Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 86 (1995)

Heft: 10

Artikel: Auswirkungen der Internalisierung externer Kosten auf die Wirtschaftlichkeit von WKK-Anlagen und Elektro-Wärmepumpen

Autor: Rogenmoser, C. / Oser, P. / Friedrich, G.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-902444

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Mitte August 1994 wurden in Bern die Ergebnisse der Studie «Externe Kosten und kalkulatorische Energiepreiszuschläge für den Strom- und Wärmebereich» vorgestellt. Die Autoren berechneten sogenannte kalkulatorische Energiepreiszuschläge (KEPZ), die im Sinne einer erweiterten Wirtschaftlichkeitsrechnung zu den aktuellen Energiepreisen hinzuzufügen sind (Bild 1). Der vorliegende Beitrag hinterfragt die angegebenen KEPZ und beschreibt die Auswirkungen auf den Einsatz von WKK-Anlagen, auf die Konkurrenzfähigkeit von Elektro-Wärmepumpen-Systemen und auf den zukünftigen Elektrizitätsbedarf.

Auswirkungen der Internalisierung externer Kosten auf die Wirtschaftlichkeit von WKK-Anlagen und Elektro-Wärmepumpen

■ C. Rogenmoser, P. Oser, G. Friedrich

Externe Kosten bilden schon seit längerem ein umstrittenes Thema in Energiediskussionen. Mitte August 1994 wurden in Bern die Ergebnisse einer Studie vorgestellt, welche die externen Kosten der Energieversorgung ermittelte [1]. Die Studie, die von den beiden «Umweltbüros» Infras und Prognos als Arbeitsgemeinschaft ausgearbeitet wurde, ist von den drei Bundesämtern für Konjunkturfragen, für Energiewirtschaft und für Bundesbauten in Auftrag gegeben worden. Die Ergebnisse dieser Studie werden von verschiedenen Seiten kritisiert. Vor allem bei der Bewertung der Risikokosten der Kernenergie gehen die Meinungen weit auseinander [2, 3]. Im vor-

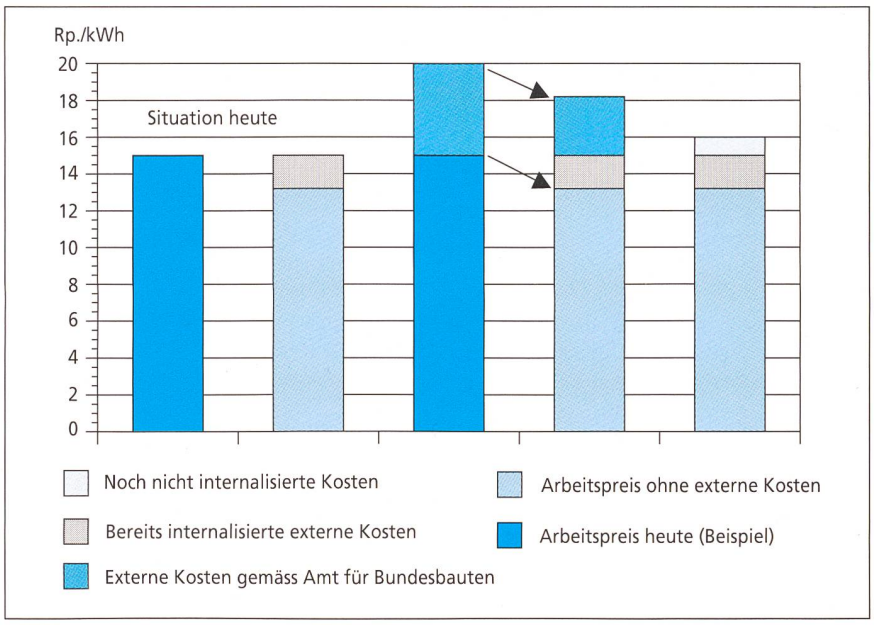

Bild 1 Energiepreiszuschläge aufgrund externer Effekte (schematisch).

Adresse der Autoren:
Christian Rogenmoser, Direktionspräsident der EKZ, *Peter Oser*, EKZ, Dr. *Giorgio Friedrich*, NOK, Elektrizitätswerke des Kantons Zürich EKZ, Dreikönigstrasse 18, 8002 Zürich.

Energiesystem/ Energieträger	Aktuelle End-Energie-Preise 92	Kalkulatorische Energiepreiszuschläge 1990 aufgrund von: Schadenkosten generell KEPZ-Variante 1	Schadenkosten Treibhauseffekt Vermeidungskosten KEPZ-Variante 2	Schadenkosten, aber ohne externe Kosten Treibhauseffekt KEPZ- Variante 3
Erdgas	[Rp./kWh]	[Rp./kWh]	[Rp./kWh]	[Rp./kWh]
Gebläse, Anlage 87, < 1MW	5	1,4 - 27	**3,4 - 5,1**	0,4 - 0,8
Atmosphärisch 1987, < 1MW	5	1,5 - 27	**3,5 - 5,3**	0,5 - 1,3
Gebläse, 1990, < 0,1MW	5	1,4 - 27	**3,4 - 5,1**	0,4 - 0,8
Atmosphärisch 90, < 0,1MW	5	1,5 - 27	**3,5 - 5,3**	0,5 - 1,1
Low NOx 1990, > 0,1MW	5	1,3 - 27	**3,4 - 5,0**	0,3 - 0,6
Industrie-Anlage 90, > 0,1MW	5	1,4 - 27	**3,5 - 5,2**	0,4 - 1,0
Erdöl	[Rp./kWh]	[Rp./kWh]	[Rp./kWh]	[Rp./kWh]
Bestehende Anlage 1987	3,5	2,5 - 39	**4,9 - 7,8**	1,2 - 2,7
Low NOx, Neuanlage 1990	3,5	2,4 - 38	**4,9 - 7,6**	1,0 - 2,4
Brennwertkessel 1990	3,5	2,4 - 38	**4,9 - 7,6**	1,0 - 2,4
Industrie HEL-CH 1990	3,5	2,4 - 38	**4,9 - 7,6**	1,0 - 2,3
Industrie HS 1990	1,7	4,6 - 44	**6,0 - 10,3**	3,2 - 7,6
Holzschnitzel feucht 1990	4,0	1,7 - 3,9	**0,9 - 2,1 (*)**	1,7 - 3,9
Gas-WKK 1990	5	1,3 - 27,0	**3,4 - 5,1**	0,3 - 0,8
Elektrizität ohne Risikokosten	[Rp./kWh]	[Rp./kWh]	[Rp./kWh]	[Rp./kWh]
Laufkraftwerke		0,20 - 0,5	**0,20 - 0,5**	0,20 - 0,5
Speicherkraftwerke		0,50 - 1,4	**0,50 - 1,4**	0,50 - 1,4
Dampfturbinen-KW Heizöl S		6,7 - 98	**12,5 - 19,8**	3,2 - 7,5
Gas-Dampfturbinen-KW		3,7 - 68	**8,5 - 12,7**	1,2 - 2,9
Kernkraftwerke		0,33 - 3,3	**0,6 - 1,4**	0,2 - 0,5
Transport/Verteilung		0,02 - 0,05	**0,02 - 0,05**	0,02 - 0,05
Elektrizität Mix CH90-91	[Rp./kWh]	[Rp./kWh]	[Rp./kWh]	[Rp./kWh]
a) ohne ext. Risikokosten	14,5	0,5 - 3,8	**0,7 - 1,6**	0,4 - 1,0
b) mit ext. Risikokosten Orientierung am/an der				
- Erwartungswert	14,5	0,6 - 3,9	**0,8 - 1,7**	0,5 - 1,1
- Standardabweichung	14,5	2,3 - 17,8	**2,5 - 15,6**	2,2 - 15,0

*) Das CO_2-Reduktionsszenario führt auch zu geringeren Luftschadstoffemissionen + -kosten

Tabelle I Kalkulatorische Energiepreiszuschläge (KEPZ) im Strom- und Wärmebereich.

Für Elektrizität	5,5 Rp./kWh	Erhöhung um rund	40%
Für Heizöl (EL)	6,0 Rp./kWh	Erhöhung um rund	200%
Für Erdgas	4,0 Rp./kWh	Erhöhung um rund	100%
Für Holzschnitzel	1,0 Rp./kWh	Erhöhung um rund	25%

Tabelle II Kalkulatorische Energiepreiszuschläge gemäss Amt für Bundesbauten.

liegenden Bericht werden die kalkulatorischen Energiepreiszuschläge (KEPZ) auf die Elektrizität hinterfragt und anhand eigener Berechnungen abgeschätzt. Ausserdem werden die Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit von WKK-Anlagen im speziellen und auf die Elektrizitätswirtschaft in grundsätzlicher Art beschrieben.

Was sind die externen Kosten der Energieversorgung?

Die Energienutzung verursacht neben den betriebswirtschaftlich relevanten Kosten auch solche, die nicht in die Energiepreise einfliessen. Diese «vergessenen» Kosten belasten nicht direkt das Portemonnaie der Endverbraucher, mindern aber – etwa in Form von Schäden an Pflanzen, Tieren und Gebäuden, von Gesundheitsschäden bei Menschen oder von landwirtschaftlichen Produktionsausfällen sowie durch die Erschöpfung von Ressourcen – die Wohlfahrt der Allgemeinheit. Diese volkswirtschaftlich relevanten Belastungen werden als externe Kosten bezeichnet.

Zur Abschätzung der externen Kosten gibt es grundsätzlich zwei Wege:

1. Monetarisierung der Schäden: Hier werden die entstandenen Schäden bewertet und die Kosten für ihre Beseitigung ermittelt (funktioniert nur für reversible Schäden).
2. Schadensvermeidung: Hier werden die Mehrkosten für eine Energieversorgung ermittelt, die solche Schäden vermeidet, zum Beispiel durch Einsparung oder Substitution.

Die wahren Energiepreise ergeben sich somit durch die Addition der externen Kosten zu den realen Marktpreisen der schadenverursachenden Energieträger.

Da es für die geschädigten Güter kaum Marktpreise gibt und sich die Bewertung von Risiken auf individuelle Werturteile abstützt, kann sich das richtige Mass der Verteuerung nicht am Markt bilden. Deshalb soll das Mass der Verteuerung politisch vorgegeben werden.

Eine weitere Schwierigkeit ergibt sich aus der Tatsache, dass sich viele Umweltschäden nicht auf eine Ursache oder einen Schadstoff alleine zurückführen lassen. Die Zuteilung externer Kosten auf einzelne Energieträger ist deshalb problematisch.

Ökologisch wahr ist der Preis, der entweder alle Kosten für die Reparatur der Schäden enthält, die bei der Energieversorgung entstehen, oder der für eine Energieversorgung zu zahlen ist, die diese vermeidet.

Ergebnisse der Studie

Die Verfasser der Infras/Prognos-Studie beziffern – nach der Methode der Monetarisierung – die externen Kosten der Energieversorgung für das Jahr 1990 auf 6,7 bis 12,2 Milliarden Franken. Dies entspricht einem Anteil von 2,1 bis 3,9% am Bruttoinlandprodukt. Selbst ohne Berücksichtigung der besonders schwierig kalkulierbaren externen Kosten des Treibhauseffekts werden die verbleibenden externen Kosten noch immer auf 1,5 bis 4,8 Milliarden Franken pro Jahr veranschlagt.

In der Studie werden sogenannte kalkulatorische Energiepreiszuschläge (KEPZ) berechnet (Tabelle I). Diese Preiszuschläge zeigen, wie stark die verschiedenen Energieformen verteuert werden müssten, um die bisher der Allgemeinheit aufgebürdeten externen Kosten verursachergerecht zu in-

Kraftwerk/Kostenart bezüglich Landeserzeugung	Bereits internalisiert (Rp./kWh)	Nicht internalisiert (soziale Folgekosten) (Rp./kWh)
Kernkraftwerk:		0,11
Wiederaufarbeitung	0,29	
Endlagerung	0,41	
Stillegung	0,05	
Wasserkraftwerk	0,54 + 0,48	
Total (untere Grenze)	1,77	0,11
Total externe Kosten	1,77 + 0,11 = 1,88	

Tabelle III Zusammenstellung der heute bereits internalisierten Kosten ergänzt mit den externen Kosten (soziale Folgekosten). Diese Folgekosten ergeben sich aus Todesfällen aufgrund des Brennstoffkreislaufs (siehe auch Bulletin 22/1994) und den Verletzten und Krankheiten. Pro Fall wird mit einem oberen Wert von 1 Mio. Franken gerechnet. Für Extremfälle siehe auch: «Schadenersatz bei Personenschaden in Westeuropa», Schweizer Rück, 1993. Interessante Hinweise findet man auch in der «Unfallstatistik der Arbeitnehmer in der Schweiz, 1988–1992», SUVA, September 1994.

KEPZ für Elektrizität	KEPZ für Gas-WKK (Rp./kWh) 0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	2,0	2,4[3]	3,0	4,0[1]
0,0	2863					2388	1913		1439	964
0,2	2947	2852								
0,4	3031		2841							
0,6	3115			2830						
0,8	3199				2819					
1,0 [2]	3283					2808	2334	2144	1859	1384
5,5 [4]									3276	

Tabelle IV Die für einen wirtschaftlichen Betrieb maximal zulässigen spezifischen Investitionen in Franken pro installierte kW_{el} bei reinem Eigenbedarf (Bezugstarif).

[1] KEPZ für Gas gemäss Vorschlag Amt für Bundesbauten.
[2] Maximaler KEPZ für die Elektrizität für noch nicht internalisierte externe Effekte.
[3] KEPZ für Gas unter Berücksichtigung der Substitution von fossilen Anwendungen durch Elektro-Wärmepumpen.
[4] KEPZ für die Elektrizität gemäss Vorschlag Amt für Bundesbauten. Dieser Wert ist jedoch als stark überhöht zu betrachten.

ternalisieren. Die geschätzten KEPZ werden in unterschiedlichen Varianten und in Bandbreiten ausgewiesen, um den zugrundeliegenden Unsicherheiten und Wissenslücken Rechnung zu tragen. Die KEPZ hängen nicht alleine vom Energieträger ab, sondern auch vom Energiesystem, in dem sie eingesetzt werden.

Aufgrund der erwähnten methodischen Schwierigkeiten geben die in der Studie abgeleiteten Ergebnisse keine optimale Korrektur der verzerrten Preise an. Vielmehr zeigen sie nur die Tendenz allfälliger Berichtigungen auf. Durch die Internalisierung der externen Kosten erhofft man sich volkswirtschaftlich korrektere und ökologisch sinnvolle Investitionsentscheidungen. Bisher benachteiligte das Ausblenden der externen Kosten diejenigen Energieträger und -sparmassnahmen, die keine oder nur eine geringe Umweltbelastung verursachen.

Der vom Amt für Bundesbauten vorgeschlagene Energiepreiszuschlag auf die Elektrizität ist aus mehreren Gründen weit übertrieben: bereits geleistete Abgeltungen externer Effekte und externe Nutzen werden nämlich in keiner Art und Weise berücksichtigt. Keinesfalls dürfen schon abgegoltene Aufwendungen wie Wasserzinsen, Rücklagen für die Endlagerung und die Stillegung, Versicherungsleistungen usw. nochmals als externe Kosten ausgewiesen und den bisherigen Kosten hinzugeschlagen werden (Bild 1)! Aber auch der volkswirtschaftliche Nutzen, der zum Beispiel aus dem Hochwasserschutz und dem Uferunterhalt entsteht, wird ganz einfach unterschlagen.

In den folgenden Überlegungen soll die Grössenordnung der bereits heute internalisierten Kosten abgeschätzt werden (Tabelle III):

1. Bereits internalisierte Kosten bei der Kernenergienutzung

Als Richtwerte werden die Kostenanteile des Kernkraftwerks Gösgen und die Abschätzungen der noch nicht gedeckten externen Kosten gemäss [4] verwendet. Unter der Annahme einer ähnlichen Kostenstruktur aller Schweizer Kernkraftwerke betragen die durchschnittlichen Kosten für die Wiederaufarbeitung 0,29 Rp./kWh, für die Endlagerung 0,41 Rp./kWh und für die Stillegung 0,05 Rp./kWh bezogen auf die gesamte Landeserzeugung im Jahre 1993.

2. Bereits internalisierte Kosten bei Wasserkraftwerken

Bei den Wasserkraftwerken dürften die externen Kosten bereits mehr als kompensiert sein [5]. Wasserrechtsabgaben und Konzessionen (ohne Steuern) machen alleine schon 0,88 Rp./kWh bezüglich der hydraulisch erzeugten Elektrizität aus, was im Jahr 1992 den Betrag von 318 Millionen Franken ergab. Solche Abgaben können aber für ein einzelnes Werk (KW Zervreila) bis 2,2 Rp./kWh ausmachen [5]. Oder anders ausgedrückt: Das kommunale Steueraufkommen aufgrund der Wasserkraftnutzung kann, wie zum Beispiel im Falle von Safien (GR), leicht über 70% betragen! Bezogen auf die Landeserzeugung ergeben die Wasserrechtsabgaben und Konzessionen (ohne Steuern) ~0,54 Rp./kWh. Steuern und Abgaben machen weitere 0,48 Rp./kWh aus [6]. Die Summe von 1,02 Rp./kWh kann somit als minimale untere Grenze der bereits internalisierten Kosten der Wasserkraftwerke betrachtet werden.

Welche kalkulatorischen Energiepreiszuschläge (KEPZ) sollen verwendet werden?

Die Höhe der KEPZ sind gemäss den drei aufgeführten Varianten (Tabelle I) sehr unterschiedlich und mit extrem grossen Bandbreiten versehen. Diese Bandbreiten resultieren aus zahlreichen Wissenslücken, Schätzungen und Annahmen. Die Autoren der Infras/Prognos-Studie betrachten die angegebenen Werte hingegen als genügend gesichert, um sie in Investitionsentscheidungen zu integrieren. Zudem stellen sie nach ihrer Ansicht erst eine Untergrenze dar!

Das Amt für Bundesbauten verwendet für ihre eigenen Anlagen, basierend auf den Schadenskosten und beim Treibhauseffekt auf den Vermeidungskosten, KEPZ gemäss Tabelle II.

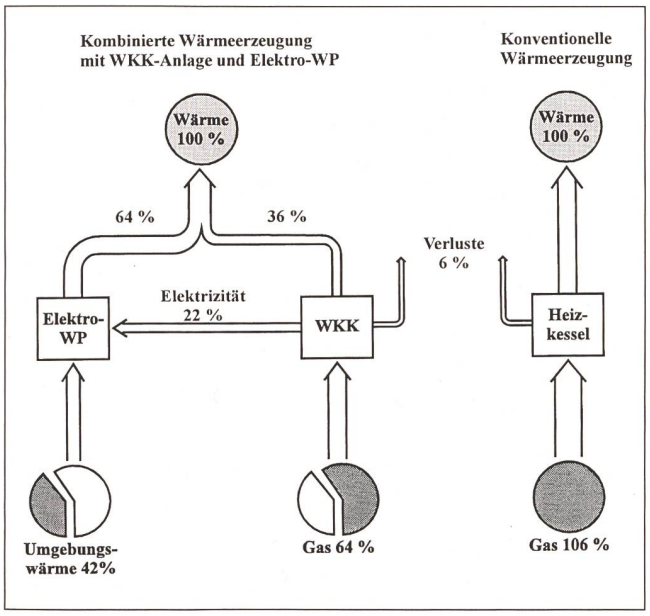

Bild 2 Energieflüsse bei konventioneller Wärmeerzeugung mit einem Gas-Heizkessel und beim kombinierten Einsatz einer WKK-Anlage mit einer Elektro-Wärmepumpe.

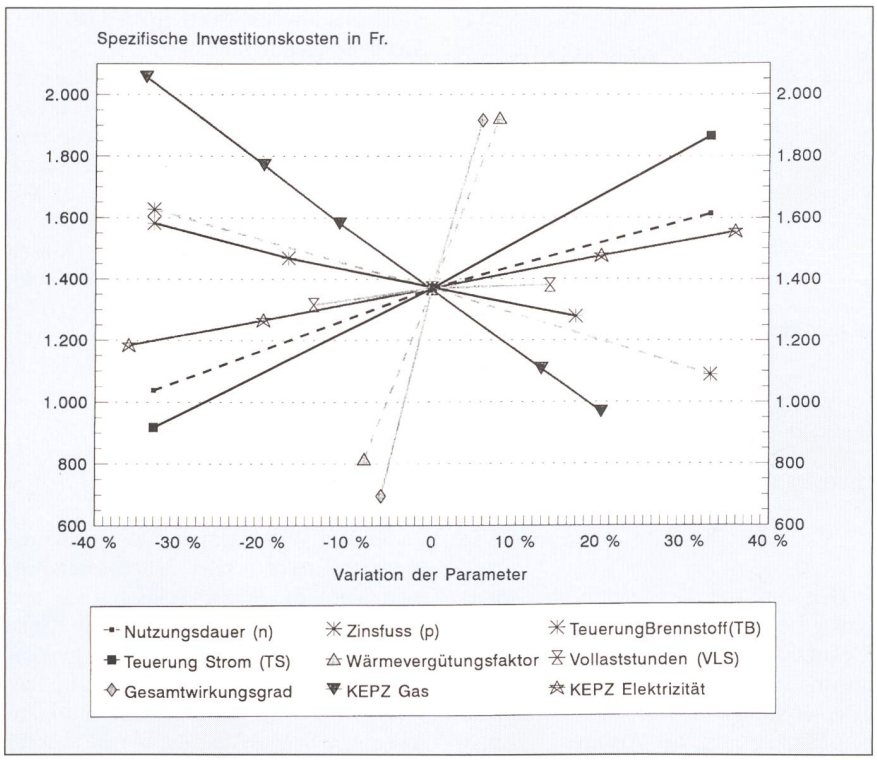

Bild 3 Sensitivitätsanalyse WKK-Anlagen: Reiner Eigenbedarf.

Somit kann als Richtwert für die totalen externen Kosten 1,88 Rp./kWh angegeben werden, wovon nur die 0,11 Rp./kWh der sozialen Folgekosten aus der Kernkraft heute noch nicht internalisiert sind und somit als externe Kosten gelten.

Im Vergleich hierzu seien erste Ergebnisse aus einer Arbeit aus dem Institut CEPN (Centre d'Etude sur l'Evaluation de la Protection dans le Domaine Nucléaire, Frankreich) als Anhaltspunkt angegeben, in welcher die externen Kosten der Kernkraft (inkl. der Langzeiteffekte, ohne hypothetischen Unfall) mit ~0,142 Rp./kWh beziffert werden [7]. Wird ein auslegungsüberschreitendes Ereignis mit seiner geringen Eintrittswahrscheinlichkeit miteinbezogen, erhöhen sich diese Kosten um etwa 5%. Eine ähnliche Grössenordnung wird im Bericht von Hirschberg et al. für das Kernkraftwerk Mühleberg hergeleitet [8]. Aus methodischen Gründen ist in diesen Arbeiten kein Zuschlag für die Risikoversion ausgewiesen worden.

Aus diesen Angaben ist deutlich ersichtlich, dass der vom Amt für Bundesbauten vorgeschlagene KEPZ für die Elektrizität viel zu hoch angesetzt ist und den bereits internalisierten Kosten sowie den externen Nutzeneffekten in unverständlicher Art und Weise nicht Rechnung trägt. Da die Landeserzeugung aufgrund des vorteilhaften Kraftwerkparkes mit geringsten CO_2-Emissionen auskommt, sind überhöhte, eher fiskalisch orientierte Abgaben volkswirtschaftlich in keiner Weise gerechtfertigt. Im folgenden wird für die Elektrizität mit einem KEPZ von 1,0 Rp./kWh gerechnet. Dieser Wert stellt einen Maximalwert dar, der in weiteren Untersuchungen genauer zu spezifizieren ist.

Welchen Einfluss haben die erwähnten kalkulatorischen Energiepreiszuschläge (KEPZ) auf die Wirtschaftlichkeit von WKK-Anlagen?

Die folgenden Berechnungen der Wirtschaftlichkeit von WKK-Anlagen basieren auf einer Excel-Arbeitsmappe. Damit lassen sich die maximal zulässigen spezifischen Investitionskosten pro kW_{el} berechnen, bei welchem ein wirtschaftlicher Betrieb gerade noch möglich ist. Unter den spezifischen Investitionskosten versteht man die zusätzlichen Investitionskosten für die Installation einer WKK-Anlage bezogen auf die installierte Leistung [9].

Die Berechnungen basieren auf einer bestehenden WKK-Anlage im Kanton Zürich. Der Wirkungsgrad beträgt 85%. Davon werden 32 Prozentpunkte in Elektrizität und 54 Prozentpunkte in Wärme umgesetzt. Ohne Berücksichtigung von KEPZ betragen die für einen wirtschaftlichen Betrieb maximal zulässigen spezifischen Investitionskosten 2863 Franken. Für die Vergütung der Stromerzeugung wurden dabei die Bezugstarife für Grossbezüger in Niederspannung verwendet (reiner Eigenbedarf). Benutzt man hingegen den Tarif für entsprechende Rücklieferer (reiner Rücklieferbetrieb), so dürfen die spezifischen Investitionskosten maximal nur 2462 Franken betragen. Diese Werte basieren auf den aktuellen Energiepreisen und den Tarifen eines grossen Verteilwerkes, wie sie ab 1. Oktober 1995 gelten.

Tabelle IV zeigt für verschiedene KEPZ die maximal zulässigen spezifischen Investitionskosten bei reiner Rücklieferung. Bei gleich grossen Zuschlägen sowohl für die Elektrizität als auch für Gas sinken die spezifischen Investitionskosten kontinuierlich von 2861 Franken (ohne KEPZ) auf 2808 Franken (KEPZ von je 1,0 Rp./kWh). Der Einfluss ist mit knapp 2% sehr gering. Variiert man hingegen nur bei einem Energieträger den KEPZ, so verändern sich die spezifischen Investitionskosten erheblich.

Unter der Annahme, dass mit dem in der WKK-Anlage erzeugten Strom Elektro-Wärmepumpen eingesetzt werden, die ihrerseits fossile Anwendungen ersetzen bzw. überflüssig machen, könnte der KEPZ auf Gas entsprechend den kombinierten Verhältnissen reduziert werden. Dies entspricht einer Reduktion des Brennstoffeinsatzes um den Faktor von etwa 0,6 (Bild 2) [10]. Dann ergeben sich spezifische Investitionskosten von 2144 Franken bei einem KEPZ von 1,0 Rp./kWh für die Elektrizität bzw. 2,4 Rp./kWh für Gas (0,6 x 4,0 Rp./kWh).

Die Ergebnisse zeigen deutlich den beträchtlichen Einfluss der KEPZ. Je nach Höhe und Aufteilung der KEPZ ergeben sich ganz andere zulässige Investitionskosten. Um die Abhängigkeit einzelner Einflussfaktoren darzustellen, wurde eine

		KEPZ ohne KEPZ	mit KEPZ
EWP	33 kWh →	33 * 13,0 Rp. (+ 1,0 Rp.) = 4,29 Fr.	(4,62 Fr.)
EWP	33 kWh →	33 * 13,0 Rp. (+ 5,5 Rp.) = 4,29 Fr.	(6,11 Fr.)
Gas	100 kWh →	100 * 4,0 Rp. (+ 4,0 Rp.) = 4,00 Fr.	(8,00 Fr.)
Erdöl	106 kWh →	106 * 3,0 Rp. (+ 6,0 Rp.) = 3,18 Fr.	(9,54 Fr.)

Tabelle V Benötigte Energiemengen, um 100 kWh Wärme zu erzeugen; Vergleich der Kosten ohne und mit KEPZ. Die eingeklammerten Werte stellen die Energiekosten ohne Berücksichtigung der externen Kosten dar.

Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Bild 3 zeigt die graphische Auswertung. Die Abhängigkeiten sind in erster Näherung durch Geraden dargestellt.

Es ist erstaunlich, dass die Gerade, die die Abhängigkeit des KEPZ auf Gas darstellt, viel steiler verläuft als die entsprechende Gerade für den KEPZ auf die Elektrizität. Die Wirtschaftlichkeit wird also bedeutend stärker vom KEPZ für Gas beeinflusst als vom KEPZ für die Elektrizität. Gerade umgekehrt verhält es sich hingegen bei den entsprechenden Teuerungsraten.

Ausgeprägt ist auch die enorme Abhängigkeit vom Gesamtwirkungsgrad (eigentlich Nutzungsgrad [9]) und vom Wärmevergütungsfaktor (grosse Steilheit).

Die Nutzungsdauer, die Vollaststundenzahl sowie der Amortisationszinssatz haben mit Berücksichtigung der externen Kosten einen geringen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit. Dies bedeutet, dass der Amortisationsanteil gegenüber dem Betriebskostenanteil an Bedeutung verliert.

Aufgrund der zahlreichen Varianten kann kein eindeutiger Trend auf die Wirtschaftlichkeit von WKK-Anlagen angegeben werden. Verwendet man hingegen die vom Amt für Bundesbauten vorgeschlagenen Werte, können WKK-Anlagen selbst bei reiner Rücklieferung wirtschaftlich betrieben werden!

Welchen Einfluss haben die erwähnten kalkulatorischen Energiepreiszuschläge (KEPZ) auf die Konkurrenzfähigkeit von Elektro-Wärmepumpen?

In Tabelle V werden die Betriebskosten von drei gängigen Systemen zur Erzeugung von 100 kWh Wärme miteinander verglichen.

Ohne Berücksichtigung der KEPZ schneidet der Energieträger Erdöl am besten ab. Mit Berücksichtigung der KEPZ kehrt sich die Reihenfolge gerade um. Nun hat die Elektro-Wärmepumpe die deutlich geringsten Energiekosten. Dies ist darauf zurückzuführen, dass rund 2/3 der Nutzenergie von der Umwelt bezogen wird und sich der KEPZ für die Elektrizität deshalb nur zu einem Drittel (1/Jahresarbeitszahl) auf die Energiekosten auswirkt.

Dieser Kostenvorteil für die Elektro-Wärmepumpe ist für die Elektrizitätswirtschaft hingegen ein kleiner Trost. Denn ganz allgemein gilt, dass mit der Internalisierung der externen Kosten die Investitionskosten gegenüber den Betriebskosten an Bedeutung verlieren. Damit werden kapitalintensive Investitionen wirtschaftlicher. Sparmassnahmen zahlen sich somit eher aus und werden vermehrt ergriffen. Dies wird sich auch auf den Stromverbrauch auswirken!

Zusammenfassung

Der vom Amt für Bundesbauten vorgeschlagene kalkulatorische Energiepreiszuschlag auf die Elektrizität ist deutlich überhöht, da bereits in den Strompreisen internalisierte Abgaben und sogenannte Nutzeneffekte nicht berücksichtigt werden. Um singuläre Ereignisse in die kalkulatorischen Energiepreiszuschläge einzubeziehen, reichen die Angaben der Infras/Prognos-Studie keineswegs aus.

Bei gleichmässigen Energiepreiszuschlägen auf Gas und Elektrizität sinken bei WKK-Anlagen die für einen wirtschaftlichen Betrieb maximal zulässigen Investitionskosten geringfügig. Werden hingegen beim Gas und bei der Elektrizität ungleiche Energiepreiszuschläge verwendet, so ändern sich die zulässigen Investitionen deutlich. Wird bei Gas ein höherer Energiepreiszuschlag verwendet als auf Elektrizität – was eigentlich angebracht wäre – sinken die maximal zulässigen Investitionen markant ab. Kleine WKK-Anlagen scheinen ab einem Energiepreiszuschlag auf Gas von 2,0 Rp./kWh und mehr selbst bei reinem Strom-Eigenbedarf nicht mehr wirtschaftlich betrieben werden zu können.

Mit der Internalisierung der externen Kosten werden Elektro-Wärmepumpensysteme gegenüber Ölheizungen konkurrenzfähiger, da sich der kalkulatorische Energiepreiszuschlag auf die Elektrizität bei Elektro-Wärmepumpensystemen nur zu einem Drittel (1/Jahresarbeitszahl) auswirkt.

Unter Berücksichtigung der externen Kosten verlieren die Investitionskosten gegenüber den Betriebskosten an Bedeutung. Dies bedeutet, dass Sparmassnahmen wirtschaftlicher werden und damit auch vermehrt zum Einsatz gelangen; mit den entsprechenden Konsequenzen auf den Elektrizitätsendverbrauch.

Literatur

[1] Arbeitsgemeinschaft Infras/Prognos: Externe Kosten und kalkulatorische Energiepreiszuschläge für den Strom- und Wärmebereich.

Bestehend aus:	EDMZ Best.-Nr.
Synthesebericht	(724.270)
Kurzfassung des Syntheseberichts	(724.270.7)
Die externen Kosten der Stromerzeugung aus Wasserkraft	(724.270.4)
Die externen Kosten der Stromerzeugung aus Kernenergie	(724.270.2)
Die externen Kosten der Übertragung/Verteilung von Elektrizität	(724.270.5)
Externe Kosten von Photovoltaikanlagen, Sonnenkollektoren, Fenstern und Wärmedämmstoffen	(724.270.6)
Externe Kosten der fossilen Ressourcennutzung im Wärmebereich	(724.270.3)
Externe Kosten von Luftverschmutzung und staatlichen Leistungen im Wärmebereich	(724.270.1)

[2] *S. Hirschberg* und *G. Erdmann*: Wie hoch sind die externen Kosten der Stromproduktion? NZZ Nr. 233 vom 6.11.1994.

[3] *P. Zweifel* und *S. Nocera*: Was kostet die Vermeidung von Atomrisiken? NZZ Nr. 274 vom 23.11.1994.

[4] *G. Friedrich*: Die schweizerische Elektrizitätserzeugung und deren ökologischer und sozialer Aspekt, Bulletin SEV/VSE 22/94, S. 45 ff., Zürich.

[5] *C. Casanova*: Sozialbilanz eines Wasserkraftwerkes. Bulletin SEV/VSE 16/93, S. 27–31, 1993.

[6] VSE-Arbeitsgruppe «Wasserzins», Schätzung 1992/93.

[7] Nucl. Weeks, Vol. 35, No. 45, November 94.

[8] *S. Hirschberg* und *E. Cazzoli*: 1994. «Contribution of severe accidents to external costs of nuclear power». ENS Topical Meeting on PSA/PRA and severe accidents, 17.–20. April 1994 in Ljubljana, Slovenia.

[9] *R. Lang* et al.: Messungen an elf Wärmekraftkopplungsanlagen im Kanton Zürich. Bulletin SEV/VSE 24/94, S. 39 ff., Zürich.

[10] *Th. Wälchli:* Rationelle Energienutzung: Wärmedienstleistungen der Elektrizitätswirtschaft. Bulletin SEV/VSE 24/94, S. 19 ff., Zürich.

Couplage chaleur-force (CCF) et pompes à chaleur électriques: internalisation des coûts externes et économie électrique

A la mi-août 1994, les résultats de l'étude «Externe Kosten und kalkulatorische Energiepreiszuschläge für den Strom- und Wärmebereich» (Coûts externes et majorations calculées des prix de l'énergie pour le secteur de l'électricité et de la chaleur) ont été présentés à Berne. Les auteurs ont calculé les majorations des prix de l'énergie (KEPZ) devant, dans le sens d'un élargissement du calcul de rentabilité, être ajoutées aux prix actuels de l'énergie. Le présent article en décrit les incidences sur l'utilisation d'installations de couplage chaleur-force (CCF), sur la compétitivité de systèmes de pompes à chaleur électriques et les futurs besoins en électricité.