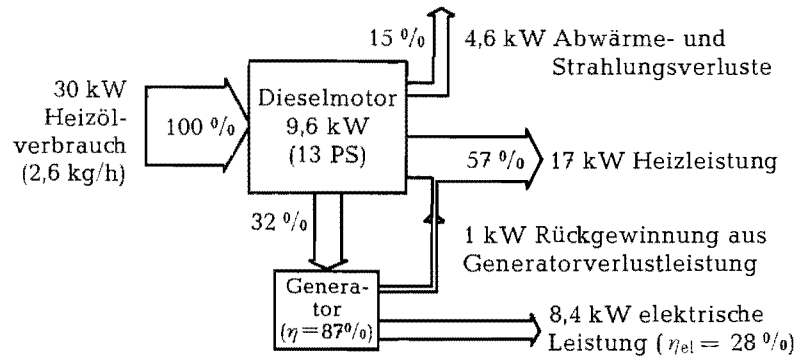


ANHANG
zur Studie
DIE ENERGIEBOX

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:



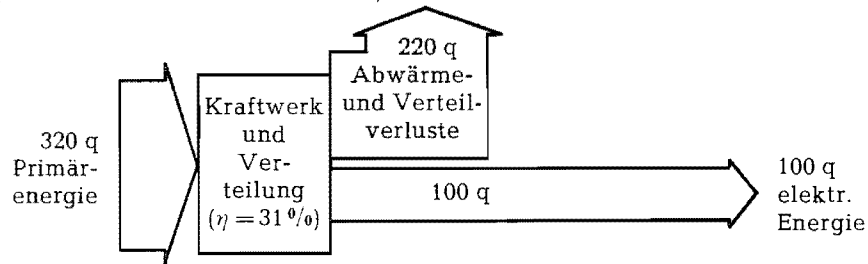
2. Entsprechende Energieflüsse bei einer Heizleistung von 60 kW:

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

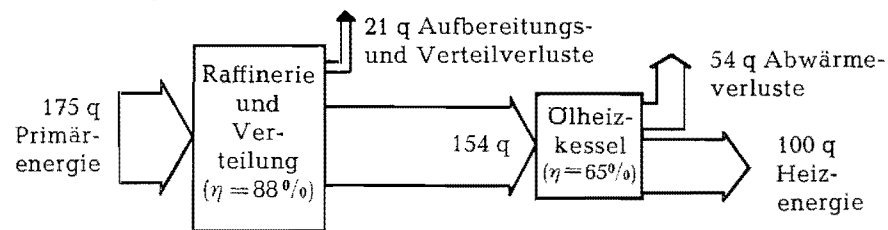
Anhang 2: Energieeinsparung durch Wärme-Kraft-Kopplung

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

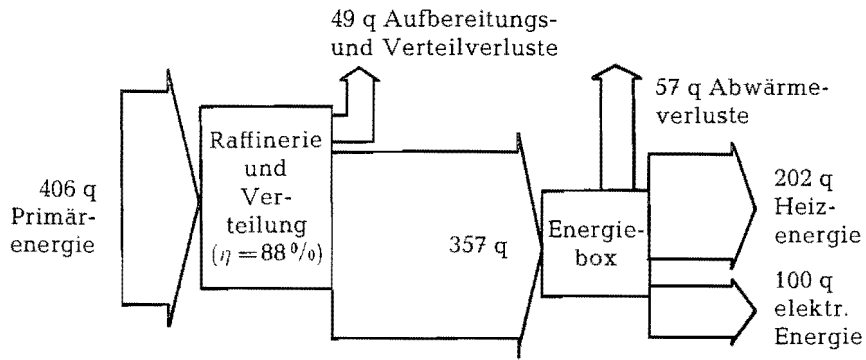
Elektrizitätsversorgung mit Großkraftwerken
 (Kohle-Kondensations-Kraftwerk)



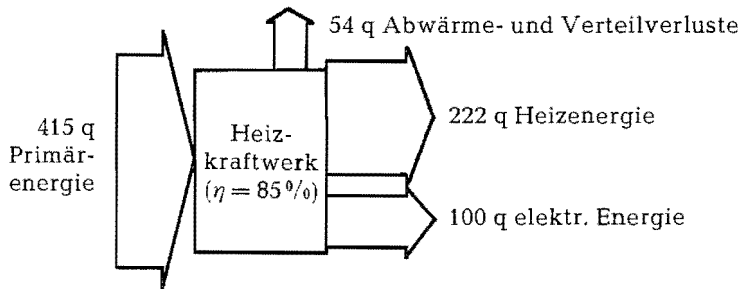
Wärmeversorgung mit Ölzentralheizungen



Elektrizitäts- und Wärmeversorgung mit der Energiebox



Elektrizitäts- und Wärmeversorgung mit Heizkraftwerken*)



*) Stromkennzahl $125 \frac{\text{kWh}}{\text{GJ}}$

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	$\frac{202 \text{ q}}{100 \text{ q}} \cdot 175 \text{ q} =$	354 q
	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	$\frac{222}{100 q} \cdot 175 q =$	389 q
	Summe	709 q
Primärenergieverbrauch des Heizkraftwerks		415 q
	Ersparnis	294 q
relative Ersparnis	$\frac{294 q}{709 q} =$	41 %

- Primärenergieausnutzung bei den aufgeführten Verfahren zur Elektrizitäts- und Wärmeversorgung:

Großkraftwerk und Ölzentralheizung

$$= \frac{100 q_{el} + 100 q_{th}}{320 q + 175 q} = 40 \%$$

Energiebox

$$= \frac{202 q_{th} + 100 q_{el}}{406 q} = 74 \%$$

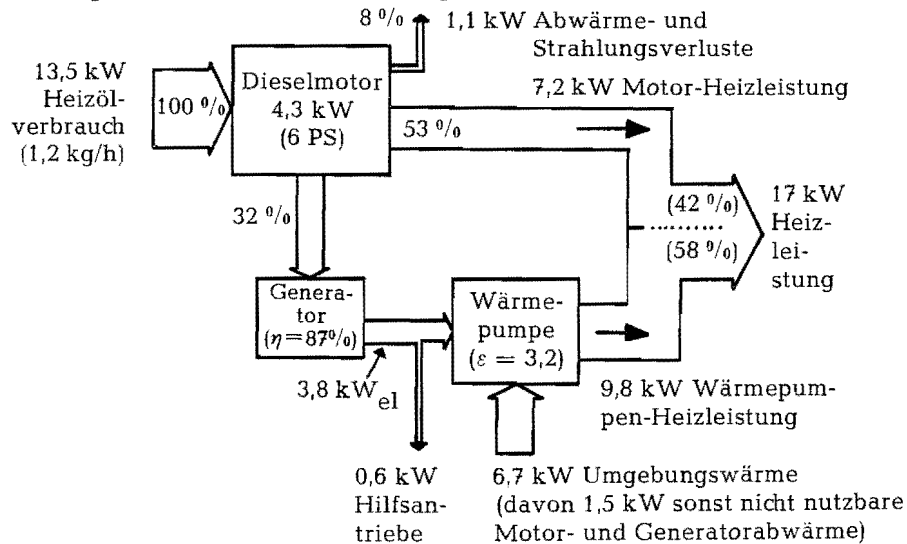
Heizkraftwerk

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

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
Summe Investitionen	DM 6 400
Summe einschl. MWSt rd.	<u>DM 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
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
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 Kopp-
lung 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
Summe	<u>DM 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 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 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 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:

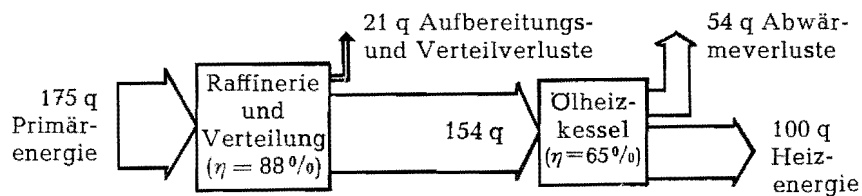
$$\text{Stromerzeugungskosten: } \frac{1\,500 \text{ DM}}{3,8 \text{ kW} \cdot 2\,000 \text{ h}} = 19,7 \frac{\text{Pfg}}{\text{kWh}}$$

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.

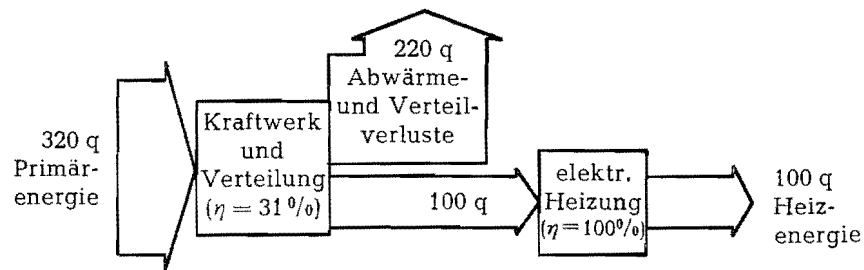
Anhang 5: Energieverbrauch einiger Wärmeversorgungsverfahren

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

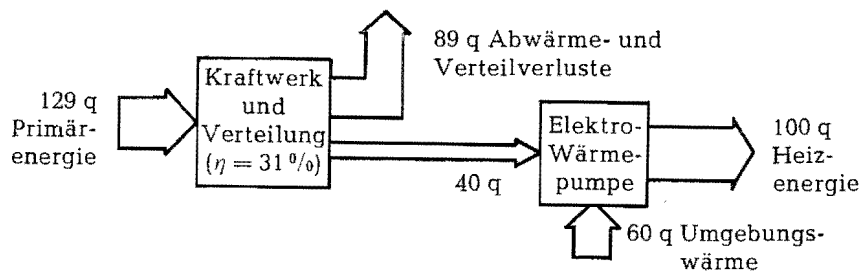
Ölzentralheizung



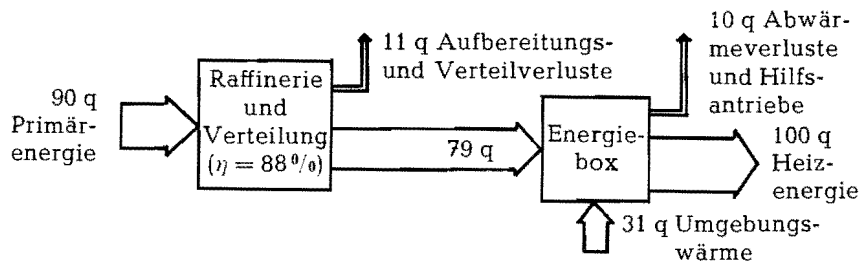
Elektroheizung



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	—	—
	7 135	18 515	100

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	25 600	10 900

Tabelle A 6-2: Prognostizierter Gebäudebestand in der Bundesrepublik Deutschland 1985

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 Wärme-

		Ein- und Zwei- familienhäuser			Mehrfamilien- häuser			Summe			
		Ol	Gas	Gesamt	Ol	Gas	Gesamt	Ol	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	Heizleistungersparnis 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

pumpen und zu 1/4 Energieboxen zur Elektrizitätserzeugung installiert sind, während in Mehrfamilienhäusern diese Relation gerade umgekehrt sei (Begründung: in Mehrfamilienhäusern kann die zum Betrieb der Wärmepumpen benötigte größere Umgebungswärmemenge nur mit größerem Aufwand bereitgestellt werden).

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	Heizleistungersparnis 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	Heizleistungersparung durch Energieboxen mit Wärmepumpe	MW	8 562	3 344	11 906
6	Elektrische Leistungs- kapazität durch Energieboxen mit Wärmepumpe	MW	2 241	1 242	3 483
7	Elektrische Leistungs- kapazität 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:

	Heizleistungs-	jährliche Energieeinsparung			Verbrauch 1990*)	Einspa- rung %
	einsparung MW	TWh	Mio t SkE	t bzw. m ³		
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 ³	48 Mrd m ³	1,7

Tabelle A 6-6: Einsparungen an Erdöl und Erdgas
(1 TWh \triangleq 0,123 Mio t SkE; 1 Mio t SkE \triangleq 0,7 Mio t Öl \triangleq 0,93 Mrd m³ 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 ³	—
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.
- 7 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 (1977), 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. VIa, 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 27 (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 CO₂-Risiko; Umschau 77 (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; 1977, 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 1977.
- 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 1977.
- 36 Bundesministerium für Wirtschaft: Programm zur Förderung der beschleunigten Markteinführung energiesparender Technologien und Produkte; April 1978.

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)
ε	: Leistungsziffer
η	: Wirkungsgrad; Verhältnis $\frac{\text{erhaltene Energie (oder Leistung)}}{\text{aufgewandte Energie (oder Leistung)}}$ ggfs. mit dem Index el = elektrisch oder th = thermisch
\cong	: entspricht
\approx	: ungefähr gleich