

Atomenergie in der Schweiz

Zurzeit wird heftig diskutiert, wie die zukünftige Stromversorgung der Schweiz aussehen soll. 2020 werden die ersten drei Atomkraftwerke (Beznau I & II und Mühleberg) altersbedingt abgeschaltet. Bis 2045 sollen auch die anderen zwei (Gösgen und Leibstadt) folgen. Gleichzeitig laufen auch die Stromimportverträge mit Frankreich 2020 aus. Deshalb steht nun zur Debatte, ob die Atomkraftwerke erneuert werden sollen.

Dieser Text gibt einen kurzen Überblick über die aktuelle Situation und geht danach auf die Vor- und Nachteile von Atomstrom ein. Um einen Vergleich zu ermöglichen, werden dabei auch das Potenzial von Strom sparen, die Möglichkeit des Stromimports und die Stromproduktion mit erneuerbaren Energien kurz, wenn auch unvollständig angesprochen.

Aktuelle Situation

Momentan produzieren in der Schweiz fünf Atomkraftwerke (AKWs) 40% des Schweizer Strombedarfs. Weitere 10% importiert die Schweiz von Frankreich.

Der Stromverbrauch in der Schweiz ist in den letzten Jahren kontinuierlich angestiegen. Dieser Anstieg hängt vor allem vom Bevölkerungs- & Wirtschaftswachstum (BIP) und den technischen Mitteln ab. Aufgrund dessen gibt es verschiedene Prognosen für den zukünftigen Stromverbrauch. In Abb. 1 wurden die Daten von Axpo verwendet, in der von einem hohen und einem tiefen Szenario ausgegangen wird. Allerdings gibt es zu diesen Szenarien Gegenstimmen, die ein höheres Sparpotenzial, als die Axpo berechnet, für durchaus realistisch halten. Somit würde der Stromverbrauch nicht nur stagnieren, sondern sogar sinken. Problematisch bei solchen Berechnungen ist

aber immer, dass sie vom BIP beeinflusst werden und dieses längerfristig nur abgeschätzt werden kann. Ignoriert wird die rein volkswirtschaftliche Diskussion, dass durch weniger Stromangebot die Preise steigen und damit automatisch weniger verbraucht würde.

Die aktuelle Debatte um die Erneuerung von AKWs dreht sich also darum, ob es eine Stromlücke geben wird oder nicht. Da dies in diesem Text nicht beantwortet werden kann, wird lediglich untersucht, ob der Produktions- & Importausfall von 50% des Strombedarfs durch andere Möglichkeiten ersetzt werden können, sei es durch eigene Stromproduktion, Stromimport oder durch Stromeinsparung.

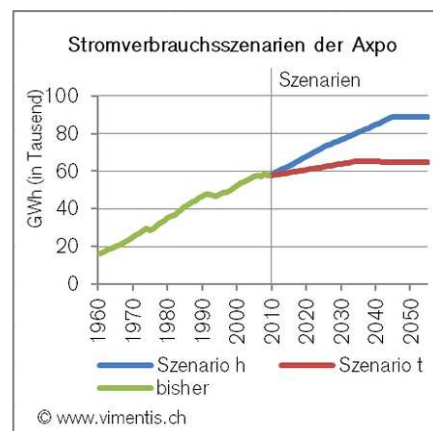


Abb. 1: Stromverbrauchsszenarien der Axpo

Sicherung der Stromversorgung

Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten, um die zukünftige Stromversorgung zu sichern: Strom sparen und/oder eine neue Stromquelle suchen.

Strom sparen

Gemäss einer Studie von Schweizer Umweltverbänden würde ein konsequenter Einsatz von bereits verfügbaren Technologien den Energieverbrauch bis 2050 um 40% reduzieren. Gemäss

Zusammenfassung

Heute erzeugen fünf Schweizer Atomkraftwerke 40% des schweizerischen Stroms. Alle müssen zwischen 2020 und 2043 altersbedingt abgeschaltet werden.

Der dadurch entstehende Produktionsausfall kann vorerst noch nicht vollständig durch einen geringeren Stromverbrauch allein ersetzt werden. Die Schweiz muss daher auf andere Stromquellen wie Stromimport oder eigene Stromerzeugung zurückgreifen.

Neben anderen Varianten besteht die Möglichkeit, Anlagen für die Stromproduktion mit erneuerbarer Energie oder neue Atomkraftwerke zu bauen.

Diskutiert wird in dieser Hinsicht, ob die technischen Mittel heute schon zur Verfügung stehen, damit erneuerbare Energien mit Hilfe von konsequentem Strom sparen die Produktionskapazität der heutigen AKWs ersetzen können.

Im Vergleich zu alternativen Energiequellen hat Atomenergie insbesondere folgende Vorteile: tiefe Produktionskosten (ohne Berücksichtigung der externen Kosten) sowie eine hohe Versorgungssicherheit.

Gleichzeitig könnten jedoch bei der Nutzung der Atomenergie und der Lagerung der radioaktiven Abfälle enorme Schäden entstehen, die je nach Ausmass nicht vollständig gedeckt wären.

BFE könnte der Gesamtenergieverbrauch bis 2035 um 14% gesenkt werden. (mehr dazu im Text „Energiesparpotenziale der Schweiz“). Damit kommen verschiedene Studien zum Fazit, dass allein ein gesenkter Stromverbrauch noch nicht die Menge einspart, die heute durch die AKWs bereitgestellt wird.

Neue Stromquellen

Da Strom sparen allein noch nicht reicht, müssen vorerst auch neue

Stromquellen herangezogen werden. Diese teilen sich auf in Stromimport und/oder eigene Stromerzeugung.

Stromimport

Experten gehen davon aus, dass Strom in Zukunft nicht mehr so günstig wie heute importiert werden kann, da durch die Teilliberalisierung des Strommarktes die Preise schrittweise an den Gesamtmarkt angepasst werden und Lieferanten somit keine Anreize haben, nicht die gesamte Gewinnmarge abzuschöpfen. Die Axpo stellt sogar in Frage, ob die Schweiz überhaupt neue Strombezugsverträge mit Frankreich (bzw. auch anderen Ländern) aushandeln kann. Die Gegner der Atomenergie gehen davon aus, dass Windenergie aus dem Norden, allerdings auch zu einem höheren Preis, importiert werden könnte (mehr dazu im Text „Zukünftige Stromversorgung der Schweiz“).

Eigene Stromerzeugung

Im Folgenden werden die Kosten, die Umweltbelastung und die Versorgungssicherheit der erneuerbaren Energien und der AKWs betrachtet. Dabei werden jeweils die Vor- und Nachteile über den ganzen Lebenszyklus der Energieerzeugung berücksichtigt. Andere Stromproduktionsmöglichkeiten wie Gaskraftwerke werden an dieser Stelle nicht behandelt.

Erneuerbare Energien

Die Schweiz hat im internationalen Vergleich einen hohen Anteil an erneuerbaren Energien an der Stromproduktion. So machen die Wasserkraftwerke rund 55% der Stromerzeugung aus. Allerdings ist der Bau von Wasserkraftwerken schon ziemlich ausgeschöpft, da diese nur an bestimmten Stellen gebaut werden können. Anders sieht es mit Windkraftwerken, Solarenergie (Photovoltaik) und effizienter Nutzung von Abwärme aus. Hier hat die Schweiz noch Ausbaupotenzial.

Direkte Kosten

Die Baukosten von Produktionen mit erneuerbaren Energien (ausgenommen die Wasserkraftwerke) sind im Gegen-

satz zu AKWs sehr gering. Bei Windkraftanlagen mit Leistung im Megawattbereich rechnet man mit Baukosten von ungefähr 1000 – 1500 CHF pro Kilowattstunde (kWh). Erneuerbare Energien verbrauchen zudem keine beschränkten Ressourcen. Einzig für den Bau der Anlagen werden endliche Ressourcen benötigt. Auch fallen deshalb praktisch keine Entsorgungskosten an. Da die Stromproduktion mit erneuerbaren Energien im Gegensatz zu Kernkraftwerken sehr sicher ist und keine sonstigen schwerwiegenden Risiken bekannt sind, fällt die Versicherung bei der Produktionskostenberechnung nicht so hoch ins Gewicht wie bei den AKWs.

Die Produktionskosten (ohne externe Kosten wie Umweltbelastung, gesundheitliche Auswirkungen etc.) belaufen sich mit Einberechnung der bisher genannten Aufwände auf 7,5 – 33 Rp./kWh bei Windkraftwerken, auf 55 – 151 Rp./kWh bei Solarstrom (Photovoltaik) und auf 9,5 – 25 Rp./kWh bei Geothermik. Die im Vergleich zu den AKWs hohen Kosten fallen an, da die Produktion noch sehr aufwändig ist. Insbesondere die Umweltverbände gehen aber davon aus, dass die Produktionskosten von erneuerbaren Energien dank technologischen Fortschritten und grösseren Anlagen künftig gesenkt werden können.

Umweltbelastung & -gefahren

Obwohl sich die erneuerbaren Energien auf unendliche Ressourcen beziehen, sind auch sie nicht vollständig CO₂ frei. Allein die Herstellung der Anlagen setzt CO₂ frei. Bei der Wasserkraft beläuft sich der Ausstoss nach dem Paul Scherrer Institut auf 4g/kWh, bei der Windkraft auf 14g/kWh und bei der Solarenergie auf 38g/kWh. Das weitere Umweltrisiko ist unterdessen aber im Vergleich zu den AKW sehr klein.

Versorgungssicherheit

Zurzeit ist noch nicht klar, ob erneuerbare Energien das Produktionsvolumen der AKWs ersetzen können. Gerade dies ist aber der zentrale Punkt in der Debatte. Atomstromgegner sind jedoch überzeugt, dass mit Hilfe von konsequentem Strom sparen die heutige

Technologie soweit fortgeschritten ist, dass die erneuerbare Energien in Zukunft AKWs ersetzen könnten.

Atomkraftwerke

Direkte Kosten

Der Bau eines AKWs kostet rund CHF 7-10 Mrd. Damit sind die Investitionskosten im Vergleich zu anderen Kraftwerkstypen hoch. Hinzu kommt, dass heute Uran zwar noch relativ günstig ist, dessen Preis aber langfristig mit zunehmender Knappheit stark ansteigen wird. Dies würde auch die Kosten für Atomstrom erhöhen. AKW-Befürworter hingegen wenden ein, dass Uran heute nur ca. 5% der Produktionskosten von Atomstrom ausmacht. Entsprechend würde eine Verdoppelung des heutigen Uranpreises nur zu einem 5% höheren Strompreis führen.

Auch fallen bei AKWs höhere Entsorgungskosten als bei der Produktion mit erneuerbaren Energien an. Für die Entsorgung der Abfälle der Atomstromgewinnung wird pro Kilowattstunde (kWh) 1 Rp. verrechnet. Allerdings finden Gegner diese Berechnung viel zu tief angesetzt, da die ganzen externen Kosten der Umweltschädigung (wie auch zukünftige Schäden auf den Menschen etc.) nicht eingerechnet wurden.

Schliesslich fällt bei AKWs eine hohe Versicherung an. Die Betreiber der Kernkraftwerke müssen heute gemäss Gesetz eine Haftpflichtversicherung abschliessen, die bei einem Unfall Schäden in der Höhe von bis zu CHF 1,8 Mrd. deckt. Die entsprechende Versicherungsprämie ist ebenfalls Teil der Produktionskosten von Atomenergie.

Zählt man die Kosten über den gesamten Lebenszyklus, d.h. vom Abbau von Uran bis hin zur Entsorgung zusammen, gehört Atomenergie zurzeit je nach Berechnungen zu den günstigsten Arten der Stromproduktion. Wie teuer Atomstrom genau ist, hängt dabei stark von den Berechnungsannahmen ab. Die Axpo geht von Produktionskosten von 4-5,5 Rp./kWh aus. Greenpeace verweist allerdings auf wissenschaftliche Studien von ausländischen Universitäten, die von Produktionskosten bis zu

12 Rp./kWh ausgehen. Bei diesem Preisvergleich ist allerdings zu beachten, dass hier nur Kosten berücksichtigt sind, die der Stromproduzent auch tatsächlich bezahlen muss. Alle Kosten aus externen Effekten sind nicht mitberücksichtigt.

Umweltbelastung & -gefahren

Auch die Stromproduktion mit AKWs ist nicht CO₂ frei. Zwar ist die Produktion selbst tatsächlich frei von Ausstössen, der Abbau von Uran wie auch der Bau der Anlage setzt aber CO₂ frei. Die Berechnungen der Experten gehen dabei weit auseinander. Das Paul Scherrer Institut rechnet mit 8 – 11g CO₂/kWh, die Stormsmith Studie mit etwa 125g CO₂/kWh und weltweit wird von einem Schnitt von etwa 60g CO₂/kWh ausgegangen. Da mit weniger Uranvorkommen der Abbauaufwand in Zukunft zunimmt, muss man langfristig mit einem höheren CO₂-Ausstoss rechnen.

Trotzdem produzieren sowohl Atomenergie als auch erneuerbare Energien im Vergleich zu fossilen Energieträgern wie Erdöl bis zu 80 Mal und im Vergleich zu Erdgas bis zu 60 Mal weniger CO₂, wobei es auch hier teilweise grössere Unterschiede zwischen verschiedenen Studien gibt.

AKWs bergen aber auch hohe Risiken. Bei der Produktion von Atomenergie könnten radioaktive Stoffe austreten oder es könnte sogar zu einer Kernschmelze mit sehr weitreichenden und einschneidenden Folgen kommen. Der Schaden, der bei einem solchen Unfall entsteht, kann extrem gross sein und ist kaum zu beziffern. Als Beispiel sei die Katastrophe in Tschernobyl angeführt. In der Schweiz kam es zuletzt 1969 zu einem Kernschmelzeunfall. Die Radioaktivität blieb zwar örtlich beschränkt, die Aufräumarbeiten dauerten aber bis 1973 bzw. 2003 an.

Wie bereits erwähnt, gilt die gesetzliche Risikoversicherung nur für Schäden bis zu CHF 1,8 Mrd. Weil die Schäden bei einem grossen Unfall weit höher sein könnten, stellen die nicht gedeckten Schäden ebenfalls externe Kosten dar und müssten schlussendlich von den Bürgern bzw. vom Staat selbst getra-

gen werden. Die AKW-Befürworter betonen jedoch, dass durch die hohen Sicherheitsstandards und die neusten Atomkraftwerkstypen das Risiko für Unfälle minimal sei.

Ein weiteres Risiko birgt die Entsorgung. Bei der Produktion von Atomenergie entstehen radioaktive Abfälle. Weil diese nach heutigem Wissen bis zu 100'000 Jahren strahlen, könnten durch die Abfälle Schäden entstehen, die ebenfalls nicht vollständig gedeckt wären. Jedoch können technische Entwicklungen noch nicht abgeschätzt werden, die die Lagerungszeit verringern würden. Zurzeit ist aber noch von 100'000 Jahren auszugehen, auch wenn dies rein rechnerisch ein zu grosser Zeitraum ist, um alles abzuschätzen.

Versorgungssicherheit

Der öffentliche Verkehr, die Industrie oder auch die Spitäler sind besonders stark auf eine konstante und sichere Stromversorgung angewiesen. Um die Atomenergie diesbezüglich mit anderen Formen der Stromproduktion zu vergleichen, muss man zwischen kurzfristiger und langfristiger Versorgungssicherheit unterscheiden. Da die Brennstäbe für die AKWs bis zu 2 Jahre lang gelagert werden können, weist Atomenergie in diesem kurzfristigen Zeitfenster eine sehr hohe Versorgungssicherheit auf. Im Gegensatz zu Sonnen-, Wasser- oder Windenergie ist Atomenergie z.B. nicht von schwankenden Umweltzuständen wie Sonnenlicht oder Niederschlägen abhängig. Auch Lieferausfälle (z.B. wegen politischen Unruhen im Herkunftsland) können so im Gegensatz zu beispielsweise Erdgas länger überbrückt werden. Längerfristig ist die Schweiz aber auch bei der Nutzung der Atomenergie auf Uranlieferungen aus dem Ausland angewiesen.

Fazit und Ausblick

Die Schweiz muss die Frage lösen, wie sie die Produktionskapazität der ausfallenden AKWs ersetzen will. Ob man neue Atomkraftwerke befürworten sollte oder besser zu erneuerbarer Energie tendiert, hängt einerseits davon ab, wie man das Potenzial von erneuerbaren

Einfach erklärt

Schritte bis zu einem neuen AKW

Als erster Schritt für den Bau eines neuen AKW muss ein Rahmenbewilligungsgesuch eingereicht werden. Deswegen Behandlung dauert etwa 4 Jahre. Danach entscheiden Parlament und Bundesrat darüber, ob sie das Gesuch bewilligen wollen. Gegen diesen Beschluss kann das Referendum ergriffen werden. Anschliessend muss ein Gesuch für eine Baubewilligung eingereicht werden. Dies ist mit technischen Abklärungen und Einsprachemöglichkeiten verbunden, was etwa 4 Jahre dauert. Der Bau des AKWs dauert dann nochmals etwa 5 Jahre. Die Gesamtdauer beträgt somit ca. 13 Jahre.

Entsorgung radioaktiver Abfälle

Das Kernenergiegesetz verankerte das Verursacherprinzip, wonach die AKW für Kosten der Entsorgung in geologischen Tiefenlagern aufkommen müssen. Die zu entsorgende Gesamtmenge beträgt rund 100'000 m³. Die NAGRA ist momentan damit beauftragt geeignete Tiefenlager in der Schweiz zu finden. Folgende Gebiete kommen gemäss der NAGRA in Betracht: Jura-Südfuss, Zürcher Weinland, Bözberg, Nördlich Lägeren und Wellenberg. Dieser Prozess dauert bis 2016 an. Die früheste Inbetriebnahme dieser Lager ist für mittelaktive Abfälle auf 2030 und für hochaktive Abfälle auf 2040 geplant.

Energien und Verbrauchseinsparungen einschätzt. Andererseits aber auch, wie man die Vorteile der verschiedenen Formen von Stromproduktion gewichtet (Risiken vs. tiefe Strompreise).

Da bereits drei Gesuche für den Bau von neuen AKWs eingereicht wurden und gegen die Bewilligung für neue AKWs ziemlich sicher das fakultative Referendum ergriffen würde, wird das Volk voraussichtlich im Jahr 2013 über die Baubewilligung entscheiden.

Aufgrund der Schritte bis zu einem neuen Atomkraftwerk (siehe Kasten) könnte ein neues Kraftwerk frühestens 2023 Strom liefern. Zur Überbrückung der bis dahin bereits ausgefallenen AKW und Stromimportverträge lässt der Bundesrat die Möglichkeit für den Bau von Gaskombikraftwerken offen.

Literaturverzeichnis:

- Axpo (2010). *Stromperspektiven 2020 – neue Erkenntnisse*. Gefunden am 11. Dezember 2010 unter http://www.axpo.ch/content/dam/axpo/de/Startseite/Medien/Downloads/100906_Axpo_Brosch%C3%BCre_Stromperspektiven_dt.pdf
- Bundesamt für Energie BFE (2010). *Elektrizitätsstatistik*. Gefunden am 11. Dezember 2010 unter http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00542/00630/index.html?lang=de&dossier_id=00765
- Bundesamt für Energie BFE (2010). *Radioaktive Abfälle*. Gefunden am 11. Dezember 2010 unter <http://www.bfe.admin.ch/radioaktiveabfaelle/index.html?lang=de>
- Bundesamt für Energie BFE (2009). *Kernenergie*. Gefunden am 11. Dezember 2010 unter <http://www.bfe.admin.ch/themen/00511/index.html?lang=de>
- Bundesamt für Energie BFE (2009). *Kernenergiehaftpflichtgesetz KHG*. Gefunden am 11. Dezember 2010 unter <http://www.bfe.admin.ch/themen/00544/00547/index.html?lang=de>
- Bundesamt für Energie BFE (2008). *Energieperspektiven*. Gefunden am 11. Dezember 2010 unter http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00538/index.html?lang=de&dossier_id=01100
- Ellispon AG (2006). *Energieperspektive 2050 der Umweltorganisationen*. Studie im Auftrag von Greenpeace Schweiz, Schweizerische Energienstiftung, Verkehrsclub der Schweiz und WWF Schweiz. Gefunden am 11. Dezember 2010 unter http://www.greenpeace.org/switzerland/Global/switzerland/de/publication/ClimateChange/2006_Stu_EnergieperspLang.pdf
- Greenpeace (2010). *Unterlagen und Informationen zum Thema Atom*. Gefunden am 11. Dezember 2010 unter <http://www.greenpeace.org/switzerland/de/Publikationen/Reports-Atom/>
- Greenpeace (2008). *Kernhaftpflichtgesetz – Nationalrat nimmt Verantwortung nicht wahr*. Gefunden am 11. Dezember 2010 unter <http://www.greenpeace.org/switzerland/de/Über-uns/Medienstelle/News/nuclear/kernenergiehaftpflichtgesetz-nationalrat-nimmt-verantwortung-nicht-wahr/>
- Immergenugstrom.ch (2009). *Wie funktionieren Gaskombikraftwerke?* Gefunden am 11. Dezember 2010 unter <http://www.immergenugstrom.ch/videos/wie-funktionieren-gaskombikraftwerke>
- Kassensturz (2007). *Atomdebatte: Warum auch AKWs dem Klima schaden*. Gefunden am 11. Dezember 2010 unter <http://www.kassensturz.sf.tv/Nachrichten/Archiv/2007/03/06/kassensturzsendungsartikel/Atomdebatte-Warum-auch-AKWs-dem-Klima-schaden>
- NAGRA (2008). *Kosten*. Gefunden am 11. Dezember 2010 unter http://www.nagra.ch/g3.cms/s_page/81190/s_name/kosten
- Neue Zürcher Zeitung NZZ (2008). *Unterschiedliche Interessen beim Stromimport*. Gefunden am 11. Dezember 2010 unter http://www.nzz.ch/nachrichten/politik/schweiz/strommarkt_liberalisierung_preispolitik/strommarkt_schweiz_liberalisierung_und_preispolitik/unterschiedliche_interessen_bei_stromimport_1.1431939.html
- Neue Zürcher Zeitung NZZ (2008). *Unterschiedliche Der lange Weg zum Kraftwerk*. Gefunden am 11. Dezember 2010 unter http://www.nzz.ch/nachrichten/politik/schweiz/startschuss_fuer_zwei_neue_akw_1.1329926.html
- Schweizerische Energiestiftung SES (2008). *Neue AKW*. Gefunden am 11. Dezember 2010 unter <http://www.energiestiftung.ch/energiethemen/energiepolitik/schweizerstrompolitik/neueakw/>
- Swissnuclear (2010). *Atomkraftwerke schonen Klima und Umwelt*. Gefunden am 11. Dezember 2010 unter <http://www.kernenergie.ch/de/klimaschutz.html>
- Tagesanzeiger (2010). *Bundesrat sagt Ja zu umstrittenem Gaskraftwerk*. Gefunden am 11. Dezember 2010 unter <http://www.tagesanzeiger.ch/schweiz/standard/Bundesrat-sagt-Ja-zu-umstrittenem-Gaskraftwerk-/story/20614252>
- WWF (2010). *Energiepolitik der Schweiz*. Gefunden am 11. Dezember 2010 unter <http://www.wwf.ch/de/derwwf/themen/klima/klimapolitik/energiepolitikschweiz/index.cfm>