarf | 100 | 91 | 85 | 64 | 57 | 60 | 69 |
| Mahrungsmittelindustrie | | | | | | | |
| spezifischer Strombedarf | 100 | 97 | 95 | 90 | 84 | 78 | 75 |
| spezifischer Brennstoffbedarf | 100 | 93 | 85 | 60 | 50 | 50 | 50 |

| | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|--|------|------|------|------|------|------|
| S Deckungs-Variante "Fortreibung" | | | | | | |
| Stromanteil bei Raumwaerme (Haushalte) | 3 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Stromanteil bei Warmwasser (Haushalte) | 18 | 12 | 6 | 0 | 0 | 0 |

| 55: Verbreitung der Haushaltsgeräte | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 133: Kuehlschrank | in % | 80 | 88 | 92 | 94 | 95 | 96 |
| 134: in % | 18 | 27 | 38 | 45 | 48 | 49 | 50 |
| 135: in % | 57 | 64 | 73 | 82 | 87 | 90 | 92 |
| 136: in % | 12 | 22 | 38 | 48 | 56 | 59 | 60 |
| 137: in % | 68 | 88 | 84 | 59 | 53 | 47 | 40 |
| 138: in % | 6 | 8 | 13 | 16 | 18 | 19 | 20 |
| 139: in % | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 140: in % | 46 | 55 | 65 | 75 | 83 | 88 | 92 |
| 141: in % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 142: in % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 143: in % | | | | | 20 | 50 | 100 |

| 56: Anzahl der Haushalte mit diesen Braetern | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 144: Kuehlschrank | 501946 | 541221 | 537728 | 526609 | 521233 | 510075 | 504529 |
| 145: in % | 112938 | 176660 | 232201 | 260515 | 266162 | 265091 | 262775 |
| 146: in % | 357637 | 417327 | 446070 | 474717 | 482418 | 483229 | 483597 |
| 147: in % | 75292 | 143456 | 232201 | 277883 | 310522 | 316783 | 315230 |
| 148: in % | 426654 | 443410 | 391075 | 341565 | 293887 | 252353 | 210220 |
| 149: in % | 37646 | 52166 | 79457 | 92628 | 99811 | 102015 | 105110 |
| 150: in % | 313717 | 326037 | 305528 | 289462 | 277252 | 268460 | 263775 |
| 151: in % | 288619 | 345599 | 397186 | 434192 | 460238 | 472490 | 483597 |
| 152: in % | 627433 | 652074 | 611055 | 578923 | 554503 | 536921 | 525551 |
| 153: in % | 627433 | 652074 | 611055 | 578923 | 554503 | 536921 | 525551 |

| 57: Verbrauchsentwicklung in Nuemchen | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|---------------------------------------|--------|------|------|------|------|------|------|
| 154: Kuehlschrank | in GWh | 80 | 95 | 68 | 16 | 16 | 15 |
| 155: in % | 36 | 57 | 55 | 15 | 16 | 15 | 15 |
| 156: in % | 126 | 162 | 122 | 22 | 22 | 22 | 22 |
| 157: in % | 27 | 52 | 61 | 16 | 16 | 18 | 18 |
| 158: in % | 272 | 282 | 204 | 100 | 86 | 74 | 62 |
| 159: in % | 26 | 40 | 49 | 29 | 32 | 32 | 33 |
| 160: in % | 41 | 42 | 36 | 27 | 26 | 25 | 25 |
| 161: in % | 74 | 53 | 51 | 44 | 47 | 48 | 49 |
| 162: in % | 94 | 108 | 97 | 86 | 82 | 80 | 78 |
| 163: in % | 78 | 82 | 63 | 34 | 33 | 32 | 31 |
| 164: in % | | | | | | | |

| 58: Stromverbrauch gesamt | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 165: in GWh | 855 | 973 | 807 | 391 | 393 | 399 | 420 |
| 166: in % | 100 | 114 | 94 | 46 | 46 | 47 | 49 |

| 59: Endenergiebedarf des Gasherdes | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 167: in % | 100 | 100 | 95 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| 168: in % | 160 | 100 | 105 | 110 | 110 | 110 | 110 |
| 169: in % | 688 | 688 | 688 | 681 | 681 | 681 | 681 |
| 170: Anzahl der Gasherde | 200779 | 208664 | 219980 | 237359 | 260617 | 284568 | 315330 |

| 60: Gasverbrauch gesamt | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 171: in GWh | 138 | 144 | 151 | 162 | 178 | 194 | 215 |
| 172: in % | 100 | 104 | 109 | 117 | 129 | 140 | 155 |

2 ENTWICKLUNG DES WARMWASSERBEDARFS

| 173: Entwicklung des Nutzenergiebedarfs | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|
| 174: in kWh | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 100 | 100 |
| 175: in kWh | 0 | 0 | 0 | 0 | 1095 | 162 | 102 |
| 176: in GWh | 0 | 0 | 0 | 0 | 98 | 49 | 49 |
| 177: in % | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 100 | 100 |
| 178: in % | 0 | 0 | 0 | 0 | 916 | 157 | 157 |
| 179: in % | 0 | 0 | 0 | 0 | 43 | 44 | 49 |
| 180: in GWh | 0 | 0 | 0 | 0 | 140 | 92 | 98 |
| 181: in GWh | 0 | 0 | 0 | 0 | 140 | 92 | 98 |

3 ENTWICKLUNG DES RAUMWÄRMEBEDARFS

| 182: Entwicklung des Nutzenergiebedarfs | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|
| 183: in kWh | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 10 | 28 |
| 184: in kWh | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 30 | 30 |
| 185: in GWh | 0 | 0 | 0 | 0 | 31 | 48 | 91 |
| 186: in % | 100 | 100 | 100 | 100 | 95 | 86 | 75 |
| 187: in % | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 100 | 100 |
| 188: in % | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 26 | 20 |
| 189: in GWh | 672 | 664 | 708 | 493 | 454 | 417 | 384 |

4 ENTWICKLUNG DES RAUMWÄRMEBEDARFS

| 190: Verbrauch pro Kopf und Tag | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 191: in l | 1314865 | 1298943 | 1221005 | 1159954 | 1113556 | 1080149 | 1058516 |
| 192: in GWh | 672 | 664 | 624 | 593 | 569 | 552 | 541 |
| 193: in % | 672 | 664 | 764 | 685 | 667 | 651 | 640 |
| 194: in % | 100 | 99 | 114 | 102 | 99 | 97 | 95 |

5 ENTWICKLUNG DES RAUMWÄRMEBEDARFS

| 195: Index des Nutzenergiebedarfs | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 196: in GWh | 672 | 664 | 738 | 541 | 524 | 508 | 496 |
| 197: in % | 100 | 99 | 110 | 81 | 78 | 76 | 74 |
| 198: in % | 0 | 0 | 0 | 3 | 21 | 22 | 23 |

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
|-----|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---|---|---|---|---|---|
| | Bedarf des Sektors KLEINERBAU (untere Variante) | | | | | | | | | | | | |
| | ***** | | | | | | | | | | | | |
| 1: | Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts | | | | | | | | | | | | |
| 2: | 1973 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | | | | | | |
| 3: | Bevölkerungsentwicklung | | | | | | | | | | | | |
| 4: | 1336576 | 1298941 | 1221005 | 1199954 | 1113556 | 1080149 | 1038546 | | | | | | |
| 5: | BIP pro Kopf | | | | | | | | | | | | |
| 6: | 23334 | 36231 | 40922 | 42068 | 42068 | 42068 | 42068 | | | | | | |
| 7: | BIP in Mio. DM | | | | | | | | | | | | |
| 8: | 31188 | 47062 | 48067 | 48797 | 46845 | 45440 | 45311 | | | | | | |
| 9: | Industrieanteil in München | | | | | | | | | | | | |
| 10: | 42 | 36 | 34 | 32 | 31 | 31 | 30 | | | | | | |
| 11: | BIP der Industrie absolut | | | | | | | | | | | | |
| 12: | 13192 | 16942 | 16615 | 15615 | 14522 | 13859 | 13259 | | | | | | |
| 13: | Index | | | | | | | | | | | | |
| 14: | 100 | 128 | 126 | 118 | 110 | 105 | 101 | | | | | | |
| 15: | Wachstum des BIP in den verschiedenen Industriezweigen | | | | | | | | | | | | |
| 16: | Grundstoffindustrie | | | | | | | | | | | | |
| 17: | 100 | 120 | 106 | 92 | 85 | 85 | 88 | | | | | | |
| 18: | Investitionsindustrie | | | | | | | | | | | | |
| 19: | 100 | 132 | 135 | 132 | 125 | 121 | 117 | | | | | | |
| 20: | Verbrauchsindustrie | | | | | | | | | | | | |
| 21: | 100 | 122 | 112 | 89 | 70 | 59 | 48 | | | | | | |
| 22: | Nahrungsmittelindustrie | | | | | | | | | | | | |
| 23: | 100 | 117 | 100 | 83 | 70 | 60 | 55 | | | | | | |
| 24: | Endenergiebedarf der Grundstoffindustrie | | | | | | | | | | | | |
| 25: | 1973 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | | | | | | |
| 26: | Index des Produktionswerts | | | | | | | | | | | | |
| 27: | 100 | 120 | 106 | 92 | 85 | 85 | 88 | | | | | | |
| 28: | spezifischer Strombedarf | | | | | | | | | | | | |
| 29: | 100 | 89 | 81 | 60 | 44 | 40 | 38 | | | | | | |
| 30: | Index des Strombedarfs | | | | | | | | | | | | |
| 31: | 100 | 107 | 86 | 55 | 37 | 34 | 33 | | | | | | |
| 32: | Strombedarf absolut | | | | | | | | | | | | |
| 33: | 115 | 123 | 99 | 64 | 43 | 39 | 37 | | | | | | |
| 34: | spezifischer Brennstoffbedarf | | | | | | | | | | | | |
| 35: | 100 | 82 | 70 | 46 | 35 | 31 | 30 | | | | | | |
| 36: | Index des Brennstoffbedarfs | | | | | | | | | | | | |
| 37: | 100 | 98 | 74 | 43 | 30 | 26 | 26 | | | | | | |
| 38: | Brennstoffbedarf absolut | | | | | | | | | | | | |
| 39: | 473 | 465 | 351 | 201 | 140 | 125 | 125 | | | | | | |
| 40: | Endenergiebedarf gesamt | | | | | | | | | | | | |
| 41: | 588 | 587 | 450 | 245 | 183 | 164 | 164 | | | | | | |
| 42: | Index | | | | | | | | | | | | |
| 43: | 100 | 106 | 77 | 45 | 31 | 26 | 28 | | | | | | |
| 44: | Endenergiebedarf der Investitionsindustrie | | | | | | | | | | | | |
| 45: | 1973 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | | | | | | |
| 46: | Index des Produktionswerts | | | | | | | | | | | | |
| 47: | 100 | 132 | 135 | 132 | 125 | 121 | 117 | | | | | | |
| 48: | spezifischer Strombedarf | | | | | | | | | | | | |
| 49: | 100 | 98 | 96 | 60 | 75 | 74 | 74 | | | | | | |
| 50: | Index des Strombedarfs | | | | | | | | | | | | |
| 51: | 100 | 130 | 130 | 105 | 94 | 89 | 86 | | | | | | |
| 52: | Strombedarf absolut | | | | | | | | | | | | |
| 53: | 594 | 771 | 770 | 626 | 559 | 531 | 514 | | | | | | |
| 54: | spezifischer Brennstoffbedarf | | | | | | | | | | | | |
| 55: | 100 | 92 | 86 | 67 | 58 | 55 | 55 | | | | | | |
| 56: | Index des Brennstoffbedarfs | | | | | | | | | | | | |
| 57: | 100 | 122 | 116 | 88 | 73 | 66 | 64 | | | | | | |
| 58: | Brennstoffbedarf absolut | | | | | | | | | | | | |
| 59: | 1693 | 2862 | 1966 | 1495 | 1232 | 1125 | 1088 | | | | | | |
| 60: | Endenergiebedarf gesamt | | | | | | | | | | | | |
| 61: | 2287 | 2833 | 2736 | 2121 | 1791 | 1656 | 1602 | | | | | | |
| 62: | Index | | | | | | | | | | | | |
| 63: | 100 | 124 | 120 | 93 | 76 | 72 | 76 | | | | | | |

| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
|-----|--|------|------|------|------|------|------|-----|---|---|---|---|
| 1 | 1973 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | | | | | |
| 51: | Gesamter Energiebedarf der Verbrauchsgüterind. | | | | | | | | | | | |
| 52: | Index des Produktionswerts | | | | | | | | | | | |
| 53: | 100 | 122 | 112 | 89 | 70 | 59 | 48 | | | | | |
| 54: | | | | | | | | | | | | |
| 55: | Spezifischer Strombedarf | | | | | | | | | | | |
| 56: | 100 | 100 | 96 | 93 | 82 | 79 | 84 | 91 | | | | |
| 57: | 100 | 117 | 104 | 73 | 56 | 49 | 44 | | | | | |
| 58: | 96 | 113 | 100 | 70 | 53 | 47 | 42 | | | | | |
| 59: | Spezifischer Brennstoffbedarf | | | | | | | | | | | |
| 60: | 100 | 111 | 95 | 57 | 40 | 35 | 33 | | | | | |
| 61: | 221 | 246 | 211 | 126 | 89 | 78 | 73 | | | | | |
| 62: | | | | | | | | | | | | |
| 63: | Endenergiebedarf gesamt | | | | | | | | | | | |
| 64: | 100 | 317 | 359 | 311 | 197 | 142 | 125 | 115 | | | | |
| 65: | 100 | 113 | 98 | 62 | 45 | 40 | 36 | | | | | |
| 66: | Endenergiebedarf der Nahrungsmittelindustrie | | | | | | | | | | | |
| 67: | 100 | 117 | 100 | 83 | 70 | 60 | 53 | | | | | |
| 68: | Index des Produktionswerts | | | | | | | | | | | |
| 69: | 100 | 97 | 95 | 90 | 84 | 78 | 75 | | | | | |
| 70: | 100 | 114 | 95 | 75 | 59 | 47 | 40 | | | | | |
| 71: | 100 | 114 | 95 | 75 | 59 | 47 | 40 | | | | | |
| 72: | | | | | | | | | | | | |
| 73: | Spezifischer Brennstoffbedarf | | | | | | | | | | | |
| 74: | 100 | 93 | 85 | 60 | 50 | 50 | 50 | | | | | |
| 75: | 100 | 109 | 85 | 50 | 35 | 30 | 27 | | | | | |
| 76: | 880 | 960 | 748 | 438 | 310 | 263 | 234 | | | | | |
| 77: | | | | | | | | | | | | |
| 78: | Endenergiebedarf gesamt | | | | | | | | | | | |
| 79: | 100 | 1073 | 844 | 512 | 369 | 310 | 274 | | | | | |
| 80: | 100 | 110 | 86 | 52 | 38 | 32 | 28 | | | | | |
| 81: | Gesamter Endenergiebedarf | | | | | | | | | | | |
| 82: | 1973 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | | | | | |
| 83: | 100 | 905 | 1120 | 1064 | 835 | 715 | 664 | 674 | | | | |
| 84: | 100 | 124 | 118 | 92 | 79 | 73 | 70 | | | | | |
| 85: | 3287 | 3732 | 3276 | 2260 | 1771 | 1591 | 1521 | | | | | |
| 86: | 100 | 114 | 100 | 69 | 54 | 49 | 47 | | | | | |
| 87: | | | | | | | | | | | | |
| 88: | Endenergiebedarf absolut | | | | | | | | | | | |
| 89: | 4172 | 4852 | 4340 | 3094 | 2486 | 2256 | 2155 | | | | | |
| 90: | 100 | 116 | 104 | 74 | 60 | 54 | 52 | | | | | |

| | 1973 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|--|------------------------|---------|--------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| 1. ALLGEMEINE DATEN | | | | | | | |
| Die Bevoelkerungsentwicklung in Muenchen | absolut 1336576 | 1298941 | 1984(1+19/100) | 384(1+49/100) | 484(1+19/100) | 584(1+19/100) | 684(1+19/100) |
| Die Bevoelkerung in der BRD | in Mio. 62,0 | 60,5 | 59 | 53,7 | 49,7 | 45,3 | |
| Die Haushaltsentwicklung | absolut 652074 | | (18-66000)/114 | 188-60000/K14 | (18-60000)/L14 | (18-60000)/M14 | (18-60000)/N14 |
| | Pers./HH 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,9 |
| Wirkungsgrad bei der Raumheizung | in % 63 | 52 | 78 | 90 | 92 | 93 | 93 |
| Wirkungsgrad Warmwasserbereitung | in % 52 | 64 | | 75 | 78 | 80 | 80 |
| 2. HAUSHALTE | | | | | | | |
| Verteilung der Haushaltsgeraete | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
| Kuehlschrank | in % der Haushalte 80 | 83 | 88 | 94 | 95 | 95 | 96 |
| Gefriergeraet | in % der Haushalte 18 | 27 | 38 | 48 | 49 | 49 | 50 |
| Waschmaschine | in % der Haushalte 57 | 64 | 73 | 87 | 90 | 92 | 92 |
| Spuelmaschine | in % der Haushalte 12 | 22 | 38 | 56 | 59 | 59 | 66 |
| Elektroherd | in % der Haushalte 68 | 68 | 64 | 53 | 47 | 40 | 26 |
| Waeschetrockner | in % der Haushalte 6 | 8 | 13 | 18 | 19 | 20 | 20 |
| Fernseher s/w | in % der Haushalte 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Fernseher farbe | in % der Haushalte 46 | 53 | 65 | 83 | 88 | 92 | 92 |
| sonst. Kleingeraete | in % der Haushalte 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Beleuchtung | in % der Haushalte 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| zukunft. Anwendungen | in % der Haushalte | | | 20 | 20 | 50 | 100 |
| Technische Verbesserungen | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
| Kuehlschrank | in % 100 | 100 | H39-(H39-J39)*,333 | 39 | 17 | 17 | 17 |
| Gefriergeraet | in % 100 | 100 | H40-(H40-J40)*,333 | 40 | 18 | 18 | 18 |
| Waschmaschine | in % 100 | 100 | H41-(H41-J41)*,333 | 41 | 12 | 12 | 12 |
| Spuelmaschine | in % 100 | 100 | H42-(H42-J42)*,333 | 42 | 16 | 16 | 16 |
| Elektroherd | in % 100 | 100 | H43-(H43-J43)*,333 | 43 | 46 | 46 | 46 |
| Waeschetrockner | in % 100 | 100 | H44-(H44-J44)*,333 | 44 | 42 | 42 | 42 |
| Fernseher s/w | in % 100 | 100 | H45-(H45-J45)*,333 | 45 | 73 | 73 | 73 |
| Fernseher farbe | in % 100 | 60 | 50 | 46 | 40 | 40 | 40 |
| sonst. Kleingeraete | in % 100 | 100 | H47-(H47-J47)*,333 | 47 | 90 | 90 | 90 |
| Beleuchtung | in % 100 | 100 | H48-(H48-J48)*,333 | 48 | 47 | 47 | 47 |
| Komfortsteigerungen | 1975 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
| Kuehlschrank | in % 100 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 |
| Gefriergeraet | in % 100 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 |
| Waschmaschine | in % 100 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 |
| Spuelmaschine | in % 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Elektroherd | in % 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Waeschetrockner | in % 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Fernseher s/w | in % 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Fernseher farbe | in % 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| sonst. Kleingeraete | in % 100 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 |
| Beleuchtung | in % 100 | 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-H-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 | 195,4695 | | | 195,4695 | | | | | | |
| 99: | MFH mittel | in % | 100 | 85 | | | 27 | | | | | | |
| 100: | | | | | | | | | | | | | |
| 101: | | | | | | | | | | | | | |
| 102: | | | | | | | | | | | | | |
| 103: | | | | | | | | | | | | | |
| 104: | | | | | | | | | | | | | |
| 105: | | | | | | | | | | | | | |
| 106: | | | | | | | | | | | | | |
| 107: | Raumwaerre | Index Arbeitsfäche/Kopf | in % | 1990 | | | | | | | | | |
| 108: | | Index spez. Energieverbr. | in % | 100 | | | 110 | | | | | | |
| 109: | | | | | | | | | | | | | |
| 110: | Prozesswaerre | Einsparung in % | 100 | 100 | | | 90 | | | | | | |
| 111: | | Anteil Strom in % | 100 | 45 | | | 45 | | | | | | |
| 112: | Licht und Kraft | Anteil nichtel. in % | 100 | 100-1111 | | | 100-1111 | | | | | | |
| 113: | | EDL (LE3/EBL GRW) | in % | 1 | | | 1 | | | | | | |
| 114: | | 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 | K | J | K | L | M |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1: | 1: | 1: | 1: | 1: | 1: | 1: |
| 2: | 2: | 2: | 2: | 2: | 2: | 2: |
| 3: | 3: | 3: | 3: | 3: | 3: | 3: |
| 4: | 4: | 4: | 4: | 4: | 4: | 4: |
| 5: | 5: | 5: | 5: | 5: | 5: | 5: |
| 6: | 6: | 6: | 6: | 6: | 6: | 6: |
| 7: | 7: | 7: | 7: | 7: | 7: | 7: |
| 8: | 8: | 8: | 8: | 8: | 8: | 8: |
| 9: | 9: | 9: | 9: | 9: | 9: | 9: |
| 10: | 10: | 10: | 10: | 10: | 10: | 10: |
| 11: | 11: | 11: | 11: | 11: | 11: | 11: |
| 12: | 12: | 12: | 12: | 12: | 12: | 12: |
| 13: | 13: | 13: | 13: | 13: | 13: | 13: |
| 14: | 14: | 14: | 14: | 14: | 14: | 14: |
| 15: | 15: | 15: | 15: | 15: | 15: | 15: |
| 16: | 16: | 16: | 16: | 16: | 16: | 16: |
| 17: | 17: | 17: | 17: | 17: | 17: | 17: |
| 18: | 18: | 18: | 18: | 18: | 18: | 18: |
| 19: | 19: | 19: | 19: | 19: | 19: | 19: |
| 20: | 20: | 20: | 20: | 20: | 20: | 20: |
| 21: | 21: | 21: | 21: | 21: | 21: | 21: |
| 22: | 22: | 22: | 22: | 22: | 22: | 22: |
| 23: | 23: | 23: | 23: | 23: | 23: | 23: |
| 24: | 24: | 24: | 24: | 24: | 24: | 24: |
| 25: | 25: | 25: | 25: | 25: | 25: | 25: |
| 26: | 26: | 26: | 26: | 26: | 26: | 26: |
| 27: | 27: | 27: | 27: | 27: | 27: | 27: |
| 28: | 28: | 28: | 28: | 28: | 28: | 28: |
| 29: | 29: | 29: | 29: | 29: | 29: | 29: |
| 30: | 30: | 30: | 30: | 30: | 30: | 30: |
| 31: | 31: | 31: | 31: | 31: | 31: | 31: |
| 32: | 32: | 32: | 32: | 32: | 32: | 32: |
| 33: | 33: | 33: | 33: | 33: | 33: | 33: |
| 34: | 34: | 34: | 34: | 34: | 34: | 34: |
| 35: | 35: | 35: | 35: | 35: | 35: | 35: |
| 36: | 36: | 36: | 36: | 36: | 36: | 36: |
| 37: | 37: | 37: | 37: | 37: | 37: | 37: |
| 38: | 38: | 38: | 38: | 38: | 38: | 38: |
| 39: | 39: | 39: | 39: | 39: | 39: | 39: |
| 40: | 40: | 40: | 40: | 40: | 40: | 40: |
| 41: | 41: | 41: | 41: | 41: | 41: | 41: |
| 42: | 42: | 42: | 42: | 42: | 42: | 42: |
| 43: | 43: | 43: | 43: | 43: | 43: | 43: |
| 44: | 44: | 44: | 44: | 44: | 44: | 44: |
| 45: | 45: | 45: | 45: | 45: | 45: | 45: |
| 46: | 46: | 46: | 46: | 46: | 46: | 46: |
| 47: | 47: | 47: | 47: | 47: | 47: | 47: |
| 48: | 48: | 48: | 48: | 48: | 48: | 48: |
| 49: | 49: | 49: | 49: | 49: | 49: | 49: |
| 50: | 50: | 50: | 50: | 50: | 50: | 50: |
| 51: | 51: | 51: | 51: | 51: | 51: | 51: |
| 52: | 52: | 52: | 52: | 52: | 52: | 52: |
| 53: | 53: | 53: | 53: | 53: | 53: | 53: |

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
|------|--|--------|------------------|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 54: | | | | | | | | | | | | | |
| 55: | Verbreitung der Haushaltsgeraete | | | | | | | | | | | | |
| 56: | | | | | | | | | | | | | |
| 57: | Kuehlschrank | in Z | 80 | 83 | | | | | | | | | |
| 58: | Befriegeraet | in Z | 18 | 27 | | | | | | | | | |
| 59: | Waschmaschine | in Z | 57 | 64 | | | | | | | | | |
| 60: | Spuelmaschine | in Z | 12 | 22 | | | | | | | | | |
| 61: | Elektroherd | in Z | 68 | 68 | | | | | | | | | |
| 62: | Waschetroekner | in Z | 6 | 8 | | | | | | | | | |
| 63: | Fernseher s/w | in Z | 50 | 50 | | | | | | | | | |
| 64: | Fernseher farbe | in Z | 46 | 53 | | | | | | | | | |
| 65: | sonst. Kleingeraete | in Z | 100 | 100 | | | | | | | | | |
| 66: | Beleuchtung | in Z | 100 | 100 | | | | | | | | | |
| 67: | zukuenft. Anwendungen | in Z | 100 | 100 | | | | | | | | | |
| 68: | | | | | | | | | | | | | |
| 69: | | | | | | | | | | | | | |
| 70: | Anzahl der Haushalte mit diesen Beraeten | | | | | | | | | | | | |
| 71: | | | | | | | | | | | | | |
| 72: | Kuehlschrank | | 657466/1 | 857466/100 | | | | | | | | | |
| 73: | Befriegeraet | | 659466/1 | 858466/100 | | | | | | | | | |
| 74: | Waschmaschine | | 659466/1 | 859466/100 | | | | | | | | | |
| 75: | Spuelmaschine | | 660466/1 | 860466/100 | | | | | | | | | |
| 76: | Elektroherd | | 661466/1 | 861466/100 | | | | | | | | | |
| 77: | Waschetroekner | | 662466/1 | 862466/100 | | | | | | | | | |
| 78: | Fernseher s/w | | 663466/1 | 863466/100 | | | | | | | | | |
| 79: | Fernseher farbe | | 664466/1 | 864466/100 | | | | | | | | | |
| 80: | sonst. Kleingeraete | | 665466/1 | 865466/100 | | | | | | | | | |
| 81: | Beleuchtung | | 666466/1 | 866466/100 | | | | | | | | | |
| 82: | zukuenft. Anwendungen | | 667466/1 | 867466/100 | | | | | | | | | |
| 83: | | | | | | | | | | | | | |
| 84: | | | | | | | | | | | | | |
| 85: | Verbrauchsentwicklung in Muenchen | | | | | | | | | | | | |
| 86: | | | | | | | | | | | | | |
| 87: | Kuehlschrank | in kWh | 6724642/ | 8724642/1000000 | | | | | | | | | |
| 88: | Befriegeraet | in kWh | 6734643/ | 8734643/1000000 | | | | | | | | | |
| 89: | Waschmaschine | in kWh | 6744644/ | 8744644/1000000 | | | | | | | | | |
| 90: | Spuelmaschine | in kWh | 6754645/ | 8754645/1000000 | | | | | | | | | |
| 91: | Elektroherd | in kWh | 6764646/ | 8764646/1000000 | | | | | | | | | |
| 92: | Waschetroekner | in kWh | 6774647/ | 8774647/1000000 | | | | | | | | | |
| 93: | Fernseher s/w | in kWh | 6784648/ | 8784648/1000000 | | | | | | | | | |
| 94: | Fernseher farbe | in kWh | 6794649/ | 8794649/1000000 | | | | | | | | | |
| 95: | sonst. Kleingeraete | in kWh | 6804650/ | 8804650/1000000 | | | | | | | | | |
| 96: | Beleuchtung | in kWh | 6814651/ | 8814651/1000000 | | | | | | | | | |
| 97: | zukuenft. Anwendungen | in kWh | 6824652/ | 8824652/1000000 | | | | | | | | | |
| 98: | | | | | | | | | | | | | |
| 99: | Stromverbrauch gesamt | | | | | | | | | | | | |
| 100: | Index | | SUM(887: | SUM(887:897) | | | | | | | | | |
| 101: | | | 699/699* | 899/699*100 | | | | | | | | | |
| 102: | Endenergiebedarf des Gasbedarfes | | | | | | | | | | | | |
| 103: | | | | | | | | | | | | | |
| 104: | Technische Verbesserungen | in Z | 100 | 100 | | | | | | | | | |
| 105: | Koerfuerstigerungen | in Z | 100 | 100 | | | | | | | | | |
| 106: | speziellischer Verbrauch | in kWh | 8105/100* | 8104/100*6106 | | | | | | | | | |
| 107: | Anzahl der Gasherde | | (100-861/100)*H6 | (100-1611/100)*H6 | | | | | | | | | |
| 108: | | | | | | | | | | | | | |
| 109: | Gasverbrauch gesamt | in kWh | 61074610 | 810746106/1000000 | | | | | | | | | |
| 110: | Index | in Z | 6109/610 | 8109/6109*100 | | | | | | | | | |

| | 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 |
|----|---|---------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 15 | Bedarf des Sektors KLEINVERBRAUCH (untere Variante) | | | | | |
| 16 | ***** | | | | | |
| 17 | Endenergiebedarf nach Anwendungen | | | | | |
| 18 | Bevölkerungsentwickl. in der BRD in Mio. | | | | | |
| 19 | in 1973 | in 1979 | in 1990 | in 2010 | in 2020 | in 2030 |
| 20 | 62,0 | 60,5 | 59 | 53,7 | 49,7 | 45,3 |
| 21 | in 1/10 a | | | | | |
| 22 | in I | 768150 | 167866100-100 | K6743*100-100 | L67K6*100-100 | M67L6*100-100 |
| 23 | in II | 36 | 88*(100-171)/100 | 88*(100-171)/100 | 88*(100-171)/100 | 88*(100-171)/100 |
| 24 | in III | 42,3 | 34 | 31 | 30,5 | 30 |
| 25 | in IV | H11/H84*100 | (100-19)/(100-19)*H10 | (100-19)/(100-19)*110 | (100-19)/(100-19)*K10 | (100-19)/(100-19)*L10 |
| 26 | in V | 584200 | 18*110/100 | 18*110/100 | 18*110/100 | 18*110/100 |
| 27 | Index der Arbeitsplätze in KV in I | | | | | |
| 28 | in I | 100 | 111/H11*100 | 111/H11*100 | 111/H11*100 | 111/H11*100 |
| 29 | in II | 100 | 110 | 110 | 124 | 130 |
| 30 | Raumwaermebedarf | | | | | |
| 31 | EDL in I | H14*H13/100 | 114*113/100 | 114*113/100 | K14*H13/100 | M14*H13/100 |
| 32 | Einspar. in I | 100 | 57,92161327045047 | 57,92161327045047 | 29,7093022558139 | 20,73791175066494 |
| 33 | Index in I | H17*H16/100 | 117*H16/100 | 117*H16/100 | K17*H16/100 | M17*H16/100 |
| 34 | absolut in 6Wh | 8886 | H19*H18/100 | H19*H18/100 | H19*H18/100 | H19*H18/100 |
| 35 | Prozesswaermebedarf EDL wie Industrie | | | | | |
| 36 | Einspar. in I | 100 | 125,9409703766787 | 125,9409703766787 | 110,079908207834 | 105,054617944609 |
| 37 | Index in I | H22*(H21/H21) | 122*(121/H21) | 122*(121/H21) | K22*(H21/H21) | M22*(H21/H21) |
| 38 | absolut in 6Wh | 2251 | H24*H23/100 | H24*H23/100 | H24*H23/100 | H24*H23/100 |
| 39 | Anteil Strom in I | | | | | |
| 40 | in 6Wh | 45 | 124*H26/100 | 124*H26/100 | K24*H26/100 | M24*H26/100 |
| 41 | Anteil mittel, in I | 100-H26 | 100-H26 | 100-H26 | 100-H26 | 100-H26 |
| 42 | in 6Wh | H24*H28/100 | 124*H28/100 | 124*H28/100 | K24*H28/100 | M24*H28/100 |
| 43 | Licht und Kraft EDL(KK)/EDL(RK) | | | | | |
| 44 | Einspar. in I | 100 | 131*(132+H16/100) | 131*(132+H16/100) | K31*(H32+K16/100) | M31*(H32+K16/100) |
| 45 | Index in I | H34*H33/100 | H34*H33/100 | H34*H33/100 | H34*H33/100 | H34*H33/100 |
| 46 | absolut in 6Wh | 711 | 1990 | 1990 | 2010 | 2030 |
| 47 | Strombedarf | | | | | |
| 48 | Prozesswaerme elektrisch in 6Wh | H27 | 127 | 127 | K27 | M27 |
| 49 | Anteil in I | H38/H43*100 | 138/H43*100 | 138/H43*100 | K38/H43*100 | M38/H43*100 |
| 50 | Anteil in 6Wh | H34 | 134 | 134 | K34 | M34 |
| 51 | Anteil in I | H40/H43*100 | 140/H43*100 | 140/H43*100 | K40/H43*100 | M40/H43*100 |
| 52 | Strombedarf gesamt | | | | | |
| 53 | Index in I | H38*H40 | 138*H40 | 138*H40 | K38*H40 | M38*H40 |
| 54 | Index in I | H43/H43*100 | 143/H43*100 | 143/H43*100 | K43/H43*100 | M43/H43*100 |
| 55 | nichtelektrischer Endenergiebedarf | | | | | |
| 56 | in 6Wh | H29 | 129 | 129 | K29 | M29 |
| 57 | Anteil in I | H48/H53*100 | 148/H53*100 | 148/H53*100 | K48/H53*100 | M48/H53*100 |
| 58 | Anteil in 6Wh | H19 | 119 | 119 | K19 | M19 |
| 59 | Anteil in I | H50/H53*100 | 150/H53*100 | 150/H53*100 | K50/H53*100 | M50/H53*100 |
| 60 | nichtelektr. gesamt | | | | | |
| 61 | Index in I | H48*H50 | 148*H50 | 148*H50 | K48*H50 | M48*H50 |
| 62 | Index in I | H53/H53*100 | 153/H53*100 | 153/H53*100 | K53/H53*100 | M53/H53*100 |
| 63 | Gesamter Endenergiebedarf | | | | | |
| 64 | absolut | H43 | 143 | 143 | K43 | M43 |
| 65 | Anteil in I | H58/H63*100 | 158/H63*100 | 158/H63*100 | K58/H63*100 | M58/H63*100 |
| 66 | Anteil in 6Wh | H53 | 153 | 153 | K53 | M53 |
| 67 | Anteil in I | H60/H63*100 | 160/H63*100 | 160/H63*100 | K60/H63*100 | M60/H63*100 |
| 68 | Gesamtwarmeverbrauch | | | | | |
| 69 | absolut | H58*H60 | 158*H60 | 158*H60 | K58*H60 | M58*H60 |
| 70 | Index | H63/H63*100 | 163/H63*100 | 163/H63*100 | K63/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 | 574,1 | 496,5 | 300,4 | 261,1 | 259,0 | 251,8 |
| BIP in München gesamt | 65467/10 | 86487/1000000 | 16477/1000000 | 68487/1000000 | 68487/1000000 | 68487/1000000 |
| Industrieteil in München | 42,3 | 36 | 34 | 31 | 30,5 | 30 |
| BIP der Industrie absolut | 684610/1 | 86487/1000 | 16477/1000 | 68487/1000 | 68487/1000 | 68487/1000 |
| Index | 611/611* | 611/611* | 611/611* | 611/611* | 611/611* | 611/611* |
| Wachstum des BIP in den verschiedenen Industriebereichen | | | | | | |
| Grundstoffindustrie | in % 612 | 612 | 1124,8424 | 612 | 612 | 612 |
| Investitionsindustrie | in % 612 | 612 | 1124,072 | 612 | 612 | 612 |
| Verbrauchsgüterindustrie | in % 612 | 612 | 1124,9903 | 612 | 612 | 612 |
| Nahrungsmittelindustrie | in % 612 | 612 | 1124,7945 | 612 | 612 | 612 |
| Endenergiebedarf der Grundstoffindustrie | in % 615 | 615 | 115 | 615 | 615 | 615 |
| Index des Produktionswerts | in % 615 | 615 | 115 | 615 | 615 | 615 |
| spezifischer Strombedarf | in % 100 | 89 | 81 | 44 | 40 | 38 |
| Index des Strombedarfs | in % 623/625* | 623/625/100 | 1234/125/100 | 623/625/100 | 623/625/100 | 623/625/100 |
| Strombedarf absolut | in GWh 115 | 623/626/100 | 627/126/100 | 627/626/100 | 627/626/100 | 627/626/100 |
| spezifischer Brennstoffbedarf | in % 100 | 82 | 70 | 35 | 31 | 30 |
| Index des Brennstoffbedarfs | in % 623/629* | 623/629/100 | 1234/129/100 | 623/629/100 | 623/629/100 | 623/629/100 |
| Brennstoffbedarf absolut | in GWh 473 | 631/630/100 | 631/130/100 | 631/630/100 | 631/630/100 | 631/630/100 |
| Endenergiebedarf gesamt | in GWh 631/627 | 631/627 | 131/127 | 631/627 | 631/627 | 631/627 |
| Index | in % 633/633* | 633/633/100 | 133/633/100 | 633/633/100 | 633/633/100 | 633/633/100 |
| Endenergiebedarf der Investitionsindustrie | in % 1973 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 |
| Index des Produktionswerts | in % 616 | 616 | 116 | 616 | 616 | 616 |
| spezifischer Strombedarf | in % 100 | 98 | 96 | 75 | 74 | 74 |
| Index des Strombedarfs | in % 638/640* | 638/640/100 | 1384/140/100 | 638/640/100 | 638/640/100 | 638/640/100 |
| Strombedarf absolut | in GWh 594 | 642/641/100 | 642/141/100 | 642/641/100 | 642/641/100 | 642/641/100 |
| spezifischer Brennstoffbedarf | in % 100 | 92 | 86 | 58 | 55 | 55 |
| Index des Brennstoffbedarfs | in % 638/644* | 638/644/100 | 1384/144/100 | 638/644/100 | 638/644/100 | 638/644/100 |
| Brennstoffbedarf absolut | in GWh 1693 | 646/645/100 | 646/145/100 | 646/645/100 | 646/645/100 | 646/645/100 |
| Endenergiebedarf gesamt | in GWh 646/642 | 646/642 | 146/142 | 646/642 | 646/642 | 646/642 |
| Index | in % 648/648* | 648/648/100 | 148/648/100 | 648/648/100 | 648/648/100 | 648/648/100 |

| | 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: |
| | | 1973 | 1980 | 1990 | | | | | | | | | |
| | | in % | in % | in % | in % | in % | in % | in % | in % | in % | in % | in % | in % |
| Endenergiebedarf der Verbrauchsgüterind. | | 117 | | | | | | | | | | | |
| Index des Produktionswerts | | 617 | H17 | | | | | | | | | | |
| spezifischer Strombedarf | | in % | 100 | 96 | | | | | | | | | |
| Index des Strombedarfs | | in % | 653/655/ | H53/H55/100 | | | | | | | | | |
| Strombedarf absolut | | in 6Wh | % | 657/H56/100 | | | | | | | | | |
| spezifischer Brennstoffbedarf | | in % | 100 | 91 | | | | | | | | | |
| Index des Brennstoffbedarfs | | in % | 653/657/ | H53/H59/100 | | | | | | | | | |
| Brennstoffbedarf absolut | | in 6Wh | 221 | 661/H60/100 | | | | | | | | | |
| Endenergiebedarf gesamt | | in 6Wh | 661/H57 | H61/H57 | | | | | | | | | |
| Index | | in % | 663/663* | H63/663*100 | | | | | | | | | |
| Endenergiebedarf der Nahrungsmittelindustrie | | 1973 | 1980 | 1990 | | | | | | | | | |
| Index des Produktionswerts | | in % | 618 | H18 | | | | | | | | | |
| spezifischer Strombedarf | | in % | 100 | 97 | | | | | | | | | |
| Index des Strombedarfs | | in % | 668/670/ | H68/H70/100 | | | | | | | | | |
| Strombedarf absolut | | in 6Wh | 100 | 672/H71/100 | | | | | | | | | |
| spezifischer Brennstoffbedarf | | in % | 100 | 93 | | | | | | | | | |
| Index des Brennstoffbedarfs | | in % | 668/674/ | H68/H74/100 | | | | | | | | | |
| Brennstoffbedarf absolut | | in 6Wh | 880 | 676/H75/100 | | | | | | | | | |
| Endenergiebedarf gesamt | | in 6Wh | 676/672 | H76/H72 | | | | | | | | | |
| Index | | in % | 678/678* | H78/678*100 | | | | | | | | | |
| Gesamter Endenergiebedarf | | 1973 | 1980 | 1990 | | | | | | | | | |
| Strombedarf | | in 6Wh | 672/657* | H72/H57/H42/H27 | | | | | | | | | |
| Index | | in % | 683/683* | H83/683*100 | | | | | | | | | |
| Brennstoffbedarf | | in 6Wh | 676/661* | H76/H61/H46/H31 | | | | | | | | | |
| Index | | in % | 685/685* | H85/685*100 | | | | | | | | | |
| Endenergiebedarf absolut | | in 6Wh | 685/685* | H85/H85 | | | | | | | | | |
| Index | | in % | 688/688* | H88/688*100 | | | | | | | | | |

| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
|----|----------------------------|--------|------|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | GESAMTER ENDEENERGIEBEDARF | | | | | | | | | | | |
| 2 | ***** | | | | | | | | | | | |
| 3 | 1) HAUSHALTE | | | | | | | | | | | |
| 4 | ***** | | | | | | | | | | | |
| 5 | 1979 | 1990 | | | | | | | | | | |
| 6 | Rauwaerme | in GWh | 5272 | 3740,623145215439 | | | | | | | | |
| 7 | in Z | in GWh | 5272 | 3740,623145215439 | | | | | | | | |
| 8 | mittl. Wirkungsgrad | in GWh | 8431 | 18194,100 | | | | | | | | |
| 9 | Endenergie | in GWh | 8431 | 18194,100 | | | | | | | | |
| 10 | davon Brennstoffe | in GWh | | | | | | | | | | |
| 11 | davon Strom | in GWh | | | | | | | | | | |
| 12 | in Z | in GWh | | | | | | | | | | |
| 13 | in Z | in GWh | | | | | | | | | | |
| 14 | in Z | in GWh | | | | | | | | | | |
| 15 | in Z | in GWh | | | | | | | | | | |
| 16 | in Z | in GWh | | | | | | | | | | |
| 17 | in GWh | 664 | | | | | | | | | | |
| 18 | mittl. Wirkungsgrad | in Z | 664 | 738,439870352284 | | | | | | | | |
| 19 | Endenergie | in GWh | 664 | 738,439870352284 | | | | | | | | |
| 20 | davon Brennstoffe | in GWh | | | | | | | | | | |
| 21 | davon Strom | in Z | | | | | | | | | | |
| 22 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 23 | in Z | in GWh | | | | | | | | | | |
| 24 | in Z | in GWh | | | | | | | | | | |
| 25 | in Z | in GWh | | | | | | | | | | |
| 26 | in GWh | 769 | | | | | | | | | | |
| 27 | Brennstoffe (Saherd) | in GWh | 160 | 150,96774234828 | | | | | | | | |
| 28 | Brennstoffe | in GWh | | | | | | | | | | |
| 29 | Strom | in GWh | | | | | | | | | | |
| 30 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 31 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 32 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 33 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 34 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 35 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 36 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 37 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 38 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 39 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 40 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 41 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 42 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 43 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 44 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 45 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 46 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 47 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 48 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 49 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 50 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 51 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 52 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 53 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 54 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 55 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 56 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 57 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 58 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 59 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 60 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 61 | in GWh | | | | | | | | | | | |
| 62 | in GWh | | | | | | | | | | | |

1) Warmwasserbereitung

| | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|--|------|------|------|------|------|------|
| in I | 52 | 64 | 72 | 75 | 78 | 80 |
| in II | 0 | 10 | 25 | 40 | 50 | 60 |
| in III | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 |
| Haushalte | | | | | | |
| Warmwasser | 664 | 763 | 791 | 881 | 876 | 857 |
| Nutzenergie | 1277 | 1192 | 1099 | 1175 | 1123 | 1071 |
| Endenergie | 0 | 77 | 179 | 305 | 365 | 418 |
| solar subst. Endenergie | | | | | | |
| Kleinverbrauch | | | | | | |
| Prozesswärme | 2251 | 2537 | 2811 | 3105 | 3475 | 3674 |
| Warmwasseranteil | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| solar subst. Endenergie | 0 | 82 | 278 | 404 | 557 | 716 |
| Summe der solar substituierbaren Endenergie | 0 | 160 | 467 | 709 | 922 | 1134 |

2) Raumheizung

| | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| in I | 63 | 78 | 87 | 90 | 92 | 93 |
| in II | 100 | 103 | 107 | 108 | 109 | 110 |
| in III | 0 | 3 | 8 | 12 | 16 | 20 |
| in IV | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| Einfamilienhäuser (EFH) | | | | | | |
| Anzahl der Mehrhäuser | 96460 | 99754 | 103212 | 104177 | 105141 | 106106 |
| Anteil des Typs III | 0 | 2 | 4 | 8 | 12 | 15 |
| Gesamte Endenergie (Typ III) | 0 | 15 | 29 | 58 | 86 | 107 |
| solar substituierte Endenergie | 0 | 0 | 2 | 5 | 10 | 15 |
| Mehrfamilienhäuser (MFH) | | | | | | |
| Anzahl der Mehrhäuser | 645540 | 664906 | 690728 | 697183 | 703639 | 710094 |
| Anteil des Typs III | 0 | 0 | 2 | 4 | 6 | 10 |
| Gesamte Endenergie (Typ III) | 0 | 0 | 65 | 127 | 190 | 316 |
| solar substituierte Endenergie | 0 | 0 | 4 | 11 | 21 | 44 |
| Summe der solar substituierten Endenergie | 0 | 0 | 5 | 16 | 31 | 59 |

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 |
| Endenergie | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Karwasseranteil | 0 | 65 | 140 | 193 | 218 | 242 |
| solar subst. Endenergie | | | | | | |
| 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 | 80 | 80 | 80 | | | | | | | |
| 10: | 0 | 18 | 60 | 80 | 70 | 80 | | | | | | | |
| 11: | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 | | | | | | | |
| 12: | | | | | | | | | | | | | |
| 13: | | | | | | | | | | | | | |
| 14: | | | | | | | | | | | | | |
| 15: | 664 | 738 | 524 | 508 | 508 | 496 | | | | | | | |
| 16: | H14/H9+100 | H14/H9+100 | K14/K9+100 | L14/L9+100 | L14/L9+100 | M14/M9+100 | | | | | | | |
| 17: | H15/H11+H10/10000 | H15/H11+H10/10000 | K15/K11+K10/10000 | L15/L11+L10/10000 | L15/L11+L10/10000 | M15/M11+M10/10000 | | | | | | | |
| 18: | | | | | | | | | | | | | |
| 19: | 2251 | 1987 | 1351 | 1197 | 1197 | 1065 | | | | | | | |
| 20: | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | | | | | | | |
| 21: | H19/H20+H11+H10/1000000 | H19/H20+H11+H10/1000000 | K19/K20+K11+K10/1000000 | L19/L20+L11+L10/1000000 | L19/L20+L11+L10/1000000 | M19/M20+M11+M10/1000000 | | | | | | | |
| 22: | | | | | | | | | | | | | |
| 23: | | | | | | | | | | | | | |
| 24: | H2+H16 | L21+L16 | K21+K16 | L21+L16 | L21+L16 | M21+M16 | | | | | | | |
| 25: | | | | | | | | | | | | | |
| 26: | | | | | | | | | | | | | |
| 27: | | | | | | | | | | | | | |
| 28: | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | | | | | | | |
| 29: | | | | | | | | | | | | | |
| 30: | 63 | 78 | 90 | 90 | 92 | 83 | | | | | | | |
| 31: | 100 | 106 | 100 | 100 | 100 | 100 | | | | | | | |
| 32: | 0 | 18 | 60 | 60 | 70 | 80 | | | | | | | |
| 33: | 70 | 70 | 70 | 70 | 76 | 76 | | | | | | | |
| 34: | | | | | | | | | | | | | |
| 35: | | | | | | | | | | | | | |
| 36: | 96460 | H36+I31/100 | H36+K31/100 | H36+L31/100 | H36+M31/100 | H36+R31/100 | | | | | | | |
| 37: | 0 | 19 | 39 | 44 | 44 | 49 | | | | | | | |
| 38: | H36+H37/100000000+9108/H30+H3 | L36+L37/100000000+9108/L30+H3 | K36+K37/100000000+9108/K30+H3 | L36+L37/100000000+9108/L30+H3 | L36+L37/100000000+9108/L30+H3 | M36+M37/100000000+9108/M30+H30 | | | | | | | |
| 39: | H38+H33+H32/10000 | L38+L33+L32/10000 | K38+K33+K32/10000 | L38+L33+L32/10000 | L38+L33+L32/10000 | M38+M33+M32/10000 | | | | | | | |
| 40: | | | | | | | | | | | | | |
| 41: | | | | | | | | | | | | | |
| 42: | 64540 | H42+I31/100 | H42+K31/100 | H42+L31/100 | H42+M31/100 | H42+R31/100 | | | | | | | |
| 43: | 0 | 16 | 45 | 45 | 60 | 72 | | | | | | | |
| 44: | H42+H43/100000000+9108/H30+H3 | L42+L43/100000000+9108/L30+H3 | K42+K43/100000000+9108/K30+H3 | L42+L43/100000000+9108/L30+H3 | L42+L43/100000000+9108/L30+H3 | M42+M43/100000000+9108/M30+H30 | | | | | | | |
| 45: | H44+H33+H32/10000 | L44+L33+L32/10000 | K44+K33+K32/10000 | L44+L33+L32/10000 | L44+L33+L32/10000 | M44+M33+M32/10000 | | | | | | | |
| 46: | | | | | | | | | | | | | |
| 47: | | | | | | | | | | | | | |

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 + Verluste | 4145 | 4796 | 5640 | 6415 | 7190 | 8036 |
| = Gesamter Strombedarf | 288 | 330 | 395 | 449 | 563 | 563 |
| davon ausserstaedtlisch | 4413 | 5346 | 6034 | 6864 | 7694 | 8599 |
| davon innerstaedtlisch | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| davon innerstaedtlisch | 1346 | 1604 | 1810 | 2059 | 2368 | 2580 |
| davon Wasserkraft | 3229 | 3819 | 4310 | 4903 | 5496 | 6142 |
| durch Kernenergie | 3087 | 3742 | 4224 | 4805 | 5386 | 6019 |
| bleibt Restbedarf | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 320 MW | 2102 | 2102 | 2102 | 2102 | 2102 | 2102 |
| bleibt Restbedarf | 2691 | 1244 | 1726 | 2307 | 2887 | 3521 |

| | 1979 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|---|-------|------|------|------|------|-------|
| Deckung des Restbedarfs innerstaedtlisch: | | | | | | |
| durch Heizkraefte | | | | | | |
| Anteil an der Stroerproduktion | 190 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| erzeugter Strom | 2691 | 1244 | 1726 | 2307 | 2887 | 3521 |
| Anteil Heizkraefte | 5 | 20 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 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 (Gas) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| erzeugte Fernwaerme | 3443 | 3580 | 3650 | 3700 | 3759 | 4584 |

1979 1990 2000 2010 2020 2030

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 | 5921 |
| 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 |
| davon ausserstaedtisch | in GWh | 3229 | 3819 | 4310 | 4903 | 5496 |
| Summe | in GWh | 34385 | 34889 | 36067 | 38295 | 39007 |
| Index | in % | 100 | 101 | 105 | 111 | 113 |

1) Ergebnisse des Bedarfsszenarios

HAUSHALTE: Raumaerme, Warmwasser, Haeshaltsgerate Strom, Gas. Columns for years 1979, 1990, 2000, 2010, 2020, 2030.

2) Stromerzeugung

Stromerzeugung: Brennstoffe, Strom. Columns for years 1979, 1990, 2000, 2010, 2020, 2030.

3) Nutzung von Solarenergie

Solarenergie: Raumaerme (HH + KV), Restbedarf. Columns for years 1979, 1990, 2000, 2010, 2020, 2030.

4) Deckung der restlichen Nutzenergie

Restliche Nutzenergie: Industrie, Summe. Columns for years 1979, 1990, 2000, 2010, 2020, 2030.

Deckung des Restbedarfs Innerstaedtisch

Innerstaedtisch: Durch Heizkraefwerke, Anteil an der Stromproduktion, Anteil Heizwerke, erzeugte Fernwaerme, Energieeinsatz, davon Gas, davon Oel, davon Kohle, davon Huell, davon Blockheizkraefwerke.

Deckung des Restbedarfs im Umland

Umland: erzeugte Fernwaerme, Energieeinsatz (Gas), erzeugte Fernwaerme, Holzenergie.

Deckung der restlichen Nutzenergie

Restliche Nutzenergie: Industrie, Summe. Columns for years 1979, 1990, 2000, 2010, 2020, 2030.

Deckung der restlichen Nutzenergie

Restliche Nutzenergie: Industrie, Summe. Columns for years 1979, 1990, 2000, 2010, 2020, 2030.

A : : B : : C : : D : : E : : F : : G : : H : : I : : J : : K : : L : : M : :

4) Endenergiebilanz

| | 1979 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Straum | 4145 | 4364 | 4202 | 4390 | 4694 | 4970 |
| in GWh | | | | | | |
| Anteil in % | 15 | 16 | 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 |
| Öel | 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 + Umweltwaerme | 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) Pflaerenergiebilanz

| | 1979 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Gas | 15240 | 13968 | 13435 | 12765 | 11605 | 10391 |
| in GWh | | | | | | |
| Anteil in % | 49 | 51 | 53 | 51 | 46 | 40 |
| Öel | 11746 | 8645 | 5107 | 1234 | 0 | 0 |
| in GWh | | | | | | |
| Anteil in % | 38 | 31 | 20 | 5 | 0 | 0 |
| Kohle | 2580 | 3561 | 5046 | 7579 | 9569 | 11383 |
| in GWh | | | | | | |
| Anteil in % | 8 | 13 | 20 | 31 | 38 | 44 |
| Kueel | 1260 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| in GWh | | | | | | |
| Anteil in % | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Uran | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| in GWh | | | | | | |
| Anteil in % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Solar + Umweltwaerme | 0 | 313 | 1051 | 2110 | 2784 | 2969 |
| in GWh | | | | | | |
| Anteil in % | 0 | 1 | 4 | 9 | 11 | 12 |
| Erogas | 0 | 78 | 184 | 355 | 343 | 335 |
| in GWh | | | | | | |
| Anteil in % | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Wassertraft | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| in GWh | | | | | | |
| Anteil in % | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Suene | 31156 | 27461 | 25220 | 24440 | 24697 | 25474 |
| in GWh | | | | | | |
| Index | 100 | 88 | 81 | 77 | 75 | 74 |
| davon regenerativ | 396 | 787 | 1631 | 2861 | 3523 | 3760 |
| in GWh | | | | | | |
| Anteil in % | 1 | 3 | 6 | 12 | 14 | 15 |
| 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 |

| | | 1979 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|------|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| 66: | Nutzung von Solarenergie | | | | | | |
| 67: | | | | | | | |
| 68: | | | | | | | |
| 69: | | | | | | | |
| 70: | | | | | | | |
| 71: | Raumwaerme (HH + KV) | 16995 | 13054 | 10777 | 9315 | 7886 | 6711 |
| 72: | davon solar gedeckt | | 14 | 61 | 142 | 228 | 339 |
| 73: | Restbedarf | 16995 | 13040 | 10716 | 9173 | 7658 | 6372 |
| 74: | | | | | | | |
| 75: | Warmwasser (HH + KV) | 2279 | 2015 | 1759 | 1698 | 1617 | 1534 |
| 76: | davon solar gedeckt | | 133 | 280 | 414 | 482 | 559 |
| 77: | Restbedarf | 2279 | 1882 | 1479 | 1284 | 1131 | 974 |
| 78: | | | | | | | |
| 79: | Summe solare substituierte Endenergie | 0 | 147 | 341 | 536 | 714 | 889 |
| 80: | | | | | | | |
| 81: | 4) Deckung der restlichen Nutzenergie | | | | | | |
| 82: | | | | | | | |
| 83: | | | | | | | |
| 84: | | | | | | | |
| 85: | Restliche (HH + KV) | 19274 | 14922 | 12195 | 10457 | 8788 | 7356 |
| 86: | Nutzenergie | 11892 | 11376 | 10388 | 9219 | 7927 | 6713 |
| 87: | Nutzenergie | 3297 | 3180 | 2853 | 2273 | 2090 | 1849 |
| 88: | Nutzenergie | 2308 | 2226 | 1857 | 1591 | 1406 | 1294 |
| 89: | | | | | | | |
| 90: | Summe | 14200 | 13602 | 12245 | 10210 | 9227 | 8007 |
| 91: | davon Fernwaerme | 2927 | 2860 | 2355 | 2297 | 2407 | 2283 |
| 92: | davon Heiz | 6529 | 5000 | 3000 | 1000 | 0 | 0 |
| 93: | | | | | | | |
| 94: | davon Koehle | 11454 | 7085 | 3811 | 1228 | 0 | 0 |
| 95: | | | | | | | |
| 96: | davon Gas | 781 | 441 | 132 | 0 | 0 | 0 |
| 97: | davon Gaswaermeerzeugung | 4322 | 5442 | 6799 | 7514 | 6720 | 5724 |
| 98: | | | | | | | |
| 99: | davon Gaswaerme | 0 | 394 | 1476 | 2742 | 3510 | 3318 |
| 100: | davon Gaswaerme | 0 | 150 | 560 | 1033 | 1332 | 1259 |
| 101: | davon Gaswaerme | 7206 | 6744 | 5898 | 4369 | 2863 | 1807 |
| 102: | davon Gaswaerme | 160 | 151 | 162 | 178 | 194 | 215 |

| | | 1979 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|------|----------------------------|-------|------|------|------|------|------|
| 103: | Nutzenergie | 5272 | 4715 | 4153 | 3675 | 3234 | 2881 |
| 104: | Endenergie | 259 | 121 | 48 | 0 | 0 | 0 |
| 105: | Nutzenergie | 664 | 671 | 622 | 638 | 642 | 631 |
| 106: | Endenergie | 236 | 126 | 52 | 0 | 0 | 0 |
| 107: | Nutzenergie | 769 | 849 | 519 | 526 | 540 | 575 |
| 108: | Endenergie | 160 | 151 | 162 | 178 | 194 | 215 |
| 109: | | | | | | | |
| 110: | Summe | 8886 | 7130 | 6051 | 5232 | 4370 | 3612 |
| 111: | Prozesswaerme (inchtel.) | 1238 | 1053 | 947 | 847 | 793 | 745 |
| 112: | Prozesswaerme (elektrisch) | 1013 | 894 | 775 | 639 | 551 | 497 |
| 113: | Licht und Kraft | 711 | 724 | 714 | 675 | 625 | 588 |
| 114: | | | | | | | |
| 115: | Summe | 3297 | 3180 | 2653 | 2273 | 2090 | 1849 |
| 116: | Summe | 1166 | 1025 | 900 | 803 | 746 | 761 |
| 117: | | | | | | | |
| 118: | Summe | 63 | 78 | 87 | 93 | 92 | 93 |
| 119: | Summe | 52 | 64 | 72 | 75 | 78 | 80 |
| 120: | | | | | | | |
| 121: | Summe | 4145 | 3738 | 3007 | 2643 | 2462 | 2200 |
| 122: | + Verluste | 298 | 262 | 211 | 185 | 172 | 164 |
| 123: | Summe | 4433 | 4000 | 3218 | 2828 | 2634 | 2304 |
| 124: | | | | | | | |
| 125: | Summe | 1346 | 1000 | 644 | 283 | 0 | 0 |
| 126: | Summe | 3087 | 3000 | 2574 | 2546 | 2634 | 2504 |
| 127: | Summe | 376 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 128: | Summe | 2691 | 2604 | 2178 | 2150 | 2238 | 2108 |
| 129: | | | | | | | |
| 130: | Summe | 100 | 98 | 95 | 90 | 85 | 80 |
| 131: | Summe | 2691 | 2552 | 2069 | 1935 | 1992 | 1687 |
| 132: | | | | | | | |
| 133: | Summe | 3443 | 3291 | 2617 | 2399 | 2359 | 2091 |
| 134: | Summe | 10401 | 8680 | 7038 | 6580 | 6470 | 5737 |
| 135: | Summe | 7215 | 5300 | 3000 | 1500 | 1000 | 861 |
| 136: | Summe | 228 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 137: | Summe | 1758 | 2580 | 4038 | 5080 | 5470 | 4876 |
| 138: | Summe | 1200 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 139: | | | | | | | |
| 140: | Summe | 52 | 109 | 215 | 336 | 422 | 422 |
| 141: | Summe | 73 | 154 | 303 | 473 | 594 | 594 |
| 142: | Summe | 155 | 323 | 638 | 996 | 1251 | 1251 |
| 143: | | | | | | | |
| 144: | Summe | 3443 | 3364 | 2771 | 2702 | 2932 | 2686 |

4) Endenergiebilanz

| | 1979 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Strom | 4145 | 3738 | 3007 | 2643 | 2462 | 2340 |
| Anteil in % | 15 | 17 | 17 | 17 | 18 | 20 |
| Ferneuerwe | 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 + Umweltwaerme | 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 |
| Yuccii | 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 + Umweltwaerme | 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 | 386 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| Anteil in % | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| Summe innerstaedtlisch | 31156 | 24811 | 20335 | 17887 | 16093 | 14454 |
| davon regenerativ | 396 | 771 | 1483 | 2340 | 2765 | 2879 |
| Anteil | 1 | 3 | 7 | 13 | 17 | 20 |
| Summe ausserstaedtlisch | 3229 | 2181 | 1532 | 673 | 0 | 0 |
| Summe gesamt | 34385 | 27242 | 21867 | 18560 | 16093 | 14454 |
| Index | 100 | 79 | 64 | 54 | 47 | 42 |

| | 1979 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|------------------|------|------|------|------|------|------|
| HAUSHALTE | | | | | | |
| Raumwaerme | 5272 | 3741 | 2468 | 2137 | 1834 | 1602 |
| davon Strom | 259 | 96 | 28 | 0 | 0 | 0 |
| Warmwasser | 664 | 738 | 541 | 524 | 508 | 496 |
| davon Strom | 236 | 138 | 45 | 0 | 0 | 0 |
| Haushaltsgeraete | 769 | 807 | 391 | 393 | 399 | 420 |
| davon Gas | 160 | 151 | 162 | 178 | 194 | 215 |

| | 1979 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|
| KLEINVERBRAUCH | | | | | | |
| Raumwaerme | 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 |

| | 1979 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|------------------|------|------|------|------|------|------|
| INDUSTRIE | | | | | | |
| Brennstoffe | 3297 | 3276 | 2260 | 1771 | 1591 | 1521 |
| Strom | 1160 | 1064 | 835 | 715 | 664 | 634 |

| | 1979 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|
| WIRKUNGSGRAD | | | | | | |
| bei der Raumheizung | 63 | 78 | 87 | 90 | 92 | 93 |
| bei der Warmwasserbereitung | 52 | 64 | 72 | 75 | 78 | 80 |

| | 1979 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|
| 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 ausserstaedtisch | 30 | 22 | 15 | 5 | 0 | 0 |
| Primarenergie | 1346 | 873 | 403 | 114 | 0 | 0 |
| Primarenergie | 3229 | 2078 | 959 | 271 | 0 | 0 |
| davon innerstaedtisch | 3087 | 3094 | 2282 | 2163 | 2151 | 2053 |
| davon Wasserkraft | 376 | 376 | 376 | 376 | 376 | 376 |
| durch Fernen. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| bleibt Restbedarf | 2691 | 2698 | 1886 | 1767 | 1755 | 1657 |

| | 1979 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|---|-------|------|------|------|------|------|
| Deckung des Restbedarfs (innerstaedtisch): | | | | | | |
| durch Heizkraftwerke | 100 | 95 | 90 | 85 | 80 | 80 |
| anteil an der Stromproduktion | 2691 | 2563 | 1698 | 1502 | 1404 | 1326 |
| erzeugter Strom | 5 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| anteil Heizwerke | 3443 | 3500 | 3594 | 3700 | 3741 | 3644 |
| erzeugte Fernwaerme | 10401 | 8717 | 5774 | 5110 | 4775 | 4510 |
| Energieeinsatz | 7215 | 5000 | 2000 | 1000 | 800 | 677 |
| davon Gas | 228 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| davon Oel | 3758 | 3117 | 3774 | 4110 | 3975 | 3823 |
| davon Kohle | 1200 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| davon Mueel | | | | | | |
| 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 | 72 |
| 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 | K19 K141/H146+100 | L19 L141/H146+100 | M19 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 % H149/H146+100 | 143 H149/H146+100 | K43 K149/H146+100 | L43 L149/H146+100 | M43 H149/H146+100 |
| Szene | in GWh H149+H146 Anteil in % H151/H151+100 | 150 H149+H146 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.

- 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

F

- 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

