

österreichische Zeitschrift  
für Elektrizitätswirtschaft

Hauptschriftleitung: Dipl.-Ing. J. Gartner



Springer-Verlag Wien New York

## Marktpotential und Umweltaspekte der elektrischen Warmwasserbereitung

Von L. Kumer und H. Precht

Mit 5 Abbildungen

### 1. Einleitung

Die österreichischen Elektrizitätswirtschaft verfügt während der Sommer- und Übergangsmonate noch über freie Energie, die unter anderem auch zur Substitution fossiler Brennstoffe, die derzeit noch für die Bereitstellung von Warmwasser eingesetzt werden müssen, genutzt werden könnte. Dieser Überlegung folgend, wurde in einer Auftragsstudie des Verbandes der Elektrizitätswerke Österreichs das derzeit bestehende Marktpotential für elektrische Warmwasserbereitung abgeschätzt, des weiteren die zu erwartenden Rückwirkungen auf die Bereitstellung elektrischer Arbeit und Leistung und die durch eine Substitution fossiler Warmwasserbereitungsanlagen mögliche Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen.

### 2. Statistische Quellen und methodische Grundlagen

Statistische Grundlage für diese Potentialabschätzung ist der ÖSTAT-Mikrozensus März 1989 [1].

Wir gehen in unseren Überlegungen davon aus, daß ein (maximales) Substitutionspotential gegeben ist für folgende Haushaltsgruppen gemäß der im Mikrozensus vorgenommenen Aufgliederung:

- mit Zentralheizung oder Fernwärme versorgte Wohnungen während des Sommerhalbjahrs. Der Strombedarf für Warmwasserbereitung während dieses Zeitraums wird mit 40% des durchschnittlichen Jah-

resverbrauchs für Warmwasserbereitung (ist rund 1800 kWh/bewohnter Wohnung) angenommen. Dies wären 720 kWh pro Wohnung.

- Wohnungen, die derzeit über keine Warmwasserbereitung verfügen. Als Strombedarf für Warmwasserbereitung wird der durchschnittliche Jahresverbrauch (1800 kWh/bewohnter Wohnung) gerechnet. Da es sich bei den Wohnungen, die derzeit noch über keine Warmwasserbereitung verfügen, meist um kleine Haushalte oder Zweitwohnungen handeln dürfte, entspricht diese Annahme für den Verbrauch eher einer Obergrenze.

#### 2.1 Österreich gesamt

Einleitend wird darauf verwiesen, daß der Anteil der Wohnungen mit ausschließlich elektrischer Warmwasserbereitung (einschließlich elektrischer Wärmepumpen) 42% beträgt. Dieser Anteil hat sich gegenüber dem Mikrozensus 1987 um 1,7 Prozentpunkte erhöht. In weiteren 5% der Wohnungen findet elektrische Warmwasserbereitung in Kombination mit anderen Warmwasserbereitungssystemen statt. Zu 1% wird das Warmwasser ausschließlich mit der Wärmepumpe bereitgestellt. Berücksichtigt man Kombinationen mit anderen Warmwasserbereitungssystemen, so werden in 2% der Wohnungen Wärmepumpen zur Warmwasserbereitung eingesetzt.

Tabelle 1. Österreich gesamt

Art der Warmwasserbereitung	Bewohnte Wohnungen	
	Anzahl	(Prozent)
1) Zentralheizung oder Fernwärme	671 878	(25,6)
2) Boiler, Therme, Durchlauferhitzer mit Gas	482 820	(18,4)
3) Boiler, Therme, Durchlauferhitzer mit elektr. Energie	1 074 066	(41,0)
4) Wärmepumpe	25 045	(1,0)
1 + 2) Zentralheizung od. Fernwärme und Boi., The., Du. mit Gas	4 259	(0,2)
1 + 3) Zentralheizung od. Fernwärme und Boi., The., Du. mit elektr. Energie	103 798	(4,0)
1 + 4) Zentralh. od. Fernw. und Wärmepumpe	19 268	(0,7)
2 + 3) Boi., The., Du. mit Gas und Boi. The., Du. mit elektr. Energie	9 683	(0,4)
2 + 4) Boi., The., Du. mit Gas und Wärmepumpe	737	(0,03)
3 + 4) Boi., The., Du. mit elektr. Energie und Wärmepumpe	2 138	(0,1)
1 + 3 + 4) Zentralh. od. Fernw. und Boi., The., Du. mit elektr. Energie und Wärmepumpe	449	(0,02)
Keine Warmwasserbereitung	178 361	(6,8)
Unbekannt	50 362	(1,9)
Zusammen	2 622 864	(100,0)

Tabelle 2

Art der Warmwasserbereitung	Prozent	
1) Zentralheizung oder Fernwärme	26,1	
2) Boiler, Therme, Durchlauferhitzer mit Gas	18,8	
3) Boiler, Therme, Durchlauferhitzer mit elektr. Energie	41,8	
4) Wärmepumpe	1,0	
1 + 2) Zentralheizung od. Fernwärme und Boi., The., Du. mit Gas	0,2	
1 + 3) Zentralheizung od. Fernwärme und Boi., The., Du. mit elektr. Energie	4,0	
1 + 4) Zentralh. od. Fernw. und Wärmepumpe	0,8	
2 + 3) Boi., The., Du. mit Gas und Boi. The., Du. mit elektr. Energie	0,4	
2 + 4) Boi., The., Du. mit Gas und Wärmepumpe	0,03	
3 + 4) Boi., The., Du. mit elektr. Energie und Wärmepumpe	0,1	
1 + 3 + 4) Zentralh. od. Fernw. und Boi., The., Du. mit elektr. Energie und Wärmepumpe	0,02	
Keine Warmwasserbereitung	6,9	
Zusammen	100,0	

Teilt man die Anzahl der unbekannten Warmwassersysteme aliquot auf die einzelnen Arten der Warmwasserbereitung auf, so erhöhen sich die Prozentzahlen wie in Tabelle 2 ersichtlich ist.

## 2.2 Österreich ohne Wien

Wien mit seinem hohen Anteil an Fernwärmekunden und einer wesentlich höheren Versorgungsdichte als in den anderen Bundesländern nimmt in bezug auf die Substitutionsmöglichkeiten in der Warmwasserbereitung eine Sonderstellung ein, wie auch eine Betrachtung der möglichen Zielgruppen erkennen läßt:

- Die Substitution fernwärmeverSORGTER Wohnungen während des Sommerhalbjahres erscheint im allgemeinen nicht sinnvoll.
- Für Wohnungen in Wien, die bislang über keine Warmwasserbereitung verfügen, liegt die Vermutung nahe, daß ein großer Teil von ihnen entweder über keine Wasserleitung verfügt (Bassena-Standard) oder über keinen elektrischen Anschluß (z. B. Gartensiedlungen). In beiden Fällen stellen diese Wohnungen kein Potential für die elektrische Warmwasserbereitung dar.

Aufgrund dieser Erwägungen wird in der vorliegenden Schätzung des Marktpotentials für elektrische Warmwasserbereitung eine sogenannte Variante „Österreich ohne Wien“ berechnet (s. Tabellen 3 und 4).

Teilt man die Anzahl der unbekannten Warmwassersysteme aliquot auf die einzelnen Arten der Warmwasserbereitung auf, so erhöhen sich die Prozentzahlen (s. Tabelle 5).

Tabelle 3. Wien

Art der Warmwasserbereitung	Bewohnte Wohnungen	
	Anzahl	(Prozent)
1) Zentralheizung oder Fernwärme	109 137	(16,6)
2) Boiler, Therme, Durchlauferhitzer mit Gas	369 082	(56,2)
3) Boiler, Therme, Durchlauferhitzer mit elektr. Energie	119 839	(18,3)
4) Wärmepumpe	576	(0,1)
1 + 2) Zentralheizung od. Fernwärme und Boi., The., Du. mit Gas	1 317	(0,2)
1 + 3) Zentralheizung od. Fernwärme und Boi., The., Du. mit elektr. Energie	1 680	(0,3)
2 + 3) Boi., The., Du. mit Gas und Boi. The., Du. mit elektr. Energie	4 077	(0,6)
Keine Warmwasserbereitung	39 267	(6,0)
Unbekannt	11 374	(1,7)
Zusammen	656 349	(100,0)

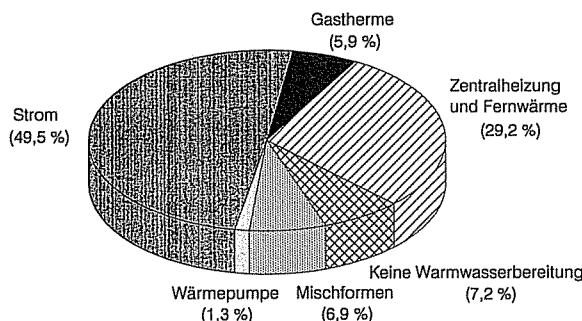
Tabelle 4. Österreich ohne Wien

Art der Warmwasserbereitung	Bewohnte Wohnungen Anzahl	(Prozent)
1) Zentralheizung oder Fernwärme	562 741	(28,6)
2) Boiler, Therme, Durchlauferhitzer mit Gas	113 738	(5,8)
3) Boiler, Therme, Durchlauferhitzer mit elektr. Energie	954 227	(48,5)
4) Wärmepumpe	24 469	(1,2)
1 + 2) Zentralheizung od. Fernwärme und Boi., The., Du. mit Gas	2 942	(0,2)
1 + 3) Zentralheizung od. Fernwärme und Boi., The., Du. mit elektr. Energie	102 118	(5,2)
1 + 4) Zentralh. od. Fernw. und Wärmepumpe	19 268	(1,0)
2 + 3) Boi., The., Du. mit Gas und Boi. The., Du. mit elektr. Energie	5 606	(0,3)
2 + 4) Boi., The., Du. mit Gas und Wärmepumpe	737	(0,04)
3 + 4) Boi., The., Du. mit elektr. Energie und Wärmepumpe	2 138	(0,1)
1 + 3 + 4) Zentralh. od. Fernw. und Boi., The., Du. mit elektr. Energie und Wärmepumpe	449	(0,02)
Keine Warmwasserbereitung	139 094	(7,1)
Unbekannt	38 988	(2,0)
Zusammen	1 966 515	(100,0)

Tabelle 5

Art der Warmwasserbereitung	Prozent
1) Zentralheizung oder Fernwärme	29,2
2) Boiler, Therme, Durchlauferhitzer mit Gas	5,9
3) Boiler, Therme, Durchlauferhitzer mit elektr. Energie	49,5
4) Wärmepumpe	1,3
1 + 2) Zentralheizung od. Fernwärme und Boi., The., Du. mit Gas	0,2
1 + 3) Zentralheizung od. Fernwärme und Boi., The., Du. mit elektr. Energie	5,3
1 + 4) Zentralh. od. Fernw. und Wärmepumpe	1,0
2 + 3) Boi., The., Du. mit Gas und Boi. The., Du. mit elektr. Energie	0,3
2 + 4) Boi., The., Du. mit Gas und Wärmepumpe	0,04
3 + 4) Boi., The., Du. mit elektr. Energie und Wärmepumpe	0,1
1 + 3 + 4) Zentralh. od. Fernw. und Boi., The., Du. mit elektr. Energie und Wärmepumpe	0,02
Keine Warmwasserbereitung	7,2
Zusammen	100,0

Die tabellarisch aufgeschlüsselte derzeitige Struktur der Warmwasserbereitung ist in vereinfachter Form in Abb. 1 grafisch dargestellt.



Anzahl der Haushalte = 1 966 515 (100 %)

Abb. 1. Struktur der Warmwasserbereitung in Österreich  
(Quelle: ÖSTAT, Mikrozensus März 1989)

### 3. Berechnung der erforderlichen elektrischen Arbeit und Leistung

Gemäß der in Abschnitt 2 dargestellten Grundsatzüberlegungen ergeben sich folgende elektrizitätswirtschaftlichen Auswirkungen.

#### a) Direktapplikation

Bei Direktanwendung bestimmt sich das maximale Substitutionspotential zu  $(720 \cdot 0,2919 + 1800 \cdot 0,0722) \text{ kWh} \cdot 1,966 \cdot 515 = 665 \text{ GWh}$ , wovon auf das Sommerhalbjahr rd. 515 GWh (= 2,8% des Sommerstromverbrauchs 1990 der Öffentlichen Elektrizitätsversorgung) und auf das Winterhalbjahr rd. 150 GWh (= 0,7% des Winterstromverbrauchs 1989/90) entfallen.

Als durchschnittliche Dauerleistung müßten demnach im Sommerhalbjahr rd. 120 MW (= 1,8% der Sommerlastspitze 1990 der Öffentlichen Elektrizitätsversorgung) bzw. im Winterhalbjahr 35 MW (= 0,5% der Winterlastspitze 1989/90) bereitgestellt werden.

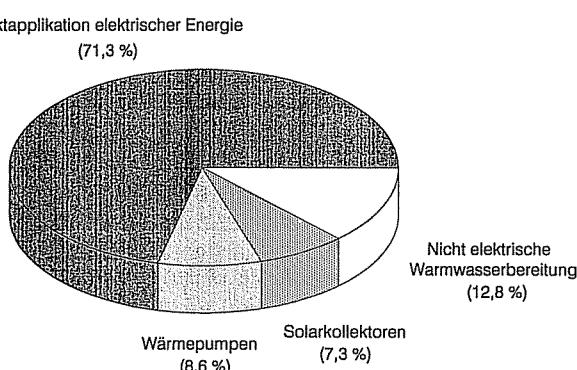
#### b) Brauchwasserwärmepumpen im Sommerhalbjahr

Geht man von der weiterführenden Annahme aus, daß die Hälfte der zur Zeit mit einer Zentralheizung oder Fernwärme versorgten Wohnungen in Zukunft während des Sommerhalbjahres ihren Warmwasserbedarf mittels einer Wärmepumpe (Leistungsziffer 2,5) decken könnte, so errechnet sich ein zusätzlicher Strombedarf für das Sommerhalbjahr von rd. 390 GWh (= 2,1% des Sommerstromverbrauchs 1990 der Öffentlichen Elektrizitätsversorgung) — davon entfallen rd. 80 GWh auf den Betrieb der Wärmepumpen — und für das Winterhalbjahr rd. 150 GWh (= 0,7% des Winterstromverbrauchs 1989/90), in Summe also 540 GWh.

Als durchschnittliche Dauerleistung müßten demnach im Sommerhalbjahr rd. 90 MW (= 1,4% der Sommerlastspitze 1990 der Öffentlichen Elektrizitätsversorgung) bzw. im Winterhalbjahr 35 MW (= 0,5% der Winterlastspitze 1989/90) bereitgestellt werden.

Tabelle 6. Elektrizitätswirtschaftliche Auswirkungen einer Potentialausschöpfung — Ergebnisübersicht

Gesamtanzahl Haushalte (Österreich ohne Wien)	1966	515	
Potential für elektrische Warmwasserbereitung:			
ausschließlich im Sommer	574 026		
während des ganzen Jahres	141 982		
Spezifischer Jahresverbrauch für Warmwasserbereitung (kWh):			
Direktapplikation	1 800		
davon Sommerbedarf	720		
Wärmepumpen	288		
Solarkollektoren	65		
davon Sommerbedarf	50		
Variante a) Variante b) Variante c)			
Varianten zur Substitution des Potentials im Sommer:			
Direktheizung	100 %	50 %	50 %
Wärmepumpen		50 %	25 %
Solarkollektoren			25 %
Strombedarf bei Ausschöpfung des Substitutionspotentials:			
Insgesamt (GWh)	669	545	510
Sommer (GWh)	516	392	357
Winter (GWh)	153	153	153
Anteil am aktuellen Strombedarf der Öffentlichen Versorgung (Basis X/1989 bis IX/1990):			
Sommer	2,8 %	2,1 %	1,9 %
Winter	0,7 %	0,7 %	0,7 %
Leistungsbedarf bei Ausschöpfung des Substitutionspotentials:			
Jahresmittel (MW)	76	62	58
Sommer (MW)	117	89	81
Winter (MW)	35	35	35
Anteil an der aktuellen Höchstlast der Öffentlichen Versorgung (Basis X/1989 bis IX/1990):			
Sommer	1,8 %	1,4 %	1,3 %
Winter	0,5 %	0,5 %	0,5 %



### Struktur im Sommerhalbjahr

Abb. 2. Potential elektrischer Warmwasserbereitung in österreichischen Privathaushalten (50% Direktapplikation, 25% Wärmepumpen, 25% Solarkollektoren)

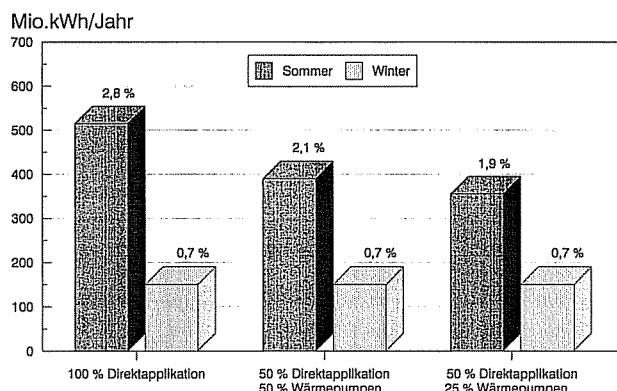


Abb. 3. Zusätzlicher Strombedarf bei Potentialausschöpfung

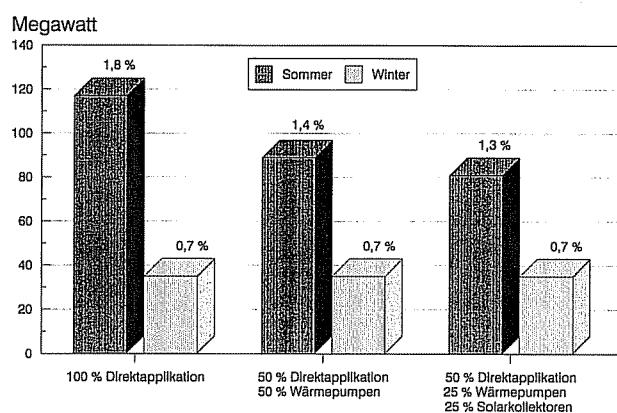


Abb. 4. Zusätzlicher Leistungsbedarf bei Potentialausschöpfung

### c) 25 % Brauchwasserwärmepumpen im Sommerhalbjahr, 25 % Solarkollektoren

Eine weitere Variante geht von der Annahme aus, daß 25 % der zur Zeit mit einer Zentralheizung oder Fernwärme versorgten Wohnungen ihren Warmwasserbedarf während des Sommerhalbjahres mittels einer Wärmepumpe und weitere 25 % diesen Bedarf mittels Solarkollektoren decken könnten. Die Stromverbrauchswerte für Umwälzpumpe und Regelung einer üblichen Solarkollektoranlage sind in der einschlägigen Literatur mit 39–55 kWh p. a. angeführt. Zur Kontrolle diene folgende Abschätzung: Die Umwälzpumpe mit einer Leistung von ca. 50 W wird im Sommerhalbjahr durchschnittlich etwa 5 h/d betrieben, woraus sich ein Stromverbrauch von ca. 45 kWh ergibt. Wir nehmen im folgenden einen Verbrauchswert von 50 kWh pro Solarkollektoranlage für das Sommerhalbjahr und davon ein Drittel — das sind ca. 15 kWh — für das Winterhalbjahr an.

Unter diesen Annahmen errechnet sich ein zusätzlicher Strombedarf für das Sommerhalbjahr von rd. 355 GWh (= 1,9 % des Sommerstromverbrauchs 1990 der Öffentlichen Elektrizitätsversorgung) — davon entfallen rd. 40 GWh auf den Betrieb der Wärmepumpen und 7 GWh auf den Betrieb der Solarkollektoren — und für das Winterhalbjahr 155 GWh (= 0,7 % des Winterstromverbrauchs 1989/90) — wovon 2 GWh auf den Betrieb der Solarkollektoren entfallen —, in Summe also 510 GWh. Als durchschnittliche Dauerleistung müßten demnach im Sommerhalbjahr rd. 80 MW (= 1,3 % der Sommerlastspitze 1990 der Öffentlichen Elektrizitätsversorgung)

bzw. im Winterhalbjahr 35 MW (= 0,5% der Winterlastspitze 1989/90) bereitgestellt werden.

Die Struktur der Warmwasserbereitung, die sich bei Ausschöpfung des Potentials gemäß c) im Sommer ergeben würde, ist in vereinfachter Form in Abb. 2 dargestellt.

Die elektrizitätswirtschaftlichen Auswirkungen, die aus den drei betrachteten Varianten resultieren, sind in den Abb. 3 und 4 gegenübergestellt.

#### 4. Umweltentlastung

In diesem Kapitel wird die Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen abgeschätzt, welche sich durch eine elektrische Warmwasserbereitung im Ausmaß der in den vorhergehenden Kapiteln berechneten Substitutionspotentiale ergibt.

##### 4.1 Emissionen durch Brauchwasserbereitung (Istwerte)

Gemäß dem Energiebericht 1990 [2], nach Berechnungen des UBA, werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen der einzelnen Verbrauchergruppen beziffert; die der Kleinabnehmer betragen demnach 20,5 Mio. t CO<sub>2</sub> (im Jahre 1987). Die Emissionsdaten der Warmwasserbereitung im speziellen sind nicht angegeben, so daß davon ausgegangen werden muß, daß der vom UBA zugrundegelegte Brennstoffmix der Kleinabnehmer auch für deren Warmwasserbereitung (im Rahmen der Genauigkeit dieser Abschätzung) charakteristisch ist. Der Energieverbrauch des Kleinabnehmersektors, gegliedert nach Energieträgern, betrug 1988:

Feste mineralische Brennstoffe	39,4 PJ
Flüssige Brennstoffe	103,7 PJ
Gasförmige Brennstoffe	51,8 PJ
Sonstige Energieträger	62,9 PJ
Summe	257,8 PJ

Der Emissionsfaktor (der Brauchwassererwärmung) des Kleinabnehmersektors beträgt somit  $20,5 \cdot 10^6 / 257,8 = 80 \text{ t CO}_2/\text{TJ}$  oder  $288 \text{ t CO}_2/\text{GWh}_{\text{th}}$ .

Der Wirkungsgrad von Anlagen der Warmwasserbereitung mit Zentralheizung oder Fernwärme kann mit 60% innerhalb des Sommerhalbjahres und mit 80% innerhalb des Winterhalbjahres angesetzt werden.

Wohnungen, welche heute über keine Warmwasserbereitung verfügen und künftig ausgestattet werden, werden in Abhängigkeit von der Wahl des Warmwasserbereitungssystems zu einer unterschiedlichen Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Emissionen führen. Daher muß zur Berechnung eines Basiswertes (Istzustand) der CO<sub>2</sub>-Emissionen eine Annahme dafür getroffen werden, wie in diesen Wohnungen zukünftig, wenn nicht elektrisch, das Warmwasser bereitgestellt werden würde. Für diese Wohnungen wird eine Brauchwasserbereitung mittels Zentralheizung oder Fernwärme angenommen.

Für die elektrische Warmwasserbereitung ist ein Wirkungsgrad von 90% realistisch; die Wärmeverluste gut isolierter Warmwasserspeicher liegen bei max. 10%. Der Nutzenergiebedarf der Warmwasserbereitung beträgt somit bei einem jährlichen Strombedarf von durchschnittlich 1800 kWh pro bewohnter Wohnung 1620 kWh, im Sommerhalbjahr 40% davon.

Die Basiswerte (Istwerte) der CO<sub>2</sub>-Emissionen sind somit:

$$0,9 \cdot (515/0,6 + 150/0,8) = 941,4 \text{ GWh}$$

$$941,4 \cdot 288 = 270 \cdot 10^3 \text{ t CO}_2$$

##### 4.2 CO<sub>2</sub>-Emissionen der Stromerzeugung

###### 4.2.1 Emissionsfaktoren der fossilen Energieträger

Im Energiebericht 1990 [2] sind die CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren der Kraftwerke bezogen auf den Brennstoffwärmewert wie folgt angegeben:

— Steinkohle	107 t/TJ = 0,385 t/MWh
— Braunkohle	101 t/TJ = 0,364 t/MWh
— Öl	78 t/TJ = 0,280 t/MWh
— Erdgas	52 t/TJ = 0,190 t/MWh

Für alle anderen Verbrauchergruppen werden für Steinkohle und Braunkohle davon abweichende Werte der CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren angenommen, nämlich

— Steinkohle	94 t/TJ = 0,34 t/MWh
— Braunkohle	97 t/TJ = 0,35 t/MWh

Vergleichsweise dazu werden in den uns verfügbaren einschlägigen deutschen Publikationen die sog. „Jülicher Werte“ [3] den Berechnungen zugrundegelegt. Diese sind allerdings in allen Verbrauchersparten gleich angesetzt, und zwar mit:

— Steinkohle	0,33 t/MWh
— Braunkohle	0,40 t/MWh
— Heizöl	0,29 t/MWh
— Naturgas	0,19 t/MWh

Für den auf den Brennstoffwärmewert bezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor sind die Luftüberschüßzahl und die elementare Zusammensetzung eines Brennstoffes, im wesentlichen das C/H-Verhältnis maßgebend. Die „Jülicher Werte“ stimmen mit den im Energiebericht angegebenen Emissionsfaktoren für Kraftwerke bei den Brennstoffen Steinkohle und Braunkohle nicht überein. Sie liegen außerhalb der im Energiebericht angegebenen Fehlergrenzen und können durch Verschiedenheiten in der Technik oder der Betriebsweise der Kraftwerke nicht erklärt werden. Zudem bleibt unverständlich, weshalb im Energiebericht für die einzelnen Verbrauchersparten unterschiedliche CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren angenommen wurden.

Wir verwenden bei den Berechnungen die CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren aus dem Energiebericht und zwar dieselben in allen Verbrauchersparten:

— Steinkohle	0,34 t/MWh
— Braunkohle	0,35 t/MWh
— Heizöl	0,28 t/MWh
— Naturgas	0,19 t/MWh

###### 4.2.2 CO<sub>2</sub>-Emissionen der kalorischen Kraftwerke (im Jahresdurchschnitt)

Im Vergleich dazu: Im Energiebericht 1990 [2] werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Kraft- und Heizwerke mit 10,8 Mio. t (Basisjahr 1987) angegeben. Der gesamte Umwandlungsbereich wird mit 14,5 Mio. t CO<sub>2</sub> (1990) beziffert.

Im Bereich der Öffentlichen Elektrizitätsversorgung ist bei jährlichen Emissionen von durchschnittlich 6,75 Mio. t CO<sub>2</sub> mit einem auf eine elektrische Jahreserzeugung

Tabelle 7. Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

	1987	1988	1989
<b>Brennstoffverbrauch:</b>			
Steinkohle (1000 t)	798	605	784
Braunkohle (1000 t)	1 632	1 477	1 429
Heizöl (1000 t)	317	201	217
Naturgas (Mio. m <sup>3</sup> )	1 079	966	1 149
<b>Brennstoffwärmeeinsatz (in TJ):</b>			
Steinkohle (28,5 TJ/1000 t)	22 743	17 243	22 344
Braunkohle (12,5 TJ/1000 t)	20 400	18 463	17 863
Heizöl (40,9 TJ/1000 t)	12 965	8 221	8 875
Naturgas (36,2 TJ/Mio. m <sup>3</sup> )	39 060	34 969	41 594
<b>Summe</b>	<b>95 168</b>	<b>78 895</b>	<b>90 676</b>
<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen (in 1000 t):</b>			
Steinkohle (94 t CO <sub>2</sub> /TJ)	2 138	1 621	2 100
Braunkohle (97 t CO <sub>2</sub> /TJ)	1 979	1 791	1 733
Heizöl (78 t CO <sub>2</sub> /TJ)	1 011	641	692
Naturgas (52 t CO <sub>2</sub> /TJ)	2 031	1 818	2 163
<b>Summe</b>	<b>7 159</b>	<b>5 871</b>	<b>6 688</b>
(Im Mittel rd. 6,75 Mio. t CO <sub>2</sub> )			

Tabelle 8. Werte der Stromerzeugung 1989 in GWh

	Winterhalbjahr	Sommerhalbjahr	Kalenderjahr
Wasserkraft	13 827,5	20 242,5	34 070,0
Wärmekraft	7 734,4	2 041,5	9 775,9
Erzeugung	21 561,9	22 284,0	43 845,9
Wärme/Erzeugung	35,8 %	9,2 %	22,3 %
Verhältniszahl zum Jahresdurchschnitt	1,60	0,413	1,0
Emissionsfaktor in t CO <sub>2</sub> /GWh	240	62	150

von ca. 45 000 GWh bezogenen Emissionsfaktor von rd. 6750/45 = 150 t CO<sub>2</sub>/GWh<sub>el</sub> zu rechnen.

#### 4.2.3 CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Einsatz kalorischer Kraftwerke zur Bereitstellung von Substitutionsenergie

**Variante 1.** Der berechnete Emissionsfaktor wird gemäß den Anteilen der kalorischen Erzeugung an der gesamten Erzeugung für das Winter- bzw. Sommerhalbjahr aufgeteilt. Die Berechnungswerte wurden der Betriebsstatistik 1989 (Bundeslastverteiler) entnommen.

**Variante 2.** Es wird von der extremen Annahme ausgegangen, daß der gesamte zusätzliche Strombedarf für Warmwasserbereitung während des Winterhalbjahrs in Wärmekraftwerken erzeugt werden muß. In diesem Fall ist eine Emissionsbelastung von 690 t CO<sub>2</sub>/GWh zugrunde zu legen. Konsequenterweise nahmen wir in diesem Szenario jedoch weiters an, daß während des Sommerhalbjahrs die gesamte Substitutionsenergie für Warmwasserbereitung aus Wasserkraft bereitgestellt werden kann, so daß sich während des Sommers durch die Substitution keine Emissionsbelastung ergibt.

#### 4.3 CO<sub>2</sub>-Emissionen der elektrischen Warmwasserbereitung und die damit bewirkte Umweltentlastung

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen bei zukünftiger nichtelektrischer Warmwasserbereitung werden im folgenden jenen gegenübergestellt, die sich aus der Erzeugung der für eine Substitution bereitzustellenden elektrischen Energie ergeben können.

**Variante 1: Deckung des Substitutionsbedarfs entsprechend der saisonalen Erzeugungsstruktur.** Die jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen aller Verbrauchersparten im gesamten Bundesgebiet betragen derzeit etwa 57 Mio. t (Energiebericht 1990), woraus sich — wie im folgenden dargestellt — die Größenordnung der CO<sub>2</sub>-Emissionsverminderung durch die verstärkte Anwendung der elektrischen Warmwasserbereitung zu ca. 0,4% berechnet. Die höchste Emissionsverminderung ergibt sich für a), also bei einer Direktapplikation der elektrischen Brauchwasserbereitung, da in diesem Fall auch im Winterhalbjahr fossile Systeme der Brauchwasserbereitung substituiert werden.

**Variante 2: Deckung des Substitutionsbedarfs durch kalorische Mehrerzeugung im Winterhalbjahr.** In dieser Berechnungsvariante beträgt die Größenordnung der CO<sub>2</sub>-Emissionsverminderung durch die verstärkte Anwendung der elektrischen Warmwasserbereitung ca. 0,3 %.

Abbildung 5 stellt die Ergebnisse der Varianten 1 und 2 hinsichtlich der möglichen Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen grafisch gegenüber.

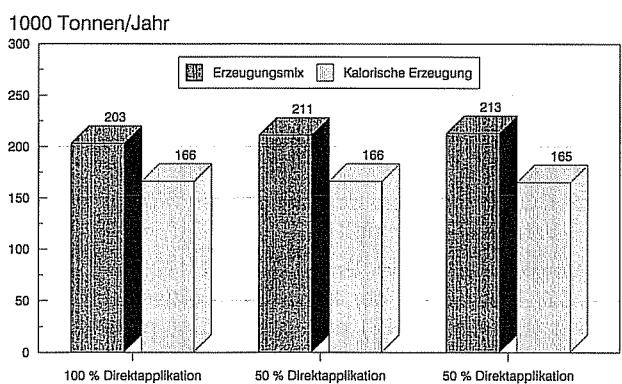


Abb. 5. Reduktion der Kohlendioxid-Emissionen bei Potentialausschöpfung

Tabelle 9. CO<sub>2</sub>-Emissionsverminderung Variante 1

	Emissionen:			Emissionsreduktion
	Substitution GWh	spezifisch t/GWh	insgesamt 10 <sup>3</sup> t CO <sub>2</sub>	10 <sup>3</sup> t CO <sub>2</sub>
a)	Winter Sommer	150 515	240 62	37 32
	Summe		69	— 272 = <u>— 203</u>
b)	Winter Sommer	150 390	240 62	37 24
	Summe		61	— 272 = <u>— 211</u>
c)	Winter Sommer	155 355	240 62	37 22
	Summe		59	— 272 = <u>— 213</u>

Tabelle 10. CO<sub>2</sub>-Emissionsverminderung Variante 2

	Emissionen:			Emissionsreduktion
	Substitution GWh	spezifisch t/GWh	insgesamt 10 <sup>3</sup> t CO <sub>2</sub>	10 <sup>3</sup> t CO <sub>2</sub>
a)	Winter Sommer	150 515	690 —	106 —
	Summe		106	— 272 = <u>— 166</u>
b)	Winter Sommer	150 515	690 —	106 —
	Summe		106	— 272 = <u>— 166</u>
c)	Winter Sommer	155 515	690 —	107 —
	Summe		107	— 272 = <u>— 165</u>

## 5. Zusammenfassung

Unter Verwendung des Mikrozensus des Österreichischen Statistischen Zentralamtes gelangten die Autoren zum Ergebnis, daß in rund 570 000 Haushalten, die ihr Warmwasser derzeit ganzjährig über Zentralheizungs- und Fernwärmennetze beziehen, die elektrische Warmwasserbereitung während der Sommer- und Übergangsmonate eine ökonomisch und ökologisch sinnvolle Alternative darstellt.

Es wird angenommen, daß langfristig betrachtet die Hälfte dieser Haushalte ihr Warmwasser durch elektrische Direktapplikation aufbereitet (Boiler, Durchlauferhitzer), ein Viertel der Haushalte mittels Wärmepumpe und ein weiteres Viertel mittels Solarkollektoren.

Als zweite Zielgruppe sind jene rund 140 000 Haushalte zu nennen, die derzeit über keine Warmwasserbereitung verfügen. Es kann angenommen werden, daß in diesen Wohnungen ein substantieller Sanierungsbedarf be-

steht, so daß in vielen Fällen Strom als einziger leitungsgebundener Energieträger zur Verfügung stehen dürfte. Für diese Gruppe erscheint die Warmwasserbereitung durch eine ganzjährige elektrische Direktapplikation als sinnvollste Lösung.

Bei beiden Zielgruppen wurden jene Haushalte, die in großstädtischen Siedlungsstrukturen integriert sind, bewußt ausgeklammert, da gerade in der Wärmeversorgung großstädtischer Bereiche andere energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen gegeben sind.

Der zusätzliche Strombedarf der genannten Zielgruppen für die Warmwasserbereitung würde im Sommer rund 360 GWh — 1,9% des Stromverbrauchs im Sommerhalbjahr — und im Winter rund 150 GWh — 0,7% des Stromverbrauchs im Winterhalbjahr betragen. An elektrischer Leistung müßten im Sommer zusätzlich rund 80 MW — 1,3% der Sommerhöchstlast — und im Winter 35 MW — 0,5% der Winterhöchstlast — bereitgestellt werden. Gleichzeitig könnte jedoch eine Verringerung der jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen um rund 210 000 t, entsprechend 0,4% der gesamtösterreichischen CO<sub>2</sub>-Emissionen erreicht werden.

Dies bedeutet, daß die Bedeckung des beschriebenen Marktsegments elektrizitätswirtschaftlich unbedenklich erscheint und sowohl die volks- und betriebswirtschaftlichen als auch die ökologischen Vorteile eindeutig gegeben sind.

Wie erwähnt, ist diese Publikation eine Zusammenfassung der Ergebnisse einer Studie, welche für den Ausschluß „Elektrizitätsanwendung“ im Verband der Elektrizitätswerke Österreichs erstellt wurde. Neben den Autoren haben an dieser Studie Herr Dipl.-Ing. H. Holzer (Verbundgesellschaft, Abteilung Energiewirtschaft) und Herr Dr. R. Brosch (Burgenländische Elektrizitätswirtschafts AG, Abteilung Kundendienst und Information) maßgeblich mitgearbeitet.

## Literatur

1. Energieverbrauch der Haushalte im Jahre 1988 (1989) Ergebnisse des Mikrozensus März 1989
2. Energiebericht der Österreichischen Bundesregierung (1990)
3. Wagner HJ, Walbeck M (1988) CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Energieversorgung. EW-Tag 36: 92

Dr. Ludwig Kumer  
Verbundgesellschaft  
Abteilung Umwelt, Naturschutz und Alternativennergien  
Rudolfsplatz 13A  
A-1010 Wien

Dipl.-Ing. Hans Precht  
Bundeslastverteiler  
Dienststelle Statistik  
Am Hof 6A  
A-1010 Wien