

## Sind Atomkraftwerke ökonomisch interessant?

*In liberalisierten Märkten wäre die Kernkraft wahrscheinlich schwächer als heute*

Von Massimo Filippini

*In der Debatte über die Energiepolitik ist die Frage nach der künftigen Rolle von Atomkraftwerken wichtiger geworden. Im Folgenden wird dargelegt, dass bei der Beurteilung der Kernkraft oft nicht alle wirtschaftlich relevanten Grössen berücksichtigt werden und dass die ökonomische Sicht bei einer Liberalisierung der Märkte noch an Bedeutung gewinnen wird. (Red.)*

In jüngerer Zeit wurde viel über die vom Bundesrat präsentierte Energiepolitik diskutiert. Diese Politik besteht aus vier Hauptstrategien: der Förderung der Nutzung erneuerbarer Energiequellen; der Energieeffizienz-Steigerung; der Energie-Aussenpolitik sowie dem Bau neuer Grosskraftwerke. Im Zusammenhang mit letzterem Punkt möchte der Bundesrat kurzfristig den Bau von Gaskombikraftwerken (GuD) unterstützen, während mittelfristig der Bau neuer Atomkraftwerke eine Präferenz haben soll. Ökonomisch gesehen kann die Entscheidung, Atomenergie zu unterstützen, aus zwei Gründen überraschen.

### Offene technische Fragen

Zum einen wird in einem zukünftig deregulierten Sektor «der Markt», also die Interaktion der Investoren bzw. Produzenten mit den Konsumenten, für die Entscheidungen über Investitionen in künftige Technologien ausschlaggebend sein. Die alte Vorgehensweise, bei der die Planung der Produktionskapazitäten gemeinsam von Staat und Elektrizitätswirtschaft durchgeführt wurde, sollte in einem deregulierten Stromproduktions-Sektor eigentlich wegfallen. Zum andern wurde der Vorschlag, Atomkraftwerke zu fördern, nicht mit den notwendigen wissenschaftlichen Studien, die die technische und ökonomische Attraktivität von atomarer Energietechnologie beweisen, untermauert. Um Vertrauen bei der Bevölkerung und den privaten Investoren aufzubauen, müssten zuerst befriedigende Lösungen für die immer noch vorhandenen technischen und wirtschaftlichen Probleme der Atomenergie gefunden werden. Diese zwei Problemfelder sowie die Nutzungspotenziale der erneuerbaren Energien werden im Folgenden diskutiert. Vorneweg ist jedoch anzumerken, dass die bis heute nicht vollständig gelösten technischen Probleme die Wirtschaftlichkeit der Investition in Nuklearenergie beeinflussen.

Aus technischer Sicht birgt Atomenergie verschiedene Probleme. Erstens besteht das Problem der Behandlung, der Entsorgung und der Endlagerung der radioaktiven Abfälle. Der radioaktive Abfall und die Probleme unseres Wohlstands dürfen nicht auf künftige Generationen oder andere Länder übertragen werden. Allerdings wurde bisher in der Schweiz noch keine Lösung gefunden, die bei der Schweizer Bevölkerung auf Zustimmung gestossen ist. Zweitens besteht weiterhin ein Sicherheitsproblem bei den Anlagen, auch wenn dieses bei den neueren Atomkraftwerken reduziert werden konnte.

Drittens ergeben sich bei Atomkraftwerken generell Sicherheitsprobleme im Bezug auf terroristische Angriffe. Und viertens hat man es allgemein mit dem Problem der missbräuchlichen Verwendung des nuklearen Materials für Atomwaffen zu tun. Die beiden letztgenannten Risiken sind in der Schweiz allerdings nur von marginaler Bedeutung. Darüber hinaus darf indessen nicht vergessen werden, dass Nuklearenergie keine erneuerbare Energiequelle darstellt und somit ihre Nutzung auch nur auf beschränkte Zeit möglich ist. Dies wird in der Diskussion oft vergessen.

Auch aus volks- und betriebswirtschaftlicher Sicht sind etliche Fragen noch offen: Es ist – betriebswirtschaftlich gesehen – strittig, ob eine Investition in ein Atomkraftwerk tatsächlich rentabel ist. Mit der geplanten Liberalisierung der Elektrizitätserzeugung werden die Investitionsentscheidungen zunehmend auf rein betriebswirtschaftlichen Kriterien gründen. Das heisst, dass die Unternehmen sämtliche Lebenszyklus-Kos-

ten und Lebenszyklus-Risiken einer entsprechenden Investition berücksichtigen müssen. Diese sind zum Teil schwierig einschätzbar und darüber hinaus von vielen Faktoren abhängig. Beispiele hierfür sind allfällige Erhöhungen von Baukosten, die durch technische Probleme verursacht werden, restriktive Sicherheits-Regulierungen, unerwartete Betriebsunterbrechungen, Unfälle, erhöhte Uranpreise und anderes.

Darüber hinaus muss in der Investitionsrechnung für solche Anlagen auch eine bedeutende Steigerung der Fremd- und Eigenkapitalzinsen ins Kalkül einbezogen werden, denn in einem deregulierten Markt wird sich eine Situation erhöhter Risiken in entsprechenden Risikoaufschlägen widerspiegeln. Soweit heute in diesem Zusammenhang Mehrkosten für das Unternehmen entstehen, können diese in der gegenwärtigen, durch Monopole geprägten Situation zum grossen Teil auf die Endkonsumenten überwälzt werden. Dies wird jedoch mit der Liberalisierung des Elektrizitätssektors nicht mehr möglich sein – ganz abgesehen davon, dass sich die Verhältnisse auch grundlegender ändern dürften: Eine Liberalisierung schafft naturgemäss ein breiteres Spektrum an Geschäftsmöglichkeiten, und mit den Chancen entstehen in der Regel auch mehr Risiken für die einzelnen Unternehmen.

Generell lässt sich sagen, dass die Reformen des Elektrizitätsmarktes tendenziell Investitionen in kapitalintensive Produktionstechnologien wie Atomkraft erschweren werden. Die hohe Investitionssumme, die lange Lebensdauer eines Atomkraftwerkes sowie schwieriger werdende langfristige Preisprognosen werden mit erhöhter Unsicherheit assoziiert und drücken aus der Sicht von Investoren auf die Attraktivität solcher Projekte. Diese Aussage wird unter anderem durch eine Studie des MIT (vgl. Joskow, 2006) bestätigt.

Im Gegensatz zu den meisten anderen Produktionstechnologien sind Atomkraftwerke mit sehr hohen Investitionen verbunden, die sich nicht rückgängig machen oder einem anderen Verwendungszweck zuführen lassen. Obwohl auch Wasserkraftwerke sehr kapitalintensiv sind, bringen sie nicht die technischen Probleme mit sich, wie Atomkraftwerke sie haben. Aus diesen Überlegungen ergibt sich der Schluss, dass andere Technologien (wie Gas- und Kohlekraftwerke),

### Bei einer Liberalisierung der Märkte könnten die Konsumenten die Angebotsseite mitgestalten

Man kann fast nicht oft genug daran erinnern, dass mit der Liberalisierung des Energiemarktes den Konsumenten die Möglichkeit gegeben wird, zwischen verschiedenen Produktionsquellen zu wählen und damit ihren Verbrauch freier zu gestalten. Die Alternativen, die den Konsumenten zur Verfügung stehen, umfassen beispielsweise Strom aus ausschliesslich erneuerbaren Quellen, Strom aus einer Kombination aus erneuerbaren und nicht erneuerbaren Quellen oder Strom allein aus nicht erneuerbaren Ressourcen. Darüber hinaus können die Kunden frei wählen, mit welcher Elektrizitätsgesellschaft die Lieferverträge abgeschlossen werden sollen.

#### Abstimmung übers Portemonnaie

Solche Wahlmöglichkeiten würden von den Konsumenten durchaus genutzt. Eine kürzlich vom Centre for Energy Policy and Economics der ETH durchgeführte empirische Untersuchung bei den Kunden eines schweizerischen Elektrizitätswerkes über die Zahlungsbereitschaft für Ökostrom hat gezeigt, dass mehr als 45% der Konsumenten bereit sind, zusätzlich 5 Rp. bis 6 Rp. pro kWh zu bezahlen, wenn sie dann ausschliesslich Elektrizität aus erneuerbaren Quellen erhalten, also Strom aus Wasserkraft-, Sonnen- oder Windenergie. Die freie Wahl zwischen konkurrierenden Energiequellen und -anbietern gibt den Kunden in Zukunft im Prinzip die Möglichkeit in die Hand, bestimmte Technologien zu fördern, andere dagegen zurückzudrängen.

In einer Marktwirtschaft müssten diese so zum Ausdruck gebrachten Konsumenten-Präferenzen zwangsläufig zu einer Anpassung des Stromangebots führen. Eine solche Beeinflussung des Angebots durch die Nachfrageseite ist bis heute nicht möglich gewesen, weil die Entscheidungen über das Angebotsmuster im Stromsektor in den monopolistischen Planungs-Schemas der Anlagenbetreiber in Zusammenarbeit mit dem Staat getroffen werden. Dies führt dazu, dass viele Stromkonsumenten ein Produkt beziehen und bezahlen müssen, das nicht ihren Präferenzen entspricht. Besonders brisant ist vor diesem Hintergrund die Frage, aufgrund welcher Anhaltspunkte die Stromwirtschaft wissen kann, in welchem Umfang die Konsumenten auch künftig Atomkraftwerke als Energiequelle haben möchten.

Die Alternativen, die aus erneuerbaren Quellen stammenden Lieferungen elektrischer Energie, könnten in naher Zukunft interessanter und weniger problematisch sein als die nukleare Form. Im Vordergrund stehen dabei besonders Energie aus Wasserkraft, aus Erdwärme, Biomasse, die Wind- sowie die thermoelektrische und die photovoltaische Solarenergie. Es bestehen jedoch einige Hindernisse, die eine Nutzung erneuerbarer Quellen im grossen Stil bisher verhindert haben. So benötigt die Produktion der

rein betriebswirtschaftlich gesehen, attraktiver sein können, da sie weniger kapitalintensiv sind und eine kürzere Abschreibungsdauer haben.

Aus volkswirtschaftlicher Sicht ist es wichtig, dass in der Preiskalkulation und im Entscheidungsprozess für neue Stromerzeugungsanlagen alle anfallenden Kosten, auch die externen Kosten, berücksichtigt werden. Externe Kosten sind Kosten, die nicht durch den Verursacher, sondern beispielsweise durch die Gesellschaft getragen werden. Diese Kosten können vielfältige Formen annehmen und werden häufig nicht (oder nicht vollständig) in der Berechnung der Energiepreise berücksichtigt. Die externen Kosten der Atomkraftwerke können durch Gesundheits- und Umwelteffekte von radioaktiven Emissionen während des normalen Betriebs, des Transports und der Entsorgung von radioaktiven Abfällen entstehen. Hinzuzurechnen sind die potenziellen Kosten eines schweren Unfalls.

#### Externe Kosten richtig zuordnen

Die externen Kosten für die verschiedenen Stromerzeugungs-Technologien, die im Rahmen des europäischen Projekts ExternE geschätzt worden sind, zeigen höhere Werte für die Kohle- und Gaskraftwerke (2 bis 8 Cent bzw. 0,8 bis 3 Cent pro kWh) und niedrigere Werte für die Atom- und Wasserkraftwerke (0,3 bis 0,7 Cent bzw. 0,2 bis 0,6 Cent pro kWh). Über die Genauigkeit der Schätzung der externen Kosten von Atomstrom wird in der wissenschaftlichen Gemeinschaft kontrovers diskutiert. Gegenstand der Debatte ist besonders die Schätzung der externen Kosten, die durch das Risiko eines schweren Unfalls verursacht werden. Dieser wichtige Teil der externen Kosten wird in der Regel unterschätzt. Beispielsweise wird in einem Bericht der OECD aus dem Jahr 2005 zum Thema «Externe Kosten von Atomkraftwerken» zugegeben, dass in den durchgeführten Studien die starke Risikoscheu der Bevölkerung im Bezug auf schwere Atomunfälle oft nicht angemessen berücksichtigt wurde, dass also diese Kosten nicht vollständig bewertet wurden. Es konnte zudem gezeigt werden (vgl. Itaoka et al., 2006), dass die Zahlungsbereitschaft für die Verringerung des Risikos eines atomaren Grossunfalls bedeutend höher ist als die Zahlungsbereitschaft für die Verringerung des Risi-

kos von Grossunfällen bei anderen Technologien (Gas, Kohle oder Erdöl). Im Prinzip sollten die potenziellen externen Kosten der Atomkraftwerke von der Haftpflichtversicherung gedeckt werden. Zurzeit ist diese Versicherung auf eine Höhe von 1 Mrd. Fr. – und damit eher gering – angesetzt. Bei Schäden, die 1 Mrd. Fr. übersteigen, würde der Bund zur Unterstützung der Schadendeckung mit allgemeinen Steuergeldern auferufen. Dies bedeutet, dass diese Kosten nicht nach dem Verursacherprinzip gedeckt würden. Dabei gäbe es durchaus Spielraum in Richtung Verursacherprinzip. Eine Studie des Sozialökonomischen Seminars der Universität Zürich (vgl. Zweifel und Schneider, 2002) deutet jedenfalls darauf hin, dass die Schweizer Bevölkerung bereit wäre, einen höheren Elektrizitätspreis zu bezahlen, wenn damit im Unglücksfall eine höhere Deckung zu erzielen wäre. Die Berücksichtigung der externen Kosten in den Strompreisen muss bei allen Stromerzeugungs-Technologien erfolgen. Würde dies geschehen, würde sich im Vergleich mit heute die jeweilige Wettbewerbsfähigkeit der einzelnen Technologie-Arten verändern, und Investitionsentscheide für neue Produktionsanlagen würden auf der Grundlage der volkswirtschaftlich richtigen Preise erfolgen

sein. Darüber hinaus darf man die anderen zur Verfügung stehenden Optionen, die auf erneuerbaren Quellen beruhen und bei einer Internalisierung der externen Kosten interessanter und auch weniger problematisch sind, in keiner Weise vergessen. Kurz- bis mittelfristig ist der Bau von Gaskombikraftwerken eine weitere prüfungswürdige Option, dies unter der Annahme, dass im Gebäude- und Haushaltssektor durch neue Bauvorschriften und Lenkungsabgaben energiesparende Massnahmen erheblich vorangebracht werden, um die CO<sub>2</sub>-Emissionen übers Ganze gesehen doch zu reduzieren. Mit der bestehenden Technik liesse sich der Energieverbrauch in allen Sektoren stark verringern, und zwar ohne dass auf Komfort verzichtet werden müsste.

#### Kampf gegen die Trägheit

Das technisch-wirtschaftliche Energiesparpotenzial ist heute sehr gross. In den nächsten 20 Jahren werden zum Beispiel 70% bis 80% der Gebäude einer Sanierung unterzogen. Durch das Erreichen der Minergie- und Minergie-P-Standards im Bau liesse sich der Energieverbrauch stark senken, und solche Standards scheinen in einem weiteren Sinn attraktiv zu sein. In einer kürzlich veröffentlichten Studie (vgl. Banfi et al. 2007) wurde gezeigt, dass die schweizerischen Haushalte etwas Zusätzliches zu zahlen bereit sind, um in einem energieeffizienten Haus wohnen zu können. Diese Zahlungsbereitschaft lässt sich einerseits durch die reduzierten Energiekosten, andererseits durch den erhöhten Komfort erklären.

Und auch innerhalb der Gebäude gibt es noch Spielraum zum Optimieren des Energieeinsatzes. Die Umstellung auf energieeffizientere elektrische Geräte und Stromsparlampen im Haushalt würde den Elektrizitätsverbrauch in deutlichem Ausmass weiter reduzieren. Das Problem liegt indessen darin, dass die zur Verfügung stehenden technisch-wirtschaftlichen Massnahmen und Instrumente zur Steigerung der Energieeffizienz nicht immer die erste Wahl der Konsumenten sind. Aus dieser Sicht erscheint eine aktive Energiepolitik insofern notwendig zu sein, als relativ leicht ausschöpfbare Einsparmöglichkeiten allzu lange nicht genutzt würden. Schliesslich deuten die Verhaltensweisen grosser Teile der Bevölkerung darauf hin, dass rational-kühles Optimieren im Energiesektor oft weniger rational scheinenden Verhaltensweisen überlagert wird, so dass es sich eigentlich empfiehlt, die ökonomischen Modelle um psychologische Ansätze zu ergänzen.

#### Der Autor

Gy. Massimo Filippini ist sozusagen beidseits der Alpen tätig; er ist seit 1999 ordentlicher Professor für Volkswirtschaftslehre und Energiewirtschaft an der ETH Zürich sowie an der Università della Svizzera Italiana, dies in Form einer Doppelprofessur. Er zählt zum Direktorium des Centre for Energy Policy and Economics (ETH Zürich) und ist seit 2003 auch Titularprofessor an der Universität Zürich. Filippini ist 1963 geboren. Nach dem Studium der Nationalökonomie und dem Doktorat an der Universität Zürich sowie längeren Forschungsaufenthalten am Economics Department und an der J. F. K. School of Government der Harvard University habilitierte er sich 1996 in Zürich. Seine Forschungsinteressen gelten vor allem der Regulierung und der Messung der Effizienz von öffentlichen und privaten Unternehmen, der monetären Bewertung öffentlicher Güter, der Analyse des Energieeinsatzes und der Deregulierung des Elektrizitäts- und Erdgassektors.



PD

#### Weiterführende Literatur

S. Banfi, M. Farsi, M. Filippini, and M. Jakob (2007): Willingness to Pay for Energy-Saving Measures in Residential Buildings. In «Energy Economics».

K. Itaoka et al. (2006): The Effect of Risk Characteristics on the Willingness to Pay for Mortality Risk Reductions from Electric Power Generation. «Environmental & Resource Economics» 33.

P. L. Joskow (2006): The Future of Nuclear Power in the United States; Economic and Regulatory Challenges. Working Paper, Center for Energy and Environmental Policy Research, MIT.

OECD (2005): Nuclear Electricity Generation; What Are the External Costs?

P. Zweifel und Y. Schneider (2002): Marginale Zahlungsbereitschaft für eine erhöhte Internalisierung des Risikos von Kernkraftwerken. Bericht für das Bundesamt für Energie, Bern.

Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW, 2007): Road Map Erneuerbare Energien Schweiz – Eine Analyse zur Erschliessung der Potenziale bis 2050. Bern.

Verantwortlich für «Themen und Thesen»: Gerhard Schwarz, Beat Gygi

Die nächste Beilage «Themen und Thesen» erscheint am 30. Juni.