

**Bewertung von Anmerkungen im Hinblick auf den geplanten  
MOX-Brennelemente-Einsatz im Folgekern 2013/2014  
des Kernkraftwerks Grohnde**

03/2013

## 1 Anlass und Ziel

Die niedersächsische Landesregierung plant, für die Kernkraftwerke Grohnde (KWG) und Emsland (KKE) umfassende Sicherheitsüberprüfungen durchzuführen.

Als erster Schritt der geplanten umfassenden Sicherheitsüberprüfung soll auftragsgemäß für den 30. Betriebszyklus des KWG 2013/2014 eine „*Kritische Überprüfung des Einsatzes von MOX-Brennelementen im Kernkraftwerk Grohnde (KÜMOX-KWG)*“ auf eventuelle Gefahren hinsichtlich der Eintrittswahrscheinlichkeit und der Auswirkungen eines Unfalls im Reaktorkern erfolgen. In diesem Bericht wird untersucht, ob ein Verzicht auf den Einsatz der im 30. Zyklus des KWG vorgesehenen 8 MOX-Brennelemente einen mehr als nur geringfügigen Beitrag zur weiteren Vorsorge erbringt. Hierbei geht es um Betrachtungen zur Erhöhung der Wahrscheinlichkeit eines Unfalls bzw. zur Erhöhung der Auswirkungen von Unfällen. In die Prüfungen sollen aktuelle kritische Anmerkungen einbezogen werden. Die gemäß dem Schreiben des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt und Klimaschutz, 44-40311/3/3/1 vom 27.03.2013 /1/ zu betrachtenden technischen Kritikpunkte sind den folgenden Quellen entnommen:

- [OB] Oda Becker „Schwachstellen des AKW Grohnde“ vom 14.01.2013,
- [GP] Greenpeace e.V., Schreiben an den Ministerpräsidenten des Landes Niedersachsen, vom 15.11.2012, betr. Stopp für die Lieferung von Plutonium-Brennstoff nach Grohnde,
- [AR] Andreas Rohrmann, Schreiben an den Deutschen Bundestag – Petitionsausschuss – vom 23.02.2013, betr. Einsatz und Transport von MOX-Brennelementen; hier Einwendungen zur Petition 2-17-18-2792-043286

Weitere in dem o. g. Schreiben /1/ aufgeführte Fragestellungen sollen im Rahmen von Expertengesprächen diskutiert und beantwortet werden.

## 2 Technische Kritikpunkte

Die im Folgenden aufgeführten Kritikpunkte sind den Aufsätzen [OB], [GP] und [AR] entnommen. Die Auswahl und Nummerierung der Kritikpunkte erfolgt gemäß dem Schreiben /1/.

Die Kritikpunkte behandeln Aspekte des Anlagenverhaltens sowie die Auswirkungen bei einem Unfall.

Nr.	Kritik
2.2a	<i>MOX-BE haben gegenüber Uran-BE eine reduzierte Wärmeleitfähigkeit und einen geringeren Schmelzpunkt. Bei Verlust der Kernkühlung während eines Unfalls kann es damit schneller zum Aufheizen des Reaktorkerns kommen. [OB]</i>
2.2b	<i>Aber nicht nur die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls steigt durch den Einsatz von MOX, auch die potentiellen Unfallfolgen im Falle eines schweren Unfalls nehmen zu. [OB]</i>
2.2c	<i>MOX-Brennstoff enthält ein Mehrfaches an langlebigen alpha-Strahlern wie beispielsweise Americium-241. [OB]</i>
2.2d	<i>Höhere Strahlenbelastung durch Inhalation aus radioaktiver Wolke oder durch kontaminierte Nahrungsmittel. [OB]</i>
2.2e	<i>Vergrößerung der Flächen, die stark kontaminiert werden und für lange Zeiträume unbewohnbar sind. [OB]</i>
3.1.1	<i>Bei einem Ausfall der Kühlung des Kerns mit MOX-BE wäre ein schwerer Unfall wegen höherer Nachwärme wahrscheinlicher als ohne MOX-BE. [GP]</i>
3.1.2	<i>Im Falle eines solchen Unfalls wären die Folgen wegen der besonders langen Halbwertszeiten und der besonders hohen Toxizität von Plutonium noch verheerender, als bei einem Unfall in einem Reaktor ohne MOX-BE. [GP]</i>
9.1	<i>Der „Innendruckaufbau“ in den MOX-Elementen ist so stark, dass unter bestimmten Bedingungen eine „Spaltgasfreisetzung“ droht – die Hüllrohre können durch den Gasdruck platzen, ihr hochradioaktiver Inhalt kann das Kühlwasser verseuchen. [AR]</i>

9.4 *Schmilzt in einem mit MOX-Brennelementen bestückten Reaktor ein Teil des atomaren Inventars, droht auch nach einer erfolgreichen Notkühlung noch der Super-GAU – ein Katastrophen-Szenario, das bei der Analyse von Kernschmelzunfällen bislang nicht untersucht wurde. [AR]*

### **3 Genehmigungstand**

Die derzeit für das Kernkraftwerk Grohnde genehmigte Brennstoffzusammensetzung ergibt sich aus der Änderungsgenehmigung vom 13.08.1986 und umfasst

- den Einsatz von Uran-Brennelementen mit einer Anreicherung von bis zu 4 Mass.-% des Uranisotops 235,
- den Einsatz von Brennelementen, die Brennstäbe mit Urandioxid und Brennstäbe mit einer Uran-Gadolinium-Mischung mit maximalem  $Gd_2O_3$ -Gehalt von 7 Mass.% und einer Anreicherung an Uran 235 von höchstens 70 % derjenigen der umgebenden Uran-Brennstäbe enthalten und
- den Einsatz von bis zu 16 Uran-Plutonium-Mischoxid (MOX)-Brennelementen pro Nachladung und von insgesamt 64 MOX-Brennelementen im Reaktor entweder mit einem maximalen Spaltstoffgehalt im Brennstab von 3,5 Mass.-% spaltbarem Plutonium und einem über ein Brennelement gemittelten Spaltstoffgehalt von maximal 3,2 Mass.-% Plutonium bei natürlichem Uran als Trägermaterial oder, bei Verwendung von mehrjährig abgelagertem Plutonium und von abgereichertem oder aus Wiederaufarbeitung stammendem Trägeruran bis zu 1,2 Mass.-% Uran 235, mit einer reaktivitätsäquivalenten mittleren Uran-Plutonium-Mischoxid-Zusammensetzung, wobei der Anteil an spaltbarem Plutonium auf 3,5 % begrenzt bleibt.

Mit dem Schreiben /8/ hat der Betreiber dargestellt, dass bis zum Ende der Betriebsphase im Kernkraftwerk Grohnde noch maximal 16 unbestrahlte MOX-Brennelemente eingesetzt werden sollen, die dem Stand der derzeitigen Genehmigung entsprechen.

Für den 30. Betriebszyklus des Kernkraftwerks Grohnde hat der Betreiber den Einsatz von insgesamt 8 frischen MOX-Brennelementen vorgesehen /2/.

### **4 Bewertung der technischen Kritikpunkte**

Im Hinblick auf die Bewertung der angeführten technischen Kritikpunkte zum Folgekern des Kernkraftwerks Grohnde, bei dem der Einsatz von insgesamt 8 MOX-

Brennelementen vorgesehen ist /2/, vergleichen wir die aktuell geplante Kernbeladung mit einer reinen Uran-Kernbeladung.

Die „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ /3/ definieren den Begriff „Unfall“ als einen Ereignisablauf mit schweren Kern- bzw. Brennelementschäden und ordnet ihn in die Sicherheitsebene 4c ein. Ein schwerer Kernschaden ist danach ein Zustand des Reaktorkerns, bei dem die Kühlbarkeit oder die dauerhafte Unterkritikalität nicht mehr gegeben sind. Ein schwerer Brennelementschaden wird dort als ein Zustand eines Brennelements definiert, bei dem dessen Kühlbarkeit nicht mehr gegeben ist. Eine unzureichende Kernkühlung ist somit eine notwendige, aber nicht hinreichende Voraussetzung für einen Unfall gemäß der Definition der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ /3/.

*Zum technischen Kritikpunkt 2.2a:*

Nach einem Verlust der Kernkühlung mit einer Aufheizung des Kerns vergehen bis zu einem eventuellen Brennstoffschmelzen je nach Unfallablauf Zeiten zwischen einer und mehr als zehn Stunden. Kurzfristige Eingriffe der Bedienungsmannschaft bei Stör- bzw. Unfallsituationen sind nicht erforderlich, sondern werden automatisiert vom Schutz- und Begrenzungssystem vorgenommen. Die Karenzzeiten für die Vorbereitung und die Einleitung von Notfallprozeduren entsprechend dem Notfallhandbuch werden für die Kerne, die der Genehmigung entsprechen, sicher eingehalten.

Wir beziehen unsere Bewertung zur Wärmeleitfähigkeit und zum Schmelzpunkt nicht auf einen Brennelementtyp, sondern auf Brennstoffzusammensetzungen. Die absolute Größe der Unterschiede in der Wärmeleitfähigkeit und dem Schmelzpunkt hängen von der konkreten Brennstoffzusammensetzung im Uran- bzw. MOX-Brennelement ab und diese verändert sich mit dem Zyklusabbrand. So sind zum Beispiel die Wärmeleitfähigkeiten bei 0 MWd/kgSM für Uran-Brennstoff 5,61 W/mK und für MOX-Brennstoff 5,44 W/mK sowie für 30 MWd/kgSM Abbrand für Uran-Brennstoff 3,52 W/mK und für MOX-Brennstoff 3,46 W/mK. Man erkennt dadurch deutlich, dass die Wärmeleitfähigkeiten viel stärker vom Abbrand abhängig sind als vom Brennstoff selbst. Die Wärmeleitfähigkeiten zwischen den im 30. Zyklus vorgesehenen MOX-Brennstoffen und Brennstoffen in reaktivitäts- und abbrandäquivalenten Uran-BE unterscheiden sich während eines Zyklusverlaufes und während der zu betrachtenden Unfallszenarien um deutlich weniger als 10 %. Auch die Unterschiede in den Schmelztemperaturen sind gering. So ergibt sich für einen Abbrand von z. B. 30 MWd/kgSM für Urandioxid eine Schmelztemperatur von ca. 2741 °C. Bei einem konservativ hohen PuO<sub>2</sub>-Gehalt von 6 Mass.-% ergibt sich für MOX-Brennstoff eine Schmelztemperatur von ca. 2711 °C.

Die Unterschiede der Schmelztemperaturen und der Wärmeleitfähigkeiten zwischen den im 30. Zyklus vorgesehenen MOX-Brennstoffen und den Brennstoffen in

reaktivitäts- und abbrandäquivalenten Uran-Brennelementen sind somit gering. Für unsere Analysen haben wir hinsichtlich der Fragestellung einer kürzeren Aufheizung abdeckende Annahmen bzgl. der Wärmeleitfähigkeit und der Schmelztemperatur getroffen.

Die Geschwindigkeit der Aufheizung des Reaktorkerns bei einem Verlust der Kernkühlung wird durch verschiedene Mechanismen bestimmt. Die wesentliche Größe dabei ist die Wärmekapazität. Die Wärmekapazitäten von MOX-Brennstoff und Uran-Brennstoff unterscheiden sich insofern, dass MOX-Brennstoff eine bis ca. 5 % höhere Wärmekapazität aufweist. Die Wärmeleitfähigkeit spielt dagegen für die Aufheizung des Reaktorkerns nur eine untergeordnete Rolle, weil die Unterschiede der Wärmeleitfähigkeiten und der Schmelztemperaturen für Uran- und MOX-Brennstoffe sind gering und im Übrigen auch nicht entscheidend, denn bevor bei Unfällen die Schmelztemperatur von Uran- oder MOX-Brennstoff erreicht wird, erhitzt sich das Hüllrohrmaterial der Brennstäbe auf Temperaturen, die zu einer exothermen Hochtemperaturoxidation führen. Da die diesbezügliche kritische Hüllrohrtemperatur zeitlich vor der Schmelztemperatur des Brennstoffs erreicht wird und dieser Vorgang bei MOX-Brennstoff wegen der geringeren Wärmeleitfähigkeit marginal langsamer als bei Uran-Brennstoff abläuft, ist das Verhalten von MOX-Brennstoff bezüglich des zeitlichen Aufheizverhaltens geringfügig günstiger als bei Uran-Brennstoff. Bei Unterstellung von Unfallabläufen ohne ausgeprägte Hüllrohroxidation, die zu einer Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Umgebung führen, gelten unsere Aussagen zum technischen Kritikpunkt 3.1.2.

*Zum technischen Kritikpunkt 2.2b:*

Zur Bewertung der Auswirkungen des geplanten MOX-Brennelementeinsatzes im Kernkraftwerk Grohnde ziehen wir die Ergebnisse der Probabilistischen Sicherheitsanalyse der Stufe 2 /4/ für Ereignisabläufe mit einem Kernschaden durch Verlust der Kernkühlung heran. Wir betrachten dementsprechend das hinsichtlich der Freisetzung radioaktiver Stoffe nach sieben Tagen abdeckende Unfallszenarium, bei dem ein heißseitiges, mittleres Leck im Primärkreislauf unterstellt wird und die primärseitige Leckageergänzung ausgefallen ist. Infolgedessen wird ein Kernschadenzustand unter Niederdruckbedingungen mit einem hohen Dampfeintrag in den Reaktorsicherheitsbehälter unterstellt. Aufgrund der Größe des Lecks werden frühzeitig und zu großen Teilen leichtflüchtige Aerosole des Kerninventars aus dem Primärkreislauf freigesetzt. Durch ein unterstelltes Versagen der Absperrklappen des Reaktorsicherheitsbehälters kommt es über die Fortluftkammer und den Kamin zu einer großen Spaltproduktfreisetzung in die Umgebung. Die Probabilistische Sicherheitsanalyse der Stufe 2 gibt für das Szenarium einer großen Freisetzung im beschriebenen Unfallablauf eine Häufigkeit von  $3,9 \times 10^{-10}/a$  an, wobei hier mit einer Wahrscheinlichkeit von 69 % ein Anteil des Cs-Kerninventars von mehr als 1 % freigesetzt wird. Insgesamt tragen Szenarien mit einer großen Freisetzung, die auch die Szenarien des

Hochdruckpfads einschließlich des „Direct Containment Heating“ enthalten, mit ca. 2 % zur Freisetzungshäufigkeit des KWG von  $3,3 \times 10^{-7}/a$  bei und liegen damit, gemessen an dem z. B. im IAEA Safety Guide SSG 4 /7/ angegebenen Richtwert für die Häufigkeit einer großen und frühen Freisetzung von  $10^{-5}/a$  für bestehende Anlagen, auf einem sehr niedrigen Niveau. Durch den geplanten Einsatz der MOX-Brennelemente ergeben sich weder Auswirkungen auf die Eintrittshäufigkeiten der störfallauslösenden Ereignisse noch auf die Zuverlässigkeit der für die Störfallbeherrschung erforderlichen Systeme, so dass für eine Variation in der Kernbeladung mit bzw. ohne 8 frische MOX-Brennelemente die Eintrittshäufigkeit schwerer Unfälle nicht erhöht ist.

Hinsichtlich der Unterschiede in den radiologischen Auswirkungen bei Unfällen verweisen wir auf unsere folgenden Bewertungen zu den Kritikpunkten 2.2d, 2.2e und 3.1.2.

*Zum technischen Kritikpunkt 2.2c:*

Das Aktivitätsinventar ist keine zeitlich konstante Größe, sondern hängt wesentlich vom betrachteten Zeitpunkt sowie von der Leistung zum Abschaltzeitpunkt ab.

Für die Bewertung dieses technischen Kritikpunktes haben wir für die Kernkonfigurationen mit MOX-BE bzw. reaktivitäts- und abbrandäquivalenten Uran-BE die Aktivitätsinventare für das Zyklusende berechnet. Zu diesem Zeitpunkt liegen die maximalen Aktivitätsinventare vor. Die durchgeführten Betrachtungen eines Urankerns im Vergleich zu der für den 30. Betriebszyklus geplanten Kernbeladung mit 8 MOX-Brennelementen im Kernverband haben ergeben, dass der Anteil an langlebigen Alphastrahlern zum Zyklusende bei der Kernkonfiguration mit 8 MOX-Brennelementen größer wäre; beispielsweise für Am-241 um ca. 70 %. Das Aktivitätsinventar an langlebigen Alphastrahlern erhöht sich insgesamt nur um ca. 1 %. Das gesamte Aktivitätsinventar (inkl. Spaltprodukte) zum Abschaltzeitpunkt am Ende eines Zyklus ist jedoch gegenüber einem reinen Urankern nur ca. 0,2 % größer.

Für die Betrachtung der Nachzerfallsleistung ist das gesamte Aktivitätsinventar bestimmend. Die berechneten Nachzerfallsleistungen beider Kernkonfigurationen am Zyklusende unterscheiden sich praktisch nicht.

Zur Bewertung der radiologischen Auswirkungen verweisen wir auf den nächsten Abschnitt.

*Zu den technischen Kritikpunkten 2.2d, 2.2e und 3.1.2:*

Für die Bewertung der radiologischen Auswirkungen der für den 30. Betriebszyklus geplanten Kernkonfiguration mit 8 frischen MOX-Brennelementen und einer Konfiguration, bei der die MOX-Brennelemente durch reaktivitäts- und abbrandäquivalente

Uran-Brennelemente ersetzt wurden, stützen wir uns auf die im Zusammenhang mit der Bewertung des technischen Kritikpunktes 2.2c erstellten Abbrandrechnungen und so ermittelten Aktivitätsinventare ab. Die unterstellten Freisetzungsraten sind der Probabilistischen Sicherheitsanalyse der Stufe 2 /4/ für das oben beschriebene Unfallszenario entnommen worden.

Bei der Bestimmung der Strahlenexposition für Einzelpersonen der Bevölkerung sind gemäß dem Leitfaden für den Fachberater Strahlenschutz /5/ die Expositionspfade „Exposition durch Aufnahme radioaktiver Stoffe mit der Atemluft (Inhalation)“, „Exposition durch Gammastrahlung aus der Abluffahne (Gammasubmersion)“ und „Exposition durch Gammastrahlung der am Boden abgelagerten radioaktiven Stoffe in 7 Tagen (Bodenstrahlung)“ betrachtet worden. Andere Expositionspfade (Beta-Submersion und Direktstrahlung) wurden entweder wegen ihrer geringeren Bedeutung vernachlässigt oder sind weniger dringlich (Ingestion), da durch die frühzeitige Warnung vor dem Verzehr frisch geernteter Lebensmittel sowie von Frischmilch aus dem betroffenen Gebiet die Ingestion unterbunden werden kann. Bei den Untersuchungen ist die Strahlenexposition für die nächste Wohnbebauung bzw. Industrieansiedlung für die Personengruppen Kleinkinder und Erwachsene ermittelt worden.

Die von uns gemäß der Unterlage /5/ berechneten maximalen effektiven Dosen der betrachteten Quellterme (Freisetzungsraten aus /4/, Aktivitätsinventare gemäß unserer Abbrandrechnungen - siehe technischer Kritikpunkt 2.2c) ergeben sich unabhängig von der Art der Kernkonfiguration für die Altersgruppe der Säuglinge (jünger als ein Jahr). Der Hauptexpositionspfad ist jeweils die Gammabodenstrahlung. Der Expositionspfad Inhalation trägt je nach Altersklasse zwischen ca. 3 % und ca. 17 % zur Strahlenexposition bei. Dabei schwankt der Anteil der durch die Aktiniden verursachten Inhalationsdosis je nach Altersgruppe zwischen ca. 32 % und ca. 59 % für den reinen Urankern und zwischen ca. 33 % und 62 % für den Mischkern. Der Beitrag der Gammasubmersion zur effektiven Dosis liegt unter 1 %. Die meteorologischen Ausbreitungsparameter sind den Störfallberechnungsgrundlagen /6/ entnommen worden. Insgesamt stellen wir fest, dass der Unterschied der maximalen effektiven Dosen über die betrachteten Kerne und die verschiedenen Wetterklassen für die am höchsten exponierte Altersgruppe der Säuglinge nur ca. 1 % beträgt.

Selbst bei einer theoretisch angenommenen vollständigen Freisetzung der Spaltprodukte und von 10 % der Aktiniden (ca. 3-faches Niveau von Tschernobyl /9/) in die Umgebung des Kernkraftwerks betragen für die beiden Kernkonfigurationen die Unterschiede in den radiologischen Auswirkungen nur ca. 1 %.

Zusammenfassend zeigen unsere Ergebnisse, dass der Einsatz von 8 MOX-BE die radiologischen Auswirkungen - hierzu gehört auch die Inhalationsdosis - und die Größe der kontaminierten Fläche nicht signifikant beeinflusst. Hierbei wurden die Expositionspfade Inhalation, Gammasubmersion und Gammabodenstrahlung mit den

Modellen aus /5/ untersucht. Die Pu-Isotope nehmen hierbei keine Sonderstellung ein.

*Zum technischen Kritikpunkt 3.1.1:*

Aufgrund der bereits in den Bewertungen zu den Kritikpunkten 2.2a und 2.2c erläuterten physikalischen Sachverhalte ist ein schwerer Unfall wegen einer „höheren Nachwärme“ nicht wahrscheinlicher, da bei einem Verlust der Kernkühlung zeitlich vor dem Eintritt einer Brennstoffschmelze zuerst die Hochtemperaturoxidation auftritt und diese wiederum bei MOX-Brennstäben zeitlich verzögert gegenüber Uran-Brennstäben beginnt.

*Zum technischen Kritikpunkt 9.1:*

Die Brennstäbe von MOX- wie auch von Uran-Brennelementen werden bei der Fertigung mit einem Füllgas versehen und mit einem inneren Überdruck beaufschlagt. Während des Reaktorbetriebes entstehen gasförmige Spaltprodukte, die zunächst vom Brennstoff zurückgehalten werden. Bei fortschreitendem Einsatz entweichen einige dieser Spaltprodukte aus dem Brennstoff und gelangen in die dafür vorgesehenen Gassammelräume an den Enden der Brennstäbe. Diese freigesetzten Gase und das Füllgas verursachen zusammen den Brennstabinnendruck. Das Rückhaltevermögen von Spaltgasen ist eine Eigenschaft des Brennstoffs und seiner strukturellen Ausbildung. Messungen an bestrahlten Brennstäben haben dies bestätigt. Es dürfen nur Brennstoffe eingesetzt werden, welche die sicherheitstechnischen Anforderungen an das Rückhaltevermögen erfüllen. Dies wird in der Auslegung der Brennstäbe berücksichtigt und geprüft. Ein „Platzen“ der Hüllrohre ist damit für den bestimmungsgemäßen Betrieb ausgeschlossen. Der Innendruckaufbau wird für jeden Brennstab des Reaktorkerns individuell bestimmt und muss unabhängig von der Brennstoffart den in der Genehmigung festgelegten Kriterien genügen.

Unter Störfallbedingungen kommt es zu einer Aufheizung der Brennstäbe, die abhängig von den jeweiligen noch vorhandenen Kühlbedingungen und der noch vorhandenen Wärmefreisetzung ist. Mit der Temperatur der Brennstäbe steigt auch ihr Innendruck an. Ist dieser erheblich größer als der Druck im Reaktor, kommt es zum Versagen der Hüllrohre durch den inneren Überdruck. Dies gilt gleichermaßen für MOX- und Uran-Brennstäbe. Die Anzahl der versagenden Brennstäbe wird für jeden Folgekern ermittelt und ist durch die Kernausslegung begrenzt.

Per Definition ist ein Unfall mit schweren Kernschäden verbunden. Dies führt zu einer Freisetzung des Aktivitätsinventars der Brennstäbe in das Kühlmittel. Der für die vorliegende Fragestellung betrachtete Innendruckaufbau hat in diesem Fall keine Bedeutung.

*Zum technischen Kritikpunkt 9.4:*

Der Unterschied zwischen den Auswirkungen einer Kernschmelze eines Kerns mit 8 MOX-Brennelementen und der eines reinen Urankerns, ist bereits in den vorangegangenen Kritikpunkten bewertet worden.

Die Eintrittswahrscheinlichkeit für ein Kernschmelzszenarium ist sehr gering und wird durch den Einsatz von 8 MOX-BE im 30. Betriebszyklus nicht beeinflusst.

## **5 Sicherheitstechnische Bewertung des geplanten MOX-Einsatzes**

Für eine sicherheitstechnische Betrachtung des geplanten Einsatzes der 8 MOX-BE im Sinne der eingangs dargestellten Beauftragung haben wir vergleichend die Auswirkungen der Unterschiede zwischen der geplanten Kernbeladung und einer reinen Uran-Kernbeladung analysiert. Bei unseren Vergleichsrechnungen haben wir neben dem geplanten Folgekern eine Kernkonfiguration angenommen, bei der diese 8 frischen MOX-Brennelemente durch reaktivitäts- und abbrandäquivalente Uran-Brennelemente ersetzt wurden.

Wir stellen zusammenfassend fest, dass die Auswirkungen der für den 30. Betriebszyklus des Kernkraftwerks Grohnde geplanten Einsatzstrategie mit insgesamt 8 frischen MOX-Brennelementen im Kern im Vergleich zu einem Uran-Kern gering sind. Unsere Prüfungen bezüglich des Einsatzes der 8 MOX-BE zeigen, dass die Anforderungen der Genehmigung eingehalten werden.

**Referenzen**

- /1/ Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz  
Schreiben an die TÜV NORD EnSys Hannover GmbH & Co. KG  
Sachverständigentätigkeit zur Unterstützung der niedersächsischen Aufsichtsbehörde zur kritischen Überprüfung des Einsatzes von MOX-Brennelementen im Kernkraftwerk Grohnde (KÜMOX-KWG)  
44-40311/3/3/1 vom 27.03. 2013
  
- /2/ E.ON  
KWG-Reaktorphysikalische Rechnungen für den 30. Zyklus;  
Umsetzplan U1112 für den 29. BE-Wechsel  
EKK-TBB/2012/059, Hannover, 11.12.2012
  
- /3/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit  
Bekanntmachung der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“  
Stand vom 22.11.2012
  
- /4/ E.ON Kernkraft, KWG  
Probabilistische Sicherheitsanalyse Stufe 2, März 2012A
  
- /5/ SSK  
Leitfaden für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen, Berichte der SSK, Heft 37, 2004
  
- /6/ SSK  
Störfallberechnungsgrundlagen zu § 49 StrlSchV  
Neufassung des Kapitels 4: Berechnung der Strahlenexposition  
Berichte der Strahlenschutzkommission, Heft 44 (2004)
  
- /7/ IAEA  
Safety Guide No. SSG-4  
Development and Application of Level 2 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants  
ISBN 978-92-0-102210-3, 2010
  
- /8/ EKK Schreiben vom 27.01.2009, Nachweisführung Leistungs- und Anreicherungserhöhung KWG
  
- /9/ Bundesamt für Strahlenschutz  
Tschernobyl – 20 Jahre danach  
2009