

EXTERNE KOSTEN DER STROMERZEUGUNG - METHODISCHE PROBLEME
(EXTERNAL COSTS OF ELECTRICITY PRODUCTION - METHODOLOGICAL
PROBLEMS)

R. Friedrich, A. Voß

Institut für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung
Pfaffenwaldring 31, 7000 Stuttgart 80

Abstract

Internalizing of external costs leads to a better allocation of economic resources, and so to an improvement of welfare. If the external effects, that can be quantified, are added to the internal costs, cost relations between different electricity generation systems are not decisively changed, as external costs do not exceed 7 % of the internal costs. However, only parts of the external effects can be quantified; external costs of effects, which can not be quantified, may be high. Furthermore, knowledge about dose-response-relationships is very limited.

Problemstellung

Die Internalisierung von externen Kosten der Stromerzeugung, also von negativen technologiebedingten Effekten wie etwa Luftverunreinigungen, die nicht der Produzent, sondern dritte Personen zu tragen haben, führt im allgemeinen zu einer besseren Allokation der verfügbaren Ressourcen und damit zu einer Erhöhung der Wohlfahrt.

Die Diskussion um externe Kosten ist in letzter Zeit durch eine Studie von Hohmeyer /1, 2/ verstärkt worden, in der externe Kosten von Stromerzeugungsanlagen ausgewiesen werden, die in derselben Größenordnung wie die Stromerzeugungskosten dieser Anlagen liegen. Bei näherer Betrachtung dieser Studien zeigt sich allerdings, daß dort methodische Ansätze und Daten verwendet werden, die nach Meinung der Autoren zum Teil nicht problemadäquat sind. Die quantifizierten externen Kosten werden dadurch zu hoch eingeschätzt. Deshalb wurde eine eigene grobe Abschätzung der quantifizierbaren externen Kosten vorgenommen /9/.

Vorgehensweise

Untersucht wurden die externen Kosten der Stromerzeugung aus Kohle, Uran, Wind und Sonne (Photovoltaik).

Folgende externe Effekte werden berücksichtigt:

- **Waldschäden:** Trotz bestehender erheblicher Unsicherheiten über Ursache-Wirkungs-Beziehungen werden die in /3/ berechneten Waldschadenskosten herangezogen. Während in /1/ Kohlekraftwerke ohne Rauchgasreinigung angesetzt wurden, werden hier die zugebauten Entschwefelungs- und DENOX-Anlagen berücksichtigt.

- **Landwirtschaft, Gartenbau, Fauna, Materialschäden**

Es werden Angaben von Wicke /4/ und Heinz /5, 6/ verwendet.

- **Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit (Normalbetrieb)**

Es werden Ergebnisse von Kallenbach und Thöne /7/ verwendet, dabei werden nicht nur die Risiken des Betriebs, sondern auch die der Errichtung der Anlage, der Gewinnung und des Transports des Brennstoffs und der Aufbereitung und Entsorgung der Reststoffe berücksichtigt. Quantifiziert werden die Kosten der medizinischen Versorgung und die volkswirtschaftlichen Einbußen durch Produktionsausfälle. Nicht erfaßt ist das menschliche Leid, das durch Unfälle und Krankheiten verursacht wird, weil anerkannte Methoden zur Monetarisierung bisher fehlen.

- **Auswirkungen schwerer Reaktorunfälle.**

Die Berechnung der Auswirkungen schwerer Reaktorunfälle erfordert die Quantifizierung der Schäden, die bei den verschiedenen möglichen Reaktorunfällen entstehen. Diese Schäden sind mit der jeweils zugehörigen Wahrscheinlichkeit des Eintretens dieser Unfälle zu multiplizieren bzw. zu gewichten. Zu grob ist demgegenüber die Vorgehensweise in /1/, da dort die Folgen eines Tschernobyl-Unfalls multipliziert werden mit einer mittleren Wahrscheinlichkeit, die sich auf eine Vielzahl von Unfallabläufen bezieht, die zum großen Teil geringere Folgen haben.

Da derzeit keine Studie vorliegt, die für die Bundesrepublik in der oben beschriebenen Weise monetarisierte Risiken ermittelt, wird für eine erste grobe Abschätzung der Größenordnung dieser Unfallschäden auf eine amerikanische Studie von Burke, Aldrich und Rasmussen /8/ zurückgegriffen. Die Autoren halten es allerdings für wünschenswert, weiterführende Untersuchungen für deutsche Verhältnisse unter Berücksichtigung neuerer Erkenntnisse der Reaktorsicherheitskommission (Risikostudie Phase B) durchzuführen.

- **Kosten des Ressourcenverzehr**

Bei einer Reichweite der endlichen Energieresourcen von (konservativ geschätzt) 200 Jahren, Kosten der erneuerbaren Back-Stop-Technologie mit erneuerbaren Energieträgern von 80 Pf₈₀/kWh und einem realen Zinssatz von 4 %/a ergeben sich nach der Hotelling-Regel derzeit Kosten des Ressourcenverzehr (Nutzungskosten) von ca. 0,01 Pf₈₀/kWh₈₀.

- **Subventionen**

Sind Subventionen gerechtfertigt, so steht ihnen in externen Nutzen gegenüber, sie sind somit nicht als externe Kosten zu berücksichtigen. Sind sie nicht gerechtfertigt, sollten sie gestrichen werden.

- **FuE-Aufwendungen**

Derzeit werden FuE-Aufwendungen nicht rückzahlbar vergeben, ein externer Nutzen wird somit vermutet. Berücksichtigung als externe Kosten, also im Prinzip Rückzahlung mit Zinsen, würde die Stromerzeugung aus Wind und mit Photovoltaik stark belasten, weil den Aufwendungen in den nächsten Jahren nur relativ geringe Stromerzeugungen gegenüberstehen.

Ergebnis

Tab. 1 zeigt die abgeschätzten externen Kosten. Sie betragen zwischen 0,02 und 1,34 Pf/kWh₈₀.

Tab. : 1 Externe Kosten ausgewählter Stromerzeugungsanlagen

Kosten- kategorie	Pf ₆₀ /kWh _{el}			
	Steinkohle	Kernenergie	Wind	Photovoltaik
Gesund- heitsbe- eintr.	0,18-0,19	0,02-0,06	0,02-0,05	0,06-0,09
hypoth. Un- fälle	-	0,01-0,07	-	-
Umweltbe- eintr. Wald	0,19	-	-	-
sonst. Flora/Fauna Material	0,02 0,05-0,08	- -	- -	- -
Ressourcen- verzehr	0 -0,03	0 -0,03	-	-
Subventionen	0 -0,58	0 -0,03	-	-
Forschung u. Entwicklung	0 -0,06	0 -0,45	0 -0,34	0 -1,25
Summe der externen Kosten	0,44-1,15	0,03-0,64	0,02-0,39	0,06-1,34

Schlußfolgerungen

- Prinzipiell kann die Internalisierung externer Kosten Fehlallokationen knapper volkswirtschaftlicher Ressourcen verringern. Dabei sind jedoch möglichst alle Wirtschaftsaktivitäten und nicht nur die Stromerzeugung zu betrachten.
- Ungenaue oder fehlende Abschätzungen der Kosten externer Effekte, fehlende Dosis-Wirkungs-Beziehungen und Zuordnungsprobleme verhindern die exakte Berechnung externer Kosten in den meisten Fällen.
- Verwendet man verfügbare Kostenabschätzungen trotz deren Ungenauigkeit, so ergeben sich für die untersuchten Stromerzeugungssysteme Wind, Photovoltaik, Kohle und Kernenergie quantifizierbare externe Kosten, deren Internalisierung die Rangfolge der Wirtschaftlichkeit der untersuchten Systeme bis 2000 nicht verändern würde.
- Daß die quantifizierbaren externen Effekte relativ geringe Kosten verursachen, liegt daran, daß erkannte erhebliche externe Effekte in der Vergangenheit durch geeignete Mechanismen (z.B. Auflagen) weitgehend internalisiert wurden. Man denke etwa an die Großfeuerungsanlagenverordnung und die novellierte TA Luft, die u.a. mit Hinweis auf die Waldschäden verabschiedet wurden, ohne daß belastbare quantifizierte externe Kosten durch Luftschadstoffe vorlagen.
- Neben den quantifizierbaren externen Effekten gibt es möglicherweise Effekte, die noch nicht bekannt sind und Effekte, die zwar bekannt, aber auch größenordnungsmäßig noch nicht quantifizierbar sind (z. B. Auswirkungen von Klimaänderungen auf Grund der Emissionen klimarelevanter Stoffe). Die Kosten solcher noch nicht quantifizierbarer Effekte können durchaus erheblich sein.
- Eine vollständige belastbare Quantifizierung aller bekannten externen Effekte der Stromerzeugung ist derzeit noch kaum möglich. Entscheidungen über Investitionen erfordern daher Abwägungen zwischen quantifizierbaren und nicht quantifizierbaren Vor-

und Nachteilen. Es erscheint jedoch auf alle Fälle sinnvoll, den Bereich der quantifizierbaren Teile des Entscheidungskalküls ständig zu erweitern. Dazu sind weiterführende Untersuchungen insbesondere zu den Bereichen

- + Wahrscheinlichkeiten und Abläufe von Kernkraftwerksunfällen und
- + Auswirkungen der Luftverschmutzung auf die menschliche Gesundheit und die Flora

erforderlich.

Literatur

- /1/ Olav Hohmeyer: Soziale Kosten des Energieverbrauchs, Berlin, Heidelberg, 1988
- /2/ Olav Hohmeyer: Soziale Kosten des Energieverbrauchs, zweite, revidierte und erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg, 1989
- /3/ H.-J. Ewers, Brabänder, H.D.; Brechtel, H.-M. und andere: Zur monetären Bewertung von Umweltschäden, Umweltbundesamt, Berlin, Berichte 486
- /4/ L. Wicke: Die ökologischen Milliarden, München 1986
- /5/ I. Heinz: Volkswirtschaftliche Kosten durch Luftverunreinigungen, Universität Dortmund, INFU-Werkstattreihe Heft 4; Dortmund 1980
- /6/ I. Heinz: Zur Ökonomischen Bewertung von Materialschäden durch Luftverschmutzung in: Umweltbundesamt (Hrsg.), Kosten der Luftverschmutzung, UBA-Bericht 7, Berlin 1986
- /7/ U. Kallenbach, Thöne, E.: Gesundheitsrisiken der Stromerzeugung, Köln, 1988
- /8/ R. P. Burke, Aldrich, D.C., Rasmussen, N. C.: Economic Risks of Nuclear Power Reactor Accidents, NUREG/(CR-3673, Washington D.C. 1984
- /9/ R. Friedrich, U. Kallenbach, E. Thöne, A. Voß, H.-H. Rogner, M.-D. Karl: Externe Kosten der Stromerzeugung, VDEW-Verlag Frankfurt, 1989