

Sind die deutschen Kernkraftwerke sicher?

von [Karlheinz Orth](#)
Email Karlheinz.Orth@energie-fakten.de

Hier die Fakten – vereinfachte Kurzfassung

Antwort: Ja!

Die ausgezeichneten Betriebserfahrungen mit den deutschen Kernkraftwerken sind ein wichtiges Indiz für das erreichte hohe Sicherheitsniveau.

Ein weiteres Indiz ist, dass der politisch erzwungene „Ausstieg“ aus der Nutzung der Kernenergie in Deutschland nicht auf Gefährdungen und Sicherheitsmängel abgestützt, sondern nur „im Konsens“ mit den Eigentümern und Betreibern dieser Anlagen herbeigeführt werden konnte mit dem Ergebnis, dass die meisten Kernkraftwerke mit Zustimmung der Bundesregierung noch viele Jahre in Betrieb bleiben werden.

Das zur Vorsorge gegen Schäden in deutschen Kernkraftwerken realisierte mehrstufige, „fehlerverzeihende“ Sicherheitskonzept ist geeignet, Unfälle mit Schäden in der Umgebung nach dem vom Bundesverfassungsgericht beschriebenen „Maßstab der praktischen Vernunft“ auszuschließen.

Aufgrund der Weiterentwicklung der Kenntnisse ist das heute nachweisbare Sicherheitsniveau bei den in Deutschland betriebenen Kernkraftwerken unbestreitbar noch höher als zum

Zeitpunkt des Unfalls in Tschernobyl. Die Gründe hierfür sind im wesentlichen:

- systematische Auswertung der Betriebserfahrungen aus weltweit über 430 Kernkraftwerksblöcken mit über 13.000 Reaktorbetriebsjahren,
- internationale Sicherheitsforschung und Experimente in Versuchsständen,
- deterministische und probabilistische Sicherheitsanalysen,
- die daraus abgeleiteten Verbesserungsmaßnahmen.

Die gegenteilige Behauptung, das „Risiko der Kernenergie“ sei heute, also zum Zeitpunkt des Unfalls in Tschernobyl, ungünstiger einzuschätzen, kann sich jedenfalls nicht auf neue Erkenntnisse berufen. Es sind keine Gründe zu erkennen, warum heute – im Gegensatz zum Stand der siebziger Jahre, als wegen der Abhängigkeit Deutschlands von Ölimporten die Entwicklung und den Ausbau der Kernenergie forderte und förderte – der Ausschluss von Unfällen bei Anwendung des mehrstufigen, fehlerverzeihenden Sicherheitskonzeptes infrage gestellt werden könnte.

Der Hinweis auf Unfälle in Kernkraftwerken außerhalb Deutschlands – vor allem Tschernobyl, in dem wesentliche Elemente dieses Sicherheitskonzeptes nicht realisiert waren – widerlegt die Eignung des Sicherheitskonzeptes nicht.

«Fazit:

Kernkraftwerke in Deutschland sind sicher! »

In der Langfassung wird das Sicherheitskonzept detailliert erläutert. Es wird das Barrierenkonzept und die Schutzziele sowie das Konzept der Sicherheitsebenen dargestellt. Zudem werden deterministische und probabilistische Sicherheitsanalysen erklärt.

Sind die deutschen Kernkraftwerke sicher?

von [Karlheinz Orth](#)
Email Karlheinz.Orth@energie-fakten.de

Hier die Fakten – Langfassung

Antwort: Ja!

Die vom Atomgesetz und von der Rechtsprechung zum Schutz von Leben und Gesundheit geforderte „erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch die Errichtung und den Betrieb der Anlage“ wird durch ein Sicherheitskonzept gewährleistet, das auf folgender Grundidee aufbaut:

Ein gravierendes Versagen von technischen Einrichtungen geschieht nicht rein zufällig, sondern nur aufgrund einer Kette von Ursache und Wirkung. Sind diese Wirkungsketten bekannt und werden sie beachtet, so kann ein Versagen nicht mehr sozusagen „aus heiterem Himmel“ und deshalb auch nicht „jederzeit morgen“ geschehen. Der *Ausschluss eines Versagens* erfordert deshalb, diese Wirkungsketten zu verstehen, um die Maßnahmen festzulegen, die derartige Wirkungsketten unterbrechen.

Ganz wesentlich für ein Sicherheitskonzept zum Ausschluss eines Versagens nach dem (vom Bundesverfassungsgericht hierbei angelegten) „Maßstab der praktischen

Vernunft“ ist es, dass die potentiellen Wirkungsketten mehrfach durch voneinander unabhängige Maßnahmen unterbrochen werden. Damit wird sichergestellt, dass eine Wirkungskette auch dann unterbrochen wird, wenn bei einzelnen Überwachungen und Gegenmaßnahmen trotz aller Anstrengungen Fehler auftreten, unabhängig davon, ob es sich um Fehlverhalten von Komponenten und Systemen („Versagen“) handelt - oder um Fehlhandlungen von Menschen („Bedienungsfehler“). Diese Fehler bleiben letztlich folgenlos für die Umgebung, da sie keinen Unfall verursachen: man spricht dann von einem *fehlerverzeihenden Sicherheitskonzept*.

Das Gefährdungspotential beim Betrieb von Kernkraftwerken ist durch radioaktive Stoffe gegeben, die bei der Kernspaltung entstehen und ganz überwiegend im Reaktorkern enthalten sind. Die Aufgabenstellung für die Reaktorsicherheit besteht also darin, den Einschluss der radioaktiven Stoffe im Leistungsbetrieb sicherzustellen und unzulässige Freisetzungen bei Störungen und Störfällen zu vermeiden.

Das Sicherheitskonzept weist folgende grundlegende Merkmale auf:

- Isolation der radioaktiven Stoffe gegenüber der Umwelt durch ein System von mehreren sich umschließenden Barrieren (*Barrierenkonzept*), – siehe Ziffer 1
- Gewährleistung der ausreichenden Integrität und Funktion der Barrieren durch ein System gestaffelter Maßnahmen (*Konzept der Sicherheitsebenen*), – siehe Ziffer 2
- Konstruktion des Reaktorkerns derart, dass die Energieerzeugung durch die Kettenreaktion ein selbststabilisierendes Verhalten aufweist (*inhärente Stabilität*), – siehe Ziffer 3
- Technische Lösungen für Sicherheitseinrichtungen, die auch bei unterstellten Fehlern (technischem oder menschlichem Versagen) den Schutz der Barrieren gewährleisten (*Auslegungsprinzipien für Sicherheitseinrichtungen*), – siehe Ziffer 4
- Bestätigung des Sicherheitskonzeptes durch probabilistische Analysen – siehe Ziffer 5.

LANGFASSUNG

1. Barrierenkonzept und Schutzziele

Die bei der Kernspaltung in den Brennstäben des Reaktorkerns entstehenden radioaktiven Stoffe werden durch folgende Rückhalteinrichtungen („Barrieren“) eingeschlossen:

- das Kristallgitter des keramischen Brennstoffes (Uranoxid), in dem der weitaus überwiegende Teil der radioaktiven Spaltprodukte zurückgehalten wird,
- die gasdicht verschweißten metallischen Brennstabhüllrohre, die einen Übertritt der wenigen aus dem Brennstoff austretenden radioaktiven Stoffe in das Wasser („Kühlmittel“) des Reaktorkühlsystems verhindern,
- den Reaktordruckbehälter aus Stahl mit einer Wanddicke von rund 25 cm, zusammen mit dem völlig geschlossenen Reaktorkühlsystem, die das Kühlmittel einschließen,
- den gasdichten und druckfesten Sicherheitsbehälter („Containment“) aus Stahl, der das gesamte Kühlsystem umschließt und verhindert, dass bei eventuellen Leckagen Kühlmittel mit radioaktiven Stoffen aus dem Reaktorkühlsystem in die Umgebung gelangen kann,
- eine den Sicherheitsbehälter umgebende Stahlbetonkonstruktion mit einer Wanddicke von im Mittel 1,50 m.

Durch das System von sich jeweils umgebenden, gestaffelten Barrieren ist sichergestellt, dass selbst bei Schäden an einem Teil der Barrieren die Umgebung durch die anderen Barrieren vor den radioaktiven Stoffen ausreichend geschützt bleibt. Die Bedeutung des Systems von

Barrieren zeigte sich bei dem schweren Störfall von Harrisburg, wo bei weitgehender Zerstörung des Reaktorkerns – und zwar in vergleichbarem Umfang wie bei dem Unfall in Tschernobyl – die aus dem Reaktorkühlsystem freigesetzten radioaktiven Stoffe durch den Sicherheitsbehälter so eingeschlossen wurden, dass in der Umgebung *keine* Gesundheitsschäden feststellbar waren.

Um auch bei Störfällen die Wirksamkeit des Barrierensystems zu gewährleisten, müssen die Barrieren ausreichend gegen Beschädigungen geschützt werden, und zwar sowohl gegen schädigende Einwirkungen von außen, als auch gegen schädigende Einwirkungen von innen.

Wird eine Zerstörung der ersten Barrieren (Kristallgitter in der Keramik des Brennstoffes, Brennstabhüllrohre) verhindert, ist eine Freisetzung von radioaktiven Stoffen in gefährlichem Umfang physikalisch unmöglich, d. h. ausgeschlossen. Eine Zerstörung der ersten Barrieren in erheblichem Umfang ist technisch nur möglich, wenn der Reaktorkern bis zum Schmelzen der Brennstoffkeramik überhitzt wird – die auch bei einem abgeschalteten Reaktor noch erzeugte sog. „Nachzerfallswärme“ würde hierfür ausreichen. Bei einer wenigstens teilweise funktionierenden Kühlung ist eine derartige Überhitzung des Reaktorkerns jedoch ausgeschlossen – vereinfacht ausgedrückt: zumindest solange der Reaktorkern mit Wasser bedeckt ist, kann es nicht zu einer Freisetzung von gefährdenden Mengen radioaktiver Stoffe in die Umgebung kommen, d. h.: *Ausreichende Kühlung schließt Schäden aus.*

Darüber hinaus können bei dem realisierten Barrierensystem die weiteren Barrieren eine gefährdende Freisetzung selbst dann noch verhindern, wenn die ersten Barrieren weitgehend unwirksam geworden sind, d. h.: *ein Schadensereignis kann selbst bei zeitweise nicht ausreichender Kühlung noch durch die weiteren Barrieren verhindert werden.*

Aus diesen physikalischen und technischen Sachverhalten ergeben sich die grundlegenden **Schutzziele der Reaktorsicherheit:**

- Der Einschluss der im Reaktorkern vorhandenen Stoffe ist durch Barrieren abzusichern, d. h. als *Schutzziel: Einschluss radioaktiver Stoffe.*
- Der Reaktor muss immer in seiner Leistung begrenzt sein und sicher abgeschaltet werden können, um eine zu hohe, von den jeweils verfügbaren Kühlsystemen nicht abführbare Wärmeenergie zu verhindern, d. h. als *Schutzziel: Kontrolle der Reaktivität.*
- Die auch nach der Abschaltung des Reaktors durch radioaktiven Zerfall der Spaltprodukte entstehende sog. Nachzerfallswärme muss sicher abgeführt werden können, damit die inneren Barrieren nicht durch Überhitzung gefährdet werden, d. h. als *Schutzziel: Brennelementekühlung.*

Werden diese Schutzziele hinreichend eingehalten, ist der Schutz der Umgebung vor ionisierenden Strahlen sichergestellt.

2. Konzept der Sicherheits-ebenen

Die Einhaltung der Schutzziele und damit die Wirksamkeit des Barrierensystems werden durch

LANGFASSUNG

gestaffelte Maßnahmen gewährleistet, die den sogenannten *Sicherheitsebenen* zugeordnet sind, ausgehend von folgenden Grundgedanken:

- In einem ersten Schritt werden Maßnahmen auf *einer* Sicherheitsebene getroffen, um Fehler und Ausfälle mindestens unwahrscheinlich zu machen;
- In einem zweiten Schritt werden dennoch Fehler und Ausfälle unterstellt („postuliert“) und dann jeweils auf der *nächsten* Ebene zusätzliche Gegenmaßnahmen zur Kompensation oder Beherrschung der postulierten Fehler oder Ausfälle festgelegt.

Diese Staffelung von Maßnahmen führt (wie beim System der Barrieren) dazu, dass Fehler und Ausfälle auf einer Ebene grundsätzlich durch Maßnahmen auf der nächsten Ebene aufgefangen werden können. Die einzelnen Sicherheitsebenen sind durch folgende Merkmale und Maßnahmen gekennzeichnet:

Erste Sicherheitsebene: Normalbetrieb, Vermeidung von Störungen

Auf der ersten Sicherheitsebene ist es das Ziel, Störungen des Betriebs durch folgende Maßnahmen zu minimieren:

- Verwendung und Einbau von Komponenten und Systemen mit hoher Qualität,
- Erhaltung der Qualität der Komponenten und Systeme während des Betriebs durch ein dichtes Netz von Überwachungssystemen und systematischen Prüfungen,
- Kontrolle des Anlagenbetriebes durch ein System von erprobten und zuverlässigen Einrichtungen zur Überwachung sowie zur

automatischen Regelung und Steuerung des Anlagenzustandes, vor allem im Leistungsbetrieb,

- Qualifiziertes und regelmäßig geschultes und geprüftes Kraftwerkspersonal.

Die im internationalen Vergleich überdurchschnittlich hohe Verfügbarkeit – das heißt auch Störungsfreiheit – der deutschen Kernkraftwerke ist ein Indiz auch für die Sicherheit des Anlagenbetriebs.

Zweite Sicherheitsebene: Eingrenzung von Störungen, Vermeidung von Störfällen

Nach allgemeiner technischer Erfahrung sind – auch bei aufwendigen Maßnahmen zur Qualitätssicherung – Fehlfunktionen von technischen Einrichtungen oder Bedienungsfehler mit der Folge einer Betriebsstörung während der Lebensdauer einer Anlage nicht auszuschließen. („Es kann immer etwas passieren“). Dass dann in einem solchen Fall die Auswirkungen einer Störung sehr begrenzt bleiben und eine Entwicklung der Störung zu einem Störfall (d. h. Entstehen weiterer und gravierender Schäden in der Anlage) nicht auftritt (d. h., „dass nichts Schlimmes passiert, wenn etwas passiert“), wird durch folgende Maßnahmen erreicht:

- Berücksichtigung von erhöhten Belastungen bei der Auslegung von allen für den Reaktorbetrieb wichtigen Einrichtungen (z. B. bei der Dimensionierung der druckführenden Komponenten),
- Erkennung von Störungen durch ein Netz von speziellen Überwachungssystemen (z. B. die Störungsmeldesysteme),
- Eingrenzung und Beherrschung von Störungen durch

Einrichtungen, die erforderlichenfalls automatisch Gegenmaßnahmen einleiten (z. B. das Reaktorschutzsystem),

- umfangreiches Informationssystem, das dem Bedienungspersonal jederzeit einen guten Überblick über den momentanen Anlagenzustand ermöglicht (z. B. das rechnergestützte Prozess-Informationssystem).

Dritte Sicherheitsebene: Beherrschung von postulierten Störfällen

Für ein fehlerverzeihendes Sicherheitskonzept ist es erforderlich, trotz der umfangreichen Maßnahmen zur *Störfallvermeidung* auf der ersten und zweiten Sicherheitsebene die Möglichkeit von Störfällen zu unterstellen und diese „postulierten“ Störfälle dann durch weitere, hierfür speziell konstruierte Einrichtungen so zu begrenzen, dass keine nennenswerten Auswirkungen in der Umgebung auftreten: *Störfallbeherrschung*. Dabei wird erschwerend unterstellt, dass zusätzlich zu den eigentlichen Störungen noch weitere Fehler und Ausfälle auftreten. Die Einrichtungen zur Störfallbeherrschung (z. B. das Sicherheitseinspeise- und Notnackkühlsystem) werden so ausgelegt und konstruiert, dass

- die Belastungen durch die Störfälle berücksichtigt sind, die zu den maximalen Anforderungen führen und die nach dem „Maßstab der praktischen Vernunft“ noch zu unterstellen sind,
- die Wirksamkeit und Zuverlässigkeit der Sicherheitseinrichtungen durch Anwendung besonderer Auslegungsprinzipien (siehe unter

LANGFASSUNG

Ziffer 4.) und durch regelmäßige gezielte Prüfungen (sogenannte „wiederkehrende Prüfungen“) abgesichert sind.

Vierte Sicherheitsebene:

Risikominimierung

Mit den auf der ersten, zweiten und dritten Sicherheitsebene getroffenen Vorkehrungen ist gewährleistet, dass Fehlentwicklungen gestaffelt, mehrfach und durch voneinander unabhängige Maßnahmen unterbrochen werden können, so dass eine Entwicklung bis zu einem Unfall mit Schäden in der Umgebung nach dem „Maßstab der praktischen Vernunft“ auszuschließen ist. Zusätzlich wird noch Vorsorge getroffen gegen extrem unwahrscheinliche Ereignisse, wie z. B. Absturz eines Kampfflugzeuges oder Einwirkungen einer Gaswolkenexplosion in der Umgebung auf sicherheitstechnisch wichtige Kraftwerksgebäude („Einwirkungen von außen“).

Mit dem Ziel der weiteren Reduzierung des Restrisikos werden die aufgrund des Erfahrungsrückflusses und der Sicherheitsforschung ermittelten Auslegungsreserven und „Karenzzeiten“ (d. h. Zeiten, innerhalb derer etwaige Schäden noch durch Gegenmaßnahmen abgewendet werden können) der ersten, zweiten und dritten Sicherheitsebene dazu genutzt, selbst bei unterstellter unzureichender Störfallbeherrschung und unzureichender Kühlung des Reaktorkerns immer noch eine Überhitzung und Zerstörung des Reaktorkerns durch Wiederherstellung der Kühlung zu vermeiden oder zumindest die Funktion der Aktivitätsbarriere „Sicherheitsbehälter“ zu schützen: *Maßnahmen des*

anlageninternen Notfallschutzes („accident management“).

Durch die Sicherheitsebenen mit den gestaffelten Maßnahmen wird erreicht, dass eventuell auftretende Fehler und Ausfälle durch die Wirkung anderer Maßnahmen kompensiert werden und somit Schäden in der Umgebung nicht auftreten.

3. Inhärente Sicherheit des Reaktorkerns

Inhärente Sicherheit ist auf allen genannten Sicherheitsebenen wirksam und als ein zentrales Merkmal für ein fehlerverziehendes Sicherheitskonzept besonders wichtig. Sie bedeutet, dass ein Leistungs- oder Temperaturanstieg allein aufgrund inhärenter physikalischer Gesetzmäßigkeiten, die nicht versagen können, immer zu einer rechtzeitigen Leistungsbegrenzung führt, falls erforderlich bis zur Unterbrechung der Kettenreaktion, ohne dass dafür weitere Maßnahmen ergriffen werden müssten.

Diese „negative Rückkopplung“ wird durch Konzept und Aufbau des Reaktorkerns sichergestellt und ist als zentrales Merkmal des Sicherheitskonzeptes in allen Leistungsreaktoren in Deutschland realisiert worden.

Dagegen war der Tschernobyl-Reaktor so konstruiert, dass er in einem bestimmten Betriebsbereich eine positive Rückkopplung bei Leistungszunahme aufwies, was zusammen mit anderen Unzulänglichkeiten eine Explosion ermöglichte.

Es ist ein entscheidender Unterschied, ob ein Reaktor durch Fehlbedienung zur „Explosion“ oder aufgrund inhärenter physikalischer Effekte

nur zur Selbstabschaltung gebracht werden kann.

4. Auslegungsprinzipien für Sicherheitseinrichtungen

Obwohl selten angefordert, sind die Sicherheitseinrichtungen zur Beherrschung der unterstellten Störfälle (siehe Dritte Sicherheitsebene) für hohe Zuverlässigkeit und Wirksamkeit konzipiert, so dass auch bei solchen Störfällen die Einhaltung der Schutzziele gewährleistet ist. Die Zuverlässigkeit wird durch folgende Auslegungsprinzipien erreicht:

Schutz gegen einzelne Fehler und Ausfälle: Redundanzprinzip

Redundanz bedeutet, dass technische Sicherheitseinrichtungen aus mehreren gleichen und voneinander unabhängigen Teilsystemen bzw. Komponenten bestehen und davon mehr installiert sind, als zur Ausführung der Sicherheitsfunktion benötigt werden (z. B. vier statt zwei Pumpen). Damit ist gewährleistet, dass auch bei einem unterstellten Ausfall einzelner Komponenten die verbleibenden die Sicherheitsfunktion mit ausreichender Wirksamkeit ausführen können.

Schutz gegen systematische Fehler und gemeinsam verursachte Ausfälle: Diversitätsprinzip

Diversität bedeutet, dass unterschiedliche Wirkungsprinzipien und Konstruktionen zum Einsatz kommen, damit im Anforderungsfall nicht alle redundanten Einrichtungen eines Sicherheitssystems aufgrund einer gemeinsamen Fehlerursache versagen (z. B. Auslösung einer Reaktorschutzaktion durch physikalisch unterschiedliche Grenzwerte).

LANGFASSUNG

Schutz gegen übergreifende Fehler: Räumliche Trennung, baulicher Schutz, Entkopplung

Durch räumliche Trennung redundanter Sicherheitseinrichtungen oder durch bauliche Schutzmaßnahmen wird Vorsorge getroffen, dass z. B. bei Brand oder Überflutung ausreichend viele Teilsysteme funktionsfähig bleiben. Durch Entkopplung der elektrischen Sicherheitseinrichtungen untereinander wird erreicht, dass selbst bei Überspannungen nach Kurzschluss oder Blitzschlag keine Folgeschäden auftreten oder ausreichend viele redundante elektrische Teilsysteme funktionsfähig bleiben. Eine konsequente Trennung von Betriebs- und Sicherheitssystemen verhindert, dass sich Fehler in den Betriebssystemen negativ auf die Funktion der Sicherheitssysteme auswirken können.

Schutz gegen den Ausfall von Hilfsenergie:

sicherheitsgerichtetes Ausfallverhalten („Fail-Safe-Prinzip“)

Bei einer Konstruktion nach diesem Prinzip führen Fehler selbsttätig zu Schutzaktionen. So werden z. B. die Steuerelemente des Schnellabschaltsystems beim Druckwasserreaktor elektromagnetisch oberhalb des Reaktorkerns gehalten; bei einem Stromausfall fallen sie von selbst durch die Schwerkraft in den Reaktorkern und schalten damit den Reaktor sofort ab.

Schutz gegen Fehlhandlungen:

Automatisierung

Um zu vermeiden, dass das Betriebspersonal unter Zeitdruck Entscheidungen treffen muss, sind die Maßnahmen zur Störfallbeherrschung so automatisiert, dass mindestens in den ersten

dreißig Minuten nach Störfalleintritt Handeingriffe des Bedienungspersonals nicht erforderlich sind. Auch nach dieser Zeit sind allenfalls wenige Handeingriffe kurzfristig erforderlich; für die Mehrheit der Eingriffe steht mehr Zeit zur Verfügung.

Durch die Auslegungsprinzipien zur Berücksichtigung von Fehler- und Ausfallmöglichkeiten wird in Verbindung mit der Überwachung und den wiederkehrenden Prüfungen eine solche Zuverlässigkeit der Sicherheitseinrichtungen erreicht, dass Ereignisabläufe mit erheblicher Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Umgebung nach dem „Maßstab der praktischen Vernunft“ ausgeschlossen sind.

5. Bestätigung des Sicherheitskonzepts durch probabilistische Analysen

Das bisher beschriebene Sicherheitskonzept, für dessen Gestaltung systematisch verschiedenartige Fehler und Ausfälle unterstellt werden, obwohl aufgrund von Vorkehrungen das Auftreten von Fehlern und Ausfällen kaum zu erwarten ist, wird als *deterministisches Sicherheitskonzept* bezeichnet. Dadurch ist bereits die Entstehung eines Störfalles sehr unwahrscheinlich und ein über einen beherrschten Störfall hinausgehender Unfall nach dem „Maßstab der praktischen Vernunft“ ausgeschlossen. Mit dem Ausschluss von Unfällen durch die alleinige Anwendung des beschriebenen deterministischen Sicherheitskonzeptes hat man sich mit zunehmender Entwicklung der Analysemethoden nicht zufrieden gegeben. In den siebziger Jahren wurde mit

zunehmendem Aufwand begonnen, das deterministisch konzipierte Sicherheitskonzept mit Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung (probabilistische Sicherheitsanalyse) auf seine Ausgewogenheit zu überprüfen (*siehe Reaktorsicherheitsstudien*). „Ausgewogenheit“ bedeutet dabei vor allem, dass die Gewährleistung der Sicherheit nicht ganz überwiegend von einer Maßnahme abhängen soll; vielmehr sollen die Maßnahmen so kombiniert und gestaffelt sein, dass das Versagen einer Maßnahme allein nur einen geringen Beitrag zum berechneten Risiko liefert.

Der Nutzen der probabilistischen Analyse besteht darin, dass sie in gut überschaubarer Weise quantifiziert, mit welcher Wahrscheinlichkeit verschiedene Fehler und Ausfallkombinationen zur Entstehung von Störfällen und darüber hinaus zum Misslingen der Störfallbeherrschung beitragen könnten. Mit dieser Quantifizierung ist die Möglichkeit gegeben, über die vorhandenen Vorkehrungen hinaus weitere technische Gegenmaßnahmen auf die relativ wichtigen Kombinationen zu konzentrieren. Damit wird die „Ausgewogenheit des Sicherheitskonzeptes“, konkret: der „fehlerverzeihende Charakter des Sicherheitskonzeptes“, weiter verbessert.

Die Sicherheitsanalysen unter Einsatz probabilistischer Methoden wie die beiden Reaktorsicherheitsstudien von 1979 („Phase A“) und 1989 („Phase B“) für das Kernkraftwerk Biblis B haben die Eignung des mehrstufigen, fehlerverzeihenden Sicherheitskonzeptes zum Ausschluß von Unfällen durch

LANGFASSUNG

die sehr niedrigen berechneten Eintrittswahrscheinlichkeiten bestätigt.

Dass die berechneten Eintrittswahrscheinlichkeiten nicht exakt „Null“ sind, ist durch das Berechnungsverfahren bedingt und steht nicht im Widerspruch zu dem deterministischen Schadensausschluss auf der Basis des fehlerverzeihenden Sicherheitskonzeptes: Probabilistische Sicherheitsanalysen können nämlich aufgrund ihrer Methodik keine Eintrittswahrscheinlichkeit „Null“ ermitteln. Die ermittelten Eintrittswahrscheinlichkeiten sind aber so klein, dass das

verbleibende Restrisiko in einen Bereich fällt, der nach dem „Maßstab der praktischen Vernunft“ akzeptiert werden kann und keine weiteren Maßnahmen mehr erfordert.

Aus all diesen Darlegungen wird deutlich, dass gelegentliche Schlagzeilen über betriebliche Störungen oder Fehler kein erhöhtes Risiko beweisen und auch keinen Anlass für ernste Sorgen begründen.

Literaturhinweis

Zu weiteren Erläuterungen zur Technik, zur Rechtsprechung und zu Literaturangaben wird

verwiesen auf das Buch: Ulrich Waas, Dieter Sellner: Sicherheitskonzept deutscher Kernkraftwerke zum Ausschluß von Schäden in der Umgebung – rechtliche Anforderungen, technische Maßnahmen, Erkenntnisse und Weiterentwicklungen Köln, Deutscher Instituts-Verlag GmbH, 2000; ISBN 3-602-14505-0 ■

Weitere Informationen finden sie im Bereich Kernenergie > Sicherheit unter www.Energie-Fakten.de