

# Das Bulletin

Spezial-Ausgabe Mai 2009

## Neue Kernkraftwerke in der Schweiz. Ein Argumentarium.





# Versorgungssicherheit als oberstes Ziel

Die Aktion für vernünftige Energiepolitik Schweiz (AVES) und ihre Mitglieder sind überzeugt, dass neue Kernkraftwerke notwendig sind, um die Versorgungssicherheit beim Strom aufrechtzuerhalten. Gesellschaft und Wirtschaft unseres Landes brauchen dringend die rasche Umsetzung der schweizerischen Energiepolitik, wie sie vom Bundesrat und von der Mehrzahl der eidgenössischen Räte sowie vom Schweizer Volk in seiner Mehrheit getragen wird.

Als Mitglieder einer Arbeitsgruppe der Aktion für vernünftige Energiepolitik Schweiz, Sektion Winterthur, beschäftigen wir uns seit vielen Jahren beruflich und privat mit Energiefragen. Als verantwortungsvolle Mitbürger engagieren wir uns auch innerhalb der AVES Winterthur und der AVES Schweiz für eine sichere, zuverlässige, wirtschaftliche, nachhaltige, umweltverträgliche und ausreichende Stromversorgung in der Schweiz.

Unsere knapp gehaltenen Ausführungen und Schlussfolgerungen (Fazite) sollen den Leserinnen und Lesern ein eigenes Urteil erleichtern.

Dr. Urs Blumer, Winterthur (Leiter der Arbeitsgruppe)  
Stephan Amacker, Neftenbach  
Charles Henry, Winterthur  
Georg Hirschle, Wiesendangen  
Jan Stanek, Winterthur



<b>A</b>	<b>Warum brauchen wir in der Schweiz neue Kernkraftwerke?</b>	
A1	Ausreichende Stromversorgung	6
A2	Wirtschaftliche Stromerzeugung	7
A3	Sehr niedrige CO <sub>2</sub> -Emissionen	8
A4	Uranversorgung	9
A5	Stromversorgungs-Kontinuität	10
A6	Schonung fossiler Energieträger	11
A7	Strom-Mix Kernenergie / Wasserkraft	12
A8	Politisch stabiles und technisch hochentwickeltes Land	13
A9	Arbeitsplätze	14
A10	Qualifizierte Mitarbeiter	15
A11	Soziale Verträglichkeit	16
A12	Sicherheitsbilanz in der Schweiz	17
A13	Sicherheitsbilanz weltweit	18
A14	Grosse Erfahrungsbasis	19
A15	Sicherheit neuer Reaktoren	20
A16	Kleine Mengen radioaktiver Abfälle mit Entsorgungsnachweis	21
A17	Geringer Material- und Landbedarf	23
A18	Mehrfache Überwachung	24
A19	Keine Abgabe von Luftschadstoffen	25
A20	Nachhaltigkeit	26
<b>B</b>	<b>Warum sind kritische Einwände ausräumbar?</b>	
B1	Transport und Endlagerung radioaktiver Abfälle	27
B2	Tschernobyl	28
B3	Nukleare Waffenproduktion	29
B4	Terrorismus, Flugzeugangriff	30
B5	Einwand «Strom sparen»	31
B6	Einwand «Strom importieren»	32
<b>C</b>	<b>Was ist beim Neubau/Ersatzbau auch zu beachten?</b>	
C1	Standortwahl für Kernkraftwerke	33
C2	Standortwahl für Endlagerorte	34
C3	Wärmeauskoppelung und Fernwärmenetze	35
C4	Kühlturm	36
C5	Kernkraftwerke: Zahl und Leistungsgrösse	37
C6	Kernkraftwerke: Sommerbetrieb, Flusswasserkühlung	38
C7	Lebensdauer der heute betriebenen Reaktoren	39
<b>D</b>	<b>Referenzen</b>	40
<b>E</b>	<b>Zusammenfassung der Stichworte und Fazite</b>	41

# A1 Ausreichende Stromversorgung

Dr. Urs Blumer

Strom ist der Lebenssaft einer modernen Gesellschaft – ohne Strom stehen buchstäblich alle Räder still: Ohne Strom funktionieren nicht einmal Ölheizungen oder Gasheizungen, Autos können nicht mehr tanken, wir können keine Lebensmittel mehr einkaufen, weil die Kassen elektronisch funktionieren, wir können ohne strombetriebene Telefone und Computer nicht mehr kommunizieren und nicht mehr arbeiten.

**Fazit: Ohne den Lebenssaft «Elektrizität» ist die heutige Gesellschaft nicht überlebensfähig!**

Unzureichende Stromversorgung bedeutet: Stromunterbrüche, Rationierungen, Zunichtemachen von jahrzehntelangen Anstrengungen der Wirtschaft um eine hohe Arbeitsproduktivität und damit internationale Konkurrenzfähigkeit unseres Landes, das fast keine Ressourcen hat ausser der Arbeit seiner Einwohner. Mit der Zuverlässigkeit der Stromversorgung steht und fällt jede Zuverlässigkeit und Planbarkeit im Wirtschaftsbereich.

**Fazit: Ohne ausreichende Versorgung mit dem Lebenssaft «Elektrizität» wird die Gesellschaft gelähmt!**

Die Nachfrage nach Strom ist auch in den letzten 10 Jahren ständig gestiegen, pro Jahr 1% bis 3% [1], obschon in dieser Zeit bereits eine Sensibilisierung der Bevölkerung in Sachen Sparen eingesetzt hatte. Das Bundesamt für Energie (BFE) hat im Januar 2007 eine Studie [2] zu 4 Zukunfts-Szenarien veröffentlicht, in welcher unter anderem auch die Stromnachfrage prognostiziert wird. Das Szenario IV, in welchem der Gürtel am engsten geschnallt werden müsste, zeigt, dass sogar für dieses einschneidende, eher unrealistische Programm trotz drastischer Gesamtenergie-Reduktion nur eine unwesentliche Reduktion (ca. 2%) der Stromnachfrage resultieren würde, z.T. auch wegen des vermehrten Einsatzes von Wärmepumpen. Die anderen, realistischeren Szenarien zeigen alle einen weiteren Stromzuwachs (vergleiche Kapitel B5).

**Fazit: Die Stromnachfrage wird vorläufig weiter steigen.**

Die Strom-Produktionskapazität der Schweiz wird ohne Massnahmen in den nächsten 15 Jahren zurückgehen. Der Grund liegt in folgenden Tatsachen: Die 3 dienstälteren Kernkraftwerke Beznau I und II sowie Mühleberg erreichen das Ende ihrer wirtschaftlich und technologisch sinnvollen Lebensdauer. Lieferverträge mit Nachbarstaaten (Frankreich) laufen aus. Die Wasserkraft lässt sich nicht mehr entsprechend weiter ausbauen. Die sogenannten neuen erneuerbaren Energien wie Biomasse, Wind und Solarenergie sind von der Menge her nicht in der Lage, die infolge der KKW-Stilllegungen entstehende Lücke zu schliessen.

**Fazit: Die in der Zukunft ohne entschlossenes Handeln entstehende ständig zunehmende Stromlücke muss politisch energisch angegangen und geschlossen werden!**

## A2 Wirtschaftliche Stromerzeugung

Dr. Urs Blumer

Die Kernenergie schneidet im Kostenvergleich der Stromerzeugungsarten sehr gut ab. Sie hat sich im offenen Wettbewerb, zum Beispiel in den USA, während langer Jahre bestens bewährt (siehe auch [3]).

In den letzten Jahren hat diese wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit weiter erheblich zugenommen, hauptsächlich wegen der folgenden Faktoren:

- Die Preise von Öl und Gas sind stark angestiegen.
- Die externen Kosten der Kernenergie sind vergleichsweise gering – wegen des CO<sub>2</sub>-freien Betriebes und der generell tiefen Umwelt- und Gesundheitsbelastungen in der gesamten Energiekette einschliesslich der Brennstoffbeschaffung und -entsorgung.
- Allfällige in politischer Diskussion befindliche CO<sub>2</sub>-Abgaben würden die Kernenergie nicht belasten.

Obwohl bei der Kernenergie Rückstellungen für die Entsorgung der radioaktiven Rückstände und für den Rückbau der Anlage nach Betriebsende getätigt werden (rund 1 Rp. pro Kilowattstunde), ist diese Stromerzeugungsart immer noch vergleichsweise sehr wirtschaftlich.

Die Kernenergienutzung zeichnet sich generell im Verhältnis zu anderen Stromerzeugungsarten durch höhere Investitionskosten für den Bau, aber erheblich geringere Kosten für den Betrieb aus. Der Kostenanteil des Urans am Betrieb ist dabei vergleichsweise gering, und die Gesamtkosten sind praktisch unempfindlich bezüglich allfälliger Teuerung beim Uranpreis. Dieser könnte sich vervielfachen, ohne dass die Wirtschaftlichkeit der Kernenergie in Frage gestellt wäre.

Diese Kostenstruktur kommt der Wirtschaft in der Schweiz entgegen: Bei der relativ hohen Wertschöpfung beim Bau können wesentliche Leistungen in der Schweiz selber erbracht werden, während für den Betrieb nur die (geringen) Kosten für den Brennstoff Uran aus dem Ausland anfallen.

Die Stromgestehungskosten pro Kilowattstunde Nuklearstrom bei der Abgabe ans Netz betragen heute 4 bis 6 Rappen. Beim Photovoltaikstrom betragen sie 50 bis 90 Rappen, beim Windstrom 17 bis 20 Rappen (Einspeise-Vergütungen, wie sie 2008 vom BFE festgelegt wurden).

**Fazit: Nuklearstrom ist äusserst wirtschaftlich und wird im Vergleich zunehmend preisgünstiger, weitgehend unabhängig vom Uranpreis.**

## A3 Sehr niedrige CO<sub>2</sub>-Emissionen

Dr. Urs Blumer

Nach Aussagen der Wissenschaft [4], [5] steht es heute fest, dass sich unser Weltklima deutlich erwärmt und damit zusätzliche Veränderungen in Meeresspiegel, Winden und Niederschlägen, vor allem auch als Extremerscheinungen, auftreten. In einigen Weltregionen tritt dies deutlicher zutage als in anderen. Es ist nach diesen Quellen sehr wahrscheinlich, dass menschliche Aktivitäten an diesem Wandel ursächlich beteiligt sind.

Sehr wahrscheinlich werden sich die beobachteten Veränderungen im 21. Jahrhundert beschleunigen, die vorwiegend negative Auswirkungen auf Natur und Menschen haben werden. Es ist nach dem IPCC-Bericht nötig, Massnahmen zur Reduktion der Emissionen der Treibhausgase, allen voran CO<sub>2</sub>, zu treffen. Das IPCC (International Panel on Climate Change) anerkennt ausdrücklich in seinem Bericht die Notwendigkeit der Kernenergie, mittelfristig und langfristig.

**Fazit: Die infolge der Verbrennung fossiler Energieträger wie Öl, Gas und Kohle entstehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen sind unbedingt auf ein Minimum zu reduzieren. Der Bereich der Stromproduktion muss dazu einen wesentlichen Beitrag leisten.**

Die Schweiz hat bisher in Bezug auf CO<sub>2</sub>-Emissionen einen sehr guten Mix der Stromproduktion – rund 60% des Stroms kommen aus der Wasserkraft und die restlichen rund 40% aus der fast CO<sub>2</sub>-freien Kernenergie. Diese gute Emissionsbilanz der Schweiz muss auch nach Ersatz der bestehenden dienstälteren Kernkraftwerke erhalten bleiben. Da die Kapazität der Wasserkraftwerke bereits heute an ihre Grenzen stösst, bleiben nur noch die Kernenergie und die additiven erneuerbaren Energien wie Biogas, Wind und Sonne übrig, um die entstehende Produktionslücke wieder zu füllen. Während vereinzelt Anstrengungen gemacht werden, Biogas, Sonne und Wind in der Schweiz für die Stromerzeugung zu nutzen, muss doch deren sehr begrenztes Potenzial aus Sicht der Verfügbarkeit und der Kosten, sowie deren Witterungsabhängigkeit, betont werden.

Um die drei dienstälteren KKW der Schweiz durch Windenergie zu ersetzen, wären in unserem windarmen Land mindestens 3000 grosse Windmühlen à 2 MWe nötig! Dies wäre dann aber keine kontinuierliche Grundlast wie bei der Kernenergie!

**Fazit: Die Kernenergie ist die einzige Stromquelle, welche die bisher mustergültige CO<sub>2</sub>-Emissions-Bilanz der Schweizer Elektrizitätserzeugung ohne Stromlücken weiter garantieren kann. Ein Neubau von Ersatz-Kernkraftwerken in naher Zukunft ist deshalb zwingend.**

# A4 Uranversorgung

Charles Henry

Kernkraftwerke brauchen als Brennstoff Uran. Dieses Schwermetall zeichnet sich durch eine sehr hohe Energiedichte aus. Ein Kernkraftwerk der Grösse des KKW Gösgen braucht jährlich 200 Tonnen Natururan, um eine Mio. Menschen mit Strom zu versorgen. Ein Kohlekraftwerk gleicher Grösse verbrennt dafür über zwei Mio. Tonnen Kohle. Aus 1 kg Natururan lässt sich gleich viel Strom produzieren, wie aus 7000 kg Schweröl oder aus 10 000 kg Steinkohle.

Diesem Umstand ist es zu verdanken, dass

- der Strombedarf einer vierköpfigen Familie mit zwei Uran-Brennstofftabletten (Pellets) von der Grösse einer Glasmurmelt für ein Jahr gedeckt werden kann
- der hochradioaktive Abfall pro Kopf und Jahr der Grösse einer Glasmurmelt – endlagergerecht verpackt – entspricht.

**Fazit: Der Brennstoff Uran ist dank seiner hohen Energiedichte äusserst rationell einsetzbar.**

## Wie viel Uran wird benötigt?

Der Jahresbedarf an Uran beläuft sich weltweit auf rund 68 000 Tonnen. Dieser Bedarf muss nur zum Teil durch laufende Uranproduktion gedeckt werden, da ein namhafter Anteil aus sekundären Quellen stammt, wie aus der Auflösung von Vorräten aus Natururan und angereichertem Uran bei den Stromversorgern und aus der Abrüstung von Atomwaffen. So erreichte die Förderung von Uran im Jahre 2006 40 000 Tonnen und deckte damit etwa 60% des Bedarfes von ca. 68 000 Tonnen. Der Rest stammt aus den sekundären Quellen. [6]

**Fazit: Uran ist von der Ressourcenbasis her eine nachhaltige Energiequelle (siehe auch A20).**

## Woher kommt das Uran? Wie gross sind die Vorräte?

Momentan sind die hauptsächlichen Lieferländer Kanada und Australien (zusammen 44% [28]). In diesen Ländern herrscht politische Stabilität, welche die weltweite Versorgung mit nuklearem Brennstoff genügend absichert. Studien aus dem Jahre 2003 ergaben bei Produktionskosten von unter 130 \$/kg Uran einen heute bekannten Vorrat von 4,588 Mio. Tonnen Uran, welche deutlich über 50 Jahre reichen. Dazu kommen geschätzte zusätzliche Vorräte von 2,255 Mio. Tonnen, was über 100 Jahre reicht [6]. Effektiv kann Uran – wenn auch zu bedeutend höheren Kosten – für den Bedarf von Hunderten von Jahren bereitgestellt werden (zum Beispiel gewonnen aus Meerwasser). Die aktuellsten Zahlen finden Sie im Faktenblatt «Uran-Ressource mit Zukunft» vom August 2008. [8]

**Fazit: Die Versorgungssicherheit mit Uran ist aus politischer und quantitativer Sicht für mehr als die kommenden 100 Jahre zu günstigen Kosten gegeben (siehe auch A20).**

# A5 Stromversorgungs-Kontinuität

Dr. Urs Blumer

Im Gegensatz zu anderen Strom-Produktionsarten zeichnet sich die Kernenergie durch hohe Planbarkeit der Produktion und durch hohe Verfügbarkeit aus. Im Gegensatz zur Wasserkraft und zu Biogas kann die Produktion jahreszeitenunabhängig erfolgen. Im Vergleich zu den erneuerbaren Energien wie Solarenergie und Windenergie ist die Kernenergie praktisch witterungsunabhängig (Ausnahme: Extrem trockene Sommer, in denen – wegen der Erhöhung der Wassertemperaturen – geringe Produktionseinschränkungen in den direkt flusswasser-gekühlten KKW Beznau I und II sowie Mühleberg vorgenommen werden, wie z. B. 2003). Alle neuen KKW werden mit niedrigen, nebelchwadenfreien Kühltürmen ausgerüstet. Die Wasserentnahme von Aare und Rhein (auch bei Niedrigwasser) fällt nicht ins Gewicht.

Gerade in Perioden mit anhaltendem Niedrigwasser in den grossen Flüssen – wenn die Produktion der Laufkraftwerke spürbar eingeschränkt ist – leisten die Kernkraftwerke einen wichtigen Beitrag an die Versorgungssicherheit

Damit kann gesagt werden, dass bei der Kernenergie die verfügbare Stromleistung während der meisten Zeit der installierten maximalen Leistung entspricht. Nur gerade während Revisionsarbeiten sind die Kernkraftwerke während zirka eines Monats im Jahr abgeschaltet; dies aber zu einer Zeit, die planbar ist, und die aufgrund niedriger Nachfrage nach Strom ausgewählt wird.

Die Verfügbarkeit der Kernenergie ist denn auch historisch in der Schweiz sehr hoch. Gemäss swissnuclear [7] weist die über dreissigjährige Statistik der Kernenergie in der Schweiz eine durchschnittliche Verfügbarkeit von 87% auf, d.h. von den 8760 Stunden eines Jahres wurde während 7621 Stunden Strom bei nahezu voller Leistung produziert. Dank der inzwischen gewonnenen Erfahrung ist diese Verfügbarkeit heute auf jährlich 92% angestiegen. Damit gehört die Schweiz weltweit zur Spitzengruppe der Länder mit Kernkraftwerken bezüglich Verfügbarkeit der Kernenergie.

**Fazit: Die Kernenergie bietet Gewähr für eine planbare, dauernde und mit hoher Sicherheit verfügbare Stromversorgung.**

## A6 Schonung fossiler Energieträger

Charles Henry

Uran ist der Rohstoff für den Betrieb der Kernkraftwerke. Dank seiner hohen Energiedichte eignet es sich bestens als äusserst wirksamer Energielieferant, aus dem weitaus mehr Energie in Form von Wärme gewonnen werden kann als mit der gleichen Menge fossiler Brennstoffe. Diese im Reaktorkern produzierte Wärme wird genutzt, um Wasser zu verdampfen. Der Dampf wird dann, wie in einem fossil beheizten Kraftwerk, über eine Turbine entspannt. Im Generator, der an die Turbine gekoppelt ist, wird dann der elektrische Strom erzeugt.

Dank dem Uran können somit für die Stromerzeugung fossile Energieträger wie Kohle, Öl und Gas ersetzt resp. geschont werden.

Dazu ein Vergleich: Ein Kernkraftwerk der Grösse von Gösgen (rund 1000 Megawatt Leistung) benötigt pro Jahr 200 Tonnen Natururan. Für die gleiche Leistung würde man in einem Kohlekraftwerk 2 000 000 Tonnen Kohle und in einem Ölkraftwerk 1 400 000 Tonnen Schweröl verbrennen [8]. Mit dem aus dieser Menge Schweröl gewonnenen Dieseltreibstoff könnten ungefähr 1,2 Millionen Diesel-PKW ein Jahr lang betrieben werden.\*

**Fazit: Uran ersetzt und schont vielfach grössere Mengen an fossilen Energieträgern wie Kohle, Öl und Gas.**

\* Rechengang: 1 400 000 t Schweröl > Annahme: Hälfte wird zu 700 000 t Dieselöl > 875 Mio. Liter Dieselöl.  
Bei einem Verbrauch von 6 Liter/100 km und bei 12 000 km pro Jahr > 1 215 000 Fahrzeuge.

## **A7 Strom-Mix Kernenergie/Wasserkraft**

Dr. Urs Blumer

Die Schweiz erzeugt heute ihren Strom fast ausschliesslich aus einem Mix von rund 40% Kernenergie und rund 60% Wasserenergie (im jährlichen Mittel). Im Winter, wenn weniger Wasser für Fluss-Kraftwerke zur Verfügung steht und die Kernkraftwerke im Vollast-Dauerbetrieb stehen, ist der Anteil der Kernenergie deutlich höher als 40%.

Dieser sogenannte «Strom-Mix» hat sich bestens bewährt, indem die Kernkraftwerke die Grundlast liefern, während die Wasserkraftwerke dem Bedarf durch ihre einfache Regelbarkeit laufend angepasst werden können. In der Schweiz ist sogar mittels der vorhandenen Pumpspeicher-Kraftwerke die Möglichkeit gegeben, Stromenergie temporär zu speichern, was in diesem Ausmass in den meisten anderen Ländern aus geografischen Gründen (fehlende Höhenunterschiede) nicht ausgenützt werden kann. Diese Art von Wasser-Kraftwerken dient nicht nur der Schweiz, sondern auch dem Ausland durch Stromaustausch über die Grenzen. Dabei lässt sich bei uns auch gutes Geld verdienen.

Dieser Strom-Mix hat zudem den grossen Vorteil, dass er unserem Land einen erheblichen Beitrag zur Luftqualität ohne zusätzliches CO<sub>2</sub> und andere schädliche Abgase und Stäube beibringt. In der Schweiz mit dem wirtschaftlich wichtigen Tourismus ist das ein guter Trumpf.

Es gilt also, diesen idealen Strom-Mix auch in der Zukunft beizubehalten. Da der weitere Ausbau der Wasserenergie in der Schweiz heute aber an umweltbedingte Kapazitätsgrenzen stösst, bietet sich für die Schliessung der sich zukünftig abzeichnenden Stromlücke nur die Kernenergie als massgebliche Stromerzeugungsart an.

**Fazit: Der schweizerische Strom-Mix aus Kernenergie und Wasserkraft ist ein Trumpf, der unbedingt zu erhalten ist.**

## **A8 Politisch stabiles und technisch hochentwickeltes Land**

Stephan Amacker

Politisch stabile Länder, und zu diesen gehört wie kaum ein anderes die Schweiz, zeichnen sich durch transparente Strukturen und hohe Vertragstreue aus.

Die Schweiz hat den internationalen Vertrag über die Nichtverbreitung von Atomwaffen und das Abkommen über die Anwendung von Sicherungsmassnahmen (Garantieabkommen) unterzeichnet. Damit hat sie sich der permanenten Kontrolle der Internationalen Atomenergie-Aufsichtsbehörde der Uno (IAEA) [9] unterstellt. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass aus den Schweizer Anlagen zu keinem Zeitpunkt spaltbares Material für die Herstellung von Kernwaffen abgezweigt werden kann. In sämtlichen relevanten Anlagenteilen in den Schweizer Atomanlagen sind Kameras der IAEA installiert. Diese übermitteln permanent und ohne Zeitverzug Aufnahmen in den Hauptsitz der IAEA in Wien. So wird sichergestellt, dass die internationalen Verträge zu jedem Zeitpunkt eingehalten werden.

Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI [14] wurde vom Bund beauftragt, die Sicherheit der schweizerischen Kernanlagen zu gewährleisten und erfüllt diese Aufgabe mit grösstem Sachwissen und unter Anerkennung von Regierung und Parteien. (Bis 31. Dezember 2008 oblag diese Aufgabe der Hauptabteilung für die Sicherheit von Kernanlagen (HSK) [10].)

**Fazit: Die Schweiz ist Garant für den sicheren Betrieb der Kernenergieanlagen und für eine lückenlose Überwachung des radioaktiven Materials.**

Eines der höchsten Bildungsniveaus der Welt ermöglicht es der Schweiz, genügend Fachkräfte für Entwicklung, Bau, Betrieb und Überwachung der Kernenergieanlagen bereitzustellen. Internationale Zusammenarbeit und offene Forschungs- und Bildungssysteme gewährleisten den anerkannt hohen Stand auf dem Gebiet der Nukleartechnologie.

Das schweizerische Bildungswesen hat einen eigenverantwortlichen, marktorientierten hohen Stand und ist in der Lage, den Ansprüchen der in ständiger Entwicklung stehenden Nukleartechnologie zu genügen. Neben den Universitäten und technischen Hochschulen widmet sich das Paul-Scherrer-Institut (PSI) ebenfalls den Bedürfnissen der Kernenergie.

**Fazit: Die anspruchsvolle Nukleartechnik wird durch das Schweizer Bildungswesen und die traditionelle Forschung ideal unterstützt.**

# A9 Arbeitsplätze

Dr. Dieter Kläy, Dr. Urs Blumer

Die Kernenergie in der Schweiz trägt massgeblich zur wirtschaftlichen Wertschöpfung bei. So sind folgende qualitativ hochstehende Aktivitäten von Bedeutung für die Kernenergie:

- Bauarbeiten an neuen KKW
- Lieferung von Komponenten für neue KKW
- Ingenieurarbeiten für neue und laufende KKW
- Betrieb und Sicherung der laufenden KKW durch die Stromerzeuger
- Servicearbeiten und Unterhalt an KKW durch Unterlieferanten
- Forschungsarbeiten am Paul-Scherrer-Institut für spezielle Abklärungen
- Überwachungstätigkeiten der Sicherheitsbehörden
- Stromnetzseitige Arbeiten

Diese Arbeiten beschäftigen eine stattliche Zahl gut ausgebildeter Berufsleute, die in einem Land mit guter Ausbildungs-Infrastruktur wie der Schweiz zur Verfügung stehen. Neben den Steuereinnahmen aus den Betrieben tragen auch diese qualifizierten Leute entsprechend zum Steuerertrag bei. Die Kernkraftwerke in der Schweiz ermöglichen es der lokalen Zulieferindustrie, die am nuklearen Schweizer Heimmarkt entwickelten Produkte weltweit an KKW zu liefern. Dies ist bereits in der Vergangenheit der Fall gewesen und bekommt durch die weltweite «nukleare Renaissance» weitere Bedeutung.

**Fazit: Die Kernkraft in der Schweiz schafft und erhält wertvolle Arbeitsplätze und ermöglicht massgebliche lokale Wertschöpfung und entsprechende Steuereinnahmen.**

Zwei Drittel des gesamten Stroms in der Schweiz werden in der Industrie und Wirtschaft verbraucht. Bezahlbarer und preisstabiler Strom ist eine wesentliche Voraussetzung für Wirtschaftswachstum und Wohlstand.

**Fazit: Eine günstige Stromversorgung ist ein entscheidender Produktionsfaktor für Industrie und Gewerbe und sichert Arbeitsplätze.**

Für Gewerbe, Industrie und Dienstleistungssektor ebenso wichtig wie der Faktor Preis ist die Zuverlässigkeit der Stromproduktion: Kernkraftwerke tragen mit ihrer konstanten Produktion im Gegensatz zu Wind- und Solarkraftwerken zur Netzstabilität und damit zur Versorgungssicherheit bei. Für alle produzierenden Wirtschaftszweige ist dies eine wesentliche Voraussetzung.

**Fazit: Dank ihrer zuverlässigen Stromproduktion sichern die Kernkraftwerke Arbeitsplätze in sämtlichen Branchen der Schweiz.**

# A10 Qualifizierte Mitarbeiter

Dr. Dieter Kläy

Eine umfassende Studie [11] des zur ETH Zürich gehörenden Paul-Scherrer-Instituts zeigt, dass in den westlichen Industrieländern Wasserkraft und die Kernenergie die sichersten Energiesysteme überhaupt sind. Bei der Kernenergie wird dies unter anderem erreicht durch strenge Auflagen, die sorgfältige Ausführung von Planung, Bau und Betrieb der Anlagen garantieren. Reaktorsicherheit, Strahlenschutz und Entsorgung einerseits sowie Mensch, Organisation und Sicherheitskultur andererseits sind zentrale Anliegen, die durch kompetente und hoch qualifizierte Fachkräfte sichergestellt werden.

**Fazit: Dank hoch qualifizierter Fachkräfte und moderner Forschung und Entwicklung wird Sicherheit in den Kernkraftwerken gewährleistet.**

Obschon die Kernenergie heute eine vergleichsweise ausgereifte und erprobte Technologie darstellt, hat sie dennoch weiteres Entwicklungspotenzial. In weltweit rund 11 000 Reaktorbetriebsjahren konnten wichtige Kenntnisse gewonnen werden, welche die Kerntechnik noch sicherer machen. Die in der Schweiz in Betrieb stehenden Reaktoren gehören der zweiten Generation an. Zurzeit werden bereits die ersten Kernkraftwerke der dritten Generation mit weiter verbesserten Sicherheitsvorkehrungen gebaut resp. betrieben. Mit dem internationalen Wissens- und Erfahrungstransfer kann der aktuelle wissenschaftlich-technische Wissensstand erweitert und auch für die Tätigkeit, den Erhalt und Ausbau der Kompetenz von Aufsichtsorganen verfügbar gemacht werden.

**Fazit: Dank mittel- und langfristiger Perspektiven für die zukünftige Stromversorgung der Schweiz mittels Kernenergie profitiert der Wirtschaftsstandort Schweiz mit seinem hohen Anteil an hoch qualifizierten Arbeitskräften.**

# A11 Soziale Verträglichkeit

Dr. Urs Blumer

Die kommerzielle Nutzung der Kernenergie in der Schweiz hat einen exzellenten historischen Erfolgsausweis. Dies zeigt sich auch darin, dass die Standortkantone und Standortgemeinden der KKW durchwegs sehr positiv zur Kernenergie eingestellt sind.

Bei den letzten eidgenössischen Abstimmungen über die Kernenergie am 18. Mai 2003 zeigte sich in den Standortkantonen folgendes Abstimmungsverhalten gegenüber den Initiativen, die die Nutzung der Kernenergie einschränken wollten ([12], [13]):

% der NEIN-Stimmen zu den Initiativen vom 18. Mai 2003	Schweiz	Kanton Aargau (KKW Beznau 1+2, Leibstadt, ZWILAG, PSI)	Kanton Solothurn (KKW Gösgen)	Kanton Bern (KKW Mühleberg)
«Strom ohne Atom» NEIN	66,3%	76,6%	73,4%	67,5%
«Moratorium Plus» NEIN	58,4%	67,6%	64,6%	58,6%

Die Tabelle zeigt, dass die Standortkantone, insbesondere die Kantone Aargau und Solothurn mit ihren 4 Reaktoren sowie dem nuklearen Forschungsinstitut PSI und dem nuklearen Zwischenlager ZWILAG, deutlicher als der Durchschnitt zugunsten der weiteren Nutzung der Kernenergie votiert hatten.

Damit ist erwiesen, dass die Nutzung der Kernenergie national, insbesondere aber im lokalen Umfeld, hohe Akzeptanz aufweist und die Vorteile für die Bevölkerung offensichtlich sind.

**Fazit: Die Nutzung der Kernenergie geniesst hohe Akzeptanz in der Bevölkerung, sowohl national wie insbesondere lokal, und ist deshalb sozial verträglich.**

## **A12 Sicherheitsbilanz in der Schweiz**

Georg Hirschle

Die Überwachung der nuklearen Sicherheit der Schweizer Kernkraftwerke obliegt dem Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI (bis Ende 2008: HSK). Im Rückblick auf das Jahr 2008 wird der Zustand der Schweizer Kernanlagen als gut und sicher beurteilt [14].

Die ungeplanten Ereignisse in Schweizer Kernanlagen werden nach der internationalen Ereignisskala (International Nuclear Event Scale INES) beurteilt, welche von der International Atomic Energy Agency (IAEA) für die weltweite Klassierung angewandt wird. Diese INES-Ereignisskala umfasst Stufen von 0 bis 7, wobei Stufe 0 die niedrigste und Stufe 7 die höchste Stufe ist [15].

Gemäss Mitteilung des ENSI vom 12. Januar 2009 sind von den KKW im Jahr 2008 8 Vorkommnisse gemeldet worden (2007: 13 und 2006: 9). Von diesen Ereignissen sind nach INES-Skala alle Fälle der untersten Stufe 0 («Nicht sicherheitssignifikante Vorkommnisse») zugeordnet worden.

Die Gründe für diesen von der ENSI attestierten sicheren Zustand der Schweizer KKW liegen in zwei wesentlichen Aspekten der Betriebsführung. Vorab trägt die vorbildliche technische Wartung und Nachrüstung der Schweizer KKW durch jährliche Revisionen entscheidend zu diesem Sicherheitsausweis bei. Ebenso wichtig ist jedoch das bestens ausgebildete Betriebspersonal der KKW. Neben diesem sicherheitstechnischen Aspekt wird dadurch auch eine sehr gute zeitliche Verfügbarkeit und Energienutzung erreicht.

**Fazit: Die Schweizer Kernkraftwerke gewährleisten eine sichere und auch in Zukunft zuverlässige Stromproduktion.**

## A13 Sicherheitsbilanz weltweit

Georg Hirschle

Weltweit sind gegenwärtig 441 Kernreaktoren in Betrieb. Deren akkumulierte Betriebsdauer beträgt rund 11 000 Betriebsjahre. Das mittlere Alter beträgt 24 Jahre, die ältesten Reaktoren sind seit über 40 Jahren in Betrieb.

Die International Atomic Energy Agency (IAEA) [16] überwacht und inspiziert in über 140 Ländern die Nuklear- und zugehörigen Anlagen, die unter Sicherheitsvereinbarungen (safeguards) stehen. In einem Incident Reporting System (IRS) wird seit 1983 unter der Leitung der IAEA mit Beteiligung von 31 Ländern ein internationales System betrieben, das den Erfahrungsaustausch zur Verbesserung der betrieblichen Sicherheit der KKW zum Ziel hat.

Eine Aussage über die Sicherheit der KKW ist aus der Entwicklung des Energy Availability Factors (EAF), d.h. des Energienutzungsgrades über die letzten 15 Jahre ersichtlich. Die stetige Zunahme des EAF im Laufe der Zeit ist Ausdruck der Verbesserung der Betriebssicherheit der Kraftwerke. Den gleichen Verlauf zeigen auch die Werte des Unplanned Capacity Loss Factors (UCL) welcher ein Mass für aufgetretene Betriebsstörungen darstellt [17].

Die Einrichtung des IRS trägt dazu bei, dass durch die internationale Zusammenarbeit ein andauernder Verbesserungsprozess läuft, der zu technischen Nachrüstungen der KKW und zu einer geringeren Zahl von Betriebsstörungen führt und dadurch die Sicherheit und Wirtschaftlichkeit der Kernkraftwerke erhöht.

Zudem wird durch den Erfahrungsaustausch innerhalb der WANO (World Association of Nuclear Operators) sichergestellt, dass irgendwo gewonnene neue Erkenntnisse die Sicherheit und Wirtschaftlichkeit weiter erhöhen.

**Fazit: Die Energieerzeugung in Kernkraftwerken ist eine bewährte, ausgereifte Technik, die auch in Zukunft einen wichtigen und zunehmend grösseren Anteil der Stromproduktion weltweit einnehmen wird.**

## A14 Grosse Erfahrungsbasis

Dr. Urs Blumer

2006 waren weltweit 441 KKW-Reaktoren in Betrieb. Die installierte Leistung entspricht dabei rund 370 000 MWe. Die Anlagen produzieren 16 Prozent des Stromverbrauchs der Weltbevölkerung. Dabei sind die regionalen Unterschiede gross, indem entwickelte Länder zum Teil erheblich grössere Anteile haben. So deckt Frankreich rund 80 Prozent, die Schweiz rund 40 Prozent ihrer Elektrizitätsnachfrage mit Nuklearstrom. Von den 441 Kernreaktoren haben 291, also rund zwei Drittel, bereits eine Laufzeit von 20 Jahren und mehr hinter sich, immerhin 90 davon sogar 30 Jahre und mehr. Es besteht eine weltweite Erfahrungsbasis von rund 11 000 Betriebsjahren mit Kernkraftwerken zur Stromerzeugung.

Die Verbreitung dieser Erfahrungsbasis erfolgt zudem nicht nur innerhalb einzelner Werke oder Länder, sondern auch durch internationale Institutionen wie die WANO (World Association of Nuclear Operators), IAEA (International Atomic Energy Association) und andere.

Forschungsaktivitäten werden dabei international koordiniert und deren Ergebnisse ausgetauscht. Zudem haben die Betreiber von Werken des gleichen Erbauers ihre Institutionen (z.B. WOG = Westinghouse Owner's Group, FROG = Framatome Owner's Group, BWROG = Boiling Water Reactor Owner's Group usw.) für den Austausch von Erfahrungen und die Initiierung von Forschungstätigkeiten zu Betrieb und Sicherheit. Auch die in allen Ländern vorhandenen Überwachungs- und Sicherheitsbehörden haben ihre institutionalisierten Gremien zum Erfahrungsaustausch.

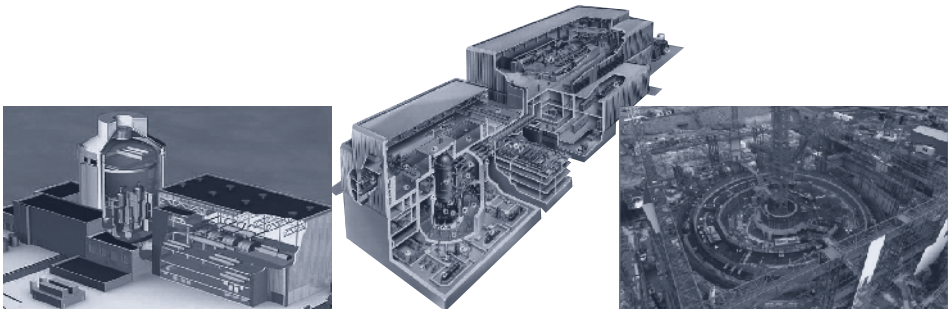
Alle Vorfälle in laufenden Kernkraftwerken werden gemäss der INES-Skala (International Nuclear Event Scale) in Stufen klassifiziert und dienen der Statistik über diese Vorkommnisse. Der weit überwiegende Anteil der erfassten Vorfälle betrifft dabei Ereignisse ohne Sicherheitsrelevanz. Diese Vorfälle dienen aber trotzdem der Analyse auf Relevanz in allen anderen Anlagen.

**Fazit: Der Erfahrungsschatz und der Erfahrungsaustausch innerhalb der an der Kerntechnik Beteiligten trägt ganz wesentlich zum hohen Sicherheitsgrad der KKW weltweit bei.**

# A15 Sicherheit neuer Reaktoren

Dr. Urs Blumer

Die schweizerischen Kernkraftwerke gehören wie die meisten der heute weltweit in Betrieb stehenden Kernanlagen zur zweiten Generation. Die für einen Ersatz-/Neubau in der Schweiz in Betracht gezogenen Reaktoren gehören alle zur sogenannten dritten Generation, die sich durch weitere Verbesserungen der Betriebssicherheit auszeichnet. Zu dieser dritten Generation gehören bei den Druckwasserreaktoren in Europa vorab der EPR (=European Pressurized Water Reactor) von Areva, aber auch der AP1000 von Westinghouse. Auch bei den Siedewasserreaktoren wie beispielsweise dem ABWR von General Electric ist der Typ der dritten Generation vorhanden und ist bereits in Japan in Betrieb gegangen.



AP1000 (Westinghouse)

ABWR (General Electric)\*

EPR im Bau (Areva)

\* General Electric hat den ABWR bereits zum vereinfachten ESBWR weiterentwickelt; die Zertifizierung des ESBWR ist bei der amerikanischen Aufsichtsbehörde (Nuclear Regulatory Commission) hängig

In den EPR zum Beispiel [18] flossen die praktischen Erfahrungen und Lehren aus Tausenden von Reaktor-Betriebsjahren ein. Zudem wurden die Ergebnisse der jahrzehntelangen Sicherheitsforschung in Deutschland und Frankreich berücksichtigt.

Bereits die heutigen Schweizer Kernkraftwerke der zweiten Generation erfüllen sehr strenge Sicherheitsanforderungen. Künftige Anlagen profitieren zudem vom technischen Fortschritt der vergangenen Jahrzehnte. Im September 2004 haben die französischen Sicherheitsbehörden offiziell festgestellt, dass der EPR beim heutigen Entwicklungsstand die verschärften Sicherheitsauflagen grundsätzlich erfüllt. So wurde gegenüber den Kernkraftwerken der zweiten Generation die bereits heute sehr geringe Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses mit Kernschmelzen nochmals zehnmals verkleinert. Dennoch wurden von Entwicklungsbeginn an Vorkehrungen getroffen, die selbst bei einem hypothetischen Kernschmelz-Ereignis keine ins Gewicht fallenden radioaktiven Freisetzungen in die Umwelt zulassen.

**Fazit: Die für den Neubau in der Schweiz in Frage kommenden Reaktoren weisen eine nochmals stark gesteigerte Betriebssicherheit und einen weiter verstärkten Schutz der Umwelt vor radioaktiver Strahlung auf.**

# A16 Kleine Mengen radioaktiver Abfälle mit Entsorgungsnachweis

Stephan Amacker

Die Menge der radioaktiven Abfälle wird in der Kernenergie Diskussion meist krass überschätzt; viele Laien haben keine klare Vorstellung über die tatsächlichen Bestände der hoch-, mittel- und schwachaktiven Abfälle in der Schweiz. Doch gerade die Berechenbarkeit der vorhandenen und noch anfallenden Abfälle gehören zu den Stärken der Kernenergie.

Radioaktive Abfälle entstehen zum grössten Teil aus der Stromproduktion in den fünf schweizerischen Kernkraftwerken. Daneben entstehen sie in Medizin, Industrie und Forschung. Hinzu kommen nach Ende der Betriebszeit Abfälle aus dem Rückbau der Kernkraftwerke und der Forschungsanlagen. Die zu entsorgende Gesamtmenge dürfte sich bei Annahme einer 50-jährigen Betriebszeit der bestehenden Kernkraftwerke auf rund 7300 m<sup>3</sup> in Lagerbehälter verpackte hochradioaktive Abfälle belaufen. Dazu kommen rund 60 000 m<sup>3</sup> verpackte schwach- und mittelradioaktive Abfälle aus den Kernkraftwerken plus rund 33 000 m<sup>3</sup> aus Medizin, Industrie und Forschung. Insgesamt sind über diese 50 Jahre rund 100 000 m<sup>3</sup> zu entsorgen [22].

Die 7300 m<sup>3</sup> hochradioaktiven Abfälle entsprechen dem Raumbedarf von etwa sieben Einfamilienhäusern. Das Gesamtvolumen aller radioaktiven Abfälle von rund 100 000 m<sup>3</sup> entspricht etwa dem Volumen der alten Zürcher Bahnhofshalle. Zum Vergleich: Im gleichen Zeitraum von 50 Jahren hinterlässt jeder von uns aus der Kehrrichtverbrennung fast 50-mal mehr schwermetallhaltige Rückstände in Oberflächendeponien (Volumen Gesamtbevölkerung: 50 Zürcher Bahnhofshallen).

Sämtliche radioaktiven Abfälle werden als Feststoffe ins Tiefenlager verbracht. Fässer mit Flüssigkeiten, die auslaufen könnten, gibt es keine.

Schwach- und mittelradioaktive Abfälle setzen sich aus vielerlei Quellen zusammen und enthalten Stoffe wie Handschuhe, Kleider, Reinigungsmaterial usw. aus Kernkraftwerken, Labors und Spitälern mit radiologischer Exposition. Die Eigenstrahlung lässt rasch nach und stellt auch ohne Tiefenlagerung für den Menschen keine unmittelbare Gefahr dar. Solche Abfälle könnten wie z.B. in Frankreich in geschützten Lagerhallen oder Lagern an der Erdoberfläche bis zum vollständigen Abklingen der Strahlung gelagert werden. Da die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle keine Abkühlungszeit benötigen, können sie auch jederzeit in ein Endlager verbracht werden. In einigen Ländern – zum Beispiel Schweden, Finnland und Frankreich – sind solche Lager schon seit vielen Jahren in Betrieb.

**Fazit: Die Gesamtmenge der radioaktiven Abfälle ist gering und stellt vom Volumen her kein Problem für die dauerhafte Entsorgung dar.**

## **Vorbildliche Abfallentsorgung**

Jede Energiequelle hat ihre Vor- und Nachteile. Der Nachteil der Kernenergie sind die radioaktiven Abfälle. Sie sind beim Betrieb von Kernkraftwerken und beim Einsatz der Nukleartechnik in Medizin, Industrie und Forschung unvermeidlich.

Der Vorteil der hohen Energiedichte führt jedoch dazu, dass die Menge der radioaktiven Abfälle ausserordentlich gering ist. Der hochradioaktive Abfall, den jeder Bewohner der Schweiz nach 50 Jahren Kernenergienutzung zurücklässt, hat bequem in zwei Zündholzschachteln Platz.

Die radioaktiven Abfälle werden in der Schweiz in geologische Tiefenlager verbracht. In der Nordschweiz gibt es in einigen hundert Metern Tiefe den sogenannten Opalinuston. Dieses wasserundurchlässige und selbstabdichtende Gestein wurde vor 180 Millionen Jahren am Boden eines Meeres abgelagert. Das damals eingeschlossene Meerwasser ist auch heute noch da. Diese enorme natürliche Stabilität gibt Gewähr, dass die Nuklearabfälle während des Abklingens ihrer Radioaktivität eingeschlossen bleiben.

Nach eingehender Prüfung hat der Bundesrat die Entsorgungsnachweise für alle Arten von radioaktiven Abfällen genehmigt. Wir wissen, wie wir sie auf Dauer sicher entsorgen können. Offen ist nur noch, wo genau das Tiefenlager gebaut wird. Dazu hat der Bundesrat ein transparentes Verfahren eingeleitet, das schrittweise zur Wahl des Standorts führt. Auch die Finanzierung ist sichergestellt: Die gesamten Entsorgungskosten sind nach dem Verursacherprinzip im Preis des Atomstroms enthalten.

**Fazit: Der Bundesrat hat die Entsorgungsnachweise für alle Arten von radioaktiven Abfällen genehmigt!**

## A17 Geringer Material- und Landbedarf

Jan Stanek

Ein wesentlicher Faktor der Energieerzeugung ist die Energiedichte der Energiequellen und die Sicherheit der Erzeugung. Nicht nur unsere Luft, sondern auch der uns zur Verfügung stehende Lebensraum ist ein wichtiger Faktor. Gegenwärtig decken unsere Kernkraftwerke rund 40 % des Strombedarfes. Sie produzieren die Grundlast – 24 Stunden pro Tag – unabhängig von Jahreszeit, unabhängig von Sonnenschein und Wind.

Würde man das Kernkraftwerk Leibstadt mit installierter Leistung von 1165 MW durch Windkraftwerke ersetzen, müsste man für die gleiche Produktion theoretisch – wenn man die grössten Windräder mit einer Leistung von 2 MW, einer Höhe des Mastes von 105 m und einem Rotordurchmesser von 90 m voraussetzt – mindestens 3000 Stück aufstellen, die eine Fläche von 60 km<sup>2</sup> in Anspruch nähmen. Das ist mehr als die Fläche der Gemeinde Bern (51,6 km<sup>2</sup>) und etwas weniger als Winterthur (67,9 km<sup>2</sup>). Die Folgen für das Landschaftsbild kann man sich gut vorstellen: In einer Reihe nebeneinander aufgestellt, wäre eine Strecke von über 400 km erforderlich (mehr als die Distanz Genf–Romanshorn). Das Gelände des Kernkraftwerks Leibstadt umfasst hingegen 0,15 km<sup>2</sup>. Für den Bau der Windkraftwerke würden überdies 5.2 Millionen Tonnen Material benötigt.

Noch krassere Verhältnisse herrschen bei der Solarenergie. Die maximale Einstrahlung der Sonnenenergie beträgt bei optimalen Verhältnissen 1000 W/m<sup>2</sup>. Diese Energie kann man nicht vollständig in Strom umwandeln. Die nutzbaren temporären Höchstwerte bei der Stromerzeugung erreichen heute zirka 107 W/m<sup>2</sup>. Die Grössenordnungen gehen aus der Pressemeldung [19] über das grösste Solarkraftwerk in Portugal mit 11 MW installierter Leistung hervor, das 60 Hektaren belegt. Auch solche Kraftwerke müssen gesteuert werden. Die Steuerung braucht Strom auch in der Zeit, wenn die Sonne nicht scheint und der Wind nicht weht. Die Steuerung und Regulierung der Stromerzeugung ist beim nicht konstanten Energie-Input (Sonneneinstrahlung, Windverhältnisse) und den verlangten gleichmässigen Parametern des ins Netz gelieferten Stromes nicht einfach. Sie verlangt auch eine Wartung, die bei den grossen beanspruchten Flächen sehr anspruchsvoll und aufwendig wäre (siehe auch [20]).

Wind und Sonne sind eine willkommene Ergänzung der Stromversorgung. Doch sie können – auch bei massivem Ausbau – die Kernenergie nicht ersetzen, u. a. weil sie nicht rund um die Uhr zur Verfügung stehen. Im Winter scheint die Sonne in unseren Breiten nur kurz und schwach. Doch der Energiebedarf ist, wegen des Mangels an Sonnenlicht und Sonnenwärme, gerade in dieser Jahreszeit am höchsten. Solarstromproduktion ist zudem sehr materialintensiv und teuer. Die Schweiz hat bekanntlich auch keine windreichen Meeresküsten und gehört zu den windschwächsten Zonen Europas.

**Fazit: Die Stromproduktion aus alternativen Energiequellen in grossem Massstab könnte zu einem unverantwortlichen Material- und Landverschleiss führen. Kernkraftwerke dagegen beanspruchen viel weniger Materialaufwand und Landfläche.**

# A18 Mehrfache Überwachung

Jan Stanek

In den Kernkraftwerken läuft eine geregelte Kettenreaktion ab, die grosse Mengen Energie in Wärme umwandelt. Infolge der Auslegung des Reaktors und der Steuerung ist es unmöglich, dass diese Reaktion in eine unkontrollierte Kettenreaktion übergehen kann.

Die Sicherheitsaspekte, die dennoch überall berücksichtigt werden müssen, sind sehr umfangreich und werden durch mehrere Institutionen streng kontrolliert. Auch die unwahrscheinlichsten Risiken müssen abgedeckt sein. Die Sicherheitssysteme müssen doppelt oder dreifach vorhanden sein. So ist der «Brennstoff» – in unseren Reaktoren das Uran – immer von mindestens drei Barrieren umhüllt. Die Abschirmung des radioaktiven Inventars durch den Reaktordruckbehälter und die Sicherheitsbehälter stellt sicher, dass die radioaktive Strahlung nie nach aussen dringen kann. Die Kraftwerke werden auch gegen die von Menschen verursachten Gefährdungen geschützt, so gegen Explosionen, Flugzeugabsturz oder terroristische Anschläge.

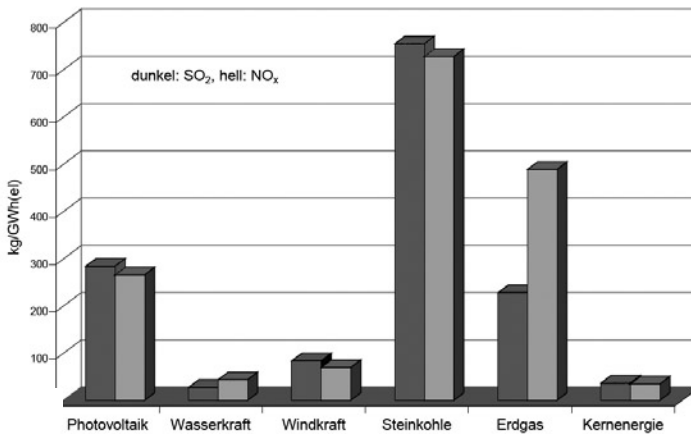
Bis Ende 2008 wurden die Kernkraftwerke in der Schweiz von der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) des Bundesamtes für Energie (BFE) überwacht, welche die Sicherheitsrichtlinien und Vorschriften formuliert und deren Einhaltung überwacht hat. Ab 1. Januar 2009 übernahm diese Aufgabe die Nachfolge-Organisation ENSI (Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat), welche direkt dem Bundesrat unterstellt ist. Das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) in Zusammenarbeit mit dem BFE ist für Bewilligungen zuständig. Europaweit und weltweit überwacht die IAEA (= International Atomic Energy Agency) Kernanlagen mittels des «Safeguards»-Programmes.

**Fazit: Die Sicherheitsrichtlinien und Vorschriften werden strengstens formuliert und deren Einhaltung wird von schweizerischen Behörden und weiteren internationalen Institutionen lückenlos überwacht. Die Stromproduktion in Kernkraftwerken ist damit sicher und effizient.**

# A19 Keine Abgabe von Luftschadstoffen

Dr. Urs Blumer

Neben der ausgezeichneten Bilanz der Kernenergie bezüglich des Treibhausgases CO<sub>2</sub> (siehe Argument A3) zeichnet sich die Kernenergie auch durch die Vermeidung weiterer schädlicher Emissionen aus. Dazu gehören vor allem Schwefeldioxid, Stickoxide und Stäube. Obschon heute bei fossil befeuerten Anlagen Rauchgasreinigungen verbreitet sind, bleiben halt doch noch wesentliche Emissionen, die nicht vermieden werden können. Das folgende Bild zeigt die Emissionen von Schwefeldioxid und Stickoxiden im Vergleich für Deutschland [21].



Emissionen von Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) und Stickoxiden (NO<sub>x</sub>) bei verschiedenen Verfahren der Stromerzeugung unter Berücksichtigung des gesamten Lebensweges der Anlagen (Photovoltaik, Wasser- und Windkraft: Mittelwerte)

Bei den Stäuben verhält es sich sehr ähnlich. Schwefeldioxid und Stickoxide belasten die Atmungsorgane; die Stäube enthalten eine Vielzahl von giftigen und zum Teil potenziell krebserzeugenden Stoffen (wie z.B. Arsen, Blei, Cadmium, Quecksilber) und können insbesondere als Feinstäube bis in die Lunge gelangen. Aus Schwefeldioxid und Stickoxiden entstehen mit der Luftfeuchtigkeit Säuren, die ebenfalls prinzipiell gesundheitsschädlich sind, wenn sie eingeatmet werden. Darüber hinaus beeinträchtigen sie das Pflanzenwachstum (und damit auch die Erträge von Feldfrüchten), versauern Gewässer und Böden (und tragen damit zu den Waldschäden bei) und greifen Bauwerke an (Rost an Metallkonstruktionen, Schäden am Sandstein von Bauwerken). Diese Schäden verursachen Kosten, die nicht in die betriebswirtschaftlichen Kalkulationen ihrer Verursacher eingehen, es sind sogenannte externe Kosten, die von Dritten oder der Allgemeinheit zu tragen sind.

**Fazit: Die Stromerzeugung durch Kernenergie trägt optimal zur Luftqualität bei. Die Schweiz hat davon über 30 Jahre profitiert, und es soll weiter so bleiben.**

# A20 Nachhaltigkeit

Dr. Urs Blumer

Die Kernenergie beruht heute hauptsächlich auf der Versorgung mit Uran. Dieses in der Natur vorkommende Metall ist in sehr grossen Mengen vorhanden, zum Teil in über die ganze Erde verteilten Erzlagerstätten, aber in noch viel grösserer Masse in den Weltmeeren [8]. Je nach Preis und eingesetzter Reaktortechnik reichen die Uranreserven noch sehr lange, auch bei einem Ausbau der Kernenergie. Das bedeutet eine hohe Versorgungssicherheit weit in die Zukunft. Da der Uranpreis nur einen verhältnismässig geringen Einfluss auf die Gesamt-Gestehungskosten des Kernenergie-Stroms hat, wird in der Zukunft auch der Abbau von zusätzlichen Uranvorkommen mit niedriger Konzentration, auch aus dem Meerwasser, weiter wirtschaftlich bleiben können. Dies gilt insbesondere auch dann, wenn die fossilen Energieträger aus Gründen der Knappheit oder Förder-Drosselung, wie zu erwarten ist, erhebliche Preissteigerungen erfahren werden. Auf dem Gebiet der konventionellen Reaktoren ist stetige Weiterentwicklung bereits gängige Praxis. Um die Stromproduktion immer sicherer zu gestalten, werden die jetzt überall anvisierten Neubauten mit Reaktoren der dritten Generation geplant oder gebaut.

Für die langfristige Zukunft mit Reaktoren der vierten Generation wird bereits geforscht und entwickelt.

In der ferneren Zukunft ist dabei auch wieder der Einsatz der Brütertechnologie zu erwägen. Bei dieser Technologie ist es möglich, die nuklearen Brennstoffe noch weitergehender zu nutzen, indem bei der Nutzung von Uran neuer Brennstoff «erbrütet» werden kann.

Darüber hinaus stehen noch riesige Mengen von Thorium als Kernbrennstoff zur Verfügung.

Zudem ist in noch fernerer Zukunft der Einsatz der Fusions-Technologie möglich, womit dann die Ressourcen-Probleme des Brennstoffes praktisch gänzlich verschwinden.

Um in der Zukunft diese weiteren Technologien zu nutzen, ist es zweckmässig, die nuklearen Technologien und die entsprechende Industrie zu erhalten und kontinuierlich weiter zu entwickeln.

**Fazit: Die Kernenergie weist dank ihrer Versorgungssicherheit vom Brennstoff her und dank ihres Entwicklungspotenzials eine grosse Nachhaltigkeit auf.**

# B1 Transport und Endlagerung radioaktiver Abfälle

Stephan Amacker

Es muss verhindert werden, dass radioaktive und toxische Stoffe langfristig ins Trinkwasser und damit in den Körper der Menschen und Tiere gelangen. Die toxischen Stoffe müssen, wie alle anderen, abgeschlossen aufbewahrt werden. Die strahlenden Stoffe können leicht durch Abschirmungen unschädlich gemacht werden.

Aus diesem Grund hat man Lagerstätten in wasserundurchlässigen Gesteinsschichten gesucht und gefunden, die über eine lange Zeit keine geologischen Veränderungen erfahren.

So liegt zum Beispiel die Gesteinsformation des Opalinustons bei Benken seit rund 180 Millionen Jahren über 600 m unbeweglich unter der Erdoberfläche. Diese geologische Masse hat, mit einer Ausdehnung bis nach Solothurn und einer Dicke von 110 m als feinkörnige Meeresablagerung, ohne Schaden zu nehmen, alle Bewegungen der Erdkruste während dieser langen Zeit überstanden.

Die Frage ist nun, ob es dieser geologischen Schicht gelingt noch eine weitere lange Zeit unverändert an dieser Stelle zu liegen, bis die Strahlung der eingelagerten Abfälle abgeklungen ist. Es musste der Nachweis erbracht werden, dass sich keine Risse bilden oder die Schicht ihre Wasserundurchlässigkeit für eine lange Zeit beibehält. Die Meinung der Geologen ist eindeutig: keine Probleme für die Endlagerung in diesem geeigneten Gestein!

Wer sich weiter informieren will findet in [22] weitere Unterlagen.

**Fazit: Es bestehen keine rationalen Bedenken zu den in Frage kommenden Endlagerstätten.**

Absolut oder im Verhältnis zum Wirtgestein gesehen, handelt es sich beim radioaktiven Abfall um eine sehr kleine Menge, die transportiert werden muss: durchschnittlich ein mittelgrosser Lastwagen pro Woche, wobei der grösste Teil des Materials nur schwach radioaktiv ist.

Wegen der speziell konstruierten und getesteten Sicherheitsbehälter für den Transport würden Unfälle ohne Auswirkungen bleiben, da selbst Lastwagen- und Zugsunfälle simuliert und Praxistests ausgeführt wurden.

Die einzigen vernachlässigbaren «Risiken» beim Transport entstanden bisher durch die Blockaden von Strassen und Zugsstrecken in Deutschland und England durch Aktivisten unter den Kernenergiegegnern.

**Fazit: Der Transport von radioaktiven Abfällen birgt keine echten Risiken.**

## B2 Tschernobyl

Dr. Urs Blumer

Das Reaktorenprogramm der Sowjetunion basierte 1986 im Wesentlichen auf zwei verschiedenen Reaktortypen: auf grafitmoderierten Siedewasserreaktoren und herkömmlichen Druckwasserreaktoren. Erstgenannte werden auch als Reaktoren grosser Leistung mit Kanälen (RBMK) bezeichnet. In Tschernobyl waren 1986, als das Unglück passierte, vier Blöcke des Typs RBMK mit einer Leistung von je 1000 Megawatt in Betrieb, zwei weitere waren im Bau.

Zur Erklärung der Unfallursachen konnte man nicht auf Erfahrungen aus vergleichbaren Ereignissen zurückgreifen. Man war auf Augenzeugenberichte, auf nach dem Unfall durchgeführte Messungen sowie nachgestellte Experimente angewiesen. Die Ursachen des Unglücks werden heute als ein verhängnisvolles Zusammentreffen von menschlichem Versagen und unvollkommener Technik beschrieben.

Beide Ursachen-Kategorien sind mit dem westlichen Standard nicht vergleichbar. Zum menschlichen Faktor: Die Betriebsmannschaft war unter dem dirigistischen System der Sowjetunion schlecht ausgebildet, das Know-how war im Staat in den Entwicklungsinstituten zentralisiert und es gab keine vergleichbare Sicherheitskultur in den Werken. Zur Technik: Die Sicherheitseigenschaften der RBMK-Reaktoren sind damals derart schlecht gewesen, dass dieser Typ im Westen nicht hätte gebaut werden dürfen. Eine herausragende dieser schlechten Eigenschaften ist die Tatsache, dass sich die Kettenreaktion mit steigender Leistung erhöht, was einer sogenannten positiven Rückkopplung entspricht, die eine Explosion begünstigt. Bei westlichen Leichtwasserreaktoren ist diese Rückkopplung negativ, d.h. der westliche Leichtwasserreaktor hat die Eigenschaft, sich bei Leistungserhöhungen selber abzustellen.

Obwohl also dieser Reaktortyp von Tschernobyl nicht mit den westlichen Reaktoren vergleichbar war, hat dieser Unfall auch die Sicherheitsforschung und die Sicherheitskultur bei den Reaktoren in der übrigen Welt nochmals beschleunigt und damit die Sicherheit auch dieser westlichen Reaktoren nochmals bedeutend erhöht.

**Fazit: Der Unfall von Tschernobyl ist bei Leichtwasserreaktoren westlicher Bauart physikalisch nicht möglich, und ein Vergleich ist deshalb nicht zutreffend. Heutige westliche Reaktoren sind in jeder Hinsicht sicherer, und ein solcher Unfall kann ausgeschlossen werden.**

## **B3 Nukleare Waffenproduktion**

Dr. Urs Blumer

Die Schweiz hat, wie die meisten Staaten, die Kernkraftwerke betreiben, den internationalen Atomsperrvertrag aus dem Jahre 1970 unterzeichnet [23]. Dieser hat zum Ziel, die Weiterverbreitung von Kernwaffen zu verhindern. Zu diesem Zweck hat die Internationale Atomenergie-Organisation IAEA in Wien ein Kontrollsystem aufgebaut, um zu überprüfen, ob ein Staat Kernmaterial oder nukleare Ausrüstungen zweckentfremdet. Die Schweiz und zahlreiche weitere Kernenergieländer halten sich strikt an diesen Vertrag.

Von Wien aus kann so zum Beispiel über installierte Kameras in den meisten KKW die Handhabung des Brennstoffes online überwacht werden. Eine Manipulation der Kameras ist dank regelmässiger Inspektionen nicht möglich.

Diejenigen Staaten, die bereits über Kernwaffen verfügen, verwenden überdies nicht Kernkraftwerke zur Stromerzeugung für die Herstellung von Waffenmaterial, da sich diese dafür nicht eignen. Da die Schweiz kein nukleares Waffenprogramm betreibt und Verträge mit Nachbarstaaten über die Wiederaufarbeitung und Rückführung des Brennstoffes hat, kann der Betrieb der Schweizer Reaktoren nicht zur Waffenproduktion beitragen.

**Fazit: Die westlichen Leichtwasserreaktoren stellen kein Risiko für die Zweckentfremdung des Kernbrennstoffes zu militärischen Zwecken dar.**

## **B4 Terrorismus, Flugzeugangriff**

Georg Hirschle

Ausgelöst durch die Terroranschläge in den USA vom 11. September 2001 hat die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen HSK (heute ENSI) von den schweizerischen Kernkraftwerken eine umfassende Untersuchung über die Konsequenzen eines vorsätzlich herbeigeführten Flugzeugabsturzes auf ein Kernkraftwerk gefordert. Die Resultate dieser Abklärungen von der HSK sind im März/April 2003 publiziert worden [24].

Als Schlussfolgerung dieser Untersuchungen stellte die HSK fest, dass für die neueren KKW Gösgen und Leibstadt praktisch ein Vollschutz nachgewiesen werden konnte. Für die älteren Anlagen Beznau und Mühleberg kommt die HSK zum Schluss, dass der Schutzgrad ebenfalls hoch und die Wahrscheinlichkeit für die Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung bei einem Terroranschlag mit einem Flugzeug gering ist.

Technische Grossanlagen können leider jederzeit Ziel solcher Ereignisse, wie die Terroranschläge in den USA, werden. Deshalb bewirken solche Vorkommnisse immer eine Forderung nach Verschärfung der Sicherheitsauflagen für den Bau neuer Anlagen.

**Fazit: Bereits die heutigen Kernkraftwerke in der Schweiz sind gegen terroristische Aktivitäten, inklusive Flugzeugangriffe, sehr gut geschützt.**

# B5 Einwand «Strom sparen»

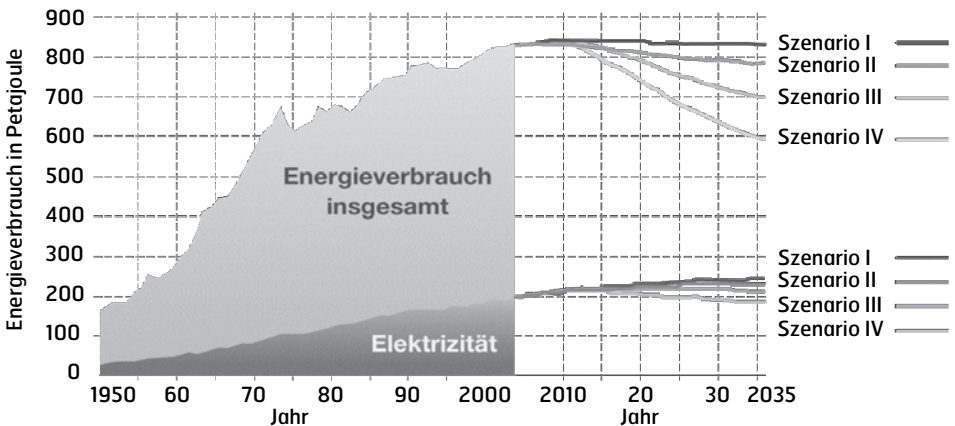
Dr. Urs Blumer

Es ist in das allgemeine Bewusstsein der Schweizer Bevölkerung getreten, dass unser Planet Erde grundsätzlich beschränkte Ressourcen hat. Wichtiger als Energie sparen ist jedoch die Frage, aus welchen Ressourcen wir unsere Energie gewinnen. Das Bundesamt für Energie hat Anfang 2007 mit den «Energieperspektiven 2035» [2] eine Studie veröffentlicht, die genau dieser Frage nachgegangen ist.

Die 4 Hauptverursacher des Energiekonsums sind Verkehr (zirka 30%), Haushalte (zirka 30%), Dienstleistungen inklusive Landwirtschaft (zirka 20%), Industrie (zirka 20%).

## Was also ist das Potenzial zur Stromreduzierung?

Die 30% Verkehr basieren weitgehend auf fossilen Quellen und nicht auf Strom. Also bringen Sparanstrengungen im Verkehr vorerst keinen Effekt für den Strom. Bei den Haushalten ist ein beträchtlicher Teil Heizenergie, die auch zu einem grossen Teil auf Erdölprodukten basiert. Es ist sinnvoll und möglich, hier Einsparungen zu erzielen. Neben zusätzlicher Wärmedämmung wird heute bereits vielfach auf den Ersatz von Erdölprodukten durch Wärmepumpen gesetzt. Zudem wird schon bald der Einsatz von Hybrid- und Elektroautos marktfähig, deren Batterien nachts mit nuklearem Strom aufgeladen werden [29]. Durch diese Wärmepumpen und Elektroautos lassen sich nicht nur wesentliche Reduktionen von CO<sub>2</sub>-Emissionen erzielen, sondern eben auch Energie sparen. Der Stromverbrauch jedoch steigt dabei. Das kommt im Diagramm aus «Energieperspektiven 2035» des BFE [2] zum Ausdruck:



Quelle: Bundesamt für Energie, Energieperspektiven 2035, Januar 2007

**Fazit: Sparanstrengungen für die Gesamtenergie bringen kaum Stromeinsparungen, sie führen in der Regel zu einem höheren Stromverbrauch!**

## **B6 Einwand «Strom importieren»**

Dr. Urs Blumer

Warum ist die in zunehmendem Masse zu erwartende Stromlücke zwischen Eigenproduktion und Eigenverbrauch des Stroms in der Schweiz kaum durch Importe zu decken?

Gegen dieses Szenario des Imports sprechen folgende Gründe:

- Im umliegenden Ausland sind sehr ähnlich gelagerte Engpässe der Stromproduktion zu erwarten. In unserem südlichen Nachbarland Italien ist bereits heute dieser Engpass vorhanden, und in den anderen Ländern zeichnet sich dies ab, weil die Produktionsinfrastruktur altert und durch neue Anlagen ersetzt werden muss. Die Kapazität wird also auch dort knapp.
- Die Übertragungskapazitäten werden nicht zur Verfügung stehen! In der Strombranche kennt man folgendes Bonmot: «Es ist heute in Mitteleuropa schwieriger, 50 km Hochspannungsleitungen zu erstellen als ein KKW!»
- Die Schweiz hat es mit der eigenen Stromproduktion in der Hand, den besonders hohen Sicherheitsstandard der Kernkraftwerke im eigenen Land aufrechtzuerhalten.
- Die Schweiz hat traditionell eine deutlich über dem internationalen Durchschnitt liegende Verfügbarkeit ihrer Strom-Produktionsanlagen. Es ist deshalb auch wirtschaftlich sinnvoll, den Strom weiter im eigenen Land zu produzieren.
- Die Arbeitsplätze für die Stromproduktion bleiben im Falle der schweizerischen Anlagen bei uns. Auch Schweizer Zulieferbetriebe können davon profitieren und sogar mit dem gewonnenen Know-how ins Ausland exportieren.
- Der unabhängige, ideale Schweizer Strom-Mix «Wasser- und Kernenergie» für die Stromproduktion soll nicht gestört werden. (Argument A7).
- Unser Land hat dank der Eigenproduktion auch politisch einen besseren Handlungsspielraum.
- Der Stromimport aus dem Ausland ist wirtschaftlich nicht interessant, da die Stromkosten überdurchschnittlich steigen würden.

**Fazit: Das Import-Szenario von Strom wäre strategisch falsch und kapazitätsmässig beschränkt.**

# C1 Standortwahl für Kernkraftwerke

Stephan Amacker

Die Bewilligung des Standortes eines Kernkraftwerkes obliegt dem Bund resp. dem Volk. Die Vergangenheit hat gezeigt, dass man in der demokratischen Schweiz mit einigem Feingefühl vorgehen muss, will man Erfolg haben.

Für die Standortwahl eines neuen Kernkraftwerkes sind objektive wie auch politische Kriterien wichtig.

Zu den objektiven Kriterien gehören:

- Die Standortfläche sollte mindestens  $0,06 \text{ km}^2$  (= 6 Hektaren oder  $60\,000 \text{ m}^2$ ) betragen.
- Für Kühlzwecke oder zur Wassereinspeisung muss ein grosser Fluss in der Nähe sein (Rhein, Aare oder Rhone).
- Zur Einspeisung des erzeugten Stromes sollte eine grosse Hochspannungsleitung in der Nähe liegen.

Ein Genehmigungsverfahren kann wesentlich verkürzt werden, wenn folgende politische Kriterien erfüllt sind:

- Die Standortgemeinde akzeptiert mehrheitlich die Standortwahl und profitiert wirtschaftlich davon.
- Die Kosten für den Bau werden durch den gewählten Standort nicht wesentlich in die Höhe getrieben (z. B. durch fehlenden Leitungsanschluss).

Konkret sind heute folgende Standorte für Ersatz-Kernkraftwerke vorgeschlagen: Beznau AG, Niederamt SO und Mühleberg BE.

**Fazit: Die Standortwahl ist ein anspruchsvoller Prozess beim Bau eines neuen Kernkraftwerkes und erfordert Sachverstand sowie politisches Feingefühl und Durchsetzungsstärke.**

## C2 Standortwahl für Endlagerorte

Stephan Amacker

Gemäss dem Kernenergiegesetz der Schweiz KEG [26] müssen die radioaktiven Abfälle von ihren Verursachern so entsorgt werden, dass der dauernde Schutz von Mensch und Umwelt gewährleistet ist. Die Betreiber der Kernkraftwerke sowie die Schweizerische Eidgenossenschaft (zuständig für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung) haben für diese Aufgabe 1972 die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) gegründet [22].

Zur Verhinderung neuer (oder den Ersatz bestehender) Kernkraftwerke wurde in den letzten Jahren durch die AKW-Gegnerschaft versucht, den Bau von geologischen Tiefenlagern für radioaktive Abfälle in der Schweiz zu verhindern. Deshalb gelten für Tiefenlager-Standorte dieselben politischen Kriterien wie für Standorte neuer Kernkraftwerke.

Die objektiven Kriterien für einen Standort zur Lagerung hochradioaktiver Abfälle sind dank folgender Nachweise in der Schweiz erfüllt:

- Ausgedehnte, wasserundurchlässige Gesteinsschicht (zum Beispiel Opalinuston) ist vorhanden
- Geologischer Nachweis, dass sich das Wirtgestein für lange Zeit nicht verändert und die sicherheitstechnischen Auflagen auf Dauer erfüllt werden
- Ausschluss einer Durchdringung durch Wasser in dieser Zeit
- Sicherheitstechnischer Abschluss der Lagerstätte
- Die Lagerung führt nicht zu grossem Verkehrsaufkommen resp. zu grossen Immissionen am Standort

Alle diese Nachweise wurden zwischenzeitlich geführt und vom Bundesrat mit dem Entsorgungsnachweis 2006 akzeptiert.

Die zu einem Tiefenlager gehörenden Anlagen an der Oberfläche sind nicht sehr gross (vergleichbar mit einem KMU). Die Standortgemeinde kann zudem entscheidenden Einfluss auf die Lage der Oberflächen-Anlage nehmen (zum Beispiel in einem bestehenden Industriegebiet, in einer alten Kiesgrube, unsichtbar hinter dem Wald usw.).

Es gehört zu den Pflichten unserer Generation, radioaktive Abfälle verantwortungsvoll zu entsorgen, sodass künftige Generationen damit nicht belastet werden. Das ist auch das Ziel von Bundesrat und Nagra.

Mit dem Sachplan Geologisches Tiefenlager wird in den nächsten Jahren in einem partizipativen, politischen Verfahren der Standort für die Tiefenlagerung festgelegt.

**Fazit: Das Problem der Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Schweiz ist technisch gelöst und politisch lösbar.**

## C3 Wärmeauskoppelung und Fernwärmenetze

Stephan Amacker

Die 5 schweizerischen Kernkraftwerke erzeugen rund 180 PJ (1 PJ =  $10^{15}$  Joule =  $2,78 \times 10^8$  Kilowattstunden) Abwärme jährlich, die über Kühltürme oder Wärmetauscher in Luft oder Flüsse abgegeben werden. Dabei handelt es sich um einen Anteil von 26% der durch fossile Energieträger erzeugten Wärme in der Schweiz.

Es wäre nun unter Umweltschutzaspekten naheliegend, dass diese Energiemenge sinnvoll genutzt würde. Möglichkeiten bieten Fernwärmenetze und industrielle Anwendungen. Die Möglichkeiten für die Abnahme von Wärme sind allerdings beschränkt.

Da bei den bestehenden Kernkraftwerken die Abwärme bei zirka 27 °C anfällt, muss dieses Wärmeniveau mittels anderer Auslegung des Kondensators oder Zuführung von Dampf, auf Kosten eines leicht geringeren Anteils der Stromproduktion, auf ein höheres Temperaturniveau angehoben werden.

Seit Betriebsbeginn wird durch das Kernkraftwerk Gösgen eine Kartonfabrik in der Nähe und seit etwa 20 Jahren das «Bally-Areal» mit Wärme versorgt.

Ein erstes Fernwärmenetz wurde in Beznau für die umliegenden Gemeinden realisiert und ist seit 1983 erfolgreich in Betrieb (Refuna).

Der wichtigste Grund, weshalb Fernwärmenetze nicht in grösserem Massstab realisiert wurden, ist die Tatsache, dass die AKW-Gegner darin einen Grund zur Rechtfertigung von Kernkraftwerken sahen. Zudem war die Fernwärme damals an der Grenze der Wirtschaftlichkeit.

In Anbetracht des starken Anstiegs des Erdölpreises könnten solche Fernwärmenetze im Sinne der Energieeffizienz in die Planung aufgenommen werden.

**Fazit: Fernwärme aus Kernkraftwerken kann sinnvoll sein, dient der Einsparung fossiler Brennstoffe und damit der weiteren Reduktion von CO<sub>2</sub>. Kernkraftwerke sind allerdings auch ohne Nutzung der Abwärme aus ökologischer Sicht erwünscht.**

## C4 Kühlturm

Charles Henry

Kernkraftwerke der jetzigen Generation können aus physikalischen Gründen nur etwa einen Drittel der aus der Kernspaltung gewonnenen Wärme in Strom umwandeln. Die übrige Wärme, die sogenannte Abwärme, wird bisher über einen Fluss oder über einen Kühlturm abgeführt. Dasselbe trifft übrigens auch bei Kohle-, Gas- und Ölkraftwerken zu. Kühltürme sind also nicht auf Kernkraftwerkanlagen beschränkt, sondern müssen auch bei fossilen Kraftwerken eingesetzt werden. Um das Landschaftsbild nicht allzu stark zu verändern, wird ihr Fuss teilweise unter das Bodenniveau gesenkt (in Leibstadt 15 m abgesenkt bei 144 m Kühlturmhöhe [27]).

Die älteren Kernkraftwerke der Schweiz (Beznau und Mühleberg) konnten noch ohne Kühlturm gebaut werden, da sie wegen ihrer Leistung von lediglich ca. 370 MWe die Wassertemperatur der Aare durch die Flusswasserkühlung um höchstens 3°C erwärmen. 1971 verbot der Bundesrat die Flusswasserkühlung, was zum Bau von Kühltürmen für die Kraftwerke Gösgen und Leibstadt führte.

Diese Kühltürme gehören zur Bauart der Nasskühltürme, bei welchen das Kühlwasser seine Wärme durch Verdunstung an die Umgebungsluft abgibt. Dadurch erwärmt sich die Luft im Kühlturminnern und erzeugt einen aufsteigenden Sog. Die Luft wird mit Wasserdampf gesättigt und erzeugt einen Dampfschwaden, der den ungern gesehenen Schattenwurf auf die umliegenden Gebiete verursacht. Ferner muss die mit der Luft abgeführte Wassermenge ersetzt werden.

Will man keinen Dampfschwaden, kommt der Hybridkühlturm zur Anwendung. Alle Projekte für die KKW-Ersatzbauten in der Schweiz sehen Hybridkühltürme vor. Sie haben den Vorteil der geringen Höhe und Sichtbarkeit sowie der fehlenden Nebelschwaden. Allerdings verringert sich die Nettostromproduktion geringfügig.

**Fazit: Kühltürme sind bei jeder Art von thermischen Kraftwerken erforderlich, wo eine direkte Flusswasserkühlung nicht möglich ist (in der Schweiz per Gesetz seit 1971 verboten). Die sichtbare Schwadenwolke ist mit Wasser gesättigte Luft und enthält keine radioaktiven Stoffe. Für alle KKW-Projekte in der Schweiz sind Hybridkühltürme vorgesehen, die keine Dampfschwaden erzeugen.**

# C5 Kernkraftwerke: Zahl und Leistungsgrösse

Dr. Urs Blumer

Grundsätzlich ist die Wahl der Reaktorenleistungs-Grösse und damit die Anzahl Reaktoren nicht durch Regulierung festzulegen, sondern sollte dem Resultat der wirtschaftlichen und marktkonformen Optimierungen der Stromversorger überlassen werden.

Die Zahl und die Leistungsgrösse der neuen Reaktoren sind im Prinzip nach folgenden Kriterien zu wählen:

- Bedarf aufgrund der entstehenden Stromlücke, d.h. infolge des Ersatzes der Reaktoren am Ende ihrer Lebensdauer, des Wegfalls der Lieferverträge mit Frankreich sowie infolge des Wachstums der allgemeinen Stromnachfrage.
- Verfügbarkeit der am Markt bereits entwickelten und etablierten Reaktoren der dritten Generation.
- Ökonomischer Aspekt: Wenige grössere Reaktoren können tendenziell günstigere Stromgestehungskosten erbringen.
- Ökonomischer Aspekt: Mehrere kleinere Reaktoren bringen bessere Produktionsflexibilität, insbesondere für Stillstandszeiten während Revisionen usw.
- Standortbedingungen bezüglich Platzverhältnissen, Kühlmöglichkeiten und Netzeinbindungen.

Die durch die Schliessung der älteren Kernkraftwerke Beznau I, Beznau II und Mühleberg entstehende Stromlücke wird sich auf 1100 Megawatt belaufen. Dazu kommt der Wegfall der Lieferverträge mit Frankreich und die weitere Lücke infolge steigender Strom-Nachfrage wegen den Anstrengungen, fossile Energien im Heizungsbereich durch Wärmepumpen zu ersetzen. Damit ist in der Schweiz für die nächsten 25 Jahre (bis 2035) ein Bedarf von rund 3200 Megawatt ausgewiesen. Dieser Bedarf kann zum Beispiel gedeckt werden durch

- 2 EPR-Reaktoren à 1600 MW von Areva
- 2 AWBR- bzw. ESBWR-Reaktoren à ca. 1500 MW von General Electric/Hitachi
- 3 AP-1000-Reaktoren à 1154 MW von Westinghouse

Alle diese Reaktoren der 3. Generation sind anderswo entweder bereits im Betrieb, im Bau oder in der Planung. Zum Zeitpunkt, wo neue Schweizer KKW dieser Generation ans Netz gehen werden, liegen für alle Typen die Betriebserfahrungen aus anderen Ländern vor.

**Fazit: Die sich abzeichnende Stromlücke muss mit der Betriebsaufnahme von Ersatz-Kernkraftwerken mit einer Gesamtleistung von 3200 Megawatt vermieden werden. Ein erstes Ersatz-KKW muss im Zeitraum 2020/25 in Betrieb gehen. Die Zeit der politischen Grundsatzenscheidung drängt also, weil Kernkraftwerke nicht über Nacht gebaut werden können!**

## C6 Kernkraftwerke: Sommerbetrieb, Flusswasserkühlung

Charles Henry

Kernkraftwerke müssen in regelmässigen Zeitabständen von 1 bis 2 Jahren für den Brennstoffwechsel planmässig abgestellt werden, um Wartungsarbeiten, Inspektionen, Austausch von Komponenten, Nachrüstungen usw. vorzunehmen. In der Schweiz finden solche Revisionsarbeiten, die von den Behörden überwacht werden, einmal pro Kalenderjahr statt. Sie werden im Sommerhalbjahr durchgeführt, da dann der Strombedarf am niedrigsten ist. So lag z.B. im Jahre 2006 die Produktion bei 12 083 GWh im Sommer resp. 14 195 GWh im Winter [1].

Erinnern Sie sich an den Jahrhundertsommer 2003? Wegen der hohen Temperaturen und der niedrigen Niederschlagsmengen sank die Wasserführung der Flüsse auf einen Tiefststand. Da gemäss Gesetz die Flusswassertemperatur durch die Abwärme eines Kraftwerkes um höchstens 3° C ansteigen darf, hatte dieser extreme Sommer (geringe) Auswirkungen auf den Betrieb der an der Aare gelegenen Kernkraftwerke mit direkter Flusswasserkühlung (KKW Beznau I und II sowie KKW Mühleberg) [1]. Die Kernkraftwerke mit Kühlturmkühlung (Leibstadt und Gösgen) mussten hingegen keine Leistungseinbussen hinnehmen. Die Produktion der Laufkraftwerke bei Niedrigwasser war aber stark beeinträchtigt.

**Fazit: Der geringere Strombedarf während der Sommermonate wird für zeitlich gestaffelte Revisionsarbeiten an KKW genutzt. Bei ausserordentlich niedriger Wasserführung der Flüsse ist die Stromproduktion von Laufkraftwerken stark eingeschränkt. Neue KKW, die mit Kühltürmen ausgestattet sind, können jedoch ohne Einbusse der Produktion betrieben werden.**

# C7 Lebensdauer der heute betriebenen Reaktoren

Dr. Urs Blumer

Die Investitionen in die Schweizer Kernkraftwerke sind so vorgenommen worden, dass eine sichere Betriebsdauer von mindestens 50 Jahren (Beznau und Mühleberg) respektive 60 Jahren (Gösgen und Leibstadt) gewährleistet werden kann. Seit dem Bau hat man nun dank laufender Überwachung eine noch genauere Kenntnis der Betriebsweise und der Alterung der Komponenten. Es ist dabei überwiegend festgestellt worden, dass nach den entsprechenden Betriebszeiten grosse Lebensdauer-Margen gegenüber den Annahmen beim Bau vorhanden sind. Wo dies in Einzelfällen nicht zutrifft, wird durch Reparatur oder Austausch von Komponenten der ursprüngliche Zustand wieder hergestellt.

In der Schweiz sind zudem systematische Alterungs-Überwachungs-Programme (AÜP) installiert worden, die durch folgende Aktionen die Zuverlässigkeit des Betriebes auch bei fortgeschrittenem Alter sicherstellen:

- Messungen und Buchhaltung zur wirklichen Betriebsweise
- Periodische zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen
- Analytische betriebsbegleitende Lebensdauerberechnungen bezüglich Ermüdung und Korrosionen
- Überwachung und Auswertung der Neutronenversprödung des Reaktordruckbehälters seit dem Bau mit speziellen Materialproben im Kern
- Optimierung der Fahrweise des Reaktors bezüglich Lebensdauer
- Optimierung der Wasserchemie im Primär- und Sekundärkreis des Reaktors
- Reparatur von Komponenten
- Austausch von Komponenten (zum Beispiel ganze Dampferzeuger)

Diese systematische Lebensdauer-Überwachung und die damit verbundene Erfahrungsbasis hat dazu geführt, dass z.B. in den USA die Lizenz der meisten Reaktoren bereits von 40 auf 60 Jahre verlängert werden konnte. In der Schweiz (wie auch in anderen europäischen Ländern) werden sog. PSÜ (periodische Sicherheitsüberprüfungen) durchgeführt, die alle 10 Jahre den aktuellen Sicherheitsstand überprüfen. Daraus abgeleitete Forderungen der Sicherheitsbehörden werden laufend berücksichtigt. Dieses System der PSÜ gilt sowohl vor wie nach dem Alter von 50 Jahren der Anlage, weshalb die 50 Jahre in diesem System keine besondere Schwelle darstellt.

**Fazit: Die heute betriebenen Reaktoren der 2. Generation können bei der entsprechenden Alterungs-Überwachung mindestens 50 respektive 60 Jahre sicher betrieben werden.**

## D Referenzen

- [1] Bundesamt für Energie, Elektrizitätsstatistik 2006
- [2] Bundesamt für Energie, «Die Energieperspektiven 2035» (5 Bände), Januar 2007
- [3] Nuklearforum Schweiz, Faktenblatt März 2002, Wirtschaftlichkeit der Kernenergie
- [4] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Fourth Assessment Report, Climate Change 2007: Synthesis Report, 17th November 2007
- [5] «Climate Change and Power Industry», State of the scientific research, Rüdiger Beising, VGB PowerTech 6/2007
- [6] Areva (vormals Framatome ANP GmbH): Argumente, November 2005
- [7] [www.kernenergie.ch](http://www.kernenergie.ch) (Info-Stelle von swissnuclear)
- [8] Nuklearforum Schweiz, Faktenblatt «Uran – Ressource mit Zukunft», August 2008
- [9] [www.atomenergie.ch/de/internationale-ueberwachung](http://www.atomenergie.ch/de/internationale-ueberwachung)
- [10] [www.hsk.ch](http://www.hsk.ch) und/oder [www.ensi.ch](http://www.ensi.ch)
- [11] PSI-Studie auf [www.psi.ch](http://www.psi.ch)
- [12] [www.polittrends.ch/abstimmungen/abstimmungsanalysen/vox-analysen/031805d.html](http://www.polittrends.ch/abstimmungen/abstimmungsanalysen/vox-analysen/031805d.html)
- [13] [www.admin.ch/ch/d/pore/va/20030518/index.html](http://www.admin.ch/ch/d/pore/va/20030518/index.html)
- [14] [www.ensi.ch](http://www.ensi.ch)
- [15] [www.iaea.org/Publications/Factsheets/English/ines.pdf](http://www.iaea.org/Publications/Factsheets/English/ines.pdf)
- [16] [www.iaea.org](http://www.iaea.org)
- [17] <http://nucleus.iaea.org>
- [18] Nuklearforum Schweiz, Faktenblatt «EPR: Erfahrung und Innovation», Juli 2006
- [19] NZZ 14./15. April 2007
- [20] Möglichkeiten der erneuerbaren Energien – eine Studie der Technischen Wissenschaften – NZZ 10. Januar 2007
- [21] Team der Energie-Fakten Deutschland, [www.energie-fakten.de/html/emissionen\\_vergleich.html](http://www.energie-fakten.de/html/emissionen_vergleich.html)
- [22] [www.nagra.ch](http://www.nagra.ch)
- [23] Nuklearforum Schweiz, «Kernenergie für die Schweiz», Quellenmaterial, Juli 2007
- [24] HSK Bericht «Stellungnahme der HSK zur Sicherheit der schweizerischen Kernkraftwerke bei einem vorsätzlichen Flugzeugabsturz», März 2003 und HSK Medienmitteilung vom 3. April 2003
- [25] [www.nuklearforum.ch](http://www.nuklearforum.ch)
- [26] [www.admin.ch/ch/d/ff/2003/3665.pdf](http://www.admin.ch/ch/d/ff/2003/3665.pdf)
- [27] Information KKW Leibstadt
- [28] <http://www.iaea.org/NewsCenter/News/2008/uraniumreport.html>
- [29] Jahresbericht 2007 der EOS (Electricité de l'Ouest-Suisse)

# Neue Kernkraftwerke in der Schweiz.

## Zusammenfassung der Stichworte und Fazite.

Nr.	Stichworte	Fazite
A1	Ausreichende Stromversorgung	<p>Ohne den Lebenssaft «Elektrizität» ist die heutige Gesellschaft nicht überlebensfähig!</p> <p>Ohne ausreichende Versorgung mit dem Lebenssaft «Elektrizität» wird die Gesellschaft gelähmt!</p> <p>Die Stromnachfrage wird gegenüber heute weiter steigen.</p> <p>Die in der Zukunft ohne entschlossenes Handeln entstehende ständig zunehmende Stromlücke muss politisch energisch angegangen und geschlossen werden!</p>
A2	Wirtschaftliche Stromerzeugung	<p>Nuklearstrom ist äusserst wirtschaftlich und wird im Vergleich zunehmend preisgünstiger, weitgehend unabhängig vom Uranpreis.</p>
A3	Sehr niedrige CO <sub>2</sub> -Emissionen	<p>Die infolge der Verbrennung fossiler Energieträger wie Öl, Gas und Kohle entstehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen sind unbedingt auf ein Minimum zu reduzieren. Der Bereich der Stromproduktion muss dazu einen wesentlichen Beitrag leisten.</p> <p>Die Kernenergie ist die einzige Stromquelle, welche die bisher mustergültige CO<sub>2</sub>-Emissions-Bilanz der Schweizer Elektrizitätserzeugung ohne Stromlücken weiter garantieren kann. Ein Neubau von Ersatz-Kernkraftwerken in naher Zukunft ist deshalb zwingend.</p>
A4	Uranversorgung	<p>Der Brennstoff Uran ist dank seiner hohen Energiedichte äusserst rationell einsetzbar.</p> <p>Uran ist von der Ressourcenbasis her eine nachhaltige Energiequelle (siehe auch A20).</p> <p>Die Versorgungssicherheit mit Uran ist aus politischer und quantitativer Sicht für mehr als die kommenden 100 Jahre zu günstigen Preisen gegeben (siehe auch A20).</p>

<b>A5</b>	Stromversorgungs-Kontinuität	Die Kernenergie bietet Gewähr für eine planbare, dauernde und mit hoher Sicherheit verfügbare Stromversorgung.
<b>A6</b>	Schonung fossiler Energieträger	Uran ersetzt und schont vielfach grössere Mengen an fossilen Energieträgern wie Kohle, Öl und Gas.
<b>A7</b>	Strom-Mix Kernenergie/Wasserkraft	Der schweizerische Strom-Mix aus Kernenergie und Wasserkraft ist ein Trumpf, der unbedingt zu erhalten ist.
<b>A8</b>	Politisch stabiles und technisch hochentwickeltes Land	Die Schweiz ist Garant für den sicheren Betrieb der Kernenergieanlagen und für eine lückenlose Überwachung des radioaktiven Materials.  Die anspruchsvolle Nukleartechnik wird durch das Schweizer Bildungswesen und die traditionelle Forschung ideal unterstützt.
<b>A9</b>	Arbeitsplätze	Die Kernkraft in der Schweiz schafft und erhält wertvolle Arbeitsplätze und ermöglicht massgebliche lokale Wertschöpfung und entsprechende Steuereinnahmen.  Eine günstige Stromversorgung ist ein entscheidender Produktionsfaktor für Industrie und Gewerbe und sichert Arbeitsplätze.  Dank ihrer zuverlässigen Stromproduktion sichern die Kernkraftwerke Arbeitsplätze in sämtlichen Branchen der Schweiz.
<b>A10</b>	Qualifizierte Mitarbeiter	Dank hoch qualifizierter Fachkräfte und moderner Forschung und Entwicklung wird Sicherheit in den Kernkraftwerken gewährleistet.  Dank mittel- und langfristiger Perspektiven für die zukünftige Stromversorgung der Schweiz mittels Kernenergie profitiert der Wirtschaftsstandort Schweiz mit seinem hohen Anteil an hoch qualifizierten Arbeitskräften.
<b>A11</b>	Soziale Verträglichkeit	Die Nutzung der Kernenergie geniesst hohe Akzeptanz in der Bevölkerung, sowohl national, wie insbesondere lokal, und ist deshalb sozial verträglich.

<b>A12</b>	Sicherheitsbilanz in der Schweiz	Die Schweizer Kernkraftwerke gewährleisten eine sichere und auch in Zukunft zuverlässige Stromproduktion.
<b>A13</b>	Sicherheitsbilanz weltweit	Die Energieerzeugung in Kernkraftwerken ist eine bewährte, ausgereifte Technik, die auch in Zukunft einen wichtigen und zunehmend grösseren Anteil der Stromproduktion weltweit einnehmen wird.
<b>A14</b>	Grosse Erfahrungsbasis	Der Erfahrungsschatz und der Erfahrungsaustausch innerhalb der an der Kerntechnik Beteiligten trägt ganz wesentlich zum hohen Sicherheitsgrad der KKW weltweit bei.
<b>A15</b>	Sicherheit neuer Reaktoren	Die für den Neubau in der Schweiz vorgesehenen Reaktoren weisen eine nochmals stark gesteigerte Betriebssicherheit und einen weiter verstärkten Schutz der Umwelt vor radioaktiver Strahlung auf.
<b>A16</b>	Kleine Mengen radioaktiver Abfälle mit Entsorgungsnachweis	Die Gesamtmenge der radioaktiven Abfälle ist gering und stellt vom Volumen her kein Problem für die dauerhafte Entsorgung dar.  Der Bundesrat hat die Entsorgungsnachweise für alle Arten von radioaktiven Abfällen genehmigt.
<b>A17</b>	Geringer Material- und Landbedarf	Die Stromproduktion aus alternativen Energiequellen in grossem Massstab könnte zu einem unverantwortlichen Material- und Landverschleiss führen. Kernkraftwerke beanspruchen dagegen viel weniger Materialaufwand und Landfläche.
<b>A18</b>	Mehrfache Überwachung	Die Sicherheitsrichtlinien und Vorschriften werden strengstens formuliert und deren Einhaltung wird von schweizerischen Behörden und weiteren internationalen Institutionen lückenlos überwacht. Die Stromproduktion in Kernkraftwerken ist damit sicher und effizient.
<b>A19</b>	Keine Abgabe von Luftschadstoffen	Die Stromerzeugung durch Kernenergie trägt optimal zur Luftqualität bei. Die Schweiz hat davon über 30 Jahre profitiert, und es soll weiter so bleiben.
<b>A20</b>	Nachhaltigkeit	Die Kernenergie weist dank ihrer Versorgungssicherheit vom Brennstoff her und infolge ihres Entwicklungspotenzials eine grosse Nachhaltigkeit auf.

## B Warum sind kritische Einwände ausräumbar?

Nr.	Stichworte	Fazite
B1	Transport und Endlagerung radioaktiver Abfälle	<p>Es bestehen keine rationalen Bedenken zu den in Frage kommenden Endlagerstätten.</p> <p>Der Transport von radioaktiven Abfällen birgt keine echten Risiken.</p>
B2	Tschernobyl	<p>Der Unfall von Tschernobyl ist bei Leichtwasserreaktoren westlicher Bauart physikalisch nicht möglich, und ein Vergleich ist deshalb nicht zutreffend. Heutige westliche Reaktoren sind in jeder Hinsicht sicherer, und ein solcher Unfall kann ausgeschlossen werden.</p>
B3	Nukleare Waffenproduktion	<p>Die westlichen Leichtwasserreaktoren stellen kein Risiko für die Zweckentfremdung des Kernbrennstoffes zu militärischen Zwecken dar.</p>
B4	Terrorismus, Flugzeugangriff	<p>Bereits die heutigen Kernkraftwerke in der Schweiz sind gegen terroristische Aktivitäten, inklusive Flugzeugangriffe, sehr gut geschützt.</p>
B5	Einwand «Strom sparen»	<p>Sparanstrengungen für die Gesamtenergie bringen kaum Stromeinsparungen, sondern führen in der Regel zu einem erhöhten Stromverbrauch!</p>
B6	Einwand «Strom importieren»	<p>Das Import-Szenario von Strom wäre strategisch falsch und kapazitätsmässig beschränkt.</p>

## C Was ist beim Neubau auch zu beachten?

Nr.	Stichworte	Fazite
C1	Standortwahl für Kernkraftwerke	Die Standortwahl ist ein anspruchsvoller Prozess beim Bau eines neuen Kernkraftwerkes und erfordert Sachverstand sowie politisches Feingefühl und Durchsetzungsstärke.
C2	Standortwahl für Endlagerorte	Das Problem der Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Schweiz ist technisch gelöst und politisch lösbar.
C3	Wärmeauskoppelung und Fernwärmenetze	Fernwärme aus Kernkraftwerken kann sinnvoll sein und dient der Einsparung fossiler Brennstoffe und damit der weiteren Reduktion von CO <sub>2</sub> . Kernkraftwerke sind allerdings auch ohne Nutzung der Abwärme aus ökologischer Sicht erwünscht.
C4	Kühlturm	Kühltürme sind bei jeder Art von thermischen Kraftwerken erforderlich, wo eine Flusswasserkühlung nicht möglich ist (in der Schweiz per Gesetz seit 1971 verboten). Die sichtbare Schwadenwolke ist mit Wasser gesättigte Luft und enthält keine radioaktiven Stoffe. Für alle KKW-Projekte in der Schweiz sind Hybridkühltürme vorgesehen, die keine Dampfschwaden erzeugen.
C5	Kernkraftwerke : Zahl und Leistungsgrösse	Die sich abzeichnende Stromlücke muss mit der Betriebsaufnahme von Ersatz-Kernkraftwerken mit einer Gesamtleistung von 3200 Megawatt vermieden werden. Ein erstes Ersatz-KKW muss im Zeitraum 2020/25 in Betrieb gehen. Die Zeit der politischen Grundsatzentscheidung drängt also, weil Kernkraftwerke nicht über Nacht gebaut werden können!
C6	Kernkraftwerke: Sommerbetrieb, Flusswasserkühlung	Der geringere Strombedarf während der Sommermonate wird für zeitlich gestaffelte Revisionsarbeiten an KKW genutzt. Bei ausserordentlich niedriger Wasserführung der Flüsse ist die Stromproduktion von Laufkraftwerken stark eingeschränkt. Neue KKW, die mit Kühltürmen ausgestattet sind, können jedoch ohne Einbusse der Produktion betrieben werden.
C7	Lebensdauer der heute betriebenen Reaktoren	Die heute betriebenen Reaktoren der 2. Generation können bei entsprechender Alterungs-Überwachung mindestens 50 respektive 60 Jahre sicher betrieben werden.

## AVES-Regionalgruppen

- AG** AVES Aargau  
Walter Forrer  
Winkelweg 2, 5727 Oberkulm  
walter.forrer@bluewin.ch
- BE** AVES Bern  
Beat Schauwecker  
Schulweg 6, 3013 Bern  
bern@aves.ch
- BS/** AVES Region Basel  
**BL** Walter Jermann, alt Nationalrat  
Blauenweg 10, 4243 Dittingen  
wjermann@bluewin.ch
- GL** AVES Glarus  
Erich Kaufmann  
Neubauquartier 9  
8755 Ennenda  
ek@nok.ch
- GR** AVES Graubünden  
Dr. Theo Portmann  
Alexanderstrasse 1, 7000 Chur
- LU** AVES Luzern  
Michel Caliaro  
Habermattweg 24, 6010 Kriens
- NW** AVES Nidwalden  
Postfach 1004, 6371 Stans
- SG** AVES St. Gallen/Appenzell  
Mario David  
Kreuzstrasse 31, 9032 Engelburg  
mario.david@gaiserwald.net
- SH** AVES Schaffhausen  
Hans-Rudolf Steinegger  
Villenstrasse 8  
8200 Schaffhausen
- SO** AVES Solothurn  
Postfach 130  
4502 Solothurn  
info@aves-so.ch
- SZ** AVES Schwyz  
Hans Gnos  
Tannenweg 9, 6410 Goldau
- TG** AVES Münsterlingen  
Postfach 146, 8596 Münsterlingen
- TI** ASPER Ticino  
Casella postale 24, 6948 Porza
- UR** AVES Uri  
Marlies Z'graggen  
Hellgasse 63, 6460 Altdorf
- VS** AVES Oberwallis  
Postfach 281, 3930 Visp
- ZG** AVES Zug  
Postfach 1342, 6301 Zug  
www.aves-zug.ch
- ZH** AVES Pfannenstiel  
Dr. Hans R. Moning  
Gotthardstr. 10, 8800 Thalwil  
hr.moning@moning.com
- AVES Winterthur  
Postfach 1545, 8401 Winterthur  
mail@dieterklaey.ch
- AVES Zürich  
Rolf Hegetschweiler, alt Nationalrat  
Lanzenstrasse 4  
8913 Ottenbach  
rolf@hegetschweiler.ch
- FRE** Fédération romande pour l'Énergie FRE  
Case postale 673  
1000 Lausanne 1  
jpbommer@bluewin.ch



---

AZB  
6304 Zug

---

Aktion  
für vernünftige  
Energiepolitik  
Schweiz

AVES Schweiz  
Postfach 4733  
6304 Zug  
[www.aves.ch](http://www.aves.ch)

AVES Winterthur  
Postfach 1545  
8401 Winterthur

