

Atomenergie in der Schweiz

Unter anderem bedingt durch den Reaktorunfall in Fukushima gab der Bundesrat am 25. Mai 2011 den Ausstieg aus der Atomenergie bekannt. Durch den Entscheid wird der Umbau des schweizerischen Energiesystems notwendig. Die politische Grundlage für den Umbau stellt die sog. Energiestrategie 2050 dar. Sie sieht unter anderem vor, die atomare Stromproduktion durch Effizienzgewinne und den Ausbau erneuerbarer Energien zu ersetzen. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, wie schnell der Austritt gelingt und wie gross die Potenziale der alternativen Stromquellen sind.

Aktuelle Situation

Seit 1950 hat sich der Verbrauch von Energie pro Kopf mehr als verdreifacht. Es kann jedoch ab 2010 ein leichter Rückgang festgestellt werden.

Momentan stellen 5 AKW ca. 36% der Gesamtproduktion her:

Laufzeit der anderen AKW ist abhängig von den Sicherheitsüberprüfungen des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats (ENSI).

Laut dem ENSI spricht aus technischer Sicht nichts dagegen, die älteren AKWs (Beznau 1&2) während einer Betriebsdauer von 60 Jahren zu nutzen. Neuere Anlagen (Gösgen und Leibstadt) sogar über 60 Jahre. Dies würde für Beznau 1&2 eine Stilllegung im Jahr 2029 bzw. 2031 bedeuten.

Einige Umweltverbände, Grüne, Grünliberale sowie die SP fordern fixe Laufzeitbeschränkungen. So fordert die Atomausstiegsinitiative der Grünen maximal 45 Jahre Laufzeit für alle AKWs.

Es gibt verschiedene Prognosen für den zukünftigen Stromverbrauch. Studien der Axpo gehen von zwei Szenarien aus. Einerseits soll der Stromverbrauch auch in Zukunft ansteigen. Andererseits könne der Stromverbrauch mit Strom sparen und effizienterer Stromnutzung auf dem heutigen Niveau

Zusammenfassung

Heute erzeugen fünf Schweizer Atomkraftwerke ca. 36% des schweizerischen Stroms. Die Energiestrategie 2050 sieht vor, dass alle AKWs am Ende ihrer sicherheitstechnischen Betriebsdauer 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 erneuerbaren Ressourcen oder Gaskombikraftwerke zu bauen.

Diskutiert werden in dieser Hinsicht die Potenziale, Kosten, Umwelteinflüsse und Versorgungssicherheit der unterschiedlichen Stromquellen.

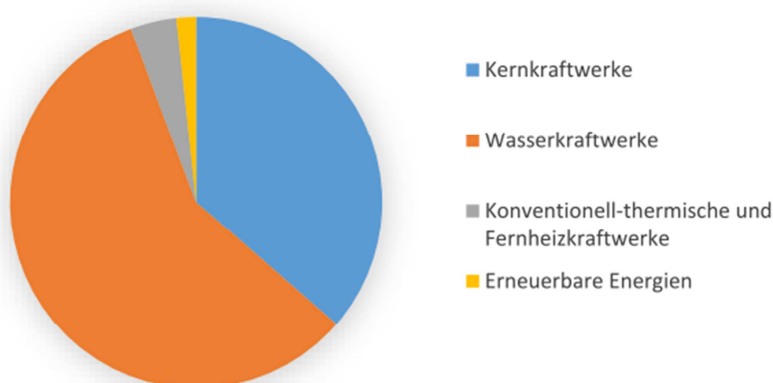
Im Vergleich zu alternativen Energiequellen hat Atomenergie insbesondere folgende Vorteile: tiefe Produktionskosten (ohne Berücksichtigung der externen Kosten) sowie eine hohe Versorgungssicherheit. Gleichzeitig könnten jedoch bei der Nutzung der Atomenergie und der Lagerung der radioaktiven Abfälle grosse Schäden entstehen. Ausserdem ist das Problem der Endlagerung der radioaktiven Abfälle noch nicht gelöst.

den, ob der Produktionsausfall von 36% durch andere Stromquellen, Stromeinsparungen oder Importe kompensiert werden kann.

Strom sparen

Gemäss einer Studie von Schweizer Umweltverbänden würde ein konsequenter Einsatz von bereits verfügbaren Technologien den Stromverbrauch bis 2050 um 40% reduzieren. Laut dem Bundesamt für Energie (BFE) könnte der Elektrizitätsverbrauch bis 2035 um

Abbildung 1: Stromerzeugung in der Schweiz



© www.vimentis.ch

Quelle: BFE

Der Bundesrat will diese fünf Kraftwerke am Ende ihrer sicherheitstechnischen Betriebsdauer stilllegen und nicht durch neue AKWs ersetzen. Konkret bedeutet dies, dass das AKW Mühleberg 2019 vom Netz genommen wird (Entscheid der Betreiber). Die restliche

gehalten werden. Allerdings gibt es zu diesen Szenarien Gegenstimmen, die es für durchaus realistisch halten, dass der Stromverbrauch gesenkt werden kann. Somit gibt es keine klare Prognose für den zukünftigen Verbrauch. Deshalb soll lediglich untersucht wer-

bis zu 13% gesenkt werden. (mehr dazu im Text „Energiesparpotenziale der Schweiz“). Damit kommen verschiedene Studien zum Schluss, dass eine Reduktion des Stromverbrauchs alleine noch nicht die Menge einspart, die heute durch die AKW bereitgestellt wird.

Internationales Umfeld und Stromimport

Die Nettoimporte (Importe-Exporte) machen in der Schweiz 4% des Endverbrauchs aus.

Seit 2007 laufen Verhandlungen mit der EU über den Abschluss eines Stromabkommens. Dieses Abkommen würde die vollständige Integration der Schweiz in den europäischen Strommarkt garantieren. Hauptbestandteile sind die Schaffung eines freien Strommarktes und die Harmonisierung der Sicherheitsvorschriften. So könnte die Schweiz Mitspracherechte bei europäischen Stromregelungen erlangen und ihre Position als Stromdrehscheibe Europas festigen. Dadurch würde eine langfristige Versorgungssicherheit gewährleistet.

Dafür muss die Schweiz u.a. ihren eigenen Markt vollständig liberalisieren, die günstigen Bezugskonditionen von französischem Strom aufgeben und verschiedene EU-Richtlinien übernehmen.

Eine weitere wichtige Entwicklung ist die Förderung der erneuerbaren Energien in der EU. Laut dem Bund werden dadurch konventionelle Kraftwerke verdrängt.

Der Klassische Import/Export zwischen der Schweiz und der EU steht also vor verschiedenen Veränderungen. Deshalb kann nicht genau gesagt werden, welche Rolle die Stromimporte in Zukunft spielen werden.

Eigene Stromerzeugung

Im Folgenden werden die Kosten, die Umweltbelastung und die Versorgungssicherheit der erneuerbaren Energien, Gaskombikraftwerken und AKW betrachtet. Dabei werden jeweils die Vor- und Nachteile über den ganzen Le-

benszyklus der Energieerzeugung berücksichtigt.

Erneuerbare Energien

Die Wasserkraftwerke machen ca. 60% der Gesamtproduktion aus. Ihr Aus- bzw. Neubau ist jedoch sehr kompliziert. Ausbaupotenzial gibt es dafür bei Windkraftwerken, Solarenergie (Photovoltaik) und der effizienten Nutzung von Abwärme.

Direkte Kosten

Die Baukosten von Produktionen mit erneuerbaren Energien (ausgenommen die Wasserkraftwerke) sind im Gegensatz zu AKWs sehr gering. Erneuerbare Energien verbrauchen zudem keine beschränkten Ressourcen. Einzig für den Bau der Anlagen werden endliche Ressourcen benötigt. Auch fallen deshalb praktisch keine Entsorgungskosten an. Die Versicherungskosten der Anlagen sind zudem weniger hoch, da die Stromerzeugung mit erneuerbaren Ressourcen im Gegensatz zu Kernkraftwerken sehr sicher ist.

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 40 - 60 Rp./kWh bei Solarstrom (Photovoltaik) und auf 9,5 - 25 Rp./kWh bei Geothermik. Zur Veranschaulichung: Mit einer Kilowattstunde kann man ca. 7 Stunden lang fernsehen. 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 auf 4g CO₂/kWh, bei der Windkraft und der Solarenergie sind

die Werte um einiges höher. Das weitere Umweltisiko ist aber im Vergleich zu den AKW sehr klein.

Versorgungssicherheit

Die Stromproduktion mit erneuerbaren Ressourcen hat einen Nachteil gegenüber der Atomenergie. Sie ist abhängig von der Sonneneinstrahlung und anderen Wettereinflüssen. Die Speicherung der Energie ist jedoch möglich. Beispielsweise zentral durch Pumpspeicherkraftwerke.

Atomkraftwerke

Direkte Kosten

Der Bau eines AKWs kostet rund CHF 7-10 Mrd. Damit sind die Investitionskosten im Vergleich zu anderen Kraftwerkstypen hoch. Auch fallen bei AKW 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 Kosten der Umweltschädigung, wie auch zukünftige Schäden auf den Menschen (=externe Kosten/Effekte) nicht eingerechnet würden.

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.

Umweltbelastungen- und gefahren

Auch die Stromproduktion mit AKW ist nicht CO₂ frei. Zwar ist die Produktion

selbst tatsächlich frei von Ausstössen, der Abbau von Uran wie auch der Bau der Anlage setzen aber CO₂ frei. Die Berechnungen der Experten gehen dabei weit auseinander (siehe Tabelle).

AKWs können Risiken bergen. Bei der Produktion von Atomenergie könnten radioaktive Stoffe austreten oder es könnte unter Umständen zu einer Kernschmelze kommen. Der Schaden, der bei einem solchen Unfall entsteht, kann sehr gross sein. Als Beispiel seien die Katastrophen in Tschernobyl oder in Fukushima angeführt. Die AKW-Befürworter betonen jedoch, dass durch die hohen Sicherheitsstandards und die neusten Atomkraftwerkstypen das Risiko für Unfälle minimal sei.

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 getragen werden.

Die Entsorgung der radioaktiven Abfälle muss auch noch geklärt werden. Zurzeit gibt es keine definitive Lösung. Die Verfahren zur Wahl des geeignetsten Standorts für ein Tiefenlager sind im Gange (entweder Zürich Nordost oder Jura Ost laut NAGRA). Das Auswahlverfahren soll 2027 abgeschlossen werden.

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 AKW 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 bspw. 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.

Gaskombikraftwerke

Der Bundesrat geht davon aus, dass in Zukunft auch eine begrenzte Anzahl von Gaskombikraftwerken (GuD) zur Stromversorgung beitragen könnte, um den fehlenden Nuklearstrom zu kompensieren. Jedoch wurden 2014 und 2015 zwei Projekte für den Neubau von GuD eingestellt. Der Hauptgrund dafür liegt im tiefen Strompreis. Dadurch wären die geplanten GuD nicht mehr rentabel genug gewesen.

Direkte Kosten

Die Baukosten sind tief und der Bau schnell. Aber es entstehen hohe Kosten, weil die Betreiber den CO₂-Ausstoss durch Zahlungen kompensieren müssen. Der Bundesrat will aber die Kompensationsvorschriften erleichtern, damit mehr in GuD investiert wird.

Die Betriebskosten sind hoch und schwankend. Denn für die Produktion benötigt man Brennstoffe, welche im Ausland gekauft werden müssen. Zudem ergibt sich dadurch eine starke Auslandsabhängigkeit.

Dafür ist die Flexibilität ein Vorteil dieser Kraftwerke: Die Produktion lässt sich, im Gegensatz zu den erneuerbaren

Energien (ausser Wasserkraft), an aktuelle Anforderungen anpassen.

Umweltbelastung & -gefahren

Gaskombikraftwerke erzeugen geringere direkte Emissionen von Schadstoffen und CO₂ als andere Kraftwerke, die mit fossilen Brennstoffen betrieben werden. Jedoch entsteht durch vorgelagerte Prozesse (z. B. Förderung des Erdgases) eine zusätzliche Umweltbelastung.

Laut dem Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen ergeben sich 425 g CO₂ pro kWh über den gesamten Lebenszyklus. Der Bundesrat hat aber betont, dass der Einsatz dieser fossilen Technologie nicht die klimapolitischen Ziele gefährden dürfe.

Versorgungssicherheit

Die Gegner von GuD kritisieren die fehlende Versorgungssicherheit, da eine starke Auslandsabhängigkeit beim Gaseinkauf besteht. Elektrizitätsverbände und UVEK halten dagegen, dass 75% der Importe aus der EU und Norwegen stammen. Dadurch sei eine stabile Versorgung sichergestellt.

	Atomenergie	Geothermie	Solarenergie	Wasserkraft	Windkraft	Gaskombikraftwerke
Kosten / kWh	4-12 Rp.	9.5-25 Rp.	40-60 Rp.	5-25 Rp.	7.5-33 Rp.	9 Rp.
CO₂-Ausstoss / kWh	8-11g*/60g**	***	38g	4g	14g	425g

*gem. Paul Scherrer Institut **weltweiter Durchschnitt ***keine Angaben zur Schweiz

© www.vimentis.ch

Literaturverzeichnis

Bundesamt für Energie BFE (2013). *Energieperspektiven 2050*. Gefunden am 25. April 2015 unter http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00527/index.html?lang=de&dossier_id=05024

Bundesamt für Energie BFE (2015). *Gesamte Erzeugung und Abgabe elektrischer Energie in der Schweiz 2014*. Gefunden am 30. April 2015 unter http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00542/00630/index.html?lang=de&dossier_id=00769

Bundesrat (2013). *Botschaft zum ersten Massnahmenpaket der Energiestrategie 2050*. Gefunden am 25. April 2015 unter <http://www.admin.ch/opc/de/federal-gazette/2013/7561.pdf>

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK (o.D.) *Energiestrategie 2050*. Gefunden am 25. April 2015 unter <http://www.uvek.admin.ch/themen/03507/03509/index.html?lang=de>

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK (o.D.) *Prioritäten der Energiestrategie 2050*. Gefunden am 25. April 2015 unter <http://www.uvek.admin.ch/themen/03507/03509/03512/index.html?lang=de>

Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) (2014). *ENSI erteilt keinen Blankocheck für Laufzeitverlängerungen*. Gefunden am 25. April 2015 unter <http://www.ensi.ch/de/2014/10/06/ensi-erteilt-keinen-blankocheck-fuer-laufzeitverlaengerungen/>

ETH Zürich (2011). *Energiezukunft Schweiz*. Gefunden am 25. April 2015 unter http://www.cces.ethz.ch/energiegesprach/Energiezukunft_Schweiz_20111115.pdf

Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) (o.D.). *Wo entsorgen*. Gefunden am 25. April 2015 unter <http://www.nagra.ch/de/woentsorgen.htm>

Neue Zürcher Zeitung NZZ (2012). *Rückgrat der Energiewende*. Gefunden am 25. April 2015 unter <http://www.nzz.ch/aktuell/startseite/rueckgrat-derenergiewende-1.17757360>

Neue Zürcher Zeitung NZZ (2014). *Nationalrat will die Energiewende*. Gefunden am 25. April 2015 unter <http://www.nzz.ch/schweiz/nationalrat-will-die-energiewende-1.18436404>

Neue Zürcher Zeitung NZZ (2013). *Atomausstiegsinitiative ist zustande gekommen*. Gefunden am 25. April 2015 unter <http://www.nzz.ch/aktuell/schweiz/atomausstiegsinitiative-ist-zustande-gekommen-1.17945006>

Tagesanzeiger (2015). *Mühleberg-Betreiberin informiert über AKW-Stillegung*. Gefunden am 30. April 2015 unter <http://www.tagesanzeiger.ch/schweiz/MuehlebergBetreiberin-informiert-ueber-AKWStillegung/story/20219748>

Tagesanzeiger (2015). *Groupe E verzichtet auf Gaskombikraftwerk*. Gefunden am 25. April 2015 unter <http://www.tagesanzeiger.ch/wirtschaft/Groupe-E-verzichtet-auf-Gaskombikraftwerk/story/17611423>

Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (2013). *Gaskombikraftwerk (GuD)*. Gefunden am 25. April 2015 unter http://www.strom.ch/fileadmin/user_upload/Dokumente_Bilder_neu/010_Downloads/Basiswissen-Dokumente/08_GuD.pdf

WWF (2014). *Gaskraftwerke in der Schweiz*. Gefunden am 25. April 2015 unter http://assets.wwf.ch/downloads/9101_40_positionspapier_gaswerke_d.pdf