

Wie lange können Kernkraftwerke sicher betrieben werden?

Laufzeitverlängerungen deutscher Kernkraftwerke

von [Markus Zink](#)
Email Markus.Zink@energie-fakten.de

Hier die Fakten – vereinfachte Kurzfassung

Hintergrund der öffentlichen Diskussion um die Laufzeit der deutschen Kernkraftwerke ist der am 14. Juni 2000 zwischen der deutschen Bundesregierung und den Vertretern der Energiewirtschaft abgeschlossene, so genannte „Atomkonsens“. Durch diese Vereinbarung wurden die Laufzeiten der deutschen Kernkraftwerke limitiert, indem die noch zu produzierenden Strommengen festgesetzt wurden. Es stellt sich allerdings die Frage, ob die deutschen Kernkraftwerke nicht auch über diese vereinbarte Restlaufzeit hinaus sicher betrieben werden könnten.

Bei der Auslegung der Kernkraftwerke wurde eine Nutzungsdauer von 40 Jahren zu Grunde gelegt. Die Anlagenkomponenten wurden dabei konservativ ausgelegt – d. h. es wurde hinsichtlich der zu erwartenden Materialbelastung eher übertrieben. Die Bemühungen und Maßnahmen der Betreiber, die Anlage auf einem hohen (sicherheits-)technischen Niveau zu halten, lassen sich unter dem Begriff des Alterungsmanagements zusammen fassen. Ziel ist es, die Ausfallraten wichtiger

Systeme über die gesamte Lebensdauer der Anlage so gering wie möglich zu halten. D. h. einer Alterung gilt es durch entsprechende Maßnahmen, Kontrollen und Prüfungen entgegenzuwirken.

Die Frage nach der (sicherheits-) technisch maximalen Lebensdauer eines Kernkraftwerkes lässt sich nicht generell beantworten. Es hängt vielmehr von den einzelnen Anlagen, deren Auslegung und Betriebsweise und insbesondere auch deren Wartung, d. h. Betriebsphilosophien, ab, wie lange die Kernkraftwerke sicher betrieben werden können – die Sicherheit steht beim Betrieb eines Kernkraftwerks an oberster Stelle. In Deutschland überwachen die zuständigen Aufsichtsbehörden den Betrieb der Kernkraftwerke. Darüberhinaus trägt der nationale und internationale Erfahrungsaustausch zu einer Verbesserung der Betriebssicherheit bei.

Heute weis man aufgrund der gesammelten Betriebserfahrung und Forschung, dass die Bauteile in den Kernkraftwerken durchaus über eine Laufzeit von 60 Jahren eingesetzt werden können – die der Auslegung zu Grunde gelegten Beanspru-

chungen waren demnach höher angesetzt, als nötig. Dem entsprechend wird beispielsweise in den USA, wo die Laufzeit der Kernkraftwerke zu Beginn des Betriebs formal auf 40 Jahre begrenzt wurde, mittlerweile eine Laufzeitverlängerung um 20 Jahre erwirkt. Hierzu ist für jede Anlage eine Erneuerung der Lizenz mit einer einhergehenden Beurteilung des (sicherheits-) technischen Standes zu erstellen. Bei mehr als der Hälfte der amerikanischen Anlagen ist der Prozess bereits erfolgreich abgeschlossen. Andere Länder folgen dem Beispiel.

In der Langfassung dieses Artikels werden die Hintergründe der Lebensdauerbegrenzungen, wie Alterungsmechanismen und das Alterungsmanagement erläutert. Sie bietet darüber hinaus einen Überblick über Aufsicht und Prüfvorschriften und zieht ein klares Fazit. Durch den jährlich stattfindenden internationalen Vergleich zeigt sich, dass deutsche Kernkraftwerke auf einem hohen Zuverlässigkeitsniveau betrieben werden.

Wie lange können Kernkraftwerke sicher betrieben werden?

Laufzeitverlängerungen deutscher Kernkraftwerke

von Markus Zink
Email Markus.Zink@energie-fakten.de

Hier die Fakten – Langfassung

1. Hintergründe

Hintergrund der öffentlichen Diskussion um die Laufzeit der deutschen Kernkraftwerke ist der am 14. Juni 2000 zwischen der deutschen Bundesregierung und den Vertretern der Energiewirtschaft abgeschlossene, so genannte „Atomkonsens“. Durch diese Vereinbarung wurden die Laufzeiten der deutschen Kernkraftwerke limitiert, indem die noch zu produzierenden Strommengen festgesetzt wurden. Der Berechnung dieser Reststrommengen wurde eine Regellaufzeit der Anlagen von 32 Jahren zu Grunde gelegt. Bild 1 gibt die festgesetzten Reststrommengen wieder.

Auf der Grundlage des Atomkonsenses wurde am 22. April 2002 das Atomgesetz (AtG) novelliert und neben weiteren Änderungen auch die Reststrommengen gesetzlich festgesetzt (siehe Bild 1 auf Seite 3). Eine Übertragung von Teilstrommengen älterer Anlagen auf neuere Anlagen wurde ausdrücklich erlaubt – der umgekehrte Fall gilt als Ausnahme und bedarf einer Genehmigung. Aufgrund dieser flexiblen Regelung kann die Restlaufzeit der einzelnen An-

lagen nicht genau vorhergesagt werden. Seit dem letzten Regierungswechsel gibt es Erwägungen, die geltende Regelung zu revidieren und die Laufzeiten einzelner Anlagen zu verlängern. Aus diesen Gründen gewinnt die Frage besondere Bedeutung, wie lange ein Kernkraftwerk unter ökonomischen, vor allem aber unter sicherheitstechnischen Gesichtspunkten betrieben werden kann.

2. Lebensdauerbegrenzungen

Der Begriff der Lebensdauer bezeichnet die Zeit, in der eine Anlage genutzt werden kann. Unterschiedliche Alterungsmechanismen können während des Betriebs zu einer Verkürzung der Lebensdauer führen. Während viele technische Systeme oder Anlagenteile solange betrieben werden können, bis sie versagen, ist bei einem Kernkraftwerk ein Betrieb auf kontinuierlich hohem Sicherheitsniveau mit entsprechender Zuverlässigkeit bzw. Verfügbarkeit gefordert.

2.1 Alterungsmechanismen

Bei der Auslegung der Kernkraftwerke wurde eine Nutzungsdauer von 40 Jahren zu

Grunde gelegt. Die wichtigen Anlagenkomponenten wurden dabei konservativ ausgelegt – d. h. es wurde hinsichtlich der zu erwartenden Materialbelastung eher übertrieben. Viele kleinere Komponenten müssen jedoch schon vorher ausgetauscht werden.

Welche sind die wesentlichen Gründe für die „Alterung“ in den Kernkraftwerken? Hier muss zwischen drei unterschiedlichen Alterungserscheinungen differenziert werden:

- Konzeptionelle Alterung
- Technische Alterung
- Physikalische Alterung

2.1.1 Konzeptionelle Alterung

Bei der konzeptionellen Alterung handelt es sich um Änderungen der Auslegungs- bzw. Betriebs-Philosophie. Beispielsweise ändern sich die der Anlagenplanung zu Grunde gelegten Parameter über die Jahre. Die bei der Auslegung und während des Betriebs der Kernkraftwerke geltenden Regeln finden sich zusammengefasst im Regelwerk des KTA (Kerntechnischer Ausschuss; siehe www.kta-gs.de).

LANGFASSUNG

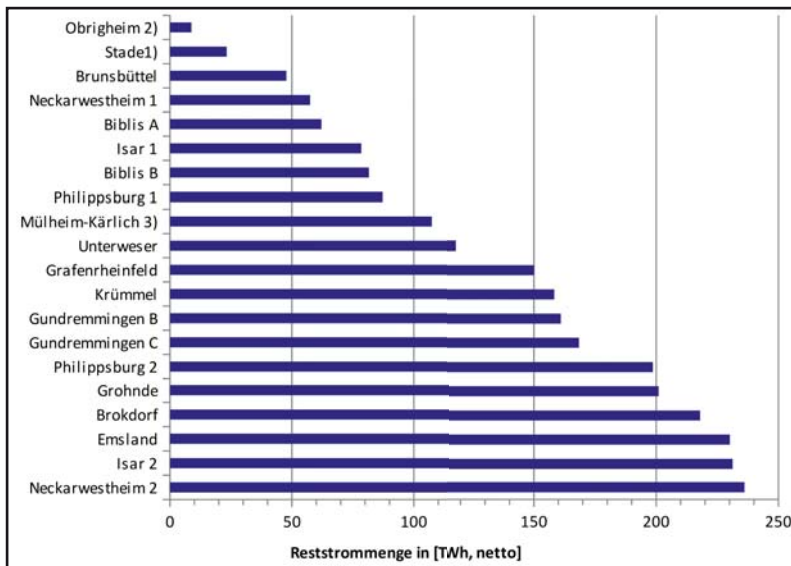


Bild 1: Reststrommengen (netto) der KKW ab 01.01.2000 [TWh netto]

(Quelle: www.bmu.de)

1) KKS stillgelegt am 14.11.2003; 2) KKO stillgelegt am 11.05.2005

3) Die Reststrommenge des vorzeitig abgeschalteten KKW Mülheim-Kärlich darf auf bestimmte in Betrieb befindliche Anlagen übertragen werden

2.1.2 Technische Alterung

Technische Alterung tritt ein, wenn für bestimmte Aufgaben heute modernere Komponenten zur Verfügung stehen, als zur Zeit der Anlagenplanung. Insbesondere im Bereich der Steuer- und Leittechnik ist dies zu beobachten. Vor allem durch moderne Digitaltechnik kann heute vieles, das früher analog ausgeführt war, vereinfacht und kompaktiert werden.

Beispiel: Im Kernkraftwerk Obrigheim wurden im Laufe des Betriebs ca. 300 Mio. Euro in Erneuerungen investiert – etwa das Doppelte der damaligen Baukosten (vgl. EnBW Imagebroschüre KWO).

2.1.3 Physikalische Alterung

Sowohl die konzeptionelle, als auch die technische Alterung lässt sich meist durch Austausch bzw. Modernisierung einzelner Komponenten und durch entsprechende Anpassungen kompensieren. Die physikalische

Alterung von Anlagen-Komponenten betrifft hingegen die Veränderung der Werkstoffeigenschaften an den eingesetzten Komponenten. Ursachen für diese Veränderungen sind:

- Thermische Beanspruchungen
- Mechanische Beanspruchungen
- Korrosion, chemische Beanspruchungen
- Bestrahlung

Die Höhe der jeweiligen Beanspruchung lässt sich während der Planungsphase durch eine gute Anlagenkonzeptionierung verringern, indem z. B. geeignete Strahlenschilder vorgesehen werden oder indem eine Überwachung der chemischen Zusammensetzung von flüssigen Medien installiert und somit eine Korrosion der Anlagenteile minimiert wird.

Da es sich bei den physikalischen Alterungsmechanismen ausschließlich um Effekte mit zeitlichem Charakter handelt, müssen die Auswirkungen auf die jeweiligen Anlagenteile

während des Betriebs kontinuierlich bzw. periodisch überwacht oder geprüft werden, sodass ein sicherer Anlagenbetrieb zu jeder Zeit gewährleistet bleibt.

Von den genannten Punkten der physikalischen Alterung sind insbesondere die Großkomponenten des Primärkreises betroffen, weil sich hier die höchsten Beanspruchungen ergeben. Zudem gestaltet sich ein Austausch dieser Komponenten als sehr aufwändig. Andere Bauteile, wie beispielsweise Pumpen oder Motoren, die ebenfalls hoch beansprucht sind und der physikalischen Alterung unterliegen, lassen sich hingegen relativ leicht erneuern, sodass diese nicht für die Lebensdauerbegrenzung der Gesamtanlage ausschlaggebend sind.

Bei besonders großen Komponenten wie dem Reaktor Druckbehälter oder dem Sicherheitsbehälter wäre der Aufwand für einen Austausch vermutlich so groß, dass man die Stilllegung der Anlage vorziehen würde. Wegen der besonders vorsichtigen Auslegung dieser Komponenten ist deren Lebensdauer jedoch sehr hoch, so dass sich diese Frage bisher noch nicht gestellt hat.

2.2 Alterungsmanagement

Allgemein werden die Bemühungen und Maßnahmen der Betreiber, die Anlage auf einem hohen (sicherheits-)technischen Niveau zu halten, unter dem Begriff des Alterungsmanagements zusammengefasst.

Ziel des Alterungsmanagements ist es, die Ausfallraten sicherheitstechnisch wichtiger Systeme über die gesamte Lebensdauer der Anlage so gering wie möglich zu halten ([2]).

LANGFASSUNG

Das Alterungsmanagement baut auf ein konsequentes Überwachen des Anlagenzustandes und auf vorbeugende Maßnahmen (Abschnitt 3). Der Schwerpunkt liegt dabei auf den sicherheitsrelevanten Systemen und Komponenten und insbesondere auch auf den Großkomponenten des Primärkreises – Reaktordruckbehälter, Druckhalter, Dampferzeuger (im Falle eines Druckwasserreaktors). Weil aber der Betreiber der Anlage aus wirtschaftlichen Gründen auch an einer zuverlässigen Funktion interessiert ist, werden in das Alterungsmanagement prinzipiell alle betrieblichen Komponenten mit einbezogen.

Ein weiterer, wichtiger Aspekt ist hier z. B. auch der Know-How-Transfer von älterem auf jüngeres Betriebspersonal. Im Laufe des Betriebs eines Kernkraftwerks wird ein Großteil der Betriebsmannschaft in den Ruhestand verabschiedet und muss entsprechend ersetzt werden. Hierbei ist eine hinreichende Dokumentation des Wissens und der Erfahrung unumgänglich.

Der nächste Abschnitt umreißt die Intensität der Überwachungen und Prüfungen.

3. Aufsicht und Prüfvorschriften

3.1 Staatliche Aufsicht

Kerntechnische Anlagen unterliegen während der gesamten Laufzeit (von Bau über den Betrieb bis zur Stilllegung) der staatlichen Aufsicht. Dies ist in §19 des Atomgesetzes (AtG) festgelegt. Die atomrechtliche Aufsicht über die kerntechnischen Anlagen wird nach §24 AtG auf Weisung des Bundes an die zuständigen Landesbehörden übertragen – i. d. R. die

Umweltministerien der Länder. Hauptaufgabe der Aufsicht ist es, die Einhaltung aller gesetzlichen Bestimmungen, sowie den technischen Stand der Anlagen zu überwachen. Die Aufsicht ist auch befugt, einer Anlage die Betriebsgenehmigung zu entziehen, sofern Mängel festzustellen sind.

Die Betreiber kerntechnischer Anlagen sind verpflichtet, die Aufsicht über Vorkommnisse bzw. Mängel zu informieren. Hierzu werden alle sicherheitstechnisch relevanten Ereignisse nach bestimmten Kriterien kategorisiert (International Nuclear Event Scale – INES; vgl. auch [1]) und an die Behörde gemeldet.

3.2. Wiederkehrende Prüfungen

Beim Betrieb kerntechnischer Anlagen gilt stets: „Sicherheit vor Verfügbarkeit“. Das oberste Schutz- bzw. Betriebskriterium ist der sichere Rückhalt der radioaktiven Stoffe. Für den sicheren Anlagenbetrieb sind in einem Kernkraftwerk viele verschiedene Systeme vorhanden, die auch Not- und Störfallsituationen beherrschbar machen (vgl. [1]). Damit bei diesen sicherheitstechnisch wichtigen Systemen die ordnungsgemäße Funktion zu jeder Zeit sichergestellt ist, werden sie regelmäßig vom Betreiber überprüft (so genannte Wiederkehrende Prüfung – WKP). Dabei festgestellte Mängel werden gemäß Dringlichkeit umgehend behoben.

Die Betreiber befinden sich national und international in einem regen Erfahrungsaustausch. Relevante Ereignisse werden bekannt gegeben, sodass auch andere Betreiber von Vorkommnissen lernen und prüfen können, ob in der eigenen Anlage ähnliche Vorfälle möglich sind.

Beispiel: Hier lässt sich die Überprüfung der Notstromversorgung in allen deutschen Kernkraftwerken anführen, die nach dem Vorfall im schwedischen Kernkraftwerk Forsmark am 25. Juli 2006 in die Wege geleitet wurde. Die Überprüfung der deutschen Kernkraftwerke ergab, dass ein derartiger Vorfall ausgeschlossen werden kann.

Des Weiteren werden an den Hauptkomponenten in regelmäßigen Abständen bzw. auch kontinuierlich zerstörungsfreie Prüfungen respektive Überwachungen durchgeführt – z. B. Druck- und Leckageprüfungen, Körperschallüberwachungen, Schwingungsverhalten, Ultraschall- oder Röntgenprüfungen oder Probeentnahmen für chemische Analysen. Durch Vergleiche der Messungen lassen sich manche Alterungserscheinungen frühzeitig erkennen und bewerten.

3.3 Periodische Sicherheitsüberprüfung

Neben den in Abschnitt 3.2 beschriebenen wiederkehrenden Prüfungen finden weitere sicherheitstechnische Überprüfungen statt. So müssen sich alle Kernkraftwerke einer periodischen Sicherheitsüberprüfung unterziehen. Diese Überprüfung findet alle 10 Jahre statt und soll sicherstellen, dass sich die Anlagen immer auf dem aktuellen Stand der (Sicherheits-)Technik befinden. Die Durchführung der periodischen Sicherheitsüberprüfung wurde 1988 von der Reaktorschutzkommission empfohlen. Mit der Novellierung des Atomgesetzes im Jahr 2002 wurde die periodische Sicherheitsüberprüfung gesetzlich festgeschrieben.

LANGFASSUNG

Für die Durchführung der periodischen Sicherheitsüberprüfung wurden vom Bundesamt für Strahlenschutz Leitfäden herausgegeben, die dazu dienen sollen, bundesweit die Vorgehensweise zu vereinheitlichen (s. a. [4]).

4. Technischer Vergleich

Zum Vergleich für das diskutierte Thema bietet sich das Kraftfahrzeug an. Hier kann die analoge Frage gestellt werden: Wie lange kann ein KFZ sicher betrieben werden?

Auch bei einem KFZ ist die Laufzeit nicht von vorn herein begrenzt. Prinzipiell kann jedes Fahrzeug bei entsprechender Pflege und Instandhaltung „beliebig“ lange betrieben werden. Allerdings kann eine lange Nutzung aufwändige Reparaturen bzw. Austausch erfordern.

Wie die Kernkraftwerke, muss sich auch jedes KFZ regelmäßig einer Überprüfung durch die „Aufsicht“ (die technischen Überwachungsvereine) unterziehen. Diese Aufsicht ist auch befugt, dem Halter die Betriebsgenehmigung zu entziehen, falls gravierende Mängel vorherrschen. Es liegt aber im Ermessen des Betreibers, ob er noch in eine Instandsetzung investieren möchte, oder ob er das Fahrzeug stilllegt.

Bei einem Kernkraftwerk erfolgen diese Überprüfungen natürlich sehr viel intensiver und sie finden kontinuierlich bzw. regelmäßig statt. Entsprechende Instandsetzungen werden im Allgemeinen vorbeugend durchgeführt, um einen Anlagenstillstand in Folge eines Komponentenausfalls zu vermeiden (vgl. Abschnitt 5).

Genauso wie beim Kernkraftwerk ändern sich auch bei der Nutzung des KFZ die zu Grunde

zu legenden Regularien und Gesetze mit der Zeit – man denke z. B. an die Einführung der Umweltplakette (Feinstaubplakette) im Jahr 2007. Auf diese neuen Gesetze müssen sich die Betreiber einstellen und sich durch Nachbesserungen dem Stand der Technik anpassen (vgl. Abschnitt 2.1.1).

5. Fazit

Die Frage nach der (sicherheits-) technisch maximalen Lebensdauer eines Kernkraftwerkes lässt sich also nicht generell beantworten. Es hängt vielmehr von den einzelnen Anlagen, deren Auslegung und Betriebsweise und insbesondere auch deren Wartung, d.h. Betriebsphilosophien, ab, wie lange die Kernkraftwerke sicher betrieben werden können – die Sicherheit steht an oberster Stelle. Die zeitabhängigen physikalischen Alterungen müssen dabei ständig überwacht werden. den erwähnten Aufsichtsorganen, trägt auch der nationale und internationale Erfahrungsaustausch zu einer Verbesserung der Betriebssicherheit bei.

Heute weis man aufgrund der gesammelten Betriebserfahrung und Forschungsergebnisse, dass wichtige Bauteile in den Kernkraftwerken durchaus über eine Laufzeit von 60 Jahren und mehr eingesetzt werden können. Dem entsprechend wird beispielsweise in den USA, wo die Laufzeit der Kernkraftwerke zu Beginn des Betriebs formal auf 40 Jahre begrenzt wurde, mittlerweile eine Laufzeitverlängerung um 20 Jahre erwirkt. Hierzu ist für jede Anlage eine Erneuerung der Lizenz mit einer einhergehenden Beurteilung des (sicherheits-) technischen Standes zu erstellen

(vgl. [3]). Bei mehr als der Hälfte der amerikanischen Anlagen ist der Prozess bereits erfolgreich abgeschlossen. Andere Länder folgen dem Beispiel.

Jahr für Jahr werden im weltweiten Vergleich die Kernkraftwerke mit der höchsten Stromproduktion ermittelt. Obwohl viele ausländische Reaktoren baugleich mit deutschen Anlagen oder zumindest von vergleichbarem Bautyp und Größe sind, fallen die Ergebnisse, wenn man die Menge der jährlichen Stromproduktion pro Anlage betrachtet, recht unterschiedlich aus. Dies erklärt sich vor allem durch die Auslastung, d. h. die zeitliche Verfügbarkeit der Anlagen und u. a. auf die beim jeweiligen Betreiber oder durch gesetzliche Regelungen zugrunde gelegte Sicherheits- und Betriebsphilosophie zurückgeführt werden. Regelmäßige, vorbeugende Wartungen und Instandsetzungen zahlen sich hinsichtlich der Verfügbarkeit aus, weil Anlagen nicht ausfallbedingt vom Netz genommen werden müssen. Deutsche Kernkraftwerke belegen in der weltweiten Rangliste regelmäßig die ersten Plätze. In den Jahren von 1980 bis 1997 war dies mit zwei Ausnahmen immer Platz 1, in rund 75 % Prozent der Fälle Platz 2, in rund 70 % der Fälle Platz 3 und 4 und in rund 50 % Platz 5.

Referenzen

- [1] M. Borlein, Kerntechnik; 2009 Vogel-Fachbuch Verlag
- [2] S. H. Reese u.a., Alterungsmanagement bei technischen Einrichtungen in Anlagen der E.ON Kernkraft GmbH, atw 54. Jhrg., Heft 11 2009
- [3] R. Wernicke, Internationale Anforderungen zur Lebensdauerverlängerung von Kernkraftwerken, atw 54. Jhrg., Heft 11 2009
- [4] www.bmu.de/pressearchiv/