

Schleswig-Holsteinischer Landtag

Umdruck 15/3061

Ministerium für
Finanzen und Energie
des Landes Schleswig-Holstein

An die
Vorsitzende
des Umweltausschusses des
Schleswig-Holsteinischen Landtages
Frau Abg. Frauke Tengler
Landeshaus

24105 Kiel

Staatssekretär

Kiel, 18. Februar 2003

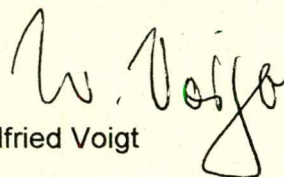
**Aktueller Bericht des Ministerium für Finanzen und Energie zum Kernkraftwerk
Brunsbüttel**

Sehr geehrte Frau Vorsitzende,

anbei – wie in der Sitzung des Umweltausschusses am 15.01.03 vereinbart – der Bericht des Ministeriums für Finanzen und Energie zum aktuellen Stand der Arbeiten im Atomkraftwerk Brunsbüttel. Durch die Schwerpunktsetzung auf die Darstellung der Wasserstoffexplosion am 14.12.01 einerseits und den im Juli 2002 entdeckten Planungsfehler im Notkühlsystem andererseits bildet der Bericht eine geeignete Diskussionsgrundlage für die Sondersitzung des Umweltausschusses am 26.02.2003.

Ich bitte, den Bericht den Ausschussmitgliedern wie den eingeladenen Bürgerinitiativen und Umweltorganisationen vor der Sitzung zuzuleiten.

Mit freundlichen Grüßen


Wilfried Voigt

Postfach 7127 • 24171 Kiel
Dienstgebäude:
Düsternbrooker Weg 64
24105 Kiel
Telefon (04 31) 988-0
Telefax (04 31) 988-4172

Kiel, 18. Febr. 2003

Bericht
des Ministeriums für Finanzen und Energie
des Landes Schleswig-Holstein
zu Meldepflichtigen Ereignissen im Kernkraftwerk Brunsbüttel (KKB)

ME E 01 / 2002 "Bruch der TC-Deckelsprühleitung innerhalb des Sicherheitsbehälters"

ME 09 / 2002 "Tonnenförmige Aufweitung im Bereich des RDB-Deckelstutzens"

ME E 10.1/2002 "Fehler in der Sicherheitsleittechnik"

12/2002 "Fehler in der Sicherheitsleittechnik"

14/2002 "Fehler in der Sicherheitsleittechnik"

Gliederung

- I. ME E 01/ 2002 "Bruch der TC-Deckelsprühleitung innerhalb des Sicherheitsbehälters" und ME 09 / 2002 "Tonnenförmige Aufweitung im Bereich des RDB-Deckelstutzens"**

Zusammenfassung

1. Vorgeschichte bis Ereigniseintritt
2. Ereignis am 14.12.2001 und Bewertung der Betreiberin
3. Handlungsabläufe nach dem 14.12.2001 bis 18.02.2002
4. Bearbeitungskonzept (Vier-Säulen-Konzept)
 - 4.1 Ereignis, Ursache, Auswirkungen und Abhilfemaßnahmen
 - 4.1.1 Aufbau und Aufgabe des TC-Deckelsprühsystems vor dem Ereignis
 - 4.1.2 Schadensursache
 - 4.1.3 Schadensumfang an der TC-Leitung sowie innerhalb des Sicherheitsbehälters
 - 4.1.4 Tonnenförmige Aufweitung im Bereich des RDB-Deckelstutzens
 - 4.1.5 Maßnahmen zur Wiederherstellung der Betriebsbereitschaft des KKB
 - 4.2 Übertragbarkeitsbericht Radiolysegas (Übertragbarkeit auf andere Bereiche)
 - 4.2.1 Überprüfung des KKB auf mögliche Radiolysegasansammlungen
 - 4.2.2 Änderungen zur Vorsorge gegen Radiolysegasansammlungen
 - 4.2.3 Überwachungsmaßnahmen als Vorsorge gegen Radiolysegasansammlungen
 - 4.3 Überprüfungen und Konsequenzen aus dem Verhalten der Verantwortlichen des KKB
 - 4.3.1 Notwendigkeit der Überprüfung der Fachkunde und Zuverlässigkeit sowie Überprüfungsumfang
 - 4.3.2 Ergebnisse der Überprüfung
 - 4.3.3 Maßnahmen
 - 4.3.4 Zusammenfassung der Ergebnisse und Maßnahmen
5. Sicherheitstechnische Bedeutung der Ereignisse ME E 01/02 und ME E 09/02

- II. ME E 10.1/2002, 12/2002, 14/2002 "Fehler in der Sicherheitsleittechnik"**

Zusammenfassung

1. Erkennung der Fehler in der Sicherheitsleittechnik
2. Sicherheitskonzept des KKB bzgl. Notstromversorgung und Kühlmittelverluststörfall innerhalb des Sicherheitsbehälters (SHB)
3. Sicherheitstechnische Bedeutung der Fehler in der Sicherheitsleittechnik
4. Erfassung und Behebung der Fehler in der Sicherheitsleittechnik

- III. Generelle Schlussfolgerungen aus den Ereignissen**

**I. ME E 01/ 2002 "Bruch der TC-Deckelsprühleitung innerhalb des Sicherheitsbehälters" und
ME 09/ 2002 "Tonnenförmige Aufweitung im Bereich des RDB-Deckelstutzens"**

Zusammenfassung

Am 14.12.2001 kam es aufgrund einer Radiolysegasreaktion zum vollständigen Versagen der Deckelsprühleitung TC03Z206 (Rohrleitungsabriss und Zerstörung auf einer Länge von ca. 2,7 m) im Sicherheitsbehälter des Kernkraftwerks Brunsbüttel. Die Leckage konnte von der Kraftwerkswarte durch das Schließen einer Armatur abgesperrt werden. Die KKB GmbH ging daraufhin von einem spontanen Dichtungsversagen in der TC-Deckelsprühleitung aus und betrieb die Anlage weiter. Messwerte, die auf ein größeres Ereignis und weitere Schäden hindeuteten, wurden von der Betriebsmannschaft nicht hinreichend beachtet.

Die Aufsichtsbehörde stellte das Ereignis einer spontanen Dichtungsleckage in Frage und forderte eine Begehung des Sicherheitsbehälters. Bei dieser Inspektion wurde von der KKB GmbH am 18.02.2002 das Rohrleitungsversagen erkannt und als Meldepflichtiges Ereignis E 01/02 gemeldet. Die Besichtigung und Aufnahme vor Ort ergab, dass durch das Ausschlagen und die Bruchstücke der TC-Leitung, durch die Explosionsdruckwelle bzw. durch den Temperatur- und Feuchteanstieg im Sicherheitsbehälter umfangreiche Schäden an dem Rohrleitungsstrang sowie an maschinen-, elektro- und leittechnischen Komponenten und Strukturen in der Umgebung entstanden waren.

Zur Abarbeitung des Meldepflichtigen Ereignisses und Behebung seiner Folgen wurde zwischen dem Ministerium für Finanzen und Energie des Landes Schleswig-Holstein (MFE), der Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde, und der KKB GmbH ein Gesamtbearbeitungskonzept (vgl. Anlage 1) abgestimmt. Dieses bestand aus den Themenblöcken „Schadensanalyse (TB-1.0)“, „Übertragbarkeitsbericht Radiolysegas (TB-2.0)“, „Betreiberverhalten (TB-3.0)“ sowie „Änderungen und Instandsetzung (TB-4.0)“.

Auf Basis dieser Struktur mit entsprechenden, weitergehenden Untergliederungen wurden die relevanten Aspekte, einschließlich der organisatorischen und administrativen Auswirkungen des Ereignisses, untersucht und die Reparatur und Instandsetzung der Anlage zur Wiederaufnahme des Betriebes durchgeführt.

Im Rahmen der Bearbeitung beantragte die KKB GmbH den Entfall der TC-Deckelsprühleitung mit einem Genehmigungsantrag nach § 7 Atomgesetz (AtG). Die Genehmigung wurde am 23.12.2002 durch die Genehmigungsbehörde erteilt, nachdem die mit der Änderung verbundenen Auswirkungen analysiert, die Unversehrtheit von verbleibenden Komponenten nachgewiesen worden war und nach Prüfung der Nachweise durch Sachverständige keine Bedenken aus sicherheitstechnischer Sicht bestanden.

Für die vom Ereignis betroffenen Komponenten im Einwirkungsbereich erfolgten Instandsetzungsmaßnahmen, die von Sachverständigen begleitet wurden. Darüber hinaus führte die KKB GmbH umfangreiche Prüfungen zum Qualitätsnachweis und zur Funktionssicherheit für Komponenten und Systeme im Sicherheitsbehälter durch, um nachzuweisen, dass aufgrund des Ereignisses keine weiteren Schäden oder Beeinträchtigungen in der Anlage vorhanden sind. Sachverständige waren bei diesen Prüfungen eingeschaltet und haben die Behebung der Schäden, die Funktionssicherheit sowie die Qualität der sicherheitstechnisch wichtigen Komponenten und Systeme bestätigt.

In Anbetracht des Umfangs und der Auswirkungen der Schäden an der Deckelsprühleitung war es für die Aufsichtsbehörde erforderlich, umfassend zu prüfen, ob und inwieweit eine Übertragbarkeit des Ereignisses auf andere Bereiche des KKB möglich ist. In diesem Zusammenhang erfolgten umfangreiche Untersuchungen und eine Anzahl von Änderungen an der Anlage sowie umfassende Überwachungsmaßnahmen.

Die Bedenken der Aufsichtsbehörde im Hinblick auf Zuverlässigkeit und Fachkunde des verantwortlichen Personals führten zu umfassenden Analysen und Untersuchungen, die sich auf den Genehmigungsinhaber, die Betriebsorganisation sowie die verantwortlichen Personen, auf Human-Factor- (HF), organisatorische und administrative Aspekte erstreckten. Die von der KKB GmbH ausgewiesenen Schwachstellenbereiche deckten sich mit den von der Aufsichtsbehörde bzw. den hinzugezogenen Sachverständigen ermittelten Defizitbereichen.

Als Maßnahmen zur Behebung dieser Schwachstellen erfolgten seitens KKB GmbH personelle Veränderungen in der Kraftwerksleitung sowie beim Kerntechnischen Sicherheitsbeauftragten, Änderungen im organisatorischen und administrativen Bereich sowie Schulungsmaßnahmen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die aufgrund des Ereignisses entstandenen Schäden an der Anlagentechnik behoben und Maßnahmen zur Vorsorge, einschließlich umfangreicher Überwachungseinrichtungen für die radiolysegasgefährdeten Bereiche durchgeführt wurden. Unter Einbeziehung der administrativen und organisatorischen Maßnahmen der KKB GmbH sowie der Qualifizierungsmaßnahmen des Personals liegen keine Tatsachen vor, aus denen sich Bedenken gegen die Zuverlässigkeit des Genehmigungsinhabers und der mit der Leitung und Beaufsichtigung des Betriebes betrauten verantwortlichen Personen ergeben. Die aus den Untersuchungen abgeleiteten mittel- bzw. langfristig erforderlichen Maßnahmen sind bzw. werden im Rahmen von Auflagen oder Verpflichtungen der KKB GmbH festgelegt, deren Erfüllung und Abarbeitung im Rahmen der aufsichtlichen Begleitung vorgenommen wird. Dazu gehören u.a. die Wiederholungsschulungen und die Einführung des Sicherheitsmanagementsystems.

1. Vorgeschichte bis Ereigniseintritt

Bei den bislang praktizierten Festlegungen zur erforderlichen Vorsorge im Hinblick auf die Radiolysegasproblematik wurden für erforderliche Schutz- bzw. Abhilfemaßnahmen Bereiche, in denen kein aktiver Zündmechanismus erkennbar war, nicht oder nur mit geringer Priorität berücksichtigt. Die TC-Deckelsprühleitung wurde bei den Betrachtungen der gefährdeten Bereiche als solcher erkannt und deshalb in der Nähe des Reaktordruckbehälters (RDB) auch mit Maßnahmen versehen (Einbau eines Katalysators und Temperaturüberwachung), jedoch wurde der hinter der Rückschlagklappe liegende Bereich als nicht gefährdet eingestuft, da einerseits ein Zündmechanismus als nicht gegeben angesehen wurde und eine ausreichende Spülung über die in Versuchen ermittelte Leckage über die Rückschlagklappe unterstellt wurde.

Im Rahmen der Betrachtungen der Vorgeschichte wurde zum Einen festgestellt, dass die unterstellte Spülung über die Rückschlagklappe nicht mehr gegeben war, da zwischenzeitlich Instandhaltungsmaßnahmen an dieser (z.B. Einschleifen der Klappe) durchgeführt worden waren. Zum anderen führte eine unbemerkte Leckage von kaltem Wasser in die mit Dampf beheizte TC-Deckelsprühleitung zu einer erhöhten Kondensationsrate, so dass vermehrt Radiolysegas in der TC-Deckelsprühleitung anfiel. Begünstigt wurde dies durch eine nicht voll-

ständig geöffnete Armatur in der Dampfzufuhr-/Kondensatablaufleitung, bei der im Rahmen einer Instandhaltungsmaßnahme festgestellt worden war, dass lediglich etwas mehr als der halbe Ventilhub zur Verfügung stand.

Eine Überwachung der TC-Deckelsprühleitung war zwar vorhanden, jedoch war diese zur Erfassung der Temperaturbelastungen für die Rohrleitung vorgesehen und wurde hinsichtlich eines möglichen Radiolysegasanfalls nicht im Rahmen der Betriebsüberwachung ausgewertet.

Im Hinblick auf die Verantwortlichkeit für die Überwachung und Koordination der im KKB vorgesehenen Schutz- und Überwachungsmaßnahmen bestanden im KKB bei den Beteiligten unterschiedliche Auffassungen, so dass keine konsistente Wahrnehmung der Aufgaben gewährleistet war.

2. Ereignis am 14.12.2001 und Bewertung der Betreiberin

Am 14.12.2001 befand sich das Kernkraftwerk Brunsbüttel im ungestörten Leistungsbetrieb (Volllast), als um 13:08 Uhr Alarmmeldungen aus dem Bereich des Körperschallüberwachungssystems und der Brandmeldeanlage des Sicherheitsbehälters (SHB) auf der Warte aufliefen. Gleichzeitig wurde der Anstieg des Druckes, der Temperatur und des Feuchtegehaltes sowie ein erhöhter Wasseranfall im Sicherheitsbehälter festgestellt. Zudem wiesen die Störmeldungen (Endschaltermeldungen) der Armaturen im Bereich der Deckelsprühleitung des Reaktorwasserreinigungssystems auf Auffälligkeiten in diesem Bereich hin.

Als Sofortmaßnahme wurde daraufhin von der Schichtleitung die Anlagenleistung auf ca. 60% reduziert und die Warmhalte-/Entwässerungsarmatur TC03S403 der RDB-Deckelsprühleitung nach ca. 4 Minuten geschlossen. Durch diese Maßnahmen nahm der Druck im Sicherheitsbehälter ab, und der Wasseranfall an der Leckagemesseinrichtung reduzierte sich nach Erreichen des Maximalwertes von 260l/h nach 15 min wieder auf einen betrieblichen Wert von ca. 15l/h. Der Schichtleiter leitete das Abfahren der Anlage ein, weitere Sofortmaßnahmen sah die Betriebsmannschaft als nicht erforderlich an.

Vom Schichtleiter wurde anschließend die Betriebsleitung informiert, die einen Arbeitsstab einberief. Dieser Arbeitsstab analysierte im Weiteren die Fakten.

Der Arbeitsstab sah die Absperrung der Leckage als gegeben an. Beeinträchtigungen von Sicherheitseinrichtungen wurden auf der Grundlage der Analysen nicht festgestellt. Der Ablauf des Ereignisses deutete auf ein kleines Leck in der Deckelsprühleitung hin. Der spontane Anstieg des Leckvolumens war nach Auffassung im Arbeitsstab typisch für das vermutete Dichtungsversagen an einem der Flansche in dieser Leitung. Die anderen Hinweise wie z.B. die Armaturenmeldungen (Prellen der Endschalter) und das Ansprechen des KÜS wurden vom Arbeitsstab mit begleitenden Erschütterungen bzw. mit dem austretenden Leckstrom begründet. Auf der Grundlage der mit dem Arbeitsstab diskutierten Plausibilität der erkannten Reaktionen und Anzeigen entschied der Kraftwerksleiter am 14.12.01, zunächst das Abfahren der Anlage zu stoppen und gegen 17.00 Uhr, nach Beratungen im Arbeitsstab, den Leistungsbetrieb der Anlage wieder fortzusetzen.

3. Handlungsabläufe nach dem 14.12.2001 bis 18.02.2002

Das Ereignis wurde aufgrund der Bewertungen des Arbeitsstabes als nicht meldepflichtig gemäß der Atomrechtliche Sicherheitsbeauftragten- und Meldeverordnung (AtSMV) eingestuft. Eine entsprechende formale Meldung des Ereignisses erfolgte deshalb von der KKB GmbH nicht. Die Aufsichtsbehörde wurde am 17.12.01 zunächst telefonisch und am 19.12.01 im Rahmen eines routinemäßigen Aufsichtsgesprächs, in Anwesenheit von Mitarbeitern von drei Sachverständigenorganisationen, über den Ablauf informiert. Die Aufsichtsbehörde leitete trotz der Einstufung des Ereignisses durch die KKB GmbH als nicht meldepflichtig eine aufsichtliche Prüfung ein. Die Beantwortung der von der Aufsichtsbehörde hierzu vorgelegten Frageliste - dabei wurde seitens der Aufsichtsbehörde bereits die mögliche Ursache des Schadens aufgrund einer Radiolysegasexplosion einbezogen - erfolgte durch die KKB GmbH in Form eines vorläufigen Ereignisberichtes vom 21.12.01, in dem ergänzende Untersuchungen zugesagt wurden. Die Prüfung dieses Ereignisberichtes seitens des zugezogenen Sachverständigen ergab aus sicherheitstechnischer Sicht keinen sofortigen Handlungsbedarf und keine Bedenken gegen die Fortführung des Leistungsbetriebs. Empfohlen wurde seitens des Sachverständigen, bis Ende Jan. 2002 die Ursachenklärung für die Leckage insoweit abzuschließen, dass ein Riss in der Wandung der Druckführenden Umschließung ausgeschlossen werden kann.

Weitere Nachfragen und Bewertungen insbesondere durch die Aufsichtsbehörde und auch seitens des zugezogenen Sachverständigen zeigten, dass das Erklärungsmodell (Flanschleckage) des Betreibers nicht alle beobachteten Auswirkungen hinreichend erklärte. Deshalb wurde der Betreiber aufgefordert, bis Ende Januar 2002 eine vollständige Nachweisführung zur Zulässigkeit des Weiterbetriebes vorzulegen. Doch auch bis zu diesem Zeitpunkt konnten nicht alle Diskrepanzen geklärt werden. Insbesondere widersprachen die gemessenen Temperaturverläufe sowie die Endschaltermeldungen, die auf dynamische Belastungen hindeuteten, dem Modell der kleinen Flanschleckage. Die nach dem Ereignis durchgeführte Bestimmung der Leckrate/Leckgröße war fehlerhaft. Ein Versagen der Druckführenden Umschließung des Primärkreises (DFU) konnte nicht zweifelsfrei ausgeschlossen werden, sollte aus Sicht der KKB GmbH - trotz entsprechender Regelungen im BHB - auch nicht nachgewiesen werden. Hieraus resultierte die bis zu diesem Zeitpunkt von der Betreiberin aus Strahlenschutz- und anlagentechnischen Gründen abgelehnte Notwendigkeit einer Begehung des Sicherheitsbehälters (SHB). Nach Fristsetzung der Aufsichtsbehörde an die KKB GmbH und mündlicher Ankündigung einer Anordnung erklärte sich die KKB GmbH am 13.02.2002 bereit, eine Inspektion des SHB am 18.02.2002 durchzuführen.

Bei der Begehung des Sicherheitsbehälters wurden ein vollständiger Rohrleitungsabriss bzw. eine Zerstörung der Deckelsprühleitung TC03Z206 auf einer Länge von ca. 2,7 m sowie umfangreiche Folgeschäden an benachbarten Komponenten und Strukturen festgestellt. Ein abgerissenes freies Rohrleitungsende war gegen den Innenbeton des Sicherheitsbehälters geschlagen. Die umherfliegenden Trümmer der geborstenen Rohrleitung hatten u.a. Kabeltrassen, die RDB-Wärmedämmung, die Druckkammersprühleitung und Lüftungskanäle beschädigt. Zudem wurden zahlreiche Anschlagspuren an benachbarten Komponenten und Bauteilen gefunden. Die Druckwelle im SHB hatte erkennbare Beschädigungen an Lampen sowie an den Berstmembranen zwischen Druckkammer und Steuerstabantriebsraum erzeugt.

Eine erste Schadensanalyse ergab, dass die Schäden auf eine Anreicherung von Radiolysegas in der Deckelsprühleitung zurückzuführen waren. Die anschließende Radiolysegasreak-

tion (Deflagration und Detonation) führte zum Abriss bzw. zur Zerstörung der Deckelsprühleitung mit den geschilderten Folgeschäden.

Das Schadensereignis wurde durch die Betreiberin nach der Begehung des SHB mit der vorläufigen Meldung vom 19.02.02 gemäß Meldeverordnung AtSMV der Kategorie E 2.2.1 sowie der internationalen Meldeklassifizierung nach INES 1 eingestuft und gemeldet.

4. Bearbeitungskonzept (Vier-Säulen-Konzept)

Zu den im Gesamtbearbeitungskonzept (vg. Anlage 1) (einschließlich des Genehmigungsverfahrens zum Entfall des TC-Deckelsprühsystems) enthaltenen vielschichtigen Fragestellungen und Untersuchungsaspekten wurden insgesamt 14 verschiedene Sachverständigenorganisationen (Hochschul Institute, Professoren, Ingenieurbüros, TÜV's) durch die Aufsichtsbehörde eingeschaltet. Bei der Auswahl stand entsprechend der jeweiligen Aufgabenstellung die beste Qualifikation im Vordergrund.

Eine für die weitere Bearbeitung maßgebliche Aufgabe bestand darin, die Ursache und den Mechanismus soweit zu klären, dass die bei dem Ereignis aufgetretenen Lasten und Belastungen abdeckend ermittelt und damit der Schädigungs- und Einflussbereich bestimmt werden konnte. Hierzu wurden Sachverständige eingeschaltet, die mit Rechenmodellen den Ereignisverlauf abbilden konnten und so durch Vergleich der tatsächlich vorhandenen Befunde die aufgetretenen Lasten ermitteln konnten.

Mit umfangreichen Untersuchungen bei einer Material-Prüfanstalt an den Bruchstücken und entsprechenden Vergleichsversuchen an Prüfkörpern bei einer Ingenieurgesellschaft konnten die bei der Detonation aufgetretenen maximalen Drücke sowie der Druckverlauf und das Materialverhalten ermittelt bzw. bestätigt werden.

Aus diesen Daten wurden dann ebenfalls mit verfeinerten Rechenmodellen die in der Umgebung der TC-Deckelsprühleitung entstandenen Belastungen aus Druckwelle und Temperatur ermittelt. Der Sicherheitsbehälter sowie die darin enthalten Baustrukturen wurden durch einen Bau-Sachverständigen auf Schäden und sicheren Abtrag der aufgetretenen Lasten überprüft.

Für die Befundaufnahme in der Anlage wurden Sachverständige eingeschaltet, die die Arbeiten im SHB begleiteten und sämtliche Befunde erfasst haben. Für die einzelnen Befunde wurden entsprechende Austausch, Reparatur- bzw. Sanierungsmaßnahmen festgelegt, deren ordnungsgemäße Ausführung durch Sachverständige überprüft wurde. Umfangreiche Untersuchungen und Analysen erfolgten zum Nachweis der Unversehrtheit verbleibender Komponenten.

Zur Thematik der Radiolysegas-Schutzmaßnahmen wurden Sachverständige eingeschaltet, die mit der Radiolysegas-Problematik vertraut sind und über gute Anlagenkenntnisse verfügten. Die Überprüfungen auf gefährdete Bereiche führten zu einer Reihe von Änderungsmaßnahmen, die von den Sachverständigen mit positivem Ergebnis bewertet wurden und mit deren Hilfe zukünftig die Ansammlung von Radiolysegas verhindert werden soll. Die als gefährdet eingestuften Bereiche wurden unter Teilnahme der Sachverständigen auf bisher unerkannte Reaktionen überprüft und mit einem umfassenden Überwachungs- und Meldesystem ausgerüstet.

Hinsichtlich des Betreiberverhaltens erfolgte die Einschaltung von mehreren Sachverständigen, die die organisatorischen und administrativen Aspekte, aber auch die arbeitspsychologischen und „Human-Factor“-Aspekte untersucht und Abhilfe- und Verbesserungsmaßnahmen empfohlen haben. Die Art und Weise der KKB-internen Untersuchungen wurde durch die Sachverständigen ebenso bewertet wie die Umsetzung der zur Verbesserung eingeleiteten Maßnahmen.

4.1 Ereignis, Ursache, Auswirkungen und Abhilfemaßnahmen

4.1.1 Aufbau und Aufgabe des TC-Deckelsprühsystems vor dem Ereignis

Die TC-Deckelsprühleitung (vg. Anlage 2) besteht aus austenitischem Stahl (1.4541) der Nennweite DN 100. Die Leitung wird im oberen Bereich in den Sicherheitsbehälter (SHB) geführt. In dem Bereich der Durchführung befinden sich innerhalb und außerhalb des SHB jeweils motorbetätigte Absperrschieber, die während des Normalbetriebs geschlossen sind, sowie außerhalb des SHB ein Festpunkt. Innerhalb des SHB wird die Leitung im oberen Ringraum zum Anschlussstutzen des Reaktordruckbehälters (RDB) geführt. Unmittelbar vor dem Anschlussstutzen befindet sich eine Rückschlagarmatur. Während des Normalbetriebs erfolgt eine Warmhaltung und Entwässerung der Deckelsprühleitung innerhalb des SHB über eine Entwässerungsleitung der Nennweite DN 25, die im Bereich des inneren Absperrschiebers anschließt und mittels eines motorbetätigten Absperrventils geschlossen werden kann. Über die Entwässerungsleitung wird zur Warmhaltung der TC-Deckelsprühleitung Frischdampf zugeführt sowie das durch Wärmeverluste entstehende Kondensat abgeführt. Die Temperatur der TC-Deckelsprühleitung wird innerhalb des SHB mittels vier Temperaturmessaufnehmern kontrolliert. Außerhalb des SBH befindet sich Wasser in der TC-Deckelsprühleitung.

Das TC-Deckelsprühsystem hat die Aufgabe, beim Abfahren der Anlage in den kalten Zustand die in dem Deckel des Reaktordruckbehälters gespeicherte Wärme schneller abzuführen und damit ein schnelleres Abfahren der Anlage zu erreichen. Für diesen Vorgang wird ein Teilstrom aus dem Reaktorwasserreinigungsstrom entnommen und über einen Sprühkopf innerhalb des Reaktordruckbehälters auf die Innenseite des Deckels gesprüht. Der zulässige Abkühlgradient beträgt bei verfügbarem Deckelsprühsystem 30 K/h.

Das TC-Deckelsprühsystem hat keine sicherheitstechnischen Aufgaben. Bei unverfügbarem Deckelsprühsystem muss jedoch der Abkühlgradient auf 10 K/h reduziert werden.

4.1.2 Schadensursache

Das Schadensereignis am 14.12.2001 erfolgte aufgrund einer Wasserstoffexplosion in der TC-Deckelsprühleitung. Aufgrund der radioaktiven Strahlung wird Wasser im Reaktor in die Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt und als sogenanntes Radiolysegas in Anteilen von näherungsweise 2,5 ppm Wasserstoff und ca. 20 ppm Sauerstoff vom Frischdampf mitgetragen. In Rohrleitungsbereichen, die mit Frischdampf beaufschlagt werden, wird sich aufgrund von Dampfkondensation das Radiolysegas ansammeln, wenn es nicht durch Strömung, Diffusion oder Lösung im Wasser wegtransportiert werden kann.

Die TC-Deckelsprühleitung ist beim Leistungsbetrieb abgesperrt. Wärmeverluste über die isolierte Leitung bedingen nur eine geringe Anreicherung von Radiolysegas. Ursächlich für die erhöhte Radiolysegasansammlung in der TC-Deckelsprühleitung war eine nach der Revi-

sion 2001 deutlich erhöhte Durchlässigkeit der geschlossenen TC-Absperrschieber zwischen dem wassergefüllten Bereich außerhalb und dem dampfbeaufschlagten Bereich innerhalb des Sicherheitsbehälters. Das dadurch übertretende kühle Leckagewasser füllte die TC-Deckelsprühleitung im unteren Bereich auf und wurde durch die zur Warmhaltung der TC-Deckelsprühleitung vorgesehene Dampfzuführung aus der Entwässerungsleitung aufgeheizt. Im unteren, horizontalen Rohrbereich vor der Dampfzuführung bildete sich ein Strömungstotraum mit relativ niedrigen Wasser-Temperaturen aus, während der aufsteigende Rohrbereich hinter der Dampfzuführung mit gesättigtem Wasser gefüllt war. Die Aufheizung des übertretenden Wassers erfolgte mittels des Frischdampfes aus der Entwässerungsleitung, der im wassergefüllten Bereich kondensierte und das Radiolysegas freigab. Die Anreicherung mit Radiolysegas erfolgte in dem mit Dampf gefüllten Bereich der TC-Deckelsprühleitung. Dieser Mechanismus der erhöhten Radiolysegasansammlung wurde durch analytische Untersuchungen abgesichert und zusätzlich belegt durch praktische Untersuchungen zum thermohydraulischen Verhalten auf einem eigens dafür von der KKB GmbH errichteten Versuchsstand.

Die hieraus gewonnenen Erkenntnisse wurden auch bei der Überprüfung der Maßnahmen zur Vermeidung von zündfähigen Radiolysegasansammlungen berücksichtigt.

Auf der Grundlage ihrer Untersuchungen zum Schadensszenario geht die KKB GmbH davon aus, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit zu Beginn des Ereignisses der gesamte obere Rohrleitungsbereich der TC-Deckelsprühleitung, d.h. bis zur Rückschlagklappe unmittelbar vor dem Anschluss am RDB-Deckel, mit Radiolysegas gefüllt war. Die Zündung erfolgte an der Rückschlagklappe und führte zunächst zu einer Reaktion in Form einer Deflagration. Danach bewegte sich die Flammfront in der TC-Deckelsprühleitung von der Rückschlagklappe in Richtung zur SHB-Durchführung; durch die Kompression des Radiolysegases entstand die für eine Detonation erforderliche Zündtemperatur. Nach dem Übergang der Deflagration in eine Detonation kam es lokal zu Drucksteigerungen, die zum Zerbersten der TC-Deckelsprühleitung führten.

Die werkstofftechnisch untersuchten Bruchstücke zeigten, dass sich die Rohrleitung vor dem Bruch etwa auf den 1,5-fachen Durchmesser gedehnt hatte und duktil versagte. Auf der Grundlage der festgestellten Schäden wurde vom Sachverständigen der Aufsichtsbehörde mittels sehr aufwändiger und detaillierter Analysen der Schadensablauf in der TC-Deckelsprühleitung untersucht.

Dazu wurde im Auftrag der Aufsichtsbehörde u.a. auch zur Ermöglichung einer Abschätzung der zum Bersten notwendigen Innendrucke mit aufwändigen Versuchen das schlagdynamische Zug-Festigkeitsverhalten an austenitischen Werkstoffen bei besonders hohen Dehngeschwindigkeiten (bis zu $\dot{\epsilon} = 5000 \text{ s}^{-1}$) untersucht.

Die Berechnung des Detonationsverlaufs mit dem Ziel bestmöglicher Übereinstimmung mit den gemessenen Verformungen führte in der Analyse des Sachverständigen der Aufsichtsbehörde zu dem Ergebnis, dass die Detonation keinesfalls am oberen Bruchquerschnitt gestartet ist. Hierzu müsste sich die Entwicklung der Detonationswelle bei ihrem Fortschreiten durch die Rohrleitung nach unten hinsichtlich Impulswirkung verstärken mit der Folge, dass nicht am obersten Querschnitt, sondern an einem tiefer liegenden Querschnitt Hochdruckversagen eintreten würde. Berechnungen des Detonationsverlaufs beim Start am unteren Ende der Rohrleitung bedingt durch einen Kondensationsschlag an der Oberfläche der Wasservorlage ergaben bestmögliche Übereinstimmung mit den gemessenen Verformungen am unteren Rohrleitungsende.

Im Hinblick auf erforderliche Vorsorgemaßnahmen zur Verhinderung zukünftiger Radiolysegasreaktionen waren die Analyseergebnisse des eingeschalteten Sachverständigen sowie die der KKB GmbH zu berücksichtigen.

4.1.3 Schadensumfang an der TC-Leitung sowie innerhalb des Sicherheitsbehälters

In einem ersten Schritt wurden unmittelbar nach der Ereignisfeststellung in möglichst unverändertem Zustand alle visuell feststellbaren Auswirkungen des Schadens (vgl. beispielsweise Anlage 3 u. 4) im oberen Ringraum an der betroffenen TC-Deckelsprühleitung sowie an benachbarten Bauteilen und Komponenten und die Katalogisierung und Lage aller Bruchstücke der Rohrleitung und eine Beweissicherung mittels Fotodokumentation vorgenommen. Für alle anschließenden Arbeitsaufträge legte MFE zur Beweissicherung ein zielgerichtetes Arbeitsfreigabeverfahren fest, das die Verwaltung in einer Datenbank vorsah. Dabei wurde systematisch nach verdeckten Befunden gesucht, und an möglichen betroffenen Komponenten und Systembereichen wurden Vermessungen und zerstörungsfreie Prüfungen vorgenommen.

Bei der Radiolysegasexplosion wurde ein ca. 2,7 m langes Rohrleitungsstück in 33 Bruchstücke zerlegt (vg. Anlage 4), und die Bruchstücke wurden in den Sicherheitsbehälter geschleudert. Aufgrund ihrer kinetischen Energie verursachten die Bruchstücke an den getroffenen Komponenten und Strukturen umfangreiche Folgeschäden.

Ein abgerissenes freies Rohrleitungsende wurde gegen den Innenbeton des Sicherheitsbehälters geschlagen, und die Dübelplatte eines Federhängers wurde gelöst. Außerdem hatten die innere Durchdringungsarmatur der TC-Deckelsprühleitung am Gehäuse des Antriebs sowie die mit der TC-Leitung verbundenen Kleinleitungsarmaturen Risse in den Gehäusen. Die umherfliegende Trümmer der geborstenen Rohrleitung beschädigten u.a. Kabel und Kabeltrassen, die RDB-Wärmedämmung, die Gebäudesprühleitung, Lüftungskanäle und Stahlbühnen. Zudem wurden zahlreiche Anschlagspuren an benachbarten Komponenten und Bauteilen gefunden. Die Druckwelle im SHB erzeugte u.a. im Rahmen der Begehung erkennbare Beschädigungen an einer Kabeltrasse, an Lampen, eine starke Verformung einer Entlüftungsleitung sowie an Rissen in den Berstmembranen zwischen Druckkammer und Steuerstabantriebsraum.

Zur Feststellung des gesamten Schadensumfangs wurden auf Veranlassung des MFE u.a. Untersuchungen bzgl.

- Befundaufnahme Kondkammer und Saugesiebe der Sicherheitssysteme hinsichtlich Bruchstücke, Freisetzung von Isoliermaterial durch Leitungsbruch TC03Z206
- Ermittlung der Schäden der Berstmembranen zwischen SAR und DK,
- Druckwellen- und Temperaturbelastung umgebender Komponenten sowie der Wände und Baustrukturen nach Radiolysegasexplosion in der TC-Leitung
- Bewertung der Beanspruchung der Durchführung durch den Sicherheitsbehälter
- Bewertung des Festpunktes TC03U11 im Reaktorgebäude

durchgeführt.

Detaillierte Untersuchungen erfolgten im Auftrag der Aufsichtsbehörde von einer Materialprüfanstalt. Diese untersuchte den gesamten Schadensbereich einschließlich der Armaturen, Flansche sowie den Stützenbereich des Reaktordruckbehälters aufwendig im Hinblick auf Ursache und Auswirkungen der Radiolysegasexplosion.

Die Auswirkungen der Radiolysegasexplosion auf die Baustrukturen des Sicherheitsbehälters wurden auf der Grundlage von aufwändigen Analysen der Ausbreitung der Druckwelle und der thermischen Auswirkungen der Explosion analysiert. Dabei sind die durch das Ereignis aufgetretenen Beanspruchungen in den Baustrukturen auf einem Niveau geblieben, bei dem an deren weiteren Gebrauchstauglichkeit kein Zweifel besteht.

4.1.4 Tonnenförmige Aufweitung im Bereich des RDB-Deckelstutzens

Im Hinblick auf die Radiolysegasproblematik wurde untersucht, ob es in der Anlage Systembereiche mit erhöhter Radiolysegasfreisetzung infolge von Mischung von Dampf mit unterkühltem Wasser gibt. Diese Untersuchung ergab keine weiteren gefährdeten Bereiche. Darüber hinaus wurden in der Anlage alle in Frage kommenden Systembereiche auf möglicherweise unerkannte Radiolysegasreaktionen überprüft, durch Auswertung von Rechnermeldungen, Aufzeichnungen des Körperschallüberwachungssystems, wiederkehrende Prüfungen der letzten Jahre und durch Vermessung von über 250 Rohrleitungen auf Durchmesser- aufweitungen, wobei sich keine Befunde ergaben. Ein derartiger Befund ergab sich jedoch in der Deckelsprühleitung selbst. Im Anschlussbereich des RDB-Deckelsprühstutzens (F-Stutzen) wurde eine tonnenförmige leicht elliptische Aufweitung festgestellt. Diese Aufweitung zeigt bereits eine während der Revision 1992-1995 erstellte Bilddokumentation; die Aufweitung steht somit nicht ursächlich im Zusammenhang mit dem Ereignis E 01/2002. Wahrscheinlich erfolgte die Aufweitung aufgrund einer (möglicherweise aber auch mehrerer) Radiolysegasreaktionen, wobei die Anreicherung ähnlich wie beim Ereignis E 01/2002 erfolgt sein könnte.

Die Aufweitung konnte keinem Ereignis eindeutig zugeordnet werden. Die Prozessrechnermeldungen (ab Nov. 1989), die Körperschallaufzeichnungen (auswertbar auf Datenträger ab 1995) und die WKP-Nachweise wurden gesichtet. Alle "Auffälligkeiten" konnten dabei betrieblichen Ereignissen zugeordnet werden. Hinweise auf eine unerkannte Radiolysegasreaktion sind daraus nicht erkennbar gewesen.

Der geschädigte Bereich wurde mit der Genehmigung zum Entfall der TC-Deckelsprühleitung entfernt. Umfangreiche Untersuchungen und Analysen bestätigen die Unversehrtheit weiterer Komponenten im Bereich des RDB-Deckels.

4.1.5 Maßnahmen zur Wiederherstellung der Betriebsbereitschaft des KKB

Nach der Unterteilung des Einwirkungsbereiches in drei Prüfbereiche erfolgte in einem weiteren Inspektionsprogramm die Überprüfung aller in diesen Bereichen angebrachten maschinen- sowie elektro- und leittechnischen Komponenten auf erkennbare Schäden. Der Überprüfungsumfang sah u.a. folgende Prüfschritte vor:

- Visuelle Prüfungen hinsichtlich Folgeschäden aus Bruchstücken, Druckwelle
- Temperatur und Feuchte sowie Behinderung beweglicher Teile durch Fremdkörper,
- Funktionsprüfungen durch WKP gemäß Prüfanweisungen und Inspektionen,
- Erfassung und Auswertung von relevanten Prozessvariablen (Gleichlauf) vor und nach dem Ereignis am 14.12.2001,
- Bewertung der Bautechnik,
- Bewertung der elektro- und leittechnischen Komponenten

Der Schädigungsbereich aufgrund Druckwelle und Temperaturbelastung im SHB wurde eingegrenzt. Dabei wurde der rechnerisch ermittelte Schädigungsbereich durch Inspektionsergebnisse bestätigt. Der Prüfumfang der durchgeführten Prüfungen und Untersuchungen wurde komponentenspezifisch dokumentiert.

Aufgrund der Ergebnisse und der vorgenommenen Bewertung hinsichtlich der

- Vollständigkeit der zu betrachtenden Komponenten gemäß den abgestuften Festlegungen für die drei Betrachtungsbereiche aus dem Bearbeitungskonzept
- Vollständigkeit der Registratur und Dokumentation der Befundlage
- Befunde und der vorgesehenen Sanierungsmaßnahmen
- Eignung der Prüfungen zur Feststellung des Qualitätszustandes sicherheitstechnisch wichtiger Komponenten
- Vollständigkeit der Prüfungen gemäß dem Bearbeitungskonzept

sind alle Untersuchungen bzw. Prüfungen abgearbeitet worden.

Zur Schadensbehebung aufgrund des Ereignisses wurden von der KKB GmbH

- der Genehmigungsantrag zum Entfall des TC-Deckelsprühsystems
- sowie eine Anzahl von Änderungsanträgen und Instandsetzungsanzeigen gestellt.

Auf der Grundlage der am 23.12.2001 erteilten Genehmigung wurde u.a. die Deckelsprühleitung bis zum Festpunkt außerhalb des SHB entfernt und der RDB-Stützen von innen sowie der SHB von außen verschlossen. Die Unversehrtheit der verbleibenden Anschlussbereiche, wie beispielsweise der RDB-Stützen, wurde durch Werkstoffprüfungen, Vermessungen und rechnerische Analysen nachgewiesen.

Alle beschädigten Bauteile wurden erneuert bzw. repariert. Die Unversehrtheit der verbleibenden Kleinleitungen wurde entweder nachgewiesen, oder die Leitungen wurden ausgetauscht bzw. verschlossen. Die Funktionsfähigkeit der im Einwirkungsbereich des Ereignisses liegenden Komponenten wurde nachgewiesen.

Die weiterhin gegebene Eignung und Störfallfestigkeit der betroffenen und verbleibenden Elektro- und Leittechnik-Komponenten wurde durch Sonderprüfungen bzw. Nachweise belegt. Der Nachweis der Funktionsfähigkeit von elektromotorisch betätigten Komponenten erfolgte durch Funktions-Prüfungen auf der Basis der Prüfanweisungen für wiederkehrende Prüfungen.

Brandschutztechnische Auswirkungen waren bei dem Ereignis nicht relevant.

4.2 Übertragbarkeitsbericht Radiolysegas (Übertragbarkeit auf andere Bereiche)

4.2.1 Überprüfung des KKB auf mögliche Radiolysegasansammlungen

In Anbetracht des Ablaufs, des Umfangs und der Auswirkungen der festgestellten Schäden an der Deckelsprühleitung war es für die Aufsichtsbehörde erforderlich zu prüfen, ob und inwieweit auch in anderen frischdampf führenden und daran angrenzenden Systemen im Kernkraftwerk Brunsbüttel solche Radiolysegasreaktionen und Explosionen möglich sind.

Zur Überprüfung des Ereignisses der Radiolysegasexplosion auf Übertragbarkeit auf andere Bereiche des KKB teilte die KKB GmbH in einem Untersuchungsbericht mit, dass die Randbedingungen, die zu dem Radiolysegasereignis an der Deckelsprühleitung führten, in keinem anderen Systembereich vorhanden sind. Außerdem wurden nach Angaben der KKB GmbH keine weiteren Systembereiche identifiziert, in denen eine erhöhte Radiolysegasfreisetzung durch Vermischung von Frischdampf mit kälterem Wasser aus angrenzenden Systembereichen möglich ist.

Die Prüfung der Aufsichtsbehörde wurde auf der Grundlage des vom Sachverständigen der Behörde erstellten sog. Übertragbarkeitsberichts Radiolysegas vorgenommen. Wichtig bei der Auswahl des Sachverständigen der Aufsichtsbehörde war die Feststellung, dass dieser Gutachter bereits in anderen kerntechnischen Anlagen über einschlägige Erfahrungen mit dem Thema Radiolysegas verfügte.

Voraussetzung für die Übertragbarkeitsuntersuchung war die Festlegung der gesamten zu betrachtenden Systembereiche. Dabei wurden insbesondere folgende Kriterien angesetzt:

- Überprüfung von Systembereichen, bei denen durch Mischung von Frischdampf mit unterkühltem Wasser eine erhöhte Radiolysegasanreicherung möglich ist,
- Überprüfung der Gewährleistung von Strömungsmechanismen zur Abfuhr von Radiolysegasen (Kondensatablauf, Spüleinrichtungen),
- Überprüfungen der Wirksamkeit der vorhandenen Temperaturüberwachung.

Es erfolgte damit auf Veranlassung der Aufsichtsbehörde eine umfassende Überprüfung der Reaktoranlage auf Radiolysegas, was in der vorliegenden Form als erstmalig für deutsche Anlagen bezeichnet werden muss.

Entscheidende Grundlage für Gutachter und Aufsichtsbehörde gleichermaßen war die Festlegung von Anforderungen an Maßnahmen und Überwachung auf der Grundlage des Sicherheitskonzepts der Reaktoranlage. Dazu wurden drei Anforderungsprofile definiert, die sich an der sicherheitstechnischen Bedeutung des jeweiligen Systembereichs und seiner Auslegung orientieren:

Anforderungsprofil 1

Eine Radiolysegasreaktion muss mit hoher Zuverlässigkeit ausgeschlossen werden, da andernfalls bei Verletzung eines der Schutzziele ein auslegungsüberschreitendes Ereignis entstehen kann. Maßnahmen zur Verhinderung und Überwachung müssen daher eine sehr hohe Wirksamkeit und Zuverlässigkeit aufweisen.

Anforderungsprofil 2

Eine Radiolysegasreaktion kann zu einem Störfall führen, der mittels des Sicherheitssystems zu keinen Auswirkungen führt, bei denen eines der Schutzziele verletzt wird. Die Auswirkungen der Reaktion können das Sicherheitssystem beeinträchtigen. Maßnahmen zur Verhinderung und Überwachung müssen wirksam und zuverlässig sein.

Anforderungsprofil 3

Eine Radiolysegasreaktion führt zu keiner Anforderung und/oder Beeinträchtigung des Sicherheitssystems sowie zu keinen sicherheitstechnisch bedeutsamen Auswirkungen auf die Anlage und die Umgebung. Betriebliche Vorsorgemaßnahmen zur Verhinderung von Radiolysegasreaktionen bzw. Überwachungsmaßnahmen sind erforderlich.

In seinem Gutachten stellt der Sachverständige zusammenfassend fest, dass mit Umsetzung aller Forderungen

- die wesentlichen Aspekte zur Überprüfung auf Radiolysegas berücksichtigt wurden
- die relevanten Betriebszustände und Fahrweisen auch außerhalb des normalen Leistungsbetriebs erfasst und die relevanten Systeme und Teilsysteme betrachtet wurden
- geeignete Maßnahmen zur Verfügung stehen, die in der Anlage verwirklicht werden können.

In das Gutachten wurden von dem Sachverständigen zur Sicherstellung der erforderlichen Vorsorge **insgesamt 68 Forderungen** und zwei Empfehlungen aufgenommen.

4.2.2 Änderungen zur Vorsorge gegen Radiolysegasansammlungen

Die KKB GmbH hat in Anbetracht der Ergebnisse der Untersuchungen und Forderungen der Aufsichtsbehörde eine Reihe ergänzender Maßnahmen vorgeschlagen und nach Prüfung seitens der Aufsichtsbehörde umgesetzt, die sich an der jeweiligen sicherheitstechnischen Einstufung und damit an den Anforderungsprofilen orientiert:

- Änderungen von Rohrleitungsbereichen bzw. von Kondensatgefäßen
- Überprüfung der Funktionsweise von Absperrarmaturen
- Entlüftung und Spülung
- Temperaturüberwachung.

Im Verlauf des Verfahrens zum Übertragbarkeitsbericht Radiolysegas waren darüber hinaus eine Reihe von Einzelfragen zu klären. Diese Einzelfragen wurden von Aufsichtsbehörde und Sachverständigen eingebracht und stellen zentrale Punkte bei der Bewertung der Wirksamkeit der Radiolysegasvorsorge dar:

- Vorsorge gegen bei Radiolysegasreaktionen auftretende Folgeschäden (schlagende Rohrleitungen, Bruchstücke)
- Belastung der Abblaserohre der Sicherheits- und Entlastungsventile bei Radiolysegasreaktionen
- Einbausituation und Wirksamkeitsnachweis von Katalysatoren (Radiolyse-Kombinatoren)
- Gesamtbewertung Temperaturüberwachungssystem
- Leckagemanagement
- Einflüsse bei Abweichung vom Leistungsbetrieb und bei anomalem Betrieb

- Ergebnisse des Körperschallüberwachungssystems (KÜS) im Hinblick auf nicht erkannte Reaktionen und im Hinblick auf den weiteren Betrieb (Einbindung in die Überwachung).

Im Einzelnen wurden zur Vorsorge gegen unzulässige Ansammlungen bzw. zur Erkennung von Radiolysegas von der KKB GmbH **16 Änderungsmaßnahmen** (ohne die Genehmigung zum Entfall des TC-Deckelsprüsystems) durchgeführt. Daneben waren eine Reihe von administrativen Vorgaben im Betriebshandbuch der Anlage (BHB) zu ändern bzw. der erweiterten Radiolysegasvorsorge anzupassen.

4.2.3 Überwachungsmaßnahmen als Vorsorge gegen Radiolysegasansammlungen

Zentraler Punkt bei der Entscheidung über den weiteren Betrieb der Anlage – in Anbetracht der Schäden durch die Radiolysegasexplosion – war der von der Aufsichtsbehörde vorangetriebene Aufbau des ständigen Radiolysegasüberwachungsprogramms. Dies besteht im wesentlichen aus dem Temperaturüberwachungssystem sowie der Körperschallüberwachung am Reaktordruckbehälter.

Das Temperaturüberwachungssystem basiert auf dem physikalischen Sachverhalt, dass Ansammlungen von Radiolysegas (Auftreten von Wasserstoff und Sauerstoff) aufgrund der Wärmeleitungs- und Übergangseigenschaften mit einem Temperaturabfall an betroffenen Rohrleitungen und Komponenten verbunden sind. So wurden im KKB rund **200 Messstellen** an solchen Rohrleitungen und Komponenten installiert. Die ständige Auswertung der anfallenden Temperaturen erfolgt rechnerunterstützt mit Hilfe des Prozessrechners im KKB. Damit verbunden sind alarmgesteuerte Handlungsanweisungen für das Betriebspersonal.

Die Anlagenbetreiberin KKB GmbH ist verpflichtet, regelmäßig über die Radiolysegasvorsorge zu berichten. Dies betrifft sowohl eine monatliche Berichterstattung als auch eine zusammenfassende Auswertung nach Abschluss eines Betriebszyklusses. Darüber hinaus hat sich die KKB GmbH verpflichtet, im Hinblick auf das Wiederanfahren eine aktualisierte Datenerhebung vorzulegen.

Zum Abschluss des Verfahrens liegen gutachtliche Bestätigungen vor, dass abgesehen von einzelnen Restpunkten

- sämtliche Änderungsmaßnahmen im erforderlichen Umfang einschließlich aller Rückfragen der Sachverständigen abgearbeitet sind
- sämtliche Forderungen und offenen Punkte sowie die vorgenannten Sonderthemen im Hinblick auf das Wiederanfahren abgearbeitet sind
- die Überwachungsmaßnahmen im erforderlichen Umfang installiert und erprobt sind
- die administrativen Vorgaben – u.a. im Betriebshandbuch – im erforderlichen Umfang eingearbeitet sind.

Damit ist von einer ausreichenden Vorsorge gegen unzulässige Radiolysegasreaktionen in der Anlage KKB für den kommenden Betriebszyklus auszugehen. Einige von Sachverständigen bzw. der Aufsichtsbehörde erhobene Forderungen können erst nach dem Anfahren der Anlage abschließend umgesetzt werden.

4.3 Überprüfungen und Konsequenzen aus dem Verhalten der Verantwortlichen des KKB

4.3.1 Notwendigkeit der Überprüfung der Fachkunde und Zuverlässigkeit sowie Überprüfungsumfang

Aufgrund des Verhaltens der Verantwortlichen der KKB GmbH in der Zeit vom 14.12.2001 bis zum 18.02.2002 stellte sich der Aufsichtsbehörde die Frage, ob und inwieweit Tatsachen vorliegen, aus denen sich Bedenken gegen die Zuverlässigkeit des Genehmigungsinhabers sowie der für die Leitung und Beaufsichtigung des Betriebes verantwortlichen Personen ergeben und ob diese die erforderliche Fachkunde im Sinne von § 7 Abs. 2 Nr. 1 AtG besitzen. Darüber hinaus war zu prüfen, welche Maßnahmen zu treffen sind, um die von der Behörde geäußerten Bedenken bezüglich der Zuverlässigkeit des Genehmigungsinhabers sowie der Fachkunde der für die Leitung und Beaufsichtigung des Betriebes verantwortlichen Personen auszuräumen. Die Kritikpunkte betrafen insbesondere

- die Verweigerung einer Inspektion des SHB trotz entsprechender Vorgaben des Betriebshandbuches bis zur konkreten Androhung einer entsprechenden Anordnung seitens der Aufsichtsbehörde,
- die Nichtmeldung des Ereignisses gemäß der Meldeverordnung,
- die ungenügende Beachtung und verharmlosende Interpretation der Informationen aus der Betriebsinstrumentierung.

Die Aufsichtsbehörde kündigte aus diesen Gründen dem Leiter der Anlage am 20.02.2002 eine Überprüfung der Fachkunde und Zuverlässigkeit der verantwortlichen Personen an. Die KKB GmbH setzte daraufhin eine von der KKB-Betriebsorganisation unabhängige Arbeitsgruppe von HEW-Mitarbeitern für die Untersuchung des Betreiberhaltens nach HF-Gesichtspunkten ein, die durch Fremdfirmen zur Beratung in arbeitspsychologischen Fragen und zur Prüfung der sachgerechten und objektiven Vorgehensweise erweitert wurde.

Umfangreiche Fragestellungen der Aufsichtsbehörde sowie des BMU gingen in diesem Verfahren zur Bearbeitung an die KKB GmbH als Organisation. Zusätzlich wurden von der Aufsichtsbehörde spezielle Fragestellungen an einzelne Mitarbeiter gestellt. Außerdem erfolgten Befragungen von Mitarbeitern der KKB GmbH im Rahmen von Einzel- und Gruppenbefragungen.

Die Ergebnisse der Befragungen sowie der Untersuchungen der KKB GmbH wurden von der Aufsichtsbehörde unter Einschaltung von Sachverständigen zu arbeitspsychologischen Fragen sowie technischen, administrativen und organisatorischen Gesichtspunkten beurteilt.

4.3.2 Ergebnisse der Überprüfung

Die Ergebnisse der Nachbewertung der Handlungsweise sowie der Aussagen der KKB GmbH während der Zeit vom 14.12.2001 bis zum 18.02.2002 zeigten Schwachstellen bei den verantwortlich tätigen Mitarbeitern schwerpunktmäßig im Bereich der technischen Diagnostik und der Arbeit in Stäben (Organisation, Kommunikation, Entscheidungsabläufe, Qualitätssicherung). Daneben traten Mängel bei der Anwendung von Vorschriften und der Dokumentation auf. Durch die Einbeziehung des Zeitraumes vor dem Ereignis ergaben sich beitragende Faktoren, die i.R. der Aufgabenwahrnehmung und Betriebsüberwachung festgestellt wurden.

Als Gründe dafür wurden die folgenden Schwachstellen ermittelt:

- Der KKB-Arbeitsstab zeigte sich wenig fähig, die vielfältigen auf Leitwarte oder an anderen Stellen verfügbaren Daten zusammenzutragen, systematisch zu ordnen, in Beziehung zu setzen und bestätigend oder ausschließend weitere Daten einzubeziehen oder noch zu gewinnen, um ein möglichst widerspruchsfreies vollständiges Ereignisbild zu gewinnen.
- Die gesammelten Daten wurden nicht auf Kohärenz oder Widersprüchlichkeit geprüft, um einen oder mehrere konsistente Ist-Zustände zu erschließen. Die von der Betreiberin verfolgten Erklärungsmodelle waren durch die vorhandene Datenlage nicht konsistent erklärbar; eine „worst-case“-Betrachtung erfolgte nicht.
- Offene Fragestellungen wurden zwar erkannt, aber nicht hinreichend verfolgt.
- Die festgestellten Schwachstellen liegen im Wesentlichen im analytischen und bewertenden Bereich. Dies deutet einerseits auf Defizite im Bereich der Fachkunde, insbesondere in der Einschätzung der technischen Prozesse (Radiolysegas, Schadensmodelle) und vor allem auf eine wenig systematische Diagnostik und Zuverlässigkeit hinsichtlich eines konservativen, sicherheitsgerichteten Bewertens von Systemzuständen und daraus abzuleitenden Ist-Zuständen und anzustrebenden Zielzuständen und Vorgehensweisen hin.
- Prinzipien des Sicherheitsmanagements werden in wichtigen Entscheidungssituationen weder auf organisatorischer noch auf individueller Ebene angemessen angewandt. Hilfsmittel zur Unterstützung sicherheitsrelevanter Aufgaben sind entweder nicht vorhanden oder sie werden nicht genutzt.
- Die Zusammenarbeit mit der Aufsichtsbehörde weist eine Reihe von Defiziten auf. Für die freiwillige und kooperative Klärung der Ereignisse und eine Arbeitsweise nach den Prinzipien eines ausgeprägten Sicherheitsmanagements gibt es seitens des Betreibers wenig substantielle Ansätze.

Die von KKB ermittelten Schwachstellen bezüglich Fachkunde und Qualifikation zeigten eine weitgehende Übereinstimmung mit den von der Behörde und den Sachverständigen ermittelten Defizitclustern.

Anzumerken ist bzgl. des Verhaltens der KKB GmbH aber auch, dass während der Zeit vom 14.12.2001 bis 18.02.2002 umfangreiche Untersuchungen und Analysen des Ereignisses entsprechend den Aufforderungen der Aufsichtsbehörde vorgelegt wurden, obwohl das Ereignis aus der Sicht der KKB GmbH unterhalb der Meldeschwelle einzuordnen war.

4.3.3 Maßnahmen

Um die ermittelten Defizite zu beheben, wurde ein Maßnahmenpaket erarbeitet und seitens KKB GmbH umgesetzt. Dieses betraf personelle, organisatorische und administrative Maßnahmen sowie Schulungen der verantwortlichen Personen und außerdem die Einführung eines Sicherheitsmanagementsystems.

Personelle Maßnahmen

Auf der Grundlage der eigenen Bewertung der KKB GmbH zum Verhalten der verantwortlichen Personen wurden die Stellen des Leiters der Anlage sowie des Kerntechnischen Sicherheitsbeauftragten und dessen Stellvertreter neu besetzt. Außerdem erfolgte unabhängig von der konkreten Aufarbeitung des Ereignisses ein Austausch von älteren Mitarbeitern durch eine Verjüngung des Personals.

Organisatorische und administrative Maßnahmen

- Eindeutige Abgrenzung der Aufgabenbereiche zwischen den Organisationseinheiten des Kraftwerks und den Organisationseinheiten der Hauptverwaltung.
- Klarstellung der Schnittstellen zwischen Geschäftsführung und Leiter der Anlage
- Entlastung des Kerntechnischen Sicherheitsbeauftragten von Nebenaufgaben und Aufgaben im Zusammenhang mit dem operativen Betrieb der Anlage.
- Eindeutige Abgrenzungen der Aufgaben-, Verantwortungs-, Weisungs- und Kompetenzbereiche innerhalb der personellen Betriebsorganisation.

Schulungsmaßnahmen

Die Betreiberin hat im Rahmen von kurzfristigen Schulungs- und Qualifizierungsmaßnahmen zu den einzelnen Defizitbereichen Maßnahmen als Sofortmaßnahmen, wie HF-Workshop, Schulungen zur Fachkunde, zum Sicherheitsmanagement und zur technischen Diagnostik veranstaltet, die mit Hilfe von standardisierten Fragebögen und Simulationsübungen hinsichtlich Wirksamkeit und Nachhaltigkeit evaluiert wurden. Insbesondere betreffen diese die

- Qualifizierung in der Methodik der technischen Diagnostik in sicherheitskritischen Anwendungen und Entwicklung oder Verbesserung entsprechender interner Anweisungen und Verfahren,
- Klärung und Qualifizierung der Arbeit in Stäben bei Störfällen und anderen sicherheitskritischen Aktivitäten,
- Verbesserung der Kommunikation in Hinblick auf die Weitergabe möglicherweise sicherheitsrelevanter Informationen an Stellen, die diese benötigen könnten.

Wiederholungsschulungen in den einzelnen Themenbereichen sind vorgesehen.

Sicherheitsmanagementsystem

Die Aufsichtsbehörde hat die Betreiberin zu einem umfassenden Sicherheitsmanagementsystem verpflichtet und zur Erreichung von sicherheitsgerichteten Verhaltensänderungen unter Einbeziehung des gesamten verantwortlichen Personals dessen Einführung gefordert. Das entsprechende Konzept wurde der Aufsichtsbehörde vorgelegt.

Maßgebliche Elemente des Sicherheitsmanagementsystems, die das Betreiberverhalten betreffen, sind bei der Einführung des vollständigen Systems vorzuziehen. Die Qualifizierungsmaßnahmen des Personals des KKB sollen im Zusammenhang mit diesem durchgängigen Sicherheitsmanagementsystem entwickelt und dargestellt sowie im Hinblick auf sicherheitsgerichtetes Handeln durch geeignete Evaluationen nachgewiesen werden. Dabei ist das gesamte verantwortliche Personal einzubeziehen.

Die Einführung dieses Sicherheitsmanagementsystems und die inhaltliche Ausgestaltung sowie die Entwicklung und Verfolgung von Sicherheitsindikatoren sind Gegenstand des begleitenden Aufsichtsverfahrens.

4.3.4 Zusammenfassung der Ergebnisse und Maßnahmen

Zusammenfassend haben die umfassenden behördlichen Überprüfungen im Zusammenhang mit dem ME E 01/02 zur Fachkunde und Zuverlässigkeit ergeben, dass die aus dem Ereignis ME E 01/02 abgeleiteten Bedenken eingehend analysiert und deren Ursachen durch entsprechende Maßnahmen soweit ausgeräumt wurden, dass keine Tatsachen mehr vorliegen,

aus denen sich Bedenken gegen die Zuverlässigkeit des Genehmigungsinhabers und der mit der Leitung und Beaufsichtigung des Betriebes betrauten verantwortlichen Personen ergeben. Mit Hilfe eines Schulungsprogramms, das in kurz-, mittel- und langfristige Maßnahmen strukturiert ist, konnte aufgezeigt werden, dass für die mit Schwachstellen behafteten Bereiche der Fachkunde entsprechende Qualifizierungsmaßnahmen eingeleitet und umgesetzt wurden. Die weiteren mittel- und langfristigen Schulungs- und Qualifizierungsmaßnahmen sind Gegenstand des von KKB GmbH vorgelegten „Sonder-Schulungskonzeptes“, dessen Eingliederung und Umsetzung in das KKB-Schulungsprogramm zum Fachkundeerwerb, -erhalt verbindlich festgelegt und betriebsbegleitend verfolgt wird.

Mit einem eindeutig nachvollziehbaren Führungskonzept in der Organisation des Genehmigungsinhabers werden Aufgaben, Verantwortlichkeiten und Befugnisse auch unter Beachtung des Delegationsprinzips klar zwischen Geschäftsführung, dabei insbesondere dem technischen Geschäftsführer, und Leiter der Anlage abgegrenzt. Weitere organisatorische Konkretisierungen betreffen die interne Zusammenarbeit, einschließlich der Bildung von Arbeitstäben zur fachbereichsübergreifenden Problemlösung bei besonderen Situationen (z.B. Anlagenstörungen).

Die Änderungen des Betriebshandbuches (BHB) erfolgten unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus dem Ereignis ME E 01/02 mit der Zielsetzung, dass beim Erkennen eines Ereignisses mit Leckagen im SHB mit Überschreitung der im BHB enthaltenen Vorgaben und Grenzwerte klare Handlungsanweisungen vorgegeben werden, um Spielräume für mögliche Interpretationen möglichst einzuengen. Insbesondere wurde eine Inspektion durch Begehen des SHB zur Aufklärung von Leckagen im SHB als eindeutige Vorschrift herausgestellt.

5. Sicherheitstechnische Bedeutung der Ereignisse ME E 01/02 und ME E 09/02

Die Sicherheitstechnische Bedeutung der Ereignisse leitet sich ab aus der Bewertung, inwieweit bei und nach den Ereignissen die allgemeinen Grundsätze der Sicherheitsvorsorge (u.a. Kriterium 1.1 der Sicherheitskriterien) noch sichergestellt bzw. in ihrer Wirkung wesentlich beeinträchtigt waren. Hierzu ist die Feststellung relevant,

- ob die Barrieren zum Einschluss der radioaktiven Stoffe unmittelbar oder das mehrstufige Schutzkonzept für die Barrieren in seiner Wirksamkeit und Zuverlässigkeit betroffen waren,
- ob und inwieweit im Sinne der Forderung nach sicherer Abschaltung und Halten der Anlage im abgeschalteten Zustand sowie die zur gesicherten Nachwärmeabfuhr erforderlichen Einrichtungen beeinträchtigt und
- ob nach der Entscheidung zum Weiterbetrieb die nach dem gestaffelten Sicherheitskonzept erforderlichen Maßnahmen und Einrichtungen zur Störfallvermeidung (Sicherheitsebenen 1 und 2), zur Störfallbeherrschung (Sicherheitsebene 3) und die Einrichtungen und Maßnahmen für störfallüberschreitende Zustände (Sicherheitsebene 4) durch das Ereignis eingeschränkt waren.

Neben der Klärung dieser tatsächlichen Auswirkungen der Ereignisse auf die o.g. Sicherheitsgrundsätze ist eine Bewertung hinsichtlich der Möglichkeit anderer Randbedingungen mit einem sicherheitstechnisch ungünstigeren Schadensablauf mit einzubeziehen. Außerdem ist die sicherheitstechnische Bedeutung des Betreiberhaltens relevant.

Das Deckelsprühsystem (TC03) als Teil des Reaktorwasserreinigungssystems (TC) übernimmt auslegungsgemäß weder im bestimmungsgemäßen Betrieb noch bei Störfällen aktive Funktionen, die die Schutzziele sichere Abschaltung und Halten der Anlage im abgeschalteten Zustand sowie die gesicherte Nachwärmeabfuhr betreffen. Im Hinblick auf diese Anlagenschutzziele ist der Bruch der Deckelsprühleitung ohne sicherheitstechnische Bedeutung.

Die sicherheitstechnische Bedeutung des Deckelsprühsystems lag bis zum Ereignis ME E01/02 in der Barrierefunktion der Deckelsprühleitung im Hinblick auf das Schutzziel „Aktivitätseinschluss“, da die Deckelsprühleitung Teil der Druckführenden Umschließung des Reaktorkühlmittels (DFU) war, die laut Definition im BHB bis einschließlich der ersten Absperrarmatur außerhalb des Sicherheitsbehälters reicht. Mit dem Erkennen des Ereignisses an der Deckelsprühleitung im Bereich der DFU hätte der Betrieb nicht fortgesetzt werden dürfen, dies fordert das BHB sowie die Meldeverordnung (AtSMV) in den zutreffenden Meldekategorien (2.2.1 und 2.1.5). Die Notwendigkeit eines Abfahrens wurde von den Verantwortlichen jedoch nicht erkannt. Die Entscheidung zum Weiterbetrieb unter der Kenntnis der alleinigen Absperrung des Primärkreises gegenüber der SHB-Atmosphäre berücksichtigte nicht, dass hierdurch das mehrstufige Barrierenkonzept in seiner auslegungsgemäßen Wirksamkeit eingeschränkt war. Die Funktion des SHB als weitere Barriere war, wie sich später herausstellte, durch das Ereignis jedoch nicht beeinträchtigt.

Es ist aber auch festzuhalten, dass bei nichtfunktionierender Absperrung an der Rückschlagklappe oder bei einem Bruch im nicht absperrbaren Bereich vor der Rückschlagklappe, z.B. an der tonnenförmigen Aufweitung oberhalb des F-Stützens (ME 09/02), das entstehende Leck aus dem RDB durch die vorgelagerten Düsen am Sprühkranz auf einen Querschnitt von max. 4 cm² - wenn der Sprühkranz intakt bleibt - begrenzt worden wäre. Ein derartiges Leck in der DFU wird von den Sicherheitseinrichtungen erkannt und auslegungsgemäß beherrscht.

Dem Ereignis ME E 01/02 kommt insofern auch sicherheitstechnische Bedeutung zu, als durch einen etwas anderen Ereignisablauf (z.B. andere Bruchlage), durch umherfliegende Bruchstücke oder schlagende Leitungen sicherheitstechnisch wichtige Einrichtungen hätten beschädigt werden können. Die Auswirkungen hängen vom Ereignisablauf (zum Beispiel Energie und Form der Bruchstücke) und von den örtlichen/baulichen Gegebenheiten ab. Das Ereignis ME E 01/02 hat umfangreiche Untersuchungen zur Vermeidung von Radiolysegasansammlungen an anderen Stellen und den Schutz vor den Auswirkungen von Radiolysegasreaktionen in der Anlage KKB sowie in anderen Siedewasserreaktoren initiiert.

Darüber hinaus kommt dem Ereignis auch dadurch eine sicherheitstechnische Bedeutung zu, dass die Ursache und das Schadensausmaß aus den vorliegenden Informationen nicht eindeutig bestimmt wurde und es nach Absperren der Leckage und Weiterbetrieb der Anlage ca. zwei Monate dauerte, bis schließlich die Entscheidungen getroffen wurde, die Anlage zur Begehung abzufahren, wobei dann erst das tatsächliche Ausmaß der Radiolysegasreaktion festgestellt wurde. Demzufolge weist das Ereignis auch auf Mängel im Sicherheitsmanagement der KKB GmbH hin.

II. ME E 10.1/2002, 12/2002, 14/2002 „Fehler in der Sicherheitsleittechnik“

Zusammenfassung

Die zunächst im Rahmen der Simulatorerprobung festgestellten Fehler in der Reaktorschutzsteuerung des KKB bestätigten sich im Rahmen der erneuten Kontrolle der Ausführungsunterlagen des Kraftwerkes. Die Fehler lagen in Funktionsbereichen des Reaktorschutzsystems, die von Bedeutung sind, wenn mehrere Ausfälle bzw. Unverfügbarkeiten überlagert werden. Betroffen waren dabei einzelne Funktionen in der Notstromversorgung, Funktionen in der Steuerung der Not- und Nachkühlsysteme bei einem Kühlmittelverluststörfall sowie bei der Notdruckbegrenzung. Die Auswirkungen bestanden darin, dass bei den zu unterstellenden Störfallkombinationen nicht sämtliche gemäß der Auslegung erforderlichen Komponenten und Systeme für die erforderlichen Funktionen mit Notstrom versorgt werden konnten bzw. durch Fehler in der Steuerung abgeschaltet wurden.

Die einzelnen relevanten Stör- und Ausfallszenarien wurden von KKB GmbH analysiert. Im Ergebnis kommt KKB GmbH zu dem Schluss, dass die festgestellten Abweichungen im Widerspruch zu dem in den Genehmigungsunterlagen beschriebenen Sollzustand stehen. Bei den verschiedenen Ereignisketten ist dennoch die Abschaltung des Reaktors, die Nachwärmeabfuhr und die Einhaltung des § 49 der StrlSchV gesichert.

Die Prüfung der KKB-Untersuchungen durch das MFE und die hinzugezogenen Sachverständigen ist noch nicht abgeschlossen.

Die Fehler sollen durch Änderungsmaßnahmen behoben und die Fehlerfreiheit durch Analysen und Funktionsprüfungen in der Anlage nachgewiesen werden. Diese Überprüfungen sind ebenfalls noch nicht abgeschlossen.

1. Erkennung der Fehler in der Sicherheitsleittechnik

Zu Schulungszwecken für das Betriebspersonal wurde in den letzten Jahren ein neuer anlagenspezifischer Simulator von KKB GmbH bestellt. Dieser Simulator bildet das Anlagenverhalten des KKB sehr umfassend und detailliert ab. Das Simulatorsystem ist so ausgelegt, dass das Anlagenverhalten bei Schaltvorgängen, Fahrweisenänderungen und Störfällen in Echtzeit abläuft. Dabei beruht die Simulation auf physikalischen Berechnungen und nicht auf fest abgespeicherten Sequenzen.

Im Rahmen der Erprobung und Abnahmeprüfungen für den Simulator wurden Abweichungen im Anlagenverhalten von den erwarteten Ergebnissen festgestellt. Die Ursachenuntersuchung ergab keine Fehler im Simulator, sondern zeigte, dass alle Komponenten und Systeme entsprechend den Ausführungsunterlagen des Kraftwerks richtig abgebildet waren. Die logische Konsequenz war, dass der unerwartete, fehlerhafte Ablauf in gleicher Weise auch im KKB zustande kommen würde. Dies bestätigte sich bei der gezielten Überprüfung der Ausführungsunterlagen im Kraftwerk.

Aus den festgestellten Fehlern wurden von der KKB GmbH aufgrund der bestehenden Meldeverordnung (AtSMV) 3 Meldepflichtige Ereignisse angezeigt, wobei unter dem

- ME E 10.1/02 vier verschiedenartige Fehler,
- ME 12/02 zwei verschiedenartige Fehler,
- ME 14/02 ein Fehler

der Aufsichtsbehörde gemeldet wurden.

Die Frage, warum die jetzt festgestellten Fehler nicht schon im Rahmen der Abnahme- und Funktionsprüfungen während der Errichtung der Anlage festgestellt wurden, ist mit Gegenstand der laufenden Untersuchungen durch die hinzugezogenen Sachverständigen. Grundsätzlich ist hierzu anzumerken, dass die Technik der Simulatoren, mit denen hochkomplexe, vernetzte Vorgänge realistisch nachgebildet werden können, zum Zeitpunkt der Anlagenerichtung nicht zur Verfügung stand.

2. Sicherheitskonzept des KKB bezüglich Notstromversorgung und Kühlmittelverluststörfall innerhalb des Sicherheitsbehälters (SHB)

Das Sicherheitskonzept für das Kernkraftwerk Brunsbüttel beruht auf einem festgelegten anzusetzenden Störfallspektrum, das u.a. die Störfälle „KMV“ und „Notstromfall“ beinhaltet. Gemäß dem Vorsorgeprinzip bei der Auslegung sind für den Eintritt eines Störfalles bestimmte Systemausfälle zu unterstellen, unter denen die Anlage immer noch sicher abgefahren und die Not- und Nachkühlung gewährleistet sein muss. Dabei ist anzusetzen, dass ein zur Beherrschung erforderliches System aufgrund von Wartung bzw. Reparatur nicht zur Verfügung steht, ein System wegen eines zusätzlichen Einzelfehlers ausfällt und ein System auf das Leck speist und damit für das Füllen des RDB unwirksam ist. Zum Vorsorgeprinzip gehört ebenfalls, dass Handeingriffe in die Anlagensteuerung innerhalb der ersten 1/2 Stunde nicht erforderlich sind.

Notstromversorgung

Zur Versorgung der zum Abschalten und Abfahren der Anlage erforderlichen Systeme besteht im KKB eine zweisträngig aufgebaute Notstromversorgung (vgl. Anlage 5).

Die erforderlichen elektrischen Verbraucher werden dabei über zwei Sammelschienen versorgt, die im Normalbetrieb von den Fremdnetz bzw. Eigenbedarfstransformatoren und im Notstromfall, d.h. wenn die Fremdnetz- bzw. Eigenbedarfsversorgung ausgefallen ist, über Notstromdiesel versorgt werden. Als Notstromdiesel stehen drei 50%-Aggregate zur Verfügung, wobei zwei jeweils einer Schiene festzugeordnet sind und der dritte Diesel als Ersatz bzw. zur Verstärkung über eine Hosenbein-Umschaltmöglichkeit auf eine der Sammelschienen zugeschaltet werden kann. Mit Hilfe von vorhandenen Hosenbein-Umschaltmöglichkeiten bei den Verbrauchern wird sichergestellt, dass bei Ausfall einer Sammelschiene ausreichend Systeme zur Verfügung gestellt werden.

Für die Steuerung dieser Vorgänge ist das Reaktorschutzsystem zuständig, das über die messtechnische Erfassung der relevanten Anlagenparameter die Um- und Zuschaltvorgänge einleitet.

Zusätzlich ist im KKB ein unabhängigen Notstandssystem (UNS) vorhanden.

Kühlmittelverluststörfall innerhalb des Sicherheitsbehälter

Beim unterstellten Versagen der Druckführenden Umschließung (z.B. Versagen/Bruch einer Rohrleitung) im Sicherheitsbehälter, genannt Kühlmittelverluststörfall, kommt es durch den Austrag von Kühlmittel in den Sicherheitsbehälter zu einem Druckanstieg, der messtechnisch erfasst wird und über das Reaktorschutzsystem das Abschalten des Reaktors (RESA), den Durchdringungsabschluss (DDA), die automatische Druckentlastung (ADE) und den Start der Not- und Nachkühlsysteme auslöst.

Hinsichtlich der Verfahrenstechnik wird die Funktion der Not- und Nachkühlsysteme (vgl. Anlage 6) in zwei Phasen unterschieden. In der Phase I (Dauer 10 Minuten) steht die Aufgabe Fluten des Reaktordruckbehälters (RDB) im Vordergrund. Dazu speist zunächst das mit einer Dampfturbine angetriebene Hochdruck-Einspeisesystem in den RDB ein und nutzt dabei den im RDB noch vorhandenen Dampfdruck. Drei der fünf Niederdrucksysteme laufen zunächst in Mindestmengenbetrieb an und speisen mit dem abnehmenden Druck in den RDB ein.

An die Phase I schließt sich die Phase II an, in der die Aufgaben „Gefüllt-Halten des RDB“, „Kühlen der Kondensationskammer (Koka)“ und „Rückfördern“ des Kühlmittels aus dem SHB-Sumpf in die Koka zu erfüllen sind. Hierfür stehen insgesamt die fünf Niederdrucksysteme zur Verfügung, wobei drei benötigt werden. Ein System ist dabei vorzugsweise zum „Gefüllt-Halten“ des RDB im Einsatz, die anderen beiden werden für das Kühlen der Koka, bzw. das Rückfördern vorgesehen.

Mit Hilfe einer leittechnischen Steuerung innerhalb des Reaktorschutzsystems, der Störidentifikation wird bei Ausfall oder Unwirksamkeit eines Systems (z.B. System in Reparatur, Startversagen, Speisen auf das Leck) ein weiteres der insgesamt 5 Systeme als Ersatz aufgerufen.

3. Sicherheitstechnische Bedeutung der Fehler in der Sicherheitsleittechnik

In der Notkühlphase I würden, aufgrund der festgestellten Fehler in der Steuerung, unter den verschärften Bedingungen durch Überlagerung eines Notstromfalles sowie einem zusätzlichen Einzelfehler in der Notstromversorgung (Sammelschienenkurzschluss) nicht die auslegungsgemäß erforderlichen Systeme zur Verfügung stehen, einige Armaturen für den DDA bzw. die Notdruckabsicherung würden nicht automatisch bzw. nicht vollständig mit Notstrom versorgt.

In der Notkühlphase II würden durch die Fehler in der Reaktorschutz-Steuerung einzelne Notkühlsysteme bei den Umschaltvorgängen zwischen den verschiedenen Fahrweisen „Gefüllt-Halten RDB“, „Kühlen Koka“ und „Rückfördern aus dem SHB-Sumpf“ abgeschaltet.

Zur sicherheitstechnischen Bedeutung der Fehler wurden von der KKB GmbH umfangreiche Analysen vorgelegt, in denen die Auswirkungen der Fehler bei den verschiedenen Ausfallannahmen und Störfallsituationen untersucht wurden. Mögliche Handmaßnahmen zur Korrektur der Fehler in der Reaktorschutzsteuerung wurden bei den Untersuchungen nicht in Ansatz gebracht.

Bei diesen Betrachtungen wurde das UNS-System, das über eine unabhängige Notstromversorgung, eine eigenständige, nicht von den Fehlern betroffene Reaktorschutzsteuerung und eigene Systeme und Pumpen verfügt, einbezogen. Das UNS-System wurde 1982/83 errich-

tet, um bei einem vollständigen Ausfall des Schaltanlagegebäudes (d.h. des gesamten Reaktorschutzsystems) die Anlage KKB sicher abfahren und nachkühlen zu können.

Die KKB GmbH kommt insgesamt zu dem Ergebnis, dass unter den ungünstigsten Bedingungen, die eine sehr kleine Eintrittswahrscheinlichkeit aufweisen, für das „Fluten des RDB“ die notwendige Anzahl der Sicherheitseinrichtungen zur Verfügung steht, für die Betriebsweise „Rückfördern“ von der passiv wirkenden „Überlaufkühlung“ Kredit genommen werden muss. Aus Sicht der KKB GmbH ist bei den betrachteten Ereignisketten die Abschaltung des Reaktors, die Nachwärmeabfuhr und die Einhaltung des §49 StrlSchV gesichert.

Die Prüfungen der durch das MFE hinzugezogenen Sachverständigen sowie des MFE selbst sind noch nicht abgeschlossen.

4. Erfassung und Behebung der Fehler in der Sicherheitsleittechnik

Alle festgestellten Fehler will KKB GmbH beheben. Dazu wurden von der KKB sieben zustimmungspflichtige Änderungsanträge gestellt, denen das MFE bisher in sechs Fällen zugestimmt hat.

Inwieweit mit den von KKB GmbH vorgesehenen Analysen alle Fehler im Reaktorschutzsystem vollständig erfasst und durch die vorgesehenen Änderungen hinreichend behoben sind, bedarf der abschließenden Prüfung. Hierzu wurden von KKB GmbH Nachweise vorgelegt, die derzeit geprüft werden. Zusätzlich ist von der KKB GmbH ein zustimmungspflichtiger Antrag für ein Versuchsprogramm gestellt worden, mit dem die Fehlerfreiheit durch umfangreiche Versuche in der Anlage festgestellt werden soll.

III. Generelle Schlussfolgerungen aus den Ereignissen

Obwohl bei dem Störfall im Atomkraftwerk Brunsbüttel am 14.12.2001 keine Personen geschädigt worden sind und es auch keine unzulässige Freisetzen gegeben hat, hält die Landesregierung das Ereignis vom 14.12.2001 für gravierend. Die sicherheitstechnische Bedeutung des Vorfalls liegt darin, dass im Sicherheitsbehälter eines Kernkraftwerkes in unmittelbarer Nähe des Reaktordruckbehälters eine Rohrleitung durch eine Wasserstoffexplosion teilweise zerstört worden ist und eine solche Explosion zu einem Kühlmittelverluststörfall mit der dann notwendigen Anforderung der Notkühleinrichtung hätte führen können, wenn sie sich etwas weiter in Richtung Reaktordruckbehälter ausgewirkt hätte. Das Ereignis hat komplexe Sicherheitsfragen aufgeworfen, die in einem aufwendigen Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren umfassend aufgearbeitet worden sind, wie mit dem Bericht vorstehend dargelegt wurde.

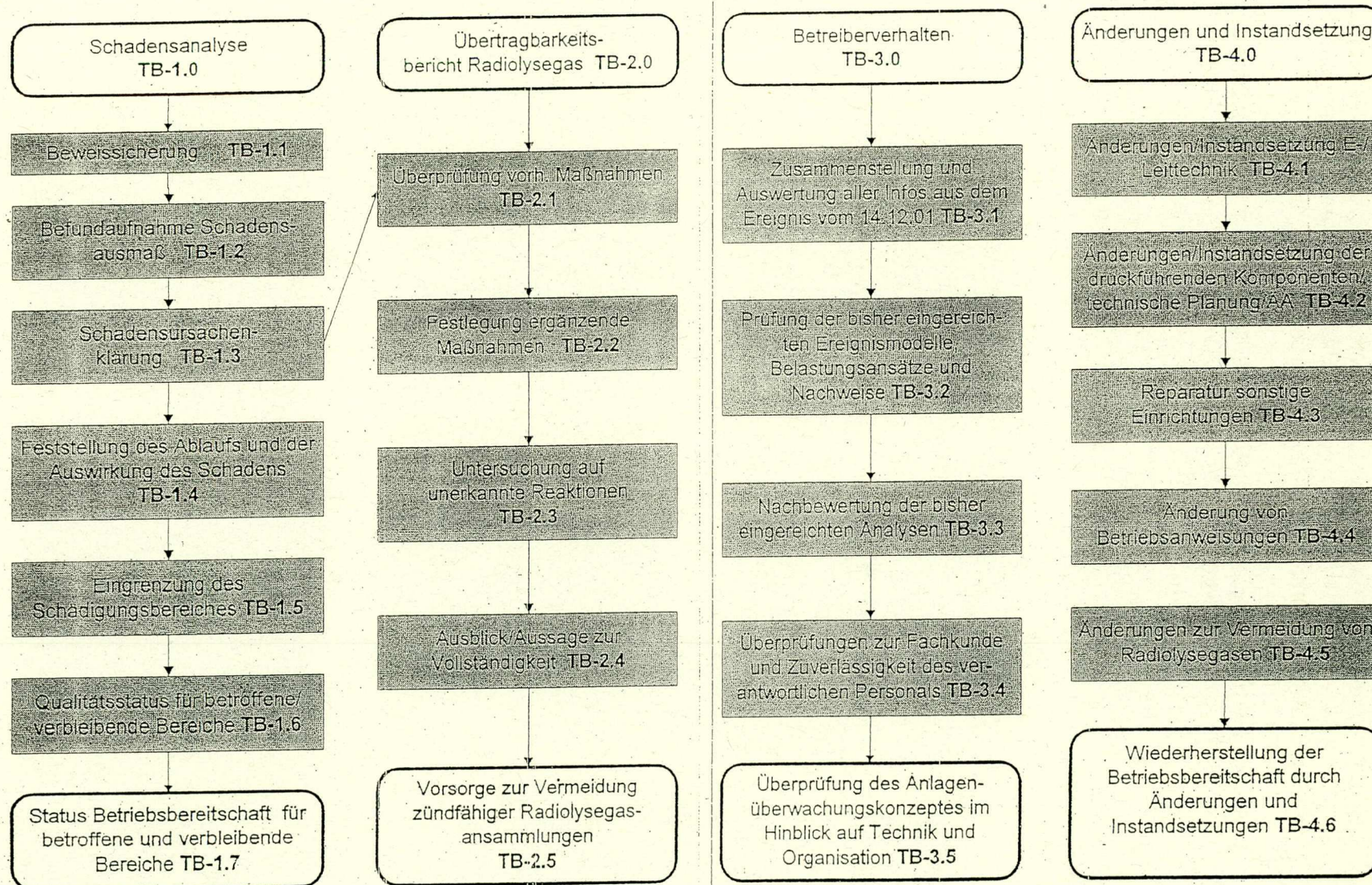
Die Verantwortung für den sicheren Betrieb einer kerntechnischen Anlage trägt unzweifelhaft primär der Betreiber der Anlage selbst. Den staatlichen Reaktorsicherheitsbehörden kommt demgegenüber die Aufgabe zu, die Sicherheit kerntechnischer Anlagen zu überwachen und sicherzustellen, dass die Betreiber ihren originären Verpflichtungen nachkommen.

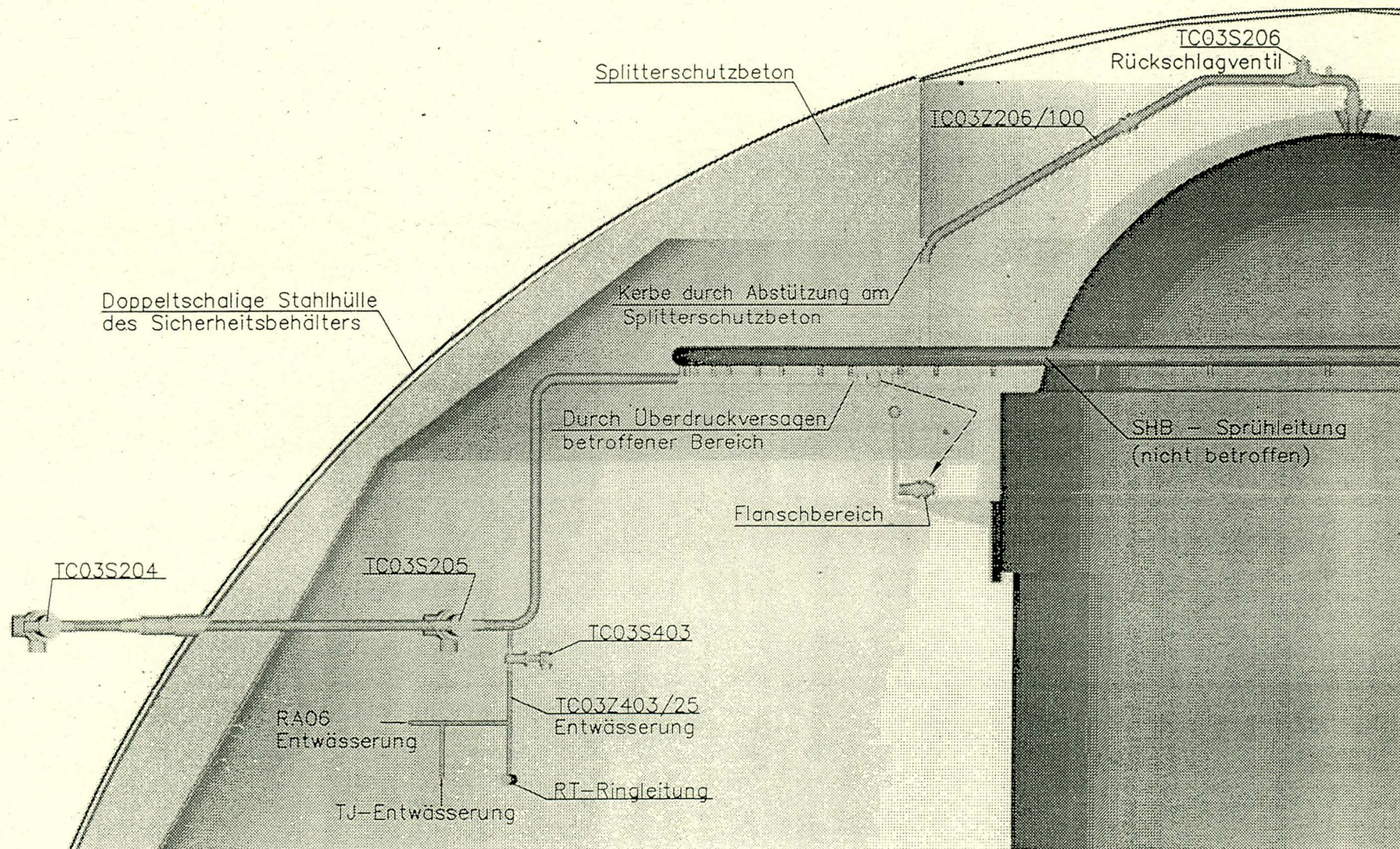
Die in dem Bericht dargestellten Meldepflichtigen Ereignisse belegen nachhaltig, dass es bei dem Betrieb von kerntechnischen Anlagen nicht nur um die technische Zuverlässigkeit der Anlage selbst geht, sondern dass der Mensch beim Umgang mit der Kerntechnik eine nicht zu vernachlässigende Größe spielt und die Wechselwirkungen zwischen Mensch und Ma-

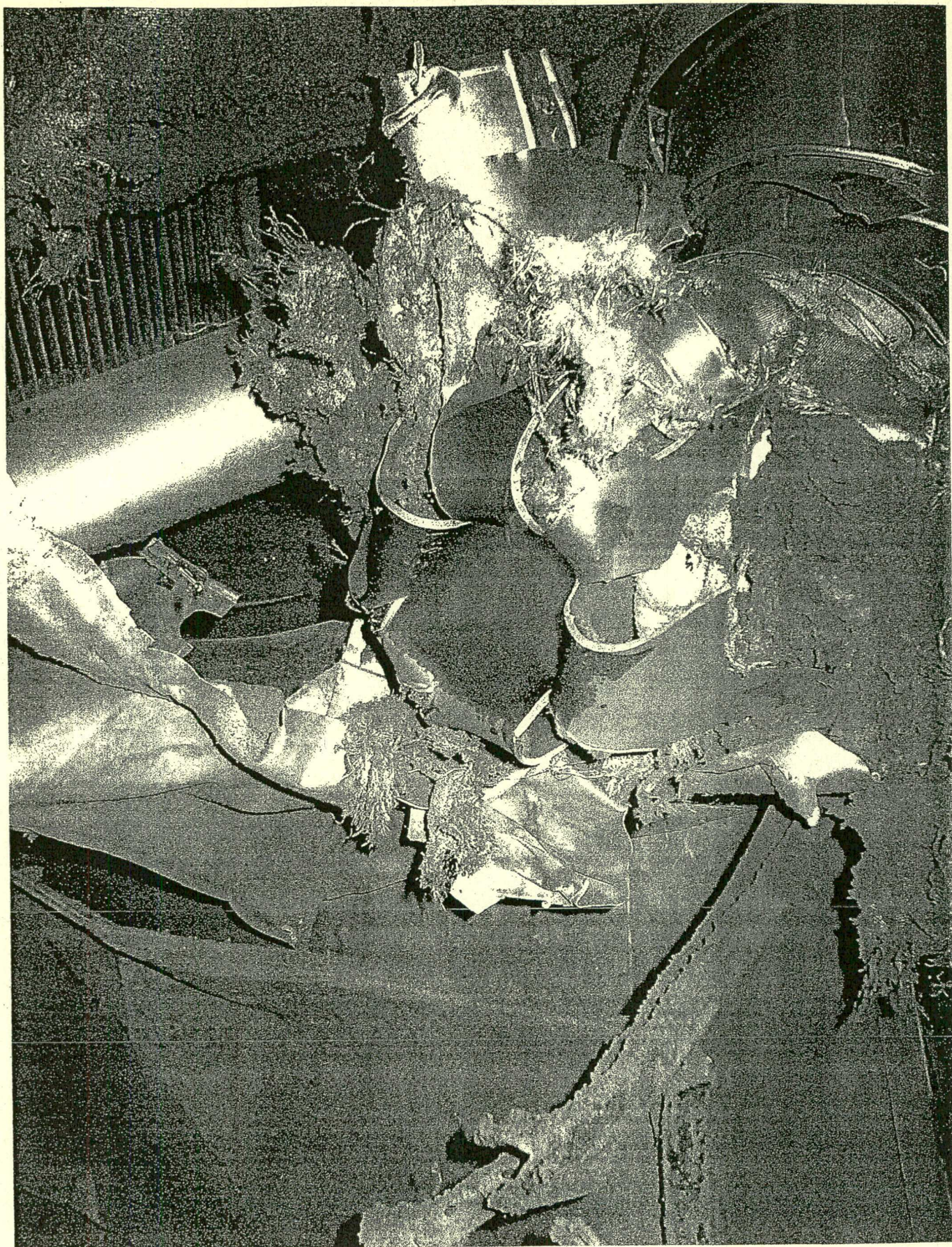
schine ein wichtiges Themenfeld darstellen. Neben den Faktoren Mensch und Technik ist darüber hinaus dem Faktor Organisation eine wichtige Bedeutung für die Sicherheit des Betriebs einer kerntechnischen Anlage beizumessen. Die Reaktorsicherheitsbehörde hat deshalb in Anknüpfung an den internationalen Diskussionsstand zur Sicherheitskultur in Kernkraftwerken die Vorlage eines geschlossenen Sicherheitsmanagementkonzepts gefordert, um damit das Sicherheitsniveau weiter zu verbessern.

Das Ministerium für Finanzen und Energie sieht sich in seiner Auffassung bestätigt, dass eine konsequente Reaktoraufsicht und die Berücksichtigung des Grundsatzes, dass Sicherheit stets Vorrang vor allen anderen Erwägungen hat, weiterhin uneingeschränkte Geltung beanspruchen müssen.

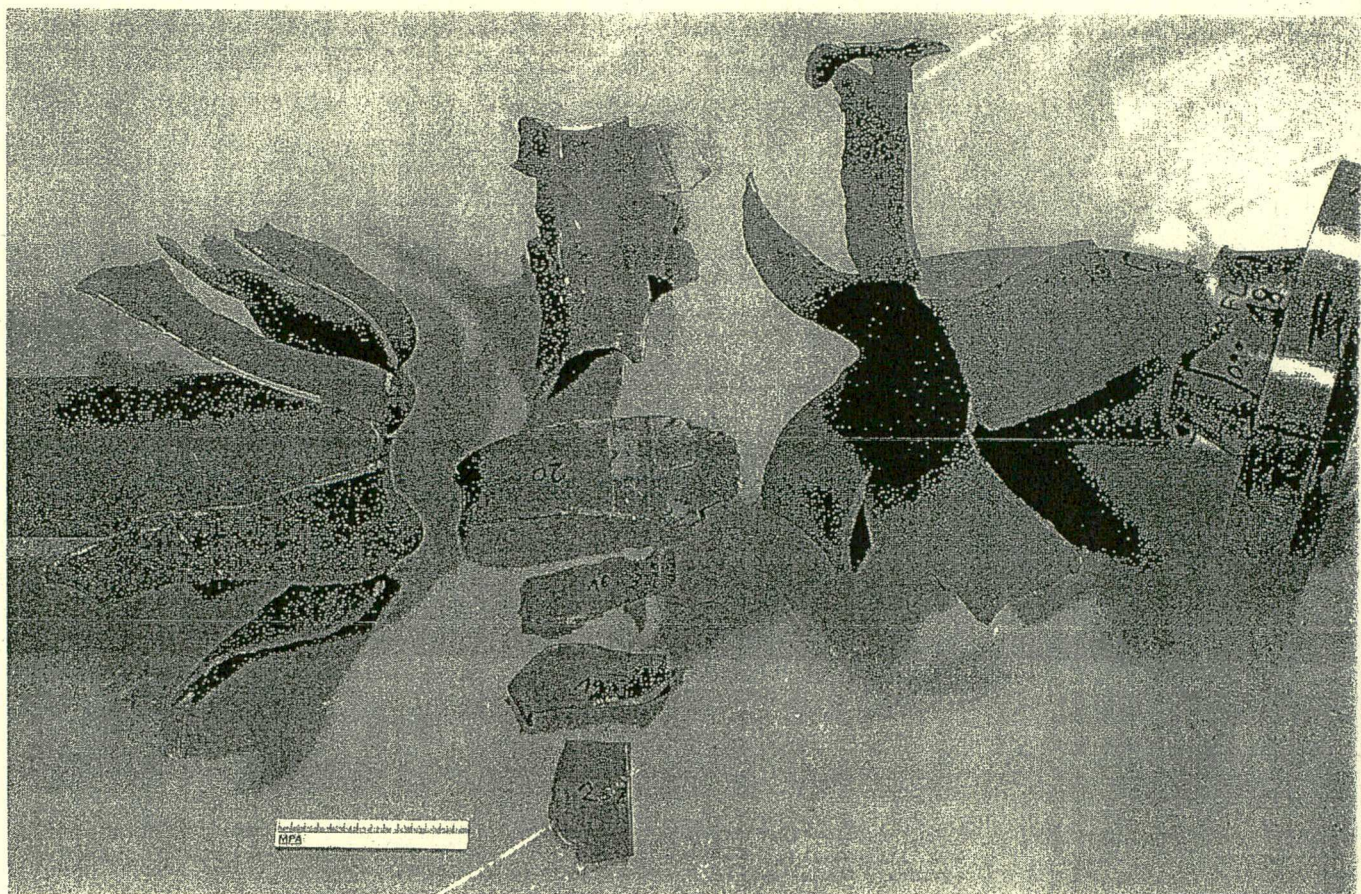
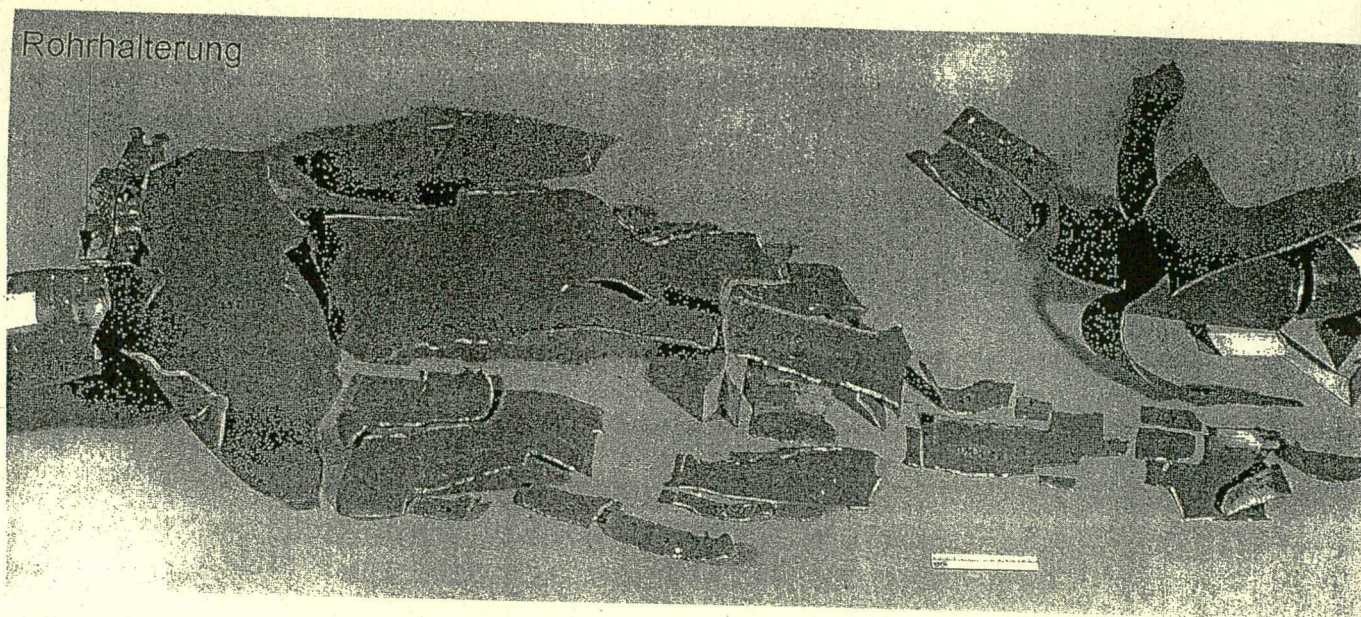
KKB-Gesamtkonzept zur Abarbeitung des Ereignisses 01/02 Revision c/Stand 17.05.02

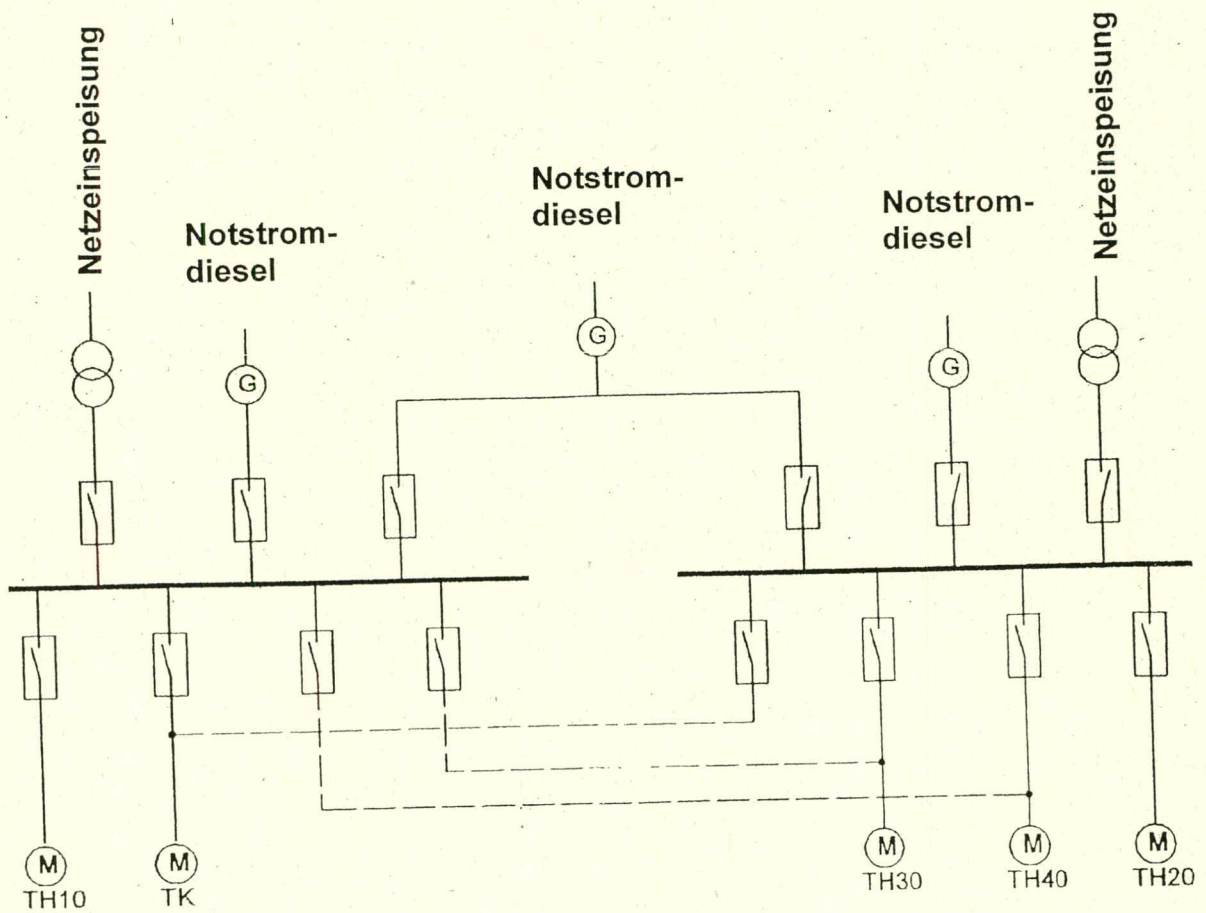
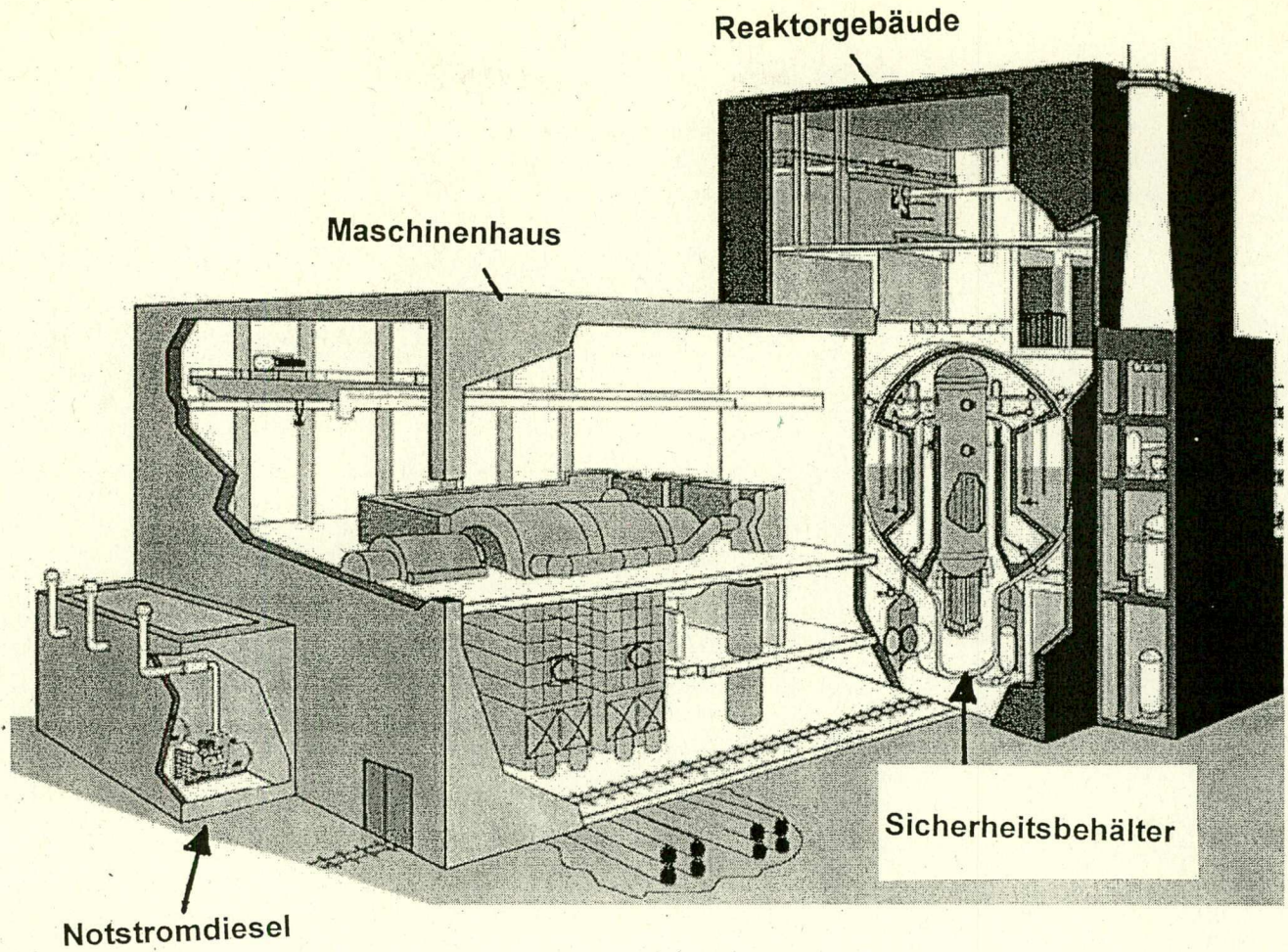






Rohrhalterung





Sicherheitssysteme

