

Ulrich Jochimsen, Wiesbaden  
Prof. Dr. Hans H. Rupp, Mainz  
Dr.-Ing. Eike Schwarz, Bonn

## **Die Energiebox**

Eine energiesparende,  
wirtschaftliche und krisenfeste  
Wärme- und Elektrizitätsversorgung  
für Haushalt und Kleinverbrauch

Studie im Auftrag des Hessischen Ministerpräsidenten

Wiesbaden, Juni 1978

Gesamtherstellung: Walter Dorn KG., Druck- und Verlagshaus, Hannover

## Vorwort

Politik und Öffentlichkeit sind sich erst seit wenigen Jahren bewußt, daß Energie und Rohstoffe in Zukunft sparsamer und verantwortungsvoller genutzt werden müssen. Sie gehören mit zu den Grundelementen einer jeden Zivilisation und sind damit für ein im Verhältnis zu seinem Bedarf relativ armem Land wie der Bundesrepublik Deutschland von großer Bedeutung.

Angesichts der vielfältigen schon vorhandenen Umorientierungsprobleme in der Wirtschaft kommt es im Energiebereich entscheidend darauf an, den Übergang vom gegenwärtig noch herrschenden Energieüberfluß in den schon für die 2. Hälfte der 80er Jahre prognostizierten Energiemangel so rechtzeitig einzuleiten, daß die hiervon ausgehenden zusätzlichen Belastungen für das Wirtschaftssystem so gering wie möglich ausfallen.

Die vorliegende Studie stellt hierzu einen interessanten Weg zur Diskussion: Kein weiterer Ausbau der bisherigen Zentralisierung in der Elektrizitätsversorgung, sondern Ergänzung der Großkraftwerke durch dezentral angelegte Kleinheizkraftwerke („Energiebox“), die zusätzlich auch noch mit Wärmepumpen ausgerüstet sein können.

Dieses Konzept ist - wenn die Energiebox erst einmal in Großserie produziert wird - schon bei den heutigen Energiepreisen konkurrenzfähig. Gesamtwirtschaftlich gesehen ist es wegen der je nach Ausstattung der Energiebox 40-50 %igen Einsparung an Primärenergie geeignet, einen Beitrag zur Entkopplung des engen Zusammenhangs zwischen Energieverbrauch und Bruttosozialprodukt zu leisten und die Importabhängigkeit von Öl und Gas zu verringern. Zugleich wird durch die Dezentralisation die Versorgungssicherheit mit Elektrizität und Wärme erhöht. Ein jeder, der sich die Abhängigkeit unserer modernen Zivilisation insbesondere von der immerwährenden Verfügbarkeit von Elektrizität bewußt gemacht hat, wird dies für notwendig erachten.

Darüber hinaus bedeutet das hier vorgestellte Konzept eine Entlastung in der gegenwärtigen Situation um die Kernenergie: einerseits eine Verminderung des Zubaus neuer Großkraftwerke, andererseits ein Offenhalten der Option der nuklearen Vergasung oder Verflüssigung heimischer Kohle.

Besonders hervorzuheben ist, daß dezentrale Energietechnologien ein Mittel darstellen, dem einzelnen Staatsbürger wieder ein Stück individuellen Gestaltungsraums zurückzugeben und ihn so von den ihn umgebenden Großorganisationen des Staates und der Wirtschaft unabhängiger zu machen. Nur so läßt sich letztlich die Lebenswirklichkeit in unseren modernen Demokratien wieder mit den in der Verfassung niedergelegten Grundrechten in Übereinstimmung bringen.

Politisch sind die Voraussetzungen zur Einführung der neuen dezentralen Energietechnologien dadurch zu schaffen, daß das noch aus dem Jahre 1935 stammende „Gesetz zur Förderung der Energiewirtschaft“ durch ein neues „Energiegesetz“ abgelöst wird.

## Inhaltsübersicht

<b>Vorwort</b>	<b>2</b>
<b>1</b>	<b>Die heutige Wärme- und Elektrizitätsversorgung..... 4</b>
<b>2</b>	<b>Die Energiebox ..... 6</b>
2.1	Die Energiebox als Kleinheizkraftwerk 6
2.2	Die Energiebox mit integrierter Wärmepumpe 7
2.3	Die Energiebox im Verbund mit dem Elektrizitätsnetz 8
<b>3</b>	<b>Die Wirtschaftlichkeit der Energiebox ..... 9</b>
3.1	Die Energiebox aus einzelwirtschaftlicher Sicht 9
3.2	Die Energiebox aus gesamtwirtschaftlicher Sicht 11
<b>4</b>	<b>Die Elektrizitätsversorgung im Krisenfall..... 16</b>
<b>5</b>	<b>Energiebox und Ordnungspolitik..... 17</b>
<b>6</b>	<b>Vorschläge zur beschleunigten Einführung der Energiebox ..... 18</b>
<b>ANHANG zur Studie DIE ENERGIEBOX ..... 21</b>	
<b>Anhang 1: Energieflüsse der Energiebox (ohne Wärmepumpe) ..... 21</b>	
<b>Anhang 2: Energieeinsparung durch Wärme-Kraft-Kopplung ..... 21</b>	
<b>Anhang 3: Energieflüsse der Energiebox (mit Wärmepumpe) ..... 24</b>	
<b>Anhang 4: Daten zur Einzelwirtschaftlichkeit der Energiebox ..... 24</b>	
<b>Anhang 5: Energieverbrauch einiger Wärmeversorgungsverfahren ..... 28</b>	
<b>Anhang 6: Daten zum gesamtwirtschaftlichen Potential der Energiebox..... 29</b>	
<b>Anhang 7: Einige Überlegungen zur Parallelfahrgebühr, zur Reservehaltung und zum Abnahmepreis bei Eigenanlagen ..... 35</b>	
<b>Anhang 8: Literaturverzeichnis..... 35</b>	
<b>Anhang 9: Abkürzungsverzeichnis ..... 37</b>	

## 1 Die heutige Wärme- und Elektrizitätsversorgung

Eine Primärenergie sparende, kostengünstige und soweit wie möglich krisenfeste Versorgung der Volkswirtschaft mit Wärme und Elektrizität ist zu einer politischen Richtmarke von hoher Bedeutung geworden. Die große Abhängigkeit sowohl des gesamten Wirtschaftslebens als auch eines jeden Einzelnen insbesondere von einer sicheren Elektrizitätsversorgung wird schlaglichtartig allerdings meist erst dann bewußt, wenn Versorgungsstörungen den normalen betrieblichen Ablauf oder privaten Lebensrhythmus nachhaltig in Mitleidenschaft ziehen.

Die heutige Wärmeversorgung ist dadurch gekennzeichnet, daß die Wärme im allgemeinen dezentral am Ort des Verbrauchers durch unmittelbare Verbrennung von Brennstoffen erzeugt wird. Dabei wird die beim Verbrennungsprozeß entstehende Wärme hoher Temperatur unmittelbar auf das zur Raumheizung benötigte Temperaturniveau abgekühlt, womit eine nur sehr unvollkommene Ausnutzung der im Brennstoff enthaltenen Energie (genauer: Exergie) verbunden ist. Man könnte sie sehr viel besser nutzen, wenn man die Verbrennung durch Zwischenschaltung eines geeigneten Aggregats („Exergie-Umformer“) in Stufen ablaufen läßt. Dies ist z.B. durch Verbrennung des Brennstoffs in einem Verbrennungsmotor möglich, der Elektrizität erzeugt oder eine Wärmepumpe antreibt. Erst die dabei bei niedrigeren Temperaturen anfallende Abwärme - die Energie minderer Qualität darstellt - wird dann zur Raumheizung verwendet.

Die Elektrizitätsversorgung zeichnet sich heute durch eine fast ausschließlich zentrale Erzeugung in Großkraftwerken aus. Der erzeugte Strom wird anschließend über große Verteilnetze weite Strecken zu den meist dezentral gelegenen Verbrauchsorten transportiert. Die Energie, die dem Endverbraucher schließlich als elektrische Energie zur Verfügung steht, beträgt nur rd. 31 % der im Kraftwerk eingesetzten Primärenergie. Diese geringe Energieausnutzung hat ihren Grund darin, daß der energetische Wirkungsgrad der Großkraftwerke (= Verhältnis der erzeugten elektrischen Energie zur eingesetzten Brennstoffenergie) nach langjährigen Erfahrungen im Durchschnitt nur etwa 34 % beträgt, wenn man den erheblichen Eigenverbrauch der Kraftwerke sowie Teillast und betriebliche Leerlaufzeiten berücksichtigt. Darüber hinaus sind die Verluste in der Netzverteilung in Höhe von durchschnittlich 8 % der eingespeisten Elektrizität für Niederspannungsverbraucher in die Betrachtung mit einzubeziehen.

Zwei Drittel der Brennstoffenergie gehen in der Regel als Abwärme der Großkraftwerke an die Umgebung verloren. Aus energiepolitischen Gründen ist es heute aber geboten, auch die in der Abwärme enthaltene Energie soweit und so wirtschaftlich wie möglich zu nutzen. Da diese Abwärmeenergie meist auf niedrigem Temperaturniveau anfällt, liegt es nahe, sie zur Raumheizung und Warmwasserbereitung (im folgenden zusammengefaßt mit Raumheizung bezeichnet) heranzuziehen. Wie groß das hierfür geeignete Wärmebedarfspotential ist, läßt sich daraus ersehen, daß nach /1, Seite 20/ die Raumheizung im Sektor Haushalt und Kleinverbrauch (hierzu zählen auch öffentliche Verwaltung, Krankenhäuser, Handwerks- und Landwirtschaftsbetriebe) mit etwa 34 % am gesamten Energieverbrauch der Bundesrepublik Deutschland beteiligt ist.

Die Nutzung der bei der Elektrizitätserzeugung anfallenden Abwärme ist einmal dadurch möglich, daß man die Abwärme der Großkraftwerke mit großen Fernwärmenetzen zu den Wärmeverbrauchern transportiert. Zum anderen kann man aber auch die Elektrizität dezentral in verbrauchernahen (Klein)Kraftwerken (Blockheizkraftwerke) erzeugen, so daß die Abwärme direkt beim Wärmeverbraucher anfällt und dort genutzt werden kann. Dies wird meist mit „Wärme-Kraft-Kopplung“ bezeichnet. Obwohl in der Anfangszeit der Elektrifizierung weit verbreitet, wird dieser Prozeß heute fast nur noch

in der Industrie genutzt, während er im Bereich der Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU) kaum Anwendung findet.

Eine Aussage darüber, welche Energiearten unter Wirtschaftlichkeitsgesichtspunkten zweckmäßigerweise über größere Entfernungen transportiert werden und welche nicht, gibt die folgende Übersicht. In ihr sind die Transportkosten verschiedener Energieträger relativ zum Heizöl dargestellt (nach /2 bis 4/):

Heizöl	1
Gas, Kohle	2 - 3
Elektrizität	4 - 9
Fernwärme	15 - 10

Aus diesen, die erhebliche Spanne von 1:100 umfassenden Relationen folgt, daß insbesondere Wärme, nach Möglichkeit aber auch Elektrizität am Ort des Verbrauchers erzeugt werden sollte, während sich Heizöl, Gas und Kohle aus wirtschaftlicher Sicht eher für den Transport eignen. Hinsichtlich der Fernwärme wird diese Folgerung durch die im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Technologie erarbeiteten Studie über die Fernwärmeversorgung /11 bestätigt. Aus ihr ergibt sich, daß Fernwärme auch unter günstigen Umständen nur über die relativ geringe Entfernung von 20 bis höchstens 30 km wirtschaftlich transportiert werden kann. Heute realisierte Transportentfernungen liegen jedoch nur im Bereich von 6 bis 8 km, womit die Entfernungen zwischen den vorhandenen Großkraftwerken und den Ballungsgebieten nicht überbrückt werden können. Vor allem aus diesem Grund wird von der Fernwärme insgesamt gesehen vermutlich nur ein geringer Beitrag bei der Intensivierung der Wärme-Kraft-Kopplung erwartet werden können.

Ein Kennzeichen der heutigen Elektrizitätserzeugung ist ihre Zentralisierung auf relativ wenige Erzeugerunternehmen. Durch den Aufbau umfangreicher Fernwärmenetze würde auch die Wärmeversorgung stärker zentralisiert.

Zentrale Strukturen haben aber die Eigenschaft, daß sie ursprünglich lokalen Störungen Ausbreitungsmöglichkeiten über ihren gesamten Wirkungsbereich eröffnen. Solche Störungen können technische Ursachen haben (z.B. Blitzschläge), auf sozialen Unausgewogenheiten beruhen (z.B. Arbeitskämpfe) oder Ausdruck anderer Krisenerscheinungen sein. Hinzu kommt, daß das Machtpotential zwischen zentral geführten Großstrukturen und dem einzelnen Staatsbürger auch in einem demokratisch geführten Staatswesen de facto nicht ausbalanciert werden kann. Dies kann beim heutigen Bürger zu Verdrossenheitsmomenten führen, die für die Weiterentwicklung der Gesellschaft schädlich sind. Vorausschauendes politisches Handeln sollte deshalb bevorzugt solche Strukturen fördern, die aufgrund inhärenter Stabilitätskomponenten einen Beitrag zur Vermeidung solcher Folgeerscheinungen leisten. Hierzu zählt auch die dezentrale Wärme- und Elektrizitätserzeugung mit der Energiebox.

## 2 Die Energiebox

### 2.1 Die Energiebox als Kleinheizkraftwerk

Die Energiebox stellt in ihrer einfachsten Ausführung ein serienmäßig hergestelltes, kompaktes und daher leicht transportables Kleinheizkraftwerk mit einer elektrischen Leistungsfähigkeit von einigen Kilowatt (kW) bis zu einigen Hundert kW dar. Sie befindet sich im Eigentum des privaten Elektrizitäts- und Wärmeverbrauchers. Aufgrund der Beschränkung in der Leistung wird dieser bevorzugt dem Sektor Haushalt und Kleinverbrauch (einschließlich Gewerbe) zuzuordnen sein. Die in der Energiebox erzeugte elektrische Energie kann direkt in das Verteilungsnetz der EVU eingespeist werden /5 bis 10/.

Die wesentlichen Komponenten der Energiebox sind ein Antriebsmotor, ein von ihm angetriebener elektrischer Generator sowie mehrere Wärmetauscher. Mit ihnen wird die bei der Elektrizitätserzeugung entstehende Abwärme aus dem Kühlwasser und den Auspuffgasen zur Beheizung konventioneller Warmwasser-Zentralheizungen sowie zur Warmwasserbereitung herangezogen.

Als Antriebsmotoren eignen sich bevorzugt Dieselmotoren zur Verbrennung leichten Heizöls und Gasmotoren zur Verwendung von Erdgas. Dieselmotoren zeichnen sich durch einen besonders hohen Ausnutzungsgrad der eingesetzten Brennstoffenergie aus: So wird auch schon bei kleinen Anlagen - ohne Wärme-Kraft-Kopplung - ein Wirkungsgrad der Elektrizitätserzeugung von 28 % erreicht und damit der Wirkungsgrad der Elektrizitätsversorgung aus dem öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetz mit 31 % nur wenig unterschritten.

Bild 1 gibt einen Überblick über die Energieflüsse, wie sie bei der Beheizung eines Einfamilienhauses mit einem Wärmebedarf von 17 kW (entsprechend rd. 15.000 kcal/h) durch eine Energiebox typischerweise auftreten. Dies stellt die kleinste sinnvolle Leistungsgröße der Energiebox dar (ohne Berücksichtigung der evtl. wirtschaftlicheren Möglichkeit den maximalen Wärmebedarf auf Energiebox und eine konventionelle Zusatzheizung aufzuteilen; weitere Angaben siehe Anhang 1)

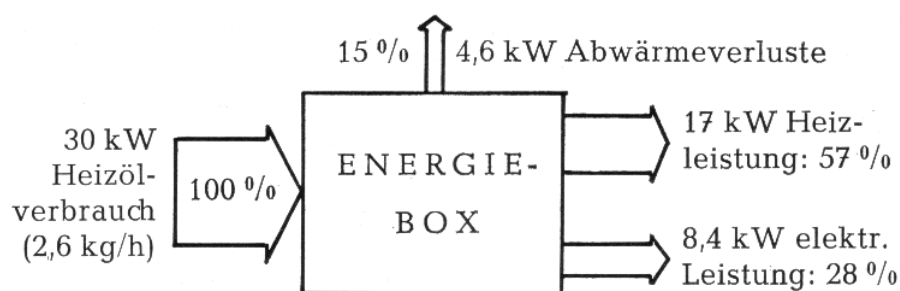


Bild 1: Energieflüsse bei der Energiebox

Wie sich aus Bild 1 ergibt, wird die eingesetzte Brennstoffenergie, die eine bereits veredelte und transportierte Sekundärenergie darstellt, zu 85 % für den Endverbraucher nutzbar gemacht. Die Einsparung an Primärenergie, also unter Einschluß der Aufbereitungs- und Verteilungsverluste, durch diese Art der Wärme-Kraft-Kopplung beträgt nach Anhang 2 rd. 40 % gegenüber der getrennten Erzeugung von Elektrizität in Großkraftwerken und der Wärmeerzeugung für die Raumheizung in Ölzentralheizungen.

Die Geräusche einer solchen Energiebox können mit den heutigen Methoden und Materialien der Schalldämmung so weit abgeschirmt werden, daß sie kaum lauter als übliche Ölheizkessel sind, so daß die Energiebox auch in Privathäusern aufgestellt werden kann.

Die im Betrieb meist unerwünschte starre Kopplung zwischen der Elektrizitäts- und der Wärmeerzeugung wird durch das relativ große Wärmespeichervermögen üblicher Heizungsanlagen und Gebäude verringert. Eine weitere Entkopplung läßt sich durch die Verwendung spezieller Wärmespeicher (z. B. Wassertanks) erreichen.

Die Zeitdauer, die eine Energiebox als kombiniertes Notstrom-/Notwärmeaggregat im Hinblick auf eine krisenfeste Versorgung mit Elektrizität und Wärme überbrücken kann, ist im wesentlichen nur vom Fassungsvermögen des vorhandenen Speichertanks für den Brennstoff abhängig, Selbst Tankanlagen üblicher Größe ermöglichen einen über Monate reichenden autarken Betrieb. Durch Einsatz eines Gas-Dieselmotors (Zweistoffmotor) oder durch Speicherung von Flüssiggas ist auch bei einer normalerweise mit Erdgas betriebenen Energiebox ein vom Versorgungsnetz unabhängiger Einsatz möglich. Diese Eigenschaft läßt sich auch zur Verringerung von Spitzenbelastungen im Gasnetz ausnutzen.

In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, daß ohnehin vorhandene oder erforderliche Notstromaggregate teilweise mit nur geringen Kosten für eine gekoppelte Wärme- und Elektrizitätserzeugung umgerüstet werden können. Dies wird wegen der dann möglichen laufenden Nutzung sonst nur in Reserve stehender Anlagen meist wirtschaftlich sinnvoll sein.

## **2.2 Die Energiebox mit integrierter Wärmepumpe**

Die im vorherigen Abschnitt beschriebene Energiebox läßt sich vorteilhaft durch eine Wärmepumpe ergänzen. Mit einem solchen Aggregat ist es möglich, Wärme z.B. aus der Umgebungsluft oder dem Erdreich direkt für Heizzwecke nutzbar zu machen. Diese Nutzung der Umgebungswärme stellt neben der Nutzung des „Wärmemülls“ der Gebäude eine indirekte Nutzung der Sonnenenergie dar. Darüber hinaus ist es aber auch möglich, die Sonnenenergie direkt mit Sonnenkollektoren zu nutzen, die mit der Energiebox verbunden sind. Dadurch erreicht man bereits mit einfachen und damit billigen Kollektoren eine effiziente Nutzung dieser Energie. Die direkte oder indirekte Nutzung der Sonnenenergie bewirkt, daß man zur Erzeugung einer bestimmten Heizwärmemenge nur etwa die Hälfte an Brennstoffenergie als in einer konventionellen Ölzentralheizung verbrennen muß. In gleicher Weise vermindert sich die notwendige Lagerkapazität für Heizöl bzw. die Bereitstellungskapazität für Erdgas /11 bis 22/.

Sehr aussichtsreich erscheint die nachfolgend näher beschriebene Energiebox mit einer Kompressionswärmepumpe. Der Einsatz einer Kompressionswärmepumpe ermöglicht es, die Elektrizitäts- und die Wärmeerzeugung der Energiebox weitgehend voneinander zu entkoppeln und damit eine bessere Anpassung an den Bedarf zu erreichen. Verbindet man weiterhin den Wärmepumpenkompressor nicht mechanisch mit dem Verbrennungsmotor, sondern sieht man einen elektrisch angetriebenen Kompressor vor, der von dem vorhandenen Generator gespeist wird, dann läßt sich die Wärmepumpe als hermetisch verschlossenes Aggregat bauen. Es entfällt eine kritische Dichtung, die meist intensiver Wartung bedarf, und damit die Gefahr der Umweltverschmutzung durch das in der Wärmepumpe enthaltene Kältemittel (Problematik der Spraydosentreibgase /23/).

Dimensioniert man eine solche Energiebox für die gleiche Heizleistung wie bei der in Abschnitt 2.1 dargestellten Energiebox ohne Wärmepumpe (17 kW), dann ergeben sich die in Bild 2 dargestellten

Energieflüsse (Einzelheiten siehe Anhang 3). Wegen der Nutzung der Umweltwärme ist nun eine nur noch etwa halb so große Leistung des Antriebsmotors erforderlich.

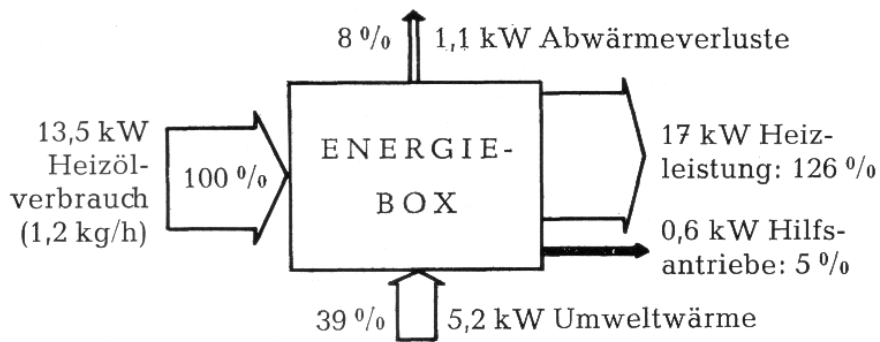


Bild 2: Energieflüsse bei der Energiebox mit integrierter Wärmepumpe

Die typischen Betriebszustände, in denen eine solche Energiebox betrieben werden kann, sind nachfolgend zusammengestellt:

- Maximaler Wärmebedarf, kein Elektrizitätsbedarf:  
Das Motor-Generator-Aggregat gibt die erzeugte elektrische Leistung vollständig an die Wärmepumpe ab;
- mittlerer Wärmebedarf, maximaler Elektrizitätsbedarf:  
Die Wärmepumpe wird abgeschaltet, so daß der Generator nur die angeschlossenen elektrischen Verbraucher versorgt; die dabei entstehende Abwärme wird weiterhin zur Heizung herangezogen; die verringerte Heizleistung ist auch ohne besonderen Wärmespeicher wegen der relativ großen Speicherfähigkeit von Heizungssystemen und der beheizten Räumlichkeiten meist über mindestens eine Stunde tolerabel;
- geringer Wärmebedarf, kein Elektrizitätsbedarf:  
Das Motor-Generator-Aggregat versorgt bei herabgesetzter Drehzahl (Erhöhung der Lebensdauer!) nur die Wärmepumpe, deren Motor dann ebenfalls mit herabgesetzter Drehzahl umläuft;
- kein Wärmebedarf, maximaler Elektrizitätsbedarf:  
Dieser Betriebszustand wird als Notsituation nur dann vorliegen, wenn das elektrische Versorgungsnetz ausgefallen ist; die Energiebox arbeitet dann wie ein Notstromaggregat autonom im „Inselbetrieb“, d. h. vom Netz abgetrennt; die entstehende Abwärme ist über ein separates (aber relativ einfaches) Kühlsystem an die Umgebung abzuführen.

Zusammengefaßt stellt die Energiebox mit integrierter Wärmepumpe ein vollautomatisch betriebenes, kompaktes (ein bis zwei Kubikmeter bei kleineren Anlagen) und akustisch hoch abgeschirmtes Energiezentrum dar, in das Heizöl oder Gas hineingeführt wird und das Wärme und Elektrizität in energetisch und bedarfsmäßig optimaler Kopplung produziert. Ihre Lebensdauer kann wie bei konventionellen Ölzentralheizungen mit etwa 15 Jahren angesetzt werden.

### 2.3 Die Energiebox im Verbund mit dem Elektrizitätsnetz

Die einzelne Energiebox kann als Kleinkraftwerk aufgefaßt werden, dessen elektrische Leistung im Verhältnis zur Leistungsfähigkeit des elektrischen Endverteilungsnetzes (Niederspannungsnetz) niedrig ist. Es ist deshalb technisch ohne weiteres möglich, sie über ein spezielles Schnittstellengerät direkt in das Niederspannungsnetz einspeisen zu lassen. Erst durch Summierung über sehr viele, statistisch nach Aufstellungsort und Größe verteilte Energieboxen ergibt sich eine nennenswerte elekt-



rische Leistungskapazität, die die Elektrizitätserzeugung in den Großkraftwerken ergänzt. Besonders vorteilhaft ist hierbei, daß die Erzeugungs- und Verbrauchsorte gewöhnlich in unmittelbarer Umgebung liegen, so daß die höheren Spannungsebenen des elektrischen Verteilungsnetzes nicht in Anspruch genommen werden.

Wesentlich für einen aus technischer Sicht funktionierenden Verbund der Energiebox mit dem Elektrizitätsnetz der EVU ist die richtige Ausgestaltung der Schnittstelle zwischen dem EVU-Netz und dem Netz des Verbrauchers einschließlich der Energiebox. An der Schnittstelle grenzen die Verantwortungsbereiche des jeweiligen EVU und des privaten Elektrizitätserzeugers und -verbrauchers technisch und juristisch aneinander. Sie muß deshalb eindeutig sein und den Interessen beider Partner Rechnung tragen. Diese Aufgabe hat das Schnittstellengerät zu übernehmen, das eine Art „Kommunikationsdrehscheibe“ zwischen EVU, privatem Verbraucher und der Energiebox darstellt (Bild 3).

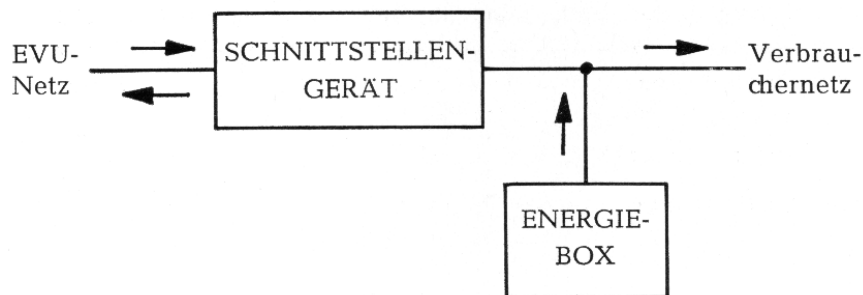


Bild 3: Schnittstelle EVU-Netz/Verbrauchernetz

Das Schnittstellengerät stellt die Weiterentwicklung des gegenwärtigen „Zählerkastens“ auf der Basis der heutigen Möglichkeiten der Technik der Mikroprozessoren dar, Es befindet sich im Eigentum des örtlich zuständigen EVU und ist plombiert. Es muß vor allem die folgenden Forderungen erfüllen;

- Messung, Speicherung und Anzeige von elektrischer Arbeit und Leistung nach Lieferrichtung und Zeit (ggfs. auch Blindkomponenten);
- Überlastschutz und im Bedarfsfall sichere technische Trennung des EVUNetzes vom Verbrauchernetz;
- in Verbindung mit der Steuereinrichtung in der Energiebox vollautomatische Steuerung der Elektrizitätsproduktion je nach den Bedürfnissen des Verbrauchers oder des EVU (etwa über Rundsteueranlagen).

### 3 Die Wirtschaftlichkeit der Energiebox

#### 3.1 Die Energiebox aus einzelwirtschaftlicher Sicht

Ausschlaggebend für die praktische Einführung neuer, aus gesamtwirtschaftlicher Sicht sinnvoller und notwendiger energiesparender Systeme ist ihre einzelwirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit gegenüber den am Markt eingeführten Technologien. Im folgenden werden deshalb die beiden Varianten der Energiebox mit der konventionellen Ölzentralheizung als der im Markt am breitesten eingeführten Beheizungsart verglichen, Dabei wurden die Kosten für die Anschaffung der Energiebox einmal auf der Basis der heutigen Preise angesetzt, die aufgrund der bisher noch relativ kleinen Fabrikationsmengen außerordentlich hoch liegen. Zum anderen wurden wahrscheinliche Großserienpreise in den Vergleich einbezogen, um so Aussagen über die Wirtschaftlichkeit der neuen Systeme nach Abschluß

der Anlaufphase zu erhalten, Dieser Großserienpreis wurde für die entsprechenden Komponenten zu 50 % des gegenwärtigen Kleinserienpreises angenommen, ein Wert, der nach Auskunft einiger Hersteller für Seriengrößen ab einigen zehntausend Aggregaten pro Jahr als realistisch anzusehen ist.

Die wärmetechnische Dimensionierung der verglichenen Systeme ist nach /1, Seite 140/ mit 17 kW Heizleistung so gewählt, daß der Wärmebedarf eines durchschnittlichen Einfamilienhauses gerade voll gedeckt werden kann (ohne Berücksichtigung einer evtl. wirtschaftlicheren konventionellen Zusatzheizung). Weitere in den Wirtschaftlichkeitsvergleich eingehende wichtige Bestimmungsgrößen sind:

- Amortisation: 11,7 % p.a.
- Heizölpreis: 0,33 DM/l

Anhang 4 enthält weitere Angaben zum Wirtschaftlichkeitsvergleich. In der folgenden Tabelle 1 sind die wichtigsten Ergebnisse zusammengefaßt.

	Öl- zentral- heizung	Energiebox ohne Wärmepumpe		Energiebox mit Wärmepumpe	
		heutiger Preis	Groß- serien- Preis	heutiger Preis	Groß- serien- Preis
	1	2	3	4	5
1 Anschaffungskosten DM	7 200	14 100	8 100	21 300	11 200
2 Amortisationskosten DM/Jahr	840	1 650	950	2 490	1 310
3 Betriebskosten DM/Jahr	2 000	2 680	2 680	1 500	1 500
4 Gesamtkosten DM/Jahr	2 840	4 330	3 630	3 990	2 810
5 spezif. Wärme- erzeugungskosten Pfg/kWh	8,4	angesetzt wie bei der Ölzentralheizung		11,7	8,3
6 Stromerzeugungs- kosten Pfg/kWh (einschl. Amortisationskosten)	—	8,9	4,7	—	—
7 Stromerzeugungs- kosten Pfg/kWh (ohne Amortisationskosten)	—	4,1	4,1	8,6	8,6
8 Stromerzeugungs- kosten Pfg/kWh (ohne Wärme-Kraft- Kopplung und Amortisation)	—	16,0	16,0	19,7	19,7

Tabelle 1: Wirtschaftlichkeitsvergleich Ölzentralheizung - Energiebox  
(Erläuterungen siehe Anhang 4)

Der Wirtschaftlichkeitsvergleich ergibt, daß die Energiebox in ihren beiden Varianten in der durchgerechneten kleinsten sinnvollen Leistungsgröße aufgrund der hohen heutigen Anschaffungskosten gegenwärtig noch nicht wirtschaftlich ist. Die Zeilen 5 und 6 der Übersicht zeigen aber, daß in Großserie hergestellte Aggregate die Wirtschaftlichkeitsschwelle bereits bei den jetzigen Energiepreisen überschreiten (Nach 124/ betragen die Brennstoffkosten bei Steinkohlen-Großkraftwerken

gemittelt etwa 4,8 Pfg/kWh; mit schnell weiter steigenden Elektrizitätspreisen ist nach /25 und 26/ zu rechnen). In die gleiche Richtung wirkt der mit Sicherheit weiter steigende Ölpreis.

Der in der Tabelle dargestellte Wirtschaftlichkeitsvergleich berücksichtigt bei der Variante „Energiebox mit integrierter Wärmepumpe“ nicht die Möglichkeit, außerhalb der kältesten Tage ebenfalls Elektrizität abzugeben und damit eine weitere Verbesserung der Wirtschaftlichkeit erreichen zu können.

Nach den Erfahrungen mit den Kleinheizkraftwerken der Stadtwerke Heidenheim AG /5/ sind größere Energieboxen (ohne Wärmepumpe) zur Beheizung ganzer Wohnkomplexe aufgrund der Degression der Kapitalkosten schon bei den heutigen Stückzahlen wirtschaftlich zu betreiben.

Im Vergleich zur Gasheizung schneidet die Energiebox allerdings nicht ganz so günstig ab, weil die Anschaffungskosten zumindest für kleinere Gasheizanlagen meist deutlich unterhalb der Kosten für äquivalente Ölheizungsanlagen liegen.

Betreibt man die Energiebox ohne Wärme-Kraft-Kopplung etwa im Sommer, dann ergeben sich die in der Tabelle 1 in der letzten Zeile angegebenen Stromerzeugungskosten (reine Betriebskosten). Diese Kosten liegen so deutlich oberhalb der für den Bezug von Elektrizität aufzuwendenden Arbeitspreise, daß diese Betriebsart nur in Sonderfällen, nämlich bei Ausfall des öffentlichen Versorgungsnetzes, angewendet werden dürfte.

Eine Verknüpfung der Wirtschaftlichkeitsrechnungen mit den gegenwärtig in der Diskussion befindlichen staatlichen Maßnahmen zur Unterstützung der Einführung neuer energiesparender Systeme ergibt, daß diese Maßnahmen das heutige Wirtschaftlichkeitsdefizit von kleinen Energieboxen für Ein- und Mehrfamilienhäuser nicht aufzuwiegen vermögen.

Zusammenfassend läßt sich damit feststellen, daß

- die Energiebox bei größeren Aggregaten schon heute wirtschaftlich ist;
- kleinere Aggregate (etwa für Einfamilienhäuser) erst bei Großserienfertigung wirtschaftlich werden.

### **3.2 Die Energiebox aus gesamtwirtschaftlicher Sicht**

Entscheidend für die Bewertung neuer Energietechnologien aus gesamtwirtschaftlicher Sicht sind vor allem die folgenden Gesichtspunkte:

- (1) *Einzelwirtschaftlichkeit*: Neue Technologien zur Einsparung von Energie müssen - zumindest nach der Einführungsphase - in einzelwirtschaftlicher Hinsicht wirtschaftlich sein, weil sonst die Volkswirtschaft insgesamt für die sich ergebenden Mehrkosten aufzukommen hätte (Siehe hierzu den vorhergehenden Abschnitt 3.1).
- (2) *Art und Umfang des Einspareffekts*: Große Einspareffekte bei auf absehbare Zeit reichlich vorhandenen Energieträgern sind von geringerer Bedeutung als bei sich rascher verknappenden und heute weitverbreiteten Energieträgern wie z.B. Mineralölen.
- (3) *Technologische Kompatibilität mit den vorhandenen Energietechniken und Versorgungssystemen*: Neue Technologien zur Energieeinsparung lassen sich um so schneller und kostensparender in den Markt einführen, je besser sie mit den vorhandenen Energietechnologien und Versorgungssystemen harmonieren. Nur dann ist eine laufende Substitution der vorhandenen Anlagen durch solche mit neuer Technologie ohne größere Umstellungsschwierigkeiten kostengünstig möglich.

- (4) *Einfluß auf die Umweltbelastung:* Mit der Einführung neuer energiesparender Technologien sollte zugleich die mit jeder Energieumwandlung einhergehende Umweltbelastung soweit wie möglich reduziert werden.
- (5) *Verringerung der Importabhängigkeit:* Langfristiges Ziel nationaler Energiepolitik ist es, die Abhängigkeit von den zu importierenden Energieträgern zu vermindern.
- (6) *Auswirkungen auf die Beschäftigungssituation:* Angesichts der relativ hohen Zahl von Arbeitslosen sind die Auswirkungen neuer Energietechnologien auf die Quantität und Qualität der Arbeitsplätze von besonderer Bedeutung.

Im folgenden wird versucht, die charakteristischen Eigenschaften der Energiebox anhand der vorstehend aufgeführten Gesichtspunkte zu bewerten. Dabei ist zwischen der Energiebox ohne Wärmepumpe und derjenigen mit integrierter Wärmepumpe zu unterscheiden. Diese letztere Ausführung der Energiebox ist vergleichsweise einfach zu behandeln, wenn - wie auch im einzelwirtschaftlichen Vergleich geschehen - nur ihre Wärmeproduktion in Betracht gezogen wird und die Möglichkeit zur Abgabe von Elektrizität hier unberücksichtigt bleibt. Dann nämlich erstreckt sich der Einspareffekt ausschließlich auf die im wesentlichen zur Heizwärmeerzeugung im Haushalts- und Kleinverbrauchsbereich verwendeten Energieträger Heizöl und Erdgas. Hinsichtlich der möglichen Abgabe von Elektrizität verhält sich diese Energiebox wie die Energiebox ohne Wärmepumpe. Kennzeichnend für diese Variante der Energiebox ist die gekoppelte Erzeugung von Wärme und Elektrizität, weshalb in diesem Fall auch Einspar- und Verdrängungseffekte im Elektrizitätsbereich in den Vergleich mit einbezogen werden müssen. Dabei wird auch auf einige besondere Eigenschaften von Großkraftwerken einzugehen sein.

Ersetzt man vorhandene oder geplante Zentralheizungsanlagen mit Heizöl- oder Erdgasfeuerung durch entsprechende Energieboxen mit Wärmepumpen, so bewirkt dies eine Einsparung von fast 50 % der andernfalls zu verbrauchenden Energieträger (Ein größerer und ebenso unmittelbar wirkender Einspareffekt ist wohl mit keiner anderen, schon jetzt verfügbaren Technologie zu erzielen!).

In diesem Zusammenhang ist ein Vergleich des Energieverbrauchs anderer Verfahren zur Wärmeversorgung der Haushalte, Gewerbe- und Kleinverbraucher mit demjenigen der Energiebox mit Wärmepumpe aufschlußreich. Tabelle 2 gibt hierzu einen Überblick (Einzelheiten Anhang 5; nach /12, 22 und 27/).

Um eine Einheit Nutzwärme zu erzeugen, sind erforderlich (Ölzentralheizung = 100 %, bezogen auf den Primärenergieverbrauch):

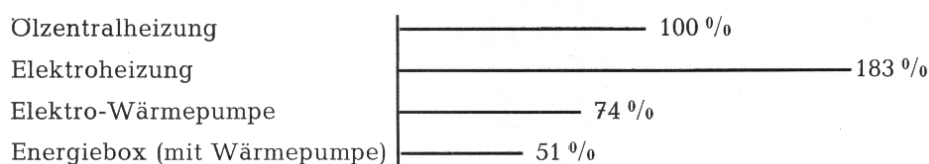


Tabelle 2: Energieverbrauch einiger Wärmeversorgungsverfahren im Bereich Haushalt und Kleinverbrauch

Auffallend ist die unter dem Gesichtspunkt der Energieeinsparung unerreichte Spitzenposition der Energiebox. Bemerkenswert ist ferner, daß der Energieverbrauch elektrisch betriebener Wärmepumpen fast um die Hälfte über dem Energieverbrauch der Energiebox liegt. Elektrowärmepumpen sind deshalb aus energetischer Sicht nur dann sinnvoll, wenn sie vorhandene Elektroheizungen (Widerstandsheizungen wie z.B. Nachtspeicherheizungen) ersetzen.

Nach den Abschätzungen im Anhang 6 kann im Jahre 1990 mit etwa 700 000 Heizungsanlagen mit Energieboxen mit Wärmepumpen im Bereich von Haushalt und Kleinverbrauch gerechnet werden (Ausstattung von 15 % aller Gebäude dieses Verbrauchssektors mit Zentralheizungen mit Energiebox mit Wärmepumpen). Hieraus läßt sich eine jährliche Ersparnis von etwa 1,5 Mio t Erdöl (2,1 Mio t Steinkohleeinheiten [SkE] ) bzw. 0,8 Mio m<sup>3</sup> Erdgas (0,82 Mio t SkE) grob abschätzen, was bezogen auf den Verbrauch des Sektors Haushalt und Kleinverbrauch im Jahre 1990 etwa 2,4 % des Erdöl- bzw. 1,7 % des Erdgasverbrauchs bedeutet. Damit haben diese Einsparungen bereits die Größe des für 1990 prognostizierten jährlichen Verbrauchszuwachses von 0,9 % deutlich überschritten. Hervorzuheben ist, daß die Einsparung auch an dem Energieträger Mineralöl ansetzt, einem Energieträger, der nach heutiger Kenntnis am ehesten erschöpft sein dürfte.

Die technologische Kompatibilität der Energiebox mit Wärmepumpe mit konventionellen Zentralheizungsanlagen sowie mit der eingespielten Heizöl- bzw. Erdgasversorgungsstruktur kann wohl als vorzüglich bezeichnet werden. Lediglich im Bereich des den Wartungsdienst leistenden Handwerks sind Weiterbildungsmaßnahmen einzuleiten.

Auch zum Ziel der Reduzierung der Umweltbelastung mit Schadstoffen vermag die Energiebox mit Wärmepumpe einen beträchtlichen Beitrag zu leisten. Aufgrund der auf rund die Hälfte reduzierten Verbrauchswerte für Heizöl bzw. Erdgas im Verhältnis zu konventionellen Zentralheizungsanlagen verringert sich die Schadstoffemission im wesentlichen in derselben Relation. In gleicher Weise vermindert sich der Kohlendioxid- und Abwärmeeintrag.

In Bezug auf die Verringerung der Importabhängigkeit der Energieträger kann angenommen werden, daß sich das oben abgeschätzte Einsparungsergebnis in einer Verringerung des Importbedarfs auswirken dürfte.

Zum Gesichtspunkt „Auswirkungen auf die Beschäftigungssituation“ wird für beide Varianten der Energiebox am Ende dieses Kapitels gemeinsam Stellung genommen.

Auch bei der Energiebox ohne Wärmepumpe sei hinsichtlich des einzelwirtschaftlichen Vergleichs auf Abschnitt 3.1 verwiesen.

Mit der dezentralen Nutzung der Wärme-Kraft-Kopplung in der Energiebox ist zunächst eine gewisse Verlagerung des für die Elektrizitätserzeugung hauptsächlich eingesetzten Energieträgers Kohle auf Mineralöl und Erdgas verbunden. Auf der Basis der Abschätzungen in Anhang 6 können mit der Energiebox ohne Wärmepumpe insgesamt jährlich etwa 19 Terawattstunden (TWh) an Elektrizität erzeugt werden (dortige Tabelle A 6-7). Der hiermit verbundene Mehrverbrauch von rd. 4,7 Mio t SkE an diesen beiden Energieträgern entspricht etwa 1,5 % des für 1990 prognostizierten Gesamtverbrauchs an Öl und Erdgas bzw. 18 % des 1976 zur Elektrizitätsversorgung aufgewandten Anteils. Weiterhin ist zu berücksichtigen, daß nach 128/ im gleichen Jahr etwa 25 % der in Großkraftwerken erzeugten Elektrizität auf der Basis von Öl und Erdgas erfolgte. Diese Vergleiche lassen erkennen, daß die Argumente, die gegen eine verstärkte dezentrale Nutzung der Wärme-Kraft-Kopplung vorgebracht werden, angesichts der Gesamtsituationen nur von begrenztem Gewicht sind. Auch die Importabhängigkeit würde hierdurch nicht merklich vergrößert.

In technologischer Hinsicht ist die Energiebox ohne Wärmepumpe in gleicher Weise mit den vorhandenen Strukturen kompatibel, wie es für die Energiebox mit Wärmepumpe bereits dargelegt worden ist. In Abschnitt 2,3 ist darüber hinaus ausgeführt, wie sich die technische Integration der Energiebox in das Elektrizitätsnetz der EVU darstellt. Ausführungen über die ordnungspolitische Integration der Energiebox in das Elektrizitätsnetz enthält Abschnitt 5.

Hinsichtlich der Umweltbelastung gilt ähnliches wie es für die Energiebox mit Wärmepumpe bereits aufgezeigt ist. Dies beruht darauf, daß mit dem erheblichen Minderverbrauch an zu verbrennenden Energieträgern eine starke Reduzierung der Umweltbelastung verbunden ist. Es ist jedoch anzumerken, daß mit der Elektrizität liefernden Energiebox die Umweltbelastung zwar insgesamt, nicht aber an ihrem Aufstellungsort selbst verringert wird, da die bei der Elektrizitätserzeugung in Großkraftwerken entstehende Umweltbelastung im wesentlichen an ihrem jeweiligen Standort entsteht und nur veredelte Energie, nämlich Elektrizität, die Verbrauchsorte erreicht.

Allerdings sprechen Umweltschutzgesichtspunkte auch gegen einen weiteren Zubau von Großkraftwerken. Zwar lassen sich bei ihnen mit sehr hohen Schornsteinen und laufender optimaler Wartung des Betriebs die Umweltbelastungen verringern. Auf der anderen Seite muß man aber neben der immensen lokalen Abwärmebelastung die Tatsache bewerten, daß solche „Energiegroßfabriken“ mit den dazu notwendigen Hochspannungsableitungen eine Landschaft völlig überfordern können. Nicht zuletzt hierauf beruht ein Großteil der Standortproblematik. Die Energiebox hingegen ist klein und überall leicht aufzustellen, so daß bei ihr keine Standortprobleme auftreten.

Bemerkenswerte Erkenntnisse liefert ein Vergleich des spezifischen Investitionsaufwands (DM/kW) für Großkraftwerke und die Energiebox /1, 5, 24 und 26/:

	Großkraftwerke		Energiebox (ohne Wärmepumpe)	
	Kohle	Kernkraft	Kleinserie	Großserie
Leistung	600 MW	1 230 MW	17 kW	17 kW
Investitionsaufwand	858 Mio DM	2 500 Mio DM	14 100 DM	8 100 DM
spezifischer Investitionsaufwand	1 430 DM/kW	2 032 DM/kW	829 DM/kW	476 DM/kW

Tabelle 3: Spezifischer Investitionsaufwand bei der Elektrizitätserzeugung in Großkraftwerken und in Energieboxen

Die signifikanten Unterschiede beim spezifischen Investitionsaufwand beruhen zum einen darauf, daß Großkraftwerke auch bei der heute üblichen Blockbauweise mit erheblichen „first of its kind“-Kosten belastet sind, während diese Kosten aufgrund der Serienproduktion die einzelne Energiebox anteilig nur gering belasten. Außerdem sind Großkraftwerke wegen der bis zu 7 Jahren betragenden Bauzeit mit erheblichen Kapital-, Versicherungs und ähnlichen, ihrer Qualität nach unproduktiven Vorlaufkosten belastet, bevor die Anlagen mit der Elektrizitätsproduktion beginnen können. Diese Kosten erreichen heute bereits die Größenordnung derjenigen Kosten, die für die Anschaffung einer der elektrischen Leistung eines Großkraftwerks entsprechenden Anzahl von Energieboxen aufgewendet werden müßten.

Wie Tabelle A 6-5 ausweist, ist bereits bei einer nur 15 %igen Ausstattung der Gebäude mit Energieboxen eine installierte elektrische Leistungskapazität von fast 13 Gigawatt (GW) verfügbar, was 10 Großkraftwerken der Biblis-Klasse entspricht. Damit könnte die Energiebox die tägliche Belastungsschwankung der Elektrizitätserzeugung (10 bis 20 GW je nach Jahreszeit, vgl. /28/) im wesentlichen abdecken. Andererseits läßt sich aus diesen Überlegungen aber auch folgern, daß ein

signifikanter Teil des jährlichen Bedarfszuwachses an Elektrizitätserzeugungskapazität nicht durch neue Großkraftwerke, sondern durch Energieboxen befriedigt werden könnte. Die Großkraftwerke wären dann bevorzugt im Grundlastbereich einzusetzen, während die Spitzenbedarfsdeckung Kleinkraftwerken wie der Energiebox zuzuweisen wäre.

Eine solche Entwicklung würde von der Problematik der Großkraftwerke wegführen und die Lage auf diesem Gebiet entspannen helfen. Dabei bedeutet der Einsatz der Energiebox keine Festlegung auf die heutigen Energieträger Mineralöl und Erdgas, sondern hält zukünftige Substitutionsmöglichkeiten wie nukleare Verflüssigung und Vergasung heimischer Kohle offen. Die heute übliche direkte Verstromung der Kohle hat hingegen nur einen relativ geringen energetischen und damit auch gesamtwirtschaftlichen Nutzungsgrad.

Energiebox und Großkraftwerke ergänzen sich somit in ihrer Aufgabe, den großen energieverbrauchenden Bereich Haushalt und Kleinverbrauch zu gesamtwirtschaftlich optimalen Bedingungen mit den benötigten Endenergien Heizwärme und Elektrizität zu versorgen.

In den vorstehenden Überlegungen sind die erheblichen jährlichen Investitionen der EVU in die Elektrizitätsverteilungsanlagen nicht berücksichtigt, obwohl sie nach /28/ derzeit von gleicher Höhe wie die Investitionen im Erzeugungsbereich selbst sind, da auch bei einer stark dezentralisierten Elektrizitätserzeugung überregionale Verteilungsnetze erforderlich sein werden. Ihr Ausbau wird jedoch verlangsamt.

Die Auswirkungen, die mit der Einführung der Energiebox auf die Beschäftigungslage verbunden sind, lassen sich im Rahmen dieser Studie nur andeuten. Im Produktionsbereich ist eine partielle Verlagerung der Arbeitsplätze von den traditionellen Herstellern von Zentralheizungsanlagen auf höher qualifizierte Produktionsstätten des Maschinenbaus und der Elektrotechnik/Elektronik zu erwarten, weil die Energiebox ein technisch anspruchsvolleres Aggregat als eine konventionelle Zentralheizungsfeuerung ist. So ist es z.B. denkbar, daß die Automobilindustrie die Fertigung der Energiebox aufgreift, wenn der Automobilabsatz Sättigungserscheinungen zeigt. Denn diese Branche ist von der technologischen Seite her dafür prädestiniert, weil wesentliche Komponenten der Energiebox schon heute zu ihrem Produktionsprogramm gehören. Ähnliches läßt sich für den Bereich der Wartung vermuten. Die komplexe Steuer- und Überwachungselektronik der Energiebox wird dem Mikroprozessor ein neues Anwendungsfeld eröffnen, das es bisher in der Heiztechnik nicht gibt.

Die Einführung der Energiebox wird möglicherweise einen verminderten Zubau neuer Großkraftwerke zur Folge haben. Dies ist beschäftigungspolitisch aber dann ohne Nachteil, wenn es gelingt, die dadurch zunächst freiwerdenden Produktionskapazitäten der Hersteller von Großkraftwerken für neue Großanlagen zur Verflüssigung und Vergasung der heimischen Kohle einzusetzen.

Eine schnelle Ausbreitung der Energiebox als Bestandteil eines modernen Energieversorgungssystems auf dem Binnenmarkt der Bundesrepublik Deutschland dürfte vom Ausland als ein Beweis technologischer Spitzenstellung interpretiert werden. Dies wird entsprechende Auswirkungen auf den Exportmärkten nach sich ziehen.

Insgesamt gesehen wird man deshalb annehmen können, daß die Einführung der Energiebox mit einer Zunahme der Zahl der Arbeitsplätze verbunden ist. Sicher ist heute schon, daß höher qualifizierte Arbeitsplätze mit ihren positiven Auswirkungen auf die gesamte Gesellschaft geschaffen werden.

Im Ergebnis ist hervorzuheben, daß

- die Energiebox erhebliche Energiemengen einzusparen erlaubt;
- die Kompatibilität der Energiebox mit den gegebenen technischen Versorgungsstrukturen eine laufende und störungsfreie Einführung gestattet;
- die Umweltbelastung aufgrund der mit jeder neuen Energiebox gegebenen erheblichen Energieeinsparung verringert wird;
- die Energiebox die Importabhängigkeit nicht vergrößert;
- Energiebox und Großkraftwerke sich gesamtwirtschaftlich gesehen im Verbund vorteilhaft ergänzen;
- die Einführung der Energiebox mit positiven Auswirkungen auf die Beschäftigungslage verbunden sein dürfte.

#### **4 Die Elektrizitätsversorgung im Krisenfall**

Ein wesentliches Kennzeichen unserer heutigen Zivilisation ist ihre außerordentlich starke Abhängigkeit von einer sicheren Elektrizitätsversorgung: Ohne Elektrizität stellen Tiefkühltruhen, Kochherde, Fahrstühle, Tankstellen, Straßen- und Eisenbahnen, Zentralheizungsanlagen, Büromaschinen und vieles andere mehr ihren Dienst ein. Jeder einzelne würde von einer größeren Störung betroffen sein. Ein mehrtägiger, weite Gebiete umfassender Zusammenbruch der elektrischen Versorgung dürfte wohl nicht ohne gravierende gesellschaftspolitische Folgestörungen vorübergehen (vgl. hierzu /29/ über den Black Out in New York 1977). Allerdings sind Gefühl und Vorstellungskraft für diese immense Abhängigkeit von einer sicheren Elektrizitätsversorgung verloren gegangen, weil Störungen im elektrischen Versorgungsnetz in den letzten 30 Jahren selten waren und meist regional begrenzt blieben.

Wenn auch die Verantwortlichen in den EVU und den Behörden davon ausgehen, daß auf technischen Unzulänglichkeiten beruhende katastrophale Netzzusammenbrüche nach menschlichem Ermessen nicht auftreten dürften, so ist es doch unbefriedigend, daß die dagegen getroffenen Abwehrmaßnahmen in der Praxis kaum überprüft werden können. Es existieren zwar Abschaltpläne, nach denen in Störungsfällen einzelne Großverbraucher oder ganze Versorgungsgebiete von der Elektrizitätsversorgung abgetrennt werden. Offen ist aber, ob und inwieweit mit diesen Vorsorgemaßnahmen die im Ernstfall auftretenden Störungen beherrscht werden können. Nachteilig für den Verbraucher ist ferner, daß nach den Allgemeinen Bedingungen für die Versorgung mit Strom und Gas (AVB) sämtliche Schadensersatzansprüche des Verbrauchers gegen das zuständige EVU ausgeschlossen sind. In diesem Zusammenhang ist allerdings anzuerkennen, daß die deutsche Elektrizitätswirtschaft seit langem erhebliche Anstrengungen zur Vermeidung größerer Versorgungsstörungen unternommen hat.

Problematisch ist und bleibt aber ein ausreichender Schutz der ausgedehnten Überlandleitungen und Verteilstationen gegen mutwillige Beschädigungen. Hier zeigt sich besonders deutlich, daß eine hochtechnisierte und sehr arbeitsteilig organisierte Gesellschaft auf einen ausreichenden Grundkonsens aller ihrer Gruppierungen angewiesen ist. Dieser ist jedoch heute teilweise in Frage gestellt, wie die Ereignisse der letzten Jahre gezeigt haben. Es ist deshalb anzunehmen, daß das Bedürfnis nach einer gesicherten Elektrizitätsversorgung zunehmen wird.

Eine wirkliche Sicherstellung der Elektrizitätsversorgung im Krisenfall kann nur durch eine Ergänzung der zentralistisch angelegten Struktur der heutigen Versorgungsnetze durch eine dezentrale Sub-



struktur erreicht werden, Die Netzelemente dieser Substruktur werden von einzelnen Energieboxen (mit oder ohne Wärmepumpe) und den ihnen zugeordneten Versorgungsbezirken gebildet, die bei übergeordneten Netzstörungen völlig autark über „eigene“ Elektrizität verfügen können. Die Dauer des autarken Betriebs ist im wesentlichen nur von der gespeicherten Öl- oder Flüssiggasmenge abhängig und kann ohne Schwierigkeiten für einen mehrmonatigen Inselbetrieb eingerichtet werden. Heute werden hierfür Notstromaggregate eingesetzt. Da sie aber ein erhebliches unproduktives Kapital darstellen, werden sie nur selten - meist erst bei Vorliegen zwingender Vorschriften - aufgestellt. Die Energiebox hingegen ist ein Kleinkraftwerk, das (nach Überwindung der Startphase) bereits aus wirtschaftlichen Erwägungen eine weite Verbreitung finden kann. Deshalb kann die Energiebox auch einen wesentlichen Beitrag zur Stabilisierung von Volkswirtschaft und Gesellschaft in Krisenzeiten leisten.

## **5 Energiebox und Ordnungspolitik**

Die heutige Technologie besitzt einen Zug zum Gigantischen. Daraus ergeben sich politische und gesellschaftliche Folgewirkungen von erheblicher Tragweite, die das seit je nicht ungespannte Verhältnis zwischen Mensch und Maschine, Umwelt und Technik, Freiheit und Macht, Individuum und Herrschaft zu einem der kritischen Probleme der heutigen Gesellschaft haben werden lassen: Die freiheitliche Rechtsverfassung des politischen Systems mitsamt ihren dezentralen gewaltenteiligen Kompetenzbalancen und grundrechtlichen Selbstbestimmungsrechten droht von technologischen Apparaturen, ihren Eigengesetzlichkeiten und undurchsichtigen Steuerungsmechanismen verdrängt zu werden. Das hat zur Folge, daß nicht nur der individuell beherrschbare Lebensraum ständig schwindet, sondern daß das gesellschaftliche System mangels ausreichender Rückkopplung seine Motorik, Reaktionsfähigkeit und Dynamik einbüßt und hinter der rapiden Veränderung der Lebensumstände herhinkt.

Gelegentlich haben die bereits entstandenen Reibungsflächen zwischen politischer und technologischer Verfassung die Schwelle des Mißvergnügens und allgemeiner Verdrossenheit überschritten und zu offener bürgerschaftlicher Aktion geführt. Hinter solchen Signalen verbirgt sich eines der ernstesten Probleme unserer technisierten Gesellschaft. Im Energiebereich kann diesem Problem nur dadurch begegnet werden, daß nicht nur auf eine wirtschaftliche, umweltfreundliche, sichere oder energiesparende, sondern auch auf eine verfassungskongruente Technologie Bedacht genommen wird. Notwendig ist also eine Technologie, in welcher der einzelne nicht zu Passivität und Abhängigkeit verurteilt ist, sondern soweit wie möglich als aktiver Partner, als gleichberechtigter und mitverantwortlicher Produzent der Gemeinwohlgüter entsprechend seiner politischen Rolle als selbstverantwortlicher Bürger des staatlichen Gemeinwesens fungiert.

Die Energiebox ist ein kleiner Schritt auf diesem Weg, staatsbürgerlichen Gemeinsinn durch Mitwirkung und Mitverantwortung zu wecken. Sie ist es insbesondere dann, wenn sie sich unter Wahrung der partnerschaftlichen Interessen in der Verfügungsgewalt des einzelnen Verbrauchers befindet und nicht in derjenigen der EVU. Dies schließt nicht aus, daß mit diesen eine im beiderseitigen Interesse liegende einvernehmlich abgestimmte Betriebsweise vereinbart wird, zu der ggfs. auch eine zentrale Steuerung etwa zur Spitzenlastdeckung gehören kann, da es mittels der heutigen elektronischen Technologien möglich ist, die Elektrizitätserzeugung auch bei einer großen Zahl von Energieboxen wie bei einem Großkraftwerk zu steuern und dabei zugleich die Vorzüge der dezentralen Wärme-Kraft-Kopplung zu nutzen.

Wie aber die in jüngster Zeit geführten Diskussionen vor dem Kartellamt gezeigt haben, ist von den EVU keine grundsätzliche Änderung ihrer bisherigen Haltung gegenüber privaten Betreibern von eigenen Anlagen zur Erzeugung von Elektrizität (sog. Eigenanlagen) zu erwarten. Die EVU stützen sich dabei vor allem auf Geist und Formulierung des „Gesetzes zur Förderung der Energiewirtschaft“ (Energiewirtschaftsgesetz) aus dem Jahre 1935. Nach seinem Vorspruch ist es der Leitgedanke des Gesetzes, „die Energieversorgung so sicher und so billig wie möglich zu gestalten“. Das heute gleichrangig hinzugetretene Ziel der Einsparung von Energie fehlt. Anlagen zur Elektrizitätserzeugung durch Wärme-Kraft-Kopplung werden zum Beispiel nur in wenigen, eng umrissenen Sonderfällen als zumutbar für ein EVU angesehen (lt. 5. Durchführungsverordnung zum Energiewirtschaftsgesetz aus dem Jahre 1940).

Das neue Ziel der Energieeinsparung ist von solch entscheidendem Einfluß auf den Energiebereich, daß ihm nur durch ein neu zu schaffendes „Energiegesetz“ und nicht mehr durch stückweise Anpassung des geltenden Energiewirtschaftsgesetzes einschließlich seiner Durchführungsverordnungen Rechnung getragen werden kann. In diesem Zusammenhang sei daran erinnert, daß das 1976 verkündete Energieeinsparungsgesetz seinen umfassenden Namen nur teilweise zu Recht trägt, da es nur auf die Einsparung von Energie zur Wärmeversorgung von Gebäuden abzielt. Auch die in der zweiten Fortschreibung des Energieprogramms der Bundesregierung vom 14. Dezember 1977 132/ propagierte verstärkte Nutzung der Wärme-Kraft-Kopplung wird nur dann wirklich voranschreiten, wenn das Energiewirtschaftsgesetz abgelöst wird.

Im Hinblick auf die Energiebox wie auch auf größere Anlagen zur Wärme-Kraft-Kopplung im industriellen Bereich ergibt sich dabei die Forderung, insbesondere den Verbundbetrieb zwischen den Großkraftwerken der EVU und Kleinkraftwerken wie der Energiebox in dem neuen Energiegesetz auf der Basis partnerschaftlichen Zusammenwirkens zu regeln. Dies betrifft auch die Fragen der sog. Parallelfahrtgebühr und der Reservehaltung sowie die Angemessenheit der Abnahmepreise (vgl. hierzu Anhang 7).

Darüber hinaus wäre zu prüfen, inwieweit Elektrizität, die durch Wärme-Kraft-Kopplung erzeugt wird, aus energiepolitischen Gründen generell eine vor der in Kondensationskraftwerken erzeugten Elektrizität begünstigte Stellung erhalten soll. Diese könnte sich zum Beispiel auch in einer entsprechenden Preisgestaltung ausdrücken.

## **6 Vorschläge zur beschleunigten Einführung der Energiebox**

Wesentliche Ergebnisse der vorhergehenden Kapitel sind:

- Die Energiebox kann im Vergleich zu anderen hier in Betracht zu ziehenden technischen Verfahren wohl am schnellsten einen signifikanten Beitrag zur Einsparung an Primärenergie leisten;
- ihre Einführung vermindert die Anfälligkeit der Volkswirtschaft gegen Versorgungsstörungen;
- mit jeder neuen Energiebox wird die Abhängigkeit des einzelnen Staatsbürgers von zentralen Versorgungsorganisationen verringert; die Energiebox ist deshalb aus staatspolitischer Sicht wünschenswert und ihre schnelle Einführung zu fördern;
- die Energiebox stellt kein besonderes technisches Entwicklungsproblem dar; es fehlt der letzte Schritt in der Entwicklung, nämlich der Übergang vom Prototyp zu serienreifen Aggregaten;
- sie ist aber heute in den unteren Leistungsklassen noch nicht wirtschaftlich, weil die Kaufpreise wegen der fehlenden Großserienfertigung noch zu hoch sind; die Wirtschaftlichkeitsgrenze wird erst erreicht, wenn die Preise nach Aufnahme der Serienfertigung um 40 bis 50 % gefallen sind.

Technische Weiterentwicklung bis hin zur Serienreife, der erforderliche Aufbau der Produktionsstraßen und der resultierende Verkaufspreis sind wechselseitig miteinander verkoppelt und abhängig von der erwarteten Verkaufsmenge. Aufgrund des zur Zeit noch vorhandenen Defizits in einzelwirtschaftlicher Hinsicht wird dieser Prozeß nicht so schnell in Gang kommen, wie es aus volkswirtschaftlicher Sicht im Hinblick auf die erwartete Energiesituation und die heutige Beschäftigungslage erforderlich ist. Es kommt hinzu, daß die Einführung der Energiebox ohne Wärmepumpe, die auf die Abgabe der erzeugten Elektrizität in das Verbundnetz der EVU angewiesen ist, durch das Energiewirtschaftsgesetz behindert wird.

Maßnahmen zur beschleunigten Einführung der Energiebox müssen deshalb besonders an den folgenden drei Punkten ansetzen:

- (1) Entwicklung serienreifer Prototypen,
- (2) Markteinführung,
- (3) Abbau gesetzlicher und administrativer Hemmnisse.

### **(1) Entwicklung serienreifer Prototypen**

Die technische Weiterentwicklung der Energiebox und ihrer Komponenten wird im Rahmen des Programms Energieforschung und Energietechnologien vom Bundesministerium für Forschung und Technologie durch Zuschüsse finanziell unterstützt. Dies sollte auch in den nächsten Jahren weitergeführt werden.

### **(2) Markteinführung**

Aufgrund der zur Zeit nicht gegebenen Einzelwirtschaftlichkeit kleinerer Energieboxen ist es notwendig, den Markteinführungsprozeß durch staatliche Maßnahmen zu beschleunigen. Zwar können Hersteller insbesondere aus dem Bereich der mittelständischen Industrie eine Vielfalt staatlicher Finanzierungshilfen zur Serienreifmachung der Energiebox und zum Aufbau der Produktionsanlagen in Anspruch nehmen (z.B. Programm zur Förderung der beschleunigten Markteinführung energiesparender Technologien und Produkte des Bundesministeriums für Wirtschaft, ERP-Kredite, Deutsche Wagnis-Finanzierungs-Gesellschaft, vgl. im einzelnen /34 und 36/), diese Hilfsmaßnahmen müssen aber durch kräftige, vom Markt selbst kommende Nachfrageanreize ergänzt werden. Die gegenwärtig im parlamentarischen Raum diskutierten Vorschläge zur Energieeinsparung im Wohnungsbereich /35/ sind hierzu noch nicht ausreichend, weil die durch sie bewirkte Verbilligung der einzelnen Energiebox auch in Verbindung mit den am Produktionsprozeß ansetzenden Fördermaßnahmen das Wirtschaftlichkeitsdefizit noch nicht zu überbrücken vermag. Im einzelnen sind deshalb folgende weitere Maßnahmen erforderlich:

- Die Wärmepumpe ist aus dem in der parlamentarischen Beratung befindlichen Katalog (im wesentlichen Wohnungsmodernisierungsgesetz) herauszunehmen und gesondert zumindest für die nächsten 5 Jahre mit einem Zuschuß von 25 % bis zur Höchstgrenze der Anschaffungskosten von etwa 18.000 DM zu unterstützen. Dabei sollten aus dem EVU-Netz betriebene elektrische Wärmepumpen nur dann begünstigt werden, wenn sie vorhandene Direktheizungen, insbesondere Nachtspeicherheizungen, ersetzen. Mit dieser Einschränkung soll einem durch Wärmepumpenanlagen verursachten weiteren Ausbau der elektrischen Versorgungsanlagen entgegengewirkt werden, zumal einige EVU bereits durch Sondertarife die Ausbreitung aus dem Netz betriebener elektrischer Wärmepumpen fördern.
- Weiterhin sollte § 4a des Investitionszulagengesetzes dahingehend modifiziert werden, daß der Einbau von Wärmepumpen zu Heizzwecken mit einem Zuschuß von 15 % bis zur Höchstgrenze

der Anschaffungskosten von etwa 500.000 DM gefördert wird (im übrigen mit den gleichen Einschränkungen wie bei der vorgehend beschriebenen Maßnahme).

- Darüber hinaus sollte die Markteinführung der Energiebox in ihren beiden Varianten durch einen Großversuch unterstützt werden. Hierzu könnten z.B. in Verbindung mit Wohnungsbaugesellschaften sowie mit der Bundeswehr Wohngebäude auf Heizung mit Energieboxen umgerüstet werden, wobei das zur Zeit noch vorhandene Wirtschaftlichkeitsdefizit aus öffentlichen Mitteln in Gestalt eines einmaligen Investitionszuschusses - evtl. über § 4a Investitionszulagengesetz hinausgehend - aufzubringen wäre.

### **(3) Abbau gesetzlicher und administrativer Hemmnisse**

Parallel zu den unter (2) aufgeführten Maßnahmen ist dafür zu sorgen, daß bestehende gesetzliche und administrative Hemmnisse entsprechend der gewünschten Einführung der Energiebox abgebaut werden. Hierunter fällt vor allem:

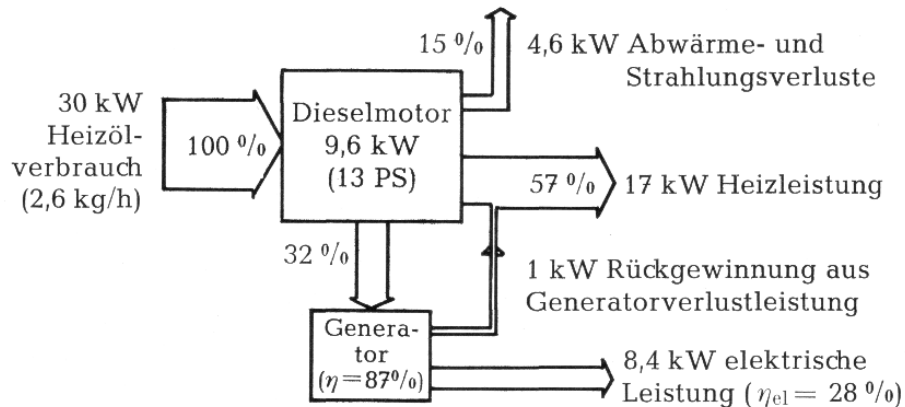
- Ablösung des geltenden Gesetzes zur Förderung der Energiewirtschaft (Energiewirtschaftsgesetz) durch ein den heutigen Verhältnissen und Erkenntnissen Rechnung tragendes Energiegesetz, das nicht nur wie bisher den Zielen „sichere und billige“ Energieversorgung, sondern gleichermaßen auch dem Ziel „Einsparung an Energie“ Rechnung trägt. Dies bedeutet u. a. eine Ausgestaltung der Regelungen über die Wärme-Kraft-Kopplung auch kleiner Anlagen dahingehend, daß die Netzeinspeisung von Eigenanlagen mit Wärme-Kraft-Kopplung den ihr aus volkswirtschaftlicher Sicht heute zukommenden Stellenwert erhalten kann.
- Da das Energiegesetz nur in einem längerfristigen Verfahren erstellt werden kann, sollte als Zwischenlösung umgehend die 5. Durchführungsverordnung zum Energiewirtschaftsgesetz entsprechend aktualisiert werden.
- Information und Einwirkung auf die kommunalen Bauaufsichtsbehörden, bei der Genehmigung der Energiebox, insbesondere der Wärmepumpenanlagen, den vorhandenen Ermessensspielraum zugunsten der Energiebox auszulegen.

## ANHANG zur Studie DIE ENERGIEBOX

### Anhang 1: Energieflüsse der Energiebox (ohne Wärmepumpe)

Beispiel mit Dieselmotor; bei Verwendung eines Gasmotors differieren Wirkungsgrade und Energieflüsse geringfügig.

1. Energieflüsse bei einer Heizleistung von 17 kW:



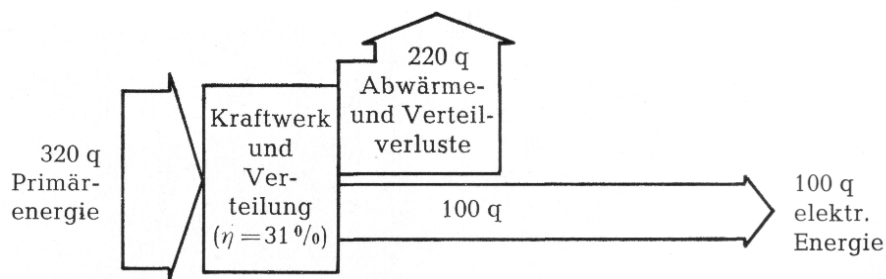
2. Entsprechende Energieflüsse bei einer Heizleistung von 60 kW:

Heizölverbrauch: 109,4 kW (9,4 kg/h)  
elektrische Leistung: 30,6 kW

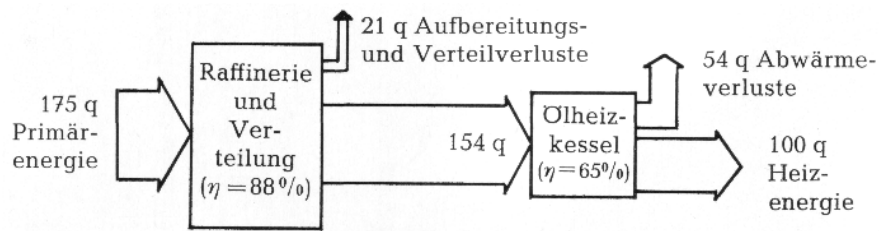
### Anhang 2: Energieeinsparung durch Wärme-Kraft-Kopplung

Zur Versorgung des Endverbrauchers mit Elektrizität und Heizwärme werden folgende Primärenergienmengen benötigt ( $q$  = relative Energieeinheit):

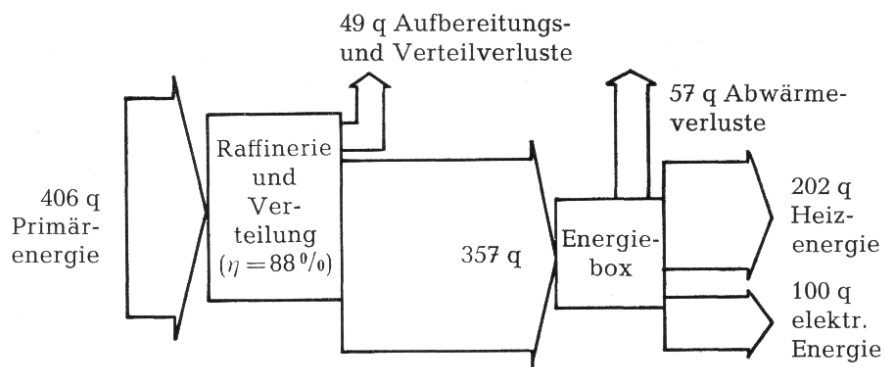
*Elektrizitätsversorgung mit Großkraftwerken*  
(Kohle-Kondensations-Kraftwerk)



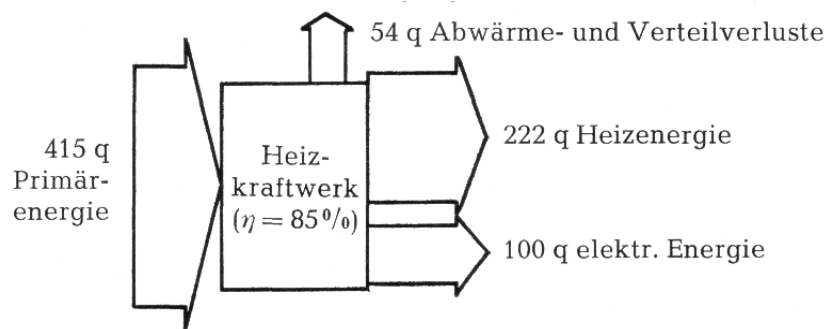
### Wärmeversorgung mit Ölzentralheizungen



### Elektrizitäts- und Wärmeversorgung mit der Energiebox



### Elektrizitäts- und Wärmeversorgung mit Heizkraftwerken \*)



\*) Stromkennzahl 125 kWh/GJ

Ein Vergleich dieser Verfahren untereinander ergibt folgendes Bild:

- Primärenergieverbrauch für die Elektrizitätsversorgung aus Großkraftwerken und die Wärmeversorgung aus Ölzentralheizungen für die gleichen Endenergiemengen, wie sie die Energiebox liefert:

Primärenergieverbrauch des Großkraftwerks		320 q
Primärenergieverbrauch der Ölzentralheizungen	$\frac{202 \text{ q}}{100 \text{ q}} \cdot 175 \text{ q} =$	<u>354 q</u>
	Summe	<u>674 q</u>
Primärenergieverbrauch der Energiebox		<u>406 q</u>
	Ersparnis	<u>268 q</u>
relative Ersparnis	$\frac{268 \text{ q}}{674 \text{ q}} =$	40 %

- Primärenergieverbrauch bei den Varianten Großkraftwerk und Ölzentralheizung im Vergleich zur Energielieferung durch ein Heizkraftwerk:

Primärenergieverbrauch des Großkraftwerks		320 q
Primärenergieverbrauch der Ölzentralheizungen	$\frac{222}{100 \text{ q}} \cdot 175 \text{ q} =$	<u>389 q</u>
	Summe	<u>709 q</u>
Primärenergieverbrauch des Heizkraftwerks		<u>415 q</u>
	Ersparnis	<u>294 q</u>
relative Ersparnis	$\frac{294 \text{ q}}{709 \text{ q}} =$	41 %

- Primärenergieausnutzung bei den aufgeführten Verfahren zur Elektrizitäts und Wärmeversorgung:

$$\text{Großkraftwerk und Ölzentralheizung: } = \frac{100 \text{ q}_{\text{el}} + 100 \text{ q}_{\text{th}}}{320 \text{ q} + 175 \text{ q}} = 40 \%$$

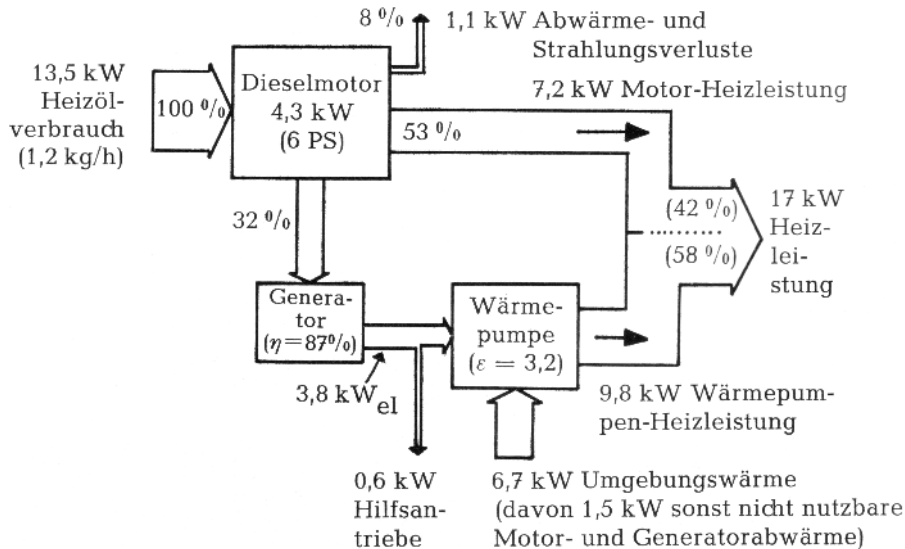
$$\text{Energiebox: } = \frac{202 \text{ q}_{\text{th}} + 100 \text{ q}_{\text{el}}}{406 \text{ q}} = 74 \%$$

$$\text{Heizkraftwerk: } = \frac{222 \text{ q} + 100 \text{ q}}{415 \text{ q}} = 78 \%$$

### Anhang 3: Energieflüsse der Energiebox (mit Wärmepumpe)

Beispiel mit Dieselmotor; bei Verwendung eines Gasmotors differieren Wirkungsgrade und Energieflüsse geringfügig.

1. Energieflüsse bei einer Heizleistung von 17 kW:



2. Entsprechende Energieflüsse bei einer Heizleistung von 60 kW:

Heizölverbrauch: 47,6 kW  
elektrische Leistung: 13,3 kW

### Anhang 4: Daten zur Einzelwirtschaftlichkeit der Energiebox

(Erläuterungen zu Tabelle 1: Wirtschaftlichkeitsvergleich Ölzentralheizung Energiebox)

*Vorbemerkung:*

Die einzelnen Felder der Tabelle 1 werden durch Angabe der zugehörigen Zeilen- und Spaltennummer gekennzeichnet; so bezieht sich eine Erläuterung zum Feld 3.2 auf das Feld in der 3. Zeile und in der 2. Spalte.

*Zu Zeile 1: Investitionskosten*

Die Nenn-Heizleistung ist die Auslegungsgröße für sämtliche Aggregate. Sie beträgt 17 kW (rd. 15.000 kcal/h).

Die Preisangaben beinhalten nicht das Wärmeverteilungsnetz. Sie beruhen auf dem Preisstand Anfang 1978; teilweise sind Schätzungen vorgenommen worden. Die Großserienpreise wurden zu etwa 50 % der heutigen Kleinserienpreise angenommen (Seriengrößen einige zehntausend Aggregate jährlich).



### Zu 1.1: Ölzentralheizung

Kessel	DM	2 500
Ölbrenner	DM	1 200
Vierwegemischer mit Steuerung	DM	1 400
Öltank (6 000 l)	DM	1 300
<hr/>		
Summe Investitionen	DM	6 400
Summe einschl. MWSt rd.	DM	<u>7 200</u>

### Zu 1.2 und 1.3: Energiebox ohne Wärmepumpe

	heutiger Preis DM	Großserien- preis DM
Dieselmotor-Generator-Aggregat (elektrische Leistung 10 kVA)	9 100	4 600
Sonderausstattung (Sonderschmierölbehälter mit Spezialfilter, Wärmetauscher, Schallschutz, Steuerung)	2 000	1 100
Öltank (7 000 l)	1 500	1 500
<hr/>		
Summe Investitionen	12 600	7 200
Summe einschl. MWSt rd.	<u>14 100</u>	<u>8 100</u>

### Zu 1.4 und 1.5: Energiebox mit Wärmepumpe

	heutiger Preis DM	Großserien- preis DM
Dieselmotor-Generator-Aggregat (wassergekühltes Aggregat mit einer elektrischen Leistung von 5 kVA)	5 500	3 000
Sonderausstattung (Sonderschmierölbehälter mit Spezialfilter, Wärmetauscher, Schallschutz, Steuerung)	2 000	1 000
Öltank (3 000 l)	1 000	1 000
Luft-Wasser-Wärmepumpe (elektrisch angetrieben, Heizleistung 10 kW)	10 500	5 000
<hr/>		
Summe Investitionen	19 000	10 000
Summe einschl. MWSt rd.	<u>21 300</u>	<u>11 200</u>

Ergänzend sei darauf hingewiesen, daß eine direkte mechanische Kopplung zwischen Verbrennungsmotor und Wärmepumpe unter Verzicht auf die Möglichkeit zur Elektrizitätserzeugung ungefähr zu folgenden Einsparungen führen dürfte (Großserienpreis):

Generator	DM	1 500
elektrische Anschlußeinrichtung und Steuerung	DM	500
Motor der Wärmepumpe	DM	500
<hr/>		
Summe	DM	<u>2 500</u>

### Zu Zeile 2: Amortisationskosten (Kapitalkosten)

Bei einer Verzinsung von 8 % p. a, und einer Lebensdauer der Aggregate von 15 Jahren ergibt sich eine Annuität von 11,7 %.

### Zu Zeile 3: Betriebskosten

Die Betriebskosten setzen sich zusammen aus

- den Brennstoffkosten,
- den Schmierstoffkosten und
- den Wartungs- und Instandsetzungskosten.

Die Ausgangsdaten zur Ermittlung der Brennstoff- und Schmierstoffkosten sind

- Heizleistung 17 kW
- mittlerer Wirkungsgrad der Ölzentralheizung: 65 %
- Betriebszeit: jährlich 2000 Vollbenutzungsstunden
- unterer Heizwert des Heizöls: 11,6 kWh/kg
- Heizölpreis: 0,33 DM/l (0,40 DM/kg)
- Schmierölverbrauch: 1,5 g/kWh
- Schmierölpreis: 7,00 DM/kg

#### Zu 3.1: Ölzentralheizung

Wartung und Instandhaltung		DM	200
Brennstoffkosten	$\frac{17 \text{ kW} \cdot 2000 \text{ h}}{0,65 \cdot 11,6} \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \cdot 0,4 \frac{\text{DM}}{\text{kg}} =$	DM	1 800
Schmierstoffkosten			—
Summe Betriebskosten		<u>DM</u>	<u>2 000</u>

#### Zu 3.2 und 3.3: Energiebox ohne Wärmepumpe

Wartung und Instandhaltung		DM	400
Brennstoffkosten	$\frac{2,6 \text{ kg}}{\text{h}} \cdot 2000 \text{ h} \cdot 0,4 \frac{\text{DM}}{\text{kg}} =$	DM	2 080
Schmierstoffkosten	$9,6 \text{ kW} \cdot 2000 \text{ h} \cdot 1,5 \frac{\text{g}}{\text{kWh}} \cdot 7 \frac{\text{DM}}{\text{kg}} =$	DM	200
Summe Betriebskosten		<u>DM</u>	<u>2 680</u>

#### Zu 3.4 und 3.5; Energiebox mit Wärmepumpe

Wartung und Instandhaltung		DM	450
Brennstoffkosten	$1,2 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot 2000 \text{ h} \cdot 0,4 \frac{\text{DM}}{\text{kg}} =$	DM	960
Schmierstoffkosten	$4,3 \text{ kW} \cdot 2000 \text{ h} \cdot 1,5 \frac{\text{g}}{\text{kWh}} \cdot 7 \frac{\text{DM}}{\text{kg}} =$	DM	90
Summe Betriebskosten		<u>DM</u>	<u>1 500</u>

### Zu Zeile 4: Gesamtkosten

Die Gesamtkosten ergeben sich durch Addition der Amortisationskosten und der Betriebskosten.

#### Zu Zeile 5: Spezifische Wärmeerzeugungskosten

Die spezifischen Wärmeerzeugungskosten sind der Quotient aus den jährlichen Gesamtkosten und der erzeugten Wärmemenge.

Bei der Energiebox ohne Wärmepumpe werden Wärme und Elektrizität als Kuppelprodukte, die in einem festen Verhältnis zueinander stehen, erzeugt. Die Gesamtkosten setzen sich somit aus den Wärme- und den Elektrizitätserzeugungskosten zusammen. Da sich der Wirtschaftlichkeitsvergleich auf die Kosten der Ölzentralheizung als Vergleichsbasis abstützt, werden die dort ermittelten Wärmeerzeugungskosten als Bezugswert verwendet (aus der Differenz zu den Gesamtkosten ergeben sich dann die Elektrizitätserzeugungskosten, vgl. Zeile 6).

#### Zu 5.1: Ölzentralheizung

$$\text{spezifische Wärmekosten: } \frac{2\,840 \text{ DM}}{17 \text{ kW} \cdot 2\,000 \text{ h}} = 8,35 \frac{\text{Pfg}}{\text{kWh}}$$

#### Zu 5.4: Energiebox mit Wärmepumpe „heutiger Preis“

$$\text{spezifische Wärmekosten: } \frac{3\,990 \text{ DM}}{17 \text{ kW} \cdot 2\,000 \text{ h}} = 11,7 \frac{\text{Pfg}}{\text{kWh}}$$

#### Zu 5.5: Energiebox mit Wärmepumpe „Großserienpreis“

$$\text{spezifische Wärmekosten: } \frac{2\,810 \text{ DM}}{17 \text{ kW} \cdot 2\,000 \text{ h}} = 8,3 \frac{\text{Pfg}}{\text{kWh}}$$

#### Zu Zeile 6: Stromerzeugungskosten

Die Ermittlung der Stromerzeugungskosten einschließlich der Amortisationskosten ist nur bei der Energiebox ohne Wärmepumpe von Bedeutung. Die Energiebox mit Wärmepumpe dürfte überwiegend zur Wärmeerzeugung verwendet werden. Deshalb sind ihre Amortisationskosten bei der Ermittlung ihrer Wärmeerzeugungskosten berücksichtigt worden.

#### Zu 6.2: Energiebox ohne Wärmepumpe „heutiger Preis“

$$\text{Stromerzeugungskosten: } \frac{4\,330 \text{ DM} - 2\,840 \text{ DM}}{8,4 \text{ kW} \cdot 2\,000 \text{ h}} = 8,9 \frac{\text{Pfg}}{\text{kWh}}$$

#### Zu 6.3: Energiebox ohne Wärmepumpe „Großserienpreis“

$$\text{Stromerzeugungskosten: } \frac{3\,630 \text{ DM} - 2\,840 \text{ DM}}{8,4 \text{ kW} \cdot 2\,000 \text{ h}} = 4,7 \frac{\text{Pfg}}{\text{kWh}}$$

---

#### Zu Zeile 7: Stromerzeugungskosten ohne Amortisationskosten

Bei dieser Grenzkostenermittlung finden nur die Betriebskosten als variable Kosten Eingang in die Rechnung.

### Zu 7.2 und 7.3: Energiebox ohne Wärmepumpe

$$\text{Stromerzeugungskosten: } \frac{2\,680 \text{ DM} - 2\,000 \text{ DM}}{8,4 \text{ kW} \cdot 2\,000 \text{ h}} = 4,1 \frac{\text{Pfg}}{\text{kWh}}$$

### Zu 7.4 und 7.5: Energiebox mit Wärmepumpe

Da bei ausschließlicher Elektrizitätserzeugung die Wärmepumpe nicht in Betrieb ist und deshalb nur die Abwärme des Dieselmotors genutzt werden kann, sind die Betriebskosten der Vergleichsbasis „Ölzentralheizung“ entsprechend anzupassen:

$$\text{Stromerzeugungskosten: } \frac{1\,500 \text{ DM} - 2\,000 \text{ DM}}{3,8 \text{ kW} \cdot 2\,000 \text{ h}} \cdot \frac{7,2 \text{ kW}}{17 \text{ kW}} = 8,6 \frac{\text{Pfg}}{\text{kWh}}$$

### Zu Zeile 8: Stromerzeugungskosten ohne Wärme-Kraft-Kopplung und Amortisation

Bei diesem Betriebszustand wird die Abwärme des Verbrennungsmotors nicht zu Heizzwecken genutzt, sondern an die Umgebung abgegeben. (Wegen Unwirtschaftlichkeit dürfte dies nur in Notfällen, bei denen die Sicherung der *Elektrizitätsversorgung* vorrangig ist, vorkommen).

### Zu 8.2 und 8.3:

$$\text{Stromerzeugungskosten: } \frac{2\,680 \text{ DM}}{8,4 \text{ kW} \cdot 2\,000 \text{ h}} = 16,0 \frac{\text{Pfg}}{\text{kWh}}$$

### Zu 8.4 und 8.5:

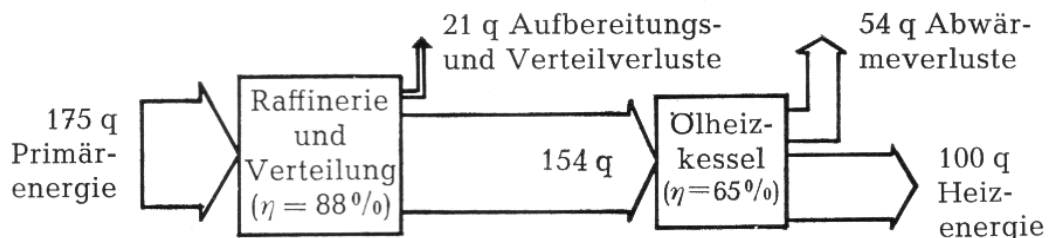
$$\text{Stromerzeugungskosten: } \frac{1\,500 \text{ DM}}{3,8 \text{ kW} \cdot 2\,000 \text{ h}} = 19,7 \frac{\text{Pfg}}{\text{kWh}}$$

*Erläuterung zu den Zeilen 7 und 8:* Die hohen Kilowattstundenkosten bei der Energiebox mit Wärmepumpe im Vergleich zur Energiebox ohne Wärmepumpe sind im wesentlichen auf die umgekehrt proportional zur elektrischen Leistung angesetzten Kosten für Wartung und Instandhaltung zurückzuführen.

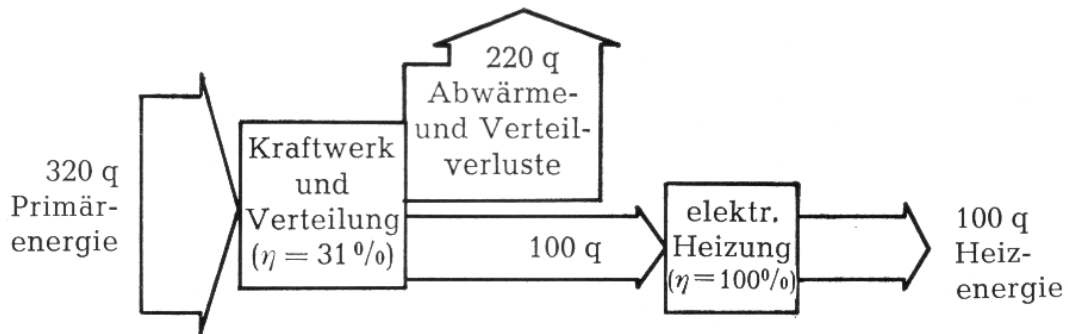
## Anhang 5: Energieverbrauch einiger Wärmeversorgungsverfahren

Zur Erzeugung von 100 relativen Einheiten  $q$  an Heizwärme beim Endverbraucher sind erforderlich:

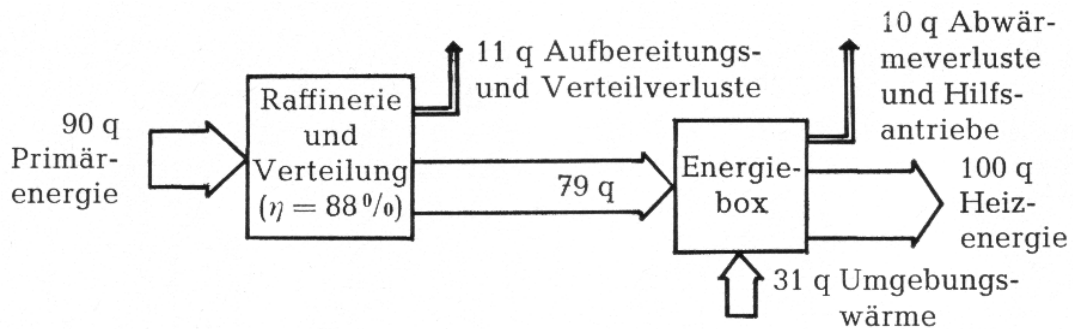
### Ölzentralheizung



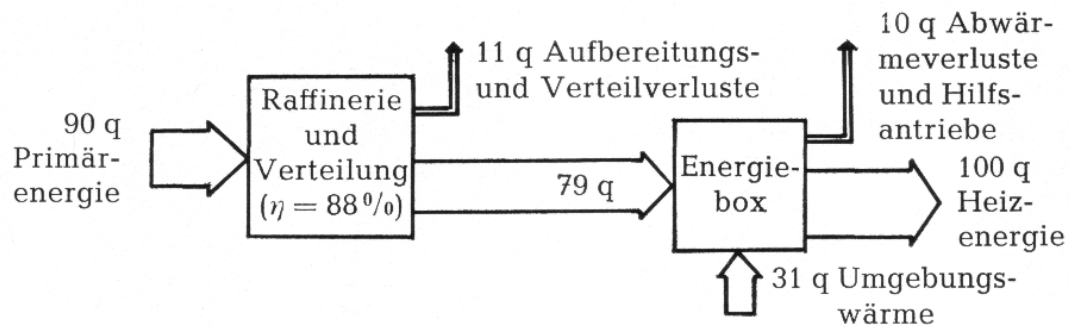
### Elektroheizung



### Elektrowärmepumpe



### Energiebox (mit Wärmepumpe)



## Anhang 6: Daten zum gesamtwirtschaftlichen Potential der Energiebox

### Vorbemerkung:

Ziel der nachfolgenden Überlegungen ist es, eine Abschätzung darüber zu erhalten,

- wie viele Energieboxen im Bezugsjahr 1990 eingesetzt sein werden, - wie hoch die dadurch erzielte Einsparung an Energieträgern ist,
- wie hoch die damit verbundene installierte elektrische Leistungskapazität ist,
- welche Elektrizitätsmenge jährlich erzeugt werden könnte und
- wie groß der mit der Elektrizitätserzeugung in der Energiebox ohne Wärmepumpe verbundene Brennstoffmehrverbrauch ist.

Die Abschätzung wird mangels ausreichender statistischer Basisdaten zunächst für den Endenergieverbrauch für Raumheizung und Warmwasserbereitung im Haushaltsbereich vorgenommen und dann

unter Zuhilfenahme von Plausibilitätsüberlegungen auf den Endenergieverbrauch für Raumheizung und Warmwasserbereitung im Bereich „Kleinverbrauch“ übertragen.

### 1. Abschätzungen im Haushaltsbereich:

Voraussetzung für den Einsatz der Energiebox ist das Vorhandensein eines Zentralheizungssystems. Ferner wird davon ausgegangen, daß Sammelheizungen auf Fernheizungs- oder Kohlebasis in der Regel kein mögliches Anwendungspotential für die Energiebox darstellen dürften. Mit diesen Einschränkungen ergeben sich aus /30/ nach Mittelung der in der dortigen Tafel 41 angegebenen Prognosezahlen verschiedener Studien für 1985 folgende Anteile der Energieträger bei der Wohnungsbeheizung:

	Wohnungen (in 1 000)		Aufteilung der Wohnungen mit Zentralheizung %
	Einzel- heizung	Zentral- heizung	
Kohle	1 579	152	1
Öl	973	9 687	52
Gas	1 452	5 398	29
Fernwärme	—	3 278	18
Elektrizität	3 131	—	—
	<u>7 135</u>	<u>18 515</u>	<u>100</u>

Tabelle A 6-1: Prognostizierte Anteile verschiedener Energieträger an der Wohnungsbeheizung für 1985

Bei dieser Abschätzung blieb unberücksichtigt, daß in mit Gas versorgten Gebieten heute durchschnittlich nur 40 % der Wohnungen auch aus dem Gasnetz versorgt werden.

Nach Untersuchungen von /31/ wird der Wohnungsbestand 1985 wie folgt auf Gebäude mit Zentralheizung verteilt sein:

	Wohnungen in 1 000	Gebäude in 1 000
Ein- und Zweifamilienhäuser	12 000	8 975
davon mit Zentralheizung	9 550	6 800
Mehrfamilienhäuser	13 600	1 925
davon mit Zentralheizung	9 150	1 300
Summe	<u>25 600</u>	<u>10 900</u>

Fundierte Schätzzahlen für 1990 liegen bisher nicht vor. Es gibt allerdings auch keine Anhaltspunkte dafür, daß sich der Gebäudebestand im Zeitraum von 1985 bis 1990 stärker als durch die allgemeine Schätzgenauigkeit erfaßbar ändern wird. Deshalb wird davon ausgegangen, daß die Schätzung für 1985 auch die Verhältnisse 1990 hinreichend genau beschreibt.

Ferner wird angenommen, daß 1990 15 % der Zentralheizungsanlagen mit Energieboxen beheizt werden. Weiterhin wird vermutet, daß von diesem Anteil in den Ein- und Zweifamilienhäusern zu  $\frac{3}{4}$  Energieboxen mit Wärmepumpen und zu  $\frac{1}{4}$  Energieboxen zur Elektrizitätserzeugung installiert sind, während in Mehrfamilienhäusern diese Relation gerade umgekehrt sei (Begründung: in Mehrfamilien-

häusern kann die zum Betrieb der Wärmepumpen benötigte größere Umgebungswärmemenge nur mit größerem Aufwand bereitgestellt werden).

		Ein- und Zweifamilienhäuser			Mehrfamilienhäuser			Summe			
		Öl	Gas	Gesamt	Öl	Gas	Gesamt	Öl	Gas	Gesamt	
1	Gebäude	in 1 000	3 536	1 972	5 508	676	377	1 053	4 212	2 349	6 561
2	Energieboxen	in 1 000	530	296	826	102	56	158	632	352	984
3	Energieboxen mit Wärmepumpe	in 1 000	397	222	619	26	14	40	423	236	659
4	Energieboxen ohne Wärmepumpe	in 1 000	133	74	207	76	42	118	209	116	325
5	Heizleistungsersparnis durch Energiebox mit Wärmepumpe	MW	5 757	2 264	8 021	1 326	504	1 830	7 083	2 768	9 851
6	Elektrische Leistungskapazität durch Energieboxen mit Wärmepumpen	MW	1 509	843	2 352	346	186	532	1 855	1 029	2 884
7	Elektrische Leistungskapazität durch Energieboxen ohne Wärmepumpe	MW	1 117	622	1 739	2 326	1 285	3 611	3 443	1 907	5 350

Tabelle A 6-3: Einsatz der Energiebox im Haushaltsbereich

Des weiteren wird nach /1/ für den Wärmebedarf eines Ein- oder Zweifamilienhauses (einschließlich Warmwasserbereitung) ein durchschnittlicher maximaler Heizleistungsbedarf von 17 kW, für denjenigen eines Mehrfamilienhauses von 60 kW angesetzt. Mit diesen Annahmen ergeben sich die in Tabelle A 6-3 zusammengestellten Resultate für die Stückzahlen der Energiebox, die Einsparung an Heizwärmeleistung und die installierte elektrische Leistung im Haushaltsbereich.

Zeile 1 der Tabelle errechnet sich aus den Tabellen A 6-1 und A 6-2 (Gleichverteilung vorausgesetzt). Zeile 2 ist 15 % von Zeile 1. Zeile 3 beträgt bei Einfamilienhäusern 75 %, bei Mehrfamilienhäusern 25 % von Zeile 2; bei Zeile 4 ist diese Relation umgekehrt. In Zeile 5 ist die Brennstoffersparnis, ausgedrückt in MW, durch den Einsatz der Energiebox mit Wärmepumpe aufgeführt. Diese Brennstoffersparnis ergibt sich nach Anhang 5 aus folgender Überlegung; Die Energiebox mit Diesel- bzw. Gasmotor betriebener Wärmepumpe verbraucht zur Bereitstellung von 1 Einheit Heizleistung 0,90 Einheiten Brennstoffleistung (Primärenergie), während die konventionelle Ölheizung 1,75 (Gasheizung 1,50) Einheiten Brennstoffleistung benötigt. Es werden somit je Gebäude folgende Brennstoffleistungen eingespart:

	Einsparung an Brennstoffleistung in kW	
	Öl	Gas
Einfamilienhaus	14,5	10,2
Mehrfamilienhaus	51,0	36,0

Die Zeilen 6 und 7 ergeben sich aus den in den Anhängen 1 und 3 angegebenen installierten elektrischen Leistungen je Energiebox, multipliziert mit den jeweiligen Stückzahlen,

## 2. Abschätzung im Sektor Kleinverbrauch:

Um zu einer Aussage über den möglichen Einsatz der Energiebox im Bereich Kleinverbrauch zu kommen, wird mangels geeigneterer statistischer Daten wie folgt vorgegangen:

Nach /1, Seite 218/ wird der Heizleistungsbedarf 1990 im Kleinverbrauchsbereich auf 89,2 GW geschätzt. Weiterhin sind nach /22/ die Gebäude im Kleinverbrauchsbereich nahezu vollständig mit Zentralheizungen ausgestattet. Sie werden außerdem überwiegend dem Typ „Mehrfamilienhaus“ mit durchschnittlich 60 kW Heizleistungsbedarf zuzurechnen sein. Außerdem dürfte sich die Verteilung der Energieträger an der Beheizung der Gebäude nicht wesentlich von derjenigen im Haushaltsbereich nach Tabelle A 6-1 unterscheiden. Mit diesen Annahmen und den entsprechenden Angaben und Erläuterungen für Tabelle A 6-3 ergibt sich Tabelle A 6-4.

		Öl	Gas	Gesamt	
1	Gebäude	in 1 000	773	431	1 204
2	Energieboxen	in 1 000	116	65	181
3	Energieboxen mit Wärmepumpe	in 1 000	29	16	45
4	Energieboxen ohne Wärmepumpe	in 1 000	87	49	136
5	Heizleistungsersparnis durch Energiebox mit Wärmepumpe	MW	1 479	576	2 055
6	Elektrische Leistungs- kapazität durch Energiebox mit Wärmepumpe	MW	386	213	599
7	Elektrische Leistungs- kapazität durch Energiebox ohne Wärmepumpe	MW	2 662	1 499	4 161

Tabelle A 6-4: Einsatz der Energiebox im Kleinverbrauchsbereich

## 3. Gesamtsektor Haushalt und Kleinverbrauch:

Für den Gesamtbereich Haushalt und Kleinverbrauch ergeben sich aus den Tabellen A 6-3 und A 6-4 die in Tabelle A 6-5 zusammengefaßten Resultate.



		Öl	Gas	Gesamt	
1	Gebäude	in 1 000	4 985	2 780	7 765
2	Energieboxen	in 1 000	748	417	1 165
3	Energieboxen mit Wärmepumpe	in 1 000	452	252	704
4	Energieboxen ohne Wärmepumpe	in 1 000	296	165	461
5	Heizleistungsersparung durch Energieboxen mit Wärmepumpe	MW	8 562	3 344	11 906
6	Elektrische Leistungskapazität durch Energieboxen mit Wärmepumpe	MW	2 241	1 242	3 483
7	Elektrische Leistungskapazität durch Energieboxen ohne Wärmepumpe	MW	6 105	3 406	9 511

Tabelle A 6-5: Einsatz der Energiebox im Gesamtbereich Haushalt und Kleinverbrauch

Durch den Einsatz der Energiebox mit Wärmepumpe unter der in Abschnitt 3.1 gemachten Annahme, daß die Energiebox so ausgelegt ist, daß sie jährlich 2000 Vollbenutzungsstunden aufweist, ergeben sich aus Tabelle A 6-5 die folgenden Einsparungen an Erdöl und Erdgas:

	Heizleistungseinsparung MW	jährliche Energieeinsparung			Verbrauch 1990*)	Einsparung %
		TWh	Mio t SkE	t bzw. m <sup>3</sup>		
Erdöl	8.562	17,1	2,1	1,5 Mio t	63 Mio t (Heizöl)	≈ 2,4
Erdgas	3.344	6,7	0,82	0,8 Mrd m <sup>3</sup>	48 Mrd m <sup>3</sup>	1,7

Tabelle A 6-6: Einsparungen an Erdöl und Erdgas

(1 TWh  $\hat{=}$  0,123 Mio t SkE; 1 Mio t SkE  $\hat{=}$  0,7 Mio t Öl  $\hat{=}$  0,93 Mrd m<sup>3</sup> Gas)

\*) Im Sektor Haushalt und Kleinverbrauch nach / 32 und 33/.

Der für die Elektrizitätserzeugung in der Energiebox ohne Wärmepumpe notwendige Brennstoff(mehr)verbrauch ergibt sich aus der Differenz der Brennstoffverbräuche, bezogen auf die elektrische Leistung, und beträgt (nach Anhang 1 und 3):

$$\text{Brennstoffmehrverbrauch: } \frac{(30 - 13,5) \text{ kW}_{\text{th}}}{8,4 \text{ kW}_{\text{el}}} \approx 2 \frac{\text{kW}_{\text{th}}}{\text{kW}_{\text{el}}}$$

Daraus folgen für die Mehrverbräuche an Öl und Gas die in der Tabelle A 6-7 zusammengestellten Ergebnisse.

		Öl	Gas	Gesamt
Elektrische Leistungskapazität der Energiebox ohne Wärmepumpe	MW	6 105	3 406	9 511
Elektrizitätserzeugung mit der Energiebox ohne Wärmepumpe (2 000 Vollbenutzungsstunden)	TWh	12,2	6,8	19,0
Brennstoffmehrverbrauch	GW	12,2	6,8	19,0
Brennstoffmehrverbrauch bei 2 000 Vollbenutzungsstunden	TWh Mio t SkE	24,4 3,0	13,6 1,7	38,0 4,7
		2,1 Mio t	1,6 Mrd m <sup>3</sup>	—
Gesamtverbrauch 1990 (nach /32/)	Mio t SkE	225,6	89,5	315,1
Anteil vom Gesamtverbrauch 1990	%	1,3	1,9	1,5
Verbrauch 1976 der Elektrizitäts- versorgung (nach /28/)	Mio t SkE	9,7	16,4	26,1
Anteil am Verbrauch der Elektrizitätsversorgung	%	31	10	18

Tabelle A 6-7: Mit der Elektrizitätserzeugung verbundener Brennstoffmehrverbrauch bei der Energiebox ohne Wärmepumpe

## **Anhang 7: Einige Überlegungen zur Parallelfahrgebühr, zur Reservehaltung und zum Abnahmepreis bei Eigenanlagen**

1. Einzelne EVU fordern eine sog. Parallelfahrgebühr für parallel zum Netz betriebene Eigenanlagen, die übliche Betriebsweise der Energiebox. Mit dieser Parallelfahrgebühr soll eine fiktive Leistung abgegolten werden, die in der durch das große Verbundnetz aufgrund seiner Trägheit bewirkten Konstanz von Spannung und Netzfrequenz („Momentanreserve“) besteht. Abgesehen davon, daß sich u. W. EVU untereinander weder im nationalen noch im internationalen Verbund eine solche Gebühr berechnen, ist auch deshalb keine Grundlage für eine solche Gebühr gegeben, weil die einzelne Energiebox eine im Vergleich zum Netz nur sehr kleine Leistung hat und weil sie genauso wie ein Großkraftwerk über einen eigenen Netzregler („Primärregler“) verfügt und so entsprechend ihrer Leistungsfähigkeit wie jedes Großkraftwerk auch zur Stützung des Netzes beiträgt (vgl, hierzu /35/).
2. Bezüglich der Reservehaltung ist davon auszugehen, daß die Energieboxen in der Regel als statistisch verteilte Kleinkraftwerke in Erscheinung treten, so daß ein Gleichzeitigkeitsfaktor für ihre Betriebsweise definiert werden kann analog dazu, wie es heute auf dem Verbrauchssektor üblich ist (z.B. mittlere Anschlußleistung aller Elektroherde). Diese statische Komponente führt dazu, daß beim Verbundbetrieb mit Eigenanlagen nach großen und kleinen Eigenanlagen zu differenzieren ist. Für die einzelne kleine Eigenanlage wie der Energiebox ist nur eine ihrem Gleichzeitigkeitsfaktor entsprechende Reserveleistung in den Großkraftwerken der EVU vorzuhalten.
3. Bei den Abnahmepreisen für die in Eigenanlagen erzeugte elektrische Energie geht man EVU-seitig derzeit davon aus, daß nur die in den Großkraftwerken eingesparten Brennstoffkosten als Abnahmepreise angesetzt werden könnten. Als Grund hierfür wird angeführt, das wegen der notwendigen 100 %igen Reservehaltung keine Einsparung an Kraftwerks- und Netzkapazität zu verzeichnen sei, Dieser Grundsatz wird von der einzelnen Energiebox nicht durchbrochen, wohl aber von einem statistischen Ensemble vieler Energieboxen. Dann nämlich läßt sich durchaus Großkraftwerkskapazität (und evtl. Verteilungskapazität) einsparen, was sich auch in einer entsprechenden Anhebung der Abnahmepreise ausdrücken sollte.

## **Anhang 8: Literaturverzeichnis**

(Literaturangaben sind im Text durch /.../ gekennzeichnet)

- 1 Bundesministerium für Forschung und Technologie: Gesamtstudie über die Möglichkeiten der Fernwärmeversorgung aus Heizkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland; Bonn 1977.
- 2 I. G. C. Dryden: The Efficient Use Of Energy; IPC Science and Technology Press, S. 343.
- 3 H. W. Schiffer, D. Schmitt: Transport- und Verteilungskosten im Energiebereich; Energiewirtschaftliche Tagesfragen 27 (1977), Heft 5, S. 328-336.
- 4 G. Herrmann: Stromtransport oder Kohletransport - neue Steinkohlekraftwerke wohin?; Energiewirtschaftliche Tagesfragen 27 (1977), Heft 4, S. 287-289,
- 5 K. Hein: Kleinheizkraftwerke; Brennstoff-Wärme-Kraft 27 (1975), Heft 5, S. 225-227.
- 6 Stadtwerke Heidenheim AG: Anwendung der Blockheizkraftwerks-Technik in Baden-Württemberg; Studie Heidenheim, Juli 1977.
- 3 G. Gneuss: Kraft-Wärme-Kopplung in einer Brauerei; Energie 29 (1977), Heft 5, S. 143-145.

- 8 H. Jüttemann: Totalenergieausnutzung in Krankenhäusern; Heizung, Lüftung, Klima, Haustechnik 28 (1937), Heft 8, S. 282-286.
- 9 H. Auras, H. Börstinghaus, U. Fox: Abwärmenutzung bei Eigenstromversorgung auf Erdgasbasis mit Total-Energy-Anlagen; Heizung, Lüftung, Klima, Haustechnik 26 (1975), Heft 1, S. 19-23 und Heft 2, S. 73-76.
- 10 FIAT - Auto-Group: TOTEM - Total Energy Module; September 1977,
- 11 H. L. von Cube: Die Wärmepumpe; Handbuch der Kältetechnik von R. Plank, Bd. VI a, S. 467-546, Springer Verlag 1969.
- 12 H. Bouillon, K. F. Ebersbach, M. Rudolph, M. Wegner: Technik und Anwendung von Wärmepumpen; Forschungsstelle für Energiewirtschaft, München 1976.
- 13 W. Handrock, H. A. Rostek: Projektierung der Gaswärmepumpenanlage „Paderborn“; Beitrag für Forschung Aktuell.
- 14 Brandner: Der Einsatz von Gasmotoren für Wärmepumpenanlagen; Papier Nr. 0292/16 der Jenbacher Werke AG, Österreich.
- 15 Arbeitskreis „Rationelle Energieverwendung“ der Fördergesellschaft Technischer Ausbau e. V. (FTA): Beurteilungskriterien für Wärmepumpen zur Hausheizung, 1977
- 16 Dubbel: Taschenbuch für den Maschinenbau; 13. Auflage 1974.
- 17 H. L. von Cube: Beheizung von Wohnhäusern mit Wärmepumpen als Alternative zur Fernwärmeversorgung; Heizung, Lüftung, Klima, Haustechnik 26 (1975), Heft 9, S. 335-339,
- 18 F. Bukau: Abhängigkeit des Heizwärmeverbrauchs von der Außenlufttemperatur; Heizung, Lüftung, Klima, Haustechnik 26 (1975), Heft 12, S. 438-445.
- 19 H. Dörr: Außenluft-Wasser-Wärmepumpe mit Zusatz-Propangasheizung für Einfamilienhäuser; Heizung, Lüftung, Klima, Haustechnik 26 (1975), Heft 1, S. 15-18.
- 20 H. Kirn: Sinnvolle Energieanwendung unter Einsatz der Wärmepumpe; Energiewirtschaftliche Tagesfragen 26 (1976), Heft 9, S. 500-507.
- 21 A. Kehl, F. Scharf: Die Tritherm-Heizung; Energiewirtschaftliche Tagesfragen 23 (1977), Heft 19. S. 677-688.
- 22 R. Rudolph: Wärmepumpen - Einsatzmöglichkeiten und Wirtschaftlichkeit; Fachtagung Rationelle Energieverwendung im Wohnungsbau, Battelle-Tagungsbericht Juni 1977.
- 23 U. Hampicke: Das CO<sub>2</sub>-Risiko; Umschau 33 (1977), Heft 18, S. 599-606.
- 24 A. Buch: Ist die Entwicklung zu großen Leistungseinheiten im Kraftwerksbau berechtigt?; Energie 29 (1977), Heft 7, S. 198-204.
- 25 G. Kemmer: Strompreise - Immer schneller höher; Die Zeit vom 25. 11. 1977, S. 21.
- 26 U. Hansen: Wie teuer wird Strom?; Atomwirtschaft (1978), Heft 3, S. 114-117.
- 27 Battelle: Rationelle Energieverwendung im Hochbau - Ein Handbuch für Bauherren, Architekten und Ingenieure; 1973, Abb. tec 2.1.1.-1.
- 28 Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke VDEW e. V.: Die öffentliche Elektrizitätsversorgung 1976; November 1977.
- 29 A. Santoni: New York's blackout: Too many questions, not enough answers; Electronic Design 17 (1977), vom 16. August, S. 28-30.
- 30 Hauptberatungsstelle für Elektrizitätsanwendung e. V. - HEA: Überlegungen zur künftigen Entwicklung der elektrischen Wohnungsbeheizung in der Bundesrepublik Deutschland; Ausgabe 1976.
- 31 Bisher unveröffentlichte Untersuchung des Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung der Fraunhofer Gesellschaft, Karlsruhe.
- 32 Bundesministerium für Wirtschaft: Zweite Fortschreibung des Energieprogramms der Bundesregierung vom 14. Dezember 1973.
- 33 Bundesministerium für Wirtschaft: Daten zur Entwicklung der Energiewirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1976.
- 34 Bundesministerium für Forschung und Technologie: Förderfibel - Informationen über die Förderung von Forschung, Entwicklung und Innovationen in der Bundesrepublik Deutschland; Februar 1978.
- 35 Deutsche Verbundgesellschaft e. V.: Das versorgungsgerechte Verhalten der thermischen Kraftwerke; März 1937.
- 36 Bundesministerium für Wirtschaft: Programm zur Förderung der beschleunigten Markteinführung energiesparender Technologien und Produkte; April 1938.

## Anhang 9: Abkürzungsverzeichnis

EVU : Elektrizitätsversorgungsunternehmen

g : Gramm

GJ : Gigajoule ( $10^9$  Joule = 1 Mrd Joule)

GW : Gigawatt ( $10^9$  Watt)

h : Stunde

kcal : Kilokalorie

kVA : Kilovoltampere

kW : Kilowatt

kWh : Kilowattstunde

MW : Megawatt ( $10^6$  Watt = 1 Mio Watt)

q : relative Energie- oder Leistungseinheit

SkE : Steinkohleneinheit

TWh : Terawattstunde ( $10^{12}$  Wh = 1 Mrd kWh)

$\varepsilon$  : Leistungsziffer

$\eta$  : Wirkungsgrad;

Verhältnis  $\frac{\text{erhaltene Energie (oder Leistung)}}{\text{aufgewandte Energie (oder Leistung)}}$

ggfs, mit dem Index el = elektrisch oder th = thermisch

$\hat{=}$  : entspricht

$\approx$  : ungefähr gleich