
EMPFEHLUNG

DER

REAKTOR-SICHERHEITSKOMMISSION

Datum: 13.09.2001

Neuer Forschungsreaktor München II (FRM II) – 3. Teilgenehmigung

Die RSK hat auf ihrer 342. Sitzung am 05.07.2001 die folgende Empfehlung im Zusammenhang mit dem atomrechtlichen Genehmigungsverfahren des Forschungsreaktors München II beschlossen.

Der vorliegende Text entspricht der in der 343. RSK-Sitzung am 13.09.2001 gebilligten Fassung.

NEUER FORSCHUNGSREAKTOR MÜNCHEN II IN GARCHING (FRM-II)- 3. TEILGENEHMIGUNG

Empfehlung der RSK

1 Beratungsauftrag

Mit den Schreiben BMU/AG RS I 4 – 14001/1 vom 25.08.2000 [A1], BMU/AG RS I 4 – 14001/1 vom 11.09.2000 [A2], BMU/AG RS I 4 – 14001/1 vom 19.10.2000 [A3], BMU/AG RS I 4 – 14138 vom 14.11.2000 [A4] und BMU/AG RS I 4 – 14138 vom 21.12.2000 [A5] hat das BMU die RSK im Rahmen des atomrechtlichen Genehmigungsverfahrens für den Forschungsreaktor München II (FRM-II; Antrag auf Erteilung der 3. Teilerrichtungsgenehmigung zum Betrieb) um die Beratung des Genehmigungsentwurfs der zuständigen Landesbehörde, des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen (BStMLU) vom 03.08.2000 [B1] zum Betrieb des FRM-II gebeten; dabei seien zunächst die Erkenntnisse aus dem Genehmigungsverfahren bei der Sachverhaltsdarstellung zu berücksichtigen. Es sei zu prüfen, a) ob der derzeitige Stand von Wissenschaft und Technik gewährleistet sei und b) ob die bereits in den beiden ersten Teilgenehmigungen behandelten Aspekte aufgrund ggf. neu gewonnener Erkenntnisse wieder aufzugreifen seien. Das BMU hat seinen Beratungsauftrag mittels weiterer Schreiben (Schreiben BMU/AG RS I 4-14138 vom 19.03.2001 [A6]; BMU/AG RS I 4-514127 vom 19.04.2001 [A7] und BMU/AG RS I 4-14138 vom 23.04.2001 [A8]) ergänzt.

2 Durchführung der RSK-Beratung

Die RSK hat auf ihrer 335. Sitzung am 09.11.2000 einen auf ihre Ausschüsse abgestimmten Beratungsplan erstellt (Anlage zum Ergebnisprotokoll der 335. RSK-Sitzung). Daraufhin haben die RSK-Ausschüsse ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK, DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE, REAKTORBETRIEB, ELEKTRISCHE EINRICHTUNGEN und VER- UND ENTSORGUNG die jeweils betroffenen Aspekte beraten. Die Ergebnisse der Ausschüsse wurden von der RSK auf ihrer 342. Sitzung am 05.07.2001 zusammenfassend beraten.

3 Erkenntnismittel

Als Erkenntnismittel lagen den RSK-Ausschüssen die im Anhang 6 zitierten Beratungsunterlagen, die Ergebnisse der Anhörung der Genehmigungsbehörde und der von ihr zugezogenen Sachverständigen sowie die Ergebnisse weiterer im BMU-Auftrag tätiger Gutachter sowie Darlegungen von Vertretern des BMWi-Arbeitskreises „Entsorgung von Forschungsreaktoren“ vor. Die RSK hat die vollständige Beratung aller in der 3. TG [B1] erwähnten Unterlagen nicht für notwendig erachtet, sondern sich auf die Beratung der Unterlagen beschränkt, die aus ihrer Sicht zur Beurteilung der sicherheitsrelevanten Aspekte erforderlich waren. Soweit

die RSK-Ausschüsse Erkenntnisse aus Quellen, die außerhalb des Genehmigungsverfahrens liegen, genutzt haben, ist dies in den Beratungsergebnissen der Ausschüsse kenntlich gemacht worden. Die vorliegende Empfehlung der RSK basiert auf den Ergebnissen der Ausschussberatungen.

4 Allgemeine Bewertungsmaßstäbe

Die Bewertungsmaßstäbe ergeben sich aus den sicherheitstechnischen Anforderungen der §§ 7 und 9a AtG sowie der Strahlenschutzverordnung, insbesondere der §§ 3, 28, 74, 81 und 86.

Die RSK legte ihrer Bewertung den Stand von Wissenschaft und Technik zugrunde. Ein spezielles Regelwerk, das den Stand von Wissenschaft und Technik für Forschungsreaktoren und somit für den FRM-II konkretisiert, liegt nicht vor. Das in Deutschland vorliegende kerntechnische Regelwerk ist für Leistungsreaktoren entwickelt worden, es kann daher in vielen Fällen nur sinngemäß auf den FRM-II angewendet werden.

Die wesentlichen Anforderungen sind enthalten in:

- den BMI-Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke,
- BMI-/BMU-Richtlinien,
- den RSK-Leitlinien für Druckwasserreaktoren,
- den Störfall-Leitlinien für Druckwasserreaktoren,
- Beschlüssen des Länderausschusses für Atomkernenergie,
- KTA-Regeln,
- DIN-Normen,
- IEC-Regeln,
- der Druckbehälterverordnung,
- den Unfallverhütungsvorschriften und
- Empfehlungen der RSK und SSK.

Des Weiteren werden die internationalen Erfahrungen mit Forschungsreaktoren berücksichtigt.

Wesentliche spezielle Bewertungsmaßstäbe sind themenbezogen in Kapitel 5 aufgeführt.

5 Beratungsergebnisse zu den einzelnen Themenbereichen

Die Sachstandsbeschreibungen sind in den Anhängen enthalten. Die RSK schließt sich den jeweiligen Sachstandsdarstellungen in den Beratungsergebnissen der Ausschüsse an.

5.1 Anlagen- und Systemtechnik

(siehe Anhang 1)

Qualifikation des Brennelements

Die RSK hält das Brennelement für den vorgesehenen Einsatz im FRM-II hinsichtlich der Konstruktion, der thermischen und fluiddynamischen Beanspruchungen sowie des Schwellverhaltens für geeignet. Sie gründet ihre Beurteilung neben den Begutachtungsergebnissen aus dem Genehmigungsverfahren auf die vom Antragsteller präsentierten zusätzlichen Informationen zum abdeckenden Charakter der experimentellen Nachweise zum Schwellverhalten der FRM-II Brennstoffplatten auch unter Berücksichtigung der Temperaturgradienten im Brennstoff [D3, D6].

Die RSK bestätigt hinsichtlich der reaktorphysikalischen Auslegung des FRM-II,

- dass die Nachweise zur anforderungsgerechten reaktorphysikalischen Auslegung mit Programmen geführt wurden, die dem heutigen Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen,
- dass bei allen zu betrachtenden Betriebs- und Störfällen eine ausreichende Reaktivitätskontrolle und Abschaltsicherheit vorhanden ist,
- dass sich in Bezug auf das Verhalten bei reaktivitätsrelevanten Störungen ein inhärent sicheres Kernverhalten ergibt,
- dass der Einfluss der experimentellen Einrichtungen auf die nukleare Leistungsverteilung ermittelt und keine unzulässigen Rückwirkungen festgestellt wurden.

Die RSK gründet ihre Beurteilung neben den Begutachtungsergebnissen aus dem Genehmigungsverfahren auf die vom Antragsteller präsentierten zusätzlichen Informationen zum Wert des Kühlmittel-Void-Koeffizienten ober- bzw. unterhalb des Brennelements sowie zur räumlichen Verteilung des Kühlmittel-Temperatur-Koeffizienten [D3, D6, D7]. Die RSK empfiehlt, dass diese zusätzlichen Informationen einer gutachterlichen Bewertung unterzogen werden.

Die RSK hält es für erforderlich, dass die bei den vorgesehenen Messungen im Rahmen der nuklearen Inbetriebsetzung des FRM-II unter Berücksichtigung der Auswirkungen der experimentellen Einbauten im Moderatortank ermittelten reaktorphysikalischen Kenngrößen zur Absicherung der Berechnungsmethoden und Berechnungsergebnisse herangezogen werden.

Hinsichtlich der thermohydraulischen Auslegung des FRM-II bestätigt die RSK die thermohydraulische Eignung und Qualifikation des Brennelements.

Zusammenfassend kommt die RSK daher zu dem Ergebnis, dass unter Beachtung der o. g. Empfehlungen die erforderliche Qualifikation des Brennelements für den geplanten Einsatz nach dem Stand von Wissenschaft und Technik bestätigt werden kann.

Störfallanalysen

Für die RSK haben sich keine Hinweise ergeben, die die Vollständigkeit des in der 1. und 2. TG zugrunde gelegten Störfallspektrums und die Analysenmethodik in Frage stellen. Die Beratungsunterlagen enthalten keinen systematischen Vergleich des für den FRM-II zugrunde gelegten Störfallspektrums mit den bei ausländischen Forschungsreaktoren vergleichbarer Bauart aufgetretenen Störfällen bzw. zugrunde gelegten Störfallspektren. Deshalb hat sich die RSK hierüber vom Hersteller berichten lassen. Der Hersteller hat dargelegt, dass auch insoweit keine Erweiterung des dem FRM-II zugrunde gelegten Störfallspektrums erforderlich sei. Die RSK hält diese Darstellung für plausibel und empfiehlt, die Ergebnisse nachvollziehbar zu dokumentieren.

Hinsichtlich der Einwirkungen von Außen (hier: Versagen der in ca. 500 m Entfernung vom FRM-II als Energiespeicher für die Durchführung von Versuchen am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik aufgestellten Schwungradgeneratoren) ist nach Meinung der RSK nicht nachvollziehbar, inwieweit bei der Bewertung [B3], dass ein solches Versagen nicht zu unterstellen sei, die Eintrittshäufigkeiten eines solchen Versagens sowie der resultierenden Auswirkungen quantitativ ermittelt wurden. Hierzu sollte aus Sicht der RSK eine nachvollziehbare Darlegung der Bewertungsgrundlagen vorgelegt werden.

Auslegungsüberschreitende Ereignisse

Der Antragsteller hat in Anlehnung an die Vorgehensweise bei Leistungsreaktoren die auslegungsüberschreitenden Ereignisse ATWS, Flugzeugabsturz, äußere Druckwelle und darüber hinaus auch hypothetische Reaktivitätsstörfälle betrachtet. Die RSK betrachtet diese Vorgehensweise als angemessen.

Die RSK empfiehlt auch hier eine ergänzende Analyse der international bei Forschungsreaktoren aufgetretenen bzw. betrachteten Ereignisse hinsichtlich der Übertragbarkeit auf den FRM-II.

Im Zusammenhang mit der Betrachtung von Ereignissen, bei denen als Folge einer Degradation des Kerns eine schnelle Schmelze/Wasser-Wechselwirkung auftreten könnte, stellt die RSK fest, dass diese Ereignisabläufe bereits Gegenstand früherer RSK-Beratungen zum FRM-II waren. Die RSK vertritt die Auffassung, dass die von der RSK im Jahre 1998 [E1] empfohlenen Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit gegen ein Auslaufen des Kühlwassers bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen realisiert werden sollten. Im FRM-II wurde ein zweites Neutronenfenster bzw. ein Schieber am Austritt der Strahlrohre als 3. Barriere vorgesehen. Weiter ist die nach Ansicht der RSK plausible Darlegung der Antragsteller zu verifizieren, dass beim Ausfall der Kühlung der gleichzeitige Absturz erheblicher Mengen geschmolzenen Kernmaterials in das unterkühlte Wasser ausgeschlossen werden kann. Über die auftretenden Druckverläufe und die resultierenden Belastungen liegen der RSK keine Informationen vor. Sie empfiehlt, hierzu noch Untersuchungen durchzuführen und gutachterlich bewerten zu lassen.

Hinsichtlich der hypothetischen Reaktivitätsstörfälle sollte nach Meinung der RSK - wegen der möglicherweise gravierenden Auswirkungen einer explosionsartigen Kernzerstörung infolge einer

Reaktivitätszufuhr - die vom Antragsteller vorgelegte Analyse zum Ausschluss einer solchen Kernzerstörung einer gutachterlichen Bewertung unterzogen werden.

Anlageninterner Notfallschutz

Der Antragsteller hat eine Reihe von anlageninternen Notfallmaßnahmen konzipiert, die bei auslegungüberschreitenden Ereignissen zum Einsatz kommen sollen. Diese sind im Betriebshandbuch des FRM-II unter der Überschrift „Notfallmaßnahmen“ beschrieben.

Die RSK empfiehlt eine gutachterliche Prüfung der Maßnahmen und Prozeduren im Hinblick auf nachteilige Rückwirkungen auf auslegungsgemäß funktionierende Einrichtungen zur Störfallbeherrschung.

Brandschutz

Die RSK empfiehlt, dass die Auswirkungen der geänderten KTA-Regel 2101, Teil 1-3, hinsichtlich des Brandschutzes überprüft werden und die Brandschutzmaßnahmen gegebenenfalls ergänzt werden.

5.2 Druckführende Komponenten und Werkstoffe

(siehe Anhang 2)

Maximal anzunehmende Leckgröße in der Primärkühlmittelumschließung

Die angenommene Leckgröße von 25 cm² wird den systemtechnischen Anforderungen zugrunde gelegt; ein Leck dieser Größe entspricht ungefähr dem Querschnitt der größten von der Primärkühlmittelumschließung abzweigenden Rohrleitung. Im Hinblick auf die systemtechnischen Randbedingungen wie auch die sinngemäß basissichere Ausführung und die weiteren Merkmale des Werkstoffes sowie die niedrige Beanspruchung der Druckführenden Umschließung bewertet die RSK die angenommene Leckgröße von 25 cm² als dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechend.

Umsetzung der Rahmenspezifikation Basissicherheit für den Zentralkanal sowie für die Heiße und Kalte Neutronenquelle

Die RSK kommt zu dem Ergebnis, dass Methodik und Anforderungen der Rahmenspezifikation Basissicherheit bei den Behältern der Heißen und Kalten Neutronenquelle sinngemäß umgesetzt wurden. Für den aus der Aluminiumlegierung Typ AlMg3 bestehenden Zentralkanal und die Strahlrohrnasen bestehen seitens der RSK keine Einwände gegen die sinngemäß vorgenommene Umsetzung der Methodik und Anforderungen der Rahmenspezifikation Basissicherheit. Die vorgelegte bruchmechanische Analyse dient ausschließlich der Ermittlung der vorgesehenen Betriebszeit (Lebensdauer). Das Konzept zur Absicherung der Zähigkeitsverminderung auf Basis der Bruchmechanik (Sprödbruch) mit Prüfung voreilender

Einhängeproben wird als geeignet angesehen. Die RSK empfiehlt, die Ergebnisse der Prüfungen der Bestrahlungsprobensätze jeweils mit betriebsbegleitender Bewertung der Integrität vorzulegen.

Konzept der Wiederkehrenden Prüfungen

Das vorgestellte Prüfkonzept zur Prüfung des Zentralkanals und der Strahlrohrnasen basiert auf Betriebsüberwachung und zerstörungsfreien Prüfungen und entspricht der üblichen Vorgehensweise für Leichtwasserreaktoren. Die technischen Regelwerke und der Stand von Wissenschaft und Technik sind entsprechend berücksichtigt. Detaillierte Angaben zur Durchführung der Prüfung mit den entsprechenden Prüftechniken werden in den Prüfanweisungen festgelegt. Bei Fertigstellung der Prüfanweisung bittet die RSK um einen Bericht.

5.3 Reaktorbetrieb

(siehe Anhang 3)

Spezielle Bewertungsmaßstäbe

- KTA-Regeln 1201 und 1202 [R4],
- BMI-Richtlinie (Anforderungen an Sicherheitsspezifikationen) [R9],
- BMI-Richtlinie (Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten) [R21],
- BMU-Richtlinie für den Fachkundenachweis von Forschungsreaktorpersonal [R22],
- BMU, Erläuterungen zu den Meldekriterien für meldepflichtige Ereignisse in Anlagen zur Spaltung von Kernbrennstoffen für die Anwendung in Forschungsreaktoren (Stand: 17.11.1992), Anlage zum BMU-Rundschreiben vom 08.08.1994 an den Verteiler des Hauptausschusses des Länderausschusses für Atomkernenergie [R23] und
- RSK, Stellungnahme „Bedeutung, Inhalt und Umfang von Notfallhandbüchern in Kernkraftwerken“, Anlage 1 zum Ergebnisprotokoll der 244. RSK-Sitzung am 24.05.1989 [R24].

Betriebshandbuch (BHB)

Die RSK stellt fest, dass

- mit Einschränkungen hinsichtlich der Darstellung der Notfallmaßnahmen,
- nach Umsetzung der angekündigten Absenkung der Meldeschwelle für eine Beckenwasserleckage auf 0,01 Liter/Sekunde und
- unter Berücksichtigung der nachgereichten Unterlagen [C1], [C2],
der Aufbau und der Inhalt der vorliegenden Teile des Betriebshandbuches den Anforderungen der KTA-Regel 1201 [R4] und der BMI-Richtlinie [R9] entsprechen, soweit sie für einen Forschungsreaktor

anwendbar sind. Mit den Festlegungen zu den experimentellen Einrichtungen werden die speziellen Gegebenheiten des FRM-II anforderungsgerecht berücksichtigt.

Zu den Einzelpunkten Unfallverhütungsvorschriften, Alarmordnung und Schichtpersonal stellt die RSK fest:

- Die Unfallverhütungsvorschriften sind entsprechend den Ausführungen zur Instandhaltungs- und Änderungsordnung sowie zur Erste-Hilfe-Ordnung ausreichend berücksichtigt.
- Die Alarmordnung ist ausreichend konkretisiert und erfüllt die Anforderungen der KTA-Regeln 1201 und 3901.
- Das gesamte Schichtpersonal besteht aus 21 Personen, deren Fachkunde nach der geltenden Richtlinie nachgewiesen ist oder nachgewiesen wird. Die festgelegte Mindestbesetzung
 - ein Schichtleiter und zwei Reaktorfahrer für die Zustände „Reaktorleistungsbetrieb“ und „Nachkühlphase“,
 - ein Schichtleiter (oder sein Vertreter) und ein Reaktorfahrer für den Anlagenzustand „Reaktor länger als drei Stunden abgeschaltet“,

ist unter Berücksichtigung der Besonderheiten des FRM-II bei den o.g. Anlagenzuständen ausreichend.

Notfallmaßnahmen

Die RSK hat das nachträglich vorgelegte Kapitel 4 „Notfallmaßnahmen“ zum Teil 3 des BHB (RESA-Ereignisse und Störfälle) unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Anhörung beraten und geprüft, ob die dargestellten Notfallmaßnahmen die Anforderungen der RSK erfüllen und dem derzeitigen Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen.

Als Ergebnis ihrer Prüfung stellt die RSK fest, dass bei der Beschreibung der Notfallmaßnahmen für

- den Moderatorablass,
- das Abschalten von Zu- und Abluft Kontrollbereich,
- die Beckenwassernoteinspeisung/Kernnotentladung und
- das Zuschalten der 400-Volt-Versorgung,

die Anforderungen der RSK hinsichtlich Zielvorgabe, Einleitungskriterien und Durchführung angemessen berücksichtigt wurden. Dagegen fehlen gemäß den Anforderungen ausreichende Festlegungen zum Übergang von der Störfallbeherrschungsmaßnahme zur Notfallmaßnahme sowie Informationen zum Zeit- und Personalbedarf und zu Karenzzeiten und zur angestrebten Wirksamkeit (Wirksamkeitsbedingungen). Weiterhin ist nach der Auffassung der RSK die für das BHB gewählte Anordnung der Notfallmaßnahmen

unter der Überschrift „RESA-Ereignisse und Störfälle“ nicht sinnvoll. Schließlich beanstandet die RSK, dass Entnahmeexemplare für Notfallprozeduren fehlen.

Im Zusammenhang mit dem Thema Wartenbesetzung bei auslegungüberschreitenden Ereignissen ist ergänzend zu den vorgelegten Unterlagen noch darzulegen, wie nach dem Auftreffen einer „Explosionsdruckwelle“ sichergestellt ist, dass für die dann erforderliche mittel- und langfristige Sicherheitsbeurteilung der Anlage und der Umgebung die benötigten Anlagendaten zur Verfügung stehen oder beschafft werden können. Für alle anderen Fälle kann eine hinreichende Wartenbesetzung sichergestellt werden.

Bezüglich der Auswirkungen von Ereignissen mit Freisetzung radioaktiver Stoffe aus benachbarten Anlagen verweist die RSK auf die Beratungsergebnisse der SSK.

Zusammenfassend stellt die RSK unter Verweis auf die vorstehenden Ausführungen fest, dass der Aufbau und der Inhalt des BHB (incl. Notfallmaßnahmen) - bis auf die o. g. Punkte - dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen.

Prüfhandbuch

Die RSK hat den Entwurf des Prüfhandbuchs, die zugehörigen Ausführungen im Entwurf des Genehmigungsbescheids und im Gutachten beraten und unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Anhörung geprüft, ob der Aufbau und der Inhalt des Prüfhandbuchs dem derzeitigen Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen.

Die RSK stellt fest, dass der Aufbau und der Inhalt des Prüfhandbuchs den Anforderungen der KTA-Regel 1202 und der BMI-Richtlinie entsprechen. In den Gutachtensbedingungen ist festgelegt, dass spätestens sechs Wochen vor der ersten Wiederkehrenden Prüfung gemäß der in Teil 1 des Prüfhandbuchs enthaltenen Prüfliste die jeweilige Prüfanweisung zur Prüfung vorzulegen ist.

5.4 Elektrische Einrichtungen

(siehe Anhang 4)

Vollständigkeit der zur 1. und 2. TG durch die RSK beratenen Themen

Die RSK kommt aufgrund ihrer Beratungen zu der Auffassung, dass die in den früheren Beratungen festgelegten Anforderungen an die elektro- und leittechnischen Komponenten, insbesondere hinsichtlich der digitalen Sicherheitsleittechnik, auch aus heutiger Sicht vollständig sind.

Neuere Erkenntnisse liegen außer einem Ereignis im Gemeinschaftskernkraftwerk Neckarwestheim, Block 1 (GKN-1) im Jahr 2000, welches auf der Grundlage der nachgereichten Unterlage [D21] behandelt wurde, nicht vor. Dieses Ereignis ist auf den FRM-II nicht übertragbar.

Gültigkeit der für die ersten beiden Teilerrichtungsgenehmigungen herangezogenen Bewertungsmaßstäbe

Die RSK stellt fest, dass die der Bewertung zugrunde gelegten Maßstäbe dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen. Aus den geringfügigen Änderungen in einzelnen KTA-Regeln leiten sich keine weiteren oder neuen Anforderungen ab.

Umsetzung früherer RSK-Empfehlungen zum FRM-II

Aufgrund der im Vergleich zu Leistungsreaktoren geringeren sicherheitstechnischen Bedeutung der Störfallinstrumentierung des FRM-II hält die RSK die gewählte Einstufung in die Kategorie 3 gemäß RSK-Leitlinien für angemessen.

Die Sicherstellung der Stromversorgung, insbesondere die geforderten Entladezeiten der Batterien für Sicherheitsfunktionen, werden durch das Notstromversorgungs- und Batteriekonzept ausreichend erfüllt. Dieses gilt insbesondere auch für die seitens der RSK ausdrücklich geforderte Aufrechterhaltung der Stromversorgung der Störfallfolgeinstrumentierung. Bezüglich der Ausführung mit wartungsfreien Batterien stellt die RSK fest, dass die Anforderungen der KTA-Regel 3703 auch für wartungsfreie Batterien gelten und durch die Ausführung im FRM-II erfüllt werden.

Der in der KTA-Regel 3701 neu hinzugekommene Hinweis der RSK, nach dem eine weitere Netzanbindung im Rahmen des Notfallschutzes gefordert wird, wurde für den FRM-II erfüllt. Aus sicherheitstechnischer Sicht ergeben sich keine besonderen Anforderungen an eine NetZRückschaltung nach einem Notstromfall.

Die endgültige Festlegung der gestaffelten Zugriffsrechte auf das Bedien- und Servicegerät der digitalen Sicherheitsleittechnik ist im BHB noch abschließend zu regeln und durch den Gutachter im Rahmen der Security-Maßnahmen abschließend zu bewerten.

Zusammenfassend stellt die RSK fest, dass die Ausführung der im FRM-II installierten elektro- und leittechnischen Systeme die Anforderungen der Bewertungsmaßstäbe erfüllt und somit dem Stand von Wissenschaft und Technik entspricht.

Sicherheitstechnische Relevanz von Änderungen gegenüber der 2. TG

Nach Ansicht der RSK stellen die ausgeführten Änderungen in der Hardware gegenüber der 2. TG lediglich technische Konkretisierungen dar. Z. T. wurden andere Geräte eingesetzt, für die eine größere Betriebserfahrung vorliegt; z. T. wurden robustere Geräte gewählt als in der ursprünglichen Planung vorgesehen war. Aus der Änderung der Messung der Druckdifferenz Sammler/Becken durch die elektrische Differenzbildung von zwei Absolutmessungen ergeben sich bezüglich der Aufgabenstellung keine sicherheitstechnischen Nachteile, da die eingesetzten Geräte die erforderlichen Qualitätsmerkmale erfüllen.

Auch die Erhöhung der Anzahl der Eingabebaugruppen des digitalen leittechnischen Systems TELEPERM XS (TXS) ist sicherheitstechnisch unerheblich.

Die RSK stellt fest, dass die o. a. Änderungen aus sicherheitstechnischer Sicht unbedenklich sind.

Prüfungen der Sicherheitsleittechnik

Die Beratungen zur Prüfung der Sicherheitsleittechnik (im Prüffeld, am Aufstellungsort) ergaben, dass die erforderlichen Prüfschritte vollständig und sachgerecht in den geprüften IBS-Programmen enthalten und zum Nachweis der einwandfreien Funktion der Sicherheitsleittechnik geeignet sind.

Zum Zeitpunkt der Beratungen der RSK waren noch nicht alle vorgesehenen Prüfungen abschließend erfolgt bzw. durch den Gutachter abschließend bewertet. Aus den vorgelegten Ergebnissen der durchgeführten Prüfungen ergeben sich keine Hinweise, dass die leittechnischen Einrichtungen Mängel in Bezug auf das anforderungsgerechte Verhalten aufweisen.

5.5 Ver- und Entsorgung

(siehe Anhang 5)

Spezielle Bewertungsmaßstäbe

Es werden insbesondere die KTA-Regeln 3602 (Lagerung und Handhabung von Brennelementen), 3604 (Lagerung, Handhabung und innerbetrieblicher Transport radioaktiver Stoffe) und 3902 (Hebezeuge) sowie die DIN-Norm der Reihe 25403 (Kritikalitätssicherheit) zugrunde gelegt.

Außerdem wurde geprüft, ob gemäß den Grundsätzen der Entsorgungsvorsorge für Kernkraftwerke vom 18. März 1980 eine ausreichende Lagerkapazität für bestrahlte Brennelemente und Konverterplatten im Absetzbecken gegeben ist und ob die Zwischenlagerkapazitäten für betriebliche Abfälle ausreichen.

Ver- und Entsorgungsschritte in der Anlage

Die in der Anlage des FRM-II vorgesehenen Schritte der Anlieferung, Handhabung und Prüfung unbestrahlter Brennelemente auf Einhaltung ihrer Spezifikationen sowie die Einführung von unbestrahlten Brennelementen in die Kernposition entsprechen dem Stand von Wissenschaft und Technik. Sämtliche Abläufe sind gutachterlich geprüft; die Einhaltung der Kritikalitätssicherheit ist nachgewiesen. In diesem Zusammenhang ist die vorgesehene Prüfung des Uran-235-Gehalts in einer Unterkritikalitätsmessstelle vor der Einführung eines unbestrahlten Brennelementes in die Kernposition als eine zur Qualitätskontrolle des Brennelementherstellers unabhängige Qualitätssicherungsmaßnahme bedeutsam.

Die Handhabungseinrichtungen für unbestrahlte und bestrahlte Brennelemente sowie die hierfür vorgesehenen betrieblichen Regelungen entsprechen gemäß der Prüfung durch den Gutachter den Anforderungen nach

Stand von Wissenschaft und Technik. Die RSK folgt den Ergebnissen dieser Prüfung. Die vom Gutachter zur Beladung von Transportbehältern mit bestrahlten Brennelementen gestellten Gutachtensbedingungen beziehen sich auf administrative Vorgaben bei der Abwicklung der Abtransporte bestrahlter Brennelemente. Diese Gutachtensbedingungen sind nach Ansicht der RSK ohne anlagentechnische Änderungen erfüllbar.

Die für die Lagerung von bestrahlten Brennelementen im Absetzbecken vorgesehene Lagerkapazität entspricht den Anforderungen der Grundsätze zur Entsorgungsvorsorge für Kernkraftwerke vom 18. März 1980. Nach den vorliegenden Kenntnissen weist der Uran-Silizid-Brennstoff, umhüllt mit Aluminium, bei einer Lagerung im Absetzbecken eine mindestens gleich hohe Beständigkeit auf wie herkömmlicher Uran-Aluminium-Brennstoff, der ebenfalls mit Aluminium umhüllt ist. Die RSK hat daher keine Bedenken bezüglich der Beständigkeit der im Absetzbecken gelagerten Brennelemente.

Da es sich jedoch um einen neuartigen Brennstoff handelt, empfiehlt die RSK vorsorglich eine entsprechende Kontrolle der bestrahlten Brennelemente auf Korrosionsschäden bei der Entladung aus dem Reaktor und in regelmäßigen Abständen während der Lagerung.

Vorsorglich sollte ein Konzept ausgearbeitet und gutachterlich geprüft werden, wie mit Brennelementen mit schadhafte Brennstoffplatten verfahren werden soll.

Der für den Abtransport bestrahlter Brennelemente vorgesehene Transport- und Lagerbehälter vom Typ CASTOR-MTR-2 ist sicherheitstechnisch geprüft und zugelassen. In der Zulassung ist der Abtransport von bestrahlten Konverterplatten in diesen Transportbehältern noch nicht enthalten. Sicherheitstechnische Probleme, die einer Zulassung des Abtransportes dieser Konverterplatten entgegen stehen, sieht die RSK nicht.

Für die Aufbewahrung von Abfällen, die im Betrieb des FRM-II anfallen, sind ausreichende Zwischenlagerkapazitäten für unbehandelte und konditionierte radioaktive Abfälle vorgesehen. Diese Lagereinrichtungen sowie die auch für eine Zerkleinerung von Abfällen vorgesehene Heiße Zelle und die ablaufenden Arbeitsschritte wurden gutachterlich geprüft. Danach entsprechen die Lagereinrichtungen und Arbeitsschritte dem Stand von Wissenschaft und Technik. Die RSK hat keine sicherheitstechnischen Einwände gegen die Vorgehensweise und die Einrichtungen für die Aufbewahrung, Zerkleinerung und Trocknung von betrieblichen Abfällen. Für die in der Heißen Zelle vorgesehene Abtrennung des Kopfteils bestrahlter Brennelemente sind konstruktive Vorkehrungen gegen Fehlschnitte in die Brennstoffzone hinein vorhanden. Auch gegen die vorgesehene weitere Behandlung der abgetrennten Kopfteile bestehen keine Einwände.

Die Ver- und Entsorgung des FRM-II mit Schwerwasser wurde im Genehmigungsverfahren gutachterlich geprüft und entspricht dem Stand von Wissenschaft und Technik. Nach Austausch des verbrauchten tritiumhaltigen Schwerwassers kann dieses extern aufbereitet werden. Durch die Wiederverwertung des aufbereiteten Schwerwassers sowie des Tritiums, das in Forschungseinrichtungen Verwendung finden soll, kann ein weitgehend geschlossener Verwertungszyklus eingestellt werden. Damit ist eine Entsorgung von

tritiumhaltigem Schwerwasser als radioaktiver Abfall nicht erforderlich. Die RSK hat keine Einwände gegen diese Vorgehensweise.

Verbleib von Betriebsabfällen, bestrahlten Brennelementen und Konverterplatten außerhalb der Anlage

Die während des Betriebes des FRM-II anfallenden betrieblichen Abfälle entsprechen nach Art, Beschaffenheit und Radionuklid-Inventar weitgehend den betrieblichen Abfällen von Leistungsreaktoren. Eine Konditionierung in externen Einrichtungen kann, wie von den Antragsstellern vorgesehen, mit den verfügbaren und erprobten Verfahren erfolgen. Die Abfallgebinde des FRM-II sollen entsprechend der BMU-Richtlinie von 1989 bzw. 1994 zur Kontrolle radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung konditioniert werden.

Da die Korrelationen für nicht direkt messbare Radionuklide in den Abfällen aus den Erfahrungen mit betrieblichen Abfällen aus Leistungsreaktoren abgeleitet sind, empfiehlt die RSK, die Gültigkeit dieser Korrelationen für die Abfälle des FRM-II zu überprüfen, um eine entsprechende Dokumentation der Radionuklidgehalte für eine Endlagerung sicherzustellen.

Nach der Lagerung der bestrahlten Brennelemente im Absetzbecken des FRM-II sollen diese gemäß den Angaben der Antragsteller unter trockenen Bedingungen in Behältern des Typs CASTOR-MTR-2 im Transportbehälterlager Ahaus solange zwischengelagert werden, bis ein Endlager aufnahmebereit ist. Die zu dieser Zwischenlagerung im Auftrag des BfS erstellten Gutachten sind abgeschlossen und vom BfS abgenommen. Die Ergebnisse dieser Begutachtung lassen nach Aussage des BfS keine sicherheitstechnischen Bedenken der Gutachter gegen eine langfristige trockene Lagerung von FRM-II-Brennelementen erkennen. Auflagenvorschläge und der noch bestehende Prüfbedarf betreffen

- a) die Hinzuziehung von Gutachtern bei den Funktions- und Abnahmeprüfungen sowie der Kalthandhabung vor einer ersten Behälterbeladung,
- b) die Prüfung, ob die Dünnschicht-Vernickelung der Behälter eine ausreichende Resistenz gegen mechanische Beanspruchung bei der Beladung aufweist und
- c) wie hinreichend Vorsorge gegen die Ablagerung von Schmutzpartikeln auf der Behälterdichtfläche getroffen werden kann.

Die RSK ist der Auffassung, dass diesen Auflagenvorschlägen und noch durchzuführenden Prüfungen nachgekommen werden kann. Sollte sich die Dünnschicht-Vernickelung der Behälter als nicht ausreichend erweisen, kann auf die bei CASTOR-Behältern anderen Typs übliche Dickschicht-Vernickelung übergegangen werden.

Ausgehend von einer maximalen Wärmeleistung von 60 W pro Brennelement zum frühestmöglichen Zeitpunkt des Abtransportes der Brennelemente zur Zwischenlagerung in Ahaus (nach fünf Jahren Abklingzeit) beträgt die Temperatur des FRM-II-Brennstoffs nach einer konservativen Rechnung der Gutachter für das Transportbehälterlager Ahaus maximal 164 °C. Bei Temperaturen bis zu diesem Wert treten keine temperaturbedingte Blisterbildung und Instabilitäten im Brennstoff auf. Auch eine sicherheitsrelevante erhöhte Freisetzung von Tritium – wie bei UAl_x-Aluminium-Brennstoff im Experiment in Jülich oberhalb 160 °C beobachtet – ist beim FRM-II-Brennstoff nicht zu erwarten, da die Brennstoffplatten während des Einsatzes im Reaktor nicht mit tritiumhaltigem Schwerwasser in Kontakt stehen. Insgesamt hält die RSK auf der Grundlage der vorliegenden Erkenntnisse die Zwischenlagerfähigkeit der FRM-II-Brennelemente und Konverterplatten unter trockenen Bedingungen bei weitgehender Beseitigung von Restfeuchte und unter Helium-Atmosphäre für eine Lagerzeit von 40 Jahren nach dem Stand von Wissenschaft und Technik für möglich. Die RSK erwartet, dass der Nachweis dieser Zwischenlagerfähigkeit mit Abschluss des Genehmigungsverfahrens für die Lagerung im Transportbehälterlager Ahaus erbracht wird.

Bezüglich des Endverbleibs der bestrahlten Brennelemente und Konverterplatten ist gemäß den Angaben der Antragsteller als alleiniges Konzept deren Endlagerung ohne Wiederaufarbeitung im Rahmen eines Entsorgungsweges für Brennelemente aus deutschen Forschungsreaktoren vorgesehen. Aus Sicht der RSK wäre eine Wiederaufarbeitung grundsätzlich möglich. Nach den Grundsätzen zur Entsorgungsvorsorge für Kernkraftwerke ist zur Entsorgungsvorsorge eine realistische Planung, d. h. eine im Sinne des Entsorgungskonzeptes belastbare Planung zu entwickeln. Dabei prüfte die RSK, ob bzw. welche Konditionierungsschritte für die Brennelemente bzw. Konverterplatten des FRM-II zur Herstellung endlagerfähiger Gebinde erforderlich sind.

Gegenwärtig stehen weder die geologische Formation noch der Standort eines Endlagers fest. Somit können die Anforderungen an die Konditionierung der Brennelemente und Konverterplatten zurzeit nur bezüglich grundsätzlicher sicherheitstechnischer Eigenschaften der Konditionierung selbst sowie der Ausführung der Endlagergebäude und ihres Verhaltens unter den Bedingungen im Endlager bewertet werden.

Vor diesem Hintergrund stellt die RSK hinsichtlich der Erfordernis einer Konditionierung der bestrahlten Brennelemente und Konverterplatten des FRM-II fest:

Auch nach Abbrand der Brennelemente besitzt das noch vorhandene Uran mit etwa 87 % Uran 235 eine hohe Anreicherung, die deutlich höher liegt als die Restanreicherung der Brennelemente aus anderen deutschen Forschungs- bzw. Leistungsreaktoren. Solange die Struktur von Brennelementen und Konverterplatten im Endlagergebäude erhalten bleibt, kann das Endlagergebäude auch bei hoher Urananreicherung so ausgelegt werden, dass auch bei Wasser- oder Laugenzutritt die Unterkritikalität erhalten bleibt.

Im Hinblick auf eine Zerstörung oder Auflösung der Brennelemente und eine Moderation durch Wasser oder Salzlauge hält es die RSK jedoch für erforderlich, die Restanreicherung der bestrahlten Brennelemente und Konverterplatten durch Zumischung von abgereichertem Uran deutlich abzusenken. Nach Ansicht der RSK

ist auch für eine Endlagerung von abgebrannten Brennelementen anderer Forschungsreaktoren mit mittlerer Anreicherung ein Absenken der Restanreicherung erforderlich. Der zulässige Grad der Restanreicherung sollte nach Meinung der RSK im Rahmen der Entwicklung des Entsorgungsweges für Brennelemente aus deutschen Forschungsreaktoren unter Berücksichtigung der bei der Endlagerung anzunehmenden geochemischen Bedingungen bestimmt werden.

Zur Absenkung der Restanreicherung sind unterschiedliche Vorschläge und Denkansätze von Seiten der Antragsteller und der Vertreter des BMWi-Arbeitskreises vorgestellt worden. Aus Sicht der RSK lassen sich zumindest einige dieser Vorschläge bzw. Denkansätze grundsätzlich in einer heißen Zelle durchführen und sicherheitstechnisch realisieren. Die RSK weist darauf hin, dass sich Brennstoffmatrix und zugemischtes abgereichertes Uran bei einer Auslaugung unter den gegebenen geochemischen Bedingungen im Endlager weitgehend gleich verhalten müssen. Insgesamt gelangt die RSK zu dem Ergebnis, dass bei der Absenkung der Restanreicherung des bestrahlten Brennstoffs durch Zumischung von abgereichertem Uran die Unterkritikalität der bestrahlten FRM-II-Brennelemente und Konverterplatten im Endlager eingehalten werden kann.

Wie die in Jülich durchgeführten Auflösungsexperimente gezeigt haben, ist bei allen metallischen Forschungsreaktor-Brennelementen auf Aluminiumbasis bei Zutritt von magnesiumchlorid-haltiger Lauge mit einer raschen vollständigen Auflösung der Brennelemente zu rechnen. Auch gegenüber Wässern mit weniger aggressivem chemischen Verhalten ist die Aluminiumbasis der Brennelemente noch lösungsanfällig. Dieses Verhalten unterscheidet sich deutlich von der hohen Beständigkeit des oxidischen Brennstoffs von Leistungsreaktoren sowie verglaster radioaktiver Abfälle. Die Aluminium-Matrix der FRM-II-Brennelemente dürfte sich ähnlich rasch auflösen. Die Löserate des verbleibenden Uransilizidbrennstoffs dürfte nach orientierenden Untersuchungen allerdings wesentlich kleiner sein und derjenigen des oxidischen Brennstoffs ähneln. Zwar beträgt das abgeschätzte Volumen der endzulagernden Brennelemente aus Forschungsreaktoren nur wenige Prozent der insgesamt aus deutschen Anlagen endzulagernden wärmeentwickelnden Abfälle, die RSK empfiehlt jedoch, die Bedeutung dieses unterschiedlichen Auflösungsverhaltens der metallischen Forschungsreaktor-Brennelemente im Hinblick auf die Endlagerung zu prüfen. Insbesondere sind die bei der Brennstoffauflösung auftretende Wasserstoffentwicklung, die Freisetzung und die Migration von leicht löslichen und mobilen Radionukliden sowie das Verhalten von schwerlöslichen Spaltprodukten, Uran und Aktiniden unter den gegebenen geochemischen Randbedingungen zu untersuchen.

Außerdem empfiehlt die RSK, die für Langzeitsicherheitsanalysen des Endlagers relevanten Radionuklide, die sich in metallischen Forschungsreaktor-Brennelementen und den Konverterplatten des FRM-II durch Kernspaltung oder Aktivierung bilden, quantitativ zu bestimmen.

Zusammenfassend geht die RSK davon aus, dass bei Beachtung der gegebenen Hinweise und Empfehlungen den Besonderheiten der FRM-II-Brennelemente ausreichend Rechnung getragen werden kann, so dass sie in das Entsorgungskonzept für abgebrannte Brennelemente aus Leistungsreaktoren einbezogen werden können.

6 Zusammenfassende Wertung der RSK

Der Auftrag des BMU an die RSK bestand darin, den Genehmigungsentwurf zur 3. TG zu beraten und zu prüfen, ob der derzeitige Stand von Wissenschaft und Technik gewährleistet ist und ob die in der 1. TG und 2. TG behandelten Aspekte aufgrund gegebenenfalls neu gewonnener Erkenntnisse wieder aufzugreifen sind.

Auf der Basis der zu den einzelnen Themenbereichen erzielten Ergebnisse und bei Erfüllung der ausgesprochenen Empfehlungen bestätigt die RSK, dass der Genehmigungsgegenstand der 3. TG für den Forschungsreaktors München II dem Stand von Wissenschaft und Technik entspricht.

Mit Ausnahme der in einigen Empfehlungen angesprochenen Punkte hat es sich nicht als notwendig erwiesen, Aspekte, die bereits in den ersten beiden TG behandelt wurden, aufgrund neu gewonnener Erkenntnisse oder eines fortgeschrittenen Standes von Wissenschaft und Technik erneut aufzugreifen.

Die Umsetzung der Empfehlungen, die sich auf den Endverbleib der bestrahlten Brennelemente und Konverterplatten beziehen, steht dabei vor dem Hintergrund, dass gegenwärtig weder die geologische Formation noch der Standort eines Endlagers feststehen.

Anhang 1: Beratungsergebnisse des Ausschusses

ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK

Nummer: RSK 342/4.1.1-AST

Datum: 02.07.2001

3. Teilerrichtungsgenehmigung für den Forschungsreaktor München II (FRM-II)

Beratungsergebnisse des Ausschusses ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK

1 Beratungsauftrag

Mit Schreiben AG RS I 4 – 14 001/1 vom 25.08.2000 [A1] hat das BMU die RSK um Beratung des Entwurfs der 3. Teilgenehmigung zum Betrieb des FRM-II gebeten und seinen Beratungsauftrag mit Schreiben AG RS I 4 – 14 001/1 vom 11.09.2000 [A2] und mit Schreiben AG RS I 4 – 14 001/1 vom 19.10.2000 [A3] konkretisiert.

Auf ihrer 335. Sitzung am 09.11.2000 hat die RSK dem Vorschlag eines Beratungsplans, der von auf der Grundlage der o. g. Beratungsaufträge vorbereitet worden war, zugestimmt. Entsprechend diesem Beratungsplan sind dem Ausschuss ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK die Beratungsthemen

- Qualifikation des Brennelements,
- Aktualisierung der Störfallanalysen und
- Auslegungsüberschreitende Ereignisse, anlageninterner Notfallschutz

zugeordnet worden.

Auf der 7. Sitzung des Ausschusses ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK am 04.12.2000 erläuterte das BMU hinsichtlich seines Beratungsauftrags, dass entsprechend dem Beratungsauftrag die Stellungnahme zum FRM-II auch die 1. und 2. Teilgenehmigung berücksichtigen müsse, weil mit der 3. Teilgenehmigung der Abschluss des gesamten Genehmigungsverfahrens erfolge.

2 Sachverhalt

Der Ausschuss ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK wurde auf seiner 7. Sitzung am 04.12.2000 vom BStMLU über den vorgesehenen Regelungsinhalt der 3. Teilgenehmigung für den FRM-II informiert [B1]. Der mit Datum vom 24.05.1999 gestellte diesbezügliche Antrag begehre die Gestattung

- des Einsatzes des Brennelements,
- des Umgangs mit radioaktiven Stoffen,

- der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Fortluft und Abwasser,
- der nuklearen Inbetriebsetzung der Anlage und
- des bestimmungsgemäßen Betriebs.

3 Beratungen in der RSK und in der SSK

Die RSK und die SSK haben am 27.09.1995 eine gemeinsame Empfehlung zum Standort des FRM-II, zu dessen Sicherheitskonzept und zu den strahlenschutztechnischen Aspekten im Rahmen der 1. Teilgenehmigung abgegeben [E3]. Die RSK gab auf ihrer 311. Sitzung am 02.07.1997 eine Empfehlung zur Errichtung und nichtnuklearen Inbetriebsetzung – 2. Teilgenehmigung zum FRM-II ab [E2]. In einer weiteren Stellungnahme am 06.07.1998 befasste sich die RSK mit auslegungsüberschreitenden Ereignissen mit sehr geringer Eintrittswahrscheinlichkeit beim Forschungsreaktor München II (FRM-II). In diesem Zusammenhang betrachtete sie auch Ereignisse, bei denen als Folge einer Degradation des Kerns eine schnelle Schmelze/Wasser-Wechselwirkung (Dampfexplosion) auftreten könnte [E1].

4 Beratung auf der 7., 8., 9., 10. und 11. Sitzung des Ausschusses ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK am 04.12.2000, am 11.01.2001, am 16.02.2001, am 29.03.2001 und am 14.05.2001.

Auf seiner 7., 8., 9., 10. und 11. Sitzung am 04.12.2000, am 11.01.2001, am 16.02.2001, am 29.03.2001 und am 29.03.2001 beriet der Ausschuss ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK zum FRM-II die Themen

- Reaktorphysikalische Auslegung des Kerns,
- Qualifikation des Brennelementes,
- Aktualisierung von Störfallanalysen,
- Auslegungsüberschreitende Ereignisse, anlageninterner Notfallschutz,
- Störfallbeherrschungskonzept beim FRM-II und
- Brandschutzkonzept.

Dazu hörte er den Antragsteller Technische Universität München und die Firma Framatome ANP [D3, D6, D7], die Genehmigungsbehörde BStMLU, den TÜV Süddeutschland [D4], die GRS [E6-E9, E10, D5, E11] und das Physikerbüro Bremen [E13] an.

Konstruktive Auslegung des Brennelementes des FRM-II

Der Reaktorkern des FRM-II besteht aus einem Brennelement, welches in einem festen Zentralkanal angeordnet, mit Leichtwasser gekühlt und von einem Moderatortank mit schwerem Wasser umgeben ist. Das Brennelement besteht im wesentlichen aus zwei konzentrischen Rohren, zwischen denen 113 evolventenförmig gebogene Brennstoffplatten von 70 cm aktiver Länge und 6,24 cm aktiver Breite angeordnet sind. Die 113 evolventenförmigen Platten sind mit 13 Rundschweißnähten am Innen- und

Aussenrohr fixiert; das Innenrohr ist bezüglich der Wärmedehnung frei beweglich. Die Brennstoffplatten werden in der für Material Test Reactors (MTR)-Brennelemente entwickelten Bilderrahmentchnik hergestellt. Dabei wird eine Mischung aus U_3Si_2 - und Al-Pulver in einen $AlMg_2$ -Rahmen eingelegt, beidseitig mit AlFeNi-Bleichen abgedeckt, durch Walzen fest miteinander verbunden und auf die geforderte Dicke gebracht. Die ca. 8 kg Uran sind auf ca. 93 % U_{235} angereichert.

Zur Vermeidung von Leistungsspitzen am äußeren radialen Bereich des Brennelementes enthält die Platte zwei radiale Zonen unterschiedlicher Urandichte mit $3,0 \text{ gU/cm}^3$ (innere Zone) und $1,5 \text{ gU/cm}^3$ (äußere Zone). Im Inneren des Brennelements befindet sich der axial bewegliche, zentrale Regelstab, der auch zur Abschaltung des Reaktors benutzt wird.

Unabhängig hiervon ist als zweite Abschalteinrichtung eine Gruppe von fünf Abschaltstäben vorhanden. Zur Rückhaltung von Fremdkörpern ist oberhalb der Brennstoffplatten eine Lochplatte als Sieb mit einem Lochdurchmesser, der kleiner als die Kühlkanalweite ist, eingebaut.

Zur Qualifikation des Brennelements wurde von den Gutachtern ausgeführt (mit Bezug auf [B2, B3]):

- Die Grundkonstruktion des Brennelements ist betriebsbewährt, ebenso die verwendeten Werkstoffe.
- Die Belastung der Bauteile des Brennelements wird im Wesentlichen durch thermische Differenzdehnung verursacht. Die mit FE-Analysen ermittelten Beanspruchungen liegen im zulässigen Bereich.
- Die experimentellen Nachweise zur Standfestigkeit, die an einer nahezu baugleichen Brennelement-Attrappe mit einem Kühlmittel-Durchsatz von 350 kg/s (betrieblicher Durchsatz: 300 kg/s) durchgeführt wurden, zeigten folgende Ergebnisse:
 - die fluiddynamischen Belastungen bei einer Versuchsdauer von 60 d (betriebliche Einsatzzeit: 52 d) verursachen keine Schäden an den Brennelement-Strukturen,
 - die Schwingungsanregungen sind nur gering,
 - die gemessenen Druckverluste bestätigen die berechneten Auslegungswerte,
 - bei einer Blockade des am BE-Eintritt angeordneten Siebs von 25 % der Siebfläche treten nur geringe Auswirkungen auf die Strömungsverteilung über alle Kühlkanäle auf und
 - bei eingebrachten Schweißfehlern war keine Änderung des Schwingungsverhaltens der Brennelementplatten feststellbar.
- Zur Gewährleistung der Wärmeabfuhr aus dem Brennelement dürfen die nur 2,2 mm breiten Kühlkanäle durch ein Schwellen des Brennstoffs nicht unzulässig verengt werden. Zur experimentellen Ermittlung des Brennstoffschwellens wurde am SILOE-Reaktor in Grenoble ein Bestrahlungsversuch an einer Brennstoffplatte mit einer Urandichte von $1,5 \text{ g/cm}^3$ durchgeführt. Die Bestrahlungsdauer wurde so eingestellt, dass die beim FRM-II zu erwartende Spaltungsdichte abgedeckt ist.

Die wesentlichen Ergebnisse sind:

- Das Schwellen der Plattendicke verläuft stabil in Abhängigkeit von der Spaltungsdichte.
- Die Zunahme der Plattendicke stimmt mit den Vorausberechnungen hinreichend genau überein.
- Auch nach Erreichen der maximalen Spaltungsdichte bleibt der Zusammenhalt der Brennstoffkörner und die Duktilität der Brennstoffplatten in ausreichendem Maße erhalten. Damit ergeben sich keine Einschränkungen für den Einsatz der BE.

Im Rahmen der Ausschuss-Sitzungen wurde die Frage des abdeckenden Charakters der experimentellen Nachweise zum Schwellverhalten der FRM-II Brennstoffplatten auch im Hinblick auf die Temperaturgradienten im Brennstoff diskutiert [D6]. Zudem wurden neuere Ergebnisse eines weiteren Bestrahlungsversuchs an einer Brennstoffplatte mit einer Urandichte von 3 g/cm^3 präsentiert, die in den Antragsunterlagen nicht enthalten sind.

Zur Reaktorphysikalischen Auslegung wurde von den Gutachtern mit Bezug auf [B2, B3] ausgeführt:

Die Nachweise zur anforderungsgerechten reaktorphysikalischen Auslegung wurden mit Programmen geführt, die dem heutigen Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen und zeigen, dass bei allen zu betrachtenden Betriebs- und Störfällen eine ausreichende Reaktivitätskontrolle und Abschaltsicherheit vorhanden ist. In Bezug auf das Verhalten bei reaktivitätsrelevanten Störungen ergibt sich ein inhärent sicheres Kernverhalten.

In diesem Zusammenhang wurde auch der Einfluss der experimentellen Einrichtungen auf die nukleare Leistungsverteilung ermittelt und bewertet. Es wurden keine unzulässigen Rückwirkungen festgestellt.

Zur Thermohydraulischen Auslegung wurde von den Gutachtern mit Bezug auf [B2, B3] ausgeführt:

- Die Wärmeabfuhr aus dem Brennelement erfolgt im Einphasenbereich durch das durchströmende Kühlmittel. Um eine Beschädigung der Brennstoffplatten durch Überhitzung zu vermeiden, muss eine thermohydraulische Instabilität mit ausreichender Sicherheit ausgeschlossen werden. Die hierzu vorgenommenen Berechnungen zur Ermittlung der thermischen Leistungsverteilung und Strömungsverteilung in den Kühlkanälen weisen einen ausreichenden Abstand zur kritischen Heizflächenbelastung für alle Betriebs- und Störfälle aus.
- Bei Ausfall der Primärkühlmittelpumpen wird der Reaktor abgeschaltet. Die Nachwärmeabfuhr wird dann von den notstromversorgten Notkühlpumpen übernommen. Nach drei Stunden erfolgt die Abschaltung der Notkühlpumpen und der Übergang von Zwangsdurchlauf auf Naturumlauf bei der Kühlung des Kerns. Hierbei können Druckpulsationen auftreten.

- Dieser Zustand wurde experimentell untersucht. Der Versuchsstand war repräsentativ für den FRM-II. Dabei zeigte sich, dass die auftretenden Druckspitzen innerhalb der Auslegungswerte liegen und damit die Brennelementstruktur nicht gefährden. Selbst bei dem auslegungsüberschreitenden Fall des Ausfalls aller Notkühlpumpen werden die Beanspruchungen ohne Beschädigung der Brennelementstruktur abgetragen.

Zu den Störfallanalysen wurde angemerkt:

Die RSK hat in ihrer Empfehlung vom 27.09.95 die Vollständigkeit des angesetzten Störfallspektrums bestätigt [E3]. Sie hat in ihrer Stellungnahme vom 02.07.97 darauf hingewiesen, dass die vorgesehenen Änderungen im Rahmen der Planungsfortschreibung berücksichtigt werden müssen [E2]. Dies wurde nach Aussage der Genehmigungsbehörde vor Erteilung der 2. TG bereits erledigt.

Bei den Störfallanalysen ergab sich nach den Ausführungen des Antragstellers und der Gutachter keine Notwendigkeit einer Überarbeitung gegenüber dem Stand der 2. TG. In diesem Zusammenhang wurden vom Antragsteller im Rahmen der Beratungen des Ausschusses ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK nochmals die untersuchten Störfälle und die Randbedingungen erläutert.

Bei den Einwirkungen von Außen ist ein Versagen der in ca. 500 m Entfernung zum FRM-II als Energiespeicher für die Durchführung von Versuchen am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik aufgestellten Schwungradgeneratoren bei Betrieb mit Nenndrehzahl (ca. 1650 Umdrehungen pro Minute) gemäß den Gutachten [B2, B3] nicht zu unterstellen.

Zu den Auslegungsüberschreitenden Ereignissen wurde ausgeführt:

Der Antragsteller hat in Anlehnung an die Vorgehensweise bei Leistungsreaktoren die auslegungsüberschreitenden Ereignisse ATWS, Flugzeugabsturz, äußere Druckwelle und hypothetische Reaktivitätsstörfälle betrachtet.

Im Zusammenhang mit der Betrachtung von Ereignissen, bei denen als Folge einer Degradation des Kerns eine schnelle Schmelze/Wasser-Wechselwirkung (Dampfexplosion) auftreten könnte, stellte die RSK in ihrer Stellungnahme vom 06.07.1998 [E1] fest, dass nach längerer Einsatzzeit eine Versprödung der Strahlrohrnasen zu erwarten sei und dass dadurch ein Risiko bestehe, dass diese Bauteile durch die bei einer Dampfexplosion auftretenden stoßartigen Belastungen versagten. Als einzige Barriere stünde dann nur noch das ca. 2,5 mm starke Bestrahlungsfenster zur Verfügung. Die RSK war auf der Basis von Untersuchungen des FZK und der GRS und nach experimentellen Ergebnissen sowie nach eigenen Abschätzungen zur Auffassung gelangt, dass ein Moderator- und Beckenwasserverlust bei derartigen Ereignissen durch den Einbau einer zusätzlichen Barriere an den Strahlrohren verhindert werden könne. Sie stellte fest, dass durch einfache Vorkehrungen ein zusätzlicher Schutz erreichbar sei und empfahl in Anlehnung an die internationale Praxis den Einsatz einer weiteren unabhängigen passiven oder aktiven Barriere, z. B. den in französischen Forschungsreaktoren verwendete aktive Absperrschieber.

Der Antragsteller hat Ereignisabläufe mit unzureichender Kühlung des Brennelements analysiert, bei denen es zum Abschmelzen der Brennstoffplatten kommt. Der Antragsteller geht davon aus, dass der abschmelzende Kernbrennstoff in unterkühltes Wasser abtropft und dass es dadurch zu keinem Druckaufbau kommt, der einen Verlust des Beckenwassers zur Folge haben könnte. Durch die vorhandene Wasserüberdeckung und den vergleichsweise großen Wasservorrat treten dann keine bedeutsamen radiologischen Folgen auf.

Gravierende Auswirkungen sind auch bei auslegungsüberschreitenden Reaktivitätstransienten denkbar, wenn hierbei durch eine Dampfexplosion bspw. die Integrität des Reaktorbeckens verletzt oder der Auswurf des Brennelements verursacht wird. Derartige Ereignisabläufe schließt der Antragsteller aus, da hierzu der Ausfall beider Schnellabschaltssysteme unterstellt werden müsste, was weder aus deterministischer noch aus probabilistischer Sicht gerechtfertigt wäre [D3]. Gutachter [D4] und Genehmigungsbehörde schließen sich dieser Einschätzung an und halten daher weitergehende Betrachtungen für entbehrlich.

Darüber hinaus vertritt der Antragsteller die Auffassung, dass selbst bei den unterstellten hypothetischen Reaktivitätsereignissen aufgrund des inhärenten Systemverhaltens und der ingenieurtechnischen Auslegung des FRM-II keine Reaktivitätszufuhr auftreten kann, die zum Auftreten einer Dampfexplosion führt [D7].

Zum Anlageninternen Notfallschutz hat der Antragsteller eine Reihe von anlageninternen Notfallmaßnahmen konzipiert, die bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen zum Einsatz kommen sollen.

Zum Brandschutz wurde ausgeführt:

Nach Aussage des Antragstellers erfüllen die Auslegungsgrundlagen des FRM-II beim Brandschutzkonzept die Bayerische Bauordnung, konventionelle Regelwerke und sinngemäß die KTA 2101.1 unter Berücksichtigung der FRM-II-spezifischen Schutzziele. Der Gutachter TÜV Süddeutschland hat die Auswirkungen der geänderten KTA 2101 auf die Auslegung des FRM-II geprüft; Änderungen hätten sich nicht ergeben.

5 Bewertungsmaßstäbe

Der Ausschuss ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK legte seiner Bewertung den Stand von Wissenschaft und Technik zugrunde. Er hat festgestellt, dass dieser durch das gültige kerntechnische Regelwerk für Leichtwasserreaktoren bestimmt wird, soweit es sinnvoll auf einen Forschungsreaktor anwendbar ist. Dies umfasst:

- die BMI Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke,
- die RSK-Leitlinien,
- Störfall-Leitlinien für Druckwasserreaktoren,
- Richtlinien des Länderausschusses für Atomkernenergie,
- KTA-Regeln,
- Empfehlungen der RSK und SSK.

Des Weiteren werden die internationalen Erfahrungen mit Forschungsreaktoren berücksichtigt.

6 Ergebnisse

Der Ausschuss ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK kam in seinen Beratungen zu den nachfolgend dargestellten Ergebnissen.

6.1 Qualifikation des Brennelements

Die RSK hat sich im Rahmen ihrer Beratungen zur 1. und 2. TG mit der Konstruktion und Auslegung des Brennelementes befasst und kommt in ihren Stellungnahmen vom 27.09.1995 und vom 02.07.1997 zu dem Ergebnis, dass die Brennelement-Konzeption für den vorgesehenen Einsatz geeignet ist [E2, E3].

Zum damaligen Zeitpunkt war die Nachweisführung zur Brennelement-Qualifikation nicht in allen Punkten abgeschlossen. Die RSK kündigte daher an, die Qualifikation des Brennelements bei den Beratungen zur 3. TG abschließend zu behandeln [E2].

Die hierzu erforderlichen Beratungen hat der Ausschuss ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK durchgeführt und kommt aufgrund der dem Ausschuss vorgelegten Beratungsunterlagen und der Anhörung von Antragsteller, Gutachtern und Genehmigungsbehörde zu folgenden Ergebnissen:

· Konstruktion, thermische und fluiddynamische Beanspruchungen sowie Schwellverhalten

Der Ausschuss schließt sich den in Abschnitt 4 genannten Bewertungen der Landesgutachter hinsichtlich der Konstruktion des Brennelements, der thermischen und fluiddynamischen Beanspruchungen sowie des Schwellverhaltens an.

Der Ausschuss empfiehlt allerdings, die im Rahmen der Ausschuss-Sitzungen vom Antragsteller präsentierten zusätzlichen Informationen zum abdeckenden Charakter der experimentellen Nachweise zum Schwellverhalten der FRM-II Brennstoffplatten im Hinblick auf die Temperaturgradienten im Brennstoff [D3, D6] in das atomrechtliche Genehmigungsverfahren einzubringen.

· Reaktorphysikalische Auslegung

Der Ausschuss schließt sich den in Abschnitt 4 genannten Bewertungen der Landesgutachter zur reaktorphysikalischen Auslegung des FRM-II an und bestätigt,

- dass die Nachweise zur anforderungsgerechten reaktorphysikalischen Auslegung mit Programmen geführt wurden, die dem heutigen Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen,

- dass bei allen zu betrachtenden Betriebs- und Störfällen eine ausreichende Reaktivitätskontrolle und Abschaltsicherheit vorhanden ist,
- dass sich in Bezug auf das Verhalten bei reaktivitätsrelevanten Störungen ein inhärent sicheres Kernverhalten ergibt,
- dass der Einfluss der experimentellen Einrichtungen auf die nukleare Leistungsverteilung ermittelt und keine unzulässigen Rückwirkungen festgestellt wurden.

Der Ausschuss empfiehlt allerdings die im Rahmen der Ausschuss-Sitzungen gegebenen zusätzlichen Informationen zum Wert des Kühlmittel-Void-Koeffizienten ober- bzw. unterhalb des Brennelements sowie zur Verteilung des Kühlmittel-Temperatur-Koeffizienten [D3, D6, D7] in das atomrechtliche Genehmigungsverfahren einzubringen.

Der Ausschuss regt weiterhin an, die im Rahmen der Ausschuss-Sitzungen angesprochenen Fragen zur Konservativität der rechnerischen Nachweisführung hinsichtlich des Einflusses der experimentellen Einrichtungen auf die nukleare Leistungsverteilung [E13] im Rahmen des Genehmigungsverfahrens zu beantworten.

Der Ausschuss hält es für erforderlich, dass bei den vorgesehenen Messungen im Rahmen der nuklearen Inbetriebsetzung des FRM-II die reaktorphysikalischen Kenngrößen unter Berücksichtigung der Auswirkungen der experimentellen Einbauten im Moderatortank zur Absicherung der Berechnungsmethoden und –ergebnisse herangezogen werden.

• **Thermohydraulische Auslegung**

Der Ausschuss schließt sich den in Abschnitt 4 genannten Bewertungen der Landesgutachter zur thermohydraulischen Auslegung des FRM-II an.

Zusammenfassend kommt der Ausschuss ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK daher zum Ergebnis, dass unter Beachtung der o. g. Empfehlungen die erforderliche Qualifikation des Brennelements für den geplanten Einsatz nach dem Stand von Wissenschaft und Technik bestätigt werden kann.

6.2 Störfallanalysen

Für den Ausschuss ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK haben sich keine Hinweise ergeben, die die Vollständigkeit des Störfallspektrums und die Analysenmethodik in Frage stellen.

Der Ausschuss empfiehlt allerdings, die im Rahmen der Ausschuss-Sitzungen von Antragstellerseite auf Nachfragen [E13] zusätzlich vorgelegten Angaben zur Konservativität der gewählten Störfallrandbedingungen [D6, D7] in das atomrechtliche Genehmigungsverfahren einzubringen. Er empfiehlt zudem eine ergänzende Bewertung der international bei Forschungsreaktoren vergleichbarer Bauart betrachteten Störfallspektren (soweit diesbezügliche Informationen verfügbar sind) und aufgetretenen Störfälle hinsichtlich der Übertragbarkeit auf den FRM-II.

Bei den Einwirkungen von Außen (hier: Versagen der in ca. 500 m Entfernung vom FRM-II als Energiespeicher für die Durchführung von Versuchen am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik aufgestellten Schwungradgeneratoren) ist nach Meinung des Ausschusses nicht dargelegt worden, inwieweit die Maßnahmen und Überprüfungen durchgeführt wurden, die der Bewertung der Landesgutachter [B3] zugrunde lagen, dass ein solches Versagen nicht zu unterstellen ist. Hierzu sollte aus Sicht des Ausschusses eine nachvollziehbare Darlegung der Bewertungsgrundlagen vorgelegt werden.

6.3 Auslegungsüberschreitende Ereignisse

Der Antragsteller hat in Anlehnung an die Vorgehensweise bei Leistungsreaktoren die auslegungsüberschreitenden Ereignisse ATWS, Flugzeugabsturz, äußere Druckwelle und darüber hinaus auch hypothetische Reaktivitätsstörfälle betrachtet. Der Ausschuss ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK betrachtet diese Vorgehensweise als angemessen.

Der Ausschuss empfiehlt auch hier eine ergänzende Bewertung der international bei Forschungsreaktoren aufgetretenen bzw. betrachteten Ereignisse hinsichtlich der Übertragbarkeit auf den FRM-II.

Im Zusammenhang mit der Betrachtung von Ereignissen, bei denen als Folge einer Degradation des Kerns eine schnelle Schmelze/Wasser-Wechselwirkung (Dampfexplosion) auftreten könnte, stellt der Ausschuss fest, dass diese Ereignisabläufe bereits Gegenstand früherer RSK-Beratungen zum FRM-II waren.

Der Ausschuss ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK vertritt die Auffassung, dass die von der RSK 1998 [E1] empfohlenen Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit gegen ein Auslaufen des Kühlwassers bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen realisiert werden sollten. Im FRM-II wurde ein zweites Neutronenfenster bzw. ein Schieber am Austritt des Strahlrohres als 3. Barriere eingebaut. Weiter ist nach Ansicht des Ausschusses zu prüfen, ob beim Ausfall der Kühlung der Absturz erheblicher Mengen erschmolzenen Kernmaterials in das unterkühlte Wasser ausgeschlossen werden kann. Über die auftretenden Druckverläufe und die verursachten Belastungen liegen dem Ausschuss ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK keine Informationen vor. Er empfiehlt, hierzu noch Untersuchungen durchzuführen und gutachterlich bewerten zu lassen.

Hinsichtlich der hypothetischen Reaktivitätsstörfälle sollte nach Meinung des Ausschusses wegen der möglicherweise gravierenden Auswirkungen einer explosionsartigen Kernzerstörung infolge einer Reaktivitätszufuhr die vom Antragsteller vorgelegte Analyse zum Ausschluss einer solchen Kernzerstörung einer gutachterlichen Bewertung unterzogen werden.

Anlageninterner Notfallschutz

Der Antragsteller hat eine Reihe von anlageninternen Notfallmaßnahmen konzipiert, die bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen zum Einsatz kommen sollen und die im Betriebshandbuch des FRM-II unter der Überschrift „Notfallmaßnahmen“ beschrieben sind. Der Ausschuss ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK bewertet dieses Vorgehen positiv.

Er empfiehlt eine gutachterliche Prüfung der Maßnahmen und Prozeduren im Hinblick auf nachteilige Rückwirkungen auf auslegungsgemäß funktionierende Einrichtungen zur Störfallbeherrschung.

6.4 Brandschutz

Der Ausschuss empfiehlt, dass vor Erteilung der 3. Teilgenehmigung die Auswirkungen der geänderten KTA 2101, Teil 1-3, hinsichtlich des Brandschutzes noch einmal überprüft und der Brandschutz gegebenenfalls ergänzt wird. Dies betrifft z. B. die Aufstellung eines Brandschutzkonzeptes gemäß KTA 2101.1, Abschnitt 3.1.2.

6.5 Weiterentwicklung des Standes von Wissenschaft und Technik

Der Ausschuss ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK hat sich auftragsgemäß auch mit der Frage befasst, ob die durch die 1. und 2. TG festgeschriebene Anlagentechnik den heute zu stellenden Anforderungen gerecht wird.

Aus den vom Antragsteller vorgetragenen und von den Gutachtern bestätigten Informationen sowie der von der GRS erstellten Analyse zum Vergleich des genehmigten Zustands mit den aktuellen Anforderungen des Regelwerks [E8] konnte der Ausschuss ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK keine sicherheitstechnischen Defizite identifizieren.

Unabhängig davon geht der Ausschuss ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK davon aus, dass die von der Genehmigungsbehörde geplante Bewertung der seit Genehmigungserteilung erfolgten Änderungen der einschlägigen Regelwerke im Hinblick auf die genehmigte Anlagentechnik vorgenommen wird und verweist besonders auf den Brandschutz.

Anhang 2: Beratungsergebnisse des Ausschusses

DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE

**Neuer Forschungsreaktor München II in Garching (FRM-II)
Beratungsergebnisse des RSK-Ausschusses DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND
WERKSTOFFE**

In der 19. und 20. Sitzung des RSK-Ausschusses DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE am 06.06.2001 und am 04.07.2001 beriet der Ausschuss den Entwurf der u. g. Beratungsergebnisse.

- 1 Beratungsauftrag
- 2 Sachverhalt
- 3 Beratungsgang
- 4 Bewertungsmaßstäbe
- 5 Sicherheitstechnische Bewertung des Sachverhalts
- 6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

1 Beratungsauftrag

Mit den Schreiben BMU/AG RS I 4 – 14001/1 vom 25.08.2000 [A1], BMU/AG RS I 4 – 14001/1 vom 11.09.2000 [A2], BMU/AG RS I 4 – 14001/1 vom 19.10.2000 [A3], BMU/AG RS I 4 – 14138 vom 14.11.2000 [A4] und BMU/AG RS I 4 – 14138 vom 21.12.2000 [A5] hat das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) die RSK im Rahmen des atomrechlichen Genehmigungsverfahrens für den Forschungsreaktor München II (FRM-II; Antrag auf Erteilung der 3. Teilgenehmigung zum Betrieb, Antrag vom 24.05.1999) um die Beratung des Genehmigungsentwurfs der zuständigen Landesbehörde, des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen (BStMLU) vom 03.08.2000 [B1] zum Betrieb des FRM-II gebeten; dabei seien zunächst die Erkenntnisse aus dem Genehmigungsverfahren bei der Sachverhaltsdarstellung zu berücksichtigen. Es sei zu prüfen, a) ob der derzeitige Stand von Wissenschaft und Technik gewährleistet sei und b) ob die bereits in den beiden ersten Teilgenehmigungen behandelten Aspekte aufgrund ggf. neu gewonnener Erkenntnisse wieder aufzugreifen seien. Das BMU hat seinen Beratungsauftrag mittels weiterer Schreiben (Schreiben

BMU/AG RS I 4-14138 vom 19.03.2001 [A6]; BMU/AG RS I 4-514127 vom 19.04.2001 [A7] und BMU/AG RS I 4-14138 vom 23.04.2001 [A8]) ergänzt.

Im Schreiben AG RS I 4 – 14001/1 des BMU vom 19.10.2000 [A2] wurden als spezielle Beratungsthemen die Umsetzung der Rahmenspezifikation Basissicherheit für den Zentralkanal sowie für die Heiße und Kalte Quelle (HNQ, KQ) und die Strahlenversprödung von Komponenten aus der Aluminiumlegierung Typ AlMg3 im kernfernen Bereich genannt.

2 Sachverhalt

In der 295. Sitzung am 27.09.1995 haben die Reaktor-Sicherheitskommission (RSK) und die Strahlenschutzkommission (SSK) eine gemeinsame Empfehlung zum Standort, zum Sicherheitskonzept und zu den strahlenschutztechnischen Aspekten des FRM-II (1. Teilgenehmigung, Antrag vom 04.02.1993) abgegeben. Gegenstand der ersten Teilgenehmigung war das vorläufige positive Gesamturteil hinsichtlich der Errichtung und des Betriebs der gesamten Anlage sowie die Gestattung der Errichtung des Reaktorgebäudes.

In der 311. Sitzung am 02.07.1997 verabschiedete die RSK den sie betreffenden Teil der gemeinsam mit der SSK abgegebenen Empfehlung zur Errichtung und nichtnuklearen Inbetriebsetzung - 2. Teilgenehmigung (Antrag vom 15.07.1996) des FRM-II. Gegenstand der zweiten Teilgenehmigung waren die Gestattung der Errichtung der gesamten restlichen Anlagenteile einschließlich sämtlicher systemtechnischer und messtechnischer Einrichtungen (ohne Brennelement), die für den Betrieb der Anlage erforderlich sind, sowie der nichtnuklearen Inbetriebsetzung der Anlage, das Konzept der Sicherheitsleittechnik (RSK-Beratung), die Auslegung des Zentralkanals mit begrenzter Standzeit (RSK-Beratung), die strahlenschutztechnische Ausstattung (SSK-Beratung) und der radiologische Arbeitsschutz (SSK-Beratung).

Die RSK wies seinerzeit darauf hin, dass sie von der sinngemäßen Erfüllung der Rahmenspezifikation Basissicherheit ausgehe. Sie bat um Informationen über deren Umsetzung und betonte, dass für den Zentralkanal der Werkstoffversprödung durch Neutroneneinwirkung besondere Aufmerksamkeit zu schenken sei. Hinsichtlich der Wiederkehrenden Prüfungen sollten die Zugänglichkeit, die individuelle Prüfbarkeit und die Prüfintervalle dargestellt und dokumentiert sowie die Kriterien und Bewertungsgrenzen komponentenspezifisch festgelegt werden. Die RSK bat seinerzeit darum, dass ihr das Programm für die Wiederkehrenden Prüfungen vorgelegt würde. Im Hinblick auf die Lebensdauerabschätzung der aus Zircaloy hergestellten Komponenten hielt es die RSK für notwendig, dass ihr die Spannungs-Dehnungs-Kurven für neutronenbestrahltes Material vorgelegt werden würden.

3 Beratungsgang

Die RSK hat in ihrer 335. Sitzung am 09.11.2000 einen auf ihre Ausschüsse abgestimmten Beratungsplan erstellt (Anlage zum Ergebnisprotokoll). Daraufhin haben die RSK-Ausschüsse ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK, DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE, ELEKTRISCHE

EINRICHTUNGEN, REAKTORBETRIEB und VER- UND ENTSORGUNG ihre Beratungen aufgenommen und zu den sie jeweils betreffenden Aspekten Stellung genommen. Bei der Beratung der sicherheitstechnisch bedeutsamen Aspekte haben sich die RSK und ihre Ausschüsse auf den Textentwurf für die 3. Teilgenehmigung [B1] bzw. die dort im Bezug aufgeführten Unterlagen einschließlich der TÜV-Gutachten sowie auf weitere, während der RSK-Beratungen in den Ausschüssen angeforderten und vorgelegten Unterlagen abgestützt.

Der RSK-Ausschuss DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE beriet zur 3. Teilgenehmigung des FRM-II in den folgenden Sitzungen:

- 12. Sitzung am 31.10.2000
- 13. Sitzung am 08.11.2000
- 14. Sitzung am 06.12.2000
- 17. Sitzung am 04.04.2001
- 19. Sitzung am 06.06.2001
- 20. Sitzung am 04.07.2001

In den Beratungen wurden die folgenden Themen behandelt:

- Umsetzung der Rahmenspezifikation Basissicherheit für den Zentralkanal sowie für die HNQ und KQ,
- Strahlungsversprödung von Komponenten aus der Aluminiumlegierung Typ AlMg3 im kernfernen Bereich,
- Standzeit der Strahlrohrnasen,
- Auswirkung einer Abweichung der Temperaturverteilung am Brennelement von der Rotationssymmetrie auf die Beanspruchungen,
- Komponentenbezogenes Konzept zur Wiederkehrenden Prüfung.

In der 12. und 13. Sitzung am 31.10.2000 und 08.11.2000 nahm der Ausschuss Berichte der zuständigen Landesbehörde (BStMLU), des Betreibers Technische Universität München und des Anlagenherstellers Siemens/Framatome ANP sowie des Sachverständigen TÜV Süddeutschland Bau und Betrieb zur 3. Teilgenehmigung entgegen.

Das BStMLU ging in seinem Bericht auf den Umfang der ersten zwei Teilgenehmigungen und die diesbezüglichen RSK-Stellungnahmen ein. Der Betreiber Technische Universität München und der Anlagenhersteller Siemens/Framatome ANP berichteten über die Umsetzung der Rahmenspezifikation Basissicherheit für den Zentralkanal und für die Behälter der HNQ und KQ. Der Sachverständige TÜV Süddeutschland Bau und Betrieb stellte in seinem Bericht den Stand der Begutachtung zur Umsetzung der Rahmenspezifikation Basissicherheit (Zentralkanal, HNQ, KQ) vor. Weiterhin wurden dem Ausschuss vom

Sachverständigen die in der Begutachtung zur dritten Teilgenehmigung zu behandelnde betriebsbegleitende Überprüfung von Werkstoffkennwerten und deren Ergebnis vorgestellt.

Der in der 14. Sitzung des Ausschusses am 06.12.2000 anwesende RSK-Vorsitzende bat den Ausschuss, auf die im Schreiben von Herrn Donderer an den Ausschussvorsitzenden, Herrn Prof. Speidel, vom 24.11.2000 angesprochenen Themenvorschläge einzugehen. Im Falle des Ausschusses DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE sind dieses die Themen:

- Maximal anzunehmende Leckgröße in der Primärkühlmittelumschließung,
- Standzeit der Strahlrohrnasen.

Bis zur 19. Sitzung am 06.06.2001 lagen die Beratungsunterlagen [B19 – B21], [C3 – C8] und [D8 – D13, D32, D33] des Anlagenherstellers Siemens/Framatome ANP und des Betreibers Technische Universität München sowie des Sachverständigen TÜV Süddeutschland Bau und Betrieb vor. Die Beratungsunterlagen [B19], [B20] und [B21] des Ausschusses DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE werden im Textentwurf der 3. Teilgenehmigung [B1] genannt. Die Beratungsunterlagen [B20] und [B21] entsprechen den Angaben im o. g. Textentwurf des BStMLU. Bei der Beratungsunterlage [B19] liegt eine Abweichung vor:

[B19]: Die dem Ausschuss vorgelegte Unterlage trägt das Datum 01.12.1998. Die im o. a. Textentwurf genannte Version hat die Kennzeichnung Rev. a und stammt vom 01.03.2000. Nach telefonischer Angabe des BStMLU vom 17.05.2001 gegenüber dem BMU sind beide Fassungen inhaltlich gleich.

4 Bewertungsmaßstäbe

Grundlegende Bewertungsmaßstäbe ergeben sich aus den sicherheitstechnischen Anforderungen z. B. der §§ 7 und 9 a AtG sowie der Strahlenschutzverordnung, insbesondere der §§ 3, 28, 74, 81 und 86.

Ein spezielles Regelwerk, das auf Forschungsreaktoren (und somit auf den FRM-II) anzuwenden wäre, liegt nicht vor. Das in Deutschland vorliegende kerntechnische Regelwerk (insbesondere die BMI-Sicherheitskriterien, RSK-Leitlinien für Druckwasserreaktoren und KTA-Regeln) ist für Leistungsreaktoren entwickelt worden und kann daher in vielen Fällen nur sinngemäß auf den FRM-II angewendet werden. Anforderungen, die im Hinblick auf die einzuhaltenden nuklearspezifischen Schutzziele unabhängig von der Art des Reaktors sind, werden der Bewertung zugrunde gelegt. Die weiteren Anforderungen werden, soweit dieses möglich ist, sinngemäß herangezogen.

Die Bewertung gründet sich ferner auf den in der Fachliteratur veröffentlichten Stand von Wissenschaft und Technik sowie auf die langjährige Erfahrung der zugezogenen Sachverständigen aufgrund ihrer Sachverständigentätigkeit im Zusammenhang mit der Begutachtung kerntechnischer Anlagen.

Der Ausschuss DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE hat geprüft, ob diese Anforderungen bei der gutachterlichen Bewertung nach dem Stande von Wissenschaft und Technik berücksichtigt worden und die gutachterlichen Untersuchungen im Hinblick auf die vorgetragenen und erläuterten Sachverhalte vollständig sind. Ein besonderes Gewicht kommt bei den Beratungen des Ausschusses der Rahmenspezifikation Basissicherheit (3. Ausgabe vom 14.10.1981 mit Änderungen 12/82 und 3/84) zu.

5 Sicherheitstechnische Bewertung des Sachverhalts

In der 14. Sitzung am 06.12.2000 trat der Ausschuss DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE in die Beratung ein. Er schloss die Beratung mit den folgenden Ergebnissen ab:

Maximal anzunehmende Leckgröße in der Primärkühlmittelschließung

Die angenommene Leckgröße von 25 cm² wird den systemtechnischen Anforderungen zugrunde gelegt; ein Leck dieser Größe entspricht ungefähr dem Querschnitt der größten von der Primärkühlmittelschließung abzweigenden Rohrleitung. Im Hinblick auf die systemtechnischen Randbedingungen wie auch die sinngemäß basissichere Ausführung und die weiteren Merkmale zum Werkstoff sowie die niedrige Beanspruchung der Druckführenden Umschließung bewertet der Ausschuss die angenommene Leckgröße von 25 cm² als Stand von Wissenschaft und Technik.

Standzeit der Strahlrohrnasen

Zur Standzeit der Strahlrohrnasen hat der Ausschuss DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE in der 19. und 20. Sitzung am 06.06.2001 und am 04.07.2001 beraten.

Umsetzung der Methodik und Anforderungen der Rahmenspezifikation Basissicherheit für die Heiße und Kalte Neutronenquelle (HNQ, KQ) und den Zentralkanal

HNQ, KQ:

Die Methodik und Anforderungen der Rahmenspezifikation Basissicherheit wurden bei den Behältern der Heißen und Kalten Neutronenquelle sinngemäß umgesetzt.

Zentralkanal:

Für den aus der Aluminiumlegierung Typ AlMg3 bestehenden Zentralkanal sind die Methodik und Anforderungen der Rahmenspezifikation Basissicherheit nicht direkt anwendbar. Es bestehen jedoch seitens des Ausschusses keine Einwände gegen die sinngemäß vorgenommene Umsetzung der Methodik und Anforderungen der Rahmenspezifikation Basissicherheit.

Für den aus der Aluminiumlegierung Typ AlMg3 bestehenden Zentralkanal ist der Werkstoffversprödung durch Neutronenbestrahlung besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Der Ausschuss sieht das Konzept zur Absicherung der Zähigkeitsverminderung auf Basis der Bruchmechanik (Sprödbbruch) mit Prüfung voreilender Einhängenproben als geeignet an.

Der Ausschuss bat um Nachreichung einer Unterlage, in der zur Frage der Abweichung der Rotationssymmetrie der Temperaturverteilung am Brennelement (z. B. auf Grund der Neutronenquellen) und den daraus ableitbaren, asymmetrischen Beanspruchungen des Zentralkanals Stellung genommen wird.

Für den unterstellten Fall der Abweichung der Temperaturverteilung am Brennelement (z. B. auf Grund der Neutronenquellen) von der der Rotationssymmetrie wurden die Beratungsunterlagen [C5] und [C6] eingereicht, in denen die Auswirkungen auf die Beanspruchungen des Zentralkanals untersucht werden. In der Beratungsunterlage des Antragstellers [C5] wird dargelegt, dass die unsymmetrische Temperaturverteilung zu keinen messbaren Auswirkungen auf das Strukturverhalten des Brennelements und auf den Zentralkanal führe. Der Sachverständige TÜV Süddeutschland Bau und Betrieb hat nach seinen Angaben in einer weiteren Beratungsunterlage in einer theoretischen Betrachtung die Auswirkungen einer hypothetischen Kaltstelle am Zentralkanal untersucht [C6]. Die Kaltstelle führe nach dieser Untersuchung zu einer Erhöhung der Vergleichsspannungen um ca. 3 MPa. Aus den Einzelspannungen ergäbe sich eine Vergleichsspannung von $\sigma_v = 29,73$ MPa (nach von Mises). Infolge der Kaltstelle würden die Beanspruchungen des Zentralkanals gegenüber den Beanspruchungen bei ungestörter Temperaturbelastung nur gering geändert. Die Spannungen infolge einer unterstellten Kaltstelle seien deutlich kleiner als die zulässige Spannung. Die nicht-rotationssymmetrische Temperaturverteilung führt im Grenzfall zu einer Spannungserhöhung von 5 MPa.

6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Zusammenfassend kommt der Ausschuss zu den folgenden Schlussfolgerungen und Empfehlungen:

- Der Ausschuss bewertet die angenommene Leckgröße von 25 cm^2 als Stand von Wissenschaft und Technik.
- Die Methodik und Anforderungen der Rahmenspezifikation Basissicherheit wurden bei den Behältern der Heißen und Kalten Neutronenquelle sinngemäß umgesetzt.
- Für den aus der Aluminiumlegierung Typ AlMg3 bestehenden Zentralkanal und die Strahlrohrnasen bestehen seitens des Ausschusses keine Einwände gegen die sinngemäß vorgenommene Umsetzung der Methodik und Anforderungen der Rahmenspezifikation Basissicherheit. Die vorgelegte bruchmechanische Analyse dient ausschließlich der Ermittlung der vorgesehenen Betriebszeit (Lebensdauer). Das Konzept zur Absicherung der Zähigkeitsverminderung auf Basis der Bruchmechanik (Sprödbruch) mit Prüfung voreilender Einhängeproben wird als geeignet angesehen. Die Ergebnisse der Prüfungen der Bestrahlungsprobensätze sind der RSK jeweils mit betriebsbegleitender Bewertung der Integrität zur Kenntnis vorzulegen.
- Das vorgestellte Prüfkonzept zur Prüfung des Zentralkanals und der Strahlrohrnasen basiert auf Betriebsüberwachung und zerstörungsfreien Prüfungen und entspricht der üblichen Vorgehensweise für Leichtwasserreaktoren. Die technischen Regelwerke und der Stand von Wissenschaft und Technik sind entsprechend berücksichtigt. Detaillierte Angaben zur Durchführung der Prüfung mit den entsprechenden Prüftechniken, werden in den Prüfanweisungen festgelegt. Bei Fertigstellung der Prüfanweisung bittet der Ausschuss um Vorlage.

Anhang 3: Beratungsergebnisse des Ausschusses

REAKTORBETRIEB

**Forschungsreaktor München (FRM-II)
Betriebsreglement, Betriebsordnung (BHB) und wiederkehrende Prüfungen (PHB)
Beratungsergebnisse**

1 Beratungsauftrag

Das BMU hat die RSK mit den Schreiben AG RS I 4 – 14001/1 vom 25.08.2000 [A1] und AG RS I 4 – 14001/1 vom 11.09.2000 [A2] um Beratung des Entwurfs der 3. TG [B1] gebeten. Die RSK soll prüfen, ob der derzeitige Stand von Wissenschaft und Technik gewährleistet ist. Weiterhin soll geprüft werden, ob die bereits in den ersten beiden Teilgenehmigungen behandelten Aspekte aufgrund neuer Erkenntnisse wieder aufzugreifen sind. Insbesondere sollen die Themen beraten werden, die das BMU im Schreiben AG RS I 4 – 14001/1 vom 19.10.2000 [A3] aufgeführt hat.

Auf ihrer 335. Sitzung am 09.11.2000 hat die RSK den Beratungsauftrag erörtert und einen Beratungsplan verabschiedet. Nach diesem Beratungsplan sind dem Ausschuss REAKTORBETRIEB die folgenden Beratungsthemen zugeordnet:

- Zusammenfassende Darstellung; insbesondere Betriebshandbuch (BHB) und Prüfhandbuch (PHB)
- Ergänzung der Prüfanweisungen in BHB und PHB
- Berücksichtigung der Unfallverhütungsvorschrift als mitgeltende Unterlage
- Konkretisierung der Alarmordnung; z. B. hinsichtlich Alarmierungskriterien, Bereitschaftsplan und Erreichbarkeit externer Stellen
- Zusammenstellung des Schichtpersonals (Mindestbesetzung je Schicht)

2 Sachverhalt

2.1 Betriebshandbuch (BHB)

Für die 3. TG haben die Antragstellerinnen den Entwurf für ein Betriebshandbuch [B5], im Folgenden mit BHB bezeichnet, vorgelegt. Es gliedert sich in folgende Teile:

Teil 0: Gesamtinhaltsverzeichnis und Einführung

Teil 1: Betriebsordnungen

Teil 2: Betrieb der Gesamtanlage

- Teil 3: RESA-Ereignisse und Störfälle
- Teil 4: Betrieb der Systeme
- Teil 5: Stör- und Gefahrenmeldungen
- Teil 6: Experimentelle Einrichtungen

2.1.1 Feststellungen zum BHB im Genehmigungsbescheid/Entwurf

Die Genehmigungsbehörde stellt im Genehmigungsbescheid/Entwurf [B1] fest: „Vorschriftsgemäß haben die Antragsteller für die Durchführung des späteren Routinebetriebs des FRM-II ein regelwerkskonformes Betriebshandbuch (BHB) erstellt. Es besteht – einschließlich des Gesamtinhaltsverzeichnis und der Einführung (Teil 0) – aus insgesamt sieben Teilen. Teil 1 sowie bestimmte Kapitel in den Teilen 2 und 3 enthalten die sogenannte Sicherheitsspezifikation und werden als Genehmigungsunterlage Bestandteil dieser Genehmigung. Die Teile 4 mit 6, in denen die betrieblichen Belange beschrieben werden, werden erst zu Beginn der Inbetriebsetzung bzw. des Betriebs der jeweiligen Systeme zur Prüfung vorgelegt. Dies entspricht der gängigen Praxis und hat darüber hinaus den Vorteil, dass die zwischenzeitlich noch anfallenden Erkenntnisse eingearbeitet werden können.

Auf Basis der gutachtlichen Stellungnahme des TÜV und eigener Prüfungen ist das StMLU zu der Einschätzung gelangt, dass das BHB inhaltlich und im Hinblick auf den Aufbau und die Aufmachung, die Textstrukturierung und die Textgestaltung sowie im Hinblick auf die Kennzeichnung und Hervorhebung bedeutsamer Passagen ergonomisch gestaltet ist, dem Regelwerk entspricht und insgesamt für eine sichere Durchführung des Anlagenbetriebs geeignet ist. Wie sich das StMLU überzeugt hat, enthält Teil 2 des BHB sachgerechte und regelwerkskonforme organisatorische und technische Festlegungen zum Betrieb der Anlage (z. B. Regelungen beim Transport schwerer Lasten). Besonderes Augenmerk wurde dabei auf die sicherheitstechnisch wichtigen Grenzwerte und die Meldekriterien sowie auf die in Teil 3 des BHB getroffenen die Regelungen zur Störfallerkennung und Störfallbehandlung gelegt. Die Nebenbestimmung III.2.1 stellt u. a. sicher, dass die Festlegungen dieses Bescheids sowie die aus der Inbetriebsetzung und dem Probetrieb gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen in das BHB eingearbeitet werden und dieses selbst regelmäßig aktualisiert wird.“

Die Nebenbestimmung III.2.1 lautet: „Das vorgelegte Betriebshandbuch (BHB) und das Prüfhandbuch (PHB) sind unter Berücksichtigung der Festlegungen dieses Bescheides und der Erfahrungen aus der Inbetriebsetzung (IBS) und des Probetriebs zu überarbeiten und dem StMLU vor Aufnahme des routinemäßigen Leistungsbetriebes vorzulegen. Beim späteren Einbau von experimentellen Einrichtungen sind die aus deren IBS gewonnenen relevanten Erfahrungen und Erkenntnisse ebenfalls in das BHB und das PHB zu übernehmen, deren überarbeitete Fassung dann dem StMLU innerhalb von zwei Monaten vorzulegen ist. Alle im BHB und PHB enthaltenen Angaben müssen laufend auf ihre Richtigkeit und Zweckmäßigkeit hin überprüft und in Abständen von höchstens sechs Monaten auf den neuesten Stand gebracht werden. Das BHB und das PHB sind in der jeweils gültigen Fassung auf der Schaltwarte bereitzuhalten. Die Ausfertigungen des BHB und des PHB für das StMLU, das LfU und den vom StMLU zugezogenen Sachverständigen nach § 20 AtG sind in den Änderungsdienst einzubeziehen.“

2.1.2 Stellungnahmen des Gutachters zu den einzelnen Teilen des BHB, Inhalt des BHB

Der Gutachter hat Teil 0 (Kapitel 1 bis 3) und die als Sicherheitsspezifikationen gekennzeichneten Teile 1 bis 3 des BHB geprüft. Zur Beurteilung des Aufbaus des BHB und zur Abgrenzung der Sicherheitsspezifikationen von den übrigen Teilen des BHB hat der Gutachter die KTA-Regel 1201 [R4] und die BMI-Richtlinie [R9] herangezogen. Als Ergebnis seiner Prüfung führt er in [B3] aus:

„Als Ergebnis unserer Prüfung ist festzustellen, dass der formale Aufbau der vorliegenden Teile des BHB den Anforderungen der KTA-Regel 1201 [R4] und der BMI-Richtlinie [R9] entspricht, soweit sie für einen Forschungsreaktor anwendbar sind. Mit der Erweiterung des BHB um gesonderte Festlegungen zu den experimentellen Einrichtungen werden auch die speziellen Gegebenheiten des FRM-II anforderungsgerecht berücksichtigt. Die überwiegende Kennzeichnung der Teile 1, 2 und 3 als Sicherheitsspezifikation (SSP) entspricht den zu stellenden Anforderungen.“

Die Vorgehensweise, die nicht als SSP gekennzeichneten Teile 4 bis 6 des BHB jeweils im Rahmen der kalten Inbetriebsetzung eines Systems zu erstellen, steht im Einklang mit den Festlegungen zur Errichtungsbegutachtung (siehe dazu [B8]).

Zusammenfassend stellen wir fest, dass der Aufbau des Betriebshandbuches den zu stellenden Anforderungen entspricht.“

2.1.2.1 Betriebsordnungen (BHB Teil 1)

Der Teil 1 des BHB enthält folgende Betriebsordnungen:

- Personelle Betriebsorganisation,
- Warten- und Schichtordnung,
- Instandhaltungs- und Änderungsordnung,
- Strahlenschutzordnung,
- Wach- und Zugangsordnung,
- Alarmordnung,
- Brandschutzordnung,
- Erste-Hilfe-Ordnung,
- Ordnung für die experimentelle Nutzung und
- Abfall- und Freigabeordnung.

Diese Ordnungen sind auf Grund ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung als Sicherheitsspezifikationen (SSP) ausgewiesen. Der Gutachter hat diese Ordnungen unter Berücksichtigung FRM-II spezifischen Belange geprüft. Zu den einzelnen Ordnungen stellt er in [B3] jeweils zusammenfassend fest:

Personelle Betriebsorganisation

„Insgesamt ist festzustellen, dass die Regelungen in der Personellen Betriebsorganisation die aus den Bewertungsmaßstäben resultierenden Anforderungen erfüllen“.

Als Bewertungsmaßstäbe hat der Gutachter herangezogen:

- KTA-Regeln 1201 und 1401 [R4].

Warten- und Schichtordnung

„Insgesamt ist festzustellen, dass bei Einhaltung der Gutachtensbedingungen die Festlegungen in der Warten- und Schichtordnung die Bewertungsmaßstäbe erfüllen“

Als Bewertungsmaßstäbe hat der Gutachter herangezogen:

- KTA-Regeln 1201 und 1404 [R4].

Die Gutachtensbedingungen sind im Anhang II des Gutachtens [B3] unter GB 3.2/1 als Bedingungen für die Inbetriebsetzungsprüfungen festgelegt. Danach sind im Rahmen der nuklearen Inbetriebsetzung der Inhalt der Betriebs- und Kontroll-Checklisten sowie des Schichtbuches festzulegen, diese Unterlagen zur Prüfung vorzulegen und die Angaben vor Beginn des bestimmungsgemäßen Betriebs in das BHB aufzunehmen.

Instandhaltungs- und Änderungsordnung

„Insgesamt ist festzustellen, dass bei Einhaltung der Gutachtensbedingungen die Festlegungen in der Instandhaltungs- und Änderungsordnung die aus den Bewertungsmaßstäben resultierenden Anforderungen erfüllen.“

Als Bewertungsmaßstäbe hat der Gutachter herangezogen:

- KTA-Regeln 1201 und 1404 [R4],
- Richtlinie für den Strahlenschutz des Personals bei der Durchführung von Instandhaltungsarbeiten in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktor, Teil II: Betrieb der Anlage [R16],
- Richtlinie für das Verfahren zur Vorbereitung und Durchführung von Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten in Kernkraftwerken [R21] und
- Unfallverhütungsvorschriften VGB 1 „Allgemeine Vorschrift“ und VGB 30 „Kernkraftwerke“ [R12].

Strahlenschutzordnung

„Zusammenfassend stellen wir fest, dass bei Einhaltung der Gutachtensbedingung die Strahlenschutzordnung den Anforderungen der KTA Regel 1201 [R4] entspricht und die Anforderungen, die aus den Bewertungsmaßstäben resultieren, erfüllen.“

Als Bewertungsmaßstäbe hat der Gutachter herangezogen:

- KTA-Regeln 1201 und 1301 [R4],
- Strahlenschutzverordnung [R2] und
- IWRS-Richtlinie, Teil 2 [R16].

Die Gutachtensbedingung ist im Anhang II des Gutachtens [B3] unter GB 4.1/1 festgelegt. Danach sind die in der Anlage 4 zur Strahlenschutzordnung aufgeführten Strahlenschutzfachanweisungen sowie die in der Anlage 4 zur Alarmordnung aufgeführte Fachanweisung rechtzeitig, spätestens 6 Wochen vor Beginn der nuklearen Inbetriebsetzung zur Prüfung vorzulegen.

Wach- und Zugangsordnung

„Zusammenfassend stellen wir fest, dass die vorgelegte Wach- und Zugangsordnung den aus den Bewertungsmaßstäben resultierenden Anforderungen entspricht.“

Als Bewertungsmaßstäbe hat der Gutachter herangezogen:

- KTA-Regel 1201 [R4] und
- Muster-Wach- und Zugangsordnung [R20].

Alarmordnung

„Zusammenfassend ist festzustellen, dass die vorgelegte Alarmordnung bei Einhaltung der Gutachtensbedingung den aus den Bewertungsmaßstäben resultierenden Anforderungen entspricht.“

Als Bewertungsmaßstäbe hat der Gutachter herangezogen:

- KTA-Regeln 1201 und 3901 [R4].

Die Gutachtensbedingung ist im Anhang II des Gutachtens [B3] unter GB 4.1/1 festgelegt und im vorstehenden Abschnitt Strahlenschutzordnung zitiert.

Brandschutzordnung

„Zusammenfassend ist festzustellen, dass die vorgelegte Brandschutzordnung den aus den Bewertungsmaßstäben resultierenden Anforderungen entspricht.“

Als Bewertungsmaßstäbe hat der Gutachter herangezogen:

- KTA-Regel 1201 [R4] und
- DIN 14096, Teil 3 [R5].

Erste-Hilfe-Ordnung

„Zusammenfassend ist festzustellen, dass die vorgelegte Erste-Hilfe-Ordnung den aus den Bewertungsmaßstäben resultierenden Anforderungen entspricht.“

Als Bewertungsmaßstäbe hat der Gutachter herangezogen:

- KTA-Regel 1201 [R4],
- Unfallverhütungsvorschriften VGB 109 [R12],
- Merkblatt-Erste-Hilfe ZH 1/546 [R13] und
- Strahlenschutzverordnung, §§ 50 und 52, § 64 [R2].

Ordnung für die experimentelle Nutzung

„Zusammenfassend hat unsere Prüfung ergeben, dass bei Einhaltung der Gutachtensbedingung die Ordnung für die experimentelle Nutzung den aus den Bewertungsmaßstäben resultierenden Anforderungen entspricht.“

Als Bewertungsmaßstab hat der Gutachter herangezogen:

- KTA-Regel 1201 [R4].

Die Gutachtensbedingung ist im Anhang II des Gutachtens [B3] unter GB 3.2/1 festgelegt. Danach sind die Formblätter nach Anlage 2 der Ordnung für die experimentelle Nutzung im Rahmen der nuklearen Inbetriebsetzung zur Prüfung vorzulegen und vor Beginn des bestimmungsgemäßen Betriebes in diese Ordnung aufzunehmen.

Abfall- und Freigabeordnung

„Zusammenfassend ist festzustellen, dass die beabsichtigten Vorgehensweisen und die geplanten Maßnahmen zur Freigabe von Stoffen und Gegenständen und zur Entsorgung von radioaktiven Reststoffen und Abfällen bei Einhaltung der Gutachtensbedingung den aus den Bewertungsmaßstäben resultierenden Anforderungen entsprechen.“

Als Bewertungsmaßstäbe hat der Gutachter herangezogen:

- Atomgesetz (AtG), insbesondere § 9a [R1],
- Strahlenschutzverordnung (StrSchV), §§ 81 bis 86 [R2],
- BMU-Richtlinie [R11],
- KTA-Regel 3604 [R4],
- GGVS [R17],
- GGVE [R18],
- Musterregelung für das BHB/SSP [R7],
- SSK-Empfehlung zur Freigabe von Materialien, Gebäuden und Bodenflächen mit geringfügiger Radioaktivität aus anzeige- oder genehmigungspflichtigen Umgang [R8] und
- Richtlinie 96/29/EURATOM [R6].

Die Gutachtensbedingung ist im Anhang II des Gutachtens [B3] unter GB 4.1/1 festgelegt und bereits im vorstehenden Abschnitt Strahlenschutzordnung zitiert.

2.1.2.2 Betrieb der Gesamtanlage (BHB Teil 2)

Der Teil 2 des BHB gliedert sich in folgende Kapitel:

- Voraussetzungen und Bedingungen für den Betrieb,
- Sicherheitstechnisch wichtige Grenzwerte,
- Meldekriterien und
- Normalbetrieb.

Die Kapitel „Voraussetzungen und Bedingungen für den Betrieb“, „Sicherheitstechnisch wichtige Grenzwerte“ und „Meldekriterien“ sind auf Grund ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung als Sicherheitsspezifikationen (SSP) ausgewiesen. Der Gutachter hat diese Kapitel geprüft. Für die einzelnen Kapitel stellt er in [B3] jeweils zusammenfassend folgendes fest:

Voraussetzungen und Bedingungen für den Betrieb

„Zusammenfassend stellen wir fest, dass die Festlegungen zu den Voraussetzungen und Bedingungen zum Betrieb der Anlage den aus den Bewertungsmaßstäben resultierenden Anforderungen entsprechen“.

Als Bewertungsmaßstab hat der Gutachter herangezogen:

- KTA-Regel 1201 [R4].

Sicherheitstechnisch wichtige Grenzwerte

„Zusammenfassend stellen wir fest, dass die Festlegungen zu den sicherheitstechnisch wichtige Grenzwerten bei Einhaltung der Gutachtensbedingung den aus den Bewertungsmaßstäben resultierenden Anforderungen entsprechen“.

Als Bewertungsmaßstäbe hat der Gutachter herangezogen:

- KTA-Regel 1201 [R4] und
- Strahlenschutzverordnung (StrSchV) [R2].

Die Gutachtensbedingung ist im Anhang II des Gutachtens [B3] unter GB 3.2/1 festgelegt. Danach sind die bei den Nullleistungsprüfungen und den Leistungsprüfungen gewonnen Erkenntnisse – soweit zutreffend – vor Aufnahme des bestimmungsgemäßen Betriebs in das BHB und PHB einzuarbeiten.

Meldekriterien

„Zusammenfassend stellen wir fest, dass die Festlegungen zu den Meldekriterien den aus den Bewertungsmaßstäben resultierenden Anforderungen entsprechen“.

Als Bewertungsmaßstab hat der Gutachter herangezogen:

- AtSMV [R15].

2.1.2.3 RESA-Ereignisse und Störfälle (BHB Teil 3)

Neben der Einleitung enthält der Teil 3 des BHB folgende Kapitel:

- Schutzziele,
- Störfallerkennung und Kontrolle der Schutzaktionen und

- Ereignisbeschreibungen.

Diese Kapitel sind auf Grund ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung als Sicherheitsspezifikationen (SSP) ausgewiesen. Im Gutachten [B3] wird hierzu einleitend ausgeführt: „Insgesamt konzentriert sich Teil 3 des BHB auf Ereignisse, bei denen eine Reaktorschnellabschaltung (RESA) über das Reaktorschutzsystem ausgelöst wird. Ergänzend werden Strategien bei Einwirkungen von außen und bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen beschrieben. Ereignisse, die nicht zur RESA führen, werden über die Stör- und Gefahrenmeldungen erkannt. Diese Meldungen werden zusammen mit den zu ergreifenden Maßnahmen im BHB, Teil 5, Stör- und Gefahrenmeldungen, enthalten sein. Dieser Teil ist in Übereinstimmung mit den Festlegungen in der KTA-Regel 1201 [R4] nicht den Sicherheitsspezifikationen zugeordnet.“

Der Gutachter hat die vorstehenden Kapitel im Teil 3 des BHB geprüft. Für die einzelnen Kapitel stellt er in [B3] jeweils zusammenfassend fest:

Schutzziele

„Zusammenfassend stellen wir fest, dass mit den Festlegungen zu den Schutzziele den Bewertungsmaßstäben unter Berücksichtigung der spezifischen Gegebenheiten des FRM-II entsprochen wird“.

Als Bewertungsmaßstab hat der Gutachter herangezogen:

- KTA-Regel 1201 [R4] und
- Leitfaden Sicherheitsstatusanalyse [R19].

Störfallerkennung und Kontrolle der Schutzaktionen

„Zusammenfassend stellen wir fest, dass die Festlegungen zur Störfallerkennung und Kontrolle der Schutzaktionen mit Bezug auf die Ereignisse, die zu einer Reaktorschnellabschaltung führen, den aus den Bewertungsmaßstäben resultierenden Anforderungen entsprechen.“. Im zugehörigen Abschnitt „Bewertungsmaßstäbe“ führt der Gutachter aus: „Es ist zu prüfen, ob die zur Erkennung von auslösenden Ereignissen – Störungen und Störfälle – angegebenen Reaktorschutzsignale vollständig und richtig gewählt wurden und ob die Zuordnung der Signale zu den einzelnen Ereignissen richtig vorgenommen wurde. Darüber hinaus ist zu bewerten, ob die bei der Auslösung der Schutzaktionen erscheinenden Meldungen und Kontrollen vollständig und richtig angegeben sind.“

Ereignisbeschreibungen

„Zusammenfassend stellen wir fest, dass die Festlegungen zu den Ereignisbeschreibungen bei Einhaltung der Gutachtensbedingung den Bewertungsmaßstäben entsprechen.“

Als Bewertungsmaßstab hat der Gutachter herangezogen:

- KTA-Regel 1201 [R4].

Die Gutachtensbedingung ist im Anhang II des Gutachtens [B3] unter GB 4.1/2 festgelegt. Danach sind in das BHB vor Beginn der nuklearen Inbetriebsetzung Regelungen zur Informationsbereitstellung bei Bemessungshochwasser über den Hochwassernachrichtendienst in Bayern (zuständiges Wasserwirtschaftsamt) aufzunehmen.

2.2 Prüfhandbuch (PHB)

Das Prüfhandbuch gliedert sich in folgende Teile:

- Teil 0: Gesamtinhaltsverzeichnis und Einführung in das Prüfhandbuch,
- Teil 1: Prüfliste,
- Teil 2: Prüfanweisungen für wiederkehrende Prüfungen (WKP) aus Teil 1 und
- Teil 3: Standard-Prüfanweisung.

2.2.1 Feststellungen zum PHB im Genehmigungsbescheid/Entwurf

Die Genehmigungsbehörde stellt im Genehmigungsbescheid/Entwurf [B1] fest: „Das Prüfhandbuch (PHB) besteht – einschließlich des Gesamtinhaltsverzeichnisses und der Einführung (Teil 0) – aus vier Teilen. Teil 1 (Prüfliste) ist wegen seiner sicherheitstechnischen Bedeutung sachgerecht als Sicherheitspezifikation ausgewiesen. Die Prüfung der vorgelegten Unterlagen ergab, dass das PHB sowohl inhaltlich wie auch in Aufbau, Strukturierung und Textgestaltung dem Regelwerk entspricht. Nach Auffassung des StMLU wird das PHB den Anforderungen für einen sicheren Betrieb der Anlage gerecht. Durch die im PHB vorgesehenen, in anforderungsgerechten Zeitabständen durchzuführenden wiederkehrenden Prüfungen (WKP), flankiert durch regelmäßige Betriebsbegehungen durch die Aufsichtsbehörde und den Gutachter sowie durch die u. a. auch den Forderungen der RSK entsprechende betriebsbegleitende Überprüfung von Werkstoffkennwerten zur Bestimmung der Standzeit bestimmter Komponenten, wofür von den Antragstellern sachgerechte gesonderte Unterlagen vorgelegt wurden (siehe Abschnitt II.1.2 und Nebenbestimmung III.1.3), wird entscheidend dazu beigetragen, den Sicherheitsstandard der Anlage während der gesamten Betriebsdauer zu erhalten und so dem Auftreten von Störungen und Störfällen nachhaltig entgegen zu wirken. Mit der Nebenbestimmung III.1.2 wird sichergestellt, dass die den Prüflisten zugeordneten Prüfanweisungen zeitgerecht vor der jeweiligen ersten wiederkehrenden Prüfung erstellt werden.“

Die Nebenbestimmung III.1.3 ist im Abschnitt 2.1.1 dieser Stellungnahme zitiert.

2.2.2 Inhalt des PHB und Stellungnahme des Gutachters

Zum Prüfhandbuch stellt der Gutachter in [B3] einleitend fest: „Der Teil 1 des Prüfhandbuches enthält die als SSP ausgewiesene Prüfliste für wiederkehrende Prüfungen aus dem atomrechtlichen Genehmigungsverfahren. In diese Prüfliste sind die wiederkehrenden Prüfungen (WKP) an sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen aufgenommen. Teil 0 des PHB und Teil 1 des PHB liegen als Begutachtungsunterlage vor“.

Als Ergebnis seiner Prüfung stellt der Gutachter abschließend fest:

„Zusammenfassend stellen wir fest, dass bei Einhaltung der gestellten Gutachtensbedingungen das Prüfhandbuch die zu stellenden Anforderungen erfüllt.“

Im zugehörigen Abschnitt „Bewertungsmaßstäbe“ führt der Gutachter aus: „Zur Beurteilung des Aufbaus des PHB wird als Prüfgrundlage die KTA-Regel 1202 [R4] und die BMI-Richtlinie [R9] herangezogen. Bezüglich der durchzuführenden Prüfungen werden die relevanten KTA-Regeln sowie die Anforderungen aus dem konventionellen Regelwerk herangezogen. Ferner werden zur Prüfung der Vollständigkeit der Prüfliste die derzeit gültigen und in das atomrechtliche Genehmigungsverfahren eingeführten Systembeschreibungen zugrunde gelegt.“

Die Gutachtensbedingungen sind im Anhang II des Gutachtens [B3] unter GB 4.2/1 und GB 4.2/2 festgelegt. Gemäß GB 4.2/1 sind die Handbücher der betrieblichen und konventionelle wiederkehrenden Prüfungen vor Aufnahme des bestimmungsgemäßen Betriebes zu vervollständigen und gemäß GB 4.2/2 ist spätestens sechs Wochen vor der ersten wiederkehrenden Prüfung gemäß der in Teil 1 des PHB enthaltenen Prüfliste die jeweilige Prüfanweisung zur Prüfung vorzulegen (4.2/2).

3 Erkenntnismittel

Als Erkenntnismittel lagen den Beratungen des Ausschusses die in der Anlage 6 zitierten Beratungsunterlagen, die Ergebnisse der Anhörung der Genehmigungsbehörde, des Gutachters und der GRS zugrunde.

4 **Bewertungsmaßstäbe**

Der Ausschuss ist der Auffassung, dass die unter 2 genannten Bewertungsmaßstäbe für eine vollständige Bewertung des BHB und PHB richtig sind. Für seine Beratungsthemen hat der Ausschuss insbesondere die folgenden Bewertungsmaßstäbe herangezogen:

- KTA-Regeln 1201 und 1202 [R4],
- BMI-Richtlinie (Anforderungen an Sicherheitspezifikationen) [R9],
- BMI-Richtlinie (Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten) [R21],
- BMU-Richtlinie für den Fachkundenachweis von Forschungsreaktorpersonal [R22],
- BMU, Erläuterungen zu den Meldekriterien für meldepflichtige Ereignisse in Anlagen zur Spaltung von Kernbrennstoffen für die Anwendung in Forschungsreaktoren (Stand: 17.11.1992), Anlage zum BMU-Rundschreiben vom 08.08.1994 an den Verteiler des Hauptausschusses des Länderausschusses für Atomkernenergie [R23] und
- RSK, Stellungnahme „Bedeutung, Inhalt und Umfang von Notfallhandbüchern in Kernkraftwerken“, Anlage 1 zum Ergebnisprotokoll der 244. RSK-Sitzung am 24.05.1989 [R24].

5 **Vorgehensweise**

5.1 **129. Sitzung des Ausschusses am 06.12.2000**

Der Ausschuss wurde auf seiner 129. Sitzung am 06.12.2000 vom der Genehmigungsbehörde (BStMLU) über den vorgesehenen Regelungsinhalt der 3. Teilgenehmigung für den FRM-II informiert. Mit dem vorliegenden Genehmigungsbescheid/Entwurf soll genehmigt werden:

- der Einsatzes des Brennelements,
- der Umgangs mit radioaktiven Stoffen,
- die Ableitung radioaktiver Stoffe mit Fortluft und Abwasser,
- die nuklearen Inbetriebsetzung der Anlage und
- der bestimmungsgemäße Betrieb.

Der Antragsteller TUM gab einen Überblick über den Inhalt des BHB [B5]. Danach sei das BHB des FRM-II nach den Vorgaben der KTA-Regel 1201, Fassung 6/98, erstellt und an die Besonderheiten des Forschungsreaktors wie

- Hochschul- und Forschungseinrichtung,
 - Reaktorzyklen im häufigen Wechsel mit Stillstandszeiten,
 - experimentelle Einrichtungen im Reaktorbecken,
 - Strahlenschutz auch an wissenschaftlichen Instrumenten,
 - wissenschaftlicher Besucherbetrieb und
 - wissenschaftliche Instrumente mit Experimentierbetrieb
- angepasst worden. Alle SSP des BHB seien fertig erstellt und gutachterlich bewertet worden.

Zur Schichtbesetzung nach der Warten- und Schichtordnung erläuterte der Antragsteller, dass zur Berücksichtigung der spezifischen Besonderheiten des FRM-II (BHB Teil 6: Experimentelle Einrichtungen) drei Anlagenzustände unterschieden werden:

- Für die Zustände „Reaktor im Leistungsbetrieb“ und „Nachkühlphase“ ist die Reaktorbetriebsschicht mit dem diensthabenden Schichtleiter und zwei Reaktorfahrern verantwortlich.
- Der Betrieb im Anlagenzustand 3 „Reaktor länger als drei Stunden abgeschaltet“ wird von der Reaktorkontrollschicht mit dem diensthabenden Schichtleiter (oder seinem Vertreter) und mit einem Reaktorfahrer durchgeführt.

Der TÜV Süddeutschland berichtete dem Ausschuss als Gutachter der Genehmigungsbehörde. Er stellt folgendes fest :

- Grundsätze des Betriebsreglements:

Die Führung und der Betrieb der Anlage erfolgt nach BHB, die Sicherheitspezifikationen (SSP) zur 3. TG wurden geprüft. Der Teil 4 (Betrieb der Systeme) liegt derzeit teilweise im Entwurf vor und wird im Rahmen der kalten Inbetriebsetzung fortgeschrieben. Die wiederkehrenden Prüfungen werden auf Basis der Prüfliste im Prüfhandbuch durchgeführt.

- Betriebshandbuch (BHB):

Die Gliederungen und die Inhalte des BHB entsprechen der KTA-Regel 1201. Zusätzlich gibt es im BHB Teil 1 eine Abfall- und Freigabeordnung und wegen der spezifischen Besonderheiten des FRM-II die Betriebsordnung für die experimentelle Nutzung sowie den BHB Teil 6: Experimentelle Einrichtungen. Hinweise aus RSK-Beratungen (1998) z. B. zur Reststoff- und Freigabeordnung wurden berücksichtigt.

- BHB Teil 2, Betrieb der Gesamtanlage

- Voraussetzungen und Bedingungen für den Betrieb:

Die Auflagen aus den Genehmigungsbescheiden wurden berücksichtigt. Über die KTA-Regel 1201 hinaus sind intern gültige, übergeordnete Festlegungen für alle Betriebszustände beschrieben.

- Sicherheitstechnische Grenzwerte:

Neben den üblichen Grenzwerten wurden spezifische Grenzwerte für die experimentellen Einrichtungen (z. B. Barrierenüberwachung, Heiße und Kalte Neutronenquelle, Ortsdosisleistung an den Abkling- und Empfangsstationen der Rohrpostanlagen) festgelegt.

- Meldekriterien:

Die Meldekriterien entsprechen grundsätzlich der Atomrechtlichen Sicherheitsbeauftragten- und Meldeverordnung, wobei nicht zutreffende Kriterien gestrichen wurden. FRM-II-spezifische Erläuterungen zur Anwendung der Meldekriterien wurden ergänzt.

- BHB Teil 3, RESA-Ereignisse und Störfälle

Bei EVI-Ereignissen sind alle zur Reaktorschnellabschaltung (RESA) führenden Abläufe beschrieben; weitere Störungen werden im BHB Teil 5 über Gefahrenmeldungen Klasse II oder I berücksichtigt. Die Anlagenspezifika in Bezug auf die Anreesignale und Schutzaktionen sind vollständig berücksichtigt.

Die Auslegungsstörfälle einschl. Störungen, die zur RESA führen, sind vollständig beschrieben. Die Angaben zur Erkennung, zu den Folgen und zu den Schutzmaßnahmen sind ereignisorientiert dargestellt, wobei FRM-II-Besonderheiten (z. B. Moderatorsystem und Konverterplattenanordnung) berücksichtigt wurden.

Für EVA-Ereignisse liegen Strategiepapiere vor; die Beschreibung der anlageninternen Notfallschutzmaßnahmen steht noch aus.

- Prüfhandbuch (PHB):

Die Prüfliste des PHB liegt vor; sie enthält die erforderlichen Angaben zu Prüfgegenstand, Prüfort, Prüfumfang, Prüfintervall und Anlagenzustand bei der Prüfung. Die Prüfanweisungen stehen noch aus; sie sind dem Sachverständigen vor der ersten wiederkehrenden Prüfung vorzulegen.

Zusammenfassend stellte der Gutachter fest, dass die Sicherheitspezifikationen mit positivem Ergebnis geprüft wurden. Das BHB entspricht den Anforderungen der KTA-Regel 1201, wobei die Anlagenspezifika richtig und vollständig berücksichtigt wurden. Die Prüfliste enthält die sicherheitstechnisch erforderlichen wiederkehrenden Prüfungen.

Die GRS hat die Beratungsunterlagen [B1], [B3], [B4] und [B5] zur fachlichen Unterstützung der RSK aufbereitet. Über die Ergebnisse wurde dem Ausschuss auf der 129. Sitzung berichtet. Die GRS stellt fest [E5]:

a) Zum Schichtwechsel

In der Warten- und Schichtordnung steht die Forderung: „Jeder abzulösende Schichtangehörige darf seinen Arbeitsplatz erst verlassen, wenn die Übergabe ordnungsgemäß erfolgt ist. Die Verantwortung für den Anlagenbetrieb bleibt bis zum Ende der Übergabe bei der übergebenden Schicht. Die Schichtübergabe hat so zu erfolgen, dass die nachfolgende Schicht den Reaktorbetrieb oder die Kontrolle des abgeschalteten Reaktors vollwertig weiterführen kann. Dazu sind vor allem zu besprechen ...“

Die GRS schlägt vor, zusätzlich die Informationspflicht der ablösenden Schicht festzulegen.

b) Zum Verhalten bei Abweichungen und zur Verantwortung des Schichtleiters

In der Warten- und Schichtordnung gibt es die Regelungen:

- 7.2 (2) Bemerkt ein Mitarbeiter der Reaktorschicht das Auftreten einer Abweichung, so hat er selbständig zu entscheiden, ob er sofort handeln muss oder ob er einen Vorgesetzten informieren kann.
- 7.3 (4) Erzwingt das Betriebsgeschehen eine sofortige Abweichung vom BHB, so hat der Mitarbeiter, in dessen Tätigkeitsbereich dies auftritt, die Abweichung sicherheitstechnisch zu bewerten und schutzzielorientiert in dem Umfang zu handeln, der unmittelbar erforderlich ist.

Die GRS ist der Auffassung, dass grundsätzlich der Schichtleiter informiert werden und dann entscheiden muss. Hierzu verweist die GRS auf die Regelungen im Abschnitt 4 und 6 der „Richtlinie für das Verfahren zur Vorbereitung und Durchführung von Instandsetzungsarbeiten und Änderungsarbeiten in Kernkraftwerken“.

c) Zum Verfahren für die Durchführung von Instandsetzungsarbeiten und Änderungsarbeiten:

Nach dem Verfahrensschema der „Richtlinie für das Verfahren zur Vorbereitung und Durchführung von Instandsetzungsarbeiten und Änderungsarbeiten in Kernkraftwerken“ ist nach Fertigmeldung der Arbeiten und Normalisierung

- die Funktionsfähigkeit nachzuweisen und danach
- die Betriebsbereitschaft herzustellen.

Die GRS ist der Auffassung, dass diese Punkte für den FRM-II im Ablaufschema ergänzt werden sollten.

Im Rahmen der Diskussion der vorstehenden Berichte wurden folgende Ergänzungen zu Einzelpunkten vortragen:

- (1) Im Zusammenhang mit der Darstellung des Organisationsschemas erläutert der Antragsteller, dass jeder der beiden Direktoren (Technischer Direktor, Wissenschaftlicher Direktor) zwar seinen eigenen

Verantwortungsbereich habe, dass aber sämtliche Freigaben z. B. nach einem Neuaufbau experimenteller Einrichtungen allein nach Zustimmung des Technischen Direktors erfolgen. Ebenso unterstehe der Strahlenschutzbeauftragte zwar formal dem Technischen Direktor, hinsichtlich der Wahrnehmung seiner fachlichen Aufgaben sei er von diesem jedoch unabhängig und unterstehe allein der Leitung der TUM.

- (2) Im Zusammenhang mit dem Räumungsalarm im Brandfall stellt der Antragsteller klar, dass auch der Schichtleiter allein die Räumung anordnen darf. Die Einbeziehung der Feuerwehr der TUM sei aber insofern vernünftig, als dass diese Einsatzzentrale ständig besetzt und die Feuerwehr nach zwei Minuten vor Ort sei. Wegen der guten Kenntnis des Gebäudes und der Einweisung in die Besonderheiten des FRM-II wurde festgelegt, als Normalfall eine Räumung gemeinsam von Schichtleiter und Feuerwehr anzuordnen.
- (3) Die Information der Warte über die aktuell durchzuführenden Experimente wird nach Antragstellung in einem Gutachter-Ausschuss und an den Technischen Direktor vorbereitet. Die resultierenden Auflagen werden dem Schichtleiter und dem Strahlenschutzbeauftragten übergeben, die dann für die Freigabe und für die Betätigung der Strahlschieber zuständig sind.
- (4) Das gesamte Schichtpersonal besteht aus 21 Personen, deren Fachkunde nach den Anforderungen der geltenden „Richtlinie für den Fachkundenachweis von Forschungsreaktorpersonal“ nachgewiesen ist oder nachgewiesen wird. Die Ausbildungsunterlagen werden der Behörde zur Verfügung gestellt.
- (5) Auf Nachfrage bezüglich der Entscheidung über die sicherheitstechnische Relevanz einer Änderung verweist der Antragsteller auf eine schriftlich festgelegte Vorgehensweise, die mit der Behörde abgestimmt ist. Diese wiederum schalte den Gutachter ein, was letztlich dem auch in Kernkraftwerken üblichen Verfahren entspreche.
- (6) Das BfS weist auf die Berücksichtigung des gültigen Meldeformulars (Stand 12/92) hin. Außerdem sei eine Beckenwasserleckage von $< 0,1$ l/s als N-Ereignis meldepflichtig. Der Antragsteller verweist auf die Unterschiede zwischen D_2O - und H_2O -Leckagen.
- (7) Der Gutachter hat die Ergonomie des BHB nicht explizit, sondern innerhalb des durch die bayerischen Kernkraftwerke aufgespannten Rahmens bewertet. Eine tiefergehende Untersuchung sei nicht vorgesehen. Die Behörde ergänzt, dass sie eine eigene Überprüfung der Ergonomie des BHB durchgeführt und die Ergebnisse in der Würdigung des Genehmigungsbescheides explizit berücksichtigt habe.
- (8) Der Ausschuss weist darauf hin, dass nicht alle Maßnahmen bei Störungen eindeutig sicherheitsgerichtet sind. Dieser Gesichtspunkt ist bei der Bewertung des GRS-Berichts zu berücksichtigen.

- (9) Die Genehmigungsbehörde erklärt, dass sich nach ihrer Prüfung für die vom Ausschuss REAKTORBETRIEB zu beratenden Themen keine neuen Erkenntnisse hinsichtlich des Standes von Wissenschaft und Technik gegenüber der 1. und 2. TG ergeben hätten.

5.2 130. Sitzung des Ausschusses am 15.02.2001

Auf der 130. Sitzung am 15.02.2001 wurde ein erster Entwurf für eine Stellungnahme erörtert. Im Rahmen der Anhörung werden der Antragstellerin Fragen zu den noch nicht vorliegenden Notfallprozeduren, zur Warten- und Schichtordnung und zur Instandhaltungs- und Änderungsordnung gestellt. Diese Fragen werden von der Antragstellerin mit folgenden Erklärungen beantwortet:

- Die Notfallmaßnahmen und die Notfallprozeduren sind ein Teil des Betriebshandbuchs. Sie werden zur Begutachtung und Genehmigung möglichst bald vorgelegt.
- In der Warten- und Schichtordnung und in der Instandhaltungs- und Änderungsordnung werden die von der GRS auf der 129. Sitzung vorgetragene Punkte berücksichtigt. Für diese Textstellen werden die entsprechenden aktuellen Regelungen für Kernkraftwerke übernommen.

Zu diesen Punkten wurden von der Genehmigungsbehörde zusätzliche Unterlagen angekündigt.

Der BMU bat den Ausschuss bei seinen Beratungen auch die Frage zu behandeln, ob bei auslegungüberschreitenden Ereignissen die Warte mit Personal besetzt bleiben sollte und ob sich ggf. daraus zusätzliche Anforderungen an die Wartenauslegung, z. B. für die Filterung der Wartenluft, ergeben. Dabei sollen anlageninterne und externe Ereignisse, z. B. Freisetzung von Radioaktivität aus benachbarten Anlagen, berücksichtigt werden.

5.3 132. Sitzung des Ausschusses am 30.05.2001

Zur 132. Sitzung am 30.05.2001 lagen ein überarbeiteter Entwurf für eine Stellungnahme und die von der Genehmigungsbehörde auf der 130. Sitzung angekündigten Unterlagen [C1], [C2] zur Beratung vor. Diese Unterlagen sind in der Anlage 6 dieser Stellungnahme unter Punkt C „Zusätzliche Unterlagen der Antragstellerinnen, die von der Genehmigungsbehörde nach der Vorlage des Genehmigungsbescheids/Entwurf in das Genehmigungsverfahren eingeführt wurden“ aufgelistet. Die Genehmigungsbehörde hat bestätigt, dass diese Unterlagen im Genehmigungsverfahren mit positiven Ergebnis überprüft wurden [D1].

Der Gutachter berichtet, dass mit den vorgelegten Unterlagen die Überarbeitungshinweise des Ausschusses zur Warten- und Schichtordnung sowie zur Instandhaltungs- und Änderungsordnung - durch Angleichung der Ordnungen an die Festlegungen für Konvoianlagen - berücksichtigt seien. Die Notfallschutzmaßnahmen seien

in [C1] vollständig beschrieben. Sie seien sicherheitsgerichtet, hätten keine Rückwirkungen auf die sicherheitstechnisch wichtigen Funktionen der Anlage und seien in einfacher Weise ausführbar.

Zum Thema Wartenbesetzung bei auslegungüberschreitenden Ereignissen wird von den Antragstellerinnen ausgeführt, dass die erforderlichen Schutzmaßnahmen automatisch durchgeführt werden und kein Personal auf der Warte erfordern würden. Davon unabhängig seien die Gebäude so ausgelegt und angeordnet, dass bei einem Flugzeugabsturz oder bei einem Erdbeben mindestens eine Warte verfügbar sei. Für das Reaktorgebäude ist der Nachweis geführt worden, dass es den Belastungen bei einer Druckwelle gemäß der BMI-Richtlinie [R25] standhält. Hinsichtlich der Einrichtungen des Reaktorgebäudes ist für die FRM-II-spezifische Druckwellenbelastung gutachterlich bestätigt worden, dass bei dieser Beanspruchung die Nachwärmeabfuhr- und Aktivitätsrückhaltesysteme verfügbar bleiben, da ihre Auslegung gegen das Bemessungserdbeben die Belastungen aus der FRM-II-spezifischen Druckwelle abdeckt [B8]. Damit sei nach einer Druckwellen-Beanspruchung sichergestellt, dass die für die mittel- und langfristige Sicherheitsbeurteilung der Anlage und der Umgebung benötigten Anlagendaten zur Verfügung stehen oder beschafft werden könnten. Formal sei ein konkreter Nachweis zur Verfügbarkeit von sicherheitstechnisch wichtigen Anlagendaten nach einer Druckwellen-Beanspruchung nicht geführt worden.

Die Geschäftsstelle berichtet, dass - nach dem derzeitigen Entwurf der SSK-Stellungnahme - bei Störfällen in benachbarten Anlagen, speziell im Institut für Radiochemie der TUM, eine Meldung an die Warte des FRM-II erfolgen solle.

Der Ausschuss stellt fest, dass mit der Anhörung und den nachgereichten Ergänzungen und Änderungen zur Warten- und Schichtordnung sowie zur Instandhaltungs- und Änderungsordnung die auf der 129. Sitzung von der GRS vorgetragene Punkte geklärt sind. Zu den Meldekriterien, zum nachgereichten BHB-Kapitel „Notfallschutzmaßnahmen“ und zum Thema „Wartenbesetzung bei auslegungüberschreitenden Ereignissen“ ergibt die Beratung offene Punkte, die im folgenden Abschnitt 6 dieser Stellungnahme bewertet werden.

Zu den Meldekriterien wird von den Antragstellerinnen auf der 132. Sitzung eine Absenkung der Meldeschwelle für Leckagen an beckenwasserführenden Systemen und Komponenten auf 0,01 L/s (bisher 0,1 L/s) angekündigt. Nach der 132. Sitzung wurde ein entsprechend überarbeiteter Entwurf der Meldekriterien der Genehmigungsbehörde zur Prüfung vorgelegt [D2].

6 Bewertung

Die Beratungsergebnisse des Ausschusses REAKTORBETRIEB zu den im Abschnitt 1 aufgeführten Beratungsthemen sind nachstehend zusammengefasst.

6.1 Betriebshandbuch (BHB)

Der Ausschuss hat den Entwurf des Betriebshandbuchs [B5], die zugehörigen Ausführungen im Entwurf des Genehmigungsscheids [B1] und im Gutachten [B3] beraten und unter Berücksichtigung der im Abschnitt 5 dargestellten Ergebnisse der Anhörung geprüft, ob der Aufbau und der Inhalt des Betriebshandbuches dem derzeitigen Stand von Wissenschaft und Technik entspricht.

Der Ausschuss stellt fest, dass

- mit den im Abschnitt 6.1.1 erläuterten Einschränkungen und
- nach Umsetzung der angekündigten Absenkung der Meldeschwelle für Leckagen an beckenwasserführenden Systemen und Komponenten auf 0,01 Liter/Sekunde und
- unter Berücksichtigung der nachgereichten Unterlagen [C1], [C2]

der Aufbau und der Inhalt der vorliegenden Teile des Betriebshandbuches den Anforderungen der KTA-Regel 1201 [R4] und der BMI-Richtlinie [R9] entspricht, soweit sie für einen Forschungsreaktor anwendbar sind. Mit den Festlegungen zu den experimentellen Einrichtungen werden die speziellen Gegebenheiten des FRM-II anforderungsgerecht berücksichtigt.

Zu den im Abschnitt 1 genannten Einzelpunkten (Unfallverhütungsvorschriften, Alarmordnung, Schichtpersonal) stellt der Ausschuss fest:

- Die Unfallverhütungsvorschriften sind entsprechend den Ausführungen zur Instandhaltungs- und Änderungsordnung sowie zur Erste-Hilfe-Ordnung im Abschnitt 2 dieser Stellungnahme ausreichend berücksichtigt.
- Die Alarmordnung ist ausreichend konkretisiert und erfüllt die Anforderungen der KTA-Regeln 1201 und 3901 [R4].
- Das gesamte Schichtpersonal besteht aus 21 Personen, deren Fachkunde nach der geltenden Richtlinie [R22] nachgewiesen ist oder nachgewiesen wird. Die festgelegte Mindestbesetzung
 - ein Schichtleiter und zwei Reaktorfahrer für die Zustände „Reaktorleistungsbetrieb“ und „Nachkühlphase“ und
 - ein Schichtleiter (oder sein Vertreter) und ein Reaktorfahrer für den Anlagenzustand „Reaktor länger als drei Stunden abgeschaltet“,

ist unter Berücksichtigung der Besonderheiten des FRM-II bei den o.g. Anlagenzuständen ausreichend.

6.1.1 Notfallmaßnahmen

Der Ausschuss hat das nachträglich vorgelegte Kapitel 4 „Notfallmaßnahmen“ [C1] zum Teil 3 des BHB (RESA-Ereignisse und Störfälle) unter Berücksichtigung der im Abschnitt 5.3 dargestellten Ergebnisse der Anhörung beraten und geprüft, ob die Darstellung der Notfallmaßnahmen die Anforderungen der RSK [R24] erfüllen und damit dem derzeitigen Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen.

Als Ergebnis seiner Prüfung stellt der Ausschuss fest, dass bei der Beschreibung der Notfallmaßnahmen für

- den Moderatorablass,
- das Abschalten von Zu- und Abluft Kontrollbereich,
- die Beckenwassernoteinspeisung/Kernnotentladung und
- die Zuschalten der 400 Volt Versorgung,

hinsichtlich Zielvorgabe, Einleitungskriterien und Durchführung die Anforderungen der RSK [R24] angemessen berücksichtigt wurden. Dagegen fehlen gemäß den Anforderungen [R24] ausreichende Festlegungen zum Übergang von der Störfallbeherrschungsmaßnahme zur Notfallmaßnahme sowie Informationen zum Zeit- und Personalbedarf und zu Karenzzeiten und zur angestrebten Wirksamkeit (Wirksamkeitsbedingungen). Entnahmeexemplare fehlen ebenfalls. Weiterhin ist nach der Auffassung des Ausschusses die für das BHB gewählte Anordnung der Notfallmaßnahmen unter der Überschrift „RESA-Ereignisse und Störfälle“ nicht sinnvoll.

Im Zusammenhang mit dem Thema Wartenbesetzung bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen ist ergänzend zu den vorgelegten Unterlagen noch darzulegen, wie mittel- und langfristig nach dem Auftreffen einer „Explosionsdruckwelle“ sichergestellt ist, dass für die dann erforderliche mittel- und langfristige Sicherheitsbeurteilung der Anlage und der Umgebung die benötigten Anlagendaten zur Verfügung stehen oder beschafft werden können. Ansonsten ist die vorgesehene Wartenbesetzung ausreichend.

Bezüglich der Auswirkungen von Ereignissen mit Freisetzung radioaktiver Stoffe aus benachbarten Anlagen verweist der Ausschuss auf die Beratungsergebnisse der SSK.

Zusammenfassend stellt der Ausschuss unter Verweis auf die vorstehenden Ausführungen fest, dass der Aufbau und der Inhalt des BHB (incl. Notfallmaßnahmen) - bis auf die o. g. Punkte - dem Stand von Wissenschaft und Technik entspricht.

6.2 Prüfhandbuch (PHB)

Der Ausschuss hat den Entwurf des Prüfhandbuchs [B4], die zugehörigen Ausführungen im Entwurf des Genehmigungsscheids [B1] und im Gutachten [B3] beraten und unter Berücksichtigung der im Abschnitt 5 dargestellten Ergebnisse der Anhörung geprüft, ob der Aufbau und der Inhalt des Prüfhandbuchs dem derzeitigen Stand von Wissenschaft und Technik entspricht.

Der Ausschuss stellt fest, dass der Aufbau und der Inhalt des Prüfhandbuchs den Anforderungen der KTA-Regel 1202 [R4] und der BMI-Richtlinie [R9] entspricht. In den Gutachtensbedingungen ist festgelegt, dass spätestens sechs Wochen vor der ersten wiederkehrenden Prüfung gemäß der in Teil 1 des PHB enthaltenen Prüfliste die jeweilige Prüfanweisung zur Prüfung vorzulegen ist.

Anhang 4: Beratungsergebnisse des Ausschusses

ELEKTRISCHE EINRICHTUNGEN

**Neuer Forschungsreaktor München (FRM-II)
Errichtung und Inbetriebsetzung der elektro- und leittechnischen Einrichtungen
Beratungsergebnisse**

- 1. Beratungsauftrag**
- 2 Sachverhalt**
- 3 Erkenntnismittel**
- 4 Bewertungsmaßstäbe**
- 5 Vorgehensweise**
- 6 Sicherheitstechnische Bewertung des Sachverhalts**
- 7 Schlussfolgerung**

1. Beratungsauftrag

Das BMU hat die RSK mit Schreiben AG RS I 4 – 14 001/1 vom 25.08.2000 [A1] und AG RS I 4 – 14001/1 vom 11.09.2000 [A2] um Beratung des Entwurfs der 3. TG [B1] zum Betrieb des FRM-II gebeten. Die RSK soll prüfen, ob der derzeitige Stand von Wissenschaft und Technik gewährleistet ist. Weiterhin soll geprüft werden, ob die bereits in den ersten beiden TG behandelten Aspekte aufgrund neuer Erkenntnisse wieder aufzugreifen sind . Insgesamt wird um eine diesbezügliche Stellungnahme der RSK unter Beachtung der im Schreiben des BMU AG RS I 4 – 14138 vom 19.03.2001 [A6] aufgeführten Punkte gebeten.

In der 135. Sitzung am 21.02.2001 bat das BMU den Ausschuss außerdem zu prüfen, ob die nach der 2. TG durchgeführten Änderungen sicherheitstechnisch relevant sind.

Beratungsumfang

Gemäß dem Entwurf des Genehmigungsbescheids zur 3. TG [B1] ist nach Ansicht des BStMLU die nach Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch die im Umfang dieser TG enthaltenen Anlagenteile und den Betrieb der Anlage bei Einhaltung der Bestimmungen des Bescheids und der Bestimmungen der 1. TG und 2. TG getroffen. Diese Bewertung des BStMLU stützt sich u. a. auf die Ergebnisse der im Rahmen der Entscheidung über die Erteilung der 1. TG und 2. TG durchgeführten Prüfungen.

Die Errichtung und Inbetriebsetzung (nichtnuklear) der elektro- und leittechnischen Einrichtungen waren Gegenstand der 2. TG. In dem Genehmigungsentwurf zur 3. TG wird hinsichtlich der elektro- und leittechnischen Einrichtungen – neben der Einhaltung der Bestimmungen der 1. TG und 2. TG - nur auf deren abschließende Prüfungen im Rahmen der nuklearen Inbetriebsetzung hingewiesen. Die nukleare Inbetriebsetzung schließt an die mit der 2. TG genehmigte nichtnukleare Inbetriebsetzung an, die mit einem sogenannten Verbundbetrieb aller Systeme und den sicherheitstechnischen Nachweisen endet.

Aus den vorgenannten Gründen bezieht sich der Beratungsumfang für den Ausschuss auf folgende Gesichtspunkte:

- Vollständigkeit der zur 1. und 2. TG durch den RSK-Ausschuss EE beratenen Themen,
- Gültigkeit der für die ersten beiden TG herangezogenen Bewertungsmaßstäbe,
- Beachtung bzw. Umsetzung der Hinweise aus den Beratungen der RSK in der Ausführung,
- sicherheitstechnischen Relevanz von Änderungen gegenüber der 2. TG und
- durchgeführten Prüfungen der Sicherheitsleittechnik.

2 Sachverhalt

2.1 Allgemein

Zur 1. TG für den Forschungsreaktor München II (FRM-II) haben die Reaktor-Sicherheitskommission (RSK) und die Strahlenschutzkommission (SSK) am 27.09.1995 eine gemeinsame Empfehlung zum Standort, zum Sicherheitskonzept und zu den strahlenschutztechnischen Aspekten des FRM-II abgegeben [E14].

Für den FRM-II wird für das Reaktorschutzsystem das digitale Leittechniksystem TELEPERM XS (TXS) eingesetzt. Die Sicherheitsleittechnik des FRM-II umfasst die Leittechnik des Sicherheitssystems und andere Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung. Die Sicherheitsleittechnik beinhaltet Leittechnik-Funktionen, die bei Störungen und Störfällen Schutzaktionen ausführen, sicherheitstechnisch wichtige Einrichtungen überwachen und steuern sowie wichtige Prozessgrößen beeinflussen. Die sicherheitstechnisch wichtigen Leittechnik-Funktionen werden vom Reaktorschutzsystem übernommen. Darüber hinaus ist eine Störfallinstrumentierung aufgebaut. Begrenzungen sind nicht vorhanden.

Hierzu wurden im Rahmen der Beratungen zur 2. TG die entsprechenden Unterlagen eingereicht und in der 110. Sitzung und 111. Sitzung am 25.03.1997 und 19.06.1997 vom Ausschuss ELEKTRISCHE EINRICHTUNGEN behandelt. Wegen des erstmaligen Einsatzes der digitalen Leittechnik im

Reaktorschutzsystem in einer deutschen kerntechnischen Anlage wurden umfangreiche Überprüfungen durchgeführt [E15, E16, E17], die auch Gegenstand der Beratungen waren. Darüber hinaus wurden vom Ausschuss detaillierte Fragen (Fragenliste 1 [E16]) zu Eignung und Funktionsweise der Einrichtungen des Reaktorschutzsystems gestellt zu denen Antragsteller und Gutachter Stellungnahmen abgegeben haben.

Der Beratungsumfang des RSK-Ausschusses ELEKTRISCHE EINRICHTUNGEN bezog sich auf die in Kapitel 7 „Elektrische Einrichtungen des Sicherheitssystems und der anderen Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung“ in Abschnitt 7.3 „Sicherheitsleittechnik“ definierten Anforderungen an die Entwicklung von Hard- und Softwaresystemen im Bereich digitaler Sicherheitsleittechnik /R26./.

Die Ergebnisse der Beratungen des Ausschusses ELEKTRISCHE EINRICHTUNGEN wurden in der Empfehlung der RSK und SSK zur 2. TG zusammengefasst [E2]. Insgesamt kamen die RSK und SSK zu dem Ergebnis, dass sie gegen die vorgesehenen Auslegungen, Ausstattungen und Maßnahmen - unter Berücksichtigung der in der Empfehlung festgehaltenen Hinweise - keine sicherheitstechnischen bzw. radiologischen Bedenken haben.

Aus den beiden Empfehlungen der RSK und SSK zur 1. und 2. TG [E14, E2] resultieren Forderungen der RSK bzgl. der Auslegung der elektrischen Einrichtungen und der Sicherheitsleittechnik [E18], die zusammenfassend, auch als Gutachtensbedingungen im TÜV-Gutachten [B8] enthalten sind und soweit zum Zeitpunkt der 2. TG noch nicht abgearbeitet als Nebenbestimmungen im Genehmigungsbescheid des Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen [B18] aufgeführt sind:

- Wegen des niedrigen Spannungsniveaus digitaler Leittechnik ist ein ausreichender Schutz gegenüber Störfalleinflüssen sicherzustellen.
- Die Notstromversorgung ist so auszulegen, dass die Stromversorgung der Störfallinstrumentierung über zehn Stunden aufrechterhalten wird.
- Nach Installation der Leittechnik soll das anforderungsgerechte Verhalten des integrierten Hard- und Softwaresystems validiert werden. Für alle Leittechnik-Funktionen sind die erforderlichen Antwortzeiten der Sicherheitsleittechnik anzugeben.
- Es ist entweder eine diversitäre Anregung des Lüftungstechnischen Gebäudeabschlusses oder eine diversitäre Realisierung der Messkanäle zur Erfassung der Prozessvariablen vorzunehmen.
- Falls ein bidirektionaler Datenaustausch über das Gateway und den Paketfilter mit der Betriebsleittechnik nicht ausgeschlossen werden kann, ist eine Manipulation dieser Rechner wirksam zu verhindern.

Zu den Beratungen zur 3. TG für den Forschungsreaktor München II (FRM II) aufgrund des Beratungsauftrags des BMU [A1] wurde vom Ausschuss der Beratungsumfang aus der 110. und 111.

Sitzung hinsichtlich Vollständigkeit und möglicher Abweichungen vom Stand von Wissenschaft und Technik geprüft.

Die GRS wurde hierzu hinzugezogen und berichtete über die Ergebnisse ihrer Überprüfung zur Ermittlung des derzeitigen Standes von Wissenschaft und Technik und legte die Unterschiede zu den zum Zeitpunkt der Begutachtung gültigen Bewertungsmaßstäbe für die elektrischen und leittechnischen Einrichtungen dar [E8, E19]. Weiterhin wurden Antragsteller und Gutachter über die Umsetzung der RSK-Forderungen, die Maßnahmen zur Umsetzung der Gutachtensbedingungen aus dem TÜV-Gutachten und Nebenbestimmungen aus dem Genehmigungsbescheid zur 2. TG sowie über weitere in einer detaillierten Fragenliste (Fragenliste 2 [E20]) des Ausschusses zusammengefassten Aspekte angehört [D15 – D17].

Im Rahmen der weiteren Beratung wurden folgende zwei Themenbereiche ergänzend behandelt:

1. Die durchgeführten Prüfungen der Sicherheitsleittechnik,
2. Abarbeitung der noch ausstehenden abschließenden Prüfungen im Rahmen der Inbetriebnahme.

Zum Themenbereich Prüfungen der Sicherheitsleittechnik hatte der Ausschuss daher um die Übersendung vorliegender Antrags- bzw. Ausführungsunterlagen (Antragsteller) und der Prüfergebnisse (Sachverständiger), und für den Themenbereich der Abarbeitung noch ausstehender Prüfungen und der Ergebnisse der Prüfungen um zeitnahe Unterrichtung gebeten (Fragenliste 3 [E21]). Die für die Bewertung zur 3. TG relevanten Unterlagen sind dem Ausschuss zugegangen [D18 –D21].

2.2 Überprüfung der Gültigkeit der für die ersten beiden TG herangezogenen Bewertungsmaßstäbe durch die GRS

Im Auftrag des BMU hat die GRS geprüft, inwieweit sich die für die ersten beiden TG herangezogenen Bewertungsmaßstäbe heute noch aktuell sind [E8, E19]. Die GRS hat diese Überprüfung in Bezug auf Änderungen des kerntechnischen Regelwerkes und RSK-Leitlinien durchgeführt, die für die Elektro-und Leittechnik von Bedeutung sind.

Seit der Erteilung der 2. TG. wurden die KTA-Regeln KTA 3701, KTA 3702, KTA 3703, KTA 3704 und KTA 3705 geringfügig, sowie KTA 2206 (Blitzschutz) und KTA 3502 (Störfallinstrumentierung) überarbeitet.

Bei der 37er Serie /4.14 – 4.18/ sind die Anforderungen an die Netzanschlüsse und die Batterieanlagen von Bedeutung. In KTA 3701 wird auf eine Anforderung der RSK aus dem „Abschlussbericht über die Ergebnisse der Sicherheitsüberprüfung der Kernkraftwerke in der BRD durch die RSK“ verwiesen, nach der eine weitere Netzanbindung im Rahmen des Notfallschutzes gefordert wird. Nach Auskunft der GRS gibt es beim FRM-II drei Verbindungen zum Netz.

Zu den Batterieanlagen weist die GRS darauf hin, dass in dem neugefassten Kapitel 7 der RSK-Leitlinien eine Batterieentladezeit von zwei Stunden für die Sicherheitsleittechnik gefordert wird. In KTA 3703 wird eine Entladezeit von 30 Minuten gefordert. Die verschiedenen Batterieanlagen im FRM-II haben

Mindestentladezeiten zwischen 30 Minuten und 4 Stunden. Außerdem sind sogenannte wartungsfreie Batterien vorgesehen, die nach Ansicht der GRS in den KTA-Regeln nicht behandelt werden.

Die Änderungen von KTA-Regeln /4.17; 4.18/ für die Umformer und Verteilungsnetze sind nach Auskunft der GRS gering.

Bzgl. der KTA-Regel 2206 weist die GRS darauf hin, dass besondere Festlegungen zum Schutz digitaler Leittechniksysteme nicht getroffen werden. Laut Gutachten wird für die Auslegung des Blitzschutzes für den FRM-II gefordert, dass die für die Leittechniksysteme zulässigen Spannungen eingehalten werden.

Zur KTA-Regel 3502 führt die GRS aus, dass für die elektrische Energieversorgung der Störfallinstrumentierung die Batterien für eine 2-stündige Mindestentladezeit auszulegen sind. Die GRS betont, dass sich nach ihrer Ansicht die Zuordnung der gesamten Störfallinstrumentierung des FRM-II zur Kategorie 3 der RSK-Leitlinien, wie im TÜV-Gutachten beschrieben, nicht unmittelbar aus den RSK-Leitlinien ableiten lässt.

In Bezug auf die Sicherheitsleittechnik und den Reaktorschutz führte die GRS aus, dass sich die KTA-Regel 3501 nicht geändert hat, die Weitergültigkeit der Regel wurde im Juni 2000 bestätigt. Die Anforderungen des Kapitels 7 der RSK-Leitlinien wurden bereits bei der Auslegung der Sicherheitsleittechnik des FRM II berücksichtigt.

2.3 Beantwortung der Fragen des Ausschusses

Anlässlich der Anhörung in der 135. Sitzung am 21.02.2001 wurden von den Antragsstellern zur Information des Ausschusses und zur detaillierten Beantwortung der Fragen des Ausschusses (Fragenliste 2 [E20]) folgende Aspekte dargelegt:

- Anlagenkonzept, Gebäude, räumliche Anordnung,
- Sicherheitstechnische Einrichtungen,
- Überblick über die Einrichtungen der Elektro- und Leittechnik,
- Aufbau und Funktion der Notstromversorgung,
- Aufbau der Leittechnik, Abgrenzung der Sicherheitsleittechnik,
- Auslegungsgrundlagen und –randbedingungen der Sicherheitsleittechnik,
- sicherheitstechnische Anforderungen (Auslegungsstörfälle und erforderliche Maßnahmen zur Schutzzeleinhaltung),
- Störfälle und Anregekriterien,
- Kategorisierung der Leittechnik und Funktionen der Sicherheitsleittechnik,
- Ansteuerungsebene der sicherheitstechnischen Einrichtungen,
- Warte, Instrumentierung und Störfallfolgeinstrumentierung,
- aktueller Status der Inbetriebnahme.

Der Gutachter führte im Rahmen der Anhörung aus, dass er mit Gutachten zu 2. TG geprüft hat, ob die zugrunde zu legenden sicherheitstechnischen Anforderungen unter Berücksichtigung des Standes von Wissenschaft und Technik durch Auslegung und Ausführung der elektro- und leittechnischen Systeme erfüllt sind. Die Prüfergebnisse sind in [B8] dargestellt.

Im Folgenden wird der Sachverhalt zu den detaillierten Fragen des Ausschusses (Fragenliste 2 und 3 [15,19]) aufgeführt:

Stand der Inbetriebsetzung

Der zum Zeitpunkt der 135. Sitzung aktuelle Stand der Inbetriebsetzung der Elektro-Technik, der Inbetriebsetzung und die Validierung des anforderungsgerechten Verhaltens des Reaktorschutzsystems, der Inbetriebsetzung der Reaktorschutzanregekanäle, der Inbetriebsetzung der Kommunikationsanlagen und der EMV-Prüfungen wurde durch den Antragsteller detailliert dargestellt. Dabei wurde auf die noch offenen Punkte hingewiesen [D18]. Hierzu hatte der Ausschuss bezüglich der Abarbeitung der noch ausstehenden abschließenden Prüfungen im Rahmen der Inbetriebnahme um weitere Unterlagen gebeten (Teil 2 der Fragenliste 3 [E21]). Entsprechende Prüfberichte und Stellungnahmen des Sachverständigen gingen dem Ausschuss zu [D19].

Stand der Abarbeitung bzw. Umsetzung der Gutachtensbedingungen (aus [B8])

Zum Stand der Abarbeitung der im Gutachten des TÜV Süddeutschland Bau und Betrieb GmbH zur 2. TG gestellten Gutachtendbedingungen (GB) führten Antragsteller und Gutachter aus [D17, D16], dass alle GB zur E- und Leittechnik aus den Kapiteln 11 und 12 des Gutachtens vollständig und aus Kapitel 13 bis auf GB 13.1/7 erfüllt sind. Zu dieser GB liegen die Unterlagen zur Prüfung dem Gutachter vor. Die Gutachtensbedingungen bzgl. EMV und bzgl. Brandschutz sind aufgrund des derzeitigen Status der IBS noch nicht vollständig erfüllt.

Berücksichtigung der Forderungen der RSK aus den vorhergehenden Beratungen zum Themenkomplex Elektro- und Leittechnik, die durch Erfüllung der Nebenbestimmungen aus der 2. TG berücksichtigt sind

- **Nebenbestimmung 1.4.6.1¹**

Die von der RSK geforderte diversitäre Anregung des Lüftungstechnischen Gebäudeabschlusses oder diversitäre Realisierung der Messkanäle zur Erfassung der Prozessvariablen ([E18] entspricht GB 13.1/1 und Nebenbestimmung 1.4.6.1 der 2.TG) wurde gemäß Aussage der Antragsteller [D17] durch den Einsatz diversitärer Gerätetechnik in den Messkanälen für die Messwertverarbeitung erfüllt. Der Gutachter bestätigte

¹ NB 1.4.6.1: Es ist dafür Sorge zu tragen, dass die Messwertverarbeitung der Gamma-Dosisleistungsmessungen am Primär-Kühlsystem und über dem Reaktorbecken in diversitärer Gerätetechnik erfolgt .

diese Umsetzung [D16]. Für die Gammadosisleistung am Beckenrand werden Geräte der Firma Siemens und für die N16-Aktivität im Primärkreislauf werden Geräte der Firma Merlin Gerin eingesetzt.

- **Nebenbestimmung 1.4.6.2²**

Die RSK-Forderung, dass, sofern ein bidirektionaler Datenaustausch zwischen der Sicherheitsleittechnik und der Betriebsleittechnik über das Gateway nicht ausgeschlossen werden kann, eine Manipulation dieses Rechners wirksam zu verhindern ist ([E17] entspricht GB 13.1/4-6 und Nebenbestimmung 1.4.6.2 der 2. TG) ist durch folgende Maßnahmen realisiert worden [D16, D17]:

- Einsatz eines Paketfilters zwischen Reaktorschutzsystem und Betriebsleittechnik,
- Verlagerung des Servicerechners, Gateway und Paketfilter in einer vom Gatewayrechner getrennten Hardware-Einheit von der Warte in den gesicherten Bereich (Reaktorschutzraum) und
- Restriktive Parametrierung des Gatewayrechners, wobei das TCP/IP aus dem Betriebssystem entfernt wurde.

Gemäß Gutachter sei dadurch nur die Datenübertragung vom Reaktorschutz auf die Betriebsleittechnik möglich. Eine Signalübertragung von der Betriebsleittechnik zur Sicherheitsleittechnik sei nicht möglich. Dazu wurden Zugriffsverriegelungen über das Gateway und Paketfilter realisiert. Das Paketfilter, das sich zwischen der betrieblichen Leittechnik und dem Gateway befindet, ist so konzipiert, dass es nur lokal über die serielle Schnittstelle konfiguriert werden kann. Eine Fernkonfigurierbarkeit sei laut Gutachter nicht möglich. Das UNIX-Betriebssystem des Gateway ist so verändert worden, dass keine TCP/IP-Funktionalität mehr vorhanden ist. Dies wurde anhand der Dokumentation der Konfiguration des Gatewayrechners nachgewiesen. Somit wird verhindert, über andere Netzwerke Zugang zur Sicherheitsleittechnik zu erhalten. Paketfilter und Gateway sind in verschiedenen Geräten realisiert (siehe auch „Security-Maßnahmen“).

- **Validierung des anforderungsgerechten Verhaltens des integrierten Hard- und Softwaresystems**

Zur RSK-Forderung, Validierung des anforderungsgerechten Verhaltens des integrierten Hard- und Softwaresystems nach Installation der Leittechnik weist der Antragsteller auf den anlagenspezifischen Systemtest und die Prüfungen der Schnittstellen zur Anlage im Rahmen der IBS hin [D19]. Die Validierung erfolge in den Teilschritten:

- Prüfungen im Prüffeld (abgeschlossen),

² NB 1.4.6.2: Es ist dafür Sorge zu tragen, dass dem Gatewayrechner zwischen Sicherheitsleittechnik und betrieblicher Leittechnik ein externer Router vorgeschaltet wird.

- IBS-Prüfungen gemäß IBS-Programm im Rahmen der nichtnuklearen Inbetriebsetzung der Anlage (im wesentlichen abgeschlossen),
- Abschließende Prüfung im Rahmen der nuklearen Inbetriebsetzung der Anlage (steht noch aus).

Die von der RSK geforderte Ermittlung der erforderlichen Antwortzeiten für die Leittechnik-Funktionen des Reaktorschutzes erfolgte im Rahmen des anlagenspezifischen Systemtests. Der gemessene Istwert liegt nach Auskunft des Gutachters unterhalb 100 ms und unterschreitet damit den aus den Störfallanalysen resultierenden maximal zulässigen Wert von < 150 ms [D16].

Zur Beratung über die durchgeführten Prüfungen der Sicherheitsleittechnik (im Prüffeld bzw. am Aufstellungsort) bat der Ausschuss ([E21], Teil 1 der Fragenliste 3) um die Übersendung vorliegender Antrags- bzw. Ausführungsunterlagen (Antragsteller) [D19] und der Prüfergebnisse (Sachverständiger) [D18].

Gemäß Schreiben des Gutachters [D18] wurden nach Überprüfung des Konzeptes für die Inbetriebsetzung und des IBS-Programms für die Prüfungen im Prüffeld vom Hersteller Inbetriebsetzungsanweisungen vorgelegt, in denen die Testfälle im Einzelnen festgelegt und die Vorgehensweise, der Prüfgegenstand, die Prüfinhalte sowie die Sollwerte bzw. Sollzustände angegeben sind [D19, 1.1a, 1.1b]. Die Tests erfolgten, überwiegend mit Beteiligung durch den Gutachter, am vollständig installierten Gesamtsystem einschließlich der Kopplung zur Betriebsleittechnik (TELEPERM XP) im Prüffeld.

Nach Aussage des Gutachters, wurde das für das Prüffeld vorgesehene Prüfprogramm vollständig abgearbeitet und damit der erforderliche Nachweis erbracht, dass die überprüften Systemeigenschaften, Funktionen und Auslegungsgrundsätze den Anforderungen entsprechen [D16].

Bezüglich des Umfangs und der Durchführung der Prüfungen am Aufstellungsort wurde vom Hersteller ebenfalls ein IBS-Programm erstellt, in dem der Umfang der vorgesehenen Prüfungen festgelegt wurde [D19, 1.2a]. Dieses Programm wurde nach Überprüfung durch den Gutachter freigegeben. Die Prüfungen am Aufstellungsort wurden überwiegend mit Teilnahme des Gutachters durchgeführt [D19, 1.2b].

Zusammenfassend wird vom Gutachter festgestellt, dass die am Aufstellungsort durchgeführten Prüfungen in Verbindung mit den im Prüffeld durchgeführten Prüfungen, eine lückenlose Überprüfung der Sicherheitsleittechnik von der Erfassung der Prozessvariablen in der Peripherie bis zur Ansteuerung der Aktuatoren ergeben. Ergänzt werden die im Rahmen der IBS des Reaktorschutzsystems durchgeführten Prüfungen noch durch weitere integrale Prüfungen im Rahmen der Phase F2 [D19, 1.2a], die dem nuklearen Betrieb der Anlage vorgelagert ist. Diesbezüglich wurden Funktionsprüfungen für die Auslösung der RESA und des Lüftungstechnischen Gebäudeabschlusses von der Notwarte aus für das Ereignis „Ausfall der Reaktorwarte“ sowie die Reaktorabschaltung über die Neutronenflussinstrumentierung und die Auslösung der RESA von den peripheren Stellen wie Strahlrohrkonverteranlage, Beckenkronen, heiße und kalte Neutronenquelle, durchgeführt.

Nach Aussage des Gutachters sind die im Prüfprogramm spezifizierten Prüfungen am Aufstellungsort bis auf einige Messumformerprüfungen positiv abgeschlossen. Die in den Abnahmeprotokollen vermerkten Restpunkte seien hinsichtlich der Funktion bzw. grundsätzlicher Auslegungsmerkmale unbedeutend und würden sukzessive im Zuge der Abarbeitung offener Punkte erledigt. Die noch offenen Messumformerprüfungen erfolgten im April 2001.

Im Rahmen des Gutachtens zur 3. TG [B3] hat der Gutachter bzgl. der elektro- und leittechnischen Anlagenteile die Festlegungen zur nuklearen Inbetriebsetzung sicherheitstechnisch bewertet. Er hat dabei überprüft, ob die vorgesehenen Programme zur nuklearen Inbetriebsetzung, die für die sicherheitstechnisch wichtigen Komponenten, Systeme und Systembereiche erforderlichen Prüfungen zum Nachweis der ordnungsgemäßen Funktion enthalten [B3]. Durch die Nebenbestimmungen III.3.3 [B1] wird sichergestellt, dass die einzelnen IBS-Schritte nur mit behördlicher Zustimmung begonnen werden. Vorher muss nachgewiesen werden, dass die Voraussetzungen für den Beginn des nächsten IBS-Schritts erfüllt sind. Nebenbestimmung III.3.4 verlangt die lückenlose Dokumentation der IBS und des anschließenden Probetriebs der Anlage.

Der Gutachter führt aus, dass dementsprechend die RSK-Forderung [E18] „Validierung des anforderungsgerechten Verhaltens der Hard- und Software“ erfüllt sei sowie die Prüfung der Schnittstellen zur Anlage im Rahmen der IBS abgeschlossen seien.

- **Aufrechterhaltung der Notstromversorgung für die Störfallinstrumentierung über 10 Stunden**

Zur RSK-Forderung, dass die Notstromversorgung für die Störfallinstrumentierung über zehn Stunden aufrechterhalten werden muss [E18], wird vom Antragsteller und Gutachter [D16, D17] dargelegt, dass diese unterbrechungslos über Batterieanlagen mit einer Entladezeit von 30 Minuten bzw. vier Stunden versorgt werde. Die Gleichrichteranlagen dieser Batterieanlagen werden über Dieselaggregate versorgt. Somit sei die Notstromversorgung der Störfallinstrumentierung für mehr als zehn Stunden gesichert.

- **EMV**

Die RSK-Forderung, dass wegen des niedrigen Spannungsniveaus digitaler Leittechnik ein ausreichender Schutz gegenüber Störeinflüssen sichergestellt ist, wurde bzw. wird im Zuge der EMV-Prüfungen nachgewiesen.

Zur EMV-Prüfung führt der Gutachter aus, dass ergänzend zu den anlagenunabhängigen EMV-Prüfungen für die einzelnen Baugruppensysteme zur Überprüfung der gegenseitigen Beeinflussbarkeit des digitalen Leittechniksystems TELEPERM XS und der konventionellen Leittechniksysteme an konkreten anlagenspezifischen Schrankkonfigurationen EMV-Messungen im Prüffeld vorgenommen wurden. Die Messergebnisse liegen vor [D19, 1.3a]. Nach Aussage des Gutachters wurde nachgewiesen, dass keine gegenseitige Beeinflussung gegeben ist.

Für den Nachweis, dass von den in der Anlage installierten Elektroerzeugnissen keine unzulässigen Störungen auf sicherheitstechnisch wichtige Einrichtungen ausgehen, werden, neben der Vorlage von EMV-Nachweisen für ausgewählte Geräte und Systeme, in einem der Elektronikräume in dem die Schränke des Reaktorschutzsystems aufgestellt sind, zur Bestimmung der elektromagnetischen Umgebung repräsentative Messungen für leitungsgeführte und gestrahlte HF-Störgrößen durchgeführt [D19, 1.3c]. Weiterhin werden an ausgewählten Signalleitungen repräsentative Messungen der elektromagnetischen Störfestigkeit gegen Stoßspannungen (surge) und der leitungsgeführten HF-Störgrößen durchgeführt. Die einzelnen Schritte sind in der vom Gutachter geprüften IBS-Anweisung festgelegt [D19, 1.3b]. Ein Teil der Messungen wurde bereits durchgeführt, wobei die gemessenen Werte unterhalb der für die Sicherheitsleittechnik spezifizierten und zulässigen Werte lagen. Auch bei den Surge-Prüfungen wurden keine unzulässigen Beeinflussungen der Sicherheitsleittechnik festgestellt [D19, 1.3c].

Nach der Inbetriebnahme aller elektrischer Verbraucher, die als potentielle elektromagnetische Störquellen zu betrachten sind, ist vorgesehen, noch eine ergänzende Messung der leitungsgeführten HF-Störgrößen sowie nach Abschluss der Inbetriebsetzung der Messkreise der Sicherheitsleittechnik die Prüfung der Störfestigkeit gegen leitungsgeführte HF-Störgrößen durchzuführen [D18].

Erkenntnisse zur Betriebsbewährung der eingesetzten Hard- bzw. Software sowie zu Zuverlässigkeitsanalysen

Zu den bisherigen Betriebserfahrungen mit TXS zeigte der Antragsteller die bisherigen Standorte auf, in denen TXS in sicherheitsrelevanten Bereichen eingesetzt ist und erläuterte eine Ausfallstatistik mit Stand 31.12.2000 [D17]. Insgesamt habe man bisher einen Ausfall von 24 Baugruppen, der sich auf die in der Ausfallstatistik repräsentativen Anlagen bezieht, zu verzeichnen. Daraus wurde für die MTBF (mittlere Zeit zwischen dem Ausfall zweier Baugruppen) eine Zeit von 411 Jahren ermittelt. Diese Daten wurden mit den Vorgaben für die theoretischen Analysen verglichen. Die bisherigen Betriebserfahrungen zeigten, dass der geforderte Wert $< 10^{-5}$ als Maß für die Unverfügbarkeit des Sicherheitssystems erfüllt würde.

Zur Ermittlung der Ausfälle der Baugruppen, führten die Antragsteller aus, dass alle Fehler selbstmeldend gewesen seien. Zuverlässigkeitsbetrachtungen, die auf Betriebsbewährung basieren, seien nicht Teil der geforderten Genehmigungsunterlagen gewesen. Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens wurde vom Gutachter jedoch eine Zuverlässigkeitsanalyse durchgeführt.

Gemäß Gutachter ergab die Begutachtung der Sicherheitsleittechnik, dass mit den vorgesehenen Maßnahmen zur Fehlerbeherrschung, die gemäß KTA 3501 zu unterstellenden Ausfallkombinationen beherrscht werden [B8].

Im Rahmen der durchgeführten Fehlermöglichkeits- und einflussanalyse (FMEA) wurden sowohl Hard- als auch Softwarefehler deterministisch betrachtet. Für diese Analyse wurde ein Softwaremodell auf Taskebene erstellt [B8]. Im Rahmen der durchgeführten probabilistischen Analyse wurden Beiträge aus Common-

Cause-bedingten Versagen (CCF) angesetzt und analysiert. Diese CCF-Beiträge resultieren überwiegend aus zu unterstellenden, unerkannten Softwarefehlern [B8].

Zur Beherrschung des systematischen Fehlers (CCF) wurden zwei funktional diversitäre Teilsysteme vorgesehen.

Security-Maßnahmen

Zur Verhinderung von unzulässigen Eingriffen in die Anlage wären laut Antragsteller und Gutachter [B8, D16, D17] administrative Festlegungen getroffen worden. So seien z.B. Räume und Schränke des Reaktorschutzsystems im bestimmungsgemäßen Betrieb verschlossen zu halten, die Schlüsselausgabe sei administrativ im BHB geregelt.

Weiterhin erläuterte der Gutachter [D16] die vorgesehenen technischen und administrativen Maßnahmen gegen unzulässige Eingriffe in die Sicherheitsleittechnik (Security). Der Zugriff auf die abgestuften Benutzungsrechte kann nur über eine Kombination von Chipkarte und Passwort erfolgen. Als offenen Punkt führte er hierzu aus, dass die abschließende Festlegung der Abstufungen der Berechtigungen der Benutzergruppen am Servicegerät noch erfolgen muss. Die Kontrollmöglichkeiten auf der Warte, die entsprechend den Festlegungen (BHB) permanent besetzt ist, stellen eine ergänzende administrative Überwachung dar.

Im Einzelnen wurden laut Gutachter folgende Security-Maßnahmen getroffen [D16]:

Technische Maßnahmen:

- die Einrichtungen des Reaktorschutzsystems sind in abgeschlossenen Räumen und Schränken untergebracht, die Schlüsselverwaltung unterliegt den Festlegungen der Betriebsordnungen (entspr. BHB),
- das Servicegerät ist im Raum des Reaktorschutzsystems untergebracht,
- der Zugriff auf das Servicegerät ist nur über Passwort und Chip-Karte möglich,
- die Betriebsartenumschaltung für Prüfung, Parametrierung oder Diagnose und die Redundanzfreigabe erfolgt über Schlüsselschalter (Schlüsselverwaltung ist im BHB geregelt),
- die Abblockung von unzulässigen Kommunikationsversuchen erfolgt über ein externes Paketfilter vor dem Gatewayrechner,
- die Konfiguration und Parametrierung des Gateway erfolgt restriktiv,

- die Anordnung von Paketfilter und Gateway erfolgt im Raum des Reaktorschutzsystems,
- ein Remote-Laden (zentral) über das Servicegerät ist unterbunden; d. h. ein Laden von Software kann nur vor Ort am jeweiligen TXS-Schrank erfolgen.

Administrative Maßnahmen:

- die Raumschlüsselverwaltung durch den OSD ist im BHB geregelt,
- die Schrank- und Redundanzschlüsselverwaltung durch die Schichtleitung ist durch das Arbeitserlaubnisverfahren (BHB) geregelt,
- eine abgestufte Berechtigung der Benutzergruppen am Servicegerät, wird im Rahmen der Betriebsordnung abschließend festgelegt.

Übertragbarkeit des Ereignisses in GKN-1 (Weiterleitungsnachricht 2000/13) auf den FRM-II

Das Vorkommnis in GKN-1 (Weiterleitungsnachricht 2000/13) sei nach Auskunft der Antragsteller nicht auf den FRM-II übertragbar [D17, D21], da keine dementsprechenden Simulationseingriffe in die Software für Instandhaltungsmaßnahmen projektiert seien. Weiterhin führe ein Fehlerstatus an einer Ausgabebaugruppe grundsätzlich wegen des Ruhestromprinzips zur Auslösung des entsprechenden Kanals. Alle Schutzaktionen beim FRM-II seien eindeutig sicherheitsgerichtet. Diese Ausführung sei ein grundsätzliches Auslegungsmerkmal der digitalen Leittechnik im FRM-II, da hier keine Verfügbarkeitsaspekte zu berücksichtigen gewesen seien.

Der Gutachter bestätigte die Ausführungen der Antragsteller zu dem Vorkommnis in GKN-1. Nach seiner Ansicht sei das Ereignis nicht auf den FRM-II übertragbar.

Abweichungen bzw. Änderungen gegenüber dem Stand der 2. TG

Nach Auskunft des Gutachters ergaben sich bei den Nachweisführungen zur Erfüllung der GB keine Abweichungen oder Änderungen gegenüber der 2. TG [D16].

Die Antragsteller führten aus [D17], dass keine Änderungen in der Struktur der Sicherheitsleittechnik durchgeführt worden wären. Jedoch seien einige Modifikationen oder Änderungen von Produkten vorgenommen worden.

Insgesamt bestätigt der Gutachter, dass die durch die Detailplanungen hervorgerufenen Änderungen in der Elektro- und Leittechnik keine konzeptionellen Auslegungsmerkmale betreffen [D16]. Daher hätten sich auch keine Anforderungen an weiteren Nachweisführungen ergeben.

Das BStMLU führt aus, dass diese im Lauf der Detailplanung vom Antragsteller vorgenommenen Änderungen gegenüber den Sachdarstellungen, die der Entscheidung über die Erteilung der 1. TG und 2. TG zugrunde lagen, nicht wesentlich i. S. des § 7 Abs. 1 AtG seien [R1].

Zum Entwicklungsstand der Hard- und Software führt der Gutachter aus, dass die für den FRM-II spezifizierte Hardware typgeprüft sei mit Stand 1998. Die TXS-Software sei Mitte 2000 auf Release 2.37 umgestellt worden. Entsprechende Qualifizierungsnachweise seien vorgelegt worden [D16].

Zu den Ausfall- bzw. Zuverlässigkeitsbetrachtungen ergänzte der Gutachter, dass die im Gutachten zur 2. TG getroffenen Annahmen weiterhin gültig seien. Es hätte sich die Anzahl der Eingabebaugruppen gegenüber der ursprünglichen Annahme erhöht. Dies hätte jedoch keinen Einfluss auf die Gesamtzuverlässigkeit des Systems. Der tatsächlich ausgeführte Aufbau der im FRM-II realisierten Systemstruktur entspräche den vom Gutachter getroffenen Annahmen in den Ausfall- und Zuverlässigkeitsbetrachtungen [D16].

Insgesamt ergaben sich die unten aufgeführten fünf Änderungen in der Hardware

- Messung der Druckdifferenz Sammler-Becken durch elektrische Differenzbildung von zwei Absolutmessungen anstelle von Differenzdruckmessumformer,
- Messung der Moderatortemperatur durch Thermoelemente (Strahlungsbeständigkeit) anstelle von PT100,
- Erfassung der Endstellung Regelstab/Abschaltstäbe durch Mikroschalter BARLIAN (größere Betriebserfahrung) anstelle berührungsloser Endschalter,
- Messung des Füllstands Reaktorbecken durch Mikrowelle (höhere Genauigkeit) anstelle kapazitiver Sonde,
- Erhöhung der Anzahl der Eingabebaugruppen im TXS-System.

3. Erkenntnismittel

Dem Ausschuss lagen die Beratungsergebnisse der RSK zur 2. Teilerrichtungsgenehmigung, insbesondere die aus den Beratungen der 110. und 111. Sitzung des Ausschusses ELEKTRISCHE EINRICHTUNGEN vor (Fragenliste 1 [E16]).

In der 134. Sitzung am 24.01.2001 berichtete die GRS über Ergebnisse ihrer Überprüfung zur Ermittlung des derzeitigen Standes von Wissenschaft und Technik und legte die Unterschiede zu den zum Zeitpunkt der Begutachtung gültigen Bewertungsmaßstäbe für die elektrischen und leittechnischen Einrichtungen dar.

In der 135. Sitzung am 21.02.2001 berichteten in Anwesenheit der Landesbehörde die Antragsteller Technische Universität München (TUM) und Framatome ANP sowie der zuständige Gutachter TÜV Süddeutschland Bau und Betrieb GmbH. Neben einer Kurzdarstellung der Anlage bezogen sich die Berichte hauptsächlich auf die Beantwortung der Fragenliste des Ausschusses vom 07.02.2001 (Fragenliste 2 [E20]). Weiterhin lagen dem Ausschuss die u. a. Beratungsunterlagen sowie die schriftlichen Antworten der Antragsteller und des Gutachters zur Fragenliste vom Ausschuss vom 13.03.2001 vor (Fragenliste 3 [E21]). Die vollständige Liste der Beratungsunterlagen ist im Anhang aufgeführt.

4. Bewertungsmaßstäbe

4.1 Allgemein

- /4.1./ RSK-Leitlinien für Druckwasserreaktoren, Kapitel 7 "Elektrische Einrichtungen des Sicherheitssystems und der anderen Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung", Bekanntmachungen vom 7. August 1996 im Bundesanzeiger Nummer 158 a und vom 29. Oktober 1996 im Bundesanzeiger Nummer 214
- /4.2./ KTA 1401 „Allgemeine Forderungen an die Qualitätssicherung“, Fassung Juni 1996
- /4.3./ KTA 2101 „Brandschutz in Kernkraftwerken“
Teil 1: „Grundsätze des Brandschutzes“, Fassung Dezember 2000
Teil 3: „Brandschutz an maschinen- und elektrotechnischen Anlagen“, Fassung Dezember 2000
- /4.4./ KTA 2206 „Auslegung von Kernkraftwerken gegen Blitzeinwirkungen“, Fassung Juni 2000
- /4.5./ KTA 3501 „Reaktorschutzsystem und Überwachungseinrichtungen des Sicherheitssystems“, Fassung Juni 1985
- /4.6./ KTA 3502 „Störfallinstrumentierung“, Fassung Juni 2000
- /4.7./ KTA 3503 „Typprüfung von elektrischen Baugruppen des Reaktorschutzsystem“, Fassung November 1986
- /4.8./ KTA 3504 „Elektrische Antriebe des Sicherheitssystems in Kernkraftwerken“, Fassung September 1988
- /4.9./ KTA 3505 „Typprüfung von Messwertgebern und Messumformern des Reaktorschutzsystem, Fassung November 1984

- /4.10./ KTA 3506 „Systemprüfung der leittechnischen Einrichtungen des Sicherheitssystems in Kernkraftwerken“, Fassung November 1984
- /4.11./ KTA 3701 „Übergeordnete Anforderungen an die elektrische Energieversorgung in Kernkraftwerken“, Fassung Juni 2000
- /4.12./ KTA 3702 „Notstromerzeugungsanlagen mit Dieselaggregaten in Kernkraftwerken“, Fassung Juni 2000
- /4.13./ KTA 3703 „Notstromerzeugungsanlagen mit Batterien und Gleichrichtergeräten in Kernkraftwerken“, Fassung Juni 2000
- /4.14./ KTA 3704 „Notstromanlagen mit Gleichstrom-Wechselstrom-Umformern in Kernkraftwerken“, Fassung Juni 2000
- /4.15./ KTA 3705 „Schaltanlagen, Transformatoren und Verteilungsnetze zur elektrischen Energieversorgung des Sicherheitssystems in Kernkraftwerken“, Fassung Juni 2000
- /4.16./ KTA 3901 „Kommunikationsmittel für Kernkraftwerke“, Fassung März 1981
- /4.17./ KTA 3904 „Warte, Notsteuerstelle und örtliche Leitstände in Kernkraftwerken“, Fassung September 1988
- /4.18./ DIN IEC 60880 „Software für Rechner im Sicherheitssystem von Kernkraftwerken“, August 1987

4.2 Spezifische, sich aus der Konstruktion ergebende Bewertungsmaßstäbe und konzeptionelle Auslegungsgrundsätze des FRM-II

Die Schutzziele sind durch die Elektro- und Leittechnik sicher einzuhalten. Dabei ist zu beachten, dass das digitale Sicherheitsleittechniksystem TELEPERM XS (TXS) erstmals im Reaktorschutz einer deutschen Anlage eingesetzt wird.

Durch die verfahrenstechnische Aufgabenstellung für die Sicherheitsleittechnik sollen die von den Antragstellern definierten vier Schutzziele eingehalten werden:

1. Reaktivitätskontrolle,
2. Kernkühlung,
3. Integrität der Konverterplatte,
4. Gebäudeabschluss im Reaktorhallenbereich.

Aus /4.1./, /4.3./, /4.5. – 4.9./ und /4.18./ lassen sich die folgenden wesentlichen Anforderungen an die Auslegung und Qualifizierung der Sicherheitsleittechnik ableiten:

- die Anforderungen an die Sicherheitsleittechnik sind in einer Anforderungsspezifikation zu dokumentieren,
- die Schutzziele und Leittechnik-Funktionen sind zu spezifizieren und zu kategorisieren,
- die Redundanz und der unabhängige Aufbau der redundanten Stränge der Sicherheitsleittechnik sind mit der vorgegebenen Redundanz der aktiven Sicherheitseinrichtungen abzustimmen,
- es sind die Ausfallkombinationen nach der Regel KTA 3501 zugrunde zu legen,
- die Mensch-Maschine-Schnittstelle ist anforderungsgerecht zu gestalten,
- die Qualifizierung der Geräte und der Software hat nach dem Stand von Wissenschaft und Technik zu erfolgen,
- zur Fehlervermeidung ist die Software nach einem Phasenmodell zu entwickeln und es sind angemessene Maßnahmen der konstruktiven und analytischen Qualitätssicherung zu realisieren,
- für sicherheitstechnisch relevante Leittechnik sind neben den fehlervermeidenden Maßnahmen zusätzliche Maßnahmen zur Fehlerbeherrschung zu realisieren.

Gemäß den RSK-Leitlinien /4.1/ erfolgte eine Einstufung der sicherheitstechnisch wichtigen Leittechnik-Funktionen in die drei Kategorien nach den Kriterien, die sich an der sicherheitstechnischen Bedeutung der jeweiligen Funktion für die Einhaltung der Schutzziele orientieren. Dabei ist zu berücksichtigen, dass das Schadenspotential beim FRM-II im Vergleich zu Leistungsreaktoren geringer ist.

Kategorie 1

RSK-Leitlinien	FRM-II-spezifische Anforderungen
Die Leittechnik-Funktionen der Kategorie 1 umfassen alle Funktionen, die erforderlich sind, um nichttolerale Auswirkungen der Störfälle zu verhindern.	Verhinderung Kernschmelze, Verhinderung unkontrollierter Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung.

Kategorie 2

RSK-Leitlinien	FRM-II-spezifische Anforderungen
Die Leittechnik-Funktionen der Kategorie 2 umfassen alle Funktionen, die erforderlich sind, um die Ausweitung einer Störung zu einem Störfall zu verhindern.	Sicherstellung Ausgangszustände für Störfallanalysen. Verhinderung von Schäden im kernnahen Bereich (Kern, Zentralkanal, Moderator tank) Verhinderung Brennstoffplattenschmelze der Strahlrohrkonverteranlage.

Kategorie 3

RSK-Leitlinien	FRM-II-spezifische Anforderungen
Die Leittechnik-Funktionen der Kategorie 3 umfassen alle übrigen Funktionen mit sicherheitstechnischer Bedeutung.	Gefahrenmeldung Klasse 1. Steuerung sicherheitstechnisch bedeutsamer Systeme (z. B. Notstromdiesel). Teile der Störfall- und Strahlenschutzinstrumentierung.

Die KTA-Regeln der 37-er Reihe /4.11 – 4.15/ sind für die Komponenten und Systeme der elektrischen Energieversorgung und elektrischen Antriebe nur insoweit zugrunde zu legen, als diese Komponenten und Systeme in die Qualitätsklasse FE 1 eingestuft sind [B8]. So sind beispielsweise für die Netzanschlüsse (Einstufung NNK) und die Dieselaggregate (Einstufung FE 2) [B8] aufgrund der im Vergleich zu Leistungsreaktoren wesentlich niedrigeren sicherheitstechnischen Bedeutung die Anforderungen der obigen KTA-Regeln nicht uneingeschränkt anzuwenden.

Die konzeptionellen Auslegungsgrundsätze betreffen u. a. [B8]:

- sämtliche Schutzaktionen - Reaktorschnellabschaltung, Notkühlung und der Lüftungstechnische Gebäudeabschluss Reaktorhallenbereich - sind eindeutig sicherheitsgerichtet,
- die Störfallerkennung zur Verhinderung von Kernschmelze erfolgt über zwei diversitäre Anregekriterien,
- die Maßnahmen zur Fehlerbeherrschung umfassen eine fehlertolerante Auslegung und den Einsatz von auslösegerichteten Automatisierungssystemen (Fail-Safe-Verhalten),
- an die Anlage werden keine Anforderungen an die Verfügbarkeit gestellt; Fehlauflösungen führen zu keinen unzulässigen Anlagenzuständen bzw. Schäden an der Reaktoranlage und die Sicherheit der Anlage wird daher durch Fehlauflösungen nicht beeinträchtigt,
- im Instandhaltungsfall wird die Anlage in einen Zustand überführt, in dem ein weiterer Geräteausfall die Sicherheit der Anlage nicht gefährden kann.

5. Vorgehensweise

Der Ausschuss hat seine Beratungen nach folgenden Gesichtspunkten durchgeführt:

- a. Vollständigkeit der zur 2. TG beratenen Themen (Fragenliste 1 [E16])
- b. Gültigkeit der für die ersten beiden Teilerrichtungsgenehmigungen herangezogenen Bewertungsmaßstäbe
- c. Umsetzung der Anforderungen der Bewertungsmaßstäbe in der Ausführung (Fragenliste 2 [E20] und Teil 2 der Fragenliste 3 [E21])
- d. sicherheitstechnischen Relevanz der Änderungen gegenüber der 2. TG
- e. durchgeführten Prüfungen der Sicherheitsleittechnik (im Prüffeld bzw. am Aufstellungsort) (Fragenliste 3 [E21])

6. Sicherheitstechnische Bewertung des Sachverhalts

Entsprechend den unter 5. aufgeführten Punkten nimmt der Ausschuss die sicherheitstechnische Bewertung des Sachverhalts vor:

- a. Der Ausschuss hat sich eingehend mit dem Beratungsumfang und den Beratungsergebnissen, hier u.a. mit der Fragenliste 1 [E16] der 110. Sitzung des RSK-Ausschusses ELEKTRISCHE EINRICHTUNGEN, befasst und stellt fest, dass der derzeitige Stand von Wissenschaft und Technik hierbei berücksichtigt wurde. Neuere Erkenntnisse liegen außer dem Ereignis in GKN-1 (WL 2000/13), welches der Ausschuss explizit behandelt hat, nicht vor. Den aus den damaligen Beratungen der RSK abgeleiteten Schlussfolgerungen und Anforderungen, die in den Stellungnahmen [E14, E2] dargestellt sind, schließt sich der Ausschuss inhaltlich vollständig an.

Der Ausschuss kommt aufgrund seiner Beratungen zu der Auffassung, dass die Liste, die damals abgearbeitet und schriftlich beantwortet wurde, hinsichtlich der digitalen Sicherheitsleittechnik umfassend gewesen ist.

- b. Die der 2. TG zugrunde gelegten Bewertungsmaßstäbe /4.1/, /4.3/, /4.5/, /4.7/, /4.8/ und /4.9/ sowie /4.18/ wurden zwischenzeitlich nicht geändert.

Die in den KTA-Regeln /4.11 – 4.13./ durchgeführten Änderungen sind geringfügig. Die Änderungen von KTA-Regeln /4.14; 4.15/ für die Umformer und Verteilungsnetze sind insbesondere formaler Art, hieraus leiten sich keine weiteren oder neuen Anforderungen ab.

Zusammenfassend stellt der Ausschuss fest, dass die der Bewertung zugrunde gelegten Maßstäbe dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen.

- c. Aufgrund der im Vergleich zu Leistungsreaktoren geringeren sicherheitstechnischen Bedeutung der Störfallinstrumentierung des FRM II hält der Ausschuss die gewählte Einstufung in die Kategorie 3 für angemessen.

Die Sicherstellung der Stromversorgung, insbesondere die geforderten Entladezeiten der Batterien für Sicherheitsfunktionen werden durch das Notstromversorgungs- und Batteriekonzept ausreichend erfüllt. Dieses gilt insbesondere auch für die seitens der RSK ausdrücklich geforderte Aufrechterhaltung der Stromversorgung der Störfallfolgeinstrumentierung. Bzgl. der Ausführung mit wartungsfreien Batterien stellt der Ausschuss fest, dass die Anforderungen der KTA-Regel 3703 auch für wartungsfreie Batterien gelten und durch die Ausführung im FRM-II erfüllt werden.

Der in KTA-Regel 3701 neu hinzugekommene Hinweis der RSK, nach dem eine weitere Netzanbindung im Rahmen des Notfallschutzes gefordert wird, wurde für den FRM-II erfüllt. Aus sicherheitstechnischer Sicht ergeben sich keine besonderen Anforderungen an eine NetZRückschaltung nach einem Notstromfall.

Die endgültige Festlegung der gestaffelten Zugriffsrechte auf das Servicegerät ist im BHB noch abschließend zu regeln und durch den Gutachter im Rahmen der Security-Maßnahmen abschließend zu bewerten.

Der Ausschuss stellt fest, dass den vom RSK-Ausschuss ELEKTRISCHE EINRICHTUNGEN geforderten Auslegungsmerkmalen, die sich aus der 110. Sitzung ableiten, Rechnung getragen wurde. Die im Rahmen der Beratungen der 135. Sitzung vom Ausschuss ergänzend hinterfragten Anforderungen wurden nach Ausführung des Sachverständigen erfüllt. Zusammenfassend stellt der Ausschuss fest, dass die Ausführung der im FRM II installierten elektro- und leittechnischen Systeme die Anforderungen der Bewertungsmaßstäbe erfüllen und somit dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen.

- d. Nach Ansicht des Ausschusses stellen die ausgeführten Änderungen in der Hardware gegenüber der 2. TG lediglich technische Konkretisierungen dar. Z. T. wurden andere Geräte eingesetzt, für die eine größere Betriebserfahrung vorliegt; z. T. wurden robustere Geräte gewählt als in der ursprünglichen Planung vorgesehen war. Aus der Änderung der Messung der Druckdifferenz Sammler-Becken durch die elektrische Differenzbildung von zwei Absolutmessungen, ergeben sich bzgl. der Aufgabenstellung keine sicherheitstechnischen Nachteile, da die eingesetzten Geräte die erforderlichen Qualitätsmerkmale erfüllen. Auch ist die Erhöhung der Anzahl der Eingabebaugruppen des TXS-Systems sicherheitstechnisch unerheblich.

Zusammenfassend stellt der Ausschuss fest, dass die o. a. Änderungen sicherheitstechnisch nicht relevant sind.

- e. Bzgl. der Prüfung der Sicherheitsleittechnik (im Prüffeld, am Aufstellungsort) ergaben die Beratungen, dass die erforderlichen Prüfschritte auf der Grundlage der geprüften IBS-Programme sachgerecht durchgeführt wurden und zum Nachweis der einwandfreien Funktion der Sicherheitsleittechnik geeignet sind.

Zum Zeitpunkt der Beratungen des Ausschusses waren noch nicht alle vorgesehenen Prüfungen abschließend erfolgt bzw. durch den Gutachter abschließend positiv bewertet. Da die Vollständigkeit der Abarbeitung aber im Rahmen der Prüfungen der 3. TG, durch die Nebenbestimmung III.3.3 [B1] verfolgt wird, hat der Ausschuss keine sicherheitstechnischen Bedenken. Aus den vorgelegten Ergebnissen der durchgeführten Prüfungen ergeben sich keine Hinweise, dass die leittechnischen Einrichtungen Mängel in Bezug auf das anforderungsgerechte Verhalten aufweisen.

7. Schlussfolgerung

Die Beratungen des Ausschusses ELEKTRISCHE EINRICHTUNGEN haben ergeben, dass

- die Anforderungen an die E- und Leittechnik umfassend berücksichtigt wurden,
- insbesondere die Anforderungen an die digitale Sicherheitsleittechnik, die erstmals zum Einsatz in ein Reaktorschutzsystem in Deutschland kommt, erfüllt werden,
- die Ausführung der Elektro- und Leittechnik unter Beachtung der spezifischen Auslegungsmerkmale des FRM-II anforderungsgerecht erfolgt ist.

Zusammenfassend stellt der Ausschuss fest, dass die elektro- und leittechnischen Einrichtungen des FRM-II den Anforderungen nach dem Stand von Wissenschaft und Technik gerecht werden. Bzgl. der in der 1. und 2. TG behandelten Aspekte, haben die Beratungen des Ausschusses keine neuen oder ergänzenden Erkenntnisse ergeben. Durch die im Rahmen der 3. TG festgelegten abschließenden Prüfschritte, die auf der Grundlage des geprüften IBS-Programms durchgeführt werden, werden die noch ausstehenden sicherheitstechnischen Nachweise erfasst.

Anhang 5: Beratungsergebnisse des Ausschusses

VER- UND ENTSORGUNG

Nummer: RSK341/4.1

Datum: 29.05.2001

Beratungsergebnisse zur Ver- und Entsorgung des FRM-II

1 Beratungsauftrag

Mit den Schreiben BMU/AG RS I 4 – 14001/1 vom 19.10.2000, BMU/AG RS I 4 – 14138 vom 14.11.2000 und BMU/AG RS I 4 – 14138 vom 21.12.2000 hat das BMU die RSK bzw. den Ausschuss VER- UND ENTSORGUNG um die Beratung der sicherheitstechnischen Aspekte im Rahmen des Entsorgungskonzeptes des Forschungsreaktors München II (FRM-II) gebeten. Der Ausschuss VER- UND ENTSORGUNG hat sich hiermit auf seiner 12. Sitzung am 26.01.2001, 13. Sitzung am 15.02.2001, 14. Sitzung am 16.03.2001 und 15. Sitzung am 26.04.2001 befasst und hierzu die Antragstellerin TU München, die bayerische Genehmigungsbehörde (BStMLU), die Gutachter TÜV Süddeutschland und TU Darmstadt, das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) sowie Sachverständige der Forschungszentren Jülich und Karlsruhe als Mitglieder des BMWi-Arbeitskreises „Entsorgung von Forschungsreaktoren“ angehört.

2 Sachverhalt

2.1 Darlegungen der Antragstellerin [D22-D25]³

Für den Betrieb des FRM-II sollen pro Jahr fünf Brennelemente eingesetzt werden. Jeweils ein ringförmiges Brennelement mit 113 leicht gekrümmten Brennstoffplatten bildet den Reaktorkern. Die Brennelemente werden vom Hersteller in Behältern vom Typ CERCA 01 (Zulassung im November 2000) angeliefert, wobei sich jeweils ein Brennelement in einem Behälter befindet. Die Uranmasse eines Brennelements beträgt 8,1 kg mit 93 % Anreicherung an Uran 235. Jeweils drei Behälter werden gemeinsam angeliefert. In einem Eingangslager können zehn frische Brennelemente im FRM-II eingelagert werden. Vor Einführung eines Brennelements in die Kernposition wird in einer Unterkritikalitätsmessstelle eine zur Kontrolle des Herstellers unabhängige Überprüfung der Reaktivität des Brennelements vorgenommen. Die Unterkritikalität während der Einführung des Brennelements in die Kernposition wurde für alle Phasen rechnerisch nachgewiesen (maximaler k_{eff} -Wert bei Wassermoderation nach Berechnung der Antragstellerin 0,87).

Die bestrahlten Brennelemente verbleiben nach ihrer Entladung aus der Kernposition für fünf Jahre im Absetzbecken des Reaktors. Dieses Absetzbecken verfügt über 50 Lagerpositionen und somit über eine Kapazität, die zehn Jahren Betrieb entspricht. Der Abbrand der Brennelemente beträgt etwa 18 %.

³ Folgende weitere Unterlagen lagen als zusätzliche Informationen für die Beratungen im Ausschuss VER- UND ENTSORGUNG vor: [D27-D30]

Absetzbecken und Lagerpositionen sind gegen Erdbeben ausgelegt. Die Antragstellerin hat die Unterkritikalität dieser Lagerung auch unter Annahme von frischem Kernbrennstoff und eines zusätzlichen auf der Lagerung aufliegenden Brennelements gezeigt. Nach Auffassung der Antragstellerin ist kein korrosionsbedingter Aktivitätsaustritt aus den bestrahlten Brennstoffplatten während der Lagerung zu erwarten, da die guten Betriebserfahrungen bei der Lagerung von aluminiumumhüllten Plattenelementen von Materialtestreaktoren voll übertragbar seien.

Für den Abtransport der bestrahlten Brennelemente soll in einer Heißen Zelle jeweils das oberhalb der aktiven Zone des Brennelements befindliche Kopfteil abgetrennt werden. Die Kopfteile werden als Abfälle ohne wesentliche Wärmeentwicklung zusammen mit den Betriebsabfällen entsorgt. Die abzutransportierenden Brennelemente werden innerhalb des Absetzbeckens in einen Transport- und Lagerbehälter vom Typ CASTOR-MTR-2 geladen. Ebenso sollen auch die Kernbrennstoff enthaltenden Konverterplatten, deren Anfall auf zwei Stück im Zeitraum von fünf bis zehn Jahren geschätzt wird, nach einer Zwischenlagerung im Absetzbecken abtransportiert werden. Ein CASTOR-MTR-2-Behälter enthält jeweils fünf Brennelemente ohne Kopfteile. Dieser Behälter ist für den Transport von FRM-II-Brennelementen, bislang jedoch nicht von Konverterplatten, nach Verkehrsrecht zugelassen. Die beladenen CASTOR-MTR-2-Behälter sollen sodann im Transportbehälterlager Ahaus zwischengelagert werden. Hierfür bestehen vertragliche Vereinbarungen mit dem Betreiber des Transportbehälterlagers Ahaus, die Genehmigung für diese Zwischenlagerung ist beantragt.

Im Hinblick auf eine Endlagerung der bestrahlten Brennelemente verweist die Antragstellerin auf die vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) seit langem unterstützte Entwicklung eines eigenen deutschen Entsorgungsweges für Brennelemente aus Forschungsreaktoren, die gegenwärtig im Auftrag des Bundes fortgeführt wird. Unter Verweis auf Entwicklungsarbeiten in den USA hält die TU München eine endlagergerechte Konditionierung und sichere Endlagerung auch der FRM-II-Brennelemente und Konverterplatten für durchführbar. Voraussetzung für eine Konditionierung sei jedoch die Festlegung von Annahmebedingungen zur Endlagerung, die gegenwärtig noch nicht definierbar seien.

Für die anfallenden Betriebsabfälle verfügt der FRM-II über je ein Lager für unbehandelte Abfälle (Lager I) und konditionierte Abfälle (Lager II), deren Kapazität auf jeweils zwei bis fünf Jahre geschätzt wird. Das erwartete Aufkommen an Reststoffen wurde nach Material und Menge im einzelnen spezifiziert. Der überwiegende Teil der anfallenden Reststoffe ist aktivierter Metallschrott, der abgeschirmt gehandhabt werden muss. Im Mittel werden pro Jahr etwa 300 kg Stahl und Schwermetalle und etwa 340 kg Aluminium und Leichtmetalle zur Entsorgung erwartet. Reststoffe, z. B. Regelstäbe, werden unter Wasser zerlegt sowie in einer Heißen Zelle zerkleinert. Ionenaustauscher-Harze aus der Reinigung von Leicht- und Schwerwasser werden im Austragbehälter, bzw. Mischbettfilter getrocknet und in Fässern verpackt. Weitere Konditionierungsschritte sind in der Anlage nicht vorgesehen, diese Konditionierung soll extern erfolgen. Flüssige Abfälle fallen in geringem Umfang an. Ihre Aktivität ist hauptsächlich an Feststoffpartikel gebunden. Nach Filtration und Aktivitätskontrolle können diese Flüssigkeiten abgeleitet, bei Bedarf extern durch Eindampfung weiterbehandelt werden. Die konditionierten Abfälle werden entweder zum FRM-II zurückgeliefert oder an ein externes Zwischenlager abgegeben.

Das zum Reaktorbetrieb benötigte Schwerwasser wird in 200 l-Fässern angeliefert. Etwa alle drei Jahre wird das Schwerwasser ausgetauscht, da während des Betriebes die Tritiumkonzentration im Schwerwasser ansteigt. Das zu entsorgende Schwerwasser wird zur externen Aufbereitung abgegeben, die eine vollständige Wiederverwertung als Schwerwasser, bzw. Tritium für den Bedarf in der Forschung ermöglicht.

2.2 Durchgeführte gutachterliche Prüfungen

Die für den Betrieb des FRM-II erforderlichen Schritte der Ver- und Entsorgung wurden, soweit sie in der Anlage ablaufen, im Auftrag der Genehmigungsbehörde gutachterlich vom Technischen Überwachungsverein Süddeutschland geprüft [D26]. Wesentliche Gegenstände der gutachterlichen Prüfung betrafen die Übernahme frischer Brennelemente, die nukleare Inbetriebsetzung mit eigenständiger rechnerischer Prüfung der Kritikalitätssicherheit, den Umgang mit Reststoffen, insbesondere die Handhabung und Lagerung der bestrahlten Brennelemente und Konverterplatten, die Abtrennung des Brennelement-Kopfteils sowie die Beladung und Abfertigung der für den Abtransport von Brennelementen und Konverterplatten vorgesehenen Behälter. Außerdem wurden die hierfür geltenden betrieblichen Regelungen einer Prüfung unterzogen. Der Gutachter bestätigt, dass die für die Ver- und Entsorgung vorgesehenen Einrichtungen und ihr Betrieb den sicherheitstechnischen Anforderungen unter Berücksichtigung des Standes von Wissenschaft und Technik entsprechen. Die betrieblichen Regelungen erfüllen die Vorgaben der KTA-Regel 1201, die BMU-Richtlinie von 1989 und 1994 zur Kontrolle radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung wird eingehalten. Der Gutachter hat einige Gutachtensbedingungen gestellt, die die Anforderung an Detailunterlagen und Arbeitsschritt- und Prüffolgeplänen für den konkreten Abtransport bestrahlter Brennelemente und Konverterplatten betreffen.

Das BfS bestätigt, dass die verkehrsrechtliche Zulassung des Behälters CASTOR-MTR-2 für den Transport bestrahlter FRM-II-Brennelemente erteilt wurde. Der Transport bestrahlter Konverterplatten ist in dieser Zulassung nicht enthalten. Die zur sicherheitstechnischen Prüfung der Zwischenlagerung von FRM-II-Brennelementen in CASTOR-MTR-2-Behältern im Transportbehälterlager Ahaus in Auftrag gegebenen Gutachten liegen vor und sind von Seiten des BfS abgenommen. Das weitere Genehmigungsverfahren ist jedoch derzeit ausgesetzt, da das BfS ein Bedürfnis für die beantragte Genehmigung zur Zwischenlagerung erst dann sieht, wenn der Forschungsreaktor in Betrieb ist.

Bezüglich der Endlagerfähigkeit der bestrahlten Brennelemente des FRM-II verweist das BfS auf die besondere Bedeutung der Einhaltung der Unterkritikalität in der Nachbetriebsphase des Endlagers. Dabei schließt das BfS eine Endlagerung der bestrahlten Brennelemente des FRM-II aus Gründen der Kritikalitätssicherheit nicht aus, hält jedoch Maßnahmen bei der Konditionierung, z. B. eine Vermischung des hoch angereicherten Brennstoffs mit abgereichertem Uran, zur Einhaltung der Unterkritikalität für geboten. Dabei hingen diese Maßnahmen letztendlich davon ab, welche Störfallszenarien, die zu einer Moderation der endgelagerten Kernbrennstoffe führen könnten, in einem zukünftigen Endlager anzunehmen seien.

Der Aspekt der Einhaltung der Unterkritikalität wurde von Herrn Glaser, TU Darmstadt, als vom BMU zugezogener Gutachter anhand von Daten und Rechenergebnissen vertiefend dargelegt [E22]. Seine

Ausführungen zeigen, dass künftig aus den Forschungsreaktoren FRG-1 Geesthacht, Triga Mainz und BER-2 Berlin bestrahlte Brennelemente mit Restanreicherungen unter 20 % zur Entsorgung anfallen, wogegen die zu entsorgenden Brennelemente des FRM-II noch eine Restanreicherung von ca. 87 % U-235 aufweisen. Zu entsorgende Brennelemente aus Rossendorf sind zu 10 bzw. 36 % angereichert. Herr Glaser verweist darauf, dass sich für den bestrahlten Kernbrennstoff aus dem FRM-II gegenüber dem Kernbrennstoff aus den übrigen deutschen Forschungsreaktoren erheblich kleinere kritische Massen Uran ergeben. Er hält deswegen zur Einhaltung der Unterkritikalität im Endlager eine spezielle Konditionierung der FRM-II-Brennelemente für erforderlich.

2.3 Ausführungen der Vertreter des BMWi-Arbeitskreises „Entsorgung von Forschungsreaktoren“

Die Vertreter des BMWi-Arbeitskreises „Entsorgung von Forschungsreaktoren“ führten aus [E23-E25], dass die Entsorgung der bestrahlten FRM-II-Brennelemente Bestandteil des Entsorgungsweges für deutsche Forschungsreaktoren sei. Dieser Entsorgungsweg werde für alle aus deutschen Forschungsreaktoren angefallenen und künftig anfallenden bestrahlten Brennelemente entwickelt, soweit deren Entsorgung im Ausland nach dem Mai 2006 nicht mehr möglich sei. Als Ansatz für die Endlagerung werde prioritär die Weiterverwendung der Zwischenlagerbehälter CASTOR-MTR-2 als Behälter auch für die Endlagerung untersucht, ohne besondere Konditionierung. Für die FRM-II-Brennelemente sei jedoch eine Konditionierung unumgänglich. Brennelemente aus Ausbildungsreaktoren würden im Rahmen eines deutschen Nebenweges getrennt behandelt.

Für die langfristige Zwischenlagerung von FRM-II-Brennelementen liegt eine technische Planung vor. Forschungsreaktor-Brennelemente auf der Basis von UAl_x-Aluminium-Legierung bzw. -Dispersion zeigen bei intakter Aluminium-Umhüllung unter trockenen Bedingungen und Inertgas eine ausgezeichnete Langzeitbeständigkeit. Ein Trockenlagerversuch mit bestrahlten Brennelementen des Forschungsreaktors Jülich belege diese Beständigkeit. Erst im Temperaturbereich von 160 – 180 °C ist es bei diesem Versuch zu einer erhöhten Freisetzung von Tritium gekommen. Diese Freisetzung wird mit einer Tritiumkontamination der Brennelement-Oberflächen, die während des Reaktorbetriebes mit tritiumhaltigem Schwerwasser in Kontakt standen, in Zusammenhang gebracht. Hinsichtlich der Übertragbarkeit der Versuchsergebnisse auf den Uransilizid-Brennstoff des FRM-II werde ein mindestens vergleichbar sicheres Verhalten bei der Trockenlagerung erwartet. Die trockene Zwischenlagerung sei unter normalen Temperaturbedingungen in Inertgas-Atmosphäre daher langfristig sicher.

Bezüglich des Verhaltens von bestrahlten metallischen Forschungsreaktor-Brennelementen auf Aluminiumbasis bei Laugenzutritt in einem Endlager zeigen Auslaugversuche eine rasche Auflösung der Aluminiumbasis bei Anwesenheit von magnesiumchloridhaltiger Lauge [E24]. Die Korrosion der Matrix war im Versuch innerhalb von 250 Tagen abgeschlossen. Das vorhandene Cäsium 137 war innerhalb einiger Jahre bei UAl-Legierung vollständig gelöst. Für die Aluminiumbasis des Uransilizid-Brennstoffes des FRM-II wird ein ähnliches Löseverhalten erwartet.

Um die Unterkritikalität bei der Endlagerung von FRM-II-Brennelementen langfristig einzuhalten, wird eine Konditionierung durch Zumischung von abgereichertem Uran zur Verminderung der Restanreicherung für unumgänglich gehalten. Vom Forschungszentrum Karlsruhe wurde beispielhaft ein Denkansatz für eine mögliche Konditionierung vorgestellt [E25]. Diese Konditionierung sei in einer Heißen Zelle durchführbar. Ein optimiertes Verfahren zur endlagergerechten Konditionierung könne nach Inbetriebnahme des FRM-II und parallel zu den Fortschritten bei der Realisierung der Endlagerung näher entwickelt werden. An der Endlagerfähigkeit des FRM-II-Brennstoffes bestünden keine Zweifel.

3 Bewertungsmaßstäbe

Die Bewertungsmaßstäbe ergeben sich aus den sicherheitstechnischen Anforderungen der §§ 7 und 9 a AtG sowie der Strahlenschutzverordnung, insbesondere der §§ 3, 28, 74, 81 und 86.

Das in Deutschland vorliegende kerntechnische Regelwerk entspricht nur in eingeschränktem Maße den speziellen Verhältnissen eines Forschungsreaktors; Sicherheitskriterien und Leitlinien für Forschungsreaktoren liegen nicht vor. Das kerntechnische Regelwerk ist dementsprechend sinngemäß anzuwenden. So weit KTA-Regeln und DIN, bzw. ISO-Normen unabhängig von der Art des vorliegenden Reaktors sind, können diese Regeln und Richtlinien der Bewertung uneingeschränkt zugrunde gelegt werden. Für die vorliegende Stellungnahme sind insbesondere die KTA-Regeln 3602 (Lagerung und Handhabung von Brennelementen), 3604 (Lagerung, Handhabung und innerbetrieblicher Transport radioaktiver Stoffe) und 3902 (Hebezeuge) sowie die DIN-Norm der Reihe 25403 (Kritikalitätssicherheit) anzuwenden.

Die RSK prüft und bewertet auf dieser Basis nach Stand von Wissenschaft und Technik die folgenden in der Anlage des FRM-II vorgesehenen Ver- und Entsorgungsmaßnahmen:

- Anlieferung, Hantierung und Prüfung frischer Brennelemente und Konverterplatten auf Einhaltung ihrer Spezifikationen sowie die Einführung frischer Brennelemente in die Kernposition,
- Entladung bestrahlter Brennelemente und Konverterplatten aus der Kernposition und ihre Lagerung im Absetzbecken,
- Vorbereitung und Abfertigung bestrahlter Brennelemente und Konverterplatten zum Abtransport,
- Behandlung und Aufbewahrung von Betriebsabfällen,
- Anlieferung und Entsorgung von Schwerwasser.

Dabei prüft die RSK, ob und welche gutachterlichen Aussagen vorliegen und, ob in den vorliegenden Gutachten die Einhaltung des Standes von Wissenschaft und Technik bestätigt wird.

Die RSK prüft außerdem, ob gemäß den Grundsätzen der Entsorgungsvorsorge für Kernkraftwerke vom 18. März 1980 eine ausreichende Lagerkapazität für bestrahlte Brennelemente und Konverterplatten im Absetzbecken gegeben ist und ob die Zwischenlagerkapazitäten für betriebliche Abfälle ausreichen.

Bezüglich der weiteren Schritte zu einer geordneten Beseitigung der bestrahlten Brennelemente und Konverterplatten, die außerhalb der Anlage des FRM-II ablaufen, prüft und bewertet die RSK die Sicherheitsaspekte der vorgesehenen Maßnahmen nach dem Stand von Wissenschaft und Technik. Dies betrifft insbesondere die Prüfung der sicherheitstechnischen Realisierbarkeit der Zwischenlagerung sowie die Prüfung der Erfordernis einer Konditionierung der bestrahlten Brennelemente und Konverterplatten für die Endlagerung.

4 Bewertung durch den RSK-Ausschuss VER- UND ENTSORGUNG

4.1 Ver- und Entsorgungsschritte in der Anlage

Die in der Anlage des FRM-II vorgesehenen Schritte der Anlieferung, Hantierung und Prüfung unbestrahlter Brennelemente auf Einhaltung ihrer Spezifikationen sowie die Einführung von unbestrahlten Brennelementen in die Kernposition entsprechen dem Stand von Wissenschaft und Technik. Sämtliche Abläufe sind gutachterlich geprüft [D26]; die Einhaltung der Kritikalitätssicherheit ist nachgewiesen. In diesem Zusammenhang ist die vorgesehene Prüfung des Uran-235-Gehalts in einer Unterkritikalitätsmessstelle vor der Einführung eines unbestrahlten Brennelementes in die Kernposition als eine zur Qualitätskontrolle des Brennelementherstellers unabhängige Qualitätssicherungsmaßnahme bedeutsam.

Die Hantierungseinrichtungen für unbestrahlte und bestrahlte Brennelemente entsprechen gemäß der Prüfung durch den Gutachter den Anforderungen nach Stand von Wissenschaft und Technik, ebenso wie die hierfür vorgesehenen betrieblichen Regelungen [D26]. Die RSK folgt den Ergebnissen dieser Prüfung. Die vom Gutachter zur Beladung von Transportbehältern mit bestrahlten Brennelementen gestellten Gutachtensbedingungen [B3] beziehen sich auf administrative Vorgaben bei der Abwicklung der konkreten Abtransporte bestrahlter Brennelemente. Diese Gutachtensbedingungen sind nach Ansicht der RSK ohne anlagentechnische Änderungen erfüllbar.

Die für die Lagerung von bestrahlten Brennelementen im Absetzbecken vorgesehene Lagerkapazität entspricht den Anforderungen der Grundsätze zur Entsorgungsvorsorge für Kernkraftwerke vom 18. März 1980. Nach den vorliegenden Kenntnissen weist der Uran-Silizid-Brennstoff, umhüllt mit Aluminium, bei einer Lagerung im Absetzbecken eine mindestens gleich hohe Beständigkeit auf wie herkömmlicher Uran-Aluminium-Brennstoff, der ebenfalls mit Aluminium umhüllt ist [D25]. Die RSK hat daher keine Bedenken bezüglich der Beständigkeit der im Absetzbecken gelagerten Brennelemente. Da es sich jedoch um einen neuartigen Brennstoff handelt, empfiehlt die RSK vorsorglich eine entsprechende Kontrolle der bestrahlten Brennelemente auf Korrosionsschäden bei der Entladung aus dem Reaktor und in regelmäßigen Abständen während der Lagerung. Vorsorglich sollte ein Konzept ausgearbeitet und gutachterlich geprüft werden, wie mit Brennelementen mit schadhafte Brennstoffplatten verfahren werden soll.

Der für den Abtransport bestrahlter Brennelemente vorgesehene Transport- und Lagerbehälter vom Typ CASTOR-MTR-2 ist sicherheitstechnisch geprüft und zugelassen. In der Zulassung ist der Abtransport von

bestrahlten Konverterplatten in diesen Transportbehältern, noch nicht enthalten. Sicherheitstechnische Probleme, die einer Zulassung des Abtransportes dieser Konverterplatten entgegen stehen, sieht die RSK nicht.

Für die Aufbewahrung von Abfällen, die im Betrieb des FRM-II anfallen, sind ausreichend Zwischenlagerkapazitäten für unbehandelte und konditionierte radioaktive Abfälle vorgesehen. Diese Lagereinrichtungen sowie die auch für eine Zerkleinerung von Abfällen vorgesehene Heiße Zelle und die ablaufenden Arbeitsschritte wurden gutachterlich geprüft [D26]. Danach entsprechen die Lagereinrichtungen und Arbeitsschritte dem Stand von Wissenschaft und Technik. Die RSK hat keine sicherheitstechnischen Einwände gegen die Vorgehensweise und die Einrichtungen für die Aufbewahrung, Zerkleinerung und Trocknung von betrieblichen Abfällen. Für die in der Heißen Zelle vorgesehene Abtrennung des Kopfteils bestrahlter Brennelemente sind konstruktive Vorkehrungen gegen Fehlschnitte in die Brennstoffzone hinein vorhanden. Auch gegen die vorgesehene weitere Behandlung der abgetrennten Kopfteile bestehen keine Einwände.

Die Ver- und Entsorgung des FRM-II mit Schwerwasser wurde im Genehmigungsverfahren gutachterlich geprüft [D26] und entspricht demgemäß dem Stand von Wissenschaft und Technik. Nach Austausch des verbrauchten tritiumhaltigen Schwerwassers kann dieses extern aufbereitet werden. Durch die Wiederverwertung des aufbereiteten Schwerwassers sowie des Tritiums, das in Forschungseinrichtungen Verwendung finden soll, kann ein weitgehend geschlossener Verwertungszyklus eingestellt werden. Damit ist eine Entsorgung von tritiumhaltigem Schwerwasser als radioaktiver Abfall nicht erforderlich. Die RSK hat keine Einwände gegen diese Vorgehensweise.

4.2 Verbleib von Betriebsabfällen, bestrahlten Brennelementen und Konverterplatten außerhalb der Anlage

Zu den weiteren Schritten der Entsorgung des FRM-II, die außerhalb der Anlage des FRM-II ablaufen, nimmt die RSK wie folgt Stellung:

Die während des Betriebes des FRM-II anfallenden betrieblichen Abfälle entsprechen nach Art, Beschaffenheit und Radionuklid-Inventar weitgehend den betrieblichen Abfällen von Leistungsreaktoren. Eine Konditionierung in externen Einrichtungen kann, wie von der Antragstellerin vorgesehen, mit den verfügbaren und erprobten Verfahren erfolgen. Die Abfallgebinde des FRM-II sollen gemäß [D26] entsprechend der BMU-Richtlinie von 1989 bzw. 1994 zur Kontrolle radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung konditioniert werden. Da die Korrelationen für nicht direkt messbare Radionuklide in den Abfällen aus den Erfahrungen mit betrieblichen Abfällen aus Leistungsreaktoren abgeleitet sind, empfiehlt die RSK, die Gültigkeit dieser Korrelationen für die Abfälle des FRM-II zu überprüfen, um eine entsprechende Dokumentation der Radionuklidgehalte für eine Endlagerung sicherzustellen.

Nach der Lagerung der bestrahlten Brennelemente im Absetzbecken des FRM-II sollen diese gemäß den Angaben der Antragstellerin [D28] unter trockenen Bedingungen in Behältern des Typs CASTOR-MTR-2 im

Transportbehälterlager Ahaus solange zwischengelagert werden, bis ein Endlager aufnahmebereit ist. Die zu dieser Zwischenlagerung im Auftrag des BfS erstellten Gutachten sind abgeschlossen und vom BfS abgenommen. Die Ergebnisse dieser Begutachtung (durch TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt e. V. (TÜV H.) und Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)) lassen nach Aussage des BfS keine sicherheitstechnischen Bedenken der Gutachter gegen eine langfristige trockene Lagerung von FRM-II-Brennelementen erkennen. Auflagenvorschläge und noch bestehender Prüfbedarf betreffen die Hinzuziehung von Sachverständigen bei den Funktions- und Abnahmeprüfungen sowie der Kalthandhabung vor einer ersten Behälterbeladung, die Prüfung, ob die Dünnschicht-Vernickelung der Behälter eine ausreichende Resistenz gegen mechanische Beanspruchung bei der Beladung aufweist und wie hinreichend Vorsorge gegen die Ablagerung von Schmutzpartikeln auf der Behälterdichtfläche getroffen werden kann.

Die RSK ist der Auffassung, dass diesen Auflagenvorschlägen und noch durchzuführenden Prüfungen nachgekommen werden kann. Sollte sich die Dünnschicht-Vernickelung der Behälter als nicht ausreichend erweisen, kann auf die bei CASTOR-Behältern anderen Typs übliche Dickschicht-Vernickelung übergegangen werden.

Ausgehend von einer maximalen Wärmeleistung von 60 W/Brennelement zum frühestmöglichen Zeitpunkt des Abtransportes der Brennelemente zur Zwischenlagerung in Ahaus (nach fünf Jahren Abklingzeit) beträgt die Temperatur des FRM-II-Brennstoffs nach einer konservativen Rechnung im o. g. Gutachten von TÜV-H. und BAM zum Transportbehälterlager Ahaus maximal 164 °C. Bei Temperaturen bis zu diesem Wert treten demgemäß keine temperaturbedingte Blisterbildung und Instabilitäten im Brennstoff auf. Auch eine sicherheitsmäßig relevante erhöhte Freisetzung von Tritium – wie bei UAl_x-Aluminium-Brennstoff im Experiment in Jülich oberhalb 160 °C beobachtet [E24] – ist bei FRM-II-Brennstoff nicht zu erwarten, da die Brennstoffplatten während des Einsatzes im Reaktor nicht mit tritiumhaltigem Schwerwasser in Kontakt stehen. Insgesamt hält die RSK auf der Grundlage der vorliegenden Erkenntnisse die Zwischenlagerfähigkeit der FRM-II-Brennelemente und Konverterplatten unter trockenen Bedingungen bei weitgehender Beseitigung von Restfeuchte und unter Helium-Atmosphäre für eine Lagerzeit von 40 Jahren nach Stand von Wissenschaft und Technik für möglich. Die RSK erwartet den Nachweis dieser Zwischenlagerfähigkeit mit Abschluss des Genehmigungsverfahrens für die Lagerung im Transportbehälterlager Ahaus.

Bezüglich des Endverbleibs der bestrahlten Brennelemente und Konverterplatten ist gemäß den Angaben der Antragstellerin [D28] als alleiniges Konzept deren Endlagerung ohne Wiederaufarbeitung im Rahmen eines Entsorgungsweges für Brennelemente aus deutschen Forschungsreaktoren vorgesehen. Aus Sicht der RSK wäre eine Wiederaufarbeitung grundsätzlich möglich. Nach den Grundsätzen zur Entsorgungsvorsorge für Kernkraftwerke ist zur Entsorgungsvorsorge eine realistische Planung, d. h. eine im Sinne des Entsorgungskonzeptes belastbare Planung zu entwickeln. Dabei prüft die RSK, ob bzw. welche Konditionierungsschritte für die Brennelemente bzw. Konverterplatten des FRM-II zur Herstellung endlagerfähiger Gebinde erforderlich sind.

Gegenwärtig stehen weder die geologische Formation noch der Standort eines Endlagers fest. Somit können die Anforderungen an die Konditionierung der Brennelemente und Konverterplatten zur Zeit nur bezüglich

grundsätzlicher sicherheitstechnischer Eigenschaften der Konditionierung selbst sowie der Ausführung der Endlagergebinde und ihres Verhaltens unter den Bedingungen im Endlager bewertet werden.

Vor diesem Hintergrund stellt die RSK hinsichtlich der Erfordernis einer Konditionierung der bestrahlten Brennelemente und Konverterplatten des FRM-II fest:

Auch nach Abbrand der Brennelemente besitzt das noch vorhandene Uran mit etwa 87 % Uran 235 eine hohe Anreicherung, die deutlich höher liegt als die Restanreicherung der Brennelemente aus anderen deutschen Forschungs- bzw. Leistungsreaktoren. Solange die Struktur von Brennelementen und Konverterplatten im Endlagergebinde erhalten bleibt, kann das Endlagergebinde auch bei hoher Urananreicherung so ausgelegt werden, dass auch bei Wasser- oder Laugenzutritt die Unterkritikalität erhalten bleibt. Im Hinblick auf eine Zerstörung oder Auflösung der Brennelemente und eine Moderation durch Wasser oder Salzlauge hält es die RSK jedoch für erforderlich, die Restanreicherung der bestrahlten Brennelemente und Konverterplatten durch Zumischung von abgereichertem Uran deutlich abzusenken. Nach Ansicht der RSK ist auch für eine Endlagerung von abgebrannten Brennelementen anderer Forschungsreaktoren mit mittlerer Anreicherung zu prüfen, ob ein Absenken der Restanreicherung erforderlich ist. Der zulässige Grad der Restanreicherung sollte nach Meinung der RSK im Rahmen der Entwicklung des Entsorgungsweges für Brennelemente aus deutschen Forschungsreaktoren unter Berücksichtigung der bei der Endlagerung anzunehmenden geochemischen Bedingungen bestimmt werden.

Zur Absenkung der Restanreicherung sind unterschiedliche Vorschläge und Denkansätze von Seiten der Antragstellerin und der Vertreter des BMWi-Arbeitskreises vorgestellt worden. Aus Sicht der RSK sind zumindest einige dieser Vorschläge bzw. Denkansätze grundsätzlich in einer heißen Zelle durchführbar und sicherheitstechnisch realisierbar. Die RSK weist darauf hin, dass sich Brennstoffmatrix und zugemischtes abgereichertes Uran bei einer Auslaugung unter den gegebenen geochemischen Bedingungen im Endlager weitgehend gleich verhalten müssen. Insgesamt gelangt die RSK zu dem Ergebnis, dass bei Durchführung der Absenkung der Restanreicherung des bestrahlten Brennstoffs durch Zumischung von abgereichertem Uran die Unterkritikalität der bestrahlten FRM-II-Brennelemente und Konverterplatten im Endlager eingehalten werden kann.

Wie die in Jülich durchgeführten Auflösungsexperimente [E24] gezeigt haben, ist bei allen metallischen Forschungsreaktor-Brennelementen auf Aluminiumbasis bei Zutritt von magnesiumchlorid-haltiger Lauge mit einer raschen vollständigen Auflösung der Brennelemente zu rechnen. Auch gegenüber Wässern mit weniger aggressivem Chemismus ist die Aluminiumbasis der Brennelemente noch lösungsanfällig. Dieses Verhalten unterscheidet sich deutlich von der hohen Beständigkeit des oxidischen Brennstoffs von Leistungsreaktoren sowie verglaster radioaktiver Abfälle. Die Aluminium-Matrix der FRM-II-Brennelemente dürfte sich ähnlich rasch auflösen. Die Löserate des verbleibenden Uransilizidbrennstoffs dürfte nach orientierenden Untersuchungen am Institut für Radiochemie der TU München und nach Auskunft von Prof. Dr. Odoj (FZ Jülich) allerdings wesentlich langsamer sein und derjenigen des oxidischen Brennstoffs ähneln. Zwar beträgt das abgeschätzte Volumen der endzulagernden Brennelemente aus Forschungsreaktoren nur wenige Prozent der insgesamt aus deutschen Anlagen endzulagernden wärmeentwickelnden Abfälle. Die RSK empfiehlt jedoch, die Bedeutung dieses unterschiedlichen Auflösungsverhaltens der metallischen Forschungsreaktor-

Brennelemente im Hinblick auf die Endlagerung zu prüfen. Insbesondere sind die bei der Brennstoffauflösung auftretende Wasserstoffentwicklung, die Freisetzung und die Migration von leicht löslichen und mobilen Radionukliden sowie das Verhalten von schwerlöslichen Spaltprodukten, Uran und Aktiniden unter den gegebenen geochemischen Randbedingungen zu untersuchen. Außerdem empfiehlt die RSK, die für Langzeitsicherheitsanalysen des Endlagers relevanten Radionuklide, die sich in metallischen Forschungsreaktor-Brennelementen und den Konverterplatten des FRM-II durch Kernspaltung oder Aktivierung bilden, quantitativ zu bestimmen.

Anhang 6: Verwendete Unterlagen

A Schreiben des BMU zum Beratungsauftrag, Beratungsverfahren

- [A1] Schreiben des BMU an die RSK-Geschäftsstelle (Az.: AG RS I 4 – 14001/1) vom 25.08.2000
Beratungsauftrag für die Reaktor-Sicherheitskommission,
Atomrechtliches Genehmigungsverfahren für den Forschungsreaktor FRM-II,
Antrag auf Erteilung der 3. TG zum Betrieb,
Entwurf des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen
vom 03.08.2000 zur 3. TG
- [A2] Schreiben des BMU an die RSK-Geschäftsstelle (Az.: AG RS I 4 – 14001/1) vom 11.09.2000
Beratungsauftrag für die Reaktor-Sicherheitskommission
Atomrechtliches Genehmigungsverfahren für den Forschungsreaktor FRM-II, Antrag auf Erteilung
der 3. TG zum Betrieb
Entwurf des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen
vom 03.08.2000 zur 3. TG
- [A3] Schreiben des BMU an die RSK-Geschäftsstelle (Az.: AG RS I 4 – 14001/1) vom 19.10.2000
Beratungsauftrag für die Reaktor-Sicherheitskommission
Atomrechtliches Genehmigungsverfahren für den Forschungsreaktor FRM-II, Antrag auf Erteilung
der 3. TG zum Betrieb
- [A4] Schreiben des BMU an die RSK-Geschäftsstelle (Az.: AG RS I 4 – 14138) vom 14.11.2000
Bundesaufsicht über das Genehmigungsverfahren hinsichtlich des Forschungsreaktors München II
(FRM-II)/Beratungstermine
- [A5] Schreiben des BMU an die RSK-Geschäftsstelle (Az.: AG RS I 4 – 14138) vom 21.12.2000
Bundesaufsicht über das Genehmigungsverfahren hinsichtlich des Forschungsreaktors München II
in Garching (FRM-II)/Vervollständigung der Unterlagen [betrifft u. a. die Spezifizierung der
Beratungsthemen für den Ausschuss VER- UND ENTSORGUNG]
- [A6] Schreiben des BMU an die Strahlenschutzkommission und Reaktor-Sicherheitskommission
(Az.: AG RS I 4 – 14138) vom 19.03.2001
Bundesaufsichtliches Verfahren zur Prüfung des Genehmigungsverfahrens hinsichtlich des
Forschungsreaktors München (FRM II)

- [A7] Schreiben des BMU an die RSK-Geschäftsstelle (Az.: AG RS I 4 – 514127) vom 19.04.2001
Entwurf einer Stellungnahme zur Ver- und Entsorgung des FRM-II zur Billigung im
Umlaufverfahren
- [A8] Schreiben des BMU an das Bayerische Staatsministerium für Landesentwicklung und
Umweltfragen (Az.: RS I4 – 14138) vom 23. April 2001
Bundesaufsichtliches Verfahren zur Prüfung des Genehmigungsverfahrens hinsichtlich des
Forschungsreaktors München (FRM II)

B Genehmigungsbescheid (Entwurf) und zugehörige Unterlagen

- [B1] Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen
Teilgenehmigung nach § 7 Atomgesetz (AtG) zum Betrieb der Hochflussneutronenquelle München in Garching (FRM-II)
3. Teilgenehmigung
Genehmigungsbescheid 9-8812.2-2000/1dokXX, ENTWURF, 03.08.2000
- [B2] TÜV Süddeutschland, Gutachten zur Sicherheit des Forschungsreaktors München II (FRM-II) Standort Garching für das atomrechtliche Genehmigungsverfahren nach § 7 AtG –
3. Teilgenehmigung – Teil 1: Einsatz des Brennelementes, Juli 2000
- [B3] TÜV Süddeutschland, Gutachten zur Sicherheit des Forschungsreaktors München II (FRM-II), Standort Garching, für das atomrechtliche Genehmigungsverfahren nach § 7 AtG,
3. Teilgenehmigung - Teil 2, Betrieb der Anlage, Juli 2000
- [B4] Siemens AG, Bereich Energieerzeugung (KWU), Sicherheitspezifikation FRM-II
Prüfhandbuch, Teil 1
Prüfliste
Wiederkehrende Prüfungen aus dem atomrechtlichen Genehmigungsverfahren
30.06.2000
- [B5] Hochflussneutronenquelle München (FRM-II)
Betriebshandbuch (BHB), 24.07.2000
- [B6] Arbeitsbericht, SIEMENS, Erlangen,
Qualitätssicherung bei Nuklearer Inbetriebsetzung und Betrieb, 31.01.2000
- [B7] Arbeitsbericht, SIEMENS, Erlangen, Rahmenplan für Nachladungen im Forschungsreaktor München II (FRM-II), 26.02.1999
- [B8] TÜV Energie- und Systemtechnik GmbH, Gutachten über die Sicherheit des Forschungsreaktors München II (FRM-II), Standort Garching, für das atomrechtliche Genehmigungsverfahren nach § 7 AtG - 2. Teilgenehmigung - , Errichtung der maschinen-elektrotechnischen Systeme und weiteren Gebäude, Oktober 1997.

- [B9] Siemens Arbeits-Bericht, Nukleare Kernausslegung, Projekt FRM-II, Berichtsnummer A1C-1300070-2, Erlangen, 15.01.96, Index 2, 29.07.1999
- [B10] Siemens KS D 1100/FRM-II, FRM-II Brennelemente, 22.05.2000
- [B11] Siemens Arbeits-Bericht, Systembeschreibung Brennelement, Projekt FRM-II, Berichtsnummer A1C-1300802-2, Erlangen, 14.03.1996, Index 2, 13.06.2000
- [B12] Siemens Arbeits-Bericht, Brennstoffqualifikation FRM-II, Projekt FRM-II, Berichtsnummer A1C-1300334-0, Offenbach, 07.12.1995
- [B13] Siemens Arbeits-Bericht, Bewertung der Ergebnisse des 2. BE-Dummy-Dauerversuchs, Projekt FRM-II, Berichtsnummer A1C-1387441-0, Erlangen, 01.03.2000
- [B14] Technische Universität München KS D 85000.0002, FRM-II Konverterplatte/Spezifikation KKS-Nr.: JBD10, 17.12.1999
- [B15] TÜV Süddeutschland, Neugestaltung von Abflugrouten am Flughafen München Südabflugroute Fire MUN (bei Poing), Forschungsreaktor Garching der TU München, FRM-II, 25.10.1999
- [B16] TÜV Süddeutschland, Anlage zum Brief BB-ER2-MUC/fb vom 21.01.2000, Ergänzung der Stellungnahme zur Neugestaltung von Abflugrouten am Flughafen München, Südabflugroute Drehfunkfeuer MUN, 29.11.1999
- [B17] Siemens Arbeitsbericht, Ausführungen zur 3. Barriere gegen Beckenwasserverlust, Projekt FRM-II, Berichtsnummer KWU NLFM/99/0176 vom 25.11.1999
- [B18] Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, Genehmigungsbescheid 9-8812.2-1997/ldok340 vom 09.10.1997
Teilgenehmigung nach §7 Atomgesetz (AtG) zur Errichtung der Hochflussneutronenquelle München in Garching (FRM-II), 2. Teilgenehmigung

- [B19] Siemens-Arbeitsbericht KWU NLFM/98/0131a 3E 0240.0003, Bestrahlungsprogramm für betriebsbegleitende Bestrahlung von Werkstoffproben aus EN AW-5754 (AlMg3), 01.12.1998, Index a, 01.03.2000
- [B20] Siemens-Arbeitsbericht A1C-1387441-0 3B 1100.0011, Bewertung der Ergebnisse des 2. BE-Dummy-Dauerversuchs, 01.03.2000
- [B21] Siemens-Arbeitsbericht KWU NLFM/96/0081a 2B 0240.0004, Lebensdauerbestimmung und Absicherung für die Komponenten im Strahlenfeld des FRM-II (Zentralkanal, Strahlrohrnasen, Moderatortank, Regelstab, Abschaltstab), 15.08.1996; Index a, 12.05.1997

C **Zusätzliche Unterlagen der Antragstellerinnen, die von der Genehmigungsbehörde nach der Vorlage des Genehmigungsbescheids/Entwurf in das Genehmigungsverfahren eingeführt wurden**

- [C1] Siemens, Schreiben an das Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen vom 15. März 2001 (Az.. NFRM/Gy/ps/057) mit den Anlagen:
- BHB Teil 1, Kap. 2, Abschnitt 3 Warten- und Schichtordnung, Schichtwechsel
 - BHB Teil 3, Kap. 4, Notfallmaßnahmen (Stand 09.03.2001)
- [C2] TUM, Schreiben an das Bayerische Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen vom 28.03.2001 (Az.. A 131.0460) mit den Anlagen:
- BHB Teil 1, Kap. 2, Warten- und Schichtordnung, Abschnitt 3 Schichtwechsel, Abschnitte 7.2 und 7.3 Durchführung des Schichtdienstes
 - BHB Teil 1, Kap. 3, Instandhaltungs- und Änderungsordnung, Anlage 2, S. 23-25
 - BHB Teil 1, Kap. 2, Abschnitt 3 Warten- und Schichtordnung, Schichtwechsel
- [C3] Umsetzung der Rahmenspezifikation Basissicherheit für den Zentralkanal
Siemens-Arbeitsbericht KWU NFRM/2000/0005 vom 15.03.2000
- [C4] Umsetzung der Rahmenspezifikation Basissicherheit auf die Behälter der Heißen und Kalten Neutronenquelle
Technische Universität München, Bericht-Nr. OPA 00282 vom 29.02.2000
- [C5] Brennelement/Zentralkanal, Einfluss der unsymmetrischen Temperaturverteilung
Arbeitsbericht FANP NFRM/2001/0009 der Framatome ANP vom 07.02.2001
(14. DKW-Sitzung am 06.12.2000)
- [C6] Beratungen des RSK-Ausschusses DKW zum FRM-II: Frage nach Beanspruchungen des Zentralkanals, TÜV Süddeutschland, 13.02.2001
- [C7] Kopien von Folien Framatome ANP vom 06.06.2001 (19. DKW-Sitzung 06.06.2001)
- [C8] Kopien von Folien TÜV Süddeutschland vom 06.06.2001
(19. DKW-Sitzung 06.06.2001)

D Schreiben des BStMLU, zusätzliche Unterlagen der Antragsteller und des Sachverständigen

- [D1] StMLU, Schreiben an das Bundesamt für Strahlenschutz, RSK-Geschäftsstelle vom 10.04.2001 (Az.: 93-8812.2-1998/36-47), Betr.: RSK/SSK-Beratungen zum FRM-II
- [D2] Siemens, Schreiben an das Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen vom 01. Juni 2001 (Az.. NFRM/Gy/ps/112) mit den Anlagen:
- BHB Teil 2, Kap. 3, Abschnitt 2.2 Meldekriterien, Schäden oder Leckagen an Rohrleitungen und Behältern (Stand 31.05.2001)
 - Folien, die von den Antragstellerinnen auf der 132. Sitzung des Ausschusses REAKTORBETRIEB beim Vortrag benutzt wurden
- [D3] Siemens Nuclear Power GmbH, Januar 2001, FRM-II, Folienkopien (Anmerkung der Geschäftsstelle: Antworten zu den Fragen von Herrn Donderer bezüglich FRM-II, [E12])
- [D4] TÜV Süddeutschland, Beantwortung von Fragen zur Sicherheit des Forschungsreaktors München II (FRM-II), Standort Garching, von Hr. R. Donderer, Physikerbüro Bremen, Februar 2001
- [D5] Beantwortung der „Fragen zur reaktorphysikalischen Auslegung- Rechnungen der Gutachter“ des Physikerbüros Bremen/R. Donderer vom 30.01.2001
S. Langenbuch, W. Zwermann, Garching, 6. Februar 2001
- [D6] Framatome ANP, Beantwortung von Fragen zur Sicherheit des Forschungsreaktors München II (FRM-II) Standort Garching von Hr. R. Donderer, Physikerbüro Bremen, Februar 2001
- [D7] Stellungnahme von TUM Projektgruppe und Framatome ANP zu Kernzerstörung mit Dampfexplosion im auslegungsüberschreitenden Bereich beim FRM-II, Dr. A. Axmann, Prof. Dr. K. Böning, J. Blombach, W. Feltes, Garching/Erlangen, den 22. März 2001 TU München, H. Zeising
- [D8] Umsetzung der Rahmenspezifikation Basissicherheit für den Zentralkanal, Kopien von Folien von Siemens
- [D9] Umsetzung der Rahmenspezifikation Basissicherheit auf die Heiße und Kalte Neutronenquelle, Kopien von Folien der Technischen Universität München

- [D10] Kopien der Folien des TÜV Bau und Betrieb, Tischvorlage (13. DKW-Sitzung am 08.11.2000)
- [D11] Auszug Kap. 2.6 „Reaktoranlage“/2.6.2.3 „Zentralkanaleinheit“, 2.7 „Kühlsysteme“ und 2.10 bis 2.10.3 „Experimentelle Einrichtungen“/„Strahlrohre und Neutronen-leiter“/„Kalte Neutronenquelle“/„Heiße Neutronenquelle“ des Gutachtens über die Sicherheit des Forschungsreaktors München II (FRM-II) Standort Garching für das atomrechtliche Genehmigungsverfahren, Gutachten zur Konzeption der Anlage (Konzeptgutachten), März 1996, erstellt im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen vom Technischen Überwachungs-Verein Bayern Sachsen
- [D12] Auszug Kap. 5 „Reaktor“/5.1 „Konstruktion, Auslegung und Funktion“/5.1.2 „Zentralkanaleinheit JEC“, 6 „Kühlsysteme der Reaktoranlage“, und 9/9.2/9.3 „Experimentelle Einrichtungen“/„Kalte Quelle JBB“/„Heiße Neutronenquelle JBC“ des Gutachtens zur Sicherheit des Forschungsreaktors München II (FRM-II) Standort Garching für das atomrechtliche Genehmigungsverfahren nach § 7 AtG-2. Teilgenehmigung – Errichtung der maschinen- und elektrotechnischen Systeme und weiterer Gebäude, Oktober 1997, erstellt im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen von der TÜV Süddeutschland Energie- und Systemtechnik GmbH
- [D13] Auszug Kap. 4.5 „Betriebsbegleitende Überprüfung von Werkstoffkennwerten“ des Gutachtens zur Sicherheit des Forschungsreaktors München II (FRM-II) Standort Garching für das atomrechtliche Genehmigungsverfahren nach § 7 AtG – 3. Teilgenehmigung – Teil 2, Betrieb der Anlage, Juli 2000, Erstellt im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen von der TÜV Süddeutschland Bau und Betrieb GmbH, Geschäftsbereich Energie und Technologie
- [D14] entfällt
- [D15] TUM Technische Universität München, Siemens, Neutronenquelle München FRM-II in Garching, Kurzbeschreibung,, Oktober 1993
- [D16] TÜV Süddeutschland, Bau und Betrieb, „Tischvorlage für die RSK-Beratungen zum FRM-II am 21.02.2001 in Bonn Ausschuss ELEKTRISCHE EINRICHTUNGEN“, RSK_135_01.ppt vom 20.02.2001

- [D17] Folien des Antragstellers Framatome ANP GmbH, „Stand der Inbetriebsetzung“, Februar 2001
- [D18] TÜV Süddeutschland Bau und Betrieb GmbH, Hochflussneutronenquelle München II (FRM II), STMLU-Auftrag 9238-922-9503 vom 24.02.1993, RSK-Ausschuss EE, Beratungen zur 3. TG des FRM-II, Schreiben an die RSK-Geschäftsstelle, BB-EE 5 MUC/kam-me vom 20. März 2001
- [D19] Siemens, W. Gyr, Schreiben an BStMLU, Herrn MR Locke, FANP/NFRM, FRM-II, 0521-RSK-Beratungen zur 3. TG, 135. Sitzung des RSK-Ausschusses EE am 21.02.2001, NFRM/Gyr/ps/060 vom 19. März 2001 einschließlich Anlagen
- [D20] Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, „RSK-Beratungen zum FRM-II“, Schreiben an die RSK-Geschäftsstelle , 93-8811.12-1998/36-2 vom 17.04.2001
- [D21] Siemens, „Bewertung des ME GKN1 02/00, Arbeitsbericht, KWU NLL5/00/111 vom 07.06.2000
- [D22] TU München, H. Zeising, Beratungspunkt 2.3 Radioaktive Abfälle, 12. RSK-VE, 26.01.2001
- [D23] TU München, Prof. Dr. Schreckenbach, Beratungspunkt 2.3 Brennstoffkreislauf von FRM-II-Brennelementen, Teil: Herstellung, Transport zum FRM-II, innerbetrieblicher Einsatz, 12. RSK-VE, 26.01.2001
- [D24] TU München, Dr. Böning, FRM-II Schwerwasser Ver- und Entsorgung, 12. RSK-VE, 26.01.2001
- [D25] TU München, Schreiben vom 09.02.2001 mit den Antworten zu den technischen und sicherheitstechnischen Fragestellungen auf der 12. Sitzung des RSK-VE am 26.01.2001, 13. RSK-VE, 15.02.2001,
bezieht sich auf: RSK-Information vom 06.02.2001, Technische und sicherheitstechnische Fragestellungen zum Thema Forschungsreaktor München II (FRM-II) / Antrag 3. TG.
- [D26] TÜV Süddeutschland, RSK-Beratung am 26.01.2001, Einsatz Brennelement und Betrieb der Anlage, 12. RSK-VE, 26.01.2001

- [D27] TU München, Dr. Axmann, Beratungsunterlagen für 16.03.2001
- Aktivität der Strukturmaterialien eines Brennelementes des FRM-II nach 52 Tagen
 - Vorgehensweise zur Transportvorbereitung eines defekten FRM-II-Brennelements
14. RSK-VE-Sitzung, 16.03.2001 (Tischvorlage)
- [D28] TU München, zur Entsorgungsvorsorge (TUM-roen 1154-ro), Anlage zum Schreiben des BMU/AG RS I 4 – 14138 vom 19.12.2000
- [D29] Fa. Siemens, Beschreibung der Transportvorgänge mit bestrahlten Brennelementen, 15.02.2000
- [D30] TU München, Konditionierung von abgebrannten Brennelementen für die Lagerung in einem geologischen Endlager, 17.05.2000
- [D31] Berechnung des Kühlmittel-Void-Koeffizienten im FRM-II am unteren Rand des Brennelements
S. Langenbuch, W. Zwermann, Garching, 18. April 2001, GRS
- (Nach Abschluss der Anhörungen eingereichte und nicht mehr beratene Unterlage)
- [D32] Kopien von Folien von Framatome ANP zur 20. Sitzung des RSK-Ausschusses
DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE am 04.07.2001
- [D33] Kopien von Folien des TÜV Süddeutschland Bau und Betrieb zur 20. Sitzung des RSK-Ausschusses
DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE am 04.07.2001

- E **Stellungnahmen und Unterlagen der RSK, Berichte der GRS, weiterer Bundesgutachter und Sachverständiger****
- [E1] RSK, Forschungsreaktor München II (FRM-II)
Auslegungsüberschreitende Ereignisse mit sehr geringer Eintrittswahrscheinlichkeit,
STELLUNGNAHME, Anlage 2 zum Ergebnisprotokoll der 319. Sitzung der Reaktor-
Sicherheitskommission am 06.07.1998
- [E2] RSK/SSK, Forschungsreaktor München II (FRM-II)
Empfehlung und nichtnukleare Inbetriebsetzung – 2. Teilgenehmigung
EMPFEHLUNG der RSK und der SSK, Anlage 2 zum Ergebnisprotokoll der 311. RSK-Sitzung am
02.07.1997
- [E3] RSK/SSK, Forschungsreaktor München II (FRM-II)
Standort und Sicherheitskonzept
EMPFEHLUNG der RSK und der SSK, Anlage 4 zum Ergebnisprotokoll der 295. RSK-Sitzung am
27.09.1995
- [E4] GRS, Fachliche Unterstützung der RSK bei der sicherheitstechnischen Bewertung des Antrags zur
3. TG zum Betrieb des FRM-II
- [E5] GRS, FRM-II, 3. Teilgenehmigung zum Betrieb, Beratungen im RSK-Ausschuss
REAKTORBETRIEB, 129. Sitzung am 6. Dezember in Bonn, TOP 4: Betriebsreglement,
Betriebsordnungen (BHB) und wiederkehrende Prüfungen (PHB),
Foliensatz GRS-6011, H. Pleger
- [E6] GRS, Fachliche Unterstützung der RSK bei der sicherheitstechnischen Bewertung des Antrags zur
3. TG zum Betrieb des FRM II, Sichtung und Aufbereitung von Unterlagen, Tischvorlage
- [E7] S. Langenbuch, W. Zwermann, GRS Garching, Beschreibung der Änderungen in der nuklearen
Kernauslegung und deren Berücksichtigung in den Störfallanalysen im Rahmen der Genehmigungen
für den FRM-II, 8. Januar 2001 – Entwurf -
- [E8] GRS-600, Forschungsreaktor FRM-II, Ermittlung des derzeitigen Standes von Wissenschaft und
Technik und Darlegung der Unterschiede zu den zum Zeitpunkt der Begutachtung gültigen

Bewertungsmaßstäben, Tischvorlage zur 8. Sitzung des RSK-Ausschusses ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK am 11.01.2001 in Bonn, Entwurf

- [E9] GRS, Forschungsreaktor FRM-II, Tischvorlage zur 8. Sitzung des RSK-Ausschusses ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK am 11.01.2001 in Bonn, Fachliche Unterstützung der RSK, SR 2292 hier: FRM 2, Auftrag vom 15.12.2000
Zu Kap. 3 Beratungsergebnisse und Bewertung durch die RSK, hier: Kap. 3.3.2 Bruchausschluss, Entwurf

- [E10] GRS, Fachliche Unterstützung der RSK bei der sicherheitstechnischen Bewertung des Antrags zur 3. TG zum Betrieb des FRM-II, Unterlage zur 8. Sitzung des RSK-Ausschusses ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK am 16.02.2001

- [E11] S. Langenbuch, W. Zwermann, GRS, Beschreibung der Änderungen in der nuklearen Kernausslegung und deren Berücksichtigung in den Störfallanalysen im Rahmen der Genehmigungen für den FRM-II, Garching, 12, Februar 2001

- [E12] Physikerbüro Bremen, Richard Donderer, 19. Dezember 2000, Betr.: RSK-Ausschuss ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK, Thema: Teilerrichtungsgenehmigungen FRM-II

- [E13] Physikerbüro Bremen, Richard Donderer, SR 2384: Beratung des BMU im Rahmen der Bundesaufsicht über das Genehmigungsverfahren Forschungsreaktor München II (FRM-II), Bericht für die 9. Sitzung des RSK-Ausschusses ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK am 16.2.2001, Berlin, Folienkopien

- [E14] Auszüge aus dem Ergebnisprotokoll der 295. Sitzung der Reaktor-Sicherheitskommission am 27.09.1995

- [E15] Ergebnisprotokoll der 144. Sitzung des RSK-Ausschusses LEICHTWASSERREAKTOREN am 28.05.1997

- [E16] Ergebnisprotokoll der 110. Sitzung des RSK-Ausschusses ELEKTRISCHE EINRICHTUNGEN am 25.03.1997 (einschl. Fragenliste 1)

- [E17] Ergebnisprotokoll der 111. Sitzung des RSK-Ausschusses ELEKTRISCHE EINRICHTUNGEN am 19.06.1997
- [E18] Anhang 1 zur Anlage 1 des Ergebnisprotokolls der 335. RSK-Sitzung am 09.11.2000, Forschungsreaktor München II (FRM-II), Beratungsthemen
- [E19] Forschungsreaktor München II (FRM II)
RSK-Ausschuss ELEKTRISCHE EINRICHTUNGEN, 134. Sitzung am 24. Januar 2001 in Bonn, TOP 9
Atomrechtliches Genehmigungsverfahren für den FRM-II
Bericht der GRS: „Ermittlung des derzeitigen Standes von Wissenschaft und Technik und Darlegung der Unterschiede zu den zum Zeitpunkt der Begutachtung gültigen Bewertungsmaßstäben für die elektrischen Einrichtungen“, GRS-6011-H. Pleger
- [E20] RSK/EE Bandholz, „Fragen im Zusammenhang mit der Beratung zum atomrechtlichen Genehmigungsverfahren für den Forschungsreaktor München II (FRM-II)“
FRMII-EE 135-Ba.doc, 07.02.2001, (Fragenliste 2)
- [E21] Bandholz, Beratungen des RSK-Ausschusses ELEKTRISCHE EINRICHTUNGEN zum atomrechtliches Genehmigungsverfahren für den Forschungsreaktors FRM II (FRM-II)
RSK/EE Bandholz, 13. März 2001 (Fragenliste 3)
- [E22] Dipl. Phys. Alexander Glaser, TU Darmstadt, Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Naturwissenschaft, Technik und Sicherheit, Beratung des BMU im Rahmen der Bundesaufsicht über das Genehmigungsverfahren FRM-II, 13. RSK-VE, 15.02.2001
- [E23] Gerd Thamm, FZ Jülich, Das Entsorgungskonzept für deutsche Forschungsreaktoren, 14. RSK-VE-Sitzung, 16.03.2001
- [E24] Dr. H. Brücher, FZ Jülich
Ergebnisse der experimentellen Arbeiten und Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen aus Forschungsreaktoren und zum Brennstoffverhalten im Endlager
Trockene Zwischenlagerung; Brennstoffverhalten im Endlager
14. RSK-VE-Sitzung, 16.03.2001

[E25] Dr. K. D. Closs, FZ Karlsruhe, Kritikalitätsfragen bei der Endlagerung, 14. RSK-VE-Sitzung, 16.03.2001

[E26] e-Mail von Herrn Donderer vom 26.03.2001, betr. nicht rotationssymmetrische Temperaturverteilung im Brennelement/Zentralkanal mit einem handschriftlichen Kommentar von Herrn Engel

R Gesetze, Verordnungen, Richtlinien, Leitlinien, Regeln, Normen

- [R1] Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz – AtG) vom 23.12.1959 (BGBl. I S. 814), i. d. F. d. Bek. vom 15.07.1985 (BGBl. I, S. 1565 ff.), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 03.05.2000 zur Änderung atomrechtlicher Vorschriften für die Umsetzung von EURATOM-Richtlinien zum Strahlenschutz (BGBl. I, Nr. 20 vom 10.05.2000, S. 636 ff.)
- [R2] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) vom 13.10.1976 (BGBl. I, S. 2905) i. d. F. d. Bek. vom 30.06.1989 (BGBl. I, S. 1321), berichtigt am 16.10.1989 (BGBl. I, S. 1926), zuletzt geändert durch die vierte Verordnung zur Änderung der Strahlenschutzverordnung vom 18.08.1997 (BGBl. I, S. 2113 vom 25.08.1997)
- [R3] BMI: Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke
BAnz Nr. 206, 03.11.1977
- [R4] Regeln des Kerntechnischen Ausschusses (KTA-Regeln):
- KTA 1201 Anforderungen an das Betriebshandbuch (6/98)
 - KTA 1202 Anforderungen an das Prüfhandbuch (6/84)
 - KTA 1301 Berücksichtigung des Strahlenschutzes der Arbeitskräfte bei Auslegung und Betrieb von Kernkraftwerken
Teil 2: Betrieb (6/89 einschließlich Berichtigung vom 29.06.1991)
 - KTA 1401 Allgemeine Forderungen an die Qualitätssicherung (6/96)
 - KTA 1404 Dokumentation beim Bau und Betrieb von Kernkraftwerken (6/89)
 - KTA 3604 Lagerung, Handhabung und innerbetrieblicher Transport radioaktiver Stoffe (mit Ausnahme von Brennelementen) in Kernkraftwerken (6/83)
 - KTA 3901 Kommunikationsmittel in Kernkraftwerken (3/81 einschließlich Berichtigung vom 22.08.1981)
- [R5] DIN-Normen:
- DIN 14096 Brandschutzordnung
Teil 3: Teil C (für Personen mit besonderen Brandschutzaufgaben) Regeln für das Erstellen, Januar 2000
 - DIN 25425 Radionuklidlaboratorien
Teil 1: Regeln für die Auslegung (09/95)

- [R6] Der Rat der Europäischen Union:
Richtlinie 96/29/EURATOM des Rates vom 13. Mai 1996 zur Festlegung der grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz der Gesundheit der Arbeitskräfte und der Bevölkerung gegen Gefahren durch ionisierende Strahlungen
Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 159/1, 39. Jahrgang, 29. Juni 1996, S. 1 ff.
- [R7] StMLU: Schreiben vom 09.11.1998, Az.: 9/53-8819.2-1997/1 Dok. 5
Musterregelung für das BHB/SSP, erstellt durch das LfU
- [R8] SSK: Freigabe von Materialien, Gebäuden und Bodenflächen mit geringfügiger Radioaktivität aus anzeige- oder genehmigungspflichtigem Umgang, Empfehlung der Strahlenschutzkommission
Verabschiedet in der 151. Sitzung am 12. Februar 1998
BAnz Nr. 193 vom 15.10.1998, S. 15022 bis 15028
- [R9] BMI: Richtlinien über die Anforderungen an Sicherheitspezifikationen für Kernkraftwerke
Bek. d. BMI vom 27.04.1976, RS I 4 – 513 804/2 –
GMBI Nr. 15 vom 31.05.1976
- [R10] RSK: Leitlinien für Druckwasserreaktoren, 3. Ausgabe, 14.10.1981, inklusive Änderungen gemäß
BAnz Nr. 106 vom 10.06.1983 und BAnz Nr. 104 vom 05.06.1984
Überarbeitung von Kap. 7: BAnz Nr. 158a vom 23.08.1996
Berichtigung BAnz Nr. 214 vom 15.11.1996
- [R11] BMU: Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, die nicht an eine Landessammelstelle abgeliefert werden,
Bekanntmachung vom 16.01.1989, RS II 3 – 511832 – 2/17,
letztmalige Verlängerung der zeitlichen Befristung mit BAnz Nr. 19
vom 28.01.1994, S. 725 (Bek. vom 14.01.1994, RS III 1 – 15700/7)
- [R12] Unfallverhütungsvorschriften der gewerblichen Berufsgenossenschaften (VBG) in Verbindung mit den gültigen Durchführungsbestimmungen:
VBG 1 Allgemeine Vorschriften (07/91)
VBG 30 Kernkraftwerke (01/87)
VBG 109 Erste Hilfe (10/94)

- [R13] Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften:
Erste Hilfe bei erhöhter Einwirkung ionisierender Strahlen (Merkblatt-Erste-Hilfe) ZH 1/546
Fassung 08/97
- [R14] BMU: Grundsätze zur Dokumentation technischer Unterlagen durch Antragsteller/Genehmigungs-
inhaber bei Errichtung, Betrieb und Stilllegung von Kernkraftwerken, Bekanntmachung
vom 19.02.1988, BAnz Nr. 56 vom 22.03.1988, S. 1294 ff.
- [R15] BMU: Verordnung über den kerntechnischen Sicherheitsbeauftragten und über die Meldung von
Störfällen und sonstigen Ereignissen (Atomrechtliche Sicherheitsbeauftragten- und
Meldeverordnung – AtSMV) vom 14.10.1992, BGBl., Teil 1, Nr. 48 vom 23.10.1992, S. 1766 ff.
- [R16] BMI: Richtlinie für den Strahlenschutz des Personals bei der Durchführung von
Instandhaltungsarbeiten bei Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktor
Teil II: Die Strahlenschutzmaßnahmen während der Inbetriebsetzung und des Betriebes der Anlage
(Fassung vom 23.06.1981)
Rundschreiben des BMI v. 04.08.1981 – RS II 3 – 515 800/5 –
GMBI Nr. 26 vom 25.09.1981, S. 363 ff.
- [R17] GGVS: Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher
Güter auf Straßen (Gefahrgutverordnung Straße – GGVS) vom 12. Dezember 1996
in Form der 1. Änderungsverordnung mit Neufassung vom 22.12.1998
- [R18] GGVE: Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher
Güter mit Eisenbahnen (Gefahrgutverordnung Eisenbahn – GGVE) vom 12. Dezember 1996
in Form der 1. Änderungsverordnung mit Neufassung vom 22.12.1998
- [R19] BMU: Periodische Sicherheitsüberprüfung für Kernkraftwerke
- Leitfaden Sicherheitsstatusanalyse - Dezember 1996
BAnz Nr. 232a vom 11.12.1997
- [R20] StMLU: Muster-Wach- und Zugangsordnung für kerntechnische Einrichtungen in Bayern
Stand vom 03.08.1999

- [R21] BMI: Richtlinie für das Verfahren zur Vorbereitung und Durchführung von Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten in Kernkraftwerken,
Bekanntmachung des BMI vom 01.06.1978 – RS I 6 – 513 130/4
GMBI Nr. 22 vom 17.07.1978, S. 342
- [R22] BMU: Richtlinie für den Fachkundenachweis von Forschungsreaktorpersonal
Bek. d. BMU v. 16.2.1994 – RS I 3 – 13831/6
- [R23] BMU-Rundschreiben vom 08.08.1994 an den Verteiler des Hauptausschusses des
Länderausschusses für Atomkernenergie mit der Anlage: Erläuterungen zu den Meldekriterien für
meldepflichtige Ereignisse in Anlagen zur Spaltung von Kernbrennstoffen für die Anwendung in
Forschungsreaktoren (Stand: 17.11.1992)
- [R24] RSK, Stellungnahme „Bedeutung, Inhalt und Umfang von Notfallhandbüchern in Kernkraftwerken“,
Anlage 1 zum Ergebnisprotokoll der 244. RSK-Sitzung am 24.05.1989
- [R25] BMI, Richtlinie für den Schutz von Kernkraftwerken gegen Druckwellen aus chemischen
Reaktionen durch Auslegung der Kernkraftwerke hinsichtlich ihrer Festigkeit und induzierten
Schwingungen sowie durch Sicherheitsabstände, August 1976
Bek. d. BMI v. 13.09.1976 – RS I 4 – 513145/1
- [R26] RSK-Leitlinien für Druckwasserreaktoren, Kapitel 7 "Elektrische Einrichtungen des
Sicherheitssystems und der anderen Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung",
Bekanntmachungen vom 7. August 1996 im Bundesanzeiger Nummer 158 a und vom
29. Oktober 1996 im Bundesanzeiger Nummer 214
- [R27] DIN IEC 60880 „Software für Rechner im Sicherheitssystem von Kernkraftwerken“, August 1987