

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 84 (1993)

**Heft:** 24

**Artikel:** Mehr Akzeptanz durch neue Reaktoren? : Sicherheitssprung bei Kernkraftwerken angepeilt

**Autor:** Dehli, Martin

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-902759>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 04.04.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

In der gegenwärtigen Diskussion um einen neuen parteiübergreifenden und damit auf längere Sicht tragfähigen Konsens in der Energiepolitik ist die weitere Nutzung der Kernenergie der zentrale Streitpunkt. Mit Reaktoren, die noch sicherer sind als die bisher eingesetzten, wollen die Kernkraftbefürworter die notwendige politische und öffentliche Akzeptanz für die Kernenergie zurückgewinnen, der gerade auch unter Klimaschutz- und Umweltgesichtspunkten besondere Bedeutung zukommt. Bei diesen künftigen Reaktoren, die bereits entwickelt werden, sollen die Folgen einer Kernschmelze – des zwar schon jetzt äusserst unwahrscheinlichen, aber nicht völlig auszuschliessenden schwersten aller denkbaren Unfälle – auf den unmittelbaren Nahbereich der Anlage begrenzt bleiben. Nur bei einer langfristig verlässlichen Perspektive für die Kernenergie lassen sich die weiteren Entwicklungskosten für neue Reaktoren und spätere Bauentscheidungen wirtschaftlich rechtfertigen.

# Mehr Akzeptanz durch neue Reaktoren?

## Sicherheitssprung bei Kernkraftwerken angepeilt

■ Martin Dehli

Die deutschen und französischen Kernkraftwerksbetreiber haben sich entschlossen, ihre rund zwanzigjährige Erfahrung mit dem Betrieb von Leichtwasserreaktoren zu bündeln und in die gemeinsame Entwicklung eines grossen europäischen Druckwasserreaktors einzubringen. Diese optimierte Reaktorlinie soll in beiden Ländern die jeweiligen Kriterien für eine Genehmigung durch die Aufsichtsbehörden erfüllen. Dafür ist eine enge deutsch-französische Kooperation auch auf Behörden- und Gutachterebene vorgesehen.

### Neuer Druckwasserreaktor in europäischer Kooperation

Auf der Seite der Kraftwerksindustrie gibt es ebenfalls eine leistungsstarke deutsch-französische Zusammenarbeit: Die beiden europäischen Marktführer Siemens und Framatome gründeten bereits 1989 die gemeinsame Tochterfirma Nuclear Power International (NPI).

Seit 1991 wird an dem Konzept für einen sicherheitstechnisch optimierten Leichtwasserreaktor mit einer elektrischen Leistung von etwa 1500 Megawatt (MW) gearbeitet.

Sein Name: EPR (European Pressurized Water Reactor). Er soll bis 1998 baureif durchkonstruiert sein.

Schwerpunkt der gemeinsamen Anstrengungen ist dabei – wie bereits angedeutet – die sicherheitstechnische Weiterentwicklung (Optimierung) des bewährten Druckwasserreaktors – ein «evolutionäres» Konzept also, bei dem die Summe der sicherheits- und betriebstechnischen Erfahrungen der vergangenen Jahrzehnte in Westeuropa genutzt wird.

### «Evolutionäre» Weiterentwicklung

Das Ziel: Die in westlichen Kernkraftwerken bereits heute äusserst geringe Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kernschmelze – also des schwerwiegendsten der denkbaren Störfälle – soll noch weiter vermindert werden. Und wenn es doch zur Kernschmelze kommen sollte, sollen die Auswirkungen auf den unmittelbaren Nahbereich der Anlage begrenzt bleiben, so dass selbst beim Versagen von Katastrophen-Schutzmassnahmen keine Gefahr für die Bevölkerung bestünde.

Andere Kraftwerkshersteller setzen dagegen auf grundlegende Neukonstruktionen von kleineren Leichtwasserreaktoren, tendieren also in die Richtung eher «revolutionärer» Konzepte [1].

#### Adresse des Autors:

Prof. Dr. Martin Dehli, (Fachhochschule für Technik, Esslingen), Welzheimerstr. 7, D-70736 Fellbach-Oeffingen.

Erstabdruck in «Strom-Themen» (IZE, Frankfurt), Nr. 6/1993.

## «Revolutionäre» Konzepte

Der Druckwasserreaktor AP-600 des amerikanischen Herstellers Westinghouse zum Beispiel soll sich durch eine verringerte Leistungsdichte im Reaktorkern und passive – also im Störfall von selbst arbeitende – sicherheitstechnische Elemente bei Störfällen besonders «gutmütig» verhalten. Seine elektrische Leistung liegt bei 600 MW.

Für ebenfalls rund 600 MW ist der SBWR von der US-Firma General Electric konzipiert, ein vereinfachter Siedewasserreaktor. Und das schweizerisch-schwedische Unternehmen ABB arbeitet an dem «Pius-600». Dieses Reaktorkonzept ist allerdings noch nicht so weit entwickelt wie die beiden amerikanischen.

Während die US-Firmen in den Vereinigten Staaten mit einer Bauartzulassung für ihre neuen Reaktoren ab Mitte der 90er Jahre rechnen, dürfte dieser Schritt beim Pius 600 erst deutlich später gelingen. Denn wegen der grundsätzlichen Neuerungen muss vor dem

kommerziellen Einsatz wohl erst noch ein Prototyp gebaut werden.

Wegen der anderen genehmigungsrechtlichen Anforderungen in Europa ist allerdings auch beim AP-600 und beim SWBR nicht damit zu rechnen, dass diese Konzepte noch vor dem Jahr 2000 ihre kommerzielle Reife für den hiesigen Markt erreichen. Da sie ausserdem im Vergleich mit dem EPR-Konzept keine entscheidenden sicherheitstechnischen Vorteile bieten, stehen sie für die deutschen Energieversorgungsunternehmen vorerst nicht in der engeren Wahl.

## Hochtemperaturreaktoren

Als weiteres «revolutionäres Konzept» sei der Vollständigkeit halber noch die Weiterentwicklung des heliumgekühlten Hochtemperaturreaktors erwähnt. Bei diesen Varianten geht es darum, dass sie billiger, kleiner und vielseitiger sein sollen – und vor allem «narrensicher».

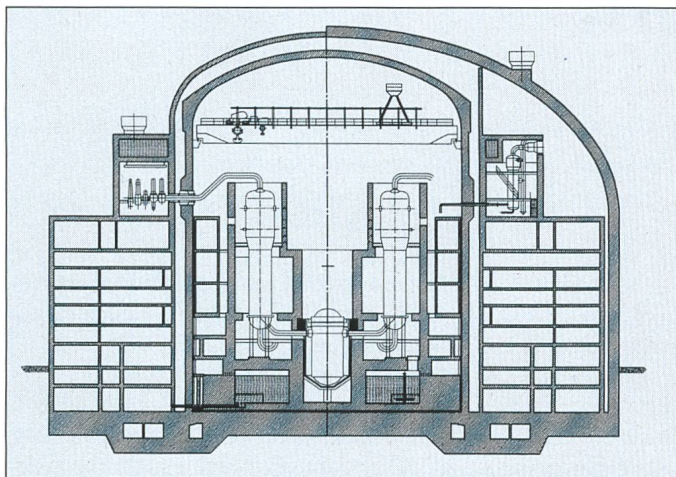


Bild 1 Der Druckwasserreaktor bietet im Rahmen einer «evolutionären Weiterentwicklung» gute Möglichkeiten für noch mehr Sicherheit bei einer neuen Generation von Kernkraftwerken. An einem sicherheitstechnisch optimierten Druckwasserreaktor arbeiten seit 1991 gemeinsam Siemens-KWU aus Deutschland und die französische Firma Framatome. Dieser EPR (European Pressurized Water Reactor) genannte Atommeiler wird neben neuen Lösungen die jeweils fortschrittlichsten Sicherheitselemente aus den neuesten französischen und deutschen Kernkraftwerken enthalten und soll bis 1998 baureif durchkonstruiert sein. Das Bild zeigt das Containment mit konzentrischem Ringgebäude (Projektskizze NPI)

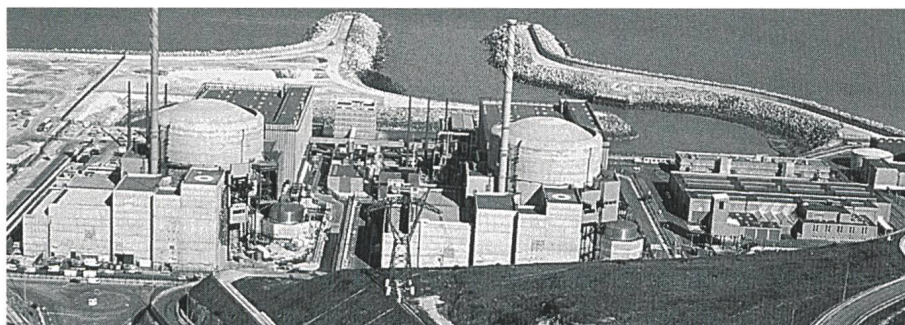


Bild 2 Neuestes französisches Kernkraftwerk: KKW Penly an der Steilküste der Normandie, dessen zweiter Reaktorblock 1330 MW leistet und am 1. November 1992 den kommerziellen Betrieb aufgenommen hat (Bild EdF)

Die konstruktiven Lösungen hierzu sehen eine geringere Energiedichte im Reaktorinneren sowie eine kleinere Leistung als die herkömmlichen Leichtwasserreaktoren vor.

Einer Weiterentwicklung stehen allerdings die bisher nicht immer ermutigenden Erfahrungen mit Demonstrationsanlagen (dem deutschen THTR-300 von Schmehausen und der amerikanischen Anlage von Fort St. Vrain) entgegen. Sie mussten nicht zuletzt aus technischen und wirtschaftlichen Gründen wieder stillgelegt werden. In der Diskussion um neue Kernkraftwerke spielt der HTR deshalb derzeit keine Rolle.

## Sicherheitsverbesserungen beim europäischen EPR

Da – zumindest für Investitionsentscheidungen in den 90er Jahren – der EPR von Siemens/Framatome als Weiterentwicklung des Druckwasserreaktors der Favorit der grossen deutschen Energieversorgungsunternehmen und des staatlichen französischen Stromversorgungsunternehmens EdF ist, lohnt es sich, auf die dabei vorgesehenen sicherheitstechnischen Lösungen näher einzugehen.

Die Entwicklungsarbeiten liegen auf zwei Schwerpunkten:

- Die Wahrscheinlichkeit des Ausfalls sämtlicher Kühlkreisläufe, die bis zur Kernschmelze im Reaktorinneren führen könnte, soll noch weiter verringert werden.
- Der höchst unwahrscheinliche Fall einer Kernschmelze – wenn sie sich doch jemals ereignen sollte – soll beherrscht werden.

## Noch höhere Zuverlässigkeit durch Vereinfachungen

Zur Verwirklichung des ersten Schwerpunktes ist vorgesehen, die Sicherheitssysteme in ihrer Zuverlässigkeit weiter zu verbessern – durch Vereinfachungen in Aufbau und Funktion. So soll zum Beispiel beim Notkühlsystem nicht mehr – wie bisher – je nach Anlagenzustand zwischen mehreren Ansaugleitungen umgeschaltet werden müssen.

Bei den heutigen Reaktoren ist für den Fall eines Kühlmittelverlustes nach dem Abriss einer Rohrleitung des Primärkreises zur langfristigen Kühlung eine «Sumpfschaltung» erforderlich. Das ausgelaufene Kühlmittel (Wasser) wird am Boden des Sicherheitsbehälters – eines riesigen Behälters, der die Kühlkreisläufe umgibt – aufgefangen und von dort in die Kühlkreisläufe zurückgepumpt, wenn die ausserhalb des Sicherheitsbehälters lagernden Wasservorräte erschöpft sind. Dazu ist eine Umschaltung der Kühlsysteme von den äusseren Wasservorräten auf

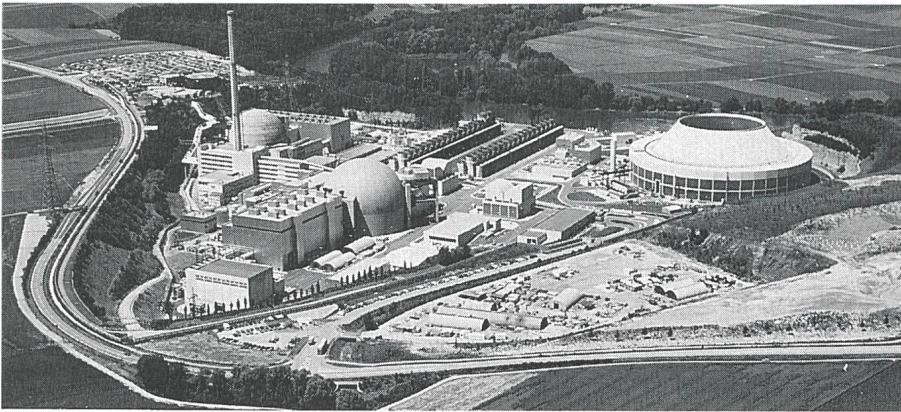


Bild 3 Die neueste deutsche Anlage, der 1225-MW-Reaktorblock 2 im Kernkraftwerk Neckarwestheim, der am 3. Januar 1989 ans Netz ging (Bild Siemens)

den Sumpf (am Boden des Sicherheitsbehälters) erforderlich.

Beim EPR dagegen wird das Notkühlwasser von vornherein im Gebäudesumpf des Sicherheitsbehälters gelagert, wohin das auslaufende Kühlmittel auch zurückfließt. Eine Umschaltung, bei der – wenn auch nur in seltenen Fällen – ein Fehler auftreten könnte, ist damit nicht mehr erforderlich.

### Strikte räumliche Trennung

Für die Beherrschung von Störfällen werden beim EPR – wie schon bei bisherigen Anlagen – vier voneinander unabhängige Sicherheitssysteme vorhanden sein. Um beim Ausfall eines der vier Systeme eventuelle Folgeschäden bei einem der drei anderen zu vermeiden, werden sich im neuen EPR die Sicherheitssysteme jeweils in vier völlig voneinander getrennten Raumsegmenten befinden. Jedem Sicherheitssystem werden eigene, grosszügig bemessene Wasservorräte, ausreichende Pumpleistung sowie eine eigene, über Notstromdiesel zusätzlich abgesicherte Stromversorgung zur Verfügung stehen. Damit soll mit noch höherer Zuverlässigkeit als bisher erreicht werden, dass bei eintretenden Zerstörungen nie alle Sicherheitseinrichtungen auf einmal funktionsunfähig werden.

### «Rückenstützung» im Notfall

Sollte dieser sehr unwahrscheinliche Fall dennoch eintreten, ist beim EPR für Störfälle die Nutzung von Komponenten (z.B. Pumpen) angestrebt, die auch im Normalbetrieb eingesetzt werden. Im Störfall stehen diese sogenannten *Betriebssysteme* dann gewissermassen als «Rückenstützung» für eventuell ausgefallene *Sicherheitssysteme* zur Verfügung. Wenn also zum Beispiel in einem Störfall die Kühlmittelpumpen aller vier Sicherheitssysteme wirklich einmal ausgefallen sein sollten, könnte immer noch die normale Nachkühlpumpe dafür sorgen, dass der Reaktorkern ausreichend gekühlt wird.

Aufgrund der strengen Sicherheitsphilosophie war man bisher davon ausgegangen, dass Systeme für den Normalbetrieb bei Sicherheitsbetrachtungen überhaupt nicht berücksichtigt werden dürfen. In der Tat werden sie aber in vielen Fällen durchaus noch zur Verfügung stehen.

### Sichere Beherrschung der Kernschmelze

Für den zweiten Sicherheitsschwerpunkt – die sichere Beherrschung der Kernschmelze – müssen vielfältige und aufwendige Gegenmassnahmen vorgesehen werden. Dabei muss zum Beispiel verhindert werden, dass der entstandene 3000 °C heisse Brei aus flüssigen radioaktiven Substanzen, die aus dem dann zerstörten Reaktordruckbehälter ausgetreten sind, nicht auch noch die Bodenplatte der Sicherheitsumschliessung – des Containers – durchdringt.

Dafür ist vorgesehen, dass sich die Schmelze auf einer Fläche von 150 m<sup>2</sup> aus-

breiten und von oben mit Wasser gekühlt werden kann. Diskutiert wird noch darüber, ob von unten über ein weiteres Kühlsystem Wärme abgeführt werden müsste. Die Bodenplatte, auf der sich der Brei ausbreiten soll, wird mit einer hermetischen, hochschmelzenden Schutzschicht bewehrt.

Ein weiteres Ereignis, gegen das Vorsorge getroffen werden soll, ist die unkontrollierte Detonation einer Wasserstoff-Blase, die sich bei der Reaktion von Wasser mit heissem Zirkon bilden kann. Aus diesem Metall bestehen nämlich die Brennelement-Hüllrohre. Dafür ist ein zweistufiges Sicherheitsverfahren vorgesehen. Solange der Wasserstoff nur in geringer Konzentration vorhanden ist, sollen Katalysatoren dafür sorgen, dass er sich in einer chemischen Reaktion mit Sauerstoff wieder zu ungefährlichem Wasser verbindet. Bei höherer Konzentration ist dann mit einem speziellen Zünder ein kontrolliertes Abbrennen innerhalb des Sicherheitsbehälters möglich.

Darüber hinaus werden noch weitere Reaktionen untersucht, die bei einer Kernschmelze möglich wären. So könnte zum Beispiel bei verhältnismässig niedrigem Druck im Primärkreislauf eine Dampfexplosion auftreten, wenn die geschmolzenen Kernmassen mit dem im Reaktordruckbehälter verbliebenen Wasser in Berührung kommen.

Untersuchungen, die zurzeit noch vertieft werden, lassen jedoch erwarten, dass die dabei freigesetzte Energie nicht ausreicht, um den Sicherheitsbehälter zu zerstören.

### Literatur

[1] Kernenergie – die nächsten Schritte. Tagungsband der SVA-Informationstagung vom 22./23. Oktober 1992.

## L'énergie nucléaire sera-t-elle mieux acceptée grâce à de nouveaux réacteurs?

### Une amélioration de la sécurité des centrales nucléaires est recherchée

L'utilisation future de l'énergie nucléaire constitue le centre de la controverse dans l'actuelle discussion relative à un nouveau consensus durable en politique énergétique. Grâce à de nouveaux réacteurs encore plus sûrs, les partisans du nucléaire tiennent à regagner la sympathie des politiciens et du public pour l'énergie nucléaire; cette dernière présentant aussi de sérieux avantages du point de vue de la protection du climat et de l'environnement.

Ces nouveaux réacteurs, qui sont en cours de développement, seront en mesure de limiter à l'environnement immédiat de l'installation les conséquences d'une fusion du cœur, accident majeur qui, bien qu'étant pour l'heure déjà quasi invraisemblable, ne peut être entièrement exclu. Seule une perspective à long terme fiable pour l'énergie nucléaire justifiera, du point de vue économique, les frais dus aux recherches sur de nouveaux réacteurs et les décisions de les construire.