

Atomkraftwerke in der Schweiz



© MICHEL GUNTHER / WWF-CANON

Ausgangslage

In der Schweiz wird knapp 40 Prozent der Stromproduktion und damit rund 10 Prozent des Energieverbrauchs durch Atomkraftwerke (AKWs) abgedeckt. Nach dem Atomunfall in Fukushima haben Bundesrat und Parlament den Ausstieg aus der Atomenergie beschlossen. Neue AKWs dürfen nach der vom Volk mit grosser Mehrheit angenommenen Energiestrategie 2050 nicht mehr gebaut werden. Verbindliche Laufzeitbegrenzungen für die bestehenden fünf AKWs fehlen jedoch weiterhin. AKWs bergen sehr hohe Risiken für Mensch und Natur, da in allen Produktionsphasen von Atomstrom mit radioaktiven Stoffen gearbeitet wird. Insbesondere ist die sichere Endlagerung von radioaktiven Abfällen, die für Jahrtausende gewährleistet sein muss, in keiner Weise geklärt. Dieses Dokument enthält relevante Informationen und die Position des WWF zum Thema Atomkraftwerke in der Schweiz.

Wie funktioniert ein Atomkraftwerk?

Atomkraftwerke nutzen zur Stromerzeugung die bei der Kernspaltung freiwerdende Wärme:

Kernspaltung: Im Kernreaktor werden in Brennstäben Atome des Uran-Isotops Uran-235 mit Neutronen beschossen. Die Uranatome werden gespalten und bei diesem Prozess wird Wärme freigesetzt.

Stromerzeugung: Die freigesetzte Wärme wird bei den in der Schweiz eingesetzten Siede- und Druckwasserreaktoren unmittelbar an einen Wasserkreislauf abgegeben. In Siedewasserreaktoren verdampft das Wasser direkt im Reaktor. Der Wasserdampf treibt im Maschinenhaus Turbinen an, die mit Generatoren zur elektrischen Stromerzeugung gekoppelt sind. Da der Wasserdampf nicht frei von radioaktiven Verunreinigungen ist, muss sowohl das Reaktorgebäude als auch das Maschinenhaus in eine Sicherheitsabschirmung einbezogen werden.

Bei **Druckwasserreaktoren** gibt das erhitzte Wasser seine Wärme an das Wasser eines Sekundärkreislaufs ab. Hierdurch wird erreicht, dass die im Wasser auftretenden radioaktiven Stoffe auf den ersten Wasserkreislauf beschränkt bleiben und nicht in die Turbine bzw. in das Maschinenhaus gelangen.

Abwärme: Nach Durchlaufen der Turbinen wird der Wasserdampf abgekühlt und kondensiert zu Wasser, das dem Wasserkreislauf wieder zugefügt wird. Die Kondensatwärme (Abwärme) wird an die Umgebung abgegeben. Das dabei zur Abkühlung benötigte Kühlwasser wird entweder einem Fluss entnommen oder in einem Kreislauf über einen Kühl-turm geführt. (s. Kap. Umweltbelastungen).



© KERNKRAFTWERK GOESGEN-DANKEN AG, CH

Kernkraftwerk, Gösgen, CH

Die fünf schweizerischen AKWs haben eine Gesamtleistung von 3.2 Gigawatt (GW). Aufgrund ihrer jährlichen Verfügbarkeit von über 90% werden sie zur Deckung des Stromgrundbedarfs eingesetzt (Grundlastbetrieb). In Zeiten von wetterabhängig fluktuierender erneuerbarer Energieproduktion wird dies jedoch immer mehr zum Nachteil: AKWs können nicht kurzfristig auf Schwankungen von Stromangebot und -nachfrage reagieren und sind daher keine ideale Ergänzung für erneuerbare Energien mit ihren tages- und jahreszeitlichen Fluktuationen. Der Stromwirkungsgrad, d.h. das Verhältnis der erzeugten elektrischen Energie zur bei der Kernspaltung freigesetzten Wärme beträgt rund 33 Prozent, die restliche Abwärme wird grösstenteils an die Umgebung abgegeben und nur in geringem Umfang zur Wärmeauskopplung in ein Fernwärmesystem (Beznau) oder zur Prozessdampfakkopplung (Gösgen) genutzt.

Umweltauswirkungen

Radioaktivität

In allen Produktionsphasen eines Atomkraftwerks (Bau, Betrieb, Stilllegung und Abbau) und insbesondere im Brennstoffkreislauf wird mit radioaktiven

Stoffen gearbeitet. Der Brennstoffkreislauf umfasst dabei alle Arbeitsschritte und Prozesse zur Versorgung eines AKWs (Uranabbau/ -gewinnung/ -anreicherung, Brennelementherstellung, Transporte) sowie zur Entsorgung (Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente, Konditionierung und Endlagerung radioaktiver Abfälle, Transporte). Radioaktive Stoffe senden bei ihrem Zerfall in stabilere Formen ionisierende Strahlung aus. Die Strahlung kann von den menschlichen Sinnesorganen nicht wahrgenommen werden, sondern nur ihre negativen Folgeerscheinungen. Das Spektrum der biologischen Auswirkungen von Strahlenschäden ist weit und hängt von vielen Faktoren ab (Art der Strahlenexposition, absorbierte Strahlenenergie und -dosis, Zeitraum der Bestrahlung, bestrahlte Organe, etc.). Es kann zu vorübergehenden Beeinträchtigungen von Zellfunktionen bis hin zu dauerhaften Beschädigungen durch Entstehung von Krebs und Veränderungen der Erbanlagen kommen.¹

Betrieb eines AKWs: Die Radioaktivität, die im Normalbetrieb von einem AKW an die Umgebung abgegeben werden darf, ist in der Betriebsbewilligung begrenzt und muss dauernd überwacht werden. Jedes AKW verfügt über eine Anzahl von Sicherheitsbarrieren und -systemen, mit denen bei einem Störfall das Austreten von radioaktiven Stoffen minimiert werden soll. Wie bei allen technischen Systemen kann es aber eine 100%ige Sicherheit nicht geben. Darüber hinaus ist der Mensch selbst ein unkalkulierbarer Faktor: menschliches Fehlverhalten ist fast immer Grund für schwere Unfälle (u.a. AKW Three-Mile-Island, Harrisburg, USA 1979; AKW Tschernobyl, Ukraine 1986, Wiederaufarbeitungsanlage Sellafield, GB 2005).

Endlagerung von radioaktiven Abfällen:

Für die in der Schweiz anfallenden radioaktiven Abfälle aus den fünf Atomkraftwerken und aus Medizin, Industrie und Forschung sieht das Bundesamt (BfE) langfristig eine Lagerung in unterirdischen Gesteinsschichten, sogenannten geologischen Tiefenlagern vor. Der WWF weist daraufhin, dass es eine absolute Sicherheit bei der Lagerung von Atommüll letztlich nicht gibt, und deshalb versucht werden muss, die negativen Auswirkungen und Risiken für die Umwelt und die Menschen - vor allem auch für zukünftige Generationen - auf ein Minimum zu beschränken. Der vom Kernenergiegesetz vorgeschriebene und vom Bundesrat für erbracht gehaltene Entsorgungsnachweis für radioaktive Abfälle in geologischen Tiefenlagern ist aus Sicht des WWF nicht gegeben. Vor allem sind Fragen zur Überwachung, Dokumentation und Rückholbarkeit von radioaktiven Abfällen in kei-

¹ Energietechnik, R. Zahoransky, Vieweg-Verlag, 2004

ner Weise geklärt. Hierbei handelt es sich um ungewöhnlich grosse Lagerzeiträume: So beträgt z.B. die Halbwertszeit von Plutonium-239 (hochradioaktiv!) rund 25 000 Jahre.

Eine Lagertechnik, die den Anforderungen an die Langzeitsicherheit von mehr als 100 000 Jahren entsprechen soll, gibt es bis heute nicht.

Neben den technischen Schwierigkeiten zeigt ein Beispiel aus der Geschichte aber auch die hierbei kaum zu lösenden Kommunikationsprobleme: Die 3000 v. Chr. im alten Ägypten zur Kommunikation verwendeten Hieroglyphen konnten schon 400 n. Chr. nicht mehr gelesen werden und wurden nur durch einen zufälligen Fund und intensiven archäologischen Studien im Jahr 1822 wieder entziffert.

Der WWF lehnt ebenso den vom BfE vorgeschlagenen Sachplan zu Geologischen Tiefenlager ab, mit dem schon heute nach einem Standort für Tiefenlager gesucht werden soll. Es fehlen strenge Sicherheitskriterien und klare Ausschlusskriterien, die sicherstellen, dass ungeeignete Standorte und Lagerkonzepte aus dem Verfahren herausgenommen werden. Anstatt verfrüht zu entscheiden, sollte mehr in die Forschung zur Entsorgung von radioaktiven Abfällen investiert werden.²

Sonstige Umweltbelastungen

In der Gesamtbilanz liegen die CO₂-Emissionen von Atomkraftwerken wesentlich tiefer als die CO₂-Emissionen von Kraftwerken mit fossiler Brennstoffnutzung. Bei der Kernspaltung selbst wird kein CO₂ freigesetzt. Jedoch können einzelne Schritte im Brennstoffkreislauf, z.B. die Urananreicherung, energieintensive Prozesse beinhalten, die mit einem hohen CO₂-Ausstoss verbunden sind.

Die Abwärme der AKWs wird über einen Kühlkreislauf einem Fluss oder bei Einsatz von Kühltürmen der Atmosphäre zugeführt. Hierbei kann es zu thermischen Umweltbelastungen kommen. Insbesondere bei Kühltürmen kann die Abwärme das lokale Klima verändern, die Wasserdampfemission und damit Wolkenbildung beeinflussen und zur Emission von Mikroorganismen führen. Diese Probleme sind bei AKWs erheblich, da – aufgrund des schlechten Stromwirkungsgrads von AKWs – rund zwei Drittel der gesamten produzierten Energie als Abwärme abgeführt werden muss.

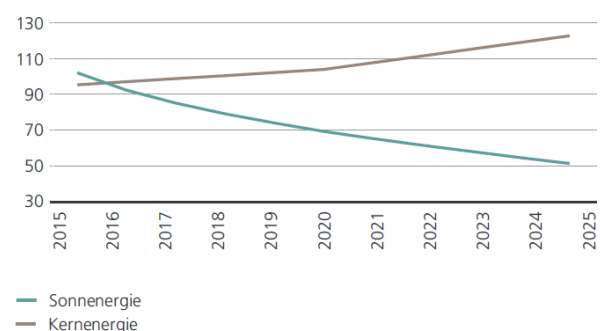
Proliferation

Befürworter der Atomenergie argumentieren häufig mit einer damit verbundenen Eindämmung der weltweiten Klimaerwärmung. Dabei wird aber übersehen, dass die heute in Betrieb stehenden rund 440 AKWs lediglich 2 Prozent des weltweiten Energiebedarfs bzw. 10 Prozent der globalen Stromproduktion abdecken.³ Für eine spürbare Reduktion der CO₂-Emissionen müsste die Zahl der AKWs vervielfacht werden, was angesichts der seit Jahren stagnierenden oder zurückgehenden Atomstromproduktion völlig unrealistisch ist. In einem solchen Szenario müsste zudem damit gerechnet werden, dass weitere AKWs auch in politisch instabilen Ländern gebaut werden, resp. sich das Risiko erhöht, dass uran- und plutoniumhaltiges Material in falsche Hände gerät und für kriegsrische oder machtpolitische Zwecke missbraucht wird. Auch die Wahrung der Weltsicherheit lässt somit einen solchen Ausbau der Atomkraft nicht zu.

Wirtschaftlichkeit

Lange Zeit galt der Einsatz von AKWs als wirtschaftlich günstig. Betrachtet man bspw. die Stromgestehungskosten von bestehenden Anlagen, so liegen diese bei sehr langer Betriebsdauer bei 4-6 Rappen pro Kilowattstunde für den Produzenten und damit noch unterhalb von den derzeitigen Stromgestehungskosten der meisten neuen erneuerbaren Energien. In den vergangenen Jahren sind die Sicherheitsanforderungen, Baukosten und Planungsrisiken jedoch markant gestiegen, bei gleichzeitiger Abnahme der Wirtschaftlichkeit. Demgegenüber sinken die Gestehungskosten von Erneuerbaren stetig, u.a. aufgrund eines massiven Preisrückgangs sowohl bei Windturbinen als auch bei Solarmodulen – bedingt durch Skaleneffekte, technologischen Fortschritt und verbesserte Produktionsprozesse.⁴

Gestehungskosten in Euro pro MWh, Prognose



Kostendifferenz zwischen Sonnen- und Kernenergie (Quelle UBS 2016)

² siehe auch aktuelle WWF-Vernehmlassung zum Sachplan Geologische Tiefenlager – Etappe 2, März 2018

³ The World Nuclear Industry Status Report 2017

⁴ UBS, März 2016, Neue Energie für die Schweiz; The World Nuclear Industry Status Report 2017, Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft 2015: Was Strom wirklich kostet.

Dementsprechend betrug der Netto-Kapazitätsanstieg von Kernkraft in 2016 9 GW gegenüber einem Rekord von 75 GW durch Solar und Wind – eine Diskrepanz, die sich laut Status Report «The World Nuclear Industry» weiter ausdehnen wird.⁵

Darüber hinaus werden die Kosten für mögliche Umwelt- und Gesundheitsschäden nur minimal in die Berechnung der Stromgestehungskosten miteinbezogen: AKW-Betreiber sind gesetzlich verpflichtet, eine private Haftpflichtversicherung über eine Schadenssumme von einer Milliarde Franken zzgl. 10% Zinsen pro Kernanlage abzuschliessen. Im Fall schwerwiegender Unfälle oder gar eines GAUs sind diese Haftungssummen bei weitem nicht ausreichend (geschätzte Schadenssummen von 900-6 000 Mrd. Franken). Dies zeigt sich auch daran, dass - obwohl die Wahrscheinlichkeit von schwerwiegenden Unfällen sehr gering ist - keine private Versicherung bereit ist, AKW-Betreiber für diese Fälle zu versichern. Für Kosten, die die versicherten Schadenssummen übersteigen, kommt der Bund beziehungsweise die (verbleibende) Schweizer Bevölkerung auf. Müssten AKW-Betreiber in vollem Umfang haften, so würden sich die Stromgestehungskosten wesentlich erhöhen und sich der Betrieb von AKWs wirtschaftlich nicht mehr rentieren. Praktisch ist der Bau und Betrieb von AKWs nur dank dem unbeschränkt haftenden Staat überhaupt denkbar.

Neben den Schadenskosten müssen die Betreiber von AKWs für die Entsorgung von Abfällen und Stilllegung der AKWs vorsorgen. Dazu sind entsprechende Fonds zu speisen. Aufgrund der ungelösten Entsorgungsfrage und den sehr langen Überwachungszeiträumen ist es mehr als fraglich, ob diese Rückstellungen die künftigen Kosten decken werden.

Versorgungssicherheit

Beim heutigen Stand der Technik in Bezug auf Atomreakortypen und Urangewinnung muss davon ausgegangen werden, dass die bestätigten Uranreserven – gemessen am heutigen Brennstoffbedarf der AKW - voraussichtlich nur noch ca. 85 Jahre reichen.⁶ Die langfristige Versorgungssicherheit ist demnach nicht gewährleistet – schon gar nicht zu günstigen Brennstoffpreisen. Zudem muss sämtliches Uran für Schweizer AKW importiert werden – häufig aus politisch instabilen Ländern. Der WWF setzt stattdessen auf eine zukunftsfähigere Lösung zur Sicherung der Stromversorgung: Steigerung der Energieeffizienz und Ausbau erneuerbarer Energien.

⁵ The World Nuclear Industry Status Report 2017

⁶ Red Book 2006, Uranium 2005: Resources, Production and Demand, OECD (NEA) & IAEA

Stromeffizienzpolitik als Lösungsansatz

Heute gehen bis zu 40 Prozent des verbrauchten Stroms ungenutzt verloren. Der WWF fordert, dass dies durch eine effizientere Nutzung des Stroms gestoppt wird. Durch entsprechende Gesetzesänderungen und Anreize kann die Produktion mehrerer Kraftwerke eingespart werden. Lenkungsabgaben auf Strom, Verbrauchsvorschriften für Geräte, Effizienzziele für Stromversorger, wettbewerbliche Ausschreibungen zur Förderung noch knapp unwirtschaftlicher Effizienzprojekte und das Verbot von Elektroheizungen sind dringend nötige Instrumente. **Rahmenbedingungen zur effizienteren Nutzung von Strom müssen nach jahrzehntelangen Appellen endlich verpflichtend werden!**

Neue erneuerbare Energien

Der WWF setzt sich dafür ein, dass der Kraftwerkszubau in der Schweiz alleine durch neue erneuerbare Energien geschieht. Der WWF sieht keinen Bedarf zur Planung von Gaskraftwerken.

Beim Ausbau der erneuerbaren Energien liegt der Schwerpunkt klar auf der Photovoltaik, da sie naturverträglich, kostengünstig und verbrauchsnahe installiert werden kann. Biomasse, Geothermie und Windkraft werden ebenfalls einen Beitrag leisten. Bis 2035 können diese Energiequellen zusammen mit der existierenden Wasserkraft und Erfolgen beim Energiesparen den Strombedarf der Schweiz komplett decken.⁷ Eine ungedeckelte Kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) für erneuerbare Energiesysteme oder vergleichbare Förderinstrumente sind eine Voraussetzung für diesen Ausbau.

⁷ Position der Umweltallianz zur Stromzukunft (<http://www.umweltallianz.ch/de/themen/energiezukunft.html>)

Position des WWF

Der WWF fordert aufgrund der grossen Gefahren für Mensch und Natur den raschen gesetzlich festgeschriebenen Ausstieg aus der Atomenergie. Mit der Steigerung der Energieeffizienz und der vermehrten Nutzung erneuerbarer Energien setzt der WWF auf eine bessere Lösung für eine sichere und umweltverträgliche Stromversorgung.

Der WWF fordert den zügigen, gesetzlich festgeschriebenen Ausstieg aus der Atomenergie, weil:

- **Atomenergie und Atommüll aufgrund der Radioaktivität sehr grosse potenzielle Gefahren für Mensch und Natur mit sich bringen,**
- **Atomenergie weltweit keinen wesentlichen Beitrag zur Reduktion der CO₂-Emissionen liefert und damit das Problem der Klimaerhitzung nicht löst,**
- **menschliches Fehlverhalten immer wieder zu bedrohlichen Zwischenfällen und schwerwiegenden Nuklearunfällen führte,**
- **eine sichere Endlagerung der radioaktiven Abfälle über Tausende von Jahren keinesfalls gegeben ist,**
- **jedes AKW – insbesondere in politisch instabilen Ländern – eine zusätzliche Gefahr für die Proliferation von atomwaffenfähigem Material bedeutet,**
- **AKWs aufgrund der unterfinanzierten Haftpflicht der Betreiber volkswirtschaftlich unverantwortlich und bei einer vollständigen Kostenberechnung unwirtschaftlich sind,**
- **AKWs nicht in der Lage sind, die schwankende Stromerzeugung aus Wind und Sonne optimal zu ergänzen,**
- **AKWs den Vorstellungen einer sicheren und umweltverträglichen Energieversorgung diametral widersprechen und**
- **es mit einer Steigerung der Energieeffizienz und vermehrter Nutzung erneuerbarer Energien bessere Lösungen zur sicheren und umweltverträglichen Energieversorgung gibt.**

Der WWF setzt für eine nachhaltige Energieversorgung auf Effizienz und erneuerbare Energien.



Unser Ziel

Wir wollen die weltweite Zerstörung der Umwelt stoppen und eine Zukunft gestalten, in der Mensch und Natur in Harmonie miteinander leben.

WWF Schweiz

Hohlstrasse 110
Postfach
8010 Zürich

Tel.: +41 (0) 44 297 21 21
Fax: +41 (0) 44 297 21 00
E-Mail: service@wwf.ch
www.wwf.ch
Spenden: PC 80-470-3