

Inhalt der Initiativen

- Übersicht:
1. "MoratoriumPlus"- Initiative
 2. "Strom ohne Atom"- Initiative

1. "MoratoriumPlus - Für die Verlängerung des Atomkraftwerk-Baustopps und die Begrenzung des Atomrisikos (MoratoriumPlus)"

Die "MoratoriumPlus"-Initiative verlangt:

- Fakultatives Referendum für den Weiterbetrieb eines AKW nach 40 Jahren (Verlängerung des Betriebs um jeweils höchstens 10 Jahre). Ein Verlängerungsgesuch des AKW-Betreibers muss Auskunft geben über den Zustand der Anlage und über die vorgesehenen Massnahmen, um die Anlage dem neusten internationalen Sicherheitsstand anzupassen.
- Keine Bewilligung des Bundes während 10 Jahren für neue Atomenergieanlagen, nukleare Leistungserhöhungen bei bestehenden Atomkraftwerken (AKW) und Forschungs- und Entwicklungsreaktoren (Ausnahme für medizinische Zwecke).
- Vorschriften des Bundes über die Stromdeklaration (Herkunft und Produktionsart).

2. "Strom ohne Atom - Für eine Energiewende und die schrittweise Stilllegung der Atomkraftwerke (Strom ohne Atom)"

Die "Strom ohne Atom"-Initiative verlangt:

- Schrittweise Stilllegung der AKW:
 - Beznau I und II sowie Mühleberg spätestens 2 Jahre nach Volksabstimmung,
 - Gösgen und Leibstadt spätestens nach 30 Betriebsjahren.
- Stop der Wiederaufarbeitung von abgebrannten Brennelementen bzw. der Ausfuhr in die Wiederaufarbeitung. Zudem müssen bereits (nach Frankreich und England) ausgeführte und noch nicht wieder aufgearbeitete Brennelemente soweit als möglich unbehandelt zurückgenommen werden.
- Vorschriften des Bundes über:
 - die Umstellung der Stromversorgung auf nicht nukleare Energiequellen;
 - die dauerhafte und sichere Lagerung der radioaktiven Abfälle und die Mitbestimmung der betroffenen Gemeinwesen;
 - die Tragung der mit der vorzeitigen Stilllegung der AKW verbundenen Kosten durch die Betreiber und Eigentümer der AKW.

Energieszenarien bis 2030¹

- Übersicht:
1. Methode, Annahmen und Modelle
 2. Referenzszenario
 3. Szenario "Strom ohne Atom"
 4. Szenario "MoratoriumPlus"
 5. Schliessung der "Versorgungslücke"

1. Methode, Annahmen und Modelle

Um die verschiedenen Auswirkungen der Initiativen "Strom ohne Atom" und "MoratoriumPlus" beurteilen zu können, müssen als erstes ihre Auswirkungen auf das **Elektrizitätsangebot** ermittelt werden. Das Angebot setzt sich zusammen aus den Produktionskapazitäten im Inland und aus vertraglich langfristig gesicherten Stromimporten (Bezugsrechten) aus dem Ausland. Es werden folgende **Annahmen** für das Winterhalbjahr² getroffen: Die hydraulische Stromerzeugung bleibt konstant. Die Elektrizitätsproduktion in Wärmekraftkopplungs-Anlagen (WKK) und diejenige aus neuen erneuerbaren Energien nimmt bei der Fortführung der bisherigen Politik etwa im bisherigen Rhythmus zu. Die Stromimporte bleiben auf einem Niveau von 9 bis 10 TWh etwa konstant (abgelaufene langfristige Importverträge werden durch neue ersetzt). Diese Erneuerung der Importverträge kann bis 2030 einen Umfang von 5 TWh erreichen.

Die Entwicklung der **Elektrizitätsnachfrage** ist ebenfalls an Annahmen über die Entwicklung ihrer Bestimmungsfaktoren geknüpft (Bruttoinlandprodukt, Bevölkerungs- und Gebäudebestand, Energiepreise, Geräteausstattung usw.). Die Nachfrage nach Elektrizität nimmt bei der Fortführung der bisherigen Politik etwa im Zeitraum 2000 – 2030 im Winterhalbjahr von 29,8 auf 33,8 TWh um 13,4 Prozent zu. Hinzu kommen noch 1,7 TWh Lieferverpflichtungen gegenüber dem Ausland (z.B. Liechtenstein).

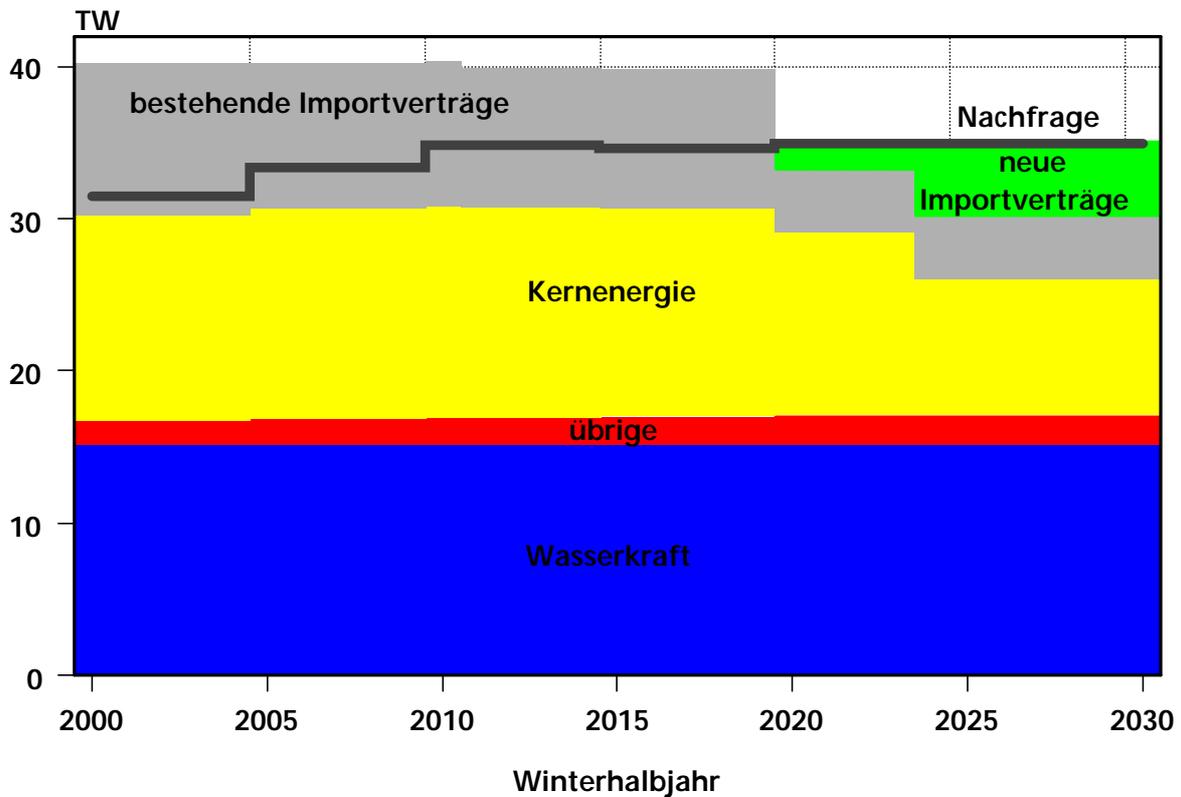
Die Berechnungen wurden mit Hilfe der Perspektivmodelle des Bundesamtes für Energie durchgeführt. Vier bis zum Jahr 2030 konzipierte Modelle "Haushalte", "Dienstleistungen", "Industrie" und "Verkehr" bilden möglichst detailliert die Energieverbrauchsstruktur ab. Diese Nachfragemodelle werden einem Modell für die Darstellung des Elektrizitätsan-

¹ Szenarien zu den Initiativen "Strom ohne Atom" sowie "MoratoriumPlus", Prognos AG im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Februar 2001

² Das Winterhalbjahr wird hier in den Vordergrund gerückt, weil dieses europaweit für die Elektrizitätsversorgung der Engpass ist. Angenommen wird, dass die im Durchschnitt zu erwartende Elektrizitätsproduktion der Nachfrage entspricht; das bedeutet eine ausgeglichene Bilanz im durchschnittlichen Winterhalbjahr und Exportüberschüsse im durchschnittlichen Sommerhalbjahr (tiefere Nachfrage, grössere Wasserführung).

gebots gegenübergestellt. Im Rahmen der Randbedingungen (d.h. z.B. Reduktion der CO₂-Emissionen, keine beliebigen Importe beim Abstellen der Kernkraftwerke) werden die Kosten der verschiedenen Energietechniken optimiert.

Perspektiven bei KKW-Betriebsdauer 50 bzw. 60 Jahre (KKG/KKL) (Referenzfall) 

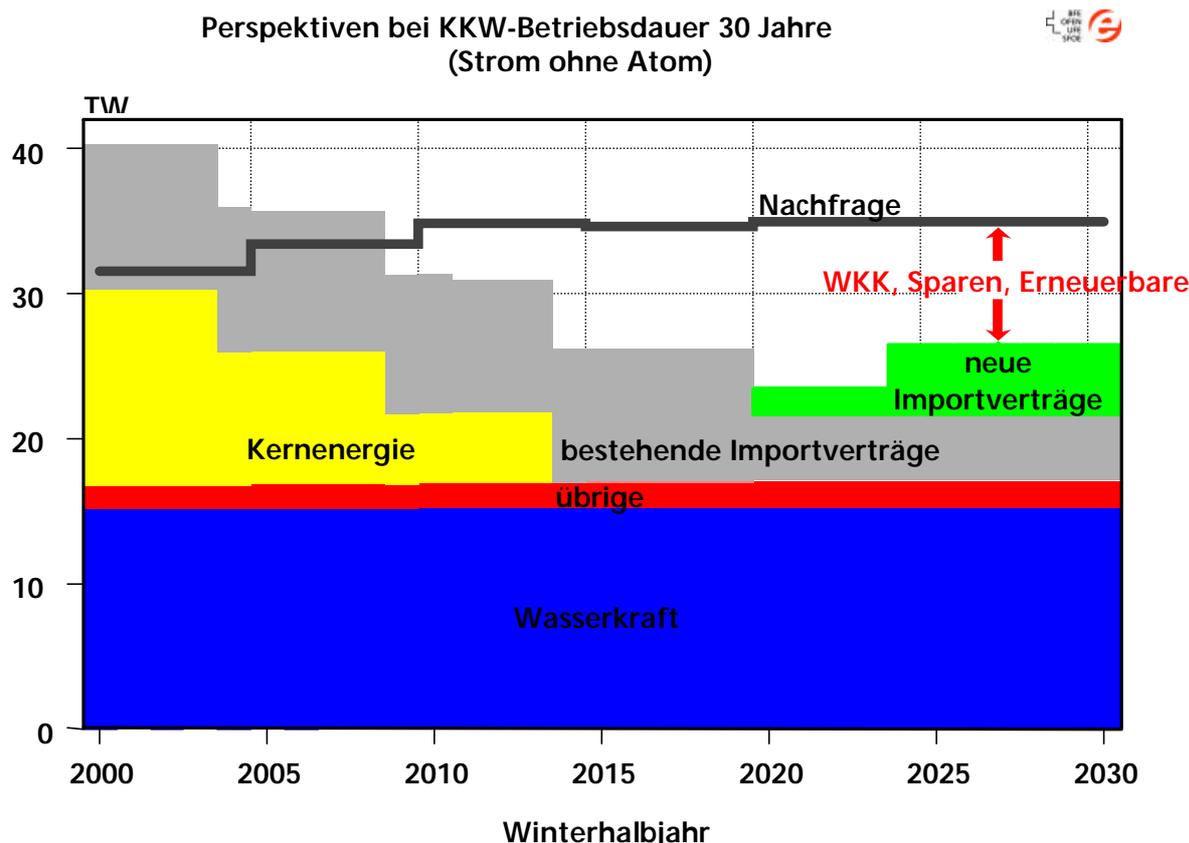


2. Referenzszenario

Die Auswirkungen der beiden Initiativen werden mit einem Referenzszenario verglichen. Das Referenzszenario entspricht der kontinuierlicher Weiterführung der heute praktizierten Energiepolitik. Es basiert auf den energie- und klimapolitischen Massnahmen gemäss Energie- und CO₂-Gesetz. Um das CO₂-Ziel gemäss CO₂-Gesetz zu erreichen, wird im Referenzszenario die Erhebung einer für diesen Zweck im CO₂-Gesetz vorgesehenen CO₂-Abgabe miteinbezogen. Für die Betriebsdauer der Kernkraftwerke Mühleberg, Beznau 1 und Beznau 2 werden 50 Jahre und für die Kernkraftwerke Gösgen und Leibstadt 60 Jahre angenommen.

Die aus dem Referenzszenario resultierende Versorgungssituation ist in der Grafik (Referenzfall) dargestellt. Es entsteht bis 2030 keine "Versorgungslücke". Bis zum Jahr 2015 fallen als Folge zu hoher ausländischer Bezugsrechte Ueberschüsse an, welche wieder ex-

portiert werden. Ab 2020 sind aber auch bei Weiterbetrieb der Kernkraftwerke neue Importverträge nötig.



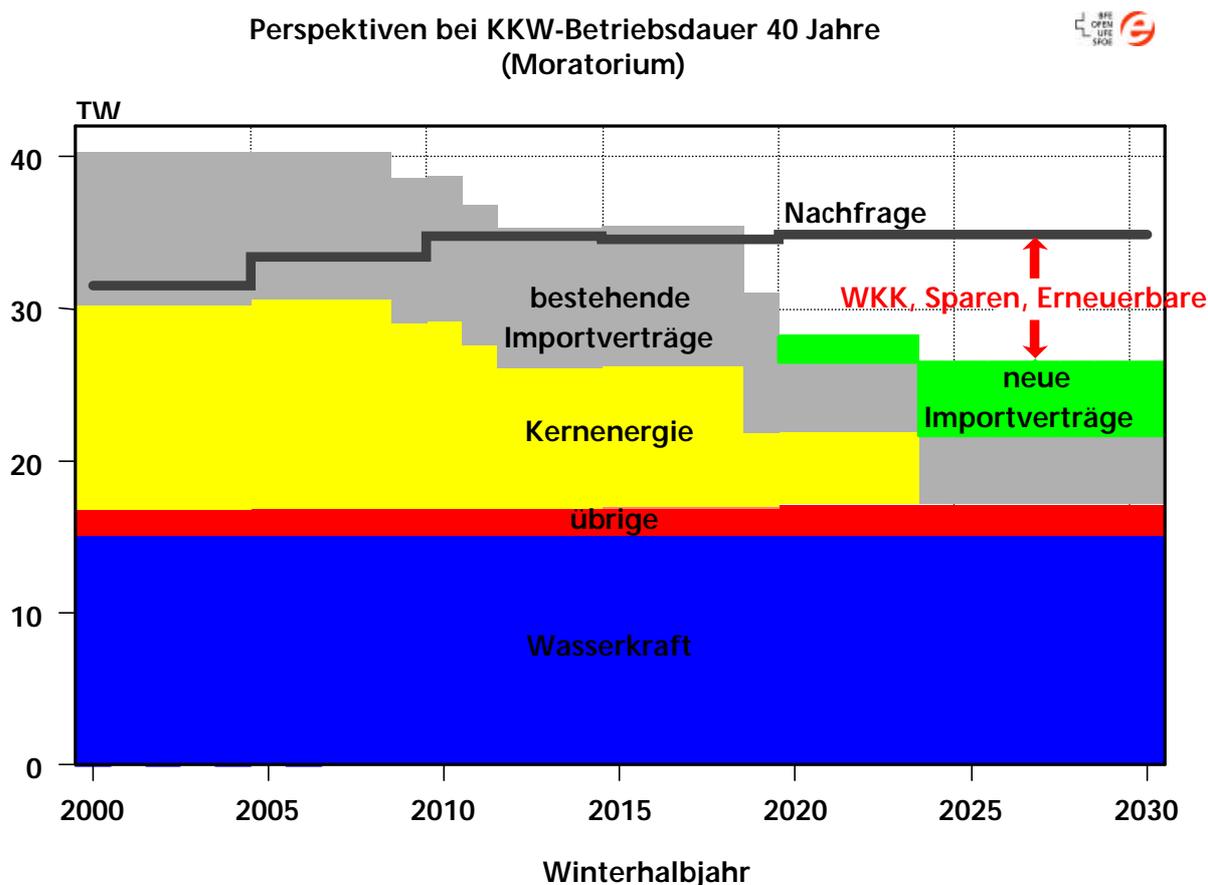
3. Szenario "Strom ohne Atom"

Statt nach 50 oder 60 Jahren wie im Referenzszenario werden die Kernkraftwerke Gösgen und Leibstadt bereits nach 30 Jahren Betriebsdauer, die Kernkraftwerke Mühleberg und Beznau schon zwei Jahre nach Annahme der Initiativen stillgelegt. Die resultierende Versorgungssituation ist aus der Grafik (Strom ohne Atom) ersichtlich. Eine "Versorgungslücke" tritt ab dem Jahr 2009 auf (siehe auch Tabelle).

4. Szenario "MoratoriumPlus"

Im Unterschied zum Referenzszenario werden die Kernkraftwerke jeweils bereits nach 40 Jahren Betriebsdauer stillgelegt. Es wird hier angenommen, dass keine Gesuche um Verlängerung der Betriebsdauer der KKW eingereicht und genehmigt werden, obwohl dies die Initiative "MoratoriumPlus" grundsätzlich ermöglichen würde. Die resultierende Versorgungssituation ist aus der Grafik (Moratorium) ersichtlich. Eine "Versorgungslücke"

tritt ab dem Jahr 2019 auf (siehe auch Tabelle). Bei einer Verlängerung der Betriebsdauer, z.B. der beiden grossen KKW, sind die Ergebnisse dem Referenzszenario sehr ähnlich.



5. Schliessung der "Versorgungslücke"

Für die Schliessung der hypothetischen "Versorgungslücke" werden zugleich **kostenoptimale** und **CO₂-neutrale** Alternativen gesucht. Es wird also nicht einfach die für einen Ausstieg aus der Kernenergie "billigste" Lösung unterstellt, sondern eine wirtschaftlich und umweltpolitisch vertretbare Strategie. Eine solche Lösung (siehe Tabelle) liegt aufgrund verschiedener Annahmen über den technischen Fortschritt vor, wenn die "Versorgungslücke" zu zwei Dritteln bis vier Fünfteln durch vor allem mit Erdgas betriebene dezentrale WKK-Anlagen gedeckt wird, welche neben Elektrizität Raumwärme zur Beheizung von Einzelgebäuden erzeugen. Die durch die WKK-Anlagen verursachten zusätzlichen CO₂-Emissionen mit Hilfe einer CO₂-Abgabe neutralisiert werden. 15 bis 27 Prozent der fehlenden Kapazität können durch eine Verstärkung von Massnahmen zum rationelle-

ren Elektrizitätseinsatz und 3 bis 6 Prozent durch die Stromerzeugung aus neuen erneuerbaren Energien übernommen werden. Sensitivitätsrechnungen bestätigen die Plausibilität dieser Lösung. Denkbar ist auch, dass die WKK-Anlagen in Zukunft auf der Basis der Brennstoffzelle betrieben werden können oder die geothermische Energie und Biomasse für die Elektrizitätsproduktion wirtschaftlich attraktiv wird. Unter bestimmten Annahmen können auch Windstromimporte mit den inländischen WKK-Anlagen konkurrenzfähig werden.

Die Schliessung der "Versorgungslücke" ist der nachfolgenden Tabelle dargestellt:

"Strom ohne Atom" Winterhalbjahr / in TWh	2005	2010	2015	2020	2025	2030
"Versorgungslücke"	0	3,8	8,4	11,5	8,4	8,4
Deckung in % durch:						
WKK-Anlagen		76 %	80 %	80 %	74 %	67 %
Verstärktes Stromsparen		24 %	17 %	16 %	21 %	27 %
Neue erneuerbare Energien		0	3 %	4 %	5 %	6 %
"MoratoriumPlus"						
"Versorgungslücke"	0	0	0	7,2	8,4	8,4
Deckung in % durch:						
WKK-Anlagen				82 %	81 %	79 %
Verstärktes Stromsparen				15 %	16 %	18 %
Neue erneuerbare Energien				3 %	3 %	3 %

*In allen Varianten werden gegenüber dem Weiterbetrieb (Referenzszenario) **Mehrkosten** festgestellt (s. Fact Sheet über "Volkswirtschaftliche Auswirkungen"). Die Verkürzung der Betriebsdauer der KKW ist aus wirtschaftlicher Sicht nicht "gratis" realisierbar. Nicht einbezogen werden in diese Modellrechnungen die bei jeder Energienutzungs- und -technik entstehenden externen Kosten und Risiken sowie die Möglichkeit von technischen und wirtschaftlichen Durchbrüchen mit der Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energien.*

Vergleich der Szenarien des BFE mit dem Bremer Institut

- Überblick:
1. Unterschiede bei Vorgehen und Annahmen
 2. Unterschiedliche Szenarien
 3. Fazit

Die volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Atominitiativen wurden u.a. auch durch das Bremer Energie Institut im Auftrag des Unterausschusses Kernenergie der Überlandwerke abgeschätzt. Die Resultate unterscheiden sich von den Berechnungen des Bundesamtes für Energie/Prognos et al. im Vorgehen, den Annahmen und der Definition der Szenarien.

1. Unterschiede bei Vorgehen und Annahmen

- In der **BFE**-Studie ist die wesentlich kleinere „Stromlücke“ von 8,6 TWh das Resultat einer Bilanz aus der bisherigen inländischen Stromerzeugung ohne Kernkraftwerke, den Stromimportverträge und einer detailliert ermittelten Nachfrageentwicklung. In der **Bremer** Studie wird stark vereinfachend die „Stromlücke“ mit dem stilllegungsbedingten Produktionsausfall der KKW von 22,9 TWh gleichgesetzt.
- In der **BFE**-Studie sind die Importverträge ein Teil des längerfristig nötigen Stromangebots und reduzieren deutlich die „Stromlücke“. Eine Versorgungssicherheit von 50 Prozent wird als ausreichend betrachtet. In der **Bremer**-Studie werden die Importverträge als Reserve zur Erreichung einer hohen Versorgungssicherheit betrachtet und deshalb nicht dem Stromangebot zugerechnet. Die „Stromlücke“ ist deshalb deutlich grösser als beim BFE.
- Um die „Stromlücke“ zu schliessen und die zusätzlichen WKK-bedingten CO₂-Emissionen zu kompensieren, sucht das **BFE einen** tendenziell kostenoptimalen Mix aus WKK-Anlagen, rationeller Stromverwendung und Nutzung erneuerbarer Energien. Die **Bremer** Studie schliesst die „Stromlücke“ in **drei** verschiedenen Szenarien einmal durch Gas- und Dampfkraftwerke (GuD), einmal durch Elektrizitätssparmassnahmen plus WKK und einmal durch erneuerbare Energien plus Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen (WKK). Diese in zwei Fällen kostenmässig extremen Szenarien stecken einen Rahmen ab. Ein kostenoptimaler Massnahmen- und Technologien-Mix liegt nicht vor.
- In der **BFE**-Studie sind die **Mixanteile** aus WKK-Anlagen, rationeller Stromverwendung und Nutzung erneuerbarer Energien ein Gegenstand der Untersuchung. In der **Bremer**-Studie werden die **Anteile** von GuD, WKK, Sparmassnahmen und neuer erneuerbarer Energien im voraus **vorgegeben**.

- Das **BFE** erfasst den Zeitraum bis zum Jahr 2030. Längere Zeiträume wären zu spekulativ. Im Referenzszenario wird das letzte Kernkraftwerk erst im Jahr 2044 stillgelegt. Um die gesamten Mehrkosten zumindest grob zu erfassen und die Vergleichbarkeit zu anderen Arbeiten annähernd herzustellen, werden die bis zum Jahr 2030 ermittelten Mehrkosten auf die restlichen 14 Jahre bis 2044 sehr vereinfachend hochgerechnet. Die **Bremer**-Studie erfasst den gesamten Zeitraum bis 2044.

2. Unterschiedliche Szenarien

Photovoltaik-Szenario

Das Bremer Szenario mit starkem Ausbau der Photovoltaik hat mit der BFE-Studie wenig gemeinsam. Die Resultate sind deshalb nicht vergleichbar.

Szenario „Forciertes Elektrizitätssparen“

Das Bremer Szenario „Forciertes Elektrizitätssparen“ scheint auf den ersten Blick mit der Sensitivitätsrechnung des BFE „Verstärktes Stromsparen“ vergleichbar zu sein. Auch die resultierenden Mehrkosten liegen nicht weit auseinander. Die unterschiedlichen Annahmen und das wenig transparente Vorgehen der Bremer Studie bei der Berechnung der Sparmassnahmen und der Mehrkosten machen jedoch einen Vergleich unmöglich. Die weitgehende Übereinstimmung der Resultate dürfte zufällig sein.

GuD-Szenario

Das Bremer GuD-Szenario ist infolge unterschiedlicher Annahmen mit dem BFE-Szenario nur indirekt vergleichbar. Eine Bereinigung der Unterschiede mit Hilfe bereits vorliegender Sensitivitätsrechnungen und aufgrund einer groben Angleichung der Annahmen lässt auf eine plausible Beziehung zwischen den getroffenen Annahmen und den Resultaten schließen. Nach einer weitgehenden Angleichung der Annahmen liegen auch die Resultate nah beieinander. Die verbleibenden Differenzen sind plausibel erklärbar.

3. Fazit

Die **Bremer** Studie führt keine vertieften Analysen durch, basiert auf extremen Szenarien und zeigt technisch und wirtschaftlich kaum praktikable Strategien auf. Im Bereich der Kostenannahmen sind mehrere deutliche Überschätzungen (z.B. übermäßige Reservehaltung) aber auch Unterschätzungen (z.B. zu niedrige Kosten der CO₂-Neutralisierung und der Sparmassnahmen) festzustellen.

Die **BFE**-Studie untersucht vertieft die Nachfrage- und Angebotsstruktur, setzt grundsätzlich realisierbare energiepolitische Instrumente ein und präsentiert tendenziell kostenoptimierte Szenarien. Ob die politischen Instrumente nach einer allfälligen Annahme der Initiativen aber tatsächlich realisiert würden, ist offen. Die durchgeführten Sensitivitätsrechnungen weisen auf eine gute Verlässlichkeit der BFE-Resultate hin.

Übersicht der Annahmen und Resultate beider Studien

	BFE: tendenziell kosten- optimierter Strom-Mix (WKK, Sparen, Erneuer- bare)	Bremer Studie: drei Szenarien			
		GuD-Szenario	10 % Photovoltaik , 5 % Wind + 85 % WKK	15 % forciertes Stromsparen + 85 % WKK	
Annahmen:					
Versorgungssicherheit	50 %	Hoch, gegen 100 %	Hoch, gegen 100 %	Hoch, gegen 100 %	
Stromimporte	2000: 18,9 TWh 2030: 17,2 TWh	Konstant 15,7 TWh	Konstant 15,7 TWh	Konstant 15,7 TWh	
Gaspreis	+ 25 % bis 2030	Konstant	Konstant	Konstant	
Energiepolitische Instru- mente	EnG, CO2-Gesetz/CO2- Abgabe, Initiativen	Kein Thema	Kein Thema	Kein Thema	
„Stromlücke“ (maximal)	8,6 TWh	Konstant 22,9 TWh	Konstant 22,9 TWh	Konstant 22,9 TWh	
Referenz-Stromnachfrage	2000: 53,9 TWh 2030: 60,4 TWh	Konstant 53,9 TWh	Konstant 53,9 TWh	Konstant 53,9 TWh	
Kosten der CO2- Neutralisierung	Fr.133 – 160/t CO2	Fr. 50/t CO2	Fr. 50/t CO2	Fr. 50/t CO2	
Mehrkosten Stromsparen bis 2030	SoA 3,5 Mia. M+40 1,9 Mia.	Kein Thema	Kein Thema	Kein Thema	
Resultate:					
Mehrkosten bis 2044	SoA: M+40:	42 Mia. 25 Mia.	26 Mia. 16 Mia.	56 Mia. 42 Mia.	41 Mia. 29 Mia.
<u>Sensitivitäten SoA:</u>					
Gaspreis konstant		39 Mia.	26 Mia.	56 Mia.	41 Mia.
Gaspreiserhöhung		45 Mia.	41 Mia.	62 Mia.	48 Mia.
GuD-Sensitivität SoA		39 Mia.	26 Mia.		
GuD-Sensitivität + Gaspreis konstant		35 Mia.	26 Mia.		
Forciertes Sparen (Mehrkosten)		41 Mia. (- 0,7 Mia. bis 2030)			41 Mia.

CO2-Emissionen

Bei einer vorzeitigen Stilllegung der inländischen Kernkraftwerke entsteht eine "Versorgungslücke". Diese müsste rechtzeitig durch verstärkte Massnahmen zur rationellen Elektrizitätsnutzung verkleinert und durch neue Stromerzeugungsanlagen geschlossen werden. Unter den getroffenen Annahmen¹ (insbesondere Kostenoptimierung) müsste der grösste Teil der Ersatzkapazitäten für die Kernkraftwerke vorderhand aus Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen (WKK) bereitgestellt werden. Dies wäre eine Übergangslösung und die zusätzlichen CO₂-Emissionen müssten durch verstärkte energiepolitische Massnahmen neutralisiert werden.

Um den zusätzlichen CO₂-Ausstoss möglichst niedrig zu halten, gestattet die Initiative "Strom ohne Atom" als Ersatz für die stillgelegten Kernkraftwerke nur fossil-thermische Produktionsanlagen mit Abwärmenutzung, d.h. WKK. WKK-Anlagen weisen einen besseren thermischen Wirkungsgrad auf als Anlagen ohne Abwärmenutzung und verursachen deshalb weniger CO₂-Emissionen. In WKK-Anlagen erzeugte Elektrizität ist allerdings im Vergleich zur Stromerzeugung ohne Abwärmenutzung teurer. Installiert würden vor allem dezentrale WKK-Anlagen, welche unter Einsatz von Erdgas und Dieselöl neben der Elektrizitätserzeugung v.a. einzelne Gebäude beheizen. WKK-Anlagen, welche mehrere Gebäude beheizen und damit Wärmeverteilnetze benötigen, kosten noch mehr.

Die jährliche CO₂-Zunahme der Schweiz würde bis 8,4 Prozent betragen. Das CO₂-Gesetz vom 8. Oktober 1999 sieht jedoch bis 2010 eine 10-prozentige Reduktion der CO₂-Emissionen vor gegenüber dem Stand des Jahres 1990. Dies bedeutete eine konkrete Senkung der CO₂-Emissionen um 12 Prozent, in der verbleibenden Zeit von heute bis zum Jahr 2010

Zur Erreichung des CO₂-Ziels sieht das CO₂-Gesetz freiwillige Vereinbarungen mit der Wirtschaft und falls diese nicht genügen sollten, eine CO₂-Abgabe vor. Die CO₂-Abgabe könnte somit auch zur Kompensation der zusätzlichen WKK-bedingten CO₂-Emissionen eingesetzt werden. Sie müsste dazu gemäss Modellrechnungen bis zum im Gesetz vorgesehenen Maximalsatz von 210 Fr. pro Tonne CO₂ erhöht werden (siehe Tabelle). Das entspricht einem Preisaufschlag von etwa 50 Rappen pro Liter Benzin oder 60 Franken pro 100 kg Heizöl extra-leicht.

¹ Szenarien zu den Initiativen "Strom ohne Atom" sowie "MoratoriumPlus", Prognos AG im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Februar 2001

Die energie- und klimapolitischen Erfahrungen der letzten Jahre zeigen, dass die Reduktion der CO₂-Emissionen eine grosse Herausforderung ist. Die vor allem bei einer Annahme der Initiative "Strom ohne Atom" entstehenden zusätzlichen CO₂-Emissionen würden die Zielerreichung bis 2010 zusätzlich erschweren. Auswirken würde sich die CO₂-Zunahme aber erst nach dem Jahr 2010.

Bei einer Annahme der Initiative "MoratoriumPlus" käme es rund 10 Jahre später zu einer Verschärfung der CO₂-Problematik. Die WKK-Anlagen würden erst nach dem Jahr 2015 benötigt. Bis dahin könnten jedoch auch andere, CO₂-arme oder CO₂-freie Energietechniken einen Durchbruch erzielen.

Die Klimaschutzpolitik kann sich nicht mit einer Stabilisierung der CO₂-Emissionen auf dem Niveau des Jahres 1990 zufrieden geben und muss nach dem Jahr 2010 weitere CO₂-Reduktionen anstreben. Eine WKK-Strategie mit der damit verbundenen Zunahme der CO₂-Emissionen könnte somit nur als Übergangslösung vertretbar sein.

Im Unterschied zur Initiative "Strom ohne Atom" schliesst die Initiative "Moratorium-Plus" fossil-thermische Kraftwerke ohne Abwärmenutzung als Ersatz nicht aus. In den Modellrechnungen wurde wie bei der Initiative "Strom ohne Atom" trotzdem mit WKK-Anlagen gerechnet und nicht diese "billigere" Lösung unterstellt. Bei einer teilweisen oder vollständigen Ersetzung der stillgelegten Kernkraftwerke durch mit Erdgas betriebenen Kombikraftwerken ohne Abwärmenutzung (GuD) bedeutete dies eine stärkere Steigung der CO₂-Emissionen.

CO₂-Abgabe in Fr./t CO₂

	2005	2010	2015	2020	2030
CO₂-Ziel ohne Initiativen*					
Brennstoffe	40	100	100	100	100
Treibstoffe	50	160	160	160	160
"MoratoriumPlus"					
Brennstoffe	40	100	140	190	190
Treibstoffe	50	160	200	210	210
"Strom ohne Atom"					
Brennstoffe	40	170	210	210	210
Treibstoffe	50	210	210	210	210

* Abgabesätze ohne freiwillige Massnahmen (dank freiwilligen Massnahmen sind allenfalls weniger hohe Abgabesätze erforderlich).

Volkswirtschaftliche Auswirkungen

Bei einer vorzeitigen Stilllegung der Kernkraftwerke müssen die ausgefallenen Stromproduktionskapazitäten ersetzt werden. Solange die Kosten der Ersatzlösungen höher sind als die Nachrüst-, Betriebs- und Unterhaltskosten bei einem Weiterbetrieb der Kernkraftwerke, entstehen volkswirtschaftliche Mehrkosten. Die in den Ersatzanlagen erzeugte Elektrizität kommt in diesem Fall der Volkswirtschaft teurer zu stehen als jene, welche die bestehenden Kernkraftwerke geliefert hätten.

In der folgenden, bis zum Jahr **2030** reichenden Uebersicht werden die Mehr- und Minderkosten nach einzelnen Kostenkomponenten gegliedert und saldiert:

Kostenkomponenten in Mia. Fr.	"MoratoriumPlus"	"Strom ohne Atom"
Lückenschliessung (Mehrausgaben)	14,7	28,4
<i>Davon durch:</i>		
- WKK-Strategie	11,8	22,3
- Stromsparen	1,9	3,5
- Erneuerbare Energien	1,0	2,6
Wegfall der Stromexporte (Mindererlöse)	5,0	10,2
CO2-Kompensation (Mehrausgaben)	2,4	5,1
KKW-Stilllegung (Minderausgaben)	-8,7	-15,9
Total volkswirtschaftliche Mehrkosten	13,4	27,8

Der Ersatz der Kernkraftwerke durch verstärktes Stromsparen, forcierte Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und Wärme-Kraft-Kopplungs (WKK)-Anlagen würde Mehrkosten von insgesamt 14,7 bzw. 28,4 Milliarden Franken verursachen. Der grösste Betrag fällt bei den WKK-Anlagen an, weil sie gemäss der kostenoptimierten Modellrechnungen auch den weit grössten Teil der Lückendeckung zu übernehmen hätten. Würden die Anteile der erneuerbaren Energien und des Stromsparens an der Lückendeckung auf Kosten der WKK-Anlagen vergrössert, wären die gesamten Mehrkosten der **Lückenschliessung** höher.

Weil die heute **exportierte Elektrizität** langfristig, d.h. auch nach der KKW-Stilllegung im Inland benötigt würde, fielen die Erlöse aus dem Exportgeschäft im Umfang von 5,0 bzw. 10,2 Milliarden Franken weg. Die Mehrkosten der Stilllegung würden sich um diesen Betrag erhöhen.

Die **Kompensation** der zusätzlichen, aus den WKK-Anlagen stammenden CO2-Emissionen zögen Mehrkosten von 2,4 bzw. 5,1 Milliarden Franken mit sich.

Die verschiedenen **Ausgaben** für Nachrüst- und Unterhaltsinvestitionen, für Betriebs- und Brennstoffkosten sowie für Zwischen- und Endlagerungskosten, welche bei einer vorzeitigen Stilllegung der Kernkraftwerke wegfielen, betragen 8,7 bzw. 15,9 Milliarden Franken. Dieser Betrag ist von den Mehrkosten abzuziehen.

In die Kostenbilanz nicht einbezogen wurden die WKK-bedingten NO_x-Emissionen sowie externe Kosten und Risiken. Die Gründe dafür sind die Komplexität, methodische Schwierigkeiten und der subjektive Charakter solcher Kostenberechnungen.

Die Stromerzeugung in WKK-Anlagen oder aus neuen erneuerbaren Energien ist nicht nur im Vergleich mit den bestehenden Kernkraftwerken teurer sondern auch gegenüber neuen erdgasbetriebenen Kombikraftwerken ohne Abwärmenutzung. Diese werden das Preisniveau auf dem europäischen Elektrizitätsmarkt in Zukunft voraussichtlich bestimmen.

Um für den teuren Strom aus WKK-Anlagen und erneuerbaren Energien in der Schweiz einen Absatz zu finden bzw. um überhaupt Anbieter solcher Elektrizität zu gewinnen, müsste eine Art Kaufzwang eingeführt werden. Dies z.B. mit Hilfe einer Zertifikatslösung. Die Stromverteiler wären verpflichtet, einen bestimmten Anteil ihrer Elektrizität auch zu höheren Preisen aus WKK-Anlagen oder erneuerbaren Energien zu beziehen. Die Strompreise würden als Folge davon in der Schweiz insgesamt um etwa 20 Prozent steigen. Andere politische Instrumente zur Verbreitung der alternativen Stromproduktion sind denkbar, z.B. kostenorientierte Vergütungen für die Stromeinspeisung oder Investitionsbeiträge. Sie haben aber letztlich ebenfalls Mehrkosten zur Folge.

Die Initiative „Strom ohne Atom“ würde ohne Berücksichtigung der externen Effekte und unter den getroffenen Annahmen bis zum Jahr 2044 jährlich volkswirtschaftliche Mehrkosten von 1 Milliarden Franken verursachen. Die "Strom ohne Atom"-Initiative hätte hohe volkswirtschaftliche Risiken, weil schon ab 2010 eine ausgeprägte "Stromlücke" entsteht und wenig Zeit für den Bau von Ersatzkapazitäten und die Verstärkung der rationellen Elektrizitätsverwendung besteht. Der Handlungsdruck hätte erhebliche Kostensteigerungen zur Folge. Einzelne Akteure, insbesondere auch die Kantone als Miteigentümer der KKW, müssten die durch vorzeitige Stilllegung verursachten direkten Kosten tragen. In der Folge würden exportorientierte und stromintensive Branchen oder Unternehmen mit Importkonkurrenz (Textil, Papier usw.) stark belastet. Aus volkswirtschaftlichen Gründen muss die "Strom ohne Atom"-Initiative entschieden abgelehnt werden.

Bei der "MoratoriumPlus"-Initiative besteht aufgrund der vorgegebenen langen Fristen bis zum Ersatz des letzten KKW (Leibstadt 2024, falls die Betriebsdauer nicht verlängert wird) der nötige Handlungsspielraum für den sukzessiven Ersatz der schweizerischen KKW durch neue, energieeffiziente Technologien und erneuerbare Energien. Erforderlich ist allerdings eine Verstärkung des Programms EnergieSchweiz mit zusätzlichen freiwilligen Massnahmen, finanzielle Anreize und Vorschriften, z.B. im Gerätebereich. Die gegenüber einem Weiterbetrieb der KKW möglichen Mehrkosten der "MoratoriumPlus"-Initiative haben keine wesentlichen volkswirtschaftlichen Auswirkungen. Die Mehrkosten für die Volkswirtschaft betragen rund 0,5 Milliarden Franken pro Jahr. Dies gilt für den Fall, dass die Betriebsdauer für alle KKW auf 40 Jahre begrenzt wird und keine Verlängerung beantragt und bewilligt wird.

Potenziale der rationellen Elektrizitätsverwendung und der Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energien

Aufgrund der Erfahrungen mit den Programmen Energie 2000 und EnergieSchweiz konnten in den letzten Jahren wertvolle Erfahrungen über die Potenziale der rationellen Energieverwendung und der erneuerbaren Energie sowie deren Nutzungsmöglichkeiten gemacht werden. Dabei bestätigte sich, dass sehr grosse technische und wirtschaftliche Potenziale für eine nachhaltige – d.h. im wesentlichen auf erneuerbaren Energien beruhenden – Energieversorgung bestehen: die besten marktgängigen Technologien brauchen nur einen Bruchteil der von den tatsächlich eingesetzten Installationen beanspruchten Energie; das Potenzial der erneuerbaren Energien reicht aus, um den schweizerischen Elektrizitätsbedarf mehrfach abzudecken. Um diese Potenziale zu nutzen, braucht es allerdings politische Entscheide und ein energiebewusstes Handeln der Wirtschaft und der Haushalte.

- Gemäss den neuen Untersuchungen von Prognos über die **Effizienzpotenziale** bei elektrischen Geräten (d.h. von 60 % des schweizerischen Elektrizitätsverbrauchs) liegt die Best-Geräte-Strategie im Jahre 2020 6 TWh oder 19 Prozent unter der Status-quo Entwicklung. Die durchschnittliche Effizienzverbesserung dieser Strategie beträgt 1 Prozent pro Jahr.
- Die **Wasserkrafterzeugung** kann bei gezielter Förderung der Sanierungen und der Kleinwasserkraftwerke bis 2024 um 5 Prozent gesteigert werden (entspricht 7,5 % der bestehenden KKW). Beim Ersatz der bestehenden Turbinen, die seit vierzig und mehr Jahren in Betrieb stehen, steigt die Ausbeute durchschnittlich um 20 Prozent.
- Gemäss Schätzungen der **KVA**-Betreiber kann durch Auswechseln der Turbinen und Betriebsoptimierung bestehender Anlagen deren Elektrizitätserzeugung um 30 Prozent erhöht werden (zusätzlich rund 200 GWh/a). Weitere 100 GWh/a ergeben sich durch den neuen Einsatz von Wärme-Kraft-Kopplungs (WKK)-Anlagen in bestehenden KVA.
- Vom Potenzial der **vergärbaren Grünmasse** von 600'000 t/a werden heute nur 10 Prozent (36 GWh/a) genutzt. Das zusätzlich nutzbare Potenzial beträgt ca. 320 GWh/a. Dazu kommen rund 100 GWh/a durch Nutzung der Grasschnitte aus den 100'000 ha stillzulegenden Landwirtschaftsflächen.
- Es ist abzusehen, dass von den rund 4 Mio. m³/a nachwachsendem **Holz** 0,5 m³ nicht zu Heizzwecken, wohl aber mittels Vergasung zur Elektrizitätserzeugung eingesetzt werden können (150 GWh/a). Dazu kommen rund 60 GWh/a aus bisher exportiertem Altholz.

- Gemäss Potenzialstudie 1996 können rund 3,5 Prozent des schweizerischen Elektrizitätsbedarfs (1750 GWh/a) wirtschaftlich und aufgrund der Kriterien des Landschaftsschutzes im Inland durch **Windenergie**-Anlagen von je 600 kW erzeugt werden. Mit den seither erzielten Fortschritten hat dieses Potenzial noch zugenommen. Widerstände bestehen von Seiten des Landschaftsschutzes.
- Die **Geothermie** könnte bei einer gezielten und massiven Förderung alle KKW innert zwanzig bis dreissig Jahren ersetzen (600 Hot-dry-rock-Anlagen zu 5 MW, mit Bohrungen von 4-5km Tiefe). Allerdings konnten diese Anlagen in der Schweiz bisher nicht getestet werden, und sie sind nur in Verbindung mit dem Absatz auch der produzierten Wärme wirtschaftlich. Bei Erzeugung von Bandenergie und Verkauf der Wärme zu Konkurrenzpreisen ergeben sich Elektrizitätsgestehungskosten von 15 Rp./kWh. Das realisierbare Potenzial wird bis 2010 auf zwei bis drei derartige Anlagen (300 GWh/a), bis 2024 auf dreissig Anlagen (3000 GWh/a) geschätzt.
- Die **Photovoltaik** kann noch um Grössenordnungen ausgebaut werden: Alle geeigneten bebauten Flächen ergäben mit aktueller PV-Technologie ein theoretisches Potential von 18 TWh/a. Mit einem kostenvergütenden Rücknahmesystem (Burgdorfer-Modell) und gleichen Zuwachsraten, wie sie Deutschland erwartet, kann im Jahr 2024 mit einem Beitrag von 1000 GWh/a gerechnet werden. Ohne besondere Speicherung (Pumpspeicherung, Wasserstoff) ist Solarstrom allerdings nicht als Bandenergie erhältlich: 70 Prozent fällt im Mittelland im Sommer an (im Engadin 45 %). Zudem kann mit dem Ersatz der Elektro-Warmwasserboiler durch **solare Wassererwärmung** die Elektrizitätsnachfrage gesenkt werden.
- Gemäss den Untersuchungen von Prognos und Infrac vom Mai 2002 ist der Ersatz der bestehenden KKW durch **Windenergie-Importe** technisch und mit wirtschaftlich vertretbaren Mehrkosten (im Vergleich zum Weiterbetrieb der KKW) mittel- bis längerfristig möglich (denkbar ist eine 20 - 40 %-ige Wertschöpfung in der Schweiz mit 1300 – 2300 Arbeitsplätzen). Unsicherheiten bestehen v.a. über den Marktzugang für schweizerische Nachfrager (die Windenergie ist für die EU-Länder Teil ihrer eigenen CO₂-Strategie). Unsicher ist auch die weitere Ausbreitung der Windparks (v.a. offshore) sowie die technische und wirtschaftliche Entwicklung der Windenergie.
- Gemäss den Szenarien Prognos zu den Initiativen vom Februar 2001 beläuft sich das Potenzial der Elektrizitätsproduktion aus **WKK** im Jahre 2010 auf 21,2 TWh (90 % der Kernenergieproduktion oder 37,7 % der Landeserzeugung 2000), wovon 16,3 TWh im Winterhalbjahr. Gemäss diesen Szenarien werden diese Potenziale (im Ausstiegsszenario) im Jahre 2020 zu maximal 70 Prozent benötigt.
- Falls Lösungen für die permanente CO₂-Rückhaltung und insbesondere CO₂-Lagerung realisierbar und akzeptiert würden, könnten ohne Bedenken allenfalls auch **Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerke** als Ersatz für die bestehenden Kernkraftwerke errichtet werden. Diese Anlagen sind heute (ohne CO₂-Rückhaltung und Lagerung) betriebswirtschaftlich betrachtet die kostengünstigste Alternative zur Kernenergie.

Die Potenziale für einen nachhaltigen Ersatz der bestehenden Kernkraftwerke bestehen; das Problem ist deren Nutzung. Im Rahmen von Energie 2000 und EnergieSchweiz wurden verschiedene **neue Instrumente** entwickelt und eingesetzt, welche es erlauben, die vorhandenen Effizienz- und Elektrizitätserzeugungspotenziale zu nutzen:

- Im Elektrizitätsbereich besteht im Rahmen von EnergieSchweiz eine intensive Zusammenarbeit mit den betroffenen Branchen-, Konsumenten- und Umweltorganisationen. Die beiden **Agenturen** eae (Energieagentur für Elektrogeräte) und S.A.F.E. (Schweizerische Agentur für Energieeffizienz) arbeiten aufgrund eines Leistungsauftrags an der Umsetzung der EnergieSchweiz-Ziele im Elektrizitätsbereich. Mit diesen Agenturen wurde eine gemeinsame Strategie zur Stabilisierung des Elektrizitätsverbrauchs bis 2010 im Gerätebereich erarbeitet: Forschung und Entwicklung, Information, Beratung, Aus- und Weiterbildung, Anreize, Energie-Etikette und Zulassungsbeschränkungen.
- Per 1.1.02 hat der Bundesrat die **Energie-Etikette** für die wichtigsten Haushaltgeräte und Lampen sowie **Zulassungsvorschriften** für Kühl- und Gefriergeräte eingeführt. Damit besteht ein Instrumentarium, das für den ganzen Gerätebereich eingesetzt werden kann. Für die Nutzung der Potenziale müssten die Zulassungsvorschriften breiter angewendet und verschärft werden.
- Die **Energie-Agentur der Wirtschaft (EnAW)** erarbeitet Zielvereinbarungen mit CO₂- und Effizienzzielen für alle Energieträger (inkl. Elektrizität). Damit soll ein grosser Teil des Energieverbrauchs von Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen abgedeckt werden.
- Zusammen mit den Kantonen und den betroffenen Branchen sind die **SIA-Empfehlung 380/4 Elektrizitätsverbrauch im Hochbau** sowie deren Umsetzungsinstrumente für die Bereiche Beleuchtung, Kühlung und Lüftung entwickelt worden. Gemäss Musterenergiegesetz der Kantone gehört die Realisierung dieser Empfehlung zur Strategie der Kantone im Rahmen von EnergieSchweiz.
- **Oekostrom** steht heute – in der Regel über lokale Oekostrombörsen - rund 60 Prozent aller Stromkonsumenten zur Verfügung. Mit der freien Wahl des Lieferanten im Zuge einer geordneten Marktöffnung würde das Angebot von "grünem" Strom wesentlich verbreitert.
- In Burgdorf (und in Deutschland) hat die **kostendeckende Vergütung von dezentral erzeugter Elektrizität** zu einer starken Beschleunigung bei der Nutzung erneuerbarer Energien geführt.

Quellen

- Botschaft des Bundesrates zu den Volksinitiativen "MoratoriumPlus" und "Strom ohne Atom" sowie zu einem Kernenergiegesetz, 28. Februar 2001
- Szenarien zu den Initiativen "Strom ohne Atom" sowie "MoratoriumPlus", Prognos, Februar 2001
- Wirtschaftliche Auswirkungen der Volksinitiativen "Strom ohne Atom" und "MoratoriumPlus", Ecoplan, Februar 2001
- Aktionsprogramm Energie 2000, Schlussbericht, Dezember 2000
- 1. Jahresbericht EnergieSchweiz 2001/2002, September 2002
- Wirkungsanalyse EnergieSchweiz, Schlussbericht, Infrac, Juli 2002
- Entwicklung und Bestimmungsgründe des Energieverbrauchs 2001 gegenüber 2000 und 1990, Synthesebericht, Prognos, Juli 2002
- Die vergessenen Milliarden, Externe Kosten im Energie- und Verkehrsbereich, Infrac, Econcept, Prognos, 1996

Das neue Kernenergiegesetz (KEG)

- Übersicht:
1. Warum überhaupt eine Revision?
 2. Kernenergiepolitische Ausgangslage
 3. Wichtigste Elemente des KEG (vom Parlament am 21.3.2003 verabschiedet)

1. Warum überhaupt eine Revision?

Das Atomgesetz von 1959 und der Bundesbeschluss zum Atomgesetz von 1978 bilden die rechtlichen Grundlagen für die Nutzung der Kernenergie. Beide Erlasse sind revisionsbedürftig. Dies betrifft vor allem

- die Wiederaufarbeitung von abgebrannten Brennelementen,
- die Stilllegung der Kernanlagen,
- die Entsorgung der radioaktiven Abfälle inklusive deren Finanzierung,
- die Ausgestaltung der Bewilligungsverfahren und
- die Umschreibung der Pflichten des Inhabers einer Kernanlage.

Die Revisionsarbeiten wurden Mitte der 70-er Jahre aufgenommen. Die Arbeiten wurden mehrmals sistiert, obwohl sie teilweise weit fortgeschritten waren. Dies nicht zuletzt deshalb, weil die Nutzung der Kernenergie umstritten ist und bleibt.

2. Kernenergiepolitische Ausgangslage

In den letzten 10 Jahren gab es verschiedene Versuche, im Bereich Kernenergie einen Konsens zu erzielen. Zu erwähnen sind insbesondere: 1996/97 der Energiedialog im Rahmen von Energie 2000, 1998 der Dialog Entsorgung (für die radioaktiven Abfälle) und anfangs 1999 Gespräche zwischen den Bundesräten Leuenberger und Couchepin mit Kernkraftwerk-Betreibern, -gegnern und Kantonen. In den Bereichen rationelle Energieverwendung, erneuerbare Energien, Wasserkraft und Übertragungsleitungen waren Fortschritte möglich; bei der Kernenergie gab es in wesentlichen Punkten keinen Konsens. In der Entsorgungsfrage brachte immerhin der Bericht der Expertengruppe Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle (EKRA) vom Februar 2000 wichtige neue Vorschläge zur Entsorgungskonzeption.

Der Bundesrat orientiert sich in dieser Situation an der Tatsache, dass die Kernenergie in den letzten Jahren gegen 40 % der Stromproduktion abdeckte. Dieser Anteil kann nicht kurzfristig ersetzt werden. Deshalb will der Bundesrat die Option Kernenergie offenhalten. Er lehnt aus diesem Grund die beiden Initiativen ab und unterbreitete dem Parlament den Entwurf zum KEG als indirekten Gegenvorschlag zu den beiden Atominitiativen, die am 18. Mai 2003 zur Abstimmung kommen.

3. Wichtigste Elemente des KEG (vom Parlament am 21.3.2003 verabschiedet)

- **Option Kernenergie offenhalten:** Grundsätzlich sind neue Kernkraftwerke (KKW) möglich (allerdings nur mit neusten Technologien). Die Betriebsbewilligungen der KKW werden nicht gesetzlich befristet, und der Weiterbetrieb ist möglich, solange die KKW sicher sind.
- **Rahmenbewilligung für neue Kernanlagen, fakultatives Referendum:** Die Rahmenbewilligung ist ein politischer Grundsatzentscheid. Sie wird deshalb dem fakultativen Referendum unterstellt (nicht nur bei KKW, sondern auch bei geologischen Tiefenlagern).
- **Mitwirkung des Standortkantons sowie der benachbarten Kantone und Länder:** Das Departement beteiligt den Standortkanton sowie die in unmittelbarer Nähe des vorgesehenen Standorts liegenden Nachbarkantone und -länder an der Vorbereitung des Rahmenbewilligungsentscheides. Dies ermöglicht eine verstärkte Mitsprache der Betroffenen. Allerdings hat das Parlament das vom Bundesrat vorgeschlagene Erfordernis der Zustimmung des Standortkantons abgelehnt.
- **Moratorium bei der Wiederaufarbeitung:** Das Parlament hat das vom Bundesrat vorgeschlagene Verbot abgelehnt: Abgebrannte Brennelemente dürfen während 10 Jahren nach dem 1. Juli 2006 nicht mehr nach Frankreich und England in die Wiederaufarbeitung ausgeführt werden. Die Bundesversammlung kann diese Frist um 10 Jahre verlängern.
- **Entsorgung der radioaktiven Abfälle:** Gestützt auf den Bericht der EKRA schlug der Bundesrat das Konzept des geologischen Tiefenlagers vor. Dieses Konzept wurde im KEG umgesetzt. Nach einer längeren Überwachungsphase kann schrittweise die geologische Endlagerung erreicht werden. Nach Verschluss bleibt der Bund für das Lager verantwortlich. Wie bisher müssen die Betreiber der KKW die radioaktiven Abfälle auf eigene Kosten entsorgen. Neu müssen sie ein Entsorgungsprogramm erstellen, das die geplanten Entsorgungsarbeiten, den Zeithorizont, die Etappenziele und einen Finanzplan enthält. Das Programm muss vom Bundesrat genehmigt werden und ist periodisch zu überarbeiten. Damit erhält der Bund ein wichtiges Steuerungsinstrument.

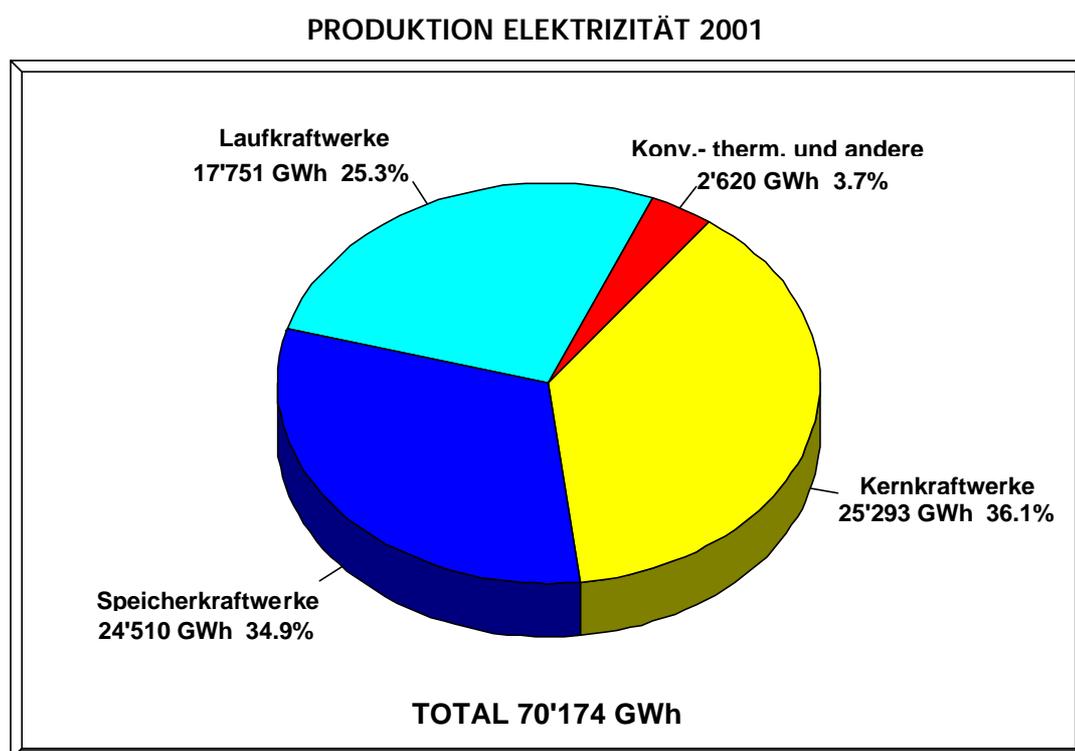
- **Sicherstellung der Finanzierung von Stilllegung und Entsorgung, Nachschusspflicht:** Wie bisher werden zwei von den Betreibern der KKW unabhängige Fonds diese Kosten sicherstellen. Die Fonds werden mit Beiträgen der Betreiber gespeist. Der Stilllegungsfonds wird bis nach Ablauf einer 40-jährigen Betriebszeit der KKW sämtliche Stilllegungskosten (rund 1,5 Milliarden Franken) sicher stellen. Der Entsorgungsfonds wird rund 2/3 der Entsorgungskosten (rund 13 Milliarden Franken) sicher stellen. Die übrigen Entsorgungskosten fallen während des Betriebes an und werden von den Betreibern direkt bezahlt. Wie schon heute bei den Stilllegungskosten soll künftig auch für die Entsorgungskosten eine beschränkte solidarhaftungsähnliche Nachschusspflicht der Betreibergesellschaften bei Finanzierungslücken eingeführt werden.
- **Koordination der Bewilligungsverfahren:** Die verschiedenen Bewilligungen sollen in einer einzigen Bewilligung zusammengefasst werden. Das bedeutet auch, dass es keine kantonalen und kommunalen Bewilligungen mehr braucht.
- **Beschwerdemöglichkeit an eine Gerichtsbehörde:** Gegen Verfügungen und Bewilligungsentscheide können Betroffene Beschwerde an eine verwaltungsunabhängige Gerichtsbehörde (Rekurskommission UVEK, Bundesgericht) erheben. Damit ist nicht mehr der Bundesrat zur Erteilung der Bau- und der Betriebsbewilligung für ein KKW zuständig. Bei Kernanlagen hat zudem der Standortkanton ein Beschwerderecht.
- Das Parlament hat sodann im Energiegesetz eine Bestimmung über die Kennzeichnung von Elektrizität (Art der Elektrizitätserzeugung, Herkunft der Elektrizität) und eine Bestimmung über die Überwälzung der Kosten der Übernahme von Strom von unabhängigen Produzenten auf das Übertragungsnetz eingefügt.

Das **Kernenergiehaftpflichtgesetz** soll anschliessend an das KEG umfassend geändert werden. Die Vernehmlassung findet voraussichtlich Ende 2003/Anfangs 2004 statt.

Elektrizitätsversorgung

- Überblick:
1. Produktion
 2. Aussenhandel
 3. Verbrauch
 4. Preise

1. Produktion

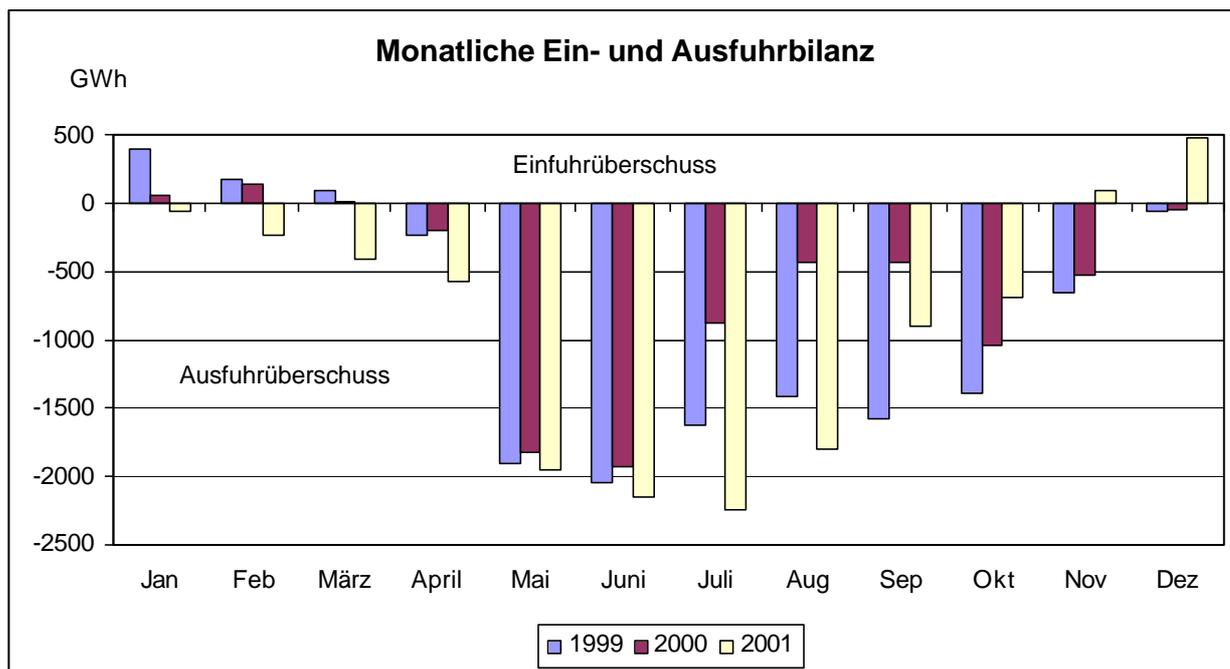


Graphik 1: Produktionsanteile von Elektrizität in der Schweiz im Jahr 2001
(Quelle: Schweiz. Elektrizitätsstatistik)

Die Elektrizitätserzeugung der Schweiz stützt sich im wesentlichen auf die Wasserkraft und die Kernenergie. Daneben wird ein kleiner Anteil konventionell thermisch und mit den erneuerbaren Energien Wind und Sonne erzeugt. Die Wasserkraft hatte im Jahr 2001 einen Produktionsanteil von 60,2 Prozent. Davon entfielen 25,3 Prozentpunkte auf die vorwiegend im Mittelland gelegenen Laufkraftwerke und 34,9 Prozent auf die Speicherkraftwerke in den Bergen. Die Kernkraftwerke produzierten 36,1 Prozent der gesamten

Elektrizität. Die restlichen 3,7 Prozent verteilen sich auf die vorwiegend mit den fossilen Energien Erdgas und Heizöl beziehungsweise mit den erneuerbaren Energien Holz, Abfall (50 % erneuerbar) und Biogas betriebenen konventionell thermischen Kraftwerke. Auf die Verstromung von Holz, Abfall (50 % erneuerbar) und Biogas entfallen rund 1,03 Prozent der Gesamtproduktion. Die direkte Nutzung von Sonne und Wind machten rund 0,02 Prozent der gesamten Produktion aus. Zusammen mit der Wasserkraft ist rund 61 Prozent der schweizerischen Elektrizitätsproduktion von insgesamt 70'174 GWh erneuerbaren Ursprungs. Mit EnergieSchweiz sollen die erheblichen Potenziale der Elektrizitätsproduktion aus erneuerbaren Energien in zunehmendem Mass genutzt werden. Instrumente dafür sind Investitionsbeiträge des Bundes und der Kantone, die Einspeisebedingungen gemäss Energiegesetz (15 Rp./kWh), Ökostrombörsen und Labels.

2. Aussenhandel



Graphik 2: Monatliche Handelsbilanz für Elektrizität zwischen 1999 und 2001
(Quelle: Schweiz. Elektrizitätsstatistik)

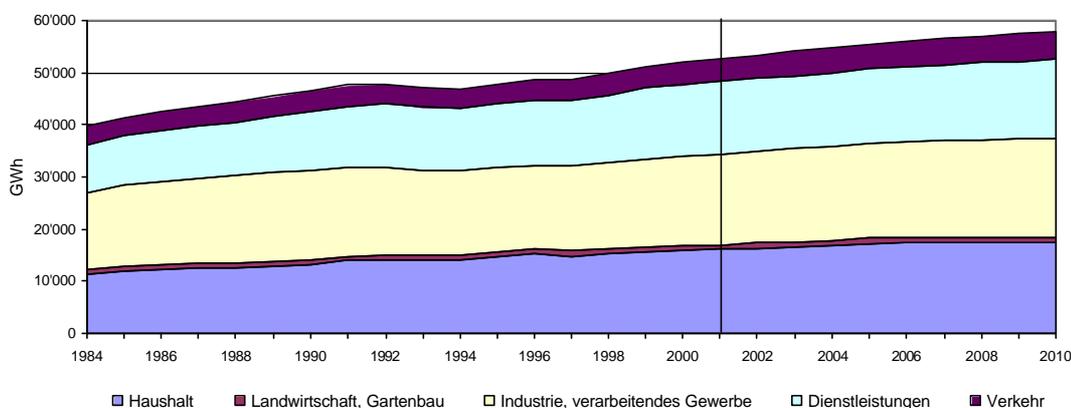
Die schweizerische Elektrizitätswirtschaft hat im internationalen Elektrizitätsaustausch insbesondere zwischen Frankreich, Deutschland und Italien eine wichtige Stellung. Dies zeigt sich anhand der grossen Mengen importierter und exportierter Elektrizität (2001: 57'963 GWh Importe, 68'407 GWh Exporte, 10'444 GWh Exportüberschuss). Für eine zuverlässige Elektrizitätsversorgung ist nicht nur die effektive Verfügbarkeit, sondern auch die zeitliche Dimension von Bedeutung: Elektrizität muss dann produziert werden, wenn

sie nachgefragt wird. Die Schweiz besitzt dazu einerseits mit den schnell zu- und abschaltbaren Speicherkraftwerken bedeutende Regulierungsmöglichkeiten. Andererseits ist es durch Pumpspeicherung möglich, billige Bandenergie in teure Spitzenenergie umzuwandeln. Zusätzlich wird viel Elektrizität von Frankreich direkt nach Italien durchgeleitet. Diese Vorteile und die geographische Lage erklären die starke Stellung der schweizerischen Elektrizitätsunternehmen in Europa.

Weil der Verbrauch im Winter höher ist als im Sommer, im Sommer jedoch aufgrund des höheren Wasserangebots mehr Elektrizität produziert werden kann, ergeben sich starke saisonale Schwankungen im Aussenhandel. In den Winterhalbjahren wird daher tendenziell mehr Elektrizität importiert als exportiert. Im Sommer ist es durchwegs umgekehrt (siehe Graphik).

3. Verbrauch

Verbrauch nach Konsumentengruppen



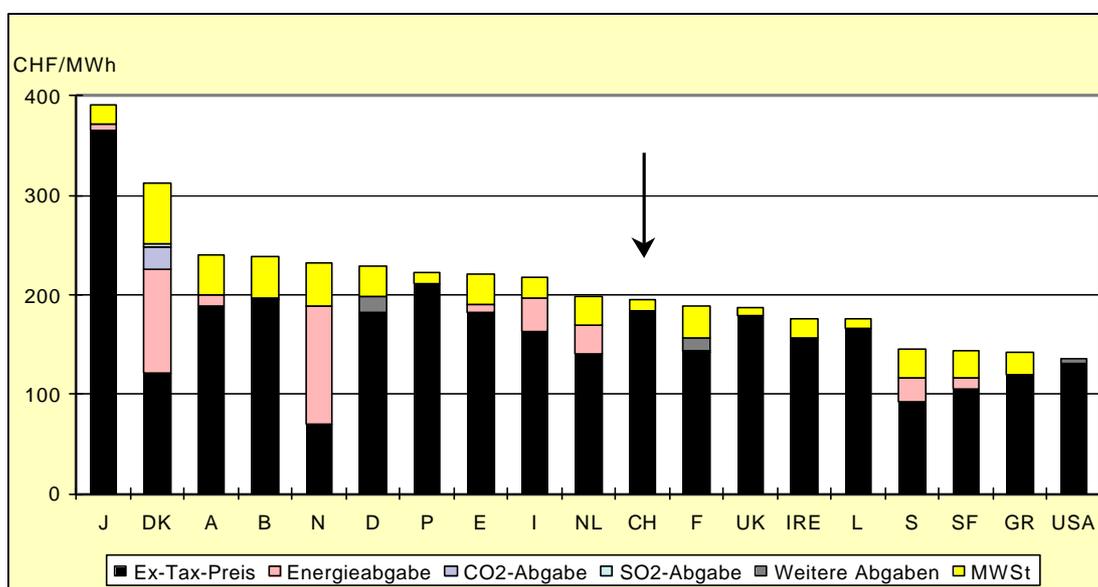
Graphik 3: Endverbrauch von Elektrizität von 1980 bis 2010
(Quelle: Schweiz. Elektrizitätsstatistik und Energieszenarien BFE)

Von den 53'749 GWh (2001) in der Schweiz verkaufter Elektrizität werden 34,1 Prozent von der Industrie, 29,9 Prozent von den Haushalten, 26,1 Prozent vom Dienstleistungssektor, 8 Prozent vom Verkehr und 2 Prozent von der Landwirtschaft verbraucht. In den Jahren zwischen 1950 und 1960 hat der Verbrauch um jährlich über 6 Prozent zugenommen, zwischen 1980 und 1990 noch um 2,8 Prozent. Seit 1990 ist der Stromkonsum durchschnittlich um jährlich 1,2 Prozent gestiegen. Der Verbrauch des Verkehrs und der Industrie ist in diesem Zeitraum leicht gesunken, während der Konsum der Haushalte und des Dienstleistungssektors zugenommen hat. Gemäss den neusten Perspektivrechnungen des

BFE wird bei gedeihlichem Wirtschaftswachstum der Elektrizitätsverbrauch zwischen 2000 und 2010 um jährlich 0,5 Prozent wachsen. Anschliessend wird mit einer Stabilisierung gerechnet. Ziel des Aktionsprogramms EnergieSchweiz ist die Begrenzung der Zunahme des Elektrizitätsverbrauchs zwischen 2000 und 2010 auf 5 Prozent. Dies soll mit der SIA Norm im Bausektor, der Energieetikette für Elektrogeräte und Lampen, mit Verbrauchsvorschriften für Elektrogeräte und weiteren Massnahmen erreicht werden. Die Energieagentur für Elektrogeräte (eae) und die Schweiz. Agentur für Energieeffizienz (S.A.F.E.) haben eine Strategie zur Stabilisierung des Elektrizitätsverbrauchs der Geräte (rund 60 % des Gesamtverbrauchs) entwickelt.

4. Preise

Im schweizerischen Durchschnitt bezahlen Haushaltskunden knapp 20 Rappen pro kWh Elektrizität, die Industrie ungefähr 14,5 Rappen pro kWh. Im internationalen Vergleich hat die Schweiz durchschnittliche Haushaltsstrompreise und hohe Preise für die Industrie und insbesondere für die kleinen und mittleren Unternehmen. Dabei handelt es sich um publizierte Tarife. Die Preise der Gross- und Sondervertragskunden sind nicht bekannt, dürften aber deutlich tiefer sein. Ferner sind bereits vor der Marktöffnung ausgehandelte Preisreduktionen nicht berücksichtigt.

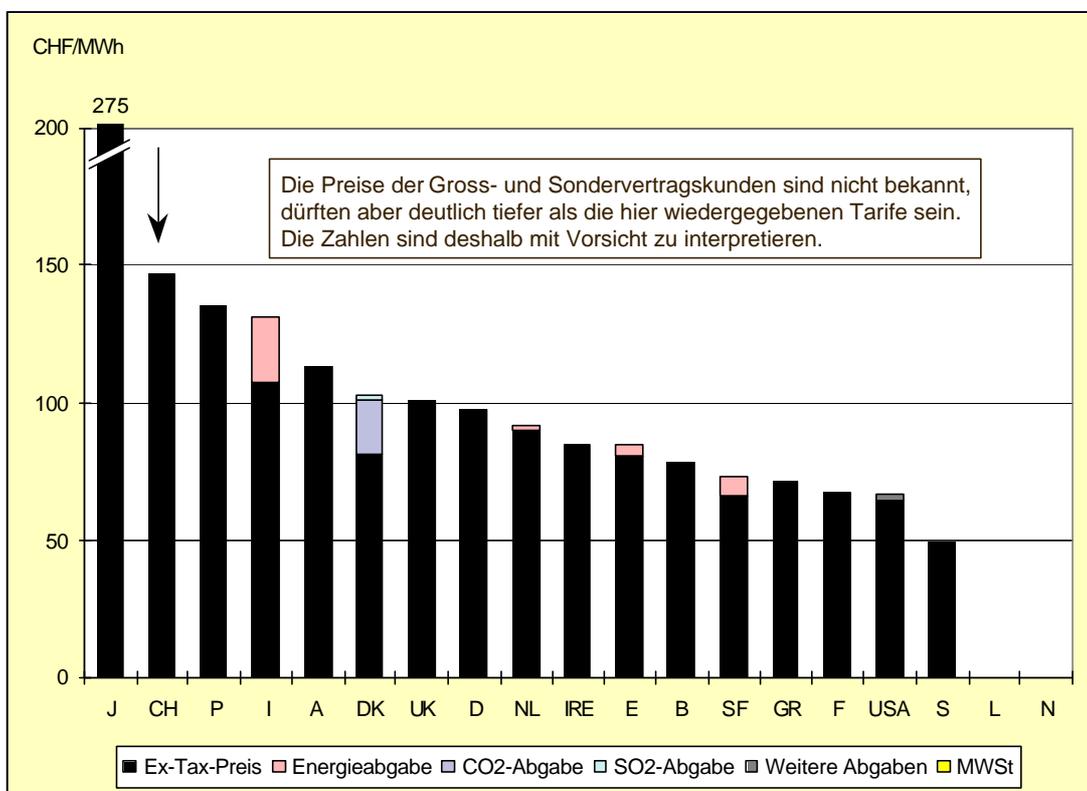


Graphik 4: Elektrizitätspreise für Haushalte in verschiedenen Ländern Ende 90er Jahre

Die Elektrizitätspreise beinhalten die Kosten für Erzeugung, Übertragung und Verteilung. Zusätzlich belasten Steuern, Wasserzinsen, Abgaben an Gemeinden und Kantone, Beiträge an Infrastrukturanlagen usw. den Elektrizitätspreis mit durchschnittlich ca. 1 Rappen pro kWh. Wie bei allen Gütern und Dienstleistungen, wird eine Mehrwertsteuer von der-

zeit 7,6 Prozent erhoben. Dies macht für den durchschnittlichen Haushalttarif weitere 1,5 Rappen aus.

Seit 1995 sind die Elektrizitätspreise nominal nicht mehr angestiegen. Real, d.h. teuerungsbereinigt, sind sie sogar gesunken. Teuerungsbereinigt sind die Haushaltsstrompreise seit 1980 stabil, während sie sich von 1960 bis 1980 stark verbilligten. Die Industrietarife sind real seit 1965 kontinuierlich um 40 Prozent gestiegen.



Graphik 5: Elektrizitätspreise für Industrie (Tarifkunden) in verschiedenen Ländern Ende 90er Jahre

Entstehung und aktuelle Bedeutung der Kernkraftwerke

- Übersicht:
1. Planung und Bau von Kernkraftwerken
 2. Schweizerische Kernkraftwerke

1. Planung und Bau von Kernkraftwerken

In der ersten Hälfte der 60-iger Jahre zeigte sich immer deutlicher, dass der Ausbau der Wasserkraft seinem Ende zuzuging. Zur Deckung des stark steigenden Elektrizitätsverbrauchs mussten deshalb andere Produktionsmöglichkeiten gesucht werden. Der Bundesrat lehnte aus Gründen der Auslandabhängigkeit und der Luftreinhaltung den Bau von Kraftwerken ab, die mit Kohle oder Heizöl befeuert wurden. Er forderte deshalb 1964, dass vom Endausbau der Wasserkräfte unmittelbar zum Bau von Kernkraftwerken überzugehen sei.

Die ersten drei Kernkraftwerke wurden in der damals üblichen Leistungsklasse erstellt. Die Nordostschweizerischen Kraftwerke (NOK) bauten die beiden Zwillingsanlagen **Beznau I und II**, welche 1969 und 1972 ihren kommerziellen Betrieb aufnahmen. Das den bernischen Kraftwerken (BKW) gehörende Kernkraftwerk **Mühleberg** ging 1972 in Betrieb. Im Verlaufe der Zeit vergrösserte sich die Leistung der angebotenen Reaktoren; in den 70-iger Jahren betrug die Standardgrösse 900 bis 1'000 MW. Die beiden folgenden schweizerischen Kernkraftwerke **Gösgen und Leibstadt** wurden in dieser Leistungsklasse gebaut. Sie waren aber für ein einzelnes schweizerisches Elektrizitätsunternehmen zu gross, so dass sie als Partnerwerke erstellt wurden; die gewichtigsten Aktionäre sind heute die sogenannten Überlandwerke (Atel, BKW, CKW, EGL, EOS, NOK) mit unterschiedlichen Anteilen am jeweiligen Eigenkapital.

Die **Leistung** der schweizerischen Kernkraftwerke konnte im Verlaufe der Zeit aufgrund der Betriebserfahrungen und der vorgenommenen sicherheitstechnischen Nachrüstungen **erhöht** werden. Gösgen erhielt die Bewilligung zur Leistungserhöhung bereits 1985. Mühleberg und Leibstadt beantragten 10-prozentige Leistungserhöhungen, die 1992 bzw. 1998 bewilligt wurden. Beznau verzichtete bisher auf eine Erhöhung der thermischen Leistung¹.

Die schweizerische Elektrizitätswirtschaft plante **weitere Kernkraftwerke**. Für drei Projekte in Kaiseraugst, Graben und Verbois, erteilte das damalige Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement (EVED) die Standortbewilligung. Die Elektrizitätswirtschaft vertrat 1979 die Ansicht, dass in den 80er Jahren zwei zusätzliche Kernkraftwerke erstellt werden müssen und reichte Gesuche für die Rahmenbewilligungen für KKW's in **Kaiseraugst** und **Graben** ein. Das Parlament genehmigte 1985 die Rahmenbewilligung für Kaiseraugst. Der gesetzlich verlangte "Bedarfsnachweis" für diese Projekte war sehr umstritten.

¹ Die elektrische Nettoleistung konnte jedoch von 350 Mwe auf 365 Mwe erhöht werden.

ten. Die Anlagen wurden in der Folge nicht realisiert. 1989 und 1996 erhielten die Projektanten vom Bund Entschädigungen von 577 Millionen Franken für die Nicht-Realisierung der KKW's Kaiseraugst und Graben. Die Elektrizitätswirtschaft erwarb jedoch **Strombezugsrechte aus französischen Kernkraftwerken**. Diese betragen gegenwärtig ca. 2'500 MW; ab 2017 sinken sie und laufen 2036 aus. Die anteiligen Investitionen in die französischen Kernkraftwerke wurden von den schweizerischen Elektrizitätsunternehmen vorfinanziert.

Die heutigen schweizerischen Kernkraftwerke produzieren zusammen mit den Laufkraftwerken dauernd verfügbare Elektrizität (Bandenergie). Die schweizerischen Kernkraftwerke werden im Falle von schwacher inländischer Nachfrage und damit geringer benötigter Kraftwerkleistung nicht "heruntergefahren". Sie vermögen aber die durch die inländischen Konsumenten verlangte Leistung nicht abzudecken, so dass auch Speicherkraftwerke eingesetzt werden und Exporte bzw. Importe zum Bilanzausgleich nötig sind.

2. Schweizerische Kernkraftwerke

Anlage	Reaktorsystem	Kühlsystem	Kommerzielle Betriebsaufnahme	Dauer Betriebsbew.	Leistung netto (MWe) am 31.12.02	Stromerzeugung 2002 (Mio. kWh)
Beznau I	Druckwasserreaktor (Westinghouse)	Flusswasser (Aare)	1969	unbefristet	365	2'884
Beznau II	Druckwasserreaktor (Westinghouse)	Flusswasser (Aare)	1972	2004	365	3'002
Mühleberg	Siedewasserreaktor (General Electric)	Flusswasser (Aare)	1972	2012	355	2'839
Gösgen	Druckwasserreaktor (KWU)	Kühlturm	1979	unbefristet	970	7'795
Leibstadt	Siedewasserreaktor (General Electric)	Kühlturm	1984	unbefristet	1'165 (bis 31.8.02 1'145)	9'173
Total					3'220	25'693

Politische Diskussionen um die Kernenergie

- Überblick:
1. Widerstand gegen die Kernenergie
 2. Volksinitiativen zur Kernenergie

1. Widerstand gegen die Kernenergie

Die Kernenergie stiess in der Schweiz **anfänglich auf keinen Widerstand**, auf ihr ruhten im Gegenteil **grosse Hoffnungen**. Man sah in ihr eine fast unerschöpfliche, kostengünstige Energie, die es möglich machte, auf die fossile Stromerzeugung zu verzichten. Der Einstieg in die Kernenergie wurde auch von den damals aktiven Umweltorganisationen begrüsst; diese erwarteten, dass damit der weitere Ausbau der Wasserkraft wenn nicht gestoppt, so doch wesentlich eingedämmt werden könnte.

Der **Widerstand gegen die Kernenergie** begann Ende der 60-iger Jahre. Vorerst waren es Einzelpersonen, später lokale und regionale Organisationen, die sich gegen den Bau von Kernkraftwerken einsetzten. Eine eigentliche gesamtschweizerische Anti-AKW-Bewegung, die über einen losen Zusammenschluss der verschiedenen regionalen Bewegungen hinausging, ist nie entstanden.

Die Kernenergieopposition erstarkte vor allem im Kampf gegen das **Kernkraftwerkprojekt Kaiseraugst**. Ein Höhepunkt des Widerstands war die Besetzung des Kernkraftwerksgeländes in Kaiseraugst im Jahre 1975. Die Besetzung wurde erst abgebrochen, als der Bundesrat Gespräche auf höchster Ebene zugesichert hatte. Das Projekt Kaiseraugst stand bis zu seiner Aufgabe im Jahre 1988 immer im Zentrum des Widerstands. Die Opposition gegen die Kernenergie nahm die gesetzlichen Möglichkeiten wahr, durch Masseneinwendungen und Beschwerden in die Bewilligungsverfahren einzugreifen. Parallel wurde eine Reihe von Volksinitiativen lanciert (s. unten). Ende der 70-iger Jahre gab es auch grosse Demonstrationen gegen das Kernkraftwerk Gösgen und gegen das Projekt Graben. Der **Widerstand war nicht immer gewaltfrei**; im Jahre 1979 erfolgten Brandanschläge gegen Gebäude und Autos führender Persönlichkeiten der Elektrizitätswirtschaft und der Aufsichtsbehörden für Kernanlagen sowie Sprengstoffanschläge gegen projektierte, im Bau oder im Betrieb befindliche Kernkraftwerke.

Der Widerstand gegen die Kernenergie hatte **verschiedene Motive**. In der Umgebung geplanter Anlagen stand die Angst vor der Radioaktivität im Vordergrund, aber auch die Kühltürme wurden abgelehnt. In der zweiten Hälfte der 70-iger Jahre war der Widerstand vor allem gesellschaftspolitisch motiviert. In der Folge des Berichts des Club of Rome ("Grenzen des Wachstums") erhielt die Forderung „small is beautiful“ Zuspruch. Es wurde befürchtet, dass neue Kernkraftwerke zur Stromverschwendung führen. Zudem wurde immer wieder auf das ungelöste Problem der Entsorgung radioaktiver Abfälle hingewiesen. Nach der Betriebsaufnahme nahm der Widerstand in der Umgebung der Kernanlagen

deutlich ab; diese Regionen haben in der Folge die antinuklearen Volksinitiativen meistens klar abgelehnt.

Der Widerstand gegen die Kernenergie war ein wesentlicher Grund für die **Aufgabe der beiden Kernkraftwerkprojekte Kaiseraugst und Graben**. Entscheidend war aber die Katastrophe in Tschernobyl im Jahr 1986: Die Risiko-Frage wurde verstärkt thematisiert; sie führte dazu, dass es politisch nicht mehr möglich war, weitere Kernkraftwerke zu erstellen, obwohl die Rahmenbewilligung für das Kernkraftwerk Kaiseraugst vom Bundesrat erteilt und vom Parlament genehmigt worden war. Der Bund entschädigte die Kernkraftwerk Kaiseraugst AG mit 350 Millionen Franken und die Kernkraftwerk Graben AG mit 227 Millionen Franken, und zwar aufgrund von Motionen in den Eidg. Räten bzw. eines Bundesgerichtsurteils.

Gegen die Kernenergie wurden eine Reihe von **Volksinitiativen** lanciert. Mit Ausnahme der Moratoriumsinitiative 1990 wurden in den bisherigen Volksabstimmungen sämtliche Initiativen abgelehnt, meist jedoch nur knapp. Parallel zu antinuklearen Volksinitiativen wurden teilweise auch Energieinitiativen eingereicht, welche den Ausstieg aus der Kernenergie hätten ermöglichen sollen; zum Teil enthalten die antinuklearen Initiativen selber energiepolitische Vorgaben. Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die gegen die Kernenergie gerichteten Initiativen.

2. Volksinitiativen zur Kernenergie

Datum Volksabstimmung	Volksinitiative	Ja %	Kantone		Hauptbegehren
			Ja	Nein	
18.5.2003	Strom ohne Atom				Stilllegung der Atomkraftwerke Beznau I und II sowie Mühleberg spätestens 2 Jahre nach der Volksabstimmung, Gösgen und Leibstadt spätestens nach jeweils 30 Betriebsjahren, keine weitere Ausfuhr abgebrannter Brennelemente zur Wiederaufarbeitung und Rücknahme noch nicht aufgearbeiteter Brennelemente, keine Substitution des Atomstroms durch Strom aus fossilbetriebenen Anlagen ohne Abwärmenutzung, dauerhafte und sichere Lagerung der Abfälle, Tragung der Kosten aus der vorzeitigen Stilllegung durch Eigentümer

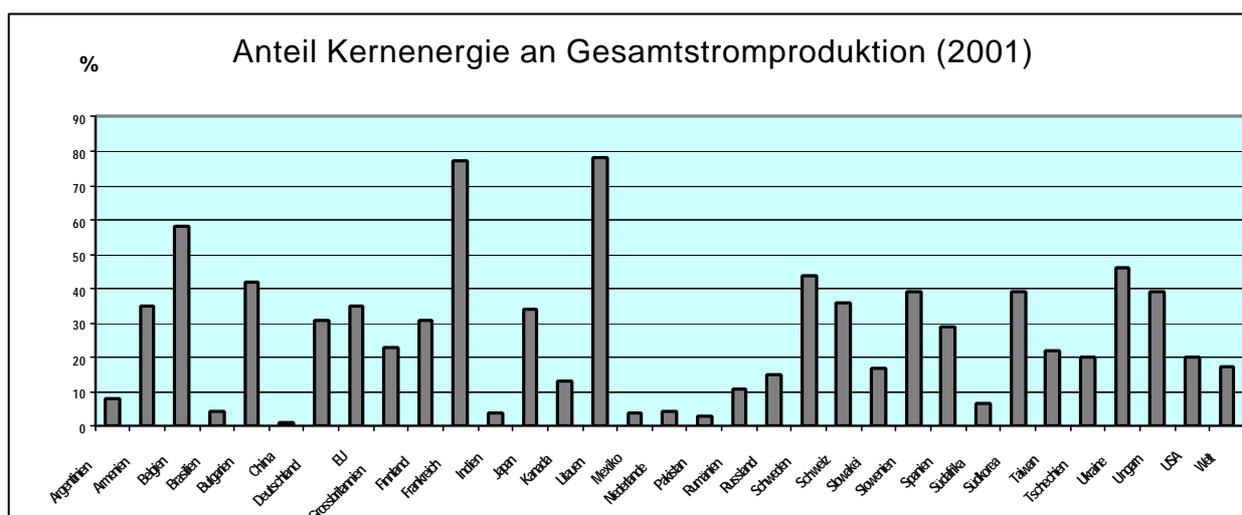
Datum Volksabstimmung	Volksinitiative	Ja %	Kantone		Hauptbegehren
			Ja	Nein	
18.5.2003	MoratoriumPlus				Für bestehende Kernkraftwerke referendumpflichtiger Bundesbeschluss für Betriebsverlängerung über 40 Jahre, Verlängerung jeweils höchstens 10 Jahre, zehnjähriges Moratorium für neue Kernkraftwerke, Leistungserhöhungen und Forschungsreaktoren, Stromdeklaration
23.9.1990	Für den Ausstieg aus der Atomenergie (Ausstiegsinitiative)	47,1	6 + 2 Halbkant.	14 + 4 Halbkant.	Keine weiteren Kernkraftwerke und Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs, keine Erneuerung, sondern möglichst rasche Stilllegung bestehender Anlagen, staatliche Massnahmen zur sparsamen Nutzung von Elektrizität, Förderung dezentraler, umweltverträglicher Energieanlagen
23.9.1990	Stopp dem Atomkraftwerkbau (Moratorium)	54,6	19 + 1 Halbkant.	3 + 1 Halbkant.	Keine Bewilligungen für neue Atomkraftwerke oder Heizreaktoren während 10 Jahren
23.9.1984	Für eine Zukunft ohne weitere Atomkraftwerke	45,8	5 + 2 Halbkant.	15 + 4 Halbkant.	Keine weiteren Atomkraftwerke, kein Ersatz der bestehenden Atomkraftwerke, gesetzliche Bestimmungen für Ausserbetriebnahme, Verbot von Anlagen des nuklearen Brennstoffkreislaufs, fakultatives Referendum für Atommülllager
18.2.1979	Zur Wahrung der Volksrechte beim Bau und Betrieb von Atomanlagen	48,8	8 + 2 Halbkant.	12 + 4 Halbkant.	Konzession durch Bundesversammlung, regionale Zustimmung der Stimmberechtigten der Standortgemeinde, der angrenzenden Gemeinden und jedes Kantons im Umkreis von 30 km der Atomanlage

Kernenergie und Energiepolitik im Ausland

- Übersicht:
1. Weltweit
 2. Europa
 3. Ehemalige Sowjetunion
 4. Nordamerika
 5. Asien

1. Weltweit

Die Kernenergie deckt 6,8 Prozent des weltweiten Primärenergiebedarfs und 17,2 Prozent der weltweiten Stromnachfrage. 440 Reaktoren stehen in 31 Ländern in Betrieb. 30 Reaktoren sind in 11 Ländern im Bau, vor wiegend in Asien. Die Internationale Atomenergie-Agentur (IAEA) schätzt, dass bis 2015 die weltweite Nuklearkapazität nur beschränkt zunehmen wird, der Anteil der Kernenergie wegen der fortschreitenden Elektrizitätsproduktion aber auf 13 Prozent sinken wird. Zehn Länder - Argentinien, Brasilien, Frankreich, Grossbritannien, Japan, Kanada, Schweiz, Südafrika, Südkorea und USA - verfolgen im Rahmen des "Generation-IV International Forum" die Entwicklung von neuen, innovativen Reaktoren und Brennstoffzyklen, die ab 2020 eingesetzt werden sollen.



Quelle: IEA

2. Europa

In Europa liegt der Anteil von Kernenergie bei 30 Prozent. Ausgehend von den heutigen energiepolitischen Prämissen nimmt das Grünbuch der EU zur Energieversorgungssicherheit an, dass die Nuklearstromproduktion in der so genannten EU-30 Ländergruppe¹ bis 2010 auf dem heutigen Stand von knapp 1'000 TWh² bleiben wird. Erwartet wird bis 2020 eine Senkung auf 900 TWh (Anteil an der Gesamtproduktion: 17 %), bis 2030 ein Rückgang auf 500 TWh (Anteil an der Gesamtproduktion: 13 %).

Der europäische Energiebinnenmarkt beeinflusst zunehmend die Formulierung nationaler Energiepolitiken. So lässt die deutsche Regierung die Wirtschaft entscheiden, ob Nuklearstrom durch neue einheimische Kraftwerke oder durch Stromimporte ersetzt werden soll. Der Ausstiegskandidat Belgien rechnet mit steigenden Importen aus der Kernenergie-grossmacht Frankreich. Die EU stellt fest, dass die Zukunft der Kernenergie hauptsächlich von folgenden Faktoren abhängt:

- Entsorgung von radioaktivem Abfall
- Wirtschaftlichkeit von Reaktoren der nächsten Generation
- Klimaschutz
- Versorgungssicherheit

Als Haupthindernisse für die Kernenergie sieht die EU:

- häufig fehlende politische Akzeptanz
- Strommarktiliberalisierung, welche die Kernenergie wegen ihrer langen Investitionszyklen gegenüber konventionell-thermischen Kraftwerken benachteiligt

Die EU wird ihre Kyoto-Ziele nicht erreichen, falls Kernenergie durch konventionell-thermische Kraftwerke ersetzt wird. Erdgas ist die bei weitem wichtigste Energieressource für künftige Kraftwerke und Alternative zur Kernenergie (siehe Graphik), emittiert aber Treibhausgase und verschärft die Abhängigkeit von aussereuropäischen Exportländern. Über 70 Prozent der neuen, in den kommenden 20 Jahren gebauten Kraftwerken werden durch Erdgas befeuert; weniger als 20 Prozent der Kraftwerke werden erneuerbare Energien einsetzen.

¹ EU-30 umfasst die heutige EU, die 10 neuen Beitrittsländer, die Schweiz, Norwegen, Bulgarien, Rumänien und die Türkei.

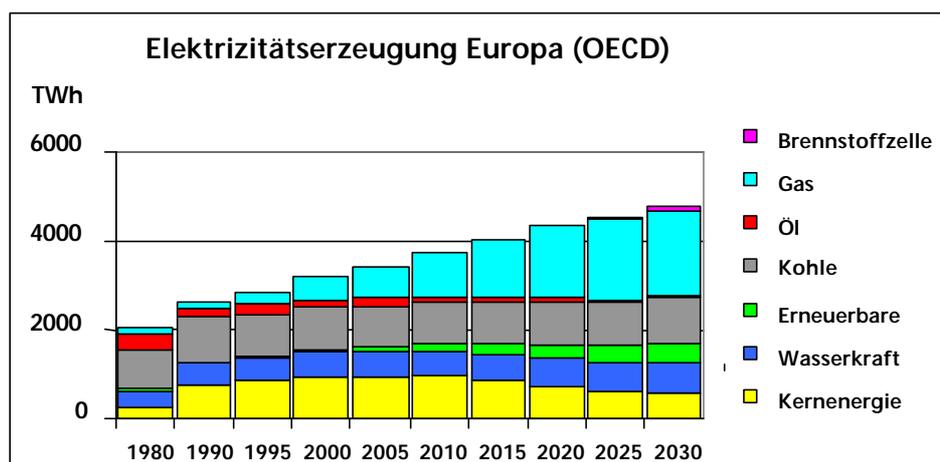
² TWh: TeraWatt-Stunde. Zum Vergleich: die jährliche Elektrizitätsproduktion der Schweiz beläuft sich auf 70 TWh.

Kernenergiepolitik europäischer Länder		
Länder, die Kernenergie nutzen	Länder, die Kernenergie weiterhin nutzen wollen oder Kernenergie als Option offen halten	Finnland, Frankreich, Grossbritannien, Rumänien, Russland, Slowakei, Slowenien, Tschechien, Ukraine, Ungarn
	Länder, die trotz Moratorium oder absehbarer Stilllegung ihrer KKW, die Option Kernenergie offen halten	Niederlande, Spanien
	Länder, die aus der Kernenergie aussteigen wollen	Belgien, Deutschland, Schweden
	Länder, die als EU-Beitrittsbedingung einzelne ihrer KKW stilllegen müssen	Bulgarien, Litauen
Länder, die Kernenergie nicht nutzen	Länder, die die Option Kernenergie offen halten	Polen, Türkei
	Länder, die aus politischen Gründen auf Kernenergie verzichtet haben	Dänemark, Italien, Österreich
	Länder, die aus Gründen internationaler Politik auf Kernenergie verzichtet haben	Kroatien (Rechtsstreit mit Slowenien über gemeinsame Nutzung eines KKW)
	Länder, für die Kernenergie primär aus energiepolitischen Gründen keine Option darstellt (kleines Land, reichlich vorhandene Energieressourcen, historische oder wirtschaftliche Gründe)	Albanien, Bosnien-Herzegowina, Estland, Griechenland, Irland, Island, Lettland, Luxemburg, Malta, Mazedonien, Moldau, Norwegen, Portugal, Serbien-Montenegro, Weissrussland, Zypern

Drei Staaten streben den Ausstieg aus der Kernenergie an:

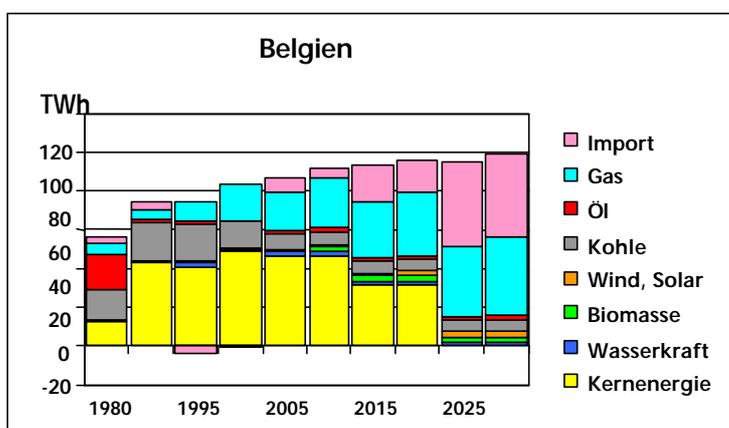
Deutschland hat den Ausstieg beschlossen, kann aber dank bestehender Überkapazitäten mit dem Ersatz wegfallender Kernenergie bis 2010 abwarten. **Schweden** musste nach der Stilllegung eines KKW den weiteren Ausstieg wegen fehlender Alternativen bis 2010 aufschieben. **Belgien** hat beschlossen seine KKW nach 40-jähriger Betriebsdauer zwischen 2015 und 2025 vom Netz zu nehmen.

Andere Staaten, die bereits über KKW verfügen, setzen weiterhin auf Nuklearstrom. **Finnland** und **Tschechien** mit dem Bau neuer KKW, sowie **Frankreich** und **Grossbritannien**. Die **Niederlande**, deren einziges KKW in einigen Jahren vom Netz gehen wird und **Spanien**, wo ein Moratorium in Kraft ist, halten die Option Kernenergie offen. **Italien**, **Österreich** und **Dänemark** haben nach politischen Debatten einen kernenergiefreien Kurs eingeschlagen. Fünf osteuropäische EU-Beitrittskandidaten verfügen über KKW: **Litauen**, **Slowakei**, **Slowenien**, **Tschechien** und **Ungarn**. Ferner produzieren **Bulgarien** und **Rumänien** Nuklearstrom. Nicht nachrüstbare KKW sowjetischer Bauart in Bulgarien und Litauen müssen als EU-Beitrittsbedingung stillgelegt werden. **Rumänien** plant den Bau eines zweiten Reaktors und die **Türkei** hält an der Option eines ersten KKW fest.

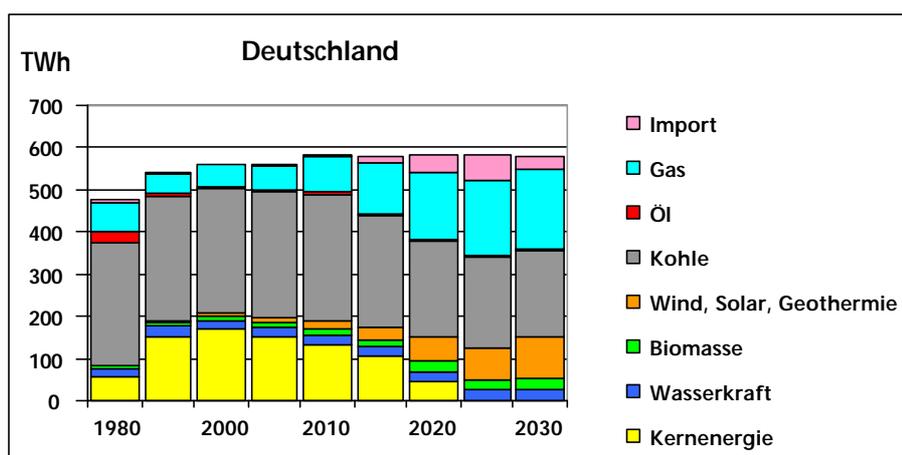


2.1 Europäische Länder, die Kernenergie nutzen

Belgien beschliesst Ausstieg bis 2025: Die Regierung bereitet seit 1999 den Ausstieg aus der Kernenergie vor. Im Januar 2003 beschloss das Parlament, die 7 Reaktoren, die derzeit fast 60 Prozent der belgischen Elektrizitätsproduktion liefern, nach 40 Jahren Betrieb – d.h. zwischen 2015 und 2025 - stillzulegen. Das Ausstiegsgesetz erlaubt bei Gefährdung der Versorgungssicherheit die "nötigen" Massnahmen. Laut Regierung soll die künftige Energieversorgung dank der "Öffnung des europäischen Strommarktes" sichergestellt werden, da einheimische Möglichkeiten zur Diversifikation sehr beschränkt sind.

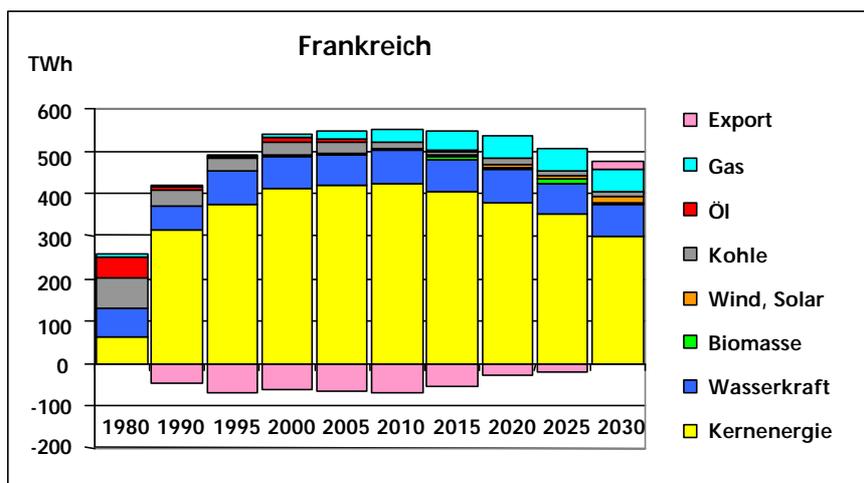


Deutschland – Ausstieg bis 2025 dank Erdgas, erneuerbaren Energien und möglicherweise Kohle: Die Regierung beschloss 1999 den Ausstieg aus der Kernenergie. Die 19 KKW's werden nach durchschnittlich 32-jähriger Betriebsdauer stillgelegt. Zurzeit stammt 30 Prozent der deutschen Elektrizitätsproduktion aus KKW's. 2001 erreichte die deutsche Nuklearstromerzeugung einen Rekord von 171 TWh. Bis 2005 werden 8 TWh stillgelegt, von 2006 bis 2010 19 TWh, von 2011 bis 2020 87 TWh. Die restlichen 46 TWh werden spätestens 2025 abgeschaltet. Der Energiebericht 2001 sieht den Ersatz von Kernenergie durch Erdgas, erneuerbare Energien und – in einem Szenario - Kohle vor. Wegen bestehenden Überkapazitäten im deutschen und europäischen Strommarkt und dem Bau vor allem von Kraft-Wärme-Kopplungs- und Windkraftanlagen, besteht bis 2010 kein dringlicher Handlungsbedarf. Die Regierung überlässt den Entscheid, ob die Ersatzkapazitäten für Kernenergie längerfristig durch Neuinvestitionen in Deutschland oder Importe aus dem EU-Binnenmarkt gewährleistet werden, den Stromunternehmen.



Finnland beschliesst Bau eines weiteren KKW's: Im Mai 2002 beschlossen Regierung und Parlament den Bau eines fünften Reaktors und eines Endlagers für Abfälle. Es ist der erste Beschluss für einen Neubau in Europa seit einem Jahrzehnt. 32 Prozent der finnischen Elektrizitätsproduktion stammen aus KKW's.

Frankreich – "Kernenergiegrossmacht": Frankreich hat seit den Ölshocks der 70er Jahre seine Kernenergiekapazität massiv aufgebaut. Der neueste Reaktor kam 1999 ans Netz. Heute liefern 59 Reaktoren knapp 80 Prozent der französischen Elektrizitätsproduktion und erlauben den Export von jährlich 70 TWh – was der gesamten schweizerischen Elektrizitätsproduktion entspricht. Wegen der bestehenden Überkapazität sind vorläufig keine Neubauten geplant. Die französische Energiepolitik setzt allerdings weiterhin auf die Kernenergie, insbesondere auf den neuen Reaktortyp EDWR (Europ. Druckwasser-Reaktor), von dem ein Prototyp gebaut werden kann. Ab 2008 wird die Nuklearstromproduktion wegen dem Abschalten älterer Reaktoren stetig sinken, da ab dann ältere Reaktoren abgeschaltet werden. Auch nach 2020 wird die Kernenergie über 50 Prozent des französischen Stroms liefern.



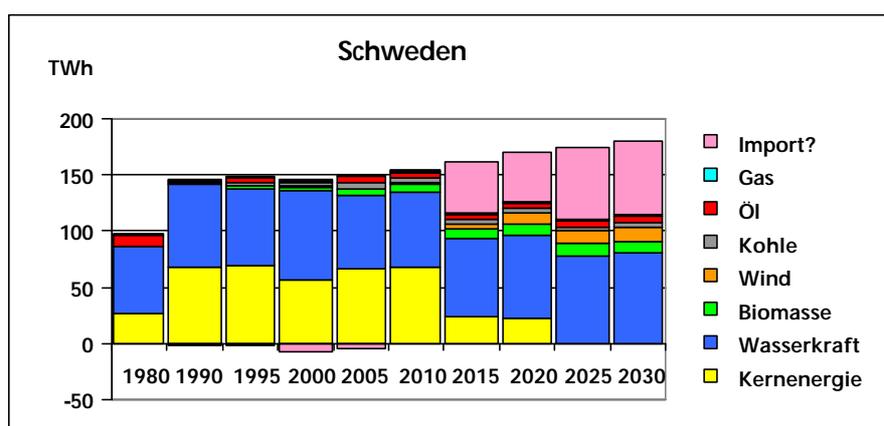
Grossbritannien – Option Kernenergie bleibt offen: 33 Reaktoren decken 23 Prozent der Elektrizitätsproduktion. Obschon die britische Kernenergie wegen den im liberalisierten Strommarkt stark gesunkenen Strompreisen zurzeit massive Verluste erleiden, hält die Regierung an der Kernenergieoption fest. Der Anteil von Nuklearstrom wird nach dem Stilllegen älterer KKW's bis 2010 auf 18 Prozent sinken und bis 2020 auf 7 Prozent. Entscheide über künftige Kraftwerkbauten werden aufgrund wirtschaftlicher Kriterien gefällt, wobei einheimisches – und in einigen Jahren auch importiertes – Erdgas den Hauptanteil stellen wird. Erneuerbare Energien werden bis 2010 einen Anteil von 10 Prozent erreichen. Förderprogramme und ein kostengünstiges Potenzial für Windkraft sollen dazu beitragen.

Niederlande – Priorität auf Erdgas, aber Option Kernenergie bleibt offen: Nuklearstrom macht weniger als 5 Prozent der niederländischen Elektrizitätsproduktion aus, die zu

fast 60 Prozent auf einheimischem Erdgas beruht. Die Stilllegung des einzigen KKW's ist von 1997 auf 2004 verschoben worden. Der Betreiber fordert mit gerichtlicher Unterstützung eine Betriebsdauer bis 2007. Die jetzige Mitte-Rechts-Regierung (Stand Januar 2003) drängt nicht mehr auf ein frühes Betriebsende und hält die Option Kernenergie offen. Die Option soll jedoch nur eingelöst werden, falls die Kernenergie in Zukunft politisch und wirtschaftlich vertretbar ist. Vorläufig steht aber fest, dass in wenigen Jahren mit dem Betriebsende des einzigen KKW's kein Nuklearstrom mehr produziert wird. Dank grosser Erdgasvorkommen ist das Land nicht auf Kernenergie angewiesen.

Spanien – Moratorium, aber Option Kernenergie bleibt offen: Strom aus 9 Reaktoren deckt 30 Prozent des spanischen Elektrizitätsbedarfs. 1984 wurde der Bau von 5 Reaktoren gestoppt. 1997 wurde beschlossen, diese 5 Reaktoren nicht fertig zu stellen, hingegen die Leistung bestehender KKW's zu erhöhen und Kernenergie als künftige Option offen zu halten. Das schnelle Wachstum der Stromnachfrage liess die Reservekapazitäten schwinden. Das Energieprogramm bis 2010 setzt vorwiegend auf die Entwicklung der Erdgasverstromung, und in geringerem Ausmass auf erneuerbare Energien (hauptsächlich Wind) sowie auf Stromimporte aus Frankreich. 2 KKW's werden nach 2010, die restlichen nach 2020 vom Netz genommen.

Schweden - Vershobener Kernenergieausstieg: Schweden deckt 45 Prozent seines Elektrizitätsbedarfs mit Strom aus 11 Reaktoren. 1980 wurde der Ausstieg in einem unverbindlichen Referendum beschlossen. 1985 wurde der letzte Reaktor in Betrieb genommen. 1997 beschloss das Parlament den Ausstieg und beauftragte die Regierung mit dem Erarbeiten eines Zeitplans. Der erste Reaktor – Barsebäck-1 – wurde nach juristischen Auseinandersetzungen Ende 1999 abgeschaltet. Dem Betreiber wurden umgerechnet rund 1,1 Milliarden Schweizerfranken Entschädigung ausgezahlt. Das Abschalten von Barsebäck-2 musste verschoben werden, weil keine Ersatzkapazitäten vorhanden sind. Das ursprünglich vorgesehene Zieljahr für den Ausstieg – 2010 – wurde aufgegeben, da kein Konzept besteht, wie Nuklearstrom ersetzt werden soll. Wegen der Ungewissheit zögern KKW-Betreiber, ihre Anlagen für Betriebsverlängerungen nachzurüsten, so dass die ältesten Werke ohnehin um 2010 abgeschaltet werden. Das Potenzial für Wasserkraft, aus der fast 50 Prozent des schwedischen Stroms stammen, ist weitgehend ausgeschöpft. Zudem ist Wasserkraft stark von Niederschlagsmengen abhängig und reicht nicht zur Abdeckung des hohen Winterkonsums. Auffallend ist die schwedische Zurückhaltung gegenüber Erdgas. Auch ein voll ausgeschöpftes Windkraftpotenzial und aktiv geförderte Biobrennstoffe – derzeit 2 Prozent der Elektrizitätsproduktion – können die bestehenden KKW's nicht ersetzen.



Tschechien – Nuklearstrom ersetzt Kohle: Tschechien betrachtet das neue KKW Temelín als eine kostengünstige Alternative zu billiger, aber ökologisch problematischer Verstromung von Kohle. Dank Temelín soll bis 2005 der Anteil von Kernenergie von 20 Prozent auf 40 Prozent verdoppelt werden, während der Anteil von Kohle von 73 Prozent auf 50 Prozent sinken soll. Temelín wird auch die Exportkapazität Tschechiens auf 15 Prozent erhöhen. Die Stromexporte werden allerdings durch die Kernenergiebedenken Deutschlands und Österreichs behindert. Die zwei Temelín-Reaktoren basieren auf sowjetischem Design, wurden aber schon bei Baubeginn 1993 mit westlicher Technologie nachgerüstet. Vier weitere Reaktoren sowjetischer Bauart wurden seit 1995 auf westliche Sicherheitsstandards nachgerüstet.

2.2 Europäische Länder, die auf Kernenergie verzichtet haben

Italien – Fossile Stromerzeugung und Importe seit Kernenergieausstieg in den 80er Jahren: 1987 sprach sich Italien in einem Referendum für den Ausstieg aus der Kernenergie aus. Dieser verlief relativ einfach, da Nuklearstrom nur einen kleinen Anteil des italienischen Strombedarfs deckte. Italien setzte auf fossile Energieträger (Schweröl, Erdgas und Kohle), die heute 80 Prozent der italienischen Stromerzeugung ausmachen. Anfang 90er Jahre stiegen auch die Stromimporte schnell an. Diese decken nun 15 Prozent des Strombedarfs. Etwa die Hälfte der Stromimporte stammen aus der Schweiz, ca. 40 Prozent sind französischer Nuklearstrom.

Österreich: In einer Volksabstimmung 1978 sprachen sich 50,74 Prozent des Stimmvolkes gegen die Inbetriebnahme des einzigen KKW's Zwentendorf und gegen die Nutzung von Kernenergie aus. 70 Prozent der Stromerzeugung stammen heute aus der Wasserkraft, 25 Prozent aus Kohle und Erdgas.

Dänemark: Das Parlament beschloss 1985 auf Kernenergie zu verzichten. Ab Anfang 90er Jahre, als 97 Prozent der Elektrizität aus fossilen Brennstoffen (vornehmlich Kohle) stammten, wurde Windenergie erfolgreich gefördert. Heute macht Wind fast 12 Prozent der Elektrizitätsproduktion aus. Das Fernziel der sozialdemokratischen Regierung, die im Herbst 2001 abgewählt wurde, war ein 45 %-iger Anteil an Windstrom bis zum Jahr 2030. Dieses Ziel ist aber seit dem Regierungswechsel gefährdet.

3. Ehemalige Sowjetunion

Russland erzeugt 15 Prozent seines Stroms aus 30 Reaktoren. 2001 kam erstmals seit Anfang 90er-Jahre wieder ein neuer Reaktor ans Netz. Das Nuklearprogramm – 5 Reaktoren im Bau, 6 geplant - wird trotz Finanzproblemen vorangetrieben, um die wachsende Stromnachfrage zu decken, lukrative Erdgasexporte zu maximieren und rapid alternde konventionell-thermische Kraftwerke zu ersetzen. Langfristig wird ein 25 %-iger Anteil von Nuklearstrom angestrebt. Die **Ukraine** bezieht 45 Prozent ihres Stroms aus 13 Reaktoren. Der letzte Tschernobyl-Reaktor wurde Ende 2000 auf internationalen Druck abge-

schaltet. Im Gegenzug erhielt das Land finanzielle Unterstützung für die Fertigstellung von 2 Ersatzreaktoren.

4. Nordamerika

Die **USA** beziehen 20 Prozent ihres Strombedarfs aus 104 KKWs. Regierung und Elektrizitätsunternehmen halten an der Kernenergieoption fest. Langzeitprognosen der Regierung sehen wegen der verminderten Konkurrenzfähigkeit von Nuklearstrom gegenüber Erdgas und Kohle bis 2025 keine KKW-Neubauten vor. Die Nuklearkapazität wird sich durch Nach- und Aufrüstungen auf dem heutigen Niveau stabilisieren, der Nuklearstromanteil jedoch auf 10 Prozent fallen. In **Kanada** erzeugen 22 Reaktoren 15 Prozent der Elektrizitätsproduktion. Das Nuklearprogramm der Regierung konzentriert sich derzeit auf Nachrüstung bestehender KKWs.

5. Asien

Wegen einheimischer Energieressourcenarmut und/oder rapide steigender Energienachfrage verfolgen mehrere Länder ehrgeizige Kernenergieprogramme: Als unabdingbare Bedingung zum Erreichen seiner Kyoto-Ziele will **Japan** bis 2010 seine Nuklearkapazität um 30 Prozent mit dem Bau von 9 bis 12 neuen Reaktoren erhöhen. Heute decken 54 Reaktoren 34 Prozent des Strombedarfs, drei Reaktoren sind im Bau. **Südkorea** bezieht 40 Prozent seines Stroms aus 17 Reaktoren, 3 sind im Bau und 8 weitere sind bis 2015 geplant. In **China**, wo die Stromnachfrage jährlich um 8 Prozent wächst, liefern 5 Reaktoren 1,2 Prozent der Elektrizitätsproduktion, 6 Reaktoren sind im Bau und 8 geplant. Bis 2020 soll die Nuklearstromproduktion um das Zehnfache und der Nuklearstromanteil auf knapp 5 Prozent steigen. In **Indien** liefern 14 Reaktoren 3 Prozent der Elektrizitätsproduktion; 6 Reaktoren sind im Bau und 7 geplant. Bis 2020 soll Nuklearstrom im Gleichschritt mit der Elektrizitätsproduktion um das Zweieinhalbfache steigen.

Die internationalen Organisationen im Bereich Kernenergie

- Übersicht:
1. OECD/NEA
 2. UNO/IAEA

1. OECD/NEA

Im Rahmen der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) hat die Nuclear Energy Agency (NEA) die Aufgabe, die Mitgliedländer beim Erhalten und Vertiefen der wissenschaftlichen, technologischen und juristischen Grundlagen der Kernenergie, die für ihre sichere, wirtschaftliche, friedliche und umweltverträgliche Nutzung unabdingbar sind, zu unterstützen.

Diese Aufgabe erfüllt sie:

- auf internationaler Ebene,
- als Kompetenzzentrum, in welchem die Länder ihre technischen Kenntnisse zusammenführen können,
- durch die Analyse der unterschiedlichen Politiken sowie die Konsenssuche auf Grundlage der technischen Arbeiten.

Die NEA zählt 28 Mitgliedländer in Europa, Nordamerika und der Region Asien-Pazifik. Diese Länder verfügen zusammen über rund 85% der weltweit installierten nuklearen Leistung. Die Kernenergie deckt fast ein Viertel der Elektrizitätsproduktion in den Mitgliedländern. Die NEA arbeitet eng mit der Internationalen Atomenergie Agentur (IAEA) und mit der Europäischen Kommission zusammen.

Die wesentlichen Tätigkeitsgebiete der NEA sind: die nukleare Sicherheit und die Ausarbeitung von Richtlinien, der Strahlenschutz und die öffentliche Gesundheit, die Entsorgung der Abfälle, die nuklearen Wissenschaften und das Führen einer wissenschaftlichen Datenbank, die Entwicklung der Kernenergie, das Kernenergie- und Haftpflichtrecht.

Die NEA vereinigt in einer schlanken Organisationsstruktur mit klar definierten technischen Interessen die besten Fähigkeiten auf ihrem Gebiet und ermöglicht jedem Mitgliedland den Zugang zu den Erfahrungen der andern Mitgliedländer. Da sie nur geringen politischen und administrativen Zwängen ausgesetzt ist, kann sie sich den besonderen Bedürfnissen der Mitglieder widmen und einen möglichst hindernisfreien Erfahrungsaustausch und eine gemeinsame Problemlösung in einem Klima gegenseitigen Vertrauens fördern.

Die NEA publiziert "gemeinsame Meinungen" über wichtige Themen und stellt damit den Mitgliedsländern vertrauenswürdige Anhaltspunkte zur Verfügung.

Die Schweiz ist Mitglied der OECD seit ihrer Gründung im Jahr 1960 und Mitglied der NEA seit 1957, welche zu jener Zeit noch Europäische Atomenergieagentur hiess. Die NEA ist für die schweizerischen Fachleute auf dem Gebiet der Kernenergie das wichtigste internationale wissenschaftliche und technische Forum, um ihre Kenntnisse und Erfahrungen auszutauschen.

2. UNO/IAEA

Die Internationale Atom Energieagentur wurde 1957 als unabhängige Organisation der Vereinten Nationen gegründet mit dem Zweck, die von den USA anlässlich der Konferenz "Atom for peace" eingebrachten Vorschläge zu konkretisieren. Das Ziel der Agentur ist es, mit der Kernenergie den Frieden, die Gesundheit und das Wohlergehen der ganzen Welt zu fördern und sicher zu stellen, dass die durch die IAEA oder unter ihrer Kontrolle gelieferte Hilfe nicht für militärische Zwecke benützt wird.

Die IAEA hat drei hauptsächliche Aufgaben:

1. Die technische Zusammenarbeit und Hilfe

Die Agentur stellt den Mitgliedsländern wissenschaftliche Erkenntnisse und Nuklear-technik zur Verfügung insbesondere auf dem Gebiet der Medizin, der Landwirtschaft, der Industrie und der Wasserversorgung. Eine Vielzahl dieser Anwendungen trägt direkt oder indirekt zur Erreichung der Ziele der nachhaltigen Entwicklung und des Umweltschutzes bei, welche von der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung im Programm Action 21 festgelegt wurden. Die Agentur arbeitet des Weiteren mit der Organisation der Vereinten Nationen für Ernährung und Landwirtschaft (FAO) zusammen und zwar auf den Gebieten der Pflanzenzüchtung, der Phytogenetik, des Kampfs gegen Insekten und Schädlinge, der Fruchtbarkeit der Böden, der Bewässerung und der Gemüseproduktion, der Aufzucht und der Konservierung von Lebensmitteln.

2. Die nukleare Sicherheit

Die Aktivitäten der Agentur auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheit zielen darauf ab, rechtlich verbindliche multilaterale Abkommen zu erarbeiten, welche für die Verbesserung der Sicherheit der Kernanlagen, des Strahlenschutzes und der radioaktiven Abfälle immer wichtiger werden. Die Agentur erarbeitet Empfehlungen über gute Vorgehensweisen und Sicherheitsrichtlinien bei der Auswahl von Standorten sowie für Konzepte, Betrieb und Qualität von Kernkraftwerken. Sie führt mit der Hilfe von internationalen Expertenteams Sicherheitsüberprüfungen in Kernkraftwerken durch.

3. Nukleare Nonproliferation

Im Rahmen der weltweiten Bemühungen um die Nichtweiterverbreitung von Atomwaffen wacht die IAEA darüber, dass nukleare Materialien nur für friedliche und nicht für militärische Zwecke verwendet werden. Dafür hat sie ein System von Kontrollmassnahmen eingeführt. Ihre Inspektoren überwachen alle deklarierten nuklearen Materialien mittels Inspektionen vor Ort, Fernsehsystemen und Überprüfung von erhobenen Daten. Bis heute haben 182 Länder auf nukleare Waffen verzichtet und 5 haben entschieden, ihre nukleare Bewaffnung zu beseitigen. 3 Länder (Indien, Pakistan, Israel) sind bisher keine diesbezüglichen Verpflichtungen eingegangen.

Die Schweiz ist Mitglied der IAEA seit ihrer Gründung. Bisher wurde das Departement für Kontrollmassnahmen von sechs Personen geleitet. Davon waren drei Schweizer Bürger. Das Vertrauen in die Unparteilichkeit und in die Qualität der Arbeit der Agentur auf dem Gebiet der Kontrollmassnahmen ist ein Schlüsselement der Glaubwürdigkeit in der Politik der Abrüstung und des Friedens.

Kernenergieforschung der öffentlichen Hand

- Übersicht:
1. Fissionsforschung
 2. Fusionsforschung

"Kernenergie" kann erzeugt werden durch Spaltung (Fission) von schweren Atomkernen (heute angewandte Technik) oder durch Verschmelzung (Fusion) leichter Atomkerne (mögliche zukünftige Reaktoren).

1. Fissionsforschung

Die **Fissionsforschung** mit dem Ziel der Elektrizitätserzeugung begann in den 50-er Jahren. Der jährliche Aufwand ist bis 1985 ständig gestiegen, seither ist ein kontinuierlicher Rückgang möglich geworden (siehe Figur "Fissionsforschung"), da sich die Privatwirtschaft entsprechend stärker engagiert hat. Besonders aufwändig war ab 1962 der Versuch, in Lucens ein eigenes Kraftwerk zu entwickeln. 1967 wurde dieses Projekt jedoch in Folge eines Unfalles eingestellt und die Anlage wurde später abgebrochen. Das heutige Budget der öffentlichen Hand für die Fissionsforschung beträgt rund 27 Mio Franken im Jahr, mit sinkender Tendenz. Die Privatwirtschaft wendet dafür ca. 40 Mio Franken jährlich auf. Die Forschung wird fast ausschliesslich am Paul Scherrer-Institut (PSI) durchgeführt und ist stark mit internationalen Programmen verknüpft. Sie umfasst folgende Arbeiten:

- Die Forschung als Basis für die Behörden zur Beurteilung **der Sicherheit von Kernanlagen**. Diese sogenannte regulatorische Sicherheitsforschung kann einerseits durch konkrete sicherheitstechnische Fragestellungen aus bestehenden Anlagen bedingt sein, andererseits dient sie auch dazu, Sicherheitsfragen proaktiv zu untersuchen. Sie dient im öffentlichen Interesse dazu, die Grundlagen zur Sicherheitsaufsicht nach dem Stand von Wissenschaft und Technik zu gewährleisten und ist Bestandteil der Aufsichtstätigkeit.

Mit zunehmendem Alter der Kernkraftwerke nimmt die Bedeutung der Materialalterung als sicherheitsrelevantes Phänomen zu. Gleichzeitig sind Modernisierungsanstrengungen im Gang, um Kernkraftwerke auf den aktuellen Stand der Technik nachzurüsten. Damit verbunden stellen sich auch neue Fragen der Wechselwirkung zwischen Mensch und Maschine. Generell ist der Faktor Mensch im Sicherheitsgefüge komplexer technischer Systeme in den letzten Jahre stärker ins Blickfeld gerückt. International ist ein Trend in Richtung risikoinformierte Aufsichtstätigkeit festzustellen.

- Die **Entsorgung radioaktiver Abfälle** aus der Kernenergienutzung sowie aus Medizin, Forschung und Industrie. Planung, Bau und schliesslich Betrieb von Endlagerstätten für radioaktive Abfälle beinhalten zahlreiche Aktivitäten, welche sowohl die speziellen schweizerischen Verhältnisse (bezüglich Geologie, Entsorgungskonzept, Vorschriften) als auch den internationalen technischen und wissenschaftlichen Erkenntnisstand berücksichtigen müssen. Hauptträger dieser Aktivitäten ist in der Schweiz die NAGRA (Nationale Genossenschaft zur Lagerung radioaktiver Abfälle). In den letzten 20 Jahren hat sich eine enge Zusammenarbeit mit dem PSI etabliert, welches vor allem Grundlagen des Nukleitransports und der Risikoanalyse bearbeitet.

In den kommenden Jahren gilt es mit öffentlichen Geldern primär zwei Bereiche zu bearbeiten: hochaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente sowie langlebige mittelaktive Abfälle einerseits und schwach- und kurzlebige mittelaktive Abfälle andererseits. Beim ersteren haben die Bundesbehörden den von der NAGRA vorgelegte Entsorgungsnachweis im Opalinuston zu überprüfen und das weitere Vorgehen festzulegen. Beim letzteren sind zu den Untersuchungen in Sondierstollen und deren Auswertung sowie zu den Zementsystemen zusätzliche Forschungsbeiträge zu leisten.

- Die **vorausschauende Forschung**, welche Grundlagen für fortgeschrittene Reaktortypen und zugehörige Brennstoffzyklen schaffen soll, mit denen sich die Risiken der Kernenergie weiter senken lassen. Ein Ziel ist, die Reaktoranlage so auszulegen, dass selbst die Folgen eines noch so schlimmen Unfalls auf das Anlagengelände selbst beschränkt bleiben. Im Vordergrund steht hier die Weiterentwicklung der Leichtwasserreaktoren (LWR) mit passiven Sicherheitssystemen und entsprechend ertüchtigten Sicherheitsbehältern. Die Brennstoffe und Brennstoffzyklen sind so weiter zu entwickeln, dass Ressourcen geschont und die Anforderungen an ein Endlager aufgrund geringerer Radiotoxizität des Abfalls gesenkt werden.

2. **Fusionsforschung**

Von der **Fusionsforschung** erhofft man sich die Erschliessung einer wichtigen zukünftigen Energiequelle. Entsprechende Forschungsarbeiten begannen anfangs der 60-er Jahre. Die öffentlichen Mittel sind nach den Erdölkrisen der 70-er Jahre stark erhöht worden. Sie betragen heute rund 24 Mio Franken im Jahr (siehe Figur "Fusionsforschung"). Die Forschung wird praktisch ausschliesslich an der ETH-Lausanne durchgeführt. Sie ist voll integriert in entsprechende internationale Programme (insbesondere EURATOM).

Die Forschungsarbeiten haben ein Stadium erreicht, in dem der Bau eines grossen Versuchsreaktors, genannt ITER (*International Thermonuclear Experimental Reactor*), möglich geworden ist, mit dem die wissenschaftliche und technische Machbarkeit sowie die Sicherheit der Kernfusion nachgewiesen werden soll. Zwar können durch die Bestrahlung der Reaktorstrukturen infolge der Fusionsreaktionen radioaktive Verbindungen entstehen; durch eine entsprechende Materialauswahl ist es jedoch möglich, die Dauer der radioaktiven Strahlung auf einige Jahrzehnte zu beschränken, was das Problem der langfristigen

Lagerung der Abfälle entschärft. Die Fusion ist unbestreitbar eine Energiequelle mit immenssem potentielltem Nutzen, doch die Umsetzung in industriellem Massstab hängt von derzeit schwer einzuschätzenden wirtschaftlichen und sozialen Faktoren ab.

Die wichtigsten noch offenen technischen Fragen in diesem Bereich kreisen um folgende Punkte:

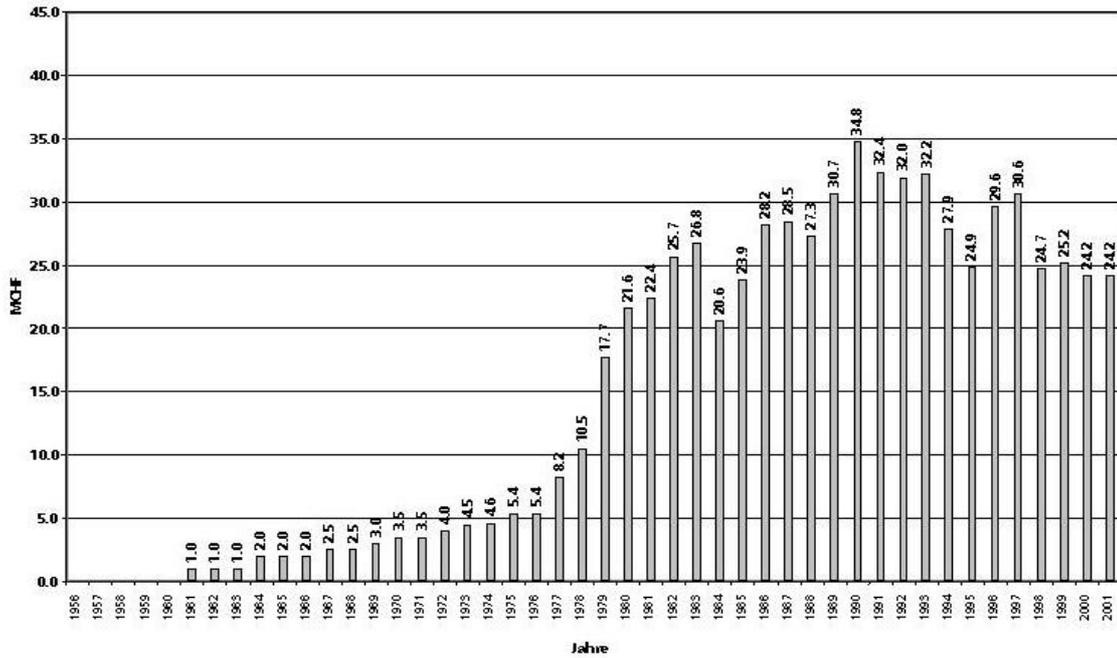
- Herstellung eines Plasmas, das in der Lage ist, kontinuierliche Fusionsreaktionen zu unterhalten
- Optimierung des Systems zur Wärme- und Partikelextraktion
- Optimierung der Aufheizung des Plasmas auf Fusionstemperaturen
- Entwicklung von Materialien, die sich nur schwach aktivieren.

Die im Rahmen der Fusionsforschung ausgeführten Arbeiten eröffnen zahlreiche neue Möglichkeiten (*spin-off*). So sind die Ergebnisse der Materialforschung auch in anderen wichtigen energierelevanten Gebieten, vor allem Sonnenenergie, Wärmetauscher, bei hoher Temperatur supraleitende Kabel usw. nutzbar. Ebenso kommen die in der Plasmaphysik erworbenen Erkenntnisse vielen in der Schweiz ansässigen Industriebranchen aus dem Spitzentechnologiebereich zugute, die Verfahren anwenden, bei denen Plasma eingesetzt wird. Darüber hinaus garantieren diese Tätigkeiten anspruchsvolle Ausbildungsplätze und tragen somit zur Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses unseres Landes bei.

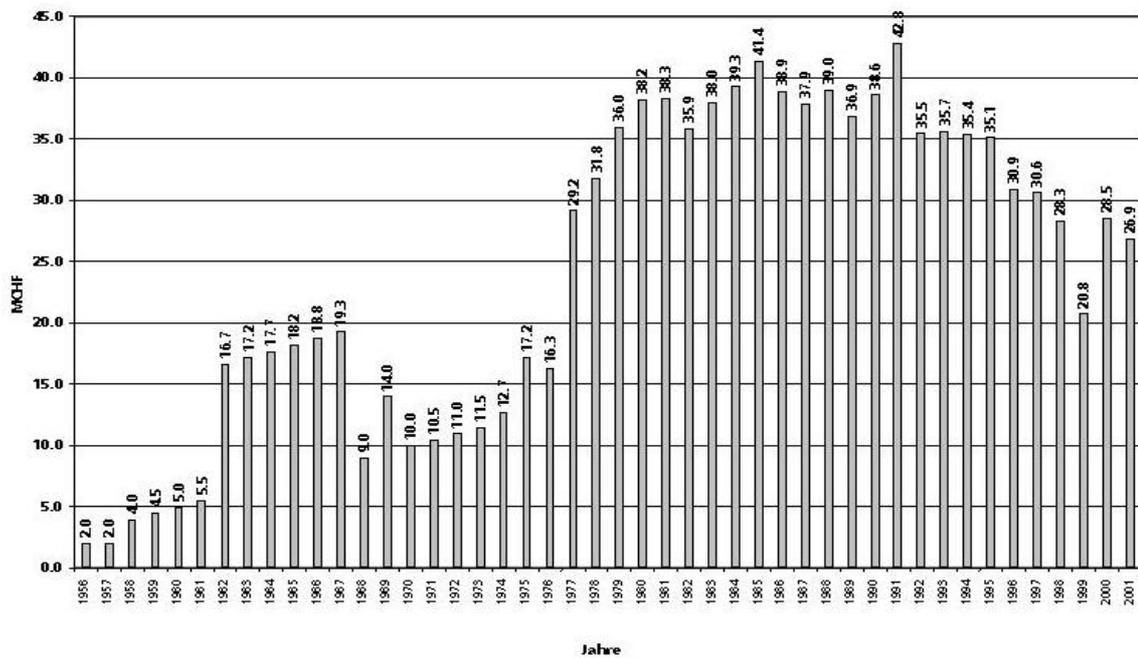
Die Kernenergieforschung in der Schweiz ist qualitativ hochstehend und innovativ. Sie bietet ein ideales Feld auch zu hochwertiger Ausbildung, insbesondere in den Bereichen Physik, Chemie und verschiedenen Ingenieurwissenschaften. Der Anteil für Fission und Fusion beträgt je rund 1/6 der gesamten schweizerischen Forschungsmittel der öffentlichen Hand für Energie.

Weitere Informationen sind unter www.energieforschung.ch (Kernspaltung / Kernfusion) abrufbar.

Ausgaben der öffentlichen Hand für FUSIONSFORSCHUNG von 1961 bis 2001 in Millionen Franken (MCHF) im Nominalwert, d.h. nicht teuerungsbereinigt



Ausgaben der öffentlichen Hand für FISSIONSFORSCHUNG von 1956 bis 2001 in Millionen Franken (MCHF) im Nominalwert, d.h. nicht teuerungsbereinigt



Wiederaufarbeitung

- Übersicht:
1. Der Prozess der Wiederaufarbeitung
 2. Die Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoff schweizerischer Herkunft
 3. Die Weiterverwendung des Urans und des Plutoniums aus der Wiederaufarbeitung
 4. Die Transporte zu und von den Wiederaufarbeitungsanlagen
 5. Die Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

1. Der Prozess der Wiederaufarbeitung

Die abgebrannten Brennelemente eines typischen Kernbrennstoffes eines Leichtwasserreaktors enthalten nach dem Entladen aus dem Reaktor eine erhebliche Menge nutzbarer Materialien: 95 Prozent Uran und 1 Prozent Plutonium, daneben 4 Prozent hochaktive Abfälle. Das Verfahren der Wiederaufarbeitung dient dazu, aus dem nach dem Einsatz im Reaktor resultierenden Kernbrennstoff die Wertstoffe - das noch vorhandene Uran und den neu entstandenen Spaltstoff Plutonium - von den wertlosen Spalt- und Aktivierungsprodukten, den radioaktiven Abfällen, zu trennen.

Bei der Wiederaufarbeitung werden die verbrauchten Brennelemente zerschnitten und der Kernbrennstoff mittels Salpetersäure aus dem Hüllrohr heraus- und aufgelöst. Die sich in der Säurelösung befindlichen Uran- und Plutoniumanteile werden durch ein chemisches Verfahren von den hochaktiven Abfällen und schliesslich voneinander getrennt. Wegen der hohen Radioaktivität des abgebrannten Kernbrennstoffes muss der Wiederaufarbeitungsprozess hinter Abschirmungen in "Heissen Zellen" erfolgen. Bei diesem Vorgang ist insbesondere darauf zu achten, dass keine kritischen oder überkritischen Zustände und damit verbundene ungewollte neue Kettenreaktionen entstehen.

2. Die Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoff schweizerischer Herkunft

In der Schweiz befindet sich keine Anlage zur Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoff. Die Wiederaufarbeitung erfolgt in den Anlagen von La Hague (Frankreich) und Sellafield (Grossbritannien).

Die schweizerischen Kernkraftwerksbetreiber haben mit den Betreibern der beiden Anlagen Verträge zur Wiederaufarbeitung von insgesamt rund 1200 Tonnen Kernbrennstoff abgeschlossen, dabei entfallen rund 765 Tonnen auf die Anlage der französischen Firma COGEMA und rund 435 Tonnen auf die britische Anlage von BNFL. Die gesamte vertraglich festgelegte Menge entspricht rund einem Drittel der während 40 Betriebsjahren anfallenden Brennstoffmenge.

3. Die Weiterverwendung des Urans und des Plutoniums aus der Wiederaufarbeitung

Das aus der Wiederaufarbeitung zurückgewonnene Uran (WAU) und Plutonium wird zur Herstellung von Brennelementen verwendet, welche erneut in einen Reaktor eingesetzt werden können.

Zur Herstellung von Brennelementen aus **WAU** können zwei Wege beschritten werden:

- die erneute Anreicherung des Urans oder die Mischung mit hochangereichertem Uran (HEU, High Enriched Uranium).
- Zur Herstellung von Brennelementen für das Kernkraftwerk Gösgen wird in Russland im Auftrag von Framatome WAU und HEU aus ehemaligen militärischen Beständen zu neuem Brennstoff zusammengemischt.

Das zurückgewonnene **Plutonium** wird mit Uran vermischt und zur Herstellung sogenannter Mischoxid-Brennelemente (MOX) verwendet, wobei es sich beim Uran um frisches Uran, abgereichertes Uran oder WAU handeln kann. Die Fabrikation der MOX-Brennelemente für die Kernkraftwerke Beznau und Gösgen erfolgt in Belgien, Frankreich oder Grossbritannien.

4. Die Transporte zu und von den Wiederaufarbeitungsanlagen

Die Beförderung der abgebrannten Brennelemente zu, und der hochradioaktiven Abfälle aus den Wiederaufarbeitungsanlagen unterliegt gesetzlichen Vorschriften. Diese basieren auf Empfehlungen der internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO). Der Transport erfolgt vorwiegend per Bahn, seltener auf der Strasse, in massiven Strahlen abschirmenden Behältern. Diese sind auf Widerstandsfähigkeit gegen Aufprall mit hoher Geschwindigkeit, Durchstossen, Feuer und Eintauchen in Wasser geprüft.

Im Mai 1998 wurden die Transporte durch das Bundesamt für Energie BFE gestoppt, da an einzelnen Transportbehältern und teilweise auch an der Innenseite der verwendeten Eisenbahnwagen radioaktive Kontaminationen festgestellt worden sind. In der Folge wurden die Ursachen der Kontaminationen untersucht und Massnahmen zu deren Vermeidung festgelegt. Die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen HSK gab im Mai 1999 bekannt, dass die bei den Transporten festgestellten Grenzwertüberschreitungen keine gesundheitlichen Folgen für Bahnpersonal und Bevölkerung zur Folge hatten und legte Massnahmen fest, mit denen in Zukunft die Überschreitung gesetzlicher Grenzwerte verhindert werden kann. Nachdem die entsprechenden Voraussetzungen erfüllt waren, gab das BFE im August 1999 den Transport abgebrannter Brennelemente wieder frei. Die HSK hat bei keinem der seit August 1999 durchgeführten 40 Transporte Überschreitungen der geltenden Grenzwerten festgestellt.

5. Die Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

Die Wiederaufarbeitungsverträge der schweizerischen Kernkraftwerksbetreiber sehen vor, dass die aus der Wiederaufarbeitung anfallenden Abfälle in die Schweiz zurückzuführen sind, wo sie vorerst im zentralen Zwischenlager der ZWILAG in Würenlingen zwischengelagert werden.

Hochaktive Abfälle: Die in der Säurelösung gelösten hochaktiven Abfälle (Spaltprodukte und Aktiniden) werden aufkonzentriert, zum Abklingen der Radioaktivität zwischengelagert, getrocknet und bei hoher Temperatur mit Borsilikatglas verschmolzen. Die Mischung wird im flüssigen Zustand in Edelstahlbehälter gegossen, wo sie zu einem stabilen Glas (verglaste hochaktive Abfälle) erstarrt. Aus drei Tonnen Brennstoff resultieren in der Wiederaufarbeitung zwei Glaskokillen.

Mittelaktive Abfälle: Beim Wiederaufarbeitungs-Prozess fallen auch mittelaktive Abfälle an, welche für die Zwischen- resp. Endlagerung konditioniert werden. Die in der Säurelösung zurückbleibenden Hüllrohr- und Strukturmaterialien der Brennelemente werden entweder in Zement eingegossen oder unter hohem Druck zusammengepresst. Weitere Abfälle, die meistens zementiert werden, fallen bei der Abwasserbehandlung und -reinigung sowie im Zusammenhang mit der Instandhaltung der Wiederaufarbeitungsanlagen an.

Flüssige und gasförmige Abgaben an die Umwelt: Die Abgabe radioaktiver Stoffe an die Umwelt geschieht im Rahmen von Bewilligungen der zuständigen nationalen Behörden, in welchen Abgabelimiten gemäss den geltenden internationalen Bestimmungen festgelegt sind.

Die flüssigen Abgaben werden vor dem Verlassen der Anlagen dekontaminiert und neutralisiert, anschliessend gefiltert und kontrolliert und im Rahmen der Abgabelimiten ins Meer geleitet. Bei den abgegebenen Stoffen handelt es sich vorwiegend um Tritium. Die radiologischen Altlasten in der Umgebung von Sellafield (Kontamination der Sedimente der Irischen See mit Plutonium und Americium) sind überwiegend auf den militärischen Betrieb dieser Anlage zu Beginn der 50-er Jahre zurückzuführen.

Die gasförmigen Abgaben z.B. aus der Ventilation von Werkstätten werden entsprechend ihrer chemisch-physikalischen Zusammensetzung in verschiedenen Behandlungsschritten gereinigt und vor der Abgabe an die Umwelt filtriert. Bei den ebenfalls limitiert an die Umwelt abgegebenen Stoffen handelt es sich vorwiegend um Jod, Krypton und Tritium.

Die nukleare Entsorgung

- Übersicht:
1. Radioaktive Abfälle
 2. Entsorgungsprogramm SMA
 3. Entsorgungsprogramm BE/HAA/LMA

1. Radioaktive Abfälle

Bereits heute haben wir radioaktive Abfälle:

- aus der Kernenergienutzung
- aus Anwendungen radioaktiver Stoffe in Medizin, Industrie und Forschung (MIF-Abfälle); diese machen nur einen kleinen Anteil am Gesamtabfall aus.

Vorgegeben sind zudem weitere Abfälle aus Stilllegung und Abbruch von bestehenden Kernkraftwerken und Forschungsanlagen.

Im Rahmen der schweizerischen Endlagerprojekte wurde ein modellhaftes Abfallinventar entwickelt und 1993 aktualisiert. Es beschreibt die Abfälle, die von den fünf schweizerischen Kernkraftwerken während einer 40-jährigen Betriebszeit produziert werden. Das Inventar beinhaltet zudem auch die MIF-Abfälle, die seit 1984 entstanden sind und bis 2053 voraussichtlich anfallen werden. Nach aktueller Schätzung fallen volumenmässig total rund 80'000 m³ schwach- und mittelaktive Abfälle, 6000 m³ langlebige mittelaktive Abfälle sowie 6000 m³ konditionierte hochaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente an.

Diese Abfälle müssen nach geltender gesetzlicher Regelung grundsätzlich in der Schweiz entsorgt werden. Dies ist auch im Entwurf zum Kernenergiegesetz KEG vorgesehen, das sich zur Zeit in der parlamentarischen Beratung befindet. Nach dem Verursacherprinzip müssen die Erzeuger auf eigene Kosten für die sichere Beseitigung der radioaktiven Abfälle sorgen. Die Betreiber der Kernkraftwerke sowie die Schweizerische Eidgenossenschaft haben dazu die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (NAGRA) gegründet.

Die wichtigsten Schritte in der Entsorgungskette sind Abfallverarbeitung (Konditionierung), Zwischenlagerung und geologische Tiefenlagerung. Die Schweiz verfolgt aktuell zwei Lagerprojekte: eines für die schwach- und mittelaktiven Abfälle (SMA) und eines für die abgebrannten Brennelemente sowie die hochaktiven und langlebigen mittelaktiven Abfälle (BE/HAA/LMA). Bis die Lagerprojekte realisiert sind, werden die konditionierten Abfälle bei den Kernkraftwerken, im Bundeszwischenlager am Paul Scherrer Institut (MIF-Abfälle) und im Zentralen Zwischenlager der Kernkraftwerkbetreiber in Würenlingen zwischengelagert.

2. Entsorgungsprogramm SMA

1985 wies die NAGRA anhand des Standorts Oberbauenstock im Kanton Uri nach, dass die SMA dauernd und sicher entsorgt werden können. 1987 brachte die NAGRA mit dem Standort Wellenberg eine weitere, geologisch günstig erscheinende und gut erkundbare Alternative ins Auswahlverfahren. Drei zuvor in der engeren Wahl stehende Standorte erwiesen sich in einem Vergleich als weniger geeignet oder konnten gemäss Vorgabe des Bundesrats mit Bohrungen von der Erdoberfläche aus nicht genügend erforscht werden. Untersuchungen am Wellenberg zeigten hingegen geologisch günstige Resultate, so dass die NAGRA im Jahr 1993 diesen Standort zur vertieften Erkundung auswählte. Die Behörden stimmten dieser Entscheidung zu.

1994 reichte die Genossenschaft für nukleare Entsorgung Wellenberg (GNW) ein Gesuch für die nach kantonalem Recht erforderliche Konzession für die Nutzung des Untergrundes und ein Rahmenbewilligungsgesuch ein. Am 25. Juni 1995 lehnten die Stimmbürgerinnen und Stimmbürger des Kantons Nidwalden die Stellungnahme der Nidwaldner Regierung zum Rahmenbewilligungsgesuch und die Erteilung der Konzession zur Nutzung des Untergrundes ab. In den darauf folgenden Jahren befassten sich verschiedene Arbeitsgruppen mit Fragen der Entsorgung. Im März 2000 wurden die Bedingungen für die Weiterführung des Projekts Wellenberg zwischen dem Bund und der Nidwaldner Regierung vereinbart. Entsprechend reichte die GNW beim Kanton Nidwalden im Frühjahr 2001 ein Konzessionsgesuch für einen Sondierstollen ein. Am 22. September 2002 lehnte die Nidwalder Bevölkerung auch diese Vorlage ab. Daher steht der Standort Wellenberg aus politischen Gründen nicht mehr zur Diskussion. Das SMA-Programm ist somit um Jahre zurückgeworfen.

Erst wenn Klarheit darüber besteht, wie im KEG die nukleare Entsorgung gesetzlich geregelt wird, kann ein neues Auswahlverfahren durchgeführt werden. Für die Auswahl möglicher Standorte müssen in einem ersten Schritt in Frage kommende Gebiete identifiziert werden. Mit erdwissenschaftlichen Untersuchungen von der Oberfläche sind dann vertiefte Kenntnisse im Hinblick auf ein geologisches Tiefenlager zu erlangen. Anschliessend muss ein Standort für untertägige Untersuchungen (z.B. Sondierstollen, Felslabor) ausgewählt werden. Den wichtigsten politischen Entscheid für den Bau eines Lagers bildet die vom Bundesrat zu erteilende und vom Parlament zu genehmigende Rahmenbewilligung, mit welcher der Standort festgelegt wird. Bis dieser Entscheid gefällt wird, dauert es noch mehr als zehn Jahre.

3. Entsorgungsprogramm BE/HAA/LMA

Im Hinblick auf die Entsorgung der hochaktiven Abfälle, untersuchte die NAGRA von 1981 an das kristalline Grundgebirge in der Nordschweiz. Nachdem die Erkundung gezeigt hatte, dass die Existenz geeigneter Gesteinsbereiche mit genügend grosser Ausdehnung schwierig nachzuweisen ist, forderte der Bundesrat 1988 die Ausdehnung der Untersu-

chungen auf nicht-kristalline Wirtgesteine, d.h. Sedimente. Nach einem breit angelegten Auswahlverfahren wurde hierzu der Opalinuston im Zürcher Weinland gewählt.

Seit 1994 führt die NAGRA Untersuchungen im Zürcher Weinland durch. Die seismischen Erkundungen und die Sondierbohrung in Benken zeigten eine günstige geologische Situation mit sehr niedrigen Wasserdurchlässigkeiten an. Auf Grund der positiven Untersuchungsergebnisse reichte die NAGRA am 20. Dezember 2002 den Entsorgungsnachweis bei den Bundesbehörden ein. Damit soll aufgezeigt werden, dass die Entsorgung der abgebrannten Brennelemente sowie der hochaktiven und langlebigen mittelaktiven Abfälle in der Schweiz grundsätzlich möglich ist.

Als nächster Schritt erfolgt die technische Überprüfung der umfangreichen Unterlagen durch die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) und durch die Eidgenössische Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen (KSA). Diese Überprüfung wird rund zwei Jahre in Anspruch nehmen und voraussichtlich Ende 2004 abgeschlossen sein.

Danach ist die Durchführung eines öffentlichen Auflageverfahrens vorgesehen. Dies ist gesetzlich nicht vorgeschrieben, soll jedoch die Transparenz erhöhen und es allen Interessierten ermöglichen, sich zu den Unterlagen, Gutachten und Stellungnahmen zu äussern. Ein Entscheid des Bundesrates über den Entsorgungsnachweis, das weitere Vorgehen und den Zeitplan zur Entsorgung der BE/HAA/LMA ist aus heutiger Sicht im ersten Quartal 2006 zu erwarten. Bis in der Schweiz ein solches Lager in Betrieb genommen werden kann, dauert es jedoch noch mehrere Jahrzehnte.

Die Finanzierung von Stilllegung und Entsorgung

- Übersicht
1. Entsorgungskosten
 2. Stilllegungsfonds für Kernanlagen
 3. Entsorgungsfonds für Kernkraftwerke
 4. Anlage der Fondsvermögen

1. Entsorgungskosten

Die Erzeuger von radioaktiven Abfällen sind gemäss dem Verursacherprinzip verpflichtet, diese auf eigene Kosten sicher zu beseitigen. Die heute schon anfallenden Entsorgungskosten (z.B. für Wiederaufarbeitung, Untersuchungen der NAGRA, Bau von Zwischenlagern) werden laufend bezahlt. Die Stilllegungskosten sowie die nach Ausserbetriebnahme der Kernkraftwerke anfallenden Kosten für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle werden mit Beiträgen der Betreiber in zwei unabhängige Fonds sichergestellt:

- dem Stilllegungsfonds für Kernanlagen
- dem Entsorgungsfonds für Kernkraftwerke

Rechtsgrundlage der Fonds sind die Verordnung vom 5. Dezember 1983 über den Stilllegungsfonds für Kernanlagen und die Verordnung vom 6. März 2000 über den Entsorgungsfonds für Kernkraftwerke.

2. Stilllegungsfonds für Kernanlagen

Der Stilllegungsfonds wurde am 1. Januar 1984 mit eigener Rechtspersönlichkeit des öffentlichen Rechts mit Sitz in Bern gegründet. Er bezweckt, die Kosten für die Stilllegung und den Abbruch von ausgedienten Kernanlagen sowie für die Entsorgung der dabei entstehenden Abfälle zu decken. Beitragspflichtig sind einerseits die Inhaber von Kernkraftwerken und andererseits die Inhaber von Zwischenlagern für abgebrannte Kernbrennstoffe und radioaktive Abfälle. Es sind dies zurzeit die Kernkraftwerke Beznau I und II, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt sowie das Zentrale Zwischenlager Würenlingen.

Die Höhe der Beiträge bemisst sich nach den

- mutmasslichen Stilllegungs- und Abbruchkosten unter Berücksichtigung der Kostenentwicklung und der Entwicklung des Fondsvermögens bis zur Ausführung der Arbeiten;

- mutmasslichen Kosten für die dauernde und sichere Entsorgung der bei der Stilllegung und beim Abbruch entstehenden Abfälle, unter Berücksichtigung der Kostenentwicklung und der Entwicklung des Fondsvermögens bis zum Zeitpunkt der Entsorgung;
- Verwaltungskosten des Stilllegungsfonds.

Bei der Bemessung der jährlichen Beiträge wird davon ausgegangen, dass ein Kernkraftwerk insgesamt 40 Jahre in Betrieb ist. Die jährlichen Beiträge werden möglichst gleichmässig bemessen, so dass die mutmasslichen Kosten bei der Ausserbetriebnahme der Kernanlage gedeckt sind.

Die Stilllegungskosten belaufen sich nach den aktuellsten Kostenstudien auf fast 1,9 Milliarden Franken (Preisbasis 1.1.2001). Das gesamte Vermögen des Stilllegungsfonds betrug Ende 2001 908 Millionen Schweizerfranken.

3. Entsorgungsfonds für Kernkraftwerke

Der Entsorgungsfonds wurde im Jahr 2000 gegründet. Er bezweckt, die für die Entsorgung der Betriebsabfälle und der abgebrannten Brennelemente nach Ausserbetriebnahme eines Kernkraftwerks anfallenden Kosten zu decken. Die ersten Beiträge sind im 2001 in den Fonds geflossen. Beitragspflichtig sind die Inhaber von Kernkraftwerken.

Die Entsorgungskosten beinhalten die Kosten aller Aktivitäten, welche notwendig sind, um die endgültige und sichere Entsorgung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle aus den Kernkraftwerken zu gewährleisten. Die wichtigsten Kostenelemente sind: Transport- und Lagerbehälter, Transporte, Wiederaufarbeitung resp. Brennelement-Entsorgung, zentrale Abfallbehandlung und Zwischenlagerung sowie die geologische Tiefenlagerung der schwach- und mittelaktiven Abfälle und der hochaktiven und langlebigen mittelaktiven Abfälle.

Für die Berechnung der Entsorgungskosten gehen die Betreiber der Kernkraftwerke von folgenden Annahmen und Rahmenbedingungen aus:

- 40-jährige Betriebszeit der bestehenden fünf Kernkraftwerke. Die zu entsorgende Brennstoffmenge beträgt rund 3000 t Schwermetall. Davon werden rund 1100 t wieder aufgearbeitet.
- Die hochaktiven Abfälle bzw. die nicht wieder aufgearbeiteten Brennelemente werden während 40 Jahren abgekühlt, bevor sie in ein geologisches Tiefenlager verbracht werden.
- Ein geologisches Tiefenlager für schwach- und mittelaktive Abfälle wird zwischen 2016 und 2068 gebaut, betrieben, überwacht und verschlossen. Diese Zeitvorstellungen müssen nach dem ablehnenden Volksentscheid vom 22. September 2002 im Kanton Nidwalden zum Projekt Wellenberg revidiert werden.

- Ein geologisches Tiefenlager für abgebrannte Brennelemente sowie hochaktive und langlebige mittelaktive Abfälle wird zwischen 2046 und 2093 gebaut, betrieben, überwacht und verschlossen.

Die Entsorgungskosten belaufen sich gemäss neuester Ermittlungen der Betreiber der Kernkraftwerke und der für die Entsorgung zuständigen Organisationen auf rund 12 Milliarden Franken. Davon wurden bis Ende 2000 Ausgaben von insgesamt rund 3.4 Milliarden Franken getätigt. Das Fondsvermögen belief sich Ende 2001 auf 1,44 Milliarden Franken.

4. Anlage der Fondsvermögen

Die Anlage der Fondsvermögen ist eine Aufgabe der vom Eidgenössischen Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) eingesetzten Verwaltungskommission. Die Aktiven müssen unter Berücksichtigung einer optimalen Rendite- und Risikoverteilung angelegt werden. Ausgeschlossen ist die Anlage in Unternehmen der beitragspflichtigen Inhaber sowie in Unternehmen, deren Aktiven mehrheitlich in Kernanlagen investiert sind. Gestützt auf diese Grundsätze hat die Verwaltungskommission Anlagestrategien definiert und Anlagerichtlinien erlassen.

Mit der Anlage des Vermögens sind verschiedene Depotbanken und Vermögensverwalter beauftragt. Im Auftrag der Verwaltungskommission kontrollieren ein Anlageausschuss und externe Experten, die von den Depotbanken und Vermögensverwaltern verfolgte Anlagepolitik sowie die Einhaltung der Richtlinien und erstatten regelmässig Bericht.

Das Kernenergiehaftpflichtrecht

- Übersicht:
1. Das Kernenergiehaftpflichtgesetz
 2. Die internationalen Übereinkommen über die Kernenergiehaftpflicht
 3. Revision des Kernenergiehaftpflichtgesetzes

1. Das Kernenergiehaftpflichtgesetz

Die Haftung für Nuklearschäden wird im Kernenergiehaftpflichtgesetz vom 18. März 1984 (KHG; SR 732.44) geregelt. Ohne eine solche Spezialgesetzgebung würde der Inhaber einer Kernanlage nach den Grundsätzen des Obligationenrechts haften. Dieses verpflichtet niemanden zur Sicherstellung allfälliger Schadenersatzansprüche Dritter. Ohne eine Spezialgesetzgebung würde somit keine Gewähr dafür bestehen, dass die Inhaber von Kernanlagen bei einem grossen Schadenereignis ihrer Haftpflicht genügen können.

Das Kernenergiehaftpflichtgesetz regelt die Haftung für Nuklearschäden, die durch Kernanlagen oder durch den Transport von Kernmaterialien verursacht werden, sowie die Sicherstellung der finanziellen Deckung solcher Schäden. Es basiert auf folgenden Grundsätzen:

- Kanalisierung der Haftung auf den Inhaber der Kernanlage;
- Kausalhaftung des Inhabers der Kernanlage;
- Summenmässig unbeschränkte Haftung;
- Begrenzung der Deckungssumme auf 1 Milliarde Franken.

Während anfänglich die Haftpflichtversicherungsgesellschaften nur 300 Millionen Franken versichern konnten, wird seit 1. Januar 2001 die Versicherungssumme von 1 Milliarde Franken vollumfänglich von der Privatassekuranz gedeckt.

Daneben deckt der Bund mit 1 Milliarde Franken diejenigen Risiken, die der private Versicherer gegenüber dem Geschädigten von der Deckung ausschliessen darf. Dies sind einerseits Schäden, die durch ausserordentliche Naturvorgänge und kriegerische Ereignisse verursacht werden, andererseits Ansprüche, die später als 10 Jahre nach dem schädigenden Ereignis oder mehr als 20 Jahre nach dem Verschwinden von Kernmaterialien geltend gemacht werden. Schliesslich deckt der Bund mit 1 Milliarde Franken auch Spätschäden, die wegen Ablaufs der 30-jährigen Frist nicht mehr geltend gemacht werden können.

Als Folge der Ereignisse vom 11. September 2001 werden seit 1. Januar 2003 Nuklearschäden aus terroristischen Gewaltakten von der Privatassekuranz nur noch bis 500 Millionen Franken gedeckt. Dies hat zur Folge, dass der Bund auch die Schäden aus Terroranschlägen von 500 Millionen bis 1 Milliarde Franken versichern muss (Art. 11 Abs. 3 und

Art. 12 KHG; Art. 4 Kernenergiehaftpflichtverordnung vom 5. Dezember 1983, SR 732.441).

Für die vom Bund gedeckten Risiken erhebt dieser von den Inhabern von Kernanlagen und Transportbewilligungen jährliche Beiträge. Sie betragen:

- Für die Kernkraftwerke Beznau I und II 2,253 Millionen Franken;
- Für das Kernkraftwerk Mühleberg 1,328 Millionen Franken;
- Für das Kernkraftwerk Gösgen 1,693 Millionen Franken;
- Für das Kernkraftwerk Leibstadt 1,693 Millionen Franken;
- Für das Zwischenlager Würenlingen 241'000 Franken;
- Für den Universitätsreaktor Basel 3'500 Franken.

Die Beiträge und die Zinserträge werden dem Nuklearschadenfonds gutgeschrieben. Ende 2002 belief sich das Kapital des Nuklearschadenfonds auf 305 Millionen Franken.

Beträgt der durch ein nukleares Ereignis verursachte Schaden mehr als 1 Milliarde Franken, so haftet der Inhaber der verantwortlichen Kernanlage mit seinem ganzen Vermögen für den von der Privatassekuranz und vom Bund nicht mehr gedeckten Schaden. Ist damit zu rechnen, dass die gesamten für die Deckung des Schadens zur Verfügung stehenden Mittel zur Befriedigung aller Ansprüche nicht ausreichen (Grossschaden), so stellt das Parlament eine Entschädigungsordnung (Verteilschlüssel) auf. Nötigenfalls kann der Bund an den nichtgedeckten Schaden zusätzliche Beiträge leisten (Art. 29 KHG).

2. Die internationalen Übereinkommen über die Kernenergiehaftpflicht

Mit dem Grundsatz der *unbeschränkten* Haftung und der Deckungssumme von 1 Milliarde Franken leistete die Schweiz in den 80-iger Jahren Pionierarbeit. Mit der Einführung der unbeschränkten Haftung im Rahmen des Kernenergiehaftpflichtgesetzes nahm der Gesetzgeber auch bewusst in Kauf, dass die Schweiz die damals schon bestehenden internationalen Kernenergiehaftpflichtübereinkommen nicht ratifizieren konnte, da diese vom Grundsatz der *beschränkten* Haftung ausgehen.

Hinsichtlich der internationalen Regelung stehen die beiden im Rahmen der Atomenergieagentur (NEA) der OECD erarbeiteten Kernenergiehaftpflichtübereinkommen im Vordergrund:

- Übereinkommen vom 29. Juli 1960 über die Haftung gegenüber Dritten auf dem Gebiete der Kernenergie (Pariser Übereinkommen, PÜ);
- Zusatzübereinkommen vom 31. Januar 1963 (Brüsseler Zusatzübereinkommen, BZÜ).

Die beiden Abkommen sind 1968 bzw. 1974 in Kraft getreten. Die Schweiz war an der Erarbeitung dieser Abkommen aktiv beteiligt und hat sie unterzeichnet, jedoch bis heute nicht ratifiziert. Neben Deutschland, Frankreich und Italien haben 12 weitere europäische Länder das PÜ ratifiziert, 11 Länder nur das BZÜ.

Das Paris-Brüssel-Haftungssystem garantiert eine auf 300 Millionen Sonderziehungsrechte (SZR; ca. 540 Millionen Franken) begrenzte finanzielle Deckung.

Das Pariser Übereinkommen und das Brüsseler Zusatzübereinkommen sind seit 1998 in Revision. Die Revisionsarbeiten sind abgeschlossen, so dass die zuständigen Organe der OECD die revidierten Übereinkommen im laufenden Jahr genehmigen und zur Unterzeichnung auflegen können. Nach den revidierten Übereinkommen beträgt die insgesamt zur Verfügung stehende Deckungssumme 1.5 Milliarden Euro (ca. 2.25 Milliarden Franken).

3. Revision des Kernenergiehaftpflichtgesetzes

Das Kernenergiehaftpflichtgesetz von 1983 entspricht auch heute noch grundsätzlich dem internationalen Standard des Atomhaftungsrechts. Das KHG garantiert den Personen, die durch ein nukleares Ereignis Schaden erleiden, eine angemessene Entschädigung. Die tragenden Grundsätze des Kernenergiehaftpflichtgesetzes sind identisch mit den Prinzipien der internationalen Atomhaftungsübereinkommen. Die in der Schweiz geltende betragsmässig unbegrenzte Haftung des Inhabers einer Kernanlage ist heute noch international wegweisend. Ausser der Schweiz haben lediglich Deutschland, Japan und Österreich ein System der betragsmässig unbegrenzten Haftung eingeführt.

Trotz des bereits heute hohen haftungsrechtlichen Schutzniveaus des Kernenergiehaftpflichtgesetzes ist eine Revision dieses Gesetzes insbesondere in zwei Bereichen im Interesse des Schutzes der Geschädigten eines nuklearen Unfalls:

- Erhöhung der Deckungssumme von 1 Milliarde Franken: die heute zur Entschädigung von nuklearen Schäden zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel sind auch im internationalen Vergleich noch immer hoch. Die Revision der Pariser und Brüsseler Übereinkommen hat jedoch neue Massstäbe gesetzt. Im nationalen Bereich ist die Deckungsvorsorge, die seit April 2002 in Deutschland vom Inhaber einer Kernanlage gefordert wird, auf 2.5 Milliarden Euro (ca. 3.75 Milliarden Franken) angehoben worden.
- Einbindung der Schweiz in das internationale Atomhaftungsregime: Die Mitgliedschaft der Schweiz in internationalen Atomhaftungsübereinkommen gewährt einerseits dem haftpflichtigen Inhaber einer Kernanlage Rechtssicherheit bei Auslandschäden, die durch schweizerische Anlagen verursacht werden. Andererseits garantieren sie - und das ist der entscheidende Gesichtspunkt - schweizerischen Geschädigten Ersatzleistungen, wenn ausländische Kernanlagen in der Schweiz Schaden verursachen. Ein nationales Kernenergiegesetz kann dies nicht garantieren. Ohne vertragliche Beziehungen

mit anderen Staaten finden bei Auslandschäden die allgemeinen Regeln des internationalen Privatrechts Anwendung, die für den Haftpflichtigen und den Entschädigungsberechtigten zahlreiche Risiken beinhalten.

Das Bundesamt für Energie hat eine Arbeitsgruppe, bestehend aus Vertretern der KKW-Betreiber, der Versicherer und der betroffenen Bundesämter sowie einem deutschen Experten des internationalen Kernenergiehaftpflichtrechts eingesetzt und diese beauftragt, einen Entwurf für ein revidiertes Kernenergiehaftpflichtgesetz zu erarbeiten. Der Gesetzesentwurf soll so ausgestaltet werden, dass die revidierten Übereinkommen von Paris und Brüssel von der Schweiz ratifiziert werden können. Das Vernehmlassungsverfahren soll durchgeführt werden, sobald die Debatte über das Kernenergiegesetz abgeschlossen ist.

Auskunftsperson: Renato Tami, Bundesamt für Energie, Leiter Recht (Tel. 031/322 56 03)

Beilage: Übersichtstabelle Deckungssummen/unbeschränkte Haftung

Übersicht Deckungssummen/unbeschränkte Haftung nach KHG

	Privater Versicherer	Bundesversicherung	Inhaber Kernanlage
Bis 1 Mia Fr.¹ (Deckungssumme)	Alle Schäden (ausgenommen die durch Bundesversicherung gedeckten Schäden)		
Bis 0.5 Mia Fr. (Deckungssumme)	Terrorrisiken		
0.5 - 1 Mia Fr. (Deckungssumme)		Terrorrisiken	
Bis 1 Mia Fr.¹ (Deckungssumme)		<ul style="list-style-type: none"> • Ausserordentliche Naturvorgänge • Kriegerische Ereignisse • Ansprüche nach 10 Jahren nach schädigendem Ereignis (bzw. 20 Jahre nach Verschwinden der Kernmaterialien) • Spätschäden nach 30 Jahren (Ablauf Verwirkungsfrist) 	
Über 1 Mia Fr.² (Haftung)			Unbeschränkte, verschuldensunabhängige Haftung, ausgenommen wenn Geschädigter Schaden absichtlich verursacht hat.

¹ Höhere Deckungssummen als 1 Mia. Fr. sind international in Diskussion

² Grossschadenregelung durch Parlament, wenn alle Mittel nicht ausreichen (nötigenfalls zusätzliche Beiträge Bund)

Sicherheit und Risiko in der Kernenergie

- Übersicht:
1. Kernspaltung
 2. Aufsicht über die schweizerischen Kernkraftwerke
 3. Ziel: Sicherheit für Mensch und Umwelt
 4. Das Sicherheitsprinzip
 5. Auslegung gegen Störungen und Unfälle
 6. Risikostudien dienen dem Nachweis der Sicherheit
 7. Wie wird das Risiko definiert?

1. Kernspaltung

In Kernkraftwerken wird aus dem Kernbrennstoff Energie gewonnen. Im Innern des Reaktors ist der spaltbare Brennstoff, meist Uran, in Brennstäben eingeschlossen. Im Brennstoff enthaltene Atomkerne, insbesondere von Uran-235 und Pu-239, können mit Neutronen gespalten werden. Diese so genannte Kernspaltung läuft im Reaktor kontrolliert ab. Dabei wird eine grosse Menge Energie frei, die zur Erzeugung von Dampf genutzt wird. Der Dampf treibt im Maschinenhaus des Kraftwerks Turbinen an und diese wiederum Generatoren, die den Strom erzeugen.

Neben dem Nutzen entstehen dabei auch unerwünschte Nebeneffekte. Im Falle der Kernenergie sind dies Gamma-, Beta- und Alpha-Strahlung, sowie radioaktive Spalt- und Aktivierungsprodukte. Diese müssen als radioaktiver Abfall behandelt werden. Abgebrannte Brennelemente können entweder als Abfall entsorgt oder in der Wiederaufarbeitung weiterverarbeitet werden. Je nach Stärke der Aktivität gilt das radioaktive Material als schwach-, mittel- oder hochaktiv. Der Mensch schützt sich und die Umwelt mit geeigneten technischen und organisatorischen Massnahmen vor der radioaktiven Strahlung.

2. Aufsicht über die schweizerischen Kernkraftwerke

Die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) beaufsichtigt und beurteilt als Aufsichtsbehörde des Bundes die schweizerischen Kernanlagen in Bezug auf die Sicherheit und den Strahlenschutz. Sie inspiziert die schweizerischen Kernanlagen und überprüft die Sicherheitsnachweise, die ein Betreiber einer Kernanlage vorlegen muss. (vgl. Fact sheet "Aufsicht und Kontrolle").

3. Ziel: Sicherheit für Mensch und Umwelt

Das Innere eines Reaktors, der Reaktorkern, enthält eine beachtliche Menge an radioaktiven Stoffen. Schon geringe Mengen davon können für Mensch, Tier und Umwelt gefährlich sein. Das Schutzziel bei der Anwendung von radioaktiven Stoffen – sei es in der Energieerzeugung, in der Medizin, Industrie oder Forschung – ist, Mensch und Umgebung durch geeignete Massnahmen gegen die Gefahren radioaktiver Strahlung zu schützen.

Um dies zu erreichen, sind technische und organisatorische Massnahmen zu treffen. Dazu gehören u.a.:

- **Vorbeugen:** Um Unfälle in Kernanlagen möglichst zu vermeiden, werden eine Vielzahl von Massnahmen gegen das Auftreten von Störungen getroffen. Dazu gehören insbesondere die spezielle Auslegung und Ausführung von Systemen und Komponenten sowie die Sorgfalt beim Unterhalt und Betrieb.
- **Beherrschen:** Ergänzend zur Vorbeugung werden Vorkehrungen zur Beherrschung von Störfällen getroffen. Damit soll erreicht werden, dass sich technische Störungen oder Bedienungsfehler, die nie völlig ausgeschlossen werden können, nicht zu Unfällen ausweiten.
- **Lindern:** Zudem sind Vorkehrungen getroffen, um bei Eintritt eines Störfalles die Folgen für Personal und Umgebung innerhalb von gesetzlich festgelegten Grenzwerten zu halten. Diesem Zweck dienen spezielle Sicherheitssysteme in den Kernanlagen.
- **Schützen:** Schliesslich ist die Bevölkerung vor Unfällen mit schwerwiegenden radiologischen Konsequenzen zu schützen. Dazu dienen die Notfallschutzmassnahmen wie Alarmierung, Bezug von Schutzräumen, Einnahme von Jodtabletten, Sperren von Lebensmitteln usw. (vgl. Fact Sheet "Notfallschutzmassnahmen").

4. Das Sicherheitsprinzip

Die Ziele für die nukleare Sicherheit bestimmen in erster Linie, wie ein Kernkraftwerk gebaut, nachgerüstet, unterhalten und betrieben werden muss. Das Sicherheitsprinzip beruht auf gestaffelten Barrieren, wie es die nachfolgende Abbildung zeigt:

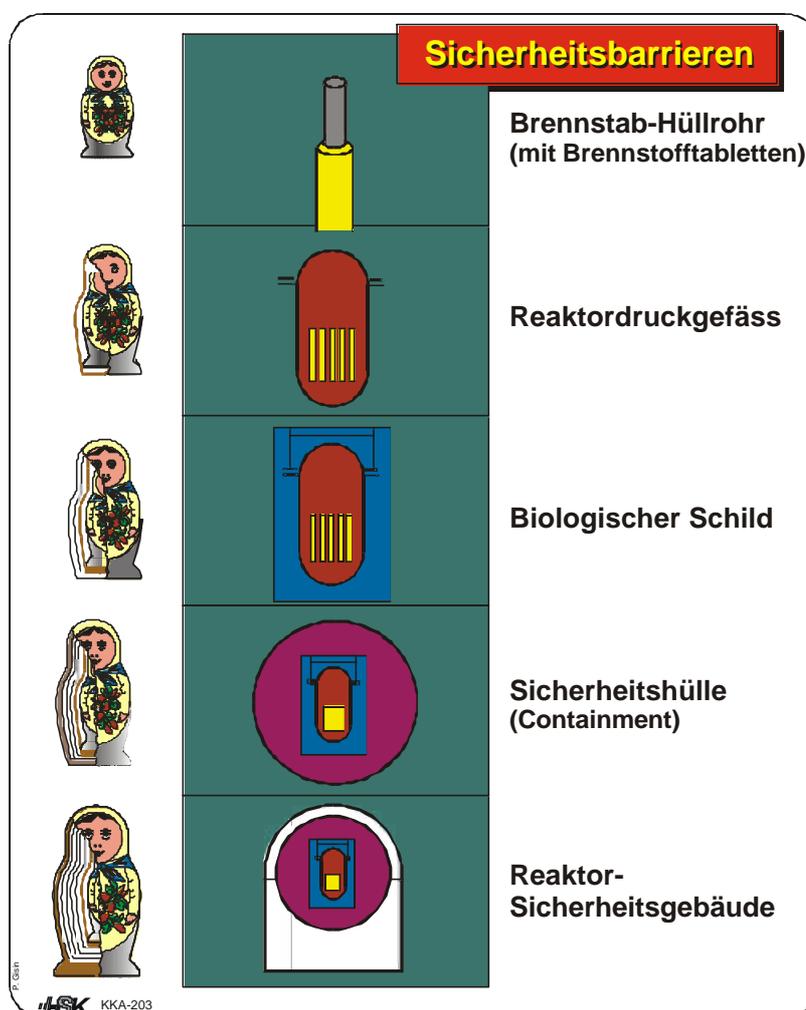


Abbildung: Sicherheitsbarrieren

Die mehrfach hintereinander gestaffelten Barrieren sorgen dafür, dass die bei der Kernspaltung entstehende Strahlung und die radioaktiven Stoffe nicht in die Umgebung gelangen. Zu diesen technischen Barrieren im Kernkraftwerk zählen die Hüllrohre der Brennstäbe, das dickwandige, stählerne Reaktordruckgefäß, der meterdicke so genannte bio-

gische Schild aus Beton zur Abschirmung der Strahlung, eine Stahlhülle (Containment) an der Innenseite des Sicherheitsgebäudes und das dickwandige Reaktorsicherheitsgebäude aus armiertem Beton.

Das Sicherheitsprinzip berücksichtigt die Tatsache, dass kein technisches System perfekt ist. Die Sicherheitsstrategie beruht nun darauf, die Rückhaltewirkung der einzelnen Barrieren möglichst lange aufrecht zu erhalten und zwar auch dann, wenn eine oder mehrere (vor- oder nachgelagerte) Barrieren nicht mehr vollständig erhalten sind. Die technische Auslegung dieser Barrieren beruht auf strengen behördlichen Anforderungen.

5. Auslegung gegen Störungen und Unfälle

Bei der Auslegung eines Kernkraftwerkes muss insbesondere gezeigt werden, dass die Anlage praktisch alle denkbaren Störungen innerhalb und ausserhalb der Anlage beherrschen kann, ohne dass die der Auslegung zugrunde gelegten Grenzwerte für die Freisetzung von radioaktiven Stoffen überschritten werden. Dies auch dann, wenn nebst der auslösenden Störung noch zusätzlich der Ausfall eines Sicherheitssystems oder einer Sicherheitskomponente unterstellt wird (Einzelfehlerkriterium). Beispiele für solche Störungen sind der Bruch einer Hauptkühlmittelleitung oder der Verlust der Stromversorgung. Es muss gezeigt werden, dass die Anlage nach Eintreten der Störung in einen sicheren Zustand gebracht werden kann. Dies ist dann der Fall, wenn die kontrollierte Kettenreaktion unterbrochen und die Kühlung des Reaktorkerns längerfristig sichergestellt ist

Eine hohe Verfügbarkeit der Sicherheitsfunktionen wird insbesondere durch zwei, für technische Systeme übliche Auslegungsprinzipien erreicht:

- **Redundanz:** Ein für die Sicherheit wichtiges System besteht aus mindestens zwei gleichwertigen Einzelsystemen (sogenannter Einzelstrang), die jedes für sich allein die Systemaufgabe erfüllen kann. Damit wird das oben erwähnte Einzelfehlerkriterium erfüllt.
- **Diversität:** Komponenten der Einzelstränge eines System sind wo sinnvoll diversitär, d.h. von unterschiedlicher Bauart oder von verschiedenen Herstellern. Damit kann ein gleichzeitiges Versagen solcher Komponenten z.B. infolge eines Auslegungsfehlers vermieden werden.

6. Risikostudien dienen dem Nachweis der Sicherheit

Eine weitreichende und umfassende Vorsorge gegen das Eintreten und die Konsequenzen von Störfällen ist mit dem für Kernkraftwerke entwickelten Sicherheitskonzept getroffen worden. Beim Betrieb muss die Abgabe radioaktiver Stoffe an die Umgebung sehr gering sein.

Schwere Störfälle oder Unfälle ausserhalb der Auslegung sind nur bei Mehrfachfehlern und bei gleichzeitigem Versagen mehrerer Rückhaltebarrieren denkbar. Erst das Auftreten einer Reihe von Fehlern kann zu einem Unfall mit Freisetzung von gefährlichen Mengen radioaktiver Stoffe führen.

Es ist Aufgabe der probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA), die durch das umfassende Sicherheitskonzept einer Anlage nicht mehr kontrollierbaren Unfallabläufe risikomässig zu bewerten. Die PSA befasst sich daher mit Ereignisabläufen, bei denen mehrere Sicherheitssysteme versagen oder aus anderen Gründen Auslegungsgrenzwerte überschritten werden.

7. Wie wird das Risiko definiert?

Das Risiko eines Unfalls ist abhängig von der Eintrittshäufigkeit (Anzahl Ereignisse pro Jahr) und von dem durch den Unfall verursachten Schaden. Oft wird das Risiko als Produkt der Eintrittshäufigkeit und dem verursachten Schaden definiert.

Das Gesamtrisiko (Anlagenrisiko) ergibt sich aus der Summe der Freisetzungsrisiken aller Unfälle. Das Freisetzungsrisiko eines einzelnen Unfalls ist das Produkt seiner Häufigkeit und der Aktivität (in Becquerel) aller dabei freigesetzten radioaktiven Substanzen. Das Gesamtrisiko bildet die Basis für die Umsetzung von Massnahmen zur Linderung der Konsequenzen schwerer Unfälle.

Die Ergebnisse der PSA-Studien zeigen, dass das Risiko für alle schweizerischen Kernkraftwerke gering und im internationalen Vergleich sehr gut ist. Dieses gute Ergebnis widerspiegelt das stetige Bemühen der Betreiber, ihre Anlagen auf einem hohen Sicherheitsstand zu halten sowie sinnvolle Massnahmen zu ergreifen, um das Risiko möglichst tief zu halten. Die HSK verfolgt und bewertet diese Massnahmen und verlangt auch aufgrund eigener Untersuchungen und Abklärungen entsprechende Verbesserungsmassnahmen.

Strahlenschutz

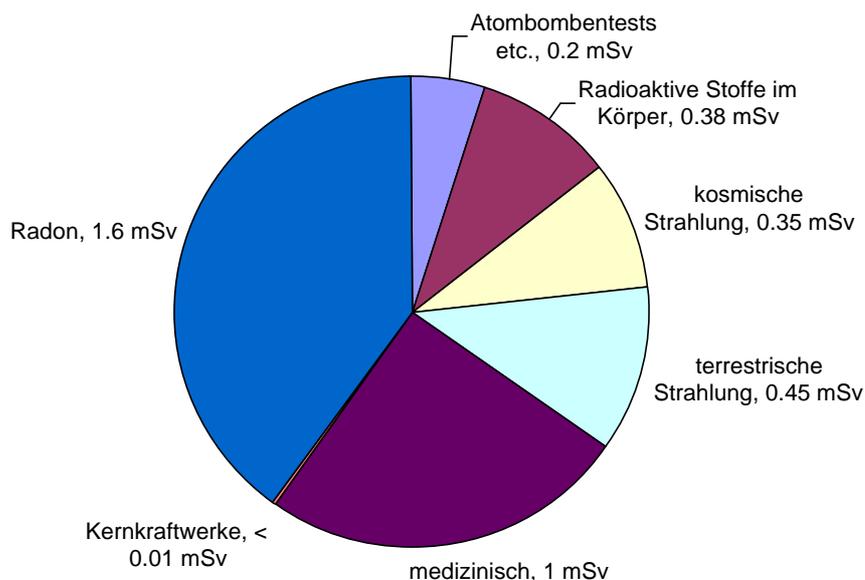
- Übersicht:
1. Woher stammt die Strahlenbelastung des Menschen?
 2. Aufgaben des Strahlenschutzes
 3. Strahlenbelastung des Personals in den schweizerischen Kernkraftwerken
 4. Strahlenbelastung der Bevölkerung in der Umgebung von Kernanlagen
 5. Transporte radioaktiver Stoffe

1. Woher stammt die Strahlenbelastung des Menschen?

Die Strahlenbelastung der Menschen kann natürlichen oder künstlichen Ursprungs sein. **Natürliche Strahlung** stammt von radioaktiven Nukliden in der Erde (*terrestrische Strahlung*) oder aus dem Weltall (*kosmische Strahlung*). Besondere Bedeutung hat das radioaktive Gas Radon, welches durch Zerfallsprozesse aus Uran in Gesteinen entsteht. Es kann in einigen Gegenden zu hohen Strahlenbelastungen führen. Jeder Mensch hat in seinem Körper natürliche radioaktive Stoffe, die er seit jeher mit der Nahrung aufnimmt. Der grösste Teil dieser Dosis wird durch das natürliche, radioaktive Nuklid Kalium-40 verursacht.

Ein Teil der Belastung durch **künstliche Strahlung** entsteht durch radioaktive Stoffe, die als Folge von Atombombentests und Unfällen in Kernanlagen in die Umwelt gelangten bzw. die von Kernanlagen und Spitälern im normalen Betrieb an die Umwelt abgegeben werden. Dabei liefern die Kernkraftwerke einen verschwindend kleinen Beitrag. Medizinische Anwendungen mit Strahlung (Röntgenbilder, Computer-Tomographie etc.) tragen einen weiteren Teil dazu bei.

Die Strahlenbelastung der Schweizer Bevölkerung beträgt im Durchschnitt ca. 4 mSv pro Jahr und setzt sich wie folgt zusammen:



Zusammensetzung der jährlichen, durchschnittlichen Strahlenbelastung der Bevölkerung in der Schweiz. Die totale Dosis liegt bei ca. 4 mSv pro Jahr.

Einzelne Berufsgruppen sind durch ihre Tätigkeit einer höheren Strahlenbelastung als die Durchschnittsbevölkerung ausgesetzt. Dazu gehören zum Beispiel medizinisches Fachpersonal, Forscher oder Beschäftigte in bestimmten Industriebereichen und in den Kernanlagen.

2. Aufgaben des Strahlenschutzes

Ziel des Strahlenschutzes ist es, die Strahlenbelastung der Bevölkerung und des beruflich exponierten Personals zu erfassen und Massnahmen zu treffen, um die Strahlenbelastung so gering wie vernünftigerweise möglich zu halten. Dadurch wird das Risiko für eine Schädigung von Personen minimiert.

Der Strahlenschutz stützt sich dabei auf folgende drei Grundsätze:

- **Rechtfertigung:** Eine Strahlenbelastung muss gerechtfertigt bzw. notwendig sein. Ohne messbaren Nutzen darf eine Tätigkeit mit einer Strahlendosis nicht durchgeführt werden. Alternative Methoden ohne Strahlenbelastung müssen Vorrang haben.
- **Optimierung:** Ist eine Tätigkeit oder ein Vorgehen gerechtfertigt und unabdingbar mit einer Strahlenbelastung verbunden, so muss diese so tief wie vernünftigerweise möglich gehalten werden.
- **Dosisgrenzwerte:** Zusätzlich dazu müssen gesetzlich festgelegte Dosisgrenzwerte eingehalten werden. Sie gelten für den Schutz der Bevölkerung und der beruflich strahlenbelasteten Personen. Dosen aus medizinischen Anwendungen am Patienten in der Diagnose und in der Therapie oder Belastungen durch den natürlichen Strahlungsrückgrund fallen nicht unter die Dosisgrenzwerte.

Personengruppe	Grenzwert
Nichtberuflich strahlenbelastete Personen (Bevölkerung)	1 mSv / Jahr
Beruflich strahlenbelastete Personen	20 mSv / Jahr
Beruflich strahlenbelastete Personen im Alter zwischen 16 und 18 Jahren	5 mSv / Jahr

Jahresdosisgrenzwerte für die Bevölkerung und für beruflich strahlenbelastete Personen gemäss Strahlenschutzverordnung

Die Dosis beschreibt die Energie, die durch die Strahlung von einer bestimmten Masse aufgenommen wird. Da die verschiedenen Strahlenarten unterschiedliche Wirkungen auf das Gewebe ausüben, andererseits die verschiedenen Gewebe bzw. Organe unterschiedlich empfindlich auf radioaktive Strahlung reagieren, wurde die sogenannte Effektive Dosis eingeführt. Ihre Einheit ist das Sievert (Sv). 1 Sv ist eine sehr hohe Dosis, bei der sich bei einmaliger, akuter Bestrahlung bereits eine Strahlenkrankheit bemerkbar macht; deshalb wird in der Praxis die Einheit Millisievert (mSv), ein Tausendstel eines Sv, verwendet.

Die Effektive Dosis dient als Grundlage für die Berechnung des Risikos für strahlenbedingte Erkrankungen. Das Risiko, an Strahlen verursachtem Krebs zu sterben, liegt bei 5 Prozent pro 1000 mSv. Werden

10'000 Personen mit 10 mSv bestrahlt, so sterben rein rechnerisch 5 Personen an einem Krebs, der durch diese Bestrahlung verursacht wurde. Zum Vergleich: Von 10'000 Personen sterben in den Industriestaaten statistisch gesehen 2'500 an Krebs.

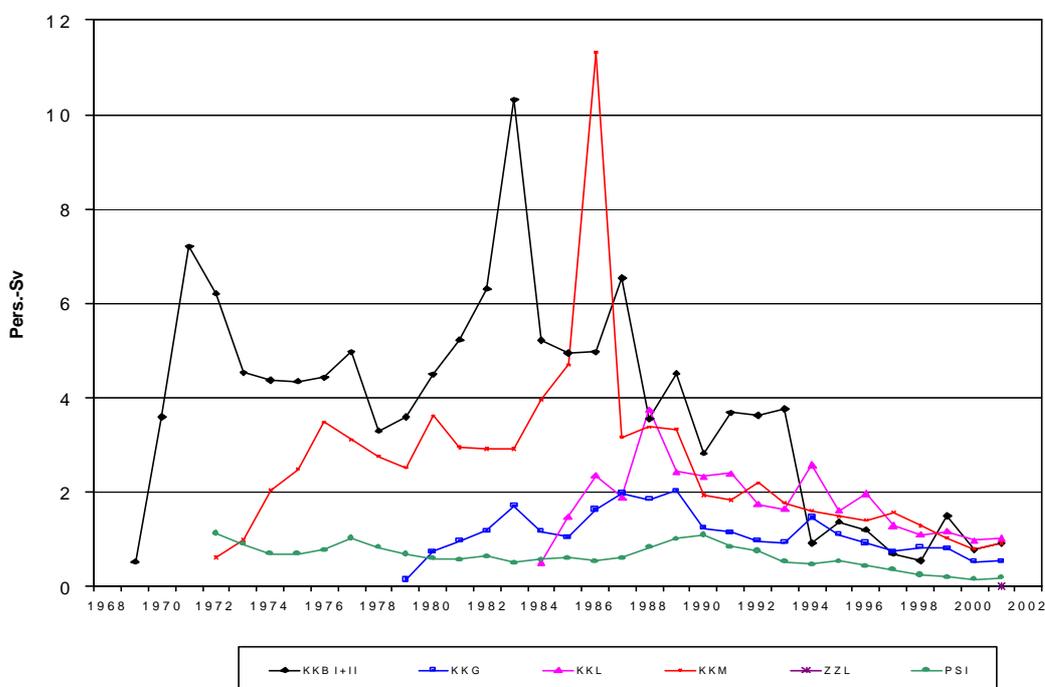
Für die Umgebung der Kernkraftwerke haben die Behörden gemäss Strahlenschutzverordnung festgelegt, dass die Strahlenbelastung von Einzelpersonen der Bevölkerung durch die Abgabe radioaktiver Stoffe nicht grösser als 0.2 mSv pro Jahr sein darf (quellenbezogener Dosisrichtwert).

3. Strahlenbelastung des Personals in den schweizerischen Kernkraftwerken

Im Strahlenschutz unterscheidet man zwischen Individualdosis und Kollektivdosis. Die Individualdosis ist die Dosis, die eine einzelne Person erhält. Die Kollektivdosis ist die Summe der Individualdosen einer Personengruppe wie z.B. der beruflich strahlenbelasteten Personen eines Kernkraftwerkes.

Die HSK beaufsichtigt in den Kernanlagen die Umsetzung der Strahlenschutz-Vorschriften. Entsprechend dem aktuellen Strahlenfeld müssen in einer Kernanlage Zonen abgegrenzt werden, in denen bestimmte Kleider- und Verhaltensvorschriften einzuhalten sind. Die Daten aus den zu tragenden Dosis-Messgeräten - üblicherweise zwei persönliche Dosimeter - werden regelmässig ausgewertet. Durch die konsequente Anwendung des arbeitsbegleitenden Strahlenschutzes blieben seit Inkrafttreten der neuen Strahlenschutz-Verordnung im Jahre 1994 die Individualdosen der einzelnen Beschäftigten in den Kernkraftwerken immer unter dem vorgeschriebenen Jahresgrenzwert von 20 mSv/Jahr, in der überwiegenden Mehrzahl sogar deutlich darunter.

Durch die konsequente Anwendung von Optimierungsmassnahmen wurden die jährlichen Kollektivdosen in den schweizerischen Anlagen im vergangenen Jahrzehnt stetig reduziert:



Jahreskollektivdosen in den schweizerischen Kernanlagen

4. Strahlenbelastung der Bevölkerung in der Umgebung von Kernanlagen

In der HSK-Richtlinie HSK-R-11 "Ziele für den Schutz von Personen vor ionisierender Strahlung im Bereich von Kernkraftwerken" wird die maximale Dosis in der Umgebung der Kernanlagen festgelegt. So darf die Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung, verursacht durch Abgaben radioaktiver Stoffe, den Wert von 0.2 mSv pro Jahr nicht übersteigen. Die berechneten Dosen lagen in den letzten 20 Jahren immer weit unterhalb dieses Richtwertes.

5. Transporte radioaktiver Stoffe

Beim Transport radioaktiver Stoffe müssen schweizerische und internationale gesetzliche Vorgaben eingehalten werden, um die Sicherheit des Transportpersonals und der Bevölkerung zu gewährleisten. Bei der Beförderung abgebrannter oder bei der Lieferung frischer Brennelemente, sowie bei anderen Transporten radioaktiver Stoffe von und zu den schweizerischen Kernanlagen sind die in den Transportvorschriften festgelegten Grenzwerte einzuhalten. Für die beteiligten Personen gelten die entsprechenden Dosisgrenzwerte. Bei den vierzig seit August 1999 durchgeführten Transporten wurden keine Verletzungen der geltenden Grenzwerte festgestellt.

Gesundheitliche Risiken

- Übersicht:
1. Strahlung kann die Gesundheit schädigen
 2. Problematik der kleinen Dosen
 3. Unsicherheiten
 4. Vererbare Schäden nach kleinen Dosen
 5. Bestrahlung im Mutterlaib
 6. Zusammenfassung: Gesundheitliche Schädigung bei kleinen Dosen

1. Strahlung kann die Gesundheit schädigen

Bereits kleine Strahlendosen können durch Mutationen in der Erbsubstanz Tumore oder Leukämie verursachen. Sie treten mit einer relativ grossen zeitlichen Verzögerung, der sogenannten Latenzzeit, auf. Bei höherer Dosis nimmt die Wahrscheinlichkeit der Erkrankung, nicht aber deren Schweregrad, zu. Dosen unterhalb eines bestimmten Wertes sind deshalb nicht völlig ungefährlich.

Erst bei hohen Dosen (Schwellendosen) werden so viele Zellen abgetötet, dass die Schädigungen bereits innerhalb von Stunden oder Tagen nach der Bestrahlung sichtbar werden (Akutschaden). Dazu gehören Hautrötung oder Haarausfall. Bei extrem hohen Dosen führt der Zelltod dazu, dass ganze Organe nicht mehr funktionieren, was zum Tod der bestrahlten Person führen kann. Bei dieser Art von Schädigungen nimmt der Schweregrad mit der Dosis zu. Durch Dosen, wie sie durch die natürliche Strahlung, den Betrieb von Kernanlagen oder in der medizinischen Diagnose entstehen, gibt es keine akuten Schäden. Es können Spätschäden auftreten, die aber, bedingt durch die kleine Dosis, sehr selten sind.

Die Strahlenbelastung kann auch durch radioaktive Stoffe verursacht werden, die in den Körper gelangt sind. Sie können eingeatmet oder mit der Nahrung aufgenommen werden, durch Wunden in den Kreislauf gelangen oder auf der Haut abgelagert werden. Je nachdem, auf welchem Weg sie in oder auf den Körper gelangen, werden unterschiedliche Gewebe verschieden stark belastet. Einatmen von Radioaktivität belastet zum Beispiel die Nasenschleimhäute, den Kehlkopf, die Bronchien und die Lungen. Sobald ein Radionuklid in den Stoffwechsel gelangt, verhält es sich wie ein nichtradioaktives, stabiles Nuklid und nimmt so an den biochemischen Abläufen im Körper teil. Es kann in einem bestimmten Organ angesammelt werden, wo es zu einer lokalen Dosis führt. Beispielsweise sammelt sich radioaktives Jod vorzugsweise in der Schilddrüse an. Mit Hilfe von Berechnungsmethoden und Faktoren aus der Strahlenschutzverordnung kann aus der in den Körper aufgenommenen Radioaktivität die Dosis der betreffenden Person berechnet werden.

2. Problematik der kleinen Dosen

Bestrahlung erhöht die Anzahl Schädigungen in einer lebenden Körperzelle. Schädigungen treten aber auch im natürlichen Lebenszyklus einer Zelle auf. Kleine Dosen verursachen einige wenige zusätzliche Schäden, die von den natürlicherweise vorkommenden nur schwer zu unterscheiden sind.

Es ist schwierig oder sogar unmöglich, Schäden einer Zelle zu finden, die durch kleine Strahlendosen verursacht worden sind. Ihre Anzahl ist im Vergleich zu denjenigen Schäden gering, die schon ohne Strahleneinwirkung auftreten.

In Fachkreisen wird eine Dosis von etwa 200 mSv (Millisievert) und geringer als 'kleine Dosis' bezeichnet. Zum Vergleich: beruflich strahlenbelastete Personen dürfen pro Jahr eine Dosis von höchstens 20 mSv erhalten. Die natürliche Strahlenbelastung der Bevölkerung in der Schweiz der jeder ausgesetzt ist, beläuft sich auf etwa 4 mSv pro Jahr. Die effektive Dosis bei einer Röntgenaufnahme des Oberkörpers liegt bei ca. 0.05 mSv.

Wie kann entschieden werden, welches Risiko eine kleine Dosis verursacht? Es gibt dazu nur die Möglichkeit, aufgrund der beobachteten Effekte bei hohen Strahlendosen auf mögliche Effekte bei kleinen Dosen zu schliessen. Dies geschieht mit Hilfe von physikalischen, mathematischen und biologischen Modellen. Die wichtigsten Erkenntnisse der Strahleneffekte bei hohen Dosen fand man bei den Überlebenden der Atombombenopfer in Japan. Die Auswertung der Beobachtungen zeigt, welche Krebsarten bei welchen Dosen auftreten. Die Menschen in Hiroshima und Nagasaki waren Dosen ausgesetzt, die deutlich höher liegen, als die Dosen der beruflich strahlenexponierten Personen. Für letztere können die Strahlenkonsequenzen somit nur mit Hilfe der erwähnten Modelle errechnet werden. Das Ergebnis ist eine geringe Zahl von Krebsfällen, die bei kleinen, über längere Zeit aufgenommenen Strahlendosen erwartet wird, die aber direkt nicht nachgewiesen werden kann. Wird zudem eine Dosis über einen längeren Zeitraum aufgenommen, ist ihre Wirkung auf den Organismus geringer. Dies muss bei der Berechnung ebenfalls berücksichtigt werden.

Aus der Studie der japanischen Atombombenopfer lassen sich verlässliche Risikoschätzungen für Dosen zwischen 500 mSv und 2 500 mSv durchführen. Eine statistisch abgesicherte Zunahme von Krebstodesfällen ist darin bei Dosen oberhalb von ca. 50 mSv nachweisbar.

In gross angelegten Untersuchungen wurden Beschäftigte in Kernanlagen in England, den USA und in Kanada auf mögliche Strahlenschäden überprüft. **Aufgrund dieser umfangreichen Untersuchungen ist kein Zusammenhang zwischen der Dosis und dem Auftreten von Tumoren oder Leukämien erkennbar.**

3. Unsicherheiten

Es sind noch nicht genügend Kenntnisse über die Entstehung von Krebs vorhanden, um eindeutige Aussagen über die Wirkung kleiner Dosen machen zu können. Unterhalb einer Dosis von 200 mSv ist es beinahe unmöglich, nachvollziehbare Aussagen über die Strahlenwirkung zu machen. Dort liegt aber der für die Praxis wichtige Dosisbereich.

Weitere Unsicherheiten ergeben sich dadurch, dass junge Menschen empfindlicher sind als ältere. Ebenso gibt es Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Frauen scheinen strahlenempfindlicher zu sein als Männer. Die Fähigkeit des Organismus, mit geringen Strahlenschäden umzugehen, kann auch von Mensch zu Mensch verschieden sein. Risiko-Angaben für die Praxis sind aber meistens Durchschnittswerte.

In der Schweiz sterben etwa 25 bis 30 Prozent der Bevölkerung an Krebs. Die Ursachen für die Erkrankungen liegen in den Lebensgewohnheiten, den Umwelteinflüssen und in der natürlichen Strahlung. Kleine künstliche Dosen führen zu einer berechneten Erhöhung, die innerhalb der natürlichen Schwankungsbreite liegt und statistisch nicht nachweisbar ist.

4. Vererbare Schäden nach kleinen Dosen

Bisher gab es keine Hinweise auf Strahlenschädigungen beim Menschen, die von den Eltern auf die Kinder vererbt werden können.

Neuere Untersuchungen an Kindern von Opfern der Katastrophe von Tschernobyl mit Dosen ab ca. 500 mSv zeigen Veränderungen der sogenannten Satelliten-DNS. Dabei handelt es sich um Abschnitte in der Erbsubstanz, jedoch an Stellen, die keine Gene enthalten. Bei den betroffenen Kindern traten bisher keine gesundheitlichen Probleme auf.

5. Bestrahlung im Mutterleib

Man schätzt die Strahlenempfindlichkeit des ungeborenen Menschen etwa 2-3 Mal höher ein als diejenige nach der Geburt. Welche Auswirkungen eine Bestrahlung hat und wie stark diese sind, hängt vom Zeitpunkt der Schwangerschaft ab. Die empfindlichste Zeitspanne für eine Schädigung des Gehirnes (geistige Zurückgebliebenheit) erstreckt sich von der 8. bis zur 15. Schwangerschaftswoche. Man geht davon aus, dass diese Schäden erst ab einer Dosis von ca. 120 mSv bis 200 mSv auftreten.

6. Zusammenfassung: Gesundheitliche Schädigungen bei kleinen Dosen

Für die praktischen Anwendungen im Strahlenschutz rechnet man mit Durchschnittswerten. Das Risiko, an Krebs zu erkranken, der durch Strahlung verursacht wurde, beträgt 1,5 Prozent pro 1'000 mSv. Das Risiko an einem entsprechenden Krebs zu sterben, wird mit 5 Prozent pro 1 000 mSv angenommen. Somit erhält man für 10 000 Personen, die eine Dosis von 10 mSv erhalten haben, rein rechnerisch 5 Krebssterbefälle. Aufgrund der natürlichen Krebssterblichkeit in der Schweiz von 25 - 30 Prozent würden von den 10 000 Personen bereits zwischen 2 500 und 3 000 Personen auch ohne zusätzliche Strahlendosis sterben. Die Durchschnittswerte stammen aus Studien, bei denen innert kurzer Zeit hohe Dosen wirksam waren. Für den Fall, dass die Dosis viel kleiner ist oder die Dosis über eine lange Zeitspanne abgegeben wird, ist das Risiko deutlich geringer. **Aufgrund dieser Ergebnisse kann somit ein Zusammenhang zwischen kleinen Dosen und Krebserkrankung statistisch ausgeschlossen werden.**

Aufsicht und Kontrolle

- Übersicht
1. Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK)
 2. Die Sektion Kernenergie (KE) des Bundesamtes für Energie
 3. KSA

1. Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK)

Die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) ist die Aufsichtsbehörde des Bundes für die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz in den schweizerischen Kernanlagen. Sie ist eine technisch-wissenschaftlich ausgerichtete Institution und gehört zum Eidgenössischen Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK). Ihren Sitz hat die HSK in Würenlingen (AG).

Das Aufsichts- und Tätigkeitsgebiet der HSK:

- Die Aufsicht der HSK erstreckt sich von der Planung über den Bau und Betrieb bis zur Stilllegung von Kernanlagen und über die Entsorgung radioaktiver Abfälle.
- Zusätzlich zu den Kernanlagen beaufsichtigt die HSK auch die Transporte radioaktiver Stoffe von und zu den Kernanlagen.
- Die HSK begutachtet die vorbereitenden Handlungen zur Realisierung von geologischen Tiefenlagern für radioaktive Abfälle, wie zum Beispiel Sondierbohrungen, geophysikalische Untersuchungen etc.
- Unter ihre Aufsicht gehören auch die nuklearen Forschungsanlagen (Forschungsreaktoren, Bundeszwischenlager etc.) des Paul Scherrer Instituts (PSI) sowie der Technischen Hochschule (EPFL) in Lausanne und der Universität in Basel.
- Die HSK hat auch eine behördliche Funktion bei der Notfallbereitschaft im nuklearen Bereich und ist in eine landesweite Notfallorganisation eingebunden.
- Auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes initiiert, fördert, finanziert und begleitet sie Forschungsprojekte mit nationaler und internationaler Beteiligung.

Regelwerke und Begutachtung:

- In Gesetzen, Verordnungen und eigenen Richtlinien legt sie die Anforderungen für die nukleare Sicherheit in der Schweiz fest.
- Im Rahmen von Bewilligungsverfahren begutachtet sie die Projekte.
- Die HSK verfolgt in ihrem Fachbereich den international anerkannten und gesicherten Stand von Wissenschaft und Technik.

- Sie informiert die Öffentlichkeit, das Parlament, die Verwaltung und die Medien sachlich, korrekt, offen und zeitgerecht über die Belange ihrer Arbeit und über die nukleare Sicherheit in den Kernanlagen.

Zur Erfüllung ihrer Aufgabe führt die HSK regelmässig Inspektionen in den Kernanlagen durch und diskutiert im Rahmen von Aufsichtsgesprächen wichtige Themen, Projekte und Arbeiten mit den Betreibern. Sicherheitstechnisch wichtige Änderungen in der Anlage und in Betriebsdokumenten können erst nach eingehender Prüfung und mit einer schriftlichen Freigabe durch die HSK vom Betreiber umgesetzt werden. Zudem ist der Betreiber verpflichtet, die Behörde im Rahmen von Monats-, Jahres- und Fachberichten regelmässig über den Anlagenbetrieb und die Anlagensicherheit zu informieren. Zudem führt die HSK innerhalb und in der Umgebung der Kernanlagen eigene Messungen durch. Die Auswertung all dieser Informationen gibt der HSK die Möglichkeit, sich ein unabhängiges Bild über die Sicherheit der Kernanlagen zu machen und die Einhaltung der behördlich vorgegeben Auflagen und Bedingungen jederzeit zu überprüfen.

Weitere Informationen: www.hsk.psi.ch

2. Die Sektion Kernenergie (KE) des Bundesamtes für Energie

Die Sektion Kernenergie (KE) des Bundesamtes für Energie:

- ist die zuständige Aufsichtsbehörde für die Sicherung (Sabotageschutz) der Kernanlagen und -materialien. Sie legt die Gefährdungsannahme sowie die daraus resultierenden Sicherungsanforderungen fest und überprüft deren Umsetzung in den Kernanlagen. In Zusammenarbeit mit anderen Bundesstellen verfolgt die Sektion Kernenergie zudem die Bedrohungslage auf nationaler und internationaler Ebene,
- führt gestützt auf den Kernwaffensperrvertrag und das bilaterale Abkommen zwischen der Schweiz und der Internationalen Atomenergie-Agentur (IAEA) die nationale Kernbrennstoffkontrolle und -buchhaltung durch und koordiniert und begleitet die Inspektionen der IAEA,
- erteilt gestützt auf den Kernwaffensperrvertrag und die Richtlinien der Gruppe der Nuklearlieferländer (Nuclear Suppliers Group NSG) sowie die technische Begutachtung durch die HSK die Transport resp. Ein- und Ausfuhrbewilligungen für Kernmaterialien und ist die zuständige Fachinstanz für die Beurteilung von Exportgesuchen nuklearer Ausrüstungen.

3. KSA

Die Eidg. Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen (KSA) ist beratendes Organ des Bundesrates und des UVEK. Administrativ ist die KSA dem BFE angegliedert.

Die KSA

- nimmt Stellung zu Gesuchen um Erteilung von Rahmen-, Bau-, Betriebs- oder Änderungsbewilligungen für Kernanlagen und äussert sich zu den entsprechenden Gutachten der HSK,
- verfolgt den Betrieb von Kernanlagen im In- und Ausland unter dem Gesichtspunkt der nuklearen Sicherheit,
- äussert sich zum Erlass und zur Änderung der Gesetzgebung im Bereich der nuklearen Sicherheit,
- prüft grundsätzliche Fragen der nuklearen Sicherheit von Kernanlagen und kann Massnahmen zur Erhöhung der Sicherheit empfehlen.

Notfallschutz

- Übersicht:
1. EOR: Zentrale Stellen und ihre Aufgaben
 2. Schutzmassnahmen
 3. Messmittel

Das oberste Ziel der Kernkraftwerksbetreiber und der Aufsichtsbehörde ist der sichere Betrieb der Anlage. Trotzdem kann ein Unfall nie ganz ausgeschlossen werden. Deshalb sind bauliche und betriebliche Vorsorgemassnahmen getroffen und eine umfassende Notfallplanung ist vorbereitet.

Bei Ereignissen, in denen Bevölkerung und Umwelt durch erhöhte Radioaktivität gefährdet sind oder sein könnten, tritt die Notfallorganisation in Aktion. Sie umfasst primär die **Einsatzorganisation bei erhöhter Radioaktivität (EOR)** des Bundes sowie weitere Stellen und Organisationen auf Stufe Bund und Kantone.

1. EOR: Zentrale Stellen und ihre Aufgaben

Die **Nationale Alarmzentrale (NAZ)** in Zürich ist die Fachstelle des Bundes für ausserordentliche Ereignisse, namentlich im Zusammenhang mit erhöhter Radioaktivität. Sie unterhält einen 24-Stunden Pikettdienst, der jederzeit erreicht werden kann. Die NAZ ist für die Beurteilung der radiologischen Gefährdung und den Schutz der Bevölkerung zuständig. Sie organisiert mit der Probenahme- und Messorganisation der EOR die Strahlungsmessungen in der ganzen Schweiz und beurteilt die radiologische Gefährdung. Gegebenenfalls erlässt sie Warnmeldungen zuhanden der Behörden und ordnet die Alarmierung der Bevölkerung an.

Der **Leitende Ausschuss Radioaktivität (LAR)** des Bundes setzt sich aus den Direktoren aller betroffenen Bundesämter zusammen. Dazu gehören

- Bundesamt für Gesundheit (BAG)
- Bundesamt für Energie (BFE)
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS)
- Bundesamt für Landwirtschaft (BLW)
- Bundesamt für Veterinärwesen (BVET)
- Bundesamt für Verkehr (BAV)
- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)
- Direktion für Völkerrecht (DV)

Bundesamt für Energie BFE

Seite 2

- Staatssekretariat für Wirtschaft (Seco)
- MeteoSchweiz (MCH)
- Generalstab (GST)
- Oberzolldirektion (OZ)
- Bundeskanzlei (BK)
- Vertretungen von zwei Kantonsregierungen.

Der LAR beurteilt die Gesamtlage und stellt dem Bundesrat Anträge für Massnahmen mit politischen Dimensionen, über welche dieser entscheidet.

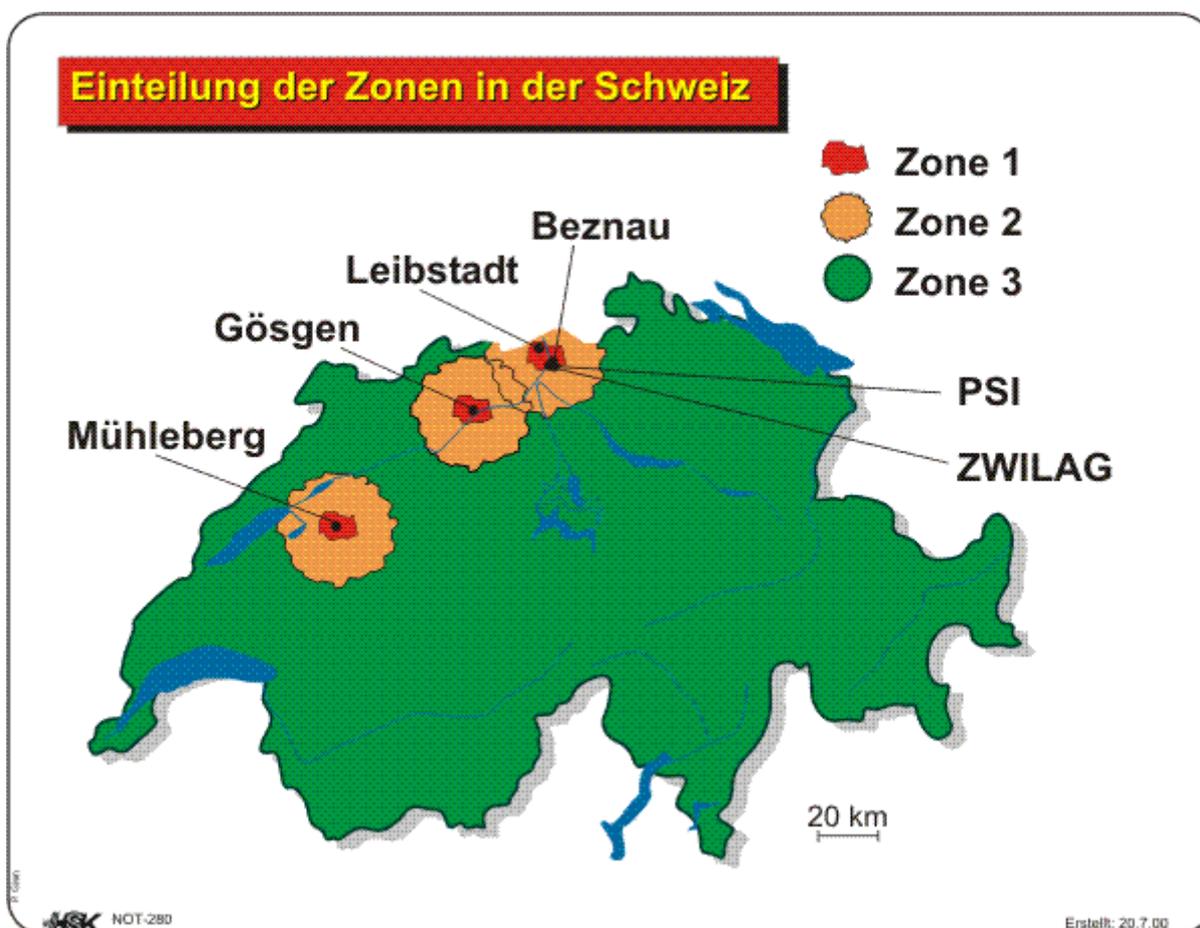
Die **Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK)** ist die Aufsichtsbehörde des Bundes für die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz in Kernanlagen (vgl. Fact Sheet "Aufsicht und Kontrolle der Kernkraftwerke und der Kernbrennstoffe"). Sie beurteilt die vom Betreiber getroffenen Massnahmen und kann ihrerseits Empfehlungen abgeben und Anordnungen erlassen. Sie steht der EOR, speziell dem LAR und der NAZ, beratend zur Seite.

2. Schutzmassnahmen

Um jedes Kernkraftwerk (KKW) sind zwei Zonen festgelegt: Die Zone 1 umfasst ein Gebiet in einem Radius von drei bis fünf Kilometer um das Werk. Die Zone 2 umfasst ein Gebiet in einem Radius von etwa 20 Kilometern um das KKW. In diesen Zonen sind rasche Massnahmen vorbereitet wie die Warnung der Behörden und die Alarmierung der Bevölkerung. Zu den wichtigsten Schutzmassnahmen in der Akutphase in den Zonen 1 und 2 gehören:

- Aufenthalt im Haus, Aufsuchen von Kellern oder Schutzräumen
- Einnahme von Jodtabletten

Die Zonen 1 und 2 sind jeweils in sechs sich überlappende Sektoren von jeweils 120° unterteilt (Prinzipskizze). Sofern die Windverhältnisse es eindeutig zulassen, kann die Alarmierung damit gezielt auf ein bestimmtes Gefahrengebiet ausgerichtet werden.



Das Gebiet der übrigen Schweiz (ausserhalb der 20 km) wird als Zone 3 bezeichnet. Dort sind Massnahmen zum Schutze der Bevölkerung während des Durchzuges einer radioaktiven Wolke (Aufenthalt im Keller oder Schutzraum und Einnahme von Jodtabletten) aller Voraussicht nach nicht notwendig. Einschränkungen des Konsums von Lebensmitteln könnten jedoch im Fall einer radiologischen Gefährdung in grossen Gebieten der Schweiz notwendig werden.

Damit die Schutzmassnahmen rechtzeitig ausgeführt werden können, müssen die Behörden und die Bevölkerung frühzeitig informiert werden. Dies geschieht nach einem festgesetzten und regelmässig im Rahmen von Notfallübungen überprüften Ablauf.

Bei einem Unfall in einem Kernkraftwerk orientiert das Werk unverzüglich die Aufsichtsbehörde HSK sowie die NAZ. Besteht die Möglichkeit eines Austritts von Radioaktivität in die Umwelt, so wird die Bevölkerung durch das Auslösen der Sirenen zum Radiohören aufgefordert. Verhaltensanweisungen an die Bevölkerung und amtliche Mitteilungen werden über Radio verbreitet.

3. Messmittel

In der Zone 1 um die KKW, also in einem Radius von rund fünf Kilometern, unterhält die HSK ein Messnetz, das im 10-Minuten-Takt die Radioaktivität misst. Übersteigt ein Wert den natürlichen Schwankungsbereich, wird ein Alarm ausgelöst. Diese Meldung geht sowohl an die HSK wie an die NAZ.

Die NAZ unterhält ihrerseits ein ähnliches Messnetz, das über die ganze Schweiz verteilt im gleichen Takt automatisch die Radioaktivität misst und gegebenenfalls einen Alarm auslöst. Weitere Messnetze, z.B. zur Überwachung der Luft, werden von der Sektion Überwachung der Radioaktivität (SUeR) des Bundesamtes für Gesundheit (BAG) betrieben.

Für lokal verfeinerte Messungen, die zur Entscheidung über allfällige Massnahmen notwendig sind, können im Ereignisfall zusätzliche Messmittel (z.B. mobile Messlabor, Helikopter) aufgeboden werden.

Schutz vor Sabotage und Terror

- Übersicht:
1. Sicherungsmassnahmen
 2. Schutz vor Flugzeugabsturz

1. Sicherungsmassnahmen

Um zu verhindern, dass die nukleare Sicherheit von Kernanlagen durch unbefugte Einwirkungen (z.B. Terroranschläge) beeinträchtigt und radioaktive Stoffe freigesetzt werden, sowie zur Verhinderung des Diebstahls von Kernmaterial kommen in den schweizerischen Kernanlagen Schutzmassnahmen zur Anwendung.

Diese Sicherungsmassnahmen betreffen den baulichen, technischen, organisatorischen, personellen und administrativen Bereich einer Kernanlage:

Baulich und technisch beruht die Sicherung auf einer räumlichen Staffelung der Massnahmen. Einem potentiellen Täter werden mehrere Sicherungsschranken mit von aussen nach innen zunehmendem Widerstand entgegengesetzt.

Personell wird die Sicherung grosser Kernanlagen durch eine uniformierte Betriebswache wahrgenommen, welche bewaffnet ist und im Ereignisfall eng mit der kantonalen Polizei zusammenarbeitet.

Die administrativen Sicherungsmassnahmen betreffen Regelungen zur Zutrittsberechtigung, die Zutrittskontrolle von Personen, Fahrzeugen und Material sowie Zuverlässigkeitsabklärungen für bestimmte Personenkreise.

Die Sicherungsmassnahmen basieren auf der von der Sicherheitsbehörde festgelegten massgebenden Bedrohung. Diese orientiert sich an der weltweiten Situation von Terrorismus und gewalttätigem Extremismus, an der spezifischen Bedrohungssituation in der Schweiz sowie am Gefährdungspotenzial der zu schützenden Objekte. Berücksichtigt werden zudem der Stand der Angriffstechnik sowie mögliches Täterverhalten.

Zur Verfolgung der Entwicklung der Bedrohungslage und zur Abklärung potentieller Auswirkungen auf die Sicherung von Kernanlagen wurde nach dem 11. September 2001 eine Arbeitsgruppe eingesetzt. Unter der Koordination der Sektion Kernenergie des Bundesamtes für Energie wirken darin Vertreter des Bundesamtes für Polizei, des Strategischen Nachrichtendienstes sowie der Hauptabteilung für die Sicherung der Kernanlagen mit.

Auf internationaler Ebene nimmt die Schweiz im Rahmen einer Gruppe europäischer Länder an einem periodischen Informationsaustausch teil, an welchem die allgemeine Lagebeurteilung und die in den verschiedenen Ländern getroffenen Massnahmen im Bereich

des Sabotageschutzes von Kernanlagen zur Diskussion stehen. Zusätzliche bilaterale Kontakte zu ausländischen Behörden ermöglichen einen Vergleich und die Beurteilung der in der Schweiz getroffenen Sicherungsmassnahmen im internationalen Rahmen.

2. Schutz vor Flugzeugabsturz

Nach den Attentaten vom 11. September 2001 beauftragte die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen die Kernkraftwerksbetreiber HSK, eine vertiefte Analyse zur Sicherheit der schweizerischen Kernkraftwerke bei einem gezielten Flugzeugangriff durchzuführen.

In ihrer Analyse berücksichtigte die Expertengruppe der Kernkraftwerke KKW die wesentlichen Bedingungen eines solchen Flugzeugangriffes. In die Beurteilung einbezogen wurden alle heute weltweit eingesetzten Verkehrsflugzeuge, deren Gewicht, die Treibstoffmenge, die Angriffsgeschwindigkeit und andere Anflugbedingungen. Die Expertengruppe untersuchte auf der Grundlage dieser Daten zum einen die Auswirkungen auf die strukturelle Integrität und Stabilität der sicherheitsrelevanten Baustrukturen der schweizerischen KKW bei einem gezielten Absturz. Dabei standen Untersuchungen zu den Aufprall- und Brandkonsequenzen im Vordergrund. Zum anderen war zu prüfen, ob bei den Reaktoren die Schutzziele nach einem solchen Angriff noch erfüllt werden können. Diese sind:

- Sicheres Abschalten der Anlage,
- Sichere Wärmeabfuhr aus dem Reaktorkreislauf,
- Einschluss der Radioaktivität.

Die aktuellen Berechnungen zeigen, dass ein Verkehrsflugzeug beim Aufprall auf ein KKW fast völlig zerstört wird und lediglich bestimmte Trümmerteile die maximale Stosslast bilden. Weiterhin bestätigen die durchgeführten Experimente und Rechnungen, dass zum Schutz der Werke gegen einen Flugzeugabsturz kleinere Wandstärken erforderlich sind, als bisher aufgrund konservativer Analysen angenommen wurde. Für die neueren schweizerischen Kernkraftwerke (Gösgen und Leibstadt) kann praktisch ein Vollschutz nachgewiesen werden. Für die älteren Anlagen Beznau und Mühleberg zeigen die Ergebnisse, dass ebenfalls ein hoher Schutzgrad vorhanden ist, vor allem wegen der nachgerüsteten, speziell gebunkerten, auf Flugzeugabsturz ausgelegten Notstandssysteme.

Die HSK überprüft zurzeit die von den Betreibern erstellten Studien und wird zuhänden des Bundesrates im Frühjahr 2003 einen Bericht vorlegen. Detaillierte Angaben zu den Methoden und Ergebnissen der Untersuchungen können im Interesse des Sabotageschutzes allerdings nicht gemacht werden. Die HSK ist in engem Kontakt mit ausländischen Behörden und Expertengruppen und diskutiert Analysen, Ergebnisse sowie mögliche Massnahmen.