

Bayerisches Staatsministerium für
Landesentwicklung und Umweltfragen
z. Hd. Herrn Locke
Postfach 81 01 40

8000 München 81

Zentralbereich KK

Verteiler: BA 921, 922, 923, 941, 981, 982
10x Kop. TÜV, 2x Res

Ihre Zeichen:

Ihre Nachricht:

Unsere Zeichen: KK-G/Red/He

Telefon: 32 26

Essen, 30.12.1992

Kernkraftwerk Gundremmingen
Erörterungstermin MOX-BE

Bayer Staatsministerium für Landesentwicklung u. Umweltfragen			
000057		04 JAN 1993	
Aktenz. 9209		Anl. 26 5/1	
Abt. I	9	Ref. 921	

604.1. w. 11/5/1. 01.93

Sehr geehrter Herr Locke,

in der Anlage übersenden wir Ihnen die von uns erbetenen Stellungnahmen zu den relevanten Einwendungen im Rahmen des Erörterungstermins zum Einsatz von MOX-BE im KKW Gundremmingen.

Weiterhin erhalten Sie eine Auflistung der von Antragstellerseite teilnehmenden Personen am Termin.

Mit freundlichen Grüßen

RWE Energie
Aktiengesellschaft

per Post an i.V. Babelare

Anlagen

D/ BAG
KGB

**Voraussichtliche Teilnehmer seitens der Antragsteller an dem am 14.01.1993
beginnenden Erörterungstermin zum Einsatz von MOX-Brennelementen im
Kernkraftwerk KRB II**

Delegationsleiter: Herr Dr. Petersen, RWE Energie AG
Vertreter: Herr Dr. Eickelpasch, KGB

Sachthemenvertreter:

- 0. Verfahrensrecht/Energiewirtschaft:**
Herr Böwing, RWE Energie; Herr Dr. Breuer, RWE Energie
- 1. Reaktorphysik/Reaktorregelung:**
Herr Dr. Schrader, RWE Energie; Herr Seepolt, KGB; Herr Waas,
Siemens KWU
- 2. Anlagentechnik/Werkstoffe:**
Herr Flache, Herr Stephan, KGB; Herr Waas, Siemens KWU
- 3. Brennelementhandhabung/-Lagerung:**
Herr Seepolt, KGB; Herr Waas, Siemens KWU
- 4. Radioaktive Stoffe/Strahlenschutz:**
Herr Brauns; Siemens KWU; Herr Seepolt, KGB;
Herr Richon, Colenco
- 5. Zuverlässigkeit der Betreiber**
Herr Dr. Brosche, BAG; Herr Dr. Eickelpasch, KGB
- 6. Entsorgung der MOX-BE:**
Herr Schober, BAG; Herr Hottenrott, Herr Passig, RWE Energie

Presse:

Frau Waltemath, RWE Energie

Koordination:

Herr Reddehase, Herr Dr. Riethmüller, RWE Energie,

Organisation:

Herr Wilstermann, KGB

Sekretariat:

Frau Schäfer, RWE Energie

NN, RWE Energie

Fahrer:

3 NN

1. Reaktorphysik/Reaktorregelung

1.1

Der Anteil der verzögerten Spaltneutronen wird geringer.

Die Regelbarkeit und die Abschaltbarkeit sowie das dynamische Verhalten des Reaktors kann dadurch nachteilig beeinflusst werden.

Stellungnahme:

Es trifft zu, daß das transiente Verhalten des Reaktors durch den Anteil der verzögerten Neutronen beeinflusst wird. Im wesentlichen führt ein kleinerer Anteil verzögerter Neutronen dazu, daß nach einer Reaktivitätszunahme die Spaltrate zwar schneller ansteigt, aber aufgrund der inhärenten Reaktivitätsabnahme (Auslegung mit negativem Leistungskoeffizienten) auch schneller wieder abfällt, so daß die insgesamt erzeugte Wärmemenge sich nicht wesentlich ändert.

Durch den Einsatz von MOX-BE ist der Anteil der verzögerten Neutronen bei BOC kleiner als bei U-BE, während sich im Laufe des Abbrands die Anteile annähern. Das transiente Reaktorverhalten wird insgesamt nur unwesentlich beeinflusst.

1.2

Die Wirksamkeit der thermischen Neutronenabsorber (Bor, Hafnium) in den Steuerstäben sowie die Reaktivitätsbindung durch Gadolinium nimmt ab. Die Regelbarkeit und die Abschaltbarkeit des Reaktors kann dadurch nachteilig beeinflusst werden.

1.3

Die Wirksamkeit des thermischen Neutronenabsorbers (Bor) im 2. Abschaltssystem (Vergiftungssystem) nimmt ab. Die Abschaltbarkeit des Reaktors bei einem unterstellten Ausfall der Reaktorschnellabschaltung mit den Steuerstäben kann dadurch nachteilig beeinflusst werden.

Stellungnahme:

Es trifft zu, daß die SE- bzw. Borwirksamkeit durch den Einsatz von MOX-BE tendenziell verringert wird. Es wurde jedoch anhand einer typischen Kernbeladung mit ca. 38 % MOX-BE-Anteil nachgewiesen, daß die erforderliche Abschaltreaktivität auch bei unterstelltem Ausfall des wirksamsten Steuerstabes vorhanden ist. Dabei wurde der im Verlauf des Zyklus zu erwartende Steuerstababbau berücksichtigt.

Weiterhin wurde nachgewiesen, daß die Abschaltsicherheit durch das Vergiftungssystem auch unter Berücksichtigung der leicht verringerten Borwirksamkeit gegeben ist.

Die diversitäre Abschaltung des Reaktors ist auch bei Einsatz der MOX-BE sichergestellt. Die Abschalteinrichtungen erfüllen die Anforderungen der KTA-Regel 3103.

Die gewünschte Reaktivitätsbindung durch Gd kann durch Änderung der Gd-Konzentration und der Anzahl der BS mit Gd eingestellt werden.

1.4

Verbiegungen der Brennelementkästen infolge einseitiger Neutronenbestrahlung verstärken sich. Die Reaktorschnellabschaltung mit den Steuerstäben kann dadurch behindert werden.

Stellungnahme:

Es ist zwar richtig, daß der Anteil von Neutronen mit einer Energie > 1 MeV bei Spaltung von Plutonium etwas höher ist als bei Uran, so daß - bei gleicher Leistung - im typischen MOX-BE ca. 8 % mehr Neutronen mit mehr als 1 MeV auftreten als im abbrandäquivalenten Uran-BE. Da frische MOX-BE jedoch in der Leistung ca. 20 % ^{et 1,7} niedriger liegen, ist für einen Teil der Einsatzzeit der Neutronenfluß > 1 MeV im MOX-BE sogar niedriger.

Im übrigen sind die in KRB II eingesetzten Brennelementkasten-Typen so ausgelegt, daß die im normalen Reaktorbetrieb auftretenden Geometrieänderungen (Längenwachstum, Aufwindung, Verbiegungen) so berücksichtigt sind, daß ein Einsatz über mehrere "BE-Leben" möglich ist. Durch Drehen der BE-Kästen bei Nachladungen ist es darüber hinaus möglich, den Einfluß von Variationen des Neutronenflusses zu kompensieren, so daß die Lebensdauer dieser Langzeit-BE-Kästen durch den MOX-BE-Einsatz praktisch nicht beeinflusst wird.

Die SE-Gängigkeit wird durch die möglichen BE-Kastenverbiegungen nicht beeinträchtigt. Die Stellkraftreserven beim Einfahren der SE sind ausreichend, um ohne nennenswerte Verlängerung der eingestellten Schnellabschaltzeit die BE-Kastenwände um mehrere Millimeter zur Seite zu drücken. Im Rahmen der Auslegung wurde gezeigt, daß selbst bei aneinanderliegenden BE-Kästen das betroffene SE in der Lage wäre, innerhalb der erforderlichen Schnellabschaltzeit einzufahren.

1.5

Der Moderatortemperaturkoeffizient wird bei kaltem Reaktor positiv. Die inhärente Sicherheit und die Regelbarkeit des Reaktors kann dadurch beeinträchtigt werden.

Stellungnahme:

Es trifft nicht zu, daß jeder Reaktivitätskoeffizient für sich und in allen Betriebszuständen negativ sein muß. Gem. RSK-Leitlinien für Siedewasserreaktoren (Entwurf 9/80) müssen der Brennstofftemperaturkoeffizient sowie der Dampfblasenkoeffizient stets negativ sein, der Moderatortemperaturkoeffizient jedoch erst vor Erreichen der Nennlastbetriebstemperatur.

Diese Bedingungen werden auch beim Einsatz von MOX-BE eingehalten.

Die Einflüsse des Einsatzes von MOX-BE auf die Reaktivitätskoeffizienten sind im SB Kap. 2.2.1 dargestellt. Die Veränderung des Moderatortemperaturkoeffizienten über den Zyklus ist dargelegt und bewertet.

1.6

Der Brennstofftemperatur- und der Dampfblasenkoeffizient werden stärker negativ. Die Regelbarkeit sowie das dynamische Verhalten des Reaktors kann dadurch beeinträchtigt werden.

Stellungnahme:

Die stärker negativen Werte des Brennstofftemperatur- und des Dampfblasenkoeffizienten der Reaktivität bedeuten primär, daß die durch eine Störung ausgelöste Zustandsänderung kleiner ausfällt, d.h. in gewisser Weise verhält sich die Anlage stabiler:

- Abnahmen von Brennstofftemperatur- oder Dampfblasenanteil führen zu einem Reaktivitätsgewinn und damit zu einem Leistungsanstieg, der einer Abnahme der Temperatur und/oder des Dampfgehalts entgegenwirkt.

Dies bedeutet, daß z.B. beim Abfahren der Anlage ein größeres Reaktivitätsäquivalent zu kompensieren ist.

- Zunahme von Brennstofftemperatur- oder Dampfblasenanteil führen zu einem Reaktivitätsverlust, der insbesondere einem störungsbedingten Leistungsanstieg entgegenwirkt und ihn abfängt. Das dynamische Verhalten wird hier somit günstig beeinflusst.

(Zur thermohydraulischen Stabilität s. 1.7)

1.7

Die thermohydraulische Stabilität des Reaktorkerns bei hoher Leistung und gleichzeitig niedriger Kerndurchströmung kann beeinträchtigt werden. Auch die Reaktorsicherheitskommission hat in dieser Hinsicht Bedenken gegen einen Anteil von mehr als 25 % MOX-Brennelementen im Reaktorkern.

Stellungnahmen:

Es trifft zu, daß infolge der unterschiedlich schnellen Rückwirkungen von Änderungen der Brennstofftemperatur und des Dampfblasengehalts im Kühlmittel bei Siedewasserreaktoren Schwingungen in der Neutronenflußdichte dann möglich sind, wenn der Kühlmitteldurchsatz im Reaktorkern niedrig und gleichzeitig die Reaktorleistung relativ hoch ist.

In KRB wurde bereits für bisherige Kernbeladungen durch Rechnungen und Messungen gezeigt, daß die Neutronenflußschwingungen stark gedämpft sind. Entsprechende Untersuchungen zum Uran/MOX-Mischkern haben ergeben, daß auch hier eine ausreichende Dämpfung gegeben ist.

Die Reaktor-Sicherheitskommission hat in ihren Beratungen festgestellt, daß derzeit aus sicherheitstechnischer Sicht kein Hinderungsgrund erkennbar sei, der gegen einen Einsatz der beantragten MOX-BE-Anteile spricht. Allerdings sollte nach Auffassung der RSK beim Einsatz der MOX-BE nach einem Stufenplan vorgegangen werden, so daß vor einem Einsatz von mehr als 25 % MOX-BE geprüft wird, ob die geänderten Reaktorkerne gegenüber Leistungsschwankungen weiterhin hinreichend stabil sind, d.h. ob durch die Betriebserfahrungen die Voraussagen aufgrund von Analysen bestätigt werden.

1.7

Diese Vorgehensweise mit sogenannten eingebauten Haltepunkten ist in ähnlicher Weise auch bei Druckwasserreaktoren praktiziert worden und z.B. auch beim erstmaligen Anfahren von Reaktorkern auf 100 % Leistung üblich.

Bedenken der RSK, größere MOX-Anteile als 25 % seien grundsätzlich sicherheitstechnisch problematisch, können daraus offensichtlich nicht abgeleitet werden.

Literatur

Schreiben BMU an BStMLU vom 01.10.90, RS 15-14311/5 mit Anlagen

- RSK-Information 255/7 vom 17.07.90
- Schreiben GRS an BMU vom 30.07.90

1.8

Verbiegungen der Brennelementkästen infolge einseitiger Neutronenbestrahlung verstärken sich. Lokale Leistungsüberhöhungen mit Brennstabüberbeanspruchungen können dadurch auftreten.

Stellungnahme:

Es ist zwar richtig, daß der Anteil von Neutronen mit einer Energie > 1 MeV bei Spaltung von Plutonium etwas höher ist als bei Uran, so daß - bei gleicher Leistung - im typischen MOX-BE ca. 10 % mehr Neutronen mit mehr als 1 MeV auftreten als im abbrandäquivalenten Uran-BE. Da frische MOX-BE jedoch in der Leistung ca. 10% ^{et, 14} niedriger liegen, ist für diese der Neutronenfluß > 1 MeV im MOX-BE nicht erhöht.

Im übrigen sind die in KRB II eingesetzten Brennelementkasten-Typen so ausgelegt, daß die im normalen Reaktorbetrieb auftretenden Geometrieänderungen (Längenwachstum, Aufweitungen, Verbiegungen) so berücksichtigt sind, daß ein Einsatz über mehrere "BE-Leben" möglich ist. Durch Drehen der BE-Kästen bei Nachladungen ist es darüber hinaus möglich, den Einfluß von Variationen des Neutronenflusses zu kompensieren, so daß die Lebensdauer dieser Langzeit-BE-Kästen durch den MOX-BE-Einsatz praktisch nicht beeinflusst wird.

Im einzelnen ist folgendes festzustellen:

Der Einfluß von BE-Kastenverbiegungen auf die lokale BS-Leistungen wird im Rahmen der jährlichen Einsatzplanung von BE und BE-Kästen rechnerisch genau erfaßt. Durch eine geeignete Kombination von BE-Kästen und BE sowie ihre Einsatzorte im Kern werden die zu erwartenden maximalen lokalen BS-Leistungen und die minimalen Abstände zu den Siedeübergangsleistungen mit Blick auf die Einhaltung deutlicher Sicherheitsabstände zu den Auslegungswerten optimiert. Im Betrieb findet darüber hinaus ständig eine Überwachung dieser Grenzwerte mittels der Kerninstrumentierung des ^VLU-Systems statt. Ein Überschreiten von Auslegungsgrenzwerten ist daher ausgeschlossen.

1.8

Im übrigen ergeben sich durch den MOX-BE-Einsatz im Vergleich zu Uran-BE keine qualitativ andere Prüfungen für die Einsatzplanung.

1.9

Die Anordnung von MOX-BE in der Nachbarschaft von Uran-BE kann zu lokalen Leistungsüberhöhungen mit Brennstabüberbeanspruchungen bei den MOX-BE führen.

1.10

Montage- bzw. Positionierfehler können bei der stark unterschiedlichen Spaltstoffanreicherung der MOX-Brennstäbe im Brennelement zu lokalen Leistungsüberhöhungen mit Brennstabüberbeanspruchungen führen. Auch das dynamische Verhalten des Reaktors kann dadurch nachteilig beeinflusst werden.

Stellungnahme:

Eine lokale Leistungsüberhöhung in den MOX-BE wird durch die Staffelung der Spaltstoffanreicherung im Rahmen der BE-Einsatzplanung verhindert.

Fehler in der Spaltstoffverteilung im BE würden in der Praxis nicht ungünstigere Transienten verursachen, sondern allenfalls eine ungünstige Leistungsdichteverteilung in einer Gruppe von Brennstäben im Brennelement, die zu Brennstabschäden führen könnte.

Dies wird bei der Herstellung der Brennelemente dadurch verhindert, daß an mehreren Stellen in der Brennstabfertigung systematische Prüfungen auf Verwendung des richtigen Spaltstoffgehalts stattfinden, die eine Tablettenverwechslung bzw. -vertauschung ausschließen. Dies betrifft sowohl den Brennstoff vor dem Füllen in die Hüllrohre als auch die fertigen Brennstäbe. Weitere systematische Kontrollen werden auch nach der Neubeladung des Reaktorkerns durchgeführt.

1.9; 1.10

Die Staffelung der Spaltstoffkonzentration in verschiedenen Brennstäben der einzelnen Brennelemente ist ein generelles Merkmal von SWR-BE und auch in DWR-MOX-BE üblich. Auch in dieser Hinsicht ergeben sich bei den MOX-BE für KRB somit keine neuen Aspekte.

1.11

Die Wärmeleitfähigkeit des Brennstoffs wird geringer, der Wärmeübergang von Brennstoff zum Hüllrohr wird schlechter. Lokale Überhitzungen und Brennstabüberbeanspruchungen können dadurch auftreten.

Stellungnahme:

Die Wärmeleitfähigkeit von MOX-Brennstoff unterscheidet sich praktisch nicht von Uran-Brennstoff. (Dies ist schon deshalb plausibel, weil die MOX-BS zu über 93 % aus UO₂ bestehen).

Der eigentliche Unterschied besteht darin, daß der Spaltgasaustritt während der Einsatzzeit bei MOX-Brennstoff im Vergleich zu U-Brennstoff leicht erhöht ist, so daß die Wärmeleitung im Spalt zwischen Brennstoff und Hüllrohr verringert wird.

Außerdem liegt die Schmelzpunkttemperatur des Brennstoffs bei den vorgesehenen Pu-Konzentrationen c. 20-30 K niedriger als im UO₂. Beide Effekte sind in der Brennstabauslegung berücksichtigt. Es wurde für die höchstbelasteten BS der beantragten MOX-BE nachgewiesen, daß die Auslegungskriterien eingehalten werden. Somit wird auch bei MOX-BE das Auftreten systematischer BS-Schäden verhindert.

1.12

MOX-Brennstoff begünstigt möglicherweise mechanisch-chemische Wechselwirkungen (sog. PCI) zwischen Brennstoff und Hüllrohr. Die Häufigkeit von Hüllrohrschäden kann dadurch zunehmen.

Stellungnahme:

Die mechanisch-chemische Wechselwirkung hängt insbesondere von folgenden Aspekten ab:

- Aufliegen des Brennstab-Hüllrohrs auf dem Brennstoff ("Aufkriechen" des Hüllrohrs infolge des Kühlmitteldrucks, Volumenzunahme des Brennstoffs, Festsetzen von kleinsten Brennstoff-Bruchstückchen im Spalt zwischen Hüllrohr und Brennstoff)
- Sprunghafte größere Leistungszunahmen, bei denen die Brennstoff-Tablettensäule sich thermisch ausdehnt und dadurch das aufliegende Hüllrohr dehnt (Leistungssprünge werden jedoch durch die Leistungsdichteüberwachung auf zulässige Werte begrenzt.)
- Freisetzung aus dem Brennstoff von chemisch aktiven Spaltprodukten, z. B. Jod, die in den durch die Dehnung beanspruchten Hüllrohrbereichen zu Spannungsrißkorrosionen führen können.

Insgesamt ergeben sich für die mechanisch-chemischen Wechselwirkungen für MOX-BE keine ungünstigeren Verhältnisse als für Uran-BE. Die bisherige Betriebserfahrung mit MOX-Brennstäben hat noch keinen Hinweis auf PCI-Schäden an MOX-Brennstäben ergeben. Auch in speziellen Versuchen (sogenannte Rampenexperimente) in Forschungsreaktoren haben sich die MOX-Brennstäbe günstiger verhalten als die Uran-Brennstäbe.

1.13

Im Zusammenhang mit dem Einsatz von MOX-BE sind möglicherweise Erhöhungen der Brennelement-Entladeabbrände geplant. Die Häufigkeit von Hüllrohrschäden kann dadurch zunehmen.

Stellungnahme:

Für MOX-BE ist kein höherer, sondern ein vergleichbarer Entladeabbrand vorgesehen wie für Uran-BE (s. Sicherheitsbericht, S. 1-2).

Der maximal mögliche lokale Abbrand von 63,5 MWd/kgSM liegt auch bei MOX-BE nicht "weit über dem mittleren Abbrandgrenzwert", sondern nur gut 10 % über dem mittleren Brennstab-Abbrandgrenzwert von ca. 56 MWd/kgSM (s. Sicherheitsbericht 2.1-4).

Für diese Abbrandwerte wurde die sichere Einhaltung der Auslegungskriterien nachgewiesen (s. Sicherheitsbericht S. 2.2-9). (Die zum Nachweis durchgeführten Rechnungen ergaben im übrigen trotz sehr konservativer Annahmen deutliche Abstände zu den Auslegungsgrenzen.)

Im übrigen ist bisher im Rahmen der zugelassenen Abbrände keine Korrelation zwischen Abbrand und Häufigkeit von BS-Schäden festgestellt worden.

Wo relevant, sind im Sicherheitsbericht Angaben zum maximalen Abbrand gemacht worden, wobei zu berücksichtigen ist, daß weitgehend nicht der Abbrand, sondern andere Einflüsse und Auswirkungen sicherheitstechnisch zu bewerten sind, die nur zum Teil vom Abbrand abhängen. Angaben zum Abbrand sind gemacht bei:

- Brennelement-/Brennstabintegrität (Seite 2.1-4, 2.2-8F9)
- Aktivitätsinventar (Seite 2.2-20 und in Tabellen)
- Nachzerfallsleistung (Seite 2.2-23)
- Radiologie (Tabellen)

1.14

Rechnerische Vorausanalysen können die Sicherheit neuer Reaktorkerne mit MOX-BE nicht mehr ausreichend beweisen. Die Sicherheitsreserven der Reaktorkernauslegung werden möglicherweise bei MOX-Einsatz geringer.

Stellungnahme:

Die Einwendung geht fehl. Die - sehr umfangreichen - theoretischen Überlegungen und Einzeluntersuchungen wurden mit Verfahren durchgeführt, die für denselben Anwendungszweck in anderen Reaktoren durch Vergleich mit Messungen und Erfahrungen verifiziert sind (siehe auch Stellungnahme zu Einwendung 2.4).

Im übrigen werden - wie auch bei Kernen mit Uran-BE - bei dem Anfahren nach einem BE-Wechsel routinemäßig Verifikationsmessungen durchgeführt, so daß wesentliche Abweichungen von den Berechnungen erkannt würden. Da der Anteil der MOX-BE im Kern nur schrittweise gesteigert wird, ergeben sich jeweils auch nur graduelle und überschaubare Änderungen gegenüber dem abgesicherten Ausgangszustand.

Wie im Sicherheitsbericht dargestellt, ist bis zum BE-Einsatz nicht nur die Berechnung einer Kernbeladung allein vorgesehen:

- Für das Genehmigungsverfahren sind überwiegend Rechnungen durchgeführt worden für den sogenannten Gleichgewichtskern mit dem maximal beantragten MOX-Anteil, da diese Betrachtungen abdeckend für Bewertungen des Einflusses der MOX-BE sind, soweit es um integrale Sicherheitsparameter geht (siehe Sicherheitsbericht Seite 1-3).

Diese Rechnungen ergaben ausreichende zusätzliche Abstände zu den Auslegungswerten der Anlage bzw. zu gem. Regelwerk einzuhaltenden Werten, so daß die sicherheitstechnische Realisierbarkeit auch bei gewissen Abweichungen von dem Referenzkern gewährleistet ist. Soweit es um Nachweise geht, bei denen auch die Leistungsdichteverteilung eine wichtige Rolle spielt (z. B. der minimal zulässige Wert des Abstands zur Siedeübergangsleistung) wurden auch sogenannte Übergangskerne untersucht, bei denen ein zunehmender MOX-Anteil berücksichtigt ist.

1.14

- Darüber hinaus wird bei jedem BE-Wechsel noch einmal für die konkrete Kernbeladung nachgewiesen, daß die Kriterien für einen sicheren Betrieb eingehalten sind (Sicherheitsbericht Seite 2.1-1 sicherheitstechnische Nachweisführung).

Auf der Grundlage von Erfahrungen mit rund 200 BE-Wechseln in der Bundesrepublik und einigen 1000 LWR-BE-Wechseln weltweit und mit den dabei verifizierten Berechnungsverfahren ist gesichert, daß im Rahmen der zulässigen Werte der sicherheitstechnischen Nachweisführung geeignete Nachladungen zusammengestellt werden können.

1.15

Die Neutronenökonomie und die reaktorphysikalischen Eigenschaften des Reaktors können sich durch einen erhöhten Anteil von Aktiniden im MOX-Brennstoff verschlechtern.

Stellungnahme:

Die genannten Aktiniden verändern die neutronenphysikalischen Eigenschaften des Kerns nicht wesentlich.

In erster Linie werden die neutronenphysikalischen Eigenschaften von der Menge und Verteilung der sogenannten Spaltstoffe bestimmt, durch die überhaupt erst eine Kettenreaktion möglich ist. Zu diesen Spaltstoffen zählen die genannten Nuklide nicht.

In Hinsicht auf die Möglichkeit einer Kettenreaktion, d. h. auf den Betrieb des Reaktorkerns, haben die genannten Nuklide nur insoweit eine Bedeutung, als sie merklich Neutronen absorbieren ohne selbst gespalten zu werden. Sie haben damit einen nicht verstärkenden, sondern "bremsenden" Einfluß auf die Kettenreaktion, der bei der Auslegung des Reaktorkerns als Zusatz zu dem dominierenden Neutronenabsorber Uran 238 im Brennstoff zu berücksichtigen ist.

Der in der Einwendung gegebene Hinweis auf "starken Neutronenquellen" geht fehl. Die Existenz von Neutronenquellen ändert an den neutronenphysikalischen Eigenschaften eines Kerns nichts. Außerdem ist der von den genannten Nukliden verursachte sogenannte Neutronenfluß völlig vernachlässigbar zu dem im Reaktorkern bei Leistungsbetrieb aufgrund der Kettenreaktion vorhandenen Neutronenfluß.

Eine sicherheitstechnische Bedeutung für den Reaktorbetrieb haben Neutronenquellen nur insoweit, wie sie benötigt werden, um ein ausreichend kennbares Signal für die Funktion der Überwachungsmeßeinrichtungen bei abgeschaltetem Reaktor zu liefern, d. h. die genannten Nuklide verbessern das Signal/Rauschen-Verhältnis.

1.16

Der Moderator kann durch härtere bzw. stärkere Neutronenstrahlung höher belastet werden.

Stellungnahme:

Der Moderator - gereinigtes Wasser - wird durch die Neutronenstrahlung in Hinsicht auf seine reaktorphysikalischen Eigenschaften nicht verändert.

1.17

Bei Kernschmelzunfällen kann es prompt zu kritischen Leistungsexkursionen in der Kernschmelze kommen (sog. Bethe-Tait-Unfall).

Stellungnahme:

Physikalisch unmöglich ist in einem Leichtwasserreaktor ein sogenannter Bethe-Tait-Unfall, bei dem ein explosionsartiger Leistungsanstieg in einem nach Kühlmittelverlust geschmolzenen Reaktorkern unterstellt wird. Die Spaltstoffkonzentration in einem Leichtwasserreaktor ist nämlich so niedrig, daß ohne das neutronen moderierende Kühlmittelwasser keine Kettenreaktion mehr möglich ist.

2. Anlagentechnik/Werkstoffe

2.1

Ein Ausfall der Hauptwärmesenke oder der Kühlmittelumwälzpumpen führt möglicherweise zu einer prompten Leistungsexkursion (der Reaktor kann "durchgehen").

Stellungnahme:

Ein Ausfall der Kühlmittelumwälzpumpen führt unmittelbar, ein Ausfall der Hauptwärmesenke nach einem Druckanstieg mit Öffnen der Sicherheits- und Entlastungsventile zu einem Anstieg des Dampfblasenvolumens im Reaktor.

Selbst wenn man ein (bisher noch nicht aufgetretenes) Versagen der Reaktorschnellabschaltung unterstellen wollte, würde die Zunahme des Dampfblasenvolumens zu einer Stabilisierung der Reaktorleistung führen, da der Reaktorkern so ausgelegt ist, daß der Dampfblasenkoeffizient der Reaktivität negativ ist.

Weil durch den MOX-Einsatz der Dampfblasenkoeffizient stärker negativ wird, werden somit gerade solche Störungsabläufe stärker gebremst, die eine höhere Dampfblasenbildung hervorrufen.

Genau aus diesem Grund ist für Gundremmingen ein Unfall wie in Tschernobyl physikalisch ausgeschlossen; der unkontrollierte und weitgehend unbegrenzte Leistungsanstieg in Tschernobyl wurde dadurch möglich, daß der dortige Reaktor in einem Zustand betrieben werden konnte, bei dem der Dampfblasenkoeffizient stark positiv war und damit die Störung sich selbst verstärkte, anstatt sich abzuschwächen.

2.2

Die Anlage ist möglicherweise von der Auslegung her nicht für MOX-Einsatz geeignet.

2.3

Die Sicherheitsreserven der Anlagenauslegung werden möglicherweise bei MOX-Einsatz geringer.

Stellungnahme:

Der Einsatz von MOX-BE ist nicht mit einem höheren Risiko verbunden. Ein großer Teil der das Verhalten der Anlage bei Betrieb, Störungen und Störfällen bestimmenden Kerngrößen wird durch den Einsatz von MOX-BE nicht geändert. Für die durch den Einsatz von MOX-BE verursachten geringfügigen Änderungen der neutronenphysikalischen Daten wurde im SB gezeigt, daß die Abschaltsicherheit des Reaktors, die inhärent sicherheitsgerichteten Eigenschaften des Reaktorkerns, die Einhaltung zulässiger Werte bei Transienten und Störfällen, die Sprödbuchtsicherheit des Reaktordruckbehälters sowie die Kritikalitätssicherheit im Brennelement-Lagerbecken und im Trockenlager für neue Brennelemente und die Wärmeabfuhr im Lagerbecken gewährleistet bleiben.

Weiterhin wurde im SB gezeigt, daß

- die Einhaltung der genehmigten betrieblichen Abgabewerte und damit die Einhaltung der Grenzwerte der Strahlenschutzverordnung für den bestimmungsgemäßen Betrieb und
- die Einhaltung der Grenzwerte der Strahlenschutzverordnung für die Strahlenexposition in der Kraftwerksumgebung bei Störfällen

sichergestellt ist.

An den vorgegebenen Sicherheitszuschlägen (Sicherheitsreserven) wurden somit keine Abstriche gemacht.

Im übrigen ist aufgrund der inzwischen vorliegenden Betriebserfahrungen und der weiteren, betriebsbegleitend durchgeführten Untersuchungen (z. B. für Risiko-Analysen) das Verständnis des Anlagenverhaltens heute mit Sicherheit

2.2; 2.3

noch besser als während des ursprünglichen Genehmigungsverfahrens. Die Sicherheit der Anlage ist deshalb heute noch höher einzuschätzen,

- da störungsauslösende Punkte beseitigt wurden und
- da die Änderungen auf einer durch Betriebserfahrungen zusätzlich abgesicherten Basis erfolgen können.

2.4

Die Erfahrungen über MOX-Einsatz in Siedewasserreaktoren sind möglicherweise zu gering. Ohne Risikostudie für Siedewasserreaktoren kann das Gefährdungspotential nicht ausreichend beurteilt werden.

Stellungnahme:

Die in kleineren Siedewasserreaktoren mit MOX-BE gewonnenen Erfahrungen sind natürlich auf größere Siedewasserreaktoren übertragbar. Dies gilt insbesondere für die wesentlichen Auslegungsprinzipien für SWR-BE (BE mit kleinerer Kantenlänge, größere Wasserspalte zwischen BE, gestaffelte Spaltkonzentration im BE, Voll-MOX-BE).

Sicher ist richtig, daß der deutlich überwiegende Teil der Erfahrungen an MOX-BE in Druckwasserreaktoren gewonnen worden ist. Diese Erfahrungen sind jedoch im wesentlichen aus folgenden Gründen auch auf Siedewasserreaktoren übertragbar:

- Die maximalen Belastungen und Abbrände, denen MOX-BE in DWR ausgesetzt worden sind, decken die Belastungen und Abbrände in SWR mit ab.
- Die an Erfahrungsdaten geeichten Rechenverfahren zur Beschreibung des Abbrandverhaltens von MOX- und Uran-Brennstoffen werden sowohl für DWR- als auch für SWR-BE verwendet. Dadurch ist sichergestellt, daß das Verhalten von MOX-BE in SWR mit vergleichbarer Genauigkeit vorausberechnet werden kann wie bei Druckwasserreaktoren.

Beginnend in den 60er Jahren wurden die ersten Erfahrungen mit dem Einsatz von MOX-Brennstoff in kleineren Reaktoren und mit kleineren Mengen gesammelt, und zwar parallel in mehreren Ländern (USA, Belgien/Frankreich, Deutschland, Italien).

Auf der Basis der gesammelten Erfahrungen und weiterentwickelter Rechenverfahren wurden in den 70er und 80er Jahren beim Einsatz von MOX-BE sukzessive gesteigert:

- die Anzahl der KKW mit MOX-BE im Reaktorkern (weltweit bisher ca. 30 Anlagen)

- die Leistungsgröße der Kraftwerke mit MOX-BE im Reaktorkern (jetzt vorzugsweise in den großen Leistungsreaktoren, vielfach auch mit Lastwechselbetrieb)
- der Abbrand im MOX-BE (bis 24 MWd/kgSM bei SWR und bis 60 MWd/kgSM bei DWR)
- der Anteil der MOX-BE in Nachladungen und im Reaktorkern (inzwischen bis ca. 1/3).

Insgesamt ist somit in engem Zusammenhang zwischen theoretischen Untersuchungen und praktischen Erfahrungen schrittweise eine Entwicklung durchgeführt worden, wie sie bei Aufgaben vergleichbarer Komplexität auch sonst in der Technik üblich ist.

Die bei dieser Entwicklung bis Ende 1992 an ca. 1100 MOX-BE mit rund 140 000 Brennstäben gesammelten Erfahrungen einschließlich detaillierter (zerstörender) Untersuchungen an repräsentativen Brennstäben zeigen:

- MOX-BE haben eine gleichhohe Betriebszulässigkeit wie Uran-BE
- Es wurden keine MOX-spezifischen Probleme oder Schadensursachen beobachtet.

2.4

Eine Risikostudie ist zur Beurteilung der Sicherheit nicht notwendig.

Die rechtliche Grundlage für die Genehmigung von Errichtung und Betrieb von Kernkraftwerken ist durch § 7 AtG gegeben. Die Anforderungen an das Kraftwerk in sicherheitstechnischer Hinsicht ergeben sich aus § 7 Abs.2 Nr.3 AtG. Die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden ist durch ein umfangreiches Regelwerk konkretisiert, zu dem insbesondere gehören:

- Verordnungen mit Verwaltungsvorschriften (z.B. Strahlenschutzverordnung)
- Sicherheitskriterien des BMI/BMU einschließlich Interpretationen
- Leitlinien des BMI/BMU (z.B. Störfalleitlinie)
- Leitlinien der Reaktor-Sicherheitskommission
- Regeln des kerntechnischen Ausschusses.

Um zu klaren und überschaubaren Vorgaben für die Auslegung zu kommen, ist das deutsche Regelwerk "deterministisch" angelegt, d.h. daß zum Beispiel Redundanzgrad innerhalb eines Sicherheitssystems oder Sicherheitszuschläge vorgegeben sind, unabhängig davon, ob zusätzlich zu dem ingenieurwissenschaftlichen Kenntnisstand durch probabilistische Sicherheitsanalysen der Gesamtanlage die Notwendigkeit der Redundanz oder der Sicherheitszuschläge begründet worden sind.

In diesem Sinne sind die Genehmigungsvoraussetzungen bereits durch die Erfüllung der Regelwerksanforderungen gegeben, und der probabilistischen Sicherheitsanalyse kommt gemäß BMI-Sicherheitskriterium 1.1, Anmerkung zur Methodik, nur eine ergänzende Funktion zu:

"Zur Überprüfung der Ausgewogenheit des Sicherheitskonzeptes sind - in Ergänzung der Gesamtbeurteilung der Sicherheit des Kernkraftwerkes aufgrund deterministischer Methoden - die Zuverlässigkeiten sicherheitstechnisch wichtiger Systeme und Anlageteile mit Hilfe probabilistischer Methoden zu

bestimmen, soweit dieses nach dem Stand von Wissenschaft und Technik mit der erforderlichen Genauigkeit möglich ist."

Für einzelne Systeme der Anlage Gundremmingen sind solche Zuverlässigkeitsanalysen durchgeführt worden.

Die bisherigen Betriebserfahrungen mit den SWR-Anlagen Gundremmingen geben keinen Hinweis, daß sie sicherheitstechnisch schlechter zu bewerten wären als die Druckwasserreaktoren.

Die kürzlich abgeschlossene Phase 1 der Sicherheitsanalyse für Siedewasserreaktoren am Beispiel KRB/B (GRS-Studie) ergibt keinen Hinweis darauf, daß die Siedewasserreaktoren vom Typ Gundremmingen sicherheitstechnisch weniger gut wären als die DWR-Anlagen. Hervorzuheben ist hier insbesondere, daß aufgrund der großen Wasservorräte im RDB und in der Kondensationskammer des Siedewasserreaktors reaktiv große Karenzzeiten selbst bei unterstelltem totalem Ausfall der Kühlwassersysteme bestehen.

2.5

Der MOX-Einsatz im VAK und im KRB-A hat möglicherweise die Anlagen überbeansprucht und zu deren Stilllegung geführt.

Stellungnahme:

VAK war - wie bereits die Bezeichnung "Versuchsatomkraftwerk" zeigt - als Versuchsanlage geplant und betrieben worden und hatte nur eine sehr geringe elektrische Leistung. Ein Weiterbetrieb zur Stromerzeugung war deshalb nach Abschluß der Versuche nach 25jährigem Betrieb völlig unwirtschaftlich.

KRB-A wurde im wesentlichen stillgelegt, da die von Behörde und Gutachter für erforderlich gehaltenen, hauptsächlich leittechnischen Nachrüstungen angesichts der geringen Leistungsgröße von Gundremmingen A nicht für wirtschaftlich gehalten wurden. Auswirkungen des MOX-Einsatzes spielten mit Sicherheit keine Rolle.

2.6

Der MOX-Einsatz führt möglicherweise zu höheren Ortsdosisleistungen innerhalb der Anlage. Durch stärkere Personalfluktuation und durch Zeitdruck kann die Arbeitsqualität bei der Instandhaltung leiden und damit die Anlagensicherheit beeinträchtigt werden.

Stellungnahme:

Bei frischen BE ist die Neutronenstrahlung bei MOX-BE zwar merklich höher als bei Uran-BE, sie ist aber immer noch sehr gering. Aus diesem Grund läßt sich mit einfachen Vorkehrungen sicherstellen, daß selbst für das Betriebspersonal eine Erhöhung der Dosis nicht auftritt. (Siehe Sicherheitsbericht Seite 2.2-2.6f)

Die für abgebrannte BE angesprochene Erhöhung der Neutronenstrahlung durch Curium in MOX-BE hat keine Auswirkungen auf die Bevölkerung und bereitet auch keine zusätzlichen Probleme bei der Handhabung der Brennelemente in der Anlage. Curium entsteht nämlich erst im Rahmen des Leistungsbetriebs und tritt deshalb in größeren Mengen nur in abgebrannten Brennelementen auf. Abgebrannte Brennelemente werden jedoch zur Abschirmung der Gamma-Strahlung der Spaltprodukte ohnehin nur unter Wasser gehandhabt und gelagert, so daß wegen der sehr starken Wirkung des Wassers als Neutronenabschirmung an der Wasseroberfläche bzw. am Beckenrand keine feststellbar höhere Neutronenstrahlung auftritt.

Die Alpha-Strahlung der Aktiniden könnte nur dann zur Strahlenexposition beitragen, wenn Aktiniden in den Luftraum des Kraftwerks freigesetzt und damit inhaliert werden könnten. Dies ist wegen des festen Einschlusses dieser Nuklide in der Brennstoffmatrix in den Brennelementen nicht gegeben.

Die erhöhte Neutronenstrahlung könnte nur dann zu einer höheren Strahlenexposition bei Reparaturarbeiten führen, wenn diese Reparaturarbeiten in der Nähe der Brennelemente ohne Abschirmung durchgeführt werden müßten.

Dies ist nicht der Fall, da die Pumpen, Armaturen und sonstige zu wartende oder reparierende Komponenten nicht im Brennelementlagerbecken sind.

2.7

Die höhere Neutronenfluenz bzw. das härtere Neutronenspektrum kann die Sprödbruchsicherheit des Reaktordruckbehälters beeinträchtigen und die Reaktordruckbehälter-Einbauten schädigen.

2.8

Die stärkere bzw. härtere Neutronenstrahlung bedingt möglicherweise höhere Temperaturen in den Systemen bzw. Komponenten und kann diese dadurch schädigen.

Stellungnahme:

Es trifft zu, daß ein steigender Beitrag von Plutonium zur Spaltrate tendenziell zu einer erhöhten Neutronenflußdichte für Neutronen mit $E > 1$ MeV führt. (Bei gleicher BE-Leistung Zunahme ca. 8 %).

Der Neutronenfluß am Reaktordruckbehälter ist jedoch hauptsächlich von der radialen Leistungsverteilung im Kern abhängig, die durch die gewählte Beladestrategie bei Brennelementwechseln beeinflusst wird. Dabei sind zwei Aspekte zu berücksichtigen:

- MOX-BE werden in der Regel abbrand-äquivalent zu U-BE ausgelegt. Damit sind MOX-BE im Reaktivitätsmaximum weniger reaktiv, d.h. sie haben eine niedrigere Leistung als frische U-BE, was sich als Verringerung der Neutronenflußdichte auswirkt.
- Für die geplanten Mischkerne ist aus Gründen der besseren Brennstoffausnutzung in der Regel eine sog. Super-Low-Leakage-Beladung vorgesehen, bei der keine frischen BE in den beiden äußeren BE-Reihen eingesetzt werden und somit eine niedrigere Leistung und Neutronenflußdichte am Kernrand vorliegt.

Der Auslegungswert für die Neutronenfluenz des RDB läßt sich somit auch bei MOX-Einsatz sicher einhalten. Tatsächlich würde es bei dem beispielhaft berechneten MOX-Gleichgewichtskern sogar zu einer etwas niedrigeren Fluenz (ca. 15 %) am RDB kommen im Vergleich zu der bei der Auslegung berücksichtigten Beladung der Uran-Kerne.

Die Überwachung der Strahlenversprödung von Werkstoffen des RDB erfolgt durch die regelmäßige Bestimmung der tatsächlich aufgelaufenen Fluenz und -

2.7; 2.8

- wie in KTA 3203 festgelegt - durch ein Bestrahlungsprogramm, mit dem durch voreilende Einhängenproben die der Auslegung des RDB zugrundeliegenden Berechnungen experimentell überprüft werden.

Für die in radialer Richtung angeordneten RDB-Einbauten (z.B. Kernmantel) gelten die Aussagen für den RDB analog, d.h. die Fluenz wird wesentlich durch die Art der BE-Nachladung bestimmt, nicht durch den Unterschied MOX/Uran.

Für das obere und untere Kerngitter wird die Fluenz - über die Anlagenbetriebsdauer gemittelt - zwar erhöht, maximal jedoch nur um wenige Prozent (< 5 % bei MOX-Anteil 38%).

Diese Erhöhung ist für die Festigkeit ohne Bedeutung, da die akkumulierte Neutronenfluenz (Lebensdauerfluenz) für die verwendeten austenitischen Stähle ohnehin auch bei Uran-BE den Sättigungswert für die Veränderung der mechanischen Eigenschaften erreicht.

Die Neutronenstrahlung führt in den RDB-Bauteilen nicht zu einer nennenswerten Temperaturerhöhung. Im übrigen wäre eine höhere Temperatur in Hinsicht auf die Neutronenversprödung auch eher günstig.

2.9

Die lastwechselbedingte Alterung bzw. Ermüdung von Systemen bzw. Komponenten kann sich durch MOX-Einsatz beschleunigen.

Stellungnahme:

Anzahl und Umfang der Lastwechsel verändern sich nicht aufgrund des MOX-Einsatzes. Insofern ist kein Einfluß durch den MOX-Einsatz gegeben.

2.10

Der Reaktordruckbehälter von KRB II, Block C ist möglicherweise bereits durch eine Fehlauflösung der Reaktorschnellabschaltung während einer Revision am 12.03.86 vorgeschädigt worden. Seine Eignung für den Einsatz von MOX-BE kann deshalb eingeschränkt sein.

Stellungnahme:

Reaktorschnellabschaltungen bei Leistungsbetrieb führen zu einer Anlagentransiente mit Temperaturänderungen in verschiedenen Bauteilen, so daß sich hieraus gewisse - in der Auslegung aber berücksichtigte - Spannungen bzw. Belastungen ergeben.

Eine Reaktorschnellabschaltung während einer Revision, d.h. bei Nulllast, kann eine derartige Anlagentransiente nicht verursachen, so daß keine Temperaturänderungen auftreten. Eine "Vorschädigung" des RDB durch eine fehlausgelöste Reaktorschnellabschaltung bei Revision ist deshalb ausgeschlossen.

Weiterhin ist der Einwand irrelevant, da der Einsatz von MOX-BE zu keinen höheren Belastungen des RDB führt.

3. Brennelementhandhabung/-lagerung

3.1

FrISChe und abgebrannte MOX-BE strahlen stärker und können dadurch zu Problemen bei ihrer Handhabung in der Anlage führen. Darüber hinaus können Hüllrohrschäden zu radioaktiven Kontaminationen während der Handhabung oder Lagerung in der Anlage führen.

Stellungnahme:

Bei frischen BE ist die Neutronenstrahlung bei MOX-BE zwar merklich höher als bei Uran-BE, sie ist aber immer noch sehr gering. Aus diesem Grund läßt sich mit einfachen Vorkehrungen sicherstellen, daß selbst für das Betriebspersonal eine Erhöhung der Dosis nicht auftritt. (Siehe Sicherheitsbericht Seite 2.2-26f.)

Die für abgebrannte BE angesprochene Erhöhung der Neutronenstrahlung durch Curium in MOX-BE hat keine Auswirkungen auf die Bevölkerung und bereitet auch keine zusätzlichen Probleme bei der Handhabung der Brennelemente in der Anlage. Curium entsteht nämlich erst im Rahmen des Leistungsbetriebs und tritt deshalb in größeren Mengen nur in abgebrannten Brennelementen auf. Abgebrannte Brennelemente werden jedoch zur Abschirmung der Gamma-Strahlung der Spaltprodukte ohnehin nur unter Wasser gehandhabt und gelagert, so daß wegen der sehr starken Wirkung des Wassers als Neutronenabschirmung an der Wasseroberfläche bzw. am Beckenrand keine feststellbar höhere Neutronenstrahlung auftritt.

Hintergrund

Die Neutronen-Dosisleistung liegt beim (frischen) MOX-BE um eine halbe bis ganze Größenordnung höher als beim U-BE. Unter Berücksichtigung der kurzen Handlungszeiten ergibt sich hieraus aber keine nennenswerte Erhöhung der Personen-Jahresdosis.

Beim Kernkraftwerksbetrieb spielt das Plutonium radiologisch praktisch keine Rolle, da es im keramischen Brennstoff der Brennelemente fest eingeschlossen ist und selbst bei Brennstabschäden wegen seiner chemischen Eigenschaften nur in sehr geringen Mengen in das Kühlwasser gelangt, aus dem es über Reinigungssysteme auch wieder entfernt wird.

3.1

Bei Druckwasserreaktoren, in denen schon seit längerem MOX-BE eingesetzt werden, ist eine Änderung der Aktivitätsabgaben infolge des MOX-BE-Einsatzes bisher nicht festgestellt worden.

3.2

Ein Absturz von MOX-BE beim Transport in der Anlage ist nicht auszuschließen, insbesondere weil der Kran im Trockenlager nicht den erhöhten Anforderungen der KTA-Regeln 3902/3903 entspricht. Dadurch können in der Anlage radioaktive Stoffe freigesetzt werden.

Stellungnahme:

Zu den Auswirkungen ist im Sicherheitsbericht angegeben, daß selbst für einen unterstellten Absturz vom Kran im Trockenlager wegen Begrenzung der Fallhöhe BE-Schäden ausgeschlossen und damit keine Auswirkungen zu erwarten sind (Seite 2.2-26).

Der Hinweis auf den BE-Absturz in Krümmel widerspricht dem nicht, da es bei diesem Ereignis nicht zu Schäden am BE kam. (Selbst wenn es zu Schäden gekommen wäre, hätte nur die Freisetzung von edelgasförmigen Spaltprodukten eine Bedeutung gehabt, wobei eine derartige Freisetzung aus einem MOX-BE geringere radiologische Auswirkungen gehabt hätte als aus einem Uran-BE mit vergleichbarem Abbrand.)

Darüber hinaus gibt es noch weitere Aspekte bei dem Ereignis in Krümmel, die eine Übertragbarkeit auf Gundremmingen erheblich einschränken.

3.3

Die Anlage ist möglicherweise grundsätzlich nicht für die bereits praktizierte Kompaktlagerung abgebrannter Brennelemente geeignet. Somit kann auch die Sicherheit der Kompaktlagerung von MOX-BE fraglich sein.

Stellungnahme:

Die Kompaktlagerung abgebrannter Brennelemente wird in KRB bereits seit mehreren Jahren praktiziert. Irgendwelche Hinweise, daß die Anlage hierfür nicht geeignet sein könnte, hatten sich weder in dem Genehmigungsverfahren für die Kompaktlagerung ergeben, noch gibt es solche Hinweise aus der Betriebserfahrung.

3.4

Die höhere bzw. härtere Neutronenstrahlung im Brennelementlagerbecken schädigt möglicherweise die Kompaktlagergestelle und die Beckeneinbauten.

Stellungnahme:

Die weitgehend als Folge von Spontanspaltungen auftretende Neutronenstrahlung im Brennelementlagerbecken führt zu einer Fluenz, die um mehrere Größenordnungen unter der Fluenz im RDB im Leistungsbetrieb liegt. Eine nennenswerte Veränderung von Werkstoffen aufgrund dieser Neutronenstrahlung ist deshalb auszuschließen.

3.5

Die abzuführende Nachwärmeleistung im Brennelementlagerbecken erhöht sich und kann, da die Kühleinrichtungen möglicherweise nicht mehr voll ausreichen, dort zu unzulässig hohen Temperaturen führen.

Stellungnahme:

Der erhöhte Wärmeeintrag durch abgebrannte MOX-BE im Brennelementlagerbecken ist berücksichtigt (Sicherheitsbericht S. 2.2-22ff). Die Kapazität der Kühlsysteme reicht weiterhin aus, um auch unter ungünstigen Annahmen die Einhaltung der Temperaturgrenzwerte sicherzustellen.

3.6

Das Plutonium in den MOX-BE ist möglicherweise während des Einsatzes in der Anlage der internationalen Kontrolle entzogen, MOX-Brennstoff kann entwendet werden.

Stellungnahme:

Es ist allgemein anerkannt, daß die Frage der Kernwaffenherstellung in erster Linie ein politisches Problem ist, das heißt, entscheidend ist, ob ein Staat Kernwaffen herstellen will oder nicht (siehe INFCE 1980). Mehr technische Fragen, wie Art und Umfang des Einsatzes von MOX-BE in Leichtwasserreaktoren, spielen demgegenüber keine erkennbare Rolle. Somit kann das Proliferationsproblem gar nicht Thema des atomrechtlichen Genehmigungsverfahrens für KRB sein.

Dennoch kurz folgende Anmerkungen:

- a) Zur ausreichenden Minimierung des Proliferationsrisikos hat sich die Bundesregierung durch Unterzeichnung des Vertrages über die Nichtverbreitung von Kernwaffen (vom 1.7.1968) und das sogenannte Verifikationsabkommen vom 5.4.1973 sowie dem dazu erlassenen Ausführungsgesetz vom 7.1.1980 einer internationalen Kernmaterialüberwachung durch Euratom und die internationale Atomenergieorganisation (IAEO) unterworfen. Diesen Kontrollen unterliegen auch Fertigung, Transport und Einsatz der MOX-BE.
- b) Die Kontrolle von Spaltstoffen ist gerade in Leichtwasser-Leistungsreaktoren besonders günstig durchzuführen. Der Spaltstoff liegt nur in verarbeiteter Form in hermetisch geschlossenen und leicht zu überwachenden Brennelementen vor. Darüber hinaus sind die Brennelemente im bestrahlten Zustand praktisch unzugänglich für Versuche, Spaltstoffe abzuzweigen.
- c) Schon das in Uran-BE von Leichtwasser-Leistungsreaktoren vorhandene Plutonium hat bei den heute üblichen Abbränden eine derart ungünstige Zusammensetzung, daß eine Verwendung dieses Plutoniums für Kernwaffen - soweit Informationen vorliegen - nirgendwo ins Auge gefaßt worden ist und wird. Durch den Einsatz von Plutonium in MOX-BE wird die Eignung des nach Abbrand verbleibenden Plutoniums für Kernwaffen nochmals deutlich verschlechtert.

4. Radioaktive Stoffe/Strahlenschutz

4.1

Das Aktivitätsinventar der frischen MOX-BE, der MOX-BE im Reaktordruckbehälter sowie der MOX-BE im Brennelementlagerbecken kann sich, insbesondere bei der Gruppe der Aktiniden, erhöhen.

Stellungnahme:

Das Spaltproduktinventar von Uran- und MOX-BE ist nahezu gleich. Die im Sicherheitsbericht ausgewiesene geringfügige Verringerung bei MOX-BE bei kurzen Abklingzeiten beruht auf den etwas unterschiedlichen Spaltproduktausbeuten von Plutonium und Uran, z. B. entsteht bei der Spaltung von Plutonium weniger Krypton als bei der Spaltung von Uran.

Bei längeren Abklingzeiten verschiebt sich aufgrund des höheren Aktinidenanteils zwar das Verhältnis der Aktivitätsinventare zu höheren Werten bei den MOX-BE, aber zum einen ist das Aktivitätsinventar dann bereits um mehr als eine Größenordnung geringer als bei der Abschaltung und zum anderen ist die Gruppe der Aktiniden im Hinblick auf geringes Freisetzungspotential bei Störfällen vergleichsweise unbedeutend.

Insgesamt wird sowohl bei Uran- wie auch bei MOX-BE das Gefährdungspotential vom max. Spaltproduktinventar bestimmt, das bei beiden BE-Typen etwa gleich ist.

Der Einwand erweckt im übrigen den Eindruck, als spielten die Aktiniden für die radioaktive Bewertung des Kernkraftwerkbetriebs eine entscheidende Rolle. Dies ist eindeutig nicht der Fall. Die radiologischen Auswirkungen des Kraftwerkbetriebs werden sowohl im bestimmungsgemäßen Betrieb als auch bei Störfällen weitestgehend von den Spaltprodukten und nicht von den Aktiniden bestimmt.

4.2

Radioaktive Stoffe können möglicherweise aus MOX-BE verstärkt in das Reaktorkühlmittel oder in das Lagerbeckenwasser übertreten. Dies kann zu einer erhöhten Konzentration radioaktiver Stoffe in der gesamten Anlage, in den Systemen und insbesondere im Maschinenhaus führen.

Stellungnahme:

Beim Kernkraftwerksbetrieb spielt das Plutonium radiologisch praktisch keine Rolle, da es im keramischen Brennstoff der Brennelemente fest eingeschlossen ist und selbst bei Brennstabschäden wegen seiner chemischen Eigenschaften nur in sehr geringen Mengen in das Kühlwasser gelangt, aus dem es über Reinigungssysteme auch wieder entfernt wird. Bei Druckwasserreaktoren, in denen schon seit längerem MOX-BE eingesetzt werden, ist eine Änderung der Aktivitätsabgaben in Folge des MOX-BE-Einsatzes bisher nicht festgestellt worden.

4.3

Beim bestimmungsgemäßen Betrieb kann sich sowohl das Nuklidspektrum ändern als auch die Abgabe radioaktiver Stoffe in die Umgebung erhöhen und dort zu höheren Strahlenexposition führen.

Stellungnahme:

Hinsichtlich der Emissionen im Normalbetrieb ändert sich beim Einsatz von MOX-BE nichts, da Plutonium, das ja auch in bestrahlten Uran-BE vorhanden ist, praktisch nicht freigesetzt wird und das Spektrum der gebildeten Spaltprodukte relativ ähnlich ist.

Dementsprechend ist im Zusammenhang mit dem Einsatz von MOX-BE auch keine Änderung der genehmigten Emissionswerte beantragt worden. Da die Berechnungen für den bestimmungsgemäßen Betrieb mit den genehmigten Emissionswerten durchzuführen sind, kann sich somit aufgrund des MOX-Einsatzes nichts an den (konservativ) berechneten Dosiswerten ändern.

4.4

Bei Störfällen kann sich sowohl das Nuklidspektrum ändern als auch die Abgabe radioaktiver Stoffe in die Umgebung erhöhen und dort zu höheren Strahlenexpositionen führen.

Stellungnahme:

Im Sicherheitsbericht wird gezeigt, daß es im Zusammenhang mit dem geänderten Brennelementeinsatz keine neuartigen Störfallabläufe gibt, die zu berücksichtigen wären. Durch die bereits vorhandenen technischen Einrichtungen werden auch jetzt die notwendige Vorsorge gegen das Eintreten von Störfällen sowie der erforderliche Schutz vor den Auswirkungen von Störfällen sichergestellt.

Störfallbedingte Abgaben radioaktiver Stoffe können sich demnach nur in dem Maße ändern, wie sich das Inventar freisetzbarer radioaktiver Stoffe ändert. Die radiologische Gefährdung bei einem unterstellten Störfall wird wesentlich bestimmt durch das Aktivitätsinventar einiger weniger Leitnuklide wie z. B. Jod 131 und Xe 133. Das Aktivitätsinventar dieser für Störfälle relevanten Nuklide ändert sich jedoch, wie im SB gezeigt ist, nur sehr geringfügig. Folglich ändert sich auch die Strahlenexposition bei den radiologisch relevanten Störfällen nicht wesentlich.

Die Freisetzung von Plutonium sowohl aus dem Brennstoff über evtl. beschädigte Brennstab-Hüllrohre in das Kühlmittel als auch von dem Kühlmittel über das Reaktorgebäude mit den Rückhalteeinrichtungen in die Atmosphäre ist aufgrund der chemisch-physikalischen Eigenschaften von Plutonium so minimal, daß dies radiologisch gegenüber anderen Nukliden unbedeutend ist, die z. B. in Tabelle 2/10 des Sicherheitsberichtes angegeben sind.

4.5

Die beim KRB II vorhandenen anlageninternen Meßeinrichtungen zur Radioaktivitätsüberwachung entsprechen möglicherweise nicht dem Stand der Technik. Insbesondere Plutonium kann damit nur bedingt erfaßt werden. Die Inkorporationsüberwachung für Transurane ist möglicherweise unzureichend.

Stellungnahme:

Die Aktivitätsmeßeinrichtungen in KRB entsprechen dem Stand der Technik. Richtig ist, daß Pu erfahrungsgemäß in den Anlagenbereichen außerhalb der Brennelemente nur in so geringen Konzentrationen vorliegt, daß es mit den kontinuierlich messenden Geräten, z. B. im Wasser-Dampf-Kreislauf nicht gemessen wird. Bei Auswertung von Proben ist Plutonium jedoch in extrem kleinen Mengen meßbar.

Meßbar sind, ohne extremen Aufwand zu treiben, z. B. $1,5 \times 10^{-10}$ Bq/kg einer zu untersuchenden Stoffmenge bei einer Meßzeit von ca. 6 Tagen. (Die Nachweisgrenze ist abhängig von der zur Verfügung stehenden Meßzeit). Das bedeutet, daß z. B. Pu 239 mit einer spezifischen Aktivität von $2,3 \times 10^9$ Bq/g in einer Konzentration von ca. $6,5 \times 10^{-10}$ g Plutonium pro kg des Probematerials gemessen werden kann. Ähnliche Nachweisgrenzen sind auch auf Probefiltern zur Beweissicherung erreichbar.

4.6

Eine Beeinträchtigung der Trinkwassergewinnung oder der Fischgewässer der Stadt Günzburg wird befürchtet.

Stellungnahme:

Die maximal erlaubte Emission radioaktiver Stoffe wird durch die Betriebsgenehmigung des KKW-Gundremmingen geregelt. Dieser Regelungsinhalt soll auch nach Einführung der MOX-BE nicht geändert werden. Daher ist die Emission radioaktiver Stoffe auf die gleichen Werte beschränkt wie beim alleinigen Einsatz von Uran-BE.

Die Trinkwassergewinnung und die Nutzung von Fischgewässern werden nicht beeinträchtigt.

5. Zuverlässigkeit der Betreiber

5.1

Im KRB II erfolgte ein Umgang mit Fremdradioaktivität ohne die dafür erforderliche Genehmigung.

Stellungnahme

Es ist bei KRB nicht der Fall gewesen, daß ein Umgang mit Fremdaktivität ohne Genehmigung stattgefunden hätte. Eine Genehmigung zum Umgang mit Fremdaktivität wurde mit der Betriebsgenehmigung erteilt, und die Einhaltung der dort festgelegten Grenzwerte ist sichergestellt und wird von der Aufsichtsbehörde überwacht.

5.2

Das KRB II wurde unter Vernachlässigung der Sicherheit im Wechsellastbetrieb gefahren.

Stellungnahme:

Das Kernkraftwerk Gundremmingen erhielt mit der 11. Teilgenehmigung vom 18.10.1984 die Betriebsgenehmigung für die Blöcke B und C. In dieser Genehmigung sind keinerlei Einschränkungen enthalten, die den Betrieb des Kraftwerkes hinsichtlich der Wechsellastfähigkeit begrenzen. (Inhalt der Inbetriebnahmeprüfungen waren u. a. auch Prüfungen des Anlagenverhaltens bei auslegungsgemäßen raschen Leistungsänderungen).

Trotzdem hat das Bayerische StMLU mit Schreiben vom 29.08.1988 den TÜV Bayern beauftragt, zur Fahrweise "Lastwechselbetrieb" der beiden Blöcke B und C des KRB II aus sicherheitstechnischer Sicht eine gutachterliche Stellungnahme abzugeben (Anlage 1).

TÜV Bayern hat in seiner gutachterlichen Stellungnahme vom 27.10.1988 (Anlage 2) die Auswirkungen eines Lastwechselbetriebes auf sicherheitstechnisch relevante Anlagenkomponenten, auf die Integrität der Brennelemente und auf sicherheitstechnisch wichtige Grenzwerte untersucht.

Zusammenfassend wird vom TÜV Bayern festgestellt, daß der Lastwechselbetrieb für KRB II keine Auswirkungen auf sicherheitstechnisch relevante Anlagenkomponenten oder die Brennelemente hat und die im Betriebshandbuch festgelegten Grenzwerte eingehalten werden können.

Die in der gutachterlichen Stellungnahme des TÜV-Bayern angesprochene diesbezügliche Überarbeitung des Betriebs- bzw. des Prüfhandbuchs ist erfolgt.

5.3

Das KRB II wurde unter Vernachlässigung der Sicherheit mit Fremdkörpern im Reaktorkühlkreislauf betrieben.

Stellungnahme:

Die Sicherheit der Anlage wird auch in Bezug auf Fremdkörper im Reaktorkühlkreislauf nicht vernachlässigt. Dies zeigt sich schon darin, daß bei der Errichtung der Anlage Vorsorge gegen Fremdkörper oder Lose Teile im Reaktorkühlkreislauf oder in der Druckführenden Umschließung getroffen wurde. In der 6. Teilgenehmigung wurde dazu eigens ein Körperschall-Überwachungssystem behandelt und dann eingebaut. Dieses System muß nicht alle Fremdkörper erkennen oder fernhalten. Es soll den Betrieb mit Losen Teilen, die die Sicherheit beeinträchtigen könnten, verhindern.

Darüber hinaus wird durch Überwachung der Arbeiten in den Revisionen und der Kreisläufe bei Betrieb der Anlagen durch den Gutachter der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde ein hohes Maß an Sicherheit gegen Fremdkörper oder Lose Teile auch unterhalb der Schwelle sicherheitstechnisch bedeutsamen Bedeutsamkeit erreicht. Soweit Fremdkörper auftraten, wurde ihre sicherheitstechnische Unbedenklichkeit konkret nachgewiesen, und sie wurden im Rahmen des Möglichen entfernt.

5.4

Beim Betrieb des KRB II haben sich Störfälle und sicherheitsrelevante Vorkommnisse gehäuft. Teilweise sind diese der Aufsichtsbehörde nicht ordnungsgemäß gemeldet worden.

Stellungnahme:

Störfälle und sicherheitsrelevante Vorkommnisse haben sich beim Betrieb des KRB II nicht gehäuft. Die Anlagen sind die ersten einer neuen Siedewasserreaktor-Baulinie. Deshalb war mit spezifischen Erfahrungen dieser neuen Baulinie zu rechnen. Dennoch hat das KRB II auch in den ersten Jahren nicht mehr Störungen gehabt als vergleichbare Anlagen. In den letzten Jahren stellt sich der Betrieb des KRB II als besonders frei von Störungen heraus. So war der Block C des KRB II im Kalenderjahr 1992 ununterbrochen am Netz und stand somit dauernd zur öffentlichen Versorgung zur Verfügung.

Wie in der Betriebsgenehmigung angeordnet, werden durch den atomrechtlichen Gutachter der Aufsichtsbehörde jährlich sogenannte Betriebsbegehungen durchgeführt. In diesen wird seit Aufnahme des Betriebes neben anderem kontrolliert, daß der Betreiber die Genehmigungsbestimmungen, die nachträglichen Auflagen und aufsichtlichen Anordnungen und Verfügungen einhält. Zu diesen aufsichtlichen Anordnungen und Verfügungen gehörte von Anfang an eine Prozedur zur Meldung sicherheitsrelevanter "meldepflichtiger Ereignisse" und ein Katalog von Vorgaben für diese Meldungen. Dieser Katalog wurde jeweils den neuesten Erfordernissen angepaßt und im Herbst 1992 durch eine Verordnung - die sogenannte Atomrechtliche Sicherheitsbeauftragten- und Meldeverordnung - ersetzt. Diese Vorschriften werden also beim Betrieb des KRB II von Anfang an überwacht.

5.5

Das KRB II wurde ohne ausreichende Haftpflichtversicherung betrieben.

Stellungnahme:

A) Nukleare Haftpflichtversicherung

Historie: Bis zur Neuregelung des "Nuklearhaftungsrechts" im Jahre 1985 war die Haftung auf 1 Mrd. DM begrenzt (§ 31 AtG).

- Mit Inbetriebnahme des Blockes B - März 1984 -
des Blockes C - Nov. 1984 -

bestanden folgende Tranchen:

- 200 Mio DM private Versicherung der Betreiber
- 300 Mio DM (200-500) gemeinschaftliche Deckung durch
Assekuranz und EVU's (Solidargemeinschaft)
- 500 Mio DM bis 1 Mrd. DM Deckung durch für den Betreiber
kostenlose staatliche Freistellung.

Ab 1985 unbegrenzte Gefährdungshaftung der Betreiber mit
folgenden Tranchen:

- 500 Mio DM Deckungsvorsorge der Betreiber (wie bisher)
- 500 Mio DM bis 1 Mrd. DM staatliche Freistellungsver-
pflichtung (Höchstbetrag = 2facher Deckungsvorsorgebetrag)

B) Allgemeine Haftpflichtversicherung (konventionelle)

Personen- und Sachschäden 5 Mio DM

5.6

Die Betreiber des KRB II haben die erforderliche Entsorgungsvorsorge in irreführender Weise nachgewiesen.

Stellungnahme:

Der Nachweis der Entsorgungsvorsorge ist regelmäßig jeweils zum Jahresende gegenüber der zuständigen Aufsichtsbehörde erbracht worden. Dieser Nachweis wurde in Übereinstimmung mit den "Grundsätzen zur Entsorgungsvorsorge von Kernkraftwerken" vom 29.02.80 (Bundesanzeiger Nr. 58 vom 22.03.80) aufgestellt.

Diese bisher erbrachten Nachweise blieben ohne jedwede Beanstandung, so daß nicht von irreführender Art und Weise gesprochen werden kann.

6. Entsorgung der MOX-BE

6.1

Entsorgungsvorsorge durch Zwischenlagerung im Kompaktlager

Stellungnahme:

Gemäß den "Grundsätzen zur Entsorgungsvorsorge für die Kernkraftwerke" vom 29.02.1980 kann die Entsorgung von abgebrannten MOX- und U-BE grundsätzlich über bindende Wiederaufarbeitungsverträge mit ausländischen Partnern - unter Berücksichtigung von bestimmten Annahmebedingungen - erfolgen.

Vor dem Abtransport in die Wiederaufarbeitungsanlage werden die abgebrannten Brennelemente im Kompaktlager zwischengelagert, bis ihre Nachzerfallswärme und Aktivität soweit abgeklungen sind, daß sie in geeigneten Transportbehältern zur Wiederaufarbeitungsanlage transportiert werden können. Die Mindestabklingzeit beträgt für U-BE rd. 1 Jahr, für MOX-BE bis zu 5 Jahre.

Darüber hinaus kann die Entsorgung über eine Zwischenlagerung im Kompaktlager des Kernkraftwerkes und anschließend in externen Zwischenlagern mit der Option auf spätere Wiederaufarbeitung bzw. auf direkte Endlagerung ohne Wiederaufarbeitung erfolgen (Langzeit-Zwischenlagerung).

6.2

Entsorgungsvorsorge durch Wiederaufbereitungsverträge

Stellungnahme:

Gemäß den "Grundsätzen zur Entsorgungsvorsorge für die Kernkraftwerke" vom 29.02.1980 kann die Entsorgung von abgebrannten MOX- und U-BE grundsätzlich über bindende Wiederaufbereitungsverträge mit ausländischen Partnern - unter Berücksichtigung von bestimmten Annahmebedingungen - erfolgen.

Für KRB II wurden entsprechende Wiederaufbereitungsverträge abgeschlossen, die die Entlademengen aus KRB II bis zum Jahre 2005 einschließlich umfassen.

Der im Jahre 1990 abgeschlossene Vertrag mit BNFL beinhaltet auch die Wiederaufarbeitung von MOX-BE und enthält darüber hinaus gestaffelte Optionen für die bis zum Jahre 2015 anfallenden Entlademengen an MOX- und U-BE. Dieser Vertrag entspricht den von der Bundesregierung im Jahre 1990 gebilligten Musterverträgen und stellt somit einen belastbaren Entsorgungsnachweis für abgebrannte MOX-BE dar.

6.3

Andere Entsorgungsalternativen

Stellungnahme:

An der Entwicklung der direkten Endlagerung als zusätzlichen Entsorgungsweg wird derzeit gearbeitet; eine Pilot-Konditionierungsanlage, die der Erprobung der verschiedenen Konditionierungsverfahren dienen soll, wird derzeit von den betroffenen EVU am Standort Gorleben errichtet.

Eine der Voraussetzungen für diesen Entsorgungsweg ist die Öffnung der Langzeit-Zwischenlagerung abgebrannter Brennelemente.

6.4

Entsorgung schwach- und mittelradioaktiver Reststoffe und Abfälle aus dem Kraftwerksbetrieb

Stellungnahme:

Durch die Änderung der Kernausslegung infolge des Einsatzes von MOX-BE wird der Anfall schwach- und mittelaktiver betrieblicher Reststoffe und Abfälle und deren weitere Verwertung, Behandlung und Lagerung nicht berührt.

Eine wesentliche Änderung des Aktivitätsinventars der Reststoffe und Abfälle ist ebenfalls nicht gegeben, da

1. der überwiegende Aktivitätsanteil von aktivierten Korrosionsprodukten des Kreislaufes herrührt und somit von der Kernbladung unabhängig ist und
2. der kleinere, aus eventuellen BE-Schäden resultierenden Spaltproduktanteil sich entsprechend dem Aktivitätsinventar im Kern und Lagerbecken einstellt, das sich gemäß Tabellen 2/3 und 2/5 nicht nennenswert ändert.

Die Konditionierung der Betriebsabfälle erfolgt größtenteils am KW-Standort, sei es mit ortsfesten Einrichtungen (ROBE) oder mobilen Anlagen. Die Arbeiten werden i. d. R. von GNS betreut, die auch für die Qualifizierung der konditionierten Gebinde sowie ihre Verbringung in das zentrale Zwischenlager in Mitterteich zuständig ist.

In der EVU-Lagerhalle in Mitterteich ist ausreichend Stellfläche zur Aufnahme von Betriebsabfällen aus KRB II vorhanden; die verbleibende Aufnahmekapazität beträgt knapp 20 Jahre für Gußbehälter und mehr als 40 Jahre für Fässer oder Container mit festen Mischabfällen.