

C.C. Noack, D. v.Ehrenstein, J. Franke
(Hrsg.)

Energie für die Stadt der Zukunft

Das Beispiel Bremen

Der Abschlußbericht des Bremer Energiebeirats

© Cornelius C. Noack, Dieter v.Ehrenstein, Jürgen Franke
Energie für die Stadt der Zukunft
Das Beispiel Bremen
Der Abschlußbericht des Bremer Energiebeirats
Alle Rechte vorbehalten
1. Auflage, August 1989
Satz: L^AT_EX, PostScript Times Roman
Druck: Fuldaer Verlagsanstalt, Fulda
Printed in Germany
ISBN Nr. 3 – 924800 – 25 – 1

Zu dieser Buchausgabe:

Die Energiepolitik in der Bundesrepublik Deutschland ist in jüngster Zeit wieder in Bewegung gekommen. Das Aus für die Wiederaufarbeitungsanlage in Wackersdorf hat deutlich gemacht, daß die großen Energiekonzerne jetzt auf eine Europäisierung der Energieversorgung setzen.

Für viele Bürger aber ist die Lektion aus Tschernobyl die umgekehrte: ein Weg muß gefunden werden, auf dem die zentralistischen Strukturen der Energieversorgung abgelöst werden können durch eher dezentrale und damit auch technisch eher beherrschbare Systeme. Das bedeutet zugleich mehr Gestaltungsspielraum für die Gemeinden: 'Re-Kommunalisierung der Energiepolitik' ist angesagt.

Das Land Bremen hat sich unter dem Eindruck von Tschernobyl auf diesen Weg begeben: mit dem Beschluß zum Bau eines neuen Heizkraftwerks hat der Senat 1986 die weitgehende Unabhängigkeit Bremens von überregionalen Versorgern aufrechterhalten.

Gleichzeitig hat der Senat einen Expertenkreis zusammengerufen, der durch den Entwurf eines längerfristigen Energiekonzepts für das Land diese Politik absichern sollte. Der "Bremer Energiebeirat" hat ein solches Konzept in den vergangenen zwei Jahren erarbeitet und dem Senat und der Öffentlichkeit in diesem Frühjahr vorgelegt.

Vieles, was vom Bremer Energiebeirat in seinem Bericht zusammengetragen worden ist, ist nicht neu; die Notwendigkeit z.B., eine langfristig tragfähige Energiepolitik auf den drei 'neuen Energiequellen' *Energieeinsparung*, *Rationelle Energieversorgung* und *Regenerative Energien* aufzubauen, ist in den letzten Jahren an vielen Stellen immer wieder betont worden. Doch die Art, wie der Bremer Energiebeirat aus solchen strategischen Grundsätzen konkrete, praktisch umsetzbare Vorschläge für die beiden Städte des Landes entwickelt hat, ist so bisher wohl für keine Region in der Bundesrepublik ausformuliert worden. Auch hat der Beirat konkret die regionalwirtschaftlichen Folgen seiner Neuen Energiepolitik zu belegen versucht — wichtige Voraussetzung dafür, daß Kommunalpolitiker sich mit solchen Konzepten überhaupt auseinandersetzen.

Methodik und Ergebnisse dieser Arbeit sind also nicht nur von lokalem bremischem Interesse. Auch anderswo in der Bundesrepublik läßt sich auf ähnliche Weise eine neue kommunal orientierte Energiepolitik vorbereiten und absichern. Es erschien deshalb den Herausgebern und dem Verlag sinnvoll, diesen Bericht über Bremen hinaus der Öffentlichkeit zugänglich zu machen.

Der Bericht, der als förmlicher Abschlußbericht des Bremer Energiebeirats dem Senat der Freien Hansestadt Bremen am 3. Mai 1989 übergeben worden war und nach Endkorrektur ab Ende Mai als Vorabdruck verteilt wurde, war schnell vergriffen — eine umgehende Veröffentlichung in Buchform bot sich also auch zur Befriedigung weiterer Nachfrage an. Allerdings war es in der kurzen Zeit nicht mehr möglich, den gesamten Beirat hierzu zu befragen. Die vom Beirat mit der textlichen Endredaktion des Berichts beauftragte Redaktionsgruppe hat sich deshalb entschlossen, auch die Verantwortung für die Herausgabe der Buchveröffentlichung selbst zu übernehmen.

Der hier vorgelegte Text stimmt bis auf einige kleinere Korrekturen und redaktionelle Änderungen mit dem Abschlußbericht des Bremer Energiebeirats überein; lediglich das entsprechend gekennzeichnete Nachwort ist neu hinzugekommen. Für die textlichen For-

mulierungen tragen deshalb auch in diesem Buch die Herausgeber die Verantwortung; natürlich aber sind die hier dokumentierten Ergebnisse das Resultat der Arbeit des gesamten Beirats.

Die Mitglieder des Bremer Energiebeirats:

- Friedo **Berninghausen** (bis Juni 1987)
Vizepräsident der Handelskammer Bremen
- Dipl.Ing. Alfons **Bröker**
Bremen
- Prof. Dr. Dieter **v. Ehrenstein** *Vorsitzender*
Universität Bremen
- Staatsrat a.D. Dr. Hans-Helmut **Euler**
Bremen
- Dipl.Phys. Wolfgang **Feist**
Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt
- Prof. Dr. Wolfgang **Fischer** (bis Sept. 1987)
Universität Bremen
- Prof. Dr. Frank **Haenschke**
Hochschule Aalen
- Prof. Dr. Peter **Hennicke**
Hochschule Darmstadt
- Dipl.Ing. Willy **Leonhardt**
Vorstandsvorsitzender Stadtwerke Saarbrücken AG
- Prof. Dr. Cornelius C. **Noack** *stellvertretender Vorsitzender*
Universität Bremen
- Prof. Dr. Helmut **Spitzley**
Universität Bremen
- Dipl.Volksw. Dr. Frithjof **Spreer**
Ministerium für Wirtschaft des Saarlandes, Saarbrücken
- Prof. Dr. Klaus **Traube**
Hamburg
- Senator a.D. Reinhard **Ueberhorst**
Berlin und Elmshorn
- Prof. Dr. Dieter **Viefhues** (ab Aug. 1987)
Hochschule Bremerhaven
- Jörg **Willipinski** (bis Okt. 87)
Mitglied des Vorstands der Stadtwerke Bremen AG
(ehem. stellvertr. Bezirksleiter der ÖTV Bremen)

Geschäftsstelle des Bremer Energiebeirates:

Dipl.oec. Dipl.Ing. Jürgen **Franke**

Geschäftsführer

Vorwort

Der Senat der Freien Hansestadt Bremen hat am 16. Juni 1986 im Rahmen seiner Beschlüsse zur Energiepolitik nach der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl einen Energiebeirat mit dem Auftrag eingesetzt, den Strombedarf im Lande Bremen erneut zu überprüfen und Vorschläge zu machen, die die Energieversorgung der Stadtgemeinde Bremerhaven und Bremen weitgehend unabhängig vom Strom aus Kernkraftwerken sicherstellen.

Die Mitglieder des Beirats wurden durch den Präsidenten des Senats, Bürgermeister Klaus Wedemeier, im November 1986 berufen. Bei mehreren Anlässen ergaben sich Veränderungen in der Mitgliedschaft.

Auf der vorbereitenden Sitzung vom 31. Oktober 1986 wurde die Endfassung eines Papiers mit 'Überlegungen zur Aufgabenstellung und Arbeitsstruktur des Beirats' verabschiedet, das aufgrund vielfältiger Anregungen in den vorangegangenen Wochen entstanden war (enthalten als Anlage 3 im Senatsbeschuß vom 4. November 1986; vgl. Anhang I). Die wesentlichen zu untersuchenden Fragen waren bereits in einem Beschluß der Bremischen Bürgerschaft vom 2. Juli 1986 formuliert (enthalten als Anlage 2 im Beschluß des Senats vom 4. Nov. 1986).

Der Energiebeirat tagte in der Regel an jedem ersten Mittwoch eines Monats. Zur Organisation des geschäftlichen Ablaufs, aber auch für die wissenschaftliche Koordination, hat der Beirat eine Geschäftsstelle eingerichtet, die mit einem wissenschaftlichen Mitarbeiter als Geschäftsführer und halbtags mit einer Sekretärin besetzt war. Zu den monatlichen Sitzungen wurden neben den Beiratsmitgliedern ständige Gäste geladen. Die ständigen Gäste vertraten die Stadtgemeinde Bremerhaven, einschlägige Senatsressorts sowie die beiden Stadtwerke Bremen und Bremerhaven. Begleitend zu der Beiratsarbeit tagte in unregelmäßigen Abständen eine senatorische "Arbeitsgruppe Energie" unter Leitung von Staatsrat a.D. Dr. Euler, der zugleich dem Energiebeirat angehört.

Das Plenum des Bremer Energiebeirats trat in der Zeit vom Dezember 1986 bis April 1989 zu insgesamt 24 Arbeitssitzungen zusammen. Mit den Zuarbeiten wurden in der Regel externe Gutachter und Berater beauftragt. Die Beschlußfassung zur Vergabe der Aufträge wurde von fachlich federführenden Mitgliedern des Beirats vorbereitet, die auch die Arbeit der Gutachter begleiteten. Die Gutachten, die die fachliche Grundlage für den vorliegenden Bericht bilden, sind in acht Materialienbänden enthalten.

Der Beirat bemühte sich, seine Entscheidungen möglichst im Konsens aller Mitglieder zu treffen; dies Bemühen wurde durch umfassende Vorbereitung in Arbeitsgruppen und durch die Federführenden sehr erleichtert. Die abschließende inhaltliche Meinungsbildung, die der vorliegende Bericht widerspiegelt, wurde, durch Entwurfstexte vorbereitet, auf zwei Schlußsitzungen herbeigeführt. Mit der textlichen Schlußbearbeitung wurden als Redaktionsgruppe die beiden Vorsitzenden und der Geschäftsführer beauftragt, die für die Formulierungen im Einzelnen die Verantwortung tragen.

Es ist uns eine angenehme Pflicht, zahlreichen Personen und Institutionen für die vielen Hilfen und für kontinuierliches Interesse und Unterstützung während der mehrjährigen Arbeit zu danken. Dieser Dank geht an die Bürgerschaft und besonders an den Präsidenten des Senats und den Senat für die Gewährung völliger fachlicher Unabhängigkeit, wiederholter Vermittlungshilfe bei wichtigen Gelegenheiten sowie für die materielle Ausstattung. Dank gebührt auch den beiden Stadtwerken in Bremen und Bremerhaven und den übrigen ständigen Gästen bei unseren Sitzungen. Den Mitgliedern des Energiebeirats steht für ihre arbeitsintensive ehrenamtliche Tätigkeit für Bremen besonderer Dank zu.

Die Arbeit des Bremer Energiebeirats wäre nicht möglich gewesen ohne den großen Arbeitseinsatz der Geschäftsstelle und vor allem die fachlich-inhaltliche Mitarbeit unseres Geschäftsführers Dipl.oec. Dipl.Ing. Jürgen Franke, bei dem wir uns an dieser Stelle auch ganz persönlich bedanken wollen.

Schließlich möchten wir unseren persönlichen Dank für die unverzichtbaren Ermutigungen durch unsere Freunde abtragen. Namentlich erwähnen wir unseren Freund Hans Dieter Müller, Angehöriger der Universität Bremen und Landesvorsitzender der Sozialdemokratischen Partei in Bremen, überraschend verstorben im Sommer 1986 kurz nach Einsetzung des Bremer Energiebeirats, die er maßgeblich mit vorbereitet und veranlaßt hatte. In einem seiner letzten Briefe schrieb er:

“Der politische Wille, aus der Kernenergie auszusteigen, stößt auf das undurchdringlichste Interessensgeflecht, das es in einer politischen Lebensfrage unseres Landes bisher gegeben hat. Zu vergleichen ist nur der (unverantwortliche) Umgang mit der nuklearen Rüstung. Technische Gegebenheiten, weitreichende Interessen der Energiewirtschaft und der Industrie, weitgehende Handlungsunfähigkeit der Kommunen, rechtliche Absicherungen und Verpflichtungen bis ins nächste Jahrtausend hinein, wirken darauf hin, daß sich am Ende nichts bewegt, bis die nächste Katastrophe Bewegung erzwingt. Jeder wird sich dem anderen gegenüber auf den besonderen Sachzwang berufen, in dem er steht.

Für uns Sozialdemokraten ist aber die Einsicht unausweichlich, daß nur *strategisches Handeln* unsere Glaubwürdigkeit erhält. *Taktische Ausflüchte werden keinen Erfolg haben*. Strategisches Handeln heißt: an allen Stellen, an denen wir handeln können, die Fäden aus dem Geflecht zu ziehen, einen nach dem andern.”

Bremen, den 3. Mai 1989

Dieter v. Ehrenstein

Cornelius C. Noack

Kapitel 1

Einleitung

Industrialisierung und Wohlstand sind die Früchte der Technikentwicklung von zwei Jahrhunderten. Die Gewöhnung an diesen Fortschritt schafft die Gewöhnung an seine Folgen: eine dramatische Ungleichverteilung der Früchte und gleichzeitig bedrohliche Rückwirkungen auf Mensch und Natur. Die bisherige Entwicklung der Energieversorgung bringt dieses Kernproblem der technisch-industriellen Entwicklung heute in aller Schärfe zum Vorschein.

Schon im Blick auf die nur in endlicher Menge vorhandenen Ressourcen ist die weitere ungehemmte Steigerung des Energieeinsatzes kein gangbarer Weg in die Zukunft. Noch weit bedrohlicher allerdings sind die Schäden, die die Menschheit mit dem Energieeinsatz an ihrer eigenen Umwelt anrichtet.

Vor zehn Jahren wurde die deutsche Öffentlichkeit durch zunehmende Waldschäden alarmiert. Die Wissenschaft sieht den Verbrauch der fossilen Energieträger Kohle, Mineralöl und Erdgas als Hauptursache des "Waldsterbens" an. Nach offiziellen Angaben ist mehr als die Hälfte des deutschen Waldbestandes geschädigt. Der für den sauren Regen maßgebliche Schadstoffausstoß an Schwefeldioxid und Stickoxiden ist bisher nicht ausreichend gemindert. Eine Erholung der Wälder und Böden ist auch langfristig nicht in Sicht.

So schlimm das "Waldsterben" gerade uns Deutschen erscheint: Global bedrohlicher ist allerdings die zunehmende Verunreinigung der Erdatmosphäre durch Spurengase, die durch menschliche Aktivität in diesem Jahrhundert erstmalig oder stark vermehrt in die Atmosphäre gelangen und im Verdacht stehen, das Temperaturgleichgewicht auf der Erdoberfläche zu verändern (sogenannter "Treibhauseffekt"). Unter diesen Problemsubstanzen spielt das *Kohlendioxid* (CO_2) insofern eine besondere Rolle, als es einerseits bei *jeder Verbrennung fossiler Energieträger* entsteht, andererseits eine filtertechnische Verminderung der CO_2 -Emissionen aus chemisch-physikalischen Gründen ausscheidet. CO_2 wird deshalb im Zusammenhang mit dem Klimaproblem oft als "Leit-Schadstoff" bezeichnet: an der Reduktion der CO_2 -Emissionen läßt sich gewissermaßen ablesen, welche Anstrengungen die Menschheit zu unternehmen bereit ist, um die Verschmutzung der Atmosphäre und damit die drohende Klimakatastrophe einzudämmen.

Die Klimatologen erwarten beim jetzigen Entwicklungstrend des Weltenergieverbrauchs eine kritische, irreversible Erwärmung des Erdklimas bereits in den kommenden Jahrzehnten. Das ist die Folge des Treibhauseffektes: Das CO_2 hält – neben den anderen

infrarot-aktiven Spurengasen – wie das Glas eines Treibhauses die eingestrahlte Sonnenenergie gefangen. Steigt die CO₂-Konzentration in der Luft, so wird die Erdatmosphäre aufgeheizt. Zwar hat die Natur sich eine Ausgleichsmöglichkeit geschaffen: mit der Photosynthese entziehen Pflanzen der Atmosphäre CO₂ ("grüne Lunge"). Doch die großflächige Rodung der tropischen Regenwälder macht auch dies gleich in doppelter Weise zunichte: Das Verrotten oder Verbrennen dieser Holzbestände setzt beträchtliche Mengen von CO₂ frei, und gleichzeitig wird die pflanzliche CO₂-Reduktion drastisch vermindert.

Umweltbedrohung und Reservenknappheit, hoher Energieverbrauch und krasse Ungleichverteilung zwischen Nord und Süd – heute nutzen die Industrienationen, mit nur einem Viertel der Weltbevölkerung, jährlich mehr als *drei Viertel* der weltweit eingesetzten Energiemengen – schließen sich zum globalen Teufelskreis: Erhaltung von Komfort und Wohlstand hier und die Überwindung des Mangels dort sind die erklärten Ziele; doch die zur Erreichung dieser Ziele eingesetzten Mittel machen genau diese Ziele unerreichbar.

Aber diese globalen Umweltprobleme werden erst in jüngerer Zeit öffentlich so deutlich wahrgenommen, wie sie es verdienen. In der Bundesrepublik stand jedenfalls in der umweltpolitischen Diskussion des vergangenen Jahrzehnts die Auseinandersetzung um die Nutzung der Kernenergie im Vordergrund. Auch in Bremen ist diese Diskussion – obwohl das Land Bremen keine eigenen Kernkraftwerke hat – seit Jahren geführt worden; die Landesregierung und die sie tragenden politischen Kräfte haben dabei an ihrer eigenen, die Kernenergienutzung ablehnenden Haltung keinen Zweifel gelassen. Doch diese Debatte hat sich in Bremen meist auf ein eher folgenloses theoretisches Für und Wider beschränkt – konkrete politische Handlungsperspektiven oder gar Handlungszwänge haben sich jedenfalls nicht daraus ergeben.

Erst in der Folge des Reaktorunfalls in Tschernobyl ist es im Sommer 1986 in Bremen zu einer konkreten, auf die Handlungsspielräume des Landes bezogenen energiepolitischen Auseinandersetzung gekommen, bei der der Senat in drei wichtigen Punkten die Möglichkeit zu Weichenstellungen für eine bremische Energiepolitik wahrgenommen hat:

1. der Senat beschloß endgültig, seine Mehrheitsbeteiligung an den Stadtwerken Bremen nicht aufzugeben,
2. der Senat beschloß entgegen seiner früheren Absicht, dem bereits fertiggestellten Vertrag zwischen den Stadtwerken Bremen und der PreAG über eine erhebliche Ausweitung des Strombezugs von der PreAG seine Zustimmung nicht zu geben und stattdessen ein großes Heizkraftwerk (Hastedt 15) zu bauen,
3. der Senat beschloß am 16. Juni 1986, einen Energiebeirat einzusetzen mit dem Auftrag, den Strombedarf im Lande Bremen erneut zu überprüfen und Vorschläge für die Stadtgemeinde Bremerhaven und Bremen zu machen, die die Energieversorgung weitgehend unabhängig vom Strom aus Kernkraftwerken sicherstellen.

Damit wurde in Bremen die Möglichkeit eröffnet, Energiepolitik als eine komplexe, viele Einzelfelder vernetzende Aufgabe zu begreifen.

Eine solche strategische Planung muß ausgehen von den oben nur kurz angedeuteten globalen Umweltproblemen, aber gleichzeitig Problemlösungen auf der lokalen, planerisch überschaubaren Ebene und für überschaubare Zeiträume suchen. Es muß eine

Strategie entwickelt werden, die geeignet ist, Energieverschwendung und Energiemangel zu überwinden, Entwicklungschancen zu eröffnen sowie eine umwelt- und ressourcenschonende Energieversorgung zu gestalten. Der Bremer Energiebeirat (BEB) hat dies für das Land Bremen im Bewußtsein überörtlicher Verantwortung in den vergangenen zweieinhalb Jahren getan.

Die wichtigsten Elemente dieser energiepolitischen Strategie sind:

**Rationelle Energieverwendung im Nutzerbereich
("Energieeinsparung"):**

Wir müssen lernen, als Verbraucher auf allen Ebenen mit Energie effizient umzugehen. Es geht nicht so sehr um Konsumverzicht, sondern darum, daß ein bestimmter Zweck (z.B. Behaglichkeit in Wohnräumen) mit dem geringstmöglichen Aufwand an Energie erreicht wird,

**Rationelle Energieverwendung im Erzeugerbereich
("Rationelle Energieversorgung"):**

Bei der Bereitstellung von Energie (z.B. Erzeugung von elektrischem Strom) muß der höchstmögliche Gesamt-Wirkungsgrad erreicht werden, vor allem durch eine integrierte Strom- und Wärme-Erzeugung ("Kraft-Wärme-Kopplung") und durch Nutzung von ohnehin anfallender Abwärme,

Regenerative Energien:

Die uns von der Natur direkt zur Verfügung gestellten Energiequellen wie Sonnen- und Windenergie, Wasserkraft und Energie aus Biomasse sind nicht erschöpflich wie z.B. die fossilen Energieträger. Ihre Nutzung durch den Menschen scheint noch am ehesten dem Ziel umfassender Umweltschonung gerecht zu werden. Ihre Erschließung muß endlich schnell und systematisch begonnen werden; die regenerativen Energiequellen sind die einzigen, deren Nutzung auf lange Sicht das Überleben der Menschheit gewährleisten kann.

Seit kurzem wird allerdings zur Lösung der globalen Energie- und Umweltprobleme mancherorts vorgeschlagen, *zusätzlich* zu den genannten Punkten doch auch die *Kernenergie* weiterhin zu nutzen. Atomkraftwerke, so die Argumentation, setzen weder CO₂ frei, noch emittieren sie die klassischen Schadstoffe wie Schwefeldioxid oder Stickoxide.

Diese Argumentation ist in Bremen bisher nur vereinzelt aufgenommen und diskutiert worden. Auch der Bremer Energiebeirat hat sich damit nicht befaßt, sondern seine Untersuchungen dem Einsetzungsauftrag gemäß auf das Land Bremen beschränkt und nationale, kontinentale oder gar globale Energiezukünfte weder systematisch gesichtet noch eigenständig bearbeitet. Auch die Akzeptabilität bisheriger oder neuer kerntechnischer Systeme ist vom Bremer Energiebeirat weder untersucht noch verständigungsorientiert behandelt worden¹.

Dennoch stand und steht die Arbeit des Bremer Energiebeirats natürlich im weiteren Zusammenhang der übergreifenden Diskussion über zukünftige Energiepolitik, die heute geprägt ist von der Auseinandersetzung mit den Risiken der Kernenergie auf der einen und dem Klimaproblem auf der anderen Seite. Deshalb soll an die wichtigsten Aspekte dieser Auseinandersetzung hier kurz erinnert werden.

¹Auch die weit über das Meinungsspektrum des BEB hinausreichenden Interviews zur Erstellung der Szenarien (s. Kapitel C) haben keinen Anlaß gebracht, Bremer Energieszenarien mit verstärkter Kernenergienutzung zu definieren und zu untersuchen.

Ein Mitglied des Beirats ist allerdings unter Hinweis auf die ein "Kernenergie-Szenario" ausschließende Vorgabe des Senats frühzeitig ausgetreten.

Ein weiteres Mitglied des Beirats hält eine solche als sicherheitsphilosophisch zu charakterisierende Verständigungsarbeit für grundsätzlich erforderlich. Der Bremer Energiebeirat hat sie aber, dem Auftrag des Senats folgend, nicht als Teil seiner Aufgabe verstanden.

Das Klimaproblem

Bei ungebremster Entwicklung des weltweiten Energieverbrauchs und der damit einhergehenden weiteren Industrialisierung errechnen die meisten Klimamodelle eine globale Temperaturerhöhung innerhalb der nächsten 50 bis 100 Jahre von 1.5–4.5 °C allein aus der erhöhten CO₂-Konzentration und noch einmal so viel infolge anderer Treibhausgase (vor allem FCKW, Methan, NO_x, Ozon). Die globalen Folgen wären katastrophal — manche vergleichen sie mit den Verwüstungen eines Atomkrieges. Die wahrscheinliche Erhöhung des Meeresspiegels von etwa 150 cm hätte gerade auch für die küstennahe Region Bremen gravierende Folgen; doch sind die prognostizierten *klimatischen* Folgen wohl eher noch dramatischer.

Eine Eindämmung des Treibhauseffekts, die die weitere Erwärmung der Atmosphäre auf etwa 1–2 °C begrenzt, erfordert wahrscheinlich eine Reduzierung der CO₂-Emissionen von 80–90% bis zur Mitte des nächsten Jahrhunderts [Enquete-Kommission 1988]. Die Weltkonferenz in Toronto [Toronto 1988] hat im Juni 1988 als ersten Schritt eine weltweite CO₂-Reduktion von 20% bis zum Jahr 2005 gefordert. Die Industrieländer müssen mindestens auf die doppelte Quote (40%) kommen, damit den Ländern der Dritten Welt der notwendige Entwicklungsspielraum bleibt — historisch gesehen wäre dies ohnehin nichts als ein gewisser zeitlicher Ausgleich.

Diese Gesamtproblematik wird derzeit von der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestags "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" aufbereitet [Enquete-Kommission 1988].

Die Risiken der Kernenergie

In der allgemeinen Diskussion über die Risiken der Kernenergie werden etwa folgende Problembereiche genannt:

- die Freisetzung der radioaktiven Spaltprodukte bei Betriebsunfällen und (böswilligen) menschlichen Einwirkungen auf Reaktoren und andere kerntechnische Anlagen kann zu radioaktiver Verstrahlung von kontinentalem Ausmaß führen — bis hin zur Unbewohnbarkeit großer Gebiete,
- wesentliche Fragen der Behandlung der radioaktiven Abfälle und ihrer Endlagerung sind bis heute unbeantwortet,
- die enge Verzahnung der zivilen und der militärischen Aspekte der Atomkerntechnologie ist vielfältig; sie wird besonders deutlich durch das erst mit dieser Technik aufgekommene künstliche Element *Plutonium*, das in den heutigen Reaktoren in großen Mengen entsteht und gleichzeitig das wesentliche Ausgangsmaterial für die Herstellung von Atomwaffen ist,
- die für die Kernenergienutzung nötigen Investitionen binden in ganz erheblichem Umfang volkswirtschaftliche Mittel, die dann für den breiten Auf- und Ausbau der rationellen Energieverwendung und der Entwicklung und Nutzung regenerativer Energien nicht mehr verfügbar sind.

Eine Neue Energiepolitik

In dieser Lage ist deshalb eine *aktive Energiepolitik* unverzichtbar. Sie muß ansetzen an dem wesentlichen Unterschied zwischen den oben genannten "neuen Energiequellen" (Energie-Einsparung, rationelle Energieversorgung, regenerative Energie) und den "traditionellen" (fossile Energieträger, Kernenergie), nämlich:

Die Potentiale der "neuen" Energiequellen sind *überall vorhanden*, aber nur mit *geringer Flächendichte*. Ihre Erfassung und planvolle Erschließung kann daher effizient nur *unmittelbar vor Ort*, d.h. für *kleinräumige Gebiete* erfolgen.

Es geht also heute in der Energiepolitik darum, fachlich kompetent und umsetzungsorientiert Energiekonzepte zu entwickeln, die die Risiken minimieren und die sich *lokal*, aber dort *flächendeckend* praktisch realisieren lassen. Bei der Durchsetzung einer solchen Politik kommt dem energiepolitischen Engagement vor allem der Kommunen entscheidende Bedeutung zu. Besonders ein Stadtstaat wie Bremen, in dem Politik sich gleichzeitig auf kommunaler und auf Landesebene entfaltet, sollte die gegebenen Möglichkeiten für eine Neue Energiepolitik aufgreifen und aktiv nutzen. Hierbei kann der vorliegende Bericht des Bremer Energiebeirats als Grundlage dienen.

Der Auftrag des Bremer Energiebeirats

Bürgerschaft und Senat haben mit der Einsetzung des Bremer Energiebeirats im Sommer 1986 zu erkennen gegeben, daß sie diese Einschätzung im Grundsatz teilen.

Mit der Einsetzung des Bremer Energiebeirats² hat der Senat uns den Auftrag gegeben, die langfristigen Entwicklungsmöglichkeiten der Bremer Energiepolitik zu untersuchen und nach Gesichtspunkten der Umwelt- und Sozialverträglichkeit sowie der Wirtschaftlichkeit zu erarbeiten, und die Bürgerschaft hat diesen Auftrag mit ihrem detaillierten Katalog von Fragestellungen³ ergänzt. Bürgerschaft und Senat haben damit – wenn auch spät – die Identifizierung langfristiger Entwicklungsmöglichkeiten des Bremer Energiesystems und ihre Klärung als Aufgabe erkannt und einer Bearbeitung zugeführt. Zu Recht hatten immer mehr Bürger auch in Bremen Zweifel daran gewonnen, ob die tradierten politischen Institutionen überhaupt noch den Willen und die Fähigkeit besitzen, alternative Vorstellungen zur Gestaltung von Energiepolitik zur Kenntnis zu nehmen und glaubhaft zu behandeln. Energiepolitik in diesem Sinne geht über den Bereich einer Fachpolitik weit hinaus.

Der Bremer Energiebeirat hat den an ihn ergangenen Auftrag in diesem Sinne verstanden und deshalb zunächst den Versuch unternommen, das volle Spektrum der in Bremen vertretenen energiepolitischen Auffassungen in seine Untersuchungen einzubeziehen. Umgekehrt mußten – schon aus Gründen der nur begrenzt zur Verfügung stehenden Arbeitskapazität – bestimmte Fragen ganz ausgeklammert werden, obwohl sie für die Gesamtbewertung von Energie- und Umweltpolitik in Bremen gewiß von Bedeutung sind. Die wichtigsten dieser *nicht bearbeiteten* Fragenkomplexe betreffen wohl die Klöckner-Hütte

²Der Wortlaut des Einsetzungsbeschlusses findet sich im Anhang I.

³Vgl. Beschluß der Stadtbürgerschaft v. 2. Juli 1986 (der Wortlaut findet sich im Anhang I).

Bremen⁴ und den gesamten öffentlichen und privaten Nahverkehr — eine Untersuchung dieser beiden Bereiche muß weiteren separaten Arbeiten vorbehalten bleiben.

Die Arbeit des Bremer Energiebeirats während zweier Jahre hat sich in acht Problembereiche mit zugeordneten Arbeitsgruppen gegliedert, die ihrerseits eine Vielzahl an externe Gutachter vergebener Studien vorbereitet und in der Durchführung betreut haben. Der Beirat war bemüht, für diese Gutachten solche Institute und Wissenschaftler heranzuziehen, die auf dem jeweiligen Fachgebiet besonders ausgewiesen und qualifiziert sind.

Die Ergebnisse all dieser Untersuchungen liegen nun vor und sind, in sechs "Materialienbänden"⁵ zusammengefaßt, die fachliche Grundlage für den vorliegenden Bericht und unsere Empfehlungen.

Beim Zusammentragen der unterschiedlichen Einzelergebnisse war es ganz unvermeidlich, daß an vielen Stellen Widersprüche und unterschiedliche Sichtweisen und Wertungen zutage traten. Die eigens für die Abfassung des vorliegenden Abschlußberichts gebildete weitere Arbeitsgruppe des BEB – und schließlich der gesamte Beirat in zwei Plenarsitzungen – haben sich darum bemüht, solche Inkonsistenzen soweit wie möglich zu beseitigen oder wenigstens kenntlich zu machen. Soweit noch kleinere Widersprüche und Inkonsistenzen unbemerkt geblieben sind, bitten wir um Verständnis — sie betreffen sicher nicht die Kernaussagen, die der Bremer Energiebeirat ausführlich besprochen und einmütig verabschiedet hat.

Schließlich mußte der Abschlußbericht in der hier vorliegenden Form von der genannten Arbeitsgruppe *nach* der letzten Plenarsitzung redaktionell fertiggestellt werden, ohne daß jeder einzelne Satz noch einmal unter allen Mitgliedern des BEB abgestimmt werden konnte. Das betrifft ganz besonders diese einleitenden Bemerkungen: Sie sind in ihrem Wortlaut in besonderem Maße von der Redaktionsgruppe zu verantworten.

Schlußbemerkungen

In der Arbeit des Bremer Energiebeirats hat sich gezeigt, daß es möglich ist, eine langfristig umweltverträgliche Energiestrategie sehr konkret im Hinblick auf örtliche und regionale Gegebenheiten und Chancen zu entwickeln. *Dies ist auch in allen anderen Städten und Regionen der Bundesrepublik geboten* — insoweit hat die Arbeit des BEB gewiß Beispielcharakter. Die Analysen und Empfehlungen des BEB sollten aber *nicht schematisch* auf andere Ballungsgebiete übertragen werden, weil – entsprechend der Philosophie dieses Berichts – auch dort konkret die *jeweiligen Möglichkeiten* zur Energieeinsparung, zur rationellen Energieversorgung und zur Nutzung regenerativer Energieträger identifiziert und entwickelt werden müssen.

Für *Bremen* allerdings hat der Bremer Energiebeirat mit seinen Untersuchungen erhebliche Möglichkeiten zur Reduktion der CO₂-Emissionen identifiziert, ohne den weiteren Einsatz von Kernenergie-Strom im Land Bremen in Betracht ziehen zu müssen. In drei

⁴Ausgeklammert wurde die Untersuchung des *künftigen Energiebedarfs* der Hütte: Strombedarfszuwachs, Einsparmöglichkeiten, Nutzungsmöglichkeiten von Abwärme etc. Selbstverständlich aber ist der *jetzige* Strombedarf der Hütte – und besonders natürlich auch der Lastspitzen – eingegangen in die Analyse des Kraftwerksparks der Stadtwerke Bremen. S. hierzu die Abschn. D 2, E 2.

⁵Die in den Materialienbänden enthaltenen Studien sind im Anhang IV aufgeführt; die Bände sind einzeln erhältlich.

Szenarien des Bremer Energiebeirats (vgl. Kapitel C) wird bis zum Jahr 2010 eine CO₂-Reduktion von mindestens 40% gegenüber dem status quo erreicht — im Szenario 4 “Forcierte Einspar- und Nah-/Fernwärmepolitik” sind es fast 50%. Wie aus den Untersuchungen zum Thema “Stadtwerke der Zukunft” (vgl. Abschnitt E 1) hervorgeht, könnten dabei – entgegen einer häufig geäußerten Befürchtung – die Erträge der Stadtwerke (und in ihrer Folge natürlich auch die Abführungen an die öffentlichen Haushalte) sogar noch *ansteigen*. Durch das mit dieser Effizienzstrategie verbundene Investitionsprogramm und die Vermeidung von Kaufkraftabflüssen kann in der Stadt Bremen bei einer Realisierung von Szenario 4 eine durchschnittliche *Erhöhung des Beschäftigungsstandes um etwa 1 800 Dauerarbeitsplätze* über einen Zeitraum von mehr als zwei Jahrzehnten erreicht werden.

Gewiß sind das bislang nur Modellrechnungen. Aber deren Plausibilität reicht nach Auffassung des Bremer Energiebeirats dafür aus, daß jetzt die Politik klare Vorgaben macht und die Stadtwerke eine genaue Unternehmensplanung in Gang setzen können. Eine kosteneffektive Umsetzung einer mindestens 40%igen CO₂-Reduktion bis zum Jahr 2010 müßte hierbei eine entscheidende Leitlinie sein.

Kapitel 2

Zusammenfassung der Ergebnisse und Empfehlungen

Dem Präsidenten des Senats und dem Senat der Freien Hansestadt Bremen empfiehlt der Bremer Energiebeirat, an seinem bei der Einsetzung des Beirats 1986 formulierten Ziel festzuhalten, die Energieversorgung im Lande Bremen weitgehend unabhängig vom Strom aus Kernkraftwerken sicherzustellen. Da der weltweite gedankenlose Umgang mit Energie jetzt erkennbar die Menschheit mit einer Klima-Katastrophe bedroht, die in ihrer langfristigen Wirkung an die Gefahr einer atomaren Vernichtung heranreicht, darf auch der Irrweg eines sorglosen gesteigerten Verbrauchs fossiler Energieträger nicht weiter beschritten werden.

Der Bremer Energiebeirat ist der Auffassung, daß sich mit seinen hier vorgelegten Untersuchungen und Vorschlägen ein Weg eröffnet, auf dem Bremen seinen Beitrag zu der notwendigen grundsätzlichen Neuorientierung von Energiepolitik leisten kann. Dieser Weg ist zudem für das Land Bremen ökonomisch und aus regionalpolitischer Sicht attraktiv.

Der Weg kann begangen werden, wenn die dafür notwendigen politischen Entscheidungen in öffentlicher Diskussion vorbereitet, von Bürgerschaft und Senat bewußt getroffen und von der bremischen Öffentlichkeit getragen werden. Unsere Empfehlungen, die wir hier zusammengefaßt und als 88 Einzelempfehlungen im Kapitel F dieses Berichts vorlegen, sollen helfen, da, wo es in der praktischen Politik um Einzelentscheidungen geht, das Ziel nicht aus dem Auge zu verlieren.

Es ist auch im Lande Bremen möglich, unter vertretbaren wirtschaftlichen Bedingungen die Schäden an der Umwelt durch den Energie-Einsatz drastisch zu verringern. Als Leitlinie für eine *Neue Energiepolitik* empfiehlt der Energiebeirat dem Senat, sich die Empfehlungen der Enquete-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" zu eigen zu machen und als konkrete energiepolitische Zielvorgabe die Kohlendioxid-Emissionen im Lande Bremen bis zum Jahre 2010 um mindestens 40% zu reduzieren.

Dieses Ziel kann erreicht werden, wenn die traditionellen Primärenergieträger systematisch ersetzt werden durch die drei "Neuen Energiequellen"

- Energieeinsparung
- Rationelle Energieversorgung

- Regenerative Energien

Energieeinsparung

Die vom Bremer Energiebeirat entwickelten "Energie-Szenarien für Bremen" zeigen deutlich, daß das *Einsparen von Energie bei der Raumheizung und beim Stromverbrauch* den größten Beitrag zu einer Reduzierung der Schadstoff-Emissionen in Bremen darstellt.

Die nachträgliche Wärmedämmung des Altbaubestandes in Bremen ist daher vorrangig zu verwirklichen; dabei wird es darauf ankommen, daß durch Information und Werbung eine Breitenwirkung entfaltet wird. Denn 20% des heutigen Raumwärmebedarfs in Bremen können eingespart werden durch Wärmedämm-Maßnahmen, die bereits heute wirtschaftlich sind und die sich deshalb ohne öffentliche Mittel finanziell selbst tragen können. Weitere 25% sind mit gezielten Förderprogrammen und Finanzierungsmodellen zu erschließen.

Der BEB empfiehlt, Information und Werbung über die technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten der nachträglichen Wärmedämmung nicht allein Handwerk und Gewerbe zu überlassen. Die Erschließung des vorhandenen Einsparpotentials sollte vor allem durch die Stadtwerke und die Öffentliche Hand mit gezielten Maßnahmen verstärkt werden. Dazu gehören zum Beispiel:

- Sonderprogramme für Wärmedämm-Maßnahmen an bestimmten Haustypen mit besonders hohem Einsparpotential,
- Verstärkung der Programme zur Energieeinsparung bei den öffentlichen Gebäuden,
- Pilot- und Demonstrationsprojekte an öffentlichen Gebäuden mit fortgeschrittenen Techniken in der Wärmedämmung, Wärmerückgewinnung, Stromanwendung sowie der Nutzung regenerativer Energien,
- vor-Ort-Beratungsmodelle für Mieter,
- ein Programm zur Wärmedämmung an Wohnungen von Sozialhilfeempfängern, bei denen das Sozialamt die *Warmmiete* trägt,
- regelmäßige Ausschreibung eines Energiesparwettbewerbs,
- personelle und organisatorische Stärkung der beiden Stadtwerke.

Beim Stromverbrauch gibt es nach wie vor große Einsparpotentiale in den privaten Haushalten mit ihren Elektrogeräten und der Beleuchtung. Diese Einsparmöglichkeiten sind heute zum Teil bereits wirtschaftlich und werden nur deshalb vom privaten Investor nicht wahrgenommen, weil Informationen fehlen und der Einzelhandel nicht mit der Wirtschaftlichkeit, sondern mit der Billigkeit der Ware wirbt. Der BEB empfiehlt, daß auch in diesem Bereich Maßnahmen der Öffentlichen Hand und der Stadtwerke zur verbesserten Aufklärung der Verbraucher eingeleitet werden. Dazu sind auch Verbindungen mit dem Handel aufzunehmen.

Die Rahmenbedingungen, die Energiespar-Ansätze sinnvoll oder unsinnig werden lassen, werden zu einem wesentlichen Teil mit den Tarifen der Stadtwerke festgelegt. Die immer noch gültigen "gespaltenen" Tarife waren vor gut einem halben Jahrhundert(!) eigens zu

dem Zweck konstruiert worden, den Mehrverbrauch beim Strom zu fördern. Der BEB hält es deshalb für geboten, daß die Stadtwerke ihre Tarife für alle Energieträger in lineare Tarife umwandeln.

Auch im Bereich von Industrie und Gewerbe existiert ein erhebliches Einsparpotential. Wie die Untersuchungen ergaben, beträgt das gesamte *technische* Einsparpotential heute für die Industrie mindestens 30% und für den 'Kleinverbrauch' mindestens 45%. Der BEB ist der Auffassung, daß ein Einsparpotential in dieser Größenordnung über den betrachteten Zeitraum auch *wirtschaftlich erschließbar* ist. Mangelhafte Datenbasis und die heterogene Struktur ließen jedoch genauere quantitative Aussagen zum jetzigen Zeitpunkt nicht zu. Es bedarf deshalb hier weiterer Untersuchungen und eines längerfristig angelegten Instrumentariums.

Der BEB empfiehlt, zu diesem Zweck in Bremen eine "Energieagentur" zu gründen, die sich nach einer Anlaufphase selbst trägt und auch außerhalb des Landes für konkrete Industrierberatung auf dem Gebiet der rationellen Energienutzung beratend tätig wird. Die Energieagentur soll Hemmnisse bei der Realisierung von energiesparenden Investitionen identifizieren und durch den Einsatz von Eigenmitteln bei der Finanzierung behilflich sein.

Rationelle Energieversorgung

Die Kraft-Wärme-Kopplung bei der Stromerzeugung im Lande Bremen ist zielstrebig auszubauen. Durch Stromerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung können in beiden Städten des Landes die Schadstoffemissionen einschließlich Kohlendioxid beträchtlich verringert werden.

Der Ausbau der Nah- und Fernwärme ist deshalb in beiden Städten voranzutreiben.

Für Bremen bedeutet dies, daß aus dem Kraftwerk "Hafen 6" Fernwärme (insgesamt bis zu 400 MW_{th}) für den Bremer Westen ausgekoppelt wird mit dem Ziel, diese Fernwärmegebiete später mit dem Fernwärmegebiet im Bremer Osten zu verbinden. Der Anteil der Fernwärme am gesamten Raumwärmebedarf in Bremen würde dabei von heute etwa 6% bis auf etwa 33% gesteigert werden können.

Für Bremerhaven wird empfohlen, den Innenstadtbereich intensiver als bisher geplant für die Fernwärme zu erschließen. Falls sich ergibt, daß in Bremerhaven in Zukunft mehr Fernwärme abgesetzt werden könnte, als mit den jetzt vorhandenen Anlagen (in der MBA) gewonnen wird, ist rechtzeitig ein Kraft-Wärme-gekoppeltes Kraftwerk (ggf. gemeinsam mit der ÜNH) zu errichten.

In Bremerhaven sind außerdem erhebliche Nahwärmepotentiale vorhanden (insgesamt 30 bis 40 MW_{el}, 130 bis 160 MW_{th}) und durch den Einsatz von Blockheizkraftwerken an vielen Standorten zu wirtschaftlich günstigen Bedingungen erschließbar. Der BEB empfiehlt, das von den Stadtwerken gemeinsam mit dem Beirat entwickelten Blockheizkraftwerk-Ausbauprogramm möglichst zügig zu verwirklichen. Zusammen mit dem Strom aus der Müllbeseitigungsanlage könnten so etwa 40% des Strombedarfs der Stadt und etwa 20% des gesamten Wärmebedarfs wirtschaftlich in Eigenerzeugung gedeckt werden.

In Bremen dagegen kann wegen der erheblichen Kraftwerks-Überkapazitäten der Bau und Betrieb von Blockheizkraftwerken durch die Stadtwerke aus rein wirtschaftlicher Sicht heute nur in Ausnahmefällen empfohlen werden. Im Gegensatz dazu ist die Wirtschaftlichkeit für private Investoren bei einer entsprechenden Einspeisevergütung häufiger ge-

geben. Insgesamt wurden in Bremen außerhalb des vorgesehenen Fernwärmegebiets insgesamt 80 Objekte (mit einem theoretischen Potential von 60 MW_{el}, 300 MW_{th}) an Leistung und 220 GWh/a elektrischer Arbeit) identifiziert, die grundsätzlich für einen Betrieb als Blockheizkraftwerk infragekommen.

Aus gesamtwirtschaftlicher wie aus ökologischer Sicht sind Blockheizkraftwerke der Stromerzeugung in konventionellen Kraftwerken (ohne Kraft-Wärme-Kopplung) in jedem Falle vorzuziehen. Private Investoren sollten deshalb bei der Planung von Blockheizkraftwerken nicht behindert, sondern im Gegenteil (z.B. durch die "Energieagentur") tatkräftig unterstützt werden.

Der Fernwärmeausbau in beiden Städten muß Vorrang vor der Gasversorgung haben. Fernwärmewürdige Gebiete müssen auch formell als "Fernwärmevorranggebiete" ausgewiesen, der Gasvertrieb dort zurückgenommen werden. Dabei ist Sorge zu tragen, daß für den Kunden durch die Umstellung auf Fernwärme keine finanziellen Nachteile entstehen. Ein zwangsweiser Anschluß an die Fernwärme ist nach den Erfahrungen anderer Städte nicht erforderlich — er diskreditiert die Fernwärme eher. Stattdessen sollten die Stadtwerke ein strategisches Marketing-Konzept für Fernwärme entwickeln.

Im Gegensatz zu Bremerhaven wird es in der Stadtgemeinde Bremen auch in Zukunft keinen Bedarf mehr am Zubau von Kraftwerken geben, vor allem wenn die verringerte Strom-Nachfrage als Folge konsequenter Einsparpolitik berücksichtigt wird. Für den – unwahrscheinlichen – Fall, daß in der ferneren Zukunft Kraftwerkskapazitäten fehlen sollten, sollte dieser Bedarf *ausschließlich durch dezentralen Zubau von Blockheizkraftwerken oder aus regenerativen Energiequellen* gedeckt werden.

Die Summe der Empfehlungen zum Ausbau der Nah- und Fernwärme mit gleichzeitiger Stromerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung zielt darauf ab, konsequent die kommunale Eigenständigkeit beider Städte in allen Sparten der Energieversorgung auf- und auszubauen. Eine solche Strategie verbessert nicht nur die energiepolitische Handlungsfähigkeit der Kommunen, sondern stellt gleichzeitig die wirkungsvollste Absicherung Bremens gegen die Absatzstrategien der überregionalen Stromerzeuger dar. Damit leistet Bremen einen gewichtigen Beitrag zu einer Politik des Ausstiegs aus der Kernenergie.

In der *Stadtgemeinde Bremen* ist die völlige Unabhängigkeit vom Strom-Fremdbezug schon heute keine Frage der technischen oder wirtschaftlichen Machbarkeit, sondern hängt allein von vertraglichen Regelungen ab. Für Bremerhaven ergeben sich aus dem vorliegenden Bericht quantitativ verlässliche Aussagen hierzu noch nicht, da die BEB-Szenarien sich nur auf die Stadtgemeinde Bremen beziehen. Es ist aber durchaus denkbar, auch für Bremerhaven den völligen Ausstieg zu erreichen, wenn Lösungen im Zusammenhang mit einem "Bremer Energieverbund" (unter Einschluß der ÜNH und der beiden Stadtwerke des Landes) in Betracht gezogen werden.

Konsequente Einsparpolitik und Programme zum forcierten Fernwärmeausbau wenden sich an ganz verschiedene Akteure und erfordern ganz unterschiedliche Aktivitäten. Es wäre falsch, daraus den Schluß zu ziehen, man könne das eine tun und das andere lassen. So haben die Untersuchungen des Bremer Energiebeirats ergeben (Absch. C 3), daß bei einer *ausschließlich auf den Ausbau der Fernwärme* setzenden Politik die notwendige Entlastung der Umwelt nicht erreicht werden kann. Bei einer politischen Zielvorgabe allerdings, die gewährleistet, daß *sowohl die Einsparmaßnahmen als auch die Strategie zur Ausweitung der Kraft-Wärme-Kopplung* erfolgreich durchgesetzt werden, eröffnet sich gleichzeitig die Perspektive, die Emissionen aller wesentlichen Luftschadstoffe (CO₂, SO₂

und NO_x) fast zu *halbieren*.

Gerade die Gelegenheit der Umstellung auf Fern- oder Nahwärmeversorgung sollte daher genutzt werden, um auch die Wärmedämmung der anzuschließenden Häuser in die Umstellungsüberlegungen einzubeziehen.

Das *Heizen mit Strom* ist wegen der damit verbundenen doppelten Energieumwandlung (Primärenergie/Wärme zu Strom beim Erzeuger, dann Strom wieder zu Wärme beim Verbraucher) mit besonders hohen Verlusten belastet und daher grundsätzlich weder wirtschaftlich noch ökologisch vertretbar. Jede Form von Elektroheizung (für Raumwärme, Warmwasserbereitung, Kochen) ist deshalb grundsätzlich durch eine effizientere Beheizungstechnik zu ersetzen, auch dort, wo Elektroheizungen für den einzelnen Verbraucher aufgrund der besonderen Tarifgestaltung der Stadtwerke zunächst attraktiv zu sein scheinen.

Auch wenn Nachtstrom-Speicherheizungen in Bremen eine vergleichsweise untergeordnete Rolle spielen, dürfen daher die Stadtwerke in Zukunft Sonderkonditionen für Kunden mit Elektroheizungen nicht mehr anbieten.

Regenerative Energien

Bremen als Stadtstaat verfügt nur in sehr geringem Umfang über Flächen, die eine Nutzung der Windenergie und der Biomasse in großem Umfang zulassen. Die Nutzung der regenerativen Energiequellen *im Lande selbst* wird daher auch längerfristig nur einen bescheidenen Beitrag zur Energiebedarfsdeckung leisten können.

Dies gilt zunächst nur unter der Einschränkung auf die "aktive" Nutzung: die Nutzung regenerativer Quellen zur Bereitstellung von Energie in (wenigstens lokal) *transportierbarer* Form, d.h. in Form von Strom, Wärme etc. Der "passiven" Nutzung dagegen steht grundsätzlich auch in Bremen ein weites Feld offen. Vor allem eine wirklich angepaßte *ökologische Architektur*, die sich gleichermaßen an den örtlichen Umweltbedingungen wie an den Bedürfnissen der Bewohner orientiert, würde beträchtlich zur Energieeinsparung beitragen. Schon bei der Gebäudeausrichtung und der Berücksichtigung von Beschattungswirkungen gibt es erhebliche Potentiale der passiven Sonnenenergienutzung *auch in Bremen*, die durchaus auch mit staatlichen Maßnahmen (z.B. Bauordnung) mobilisiert werden können.

Aber auch bei der "aktiven" Nutzung darf staatliche Energiepolitik in Bremen die regenerativen Energien nicht aus dem Auge verlieren: Bereits im unmittelbaren Umland hat die Nutzung sowohl der Windenergie wie der Energie aus Biomasse hervorragende Zukunftschancen. Allein schon im Interesse der aktiven Wirtschaftsförderung sollte dieser Standortvorteil Bremens genutzt werden, um Bremen mittelfristig zu einem Zentrum zur Herstellung von regenerativen Energieanlagen auszubauen. Damit könnten für das nächste Jahrzehnt zwischen 100 und 200 Arbeitsplätze in Bremen neu geschaffen werden. Entsprechende Strategien und Förderprogramme (einschl. Prototypen und Versuchsanlagen) sind langfristig anzulegen; sie dürfen nicht den kurzfristigen Opportunitäten der Tagespolitik geopfert werden.

Im übrigen ist auch in Bremen eine wesentliche Voraussetzung für die Nutzung regenerativer Energien die konsequente Erschließung der "Energiequelle Einsparen". Nur wenn dadurch der Energiebedarf insgesamt ausreichend gesenkt wird, können die regenerativen Energien einen bedeutsamen Anteil an der Energieversorgung in Bremen erreichen.

Das ist umso wichtiger, als *langfristig* (über den vom BEB untersuchten Zeitraum bis 2000 hinaus) die Nutzung regenerativer Energien die einzige sinnvolle Strategie für die Energieversorgung der Zukunft ist.

“Stadtwerke der Zukunft”

Wichtige Handlungsträger bei der Realisierung der Neuen Energiepolitik sind die Stadtwerke Bremen und Bremerhaven. Beide Stadtwerke sind von ihren Eignern gemäß den genannten Zielsetzungen umzustrukturieren ¹ und zu modernen Energiedienstleistungs-Unternehmen (EDU) weiterzuentwickeln.

Die Untersuchungen, die der Energiebeirat in Abstimmung mit den Stadtwerken Bremen zum Thema “Stadtwerke der Zukunft” in Auftrag gegeben hat, kommen zu folgendem Ergebnis:

Eine integrierte Strategie des Energiesparens und des forcierten Ausbaus der Nah- und Fernwärme (Szenario 4) kann so *gestaltet* werden, daß

- die gesetzten Ziele – Vermeidung des Bezugs von Atomstrom *und* Reduktion des CO₂- Ausstoßes um mindestens 40% – erreicht werden,
- die Gewinne der Stadtwerke stabil bleiben oder sogar ansteigen,
- die Transferzahlungen der Stadtwerke an die öffentlichen Haushalte in Form von Konzessionsabgaben, Gewinnabführungen und Steuern gesichert bleiben,
- die privaten Haushalte für die gleichen Energiedienstleistungen durchschnittlich gut 60 Mio. DM/a weniger ausgeben müssen und
- in Bremen für die nächsten zwei Jahrzehnte etwa 1 800 Arbeitsplätze geschaffen werden können.

Die der Landesregierung vorgeschlagene Neue Energiepolitik würde demnach einerseits die gewünschten ökologischen Zielsetzungen erreichen und andererseits eine sehr wirkungsvolle Form lokaler Beschäftigungspolitik darstellen.

Die konkreten Ergebnisse der Untersuchungen des BEB zum Thema “Stadtwerke der Zukunft” beziehen sich unmittelbar nur auf die Stadtwerke Bremen. Der Energiebeirat empfiehlt, auch für die Stadtwerke Bremerhaven eine entsprechende Untersuchung mit einem dafür qualifizierten Institut durchzuführen.

Energierrecht

Gesetze, Verordnungen und Verträge im Energiebereich stammen durchweg aus einer Zeit, in der ständiges, unkontrolliertes Wachstum des Energieeinsatzes von keiner Seite problematisiert wurde. Diese rechtlichen Rahmenbedingungen behindern heute massiv

¹Im Anhang III legt der BEB den Entwurf einer Unternehmenssatzung vor, in der diese Umstrukturierung auch als Unternehmensziel definiert ist und so ihre Verwirklichung zur Aufgabe der Unternehmensleitung macht.

eine Neuorientierung der Energiepolitik. Es bedarf daher einer systematischen Durchführung der rechtlichen Vorschriften und Verträge auf allen Ebenen.

Der Bremer Energiebeirat hält es darüber hinaus für erforderlich, daß die Bremische Bürgerschaft zur Durchsetzung der hier vorgeschlagenen energiepolitischen Zielsetzungen eine neue Rechtsgrundlage in Gestalt eines *Landesenergiegesetzes* ("Bremer Energie-Gesetz") schafft. Im Rahmen der Arbeit des BEB zu den energierechtlichen Fragen ist ein Entwurf zu einem solchen Gesetz erarbeitet worden (s. Anhang II), der als Ansatzpunkt für die Beratungen der Bremischen Bürgerschaft dienen mag.

Schon während seiner Tätigkeit ist der Energiebeirat vom Senat aus aktuellem Anlaß gebeten worden, zu den Stromlieferungsverträgen der beiden Stadtwerke mit ihren jeweiligen Lieferanten (ÜNH und Preussen-Elektra) Stellung zu nehmen und Empfehlungen zu Weiterführung oder Kündigung der Verträge auszusprechen. Wir betonen hier noch einmal den vorläufigen Charakter unserer Stellungnahmen zu diesem Komplex. Denn gerade die Rechtsbeziehungen (Liefer- und Demarkationsverträge) zwischen den kommunalen Energie-Unternehmen und den regionalen und überregionalen Stromerzeugern bedürfen einer besonders sorgfältigen, auch längerfristig ausgerichteten Untersuchung und Veränderung im Sinne einer energiepolitischen Neuorientierung.

Der Energiebeirat hat deshalb eine umfassend angelegte Studie² zu diesen Fragen ange-regt, die erst kürzlich gemeinsam vom Beirat und den Stadtwerken Bremen AG in Auftrag gegeben werden konnte. Diese Untersuchung ist noch nicht abgeschlossen. Der Energie-beirat empfiehlt aber schon heute, dieses Gutachten [?] nach Vorlage sorgfältig auszu-werten und die dann gegebenen Konsequenzen zu ziehen.

Die Konzessionsverträge zwischen den Stadtgemeinden und den jeweiligen Stadtwerken, aber auch die Satzungen der Stadtwerke selbst sind an die hier empfohlene Neue Ener-giepolitik anzupassen.

Den Bemühungen einer veränderten Politik im Lande sind Grenzen gesetzt durch bundes-politische Rahmenbedingungen. Der Beirat empfiehlt daher, daß Bremen sowohl in den verschiedenen Bund-Länder-Kommissionen als auch im Bundesrat zu den Sachthemen CO₂-Reduktion, Energiewirtschaftsgesetz, Bundestarifordnung, Atomkraftwerksgenehmigungen, Werbung, Geräteauszeichnungspflicht und Energiebesteuerung in Abstimmung mit anderen Bundesländern Initiativen entfaltet.

Die hier dargestellten Handlungsfelder einer Neuen Energiepolitik bilden einen breiten Fächer. Ihre praktische Umsetzung, an der notwendig eine Vielzahl (und *Vielfalt*) von Ak-teuren beteiligt sein werden, wäre ohne breit angelegte Gespräche mit der gesamten Bürgerschaft und der Öffentlichkeit von vorneherein zum Scheitern verurteilt.

Alle Beteiligten müssen selbständig ein Interesse für neue Aktivitäten entwickeln können. Dabei werden Verständnisprobleme, Motivationsdefizite und Interessenkonflikte nicht aus-bleiben. Diese Umsetzungsschwierigkeiten können nicht durch Senatsbeschluß vermieden, sondern nur durch eine kontinuierliche Überzeugungsarbeit verringert werden. Denn die meisten der vorgeschlagenen Maßnahmen können nur greifen, wenn wirklich möglichst *alle Bürger davon überzeugt sind*, daß ihre Beteiligung an dem Umsetzungsprozeß prak-tisch lohnt.

²Die vom BEB in Auftrag gegebenen Studien sind im Anhang IV aufgeführt.

Es muß also mit einem wachsenden und qualitativ neuen Arbeitsbedarf für den Senat gerechnet werden. Der Bremer Energiebeirat hat nicht den Eindruck gewonnen, daß die bisherigen personellen und institutionellen Regelungen des Senats zur Bearbeitung dieser energiepolitischen Aufgaben unverändert hinreichen könnten, um die für eine Neue Energiepolitik in diesem Bericht aufgezeigten Aufgaben erfolgreich zu bearbeiten.

Der Senat muß deshalb seine Kompetenz in Energiefragen inhaltlich stärker wahrnehmen. Ziel muß sein: Die Zusammenfassung aller Zuständigkeiten in Energiefragen bei einem Senator für Umweltschutz, *Energie* und Stadtentwicklung; selbstverständlich gehört dazu eine entsprechende Verstärkung der personellen Ausstattung.

Soll das hier vorgeschlagene Konzept einer Neuen Energiepolitik auch der Sache nach in sich stimmig und praktisch durchsetzbar bleiben, bedarf es – zusätzlich zu einer sachverständig handelnden Verwaltung – der ständigen fachlichen Beratung und Unterstützung von Bürgerschaft, Senat und Stadtwerken durch unabhängigen externen Sachverstand. Der Bremer Energiebeirat hat diese Funktion in den letzten beiden Jahren nur zeitlich und inhaltlich begrenzt wahrnehmen können. Zu ihrer dauerhaften Absicherung empfiehlt der Beirat daher, in Kooperation zwischen der Universität und den anderen Hochschulen des Landes ein interdisziplinäres *Bremer Institut für Kommunale Energiepolitik und Energietechnik* zu schaffen, das sowohl die wissenschaftlichen Fragestellungen weiter verfolgt als auch die umsetzungsorientierten Aktivitäten begleitet. Dieses Institut soll die Empfehlungen des Energiebeirates in einem permanenten Prozeß weiterentwickeln und den sich ständig verändernden wirtschaftlichen und ökologischen Randbedingungen anpassen.

Ein stetiger öffentlicher, diskursiver Verständigungsprozeß über die Ergebnisse dieser Arbeit – wie schon über den vorliegenden Bericht – ist in einer geeignet institutionalisierten Form sicherzustellen. Dazu sollte der Senat der Bürgerschaft und der Öffentlichkeit alle zwei Jahre einen *Energiebericht* vorlegen. Der Dialog mit den Bürgern könnte etwa in Form einer Veranstaltungsreihe "*Bremer Energieimpulse*" organisiert werden.

Bürgerschaft und Senat haben zu Recht ihrer grundsätzlich ablehnenden Haltung gegenüber der Kernenergie-Nutzung immer wieder klar Ausdruck verliehen. Jetzt ist es an der Zeit, sich auch der ökologischen Dramatik einer absehbaren Klima-Katastrophe zu stellen und klare Konsequenzen zu ziehen. Es ist die Verantwortung des Senats, einer *bewußt gestaltenden Energiepolitik* in Bremen den angemessenen Vorrang einzuräumen und für eine *prozeßorientierte Umsetzung* dieser Empfehlungen Sorge zu tragen.

Kapitel 3

Energie-Szenarien für Bremen

Energiepolitik hat sich der Vergangenheit oftmals nur als das Resultat vermeintlicher Sachzwänge dargestellt, so daß sie allenfalls einen Beitrag dazu zu leisten in der Lage schien, die in Prognosen vorgezeichneten Entwicklungspfade zu flankieren. Die zunehmenden Probleme im Zusammenhang mit der Art und Weise unserer Energieversorgung – genannt seien hier nur die Kontroversen um die weitere Nutzung der Kernenergie sowie die wachsenden Sorgen um eine steigende Belastung unserer Umwelt mit Kohlendioxid und mit anderen Schadstoffen – stellen heute jedoch völlig neue Herausforderungen für die Energiepolitik dar. Zwar kann sich Energiepolitik auch nicht nur nach dem politisch Wünschbaren richten, sie muß jedoch ihr vorhandenes Instrumentarium einsetzen und gegebenenfalls völlig neue Maßnahmen ergreifen, um derartigen Herausforderungen gerecht zu werden. Eine Energiepolitik, die sich an den Kriterien der Umwelt- und Sozialverträglichkeit, der Wirtschaftlichkeit und der internationalen Verträglichkeit zu orientieren hat, kann sich heute weniger denn je allein auf die marktgesteuerten strukturellen Wandlungen auf dem Energiesektor verlassen. Sie muß vielmehr ihre Handlungsspielräume nutzen und selbst gestaltend wirken. Hierzu ist nicht nur die Politik auf Bundesebene, sondern auch die auf Landes- und kommunaler Ebene aufgerufen. Dabei geht es auch nicht nur darum, den Staat als alleinigen politischen Akteur zu begreifen, vielmehr sind alle am Energiegeschehen Beteiligten aufgefordert, ihren Beitrag zu der für notwendig erachteten Umstrukturierung unserer Energieversorgung zu leisten. Dies gilt nicht zuletzt für die marktbestimmenden Unternehmen der Energiewirtschaft selbst.

In der Überzeugung, daß künftige Entwicklungen a priori nicht determiniert sind, sondern Handlungsspielräume und Entscheidungsmöglichkeiten für unterschiedliche Pfade existieren, hat sich der Bremer Energiebeirat der Aufgabe angenommen, alternative Entwicklungsmöglichkeiten von Energiewirtschaft und Energiepolitik in Bremen beschreibbar und einem energiepolitischen Diskurs zugänglich zu machen.

Das adäquate Instrument zur Beschreibung unterschiedlicher Entwicklungspfade – das haben auch Arbeiten in ähnlichem Zusammenhang gezeigt [Enquete-Komm. "Energiepolitik"] – ist das der Konstruktion von sogenannten *Szenarien*. Um dieses Instrument zu nutzen, hat der Bremer Energiebeirat eine eigene Arbeitsgruppe "Energieszenarien" gebildet und externe Gutachter mit der Ausarbeitung von Szenarien [?] und der Beschreibung ihrer Implikationen [?] beauftragt.

Bei der Formulierung von Energieszenarien für Bremen ist es dem Bremer Energiebeirat darum gegangen, die wünschbaren oder denkbaren Entwicklungspfade darzustellen und

die jeweiligen Handlungsspielräume, aber auch Handlungsnotwendigkeiten, sichtbar zu machen. Dabei wollte er vor allem das im gesellschaftlichen und politischen Raum vertretene Meinungsspektrum über ein für Bremen (aber nicht nur dort) gemäßes Energiesystem und die dafür zu schaffenden Voraussetzungen in sich möglichst widerspruchsfrei abbilden.

Das Konstruktionsprinzip für die Szenarienbildung orientiert sich an folgenden Leitlinien:

Repräsentanz: Berücksichtigung der Bandbreite und der Vielfalt der in der öffentlichen und gesellschaftlichen Diskussion in Bremen vorhandenen Zukunftsvorstellungen.

Konsistenz und Widerspruchsfreiheit: Übereinstimmung aller innerhalb eines Szenarios getroffenen Annahmen und Ergebnisse in sachlich-technischer, aber auch in politisch-ideologischer Hinsicht.

Unterscheidbarkeit: Die abzubildenden Szenarien sollen sich so weit unterscheiden, daß sie die Divergenz von Leitgedanken zum Ausdruck bringen können.

Hinreichender Zeithorizont: Der Zeithorizont für die Szenarien ist so zu wählen, daß sich deren wichtigsten Merkmale innerhalb des zu beschreibenden Datenkranzes entfalten können.

Eignung für den energiepolitischen Verständigungsprozeß: Die Szenarien sollen so formuliert sein, daß sie die Verständigung über künftige Entwicklungsmöglichkeiten und kontroverse Konzepte fördern sowie die Herstellung eines gesellschaftlichen Konsenses über den Prozeß der energiepolitischen Willensbildung und Entscheidungsfindung begünstigen.

Zunächst wurden bestimmte Basisannahmen über die künftigen ökonomischen und demographischen Veränderungen (s. unten S. 32) in der Stadt festgelegt. Erstmals für Bremen wurde dann der Versuch unternommen, durch Interviews mit den unterschiedlichen Akteuren deren konzeptionellen Zielvorstellungen zu erfassen und in quantifizierter Form derart in Szenarien zu 'übersetzen', daß eine faire Beschreibung der jeweils verfolgten Pfade möglich wurde. An diesen Interviews beteiligten sich neben den Parteien, Gewerkschaften und Bürgerinitiativen auch verschiedene Verwaltungen des Landes Bremen, der Bremer Ausschuß für Wirtschaftsforschung sowie die Handelskammer Bremen und die Stadtwerke Bremen.

Die in diesem Prozeß artikulierten Auffassungen der genannten Gesprächspartner stellten naturgemäß nicht von selbst schon geschlossene, in sich widerspruchsfreie Konzepte dar, die sich in die vorgesehene Abgrenzung der Szenarien ohne weiteres einordnen ließen. Bei der dann folgenden Ausformulierung der Szenarien ging es also um eine quantitative Darstellung, die mit den Zielsetzungen der jeweiligen Gesprächspartner vereinbar war.

Die Entwicklung der Szenarien war also in erster Linie ein Reflex auf die Vorstellungen der unterschiedlichen politischen Gruppierungen in Bremen über die jeweils angestrebte energiewirtschaftliche und -politische Perspektive in der Stadt und weniger das Resultat gutachterlicher Überlegungen.

Mit den vom Institut für angewandte Systemforschung und Prognose (ISP) in der ersten Stufe erarbeiteten sechs Grobszenarien [?] wurde auf zwei größeren Veranstaltungen des

BEB im März 1988 ein Rückkopplungsprozeß mit den beteiligten Akteuren eingeleitet. Dabei ergab sich – wie nicht anders erwartet – die Notwendigkeit, die Szenarien in Teilen zu modifizieren.

Für die Konzipierung einer tragfähigen Energiepolitik ist die Formulierung von Szenarien mit in sich konsistenten Mengengerüsten als Reflex unterschiedlicher Leitbilder zwar eine notwendige Voraussetzung. Sie allein reicht allerdings nicht aus. Für eine umfassende Bewertung sind insbesondere auch die ökonomischen und ökologischen Implikationen der Szenarien zu berücksichtigen. Die Einbeziehung ökonomischer Implikationen ist dabei schon deshalb von Bedeutung, weil diese auf vielfältige Weise die Basis für Investitionsentscheidungen von Energieverbrauchern und Energieversorgern bilden.

Vor dem Hintergrund eines solchen umfassenderen Erkenntnisinteresses hat die Arbeitsgruppe "Szenarien" des BEB dann die Leitlinien für eine weitere zusammenhängende Untersuchung entwickelt [?]. In dieser Untersuchung ging es darum,

- die Datenbasis für die Szenarien zu aktualisieren,
- den Rückkopplungsprozeß mit den Bremer Akteuren zur weiteren Präzisierung ihrer Vorstellungen fortzuführen, daraufhin
- die vorliegenden sechs Grobszenarien fortzuschreiben und diese
- einer vertiefenden Analyse ihrer ökonomischen und ökologischen Implikationen zu unterziehen.

Damit sollte versucht werden, auf folgende Fragen eine Antwort zu geben:

- Wie stellen sich die unterschiedlichen Gruppen in Bremen die künftige Energieversorgung in dieser Stadt vor?
- Welche Handlungsmöglichkeiten und -notwendigkeiten bestehen im Hinblick hierauf?
- Welches sind letztlich die Akteure, die durch ihre Entscheidungen die Szenarien umsetzen müßten?
- Bei welchen Akteuren sollte die Energiepolitik vorrangig ansetzen?
- Sind die Szenarien allein durch energiepolitische Maßnahmen auf Landesebene zu realisieren oder bedürfen sie zusätzlich bundespolitischer Aktivitäten?
- Welche Kosten sind mit den Szenarien verbunden und wie sind diese ökonomisch zu werten?
- Welche Rückwirkungen haben die Szenarien auf die Stadtwerke?
- Wie wirken sich die Szenarien auf die Umwelt aus, welche Emissionen nach Menge und Art der Schadstoffe sind zu erwarten?

Im folgenden werden die überarbeiteten sechs Szenarien dargestellt, und zwar im Hinblick auf ihre charakteristischen Merkmale, ihre Grundannahmen und ihre Ergebnisse.

Dem schließt sich ihre ökonomische Analyse an, die zunächst die sich aus den Szenario-Annahmen ergebenden Investitionserfordernisse ermittelt und darauf aufbauend dann eine wirtschaftliche Bewertung der einzelnen Investitionsaktivitäten vornimmt. In einem weiteren Schritt werden die ökologischen Implikationen untersucht, und zwar vorrangig auf der Basis der sich jeweils ergebenden Emissionsbilanzen. Zum Schluß werden mit einer szenarioübergreifenden Bewertung einige Folgerungen aus der Szenarioarbeit gezogen.

Von den drei Stufen der Erarbeitung von Szenarien, nämlich

1. Erfassung sowie quantitative 'Übersetzung' und Abbildung der energiepolitischen Vorstellungen der beteiligten Akteure,
2. wissenschaftliche Analyse der Implikationen der Szenarien,
3. erneute Rückkopplung mit den Beteiligten unter Berücksichtigung der unter 1. und 2. erarbeiteten Ergebnisse zur Überprüfung und weiteren Optimierung der Szenarien,

werden damit die ersten beiden Stufen vorgestellt. Im Rahmen der begrenzten Zeit, die für die gesamte Arbeit des BEB zur Verfügung stand, konnte von der dritten Stufe nur eine erste Rückkopplung mit den Beteiligten, aber nicht mehr die weitere Optimierung durchgeführt werden.

Auch in diesem Sinne begreift der Bremer Energiebeirat die nunmehr vorliegenden sechs Energieszenarien nicht als abschließendes Ergebnis, sondern als Basis für die Fortsetzung eines kontinuierlichen und öffentlichen energiepolitischen Diskurses in der Stadt, um eine argumentative Verständigung über kontroverse Geltungsansprüche herbeiführen zu können.

3.1 Die Szenarien

Die nachstehende Beschreibung der Energieszenarien für Bremen konzentriert sich auf die wichtigsten Charakteristika, Annahmen und das Mengengerüst. Einzelheiten sind dem Bericht der Gutachter zu entnehmen.

3.1.1 Charakteristische Merkmale, Abgrenzungen

Zunächst ist auf folgende Abgrenzungen hinzuweisen:

- Das Untersuchungsgebiet umfaßt nur die Stadtgemeinde Bremen, da es in der Anfangsphase der Arbeit an der Kooperationsbereitschaft der Akteure in Bremerhaven fehlte.
- In ihrer sektoralen Gliederung beschränken sich die Szenarien bei den Endenergieverbrauchern auf das Investitionsgüter und Verbrauchsgüter produzierende Gewerbe, auf das Nahrungs- und Genußmittelgewerbe sowie auf die privaten Haushalte und die sog. Kleinverbraucher.¹ Das Grundstoff- und Produktionsgüter produzierende Gewerbe (d.h. vor allem die Klöckner-Hütte Bremen) sowie der gesamte Verkehrssektor bleiben außer Betracht. Innerhalb der Endverbrauchssektoren wird nach den hauptsächlichen Anwendungszwecken (Raumwärme, Prozeßwärme, Licht und Kraft) differenziert. Die Untersuchung der Angebotsseite kann sich angesichts ihrer in der Stadt dominierenden Rolle weitgehend auf die Stadtwerke Bremen konzentrieren. Nicht berücksichtigt werden die Stromerzeugung für die Bundesbahn² sowie das Kraftwerk Farge der Preussen-Elektra.
- Der Betrachtungszeitraum umfaßt die Jahre von 1986 bis 2010.

Selbst für eine Analyse der energiewirtschaftlichen Ausgangssituation im Jahre 1986 war die Datenbasis zumeist sehr lückenhaft. Daher mußte in vielen Fällen auf Schätzungen zurückgegriffen werden. Der Bremer Energiebeirat bedauert in diesem Zusammenhang besonders, daß für das Land Bremen für 1986 keine Energiebilanz vorgelegen hat.

Die im folgenden dargestellten sechs Energieszenarien unterscheiden sich im wesentlichen durch Art und Umfang der angestrebten oder erwarteten Energieeinsparung bei den Verbrauchern sowie durch das Ausmaß der jeweils verfolgten Maßnahmen der rationellen Energiedarbietung auf der Grundlage von zentralen und dezentralen Kraft-Wärme-Kopplungssystemen oder von Systemen zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen (Wind, Wasser, Sonne, Biomasse). Dies sind die zentralen Bereiche, in denen wir in Bremen auf unterschiedliche energiepolitische Leitvorstellungen treffen. Neben der kontroversen Haltung zu Art und Umfang der für erforderlich und realisierbar angesehenen Maßnahmen zur rationellen Energieverwendung und -bereitstellung sowie zur Nutzung regenerativer Energiequellen stand die unterschiedlich bewertete Frage nach der Notwendigkeit bzw.

¹Zum Begriff 'Kleinverbraucher' s. Glossar, Anhang VI.

²Es handelt sich um Einphasen-Wechselstrom, den die Stadtwerke in eigenen Kraftwerken erzeugen (Gesamtleistung 210 MW, erzeugte Arbeit 914 kWh/a).

Wünschbarkeit eines weiteren Strombezuges der Stadtwerke Bremen von der Preussen-Elektra. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang allerdings, daß *keiner der Befragten* sich explizit für eine stärkere Nutzung der Kernenergie – etwa durch *Ausweitung* des Strom-Fremdbezugs – ausgesprochen hat.

Wichtig für das Verständnis der Szenarien und für die dahinter stehenden Vorstellungen über die künftige Art der Energieversorgung ist die Orientierung am Konzept der *Energiedienstleistungen*. Dabei geht es darum, eine bestimmte *Dienstleistung* (die Wohnung soll im Winter behaglich sein) mit dem geringstmöglichen Einsatz von *Energie* zu erbringen (z.B. durch Wärmedämmung), nicht aber um eine Einschränkung der *Dienstleistung selbst* (frieren).

Im Grundsatz der Orientierung am Konzept der Energiedienstleistungen sind sich zwar fast alle einig, die am Entstehungsprozeß der Szenarien mitgewirkt haben; deutlich unterschiedlich eingeschätzt werden aber die technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten sowie die politische Umsetzbarkeit einzelner Strategien.

Die sechs Szenarien lassen sich wie folgt charakterisieren:

Szenario 1 “Verzicht auf eine neue Energiepolitik” schreibt im wesentlichen den energiewirtschaftlichen status quo fort. Veränderungen auf dem Energiemarkt sind in Szenario 1 in erster Linie das Resultat der an kurzfristigen ökonomischen Kriterien ausgerichteten Marktentscheidungen. Unter dieser Grundannahme gewinnen die Stadtwerke Bremen zusätzliche Marktanteile für Strom, Gas und Fernwärme; sie verzichten aber darauf, zusätzliche Maßnahmen zur Erschließung von Einsparpotentialen zu ergreifen. Trotz zahlreicher Hemmnisse, die dem entgegenstehen, wird ein relativ hohes “Trendsparen”³ angenommen.

Im Kraftwerkspark der Stadtwerke gibt es nur wenig Änderungen: Hastedt 15 geht in Betrieb, und Hafen 5 wird Mitte der neunziger Jahre ertüchtigt. Von Preussen-Elektra wird weiterhin Strom bezogen, obwohl – darauf sei hier nur hingewiesen – selbst in diesem Szenario der Netto-Strombezug auf Null reduziert werden könnte, wenn dafür nur die entsprechenden vertraglichen Voraussetzungen mit der Preussen-Elektra geschaffen würden.

Szenario 2 “Einsparpolitik” unterstellt einige wenig eingriffsintensive Maßnahmen zugunsten einer verstärkten Ausschöpfung der Potentiale zur rationellen Energieverwendung. Die wichtigsten Maßnahmen sind eine intensivere Verbraucherberatung, gezieltere Informationsaktivitäten über wirtschaftliche Einsparmöglichkeiten, aber auch Änderungen der Tarifstruktur bei leitungsgebundenen Energieträgern in Richtung linearer – ggf. auch zeitvariabler – Tarife. Strombezug und Kraftwerkspark verhalten sich ähnlich wie in Szenario 1; es werden lediglich in sehr begrenztem Umfang einige Windkraftanlagen gebaut.

Szenario 3 “Forcierte Einsparpolitik” ergänzt die Maßnahmen des Szenario 2 durch wirkungsvolle finanzielle Anreize für Investitionen zur rationellen Energieverwendung und zur Nutzung regenerativer Energiequellen. Hierzu zählen neben der direk-

³Darunter verstehen wir hier die Weiterentwicklung des Energiesparens, wie sie sich ohne politische Eingriffe, allein aufgrund des Marktes mittelfristig ergeben würde.

ten finanziellen Förderung auch die Lenkung mit Hilfe von Energiesteuern bzw. Abgaben auf den Energieverbrauch sowie verbesserte Einspeisevergütungen für dezentral erzeugten Strom. Ein Netto-Strombezug von der Preussen-Elektra soll vermieden und das Kraftwerk Hafen 5 stillgelegt werden. Dagegen werden in größerem Umfang Blockheizkraftwerke sowie Windenergieanlagen gebaut.

Szenario 4 “Forcierte Einspar- und Nah-/Fernwärmepolitik” baut auf dem Szenario 3 auf, zielt darüber hinaus aber mit Hilfe einer grundlegend veränderten Energiepolitik und einer gewandelten Aufgabenbestimmung der Stadtwerke Bremen in Richtung eines “Energiedienstleistungsunternehmens” darauf ab, den Einsatz der zentralen Kraft-Wärme-Kopplung (Auskopplung aus Hafen 6), der dezentralen Kraft-Wärme-Kopplung (in Blockheizkraftwerken) und die Nutzung erneuerbarer Energiequellen (Windenergieanlagen) zu forcieren. Kein weiterer (Netto-)Strombezug von der Preussen-Elektra.

Szenario 5 “Forcierte Fernwärmeausbau-Politik” geht bei der rationellen Energienutzung von den Vorstellungen des Szenario 2 aus, legt auf der Angebotsseite aber das Schwergewicht auf einen forcierten Ausbau der Fernwärmeversorgung auf der Grundlage einer maximalen Wärmeauskopplung aus dem Kraftwerk Hafen 6. Weiterhin Strombezug von Preussen-Elektra.

Szenario 6 “Politik des forcierten rationellen Energieeinsatzes” vereinigt die Merkmale der forcierten Einsparpolitik entsprechend Szenario 3 mit einem forcierten Ausbau der dezentralen Kraft-Wärme-Kopplung auf der Basis von Blockheizkraftwerken und von Systemen zur Nutzung regenerativer Energiequellen. Aus dem Kraftwerk Hafen 6 wird keine Wärme ausgekoppelt. Strombezüge werden vermieden.

In den so beschriebenen Szenarien spiegeln sich also deutlich unterschiedliche Auffassungen über die Ziele und Möglichkeiten von Energiepolitik in Bremen wider. Sie stellen so – das soll noch einmal hervorgehoben werden – für sich genommen noch keine energiepolitischen *Umsetzungsstrategien* oder Handlungsperspektiven dar; solche ergeben sich erst im politischen Prozeß, in dem – direkt oder indirekt und mehr oder weniger bewußt – die Entscheidungen für bestimmte Szenarien fallen.

Allerdings kann schon hier festgehalten werden, daß in der Umsetzung der Szenarien die staatliche Energiepolitik sowie die übrigen energiepolitischen ‘Akteure’ in unterschiedlichem Maße und auf unterschiedliche Weise zum Handeln gefordert sind. Auch darin unterscheiden sich die Szenarien erheblich.

Für die Ableitung des Handlungsbedarfs der energiepolitischen Akteure in Bremen (hier vor allem des Senats und der Stadtwerke) in den Szenarien 2 bis 6 ist es von besonderer Bedeutung, wie die zum Vergleich dienende Energieverbrauchsentwicklung im Szenario 1 quantitativ bestimmt wird. Denn Szenario 1 soll nicht nur die “Fortschreibung der heutigen Energiepolitik” abbilden, sondern gleichzeitig auch eine quantitative Bezugsbasis für die in den anderen Szenarien angenommenen weitergehenden energiepolitischen Eingriffe und für deren Evaluation (“wieviel Energie könnte durch zusätzliche Maßnahmen eingespart werden?”) darstellen. Im Szenario 1 wird ganz bewußt ein relativ hohes “Trendsparen” unterstellt;⁴ damit wird die Bezugsbasis für die Ermittlung von Kosten und Nutzen einer weitergehenden Energiesparpolitik von vorneherein hoch angelegt.

⁴Das ist keineswegs selbstverständlich. Im Gegensatz zum BEB gehen z.B. die Stadtwerke Bremen für das “Trendsparen” von *sehr niedrigen* Werten aus: sie rechnen (für den Fall der Fortsetzung der heutigen

Während Szenario 1 also keine besonderen Anforderungen an die markt beteiligten Akteure stellt, erfordert Szenario 2 eine spürbare Ausweitung der Informations- und Beratungsaktivitäten der staatlichen Stellen und der Stadtwerke Bremen, außerdem Strukturänderungen bei den Tarifen für die leitungsgebundenen Energieträger. Durch diese Maßnahmen sollen vor allem die Endenergieverbraucher veranlaßt werden, ihre Aktivitäten in Richtung der rationellen Energieverwendung zu verstärken.

Im Vergleich mit diesen beiden Szenarien entsteht zur Realisierung der übrigen Pfade ein deutlich größerer Handlungsbedarf. Allerdings muß für die Szenarien 3 bis 6 danach differenziert werden, welche energiepolitischen Akteure die entsprechenden Maßnahmen durchführen müssen.

So setzt das Szenario 3 zur gezielten und umfassenden Ausschöpfung der Einsparpotentiale in erster Linie auf Aktivitäten der Endverbraucher. Hier sind also primär die zahlreichen (und heterogen zusammengesetzten) Entscheidungsträger in den Bereichen der Industrie, der 'Kleinverbraucher' und der privaten Haushalte angesprochen.

Dies gilt zwar in ähnlichem Umfang auch für die Szenarien 4 und 6; doch werden dort die Aktivitäten der Verbraucher durch Aktivitäten der Stadtwerke – Ausbau der Fern- und Nahwärmeversorgung, Dienstleistungs-marketing, verstärkter Einsatz von Windenergie zur Stromerzeugung – ergänzt.

Eine besondere Stellung nimmt bei dieser Betrachtung von Maßnahmen und Akteuren das Szenario 5 ein, in dem von den Endenergieverbrauchern keine anderen Aktivitäten als in Szenario 2 erwartet werden. Hier liegt der Handlungsschwerpunkt eindeutig bei den Stadtwerken Bremen und konzentriert sich dort auf den forcierten Ausbau der Fernwärmeversorgung auf der Basis der Wärmeauskopplung aus dem Kraftwerk Hafen 6.

3.1.2 Annahmen

Es ist zu unterscheiden zwischen Annahmen, die für sämtliche Szenarien gleichermaßen gelten sollen, und solchen, die entsprechend den szenariospezifischen Vorstellungen variieren.

Die *gemeinsamen Annahmen* sind:

Ökonomische Entwicklung: Bis zum Jahre 2010 wird mit einer mittleren jährlichen Erhöhung der gesamtwirtschaftlichen Leistung um 1.5% und mit einem Strukturwandel zugunsten des tertiären Sektors gerechnet,

Preisentwicklung bei den Endenergieträgern: Der BEB hat einheitlich für alle seine Untersuchungen einen Satz von Varianten für die Preisentwicklung bei den Endenergieträgern festgelegt. Diese liegen den Untersuchungen zu den ökonomischen Implikationen zugrunde (s. Tabelle 3.1).

Der BEB hat außerdem in allen Untersuchungen einen Kapitalzinssatz von *real* 4.5% p.a. angenommen (In den Modellrechnungen zu "Stadtwerken der Zukunft" wird mit *nominal* 7% gerechnet (s. Abschnitt E 1),

Energiepolitik) nämlich bis zum Jahr 2000 noch immer mit relativ hohen Stromzuwachsrate von jährlich 1.3% (s. die schriftliche Stellungnahme der Stadtwerke Bremen AG v. 15.7.87 zu den Szenarien des BEB).

Jahr	KRAFTWERKE (Bremen)				(BRD)	HAUSHALTE (Bremen)				Industrie (Bremen)
	Heizöl ES	Import- kohle	Ruhr- kohle	Gas (Hu)	Stromge- stehungs- preis	Heizöl Strom	Gas EL	Fern- wärme (Hu)		Stromein- speise- vergütung
Mittlerer Preisanstieg										
1988	2.20	1.09	3.55	3.47	13.5	22.4	3.5	4.0		9.1
1990	2.20	1.09	3.55	2.30	13.9	23.0	3.5	4.0		9.4
1995	2.83	1.63	3.45	2.30	14.7	24.4	5.4	6.2	†	9.9
2000	4.02	1.95	3.57	3.33	15.7	26.1	7.5	8.4		10.6
2010	—	—	—	—	18.2	30.2	—	—		12.3
2020	5.40	2.89	4.20	4.54	—	—	10.0	11.5		—
Geringer Preisanstieg (–30% im Vergleich zum mittleren Anstieg)										
1988	2.20	1.09	3.55	3.47	13.5	22.4	3.5	4.0		9.1
1990	2.20	1.09	3.55	2.30	13.8	22.9	3.5	4.0		9.3
1995	2.64	1.47	3.42	2.30	14.3	23.8	4.8	5.6	†	9.7
2000	3.42	1.67	3.50	3.02	15.0	25.0	6.1	7.0		10.1
2010	—	—	—	—	16.7	27.7	—	—		11.3
2020	4.24	2.23	3.94	3.79	—	—	7.6	8.7		—
Starker Preisanstieg (+30% im Vergleich zum mittleren Anstieg)										
1988	2.20	1.09	3.55	3.47	13.5	22.4	3.5	4.0		9.1
1990	2.20	1.09	3.55	2.30	14.0	23.3	3.5	4.0		9.5
1995	3.02	1.79	3.48	2.30	15.1	25.0	6.0	6.9	‡	10.2
2000	4.67	2.25	3.64	3.64	16.4	27.3	9.0	10.1		11.1
2010	—	—	—	—	19.8	32.9	—	—		13.3
2020	6.75	3.66	4.47	5.36	—	—	12.9	14.9		—

† Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Fernwärmeerschließung ist ein finanzmathematischer Durchschnittspreis von 6.9 Pf/kWh (Basis 1988) für die Zeit von 1990 bis 2020 berechnet worden (Vgl. Abschnitt D 2)

‡ Auf eine Wirtschaftlichkeitsberechnung der Fernwärmeerschließung für einen starken Öl-Preisanstieg wurde verzichtet

Tabelle 3.1: Annahmen zu Energiepreisentwicklungen
(reale Preise auf der Basis 1985; in Pf/kWh)

Verbrauchsbestimmende Aktivitätsfaktoren in Industrie und bei “Kleinverbrauchern”: Je nach energetischem Anwendungsbereich werden als Indikator für die jeweiligen Aktivitätsfaktoren die Produktionsentwicklung, die Veränderungen der Beschäftigtenzahlen sowie der Arbeitsfläche je Beschäftigten oder eine Kombination dieser Faktoren zugrundegelegt,

Demographische Entwicklung: Von 1986 bis 2010 wird ein Rückgang der Bevölkerung um fast 60 000 Einwohner oder rund 11% unterstellt. Angesichts weiter abnehmender Haushaltsgröße geht der Wohnungsbestand jedoch nur um 2% zurück. Aufgrund steigender Wohnkomfortansprüche wächst die durchschnittliche Wohnungsgröße von 73 auf 80 m², so daß es insgesamt noch zu einer Erhöhung der gesamten Wohnfläche von 17.6 auf 18.9 Mio. m² kommt,

Haushalts-Elektrogeräteausstattung: Soweit Elektrogeräte durch Systeme auf anderer Energieträgerbasis praktisch nicht ersetzt werden können, wird in allen Szenarien die gleiche Bestandsentwicklung angenommen. Mit wenigen Ausnahmen wird dabei mit einem kräftigen Anstieg der Ausstattungsquoten gerechnet.

Szenariospezifische Annahmen, in denen vor allem die unterschiedlichen Zielvorstellungen der befragten Gruppen zum Ausdruck kommen, sind:⁵

- Einsparfaktoren in der Industrie und bei ‘Kleinverbrauchern’: Abgestuft nach Szenarien werden unterschiedlich hohe Einsparquoten unterstellt: moderates Sparen in Szenario 1, stärkeres Sparen in den Szenarien 2 und 5 sowie starkes Sparen in den Szenarien 3, 4 und 6,
- Beheizungsstrukturen in Wohngebäuden: Hier drücken sich vor allem die unterschiedlichen Vorstellungen über den künftigen Ausbau der Fern-/Nahwärmeversorgung sowie über die Rolle von Nachtstromspeicherheizungen aus,
- Spezifischer Wärmebedarf in Wohngebäuden: Resultat unterschiedlicher Annahmen über den Umfang der Wärmedämmung der Wohngebäude. In der Rangfolge der Dämmintensität: Szenario 1 (moderat), Szenarien 2 und 5 (stärker), Szenarien 3, 4 und 6 (stark),
- Nutzungsgrade von Heizungsanlagen in Wohngebäuden: Je nach Szenario wird – ähnlich wie beim Umfang der Wärmedämmung – mit einer mehr oder weniger deutlichen Verbesserung der Nutzungsgrade gerechnet,
- Substitutionsfähige Elektrogeräte: In den dafür in Frage kommenden Fällen wird, nach Szenario abgestuft, ein Ersatz von Haushalts-Elektrogeräten durch Aggregate auf anderer Energieträgerbasis angenommen. Ähnliches gilt im Hinblick auf entsprechende Substitutionsprozesse in der Industrie und bei ‘Kleinverbrauchern’,

⁵Das Szenario 4 spielt insofern eine besondere Rolle, als es den detaillierten umsetzungsstrategischen Überlegungen des Arbeitsbereichs “Stadtwerke der Zukunft” zugrundeliegt. Wie im Kapitel E im einzelnen beschrieben, sind in diesem (und *nur* in diesem) Zusammenhang neben der hier beschriebenen ‘Hauptvariante’ zwei Varianten ‘A’ und ‘B’ definiert worden, die auch einige der hier aufgeführten Annahmen modifizieren. Näheres s. im Abschnitt E 1.

- Spezifischer Verbrauch von Haushalts-Elektrogeräten: Je nach der Grundzielrichtung der Szenarien wird eine unterschiedlich starke Verringerung der spezifischen Verbrauchswerte unterstellt.

Zur Realisierung der Szenario-spezifischen Zielvorstellungen, die diesen Annahmen jeweils zugrundeliegen, sind in allen Szenarien in unterschiedlichem Umfang zusätzliche energiepolitische Aktivitäten der Entscheidungsträger auf Bundes- und Landesebene erforderlich.

Mit diesen szenariospezifischen Annahmen ergibt sich aus der Nachfrage nach *Energiedienstleistungen* eine szenariospezifisch unterschiedliche *Endenergienachfrage*. Damit liegt für die Quantifizierung der sechs Szenarien jeweils ein Datensatz vor, der die Ergebnisse hinsichtlich der Veränderungen von Niveau und Struktur der *Endenergienachfrage* in den untersuchten Sektoren prägt.

Parallel hierzu wurde dann die quantitative Formulierung der sechs Szenarien unter Berücksichtigung der szenariospezifischen Erwartungen und Zielvorstellungen zur Art und Weise der *Energiebedarfsdeckung* komplettiert. Die wichtigsten Unterschiede in den angebotsseitigen Annahmen zu den einzelnen Szenarien beziehen sich auf:

- Vermeidung eines weiteren Strombezugs (per Saldo, etwa im Monatsdurchschnitt) von der Preussen-Elektra in den Szenarien 3, 4 und 6,
- Stilllegung des Kraftwerks Hafen 5 in den Szenarien 3, 4, 5 und 6, statt einer Ertüchtigung wie in den Szenarien 1 und 2,
- Wärmeauskopplung aus Kraftwerk Hafen 6 von zuletzt 300 MW_{th} im Szenario 4 und von 400 MW_{th} im Szenario 5, einschließlich Schaffung der notwendigen Fernwärmehtransport- und -verteilungs-Infrastruktur,
- Für den Fall, daß die jetzige Müllverbrennungsanlage der Stadt (MVA)⁶ im Zuge einer veränderten Abfallwirtschaftspolitik stillgelegt wird: Ersatz der dort jetzt vorhandenen Fernwärmekapazität durch ein Heizwerk (Szenarien 1, 2, 3 und 5) oder durch ein BHKW (Szenarien 4 und 6),
- Stark unterschiedlicher Zubau von Blockheizkraftwerken und Windkraftanlagen:

Szenario	Zubau von BHKW	Bau von Windkraftwerken
	bis 2010 (in MW _{el})	
1	5	5
2	5	24
3	50	120
4 †	200	120
5	70	24
6	320	120

† in Abschnitt E 1: Hauptvariante

Tabelle 3.2: Zubau von Blockheizkraftwerken und Windkraftanlagen

⁶Die MVA versorgt heute die Universität und einige umliegende Gewerbebetriebe mit Fernwärme.

3.1.3 Mengengerüst

Auf den unterschiedlichen Zielvorstellungen, die den Szenarien zugrundeliegen, beruhen die geschilderten Annahmenkonstellationen; aus diesen wiederum ergibt sich dann ein entsprechend breit gefächertes Mengengerüst in den einzelnen Szenarien. Die wichtigsten Unterschiede beziehen sich auf Niveau und Struktur des Endenergie- wie des Primärenergieverbrauchs⁷

sowie auf divergierende Strukturen auf Seiten des Energieangebots.

In allen Szenarien kommt es innerhalb des Betrachtungszeitraumes bis 2010 zu einem Verbrauchsrückgang:⁸

Szenario	Endenergie	Primärenergie
1	-8%	-6%
2	-22%	-21%
3	-35%	-36%
4	-32%	-42%
5	-22%	-27%
6	-33%	-42%

Tabelle 3.3: Rückgang des Energieverbrauchs gegenüber dem Stand von 1986

Demnach könnte der *Endenergieverbrauch* gegenüber 1986 bis zum Jahre 2010 unter den Voraussetzungen der Szenarien 3, 4 und 6 größenordnungsmäßig immerhin um rund ein Drittel reduziert werden. Selbst in den Szenarien 2 und 5, für die nur ein moderates Energiesparen unterstellt worden ist, erscheint eine Verminderung um reichlich ein Fünftel erreichbar.

Die mit Abstand größten Möglichkeiten zur Verminderung des absoluten Energieverbrauchs werden bei den privaten Haushalten gesehen:⁹ hier ist eine Halbierung des heutigen Verbrauchsniveaus bis zum Jahre 2010 nicht ausgeschlossen. Aber auch bei den Kleinverbrauchern¹⁰ fällt die Reduktion um bis zu einem Viertel ins Gewicht. Erwähnt sei, daß selbst in den besonders einsparorientierten Szenarien die *technisch möglichen* Einsparpotentiale bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes im Jahre 2010 noch nicht vollständig ausgeschöpft werden (vgl. hierzu Abschnitt D 1).

In der Industrie wird zwar ebenfalls in einzelnen Szenarien mit einer deutlichen Senkung der spezifischen Verbrauchswerte gerechnet, doch wird dieser Effekt in den weniger einsparintensiven Szenarien 1, 2 und 5 – anders als in den Szenarien 3, 4 und 6 – durch die angenommene kräftige Produktionssteigerung mehr als ausgeglichen, so daß hier der absolute Verbrauch weiter zunimmt.

⁷Dabei müssen *Primär-* und *End-Energieverbrauch* systematisch unterschieden und getrennt behandelt werden: Anstieg oder Rückgang verlaufen durchaus nicht proportional. Denn verstärktes Energiesparen beim Verbraucher bewirkt z.B. zunächst einen Rückgang des *End-Energieverbrauchs*; wieviel *Primär-Energie* dabei eingespart wird, hängt von der Art der eingesetzten Primärenergie und ihrer Umwandlung ab.

⁸Dies gilt sogar für das energiepolitisch "passive" Szenario 1; allerdings ist nicht auszuschließen, daß sich in diesem Szenario auch höhere Verbrauchswerte ergeben, falls die Energiepreise in den kommenden Jahren weiter so langsam steigen wie zur Zeit.

⁹An dieser Stelle ist noch einmal darauf hinzuweisen, daß der Bereich *Verkehr* vom Bremer Energiebeirat insgesamt nicht untersucht wurde.

¹⁰Zum Begriff 'Kleinverbraucher' s. Glossar.

2 Originale zusammengesetzt, im Querformat !

Abbildung 3.1: Primärenergieeinsatz zur Bereitstellung des Endenergieverbrauchs

2 Originale zusammengesetzt, im Querformat !

Abbildung 3.2: Aufteilung der Netzeinspeisung auf Verbrauchssektoren und Erzeugung

Im Ergebnis zeigen die Energieszenarien erhebliche Unterschiede in der künftigen Struktur nach Verbrauchssektoren. Gemeinsam ist ihnen innerhalb des Betrachtungszeitraumes von 1986 bis 2010 ein Rückgang des Anteils der privaten Haushalte am Energieverbrauch, dem höhere Verbrauchsanteile der Industrie und der 'Kleinverbraucher' gegenüberstehen.

Auch die Verteilung des Endenergieverbrauchs auf die einzelnen Energieträger wird sich in den einzelnen Szenarien in Zukunft stark verändern, wie Tabelle 3.4 zeigt.

Szenario	1	2	3	4	5	6	1986
Kohlen	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1.5
Mineralöl	37.7	37.4	32.4	23.8	28.3	26.4	50.6
Naturgase	31.5	32.3	31.5	20.8	20.7	20.7	25.1
Strom	21.5	20.9	20.5	19.7	20.8	19.6	16.7
Fernwärme	8.8	9.0	10.0	20.0	25.2	9.7	6.1
Nahwärme	0.4	0.3	4.3	14.6	4.9	22.7	—
Solar	—	—	1.2	1.0	—	0.8	—
Gesamt	100	100	100	100	100	100	100

Tabelle 3.4: Anteil der verschiedenen Energieträger am Endenergieverbrauch 2010; in %

Unter Berücksichtigung der Struktur des Endenergieverbrauchs und je nach Struktur des Energieangebots wird der Rückgang des *Primärenergieverbrauchs* schwächer oder stärker ausfallen als jener des Endenergieverbrauchs.

Die Szenarien 4, 5 und 6 setzen auf einen forcierten Ausbau der Fern- und/oder Nahwärmeversorgung auf Basis der Kraft-Wärme-Kopplung. Wegen des hohen Wirkungsgrades der Kraft-Wärme-Kopplung wird es in diesen Szenarien zu einer vergleichsweise kräftigeren Primärenergieverbrauchsreduzierung kommen. In den Szenarien 1 und 2 fällt sie schwächer aus, und im Szenario 3 entsprechen sich die Reduktionsraten für End- und Primärenergie weitgehend. Insgesamt könnte der Primärenergieverbrauch im Jahre 2010 zwischen knapp 6% (Szenario 1) und fast 42% (Szenarien 4 und 6) niedriger sein als 1986 (vgl. auch Abb. 3.1).

Die Struktur des Primärenergieverbrauchs im Jahre 2010 nach Energieträgern ist in Tabelle 3.5 dargestellt.

Szenario	1	2	3	4	5	6	1986
Kohlen	40.4	38.8	28.3	16.1	37.0	2.1	28.4
Mineralöl	28.1	28.2	24.5	21.2	23.3	23.7	38.6
Erdgas	30.7	31.2	37.9	53.8	37.6	65.4	30.6
Regen. Quellen	0.8	1.8	8.3	8.9	2.1	8.8	—
Müllverbrennung	—	—	—	—	—	—	2.4
Gesamt	100	100	100	100	100	100	100

Tabelle 3.5: Anteil der verschiedenen Energieträger am Primärenergieverbrauch 2010; in %

Gemeinsam ist allen Szenarien der drastische Rückgang des Mineralölverbrauchs. Gewichtige Differenzen treten auf in der Bewertung des Kohleeinsatzes auf der einen und des Erdgaseinsatzes auf der anderen Seite. Regenerative Energiequellen steuern aufgrund des dort unterstellten Zubaus von Windkraftwerken in den Szenarien 3, 4 und 6 in nennenswertem Umfang zur Deckung des Primärenergieverbrauchs bei.

Wesentlich für die energiepolitische Wertung der Szenarien sind auch die Ergebnisse im Hinblick auf die künftigen Veränderungen des Stromverbrauchs und seiner Deckung (vgl. dazu auch Abb. 3.2). Die Entwicklung des *nutzbaren Stromverbrauchs*¹¹ schwankt zwischen einem andauernden Anstieg in Szenario 1, einem geringfügigen Zuwachs bis 2000 und einem anschließenden Rückgang in den Szenarien 2 und 5 und einer durchgängigen Verminderung in den Szenarien 3, 4 und 6 (s. Tabelle 3.6).

Szenario	Nutzbare Stromverbrauch (GWh)			durchschn. jährl. Veränderung (%)	
	1986	2000	2010	1986/2000	1986/2010
1		3 600	3 700	+ 0.9	+ 0.3
2, 5	3 200	3 400	3 300	+ 0.4	- 0.4
3, 4, 6		3 100	2 900	- 0.3	- 0.7

Tabelle 3.6: Entwicklung des nutzbaren Stromverbrauchs

Zur Deckung des Strom- und Fern-/Nahwärmeverbrauchs werden in den Szenarien sehr unterschiedliche Strukturen im Kraftwerkspark der Stadtwerke unterstellt. Die Erzeugungslleistung schwankt in einer großen Bandbreite (s. Tabelle 3.7).

Szenario	elektrische Leistung (MW)	(auskoppelbare) Wärmeleistung (MW)
1	1 035	522
2	1 054	472
3	1 078	608
4	1 183	1 558
5	943	1 418
6	1 348	1 418

Tabelle 3.7: Erzeugungslleistung der Kraftwerke der Stadtwerke Bremen im Jahr 2010

Große Divergenzen bestehen in der szenariospezifischen Gliederung des Kraftwerksparks nach Kondensationskraftwerken,¹² Heizkraftwerken, Blockheizkraftwerken sowie Heizwerken bzw. Spitzenkesseln. Dies schlägt sich nieder in unterschiedlichen Gesamtnutzungsgraden der Strom- und Wärmeerzeugung. In den stark auf Kraft-Wärme-Kopplung ausgerichteten Szenarien 4, 5 und 6 werden großordnungsmäßig zwei Drittel des Brennstoffeinsatzes in Strom und nutzbare Wärme umgesetzt. Demgegenüber beträgt der Gesamtnutzungsgrad in den Szenarien 1, 2 und 3 lediglich 46 bis 49%.

Bemerkenswert sind auch die Unterschiede in der Auslastung der Stromerzeugungsanlagen (Tabelle 3.8).

Szenario	1	2	3	4	5	6	1986
h/a	3 400	2 900	2 800	2 500	3 200	2 200	3 000

Tabelle 3.8: Mittlere Auslastung der Stromerzeugungsanlagen der Stadtwerke Bremen im Jahr 2010

¹¹Das ist die an Verbraucher abgegebene elektrische Arbeit eines EVU einschließlich des eigenen Betriebsverbrauches, aber ohne Kraftwerkseigenverbrauch und Netzverluste.

¹²Zum Begriff 'Kondensationskraftwerk' s. Glossar.

Dies deutet darauf hin, daß zumindest in den Szenarien 4 und 6 *Überkapazitäten*¹³ bestehen bleiben können, wenn sich die Stromversorgung – wie für die Szenarien angenommen – nur auf stadtbremisches Gebiet beschränken soll. Gibt man allerdings diese Prämisse auf, so wäre es möglich, elektrische Arbeit in folgendem Umfang für außerbremische Regionen bereitzustellen (Tabelle 3.9).

Szenario	Jahr 2000	Jahr 2010
1	nicht vorgesehen	
2	1 300	300
3	500	700
4	600	1 300
5	500	500
6	1 100	1 800

Tabelle 3.9: Stromexportpotentiale in außerbremischen Regionen; in GWh

Das hier skizzierte Mengengerüst der Szenarien zeigt somit ein breites Spektrum künftig möglicher Entwicklungen, mit ganz unterschiedlicher Beanspruchung der energetischen Ressourcen.

¹³Die hier für Szenario 4 errechneten Überkapazitäten sind einer der Anlässe, warum bei den Untersuchungen zum Komplex "Stadtwerke der Zukunft" zur Optimierung auch in betriebswirtschaftlicher Hinsicht die beiden Varianten 'A' und 'B' betrachtet wurden (vgl. Kapitel E). Die hier genannten Zahlen gelten also immer für die sogenannte 'Hauptvariante', nicht für die – unter verschiedenen Gesichtspunkten optimierten – Varianten 'A' und 'B'.

3.2 Ökonomische Implikationen der Szenarien

In einer Analyse der ökonomischen Implikationen der Szenarien hat man sich zunächst mit der Frage der relativen Wirtschaftlichkeit des ein oder anderen Energiepfades zu befassen. Wesentlich für das Verständnis der weiteren Überlegungen ist die begriffliche Unterscheidung zwischen einer Sichtweise der einzelnen am Marktgeschehen beteiligten Wirtschaftssubjekte und jener aus einem übergeordneten gesamtwirtschaftlichen Blickwinkel. In diesem Zusammenhang trifft man auf grundsätzlich divergierende Ansichten darüber, was letztlich als Gemeinwohl definiert werden soll und woran sich diese Definition zu orientieren hat. Divergenzen zwischen den beiden genannten Sichtweisen resultieren u.a. aber auch schon aus bestehenden Unvollkommenheiten auf den Energiemärkten und aus der Existenz sogenannter "externer Effekte", zu denen in erster Linie die Kosten der energiebedingten Umweltbelastung zählen. Darüber hinaus gibt es aber auch – z.B. bei der Bewertung von Maßnahmen zur rationellen Energienutzung – bestimmte Divergenzen zwischen der einzelwirtschaftlichen Sichtweise von Energieversorgungsunternehmen auf der einen und Verbrauchern auf der anderen Seite. Die zusätzlichen Kosten ("Grenzkosten") für die *Einsparung* einer Kilowattstunde sind oft geringer als die Kosten für die *Bereitstellung* einer zusätzlichen Kilowattstunde durch das Energieversorgungsunternehmen. Obwohl in einem solchen Fall auch nach marktwirtschaftlichen Gesichtspunkten die "Einsparinvestitionen" Vorrang haben müssten, unterbleiben sie häufig, weil die Verbraucher bei ihren Investitionsentscheidungen erheblich kürzere Amortisationszeiten fordern als die Energieversorgungsunternehmen. Diese Asymmetrie stellt ein wesentliches Hemmnis für Maßnahmen zur rationellen Energienutzung dar.

3.2.1 Abgrenzungen

In der für den Bremer Energiebeirat durchgeführten DIW/ISP-Untersuchung ging es primär darum, die einzelwirtschaftlichen Aspekte der Szenarien zu beleuchten. Dazu waren die jeweiligen Investitionskosten bei Energieverbrauchern und Energieversorgern zu schätzen sowie die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Investitionsaktivitäten zu werten.

Berücksichtigt wurden die folgenden Investitionsaktivitäten:

1. bei den privaten Haushalten:
 - Wärmedämmung der Gebäude
 - Substitution von Einzelheizungsanlagen (einschließlich Bau von Blockheizkraftwerken)
 - Substitution von dezentralen Systemen zur Warmwasserbereitung
 - Solaranlagen zur Warmwasserbereitung
 - Substitution von elektrischen Kochherden
 - Anschaffung unterschiedlich effizienter sonstiger Elektrogeräte und Lampen
2. in Industrie und bei 'Kleinverbrauchern':
 - Einsatz von Blockheizkraftwerken
 - Maßnahmen zur Reduzierung des Energieeinsatzes zur Raumheizung

3. bei den Stadtwerken Bremen:

- Bau von Windkraftwerken
- Bau von Blockheizkraftwerken mit den zugehörigen Spitzen- und Reservekesseln sowie der notwendigen Verteilungsnetze
- Ertüchtigung des Kraftwerks Hafen 5 (nur in den Szenarien 1 und 2)
- Wärmeauskopplung aus dem Kraftwerk Hafen 6 einschließlich Spitzen-/Reservekessel, Fernwärmetransport- und -verteilungsnetze (nur in den Szenarien 4 und 5)
- Installation von Fernwärmeübergabestationen und Gasanschlüssen bei privaten Haushalten
- Investitionen in Gastransport und -verteilung

4. bei Betreibern der Müllverbrennungsanlage (MVA):

- Ersatz der bestehenden MVA durch ein Heizwerk (Szenarien 1, 2, 3 und 5) oder durch ein Blockheizkraftwerk (Szenarien 4 und 6)

Zu den Investitionsaktivitäten in der Industrie und bei 'Kleinverbrauchern' für Maßnahmen zur rationellen Energieverwendung (bei Prozeßwärme, Licht und Kraft) konnten keine Aussagen gemacht werden — dafür waren die hier vorhandenen Daten nicht ausreichend.¹⁴ Wichtig für das Weitere ist auch, daß nur solche Investitionen berücksichtigt werden, die für das eine oder andere Szenario spezifisch sind. Investitionen, die von Art und Umfang her in allen Fällen getätigt werden, bleiben also insgesamt außer Betracht.

3.2.2 Investitionskosten

Die Abweichungen zwischen den einzelnen Szenarien in der Höhe und Struktur des Energieverbrauchs und seiner Deckung resultieren nicht so sehr aus den erwarteten oder erwünschten reinen Verhaltensänderungen der Marktbeteiligten, sondern in erster Linie aus Art und Umfang der jeweils unterstellten Investitionsaktivitäten zur rationellen Energieverwendung und -bereitstellung sowie zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen.

Daher verwundert es nicht, daß die Realisierung der einzelnen Szenarien jeweils ein sehr unterschiedlich hohes und unterschiedlich strukturiertes Investitionsvolumen voraussetzt. In Tabelle 3.10 sind, kumuliert über den gesamten Betrachtungszeitraum von 1986 bis 2010 und nach den Hauptinvestorgruppen gegliedert, die geschätzten Investitionskosten dargestellt, die in den einzelnen Szenarien anfallen.¹⁵

Tabelle 3.11 enthält die *durchschnittlichen jährlichen* Investitionen,¹⁷ die sich ergeben, wenn die in Tabelle 3.10 angegebenen *kumulierten* Investitionskosten gleichmäßig über die Jahre 1986 bis 2010 verteilt werden.

¹⁴Auf diese Bereiche entfiel 1986 allerdings nur lediglich knapp ein Viertel des betrachteten Endenergieverbrauchs in Bremen (immer ohne Verkehr).

¹⁵Im Prinzip die gleichen Daten sind noch einmal in Abb. 3.3 enthalten; nur sind dort – der Anschaulichkeit halber – für die Szenarien 2 bis 6 die *Differenzen* zu Szenario 1 graphisch dargestellt.

¹⁶Unter der Rubrik 'Sonstige' sind die Investitionen in Industrie und Gewerbe für Einsparungen bei der Raumheizung und den Bau von BHKW sowie Investitionen zum Ersatz der MVA durch ein Heizwerk bzw. ein BHKW zusammengefaßt.

¹⁷Zum Vergleich: Die Stadtwerke Bremen investieren z.Zt. etwa 250 Mio. DM jährlich.

Verkleinert! ohne Überschrift!

Abbildung 3.3: Investitionsmehrkosten nach Hauptinvestoren bis 2010 (Differenz zu Sz. 1)

Szenario	Stadtwerte Bremen	Private Haushalte	Sonstige ¹⁶	Summe
1	170	3 770	10	3 950
2	240	4 260	130	4 630
3	530	5 100	470	6 100
4 †	1 340	4 720	540	6 600
5	970	4 070	140	5 180
6	1 220	4 720	550	6 490

† in Abschnitt E 1: Hauptvariante

Tabelle 3.10: Kumulierte Investitionskosten bis zum Jahr 2010, nach Investorgruppen;
in Mio. DM

Szenario	Stadtwerke Bremen	Private Haushalte	Sonstige ¹⁶	Summe
1	7	157	< 1	165
2	10	175	5	190
3	20	210	20	250
4 †	60	200	20	280
5	40	170	5	215
6	50	200	25	275

† in Abschnitt E 1: Hauptvariante

Tabelle 3.11: Durchschnittliche jährliche Investitionskosten bis zum Jahr 2010, nach Investorgruppen; in Mio. DM

Diese Investitionen betreffen im Bereich der Haushalte in allen Szenarien vor allem die Wärmedämmung und die Umstrukturierung der Beheizungsanlagen; die Unterschiede in der Höhe der Investitionskosten hängt deshalb im wesentlichen davon ab, mit welcher Intensität in den verschiedenen Szenarien diese Einsparmaßnahmen angegangen werden. Im Gegensatz dazu ist bei den Stadtwerken Bremen auch die Art der Investitionen stark abhängig vom zugrundegelegten Szenario: es kommt darauf an, in welchem Ausmaß der Ausbau der Fernwärme- und/oder der Nahwärmeversorgung forciert sowie Windkraftwerke errichtet werden sollen. So entstehen im Szenario 3 etwa 60% der Investitionskosten der Stadtwerke beim Bau von Windkraftwerken, während sie im Szenario 5 zu 80% auf den Fernwärmeausbau zurückgehen. Im Szenario 6 spielen Investitionskosten für die Fernwärme keine Rolle; hier entfallen etwa zwei Drittel der Investitionskosten auf die Nahwärmeversorgung und nur etwa 25% auf den Bau von Windenergieanlagen. Im Szenario 4 (*Hauptvariante* in Abschnitt E 1) schließlich macht der Fernwärmeausbau etwa die Hälfte der Investitionskosten der Stadtwerke aus; etwa 25% werden für den Ausbau der Nahwärmeversorgung gebraucht und 20% für Windkraftwerke.

Wie Tabelle 3.11 zeigt, ergibt sich auch bei der Aufteilung der Investitionen auf die Hauptinvestorgruppen ein recht heterogenes Bild. In den Szenarien 2 und 3 liegt das Schwergewicht eindeutig bei den Investitionen durch die Endverbraucher; hier sind die Stadtwerke nur wenig gefordert. Auch in den Szenarien 4 bis 6 stehen als Investoren die Endverbraucher im Vordergrund, doch kommt hier den von den Stadtwerken zu leistenden Investitionsaktivitäten eine erheblich größere Bedeutung zu.

Bei dieser rechnerischen Aufteilung der Investitionskosten auf Energieverbraucher und Stadtwerke muß jedoch berücksichtigt werden, daß die reale Investitionsbereitschaft und -fähigkeit der Energieverbraucher auch durch das Marktverhalten und die Aktionsparameter der Stadtwerke beeinflusst werden (z.B. über das Tarifsystem). Insbesondere könnten die Stadtwerke durch eine veränderte Unternehmensstrategie eine wichtige Initialfunktion für private Investitionen in die rationelle Energienutzung ausüben (Vgl. Abschnitt E 1).

Angaben über die Höhe der Investitionskosten lassen für sich genommen noch keine wirtschaftliche Bewertung zu. Zum einen steht den Kosten für die Investitionen zur rationellen Energieverwendung und zur Nutzung der regenerativen Energiequellen eine entsprechende Einsparung der Energiekosten (teilweise auch anderer variabler Kosten) gegenüber. Zum andern führen Investitionen immer auch zur Schaffung von Arbeitsplätzen und zur Verringerung der Kosten der Arbeitslosigkeit. Reduzierter Energieverbrauch senkt schließlich auch die ("externen") Kosten für die energiebedingte Umweltbelastung.

Wir wollen zunächst die Investitionsmehrkosten gegenüber Szenario 1 in den verschiedenen Szenarien vergleichen mit der damit erreichten Verminderung des *Primärenergieverbrauchs*.¹⁸

In Tabelle 3.12 werden die *bis* zum Jahre 2010 kumulierten Investitionsmehrkosten gegenüber Szenario 1 dem *für* das Jahr 2010 errechneten Primärenergie-Minderverbrauch gegenübergestellt. Daneben werden die spezifischen Kosten der "Energieeinsparung"¹⁹ unter der vereinfachenden Annahme einer mittleren Lebensdauer der Investitionen von 20 bzw. 15 Jahren sowie bei einem (realen) Zins von 4.5% ausgewiesen.

Szenario	Investitions- <i>mehrkosten bis 2010</i> (Differenzen zu Szenario 1) (Mio. DM)	Primärenergie- <i>minderverbrauch in 2010</i> ¹⁸ (GWh)	Spezifische "Einsparkosten" ¹⁹	
			20 Jahre	15 Jahre
			(Pf/kWh)	(Pf/kWh)
2	700	2 000	2.6	3.2
3	2 200	4 000	4.2	5.0
4 †	2 600	4 300	4.8	5.8
5	1 200	2 300	4.1	5.0
6	2 500	4 200	4.6	5.6

† in Abschnitt E 1: Hauptvariante

Tabelle 3.12: Investitionsmehrkosten und Primärenergie minderverbrauch im Jahr 2010

Bemerkenswert ist, daß im Szenario 3 eine ähnlich hohe Primärenergieeinsparung wie in den Szenarien 4 und 6 zu erzielen ist, obwohl die Investitionskosten deutlich geringer ausfallen. Für das dominant fernwärmeorientierte Szenario 5 errechnen sich fast die gleichen spezifischen "Einsparkosten" wie in Szenario 3, doch ist die Primärenergieeinsparung um 40% geringer. Dieser Quervergleich mag als Indiz dafür genommen werden, daß die forcierte Energieeinsparung, wie sie im Szenario 3 vorrangig unterstellt worden ist, unter Kostenaspekten tendenzielle Vorteile gegenüber primär angebotsseitigen Strategien wie in den Szenarien 5 und 6 aufweist.

Diese Annahme wird auch durch eine entsprechende Gegenüberstellung von Investitionsmehrkosten gegenüber Szenario 1 und daraus sich ergebendem *Endenergie*-Minderverbrauch für den (vornehmlich in Einsparmaßnahmen investierenden) Haushaltsbereich gestützt (Tabelle 3.13).

Die spezifischen Einsparkosten können hier unmittelbar verglichen werden mit den Preisvarianten bei der Entwicklung der Endenergiepreise im Haushaltsbereich, die der BEB allen seinen Untersuchungen zugrundegelegt hat (s. S. 33). Ein solcher Vergleich zeigt: Das Bündel der in den Energieszenarien angenommenen Investitionen im Haushaltsbe-

¹⁸Der Primärenergieverbrauch für Prozeßwärme, Licht und Kraft in der Industrie und bei 'Kleinverbrauchern' bleibt hierbei außer Betracht, weil auch die entsprechenden Investitionsaktivitäten nicht untersucht werden konnten (vgl. Abschn. 4.1.5) Industrie ... —nur so läßt sich eine systematische Übereinstimmung mit den erfaßten Investitionskosten herstellen. Außerdem werden bei der folgenden Betrachtung die erneuerbaren Energieträger sowie die Verluste beim Primärenergieaufkommen nicht berücksichtigt.

¹⁹Bei der Bewertung der spezifischen Kosten sind die zugrunde liegenden Annahmen hinsichtlich der Lebensdauer der Investitionen zu beachten. Bei einem Großteil der Investitionen sind durchaus längere Lebensdauern als 20 Jahre zu erwarten (z.B. für die Transport- und Verteilungsnetze). Andererseits sind für viele Investoren, vor allem im Endenergiebereich, unter dem Gesichtspunkt der Amortisation der Investitionen wesentlich kürzere Perioden maßgebend, so daß die entsprechenden Angaben in Tabelle 3.12 und 3.13 nur als grobe Indikatoren für die wirtschaftliche Bewertung zu verstehen sind.

Szenario	Investitions-	Endenergie-	Spezifische	
	<i>mehrkosten bis 2010</i> (Differenzen zu Szenario 1) (Mio. DM)	<i>minderverbrauch in 2010</i> ¹⁸ (GWh)	“Einsparkosten” ¹⁹ 20 Jahre	15 Jahre
2	500	1 200	3.1	3.8
3	1 300	2 000	5.1	6.5
4 †	950	1 800	4.1	4.9
5	300	1 300	1.9	2.2
6	950	1 800	4.1	5.0

† in Abschnitt E 1: Hauptvariante

Tabelle 3.13: Investitions*mehrkosten* und Endenergiem*inderverbrauch* in 2010 (Haushalte)

reich ist im großen und ganzen entweder schon heute (Szenarien 2 und 5) oder aber spätestens bis Mitte/Ende der 90er Jahre (Szenarien 4, 6 und 3) wirtschaftlich vorteilhaft.

3.2.3 Wirtschaftliche Bewertung der Investitionsaktivitäten

Die hier skizzierten Relationen von summierten Investitionsmehrkosten und Energieminderverbrauch geben nur erste Anhaltspunkte für eine szenarioübergreifende wirtschaftliche Bewertung. Denn für die Realisierungschancen der einzelnen Pfade sind solche globalen Betrachtungen kaum von Belang; ob ein bestimmter Pfad auch tatsächlich realisiert wird, hängt ja viel eher von deren einzelwirtschaftlicher Bewertung ab. Die oben aufgeführten Investitionsaktivitäten sind deshalb auf ihre einzelwirtschaftliche “Verträglichkeit” untersucht worden. Wesentliche Grundlage dafür waren dabei die zuvor geschätzten Investitionskosten sowie die Energiepreisvarianten des BEB.

Wichtig für das Verständnis der weiteren Überlegungen ist es, daß wir hier der wirtschaftlichen Bewertung das *Konzept der “Lebenszykluskosten”* (“*life-cycle-costs*”) zugrundelegen. Danach ist eine Investition dann als wirtschaftlich vorteilhaft einzustufen, wenn sie über ihre gesamte Lebensdauer hinweg für den Investor mit geringeren Gesamtkosten verbunden ist als die zur Verfügung stehenden Alternativen.²⁰

Nach den Berechnungen für die *verbraucherseitigen Investitionen* (im wesentlichen im Bereich der privaten Haushalte) erweisen sich die in den einzelnen Szenarien unterstellten Maßnahmen zur rationellen Energieverwendung und zur Energieträgersubstitution überwiegend als wirtschaftlich. Diese Aussage gilt vor allem für folgende Investitionsaktivitäten:

- Verbesserter Wärmeschutz an Wohngebäuden,
- Umstellung dezentraler Warmwasserversorgung von Strom auf Gas (bei vorhandenem Gasanschluß),
- Ersatz von Elektroherden durch Gasherde (bei vorhandenem Gasanschluß)

²⁰ Dieses Konzept entspricht allerdings nicht unbedingt immer den tatsächlichen Entscheidungskriterien privater Investoren (und leider oft auch der öffentlichen Hand in Bremen!), die meist relativ kurze Amortisationsdauern von nur wenigen Jahren fordern.

- Anschaffung besonders verbrauchseffizienter sonstiger Elektrogeräte,
- Anschaffung von Sparlampen.

In diesen Fällen sind die Amortisationsdauern zumeist auch deutlich kürzer als die jeweilige Nutzungsdauer der Investitionen. Die Anschaffung von Solaranlagen zur Warmwasserbereitung lohnt demgegenüber aus einzelwirtschaftlicher Sicht unter den angenommenen Bedingungen in der Regel erst in einer späteren Phase (etwa ab 2000). Wirtschaftliche Chancen existieren dagegen bereits heute, wenn Solaranlagen als Komplettsystem bei einer ohnehin fälligen Ersatzinvestition für einen dezentralen elektrischen Warmwasserbereiter angeschafft werden sollen (Vgl. Abschnitt D 3).

Aber auch bei den an sich wirtschaftlichen Investitionsaktivitäten im Bereich der privaten Haushalte kann nicht ohne weiteres mit deren Realisierung gerechnet werden. Hierfür gibt es einige Gründe: Teils bestehen erhebliche Kenntnisdefizite über die wirtschaftliche Effizienz der Maßnahmen, teils erscheinen die Amortisationszeiten zu lang, teils fehlen die finanziellen Mittel, und schließlich werden die Entscheidungen besonders privater Investoren oft durch andere als ökonomische Kriterien bestimmt. Daraus ist zu folgern, daß es zur Ausschöpfung selbst der wirtschaftlichen Möglichkeiten zur rationellen Energieverwendung energiepolitischer Maßnahmen bedarf, die die bestehenden Hemmnisse abbauen und zusätzliche, auch ökonomische, Anreize geben.

Bei den *angebotsseitigen Investitionen* stehen jene der Stadtwerke Bremen für Windkraftanlagen, für den Ausbau der Nahwärmeversorgung auf der Basis von Blockheizkraftwerken und der Fernwärmeversorgung mit Hilfe der Wärmeauskopplung aus dem Kraftwerk Hafen 6 im Vordergrund.

Ein grundsätzliches Problem bei einer betriebswirtschaftlichen Bewertung von Investitionen der Stadtwerke Bremen, die mit einer Ausweitung der Stromerzeugungskapazitäten verbunden sind, liegt darin, daß das Unternehmen zur Versorgung der Stadtgemeinde über die bereits heute existierenden Kraftwerke hinaus keine zusätzliche elektrische Leistung benötigt (vgl. Abschnitt D 2). Bei jeder *zusätzlichen* Stromerzeugung können deshalb lediglich die in den vorhandenen Kraftwerken dann eingesparten *Arbeitskosten* betriebswirtschaftlich verrechnet werden — das sind z.Zt. etwa 4 Pf/kWh auf der Basis der Importkohlepreise.

Die Kosten für die zusätzlichen Stromerzeugungskapazitäten auf Kraft-Wärme-Basis oder aus regenerativen Quellen können insoweit auch nicht mit den Vollkosten anderer neuer Kraftwerke konkurrieren.²¹

Vor diesem Hintergrund sind bei einer rein betriebswirtschaftlichen Betrachtungsweise Investitionen der Stadtwerke in Windkraftanlagen ungünstig zu werten. Windkraftwerke sind für die Stadtwerke Bremen allenfalls dann vorteilhaft, wenn als Maßstab für die vermiedenen Kosten die auch anderen Erzeugern gewährte Einspeisevergütung (von z.Zt. 10.4 Pf/kWh) sowie ein ins Gewicht fallender Investitionskostenzuschuß angenommen werden kann.

²¹ Dies gilt jedenfalls, solange die Betrachtung auf die lokale Ebene beschränkt bleibt: Bei einem – gesamtwirtschaftlich sinnvollen – Kostenvergleich von in Bremen neu zu schaffenden Stromerzeugungskapazitäten mit *in anderen Bundesländern geplanten* neuen Kraftwerken stellt sich dies ganz anders dar.

Der BEB läßt z.Zt. noch prüfen, inwieweit ein solcher *überregionaler*, aber dennoch *betriebswirtschaftlicher* Kostenvergleich als Argumentation z.B. in Genehmigungsverfahren rechtlich zulässig ist (Vgl. Abschnitt E 2).

Bei *Blockheizkraftwerken* zeigt sich ein heterogenes Bild. Während sich für private Betreiber von BHKW, die damit Strombezugskosten sparen, bei geeigneter Wärme- und Strombedarfscharakteristik bereits heute überwiegend ein positives wirtschaftliches Resultat ergibt, trifft dies für BHKW in Stadtwerksregie nach den vorliegenden Rechnungen zumindest bei entsprechenden Investitionen bis zur Jahrhundertwende – und wiederum gemessen an den Einspeisevergütungen – nicht zu. Auch für die Jahre danach ist ein günstigeres Resultat nur dann zu erwarten, wenn für den Ausbau der Nahwärmeversorgung keine zusätzlichen Kosten für die Nahwärmeverteilung entstehen. Insgesamt sind BHKW aus einzelwirtschaftlicher Sicht der Stadtwerke wirtschaftlich erst dann interessant, wenn es um ohnehin anstehende Entscheidungen über Ersatzinvestitionen geht. Unter diesen Voraussetzungen können BHKW gegenüber Kondensationskraftwerken durchaus als vorteilhafte Alternative für den Einsatz im Mittellastbereich angesehen werden.

Anders als bei Windenergieanlagen und Blockheizkraftwerken führt der Ausbau der *Fernwärmeversorgung* auf Basis der Wärmeauskopplung aus dem Kraftwerk Hafen 6 für sich genommen nicht zu einer Erhöhung, sondern sogar zu einer Verminderung²² der Stromerzeugungsleistung. Unter den Voraussetzungen, daß die Energiepreise sich künftig etwa wie in der mittleren Preisvariante des BEB entwickeln, die angestrebten Anschlußquoten in dem vorgesehenen Zeitraum auch tatsächlich realisiert werden können und die Anlaufverluste begrenzt bleiben, läßt deshalb ein expansiver Fernwärmeausbau wie in den Szenarien 4 und 5 ein positives wirtschaftliches Ergebnis erwarten.

Alles in allem sind die in den Szenarien unterstellten Investitionen bei den Verbrauchern aus einzelwirtschaftlicher Sicht günstiger zu werten als die Investitionsaktivitäten der Stadtwerke. Der Bremer Energiebeirat sieht sich auch aus diesem Grunde in seiner Auffassung bestätigt, daß das vorrangige Ziel einer Neuen Energiepolitik die Förderung des Energie-sparens sein muß.

²²Die elektrische Leistung des Kraftwerks Hafen 6 geht durch die Wärmeauskopplung zurück (vgl. Abschnitt D 2).

3.3 Schadstoffemissionen

Angesichts der zunehmenden Probleme der Umweltbelastung muß die Energieversorgung immer mehr daran gemessen werden, wieweit ihr Beitrag zur Schädigung der Umwelt zurückgedrängt werden kann. Standen in den letzten Jahren die Waldschäden im Mittelpunkt des umweltpolitischen Interesses, so treten derzeit die Gefahren einer steigenden Belastung der Erdatmosphäre mit Kohlendioxid (CO₂) in den Vordergrund. Auch wenn keine Aussicht besteht, ohne wirklich umwälzende globale Verhaltensänderungen des CO₂-Problems Herr zu werden, so ist umgekehrt gerade deshalb auf jeder lokalen Ebene die Verpflichtung unabweisbar, die energiebedingten Schadstoffemissionen so weit wie möglich zu reduzieren. Als Richtschnur für jede energiepolitische Entscheidung in Bremen wiederholt der Bremer Energiebeirat daher auch an dieser Stelle noch einmal ausdrücklich seine Forderung, den CO₂- Ausstoß im Lande Bremen bis zum Jahr 2010 um mindestens 40% zu senken.

Bei den sogenannten "klassischen" Schadstoffen (Schwefeldioxid, Stickoxide, Staub) ist in der Bundesrepublik bereits eine Reihe von Maßnahmen zur Minderung des Schadstoffausstoßes eingeleitet worden; für Kohlendioxid gibt es jedoch keine Rückhaltetechniken, so daß deren Emissionsminderung nur auf dem Wege einer *Einsparung fossiler Brennstoffe* gelingen kann.

Im Jahre 1986 wurden von Emittenten in Bremen-Stadt (ohne Klöckner-Hütte und Verkehr)

13 400 t	Schwefeldioxid
9 700 t	Stickoxide
570 t	Staub
4 777 000 t	CO ₂

ausgestoßen. Hinzu kamen 43 000 t Flugaschen und 13 000 t Schlacken.

Bei sämtlichen dieser Stoffe waren die Kraftwerke der Stadtwerke Bremen die mit Abstand größten Einzelemittenten.²³ Ihr Anteil betrug für

Schwefeldioxid	70%
Stickoxide	72%
Staub	41%
CO ₂	46%

Flugaschen und Schlacken gehen ausschließlich auf die Kraftwerke zurück.

In den kommenden Jahren werden die Emissionen von Schwefeldioxid und Stickoxiden – besonders im Kraftwerksbereich – aufgrund der inzwischen ergriffenen Maßnahmen ("Großfeuerungsanlagenverordnung") in jedem Fall drastisch zurückgehen. Auch kleinere Anlagen werden in Zukunft mit wesentlich geringeren Schadstoffemissionen auskommen als heute.

²³ Auch hier bleibt der Straßenverkehr aus systematischen Gründen außer Betracht, obwohl seine Emissionen selbstverständlich ein erhebliche Rolle bei der Gesamt-Luftbelastung Bremens spielen. Die quantitative Rolle der einzelnen Schadstoffe ist jedoch bei der Energieerzeugung und im Straßenverkehr sehr verschieden. Aus einer groben Überschlagsrechnung [?] ergibt sich für die Luftbelastung durch den Straßenverkehr in Bremen (Stadt) im Jahr 1986 etwa folgendes Bild:

SO ₂	NO _x	C _n H _m	Blei	Ruß	CO	CO ₂
500 t	10 000 t	5 000 t	25 t	100 t	40 000 t	(unbekannt)

2 Originale zusammengesetzt, im Querformat !

Abbildung 3.4: Vergleich ausgewählter Luftschadstoffe

Trotz dieser generellen Tendenz ergeben sich in den einzelnen Szenarien gewichtige Unterschiede in der jeweiligen Emissionsbilanz. So werden die Emissionen von Schwefeldioxid, Stickoxiden und Staub in allen Szenarien gegenüber 1986 zwar kräftig zurückgehen (vgl. Abb. 3.4), doch wird die Reduktion dieser Schadstoffe in den Szenarien 6 und 4 besonders ausgeprägt sein. Es folgt das primär einsparorientierte Szenario 3 und das dominant fernwärmeorientierte Szenario 5.

Überdurchschnittlich stark werden sich die Emissionen dieser Schadstoffe im Bereich der Strom-, Fernwärme- und Nahwärmeerzeugung vermindern. Selbst im Szenario 1 werden sie im Jahre 2010 gegenüber 1986 beim Schwefeldioxid um 86%, bei den Stickoxiden um 67% und beim Staub um 34% niedriger sein.

Nach der Stilllegung des Kraftwerks Hafen 4 wird auch der Anfall von Schlacken deutlich zurückgehen. Dagegen nimmt der Ausstoß von Flugaschen in den Szenarien 1 und 2, aber auch im Szenario 5, noch zu. Im Szenario 6 spielen Flugaschen aufgrund der weitgehenden Umstellung der Strom- und Wärmeerzeugung auf Erdgas zuletzt nur noch eine untergeordnete Rolle. Durch den Einsatz von Rauchgasentschwefelungsanlagen (REA) kommt es in Zukunft zu erheblich steigenden Mengen an REA-Gips. In den Szenarien 1, 2 und 5 handelt es sich dabei größenordnungsmäßig um 25 000 bis 33 000 t pro Jahr. Abgesehen von Szenario 6 fallen auch in den übrigen Szenarien jeweils einige Tausend Tonnen REA-Gips an.

In allen Szenarien mit Ausnahme des Szenario 1 kommt es zu einem Rückgang der Gesamt-CO₂-Emissionen. In Szenario 2 sind es bis 2010 etwa 17%. Bei einer forcierten Energieeinsparung, wie sie in Szenario 3 unterstellt wird, läßt sich sogar ein Rückgang um 40% erwarten. Für das Szenario 5 errechnet sich eine Reduktion um nur 25%: Durch den hier forcierten Ausbau der Fernwärmeversorgung halbieren sich zwar die Emissionen im Bereich der Endverbraucher, doch geht dies zu Lasten eines weiteren Anstiegs im Bereich der Energieumwandlung, insbesondere durch die verstärkte Nutzung des kohle-gefeuerten Kraftwerks Hafen 6 zur Strom- und Fernwärmeerzeugung.

Die größten Möglichkeiten zur Vermeidung von CO₂-Emissionen bestehen in einer Kombination forciertener Anstrengungen zur Energieeinsparung (Szenario 3) und einer Umstellung der Strom- und Wärme-Erzeugungssysteme in Kraft-Wärme-Kopplung auf Erdgasfeuerung. So könnte im Szenario 6 der Kohlendioxidausstoß bis zum Jahr 2010 um reichlich die Hälfte und im Szenario 4 um fast die Hälfte gesenkt werden.

Die Umweltbelastungen in den verschiedenen Szenarien lassen sich jedoch besser bewerten, wenn man nicht die *absoluten* Schadstoffemissionen betrachtet, sondern ihre Werte *relativ* zum ('passiven') Szenario 1 (Tab. 3.14).

Bei sämtlichen hier betrachteten Luftschadstoffen, aber auch beim Anfall von Flugasche, Schlacke und REA-Gips, schneiden zwar die auf eine Kombination von forciertem Energiesparen und rationeller Energiedarbietung setzenden Szenarien 4 und 6 am günstigsten ab, doch können schon allein durch forciertes Energiesparen wie in Szenario 3 die Emissionen von Schwefeldioxid, Stickoxid, Staub und Kohlendioxid drastisch reduziert werden. Die relative Verminderung gegenüber dem Szenario 1 fällt hier auch deutlich stärker aus als im Szenario 5, in dem ein moderates Energiesparen mit dem forcierten Ausbau der Fernwärmeversorgung verbunden wird. Die ungünstigsten Ergebnisse werden naturgemäß bei einer Trend-Energiepolitik wie in Szenario 1 sowie bei einem ausschließlich moderaten Energiesparen wie in Szenario 2 erzielt.

Eine an dem Kriterium der Umweltverträglichkeit orientierte Energiepolitik sollte also grund-

2 Originale zusammengesetzt, im Querformat !

Abbildung 3.5: CO₂-Emissionen

	Sz. 2	Sz. 3	Sz. 4	Sz. 5	Sz. 6
SO ₂	87	60	40	66	40
NO _x	83	58	47	73	43
Staub	89	61	38	66	37
Flugasche	82	48	25	72	3
Schlacke	82	48	25	72	3
REA-Gips	82	49	25	73	3
CO ₂	83	60	51	75	47

Tabelle 3.14: Schadstoffemissionen in Bremen im Jahr 2010;
in % der Emissionen in Szenario 1

sätzlich dem forcierten Energiesparen Priorität einräumen. Weitere Erfolge setzen dann aber auch Maßnahmen im Bereich der rationellen Energieumwandlung durch Kraft-Wärme-Kopplung sowie die Nutzung emissionsfreier erneuerbarer Energieträger voraus.

3.4 Szenario übergreifende Wertung und Schlußfolgerungen

Mit der Ausarbeitung der vorliegenden sechs Energieszenarien hat der Bremer Energiebeirat den Versuch unternommen, die von den befragten energiepolitischen Akteuren in Bremen geäußerten Vorstellungen über die künftige Entwicklung von Energiewirtschaft und Energiepolitik in der Stadt abzubilden. Ihren Ausdruck fand diese Abbildung zunächst in einer Beschreibung der Szenarien mit nach Niveau und Struktur des Energieverbrauchs unterschiedlichen Mengengerüsten.

Gemessen an dem Kriterium der Schonung energetischer Ressourcen und bezogen auf den jeweiligen Primärenergieverbrauch sind die Szenarien 4 und 6 besonders positiv zu werten. Mit kleinem Abstand folgen das Szenario 3, und danach die Szenarien 5, 2 und 1.

Eine szenarioübergreifende Wertung kann sich allerdings nicht alleine an diesem Kriterium orientieren — zumal es im Grunde lediglich ansetzt an einem Vergleich der "mengenmäßigen Wunschbilder" der befragten Akteure. Die Szenarien müssen sich auch an den Kriterien der Umwelt- und Sozialverträglichkeit, der Wirtschaftlichkeit und vor allem der praktischen Umsetzbarkeit messen lassen.

Umsetzbarkeit

Bewertet man die Szenarien unter dem Aspekt, welche Akteure jeweils zu Handlungen – also zu konkreten Investitionen – im Sinne der Szenario-Zielsetzungen gefordert sind und welche Strategien vor diesem Hintergrund die jeweils größeren Umsetzungschancen erwarten lassen, so wird in erster Linie danach gefragt werden müssen, ob man sich allein auf die Stadtwerke Bremen als dominanten Akteur stützen will oder gleichzeitig auch auf die große Zahl der Endenergieabnehmer.

Auf den ersten Blick erscheint es vorteilhaft, die Stadtwerke als Hauptakteur zu begreifen. Dies entspricht einerseits eher dem traditionellen Ansatz der Energiepolitik, – zumal auf örtlicher Ebene – zum anderen hat man es in diesem Fall mit nur einem einzigen Entscheidungsträger zu tun, dessen Handeln überschaubar bleibt, im Hinblick auf die gesetzten

Ziele nachprüfbar ist und vom Senat als Eigner – zumindest prinzipiell – direkt beeinflusst werden kann.

Auf der anderen Seite ist natürlich nicht zu übersehen, daß die Bemühungen um eine sparsame und rationelle Energieverwendung *bei den Verbrauchern* ansetzen müssen: Dort wird über entsprechende Maßnahmen – d.h. Investitionen – entschieden. Mit einer ausschließlich auf die *Energieversorgung* abstellenden Energiepolitik werden immer nur Teile der existierenden Einsparpotentiale ausschöpfbar sein. Aus diesem Grunde wird eine Energiepolitik, die sich der rationellen Energienutzung verpflichtet hat, zunächst immer auf die Breitenwirkung der von den vielen einzelnen Energieverbrauchern in Haushalt, Gewerbe und Industrie vorzunehmenden Investitionen abstellen und diese durch geeignete Fördermaßnahmen unterstützen müssen. Dazu muß ein breites öffentliches Bewußtsein für die Notwendigkeit des sparsamen und rationellen Umgangs mit den Energieressourcen geschaffen werden.

Eine solche Neue Energiepolitik erfordert ein vielfältiges Bündel von Aktivitäten, mit denen Investitionsentscheidungen von Energieabnehmern und Energieanbietern angestoßen werden können. Als Handlungsträger für diese Aktivitäten kommen ohne Zweifel zunächst die energiepolitischen Akteure im Lande Bremen selbst in Frage. Das muß nicht nur die Landesregierung sein, auch die Stadtwerke können selbst durch entsprechende Dienstleistungs-Angebote für die Energieverbraucher initiativ wirken.²⁴

Aber der Handlungsspielraum auf Landesebene ist begrenzt: sei es, daß die Haushaltsmittel fehlen, um z.B. Einsparinvestitionen in Gang zu setzen, sei es, daß die Kompetenz zur Veränderung der rechtlichen Rahmenbedingungen fehlt (z.B. Bundestarifordnungen für Elektrizität und Gas, Verordnungen zur Regelung der Einspeisevergütungen, Erhebung von Energiesteuern oder Energieabgaben). Auch eine freiwillige Selbstverpflichtung der Hersteller, z.B. von Elektrogeräten, ist vom Land Bremen allein nicht herbeizuführen.

Eine wirksame Energiepolitik erfordert also notwendigerweise in erheblichem Umfang entsprechende Aktivitäten auf Bundesebene. Das Land Bremen kann dabei allerdings – ggf. gemeinsam mit anderen Bundesländern – über den Bundesrat die Initiative ergreifen.

Aber auch ohne einschneidende Veränderungen auf Bundesebene läßt sich im Land Bremen vieles in Bewegung setzen.²⁵

Umwelt- und Sozialverträglichkeit

Erfolge einer Politik zur rationellen Energieverwendung werden sich umso leichter einstellen, wenn nicht nur die wirtschaftliche Effizienz der zu initiierenden Maßnahmen zur Energieeinsparung aufzeigbar ist, sondern zugleich auch deren ökologischen Vorteile deutlich zu machen sind. Auch hierzu erlaubt die vorliegende Untersuchung neue quantitative Aussagen.

Im Einzelnen hat sich gezeigt, daß bei allen betrachteten Luftschadstoffen die Szenarien 4 und 6 deutlich am günstigsten abschneiden; beim Anfall von Flugasche, Schlacke und REA-Gips ist Szenario 6 allen anderen Szenarien weit überlegen. Auch in den Szenarien 2 und 5 kommt es zu einer beträchtlichen Reduzierung, wenn auch hier die Zielsetzung,

²⁴Siehe hierzu ausführlich Abschnitt E 1

²⁵S. dazu im Einzelnen die Kapitel E und F.

bis zum Jahre 2010 mindestens 40% CO₂ 'einzusparen', quantitativ nicht erfüllt werden kann.

Eine an dem Kriterium der Umweltverträglichkeit orientierte Energiepolitik sollte also grundsätzlich dem forcierten Energiesparen Priorität einräumen. Weitere Erfolge erfordern dann aber auch Maßnahmen im Bereich der rationellen Energieversorgung, etwa durch gasbetriebene Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen sowie die Nutzung emissionsfreier erneuerbarer Energieträger.

Wirtschaftlichkeit

Wie die Analyse der wirtschaftlichen Implikationen der Szenarien (Abschnitt C 2) gezeigt hat, weisen die einzelnen Energiepfade erhebliche Unterschiede sowohl im Niveau als auch in der Struktur des jeweiligen Investitionsvolumens auf. Dies allein sagt allerdings wenig aus, denn letztlich kommt es auf die *wirtschaftliche Effizienz* der Investitionsaktivitäten an.

Dazu sei zunächst noch einmal erinnert an das Verhältnis der gesamten Investitionskosten zum (zurechenbaren) Primärenergieverbrauch in den einzelnen Szenarien (Tabelle 3.12) — ein Indiz dafür, daß vor allem die Szenarien 4 und 6 mit ihrer Betonung einer Kombination von forcierter Energieeinsparung und starkem Ausbau der Fern- und/oder Nahwärmeversorgung die höchsten spezifischen Investitionsmehrkosten gegenüber dem Szenario 1 aufweisen. Deutlich niedriger liegen die Szenarien 3 und 5. Allerdings ist die in Szenario 5 erreichbare Primärenergieeinsparung – bezogen auf das Jahr 2010 – nur etwa halb so hoch wie in den Szenarien 4 und 6. Umgekehrt kommt es im Szenario 3 zu einer ähnlich hohen Primärenergieeinsparung wie in diesen beiden Szenarien, aber zu einer über 70% höheren Einsparung als im Szenario 5. Auch deshalb spricht manches dafür, daß eine primär auf eine forcierte Energieeinsparung bei den Energieverbrauchern gerichtete Energiepolitik tendenzielle wirtschaftliche Vorteile gegenüber einer primär versorgungsorientierten Strategie hat.

Diese Einschätzung wird durch die Ergebnisse der einzelwirtschaftlichen Analyse einzelner Investitionsaktivitäten zur Energieeinsparung gestützt. Wie im Abschnitt D 1 im Einzelnen dargelegt, gehören Investitionen bei den Endenergieverbrauchern – z.B. die Maßnahmen zur verbesserten Wärmedämmung im Wohngebäudebereich oder die Anschaffung besonders verbrauchseffizienter Haushalts-Elektrogeräte, aber auch der Ersatz von dezentralen elektrischen Warmwasserbereitungssystemen durch Gasgeräte oder von Elektroherden durch Gasherde – zu den wirtschaftlichsten Einsparinvestitionen.

Bei den Investitionen der Stadtwerke zur rationellen Energieversorgung sind differenziertere Betrachtungen erforderlich. Das liegt im wesentlichen daran, daß die Stadtwerke Bremen innerhalb des Untersuchungszeitraumes bis 2010 über die im Szenario 1 ohnehin vorgesehenen Kraftwerkskapazitäten hinaus für die Stromversorgung der Stadt Bremen keine weitere elektrische Leistung benötigen. Das aber bedeutet, daß die insbesondere in den Szenarien 4 und 6 – in Bezug auf die Windkraftwerke auch in Szenario 3 – unterstellte zusätzliche Stromerzeugungsleistung ausschließlich gegen die variablen Kosten im vorhandenen Kraftwerkspark konkurrieren muß. Das Ergebnis fällt unter diesen Voraussetzungen bei ansonsten unveränderten Bedingungen negativ aus. In dieser Situation können von den Stadtwerken Investitionsentscheidungen zugunsten von Windenergieanlagen und Blockheizkraftwerken nur dann erwartet werden, wenn die Rahmenbedingungen verändert werden. Das könnte für Windenergieanlagen z.B. durch Bezuschussung

der Investitionskosten geschehen, für Blockheizkraftwerke durch eine Bewertung des hier erzeugten Stromes mit den Stromerzeugungskosten eines neuen Kohlenkraftwerkes in der Mittellast.

Anders ist die Situation dann zu bewerten, wenn es gelingt, auch außerbremische Verbraucher mit Strom aus Bremen zu versorgen. Bei einer Bewertung mit den Grenzkosten konventioneller Kraftwerke erweisen sich Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen nämlich im allgemeinen als wirtschaftlich attraktiv. Eine solche Strategie setzt aber eine Anzahl sorgsam aufeinander abgestimmter Änderungen der bestehenden Rechtsverhältnisse voraus (vgl. Abschnitt E 2).

Insgesamt läßt sich aus den vorstehenden Überlegungen der Schluß ziehen, daß es auch aus wirtschaftlicher Sicht vernünftig ist, die energiepolitischen Anstrengungen im ersten Schritt auf die Maßnahmen der Energieeinsparung bei den Verbrauchern zu konzentrieren. Allerdings dürfen dabei nicht die daraus resultierenden Implikationen für die Stadtwerke Bremen vernachlässigt werden. Forcierte Energieeinsparung bei den Verbrauchern bedeutet natürlich für die Stadtwerke zunächst einmal einen Absatzrückgang in ihren derzeitigen Vertriebsparten und damit *ceteris paribus* eine Erlösminderung, der lediglich eine Reduzierung der variablen, nicht aber der fixen Kosten gegenübersteht.

Eine solche Politik wird deshalb zweckmäßigerweise zu verbinden sein mit einer Strategie zur Umwandlung der Stadtwerke zu einem *Energiedienstleistungs-Unternehmen* (EDU), wie sie im Einzelnen und ausführlich in Abschnitt E 1 beschrieben und analysiert ist. Im EDU wird das Angebot der Stadtwerke im Bereich Nah/Fernwärme erheblich ausgebaut und die Angebotspalette um Dienstleistungen zur Förderung der rationellen Energieverwendung bei den Kunden erweitert. Mit einer derartigen Diversifizierungsstrategie²⁶ ist es möglich, die rückläufigen Erlöse vor allem im Strombereich zu kompensieren.

Die Bedeutung der EDU-Strategie für die zukünftige Entwicklung der Stadtwerke wird noch klarer, wenn man sich die ökonomischen Folgen einer Politik der forcierten Energieeinsparung *ohne EDU-Strategie* vor Augen führt:

Eine deutliche Erlösminderung würde sich für die Stadtwerke vor allem im Szenario 2 und – stärker noch – im Szenario 3 ergeben. Im Vergleich zum Szenario 1 käme es hier zu einem deutlich niedrigeren Absatz von Strom, Fernwärme und Gas. Unter diesen Voraussetzungen wäre eine Verschlechterung des Unternehmensergebnisses nur dann zu vermeiden, wenn die Preise entsprechend angepaßt – d.h. angehoben – würden. Aus der Gesamtsicht einer Neuen Energiepolitik könnte dies sogar ein erwünschtes Ergebnis sein, weil dadurch ein zusätzlicher Anreiz für weitere Maßnahmen der Verbraucher zur Energieeinsparung geschaffen würde. Für die Verbraucher wäre dies auch solange "unschädlich", wie dadurch deren Gesamtkostenbelastung²⁷ nicht steigt. Diese Bedingung wäre in den Szenarien 2 und 3 vermutlich auch weitgehend erfüllt, da sich hier gegenüber dem Szenario 1 die Erhöhung der Kapitalkosten für die Stadtwerke Bremen aufgrund der vergleichsweise geringen zusätzlichen Investitionskosten in engen Grenzen hält. Kostensteigernd wirkt allerdings der im Szenario 3 vorgesehene Bau zahlreicher Windkraftwerke; aus heutiger Sicht der Stadtwerke liegt daher ein Verzicht hierauf zumindest für den Fall nahe, in dem Investitionskostenzuschüsse nicht gezahlt werden.

Besonders schwierig dürfte es ohne eine EDU-Strategie für die Stadtwerke aber in den

²⁶S. Abschn. E 1.

²⁷Diese setzt sich zusammen aus den *Gesamt-Stromkosten* (Produkt aus Menge und Preis) und den bei den Verbrauchern entstehenden Kosten für ihre Einsparinvestitionen.

Szenarien werden, in denen nicht allein eine forcierte Energieeinsparung, sondern gleichzeitig auch eine Ausweitung der Stromerzeugungsleistung unterstellt worden ist (Szenarien 4 und 6). Hier kämen erhebliche zusätzliche Fixkosten – über diejenigen für den vorhandenen Kraftwerkspark hinaus – auf die Stadtwerke zu, denen bei gleichzeitig reduzierter Stromnachfrage keine entsprechende Erlössteigerung gegenüberstünde. Zusätzliche Erlöse wären in diesen Fällen ausschließlich über die Fern- und/oder Nahwärmeversorgung zu erwirtschaften. Bei unveränderten Strompreisen dürften sich dann in diesen beiden Szenarien gegenüber dem Szenario 1 per Saldo Mindererlöse ergeben. Diese Mindererlöse müßten dann in erster Linie durch entsprechende Tarifierungen bei den Stromkunden aufgefangen werden, da eine prinzipiell ebenfalls bei den Gas-, Fernwärme- und Nahwärmekunden mögliche Anpassung wegen der engen Substitutionskonkurrenz zum Öl nur in engen Grenzen möglich ist.

Ähnliche – wirtschaftlich eher negative – Implikationen würden voraussichtlich nicht im Szenario 5 auftreten, das einerseits kaum mit zusätzlichen Kosten für – auf der Stromseite nicht benötigte – Windkraftwerke und BHKW belastet ist, das aber andererseits einen wirtschaftlichen Betrieb der Fernwärmeversorgung aus dem Kraftwerk Hafen 6 verspricht (wo also die Erlöse für die Fernwärme kostendeckend sind). Hinzu kommt, daß der Stromabsatz in diesem Fall nur in einem Umfang wie in Szenario 2 zurückgehen wird, so daß die entsprechenden Erlöseinbußen in Grenzen bleiben.

Bei den vorstehenden primär einzelwirtschaftlich orientierten Betrachtungen wurde ein Aspekt – der für die Energieeinsparung ebenso gilt wie für die rationelle Energieversorgung – noch gar nicht berücksichtigt, obwohl ihm aus gesamtwirtschaftlicher Sicht erhebliche Bedeutung zukommt: die Berücksichtigung der *'externen' bzw. sozialen Kosten und Nutzen* unterschiedlicher Energiestrategien. Hier soll nur kurz auf den umweltrelevanten Ausschnitt dieser Problemstellung eingegangen werden.

Schlußbemerkungen

Die energiebedingten Umweltbelastungen – dazu zählen die negativen Wirkungen der CO₂-Emissionen ebenso wie diejenigen der übrigen Luftschadstoffe – sind nicht nur vom ökologischen Standpunkt aus zu betrachten. Sie stellen nämlich durchaus auch in ökonomischer Hinsicht eine *Belastung* dar. Umweltschäden schlagen sich gesamtwirtschaftlich auch in Kosten und entsprechenden Wohlfahrtsverlusten der Gesellschaft nieder.

Schätzungen laufen darauf hinaus, daß die Kosten der Umweltbelastung in Industrieländern einige Prozentpunkte des Bruttosozialproduktes ausmachen können. In der Bundesrepublik Deutschland könnten sie sich demnach bis auf dreistellige Milliardenbeträge belaufen. Ein zentrales Problem liegt nun darin, daß diese sogenannten *'externen' bzw. sozialen Kosten* kaum einen adäquaten Niederschlag in den Energiepreisen finden. Individuelle Investitionsentscheidungen orientieren sich aber im allgemeinen an den aktuellen Marktpreisen. Da diese die externen Kosten nicht enthalten, werden aus gesamtwirtschaftlicher Sicht im Sinne einer optimalen Allokation der Ressourcen falsche ökonomische Signale gesetzt.²⁸

Betrachtet man vor diesem Hintergrund die in den Szenarien unterstellten Maßnahmen zur Energieeinsparung, zur rationellen Energieversorgung und zur Nutzung erneuerba-

²⁸ Ähnliches gilt auch für den Fall, daß die aktuellen Marktpreise für Energie die langfristigen Knappheitsrelationen nicht ausreichend widerspiegeln.

rer Energiequellen und berücksichtigt deren positive Umweltwirkungen, so wird jede nur *einzelwirtschaftliche Bewertung* zu einer *systematischen Unterschätzung* ihrer gesamtwirtschaftlichen Effizienz führen. Vorliegende Untersuchungen²⁹ deuten darauf hin, daß es sich dabei um erheblich ins Gewicht fallende Beträge handelt.

Leider ist Stand der Forschung im Hinblick auf eine monetäre Bewertung externer Kosten nach wie vor äußerst unbefriedigend, so daß einer gesamtwirtschaftlich ausgerichteten Quantifizierung unterschiedlicher Energiestrategien sehr enge Grenzen gesetzt sind. Eine ernsthafte Bearbeitung dieses Problems war im Rahmen der Arbeit des Bremer Energiebeirats deshalb nicht möglich.

Die Schwierigkeiten bei der monetären Erfassung und der Zuordnung der externen Kosten sollten zwar nicht unterschätzt werden; an der *Existenz externer Kosten* kann aber gleichwohl kein grundsätzlicher Zweifel bestehen. Schon dies rechtfertigt energiepolitische Maßnahmen zur Reduzierung des Verbrauchs emissionsbelasteter Energieträger und -systeme. Hierfür bieten sich drei Möglichkeiten an:

1. Die Belastung aller Energieträger mit den durch ihre Verwendung entstehenden externen Kosten mit Hilfe einer entsprechenden Energiesteuer bzw. einer Abgabe auf den Energieverbrauch,
2. Kompensationszahlungen für die Energiesysteme entsprechend ihren gesamtwirtschaftlichen *Nettonutzen*,
3. energieträgerspezifische Verwendungsverbote oder -gebote, Emissionsstandards und Normen.

Der erste Weg wäre theoretisch-ökonomisch am vernünftigsten, doch erscheinen die beiden anderen Wege wohl praktisch eher realisierbar. Für die Bremer Energieszenarien bedeutet dies u.a., daß – aus gesamtwirtschaftlicher Sicht, unter Berücksichtigung der externen Kosten – auch eine öffentliche finanzielle Hilfe für Maßnahmen des Energiesparens, der rationellen Energieversorgung und der Nutzung regenerativer Energieträger gerechtfertigt ist. Das gilt besonders deshalb, weil eine Vielzahl dieser Maßnahmen auch aus einzelwirtschaftlicher Sicht bereits lohnend sind, so daß öffentliche Zuschüsse eher im Sinne einer 'Initialzündung' als für dauernde Subventionen benötigt werden.

Generell läßt sich festhalten, daß die rationelle Energieverwendung und die Nutzung regenerativer Energieträger wesentliche Optionen für umweltverträgliche und externe Kosten vermeidende Zukunftsstrategien sind. Sie sind gleichzeitig aber auch Optionen für die Herausbildung neuer Wirtschaftszweige und Beschäftigungsmöglichkeiten. Diese Chancen nicht zu verspielen, ist nicht allein Aufgabe der staatlichen Energiepolitik, sondern ebenso der Energieversorgungsunternehmen und aller anderen energiepolitischen Akteure.

Dabei wird aber immer abzuwägen sein zwischen der in den einzelnen Szenarien in jeweils unterschiedlichem Maße erreichbaren Erfüllung der miteinander konkurrierenden Ziele. Abzuwägen ist vor allem zwischen den Zielen einer weitestmöglichen Schonung energetischer Ressourcen, einer möglichst geringen Umweltbelastung durch energiebedingte Schadstoffemissionen und einer hohen wirtschaftlichen Effizienz der verschiedenen Strategien.

²⁹S. z.B. [Hohmeyer 88]

Mit den vorliegenden Energieszenarien für Bremen und der Untersuchung ihrer wirtschaftlichen und ökologischen Implikationen konnten die grundsätzlichen Optionen für die Gestaltung der künftigen Energiepolitik und Energiewirtschaft in der Stadt entwickelt werden. Der eingeleitete energiepolitische Diskurs in Bremen muß nun, auch nach Beendigung der Arbeit des Bremer Energiebeirates, fortgeführt und letztlich in konkrete Entscheidungen zugunsten einer möglichst rationellen Energieverwendung überführt werden.

Kapitel 4

Energieresourcen und -Potentiale

Im Zentrum einer Neuen Energiepolitik stehen die drei wesentlichen "neuen" Energiequellen, die schon in der Einleitung dieses Berichts genannt sind:

Energieeinsparung: Wir müssen lernen, als Verbraucher auf allen Ebenen mit Energie effizient umzugehen. Es geht nicht so sehr um Konsumverzicht, sondern darum, daß ein bestimmter Zweck (z.B. Behaglichkeit in Wohnräumen) mit dem geringstmöglichen Aufwand an Energie erreicht wird.

Rationelle Energieversorgung: Bei der Bereitstellung von Energie (z.B. Erzeugung von elektrischem Strom) muß der höchstmögliche Gesamt-Wirkungsgrad erreicht werden, vor allem durch eine gleichzeitige Strom- und Wärme-Erzeugung ("Kraft-Wärme-Kopplung") und durch Nutzung der ohnehin anfallenden Abwärme.

Regenerative Energien: Die uns von der Natur direkt zur Verfügung gestellten Energiequellen wie Sonnen- und Windenergie, Wasserkraft und Energie aus Biomasse sind nicht erschöpflich wie z.B. die fossilen Energieträger. Ihre Nutzung durch den Menschen scheint noch am ehesten dem Ziel umfassender Umweltschonung gerecht zu werden. Ihre Erschließung muß endlich schnell und systematisch begonnen werden; die regenerativen Energiequellen sind die einzigen, deren Nutzung auf lange Sicht das Überleben der Menschheit gewährleisten kann.

Die konkreten Schritte zur Erschließung dieser "neuen" Energiequellen müssen den unterschiedlichen Charakter dieser Ressourcen beachten. Schon die *Träger* der Umsetzungsmaßnahmen ("Akteure") sind ganz verschieden:

1. Das *Energiesparen* muß da erfolgen, wo die *Energie-Dienstleistung* erbracht werden soll: beim Verbraucher. Die Energiequelle "Einsparung" zu nutzen bedeutet daher, breiteste Aufklärung und Werbung in Gang zu setzen bei jedem einzelnen Bürger, jedem einzelnen Betrieb und in jeder Behörde,¹

¹Was das konkret bedeutet, mag man sich an einem trivial anmutenden, aber dennoch typischen Beispiel vor Augen führen: "Energiesparlampen" werden heute nicht nur überall angeboten, für sie wird auch verstärkt geworben. Doch sie passen fast nie in gängige Leuchten oder zu üblichen Lampenschirmen! Verbraucher, die sich für Energiesparlampen entscheiden, müssen also heute immer noch recht erfinderisch sein oder aber (oft erhebliche) ästhetische Abstriche machen. Eine systematisch betriebene Neue Energiepolitik muß sich zwangsläufig auch solcher "kleinen" Probleme annehmen.

2. Maßnahmen zur *rationellen Energieversorgung* ("Kraft-Wärme-Kopplung") müssen da ansetzen, wo Energie umgewandelt wird. Gefordert sind hier also überwiegend die Träger der Energieversorgung, die kommunalen Stadtwerke.
3. Bei den *regenerativen Energien* ist schließlich wieder jeder einzelne gefordert, denn Sonne, Wind und Biomasse lassen sich nicht an wenigen Standorten konzentriert gewinnen, sondern fallen – wenn auch in nur geringer Konzentration – eben *überall* an. Hinzu kommt aber, daß im Gegensatz zu den ersten beiden Quellen bei den regenerativen Energien noch nicht alle Techniken zu ihrer Nutzung voll ausgereift sind; die vorhandenen Techniken sind jedenfalls vielfach noch zu teuer, um sich ohne staatliche Förderung am Markt behaupten zu können.
Hier müssen – jedenfalls heute noch – vor allem Industriebetriebe (Entwicklung) und staatliche Stellen (Förderung) Aktivitäten entfalten.

Schon aus diesen Unterschieden bei den Akteuren ergeben sich also ganz verschiedene Umsetzungsstrategien, und daraus wieder durchaus unterschiedliche zeitliche und finanzielle Perspektiven:

1. Das Energiesparen muß *jetzt* systematisch begonnen und während des gesamten vom BEB betrachteten Zeitraums (bis 2010) – und natürlich auch darüber hinaus – fortgesetzt werden. Es führt von Anbeginn an zu Energieeinsparungen, die sich für jeden einzelnen kurzfristig auszahlen können,
2. für die rationelle Energieversorgung muß zunächst in erheblichem Umfange – vor allem durch die Stadtwerke – investiert werden, auch wenn die finanzielle Entlastung erst später eintritt. Hier müssen also bei der Verwirklichung die betriebswirtschaftlichen Aspekte sorgfältig beachtet werden, und daraus wiederum folgt, daß die konkreten Umsetzungsschritte nicht ganz so langfristig geplant werden können wie die grundsätzliche Strategie,
3. bei der Nutzung der regenerativen Energiequellen schließlich muß jetzt zunächst die technische Entwicklung beschleunigt werden. Dazu gehören Pilotprojekte, auch dann, wenn sie sich in vielen Fällen noch nicht 'rechnen' und so staatlicher Zuschüsse bedürfen.

Diese Unterschiede sollte man im Auge behalten, wenn in den folgenden Abschnitten nun die drei "neuen Energiequellen" im Einzelnen betrachtet werden.

4.1 Energieeinsparung

Begrenzte Energievorräte, steigende Umweltschäden durch Emissionen aus Verbrennungsprozessen und langfristig zu erwartende höhere Energiekosten machen eine intensive Beschäftigung mit der Energiequelle *Energieeinsparung* ("Einsparenergie") notwendig. Gegenüber einer vermehrten Energiebereitstellung führt die Effizienzsteigerung bei der Energienutzung (rationelle Energieverwendung) in der Regel zu volkswirtschaftlich niedrigeren Kosten und einer umwelt- und sozialverträglichen Umsetzung bei kurzen Realisierungszeiträumen.

Nicht zuletzt verdeutlichen drohende Klimaveränderungen wie der CO₂-induzierte Treibhauseffekt die Dringlichkeit konsequenter Energieverbrauchsreduzierung und einer langfristigen Umstellung auf umweltverträgliche, dauerhafte Energieträger. Hierbei ist das Einsparen von Energie sogar eine notwendige Voraussetzung, damit künftig regenerative Energien wirkungsvoll eingesetzt werden können.

Der Bremer Energiebeirat hat zu diesem Thema eine Reihe von Studien in Auftrag gegeben mit dem Ziel, die Energiesparpotentiale für das Bundesland Bremen (mit den Städten Bremen und Bremerhaven) aufzuzeigen und die Rahmenbedingungen für die beiden Regionen darzustellen. Im einzelnen liegen folgende Untersuchungen vor:

- Einsparpotentiale beim Raumwärmebedarf im Wohngebäudebestand in Bremen und Bremerhaven [?]
- Technische u. ökonomische Eckdaten zum Stromeinsparpotential der Privathaushalte [?]
- Systemvergleich Warmwasserbereitung Mehrfamilienhaus [?]
- Energieeinsparpotentiale in Industrie und Kleinverbrauch [?]

Zielsetzungen

Aus diesen Arbeiten ergibt sich, daß mit der verstärkten Nutzung der "Einsparenergie" eine Reihe von Zielsetzungen verfolgt werden kann:

1. Ziel: *Einsparung nicht erneuerbarer Energieträger durch rationelle Energieverwendung*

Die Optimierung der Energienutzungssysteme auf der Nachfrageseite muß sowohl die Möglichkeiten zur Einsparung von Nutzenergie als auch die Umwandlungsverluste innerhalb von Energiebereitstellungsketten beachten. Grundsätzlich sind die Primärenergieverbrauchswerte verschiedener Nutzungstechniken für den gleichen Anwendungszweck miteinander zu vergleichen, und es ist unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Belange eine Entscheidung für die Technik mit dem geringsten Primärenergieverbrauch zu treffen. Die Nachfrage z.B. nach der Energiedienstleistung "behagliche Raumtemperatur" soll mit möglichst geringem Primärenergieeinsatz und zu wirtschaftlich vertretbaren Konditionen geschehen. Dies gilt auch für alle stromspezifischen Anwendungen und für die Substitution von fossilen Energierohstoffen durch regenerative Energiequellen.

Durch intelligente Technik läßt sich der Energieverbrauch für ein und dieselbe Energiedienstleistung in erheblichem Umfang vermindern. So kann in Bremen z.B. im Raumwärmebereich

der privaten Haushalte allein durch Wärmeschutzmaßnahmen langfristig der gegenwärtige Brennstoffverbrauch um mehr als 50% verringert werden.

2. Ziel: Umweltschutz durch rationelle Energieverwendung

Sinkender Primärenergieverbrauch bewirkt eine verminderte Umweltbelastung durch Prozesse der Energieumwandlung. Dies betrifft neben den Emissionen der Luftschadstoffe SO_2 und NO_x (Saurer Regen) besonders auch die in letzter Zeit in den Blickpunkt gerückten Klimaveränderungen durch CO_2 aus Verbrennungsprozessen.²

Zur Entlastung tragen besonders Maßnahmen mit langer Nutzungsdauer (wie zum Beispiel verbesserter Wärmeschutz) bei, aber auch umweltverträgliche Heizungssysteme mit hohem Jahresnutzungsgrad und Warmwasserbereitungssysteme mit niedrigem Primärenergieverbrauch.

Sowohl bei Neuplanungen als auch bei der Altbausanierung lassen sich im Energie- und Baubereich mittlerweile weitgehend umweltschonende Produkte einsetzen.

Weiterentwickelte Haushaltsgeräte tragen durch wesentlich niedrigeren Stromverbrauch zur Verminderung der Emissionen bei der Stromerzeugung bei, ebenso wie optimierte elektrische Antriebe im Industriesektor und die Beschränkung der Stromverwendung auf solche Anwendungsfälle, bei denen Strom aus ökologischer Sicht sinnvoll eingesetzt ist.

3. Ziel: Beseitigung von Informationsdefiziten

Letztlich können nur informierte Entscheidungsträger und Verbraucher die Ziele "Primärenergieeinsparung" und "Umweltschutz" durch rationelle Energieverwendung realisieren. Auf dem Energiesparmarkt fehlt es aber angesichts einer verwirrenden Vielfalt von Angeboten und Meinungen an der notwendigen Transparenz. Häufig sind auf der Nutzerseite die Kenntnisse sowohl über Energiekosten als auch über die Kosten der Energiesparmaßnahmen bzw. energiesparender Geräte und Technologien unvollständig.

Auf der Basis der vorliegenden Untersuchungen sind diese Informationsdefizite durch gezielte Aufklärungsarbeit abzubauen. Vor allem die beiden Stadtwerke müssen hierzu im Rahmen entsprechende Dienstleistungsangebote beitragen.³ Die Verbraucher können zudem durch ihr Kaufverhalten einen zukunftsorientierten Markt für Energiespartechiken positiv beeinflussen.

4. Ziel: Ökonomische Impulse durch rationelle Energieverwendung

Ölpreissprünge prägten den Brennstoffmarkt in den siebziger und Anfang der achtziger Jahre und zeigten damals Wirkungen im Nachfrageverhalten der Verbraucher. Angesichts derzeit stagnierender Ölpreise erscheinen spezielle Energiesparinvestitionen aus jetziger Sicht nicht immer als dringlich, obwohl z.B. viele Investitionen in energiesparende Gebäudeausrüstungen auch bei stagnierenden Energiepreisen über deren Nutzungszeitraum rentabel sind.

Da sämtliche Energieprognosen jedoch von begrenzten Rohstoffvorräten und damit langfristig steigenden Energiepreisen ausgehen, sollte eine langfristig angelegte Daseinsvorsorge durch antizyklisches Verhalten die gegenwärtigen Markttendenzen kompensieren.

Investitionen in Energiesparsysteme binden langfristig Mittel, die ansonsten aus der Region Bremen in das Umland abfließen. Im verarbeitenden Gewerbe werden durch sie

²Diese Aussage behält auch ihre Gültigkeit, wenn die Emissionen, die aus der Herstellung der eingesetzten Mittel resultieren, mit angerechnet werden; Vgl. auch S. 67

³Siehe dazu ausführlich Abschnitt E 1.

zusätzliche Arbeitsplätze geschaffen und bestehende gesichert. Dies bedeutet besonders für strukturschwache Regionen neue Impulse für Wirtschaft und Arbeitsmarkt.⁴

Durch die vom BEB in Auftrag gegebenen Untersuchungen zur Energiequelle *Energie-Einsparung* wurden Einsparpotentiale identifiziert und Handlungsfelder herausgearbeitet. Regionsspezifische Untersuchungen wie diese sind notwendig, um unter Berücksichtigung der jeweiligen Verhältnisse zu abgestimmten Strategien für eine forcierte Nutzung der "Einsparenergie" zu gelangen.

4.1.1 Zusammenfassung

Die vom BEB in Auftrag gegebenen Studien zum Thema Energieeinsparung haben ergeben, daß die umfangreichsten Möglichkeiten zur Verringerung des Energieeinsatzes und zur Entlastung der Umwelt bei der Verbesserung der Energienutzung beim Endverbrauch liegen. Die vorhandenen hohen technischen Einsparpotentiale lassen sich zudem zu vertretbaren einzelwirtschaftlichen Kosten erschließen.

Aus Gründen der Unvollständigkeit der Datenbasis, die vom BEB in der ihm zur Verfügung stehenden Zeit auch nicht behoben werden konnte, war es nicht möglich, für die Energieeinsparung in der gesamten Breite der Energieanwendung in Bremen Einzelstudien für die detaillierte Spezifizierung von Einsparpotentialen durchführen zu lassen. Auch bezüglich der Vielfalt der betroffenen Anwendungsbereiche wäre eine regionale Untersuchung der vorliegenden Art hiermit überfordert gewesen. Dennoch konnten für zentrale Bereiche sorgfältig belegte Aussagen getroffen werden.

Die folgenden Einsparmöglichkeiten wurden in Einzelstudien detailliert belegt und dargestellt :

Die im einzelnen nachgewiesenen Potentiale sind jeweils deutlich höher als die selbst im Szenario 3 (s. Kapitel C) zugrunde gelegten. Damit ist ein ausreichender Spielraum gegeben, um berücksichtigen zu können, daß vorhandene technische und sogar wirtschaftliche Potentiale nicht unbedingt überall und im vollen Umfang ausgeschöpft werden. Auch wurden in den Einzelstudien jeweils nur heute am Markt verfügbare Techniken berücksichtigt. Daher kann ein absehbarer künftiger technischer Fortschritt die Potentiale zur effizienten Energienutzung noch weiter erhöhen. Die Einzelstudien zur rationellen Energienutzung des BEB belegen damit konkret die Umsetzbarkeit der mit forcierter Energieeinsparung verbundenen Entwicklungspfade.

Die ökonomischen Untersuchungen unterstreichen die Ergebnisse der Szenariorechnung. In den Einzelstudien liegen die Kosten für die Einsparung von einer Kilowattstunde Nutzwärme zwischen 1 und 9 Pfennig, in der Mehrzahl unter den finanzmathematischen Durchschnittskosten der für den Betrachtungszeitraum zu erwartenden Energiekosten, die vom BEB festgelegt wurden.⁵

Die Kilowattstunde Strom kann beim Endverbraucher für 0 bis 14 Pfennig eingespart werden und ist daher in den meisten Fällen schon heute günstiger als die entsprechenden Energiekosten. Wie schon bei der Darstellung der Energieszenarien hervorgehoben wurde, ist es daher aus wirtschaftlicher Sicht vernünftig, zunächst die energiepolitischen Anstrengungen auf die nachfrageseitigen Maßnahmen zu konzentrieren.

⁴Vgl. Abschn. E 1.6

⁵Vgl. Tab. 3.1

	technisches Einsparpotential	Kosten für die eingesparte Nutzenergie
Raumwärmebedarf von Wohngebäuden: Einsparung durch bauliche Maßnahmen	56%	1 – 9 Pf/kWh
Stromeinsparpotential der Privathaushalte: marktbeste Geräte gegenüber Marktdurchschnitt gesamtes Stromeinsparpotential nach dem Stand der Technik	16 – 67% um 50%	0 – 14 Pf/kWh ohne Angaben
Systemvergleich Warmwasserbereitung:	ca. 40% Primärenergieeinsparung	geringere Gesamtkosten bei nicht-elekt. Systemen
Ausgewählte Bereiche in Industrie und Kleinverbrauch	30 – 45%	ohne Angaben

Für die Durchführung von Energiesparmaßnahmen an bestehenden Gebäuden und bei bestehenden Anlagen gibt es in der Regel einige wenige günstige Zeitpunkte, an denen Maßnahmen, gekoppelt an fällige Erhaltungs-, Sanierungs- und Ersatzbeschaffungsmaßnahmen, besonders kostengünstig durchgeführt werden können⁶. Unterbleibt die Energiesparmaßnahme zu diesem Zeitpunkt ("lost opportunity") oder wird sie unzureichend ausgeführt, so ist das Einsparpotential an dieser Stelle auf lange Zeit verloren und kann erst wieder beim nächsten Erneuerungszyklus wahrgenommen werden. Die Untersuchungen des BEB haben gezeigt, daß die Möglichkeiten der Kopplung von Energiesparmaßnahmen an andere Vorhaben sehr groß sind. Keinesfalls ist es jedoch selbstverständlich, daß die energietechnisch jeweils optimalen Maßnahmen dann auch durchgeführt werden. Die politischen Anstrengungen zur Verbesserung der Rahmenbedingungen für die rationelle Energienutzung müssen insbesondere an diesem Problem ansetzen. Hierzu sind Vorschläge, die darauf abzielen, einen möglichst hohen Anteil der im Zuge normaler Erneuerungszyklen möglichen zusätzlichen Energieeinsparungen zu mobilisieren, in den Empfehlungen des Beirats (vgl. Kapitel F) enthalten. Von herausragender Bedeutung ist hierbei eine entschieden verbesserte Information der Endverbraucher über ihre spezifischen Möglichkeiten zur Energieeinsparung durch ein umfassendes Angebot an kompetenter Energieberatung zu verwirklichen.

Auf eigene Untersuchungen zum externen bzw. zum sozialen Nutzen von Investitionen zur rationellen Energienutzung ist bewußt verzichtet worden. Die entsprechenden Ergebnisse sind in den Arbeiten zu den Auswirkungen der sechs Szenarien des BEB enthalten. An anderer Stelle [Feist 86] wurde belegt, daß der gesamte energetische und umweltseitige Aufwand für die Durchführung der Energiesparmaßnahmen weniger als 4% der durch die Maßnahmen erzielten Energieeinsparungen und Umweltentlastungen ausmacht. Die dargestellten prozentualen Energieeinsparungen sind daher nahezu identisch mit den erzielten prozentualen Netto-Primärenergieeinsparungen und den damit verbundenen Umwelt-

⁶z.B. ein Fassadenwärmeschutz beim Neuverputz einer Außenwand.

entlastungen (u.a. CO₂, Schwefeldioxid, Stickoxide). Die weitaus höchsten Anteile an der Verminderung der Umweltverschmutzung in den Szenarien 2 bis 6 gegenüber dem Szenario 1 sind auf die effizientere Energienutzung auf der Nachfrageseite zurückzuführen. Als weitere positive externe Effekte sind die Impulse für die Bremer Wirtschaft zu sehen, die von den Investitionen der Endverbraucher in Systeme zur rationellen Energienutzung ausgehen.

Allein die genannten gesamtwirtschaftlichen Vorteile einer möglichst umfassenden Erschließung der nachgewiesenen hohen Potentiale der Effizienzverbesserung bei der Energienutzung begründen ein engagiertes politisches Handeln auf diesem Gebiet. Die Ansatzmöglichkeiten sind dabei auch auf Landesebene vielfältig. Dies ist in den Empfehlungen des BEB dargestellt. Festzuhalten bleibt, daß engagiertes politisches Handeln erforderlich ist, um die vom BEB im Einzelnen dargestellten Einsparpotentiale zu erschließen, und daß ohne verbesserte Rahmenbedingungen für die rationelle Energienutzung ein erheblicher Teil der ökonomischen und ökologischen Vorteile nicht erreicht werden kann.

Auf der anderen Seite sind vor allem in Dänemark [Krawinkel 87] und in Schweden [SCBR 85] mit einer engagierten Politik zur Erschließung der vorhandenen Energiesparpotentiale durchschlagende Erfolge erzielt worden.⁷

4.1.2 Einsparpotentiale beim Raumwärmebedarf der Wohngebäude

Der Wohngebäudebestand der Städte Bremen und Bremerhaven weist ein erhebliches Einsparpotential im Raumwärmebedarf auf. Bei fast jedem Bauteil und bei jedem Baualter lassen sich unter technischen Gesichtspunkten nachträgliche Verbesserungen durch optimale Wärmedämmung und Wärmeschutzverglasung.⁸ realisieren. Der Schwerpunkt wirtschaftlich realisierbarer Maßnahmen liegt bei Gebäuden, die vor 1978 errichtet wurden.

Insgesamt wird nach Untersuchungen von UTEC/ARENHA [?] für beide Städte ein wirtschaftlich erschließbares Einsparpotential im Raumwärmebedarf des Wohngebäudebestandes von 56% des bisherigen Jahreswärmeverbrauchs – entsprechend 2 100 (GWh/a) – ermittelt. Diese Einsparung an Nutzenergie beim Raumwärmebedarf entspricht einem Einsatz von Endenergie in Form von Brennstoffen von jährlich ca. 260 Mio. Liter Heizöl-Äquivalent. Allein durch Dämm-Maßnahmen an Außenwänden und Heizkörpernischen kann etwa die Hälfte dieses Einsparpotentials erschlossen werden.

zu sanierende Bauteile	Einsparpotential
Außenwand und Heizkörpernischen	28%
Fußboden	2%
Fenster	14%
Dach und Geschoßdecke	12%
Einsparpotential insgesamt	56%

Tabelle 4.1: Einsparpotentiale beim Raumwärmebedarf in Bremen, für verschiedene Wärmeschutzmaßnahmen an Bauteilen; in % des bisherigen Raumwärmebedarfs

⁷In Schweden wurde in einem Programm der Energieverbrauch des Gebäudebestandes zwischen 1980 und 1988 um 45 000 GWh oder ca. 37% reduziert [SCBR 85]. Dies entspricht in etwa den Werten, die im Szenario 3 "forcierte Einsparpolitik" für Bremen im Zeitraum von 1990 bis 2010 projiziert werden.

⁸Hiermit ist nicht die einfache Doppelverglasung gemeint (Vgl. S. 73)

4.1.2.1 Aufgabenstellung

Anhand einer Auswahl von typischen Wohngebäuden in den Regionen Bremen und Bremerhaven wurden die Einsparpotentiale im Bestand ermittelt und anhand konkreter Fallbeispiele dokumentiert. Mit der Erstellung einer nach Gebäudeklassen und Baualter gestaffelten Haustypologie wurden folgende Ziele verfolgt:

- Erstellung von Eckdaten für die Energienachfrage im Rahmen der Szenarien
- Erstellung eines praxisorientierten Bauteilkatalogs mit Maßnahmevorschlägen und Ermittlung der spezifischen Kosten pro eingesparter Kilowattstunde Nutzenergie
- Nutzung der Fallbeispiele für konkrete Beratungsangebote an Eigentümer von Einfamilienhäusern, Reihenhäusern und Mehrfamilienhäusern
- Erarbeitung einer Bewertungsgrundlage für den Energiespar-Wettbewerb.⁹

4.1.2.2 Methode und Gebäudetypologie

Bei der Ermittlung von Raumwärmebedarf und Einsparmöglichkeiten wurde eine regionsspezifische Gebäudetypologie verwendet, die regionale Besonderheiten wie z.B. das charakteristische "Bremer Haus" berücksichtigt (siehe die Abb. 4.1 bis 4.3). Im Gegensatz zu anderen Methoden der Erhebung des regionalen Raumwärmebedarfs, wie z.B. der Tarifraummethode oder der Siedlungstypologie sind hier erheblich detailliertere Ergebnisse zu erwarten, so daß der gesamte Gebäudebestand in baulich-konstruktiver Hinsicht repräsentiert werden kann.

Nach Begehung ausgewählter Stadtteile, umfangreichen Befragungen von Bauämtern, Architekturbüros, Baufirmen und Wohnungsbaugesellschaften wurde eine nach Gebäudeart und Baualter gestaffelte Gebäudetypologie erstellt.

Der Wohnbestand gliedert sich nach freistehenden Einfamilien- und Zweifamilienhäusern, Reihenhäusern und Mehrfamilienhäusern. Wesentliche Unterschiede in der Gebäudekonstruktion, in Grundriß und Form lassen sich bei der Einteilung nach dem Gebäudealter in folgende Altersklassen feststellen:

- Gebäude erstellt bis 1918
- Gebäude der Zwischenkriegszeit 1919 bis 1948
- Gebäude der Nachkriegszeit, erbaut ab 1949

Durch die Änderung von Baunormen und aufgrund neuer Baukonstruktionen und Baustoffe läßt sich die Nachkriegsperiode stärker differenzieren in folgende Altersklassen:

- Gebäude der Baujahre 1949 bis 1956 mit "Schlichtbauweise". Hierbei sind Mindestanforderungen nach DIN 4108 (Wärmeschutz im Hochbau) nicht immer eingehalten.

⁹Vgl. Abschn. ??

Haustypologie neu beschriftet, auf DIN A4 Querformat reduziert

Abbildung 4.1: Haustypologie Bremen und Bremerhaven:
Spezifischer Jahreswärmeverbrauch von Einfamilienhäusern

Haustypologie neu beschriftet, auf DIN A4 Querformat reduziert

Abbildung 4.2: Haustypologie Bremen und Bremerhaven:
Spezifischer Jahreswärmeverbrauch von Reihenhäusern

Haustypologie neu beschriftet, auf DIN A4 Querformat reduziert

Abbildung 4.3: Haustypologie Bremen und Bremerhaven:
Spezifischer Jahreswärmeverbrauch von Mehrfamilienhäusern

- Gebäude der Baujahre 1957 bis 1968. Hier ist die DIN 4108 durchgehend eingehalten und gelegentlich sogar übererfüllt.
- Gebäude der Baujahre 1969 bis 1977 mit Wärmeschutz über das erforderliche Mindestmaß gemäß den ergänzenden Bestimmungen der DIN 4108 als Folge der ersten Ölpreiskrise.
- Gebäude der Baujahre 1978 bis 1982 mit Einhaltung der Ersten Wärmeschutzverordnung.
- Gebäude der Baujahre 1983 bis 1985 mit Einhaltung der Zweiten Wärmeschutzverordnung.

Für Bremen-Stadt wurde als Zwischentyp ein Reihenhaus ermittelt, historisch als das "Bremer Haus" bekannt, der sich in allen Baualtersklassen wiederfindet. Bis zum 2. Weltkrieg gibt es das Bremer Haus auch als Mehrfamilienhaus, danach nur noch als Ein- und Zweifamilienhaus. Bis auf diesen Fall läßt sich die Typologie der (Stadt-) Bremer Häuser in ähnlicher Weise auch auf Bremerhaven anwenden.

4.1.2.3 Wirtschaftliche Rahmendaten

Die vom BEB für alle Studien einheitlich festgelegten Rahmendaten wurden auch in den für diesen Abschnitt zugrunde liegenden Studien übernommen. Dies gilt für

- den Realzins mit 4.5% pro Jahr und
- die Nutzungsdauer von Einsparmaßnahmen mit 25 Jahren (Verglasungen nur 15 Jahre)

Um die Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen bei unterschiedlich hohen Energiepreisen beurteilen zu können, wurden für jede Maßnahme die spezifischen Kosten je eingesparter Kilowattstunde Nutzenergie berechnet.

Die spezifischen Kosten pro Einheit eingesparter Nutzenergie (in Pf/kWh) ergeben sich aus den jährlichen Kosten der Energiesparmaßnahme, dividiert durch die jährliche Einsparung je Quadratmeter Bauteil. Die jährlichen Kosten einer Maßnahme werden aus der Höhe der Investition, deren Nutzungsdauer und dem Realzins durch Anwendung der Annuitätenmethode ermittelt.

Die spezifischen Maßnahmenkosten (in Pf/kWh) können auch als *Kosten der Einsparenergie* angesehen werden und den sonst üblichen Kosten der *Versorgung mit Energie* gegenübergestellt werden. Die *Energiedienstleistung* bleibt bei beiden Versorgungsstrategien gleich, z.B. eine bestimmte Raumtemperatur.

Der Ansatz dieser Berechnungen geht davon aus, daß Energiesparinvestitionen dann wirtschaftlich am sinnvollsten vorgenommen werden können, wenn ohnehin Instandsetzungs- und Erneuerungsmaßnahmen am Gebäude geplant werden.

Zur Investitionskostenermittlung der Energiesparmaßnahme werden daher nur die reinen Mehrkosten gegenüber einer im Erneuerungs- bzw. Sanierungszyklus des Bauteils fälligen Maßnahme in Ansatz gebracht. Wenn Sanierungsinvestitionen anstehen, kann der Bauherr aufgrund der Berechnung der Mehrkosten erkennen, ob sich die höheren Kosten amortisieren, die durch die energietechnisch bessere Ausführung bedingt sind.

Grundsätzlich sollte eine wärmetechnische Sanierung aus den o.a. Kostengründen immer in Verbindung mit einer allgemeinen Sanierung eines Gebäudes oder eines bestimmten Bauteils stehen.

Bei einer einschaligen Außenwand mit Außenputz werden also nur diejenigen Mehrkosten eines verbesserten Wärmeschutzes berücksichtigt, die bei einer turnusmäßig anstehenden Fassadenerneuerung über die Kosten einer üblichen Fassadenrenovierung hinaus anfallen.¹⁰

Abbildung 4.4: Kosten verschiedener wärmetechnischer Sanierungsmaßnahmen (in Pf./kWh eingesparte Nutzenergie)

Ebenso wird vorausgesetzt, daß immer bestimmte Gesetze und Verordnungen eingehalten werden müssen, so daß nur die Kosten als zusätzliche Energiesparkosten entstehen, die über die gesetzlichen Anforderungen hinausgehen. So werden z.B. bei der Erneuerung von einfachverglasten Fenstern nur die Mehrkosten für eine über die Anforderungen der Wärmeschutzverordnung hinausgehende Verglasung herangezogen:

Isolierverglasung	k-Wert:	3.0 W/m ² K)
Wärmeschutzverglasung	k-Wert:	1.5 W/m ² K)
	Mehrkosten:	64.– DM/m ²

Maßnahmen mit höheren spezifischen Kosten als 10 Pfennig pro Kilowattstunde eingesparte Nutzenergie (das entspricht einem Ölpreis von 82 Pf/Liter) sind aus wirtschaftlichen Gründen bei der Potentialermittlung nicht berücksichtigt worden. Diese technisch möglichen Maßnahmen mit spezifisch höheren Kosten werden ohne Förderung als wirtschaftlich nicht realisierbar eingeschätzt. Durch sie könnte jedoch ein über 55% liegendes Einsparpotential erschlossen werden; die Techniken dafür sind bekannt.

¹⁰D.h. es werden nur die Kosten angerechnet, die oberhalb der sowieso anfallenden Gerüst-, Material- und Arbeitskosten anfallen.

4.1.2.4 Bauteilkatalog

Grundlage für die Energiebilanz einzelner Bautypen bildet der Bauteilkatalog (vgl. Tab. 4.2, 4.3). Für jeden der 35 Haustypen wurde anhand von Bauakten, Begehungen sowie Befragungen ein Mustergebäude ausgewählt und der Aufbau der einzelnen Bauteile bestimmt. Mittels eines Wärmebilanzierungsprogramms konnten die energetischen Schwachstellen bestimmt und die Auswirkungen von Wärmedämm-Maßnahmen auf den Nutzenergieverbrauch dargestellt werden.

Auf den bauteilspezifischen Datenblättern für jeden Haustyp finden sich Angaben zu Baumaterialien, Schichtaufbauten und dem resultierenden Wärmedurchgangswert (sogen. k-Wert). Nach dem Kriterium der Wirtschaftlichkeit wird eine Verbesserung der Wärmedämmung vorgeschlagen und ein neuer k-Wert ermittelt.

Nr.	Bauteil	k alt W/m ² K	Dicke der zusätzl. Dämmung cm	k neu W/m ² K	Mehr- kosten DM/m ²	Kosten für eingesparte Nutzenergie Pf/kWh
1	Dachschräge :					
1.1	Dachschräge ohne Dämmung (Putzträger 5 cm HWL)	2.67 (1.31)	12 (12)	0.33 (0.30)	30.- (30.-)	2.2 (2.2)
1.2	Dachschräge mit Dämmung (ca. 5 cm)	0.69	6 – 8	0.34	30.-	8.4
2	Decke :					
2.1	Holzbalkendecke ohne Schüttung	1.28	16	0.34	45.-	4.1
2.2	Holzbalkendecke mit Lehmschlag	0.75	6	0.35	50.-	¶
2.3	Holzbalkendecke mit Mineralfaserdämmung (ca. 4 cm)	0.47	11	–	40.-	¶
2.4	Betondecke mit schwimmendem Estrich	1.20	6	0.42	50.-	6.4
2.5.1	Betondecke mit Leichtbauplatte unten	2.57	10	0.34	65.-	2.7
2.5.2	Betondecke mit Leichtbauplatte oben	1.19	6	0.42	50.-	5.3
2.6	Betondecke mit Verbundplatte oben	1.00	6	0.39	50.-	8.2
2.7	Stahlrippen-Betondecke mit schwimmendem Estrich	0.94	6	0.39	? (50.-)	8.3
2.8	Betondecke als Flachdach	0.63	–	–	–	¶

¶ entfällt, da nicht wirtschaftlich : Kosten für die eingesparte Nutzenergie höher als 10 Pf/kWh

Tabelle 4.2: Bauteilkatalog (Teil 1)

Der detailliert dokumentierte und praxisbezogene Bauteilkatalog stellt für Architekten, Baubehörden und Hauseigentümer eine wichtige Planungshilfe dar. Zu einzelnen Pro-

blempunkten einer nachträglichen Wärmedämmung werden Hinweise gegeben.¹¹ Für jedes Bauteil liegt eine Beschreibung des Aufbaus und eine Systemskizze vor. Die typischen Aufbauten für alle Haustypen im Originalzustand und bei optimaler Wärmedämmung sind im Anhang der Studie [?] dargestellt.

Die Kosten der Energiesparmaßnahmen richten sich nach den jeweils vorhandenen Bauteilkonstruktionen, die einen unterschiedlich hohen Sanierungsaufwand erfordern (s. Abb. 4.4).

Nr.	Bauteil	k alt W/m ² K	Dicke der zusätzl. Dämmung cm	k neu W/m ² K	Mehr- kosten DM/m ²	Kosten für eingesparte Nutzenergie Pf/kWh
3	Außenwände :					
3.1	einschalige Außenwand mit Schmuckfassade	1.78	6	0.48	65.-	5.7
3.2	einschalige Außenwand mit Außenputz (30cm KS)	1.57	12	0.27	90.-	4.8 – 5.7
3.3	zweischalige Außenwand ohne Luftschicht	1.49	6	0.55	65.-	5.7
3.4	zweischalige Außenwand mit Luftschicht (17.5 cm HLZ)	1.25	6	0.55	37.-	3.9 – 4.3
3.5	zweischalige Außenwand mit Kerndämmung	0.55	–	–	–	¶
3.6	Außenwand mit vorgehängter Fassade	1.20	12	0.30	50.-	3.9
3.7	Beton-Fertigteile in Sandwich-Bauweise	0.58	–	–	–	¶
4	Heizkörpernische KSL 11.5	1.70	6	0.47	50.-	2.4 – 3.3
5	Fenstersanierung	3.00		1.50	80.-	7.6
6	Fußboden :					
6.1	Preußische Kappendecke	0.92	–	–	50.-	¶
6.2	Holzbalken auf Sandbett	2.21	8	0.45	20.-	2.1
6.3	Steinholzfußboden	3.46	6	0.56	50.-	¶
6.4	Betonfußboden mit Dielen	1.32	10	0.41	30.- MFH: 50.-	6.1 MFH: ¶
6.4	Betonfußboden mit schwimmendem Estrich	0.93	10	0.37	30.-	6.9

¶ entfällt, da nicht wirtschaftlich: Kosten für die eingesparte Nutzenergie höher als 10 Pf/kWh

Tabelle 4.3: Bauteilkatalog (Teil 2)

¹¹Diese Hinweise können sich auf die Winddichtigkeit bei Dämmungen der Dachschräge oder auf das Verfüllen zweischaligen Mauerwerks mit Dämmstoffen beziehen.

Bei einigen Bauteilen lässt sich die Einsparung einer Kilowattstunde Nutzenergie mit sehr geringem Aufwand realisieren, wie z.B. die Dämmung der Dachschräge mit 12 cm Dämmstoff (Kosten der "Einsparenergie" 2.2 Pf/kWh). Andere Wärmeschutz-Maßnahmen, wie z.B. die Dämmung der Außenwände, sind nur mit höherem finanziellen Aufwand zu realisieren.

4.1.2.5 Fallbeispiel

Im Hauptteil der Studie ist die Vorgehensweise ausführlich anhand eines Bremer Mehrfamilienhauses der Baualtersklasse 1949–1956 (Haustyp M 3, vgl. Abb. 4.3) dokumentiert. Das Gebäude gehört einer Bremer Wohnungsbaugesellschaft; der Haustyp ist für Bremen und Bremerhaven repräsentativ.

Bei diesem Fallbeispiel mit 1195 m² Wohnfläche handelt es sich um einen sogenannten "Dreispanner" mit nicht ausgebautem Dachgeschoß. Der Nutzenergieverbrauch im IST-Zustand beträgt 236 MWh/a .

Die Sanierungsschritte:

- dachseitige Dämmung der obersten Geschosßdecke mit 6 cm Dämmschicht; Aufbringen von Trockenestrich;

neuer Nutzenergieverbrauch:	219 MWh/a
spez. Investitionen:	17.70 DM/m ² Wohnfläche
Kosten pro eingesp. Kilowattstunde:	8.3 Pf/kWh

- Einsatz wärmeschutzverglaster Fenster (Verbesserung aus Energiespargründen über die in der Wärmeschutzverordnung vorgeschriebene Isolierverglasung; zusätzliche Einsparung gegenüber Isolierverglasung 19 MWh/a);

neuer Nutzenergieverbrauch:	138 MWh/a
spez. (zusätzliche) Investitionen:	12.50 DM/m ² Wohnfläche
Kosten pro eingesp. Kilowattstunde:	7.3 Pf/kWh

- Außenwand-Dämmung mit 12 cm Dämmstoff (Thermohaut); Sanierung der Heizkörpernischen;

neuer Nutzenergieverbrauch:	68 MWh/a
spez. Investitionen:	57.40 DM/m ² Wohnfläche
Kosten pro eingesp. Kilowattstunde:	6.7 Pf/kWh

In diesem Fallbeispiel können also 71% des Ausgangsverbrauchs an Nutzenergie durch gezielte Wärmeschutzmaßnahmen wirtschaftlich eingespart werden. Im Vergleich zum Originalzustand sinkt der spezifische Nutzenergieverbrauch nach der wärmetechnischen Sanierung von 198 kWh/m² Wohnfläche auf 57 kWh/m² bei gleicher Energiedienstleistung.

Querformat !

Tabelle 4.4: Einsparpotentiale geordnet nach Gebäudetypen

4.1.2.6 Ermittlung der Einsparpotentiale im Wohngebäudebestand

Ermittlung der Primärdaten

Für alle 35 Haustypen wurden auf Grundlage des Bauteilkatalogs die jährlichen Nutzenergieverbräuche für den Originalzustand und den Standard nach Durchführung aller empfohlenen Wärmeschutz-Maßnahmen ermittelt. Zusätzlich erfolgte eine Abschätzung des IST-Zustands einschließlich bisher erfolgter, z.T. suboptimaler Sanierungsmaßnahmen.

Als Indikator für den bisher erreichten Standard diente die relative Häufigkeit von Isolierverglasungen, deren Anteil durch die Begehung repräsentativer Stadtteile belegt wurde. Das Verhältnis von Isolierverglasungen zu anderen Sanierungsmaßnahmen wurde bereits in verschiedenen anderen Studien erhoben und in Befragungen mit diversen Wohnungsgesellschaften abgeglichen.

Das spezifische Einsparpotential pro Quadratmeter Wohnfläche für Einfamilien- und Mehrfamilienhäuser in Bremen ist der dokumentierten Haustypologie zu entnehmen (vgl. die Abb. 4.1 bis 4.3).

Es zeigt sich, daß bei allen Einfamilien- und Reihenhausbauungen bis zum Baujahr 1978¹², bei den Mehrfamilienhäusern bis zum Baujahr 1977¹³ ein eindrucksvolles Sparpotential erschlossen werden kann. Aber auch bei jüngeren Bauwerken sind an einzelnen Bauteilen und Haustypen in größerem Umfang Einsparmaßnahmen möglich.

Zur Ermittlung des Einsparpotentials wurde allerdings davon ausgegangen, daß nur Gebäudeteile im Originalzustand wärmetechnisch saniert werden, da das technisch mögliche Sparpotential wegen zwischenzeitlich durchgeführter suboptimaler Sanierungsmaßnahmen unter wirtschaftlichen Kriterien nicht mehr realisiert werden kann.

Die Sanierung von bereits in der Vergangenheit mit ungenügendem Standard erneuerten Bauteilen verschlechtert in der Regel das Verhältnis von Sanierungskosten zu eingesparter Energie, kann aber trotzdem lohnend sein.

Angaben über den Gebäudebestand und Wohnflächen wurden mit den Daten abgestimmt, die auch den Szenarien (vgl. Kap. 3) zugrundeliegen.

Ergebnisse der Potentialermittlung

Unter Berücksichtigung einer ausschließlichen Sanierung von Bauteilen, die sich im Originalzustand befinden, ergibt sich das folgende Einsparpotential, das sich mit Kosten von bis zu 10 Pfennig pro eingesparter Kilowattstunde Nutzenergie realisieren läßt:

Stadtgemeinde Bremen	Stadtgemeinde Bremerhaven	Summe
1 690 GWh/a	422 GWh/a	2 212 GWh/a

Die Gesamteinsparung für Bremen und Bremerhaven beträgt ca. 260 Mio. Liter Heizöl-Äquivalent jährlich. Die Realisierung dieses Potentials vermindert den Nutzenergieverbrauch gegenüber dem Ausgangszustand um mehr als 50%¹⁴.

¹²Gebäudetypen E 1 bis E 5, R 1 bis R 5, vgl. Abb. 4.3

¹³Gebäudetyp M 5, vgl. Abb. 4.3

¹⁴Die Einsparquoten für die einzelnen Haustypen sind der Tabelle 4.4 zu entnehmen.

Abbildung 4.5: Gesamt-Einsparpotentiale für Bremen und Bremerhaven

Abbildung 4.6: Wirtschaftlich sinnvolle Investitionen in Wärmeschutz-Maßnahmen,
in Abhängigkeit von den spezifischen Einsparkosten

Abb. 4.5 (S. 79) gibt die Summe der Raumwärme-Nutzenergie an, die sich durch Wärmeschutz-Maßnahmen mit spezifischen Kosten bis zu einer bestimmten Höhe einsparen läßt. Wie man sieht, nimmt mit steigenden anlegbaren Kosten das erschließbare Sparpotential in Bremen im Bereich 2 bis 9 Pf/kWh fast linear zu. Für Bremerhaven zeigt die Kurve einen Aufwärtsknick bei 5 Pf/kWh.

Nach den vom BEB festgelegten Preisvarianten würde der mittlere Ölpreis über die nächsten 25 Jahre 63 Pf/Liter betragen. Unter dieser Voraussetzung wären die Investitionen in Einspartechnologien bis zu Kosten von 7.7 Pf/kWh Nutzenergie rentabel. Der größte Teil der ausgewiesenen Einsparpotentiale wäre damit bereits heute wirtschaftlich erschließbar, obwohl die Belastung durch die Kapitalkosten in den ersten Jahren wesentlich höher ist als durch die derzeit niedrigen Energiekosten. Daher werden viele Maßnahmen auch bei ausreichender Beratung und gegebener Wirtschaftlichkeit derzeit nicht durchgeführt. Da es jedoch wesentlich ist, daß Maßnahmen zur Energieeinsparung immer auch dann im ausreichenden Umfang mitausgeführt werden, wenn das entsprechende Bauteil saniert wird, ist zu empfehlen, für Einsparinvestitionen zu Kosten oberhalb von 5 Pf/kWh Nutzenergie Zuschüsse oder Sonderkredite mit anfangs verringerter Rückzahlung zu gewähren.

Neben den Einsparquoten selbst sind auch die Investitionssummen von Interesse, die zur Erzielung dieser Einsparungen aufzuwenden sind (Abb 4.6). In Abb 4.6 ist, analog zu Abb. 4.5, der Umfang wirtschaftlich sinnvoller Investitionen wieder in Abhängigkeit von den Kosten pro eingesparter kWh Nutzenergie ("spezifische Einsparkosten") angegeben.

Bei der Realisierung des gesamten Einsparpotentials (mit spezifischen Einsparkosten bis zu 10 Pf/kWh) werden Investitionen in Höhe von ca. 1.5 Mrd. DM freigesetzt. Für Bremen bedeutet dies eine Summe von 1 183 Mio. DM, für Bremerhaven von 295 Mio. DM.

4.1.2.7 Folgerungen

Die Untersuchungen zum Einsparpotential im Raumwärmebedarf für Wohngebäude in Bremen und Bremerhaven haben ergeben, daß über 50% des derzeitigen Einsatzes an Heizenergie (Nutzenergie) zu wirtschaftlich vertretbaren Konditionen eingespart werden können. Hieraus ergeben sich als Folgerungen:

- Wenn die gesamte Nutzungsdauer von Energiesparmaßnahmen bei der Wirtschaftlichkeitsrechnung berücksichtigt wird (z.B. bei Verbesserung der Wärmedämmung 25 Jahre), ergeben sich spezifische Kosten, die die Wirtschaftlichkeit der Investitionen im Vergleich zu den spezifischen Energiekosten belegen.
- In der Kostenspanne von 1 bis 4 Pf pro eingesparter Kilowattstunde, die den derzeitigen Heizkosten entspricht, ist ein Einsparpotential im Raumwärmebereich von 18% des gegenwärtigen Bremer Energieverbrauchs zur Wohngebäudebeheizung (entsprechend ca. 700 GWh/a) realisierbar. Bei anlegbaren Heizkosten von 5 bis 8 Pf pro eingesparter Kilowattstunde kann ein Energiesparpotential von weiteren 30% erschlossen werden.
- Verzerrte Preissignale des Energiemarkts und letztlich Informationsdefizite führen zu einer Unterschätzung der "Energiequelle Einsparung".
- Bei den heutigen derzeitigen Energiepreisen lassen sich nur Investitionen aktivieren, durch die weniger als 20% des Nutzenergieverbrauchs eingespart werden können.

Flankierende Maßnahmen sind daher einerseits notwendig, um suboptimale Maßnahmen zu vermeiden, die den Sanierungszyklus wieder um etliche Jahre hinauschieben; zum anderen sind Anreize zu empfehlen, um das Hauptpotential im Bereich von 5 bis 8 Pf pro Kilowattstunde Nutzenergie zu realisieren. Hierfür kommen vor allem in Frage:

- eine Verbesserung der Beratung für Verbraucher und die gewerbliche Wohnungswirtschaft mit dem Ziel einer warmmieten-neutralen Sanierung
 - Sonderkredite als Anreiz für investive Maßnahmen
 - Mustersanierungen für bestimmte Gebäudetypen.
- Besonders große Einsparpotentiale sind im Mehrfamilienwohnungsbau der 50er bis Mitte 70er Jahre vorhanden (Bremen: 695 GWh/a). Wegen der Eigentumsverhältnisse können hier Einsparmaßnahmen auch weitgehend flächendeckend und mit standardisierten Arbeitsabläufen umgesetzt werden. Für diesen Bereich der Altbausanierung wird ein Sonderprogramm empfohlen.
 - Der wirtschaftlich sinnvolle Investitionsbedarf von ca. 1.5 Mrd. DM muß als wesentlicher Impulsfaktor für die Bremer Wirtschaft angesehen werden. Dieses Investitionsvolumen verteilt sich auf einen Zeitraum von ca. 25 Jahren.

4.1.3 Technische und ökonomische Eckdaten zum Stromsparpotential

Die Verbraucher orientieren sich bei ihren Kaufentscheidungen im Zusammenhang mit der Anschaffung größerer Haushaltsgeräte an den Kriterien Preis, Qualität, Ausstattung, Design, Wirtschaftlichkeit u.a. Im Sinne einer auf rationelle Energieverwendung zielenden Energiepolitik ist es wünschenswert, daß der Energieverbrauch der Geräte als weiteres Kriterium bei den Verbrauchern an Bedeutung gewinnt. Dazu gehört auch eine bessere Transparenz der Gesamtkostenbelastung durch Anschaffung und Betrieb von Haushaltsgeräten. Andererseits könnten diese zusätzlichen Informationen die Akzeptanz des Käufers beeinflussen, wo sonst ein hoher Anschaffungspreis hemmend gewirkt hätte.

In der vom BEB hierzu in Auftrag gegebenen Untersuchung [?] wird nachgewiesen, daß die im Energieverbrauch sparsamsten Geräte nur in einigen Fällen teurer sind als der Durchschnitt der auf dem Markt angebotenen Geräte. In einigen Fällen sind die im Energieverbrauch sparsameren Geräte sogar billiger als der Marktdurchschnitt.

Die Investitionsmehrkosten für das im Energieverbrauch niedrigste Bestgerät im Vergleich zum Durchschnittsgerät werden in allen Fällen durch die eingesparten Energiekosten mehr als ausgeglichen.

Darüber hinaus gibt es Geräte, die bereits als Prototypen entwickelt sind oder in Nullserien vorliegen und einen noch weit geringeren Stromverbrauch als die marktbesten Geräte aufweisen. Heute sind diese nach dem Stand der Technik gebauten Geräte noch nicht auf dem Markt; dies kann sich aber schnell ändern. Durch den niedrigen Energieverbrauch dieser Geräte würde sich ihr Einsatz im Haushalt sogar dann lohnen, wenn sie erheblich teurer als die heute angebotenen marktbesten Geräte wären. Der Kauf der marktbesten energiesparenden Haushaltsgeräte wird nicht aufgrund des Anschaffungspreises gehemmt, sondern weil für die Verbraucher die bestehende Produktvielfalt nicht mehr überschaubar ist. Eine verbesserte Information der Verbraucher durch Energieberatung mit Hinweis auf erreichte Standards und verbesserte Auszeichnung durch die Hersteller und Händler mit gezielten Hinweisen auf die Energie(kosten)einsparung ist notwendig.

4.1.3.1 Aufgabenstellung

Hauptgegenstand der von ebök durchgeführten Untersuchung [?] ist die Überprüfung des Zusammenhangs zwischen Energieverbrauch von Haushaltsgeräten und der Höhe des Verkaufspreises bei marktverfügbaren Geräten.

4.1.3.2 Methode

Für die Untersuchung ist die Produktinformationen der Hersteller mit den Angaben zum Verbrauch und zur Ausstattung der Haushaltsgeräte aufbereitet worden. Dabei ist der neueste technische Stand der Geräte berücksichtigt, und die Fabrikate der "großen" Hersteller sind relativ vollständig erfaßt worden.

Für die gängigsten Geräte wurden Preise aus bis zu acht verschiedenen Quellen erhoben, um gesicherte Aussagen über die mittleren Preise treffen zu können. Auf eine Gewichtung der Preise mit den verkauften Stückzahlen verschiedener Vertriebswege sowie

mit den Marktanteilen einzelner Gerätetypen wurde wegen des damit verbundenden unverhältnismäßigen Erhebungsaufwands und nicht vorliegender Aussagen der Hersteller verzichtet.

Um die unterschiedlichen Gerätetypen im Hinblick auf ihren Energieverbrauch und Preis miteinander vergleichbar zu machen, mußte die jeweilige technische Ausstattung der Geräte (z.B. Volumen, Fassungsvermögen etc.) auf Normeinheiten reduziert werden. Mit Hilfe der Regressionsanalyse wurden die Zusammenhänge zwischen

- Preis und technischer Ausstattung,
- Verbrauch und technischer Ausstattung und
- Preis und Verbrauch

untersucht.

Tabelle 4.5: Zusammenhang zwischen Geräteanschaffungskosten und Energieverbrauch;
Kosten der Einsparenergie; Mehrkosten Bestgerät, Energieverbrauch Bestgerät

4.1.3.3 Ergebnisse

Die große Zahl der unterschiedlichen ausgewerteten Geräte läßt die verlässliche Aussage zu, daß nur bei Ablufttrocknern, Gefriertruhen und Kühlschränken ohne Gefrierfach ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Anschaffungspreis dieser Geräte und dem Energieverbrauch vorhanden ist.

Kosten der Versorgung mit "Einsparenergie"

Um die Kosten der Versorgung mit eingesparter Energie zu beziffern, werden die Investitionsmehrkosten der Bestgeräte annuitätisch verteilt, so daß die so errechneten jährlichen Kapitalmehrkosten auf die jeweilige jährliche Einsparung an Energie bezogen werden können. Bei diesem Vorgehen können die zusätzlichen "Versorgungskosten" der eingesparten bzw. nicht bezogenen Energie (durch die Anschaffung der marktbesten Geräte) mit den ansonsten fälligen Versorgungskosten (der für den Betrieb eines durchschnittlichen Geräts bezogenen Energie) verglichen werden.

Letztlich lassen sich die Kapitalkosten der eingesparten Kilowattstunde Energie als Versorgungskosten der Einsparenergie bezeichnen. Bei strenger Betrachtung kommt hierzu noch die in [?] nicht berücksichtigte zusätzlich einzusetzende Energie in anderen Bereichen, die aufgrund des höheren Energieverbrauchs des alten Gerätes bislang nicht benötigt wurde.¹⁵

Andere Untersuchungen zeigen, daß diese Kosten den Kostenvorteil der eingesparten Kilowattstunde Strom im Vergleich zu den sonst fälligen Strombezugskosten nicht gravierend beeinflussen.

Abbildung 4.7: Kosten für die eingesparte Kilowattstunde Strom (Haushaltsgeräte)

¹⁵Beispiel: Die geringere Abwärme des Gefrierschranks muß durch ein Mehr an Heizenergie ausgeglichen werden.

Bei allen Bestgeräten liegen die Kosten der Versorgung mit nicht benötigter Energie (*Einsparenergie*) erheblich unter den bei Durchschnittsgeräten ansonsten anfallenden Verbrauchskosten.

In der Abbildung 4.7 werden zusätzliche Brennstoffkosten, die an anderer Stelle für die eingesparte Energie anfallen, nicht berücksichtigt.

4.1.3.4 Auswertung zu den Einzelgeräten

Spülmaschinen: Die tatsächlichen Kosten des Bestgeräts liegen unter dem Marktdurchschnitt. Eine signifikante Korrelation zwischen Preis und Verbrauch ist nicht vorhanden. In der relativ großen Gruppe der Bestgeräte sind die Preisschwankungen hoch.

Waschmaschinen: Wenn sich die Kaufentscheidung an der Schleuderdrehzahl orientiert, können in allen Klassen aus wirtschaftlichen Gründen die Geräte mit dem geringsten Energieverbrauch ausgewählt werden.

Die Ursache für den Preisanstieg hin zu sparsameren Geräten liegt in der höheren Schleuderdrehzahl begründet und nicht im sparsameren Verbrauch. In Geräte mit niedrigen Schleuderdrehzahlen ist in den letzten Jahren weniger Entwicklungsarbeit investiert worden; sie verfügen in der Regel auch über weniger Extras.

In allen Klassen liegen die Kosten der Bestgeräte unter denen der Durchschnittsgeräte.

Wäschetrockner: Für Ablufttrockner besteht ein Zusammenhang zwischen höherem Preis und niedrigem Energieverbrauch. Allerdings ist ansonsten keine generelle Aussage möglich, da die preisliche Streuung bei eng beieinander liegenden Energieverbräuchen stark ist.

Kondensationstrockner kosten im allgemeinen erheblich mehr als Ablufttrockner und verbrauchen auch mehr Strom als diese. Innerhalb dieser Geräteklasse liegt der Preis des Bestgeräts unter dem Durchschnitt.

Gefriergeräte: Bei den Gefriertruhen zeichnen sich drei Geräteklassen unabhängig von der Größe nach dem Verbrauch aus:

- schlecht wärmegeämmte,
- gut wärmegeämmte,
- sehr gut wärmegeämmte und technisch optimierte.

Im Inland sind nach Herstellerangaben die gut wärmegeämmten bzw. technisch optimierten Geräte mit einem überwiegenden Marktanteil vertreten. Der Energieverbrauch der Bestgeräte liegt um ca. 50% unter dem durchschnittlicher Geräte.

In der Gruppe der Gefriertruhen besteht die größte Preisdifferenz zwischen Bestgeräten und Marktdurchschnitt. Die sparsamen Bestgeräte sind um 14% teurer als marktdurchschnittliche Geräte mit einem allerdings doppelt so hohen Stromverbrauch. Bei den Gefrierschränken fallen einige sehr gute Geräte auf, neben einer Reihe von guten und optimierten Produkten wird auf dem Markt ein Großteil eher schlechter Geräte angeboten.

Der Energieverbrauch der Bestgeräte liegt um ca. 50% unter dem der Durchschnittsgeräte.

Für den Verbraucher von Bedeutung ist deshalb das Untersuchungsergebnis, daß für die sparsameren Geräte ein höherer Preis statistisch nicht signifikant nachzuweisen ist. Der Preis hängt vielmehr vom Fassungsvermögen ab.

Kühl-Gefrier-Kombinationen: Zwischen Preis und Energieverbrauch ist bei Kühlgefrierkombinationen kein Zusammenhang erkennbar. Der Verbraucher sollte deshalb bei seiner Kaufentscheidung Bestgeräte bevorzugen, die im Verbrauch wesentlich unter dem Durchschnitt liegen.

Kühlschränke: Bei den Geräten ohne Gefrierfach fällt auf, daß das absolute Bestgerät aus bundesdeutscher Fabrikation¹⁶ nur 53% der Energie der Durchschnittsgeräte benötigt und sich somit qualitativ deutlich abhebt.

Kühlschränke mit geringerem Verbrauch sind signifikant teurer als durchschnittliche Geräte. Die Mehrkosten sind jedoch rentabel und führen zu Kosten von 11.4 Pf pro eingesparter Kilowattstunde.

Bei den Geräten mit einem Drei-Sterne-Fach ist die Bandbreite im Energieverbrauch recht hoch; hier fällt ebenfalls ein Gerät besonders positiv auf. Von den Anschaffungskosten her sind sowohl das Bestgerät als auch die anderen besseren Geräte nach Größenbereinigung nicht teurer als Geräte mit hohem Energieverbrauch.

Beleuchtung: In diesem Stromanwendungsbereich sind für die Wahl der Beleuchtungskörper eindeutige Aussagen möglich:

Konventionelle Glühlampen sind im Preis deutlich billiger als Energiesparlampen, benötigen jedoch sehr viel mehr Strom. Über die Lebensdauer ergibt sich ein klarer Kostenvorteil der verschiedenen auf dem Markt vorhandenen Systeme von Energiesparleuchten. Umgerechnet "kostet" die eingesparte Kilowattstunde nur die Hälfte des sonst fälligen Arbeitspreises. Insofern können aus wirtschaftlicher Sicht Energiesparlampen überall dort empfohlen werden, wo längere Einschaltperioden zu erwarten sind. Ein Nachteil der Energiesparlampe ist, daß sie nicht mit dem Haushaltsmüll entsorgt werden kann.

Umwälzpumpen: Sofern in Gebäuden ältere Heizungsanlagen noch vorhanden sind, ist in der Regel die Umwälzpumpe völlig überdimensioniert. Dies gilt sowohl für die Heizungswärmeverteilung, als auch für das Warmwassernetz.

Wirtschaftliche Möglichkeiten zur Energieeinsparung ergeben sich durch den Ersatz von Zirkulationspumpen mit deutlich geringerer Leistungsaufnahme, durch den Einbau einer Zeitschaltuhr zur intervallmäßigen Steuerung und schließlich durch den Einbau eines Temperaturfühlers in der Rücklaufleitung zur Temperatursteuerung.

Im Idealfall sind extreme Einsparungen (bis zu 98% des Ausgangsverbrauchs) möglich. Auch im Mehrfamilienhausbereich sind deutliche Einsparerfolge ohne Komforteinbußen wirtschaftlich realisierbar.

¹⁶In Dänemark ist ein noch besseres Gerät bis zur Marktreife entwickelt worden. Dieses 200 l-Gerät ist bei Dödenhoff für derzeit 675,- DM erhältlich.

Tabelle im Querformat – neu setzen !?

Tabelle 4.6: Eckdaten zum Energieverbrauch und zu den Energiekosten von Haushalts-
großgeräten

4.1.3.5 Normstromverbrauch verschiedener Haushaltsgeräte

In den letzten 10 Jahren ist bei allen Haushaltsgroßgeräten erhebliche Entwicklungsarbeit zur Reduzierung des Stromverbrauchs geleistet worden. Der Trend zu niedrigem Energieverbrauch kann sich fortsetzen, wenn das technisch Machbare weiterhin in den zukünftig angebotenen Neugeräten realisiert wird.

Beispielsweise entsprach ein 1987 von der Technischen Universität Lyngby (Dänemark) vorgestellter Prototyp eines sehr sparsamen Kühlschranks dem damaligen Stand der Technik, der ca. 40% weniger Energieverbrauch als das 1987 auf dem Markt befindliche Bestgerät aufwies. Bereits 1988 kam ein ähnlich sparsamer Kühlschrank wie der dänische Prototyp auf den deutschen Markt. Die hohe Entwicklungsdynamik auf dem Haushaltsgerätesektor hat in diesem Fall dazu geführt, daß der Stand der Technik innerhalb eines Jahres auf dem Markt angeboten wurde. Inzwischen ist der Stand der Technik durch die weitere Ausschöpfung technischer Möglichkeiten weiter fortgeschritten und erlaubt eine weitere Verbrauchsreduzierung um ca. 25% gegenüber dem marktbesten Gerät von 1988.

	Spül- maschinen	Wasch- maschinen	Wäsche- trockner	Gefrier- geräte	Kühl-Gefrier- Kombinationen	Kühl- schränke
Marktdurchschnitt	73%	70%	82%	57%	74%	58%
heute marktbeste Geräte (je 4 – 10)	63%	51%	76%	33%	62%	45%
markbester Typ	63%	51%	67%	24%	59%	33%
Stand der Technik	51%	48%	42%	19%	41%	24%

Tabelle 4.7: Energieverbrauch elektrischer Haushaltsgroßgeräte in Vergleich zum durchschnittlichen Verbrauch der in den Haushalten heute vorhandenen Geräte

Abbildung 4.8: Einsparpotentiale elektrischer Haushaltsgroßgeräte

Die Abb. 4.8 (absoluter Verbrauch) bzw. Tab. 4.7 (Verbrauch relativ zum heutigen Bestand) zeigt deutlich diese große Bandbreite zwischen dem Verbrauch des heutigen Bestandes

und dem Verbrauch nach dem eingeführten Stand der Technik. Daraus ergibt sich, daß die Verbraucher nur mit fundierten Informationen das Einsparpotential ausschöpfen können, welches durch am Markt verfügbare Geräte heute bereits erreicht werden kann.

4.1.3.6 Gesamtbewertung

Für Spülmaschinen, Waschmaschinen, Kondensationstrockner und Kühlgefrierkombinationen läßt sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Höhe des Anschaffungspreises und der Höhe des spezifischen Energieverbrauchs nachweisen. Die im Energieverbrauch sparsameren Geräte sind teilweise billiger als der Marktdurchschnitt.

Für Gefrierschränke und Kühlschränke mit Drei-Sterne-Fach ist die Aussagefähigkeit der Korrelation gering; ein Zusammenhang zwischen höherem Gerätepreis und niedrigerem Energieverbrauch kann nur bedingt angenommen werden.

Bei Ablufttrocknern, Gefriertruhen und Kühlschränken ohne Stern kosten die im Verbrauch marktbesten Geräte mehr als die durchschnittlichen Geräte.

Doch selbst im Falle eines über dem Durchschnitt liegenden Preises bei der Anschaffung sind die im Energieverbrauch sparsamsten Geräte wirtschaftlich, denn die eingesparten Energiekosten liegen z.T. erheblich über den Anschaffungsmehrkosten. Besonders vorteilhaft für den Verbraucher ist die Anschaffung der vom Energieverbrauch optimalen Geräte bei Wasch- und Spülmaschinen sowie bei den Dauerläufern im Kühlbereich.

Bei Realisierung des Stands der Technik in marktgängigen Geräten fällt deren Energie(kosten)einsparung so hoch aus, daß auch ein deutlich höherer Preis den wirtschaftlichen Vorteil der sparsamen Geräte nicht in Frage stellen kann.

Energiesparlampen sind bei mittleren Einschaltperioden bereits wirtschaftlich. Der Energieverbrauch von (Heizungs-) Umwälzpumpen kann durch Geräte austausch oder periphere Maßnahmen (Zeitschaltuhr, Temperatursteuerung) zu wirtschaftlichen Bedingungen erheblich reduziert werden.

Die Dynamik im Haushaltsgerätesektor fördert die weitere Fortentwicklung des Stands der Technik und ihre Umsetzung in marktreife Geräte, so daß ein hohes technisches und wirtschaftliches Einsparpotential in diesem Bereich noch auszuschöpfen ist. Damit die im Energieverbrauch marktbesten Geräte sich auch auf dem Markt entscheidend durchsetzen und wesentlich zur Verminderung des Energieverbrauchs im Bereich privater Haushalte beitragen, ist vor allem eine Verbesserung des Informationsstands der Verbraucher notwendig. Angesichts der fast nicht überschaubaren Produktvielfalt kann gerade die verstärkte Aufklärung über die sparsamsten Einzelgeräte die Kaufentscheidungen der Verbraucher nachhaltig beeinflussen. Der Vermutung der Verbraucher, sparsamere Produkte müßten teurer sein als durchschnittliche Produkte, kann bei einer Reihe von Geräten widersprochen werden. Trotz teilweise höherer Anschaffungskosten steht in keinem der untersuchten Fälle die höhere Wirtschaftlichkeit der sparsamsten Geräte in Frage.

4.1.4 Systemvergleich Warmwasserbereitung für ein Mehrfamilienhaus

Bei der Heizungssanierung gerade älterer Mehrfamilienhäuser (insbesondere, wenn diese noch mit Kohleeinzelöfen ausgestattet sind) stellt sich häufig die Frage nach zentra-

ler oder dezentraler Warmwasserversorgung. Der BEB hat deshalb die ebök beauftragt, anhand eines konkreten Fallbeispiels verschiedene Versorgungsvarianten in Bezug auf Primärenergieeinsatz, Emissionen und Wirtschaftlichkeit in einem Systemvergleich zu untersuchen. Die Ergebnisse (s. [?]) zeigen auf, daß die zentralen Lösungen auf der Basis von Öl- oder Gasspezialkesseln oder einer Fernwärmeversorgung die günstigsten Ergebnisse erbringen. Eine dezentrale Warmwasserbereitung auf Basis von Strom ist aufgrund der mangelhaften Effizienz bei der Primärenergieausnutzung, den erhöhten Kosten und auch aufgrund einer negativen Schadstoffbilanz nicht zu empfehlen.

4.1.4.1 Aufgabenstellung

Für ein typisches Bremer Mehrfamilienhaus wurden verschiedene Varianten der Warmwasserversorgung untersucht. Vor allem ging es um die Frage, ob bei einem gegebenen Heizsystem eine zentrale oder dezentrale Versorgungsvariante in jeder Wohnung bzw. für jede Zapfstelle sinnvoll ist. Die Ausarbeitung soll hierbei eine Grundlage für konkrete Investitionsentscheidungen bieten und die Versorgungsvarianten nach Primärenergieeinsatz, Bereitstellungskosten und Schadstoffbilanz bewerten.

Das als Fallbeispiel gewählte Gebäude umfaßt 18 Wohneinheiten. In Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067 wird mit einem Warmwasserverbrauch von 30 l/Tag (60° C) pro Person gerechnet, entsprechend einem jährlichen Nutzenergieverbrauch von 32 924 kWh/a.

4.1.4.2 Methode

Für die verschiedenen Varianten der Warmwasserversorgung wurden die jeweiligen Basisheizsysteme festgelegt. Die Jahresverbräuche an Endenergie wurden anschließend durch ein Simulationsprogramm ermittelt.

Das Rechnerprogramm berücksichtigt die jeweiligen Verluste verschiedener Systemkomponenten, wie Zirkulationsverluste, Aufheizverluste von Stichleitungen, Speicherverluste, Bereitschaftsverluste der Heizanlage und den Jahresnutzungsgrad. Die Klimadaten wurden der DIN 4701, der VDI-Richtlinie 2067 und Bossel [Bossel 79] entnommen.

Die Wirtschaftlichkeit der Versorgungssysteme wurde in einer dynamischen Wirtschaftlichkeitsrechnung auf Grundlage der Kapitalwertmethode überprüft. Für das Warmwassersystem wurden die Mehrkosten gegenüber einem System ohne Warmwasserbereitung berücksichtigt.

Auch dieser Untersuchung liegen die vom BEB einheitlich festgelegten Rahmenbedingungen und Preisvarianten¹⁷ für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen zugrunde. Die obere und untere Preisvariante, die sich jeweils um 30% von der mittleren Variante unterscheiden, wurden in dieser Untersuchung zur Sensitivitätsprüfung herangezogen.

Die Nutzungsdauer der Systeme beträgt rechnerisch 15 Jahre, bei den Rohrleitungen 25 Jahre. Die Investitionskosten werden als reale Größen auf der Basis von 1986/87 ermittelt.

Tabellen D 7, D 8 alt, auf DIN A4 Querformat reduziert

Tabelle 4.8: Eckdaten verschiedener Warmwassersysteme

4.1.4.3 Anlagendaten und Endenergieverbrauch

Für den Systemvergleich wurden 6 dezentrale, in der Wohnung installierte, und 4 zentrale Warmwasserbereitungssysteme ausgewählt. Die Vergleichsrechnung [?] bezieht sich im einzelnen auf:

- wohnungsweise Versorgung
 - 1 Elektrischer Durchlauferhitzer und 5-Liter-Heißwasserbereiter
 - 2 Elektrischer Durchlauferhitzer
 - 3 Elektrischer Warmwasserspeicher
 - 4 Gas-Durchlauf-Wasserheizer
 - 5 Kombi-Umlauf-Wasserheizer
 - 6 Umlauf-Wasserheizer mit Speicher
- zentrale Versorgung
 - 7 Gaszentralheizung mit zentralem Speicher
 - 8 Gasbrennwertheizung mit zentralem Speicher
 - 9 Ölheizung mit zentralem Speicher
 - 10 Fernwärmeübergabestation mit zentralem Speicher

Für die zapfstellennahe Versorgung – hierunter fallen alle Elektrovarianten und Gas-Durchlauferhitzer – wurde eine Gaszentralheizung als Alternative zur Bereitstellung von Raumwärme angenommen (Varianten 1 bis 4). Für alle anderen Systeme erfüllt das jeweilige Basisheizsystem die Aufgabe der Raumheizung, z.B. ein Gas-Umlauf-Wasserheizer als Etagenheizung (5 und 6) oder ein Gas- bzw. Öl-Spezialkessel bei den Varianten 7 und 9. Die wesentlichen Anlagendaten der verschiedenen Systeme gehen aus Tab. 4.8 hervor.

In der gleichen Tabelle ist auch der Endenergieverbrauch angegeben, wobei – für alle Systeme gleich – eine Nutzenergie-Nachfrage von 33 GWh/a zugrundegelegt wurde. Wie man sieht, weisen die elektrischen Systeme den geringsten Endenergieverbrauch auf. Aber schon die Gas-Etagenheizung mit Warmwasserbereiter (Gas-Kombi-Umlauf-Wasserheizer) verbraucht in etwa gleichviel Endenergie wie der elektrische 100-Liter-Warmwasserspeicher.

Der Vergleich des Endenergieverbrauchs ist jedoch aus Umweltsicht unzureichend, da bei den elektrischen Systemen der Hauptteil des Primärenergieeinsatzes bei der Stromerzeugung im Kraftwerk in Gestalt von Abwärme verloren geht.

Ein weiterer Aspekt beim Vergleich von Warmwasserbereitungssystemen in der Wohnung und zentral im Keller des Hauses ist der Nutzenergiegewinn der Verlustwärme der in der Wohnung installierten Systeme als Raumwärme.

Die vier "Kellersysteme" (Gas-Spezial, Gas-Brennwert- und Öl-Spezialkessel mit 1500-Liter-Speicher sowie Fernwärmeübergabestation mit 1500-Liter-Speicher) benötigen alle annähernd gleichviel Endenergie. Der Verbrauch erreicht durchschnittlich 56 GWh/a. Das Speichersystem auf Fernwärmebasis liegt ca. 3 GWh/a darunter.

¹⁷Vgl. Abschn. C 1.2, Tab. 3.1.)

4.1.4.4 Investitions-, Betriebs-, und Gesamtkosten

Die spezifischen Investitionen für die Brauchwassersysteme werden als Mehrkosten gegenüber einem System zur ausschließlichen Raumbeheizung ausgewiesen. Die Versorgungsvarianten werden als Gesamtinvestition für alle 18 Wohneinheiten betrachtet.

Die Preise wurden auf Grundlage ausgeführter vergleichbarer Objekte, den Angaben von Herstellern und aus der Literatur ermittelt. Für Wartung und Instandhaltung werden die Angaben nach VDI 2067 übernommen.

Um eine Vergleichsbasis für die Investitionsentscheidung zu bilden, wurden die Gesamtkosten aus Investitions-, Instandhaltungs- und Brennstoffkosten gebildet. Die Ergebnisse sind in Tab. 4.8 zusammengefaßt. Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung ist das dynamische Rechenverfahren der Kapitalwertmethode zu Grunde gelegt worden. Da bei der Bereitstellung der Energiedienstleistung "warmes Wasser" nur unterschiedlich hohe Ausgaben für Investitions- und Betriebsmittel vorliegen und Erträge im Gegensatz zu betrieblichen Investitionen nicht gebildet werden können, ergeben sich nach der Kapitalwertmethode unterschiedlich hohe negative Barwerte, die es zu vergleichen gilt. Das System mit dem geringsten negativen Barwert erfordert bei den getroffenen Annahmen (Realzins, Energiepreissteigerung, Nutzungsdauer) den geringsten Geldeinsatz.

Wirtschaftlichkeit

Ein eindeutiges Ergebnis der Untersuchung ist, daß die Warmwasserbereitung am wirtschaftlichsten gekoppelt mit einem Heizsystem erfolgt. Unter den Systemen, die unabhängig von der Heizungsanlage arbeiten, schneiden solche, die Strom als Energieträger nutzen, erheblich schlechter ab. Mit Strom betriebene zapfstellennahe Systeme erreichen die Wirtschaftlichkeit dezentraler Gasdurchlauferhitzer nicht. Die Warmwasserbereitung über elektrische Durchlauferhitzer ist insgesamt um den Faktor 2.5 teurer als auf der Basis von Fernwärme und um den Faktor 2 teurer als auf der Basis eines Ölspezialkessels.

Zur Sensitivitätsanalyse wurden die Gesamtkosten mit den beiden Preisvarianten des BEB¹⁸ "starker Preisanstieg" und "geringer Preisanstieg" gegen den "mittleren Preisanstieg" gegengerechnet. Wie Abb. 4.9 zeigt, sind die Auswirkungen gegenüber der mittleren Variante gering. Die gekoppelten Warmwasserbereitungs- und Heizsysteme sind auch unter geänderten Randbedingungen gegenüber dezentralen elektrischen Systemen eindeutig im Vorteil. Einzig der Gas-Durchlauferhitzer kann als wirtschaftlich vergleichbar angesehen werden.

Bei der Neuinstallation von Warmwassersystemen in Altbauten sollte aus wirtschaftlichen Gründen eine Entscheidung für ein mit der Heizungsanlage gekoppeltes System getroffen werden. Der Betrieb von mit Strom beheizten zapfstellennahen Systemen ist wesentlich unwirtschaftlicher. Wohnungsweise installierte elektrische Durchlauferhitzer verursachen innerhalb von 15 Jahren in einem Mehrfamilienhaus (Altbau) mit 18 Wohneinheiten um ca. 58 500 DM höhere Kosten als eine Gaszentralheizung mit zentralem 1 500 Liter-Speicher.

¹⁸Vgl. Tab. 3.1

Abbildung 4.9: Wirtschaftlichkeit der Warmwassersysteme, bei drei Preisvarianten

4.1.4.5 Primärenergie- und Schadstoffbilanzen

Neben der Wirtschaftlichkeit sollte der Primärenergieverbrauch und die Umweltbelastung eines Warmwassersystems als wichtiges Entscheidungskriterium herangezogen werden. Bei der Bewertung der Primärenergieeffizienz wie den Schadstoffemissionen muß die gesamte Nutzungskette von Förderung, Transport und Umwandlung der Primärenergieträger berücksichtigt werden [Fritsche 87].

Beim Anlagenvergleich wird nur von Neuanlagen unter Einhaltung gesetzlicher Vorschriften (GFAVO) ausgegangen. Für die Fernwärme (erzeugt in großem Heizkraftwerken auf Steinkohlebasis) erfolgt eine Primärenergie- und Emissionsgutschrift für den vermiedenen Steinkohleeinsatz in einem Vergleichskraftwerk mit ausschließlicher Stromproduktion.

Wie die beiden Abbildungen 4.10 und 4.11 zeigen, schneiden die elektrischen Systeme auch beim Primärenergie- und Schadstoffvergleich erheblich schlechter ab als kombinierte Systeme. Angesichts der aktuellen Diskussion ist auch ein Augenmerk auf die hohen CO₂-Emissionen zu richten.¹⁹

Mit Strom betriebene zapfstellennahe Systeme haben einen nahezu doppelt so hohen Primärenergieverbrauch wie Systeme, die mit der Heizungsanlage gekoppelt sind.

Entsprechend dem höheren Primärenergieverbrauch der mit Strom versorgten zapfstellennahen Warmwasserbereitung weisen diese Systeme auch die höchsten Emissionen auf. Jeweils ca. 40 kg SO₂, ca. 30 kg NO_x und mehr als 40 Tonnen CO₂ werden durch den Betrieb von in 18 Wohnungen installierten elektrischen Warmwasserspeichern (100 l) jährlich verursacht. Dagegen erzeugt eine Gaszentralheizung mit Warmwasserspeicher (1500 l) jährlich ca. 3 kg SO₂, 20 kg NO_x und ca. 14 Tonnen CO₂.

¹⁹Für einen hier betrachteten elektrischer Durchlauferhitzer werden z.B. bei der Stromerzeugung im Kraftwerk über 40 t CO₂ pro Jahr frei. (Vgl. Abbildung 4.11)

Abbildung 4.10: Nutz-, End-, und Primärenergiebedarf verschiedener Warmwassersysteme

Abbildung 4.11: Jährliche Emissionsmengen verschiedener Warmwassersysteme

4.1.4.6 Folgerungen

Für ein Mehrfamilienhaus mit 18 Wohneinheiten wurden mehrere Varianten der Brauchwasserbereitung hinsichtlich Wirtschaftlichkeit, Primärenergieverbrauch und Umweltbelastung und Wirtschaftlichkeit untersucht. Hieraus kann gefolgert werden,

- daß die Warmwasserbereitung immer mit dem Heizsystem gekoppelt erfolgen sollte, und zwar unabhängig davon, ob das Heizsystem wohnungsweise oder zentral installiert ist;
- daß die Investitionsentscheidung primär über die Anforderungen an das Heizsystem zu treffen ist;
- daß elektrische Systeme auf Grund der hohen Gesamtkosten, der mangelhaften Primärenergieeffizienz und der hohen Schadstoffbelastung nicht zu empfehlen sind.

4.1.5 Energieeinsparpotentiale in Industrie und Gewerbe ('Kleinverbrauch')

Der Bremer Endenergieverbrauch kann in die wesentlichen Bereiche Automobil- und eisenschaffende Industrie, übrige Industrie, sogen. 'Kleinverbrauch' (im wesentlichen Gewerbe) und Haushalt unterteilt werden. Die Anteile der einzelnen Bereiche können der Abbildung 4.12 entnommen werden.

Abbildung 4.12: Aufteilung des Bremer Endenergieverbrauchs (1985, ohne Klöckner, ohne Verkehr)

Die Energieeinsparpotentiale im Bereich Haushalt sind in einer Vielzahl von Untersuchungen abgehandelt worden. Diese Tatsache wird durch die einfache Struktur des Haushalts begünstigt (Beschränkung auf wenige standardisierte Energienutzungen). Unternehmen der Automobil- bzw. eisenschaffenden Industrie besitzen einen hohen Energiekostenanteil, dieser führt hier unternehmensintern zu einem großen Interesse an einer Reduzierung des Energieeinsatzes, um die Energiekosten abzusenken (Veränderung und Verbesserung von Produktionsprozessen).

Anders stellt sich die Lage für die übrige Industrie und den Kleinverbrauch dar. Hier sind die Energiekosten oft nur von nachrangiger Bedeutung, darum werden Überlegungen zur Energieeinsparung nur selten angestellt. Dies gilt einerseits für die einzelnen Unternehmen²⁰, andererseits auch für den gesamten Bereich. So existieren bisher nur wenige Untersuchungen, die sich mit den Energieeinsparpotentialen von Industrie und Kleinverbrauch beschäftigen. Eine Untersuchung der Energieeinsparpotentiale in diesen Sektoren wird auch durch die wenig einheitliche Struktur der Energienutzung erschwert.

Damit hier für Bremen verbesserte Aussagen vorliegen, wurde vom BEB bei der Fa. FICHTNER eine Studie mit dem Thema "Energieeinsparpotentiale in Industrie und Kleinverbrauch" [?] in Auftrag gegeben. Die Forschungsdefizite und die mangelhafte Datenbasis im Sektor Industrie und Kleinverbrauch konnten von dieser Studie naturgemäß nicht behoben werden. Um die Untersuchung nicht zusätzlich durch wenige energieintensive Unternehmen zu beeinflussen und um gerade die bisher vernachlässigten Bereiche zu untersuchen, wurde die Automobil- und eisenschaffende Industrie ausgeklammert. Nach Herausnahme der entsprechenden Unternehmen bleibt die Struktur der übrigen Industrie und des Kleinverbrauchs mit der anderer Großstädte in der Bundesrepublik vergleichbar.

In den weiteren Betrachtungen ist daher die Automobil- und eisenschaffende Industrie stets ausgeklammert.

4.1.5.1 Energienutzungsbereiche

Die Aufteilung in die wesentlichen Branchengruppen kann entsprechend der Studie [?] wie folgt vorgenommen werden:

Industrie	Kleinverbrauch
Nahrungs- und Genußmittelindustrie	Dienstleistungen, öffentliche Verbraucher
Investitionsgüter produzierendes Gewerbe	Handel, Wäscherei
Sonstige Verbrauchsgüter produzierendes Gewerbe	Handwerk und Kleinindustrie
Grundstoff- und Produktionsgütergewerbe	Gastgewerbe Landwirtschaft und Gartenbau

Welchen Endnutzungen die Energie zugeführt wird, ist in Tabelle 4.9 dargestellt. Der Endenergieverbrauch teilt sich nach Abbildung 4.13 auf die verschiedenen Branchen auf. Abbildung 4.14 gibt die Anteile der einzelnen Energieträger wieder.

4.1.5.2 Maßnahmen

Die in der Studie [?] angesprochenen Einsparttechnologien lassen sich in vier Bereiche unterteilen:

- Quertechnologien (übergreifend einsetzbar),

²⁰Das geringe Interesse der Unternehmen an Fragen zum Energieverbrauch und zu Energieeinsparmaßnahmen wurde auch bei einer von FICHTNER im Rahmen der Studie [?] durchgeführten Befragung offensichtlich: Die Rücklaufquote der Fragebögen betrug nur 12%.

	Industrie	Kleinverbrauch
Raumheizung	23%	58%
Brauchwarmwasser	2%	10%
Prozeßwärme < 900°C	42%	15%
Prozeßwärme > 900°C	7%	1%
Licht	3%	2%
Kraft	23%	10%
Sonstiges	-	4%

Tabelle 4.9: Aufteilung der Endenergienutzung in Industrie und Kleinverbrauch auf die einzelnen Nutzungsarten

Abbildung 4.13: Endenergieverbrauch 1985 in Industrie und Kleinverbrauch, nach Branchengruppen (ohne Automobil- und eisenschaffende Industrie)

An "Sonstiges" müssen per Hand 2 Sternchen gemalt werden!

** Fernwärme ist in "Sonstiges" enthalten

Abbildung 4.14: Endenergieverbrauch 1985 in Industrie und Kleinverbrauch, nach Energieträgern (ohne Automobil- und eisenschaffende Industrie)

- Kraft-Wärme-Kopplung,
- Energiesubstitution,
- Prozeßoptimierung und Abwärmenutzung.

Die Realisierung dieser Einsparpotentiale ist nur im Zusammenhang mit Erneuerungs- und Sanierungszyklen zu erwarten.

Quertechnologien Aus Tabelle 4.9 kann man den hohen Anteil der Raumwärme an der Energienutzung entnehmen, daher sind Maßnahmen, die den Energieeinsatz in diesem Bereich vermindern, von besonderer Bedeutung. Erhebliche Einsparpotentiale können durch die "*Gebäudetechnischen Maßnahmen*" erschlossen werden. Dazu zählen:

- Verringerung der Transmission durch verbesserte Isolation von Wänden bzw. Dächern sowie durch eine Wärmeschutz-Verglasung,
- Reduktion der Spaltverluste durch veränderte Fenster und Hallentore,
- Berücksichtigung einer passiven Solarenergienutzung, besonders bei Neubauten.

Die durch diese Maßnahmen erreichbaren Einsparungen liegen nach den Ergebnissen der Studie zwischen 43% und 53%. Die Realisierung von "Gebäudetechnischen Maßnahmen" sollte in der Regel nicht für sich durchgeführt werden, da anderenfalls die Gefahr besteht, daß infolge des geringeren Wärmebedarfs die Jahreswirkungsgrade der Wärmeerzeugungsanlagen absinken und so ein Teil des Erfolges wieder zunichte gemacht wird.

Bei den *Wärmeerzeugungsanlagen* gilt es die wesentlichen Verluste zu minimieren (Abgasverluste, Betriebs- und Bereitschaftsverluste). Es existieren eine Fülle von Maßnahmen und Techniken, die dazu geeignet sind:

- verbesserte Dimensionierung,
- verbesserte Regelung,
- Brennwerttechnik,
- Nieder- bzw. Gleittemperaturbetrieb,
- Nachschaltheizflächen.

Insgesamt bewegt sich das durch diese Maßnahmen erreichbare Einsparpotential in einer Bandbreite von 6% bis 13%.

Für Zwecke der *Beleuchtung* wird zwar nur ein relativ kleiner Anteil am Gesamtenergieverbrauch verwendet (siehe Tabelle 4.9), der Beleuchtungsanteil an der hochwertigen Endenergie Strom ist jedoch schon höher (Industrie: 11%, Kleinverbrauch: 9%). Eine Verringerung des Energieverbrauchs erreicht man durch:

- verbesserte Lampen-/Leuchtentechnik,
- verbesserte Vorschaltgeräte.

Leider weisen die Lampen mit der höchsten Effizienz (Niederdruck-Natriumdampflampen) nicht die beste Farbwiedergabe auf, ihr Einsatz ist daher nicht überall möglich. Die Studie weist für die obengenannten Veränderungen ein Einsparpotential von etwa 17% aus.

Im Bereich der *elektrischen Antriebe* ergeben sich folgende Ansatzpunkte zur Verminderung des Energieeinsatzes:

- exakte Dimensionierung aller Anlagenteile beim Einsatz von Pumpen, Lüftern und Verdichtern,
- Vermeidung der Überdimensionierung von E-Motoren,
- ist eine Drehzahlregelung erforderlich, so sollten Bypass- oder Drosselregelungen durch eine Regelung mit Frequenzumrichtern oder Phasenanschnittsteuerungen ersetzt werden.

Damit kann der Energieeinsatz in diesem Bereich um 11% vermindert werden.

Zu den Quertechnologien zählt auch der Einsatz der *Steuer-, Regel- und Leittechnik*. Diese können in folgenden Bereichen unterstützend zu den bisher schon genannten Maßnahmen zur Energieeinsparung herangezogen werden:

- Raumwärme, Wärmeerzeugungsanlagen (Einzelraumregelung, Temperaturprogramme, Restwärmenutzung, Nacht- und Wochenendabsenkung),

- Klimaanlage (Einzelraumregelung, Nacht- und Wochenendabschaltung, Nachtkühlbetrieb, Nullenergieband, Optimierung von Ein- und Ausschaltpunkten, Steuerung von Jalousien),
- Lichtsteuerung (benutzungsabhängige Schaltzeiten, Tageslichtnutzung in Randbereichen, Reduzierung der Beleuchtung nach Schichtende).

Für die Raumwärme wird das Einsparpotential mit 5%, für die Beleuchtung mit ungefähr 3% angegeben.

4.1.5.3 Kraft-Wärme-Kopplung

Bei der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) zählt die Studie folgende Verfahren auf:

- Dampfkraftprozeß,
- Gasturbinenprozeß,
- Kombination von Gas- und Dampfturbinenprozeß,
- Blockheizkraftwerke (BHKW),
- ORC-Prozeß (Organic-Rankin-Cycle, im Prinzip der Abwärmenutzung zuzuordnen).

Für alle diese Prozesse gilt, daß ein Einsatz an Randbedingungen geknüpft ist:

- verfügbare KWK-Anlagengröße,
- Gleichzeitigkeit von Wärme- und Strombedarf.

Daher kann über den Einsatz dieser Techniken nicht universell entschieden werden, sondern es muß hier in jedem Einzelfall geprüft werden. Die Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen ist von anderen Faktoren abhängig als bei den bisher angegebenen Maßnahmen (z.B. verringern hohe Brennstoffpreise die Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen). Die Studie gibt für die erreichbare Primärenergieeinsparung einen Wert von etwa 80 GWh pro Jahr an, dies entspricht etwa 1% des in der Studie erfaßten Primärenergieverbrauchs. Das abgeschätzte KWK-Potential beträgt ca. 20 MW_e und 30 MW_{th} .

Energiesubstitution Folgende Substitutionen sind denkbar:

- Brennstoffe durch Strom und umgekehrt,
- Brennstoffe untereinander,
- Brennstoffe oder Strom durch regenerative Energiequellen.

Die Substitution von Strom durch Brennstoffe beschränkt sich auf die Wärmeerzeugung. Für den Raumwärmesektor wird ein Primärenergieeinsparpotential von etwa 5 GWh angegeben, für die Prozeßwärme wurde auf eine Abschätzung wegen des geringen Umfangs ihrer Erzeugung durch Strom verzichtet.

Die Substitution von Brennstoffen untereinander bei Kesselanlagen ist in den Einsparpotentialen der Wärmeerzeugungsanlagen bereits inbegriffen. Bei anderen Anwendungen ergeben sich keine Einsparungen in nennenswerter Höhe.

Die Substitution von Brennstoffen bzw. Strom durch regenerative Energiequellen bleibt nach der Studie [?] auf die thermische Solarenergienutzung beschränkt. Diese Systeme sind bivalent mit konventionellen Wärmeerzeugungsanlagen einzusetzen und führen zu einer Verminderung des Brennstoffeinsatzes. Für das Einsparpotential nennt die Studie einen Wert von 8%.

Das Einsparpotential, das in seltenen Fällen durch sinnvolle Substitution von Brennstoffen durch Strom erzielt wird, ist sehr klein und wird darum nicht angegeben.

Prozeßoptimierung und Abwärmenutzung Die Optimierung eines Prozesses kann nur nach einer Prüfung im Einzelfall durchgeführt werden. Da die für die Studie durchgeführte Befragung nicht die Erkenntnisse erbrachte, die für eine Abschätzung des Einsparpotentials in diesem Bereich notwendig wären, wird die Prozeßoptimierung in der Studie durch die Abwärmenutzung abgedeckt.

Eine Nutzung der Abwärme kann in den Bereichen Raumwärme, Brauchwarmwasser und Prozeßwärme erfolgen. Die Nutzung der industriellen Abwärme gliedert sich in drei Bereiche:

- prozeßinterne Nutzung,
- betriebsinterne Nutzung,
- betriebsexterne Nutzung.

Bei der energetischen Verwertung der Abwärme kommen Wärmetauscher oder Wärmepumpen zum Einsatz. In den Bereich der Abwärmenutzung wurde durch die Studie auch der Einsatz von Wärmepumpen zur Nutzung der Umgebungswärme einbezogen. Im Sinne einer Primärenergieeinsparung kann allerdings nur die Gaswärmepumpe als sinnvoll eingestuft werden.

Der Energieeinsatz im Sektor Raumwärme kann durch Wärmerückgewinnung einschließlich Wärmepumpenprozesse zur Nutzung der Umweltwärme um 15% bis 17% reduziert werden. Für die Brauchwassererwärmung liegt der entsprechende Wert bei etwa 18%. Für die Prozeßwärme gibt die Studie Einsparpotentiale zwischen 12% und 25% an.

4.1.5.4 Anmerkungen

In einigen Bereichen wird von der Studie [?] die Energienutzung aufgrund fehlender branchenspezifischer Untersuchungen nicht weit genug unterteilt. Somit sind Einsparmöglichkeiten, die näher an der eigentlichen Nutzung liegen, nicht mit in die Betrachtung einbezogen worden. Aus vorgenannten Gründen sind weitere technische Einsparpotentiale in die Untersuchung nicht mit einbezogen worden. Im folgenden seien Beispiele dafür genannt.

Der Bereich "*Kraft*" des Endenergieverbrauchs wird von anderen Studien (Dänemark, Schweiz) noch weiter aufgegliedert. Dadurch entsteht die Möglichkeit, Maßnahmen an der Anlage, die den elektrischen Antrieb nutzt, besser einzubeziehen. Ein Beispiel dafür sind

Kühlanlagen, bei denen durch verbesserte Wärmedämmung und andere Veränderungen weniger Energie für den Antrieb der Kompressoren benötigt wird. Durch einen erweiterten Ansatz kann das Energiesparpotential im Bereich "Kraft", das von FICHTNER mit 11% angegeben wurde, erheblich höhere Werte annehmen.

Der Endenergieverbrauch, der zur *Raumklimatisierung* verwendet wird – dieser kann gerade bei Verwaltungsbauten einen erheblichen Umfang annehmen –, konnte ebenfalls aufgrund der Datenbasis nicht differenziert werden. Auch hier sind nur Einsparungen im Bereich der zur Klimaanlage gehörenden elektrischen Antriebe berücksichtigt. Ein wesentlich größeres Einsparpotential liegt dagegen in der prinzipiellen Ausführung der Klimaanlage. Die Möglichkeiten, die durch die Klimaanlage abzuführende Wärme gar nicht erst entstehen zu lassen, konnten in die Untersuchung nicht einbezogen werden. Eine Schweizer Untersuchung von Banken zeigt hier jedoch ein beträchtliches Einsparpotential.

Für den Bereich *Brauchwarmwasser* werden zwar alle Möglichkeiten zur Verringerung des Energieeinsatzes bei der Warmwassererzeugung berücksichtigt, vernachlässigt wird dagegen eine Absenkung des Warmwasserverbrauchs, z.B. durch wassersparende Armaturen.

Im Sektor *Beleuchtung* war es nicht möglich, Einsparpotentiale, die durch verändertes Verhalten erschlossen werden können, mit einzubeziehen. Oft ist es möglich, eine gezielte Beleuchtung des Arbeitsplatzes vorzunehmen, anstelle einer allgemeinen Beleuchtung des gesamten Arbeitsbereichs (Schreibtisch). Dieses Einsparpotential dürfte gerade bei Verwaltungsbauten sehr hoch sein, findet jedoch in der Studie keine Berücksichtigung.

4.1.5.5 Ergebnisse

Die absoluten Einsparpotentiale für die einzelnen Schwerpunkte der Endenergienutzung in Industrie und Kleinverbrauch kann man der Tabelle 4.10 entnehmen.

	Industrie	Kleinverbrauch
Raumheizung	64%	66%
Brauchwarmwasser	29%	28%
Prozeßwärme < 900°C	27%	23%
Prozeßwärme > 900°C	17%	–
Licht	19%	20%
Kraft	11%	9%
Sonstiges	–	–

Tabelle 4.10: Technische Einsparpotentiale entsprechend der Schwerpunkte der Endenergienutzung in Industrie und Kleinverbrauch

Auf eine weitere Überlegung, mit welchem technischen Mitteleinsatz diese Potentiale realisiert werden können, ist an dieser Stelle verzichtet worden. Hierzu bilden die Szenarien im Kapitel C und die Handlungsempfehlungen im Abschnitt F 2 eine ausreichende Grundlage.

Eine graphische Darstellung des Endenergieverbrauchs und des technischen Einsparpotentials gibt Abbildung 4.15 für den Bereich Industrie und Abbildung 4.16 für den Kleinverbrauch.

Das gesamte Einsparpotential ergibt sich für die Industrie zu 31% und für den Kleinverbrauch zu 45% (Abbildung 4.17). Der höhere Wert für den Kleinverbrauch findet seine Ursache im wesentlichen in dem höheren Raumwärmeanteil. Für den in der Studie betrachteten Bereich (Anteil am Bremer Endenergieverbrauch: 23%) ergibt sich somit ein Einsparpotential von 40%.

Abbildung 4.15: Endenergienutzung (1985) und technisches Einsparpotential in der Industrie (ohne Automobil- und eisenschaffende Industrie)

Abbildung 4.16: Endenergienutzung (1985) und technisches Einsparpotential beim Kleinverbrauch

Abbildung 4.17: Technische Einsparpotentiale in Industrie und Kleinverbrauch (ohne Automobil- und eisenschaffende Industrie)

4.1.5.6 Zusammenfassung

Die Fa. FICHTNER hat eine Studie zum Energieeinsparpotential in den Bereichen Industrie und Kleinverbrauch erstellt[?], dabei war der Sektor der Automobil- und eisenschaffenden Industrie vom Auftrag ausgenommen. Das technische Einsparpotential wird in der Studie für die Industrie mit 31% und für den Kleinverbrauch mit 45% angegeben.

Für diese Werte existiert aus zwei Gründen noch eine gewisse Sicherheitsreserve:

- Für das technische Einsparpotential finden nur derzeit verfügbare Techniken Berücksichtigung, ein technischer Fortschritt ist in den meisten Bereichen zu erwarten, jedoch nicht bei der Ermittlung der Potentiale unterstellt worden.
- In der Studie konnten nicht alle denkbaren Einsparmaßnahmen ausreichend berücksichtigt werden.

Der BEB geht davon aus, daß die von der Studie genannten technischen Einsparpotentiale einen *unteren* Wert markieren, der sicher überschritten werden kann.²¹ Betrachtet man Zeiträume von 15 bis 25 Jahren (Lebensdauerzyklen), so sollte sich daher das technische Einsparpotential, das die Studie nennt, bei einer Durchführung der Energiesparmaßnahmen im Rahmen ohnehin fälliger Sanierungs- und Erneuerungsvorhaben auch *wirtschaftlich* realisieren lassen.

Energiesparmaßnahmen werden durch den oft nur geringen Anteil der Energiekosten (Anteil am Umsatz unter 5%) und durch das oftmals mangelhafte Wissen gehemmt:

- Unzureichendes energietechnisches Detailwissen verursacht eine Unterschätzung des Erfolgs von Energiesparmaßnahmen,
- Mangel an praxisnaher und betriebsspezifischer Beratung,
- für die Abwärmenutzung gibt es eine Vielzahl von organisatorischer, rechtlicher und wirtschaftlicher Hindernissen,
- fehlende Praxisbeispiele oder Demonstrationsobjekte,
- Energiesparmaßnahmen scheitern in der Industrie und im Gewerbe, – insbesondere bei niedrigen Energiepreisen – häufig daran, daß relativ kurze Amortisationszeiten (2 bis 4 Jahre) gefordert werden.

Voraussetzung für eine Realisierung der ausgeführten technischen Einsparpotentiale sind daher:

- Verbesserung des energietechnischen Kenntnisstands in Betrieben und Verwaltungen durch branchenspezifische anwendungsorientierte Information (z.B. durch die Energie-Einsparberatung der Stadtwerke),

²¹Die Studie [?] weist aufgrund der Sanierungs- und Erneuerungszyklen ein hohes realisierbares Potential in der Größenordnung von bis zu 60 bis 75% des derzeit technisch zu erwartenden Einsparpotentials auf. Die Annahme des BEB, daß sich das gesamte ausgewiesene technische Potential im Rahmen von Sanierungs- und Erneuerungsvorhaben wirtschaftlich realisieren läßt, kann in dieser Form nicht aus der Studie geschlossen werden.

- Weiterbildung von Installateuren, Technikern, Ingenieuren und Betriebsleitern,
- gezielte Förderung von weiteren Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sowie von Pilot- und Demonstrationsobjekten,
- Finanzierungsangebote, die sich an langfristigen Energiekosteneinsparungen orientieren,
- Schaffung von Institutionen, die die Hemmnisse durch ihre Mitarbeit überwinden (Energieagentur).

4.2 Rationelle Energieversorgung

Übersicht

Ziel der für diesen Themenbereich verantwortlichen Arbeitsgruppe des BEB war die Erkundung mittelfristig realisierbarer Möglichkeiten zum Ausbau einer energiesparenden Wärmeversorgung. Es wurde die Zusammenarbeit mit potentiellen Trägern dieses Ausbaus (vor allem den beiden Stadtwerken des Landes) gesucht, um konkrete Projekte anzuregen. Dabei wurde erwartet, daß diese nach Auslaufen der Arbeit des Bremer Energiebeirates weiter verfolgt werden.

Ein eigenständiges Interesse der potentiellen Handlungsträger war von vornherein nur insoweit zu erwarten, als die vorgeschlagenen Projekte eine wirtschaftliche Realisierbarkeit mittelfristig als möglich erscheinen lassen. Dabei konnte es sich angesichts der begrenzten Mittel des BEB nur um die Ausarbeitung von Vorstudien und nicht etwa um ausführungsfähige Planungen handeln.

Prinzipiell gibt es für den Ausbau einer energiesparenden Wärmeversorgung zwei Möglichkeiten: Die Nutzung von *Abwärme* (vor allem aus Industrie-Betrieben) und die Stromerzeugung in *Kraft-Wärme-Kopplung*. Eine im Auftrag des BEB durchgeführte Erhebung der Potentiale industrieller Abwärme [?] ergab jedoch nur marginale Nutzungsmöglichkeiten.²² Lediglich das Abwärmepotential einer Brauerei in Bremen scheint erheblich genug, um dessen Nutzung (mittels Gas-Wärmepumpe bzw. einer BHKW-Tandem-Anlage) vertieft zu untersuchen. Hieraus ist dann ein konkretes Projekt für eine Nahwärmeinsel [?] entstanden.

Der Ausbau einer energiesparenden Wärmeversorgung in Bremen ist also im wesentlichen nur durch den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung zu erreichen. Sie steht daher im engen Zusammenhang mit der Bremer Stromerzeugung. Dabei ist die Ausgangssituation in Bremen (Stadt) und in Bremerhaven grundsätzlich verschieden.

An dieser Stelle sei zunächst nachdrücklich gewarnt vor der leider häufig vertretenen Ansicht, in Fern- und Nahwärmegebieten seien Wärmedämm-Maßnahmen aus wirtschaftlichen Gründen nicht opportun. Ganz abgesehen davon, daß dies nicht vereinbar wäre mit der grundsätzlichen Forderung nach größtmöglicher Reduzierung aller Schadstoffemissionen: es ist auch wirtschaftlich betrachtet nicht richtig. Denn Minderungen des Wärmebedarfes infolge Wärmedämmung von Gebäuden erfolgen sukzessive und können so durch ebenso sukzessive Verdichtung bzw. Ausweitung des Versorgungsgebietes ausgeglichen werden – was die Praxis bestätigt. Wärmedämmung und Fernwärmeausbau sind einander ergänzende Maßnahmen zur Senkung des Energiebedarfes und der eingehenden Emissionen.

Daher ist eine Linearisierung der Tarife – wie beim Strom – auch für Fernwärme anzustreben.

²²Wie bei allen Studien des Bremer Energiebeirates wurde auch hier die Klöckner-Hütte Bremen nicht in die Untersuchung einbezogen.

Stadtgemeinde Bremen

In Bremen decken die Kraftwerke der Stadtwerke²³ 90% des gesamten Stromverbrauches im Stadtgebiet (die Klöckner-Hütte Bremen eingerechnet). Die Fernwärme-Auskopplung aus diesen Kraftwerken beträgt hingegen nur etwa 6% des gesamten Niedertemperatur-Wärmebedarfes (Klöckner nicht eingerechnet). Die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung sonstiger Betreiber (mit Blockheizkraftwerken) im Stadtgebiet ist marginal im Verhältnis zum gesamten Bedarf.

Unter allen deutschen Städten mit über 500 000 Einwohnern hat Bremen damit einerseits den geringsten Anteil der Fernwärmeversorgung am Wärmebedarf, andererseits nach Berlin und Hamburg den höchsten Anteil an Stromeigenerzeugung. Diese kuriose Sonderstellung Bremens wird auch nicht geändert durch den geplanten begrenzten Ausbau der Fernwärme im Bremer Osten (in Verbindung mit der Errichtung des Heizkraftwerkes Hastedt, Block 15).

Im hier interessierenden Zeitraum der 90er Jahre werden die Stadtwerke über 3 Kohleblöcke mit ca. 550 MW_{el} und 2 Erdgasblöcke mit ca. 340 MW_{el} verfügen (daneben noch Gasturbinen für den Spitzenbedarf mit 127 MW_{el}), bei einer Stadtnetzspitze von ca. 600 MW_{el}. Auch bei Übernahme des z.Zt. von der Preussen-Elektra gelieferten Anteils (10% der Jahreserzeugung) durch die Stadtwerke würde deren Kraftwerkskapazität mithin bei weitem den Strombedarf übersteigen.

Angesichts dieser Überkapazitäten lag es nahe zu untersuchen, ob ein Ausbau der Wärmeversorgung aus Kraft-Wärme-Kopplung über das bisher geplante begrenzte Maß im Bremer Osten hinaus durch weitere Auskopplung aus den bestehenden Kraftwerken wirtschaftlich möglich ist, wofür sich zunächst der 300 MW_{el}-Kohleblock im Kraftwerken Hafen anbietet, bei weiterem Bedarf auch der 125 MW_{el}-Kohleblock. Diese Möglichkeit war schon von der WIBERA im Rahmen des "Energiekonzeptes Bremen" [Pösel 85] untersucht und verworfen worden.

Dabei ging die WIBERA damals davon aus, daß im Kraftwerk Hafen lediglich eine Wärmeleistung von 175 MW_{th} (aus dem 300 MW_{el}-Block) ausgekoppelt werden könnte. Auf dieser Basis, und unter der Prämisse, daß vom Kraftwerk Hafen eine 17 km lange Transportleitung bis zum Standort Vahr geführt werden müsse, schloß sie, daß der Bau eines Kohle-Heizkraftwerkes in Hastedt wirtschaftlicher sei. 'Ein Fernwärmetransport vom Kraftwerk Hafen bedarf einer größeren Fernwärmeleistung als 175 MW_{th}', betont die WIBERA; 'diese steht aus dem vorhandenen 300 MW-Block im Hafen nicht zur Verfügung' [Pösel 85, S. 41].

Auch die Studie 'Zum weiteren Ausbau der Fernwärmeversorgung in Bremen', die 1986 im Auftrag der Stadtwerke von ISP/AGEP erstellt wurde, ging davon aus, daß im Kraftwerk Hafen lediglich 175 MW_{th} an Fernwärmeleistung ausgekoppelt werden könnten und verwarf dies unter Hinweis auf das WIBERA-Ergebnis als unwirtschaftlich.

Nun gilt generell, daß sich aus einem üblichen Wärmekraftwerk in der Regel eine Wärmeleistung mindestens in Höhe der elektrischen Leistung auskoppeln läßt, was in den genannten Studien schlicht übersehen wurde. Eine zu Beginn der Untersuchung des BEB zum Fernwärmeausbau in Bremen angeregte Überprüfung durch den Turbinenhersteller ergab, daß sich mit geringem Aufwand an Turbinenumbau eine Wärmeleistung bis zu 400 MW_{th} aus dem 300

²³Die zusätzliche Bahnstromerzeugung der Stadtwerke wird hier nicht berücksichtigt.

MW_{el}-Block auskoppeln läßt – rund dreimal so viel wie aus dem neuen Kohlekraftwerk Hastedt. Der Einwand der genannten Studien gegen die Auskoppelung aus dem Kraftwerk Hafen ist mithin unbegründet.

Auf dieser Basis schien eine erneute Untersuchung der Möglichkeit eines weit über das bisher geplante Maß hinausgehenden Ausbaus der Fernwärmeversorgung in der Stadtgemeinde Bremen von vornherein sinnvoll, zumal der damit einhergehende erhöhte Brennstoffbedarf im Kraftwerk Hafen mit dem Einsatz von Importkohle gedeckt werden könnte, die Wärmegestehungskosten also außerordentlich niedrig wären. Eine derartige – zunächst orientierende – Untersuchung wurde im gemeinsamen Auftrag der Stadtwerke und des BEB von der AGEP [?] durchgeführt. Das im November 1988 vorgelegte Ergebnis dieser Voruntersuchung läßt erwarten, daß sich ein durchgreifender Ausbau der Wärmeversorgung auf der Basis der Wärmeauskopplung aus dem Kraftwerk Hafen im Verlauf der 90er Jahre wirtschaftlich realisieren läßt. Aufgrund des positiven Ergebnisses beauftragten die Stadtwerke Bremen die AGEP inzwischen mit einer detaillierteren Weiterführung der Untersuchung im ersten Halbjahr 1989.

Für die Verteilung der Fernwärme sind freilich erhebliche Investitionen nötig, die sich nur langfristig amortisieren lassen. Die Wirtschaftlichkeitsanalyse erfordert daher eine langfristig angelegte, dynamische Investitionskostenrechnung. Deren Ergebnis hängt natürlich stark ab von Annahmen über die künftige Entwicklung der aus dem Wärmeverkauf erzielbaren Erlöse, die sich wiederum längerfristig an der künftigen Entwicklung der Ölpreise orientieren. Doch selbst wenn man zum Vergleich hierfür die *ungünstigste* der Preisvarianten des BEB²⁴ zugrundelegt, läßt die Voruntersuchung immer noch ein wirtschaftlich vertretbares Ergebnis für einen Ausbau der Fernwärme erwarten, der im Verlauf der 90er Jahre durchgeführt wird.

Problematischer als ein Ausbau der Fernwärme ist aus betriebswirtschaftlicher Sicht der Stadwerke Bremen der Ausbau der Nahwärmeversorgung auf der Basis gasbeheizter Blockheizkraftwerke, und zwar wegen der schon genannten Strom-Überkapazitäten.²⁵ Wenn man von der Möglichkeit absieht, daß die Stadwerke in absehbarer Zeit – unter der Voraussetzung veränderter rechtlicher Rahmenbedingungen²⁵ – Strom in das Umland außerhalb ihres heutigen Konzessionsgebiets liefern könnten, bedeutet jeder Zubau von Blockheizkraftwerken im Bremer Stadtgebiet eine verminderte Auslastung der existierenden Kraftwerke, und zwar ganz überwiegend einen Rückgang der kostengünstigen Importkohleverstromung: der Einsatz heimischer Steinkohle ist festgeschrieben, und die Erdgaskraftwerke müssen – nach Inbetriebnahme von Hastedt 15 – ohnehin nur marginal eingesetzt werden.

Stadtwirtschaftlich bedeutet daher eine zusätzliche Stromerzeugung durch BHKW lediglich eine Einsparung der Arbeitskosten auf der Basis von Importkohle. Würden ausschließlich diese Einsparungen (ca. 4 Pf/kWh) als Stromgutschrift zugeschrieben, so könnten selbst unter sonst günstigen Bedingungen BHKW derzeit von den Stadwerken kaum zu betriebswirtschaftlich vertretbaren Bedingungen errichtet werden.

Unter diesen Umständen kann von den Stadwerken eine umfassende Initiative zur Errichtung von BHKW z.Zt. kaum erwartet werden (wenngleich sie derzeit das BHKW Sodenmatt planen). Aus der einzelwirtschaftlichen Sicht der Stadwerke sind BHKW wirtschaftlich erst dann interessant, wenn es um ohnehin anstehende Entscheidungen über Ersatzinvestitionen geht.²⁶

Günstiger ist die Situation aus der Sicht anderer potentieller BHKW-Betreiber, da sie für den selbst genutzten Strom die Bezugskosten sparen und für Überschußstrom von den Stadwerken Einspeisevergütungen von z.Zt. 9.1 Pf/kWh (+ MWSt.) erhalten.²⁷

Trotz der ungünstigen Ausgangslage sind verschiedene Untersuchungen zum Einsatz von BHKW in Bremen vom BEB durchgeführt worden:

- die schon erwähnte Vorplanung einer Nahwärmeinsel zur Nutzung der Brauerei-Abwärme mittels einer Tandem-Anlage BHKW/Gas-Wärmepumpe [?]; das positive Ergebnis wurde den Stadwerken zur Prüfung der Realisierung übergeben,

²⁴Vgl. Abschnitt C 1, Tabelle 3.1.

²⁵Vgl. die ausführliche Behandlung dieses Problems im Rahmen der Szenarienanalyse (Abschnitt C 4). Zu den rechtlichen Aspekten der Möglichkeiten der Stadwerke, Strom ins Umland zu liefern s. Abschnitt E 2.

²⁶Unter dieser Voraussetzung allerdings können BHKW gegenüber Kondensationskraftwerken durchaus als vorteilhafte Alternative für den Einsatz im Mittellastbereich angesehen werden.

²⁷Dem steht allerdings wiederum entgegen, daß vor allem gewerbliche Unternehmen BHKW in der Regel nur errichten werden, wenn sie mit sehr kurzen Kapitalrücklaufzeiten rechnen können —weit unterhalb der technischen Nutzungsdauer. S. hierzu Abschn. C 2.3.

- eine Untersuchung zum Einsatz von BHKW in Industrieunternehmen [?], die zu drei konkreten Vorschlägen des BEB (davon einer für Bremerhaven) geführt hat,
- eine generelle Untersuchung [?] zur Identifikation von potentiellen BHKW-Standorten außerhalb des Gebietes, das vom BEB in der Studie der AGEF [?] als potentielles Fernwärmegebiet identifiziert wurde.

Bremerhaven

Die Müllverbrennungsanlage Bremerhavens (MBA) ist mit einem Heizkraftwerk ausgerüstet, das Strom für das Netz der Stadtwerke und Fernwärme liefert. Diese wird sowohl von den Stadtwerken (in Verbindung mit dem Spitzenheizwerk Schifferstraße) als auch von der MBA selbst vertrieben. Dieses Heizkraftwerk ist zur Zeit die einzige größere Anlage zur Strom- und Wärmeversorgung in Bremerhaven. Daneben existieren zwei Blockheizkraftwerke gewerblicher Betreiber.

Der Strombedarf Bremerhavens wird zu zwei Dritteln über das Netz der Stadtwerke und zu einem Drittel über die Netze der Fischereihafenbetriebsgesellschaft (FBG) und des Hansestadt-Bremischen-Amtes (HBA) gedeckt. Derzeit hat die Stromerzeugung der MBA einen Anteil von 10% an der Deckung des Strombedarfs von Bremerhaven, 90% werden von der ÜNH (aus Kraftwerken der Preussen-Elektra) geliefert.

Die Fernwärme aus der MBA deckte 1987 knapp 10% des gesamten Niedertemperatur-Wärmebedarfes im Stadtgebiet Bremerhaven. Damit ist die Kapazität der MBA nicht ausgeschöpft. Zur Zeit erweitern die Stadtwerke das Fernwärmenetz in begrenztem Maß im Bereich Lehe/Goethestraße. Die Wärmeversorgung aus der MBA läßt sich noch um ca. 30% steigern.

Im Gegensatz zu den Verhältnissen in der Stadtgemeinde Bremen würde also ein über das Angebot aus der MBA hinausgehender Ausbau einer energiesparenden Wärmeversorgung den Zubau von Heizkraftwerkskapazität verlangen; mit einer Erhöhung der Bremerhavener Eigenstromerzeugung würde eine Minderung des Strombezuges aus Kraftwerken der Preussen-Elektra (über ÜNH) einhergehen.

Im Zuge der Verhandlungen der Stadtwerke Bremerhaven mit der ÜNH zur Verlängerung des Strombezug-Vertrages hatte der Präsident des Bremer Senats den BEB im Mai 1987 aufgefordert, kurzfristig Vorschläge zur künftigen Gestaltung der Energieversorgung Bremerhavens vorzulegen. Daraufhin hatte der BEB im August 1987 eine grobe Perspektive des Ausbaus der Kraft-Wärme-Kopplung skizziert [?]. Sie basierte auf einem vom BEB bei der UTEC bestellten Gutachten [?], das auf der Grundlage eines von den Stadtwerken Bremerhaven erstellten Entwurfs für einen Wärmeetlas eine Reihe von potentiellen Nahwärme-Inseln außerhalb des Innenstadtbereiches identifizierte, die durch BHKW versorgt werden könnten. Darüber hinaus empfahl der BEB damals, den Ausbau des innerstädtischen Fernwärmenetzes über die MBA-Kapazität hinaus mittels eines Heizkraftwerkes auf Kohlebasis zu prüfen.

Auf dieser Grundlage kam es – nach anfänglichen Schwierigkeiten – zu einer fruchtbaren Zusammenarbeit zwischen den Stadtwerken Bremerhaven und dem BEB hinsichtlich der Möglichkeiten des weiteren Ausbaus der Kraft-Wärme-Kopplung.

Die Stadtwerke hatten bereits den Ersatz des Heizwerkes der Neuen Heimat in Leherheide durch ein größeres BHKW anvisiert. Eine Prüfung der BEB/UTEC-Vorschläge zur Er-

richtung weiterer BHKW-Nahwärmeinseln durch die Stadtwerke Bremerhaven erbrachte – bei etlichen Modifikationen – im großen und ganzen übereinstimmende Einschätzungen der Realisierbarkeit. Inzwischen – Ende 1988 – konnte die Planung von zwei solcher BHKW-Nahwärmeinseln zur Versorgung von Anlagen der US-Army so weit geführt werden, daß der Bau beschlossen wurde und 1989 ausgeführt werden wird. Die Detailplanung der BHKW-Nahwärmeversorgung Leherheide wird derzeit vorbereitet.

Darüber hinaus bahnen die Stadtwerke Verhandlungen zur Übernahme weiterer Heizwerke als Grundlage für eine spätere Umrüstung auf BHKW an.

Parallel dazu haben die Stadtwerke Bremerhaven die Detaillierung des Wärmeatlasses weitergeführt und auf dieser Grundlage Fernwärme-Vorranggebiete im innerstädtischen Bereich ausgewiesen. Die Stadtwerke und der BEB haben gemeinsam von der PROGNOS in einem Vorgutachten [?] die Frage untersuchen lassen, ob in diesem innerstädtischen Bereich ein Ausbau der Fernwärmeversorgung über die MBA-Kapazität hinaus mittels eines Kraftwerkes als wirtschaftlich realisierbar erscheint. Das besondere Problem besteht dabei darin, daß der restliche Innenstadtbereich einen großen Anteil an Gas-Etagenheizungen enthält, deren Substitution durch eine Fernwärmeversorgung einen erheblichen Installationsaufwand in den Häusern verursacht.

Die Ausgangsüberlegungen für diese PROGNOSE-Untersuchung zeigen, daß u.a. aus Kapazitätsgründen eine Gas- und Dampfanlage (GuD-Anlage) von vornherein angemessener scheint als ein Kohleblock. Das Ergebnis der PROGNOSE-Analyse spricht dafür, daß der weitere Ausbau der Fernwärme mittels einer GuD-Anlage im Bereich von 10–20 MW_{el} wirtschaftlich realisierbar ist, und zwar vor allem bei Substitution von Gas-Einzelheizungen. Dieses Ergebnis ist zudem nur wenig abhängig vom Ölpreisniveau — das ist darauf zurückzuführen, daß sowohl die Brennstoffkosten des Kraftwerkes (Gas) als auch die Wärmeerlöse längerfristig dem Heizölpreis folgen. Eine kurzfristige Realisierung einer solchen GuD-Anlage steht allerdings nicht in Aussicht, weil einerseits der Ausbau der Fernwärme beim derzeitigen Heizölpreisniveau nur langsam vorankommt und noch auf längere Sicht durch die MBA gedeckt werden kann, andererseits die Planungskapazität und Finanzkraft der Stadtwerke zunächst auf den Ausbau der BHKW-Nahwärmeversorgung konzentriert werden.

Emissionen

Die UTEC hat schließlich – ergänzend zu den entsprechenden Untersuchungen im Rahmen der Szenarien-Analyse – den Einfluß des hier beschriebenen Ausbaus der Wärmeversorgung in den beiden Städten des Landes auf die Emissionen der wichtigsten Luft-Schadstoffe (CO₂, Schwefeldioxid, Stickoxide, Staub) abgeschätzt und kommt dabei zu folgendem Ergebnis:

Stadtgemeinde Bremen: Unter der – hier plausiblen – Voraussetzung, daß die gesamte Stromerzeugung im Stadtgebiet unabhängig vom Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung ist, vermindert der Ausbau sowohl der Fernwärme als auch der Nahwärme die Emissionen aller betrachteten Schadstoffe, teils in sehr erheblichem Maß.

Bremerhaven: Hier führt der Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung zu einer erhöhten Stromerzeugung im Stadtgebiet zu Lasten der Stromlieferung aus außerbremischen Kraftwerken, deren Emissionen entsprechend sinken. *Im Stadtgebiet selbst* vermindert

der Ausbau der Nah- und Fernwärmeversorgung jedoch lediglich die SO₂-Emissionen erheblich, während er die der übrigen Schadstoffe praktisch nicht beeinflusst.

4.2.1 Stadtgemeinde Bremen

4.2.1.1 Bestandsanalyse

Strom

Die Stadtwerke Bremen setzten 1986 ca. 3 300 GWh Strom ab, wobei etwa ein Drittel an die Klöckner-Hütte Bremen gingen. Die Jahreshöchstleistung beträgt ca. 600 MW bei einer installierten Brutto-Engpaßleistung von ca. 1 100 MW. 10% der Jahresarbeit wird vertragsgemäß von der Preussen-Elektra geliefert. Im gleichen Vertrag ist auch der Ausgleich der vom Walzbetrieb der Klöckner-Hütte verursachten Spitzen (bis zu 120 MW) über das Verbundnetz geregelt.

Der Primärenergieeinsatz für die Kraftwerke gliedert sich in 86% Kohle und 13% Gas auf.

Zur Zeit wird das Kohlekraftwerk Hastedt-Block 15 gebaut (Fertigstellung 1989), das eine Fernwärmeauskopplung für den Bremer Osten erlauben wird. Das Kraftwerk Mittelsbüren-Block 14 wird in der Leistung reduziert werden (Abgasreduktionsmaßnahme), während das Kraftwerk Hafen-Block 4 1989 außer Betrieb gehen wird. Aus Sicht der Stadtwerke steht um die Jahrtausendwende die Entscheidung an, das Kraftwerk Hafen-Block 5 außer Betrieb zu nehmen oder zu ertüchtigen.

Die Schwefeldioxid-Emissionen aus Bremer Kraftwerken werden bzw. wurden durch die Installation von zwei Entschwefelungsanlagen in das Kraftwerk Hafen (Block 5 und 6) sowie die Außerbetriebnahme von Block 4 um ca. 90% bis Ende 1989 reduziert. Durch den Bau von Entstickungsanlagen werden die Stickoxid-Emissionen 1992 nur noch 26% des heutigen Wertes betragen.

Neben den Kraftwerken der Stadtwerke gibt es eine Reihe von Blockheizkraftwerken (BHKW), welche gekoppelt Strom und Wärme erzeugen. Tabelle 4.11 gibt eine Zusammenstellung der bekannten BHKW in Bremen und deren Kennzahlen.

	Betreiber	eingesetzter Energieträger	Leistung KW _{el}	Bemerkungen
Klärwerk Seehausen	Stadt	Klärgas	4 000	Inselbetrieb
Klärwerk Farge	Stadt	Klärgas	240	
Radio Bremen	Gewerbe	Erdgas	285	
Landeszentralbank	Gewerbe	Erdgas	610	
Bremer-Lagerhaus-Ges.	Gewerbe	Erdgas	ca. 900	
Fa. Weissheimer Malz	Industrie	Erdgas	ca. 1 400	
Hans-Wendt-Stiftung	Gewerbe	Erdgas	135	f. El.-Wärmepumpe
Fa. CEWE-Color	Industrie	Diesel/Öl	106	
Summe der installierten Leistung			ca. 7 700	

Tabelle 4.11: Blockheizkraftwerke in der Stadtgemeinde Bremen

Wärme

Die WIBERA hatte schon 1979/80 den Wärmebedarf in Bremen erhoben. Seitdem sind an vielen Häusern Wärmedämm- und andere wärmesparende Maßnahmen durchgeführt worden, auch hat die Zahl der Gasheizungen zugenommen. Die Wärmebedarfserhebung der WIBERA erwies sich so als revisionsbedürftig. Der Bremer Energiebeirat hat einerseits im Rahmen der Arbeit an den Energieszenarien (s. Kapitel C) den aktuellen Wärmebedarf der einzelnen Verbrauchsstrukturen vorab neu schätzen lassen; unabhängig davon wurde im Rahmen des gemeinsamen Auftrags von BEB und Stadtwerken Bremen an die AGEP [?] eine neue Erhebung²⁸ angestellt. In der dem BEB zur Verfügung stehenden Zeit konnten diese beiden Untersuchungen leider nicht mehr gegeneinander abgeglichen werden.

In diesem Abschnitt gehen wir von der gebäudescharfen Erhebung der AGEP von 1987/88 [?] aus, die sich für die leitungsgebundenen Energieträger auf Verbrauchsdaten der Stadtwerke (1986) stützt, für die übrigen (Öl/Kohle) hauptsächlich auf Kesselleistungen nach der Schornsteinfegerkartei.²⁹ Die AGEP-Erhebung bezieht in den ermittelten Wärmebedarf neben dem Raumwärme- und Warmwasserbedarf auch den Teil des industriellen Bedarfs an Prozeßwärme ein, der aufgrund des Temperaturniveaus durch Fern- und Nahwärme gedeckt werden könnte, wobei nur die Klöckner-Hütte ausgenommen ist. Tabelle 4.12 enthält das nach Energieträgern aufgegliederte Ergebnis als Endenergiebedarf.³⁰

	GWh/a	Anteil
Gas	2 620	33.7%
Fernwärme	500	6.4%
Strom	30	0.4%
Öl/Kohle – Zentralheizung	3 600	46.3%
– Einzelheizung	1 030	13.2%
Summe	7 780	100.0%

Tabelle 4.12: Endenergiebedarf für Niedertemperaturwärme in der Stadtgemeinde Bremen, Stand 1986 (ohne Klöckner)

Im einzelnen stellt sich die Situation wie folgt dar:

Gasversorgung: Das Stadtgebiet Bremen ist praktisch flächendeckend mit Gasleitungen erschlossen. Der Gasabsatz deckt derzeit ca. 1/3 des Endenergiebedarfes zur Wärmebereitstellung.

Fernwärme: Die Stadtwerke haben im Bremer Osten eine Fernwärmeversorgung aufgebaut, die zum überwiegenden Anteil aus Gas-Kesseln gespeist wird. Nur ca. 30% stammen aus einer Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage (Kraftwerk Hastedt-Block 14). Mit Inbetriebnahme des Heizkraftwerks Hastedt-Block 15 wird die Fernwärme zum überwiegenden

²⁸ Auch in dieser Erhebung blieb die Müllverbrennungsanlage und der z.Zt. von ihr gedeckte Wärmebedarf – hauptsächlich Universität – außer Betracht.

²⁹ Dabei wurden Abschläge für Überdimensionierung angesetzt.

³⁰ Die Werte ergeben sich aus [?], Tabelle 3.3, durch Multiplikation der dort angegebenen "Nutzwärmeleistungen" mit der zugehörigen Benutzungsdauer 2500 h/a, sowie Addition des Fernwärmebezugs von 190 GWh/a für den Bereich Straßen-, Luft- und Raumfahrzeugbau (Daimler-Benz). s. Energiebericht f.d. Land Bremen 1985.

Teil in Kraft-Wärme-Kopplung – mit Kohle als Brennstoff – erzeugt werden. Der Fernwärmeabsatz betrug 1986 rund 500 GWh, entsprechend 6% des Gesamtwärmebedarfes in Bremen (ohne Klöckner). Hauptabnehmer ist z.Zt. die Daimler Benz AG.

Nahwärme: Der geringe Nahwärmeanteil (s. Tabelle 4.11) ist in Tabelle 4.12 nicht erfaßt. Die Stadtwerke Bremen planen z.Zt. den Bau eines Blockheizkraftwerkes für die Wärmeversorgung eines Wohnungsbaugebietes mit einer thermischen Leistung von rund 17 MW bei einer Wärmearbeit von 32 GWh/a.

Strom: Die Heizung mit Strom ist quantitativ unbedeutend. Der angegebene Wert enthält allerdings *nicht* die Warmwasserbereitstellung in den immer noch weit verbreiteten Elektroboilern und Durchlauferhitzern (vgl. hierzu Abschn. D 1).

Kohle/Heizöl: Kohle wird überwiegend in der Industrie eingesetzt; bei der Wohnraumbeheizung wurde sie fast völlig verdrängt. Heizöl dominiert mit ca. 50% den Wärmemarkt.

4.2.1.2 Ergebnisse

Fernwärmeausbau

Parallel zum Bau des Heizkraftwerkes Block 15 in Hastedt findet derzeit ein begrenzter Ausbau der Fernwärme im Bremer Osten statt. Darüber hinaus war ein weiterer Ausbau zu Beginn der Untersuchungen des BEB nicht geplant.

Die oben (Abschn. D 2.1) schon erwähnte Revision der Möglichkeiten zur Auskopplung von Fernwärme im Kraftwerk Hafen–Block 6 führte dann zu einem gemeinsamen Auftrag von Stadtwerken und BEB an die AGEF, in der die mittelfristig (etwa bis zum Jahr 2000) realisierbaren Möglichkeiten eines durchgreifenderen Ausbaus der Fernwärmeversorgung – auf der Basis des Kraftwerkes Hafen – erneut untersucht wurden [?].

Im Verlauf dieser Untersuchung wurden auch Alternativen zur Führung der vom Kraftwerk abgehenden Transportleitung untersucht. Noch vor Abschluß der Untersuchung stellte sich die Möglichkeit einer günstigen Trassenführung (entlang der ehemaligen Bahnstrecke) heraus, so daß die ursprünglich veranschlagten Kosten für eine Transportleitung zwischen den Kraftwerken Hafen und Hastedt deutlich reduziert werden können.³¹

Aufgrund der vorangegangenen gebäudescharfen Erhebung des Wärmebedarfes (s. S. 116) konnte die AGEF zunächst ein augenscheinlich für die Fernwärmeversorgung geeignetes "Untersuchungsgebiet" definieren, das sich vom Kraftwerk Hafen über die Stadtmitte zum Bremer Osten erstreckt und auch südliche Stadtteile (insbesondere die Neustadt) einschließt (vgl. Abb. 4.18). Es umfaßt rund zwei Drittel des gesamten Bremer Wärmebedarfes (ohne Klöckner). In diesem Gebiet wurden auf der Basis der erhobenen Mikrodaten der Wärmebedarf und die Länge der erforderlichen Versorgungsleitungen für die einzelnen Planzellen als Basis für eine wirtschaftliche Grobbewertung der Fernwärmewürdigkeit erhoben.

³¹Wegen der begrenzten Bearbeitungszeit konnte das allerdings im Bericht der AGEF [?] nicht mehr berücksichtigt werden.

Abbildung 4.18: Fernwärmeuntersuchungsgebiet, nach Stadtteilen

Abbildung 4.19: Anteil der verschiedenen bisherigen Heizenergieträger an der Verdrängung durch Fernwärme im Jahr 2000 (Ölpreisvariante **A**, Gasverdrängung 50%)

Den Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden folgende Randbedingungen zugrunde gelegt:

- Ölpreissteigerungen von derzeit ca. 3.5 Pf/kWh (35.– DM/MWh) auf (inflationsbereinigt)³²

Variante A: 6 Pf/kWh (60.– DM/MWh) im Jahr 2000 und

Variante B: 7.5 Pf/kWh (75.– DM/MWh) im Jahr 2000

(Diese spezifischen Kosten liegen immer noch deutlich unter dem Niveau der Jahre 1981–1985). Der Fernwärmepreis wird aus dem Ölpreis als anlegbarer Preis ermittelt;

- Beginn des Fernwärmeausbaus 1990 und Erreichen der planmäßig endgültigen Anschlußdichte im Jahr 2000;
- Berücksichtigung von entgangenen Gewinnen aus dem durch Fernwärme substituierten Gasabsatz;
- Reduzierung des Wärmebedarfs durch Einsparung (z.B. verbesserte Wärmedämmung), pauschal für alle Verbraucher: 10% .

Während nach diesen Berechnungen das *fernwärmewürdige Potential* (d.h. das Heizenergiepotential, für dessen Fernwärmeversorgung die Stadtwerke überhaupt einen positiven

³²Die dritte der Preisvarianten des BEB mit dem hohen Preisniveau (vgl. Tab. 3.1) wurde hier nicht in Betracht gezogen, da die Gewinne dort entsprechend noch höher ausfallen würden.

Überschuß erwirtschaften können) sich für die beiden Ölpreisvarianten nur unwesentlich unterscheidet, sind die *Überschüsse* – und damit auch die Gewinne der Stadtwerke aus dem Fernwärmegeschäft – in der mittleren Variante (**B**) naturgemäß *höher*³³ als in der niedrigen Ölpreisvariante (**A**)³². Wegen der sehr geringen Gestehungskosten der Fernwärme im Kraftwerk Hafen ist die Gasverdrängung in den fernwärmewürdigen Gebieten trotz des entgangenen Gewinns aus dem Gasabsatz sehr lohnend.

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen zeigen, daß bei einer unterstellten Verdrängung (innerhalb des fernwärmewürdigen Gebietes) von Gas um 50% und von Heizöl/Kohle um 60% etwa 1 900 GWh Fernwärme³⁴ mit sehr erheblichen Gewinn abgesetzt werden können.

Ein Fernwärmeausbau für das so ausgewiesene Potential (also um 1 900 GWh/a) kann durch eine Wärmeauskoppelung im Kraftwerk Hafen–Block 6 (und ein zusätzliches Spitzenheizwerk) gedeckt werden. Darüber hinaus verbleibt eine Leistungsreserve im Block 6 sowie das Fernwärmepotential des Blocks 5.

Die Abbildung 4.19 zeigt, wie sich die Substituierung der bisherigen Heizenergieträger durch Fernwärme auf die verschiedenen Energieträger aufteilt. Hierbei ist wieder angenommen, daß innerhalb des Fernwärmeausbaugesbietes 50% Gas und 60% an Heizöl/Kohle verdrängt werden. Für diesen Fall würde der Anteil der Fernwärme an der Niedertemperatur-Wärmeerzeugung im Stadtgebiet (ohne Klöckner) von derzeit 6% auf gut ein Drittel steigen. Der Ausbau würde zur Einsparung von 1 250 GWh/a an Brennstoff führen.

Aufgrund der günstigen Ergebnisse dieser Voruntersuchung haben die Stadtwerke der AGEP eine weitere Studie in Auftrag gegeben, die die Sequenzen einer Realisierung des Fernwärmeausbaus aufzeigen soll und im ersten Halbjahr 1989 durchgeführt wird.

³³ naturgemäß deshalb, weil sich die erzielbaren Verkaufspreise für Fernwärme am Heizölpreis orientieren.

³⁴ Dieses Potential enthält *nicht* die bestehende Fernwärmeversorgung von 500 GWh/a im "Bremer Osten".

Nutzung von industrieller Abwärme³⁵

Das Ingenieurbüro IBEK, Bremen, erhielt 1987 vom BEB den Auftrag, für das Land Bremen das Abwärmepotential im industriellen und gewerblichen Bereich abzuschätzen [?].

Zu diesem Zweck wurde ein Fragebogen entworfen und an alle relevanten Firmen verschickt. Der Rücklauf war zwar mit 35% relativ gering, jedoch konnten alle größeren Abwärme-Emittenten erfaßt werden.

Die Studie kommt zu dem Ergebnis, daß in Bremen ein Abwärmepotential – überwiegend nur im Niedertemperaturbereich – von ca. 50 MW_{th} vorhanden ist. Bei einer herkömmlichen Anhebung der niedrigen Temperaturen mittels Wärmepumpen auf ein Temperaturniveau, auf dem eine Gebäudebeheizung möglich wird, und bei zusätzlicher Installation von Reserve- und Spitzenkesseln ergibt dies ein Gesamt-Wärmepotential von ca. 200 MW, entsprechend ca. 5% des Gesamt-Wärmebedarfs im Land Bremen. Praktisch nutzbar scheinen aber z.Zt. nur das Abwärmepotential aus Kaffeeverarbeitungsbetrieben im Bremer Industriehafen und die Abwärme der Beck's-Brauerei in der Bremer Innenstadt. Für das letztere Objekt wurden in einer gesonderten Studie die Möglichkeiten einer Wärmeversorgung für eine Nahwärmeinsel untersucht [?], welche im folgenden Abschnitt beschrieben werden.

Nahwärmeversorgung

Unter "Nahwärme" wird hier ausschließlich die Wärmenutzung aus dezentralen Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen mit den dazugehörigen Spitzenkesseln verstanden (also nicht die Heizwerke des gemeinnützigen Wohnungsbaus). Die Größe sogenannter *Nahwärmeinseln* wird begrenzt durch die BHKW-Technik. Blockheizkraftwerke sind für Inseln mit thermischen Leistungen von bis zu 30 MW wirtschaftlich realisierbar.

Der Aufbau einer umfangreichen BHKW-Kapazität in Bremen-Stadt ist angesichts der existierenden Kraftwerkskapazität problematisch (vgl. S. 112 und Kapitel C, S. 56). Dennoch hat der BEB dazu folgende Studien veranlaßt:

- die zuvor erwähnte Studie der IBEK [?] zur Nutzung der Brauerei-Abwärme mit einer Tandemanlage (BHKW/Gaswärmepumpe)
- eine Studie der UTEC [?] zum Einsatz von BHKW in Bremer Industriebetrieben
- eine Studie der UTEC [?] zur Identifikation potentieller BHKW-Nahwärmeinseln *außerhalb des Gebietes*, das die AGEP-Studie [?] als mittelfristig für die Fernwärme erschließbar ermittelt hat.

Zuvor hatten bereits die Stadtwerke einen Auftrag für eine BHKW-Studie erteilt [?]. Dessen Ergebnis führte zur aktuellen Planung der Stadtwerke führte, ein großes BHKW zur Versorgung der Nahwärmeinsel Sodenmatt zu errichten.

Die Studie der IBEK [?] kam zu dem Ergebnis, daß mit einer Tandem-Anlage (Leistung ca. 1 MW_{el}, 6 MW_{th}) die Brauerei-Abwärme in der Neustadt genutzt werden kann, um

³⁵Die weitaus bedeutendste Abwärmequelle, die Klöckner-Hütte AG, wurde wegen technischer Probleme und der Verbraucherferne nicht untersucht.

eine Nahwärmeinsel (öffentliche Gebäude und Wohnungen, rund 20 MW Anschlußleistung, zu 90% ölbeheizt) wirtschaftlich versorgen zu können. Die Insel liegt innerhalb des von der AGEP identifizierten potentiellen Fernwärmegebietes und könnte später in das Fernwärmenetz integriert werden. Die Studie wurde den Stadtwerken zur Prüfung auf Realisierbarkeit übergeben.

Die Industrie-Studie der UTEC [?] bestätigte anhand konkreter Projekte die grundsätzlichen Probleme des Einsatzes von BHKW in Industrieunternehmen (vgl. Kapitel C, S. 56). Es wird in der Regel eine sehr kurze Amortisationszeit (4 Jahre) erwartet,³⁶ die nur bei hoher Ausnutzung der BHKW-Leistung erreichbar ist. Zudem ist die Motivation zur Planung und Errichtung von BHKW häufig nicht vorhanden, weil die Energieversorgung im Rahmen der Zielsetzungen und Produktionskosten des Unternehmens als von untergeordneter Bedeutung gesehen wird.

In Bremen-Stadt erscheint vor allem die Vulkan-Werft aufgrund ihres sehr hohen Energiebedarfes als potentieller BHKW-Betreiber interessant. Eine abschließende Beurteilung des BHKW-Potentials ist dort aber erst nach Abschluß einer energetischen Sanierung möglich (die in Teilbereichen bereits begonnen wurde).

Zusätzlich zu diesen speziellen Studien identifizierte eine weitere Studie der UTEC [?] mittels einer Grobanalyse das BHKW-Nahwärmepotential, das in der Stadtgemeinde Bremen außerhalb des oben beschriebenen Fernwärmeausbaugesbietes vorhanden ist. Dabei wurden zunächst die Verbraucher identifiziert, die als Nahwärmeinseln mit über 1 MW Wärmeleistungsbedarf in Frage kommen. Mittels pauschaler Erfahrungswerte für die Benutzungsdauer (je nach Verbrauchertyp) und für die Auslegung von BHKW wurde hieraus das für die wirtschaftliche Realisierung von BHKW geeignet erscheinende Potential ermittelt.

Es wurden knapp 80 Nahwärmeobjekte mit einer Heizleistung > 1MW identifiziert. Die energetischen Gesamtpotentiale sind wie folgt:

Endenergie bisher	534 GWh/a
davon Gas	69%
Heizöl	31%
Endenergiebedarf BHKW	ca. 1 000 GWh/a
davon Gasmotore	ca. 900 GWh/a
Spitzenkessel	ca. 100 GWh/a
elektrische Leistung BHKW	ca. 55 MW
elektrische Arbeit BHKW	ca. 220 GWh/a

Der Energiebedarf aus Gas würde damit um 630 GWh/a zunehmen. Es würden 160 GWh/a an Heizöl substituiert werden. Die in BHKW installierte elektrische Leistung entspräche etwa 8% der Jahreshöchstlast in Bremen. Der Absatz aus Wärme- bzw. Stromarbeit läge bei etwa 7% des Bremischen Bedarfes.

Der Ausbau eines derartigen Nahwärmepotentials auf BHKW-Basis würde – bei Wärme-gutschriften zu anlegbaren Wärmepreisen – zu BHKW-Stromerzeugungskosten führen, die *erheblich unter* denen gleichzeitig gebauter Kondensationskraftwerke liegen. Nicht nur aus Gründen der rationellen Energieumwandlung, sondern auch aus Kostengründen wäre

³⁶Einer Wirtschaftlichkeitsberechnung nach dem Konzept der "life cycle costs" müßte fast die doppelte Zeit zugrundegelegt werden (vgl. Kapitel C, S. 47).

daher bei Bedarf an zusätzlicher Stromerzeugungskapazität die Errichtung von BHKW der Errichtung von Kondensationskraftwerken ganz entschieden vorzuziehen. Das gilt einerseits für den – praktisch auch auf lange Sicht kaum wahrscheinlichen – Fall, daß die Bremer Stadtwerke neue Kapazität benötigen, andererseits aber auch überregional. Daher wäre aus gesamtwirtschaftlicher wie aus ökologischer Sicht *der Ausbau der BHKW-Kapazität in Bremen in Verbindung mit Stromlieferungen an das Umland* erstrebenswert. Das setzt freilich sowohl eine Veränderung der rechtlichen Rahmenbedingungen wie auch Änderungen der Machtverhältnisse im Bereich der Elektrizitätswirtschaft voraus (vgl. hierzu Abschn. E 2).

Auswirkungen des Nah- und Fernwärmeausbaus auf die Emissionen

Der BEB beauftragte schließlich die UTEC damit, den Einfluß eines Ausbaus der Nah- und Fernwärme auf die Emissionen der wichtigsten Luftschadstoffe abzuschätzen [?]. Zwar hat der Bremer Energiebeirat die Entwicklung der Schadstoffemissionen auch noch in verschiedenen anderen Studien untersucht (vor allem im Vergleich der Energieszenarien des BEB, s. Abschnitte C 3 und E 1). Ein detaillierter Vergleich der hier untersuchten Vorschläge und Maßnahmen untereinander ergänzt die globalere Betrachtung jedoch auf sinnvolle Weise.

Bei der Untersuchung der UTEC wurde angenommen, daß die *gesamte Stromerzeugung* in der Stadtgemeinde Bremen von diesem Ausbau unabhängig bleibt — so wie der *gesamte Strombedarf* Bremens ja davon unabhängig ist. Um den Einfluß von Nah- und Fernwärme getrennt beurteilen zu können, wurden drei mögliche Entwicklungen bis zum Jahr 2000 (bei jeweils gleichem Nutzwärmebedarf) verglichen:

1. kein Ausbau von Nah- und Fernwärme, Wärmebedarf gegenüber dem heutigen Stand um 10% reduziert
2. Ausbau nur der Fernwärme gemäß AGEP [?] (um 1 900 GWh/a)
3. Ausbau nur der Nahwärme gemäß UTEC [?] (um 500 GWh/a).

Für diese drei Varianten wurde der Endenergiebedarf zur Wärmebereitstellung in Bremen ermittelt (vgl. Abbildung 4.20).

Aus dem ermittelten Endenergiebedarf der einzelnen Energieträger wurden die Emissionen für die drei Varianten ermittelt unter Ansatz von spezifischen Emissionen

- für die Fernwärmeerzeugung entsprechend den erwarteten Emissionen der Bremer Kraftwerke nach Abschluß der emissionsmindernden Maßnahmen,
- für die Nahwärmeerzeugung aus BHKW nach Erfahrungswerten (mit Katalysator),
- für die sonstigen Heizungen/Feuerungen nach ISP/DIW [?], unter Berücksichtigung von Emissionsminderungen durch verbesserte Kesseltechnik.

Die Reduktion der Emissionen infolge des Ausbaus von Nah- und Fernwärme gegenüber dem Zustand ohne weiteren Ausbau ist in Abbildung 4.21 dargestellt. Es wird deutlich, daß alle betrachteten Emissionen durch den Ausbau von Nah- und Fernwärme vermindert würden (Ausnahme: Staub bei Fernwärmeausbau).

Abbildung 4.20: Entwicklung des Endenergiebedarfs (Wärme) in Bremen, 1986 bis 2000, in GWh/a

Abbildung 4.21: Reduzierung der Emissionen durch Ausbau von Nah- und Fernwärme
(Zustand ohne weiteren Ausbau: 100%)

4.2.1.3 Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Untersuchungen zum mittelfristig realisierbaren Ausbau einer energiesparenden Wärmeversorgung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Es gibt über das bisher realisierte Fernwärmepotential im Bremer Osten (500 GWh/a) hinaus ein mittelfristig realisierbares wirtschaftliches Fernwärmepotential von ca. 1 900 GWh/a, welches vom Kraftwerk Hafen aus zu decken wäre. Die Stadtwerke verfolgen diese Möglichkeit mit einer vertiefenden Untersuchung weiter.
- Es gibt ein erhebliches Nahwärmepotential außerhalb des genannten Fernwärmevorranggebietes von bis zu 300 MW_{th} bzw. 60 MW_{el}. Der Realisierung dieses Potentials stehen jedoch zum Teil erhebliche Schwierigkeiten entgegen (Strom-Überkapazitäten der Stadtwerke, betriebswirtschaftliche Anforderungen privater Investoren, rechtliche Hemmnisse). Es wird deshalb noch beträchtlicher Anstrengungen – auch auf politischer Ebene – bedürfen, bis dieses Potential annähernd vollständig ausgeschöpft werden kann.
- Das Abwärmepotential ist demgegenüber sehr gering. Lediglich *ein* größeres Objekt scheint realisierbar.
- Die Emissionen der vier wichtigsten Schadstoffe (CO₂, SO₂, NO_x, Staub) würden durch den Ausbau sowohl der Fernwärme als auch der Nahwärme reduziert werden.

Ein Blick auf andere Großstädte zeigt, daß Bremen es in der Vergangenheit versäumt hat, Nah- und Fernwärmepotentiale in angemessenem Umfang zu nutzen.

4.2.2 Bremerhaven

4.2.2.1 Bestandsanalyse

Die Situation Bremerhavens ist dadurch gekennzeichnet, daß sich das Gebiet aus drei Einheiten zusammensetzt:

1. die Stadt Bremerhaven (Wohngelände mit relativ wenig Industrie),
2. das Gebiet unter Verwaltung des Hansestadt-Bremischen-Amtes HBA (Industriegebiet im Hafen, zur Stadtgemeinde Bremen gehörig),
3. das Gebiet unter Verwaltung der Fischereihafenbetriebsgesellschaft FBG (Industriegebiet im Hafen, dem Land gehörend, kommunalpolitische Zugehörigkeit zu Bremerhaven).

Die Stadtwerke Bremerhaven sind ein 'Querverbundunternehmen', dessen Versorgungsgebiet die Stadt Bremerhaven bildet. Darüber hinaus werden die Gebiete des HBA und der FBG direkt mit Gas beliefert. Die Stromversorgung wird in diesen Gebieten von dem HBA bzw. der FBG selbst geleistet. Die Stadtwerke Bremerhaven leiten die elektrische Energie vom Vorlieferanten Überlandwerke Nord-Hannover (ÜNH) durch ihr Netz hindurch. Der Anteil von HBA und FBG am gesamten Bremerhavener Elektrizitätsabsatz beträgt 12.5 bzw. 20.6%.

Die Stadtwerke errichteten ab 1959 ein Dampfnetz in der Stadtmitte, das aus dem Heizkraftwerk Schifferstraße gespeist wurde. Das alte Heizkraftwerk wurde 1983 umgerüstet und dient heute nur noch als Spitzenheizwerk. Zur Zeit beziehen die Stadtwerke Strom und Wärme von der Müllbeseitigungsanlage (MBA). Die MBA wiederum betreibt ein eigenes Fernwärmenetz. Da zukünftig MBA und Stadtwerke ihre Fernwärmeaktivitäten koordinieren, wird im folgenden bezüglich der Fernwärme nicht mehr nach MBA und Stadtwerken unterschieden.

Die MBA betreibt auf dem Bremerhavener Stadtgebiet eine Müllverbrennungsanlage mit einer Kapazität von 280 000 t/a (genehmigte Obergrenze). Es wird nicht nur der Müll der Stadt Bremerhaven, sondern auch der einer Reihe von Kreisen und Gemeinden des niedersächsischen Umlandes verbrannt. Die MBA verfügt über 3 Müllkessel mit 67 t/h Dampf sowie einen Ölkessel mit 65 t/h Dampf. Über Entnahmekondensation werden 2 Turbinen von je 10 MW_{el} mit Dampf gespeist.

Die MBA versorgt das Krankenhaus Reinkenheide mit Dampf und betreibt ein Heißwassernetz zur Versorgung einiger Großverbraucher. In Zukunft werden die Stadtwerke aus dem Rücklauf des Krankenhauses Wärme auskoppeln, um damit die Siedlung Bürgerpark-Süd zu versorgen. Schließlich werden die Stadtwerke die bestehenden Leitungen der MBA weiter ausbauen, so daß eine enge Verflechtung zwischen beiden Wärmeversorgern (Stadtwerke und MBA) entsteht.

Im folgenden wird die Energiebereitstellung, unterschieden nach Strom und Wärme, quantifiziert.

Strom

Elektrizitätsbedarf und -bereitstellung gliedern sich in Bremerhaven wie folgt (1986):

Bedarf (462 GWh)		Bereitstellung	
Stadt Bremerhaven	66.9%	ÜNH	90.4%
HBA	12.5%		
FBG	20.6%		

Durch die Lieferverträge mit der ÜNH wurde das Eigenerzeugungspotential in der Vergangenheit auf 15% der abgenommenen Bremerhavener Leistung begrenzt. Im 1987 neu abgeschlossenen Liefervertrag ist diese Grenze auf 50%³⁷ angehoben worden; eine darüber hinausgehende Ausweitung der Eigenerzeugung bedarf vertragsgemäß der erneuten Verhandlung zwischen den Stadtwerken Bremerhaven und der ÜNH. In Bremerhaven werden zur Zeit zwei Blockheizkraftwerke betrieben.

	Betreiber	eingesetzter Energieträger	Leistung KW _{el}	Bemerkungen
Klärwerke Bremerhaven	Gewerbe	Klärgas	1 080	im FBG-Gebiet
Bremer-Lagerhaus-Ges.	Gewerbe	Erdgas	860	im HBA-Gebiet

Tabelle 4.13: Blockheizkraftwerke in Bremerhaven

Wärme

Die Stadtwerke Bremerhaven haben jüngst einen detaillierten Wärmeetlas erstellt. Danach (Stand Dezember 1988) betrug im Jahr 1986 der Wärmebedarf in ganz Bremerhaven 1 423 GWh/a (Endenergie), wovon ca. 13% auf die von FBG und HBA verwalteten Gebiete entfielen. Dieser Bedarf wurde 1986 gedeckt durch Unter Einschluß der

	GWh/a	
Fernwärme aus MBA (Versorgung durch Stadtwerke)	128	9.0%
Gasheizwerke (große Wohnsiedlungen)	133	9.4%
Sonstige Gasversorgung	404	28.4%
Nachtstrom	7	0.5%
leitungsgebundener Bedarf (Versorgung durch Stadtwerke)	672	47.3%

Fernwärmelieferung der MBA an Endverbraucher (50 GWh/a) deckte die Fernwärme ca. 175 GWh/a, entsprechend 12% des gesamten Wärmebedarfes von Bremerhaven. Rund die Hälfte entfällt auf die nicht-leitungsgebundenen Endenergieträger Heizöl und Kohle.

Zur Zeit verlängern die Stadtwerke das Netz der MBA in Richtung Lehe/Goethestraße, um im Norden an das bestehende Netz, das von der Schifferstraße ausgeht, anzubinden. Diese Maßnahmen werden durch das 'ZIP II'-Programm des Bundes gefördert. Wegen der z.Zt. schlechten Wettbewerbssituation der Fernwärme gegenüber Heizöl/Gas fördern die Stadtwerke den Fernwärmeanschluß mit erheblichen Mitteln:

³⁷Zur rechtlichen Zulässigkeit einer vertraglichen Begrenzung der Eigenstrom-Erzeugung und zur Beteiligung des BEB an der Klärung dieser Frage s. Abschn. E 2.

- Übernahme der Hausanschlußkosten und
- Verzicht auf Baukostenbeteiligung des Kunden.

Die Förderung in dieser Höhe ist bis Mitte 1989 zeitlich begrenzt.

Bremerhaven ist zu 90% mit Gasleitungen versehen. Die Stadtwerke bauen den Gasabsatz, der bereits knapp 40% des Wärmebedarfs deckt, weiter aus. Der Einsatz von Nachtspeicherheizungen wird nicht gefördert.

4.2.2.2 Ergebnisse

Der Rahmen

Angesichts des bisher geringen Anteils der Stromeigenerzeugung am Strombedarf und des Fortfalls der bisherigen vertraglichen Begrenzungen führt in Bremerhaven – anders als in Bremen – ein Ausbau der Wärmeversorgung in Kraft-Wärme-Kopplung auch zur Erhöhung der eigenen Stromerzeugung zu Lasten von Stromlieferungen der ÜNH (aus Kraftwerken der PreussenElektra). Stromseitig behindern sich daher der Ausbau von Fernwärme und Nahwärme nicht. Wärmeseitig war aufgrund des detaillierten Wärmeetlas der Stadtwerke eine Grobabgrenzung von vornherein plausibel:

- Für den Ausbau der Fernwärme kommt ein innerstädtischer Bereich in Frage, der rund die Hälfte des gesamten Wärmebedarfes umfaßt,
- In den Außenbereichen bieten sich erhebliche Möglichkeiten für den Einsatz größerer BHKW-Nahwärmeinseln an. Dies ist vor allem in Gebäudekomplexen der Wohnungsbau- und Baugesellschaften, die bereits durch Heizwerke versorgt werden, und in Einrichtungen bzw. Siedlungen der US-Armee der Fall.

Langfristig scheint auch ein Anschluß der Nahwärmeinseln an das zentrale Fernwärmenetz denkbar.³⁸ Industrielle Abwärmepotentiale, die im nennenswerten Maß zur Wärmeerzeugung beitragen könnten, wurden im Rahmen der hier vorgestellten Untersuchungen [?] in Bremerhaven nicht identifiziert.

Fernwärme

Die Abbildung 4.22 zeigt dick umrandet den innerstädtischen Bereich, innerhalb dessen eine Expansion der Fernwärmeversorgung seitens der Stadtwerke vorgesehen ist. In diesem Bereich liegt die Wärmedichte überwiegend über $30 \text{ MW}/\text{km}^2$, teilweise über $60 \text{ MW}/\text{km}^2$. Der Wärmebedarf beträgt dort rund die Hälfte des gesamten Wärmebedarfes von Bremerhaven (einschließlich HBA/FBG). Der Anteil der Fernwärme in diesem Gebiet betrug 1986 etwa 15%.

Nach den Vorstellungen der Stadtwerke soll in diesem Gebiet mittelfristig die Fernwärmeversorgung aus der MBA bis an die Grenze ihrer Kapazität ausgebaut werden, wofür

³⁸Wie oben (S. 110) schon dargestellt, hat der BEB mit seinen Untersuchungen zur energiesparenden Wärmeversorgung vornehmlich das Ziel verfolgt, die *mittelfristig* realisierbaren Möglichkeiten aufzuzeigen. Die Studien zu Bremerhaven haben deshalb die hier genannte Möglichkeit bewußt nicht einbezogen.

1988 Fernwärmevorrang- bzw. -erweiterungsgebiete festgelegt wurden. Zudem sind am Rande des Gebietes zwei große BHKW-Nahwärmeinseln vorgesehen, von denen eine (Blink/Engenmoor) bereits 1989 realisiert wird.

Nach Realisierung dieser von den Stadtwerken teils fest geplanten, teils anvisierten Möglichkeiten würde im innerstädtischen Bereich gut die Hälfte des Wärmebedarfes durch in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugte Wärme gedeckt. Der Rest scheint zunächst kaum geeignet für die Fernwärmeversorgung, vor allem wegen des dort sehr hohen Anteils an Gas-Etagenheizungen.

In einem gemeinsam von den Stadtwerken und dem BEB im Sommer 1988 auf eine Anregung des BEB hin erteilten Auftrag, hat die Prognos AG die Möglichkeit untersucht, auch den verbleibenden innerstädtischen Bereich weitgehend mit Fernwärme zu versorgen. Aufgrund des Wärmepotentials wurde der Studie die Errichtung eines Gas- und Dampf-Heizkraftwerkes zugrundegelegt.

Die Studie hatte insbesondere zu prüfen, ob auch in den Gebäuden mit Gas-Etagenheizungen eine Fernwärmeversorgung wirtschaftlich realisierbar sei (trotz der erheblichen Kosten, die durch die dazu notwendigen Installationen innerhalb der Gebäude auftreten). Im Gegensatz zu der Fernwärmestudie für Bremen [?] baute die Studie nicht auf Mikrodaten auf, sondern auf pauschalen Erfahrungswerten für die Kosten der Wärmeverteilung. Sie betrachtete eine Spannweite von erreichbaren Anschlußgraden, entsprechend auch von Leistungsgrößen des zu errichtenden Heizkraftwerkes.

Diese Studie ergab, daß in dem Restbereich des innerstädtischen Gebietes auch für die Gebäude mit Gas-Etagenheizungen eine Fernwärmeversorgung auf der Basis einer Gas- und Dampfanlage als wirtschaftlich realisierbar erscheint. Bedeutsam ist dabei, daß das Ergebnis nur wenig vom Ölpreinsniveau beeinflusst wird, weil (längerfristig) sowohl die Wärmeerlöse – der anlegbare Fernwärmepreis – als auch die Brennstoffkosten des Kraftwerkes – der Gaspreis – sich am Heizölpreis orientieren.

Bei einem Anschlußgrad von nur knapp 50% in dem betrachteten Restgebiet (und einer 15–20%igen Reduktion des derzeitigen Wärmebedarfes durch Wärmedämmung) wäre eine Leistung des Gas- und Dampfkraftwerkes von etwa $15 \text{ MW}_{\text{el}}$ und $21 \text{ MW}_{\text{th}}$ erforderlich.

Nahwärme

1987 beauftragte der BEB die UTEC mit einer Studie zu den Möglichkeiten der BHKW-Nahwärme-Versorgung [?]. Die Studie fußt auf dem von den Stadtwerken Bremerhaven damals zur Verfügung gestellten Entwurf eines Wärmeetlas für Bremerhaven. Zu der Zeit hatten die Stadtwerke bereits den Ersatz des Gas-Heizwerkes in der NH-Wohnsiedlung Leherheide durch ein Blockheizkraftwerk in Betracht gezogen.

Vereinbarungsgemäß beschränkte UTEC die Suche nach Nahwärmeobjekten auf das Gebiet außerhalb³⁹ des Fernwärmegebietes (vgl. Abbildung 4.22). UTEC konnte 14 Nahwärmeinseln mit einer Gesamtleistung von $160 \text{ MW}_{\text{th}}$ bzw. knapp $40 \text{ MW}_{\text{el}}$ benennen (vgl. Abbildung 4.23, Inseln A-O).

Die anschließende Diskussion mit den Stadtwerken erbrachte weitgehende Übereinstimmung in der Wahl und der Dimensionierung der Inseln. Abweichend von der UTEC-Studie wer-

³⁹Im Randbereich gibt es einige Überlappungen.

Abbildung 4.22: Verdichtete Wohngebiete (Fernwärmegebiete) in Bremerhaven

den die Stadtwerke Bremerhaven jedoch in Kürze damit beginnen, die Inseln G und I (die Buchstaben beziehen sich auf Abbildung 4.23) mit Fernwärme zu beliefern. Die Inseln C sowie D und E (mit Modifizierungen) befinden sich in der Ausschreibungsphase für die Errichtung von Gasmotoren-BHKW. Innerhalb der Insel N stellt ein Industriebetrieb Voruntersuchungen zur Installation eines BHKW an. Auch die FBG denkt im Rahmen des Neubaus eines Heizwerkes an die Installation eines BHKW (Insel O).

Schließt man die bereits für die Fernwärmeversorgung vorgesehene Inseln G und I vom Nahwärmepotential aus, so ergibt sich eine Gesamt-Leistung von $32 \text{ MW}_{\text{el}}$ bzw. $137 \text{ MW}_{\text{th}}$. Die *elektrische Arbeit* infolge der Nahwärmeerzeugung beläuft sich auf 130 GWh/a entsprechend ca. 30% des Bremerhavener Gesamtbedarfes (incl. HBA und FBG). Für die *Wärmearbeit* aus Nahwärme ergeben sich 250 GWh/a entsprechend einem Anteil von knapp 20% am Gesamtwärmebedarf Bremerhavens.

Bezieht man die Nahwärme nur auf den Bedarf der Gebiete *außerhalb* des für die Fernwärmeerschließung vorgesehenen Gebietes, so ergibt sich ein Anteil von 40% der Nahwärme am Wärmebedarf.

Auswirkungen des Nah- und Fernwärmeausbaus auf die Emissionen

Die Emissionen in Bremerhaven aus der Wärmeerzeugung werden geprägt durch die relativ hohen Schadstoffwerte der Müllbeseitigungsanlage.⁴⁰

Bremerhaven hat zur Zeit nur geringe Eigenstromkapazitäten. Durch den Ausbau von Nah- und Fernwärme werden zusätzliche Stromerzeugungspotentiale aus der Kraft-Wärme-Kopplung erschlossen. Dies führt zu einer Verlagerung von Stromerzeugungskapazitäten von außerhalb Bremerhavens in das Stadtgebiet hinein.

Um zu interpretierbaren Vergleichen der Schadstoff-Emissionen durch eine direkte Wärmeversorgung (z.B. Heizkessel) und Strom-Fremdbezug auf der einen Seite, durch eine gekoppelte Strom-/Wärmeerzeugung aus BHKW auf der anderen Seite zu kommen, wird das sogenannte *Gutschriftverfahren* angewandt, das hier kurz erläutert werden soll:

Ausgangspunkt bei diesem Verfahren ist die Überlegung, daß Strom, der von außerhalb bezogen wird, zwar in Bremerhaven emissionsfrei genutzt wird; bei seiner Erzeugung im auswärtigen Kraftwerk aber fallen Schadstoffe an, die nach dem Verursacherprinzip nicht so sehr der auswärts stattfindenden Stromerzeugung, sondern vielmehr dem Verbrauch *in Bremerhaven* angelastet werden sollten. Umgekehrt folgt aus dieser Überlegung, daß die *Vermeidung von Stromfremdbezug* dem *Verbraucher*, d.h. also wiederum der Schadstoffbilanz *in Bremerhaven* positiv anzurechnen ist.

Ersetzt man also wie im hier interessierenden Fall Einzelkesselheizungen und Strom-Fremdbezug durch den Ausbau von BHKW, so sind bei der Schadstoffbilanz als *Verminderung* ('Gutschrift') zu rechnen

- die durch den Wegfall von Einzelheizkesseln (in Bremerhaven) vermiedenen Emissionen,

⁴⁰Die Emissionen der MBA wurden aus den vom Gewerbeaufsichtsamt genehmigten Obergrenzen errechnet.

Abbildung 4.23: Nahwärmeinseln in Bremerhaven

- die durch den Wegfall des Strom-Fremdbezugs (*auswärts*) vermiedenen Emissionen⁴¹.

Auf der anderen Seite sind als *Vermehrung* ('Lastschrift') die tatsächlichen Schadstoff-Emissionen zu rechnen, die durch den Betrieb der BHKW verursacht werden.

Da die Emissionen aus (in der Regel gasbefeuernten) BHKW für einige Schadstoffe von vornherein niedriger sind als die aus einem Kohlekraftwerk, können sich für die Nahwärme rechnerisch zum Teil *negative* Emissionswerte ergeben.

Das Verständnis dieses Verfahrens ist wesentlich für die Interpretation der nun folgenden Ergebnisse.

Aus Abbildung 4.24 geht die Prognose des Endenergiebedarfes für den Referenzfall (d.h. ohne Ausbau der Nahwärme und ohne GuD-Heizkraftwerk) und den Fall eines forcier-ten Nah- und Fernwärmeausbaus hervor. Als Vergleichszeitpunkt wurde – wie auch für Bremen – das Jahr 2000 gewählt.

Abbildung 4.24: Endenergiebedarf in Bremerhaven für das Jahr 2000(2 Varianten)

Die Berechnungen (s. [?]) wurden alternativ mit und ohne Stromgutschrift durchgeführt, d.h. unter Einrechnung bzw. ohne Einrechnung der oben erläuterten Emissionsentlastung auswärtiger Gebiete, die durch die Verlagerung der Stromerzeugung nach Bremerhaven entsteht. Die Abbildungen 4.25 und 4.26 zeigen die Entwicklung der Emissionen für das Jahr 2000. Die Graphiken machen deutlich, daß für beide Betrachtungsfälle die Emissionswerte stagnieren bzw. erheblich zurückgehen. Einzig der CO₂-Ausstoß würde sich

⁴¹Hierbei werden rechnerisch die typischen Emissionswerte eines Kohlekraftwerkes zugrundegelegt, weil BHKW in der Regel Mittellaststrom – und damit meist Kohlestrom – verdrängen.

innerhalb des Stadtgebietes nennenswert erhöhen (+6%). Da die Umweltgefährdungen durch die CO₂-Emissionen aber globaler Natur sind (vgl. Kap. A), kommt es überhaupt nicht darauf an, *wo* emittiert wird; deshalb ist hier die globale Betrachtungsweise (d.h. *mit Gutschrift*) die einzig angemessene. Es bleibt deshalb auch für Bremerhaven dabei, daß die Einführung von Nah- und Fernwärme zu Emissions*reduzierungen* führt.

Abbildung 4.25: Emissionen in Bremerhaven nach Ausbau von Nah- und Fernwärme im Vergleich zum Referenzfall, für das Jahr 2000 (ohne "Stromgutschrift")

Abbildung 4.26: Emissionen in Bremerhaven nach Ausbau von Nah- und Fernwärme im Vergleich zum Referenzfall, für das Jahr 2000 (mit "Stromgutschrift")

4.2.2.3 Zusammenfassung

Die Untersuchungen zu den mittelfristig realisierbaren Möglichkeiten des Ausbaus einer energiesparenden Wärmeversorgung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Für die Fernwärmeversorgung eignet sich ein innerstädtischer Bereich, der etwa die Hälfte des Wärmebedarfes von Bremerhaven ausmacht. Hier ist zunächst ein weiterer Ausbau der Fernwärmeversorgung bis zur vollständigen Nutzung der beim MBA-Betrieb anfallenden Abwärme⁴² angebracht und auch von den Stadtwerken anvisiert. Darüber hinaus ist auch der Rest dieses Bereiches geeignet für eine weitgehende Erschließung mittels eines zusätzlichen Heizkraftwerkes (Gas- und Dampf-anlage).
- In den Außenbereichen gibt es ein hohes Nahwärmepotential, das durch dezentrale BHKW zu erschließen ist.
- Es ist kein nennenswertes Abwärmepotential gefunden worden, das für die Speisung eines Nahwärmenetzes zur Verfügung stünde.
- Bei vollständiger Realisierung der vorgeschlagenen Nah-/Fernwärmekonzepte
 - würde für den Betrieb des Heizkraftwerkes und der Blockheizkraftwerke mehr Gas benötigt, als durch die Nah- und Fernwärme an Gas verdrängt wird
 - könnte die insgesamt installierte elektrische Leistung (ein schließlich MBA) bis zu drei Vierteln der Netzhöchstlast decken
 - würden sich die Emissionswerte aller vier wichtigen Luftschadstoffe (CO₂, Schwefeldioxid, Stickoxide, Staub) verringern — bei einer Betrachtung ohne Stromgutschrift (bis auf SO₂) allerdings nur unerheblich.

Angesichts der begrenzten Planungskapazität und Finanzkraft der Stadtwerke hat zunächst der Ausbau der BHKW-Nahwärme-Kapazitäten und des Fernwärmenetzes auf der Basis der MBA Vorrang. Die Realisierung eines weiteren Heizkraftwerkes für die Fernwärmeversorgung steht erst nach Ausschöpfung der MBA-Abwärme an.

⁴²Ein Teil der Abwärme wird derzeit an die Umgebungsluft abgeführt.

4.3 Regenerative Energien

Schon in der Einleitung wurde darauf hingewiesen, daß die technisch weltweit erschließbaren Potentiale regenerativer Energieträger (Sonnenenergie, Wind- und Wasserkraft, Biomasse) grundsätzlich ausreichen, um den gesamten heutigen Welt-Energiebedarf zu decken. Diese Potentiale regenerativer Energieträger sind auf der Welt jedoch ähnlich ungleich verteilt wie der Energieverbrauch. So ist etwa die Sonneneinstrahlung in den verbrauchsstarken nördlichen Industriestaaten wesentlich schwächer als in den südlichen Ländern mit weitaus geringerem Energieverbrauch.

Der Pro-Kopf-Energieeinsatz in der Bundesrepublik wie auch in Bremen liegt weit über dem weltweiten Durchschnitt. Trotz aller Bemühungen, die Energieverschwendung durch Einsatz der bisher beschriebenen "neuen Energiequellen" *Einsparung* und *rationelle Energieversorgung* drastisch zu senken, wird auch längerfristig der Energiebedarf der Bundesrepublik nur teilweise durch regenerative Energieträger gedeckt werden können. In Bremen verschärft sich dieses Problem dadurch, daß Bremen als Stadtstaat nur in sehr geringem Umfang über unbebaute landwirtschaftliche Flächen verfügt.

Es wäre aber energiepolitisch ganz verfehlt, wollte man den derzeit hohen Energieeinsatz und die relativ zu südlicheren Ländern geringen Potentiale in Bremen als bleibenden Maßstab für die Bestimmung der Bedeutung und des zukünftigen Beitrags regenerativer Energieträger heranziehen. Auch für Bremen ist sorgfältig zu prüfen, welchen Beitrag die dritte der neuen Energiequellen zu einer neuen Energiepolitik des Landes leisten kann.

4.3.1 Hemmnisse und Chancen

Die Erschließung der Potentiale regenerativer Energieträger wird in hohem Maße vom herrschenden Preisniveau der konkurrierenden fossilen Energieträger Mineralöl, Gas und Kohle bestimmt. Dieser Einfluß betrifft im wesentlichen Zeitpunkt und Tempo der Erschließung der regenerativen Potentiale. Die gegenwärtig niedrigen Mineralölpreise bringen weder die Endlichkeit der fossilen Energievorräte noch die volkswirtschaftlichen Kosten in den Blick, die das Energiesystem durch Umwelt- und Gesundheitsschäden verursacht. Im Gegenteil: die gegenwärtigen Energiepreise lassen bei den Verbrauchern die Erinnerung an vergangene "Energiekrisen" (sogen. Ölkrise, Tschernobyl) allzu schnell verblassen.

Höhere Energiepreise als Folge von staatlichen Korrekturmaßnahmen sowie zunehmende Sensibilisierung und steigender Informationsstand in der Bevölkerung könnten dagegen die Erschließung des bedeutenden Potentials unerschöpflicher Energieträger schon in naher Zukunft stark beschleunigen.

Ein beträchtliches Hemmnis bei der Erschließung der regenerativen Energiepotentiale ist zur Zeit der immer noch zu niedrige Vergütungspreis für in die öffentlichen Netze eingespeisten Strom, der mit regenerativen Energieträgern – in Norddeutschland vor allem Windenergie – erzeugt wird. Die Stadtwerke Bremen z.B., die die Einspeisevergütung erst kürzlich angehoben haben, zahlen heute 9.1 Pf/kWh — einen Preis, der immer noch keine Marktkorrektur bewirken kann.

Wie oben (Abschnitt D 1) dargestellt, stellt die Realisierung der Energieeinspar-Potentiale hohe Anforderungen an die kleinräumige Erfassung und technisch-wirtschaftliche Erschließung der Potentiale. Dies gilt auch für die Nutzung der unerschöpflichen Energiequellen.

Auch hier handelt es sich um eine typisch *dezentrale* Nutzungstechnologie. Die Erfassung der Potentiale regenerativer Energieträger und deren planvolle Erschließung kann effektiv nur für kleinräumige Gebiete direkt vor Ort erfolgen. Deshalb kommt gerade dem energiepolitischen Engagement der Kommunen ein besonderer Stellenwert zu.

Dies gilt grundsätzlich auch für den Stadtstaat Bremen, ist aber von hervorragender Bedeutung in dem für die bremische Wirtschaft relevanten niedersächsischen Umland. Die Erschließung der vorhandenen regenerativen Potentiale wird deshalb ganz wesentlich unterstützt durch fachlich ausgewiesene und umsetzungsorientierte kommunale Energiekonzepte.

Bei den großen Energieunternehmen stoßen die regenerativen Energieträger gerade wegen der dezentralen Eigenschaften ihrer Nutzungstechnik weitgehend auf Ablehnung. Begründet wird diese Ablehnung in der Öffentlichkeit zwar meist mit dem Argument fehlender Wirtschaftlichkeit; in Wirklichkeit ist es aber wohl eher das – geschichtlich belegte⁴³ – Interesse der Energiekonzerne an der von ihnen zentral dirigierte Erzeugung von Strom in konventionell oder nuklear betriebenen Großkraftwerken sowie ihr traditionelles Bestandinteresse am Verteilungsmonopol für Strom und Gas. Beides dient den großen Energieunternehmen als gemeinsamer Nenner ihrer Interessen, von dem aus der energiewirtschaftlich dezentralisierend wirkende Einsatz regenerativer Energieträger bewertet wird.

Tatsächlich erzielen heute alle für unsere Breiten interessanten Nutzungstechniken regenerativer Energieträger, für die der Übergang vom Prototyp zur Fertigung in Kleinserien vollzogen ist, deutlich sinkende Anlagenkosten. Es kann erwartet werden, daß dieser Trend anhält. Schon Mitte der neunziger Jahre werden sich diesen Nutzungstechniken günstige Marktbedingungen eröffnen.

Wirtschaftlich vorteilhaft wirkt sich der sehr flexibel gestaltbare Einsatz der Nutzungstechniken regenerativer Energieträger aus. Auch die Kombination technischer Anlagen ist möglich. So ist die Nutzung der Energie z.B. aus Wind zur Stromerzeugung und aus Biomasse zur Strom- und/oder Wärmeenergieerzeugung wirtschaftlich eine sehr attraktive technische Option. Durch ihren dezentral flexibel organisierbaren Einsatz bietet sich mit der Nutzung regenerativer Energieträger eine Technik an, die einen den örtlich gegebenen Bedingungen angepaßten Betrieb erlaubt.

Wirtschaftliches Interesse

Die Nutzung der regenerativen Energieträger ist – neben der "Einsparenergie"⁴⁴ – die einzige Energiequelle, die die Atmosphäre nicht mit zusätzlichem CO₂ belastet. Allein schon aus diesem Grunde sind die regenerativen Energieträger von entscheidendem *volkswirtschaftlichem* Interesse. Darüber hinaus aber entfaltet die Nutzung regenerativer Energieträger im Zusammenhang mit Energieeinsparung und rationeller Energieversorgung auch eine erheblich größere Arbeitsplatzwirksamkeit als die heute übliche zentralistische und kapitalintensive Energietechnik. Die positiven Impulse für die Wirtschaft kommen dabei gerade den vor Ort ansässigen kleinen und mittleren Betrieben zugute. Investitionen

⁴³Das Energiewirtschaftsgesetz – heute noch in fast unveränderter Form gültig – stammt aus dem Jahr 1935. Mit diesem Gesetz ist die zentrale Stellung der Energiekonzerne geschaffen und bis heute stabilisiert worden – für das Hitlerregime als gezielte Vorbereitung auf den kommenden Krieg. Vgl. [Hellige 86].

⁴⁴hier einschl. der aus der rationellen Energieversorgung ersparten Energie verstanden.

werden also in den verbrauchsnahe kleinräumigen Gebieten kommunaler Hoheitsträger erforderlich, hier zahlen sie sich aber auch aus.

Für Bremen bietet sich die Chance, Geräte zur Nutzung regenerativer Energieträger in das Umland zu exportieren.

Im Bereich der regenerativen Energien ging es dem BEB daher um die Antwort auf zwei Fragestellungen:

- Welchen Beitrag können regenerative Energieträger bis zum Jahr 2000⁴⁵ für die Energieversorgung Bremens leisten?
- Ist zu erwarten, daß ihre Erschließung zu positiven Impulsen für die Wirtschaft und den Arbeitsmarkt in Bremen führt?

Diese Fragen wurden daher im Auftrag des BEB von ibek näher untersucht (vgl. [?]).

4.3.2 Erschließbare Potentiale

Da von vorneherein anzunehmen war, daß das im Gebiet des Landes Bremen selbst vorhandene Potential wegen der dichten Bebauung eher gering ist und die nachträgliche Installation von Anlagen auf bereits bebauten Flächen (z.B. Dach-Sonnenkollektoren) schwer abschätzbar ist, wurde in die Untersuchung [?] auch das für Bremen wirtschaftlich interessante Umland einbezogen. Als für Bremen relevanter *Norddeutscher Wirtschaftsraum*⁴⁶ erstreckt sich dieses Gebiet von der holländischen Grenze bis zur Elbe und ist östlich von Hannover sowie südlich von Osnabrück begrenzt.

Die Untersuchung konzentriert sich dabei auf die regenerativen Energieträger

- Biomasse (Gülle-, Restholz- und Reststrohverwertung)
- Sonnenenergie (für die Wassererwärmung in Privathaushalten und Freibädern)
- Wasserkraft (zur Stromerzeugung)
- Windenergie (zur Stromerzeugung)

Für das Land Bremen und den oben definierten *Norddeutschen Wirtschaftsraum* werden diese Energieträger durch vergleichende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bereits heute als konkurrenzfähige Alternative zu herkömmlichen Energieträgern (Kohle, Öl, Erdgas) ausgewiesen. Bei den anderen unerschöpflichen Energiequellen wie

- Erdwärme
- Meereswärme

⁴⁵Wegen der Unsicherheiten in der Beurteilung der technischen Entwicklung ist der Untersuchungszeitraum hier – im Gegensatz zu den übrigen Untersuchungen des BEB – auf die Zeit bis 2000 beschränkt worden. Im Hinblick auf den Szenarienvergleich ist das natürlich unbefriedigend. Die erforderliche Weiterführung der Untersuchungen zu den regenerativen Energieträgern auch über 2010 hinaus könnte eine der ersten Aufgaben des zu errichtenden Energie-Instituts sein.

⁴⁶‘Wirtschaftsraum’ bedeutet hier ein Gebiet, in dem der *Markt für Verkauf und Wartung von Anlagen* konkurrenzfähig erschlossen werden kann.

- Gezeitenenergie
- Wellenenergie
- Sonnenenergie zur Stromerzeugung (Photovoltaik)

wird eine wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit jedenfalls bis zum Jahr 2000 für den Bremer Raum nicht erwartet. Hierfür ausschlaggebend sind neben dem technisch teils noch nicht ausgereiften Entwicklungsstand insbesondere die ungünstigen natürlichen Bedingungen. So gibt es beispielsweise zwar ausgereifte Systeme zur direkten Umwandlung von Sonnenenergie in elektrische Energie (Photovoltaik). Wegen ihrer hohen Anlagekosten läßt sich aber bei der gegebenen Sonneneinstrahlung in unseren Breiten derzeit noch kein wirtschaftlicher Betrieb erzielen. Dies gilt bis zum Jahr 2000. Auf längere Sicht und insbesondere bei steigenden Energiepreisen kann sich das jedoch schnell ändern. Schon heute weist die Studie die Sonnenenergie als konkurrenzfähig aus, soweit sie mittels Kollektoren oder Absorbern (Sammlertechniken für solare Wärmestrahlung) zur Wassererwärmung genutzt wird.

Bei der Berechnung nutzbarer Energiemengen aus Sonne, Wind, Biomasse und Wasserkraft muß zwischen den theoretisch und den tatsächlich nutzbaren Potentialen unterschieden werden. Wir haben hier vier Stufen (im folgenden "Potentialstufen" genannt) unterschieden:

- Stufe 1:** das Land Bremen empfängt von der Sonne jährlich eine Strahlungsenergie von rund 200 000 GWh — über viermal so viel wie der gesamte Primärenergieverbrauch in Bremen im Jahr 1985,
- Stufe 2:** nur ein Bruchteil der Gesamtfläche des Landes ist als Dach- oder Geländefreifläche verfügbar, auch haben Sonnenkollektoren und -absorber einen Wirkungsgrad von weit weniger als 100%. So verbleiben von dieser Solarenergiemenge jährlich nur rund 100 GWh zur Erwärmung von Wasser als technisch nutzbares Energiepotential,
- Stufe 3:** unter den Bedingungen wirtschaftlicher Konkurrenzfähigkeit mit anderen Energieträgern bleiben dann hiervon jährlich noch etwa 16 GWh als wirtschaftlich nutzbares Energiepotential,
- Stufe 4:** nicht alles kann davon schnell erschlossen werden. Die Studie des BEB [?] errechnet bis zum Jahr 2000 das tatsächlich wirtschaftlich erschließbare Energiepotential der Sonne für Bremen auf jährlich 6.5 GWh in der Variante I und 11 GWh in Variante II. Dies entspricht einem Anteil von 40% (Variante I) und 70% (Variante II) des zuvor errechneten wirtschaftlich nutzbaren Potentials (Stufe 3).

Für die letzte Stufe – tatsächlich wirtschaftlich erschließbares Energiepotential – werden also zwei Varianten angenommen. Hierdurch wird dem Einfluß wichtiger energiepolitischer Rahmenbedingungen – z.B. Entwicklung der staatlichen Förderung und des allgemeinen Informationsstandes sowie Entscheidungen zur Kernenergienutzung – Rechnung getragen. In Variante I wird eine weniger günstige und in Variante II eine günstige Entwicklung dieser Rahmenbedingungen angenommen. Das hat dann die dargestellte unterschiedliche Wirkung auf die Größe des wirtschaftlich erschließbaren Energiepotentials.

Die oben beschriebenen vier Potentialstufen werden in [?] für alle relevanten regenerativen Energiequellen des Landes Bremen und des Bremer Wirtschaftsraumes berechnet und ausgewiesen. Die Resultate für die letzte Stufe (wirtschaftlich erschließbare Potentiale) zeigt die Tabelle 4.14.

	Land Bremen		Norddeutscher Wirtschaftsraum	
	Variante I	Variante II	Variante I	Variante II
Biomasse				
Biogas	—	—	133	232
Restholz	—	—	26	46
Reststroh	—	—	32	56
Sonnenenergie für die Wassererwärmung	7	11	33	58
Wasserkraft zur Stromerzeugung	60	60	12	21
Windenergie zur Stromerzeugung	11	34	121	451
Summe der Potentiale				
Hierdurch verdrängte nicht-regenerative Primärenergie	78	105	357	864
	234	318		

Tabelle 4.14: Bis zum Jahr 2000 wirtschaftlich erschließbares Potential regenerativer Energiequellen für das Land Bremen und den Norddeutschen Wirtschaftsraum, in GWh/a

Die in Tabelle 4.14 ausgewiesenen wirtschaftlich erschließbaren Potentiale aus unerschöpflichen Energiequellen stehen damit für die Bereitstellung von Energiedienstleistungen zur Verfügung, die bisher mit anderen Primärenergieträgern (Kohle, Öl, Gas) bereitgestellt wurden.

Dabei kann in manchen Fällen durchaus *mehr* (fossile) Primärenergie substituiert werden, als der eingesetzten regenerativen Energie entspricht. So ist z.B. bei der direkten Umwandlung von Sonnenenergie in Wärme der Gesamt-Wirkungsgrad – bezogen auf die eingesetzte Primärenergie – in der Regel mehr als doppelt so hoch als etwa bei der elektrischen Warmwasserbereitung. Denn die stromerzeugenden Kraftwerke haben im Durchschnitt nur einen Wirkungsgrad von etwa 33%, d.h. sie müssen zur Erzeugung von 1 kWh elektrischer Energie die *dreifache* Menge Primärenergie (3 kWh) verbrennen. Da die für private Haushalte einsetzbaren Sonnenkollektoren nur dann wirtschaftlich sind, wenn sie (teure) elektrische Energie verdrängen, gilt dieser Zusammenhang besonders für die Solarenergiepotentiale.

Die substituierte Menge Primärenergie ist in der Regel also *größer* als die in Tabelle 4.14 ausgewiesenen Potentiale regenerativer Energiequellen. Die von der ibek in ihrer Studie für das Land Bremen hierbei ermittelten Zahlen sind in der letzten Zeile der Tabelle 4.14 zusätzlich angegeben.

Vergleicht man diese Zahlen mit dem gesamten Primärenergieverbrauch des Landes Bremen (1985: ca. 46 000 GWh), so ergibt sich als Fazit:

Alle im Land Bremen wirtschaftlich erschließbaren Potentiale regenerativer Energieträger zusammen sind in der Lage, einen Anteil von 0.5% (Variante I) bzw. 0.7% (Variante II) des Primärenergiebedarfs des Landes (im Jahr 1985) zu substituieren.

Diese aus heutiger Sicht eher geringen Anteile regenerativer Energieträger sollten grundsätzlich allerdings nicht mit dem heutigen Primärenergiebedarf verglichen werden – sie stehen ja ohnehin erst mittelfristig voll zur Verfügung – sondern mit dem für die Zukunft erwarteten. Es müßte also die *zeitliche Entwicklung* der regenerativen Potentiale einerseits, der Einsparpotentiale andererseits betrachtet werden. Eine solche Rechnung wurde im Rahmen der Energieszenarien des BEB auch durchgeführt (vgl. Tabelle 3.1).⁴⁷

Für die Einschätzung der zukünftigen Entwicklung wichtiger ist die Aufgliederung des Potentials nach den einzelnen Arten regenerativer Quellen. Denn aus ihr ergeben sich Anhaltspunkte für die nötigen Entwicklungsstrategien.

Biomasse Die Nutzung von Biogas aus Gülle ausschließlich zur Raumwärmebedarfsdeckung ist wegen der gegenwärtig niedrigen Energiepreise noch nicht wirtschaftlich. Ein wirtschaftlicher Betrieb ist dagegen bei gleichzeitiger Stromerzeugung in einem Blockheizkraftwerk für landwirtschaftliche Betriebe mit mehr als 200 'Großvieheinheiten' möglich.

Die energetische Nutzung von Restholz kann in Heizungsanlagen mit einer Leistung über 100 kW_{th} wirtschaftlich betrieben werden. Hohe infrastrukturelle Kosten für Holztransport, -lagerung und Wärmeverteilung verhindern jedoch z.Z. noch einen wirtschaftlichen Betrieb in kleineren Anlagen. Bei Restholz liegt das wirtschaftlich erschließbare Energiepotential je nach Variante bei insgesamt 1% bzw. 1.75% des technisch nutzbaren Energiepotentials.

Zu ähnlichen Ergebnissen führt die Untersuchung des wirtschaftlich erschließbaren Potentials von Reststroh. Auch hier ist die Schwelle zur Wirtschaftlichkeit bei größeren Anlagen mit einer Leistung ab 500 kW_{th} gegeben.

Die Nutzung von Biomasse im Land Bremen wird aufgrund seiner stark städtischen Struktur bis zum Jahr 2000 kaum eine größere Bedeutung erlangen. Anders ist die Situation im *Norddeutschen Wirtschaftsraum*. Hier kommt dem wirtschaftlich erschließbaren Potential aus Biomasse in Variante I unter allen unerschöpflichen Energiequellen sogar die größte Bedeutung zu.

Solarenergie Wirtschaftlich konkurrenzfähige Anwendungsbereiche für solare Energie sind trotz der gegenwärtig niedrigen Energiepreise:

- Sonnenkollektoren für die Wassererwärmung privater Haushalte, soweit hierbei *strombetriebene Anlagen ersetzt* werden, und

⁴⁷Das Ergebnis zeigt, daß der Anteil regenerativer Energieträger immer noch so klein bleibt, daß auf die detaillierte dynamische Rechnung *getrennt nach den einzelnen regenerativen Quellen* hier verzichtet werden kann.

- Kunststoff-Solarabsorber für die Beckenwassererwärmung von Freibädern.

Wegen der niedrigen Energiepreise wird nicht erwartet, daß die Nutzung von Sonnenkollektoren zur Raumwärmeversorgung und die Nutzung von Solarzellen zur photovoltaischen Stromerzeugung vor dem Jahr 2000 wirtschaftlich betrieben werden können.

Wasserkraft Das in Bremen geplante Weserkraftwerk stellt mit 57 GWh/a den größten Anteil des wirtschaftlich erschließbaren Wasserkraftpotentials. Darüber hinaus wird ein geringerer Beitrag auch von der Reaktivierung defekter oder stillgelegter Wasserkraftanlagen im Land und im *Norddeutschen Wirtschaftsraum* erwartet.

Windenergie Ein bedeutender unerschöpflicher Energieträger im norddeutschen Raum ist die Windenergie. Ihre Nutzung zur Stromerzeugung ist bei Berücksichtigung unterschiedlicher Windgeschwindigkeits-Zonen wirtschaftlich

- in landwirtschaftlichen Betrieben (Leistung der Windkraftanlagen 25 – 75 kW)
- in gewerblichen und industriellen Betrieben (Leistung der Windkraftanl. 55 – 250 kW)
- in öffentlichen Einrichtungen (Leistung der Windkraftanlagen 75 – 200 kW).

Auch von Energieversorgungsunternehmen (EVU) betriebene Windparks mit 100 Windenergieanlagen zu je 200 kW Leistung erreichen die Wirtschaftlichkeit, weil ihre Stromerzeugungskosten unter denen konventioneller Kraftwerke liegen.

Die Erschließung des wirtschaftlichen Windenergiepotentials hängt wesentlich davon ab, in welchem Umfang Freiflächen zur Verfügung stehen, ohne daß Natur und Landschaftsbild leiden. Darüber hinaus stellt die Geschäftspolitik der EVU hinsichtlich der von ihnen zu betreibenden Windparks eine entscheidende Einflußgröße dar.

4.3.3 Investitions- und Arbeitsplatz-Effekte

Die Potentiale regenerativer Energieträger sind im *Norddeutschen Wirtschaftsraum* also weit bedeutender als im Gebiet des Landes Bremen selbst. Wichtiger als die *direkte* Nutzung regenerativer Quellen *in Bremen* erscheinen daher die *indirekten* ökonomischen Effekte, die entstehen, wenn Bremen sich im Bereich der Entwicklung und Produktion von Anlagen zur Nutzung dieser Energiequellen noch stärker als bisher engagiert.

Im Rahmen der vom BEB in Auftrag gegebenen Studie [?] wurden daher in einem zweiten Teil die Wirtschafts- und Arbeitplatzeffekte für Bremen abgeschätzt unter der Annahme, daß die oben angegebenen Potentiale bis zum Jahr 2000 erschlossen werden.

Die isolierte Betrachtung der wirtschaftlich erschließbaren Potentiale im Land Bremen ist dafür ungeeignet. Bremen produziert nicht nur für den Bedarf innerhalb seiner Landesgrenzen. Deshalb nimmt die Studie ihre Abschätzung auf Basis der im Land *und* im *Norddeutschen Wirtschaftsraum* erschließbaren Potentiale regenerativer Energieträger vor. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigt Tabelle 4.15.

Regenerative Energiequellen	Variante I		Variante II	
	Invest.-Potential (in Mio. DM)	Arbeitsplätze für 12 Jahre	Invest.-Potential (in Mio. DM)	Arbeitsplätze für 12 Jahre
Biomasse	25	20	45	35
Sonnenenergie	45	35	75	60
Windenergie	85	70	220	185
Summe	155	125	340	280

Tabelle 4.15: Wirtschaftseffekte für das Land Bremen durch Erschließung regenerativer Energiequellen bis zum Jahr 2000

Diese Ergebnisse beruhen auf der Annahme, daß es der Bremischen Wirtschaft gelingt, 30% des insgesamt erwarteten Auftragsvolumens an sich zu ziehen. Dabei umfaßt dieser Anteil überwiegend Aufträge für technische Anlagenteile. Elektro- und Heizungsinstallation, Fundament und Erdarbeiten dagegen werden im *Norddeutschen Wirtschaftsraum* wohl überwiegend von den dort ansässigen Gewerbebetrieben übernommen werden. Gehen 30% des gesamten Auftragsvolumens nach Bremen, errechnet die Untersuchung für den Stadtstaat 127 (Variante I) bzw. 283 (Variante II) Dauerarbeitsplätze bis zum Jahr 2000.

Die technischen Voraussetzungen für die Übernahme eines solchen Anteils sind – den umfangreichen Recherchen der Studie zufolge – in den bremischen Unternehmen jedenfalls vorhanden. Eine Schwachstelle ist lediglich bei der Entwicklung und Fertigung kompletter Anlagen zur Nutzung regenerativer Energiequellen zu erkennen. Es sind aber in Bremen für alle erforderlichen Anlagenteile produktionsfähige Betriebe mit entsprechendem technischem Know-how vorhanden.

Hervorzuheben ist, daß die ermittelten Investitionspotentiale vorrangig den Branchen Stahl- und Maschinenbau, Glasbau und Elektrotechnik zugute kommen. Diese Branchen verzeichnen seit 1975 einen Beschäftigungsrückgang von durchschnittlich 20%. Daraus ist ablesbar, daß die Erschließung der Potentiale regenerativer Energiequellen weniger zur Neuschaffung, als vielmehr zur Sicherung und Erhaltung von sonst bedrohten Arbeitsplätzen führen kann.

Zu betonen ist schließlich, daß die erwarteten positiven Wirtschafts- und Arbeitplatzeffekte in Bremen vorrangig bei kleinen und mittleren Betrieben wirksam werden. Die Erschließung des wirtschaftlich nutzbaren Potentials regenerativer Energiequellen bietet daher die Chance, mit den kleinen und mittleren Betrieben gerade die Basis zu stärken, die für die kleinräumige Wirtschaftsstruktur Bremens bestimmend ist.