

Brandschutz im Betrieb befindlicher Kernkraftwerke

T 2087

T 2087

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

ABK

Arbeitsgemeinschaft Brandschutz in Kernkraftwerken

Prof. Dr.-Ing. D. Hosser, Techn. Univ. Braunschweig
Prof. Dr.-Ing. habil. U. Schneider, Univ. Gh Kassel

BRANDSCHUTZ IM BETRIEB BEFINDLICHER KERNKRAFTWERKE

ABSCHLUSSBERICHT

im Auftrag des
Instituts für Bautechnik, Berlin
Az. IV 1-5-516/87

Dietmar Hosser
Ulrich Schneider

Dezember 1988

INHALT

	Seite
Vorbemerkung	III
1. Einführung	1
2. Aufgabenstellung und Vorgehensweise	3
3. Zusammenstellung brandschutztechnischer und anlagentechnischer Randbedingungen	4
3.1 Entwicklungsstufen der Kernkraftwerke	4
3.2 Ergebnisse bisheriger Sicherheitsuntersuchungen	8
3.3 Nuklearspezifische Randbedingungen für bauaufsichtliche Überprüfungen	11
4. Erarbeitung eines Kriterienkataloges	14
4.1 Grundgedanke	14
4.2 Hilfen für die Anwendung	16
5. Erarbeitung eines Maßnahmenkataloges	17
5.1 Grundgedanke	17
5.2 Hilfen für die Anwendung	20
6. Erprobung des Verfahrens an einer Referenzanlage	21
6.1 Zielsetzung	21
6.2 Durchführung der Untersuchungen	21
6.3 Untersuchungsergebnisse	27

7.	Wertung und Schlußfolgerungen	27
7.1	Voraussetzungen für die brandschutztechnische Überprüfung	27
7.2	Anwendbarkeit des Kriterienkataloges	28
7.3	Anwendbarkeit des Maßnahmenkataloges	29
7.4	Empfehlungen für weitere Sicherheitsuntersuchungen	31
8.	Zusammenfassung	33
9.	Literaturhinweise	35

Anhänge

Anhang 1 Kriterienkatalog

Anhang 2 Maßnahmenkatalog

1. EINFÜHRUNG

In dem Forschungsvorhaben "Regelung des Brandschutzes in Kernkraftwerken" /1/ wurden die aus bauaufsichtlicher Sicht zu stellenden Anforderungen an den baulichen Brandschutz und an den Personenschutz zusammengestellt. Es wurde gezeigt, daß diese Anforderungen in den gültigen bzw. in der Erarbeitung befindlichen Regelungen über den Brandschutz in KKW /2, 3/ in der Tendenz weitgehend berücksichtigt werden. Allerdings wird auf eine konsequente, risikoorientierte Auslegung der Brandschutzmaßnahmen bislang verzichtet. So haben die im Rahmen der vom BMI veranlaßten Studie SR 144/1 durchgeführten Untersuchungen an einer DWR-Anlage neuerer Bauart ergeben /4/, daß die Risikobeiträge aus dem Brandschutz je nach Anlagengebäude und Raumbereich sehr unterschiedlich sein können und daß unter dem Gesichtspunkt der Optimierung von Brandschutzmaßnahmen durchaus Verbesserungen anzustreben und möglich sind.

Über die quantitative Auslegung von Brandschutzmaßnahmen in KKW bestehen allerdings noch Unklarheiten, weil über die Art der anzuwendenden Nachweisverfahren bislang keine Einigkeit erzielt wurde. In dem Forschungsvorhaben "Nachweisverfahren für den Brandschutz in Kernkraftwerken" /5/ wurde ein vereinfachtes Nachweisverfahren für bauliche Brandschutzmaßnahmen in Kernkraftwerken vorgestellt, das an das Sicherheitsniveau im konventionellen Brandschutz anknüpft und den besonderen Randbedingungen in Kernkraftwerken (z. B. Brandlastanordnung, Geometrie, Ventilation) realistisch Rechnung trägt.

Dieses Verfahren wurde in dem Arbeitsgremium KTA 2101.2 zur Diskussion gestellt und soll nach weiterer Abstimmung als Anhang zur Regel verankert werden. Damit ist es auch möglich, vergleichende quantitative Betrachtungen auf der Basis eines einheitlichen Grundkonzeptes an DWR-Anlagen alter und neuer Bauart durchzuführen. Das an den Daten der Studie SR 144/1 geeichte Verfahren erscheint für eine Untersuchung derjenigen Bereiche im Betrieb befindlicher Kernkraftwerke geeignet, in denen die brandschutztechnischen Randbedingungen stärker vom derzeitigen Stand der Technik abweichen.

Die grundsätzlichen Anforderungen aus bauaufsichtlicher Sicht und die zu ihrer Erfüllung geeigneten brandschutztechnischen Maßnahmen sind in /1/ umrissen. Detaillierte Brandschutzuntersuchungen an einer DWR-Anlage neueren Typs wurden in der Studie SR 144/1 durchgeführt /4/. Erste Erfahrungen über die Untersuchung von älteren Anlagen sind in der Studie SR 272 /6/ niedergelegt. Anhand der in /4/ und /6/ gefundenen Untersuchungsergebnisse soll ein Kriterienkatalog für die Beurteilung einer gegebenen Situation in einem im Betrieb befindlichen Kernkraftwerk erstellt werden. Als Hilfsmittel für die quantitative Bewertung von Abweichungen der Brandsicherheit von dem aus heutiger Sicht für erforderlich gehaltenen Niveau soll das in /5/ beschriebene Nachweisverfahren dienen. Damit ist es möglich, die vorhandenen Brandschutzmaßnahmen einer im Betrieb befindlichen DWR-Anlage auf der Basis eines einheitlichen Konzeptes zu überprüfen und zu bewerten.

Zusätzlich sind als Beurteilungsgrundlage

- die aus bauaufsichtlichen Genehmigungsverfahren herrührenden Unterlagen im Hinblick auf die dort niedergelegten Brandschutzauflagen und dokumentierten Maßnahmen auszuwerten und
- die aus der Anlagentechnik herrührenden nuklearspezifischen Randbedingungen zum Brandschutz bzw. die atomrechtlich relevanten Auslegungsdaten zu erfassen.

Die notwendigen Unterlagen sind - soweit sie im Rahmen der Anlagenerichtung oder nachfolgender Überprüfungen erstellt wurden - bei den Genehmigungsbehörden vorhanden und können von diesen zur Verfügung gestellt werden. Die nuklearspezifischen Randbedingungen für den Brandschutz in älteren KKW sind individuell zu erfassen, wobei die Mitwirkung eines anlagentechnischen Beraters zweckmäßig ist. Auch die Vorinformationen aus früheren Untersuchungen zum nuklearspezifischen Brandschutz sind als Grundlage für verallgemeinerte Aussagen zum Brandschutz im Betrieb befindlicher Kernkraftwerke mit heranzuziehen.

2. AUFGABENSTELLUNG UND VORGEHENSWEISE

Dieses Vorhaben soll dazu beitragen, die derzeit in bezug auf die Brandsicherheit bei älteren Kernkraftwerken entstandenen Diskussionen auf eine sachliche Grundlage zu stellen. Eine in NRW in Auftrag gegebene Sicherheitsuntersuchung von sechs im Betrieb befindlichen Anlagen hat zum Teil doch größere Defizite im Brandschutz zu Tage gefördert. Hierbei wurden allerdings ausschließlich Kernkraftanlagen besonderer Bauart (HTR, SWR) überprüft, so daß keine Rückschlüsse auf die in der Bundesrepublik am häufigsten gebauten DWR-Anlagen möglich sind. Somit bestand der Wunsch, kurzfristig eine typische ältere DWR-Altanlage zu untersuchen, um die zu erwartenden Beurteilungsdefizite rechtzeitig aufzudecken und zu beheben. Ziel muß sein zu zeigen, daß die Brandsicherheit von älteren DWR-Altanlagen durchaus mit dem derzeitigen Stand der Genehmigungspraxis in Einklang steht bzw. gebracht werden kann.

Das Vorhaben sollte die dazu notwendigen Beurteilungskriterien bereitstellen, nach denen eine Überprüfung der unterschiedlichen älteren Anlagen unter einheitlichen Gesichtspunkten erfolgen kann. Die Beurteilungskriterien und die zu erarbeitenden Vorschläge gezielter Ertüchtigungsmaßnahmen waren am Beispiel einer Referenzanlage zu erproben und aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse fortzuschreiben. Für die dann folgenden anlagenspezifischen Überprüfungen ist an eine weitgehend selbständige Anwendung des erarbeiteten Kriterien- und Maßnahmenkataloges bei den verschiedenen KKW durch die jeweils zuständigen Bauaufsichtsbehörden der Länder gedacht.

Im einzelnen waren folgende Arbeiten durchzuführen:

- 1) Zusammenstellung der brandschutztechnischen und anlagentechnischen Randbedingungen im Betrieb befindlicher Kernkraftwerke anhand von Unterlagen aus früheren Studien sowie vorhandenen Unterlagen aus Genehmigungsverfahren.
- 2) Erarbeitung eines "Kriterienkataloges" zur Beurteilung des Brand-schutzes im Betrieb befindlicher Kernkraftwerke unter Berücksichtigung bauaufsichtlicher Mindestanforderungen insbesondere hinsicht-

lich des Personenschutzes, nuklearspezifischer Randbedingungen und alternativer optimierter Brandschutzmaßnahmen nach dem Stand von Wissenschaft und Technik.

- 3) Erarbeitung eines "Maßnahmenkataloges" mit konkreten Vorschlägen zur quantitativen Untersuchung der Auswirkungen ungünstigerer Randbedingungen gemäß Punkt 1 und zur brandschutztechnischen Ertüchtigung der gemäß Kriterienkatalog (Punkt 2) näher zu untersuchenden Raumbereiche auf der Grundlage theoretischer Erkenntnisse aus früheren Analysen und praktischen Erfahrungen bei Brandprüfungen.
- 4) Exemplarische Untersuchung einer im Betrieb befindlichen Referenzanlage vor Ort anhand der Untersuchungsergebnisse aus Punkt 1 bis 3 unter Mitwirkung von Genehmigungsbehörde, Bauaufsichtsbehörde, Betreiber und sicherheitstechnischem Gutachter zur Überprüfung der Anwendbarkeit der erarbeiteten Vorgehensweise.
- 5) Auswertung der Untersuchungsergebnisse, Ermittlung von typischen brandschutztechnischen Defiziten, Zusammenstellung erforderlicher Maßnahmen, Wertung der anlagenspezifischen Situation und der Übertragbarkeit auf andere Anlagen, Überarbeitung des erstellten Kriterienkataloges und Maßnahmenkataloges im Hinblick auf allgemeine Anwendungen.

3. ZUSAMMENSTELLUNG BRANDSCHUTZTECHNISCHER UND ANLAGENTECHNISCHER RANDBEDINGUNGEN

3.1 Entwicklungsstufen der Kernkraftwerke

Jedes zu errichtende Bauwerk bedarf der brandschutztechnischen Prüfung im Rahmen der bauaufsichtlichen Genehmigung. Dabei werden im allgemeinen die Mindestanforderungen der jeweiligen Landesbauordnung zugrundegelegt. Deren Ziel ist es, einen ausreichenden Personen- und Sachschutz sicherzustellen. Bei Kernkraftwerken ist zusätzlich die "nukleare Sicherheit" zu gewährleisten, deshalb unterliegen diese Anlagen auch bezüglich des Brandschutzes zusätzlich einem atomrechtlichen Genehmigungsverfahren.

Die bauaufsichtlichen Vorschriften bleiben davon unberührt, d. h. sie sind grundsätzlich neben den atomrechtlichen Vorschriften einzuhalten.

Nach den Landesbauordnungen sind Kernkraftwerke "Gebäude besonderer Art und Nutzung". Aufgrund anlagentechnischer Gegebenheiten und Strahlenschutzbedingungen sind die konventionellen bzw. üblichen bautechnischen Brandschutzanforderungen bei diesen Anlagen teilweise nicht zu erfüllen (z. B. Brandabschnittsgrößen, Fluchtweglängen, Entrauchung); Ersatzmaßnahmen und zusätzliche Maßnahmen zur Gewährleistung der an solche Bauwerke zu stellenden Brandschutzanforderungen sind erforderlich. Diese Maßnahmen sind im Laufe der Zeit ständig weiterentwickelt worden. Zum Zeitpunkt der Errichtung derzeit in Betrieb befindlicher Anlagen waren sie deshalb zumindest teilweise noch nicht mit dem heutigen Stand von Wissenschaft und Technik vergleichbar.

Die Erarbeitung entsprechender Vorschriften und Regeln vollzog sich demgemäß parallel zur Errichtung von Kernkraftwerken über mehrere Jahre und ist auch heute noch nicht vollständig abgeschlossen. Neuere Einzelanforderungen wurden zwischenzeitlich, soweit es eben möglich war, schon bei der Errichtung berücksichtigt. Der KTA-Regelteil 2101.1 "Grundsätze des Brandschutzes" /2/ ist 1986 erschienen, die Regelteile 2101.2 "Brandschutz an baulichen Anlagen" /3/ und 2101.3 "Brandschutz an maschinentechnischen und elektrotechnischen Anlagen" /7/ sowie KTA 2102 "Rettungswege in Kernkraftwerken" /8/ liegen als Regelentwurfsvorlagen vor, so daß sich die Brandschutzanforderungen und -maßnahmen zukünftig besser und einheitlich beurteilen lassen.

Für die in der Bundesrepublik Deutschland gebauten oder im Bau befindlichen Kernkraftwerke lassen sich in Anlehnung an /6/ folgende Entwicklungsstufen der brandschutztechnischen Erstausslegung aufzeigen:

Stufe I

- Brandschutz orientiert sich an den bauaufsichtlichen Anforderungen an Industriegebäude,
- keine brandschutztechnische Trennung von redundanten Sicherheitseinrichtungen,

- keine abgeschotteten Treppenträume in bestimmten Bereichen,
- besondere Vorkehrungen zur Brandbekämpfung.

Stufe II

- teilweise brandschutztechnische Trennung von redundanten Sicherheitseinrichtungen (z. B. im Schaltanlagegebäude sind jeweils 2 von 4 Redundanzen zusammen in einem Brandabschnitt angeordnet),
- Abschottung von einzelnen Raumbereichen mit hoher Brandlast,
- zusätzlich zu den besonderen Vorkehrungen zur manuellen Brandbekämpfung sind in Raumbereichen mit hoher Brandlast teilweise ortsfeste Löscheinrichtungen vorgesehen.

Stufe III

- grundsätzlich vollständige brandschutztechnische Trennung aller redundanten Sicherheitseinrichtungen,
- Räume mit hoher Brandlast bzw. besonders schutzbedürftige Anlagenbereiche werden mit ortsfesten Löscheinrichtungen versehen,
- bauliche Abschottungen grundsätzlich feuerbeständig,
- Einrichtung zentraler Brandmeldeanlagen.

Stufe III* (neue DWR-Anlagen)

- nicht direkt erfüllbare Brandschutzanforderungen im Containment bei neueren DWR-Anlagen werden durch Ersatzmaßnahmen kompensiert, zum Beispiel:
 - o Einsatz von FRNC-Kabeln,
 - o Reduzierung der Ölmengen,
 - o Abschottung von Treppenträumen und Planung zusätzlicher Schleusenstauräume mit separater Belüftung im Brandfall,
 - o zusätzliche Personenschleusen und Ausbildung von gesicherten Fluren.

Bei den in Betrieb befindlichen älteren Kernkraftwerken wurden zahlreiche Brandschutzmaßnahmen von den Betreibern der Anlagen, teilweise auf Initiative der Bauaufsichts- und atomrechtlichen Genehmigungsbehörden,

zwischenzeitlich gemäß Stufe III erheblich verbessert. Dabei kam aufgrund der im allgemeinen nicht veränderbaren baulichen Gegebenheiten den Maßnahmen zur frühzeitigen Branderkennung und -meldung, Maßnahmen zur Brandbekämpfung und organisatorischen Maßnahmen besondere Bedeutung zu. Darüber hinaus sind partiell zusätzliche Gebäude nach dem neuesten Entwicklungsstand ausgeführt worden.

Bei den durchgeführten Verbesserungen wurde aber aufgrund anlagenspezifischer Notwendigkeiten, oder auch Betreiberpräferenzen bei der Wahl alternativer Verbesserungsmöglichkeiten, in den einzelnen Anlagen sehr unterschiedlich vorgegangen. Während zum Beispiel in einer Anlage Brandschutzklappen älterer Bauart ausgetauscht wurden gegen solche, die heutigen Normen entsprechen, wurden in anderen Anlagen statt dessen ortsfeste Löscheinrichtungen installiert. Deshalb darf bei einer Überprüfung nicht die einzelne Maßnahme, zum Beispiel hinsichtlich der brandschutztechnischen Qualität einer Abschottung alleine bewertet werden; es muß vielmehr geprüft werden, ob die getroffenen Maßnahmen in ihrer Gesamtheit ein Erreichen des jeweils zu betrachtenden Schutzzieles - nukleare Sicherheit, Personenschutz, Sachschutz - hinreichend sicherstellen. Ein gleichwertiger Beurteilungsmaßstab ist deshalb nur anhand eines schutzzielorientierten Vorgehens gegeben. Der nachfolgend beschriebene Kriterienkatalog folgt dieser Überlegung.

Sofern bei den in Betrieb befindlichen Anlagen neue Gebäude nach dem heutigen brandschutztechnischen Stand errichtet wurden, erübrigt sich eine bauaufsichtliche Überprüfung.

Bei der Bewertung der Brandsicherheit älterer Gebäude ist aber das Vorhandensein neu errichteter Gebäude dann von Bedeutung, wenn dort redundante Sicherheitseinrichtungen installiert wurden. So wurden zwischenzeitlich bei allen in Betrieb befindlichen Kernkraftwerken sogenannte autarke Notstandssysteme vorgesehen, die zum Beispiel auch in der Lage sind, übergreifende Brandeinwirkungen im Schaltanlagegebäude oder im Maschinenhaus sicher zu beherrschen. Die Bewertung des Brandschutzes in solchen von der Sicherheitstechnik "teilweise ersetzbaren" Gebäuden, muß dieser Möglichkeit, zumindest hinsichtlich des nuklearen Schutzzieles, Rechnung tragen.

3.2 Ergebnisse bisheriger Sicherheitsuntersuchungen

Mit Fragen des Brandschutzes in Kernkraftwerken beschäftigten sich bisher im wesentlichen folgende größeren Forschungsarbeiten:

- SR 144 Bestandsaufnahme des Brandschutzes in Kernkraftwerken.
- SR 272 Bestandsaufnahme in vier älteren KKW (analog SR 144 mit Empfehlungen zur Ertüchtigung) (Lit. /6/)
- SR 144/1 Risikoorientierte Untersuchungen zur Optimierung von Brandschutzmaßnahmen (Lit. /4/)
- SR 144/2 Risikoorientierte Untersuchungen der Besonderheiten des Brandschutzes in Siedewasserreaktoren analog SR 144/1
- SR 144/1-KTA Rückwirkungen von SR 144/1 auf KTA-Regelungsvorhaben
- DRS-B Risikostudie Kernkraftwerke - einschließlich Brandrisiko
- PHDR Brandversuche im Rahmen des HDR-Sicherheitsprogramms.

Mit Ausnahme des Vorhabens SR 144 behandeln diese Studien vorrangig Fragen der nuklearen Sicherheit. Unter besonderer Berücksichtigung des (bauaufsichtlich relevanten) Personenschutzes wurden mit Förderung durch das Institut für Bautechnik, Berlin, die o. g. Berichte erarbeitet:

Schneider, U. und Hosser, D.: Regelung des Brandschutzes in Kernkraftwerken auf der Grundlage bauaufsichtlicher Vorschriften. Abschlußbericht März 1984 (Lit. /1/).

Schneider, U., Hosser, D und Max, U.: Nachweisverfahren für den Brandschutz in Kernkraftwerken. Abschlußbericht Oktober 1986 (Lit. /5/).

Im Gefolge des Unfalls im KKW Tschernobyl wurde eine Sicherheitsüberprüfung aller in der BRD im Betrieb und im Bau befindlichen KKW durch die Reaktorsicherheitskommission (RSK) durchgeführt; Ziel war zu prüfen, ob sich aufgrund der Erkenntnisse aus dem Unfall Konsequenzen für den Um-

fang der nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderlichen Schadensvorsorge ergeben. Dabei wurden auch Aspekte des Brandschutzes betrachtet. Bei dieser globalen Überprüfung - die, wie ausdrücklich festgestellt wurde, eine gutachterliche Detailüberprüfung nicht ersetzen kann - wurden grundsätzliche Beanstandungen der (nuklearen) Brandsicherheit der untersuchten Kernkraftwerke nicht festgestellt. Aussagen zu bauaufsichtlich relevanten Fragen des Brandschutzes - insbesondere zum Personenschutz - wurden jedoch nicht getroffen. Die RSK beabsichtigt, die Untersuchungen zum Brandschutz aller KKW weiterzuführen.

Da die genannten Forschungsvorhaben im wesentlichen - mit Ausnahme von Lit. /1/ und /5/ - Fragen der nuklearen Sicherheit behandeln, sind ihre Ergebnisse für eine bauaufsichtliche Überprüfung nur insoweit von Interesse, als dort wichtige Erkenntnisse über

- das Abbrandverhalten von in Kernkraftwerken verwendeten Materialien,
- mögliche Brandverläufe in verschiedenen Räumen eines Kernkraftwerkes,
- die Anwendbarkeit von Wärmebilanzrechnungen zur Berechnung von Raumtemperaturen,
- das Verhalten von Strukturen und Anlagenteilen bei Brandeinwirkung,
- das Verhalten von bautechnischen Brandschutzmaßnahmen,
- den Einfluß aktiver Brandschutzmaßnahmen (Brandmeldung, -bekämpfung) bei der Bewertung der Brandgefahr

gefunden wurden. Insbesondere die Studien SR 144/1 und SR 144/2 lieferten hierzu umfangreiche, wertvolle Erkenntnisse. Bestimmte Ergebnisse, wie zum Beispiel "keine nennenswerten Schwachstellen bei passiven Brandschutzmaßnahmen (SR 144/1)", sind allerdings nicht allgemein übertragbar, da die Referenzanlage dieser Studie der brandschutztechnischen Entwicklungsstufe III zuzuordnen ist, die schon weitgehend dem heutigen Stand entspricht. Für ältere, im Betrieb befindliche Anlagen können demzufolge solche Ergebnisse nicht uneingeschränkt gelten.

Andere Erkenntnisse, wie das Offenbleiben von Feuerschutzabschlüssen als Schwachstelle des baulichen Brandschutzes oder die verspätete Auslösung von ortsfesten Löschanlagen als Schwachstelle im bekämpfenden Brandschutz, sind dagegen allgemeingültiger verwendbar.

Bei der Erarbeitung des Kriterien- und Maßnahmenkataloges konnten wesentliche Erkenntnisse aus obengenannten Studien genutzt werden; auf sie wird im einzelnen in den Anhängen 1 und 2 verwiesen. Anzumerken ist, daß die Studie SR 144/2 sowie die PHDR-Untersuchungen noch nicht abgeschlossen sind. Hinsichtlich der Besonderheiten bei SWR-Anlagen ist für zukünftige Untersuchungen von Bedeutung, daß bei Anlagen der Baulinie 69 eine Inertisierung des Sicherheitsbehälters im Leistungsbetrieb vorgesehen ist, die auch Probleme des Brandschutzes löst.

Wesentliche Hinweise hinsichtlich der Verrauchung des Sicherheitsbehälters liefern die HDR-Brandversuche. Erste Versuchsergebnisse lassen erkennen, daß die Rauchdichte im Sicherheitsbehälter je nach Brandverlauf in kurzer Zeit (bis ca. 15 Minuten) so groß wird, daß eine Sicht nicht mehr möglich ist. In weiteren geplanten Versuchen sollen differenzierte Messungen zu lokalen Extinktionskoeffizienten, deren Zeitverlauf und speziell zur Rauchdichte im abgetrennten Treppenhaus für unterschiedlich große Brände durchgeführt werden.

Ziel der Arbeiten zu SR 144/1-KTA war die Erarbeitung technischer Grundlagen für Regelvorschlage zu offenen Themen bei der KTA-Regelerstellung (KTA 2101, Teil 2 und 3) ausgehend von den Ergebnissen der Studie SR 144/1. Im einzelnen wurden folgende Themenbereiche behandelt:

- Lüftungstechnische Anlagen, Rauch- und Wärmeabfuhr,
- Ansteuerung und Auslösung aktiver Brandschutzmaßnahmen,
- Abbrandverhalten von verschiedenen Kabelmaterialien,
- rechnerische Nachweise für Brandschutzmaßnahmen

Die Untersuchungen trugen z. T. substantiell zur Erarbeitung des Maßnahmenkataloges bei.

Ausgehend von den Ergebnissen der genannten Studien, der KTA-Regel 2101, Teil 1 sowie übergeordneten Sicherheitskriterien (BMI) und Leitlinien (RSK) sind nachfolgend in Kapitel 3.3 die wesentlichen nuklearspezifischen Randbedingungen, die bei einer bauaufsichtlichen Überprüfung des Brandschutzes zu beachten sind, zusammengestellt.

3.3 Nuklearspezifische Randbedingungen für bauaufsichtliche Überprüfungen

Die Brandschutzmaßnahmen in einem im Betrieb befindlichen Kernkraftwerk können durch Randbedingungen bestimmt werden, die einmal aus übergeordneten Sicherheitsanforderungen, zum Beispiel des Strahlenschutzes, resultieren, zum anderen sich aber auch durch die ausgeführte Anlagentechnik ergeben. Die anlagentechnischen Randbedingungen sind in den einzelnen Anlagen zum Teil sehr verschieden und im allgemeinen nicht zu ändern. Randbedingungen, die für eine Bewertung von Brandschutzmaßnahmen im Rahmen einer bauaufsichtlichen Prüfung von Bedeutung sein könnten, sind nachfolgend zusammengestellt:

Sicherheitstechnische Bedeutung von Bauwerken und Raumbereichen:

Die sicherheitstechnische Bedeutung von Bauwerken und Raumbereichen kann selbst in gleichen Anlagentypen, zum Beispiel Druckwasserreaktoren, aufgrund der unterschiedlichen Anordnung von Systemen und Komponenten sehr verschieden sein. Für eine Bewertung unter Brandschutzgesichtspunkten ist deshalb im allgemeinen immer eine differenzierte anlagenspezifische Betrachtung erforderlich. Dabei ist auch zu berücksichtigen, daß die sicherheitstechnische Bedeutung unter Brandschutzgesichtspunkten anders sein kann, als unter anderen Störfallbedingungen. Zum Beispiel ist die mehrfach redundante "Ringraumabsauganlage" im Hinblick auf einen Kühlmittelverluststörfall von erheblicher Bedeutung. Da aber eine Überlagerung von Kühlmittelverluststörfall und Brand nicht zu unterstellen ist, hat diese Anlage unter Brandschutzgesichtspunkten keine sicherheitstechnische Relevanz.

Wie auch die Studien gezeigt haben, ist in vielen Fällen nur eine risikoorientierte Vorgehensweise geeignet, um die sicherheitstechnische Bedeutung eines Anlagenbereiches unter Brandschutzgesichtspunkten zu bewerten. So sind zum Beispiel Einrichtungen im Schaltanlagegebäude, wie Warte, Schaltanlagen der Notstromversorgung, von sicherheitstechnischer Bedeutung. Sollten sich bei einer Überprüfung des Brandschutzes in solchen Bereichen Schwachstellen zeigen, ist aber bei den Anforderungen an den Brandschutz zu berücksichtigen, daß ein brandbedingter Ausfall die-

ser Einrichtungen noch nicht zu unbeherrschten Anlagenzuständen führt, weil - wie in Kapitel 3.1 schon diskutiert - Notstandssysteme zur Verfügung stehen. Die Frage nach der Notwendigkeit einer Verbesserung kann deshalb nur im Einzelfall unter Berücksichtigung des Sicherheitsgewinns einer Brandschutzmaßnahme beantwortet werden.

Brandabschnitte und brandschutztechnische Trennung von Räumen:

Die Ausführung von Brandschutzmaßnahmen kann durch andere Anforderungen, z. B. zur Beherrschung von Leckagen im Hauptkühlmittelsystem oder Frischdampfsystem, beeinflusst werden. Das gilt insbesondere für den Sicherheitsbehälter (z. B. hinsichtlich abgeschotteter Treppenträume) sowie für die Abgrenzung zwischen Reaktorgebäude und Maschinenhaus (SWR). Bei den in Betrieb befindlichen älteren Anlagen wurde aus anlagentechnischen Gründen teilweise auf Absperrvorrichtungen in Lüftungsleitungen dort verzichtet, wo eine Brandübertragung ausschließbar ist. Die Bewertung solcher Fälle kann nicht auf der Basis der Anforderungen aus neuen Regelwerken, sondern muß im Einzelfall erfolgen. Hinsichtlich von Verbesserungsmöglichkeiten durch zusätzliche Abschottungen oder Abtrennung von Räumen, zum Beispiel von Kabeltrassen, ist zu beachten, daß lüftungstechnische Erfordernisse, zum Beispiel Unterdruckstaffelung, Abfuhr von Verlustwärme aus Leistungskabeln, die Art der Brandschutzmaßnahme beeinflussen kann.

Rauch- und Wärmeabfuhr (RWA):

Außerhalb des Kontrollbereiches können lüftungstechnische Erfordernisse die Art einer RWA beeinflussen. Ansonsten gibt es dort keine grundsätzlichen nuklearspezifischen Einschränkungen. Innerhalb des Kontrollbereiches ist zu unterscheiden zwischen Sicherheitsbehälter und übrigen Kontrollbereich und dort wiederum zwischen radiologisch relevanten und nicht relevanten Raumbereichen. Eine großvolumige Rauchabfuhr aus dem Sicherheitsbehälter ist wegen der Anforderungen zur Beherrschung von Kühlmittelverluststörfällen nicht durchführbar. Aus radiologisch relevanten Räumen des übrigen Kontrollbereiches ist eine Rauchabfuhr über die Abgabepfade des bestimmungsgemäßen Betriebs zwar grundsätzlich zulässig, sie wird aber in der Auslegungspraxis planungsgemäß nicht vorge-

sehen. Aus radiologisch nicht relevanten brandschutz- und lüftungstechnisch abgetrennten Räumen des Kontrollbereiches ist eine unmittelbare RWA, zum Beispiel über Klappen ins Freie, zulässig. Diese Möglichkeit wird teilweise bei neuen Anlagen für notwendige Treppenträume genutzt. Bei älteren Anlagen gibt es aber im allgemeinen keine lüftungstechnische Trennung dieser Räume, so daß diese Art von RWA dort nicht realisierbar ist.

Löschwasserversorgung, Löschanlagen und Löschmittel:

Randbedingungen für die Löschwasserversorgung betreffen, von Kernkraftwerken besonderer Bauart (z.B. SNR) abgesehen, nur die technische Ausführung. So werden in Bereichen, wo ein unterstelltes Versagen von druckführenden Löschwasserleitungen zu unzulässigen Folgeschäden führen kann, trockene Leitungen gewählt. Für die Löschwasserversorgung des Sicherheitsbehälters sind die Einschränkungen aus den Gebäudeabschlußkriterien zu berücksichtigen. Hier ist durch eine besondere Regelung zur Betätigung der Abschlußarmaturen sicherzustellen, daß im Brandfall Löschwasser im Sicherheitsbehälter zur Verfügung steht.

Der nachträgliche Einbau von Löschanlagen kann zu Problemen führen, wenn

- die vorhandene Anlagentechnik gegen Löschwasser empfindlich ist und
- Gaslöschanlagen aufgrund der räumlichen und lüftungstechnischen Gegebenheiten nicht realisierbar oder nicht effektiv einsetzbar sind.

Bei der Frage der Auslösung ortsfester Löschanlagen ist im Einzelfall auch die Frage der Folgeschäden bei Fehlauflösungen zu betrachten. Eine automatische Auslösung, die grundsätzlich immer vorzuziehen ist, ist dementsprechend nicht immer realisierbar, sondern muß gegebenenfalls durch schnell wirkende Handauslösungen ersetzt werden.

Zugänglichkeit:

Hinsichtlich der Einsatzmöglichkeiten der manuellen Brandbekämpfung ist die Zugänglichkeit unter Strahlenschutz Gesichtspunkten zu beachten. Im Kontrollbereich ist zu unterscheiden zwischen begehbaren Räumen, bedingt

begehbaren Räumen und Sperrbereichen. Auch in den bedingt begehbaren Räumen und Sperrbereichen ist eine manuelle Brandbekämpfung grundsätzlich möglich, sofern sie nicht durch die Brandwirkungen selbst eingeschränkt ist. Die Zugänglichkeit ist aber abhängig von anlagen- oder strahlenschutztechnischen Randbedingungen (z. B. Abschaltung der Anlage, Zugang nur mit Atemschutz, Ausmessen der Strahlung), die im Einzelfall zu prüfen sind.

4. ERARBEITUNG EINES KRITERIENKATALOGES

4.1 Grundgedanke

Der zu erarbeitende Kriterienkatalog hat zum Ziel, die Arbeiten der bei der Überprüfung von Kernkraftwerken beteiligten Bauaufsichtsbehörden dadurch zu erleichtern, daß eine systematische Vorgehensweise in der Betrachtung angeregt wird. Dazu dient eine Zusammenstellung der gültigen gesetzlichen Vorschriften und technischen Regeln, der zu beachtenden Grundsätze und der erforderlichen Unterlagen im Hinblick auf den notwendigen Umfang der vorzunehmenden Untersuchungen, die Erarbeitung allgemeiner Bewertungsmaßstäbe und Kriterien und die Ausarbeitung eines pragmatischen Vorschlags zur Durchführung der Überprüfung unter Berücksichtigung bauaufsichtlicher Anforderungen, z. B. gemäß § 15, § 16 und § 17 der Musterbauordnung, Ausgabe Juni 1982.

Im Hinblick auf den Untersuchungsumfang sind im Kriterienkatalog die gesetzlichen Bestimmungen und die derzeit gültigen bzw. in Erarbeitung befindlichen technischen Regeln aufgeführt. Weiterhin sind im Katalog Angaben darüber zu finden, welche grundsätzlichen Untersuchungen im Hinblick auf die

- baulichen Brandschutzmaßnahmen,
- Branderkennung und -meldung,
- Brandbekämpfung und
- administrativen Maßnahmen

erforderlich sind. Insbesondere ist eine Zusammenstellung der dazu erforderlichen Unterlagen beigefügt, so daß die Prüfungen und Beurteilungen der Behörde zum überwiegenden Teil "am Schreibtisch" durchführbar sind. Das setzt jedoch voraus, daß die Unterlagen vollständig und verfügbar sind. Nach den vorliegenden Erfahrungen ist die Vollständigkeit nicht immer gegeben (vgl. Abschnitt 6).

Als Bewertungsmaßstäbe sind im Kriterienkatalog diejenigen Grundsätze und Kriterien genannt, die nach dem gegenwärtigen Stand von Wissenschaft und Technik auf Kernkraftwerke anzuwenden sind. Diese Kriterien werden somit zunächst uneingeschränkt auf im Betrieb befindliche Anlagen übertragen, auch wenn zunächst klar ist, daß sie zumindest in Teilen nicht erfüllbar sind; z. B. können bauliche Änderungen, die nach heutigen Maßstäben erforderlich wären, im allgemeinen nicht mehr durchgeführt werden. In solchen Fällen ist zu prüfen, ob die durch Nichteinhaltung bestimmter Kriterien entstehenden Sicherheitslücken durch äquivalente Ersatzmaßnahmen abgedeckt werden können.

Es muß in diesem Zusammenhang auch erwähnt werden, daß die Beurteilungskriterien nur am Rande solche Sicherheitsfragen umfassen, die sich aus dem Atomrecht ergeben. So ist z. B. die Frage eines Folgebrandes infolge eines Flugzeugabsturzes kein bauaufsichtliches Problem und insoweit auch nicht Gegenstand der Untersuchungen. Es gibt jedoch Anlagenbereiche, in denen sich die Frage der Brandsicherheit gemäß Baurecht mit Sicherheitsfragen aus dem Atomrecht überschneidet; dieses betrifft z. B. den Sicherheitsbehälter einer DWR-Anlage, so daß diesbezügliche Kriterien für die Beurteilung im Rahmen dieser Arbeit mit aufgeführt sind.

Die Grundüberlegungen im Kriterienkatalog zielen darauf ab, den Brandschutz im Betrieb befindlicher Kernkraftwerke aus bauaufsichtlicher Sicht einheitlich zu behandeln, d.h. daß Vorgehen, Beurteilung und ggf. Ausarbeitung von Empfehlungen mehr oder weniger bundeseinheitlich erfolgen. Dazu wird ein schrittweises Vorgehen vorgeschlagen:

- Zusammenstellung der relevanten Brandschutzunterlagen,
- Überprüfung der Vollständigkeit,
- Vorauswahl von kritischen Anlagenbereichen anhand von Grundkriterien,

- Detailüberprüfungen vor Ort,
- Übertragung der Ergebnisse der Detailüberprüfung auf vergleichbare Brandbereiche,
- globale Empfehlungen über die im Detail durchzuführenden Überprüfungen und Maßnahmen.

Der gesamte Kriterienkatalog umfaßt somit einen Komplex, der geringfügig über die bauaufsichtlichen Fragen hinausgeht. Dieses ist jedoch sinnvoll und notwendig, weil sonst u. U. nicht sichergestellt ist, daß der Überlappungsbereich von Atom- und Baurecht im Zuge der Untersuchungen abgedeckt wird. Weiterhin ist zu bedenken, daß der Kriterienkatalog ggf. im Detail nicht vollständig sein muß, weil jede Anlage über spezifische Merkmale verfügt, und daher gesonderte Überlegungen erfordert.

4.2 Hilfen für die Anwendung

Der Kriterienkatalog enthält vier Anlagen, die für die systematische Vorgehensweise zur Anwendung empfohlen werden. Zunächst wurde eine Zusammenstellung der beizustellenden Unterlagen gemacht, um die ursprüngliche Beurteilungsbasis zu erfassen (Anlage 01). Damit ist auch der Bereich möglicher zwischenzeitlicher Nachrüstungen abgedeckt. Allein die Vollständigkeit der Pläne, Berichte, Gutachten, Auflagen und Detailpläne zum Brandschutz gibt häufig schon deutliche Aufschlüsse zum Stand der Anlage im Hinblick auf den Brandschutz. Soweit keine Raumlisten mit Detailangaben über die brennbaren Stoffe (und ggf. das radioaktive Inventar) vorliegen, muß die Überprüfung im allgemeinen auf die Ermittlung solcher Daten ausgedehnt werden.

Soweit sich anhand der Unterlagen Anlagenbereiche als nach Aktenlage nicht eindeutig beurteilbar erweisen, müssen entsprechende Brandschutzdaten gewonnen werden. Dieses kann dann nur empirisch vor Ort geschehen. Als Leitfaden dazu wurden die Anlagen 02 und 03 des Kriterienkataloges entwickelt. Diese sind nur raumweise anzuwenden, wobei es in vielen Fällen genügt, sich auf typische Raumbereiche zu beschränken und die Untersuchungsergebnisse dann auf brandschutztechnisch gleichartige oder ähnliche Bereiche analog anzuwenden.

Die brandschutztechnische Bewertung der einzelnen Räume wird zunächst nur global gemäß Anlage 04 des Kriterienkataloges vorgenommen. Diese Anlage 04 stellt eine technische Klammer zu dem bereits erwähnten Maßnahmenkatalog (Abschnitt 5) dar, indem im Sinne einer Ja-Nein-Entscheidung raumweise oder für Gruppen vergleichbarer Räume festgestellt wird, daß entweder "die Brandsicherheit ausreichend" oder "im Detail zu überprüfen" ist. Als Beurteilungskriterium gelten die im Katalog erarbeiteten Kriterien. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß die Beurteilungen sich zwar primär auf die bauaufsichtlichen Belange konzentrieren, daß ggf. jedoch auch weitergehende Bewertungen möglich sind. Dieses ist jedoch nicht Gegenstand des Forschungsvorhabens.

5. ERARBEITUNG EINES MASSNAHMENKATALOGES

5.1 Grundgedanke

Der zu erarbeitende Maßnahmenkatalog dient der Abstimmung von Vorgehensweise und Problemlösungen bei der Detailüberprüfung und erforderlichenfalls Ertüchtigung des Brandschutzes in kritischen Bereichen im Betrieb befindlicher älterer Kernkraftwerke. Er soll dann zur Anwendung kommen, wenn bei der Durchsicht von Anlagenbereichen anhand des Kriterienkataloges, Anlage 04, eine Abweichung des in der Anlage realisierten von dem bei neuen Anlagen nach dem Stand der Technik erforderlichen Schutzzumfang festgestellt wurde, woraus sich die Notwendigkeit einer detaillierten Überprüfung der Brandsicherheit ergibt.

Hierbei sind grundsätzlich folgende Fälle zu unterscheiden:

- a) Obwohl formal Abweichungen gegenüber dem heutigen Stand der Technik bestehen, ist aufgrund von Erfahrungen oder bereits durchgeführten Untersuchungen bekannt, daß die tatsächlich realisierten Brandschutzmaßnahmen bei dem vorhandenen Brandrisiko "offensichtlich" ausreichend sind (beispielsweise in Bereichen mit sehr geringer Brandlast). Hierbei erübrigen sich weitere Nachweise oder Ertüchtigungsmaßnahmen.

- b) Unter Berücksichtigung der tatsächlichen Brandgefährdung und der realisierten Maßnahmen kann durch Nachweise gezeigt werden, daß ein ausreichender Brandschutz vorhanden ist.
- c) Es sind Ersatzmaßnahmen ergriffen oder sollen im Rahmen einer Nachrüstung ergriffen werden, durch die der Brandschutz auf dem aus heutiger Sicht erforderlichen Niveau sichergestellt wird.

Ziel der zusammengestellten Nachweise und Maßnahmen ist es, einen nach dem gegenwärtigen Stand von Wissenschaft und Technik vorgegebenen Schutzzumfang zu gewährleisten. Die Festlegung des erforderlichen Schutzzumfanges selbst ist in jedem Einzelfall Sache der Bauaufsichtsbehörde bzw. der atomrechtlichen Genehmigungsbehörde, wobei allenfalls Argumentationshilfen in bezug auf die brandschutztechnische Relevanz angeboten werden.

Der Schutzzumfang kann in Form von "klassischen" Anforderungen, z. B. feuerbeständig "F 90-A" nach DIN 4102 Teil 2, definiert sein. Zum Teil sind jedoch aus nuklearspezifischen Gesichtspunkten auch andere Kriterien, z. B. "Temperatur im redundanten Nachbarbereich kleiner als 70 °C" maßgebend, die sowohl schärfer als auch weniger scharf als die klassischen bauaufsichtlichen Anforderungen sein können.

Die Einhaltung derartiger Kriterien bedarf in der Regel immer eines detaillierten Nachweises im Einzelfall, da diese im konventionellen Brandschutz, z.B. bei Brandversuchen, nicht überprüft werden.

Grundsätzlich ist für die nach Anlage 04 des Kriterienkataloges als relevant erkannten Raumbereiche eine Einzelüberprüfung des baulichen sowie anlagentechnischen und abwehrenden Brandschutzes erforderlich. Ergeben sich aus der Einzelüberprüfung Unzulänglichkeiten, dann sind entweder detaillierte Nachweise (Fall b) durchzuführen oder Ersatzmaßnahmen (Fall c) zu ergreifen.

Als Grundlage für Nachweise gemäß Abschnitt 3 des Maßnahmenkataloges werden für die als kritisch erkannten Raumbereiche die brandschutztechnischen Randbedingungen zusammengestellt, wobei möglichst quantitative

Angaben erwünscht sind. Sofern sich genaue Zahlenwerte, z. B. die Menge der brennbaren Stoffe, im Einzelfall nicht angeben lassen, muß ggf. auf Richtwerte aus Untersuchungen vergleichbarer Anlagenbereiche zurückgegriffen werden; hierbei reicht meist eine relativ grobe Klassifizierung vergleichbarer Raumbereiche, z. B. Kabelkanäle, Armaturenräume, Schaltanlagenräume aus, soweit sich eine auf der sicheren Seite liegende Beurteilung ergibt.

Anhand dieser Daten kann mit den in Abschnitt 3 des Maßnahmenkataloges beschriebenen vereinfachten Nachweisen - im allgemeinen ohne weitere Hilfsmittel - geprüft werden,

- welche Brandwirkungen angesichts der vorhandenen Brandlasten sowie Geometrie- und Ventilationsverhältnisse im Raumbereich zu erwarten sind,
- welche Feuerwiderstandsklasse für Bauteile der Gefährdungsklasse I erforderlich ist, die im Brandfall standsicher und/oder brandschutztechnisch funktionsfähig bleiben müssen,
- welche Feuerwiderstandsklasse für Sonderbauteile der Gefährdungsklasse II wie Feuerschutzabschlüsse, Brandschutzklappen usw. erforderlich ist, deren "Versagens" im Brandfall (im Sinne von DIN 4102) aufgrund ihrer begrenzten Größe und der weniger gravierenden Konsequenzen eine geringere Gefahr darstellt,
- nach welcher Zeit beim Verbrennen der vorhandenen Brandlasten (Bau-, Betriebs- und Lagerstoffe) mit einer gravierenden Einschränkung der Sichtverhältnisse im Raumbereich zu rechnen ist, wodurch die Personenrettung und/oder Brandbekämpfung be- oder verhindert wird.

Wenn auf diese Weise quantitative Angaben über die tatsächlichen brandschutztechnischen Erfordernisse in dem zu untersuchenden Raumbereich vorliegen, kann überprüft werden, ob die vorhandenen Brandschutzmaßnahmen diesen Erfordernissen gerecht werden oder ob Ersatzmaßnahmen erforderlich sind. Hierbei wird unterschieden zwischen vorbeugenden bautechnischen und anlagentechnischen Brandschutzmaßnahmen sowie

administrativen Maßnahmen. Diese Maßnahmen werden in Abschnitt 4 bis 6 des Maßnahmenkataloges besprochen. Entsprechend den oben genannten Alternativen a) bis c) werden die Fälle aufgezeigt, bei denen aufgrund von Erfahrungswerten, aufgrund der geführten Nachweise oder aufgrund von äquivalenten Ersatzmaßnahmen die brandschutztechnischen Erfordernisse hinreichend abgedeckt werden.

5.2 Hilfen für die Anwendung

Die gemäß Anlage 02, 03 und 04 des Kriterienkataloges zusammengetragenen quantitativen Angaben der brandschutztechnischen Randbedingungen werden zweckmäßigerweise tabellarisch zusammengestellt, wobei die Anlage 1 des Maßnahmenkataloges verwendet werden kann. Die Einzelüberprüfung des baulichen Brandschutzes geschieht zweckmäßig mit Hilfe der Anlage 05, die des aktiven Brandschutzes erforderlichenfalls mit Anlage 06.

Der rechnerische Nachweis der zu erwartenden Brandwirkungen in einem Raumbereich in Form einer "äquivalenten Normbranddauer" t_a kann mit Hilfe von Diagrammen in Anlage 2 des Kataloges geführt werden, die aus Serienrechnungen mittels Wärmebilanzmodellen entwickelt wurden /5/; sie umfassen derzeit nur (die in KKW wesentlichen) Öl- und Kabelbrandlasten. Die generelle Anwendbarkeit dieses Nachweisverfahrens wird derzeit noch im Rahmen von KTA 2101.2 geprüft; bis zur endgültigen Entscheidung ist die Anwendbarkeit im Einzelfall zu prüfen. Sofern die Verfügbarkeit von anlagentechnischen Brandschutzmaßnahmen bei den im Brandfall zu erwartenden Temperaturen nicht offensichtlich gewährleistet ist, lassen sich die Raum- und Bauteiltemperaturen bei gegebener Brandlast und Ventilation weiteren Diagrammen bzw. Tabellen entnehmen.

Schließlich enthält Anlage 3 des Maßnahmenkataloges eine Liste von Beispielen für bereits erfolgreich angewendete und auf ihre Brandschutzqualität hin überprüfte bauliche Brandschutzmaßnahmen, die insbesondere zur brandschutztechnischen Ertüchtigung von Raumbereichen in Frage kommen. Hierzu zählen auch Maßnahmenkombinationen aus bautechnischen und anlagentechnischen Brandschutzmaßnahmen, die gemeinsam ein erforderliches Sicherheitsniveau erreichen.

6. ERPROBUNG DES VERFAHRENS AN EINER REFERENZANLAGE

6.1 Zielsetzung

In der Aufgabenstellung dieses Vorhabens (Abschnitt 2) wurde als Arbeitspunkt 4 eine "exemplarische Überprüfung und Beurteilung des Brandschutzes in einer älteren Referenzanlage vor Ort" aufgeführt, wobei folgende Zielsetzungen im Vordergrund standen:

- Vergleich der brandschutztechnischen Gesamtsituation vor Ort mit den Angaben in den verfügbaren Unterlagen,
- ggf. Aktualisierung oder Ergänzung der vorhandenen Unterlagen zum Erreichen der für eine eindeutige Beurteilung notwendigen Informationsdichte,
- Erprobung der Beurteilungskriterien und Anwendungshilfen des entwickelten Kriterienkataloges im Hinblick auf Vollständigkeit, Konsistenz und Praktikabilität,
- Erprobung der Bewertungsmaßstäbe und Anwendungshilfen des erarbeiteten Maßnahmenkataloges bezüglich Beibringung der erforderlichen Detailinformationen, Praktikabilität der Nachweise und Verwendbarkeit von anlagenunabhängigen Lösungsvorschlägen für brandschutztechnische Ertüchtigungen.

6.2 Durchführung der Untersuchungen

In Abstimmung zwischen den Forschern, dem Institut für Bautechnik und der Betreuergruppe aus Vertretern der Obersten Bauaufsichtsbehörden der Länder wurde eine ältere, im Betrieb befindliche DWR-Anlage als geeignete Referenzanlage für dieses Vorhaben ausgewählt. Dank der Kooperationsbereitschaft der zuständigen atomrechtlichen Genehmigungsbehörde und des Anlagenbetreibers konnte der "Probelauf" einer brandschutztechnischen Überprüfung unbürokratisch und zügig geplant und durchgeführt werden. Im Terminplan war zu berücksichtigen, daß die großen Anlagen-

räume im Reaktorgebäude-Containment nur während der Revisionsphase be-
gangen werden können. Andererseits sind mehrtägige Begehungen mit einer
größeren Expertengruppe in dieser Zeit dem Betreiber nicht zuzumuten.
Daher mußte ein Kompromiß dahingehend gefunden werden, daß der Aufent-
halt im Sperrbereich während der Revision auf das unbedingt Notwendige
an "Mannschaft" und Zeit beschränkt wurde. Die im Betrieb begehbaren
bzw. bedingt begehbaren Räume im Containment und in den übrigen
Anlagenbereichen wurden im Anschluß an die Revision nachgezogen. Dieses
Vorgehen erwies sich auch deshalb als sinnvoll, weil bei der zweiten Be-
gehung offen gebliebene Fragen und Informationslücken aus der ersten Be-
gehung nochmals besprochen und einer Klärung zugeführt werden konnten.

Auf der Grundlage des Kriterienkataloges und der darin enthaltenen Un-
terlagenanforderungen (Anlage 01) wurde von der Genehmigungsbehörde eine
Datensammlung über den Brandschutz der in Betrieb befindlichen DWR-An-
lage zur Verfügung gestellt. Im einzelnen handelte es sich um folgende
Pläne und Berichte (Numerierung gemäß Anlage 01):

1. Allgemeine Pläne

- Übersicht Brandschutz
- Benachrichtigung
- Externe Feuerwehr
- Lagepläne des Feuerlöschnetzes
- Lagepläne aller anderen Brandbekämpfungsmittel
- Einsatz der Sprühflutanlage
- Einsatz der CO₂-Feuerlöschanlagen
- Brandschutzklappen im Lüftungssystem.

2. Berichte des Herstellers

- Abnahmebericht nach den RSK-Leitlinien durch den Brandschutzprüfer
- Betriebshandbuch, Kapitel "Brandschutz"
- Prüfvorschriften für Brandschutzsysteme.

3. Gutachten zum Brandschutz

- Gutachten des sicherheitstechnischen Gutachters, Abschn. "Brandschutz"
- Gutachten des sicherheitstechnischen Gutachters zu Nachrüstmaßnahmen.

4. Auflagen der Genehmigungsbehörden

- keine.

5. Detailpläne der Gebäude

- Räume mit erhöhter Brandlast
(ohne Angaben über die Brandbelastung)
- Grundrisse der Räume mit erhöhter Brandlast
(Flucht- und Brandschutzpläne der Gebäude)

Mit der Bereitstellung der Unterlagen war eine wesentliche Voraussetzung für die weitere brandschutztechnische Überprüfung geschaffen. Als Nachteil für die Bearbeitung erwies sich das Fehlen von Angaben über die Höhe der Brandlasten in den einzelnen Raumbereichen. Im Zuge der Überprüfung konnten die Brandlasten - aufgrund des damit verbundenen Aufwandes - nicht mehr ermittelt werden. Daher mußte im wesentlichen auf Erfahrungswerte zurückgegriffen werden, die in vergleichbaren DWR-Anlagen gewonnen wurden.

Erschwerend wirkte sich auch das Fehlen eines zusammenfassenden Brandschutzgutachtens für die Anlage aus. Die konzeptionellen und administrativen Gesichtspunkte zum Brandschutz wurden aus den Darstellungen im Betriebshandbuch, Befragungen des Betriebspersonals und eigener Anschauung beim Rundgang vor Ort in den ausgewählten Raumbereichen zusammengetragen werden, was einen erheblichen Mehraufwand bedeutete.

Anhand der ausgewerteten Unterlagen (insbesondere des Brandschutzkonzeptes) und der Vorinformationen aus früheren Brandschutzuntersuchungen gelang die Vorauswahl von Raumbereichen, bei denen eine nähere Überprüfung vor Ort angezeigt erschien. Hierbei wurde aufgrund folgender Kriterien vorgegangen:

- erhöhte Gefahr der Brandentstehung und -ausbreitung:
 - o alle Bereiche größerer Brandlasten,
 - o alle Bereiche mit übergroßen Brandabschnitten, in denen eine weitere brandschutztechnisch wirksame Unterteilung aus betrieblichen Gründen nicht möglich ist,
 - o alle Bereiche, in denen größere Brandlasten nicht brandschutztechnisch abgeschottet sind von Betriebs- und Anlagenräumen;

- mögliche Beeinträchtigung des Personenschutzes:
 - o alle Bereiche, in denen aufgrund langer Rettungswege und/oder größerer Brandlasten mit einer stärkeren Gefährdung von Personen während der Flucht und Rettung durch Hitze und Brandrauch zu rechnen ist;

- mögliche Beeinträchtigung wirksamer Löscharbeiten:
 - o alle Bereiche, bei denen trotz erschwerter Zugänglichkeit eine manuelle Brandbekämpfung erforderlich ist,
 - o alle Bereiche, in denen aufgrund langer (ungesicherter) Angriffswege Löschkräfte bei der manuellen Brandbekämpfung gefährdet werden können,
 - o alle Bereiche, in denen eine Brandbekämpfung im üblichen Umfang aufgrund anlagentechnischer Einschränkungen nicht möglich ist;

- Bedeutung für die nukleare Sicherheit:
(in diesem Vorhaben nur zur Setzung von Prioritäten)
 - o Bereiche mit Sicherheitssystemen,
 - o Bereiche mit radioaktivem Inventar.

Unter diesen Gesichtspunkten wurden folgende Anlagenbereiche der Referenzanlage für eine Detailüberprüfung ausgewählt:

- Reaktorgebäude-Containment:

- o Ölversorgung der Hauptkühlmittelpumpen (größere Ölbrandlast),
- o große Anlagenräume mit Bereich der Hauptkühlmittelpumpen und Dampferzeuger und Armaturenraum (fehlende Zugänglichkeit)

weniger detailliert, zur Abrundung des Bildes:

- o Ringbühne im Bereich der Personenschleuse mit Kabelverteilungen (größere Kabelbrandlast, Personenschutz);

- Reaktorgebäude-Ringraum:

- o Kabelverteilungen (Kabelbrandlasten, Rettungswege),

weniger detailliert zur Abrundung:

- o Bereiche der Ölversorgungen von Pumpen (Ölbrandlasten),
- o Treppenträume und Gänge (Rettungswege);

- Reaktorhilfsanlagegebäude:

- o Lager für radioaktive Abfälle (größere Brandlast, Personenschutz),
- o Bedarfsfilteranlage (Aktivkohle)

- weniger detailliert zur Abrundung:

- o Zugang zur Personenschleuse (Rettungsweg);

- Schaltanlagegebäude:

- o Kabelkeller (größere Brandlast, erschwerte Zugänglichkeit),
- o Rangierverteiler (Kabelbrandlast, Brandbekämpfung, Sachschutz),
- o Schaltanlagenraum (Kabelbrandlast, Brandbekämpfung, Sachschutz),

- weniger detailliert zur Abrundung:
 - o Kabelschacht (größere Brandlast, Abschottung, Brandbekämpfung),
 - o Warte und Brandmelderzentrale (Branderkennung, Einleitung von aktiven Maßnahmen);

Grobdurchsicht weiterer Gebäude:

- Maschinenhaus:
 - o Bereich der Notspeisepumpen (Brandlast);
- Notstromdieselgebäude:
 - o Bereich der Notstromdiesel mit Tagesölbehälter (größere Brandlast, Brandbekämpfung, Sachschutz),
 - o Ölvorratsbehälter für Notstromdiesel (große Brandlast, Abschottung, Brandbekämpfung, Sachschutz);
- Gesichertes Gebäude:
 - o Schaltanlagenraum,
 - o Elektronikraum;
- begehbare Kabelkanäle außerhalb von Gebäuden:
(große Brandlast, Brandbekämpfung, Personenschutz).

In die Überprüfung waren von Betreiberseite Fachkräfte aus der Betriebsleitung, dem Brandschutz und der Anlagentechnik einbezogen. Außerdem wirkten Vertreter der Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde und des TÜV mit. Wesentlich für die brandschutztechnische Überprüfung ist vor allem die sachkundige Begleitung durch die Betriebsmannschaft des Betreibers, weil die Komplexität des Anlagenbetriebs sonst nicht sachgerecht in die Brandschutzbeurteilung einfließen kann. Eine strikte Trennung zwischen Anlagentechnik und Brandschutztechnik ist nicht möglich.

6.3 Untersuchungsergebnisse

Die Untersuchungen des Brandschutzes der Referenzanlage ergaben im Hinblick auf die Bewertung der Überprüfungsmethode und die effektive Durchführung künftiger Überprüfungen eine ganze Reihe von Erkenntnissen und Empfehlungen, die im einzelnen in Abschnitt 7 diskutiert werden.

Daneben wurden eine Vielzahl von anlagenspezifischen Informationen und Daten ausgewertet. Die Ergebnisse dieser Auswertung und einige vorläufige Schlußfolgerungen zur Brandsicherheit der Referenzanlage gelten nur unter den vorgefundenen brandschutztechnischen und nuklearspezifischen Randbedingungen gelten. Außerdem sind sie notwendigerweise unvollständig, da es nicht Ziel dieser Forschungsarbeit war, eine umfassende Brandsicherheitsanalyse einer Anlage durchzuführen. Dieser Teil der Untersuchungen wird daher in einer gesonderten Dokumentationsunterlage zusammengefaßt.

7. WERTUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

7.1 Voraussetzungen für die brandschutztechnische Überprüfung

Im Rahmen dieses Vorhabens wurde die Anwendbarkeit des vorgeschlagenen Verfahrens für die Bewertung der Brandsicherheit von Kernkraftwerken an einer im Betrieb befindlichen DWR-Anlage älterer Bauart überprüft. Es sollte ermittelt werden, ob die im Kriterienkatalog bzw. Maßnahmenkatalog entwickelten Vorstellungen und Vorschläge geeignet sind, im Rahmen eines bauaufsichtlichen Überprüfungsverfahrens den Brandschutz nach heutigen Maßstäben zu beurteilen und evtl. erforderliche Nachrüstmaßnahmen abzuleiten. Insoweit hatte diese Studie nicht die Überprüfung einer bestimmten bestehenden Anlage, sondern die mögliche Verifizierung eines pragmatischen Vorschlags über die Vorgehensweise in der Überprüfung von im Betrieb befindlichen Kernkraftwerken zum Ziel. Entsprechend war die Vorgehensweise abgestimmt auf die Verfahrensvorschläge gemäß Kriterienkatalog, mit einer darauf folgenden Bewertung auf der Grundlage des Maßnahmenkatalogs. Mit Rücksicht auf den zur Verfügung stehenden Untersu-

chungszeitraum konnte das Verfahren nur exemplarisch auf ausgewählte Bereiche der Referenzanlage angewandt werden.

Die Vorbereitung der Begehung begann mit der Bereitstellung der verfügbaren Unterlagen gemäß Anlage 01 des Kriterienkataloges durch die atomrechtliche Genehmigungsbehörde und den Betreiber. Naturgemäß konnten hierbei nicht alle Unterlagenwünsche erfüllt werden. Es dürfte mehr oder weniger typisch für ältere Anlagen sein, daß der Detaillierungsgrad der Brandschutzunterlagen - insbesondere was quantitative Angaben angeht - dem heute üblichen Standard nicht entspricht. Beispielsweise fehlen "Brandschutzlisten" mit raumweiser Zusammenstellung der wesentlichen brandschutztechnischen Daten wie Raumgeometrie und Brandlasten. Allgemein läßt sich sagen, daß die verfügbaren Unterlagen eine direkte brandschutztechnische Beurteilung "vom Schreibtisch aus" kaum zulassen. Somit wird die Auffassung der Forscher bestätigt, daß eine Überprüfung der Brandsicherheit ohne eine detaillierte Bestandsaufnahme im Zuge einer Begehung vor Ort nicht auskommt.

Anhand der vorgelegten Unterlagen wurde gemäß Abschnitt 4 des Kriterienkatalogs eine Vorauswahl über im Detail zu untersuchende Räume getroffen. Dabei mußten zwangsläufig auch Erfahrungen aus Untersuchungen anderer Anlagen zu Hilfe genommen werden. Mit Rücksicht auf den gesetzten Zeitrahmen und den vorgesehenen Untersuchungsumfang ist diese Vorgehensweise jedoch berechtigt.

7.2 Anwendbarkeit des Kriterienkatalogs

Aufgrund der in Abschnitt 6.2 getroffenen Festlegungen wurden insgesamt 19 Räume gemäß Anlage 02, 03 und 04 des Kriterienkatalogs detailliert untersucht. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in einer separaten Dokumentationsunterlage zusammengestellt. Aufgrund der fehlenden Brandschutzlisten ist die Zusammenstellung im Hinblick auf die Höhe der Brandbelastungen und Ventilationsverhältnisse in den einzelnen Raumbereichen unvollständig. Dieses ist jedoch keine verfahrensbedingte Schwierigkeit, im Prinzip lassen sich alle Daten bei entsprechendem Zeitaufwand beschaffen.

Aus den Anlagen 04 lassen sich die brandschutztechnischen Schwachpunkte der untersuchten Raumbereiche unmittelbar ablesen, wobei die Hinweise auf den Maßnahmenkatalog gemäß der Spalte 3 auf der Anlage 04 zunächst nur bedeuten, daß eine genauere Überprüfung der entsprechenden Brandschutzmaßnahmen angezeigt ist. Über den Umfang der dazu notwendigen Nachweise oder eventuell zu ergreifender Ersatzmaßnahmen ist naturgemäß noch nichts ausgesagt.

Es hat sich im Zuge der Untersuchungen gezeigt, daß die entwickelte Methodik sehr wohl geeignet ist, einzelne Schwachstellen zielsicher aufzufinden. Eine erhebliche Erleichterung wären dabei vollständige Brandschutzlisten für die zu untersuchenden Räume. Ebenso wäre es wichtig zu wissen, ob die in den Brandschutzunterlagen eingetragenen klassifizierten Bauteile auch tatsächlich den angegebenen Feuerwiderstandsklassen entsprechen. Ansonsten kann die Überprüfung gemäß Kriterienkatalog ggf. für einzelne Bauteile zu unrichtigen vorläufigen Bewertungen führen. Diese Gefahr wird jedoch als gering erachtet, weil man bei jeder Brandschutzuntersuchung zumindest stichprobenartig auch solche Bereiche in die Detailuntersuchung einbeziehen wird, die nach Aktenlage zunächst unbedenklich erscheinen.

Nicht erfaßt wurden in den Anlage 02 bis 04 des Kriterienkataloges die übergeordneten Brandschutzvorkehrungen des administrativen Bereichs. Diese sind selbstverständlich gesondert anhand der Brandschutzordnung zu ermitteln und zu überprüfen, weil sie die konkreten Anforderungen in bezug auf eventuelle Nachrüstmaßnahmen direkt beeinflussen.

7.3 Anwendbarkeit des Maßnahmenkataloges

Der Maßnahmenkatalog wurde primär zu dem Zweck konzipiert, Hilfestellung bei der quantitativen Bewertung der erforderlichen Brandschutzmaßnahmen und bei der Empfehlung geeigneter Lösungsvorschläge für Maßnahmen oder Maßnahmenkombinationen zur Gewährleistung eines bestimmten Schutzzumfanges zu leisten. Hier geht es also um konkrete quantitative Aussagen und Ausführungsdetails, die im einzelnen gemäß Anlage 05 für den passi-

ven Brandschutz und Anlage 06 für den aktiven Brandschutz zu bewerten sind.

Zur Durchführung von Nachweisen werden naturgemäß sehr detaillierte Eingangsinformationen benötigt. Diese sind für die näher zu untersuchenden Bereiche in "Brandschutzlisten" zu erfassen; die Art der benötigten Informationen geht z.B. aus Anlage 1 des Maßnahmenkataloges hervor. Die Beschaffung dieser Daten bereitet allerdings bei älteren Kernkraftwerken Schwierigkeiten, weil entsprechende Unterlagen im allgemeinen nicht vorhanden sind und eigens für die Überprüfung erstellt werden müssen. In diesem Falle kann ggf. der Rückgriff auf vorliegende Daten aus Untersuchungen vergleichbarer neuerer Anlagen weiterhelfen, was einige Erfahrung in der Bewertung der brandschutztechnischen und ggf. nuklearspezifischen Randbedingungen voraussetzt.

Der Maßnahmenkatalog bietet für die Fälle, in denen die vorhandenen Brandschutzmaßnahmen nicht ausreichen, eine Reihe von Ersatzmaßnahmen oder Maßnahmenkombinationen an, die bei einer ggf. erforderlichen Nachrüstung ergriffen werden können. Die Anlage 3 enthält eine Liste derartiger Maßnahmen, die bereits erfolgreich durchgeführt wurden.

Generell erfordert die Anwendung des Maßnahmenkataloges sehr detaillierte brandschutztechnische Kenntnisse. Es ist daher zu fragen, ob man Vertreter der Unteren Bauaufsichtsbehörden - die üblicherweise nur den konventionellen Brandschutz bearbeiten - mit einer abschließenden Bewertung der Brandschutzmaßnahmen nicht überfordern würde. Ansonsten kann der Maßnahmenkatalog durchaus dazu beitragen, künftig die Anforderungen bezüglich des Brandschutzes präziser zu definieren, Abweichungen gegenüber heute üblichen Anforderungen zu bewerten und akzeptable Brandschutzlösungen zu finden. Der damit verbundene Aufwand ist immer dann gerechtfertigt, wenn eine qualitative Beurteilung mit Hilfe des Kriterienkataloges zu keinem eindeutig positiven Ergebnis geführt hat.

7.4 Empfehlungen für weitere Sicherheitsuntersuchungen

Aus den durchgeführten Untersuchungen des Brandschutzes einer Referenzanlage lassen sich eine Reihe von Hinweisen für künftige Durchführungen derartiger Überprüfungen anderer im Betrieb befindlicher Kernkraftwerke ableiten. Wesentlich erscheint dabei die Unterscheidung zwischen konzeptionell bedingten brandschutztechnischen Gegebenheiten in Verbindung mit den Entwicklungsstufen gemäß Abschnitt 3.1 und speziellen lokalen Gegebenheiten der vorhandenen Bauwerke und Systeme. Im ersten Fall ist die Verallgemeinerung möglich, im zweiten nicht.

Zur ersten Kategorie der Gegebenheiten zählt bei Anlagen, die der Entwicklungsstufe I oder II angehören, z.B. die fehlende brandschutztechnisch wirksame Abtrennung von größeren Brandlasten in Verbindung mit überlangen Rettungswegen im Reaktorgebäude. Auch die Voraussetzungen für einen manuellen Löschangriff sind aufgrund der erschwerten Zugänglichkeit im Betrieb und der bei Öl- und Kabelbrandlasten zu erwartenden relativ kurzen Verqualmungszeiten recht ungünstig. Hier sind sowohl für den Personenschutz, als auch für die Brandbekämpfung flankierende Maßnahmen erforderlich. Die Personenrettung kann beispielsweise durch Ausstattung des im Reaktorgebäude tätigen Betriebspersonals mit geeigneten, schnell verfügbaren Atemschutzgeräten, die Atemluft für ca. 15 min gewährleisten, erleichtert werden; die Betriebsfeuerwehr trägt einen Löschangriff ohnehin nur unter schwerem Atemschutz vor. Generell erscheint die manuelle Brandbekämpfung in den nicht oder erschwert zugänglichen Bereichen des Reaktorgebäudes problematisch, so daß nach Möglichkeit geeignete stationäre Löschanlagen vorzusehen sind. Diese müssen - um wirksam zu sein - nach kurzer Zeit ausgelöst werden, z.B. automatisch oder nach Meldung und Überprüfung der Meldung mittels Fernsehkamera von der Warte aus.

Im Hinblick auf die im öffentlichen Interesse liegende Verfügbarkeit der Anlage (Sachschutz) muß ebenfalls auf eine frühestmögliche Lokalisierung und Bekämpfung bzw. konsequente Begrenzung von Bränden geachtet werden. Dabei sind die (aus betrieblichen Gründen) fehlenden Abschottungen von größeren Brandlasten in den Gebäuden und von sicherheitstechnisch notwendigen Anlagen von Nachteil. Sie lassen sich nur in begrenztem Umfang

nachträglich ergänzen. Daher ist es von besonderer Bedeutung, daß die Maßnahmen zur Branderkennung und -meldung rasch und zuverlässig wirken.

Diese Maßnahmen haben sich in der Vergangenheit ständig weiterentwickelt; man kann also nicht erwarten, daß sie bei älteren Anlagen dem heutigen Stand der Technik entsprechen. Derartige ältere Brandmeldeanlagen müssen daher einer besonders kritischen Überprüfung gemäß Maßnahmenkatalog unterzogen und ggf. so ergänzt werden, daß Einzelmeldungen zuverlässig erkannt und Fehlmeldungen bzw. Fehlauslösungen von Löschanlagen (z.B. durch Mehrmeldertechnik) vermieden werden. Für besonders kritische und/oder unzugängliche Bereiche kann zusätzlich auf Fernsehkameras zurückgegriffen werden, die eine eindeutige Erkennung von Bränden erleichtern.

Die Nachrüstung passiver bautechnischer Brandschutzmaßnahmen scheidet bei älteren KKW zwar im allgemeinen aus; in vielen Fällen ist jedoch eine brandschutztechnisch wirksame Abschottung - oft mit relativ einfachen Mitteln - möglich. Sowohl der notwendige Schutzzumfang, als auch die geeignete Ausführung derartiger Ertüchtigungsmaßnahmen müssen anlagen-spezifisch festgelegt werden. Dabei ist das systematische "Abarbeiten" aller (im Hinblick auf das Gefährdungspotential) kritischen Bereiche bei einer Begehung vor Ort zweckmäßig. Die im Maßnahmenkatalog erläuterten Grundsätze und Lösungsvorschläge können bei der Auswahl geeigneter Maßnahmen hilfreich sein.

Besonderes Augenmerk ist auf eine konsequente Durchführung notwendiger brandschutztechnischer Abtrennungen zu richten. Bei älteren Anlagen sind u.a. aufgrund des damals noch lückenhaften Kenntnisstandes im baulichen Brandschutz oft lokale Mängel festzustellen, insbesondere bei Sonderbauteilen wie Feuerschutztüren oder Kabelabschottungen aus den siebziger Jahren. Diese sind nicht mit den entsprechenden Ausführungen nach heutigen Normen und Zulassungen zu vergleichen; sie stellen somit Schwachstellen in ansonsten ausreichenden brandschutztechnischen Abtrennungen dar. Über deren Bedeutung für die Brandsicherheit ist im Einzelfall gemäß Maßnahmenkatalog zu befinden. Sofern danach die bauliche Abtrennung notwendig ist, muß eine Aufrüstung auf das heutige Sicherheitsniveau oder ggf. der Austausch gegen modernere Bauteile erfolgen. In solchen

Fällen kann bereits bei der Anlagenbegehung direkt die geeignete Ertüchtigungsmaßnahme festgelegt werden.

8. ZUSAMMENFASSUNG

Der vorliegende Forschungsbericht hatte zum Ziel, die im Zuge der Überprüfung von im Betrieb befindlichen Kernkraftwerken auftretenden Brandschutzfragen zu erfassen und im Rahmen einer neu zu entwickelnden Prüfmethode zu behandeln. Die zu entwickelnde Methode soll dazu dienen, die im Bereich der Brandschutzgenehmigungen tätigen Bauaufsichtsbehörden zu unterstützen und ihnen einen möglichst systematisch aufgebauten Beurteilungskatalog an die Hand zu geben, der in der Brandschutzüberprüfung von KKW älterer Bauart zur Anwendung kommen kann.

Der im Zuge dieser Arbeit entwickelte Beurteilungskatalog setzt sich aus zwei unterschiedlichen Teilen zusammen:

- Teil 1: Kriterienkatalog
- Teil 2: Maßnahmenkatalog

Der Kriterienkatalog enthält eine Zusammenstellung der bei einer bauaufsichtlichen Brandschutzüberprüfung von KKW zu beachtenden Beurteilungskriterien sowie einen pragmatischen Vorschlag zur Erfassung und Prüfung von Brandschutzdaten anhang dieses Katalogs. Der Maßnahmenkatalog zielt darauf ab, die gemäß Kriterienkatalog raumweise bzw. bereichsweise ermittelten brandschutztechnischen Schwachpunkte, durch konkrete Vorschläge über durchzuführende Brandschutzmaßnahmen zu beseitigen.

Die entwickelte Methodik wurde im Rahmen einer Brandschutzuntersuchung einer Referenzanlage überprüft. Dazu wurde punktuell die vorgeschlagene Vorgehensweise auf einzelne Anlagenbereiche angewandt und es wurde geprüft, ob die gemäß Kriterienkatalog und Maßnahmenkatalog vorgesehenen Einzelschritte eine zuverlässige Beurteilung des Brandschutzes in der Anlage ermöglichen. Dabei hat sich gezeigt, daß die Anwendung des Kriterienkatalogs ohne weiteres möglich ist und bereits zu vorläufigen Bewertungen der Brandschutzmaßnahmen führt. Vorausgesetzt werden muß dabei

jedoch das Vorhandensein von nachprüfbaren Brandschutzunterlagen über die Anlage, die insbesondere die konzeptionellen Anforderungen und ausgeführten Maßnahmen enthalten. Anhand des Maßnahmenkataloges können rechnerische Nachweise geführt, Brandschutzmaßnahmen bewertet und geeignete Ausführungen von Ertüchtigungsmaßnahmen bestimmt werden. Die Anwendung der rechnerische Nachweise erfordert detaillierte brandschutztechnische Daten, insbesondere Brandlastzusammenstellungen, die bei älteren Kernkraftwerken oftmals nicht vorhanden sind. Die Liste der praktischen Lösungsvorschläge beschränkt sich derzeit auf bautechnische Brandschutzmaßnahmen; sie soll im Zuge weiterer Arbeiten fortgeschrieben werden.

Soweit die gefundenen Untersuchungsergebnisse sich auf Detailpunkte der Referenzanlage beziehen, wurde im Rahmen der Forschungsarbeit auf ausführliche Darstellungen und detaillierte Diskussionen verzichtet. Diese Ergebnisse wurden in einer separaten Dokumentationsunterlage zusammengefaßt.

9. LITERATURHINWEISE

- /1/ Schneider, U. und Hosser, D. (ABK): Regelung des Brandschutzes in Kernkraftwerken auf der Grundlage bauaufsichtlicher Vorschriften. Abschlußbericht im Auftrag des IfBt, September 1981
- /2/ KTA 2101.1 - Brandschutz in Kernkraftwerken; Teil 1: Grundsätze des Brandschutzes. Fassung 1986
- /3/ KTA 2102.2 - Brandschutz in Kernkraftwerken; Teil 2: Brandschutz an baulichen Anlagen. Regelentwurfsvorlage Fassung Dezember 1986
- /4/ Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) mbH und Arbeitsgemeinschaft Brandschutz in Kernkraftwerken (ABK): Optimierung von Brandschutzmaßnahmen und Qualitätskontrollen in Kernkraftwerken. Abschlußbericht zur Studie SR 144/1 im Auftrag des BMI, November 1985
- /5/ Schneider, U., Hosser, D., Max, U. (ABK): Nachweisverfahren für den Brandschutz in Kernkraftwerken. Abschlußbericht im Auftrag des IfBt, Oktober 1986
- /6/ Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) mbH; Brandschutztechnische Gegebenheiten der KKW Stade und Obrigheim. Abschlußbericht zur BMI-Studie SR 272, 1982
- /7/ KTA 2101.3 - Brandschutz in Kernkraftwerken; Teil 3: Brandschutz an maschinentechnischen und elektrotechnischen Anlagen. Entwurf eines Regelentwurfsvorschlages, Stand Juni 1988
- /8/ KTA 2102 - Rettungswege in Kernkraftwerken. Regelentwurfsvorlage, Entwurf August 1984

ABK

Arbeitsgemeinschaft Brandschutz in Kernkraftwerken

Prof. Dr.-Ing. D. Hosser, Techn. Univ. Braunschweig
Prof. Dr.-Ing. habil. U. Schneider, Univ. Gh Kassel

BRANDSCHUTZ IM BETRIEB BEFINDLICHER KERNKRAFTWERKE

ANHANG 1

KRITERIENKATALOG

Ulrich Schneider

Dezember 1988

Inhaltsverzeichnis

<u>Abschnitt</u>	<u>Seite</u>
1. Einleitung	3
2. Untersuchungsumfang	4
2.1 Allgemeines	4
2.2 Gesetzliche Vorschriften und technische Regeln	5
2.3 Grundsätze	6
2.4 Erforderliche Unterlagen	7
3. Bewertungsmaßstäbe	7
3.1 Grundsätze	7
3.2 Kriterien	8
4. Vorgehensweise	10
4.1 Allgemeines	10
4.2 Kriterien für die Vorauswahl	10
4.3 Vorgehensweise bei der Untersuchung von einzelnen Räumen	11
5. Literaturverzeichnis	13
Anlage 01	14
Anlage 02	15
Anlage 03	16
Anlage 04	17

1. Einleitung

Jedes zu errichtende Bauwerk bedarf der brandschutztechnischen Prüfung im Rahmen der bauaufsichtlichen Genehmigung. Dabei werden i. allg. die Mindestanforderungen der jeweiligen Landesbauordnung zugrunde gelegt. Deren Ziel ist es, einen ausreichenden Personen- und Sachschutz sicherzustellen. Bei Kernkraftwerken ist zusätzlich die "nukleare Sicherheit" zu gewährleisten, deshalb unterliegen diese Anlagen auch bezüglich des Brandschutzes zusätzlich einem atomrechtlichen Genehmigungsverfahren. Die bauaufsichtlichen Vorschriften bleiben davon unberührt, d. h. sie sind grundsätzlich neben den atomrechtlichen Vorschriften einzuhalten.

Nach den Landesbauordnungen sind Kernkraftwerke "Gebäude besonderer Art und Nutzung". Aufgrund anlagentechnischer Gegebenheiten und Strahlenschutzbedingungen sind die konventionellen bzw. üblichen bautechnischen Brandschutzanforderungen bei diesen Anlagen teilweise nicht zu erfüllen (z. B. Brandabschnittsgrößen, Fluchtweglängen, Entrauchungen), Ersatzmaßnahmen und zusätzliche Maßnahmen zur Gewährleistung der an solche Bauwerke zu stellenden Brandschutzanforderungen sind erforderlich. Diese Maßnahmen sind im Laufe der Zeit weiterentwickelt worden und waren bei der Errichtung derzeit in Betrieb befindlicher Anlagen zumindest teilweise noch nicht Stand von Wissenschaft und Technik.

Die Erarbeitung entsprechender Vorschriften und Regeln vollzog sich demgemäß parallel zur Errichtung von Kernkraftwerken über mehrere Jahre und ist auch heute noch nicht vollständig abgeschlossen, wobei neuere Einzelanforderungen zwischenzeitlich, soweit es eben möglich war, schon bei der Errichtung berücksichtigt wurden. Der KTA-Regelteil 2101.1 "Grundsätze des Brandschutzes" ist 1986 erschienen, die Regelteile 2101.2 "Brandschutz an baulichen Anlagen" und 2101.3 "Brandschutz an maschinentechnischen und elektrotechnischen Anlagen" sowie KTA 2102 "Rettungswege in Kernkraftwerken" liegen als Entwurfsvorlagen vor, so daß sich die Brandschutzanforderungen und -maßnahmen zukünftig besser und einheitlich beurteilen lassen.

Für die in der Bundesrepublik Deutschland gebauten oder im Bau befindlichen Kernkraftwerke lassen sich nach [5] grob vier Entwicklungsstufen für die brandschutztechnische Erstausslegung aufzeigen:

Stufe I

- Brandschutz orientiert sich an den bauaufsichtlichen Anforderungen an Industriebauwerke,
- keine brandschutztechnische Trennung von redundanten Sicherheitseinrichtungen,
- keine abgeschotteten Treppenträume in bestimmten Bereichen,
- besondere Vorkehrungen zur Brandbekämpfung.

Stufe II

- Teilweise brandschutztechnische Trennung von redundanten Sicherheitseinrichtungen (z. B. im Schaltanlagegebäude sind jeweils 2 von 4 Redundanzen zusammen in einem Brandabschnitt angeordnet),
- Abschottung von einzelnen Raumbereichen mit hoher Brandlast,
- zusätzlich zu den besonderen Vorkehrungen zur manuellen Brandbekämpfung sind in Raumbereichen mit hoher Brandlast teilweise ortsfeste Löscheinrichtungen vorgesehen.

Stufe III

- Grundsätzlich vollständige brandschutztechnische Trennung aller redundanten Sicherheitseinrichtungen,
- Räume mit hoher Brandlast bzw. besonders schutzbedürftige Anlagenbereiche werden mit ortsfesten Löscheinrichtungen versehen.
- Bauliche Abschottungen grundsätzlich feuerbeständig.
- Einrichtung zentraler Brandmeldeanlagen.

Stufe III* (neue DWR-Anlagen)

- Nicht direkt erfüllbare Brandschutzanforderungen werden im Containment bei neueren DWR-Anlagen durch Ersatzmaßnahmen kompensiert, zum Beispiel:
 - Einsatz von FRNC-Kabeln,
 - Reduzierung der Ölmengen,
 - Abschottung von Treppenträumen und Planung zusätzlicher Schleusenstauräume mit separater Belüftung im Brandfall,
 - zusätzliche Personenschleusen und Ausbildung von gesicherten Fluren.

Bei den in Betrieb befindlichen älteren Kernkraftwerken wurden die Brandschutzmaßnahmen von den Betreibern der Anlagen, teilweise auf Initiative der Bauaufsichts- und atomrechtlichen Genehmigungsbehörden, zwischenzeitlich gemäß Stufe III und III* erheblich verbessert. Dabei kam aufgrund der im allgemeinen nicht veränderbaren baulichen Gegebenheiten den Maßnahmen zur frühzeitigen Branderkennung und Meldung, Maßnahmen zur Brandbekämpfung und organisatorischen Maßnahmen besondere Bedeutung zu. Darüber hinaus sind partiell zusätzliche Gebäude nach dem neuesten Entwicklungsstand ausgeführt worden.

2. Untersuchungsumfang

2.1 Allgemeines

Der vorliegende Kriterienkatalog hat zum Ziel, die Arbeiten der bei der Überprüfung von Kernkraftwerken beteiligten Bauaufsichtsbehörden dadurch zu erleichtern, daß eine systematische Vorgehensweise in der Betrachtung angeregt wird. Dazu dient eine Zusammenstellung der gültigen gesetzlichen Vorschriften und technischen Regeln, der zu beachtenden Grundsätze und notwendiger Unterlagenanforderungen gemäß Abschnitt 2.2, 2.3 und 2.4, im Hinblick auf den erforderlichen Umfang der

vorzunehmenden Untersuchungen, sowie die Erarbeitung allgemeiner Bewertungsmaßstäbe und Kriterien gemäß Abschnitt 3.1 und 3.2 und die Ausarbeitung eines pragmatischen Vorschlags zur Durchführung der Überprüfung unter Berücksichtigung bauaufsichtlicher Anforderungen, z. B. gemäß § 15, § 16 und § 17 der Musterbauordnung, Ausgabe Juni 1982.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß der Kriterienkatalog u. U. nicht vollständig ist, weil jede Anlage spezifische Merkmale haben kann, die gesonderte Überlegungen erfordern. Die vorgeschlagene Vorgehensweise bleibt davon jedoch zunächst unberührt.

2.2 Gesetzliche Vorschriften und technische Regeln

Bei der Aufstellung des o. g. Kriterienkatalogs zur brandschutztechnischen Bewertung von Kernkraftwerken älterer Bauart wurden u. a. folgende Gesetze, Richtlinien und Empfehlungen berücksichtigt:

Gesetze

- Atomgesetz,
- Strahlenschutzverordnung,
- BMI-Sicherheitskriterium 2.7,
- RSK-Leitlinien für DWR, Abschnitt 11, 12 und 19, vom 14. Okt. 1981,
- Störfall-Leitlinie des BMI vom 18. Oktober 1983,
- Bauordnung des zuständigen Bundeslandes,
- Arbeitsstättenverordnung,
- UVV-Kernkraftwerke, Entwurf Mai 1986.

KTA-Regeln

KTA 2101.1 und 3601

KTA 2101.2, 2101.3, 2102 und 2103 (Vorentwürfe bzw. Entwürfe)

DIN-Normen

DIN 14675, 14090 und 14034

DIN 4066

DIN 4102

DIN 18230 (Vornorm)

VdS-Richtlinien

Form 2027, Ausgabe 9/79

Internationale Regelwerke

USNRC Regulatory Guide 1.120

ANS Standard N 18.10

Federal Regulation 10 CFR50.

IAEA Safety Guide, Safety Series No. 50-SG-D2, 1979.

Es ist zu beachten, daß die o. g. Regelungen bezüglich ihres Verbindlichkeitsgrades keinesfalls gleichgewichtig zu bewerten sind. Insbesondere betrifft dieses die als Entwurf gekennzeichneten Regeln und Normen sowie die internationalen Regelwerke. In [2] sind die zitierten Gesetze und Regeln weitgehend dokumentiert und diskutiert. Vorschläge über Regelungen in der Revisionsphase sind in [3] zu finden. Neuere Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen, die bei der Erstellung des Kriterienkataloges berücksichtigt wurden, sind in [4] bis [7] aufgeführt bzw. publiziert.

2.3 Grundsätze

Die brandschutztechnische Untersuchung von in Betrieb befindlichen Kernkraftwerken kann sich beschränken auf die Gebäude der Anlage, in denen Brandlasten und radioaktive Stoffe enthalten bzw. sicherheitstechnisch wichtige Anlagenteile vorhanden sind, d. h. nicht betrachtet zu werden brauchen Gebäude, die keine sicherheitstechnische Bedeutung haben, wie Verwaltungsgebäude und separate Werkstattgebäude. Grenzen solche Gebäude an die zu untersuchenden Gebäude, so wird die Brandabschnittstrennung in die Untersuchung mit einbezogen.

Umfang und Tiefe der Untersuchungen und Erhebungen sind darauf abgestimmt, einen globalen und umfassenden Überblick über die brandschutztechnischen Gegebenheiten zu ermöglichen. Dabei sind schwerpunktmäßig folgende Bereiche zu behandeln:

Baulicher Brandschutz

- Erfassung der Brandgutmengen und Zuordnung zu den Brandabschnitten bzw. betroffenen Raumbereichen.
- Anordnung der sicherheitstechnisch wichtigen Anlagenteile im Hinblick auf Brandabschnitte, Anlagen zur Branderkennung und Einrichtungen zur Brandbekämpfung.
- Vollständigkeit der Begrenzung von Brandabschnitten oder brandschutztechnisch getrennte Bereiche durch Schottungen, Türen, Brandschutzklappen usw., wobei die Art und Qualität der Einrichtungen nur insoweit beurteilt werden, wie dies für die brandschutztechnische Gesamtbewertung als notwendig erscheint. Nicht untersucht werden Details, wie z. B. die Funktionssicherheit der Einrichtung.
- Flucht- und Rettungswege im Betrieb und in der Revisionsphase, z. B. im Hinblick auf allgemeine Angaben zur Kennzeichnung, Beleuchtung, Zugänglichkeit, Be- und Entlüftung.

Branderkennung und Brandmeldung

- Zusammenstellung der Brandmeldeeinrichtungen.
- Aufbau der Brandmeldeeinrichtungen.
- Untersuchung der vorliegenden Meldepläne.

Brandbekämpfung

- Erfassung ortsfester und manueller Löscheinrichtungen nach Art und Raumbereich.
- Einrichtungen zur Belüftung bzw. Rauch- und Wärmeabfuhr.
- Sicherstellung der Zufahrtswege und Zugänglichkeit.
- Konzeptionelle Eignung der Brandbekämpfungseinrichtungen.

Administrative Maßnahmen

- Alarmpläne
- Vorkehrungen für den Einsatz interner und externer Feuerwehrrkräfte (Planung, Übungen usw.).
- Schulung und Übungen des Betriebspersonals.
- Wiederkehrende Prüfungen.
- Brandverhütung in der Revisionsphase.

2.4 Erforderliche Unterlagen

Für die Anwendung des Kriterienkatalogs sind Unterlagen der verschiedensten Art und Qualität erforderlich. Diese sind bei in Betrieb befindlichen Kernkraftwerken unter Berücksichtigung der heutigen Beurteilungsmaßstäbe häufig unvollständig. Umso mehr müssen die vorhandenen Unterlagen unter dem Gesichtspunkt des Brandschutzes zusammengestellt, ergänzt und bewertet werden. Welche Unterlagen im allgemeinen erforderlich sind, ist auf der Anlage 01 dieses Berichtes angegeben.

Soweit die in der Anlage 01 aufgeführten Unterlagen nur zu einem geringen Teil vorhanden sind, müssen diese aufgrund von Erhebungen vor Ort neu zusammengestellt bzw. ergänzt werden. Insbesondere ist auf die Vollständigkeit der Brandschutzlisten bzw. Raumlisten mit den zugehörigen brandschutztechnischen Angaben zu achten.

3. Bewertungsmaßstäbe

3.1 Grundsätze

Wie bei vielen Fragestellungen über die Sicherheit von Kernkraftwerken, insbesondere auch älterer Anlagen, kann sich die Wertung der brandschutztechnischen Gegebenheiten nur bedingt an den bei neueren Anlagen üblichen Brandschutzanforderungen und -standards orientieren. Ausgehend von der Gefährdung der Anlage bzw. der Umgebung erscheint es daher sinnvoll, alle brandspezifischen Randbedingungen,

dieses sind vor allem

- Art und Menge von Brandgut,
- mögliche Zündquellen,
- vorhandene Ventilation
- Möglichkeit der Brandausbreitung,
- direkte und indirekte Brandwirkungen,

und brandschutztechnischen Vorkehrungen

- bauliche Brandschutzmaßnahmen,
- ortsfeste Brandschutzeinrichtungen
- frühzeitige Erkennung und Meldung,
- manuelle Brandbekämpfung,
- Vorbeugung durch administrative Maßnahmen

bei der Wertung zu berücksichtigen. Daraus ergibt sich, daß die brandschutztechnische Bewertung von in Betrieb befindlichen Kernkraftwerken auf der Basis einer Erfassung der tatsächlichen Gegebenheiten vor Ort erfolgen sollte.

3.2 Kriterien

Die brandschutztechnische Bewertung von Kernkraftwerken älterer Bauart erfolgt unter Zugrundelegung der in Abschnitt 2.2 genannten Gesetze, Regelungen, Richtlinien und Empfehlungen. Anzustreben ist danach die Einhaltung der im folgenden aufgeführten Kriterien. Bei Nichteinhaltung bestimmter Kriterien ist der Brandschutz der Anlage durch Ersatzmaßnahmen zu gewährleisten. Im allgemeinen sind folgende Kriterien einzuhalten:

- Sicherheitstechnische Anlagenteile sind baulich so anzuordnen, daß sie durch einen Brand nicht unzulässig beeinträchtigt werden, d. h. redundante Einrichtungen des Sicherheitssystems sind vornehmlich durch bauliche und räumliche Trennung gegen einen Brand als versagensauslösendes Ereignis zu schützen. Ist eine ausreichende Trennung nicht möglich, sind Ersatzmaßnahmen vorzusehen.
- Brennbare Betriebsstoffe in der Anlage sind zu minimieren. Ihre Verwendung ist nur zulässig, wenn sie aus betrieblichen Gründen notwendig sind und nichtbrennbare Stoffe nicht einsetzbar sind.
- Baustoffe sind grundsätzlich nur in der Klasse A (nichtbrennbar) erlaubt. Bei Verwendung brennbarer Baustoffe ist zu prüfen ob daraus zusätzliche Maßnahmen abzuleiten sind.
- Die Forderungen von Strahlenschutz und Baurecht sind einzuhalten. Sofern im Einzelfall Ausnahmen von zwingenden Vorschriften gestattet werden, ist der Brandschutz durch Ersatzmaßnahmen (z. B. die Installation zusätzlicher Löschanlagen) nachzuweisen.

- Die baulichen Brandschutzmaßnahmen (Bildung von Brandabschnitten und Brandbekämpfungsabschnitten) sind durch Sicherstellung des notwendigen baulichen Abschlusses auch bei Öffnungen oder Durchdringungen wie Türen, Klappen, Lüftungskanälen, Kabel- oder Rohrdurchführungen zu verwirklichen. Es dürfen aber nur genormte oder zugelassene oder amtlich geprüfte Brandschutzabschlüsse verwendet werden.
- Gesicherte Rettungswege und Angriffswege für die Feuerwehr müssen vorhanden sein. Die üblichen Fluchtweglängen sind einzuhalten soweit keine Ersatzmaßnahmen vorgenommen sind.
- Es sind geeignete Einrichtungen zur Brandfrüherkennung und -bekämpfung sowie soweit erforderlich zur Abfuhr von Brandhitze und Brandgas vorzusehen.
- Die Meldeanlagen müssen eine schnelle und genaue Branddetektion und eine Meldung an zentraler Stelle gestatten.
- Die Löschwasserversorgung ist über eine zentrale, in Teilbereichen absperrbare Ringleitung sicherzustellen. Feuerlöschpumpen sind redundant und notstromversorgt auszuführen.
- Die öffentliche Feuerwehr ist in das Brandschutzkonzept einzubinden. Insbesondere sind entsprechende Einsatzpläne vorzubereiten und durch Übungen zu verifizieren. Die Einsatzpläne sind an zentraler Stelle und in den jeweils betroffenen Bereichen vorzuhalten.
- Es ist eine Werkfeuerwehr nach Landesrecht einzurichten und ein für den Brandschutz verantwortlicher Beauftragter der Betriebsleitung zu ernennen. Die Einsatzfähigkeit der Feuerwehr ist durch regelmäßige Übungen - auch im Zusammenspiel mit auswärtigen Kräften - sicherzustellen.
- Brandschutzeinrichtungen sind so auszuführen, daß bei Störungen, Schäden oder Fehlbedienungen die Funktionsfähigkeit sicherheitstechnisch wichtiger Anlagenteile nicht gefährdet ist.
- Die Einrichtungen des baulichen und betrieblichen Brandschutzes sind regelmäßig wiederkehrenden Prüfungen zu unterziehen.
- Für den Revisionsfall müssen zusätzliche betriebliche und organisatorische Brandschutzvorkehrungen getroffen werden.
- Eine Brandschutzordnung ist als Teil des Betriebshandbuches zu erstellen, in der die Maßnahmen zur Brandverhütung und Brandbekämpfung unter Berücksichtigung der anlagenspezifischen Gesichtspunkte dargestellt und die Maßnahmen im Brandfall geregelt sind.

Die o. g. Anforderungen sind bei Neuanlagen Stand der Technik und auf Altanlagen sinngemäß zu übertragen und anzuwenden. Soweit sich notwendige Abweichungen von den derzeit gültigen zwingenden Vorschriften ergeben, ist wie oben bereits er-

wähnt, durch entsprechende Maßnahmen nachzuweisen, daß der Brandschutz der Anlage durch die vorgenommenen Ersatzmaßnahmen sichergestellt ist.

4. Vorgehensweise

4.1 Allgemeines

Zur Verminderung des Analyseaufwandes muß eine Vorgehensweise gefunden werden, die einerseits die Anzahl der zu untersuchenden Räume bzw. Raumbereiche soweit wie möglich beschränkt, andererseits jedoch alle im Hinblick auf den Brandschutz der Anlage und der darin tätigen Personen wichtigen Raumbereiche erfaßt. Im folgenden wird eine Vorgehensweise beschrieben, die im Rahmen bereits durchgeführter Untersuchungen angewandt worden ist. Prinzipiell sind die Arbeitsziele darauf zu richten, daß die in Abschnitt 3.2 aufgeführten Grundkriterien erfüllt bzw. aufgrund von Ersatzmaßnahmen als quasi erfüllt ausgewiesen werden. Neben den rein bauaufsichtlichen Belangen sind auch die Belange aus anderen Rechtsbereichen berührt. Die vorliegende Ausarbeitung bezieht sich vor allem auf den erstgenannten Bereich.

4.2 Kriterien für die Vorauswahl

Im folgenden werden diejenigen Kriterien und Voraussetzungen genannt, die brandabschnittsweise bzw. raumweise anzuwenden sind, um ggf. brandschutztechnische Schwachstellen bei Kernkraftwerken älterer Bauart zu finden. Dabei kann wie folgt vorgegangen werden:

- a) Festlegung bzw. Überprüfung der Brandabschnittsbegrenzungen zwischen den
 - einzelnen Bauwerken
 - innerhalb eines Bauwerkes der zu untersuchenden Anlage.
- b) Überprüfung der baulichen bzw. räumlichen Trennung von redundanten Sicherheitssystemen innerhalb von Brandabschnitten bzw. einzelner Räume.
- c) Überprüfung und Festlegung der Brandlasten innerhalb eines Brandabschnittes bzw. einzelner Räume.
- d) Überprüfung und Festlegung des radioaktiven Inventars innerhalb eines Brandabschnittes bzw. einzelner Räume mit Brandlasten.
- e) Überprüfung der baulichen Ausbildung bei Brandlasten $> 26.0 \text{ kWh/m}^2$ *) (bezogen auf die Raumbofläche A_t) bzw. $> 104.0 \text{ kWh/m}^2$ (bezogen auf A_t : $A = 4$ und quadratischer Grundfläche A).

*) Die maximal zulässigen Brandlasten wurden gemäß Tabelle 4.1 nach [6] ermittelt, wobei der Sicherheitsfaktor $\gamma = 1.7$ gesetzt wurde. Sie gelten unabhängig von der Art und Menge der Ventilation für Öl- und Kabelbrandlasten, d. h. es wurde hier der ungünstigste Fall nach [6] zugrundegelegt.

f) Überprüfung der Flucht- und Rettungsweglängen innerhalb von Brandabschnitten bei > 35 m Laufweglänge.*)

g) Fehlende Brandmeldeeinrichtung in einzelnen Räumen bzw. Brandabschnitten.

Aus den vorgenannten Punkten läßt sich das nachstehende System der anzuwendenden Grundkriterien ableiten.

Tabelle 4.1: Grundkriterien zur Auswahl der im Detail zu untersuchenden Brandabschnitte bzw. Räume

Grundkriterium	Detailuntersuchung erforderlich, Bereich
fehlende oder durchbrochene Brandabschnittsbegrenzung	ja, angrenzende Brandabschnitte
fehlende bauliche Redundanztrennung	ja, innerhalb des Brandabschnittes
gleichzeitiges Vorhandensein von Brandlasten und radioaktivem Inventar	ja, innerhalb des Raumes und den angrenzenden Räumen bzw. Fluren
Brandlastüberschreitung von 26.0 kWh/m ² (Raumoberfläche) bzw. 104.0 kWh/m ² (Raumgrundfläche)	ja, Überprüfung der Feuerwiderstandsklassen der Bauteile
Flucht- und Rettungsweglängen > 35 m	ja, Überprüfung des Brandabschnittes*)
fehlende Brandmelder	ja, Überprüfung des Raumes

Soweit eines der o. g. Kriterien auf einen Brandabschnitt bzw. einzelne Räume eines Brandabschnittes angewendet werden kann, muß in dem betroffenen Bereich eine detaillierte Brandschutzuntersuchung durchgeführt werden. Dazu sind in dem folgenden Abschnitt 4.3 nähere Angaben gemacht.

4.3 Vorgehensweise bei der Untersuchung von einzelnen Räumen

Brandabschnitte oder einzelne Räume, die gemäß Abschnitt 4.2 einer erhöhten Brandgefahr unterliegen, sind auf der Grundlage vorhandener Unterlagen und/oder einer Brandschutzerhebung vor Ort detailliert zu untersuchen. Im Zuge dieser Untersuchung werden die brandspezifischen und sicherheitstechnischen Merkmale der zu beurteilenden Brandabschnitte, Räume oder Raumbereiche der Anlage gesammelt.

*) Siehe hierzu die Angaben des (nicht verabschiedeten) Regelentwurfes KTA 2102 "Rettungswege in Kernkraftwerken". Für andere begehbbare Räume und Kabelkanäle sind unter den dort festgelegten brandschutztechnischen Randbedingungen Rettungsweglängen von < 50 m vorgeschlagen.

Wesentliche brandspezifische Informationen sind:

- Brandlasten,
- baulicher Brandschutz,
- Flucht- und Rettungswege,
- Brandmeldeeinrichtungen,
- Brandbekämpfungseinrichtungen,
- manuelle Löscheinrichtungen,
- Lüftungsbedingungen,
- gefährdete Anlagenteile oder Systeme,
- radioaktives Inventar,
- betroffene Redundanzen.

Um die erforderlichen Daten und Angaben in übersichtlicher Form zu erhalten, werden die Untersuchungen gemäß Anlage 02 und 03 durchgeführt. Dazu ist es erforderlich, die Anlage im Rahmen einer Begehung raumweise zu untersuchen, wobei die Anwesenheit von mit dem Brandschutz und dem Betrieb der Anlage vertrauten Personen erforderlich ist.

Soweit sich aus den ermittelten Daten gemäß Tabelle 4.1 und Anlage 02 bzw. 03 ergibt, daß die in Abschnitt 3.2 aufgeführten Kriterien in einem bestimmten Raum, Raumbereich oder Brandabschnitt der Anlage nicht oder nur teilweise erfüllt sind, ist eine detaillierte Überprüfung im Hinblick auf die Maßnahmen erforderlich. Aus diesem Grunde ist für jeden Raum, Raumbereich oder Brandabschnitt zunächst eine qualitative Bewertung des Brandschutzes durchzuführen, deren Ergebnisse auf der Anlage 04 zusammengefaßt sind. Insbesondere sind unter dem Punkt Beurteilung konkrete Angaben über die nicht direkt erfüllten Brandschutzanforderungen zu machen. Durch Hinweise auf den Maßnahmenkatalog werden geeignete Überprüfungs- oder Ersatzmaßnahmen aufgezeigt, mit denen die Erfüllung der Brandschutzanforderungen nachgewiesen oder auf anderem Wege erfüllt werden können. Im Falle sehr ungünstiger brandschutztechnischer Gegebenheiten kann dieses soweit führen, daß das gesamte Brandschutzkonzept der betrachteten Anlage grundsätzlich überarbeitet werden muß. Die Anlage 04 ist somit als Klammer zu dem erstellten Maßnahmenkatalog zu sehen.

Soweit sich bei der Erhebung ergibt, daß vergleichbare Räume und Raumbereiche zu beurteilen sind, genügt die Erhebung in einem einzigen, typischen Bereich und die Übertragung der Ergebnisse des Maßnahmenkonzeptes auf die übrigen Bereiche. Auf der Anlage 04 sind diesbezügliche Hinweise vorgesehen.

Übergeordnete brandschutztechnische Gesichtspunkte, die sich z. B. aus [8] und [9] ergeben können, fallen nicht in den bauaufsichtlich zu beurteilenden Bereich und sind hier nicht einbezogen. Die auf Anlage 04 erwähnten zusätzlichen sicherheitstechnischen Aspekte sind insoweit eher als Merkposten aufzufassen.

5. Literaturverzeichnis

- [1] H. Liemersdorf u. P. Salewski: Bericht GRS-A-768, November 1982
- [2] Bestandsaufnahme brandschutztechnischer Gegebenheiten, Maßnahmen und Bestimmungen in Kernkraftwerken. BMI SR 144, Abschlußbericht der Arbeitsgemeinschaft in Kernkraftwerken (ABK), Sept. 1981.
- [3] Regelung des Brandschutzes in Kernkraftwerken auf der Grundlage bauaufsichtlicher Vorschriften. IfBt Berlin, Abschlußbericht von U. Schneider u. D. Hosser (ABK), März 1984.
- [4] Brandschutz in Kernkraftwerken. VGB Kraftwerkstechnik 66, Heft 7, H. Liemersdorf u. R. Wittmann, Juli 1986.
- [5] Optimierung von Brandschutzmaßnahmen und Qualitätskontrollen in Kernkraftwerken. BMI SR 144/1, Abschlußbericht der GRS und ABK, Sept. 1985.
- [6] Nachweisverfahren für den Brandschutz in Kernkraftwerken. IfBt Berlin, Abschlußbericht von U. Schneider, D. Hosser u. U. Max (ABK), Okt. 1986.
- [7] Richtlinien zum Brandschutz in Anlagen mit radioaktiven Stoffen. Erlaß des Hess. Min. d. Innern - V A 22 - 64 c 22 - 22 - 20 / 81, Aug. 1981.
- [8] Störfall-Leitlinie des BMI vom 18. Oktober 1983.
- [9] RSK-Leitlinien für DWR, Abschnitt 11, 12 und 19, vom 14. Oktober 1981.

1. Allgemeine Pläne

- Allgemeine Anlagenbeschreibung
- Lageplan, Zufahrtsplan 1:1000
- Fluchtwegpläne
- Brandmeldepläne
- Brandschutz- und Einsatzpläne
- Lüftungspläne soweit die Lüftungsanlagen Brandschutzfunktionen haben
- Störfallregeln bei Bränden
- Brandschutzordnung

2. Berichte des Herstellers

- Brandschutzauszug aus dem Sicherheitsbericht
- Brandschutzmemorandum bzw. Brandschutzkonzept
- Brandschutzbeschreibungen im Betriebshandbuch
- Brandschutzlisten, Zusammenstellung der Feuerschutzabschlüsse und Schotts
- Beschreibung der Feuerlöschsysteme und -anlagen
- Angaben über wiederkehrende Prüfungen

3. Gutachten zum Brandschutz

- Beurteilungen des Brandschutzkonzeptes durch den im Genehmigungsverfahren beteiligten Gutachter
- Sondergutachten (soweit vorhanden)
- Gutachten über zwischenzeitliche Nachrüstungen

4. Auflagen der Genehmigungsbehörden

- Brandschutztechnische Auflagen zum Bauantrag bzw. zu den Teilerrichtungsge-
nehmigungen
- Brandschutztechnische Auflagen die im Rahmen der atomrechtlichen Geneh-
migung gemacht wurden
- Brandschutztechnische Auflagen die im Zuge von Umbauten oder Nachrüst-
maßnahmen gemacht wurden

5. Detailpläne der Gebäude

- Benennung sicherheitstechnisch bedeutsamer Gebäude und Raumbereiche
- Grundrisse der einzelnen Geschosse 1:1000 bzw. 1:500
- Raumlisten mit Angaben zum radiaktiven Inventar und brennbaren Stoffen

Gebäude

**Betrachteter Raum
bzw. Brandbereich**

Lage, Kote

Brandschutztechnische Gegebenheiten

Brandlast, Art und Menge

Zündquelle

Baulicher Brandschutz

**Brandschutztrennung
von Redundanzen**

Brandmeldeeinrichtung

**Brandbekämpfung-
einrichtung**

Flucht- und Rettungswege

**Lüftung, Rauch- und
Wärmeabfuhr**

Bemerkungen

Gebäude

**Betrachteter Raum
bzw. Brandbereich**

Lage, Kote

Sicherheitstechnische Gegebenheiten

Radioaktives Inventar

**Gefährdete Systeme
und Anlagenteile**

**Betroffene Nachbarräume
und Redundanzen**

Einwirkungsart

Qualitative Angaben und Bemerkungen

Brandentstehung

Brandmeldung

Brandbekämpfung

Strahlenschutz, Radioaktivität

Gebäude

Betrachteter Raum
bzw. Brandbereich

Lage, Kote

Vorläufige Brandschutzbewertung des untersuchten Raumes bzw. Bereichs

Brandschutz	Beurteilung	Maßnahmenkatalog Pkt.
--------------------	--------------------	------------------------------

**Feuerwiderstand
der Bauteile**

Redundanztrennung

**Flucht- und
Rettungswege**

Brandmeldung

Brandbekämpfung

**Rauch- und
Wärmeabzug**

Übertragbarkeit auf vergleichbare Räume:

Zusätzliche sicherheitstechnische Aspekte:

ABK

Arbeitsgemeinschaft Brandschutz in Kernkraftwerken

Prof. Dr.-Ing. D. Hossler, Techn. Univ. Braunschweig
Prof. Dr.-Ing. habil. U. Schneider, Univ. Gh Kassel

**BRANDSCHUTZ IM BETRIEB BEFINDLICHER
KERNKRAFTWERKE**

ANHANG 2

MASSNAHMENKATALOG

Dietmar Hossler

Dezember 1988

INHALT

	Seite
1. Einleitung	3
2. Art der Maßnahmen	4
2.1 Nachweis ausreichender Brandsicherheit	4
2.2 Bauliche Brandschutzmaßnahmen	5
2.3 Maßnahmen der Branderkennung und -bekämpfung	6
2.4 Administrative Maßnahmen	7
3. Durchführung von Sicherheitsnachweisen	8
3.1 Brandwirkungen	8
3.2 Feuerwiderstandsfähigkeit von Bauteilen	9
3.3 Schutz von anlagentechnischen Brandschutzmaßnahmen	11
3.4 Nachweise zum Personenschutz	12
4. Bautechnische Brandschutzmaßnahmen	13
4.1 Unterteilung der Brandabschnitte	13
4.2 Redundanztrennung	15
4.3 Abschottung von Brandlasten	17
4.4 Schutz von anlagentechnischen Brandschutzmaßnahmen	18
4.5 Schutz von Rettungswegen	19
5. Maßnahmen der Branderkennung und -bekämpfung	21
5.1 Funktionsfähigkeit vorhandener Einrichtungen	21
5.2 Brandmeldeeinrichtungen	23
5.3 Brandbekämpfungseinrichtungen	24
5.4 Maßnahmen gegen Rauchausbreitung	26
6. Administrative Maßnahmen	27
6.1 Reduktion und Kontrolle brennbarer Stoffe	27
6.2 Vorkehrungen für die Brandbekämpfung	28
6.3 Vorkehrungen für den Personenschutz	28
6.4 Prüfungen	29
7. Geeignete Maßnahmenkombinationen	29
8. Literaturverzeichnis	30
Anlage 1 Bemessungshilfen für bauliche Brandschutzmaßnahmen	
Anlage 2 Bemessungshilfen für die thermische Isolierung von Anlagenteilen	

1. EINLEITUNG

Der vorliegende Maßnahmenkatalog soll der Abstimmung von Vorgehensweise und Problemlösungen bei der bauaufsichtlichen Überprüfung und erforderlichenfalls Ertüchtigung des Brandschutzes im Betrieb befindlicher älterer Kernkraftwerke dienen. Er kann dann zur Anwendung kommen, wenn bei der Durchsicht von Anlagenbereichen anhand des parallel erarbeiteten Kriterienkataloges eine Abweichung des in der Anlage realisierten von dem bei neuen Anlagen nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderlichen Schutzzumfang festgestellt wurde.

Hierbei sind grundsätzlich folgende Fälle zu unterscheiden:

- a) Die Anforderungen an den Brandschutz nach dem heutigen Stand der Technik (z. B. /1 - 4/ und /7, 8/) werden nicht voll erfüllt. Aufgrund von Erfahrungen oder bereits durchgeführten Untersuchungen ist jedoch bekannt, daß die tatsächlich realisierten Brandschutzmaßnahmen bei dem vorhandenen Brandrisiko ausreichend sind (beispielsweise in Bereichen mit sehr geringer Brandlast). Hierbei erübrigen sich weitere Nachweise oder Ertüchtigungsmaßnahmen.
- b) Die derzeitigen Anforderungen werden nicht voll erfüllt. Unter Berücksichtigung der tatsächlichen Brandgefährdung und der realisierten Maßnahmen kann jedoch durch Nachweise gezeigt werden, daß ein ausreichender Brandschutz vorhanden ist. Vorschläge zur Durchführung dieser Nachweise werden in Abschnitt 3 dieses Maßnahmenkataloges erläutert.
- c) Die derzeitigen Anforderungen werden nicht erfüllt. Es sind jedoch Ersatzmaßnahmen ergriffen oder sollen im Rahmen einer Nachrüstung ergriffen werden, durch die der Brandschutz auf dem aus heutiger Sicht erforderlichen Niveau sichergestellt wird. Lösungsvorschläge hierfür, deren Tauglichkeit durch praktische Erfahrung bzw. theoretische oder experimentelle Untersuchungen oder Nachweise bereits erwiesen ist, werden in Abschnitt 4 bis 6 dieses Maßnahmenkataloges behandelt.

Ziel der im folgenden beschriebenen Nachweise und Maßnahmen ist es, einen vorgegebenen Schutzzumfang zu gewährleisten. Die Festlegung des erforderlichen Schutzzumfanges selbst ist nicht Gegenstand dieser Ausarbeitung. Der Schutzzumfang kann in Form von "klassischen" Anforderungen, z. B. feuerbeständig "F 90-A" nach DIN 4102 Teil 2, definiert werden. Zum Teil sind jedoch auch andere Kriterien, z. B. Temperatur im redundanten Nachbarbereich kleiner als 70 °C maßgebend, die sowohl schärfer als auch weniger scharf als die klassischen Anforderungen sein können. Die Einhaltung derartiger Kriterien bedarf in der Regel eines detaillierten Nachweises im Einzelfall, z. B. gemäß Abschnitt 3.3.

Als Grundlage für die Anwendung dieses Maßnahmenkataloges sind die brandschutztechnischen Randbedingungen des betreffenden Raumbereiches nach dem Schema in Anlage 2 des Kriterienkataloges zusammenzustellen. Sofern sich genaue Zahlenwerte, z. B. die Menge der brennbaren Stoffe, im Einzelfall nicht angeben lassen, kann auf Richtwerte aus Untersuchungen vergleichbarer Anlagenbereiche zurückgegriffen werden; hierbei reicht ggf. bereits eine relativ grobe Klassifizierung vergleichbarer Raumbereiche, z. B. Kabelkanäle oder Armaturenräume, aus.

2. ART DER MASSNAHMEN

2.1 Nachweis ausreichender Brandsicherheit

Wenn sich bei Anwendung des Kriterienkataloges herausstellt, daß die Brandschutzmaßnahmen nicht dem heutigen Stand der Technik entsprechen und daß sie auch nicht, gemäß Fall a) in Abschnitt 1, offensichtlich bei dem vorhandenen Brandrisiko ausreichen, soll zunächst durch Nachweise geprüft werden, ob die angestrebte Brandsicherheit eventuell doch erreicht wird.

Die entsprechenden Nachweise können folgende Fragestellungen betreffen:

- Größe bestimmter Brandwirkungen, z. B. Brandraumtemperatur,

- ausreichende Feuerwiderstandsfähigkeit von Bauteilen bei den zu erwartenden Brandwirkungen,
- ausreichender Schutz von Anlagenteilen bei den zu erwartenden Brandwirkungen,
- ausreichender Schutz von Personen vor den entstehenden Brandwirkungen, insbesondere den sich ausbreitenden Rauchgasen.

Diese Nachweise werden im einzelnen in Abschnitt 3 dargestellt.

2.2 Bauliche Brandschutzmaßnahmen

Bauliche Brandschutzmaßnahmen eignen sich in besonderem Maße zur Verhinderung einer Brandausbreitung. Ihnen wird daher auch in der KTA-Regel 2101.1 /2/ absoluter Vorrang eingeräumt. Zu den baulichen Brandschutzmaßnahmen zählen:

- die Bildung von Brandabschnitten und deren gegenseitige Trennung zwecks Verringerung des Brandpotentials,
- die Trennung von verschiedenen Redundanzen der sicherheitstechnisch relevanten Anlagen, so daß im Brandfall höchstens eine Redundanz ausfällt und die Anlagensicherheit aufrechterhalten wird,
- die Abschottung (Kapselung) größerer Brandlasten in ausgedehnten Anlagenbereichen, um einen Brand gezielter bekämpfen zu können und die Brandausbreitung auf einen Teilbereich zu begrenzen,
- der spezielle "Objektschutz" an wichtigen Bau- und Anlagenteilen, um deren Funktionsfähigkeit im Brandfall sicherzustellen,
- der Schutz von gesicherten Rettungswegen, um die ungehinderte Flucht und Rettung von Personen aus dem Brandnahbereich zu gewährleisten.

Die betreffenden baulichen Brandschutzmaßnahmen werden in Abschnitt 4 näher erläutert und bewertet.

2.3 Maßnahmen der Branderkennung und -bekämpfung

Durch Maßnahmen zur Branderkennung und Brandbekämpfung soll ein Brand möglichst bereits im Entstehungsstadium gelöscht werden. Auf diese Weise werden alle Brandwirkungen vor dem Erreichen kritischer Werte begrenzt, so daß sich weder Feuer, noch Rauch über größere Anlagenbereiche ausbreiten und Schäden verursachen können. Die Zuverlässigkeit und Wirksamkeit dieser anlagentechnischen und betrieblichen Maßnahmen hängt jedoch zum Teil von Handlungen des Betriebspersonals oder der betrieblichen Feuerwehr ab.

Zur Beurteilung der vorhandenen Maßnahmen bei im Betrieb befindlichen Kernkraftwerken ist es erforderlich, folgende Fragen zu klären:

- Sind Entscheidungen oder Handlungen des Personals erforderlich, um die Maßnahmen in Betrieb zu nehmen und gibt es hierfür klare Anweisungen z. B. im Betriebshandbuch?
- Sind gesicherte Angriffswege für eine manuelle Brandbekämpfung vorhanden?
- Werden die Löschmaßnahmen so rechtzeitig ergriffen, daß sie die Brandausbreitung tatsächlich verhindern können?
- Bleiben die Maßnahmen auch angesichts des real zu erwartenden Brandverlaufes wirksam (z. B. Löschanlagen bei hohen Brandraumtemperaturen)?

Vorhandene Maßnahmen können ertüchtigt oder ggf. zusätzliche Maßnahmen vorgesehen werden, um

- Brandmeldeeinrichtungen angesichts der brandschutztechnischen Randbedingungen zu optimieren (z. B. geeigneteren Meldertyp, zuverlässigere Auswertelogik),

- Brandbekämpfungseinrichtungen rascher, z. B. automatisch oder nach Klärung der Situation mit Fernsehüberwachung von der Warte auszulösen, damit sie nicht infolge der Brandwirkungen ausfallen,
- ggf. zusätzliche Brandbekämpfungseinrichtungen nachrüsten, die in schwer zugänglichen Anlagenbereichen Löschmaßnahmen ermöglichen,
- Angriffswege für die Brandbekämpfung durch Personal und betriebliche Feuerwehr gegen Verqualmung zu schützen, z. B. durch bauliche Abtrennung, separate Belüftung oder Überdruckbelüftung im Kontrollbereich, RWA in sonstigen Anlagenbereichen.

Derartige Maßnahmen werden im einzelnen in Abschnitt 5 beschrieben.

2.4 Administrative Maßnahmen

Die administrativen Maßnahmen dienen im wesentlichen zur Erhöhung der Wirksamkeit der vorgenannten baulichen, anlagentechnischen oder betrieblichen Brandschutzmaßnahmen, indem z. B.

- die Einhaltung von Vorschriften überwacht wird,
- Brandschutzeinrichtungen gewartet und regelmäßig auf Funktionsfähigkeit überprüft werden,
- organisatorische Vorkehrungen für die Aufrechterhaltung der baulichen Brandschutzmaßnahmen (z. B. Schließen von Feuerschutztüren) und die Durchführbarkeit von Brandbekämpfungsmaßnahmen (z. B. Einsatz der betrieblichen und öffentlichen Feuerwehr) sowie für die Flucht und Rettung von Personen im Brandfall getroffen werden.
- die Zuständigkeiten im Brandfall und die erforderlichen Handlungen des Personals klar (im Betriebshandbuch bzw. der Brandschutzordnung) geregelt werden.

Die administrativen Maßnahmen werden in Abschnitt 6 behandelt.

3. DURCHFÜHRUNG VON SICHERHEITSNACHWEISEN *)

3.1 Brandwirkungen

- Temperaturentwicklung im Brandraum,
- Temperaturentwicklung außerhalb des Brandraumes,
- Rauchentwicklung und Rauchausbreitung,
- Druckaufbau im Brandraum.

Bei der Beurteilung der Brandwirkungen sind folgende Randbedingungen zu beachten:

- Brandlasten und Zündquellen,
- Raumgeometrie und Lüftungsverhältnisse,
- Möglichkeiten der Brandmeldung und Brandbekämpfung.

Soweit keine ausreichenden Erfahrungen gemäß Abschnitt 1, Fall a) vorliegen, sind für die Beurteilung der Brandwirkungen Nachweise zu erbringen. Diese Nachweise können durch Versuche oder mit Berechnungsverfahren erbracht werden.

Im Hinblick auf die Auslegung oder Überprüfung der Auslegung von bautechnischen Brandschutzmaßnahmen erscheinen vereinfachte Nachweisverfahren angemessen. Hierbei kann wie folgt verfahren werden:

Bauteile, deren Brandschutzfunktion im wesentlichen von der Standsicherheit oder Temperaturerhöhung im Brandfall abhängt, dürfen anhand einer äquivalenten Normbranddauer $t_{\ddot{a}}$ beurteilt werden. Die äquivalente Normbranddauer ergibt sich aus der vorhandenen Brandlast, den Ventilationsbedingungen im

*) Hierbei handelt es sich um Nachweise nach dem Stand der Wissenschaft, deren Regelfähigkeit im Rahmen von KTA 2101.2 derzeit im Arbeitsgremium diskutiert wird. Bis zur Entscheidung ist die Anwendbarkeit im Einzelfall zu prüfen.

Brandraum und den Wärmeaufnahmeigenschaften der Umfassungsbauteile. Sie kann mit den Bemessungshilfen in Anlage 1 ermittelt werden.

Sofern der zeitliche Ablauf der Temperaturentwicklung von Bedeutung ist (z. B. zur Beurteilung der Funktionsfähigkeit einer stationären Löschanlage zum Zeitpunkt der Auslösung), kann der Temperatur-Zeit-Verlauf in Abhängigkeit von Brandlast und Ventilationsbedingungen ebenfalls den Diagrammen in Anlage 2 entnommen werden.

Der zeitliche Ablauf der Rauchentwicklung im Brandraum kann im Hinblick auf die Beurteilung der Brandbekämpfungsmöglichkeiten und des Personenschutzes mit dem Näherungsverfahren in Abschnitt 3.4 abgeschätzt werden.

3.2 Feuerwiderstandsfähigkeit der Bauteile

Sofern keine Erfahrungswerte gemäß Abschnitt 1, Fall a) vorliegen, ist experimentell oder rechnerisch nachzuweisen, daß die baulichen Brandschutzmaßnahmen den nach Abschnitt 3.1 ermittelten Brandwirkungen ohne Verlust ihrer Brandschutzfunktion (z.B. Standsicherheit, Raumabschluß, thermische Isolierung) standhalten. Bei rechnerischen Nachweisen dürfen vereinfachte Verfahren angewendet werden, wie sie z. B. nachfolgend beschrieben sind.

Der erforderliche Schutzzumfang ist nach folgenden Kriterien zu definieren:

- für die Brandschutzfunktion maßgebendes Prüfkriterium gemäß DIN 4102
- Art der im Raumbereich vorgesehenen Brandbekämpfung.

Als maßgebende Prüfkriterien kommen in Betracht:

- Standsicherheit
- Temperaturbegrenzung auf der brandabgewandten Seite
- Raumabschluß (Flammendurchgang)
- Funktionsfähigkeit (z.B. bei Feuerschutzabschlüssen und -klappen)

Den Prüfkriterien Standsicherheit und Raumabschluß bei Begrenzungen von Brandabschnitten und Brandbekämpfungsabschnitten sowie dem Kriterium Standsicherheit bei wichtigen tragenden Bauteilen wird die Gefährdungsklasse I zugeordnet, da ein Versagen direkt zum Verlust der Brandschutzfunktion führt. Für die übrigen Kriterien gilt die Gefährdungsklasse II, bei der eine Überschreitung weniger gravierende Folgen hat.

Für die Ermittlung der erforderlichen Feuerwiderstandsdauer der Bauteile ist die nach Abschnitt 3.1 ermittelte äquivalente Normbranddauer t_a mit einem Sicherheitsbeiwert γ zu erhöhen. Der Sicherheitsbeiwert γ kann in Abhängigkeit von der Gefährdungsklasse und der Art der Brandbekämpfung aus Tabelle 1 abgelesen werden. Sofern bei der Ermittlung der Brandwirkungen ungünstige Ventilationsverhältnisse unterstellt wurden, die nur mit geringer Wahrscheinlichkeit zu erwarten sind, z. B. das Offenstehen von Feuerschutztüren, darf der Sicherheitsbeiwert in der Gefährdungsklasse I nochmals abgemindert werden.

Tabelle 1 Sicherheitsbeiwerte γ für den Nachweis der Feuerwiderstandsdauer von Bauteilen /5/

Brandbekämpfung	Gefährdungsklasse I		Gefährdungsklasse II
	planmäB. Ventil.	unplanm. Ventil.	
manuell, später als 10'	1,7	1,3	0,5
manuell, innerhalb 10'	1,6	1,2	"
Löschanl., innerhalb 10'	1,5	1,1	"
Löschanl., innerhalb 2'	1,4	0,9	"

Sind zusätzliche Anforderungen an die Bauteile aus sicherheitstechnischen Gründen zu erfüllen, können andere Prüfkriterien hinzukommen, die jedoch nicht Gegenstand dieses Maßnahmenkataloges sind und im Einzelfall beurteilt werden müssen:

- Gasdichtigkeit
- Abschirmfunktion
- Erdbebensicherheit.

Anstelle eines experimentellen oder rechnerischen Nachweises darf die ausreichende Sicherheit einer baulichen Brandschutzmaßnahme auch durch Analogiebetrachtung oder Plausibilitätsbetrachtung nachgewiesen werden. Hierbei kann von Referenzergebnissen experimenteller oder rechnerischer Nachweise für vergleichbare Brandschutzmaßnahmen unter vergleichbarer Beanspruchung oder von Nachweisen der Brandschutzmaßnahmen für andere Lastfälle mit ähnlichen oder größeren Beanspruchungen als im Brandfall ausgegangen werden.

3.3 Schutz von anlagentechnischen Brandschutzmaßnahmen

Sofern keine Erfahrungswerte gemäß Abschnitt 1, Fall a) vorliegen, z.B. aus Qualifikationstests, ist experimentell oder rechnerisch nachzuweisen, daß die im Brandfall notwendigen anlagentechnischen Brandschutzmaßnahmen (und ggf. auch andere Anlagenteile) den nach Abschnitt 3.1 ermittelten Brandwirkungen standhalten.

Hierbei sind hauptsächlich die Kriterien Standsicherheit und thermische Isolierung von Bedeutung.

Generell gilt, sofern es sich um anlagentechnische Komponenten aus Stahl handelt, daß die Temperaturbeaufschlagung im Brandfall einen Wert von ca. 500 ° nicht wesentlich überschreiten darf, wenn daneben noch Beanspruchungen aus Gebrauchsbelastung (z.B. äußere Lasten oder Innendruck) aufnehmenbar sein müssen; die planmäßige Sicherheit im Gebrauchszustand ist dann durch den temperaturbedingten Festigkeitsverlust des Stahles gerade aufgezehrt. Dies trifft sowohl auf ungeschützte, tragende Stahlbauteile (z.B. von Unterstützungsstrukturen), als auch auf maschinentechnische Komponenten zu. Bei diesen Anlagenteilen ist durch geeignete Dämmung sicherzustellen, daß die kritische Stahltemperatur bei den ermittelten Brandwirkungen eingehalten wird.

Insbesondere bei elektrotechnischen Komponenten führen bereits geringere Temperaturen zum Versagen, z.B. zum Isolationsverlust bei Kabeln oder zur

Fehlfunktion von Schaltanlagen und elektronischen Bauteilen (z. B. ab 70 °C).

Die erforderliche Stärke einer Dämmung (Bekleidung) ergibt sich aus den auftretenden Brandraumtemperaturen (vgl. Anlage 2), der Massigkeit des Anlagenteiles oder Bauteiles (U/A gemäß DIN 4102) und der Wärmeleitfähigkeit λ des Dämmstoffes. Sie kann bei vorgegebener kritischer Temperatur mit den Bemessungshilfen in Anlage 2 bestimmt werden.

3.4 Nachweise zum Personenschutz

Die durch einen Brand entstehende Rauchgase breiten sich in dem betroffenen Raumbereich und - bei fehlender rauchdichter Abtrennung - auch darüber hinaus aus.

Der Brandrauch stellt die größte Gefahr für Personen dar, weil er in doppelter Weise auf sie einwirkt: einmal durch seine toxischen Bestandteile, z.B. CO bzw. die Atemwege reizende Säureanteile, zum anderen über die Sichtbehinderung durch Aerosole. Gegen die toxische Wirkung kann man sich ggf. durch Atemschutzgeräte schützen; gegen die Sichtbehinderung gibt es keinen direkten Schutz. Bei der Beurteilung der Gefährdung spielt die Zeit eine große Rolle, die für die Meldung, Alarmierung und Rettung, bzw. für einen Löschangriff benötigt wird. Lange Rettungswege und behinderte Zugänglichkeit vergrößern das Personenrisiko.

Im folgenden wird ein einfaches Näherungsverfahren nach /5/ vorgeschlagen, mit dem die Brandrauchbildung und der Zeitraum bis zum Erreichen einer zulässigen optischen Rauchdichte auf der Grundlage der Rauchentwicklungstheorie abgeschätzt werden können. Die zulässige optische Rauchdichte in Rettungswegen wird dabei so gewählt, daß selbstleuchtende Hinweisschilder in einer bestimmten Entfernung bei normaler Beleuchtung noch gelesen werden können.

In einem Raum mit Volumen V ohne Rauchabzug (geschlossenes System) und bei einer Flammenfront der Breite B , die sich mit konstanter Geschwindigkeit v_g

ausbreitet, erhält man als Verqualmungszeit t_Q bis zum Erreichen einer spezifischen optischen Rauchdichte D_S

$$t_Q = \frac{V \cdot \sigma}{D_S \cdot B \cdot v_g} \quad (\text{min})$$

Der Extinktionskoeffizient σ , der umgekehrt proportional zur erforderlichen Sichtweite S ist, kann bei ortskundigem Personal etwa mit $0,3 \text{ m}^{-1}$, sonst mit $0,15 \text{ m}^{-1}$ angenommen werden. Zahlenwerte für die spezifische optische Rauchdichte D_S sind für einige Brandlasten in Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2: Verdampfungswärme H_V , spezifische optische Rauchdichte D_S und Massenrauchdichte D_m ausgewählter Stoffe

Material	H_V (J/kg)	D_S (1)	D_m (m^2/kg)
Holz	6000	108 - 287	220 - 280
Polyurethan	1520	-	200 - 500
PVC	-	220 - 320	-
Polypropylen	2030	100 - 200	400
Polystyrol	1760	230 - 660	800
ABS	-	390 - 660	520
Neoprene	-	-	340 - 550
Gipsplatten	-	23 - 37	-

4. BAUTECHNISCHE BRANDSCHUTZMASSNAHMEN

4.1 Unterteilung der Brandabschnitte

Um der Ausbreitung von Feuer und Rauch entgegenzuwirken, wird nach den Landesbauordnungen eine Trennung von Gebäuden durch Brandwände oder ausreichenden Abstand sowie eine weitere Unterteilung ausgedehnter Gebäude in Brandabschnitte gefordert. In der Regel sind alle 40 m Brandwände zu errichten. Sofern dies nicht erfüllt werden kann, ist nachzuweisen, "daß wegen des Brandschutzes keine Bedenken bestehen".

Bei einer im Betrieb befindlichen Anlage ist daher zunächst zu prüfen, ob die nach LBO erforderliche Unterteilung in Brandabschnitte realisiert wurde. Werden die Brandwandabstände von 40 m überschritten, ist

- nachzuweisen, daß das Brandrisiko hinreichend gering ist, z.B. bei geringer Brandlast oder bei besonderen anlagentechnischen Maßnahmen wie Sprinkleranlagen oder
- eine weitere Unterteilung durch bauliche Brandschutzmaßnahmen vorzusehen, z.B. durch Bildung von ausreichend feuerwiderstandsfähig abgetrennten Teilbereichen (Brandbekämpfungsabschnitten nach DIN V 18230)
- das Brandrisiko durch Ersatzmaßnahmen zu reduzieren, z.B. durch Kapselung von Brandlasten oder Nachrüstung von Löschanlagen.

Die Überprüfung kann schematisch gemäß Tabelle 3 erfolgen.

Im zweiten Schritt sind die ausgeführten oder zusätzlich vorgesehenen baulichen Maßnahmen zur Trennung von Brandabschnitten und ggf. Brandbekämpfungsabschnitten daraufhin zu untersuchen, ob sie vollständig und ausreichend feuerwiderstandsfähig sind. Hierbei sind insbesondere alle Öffnungen oder Durchdringungen zu überprüfen, die grundsätzlich die gleiche Qualität wie die Wände und Decken aufweisen müssen, z.B.

- Feuerschutztüren,
- Brandschutzklappen,
- Kabelabschottungen,
- Rohrdurchführungen (nichtbrennbare oder brennbare Rohre)
- Durchführungen von Lüftungs- oder sonstigen Versorgungsleitungen.

Sofern als Ersatzmaßnahmen leichte Trennwände, Kabelkanäle oder Kabelschächte vorhanden oder nachzurüsten sind, gelten die Ausführungen in Abschnitt 4.2 und 4.3.

Diese Einzeluntersuchung wird zweckmäßig mit Hilfe der Tabelle 4 durchgeführt.

Tabelle 3 Schema zur Überprüfung der Unterteilung in Brandabschnitte - Beispiele

Gebäude Nr.	Brandabschn. Nr.	Raum Nr.	Brandabschnitt Größe m x m	Lage	Anforderung nach LBO	KTA	Beurteilung nach LBO	KTA	Besonderheiten	Schlußfolgerung
X	1	3	20 x 40	EG	max 40 m	-	erfüllt	-	keine	in Ordnung
		5								
	2	10	40 x 80	2. OG	max 40 m	-	nicht erf.	-	sehr hohe Zusatzmaß-	Brandlast maßnahme
		14								

Tabelle 4 Einzelüberprüfung der Begrenzungen von Brandabschnitten und Brandbekämpfungsabschnitten - Beispiele

Gebäude Nr.	Abschn. Nr.	Bauteil	Art	Dicke cm	Anforderung	Beurteilung nach	Ergebnis	Besonderheiten	Schlußfolgerung
X	1	Wand	MW	24	F 90	DIN 4102	erfüllt	keine	in Ordnung
		Decke	Stahl-beton	20	F 90	DIN 4102	erfüllt	keine	in Ordnung
		Lüftungsl.	Blech	-	L 90	DIN 4102	nicht erf.		Zusatzmaßnahmen erforderlich
		Rohrabsch.	nicht-brennbar	24	R 90	DIN 4102	nicht erf.	φ < 100	akzeptabel, wenn Umantelung
		Tür	Stahl	-	T 90	DIN 4102	nicht erf.	alte Bauart	Zusatzmaßnahmen erforderlich
		Kabelabsch.	Baukastensystem	20	S 90	DIN 4102	nicht erf.	keine Zulassung	akzeptabel, wenn Aufbesserung
		Kabelkanal	Blech	-	I 90	DIN 4102	nicht erf.	keine	Zusatzmaßnahme erforderlich
Kabelschacht	Stahl-beton	20	I 90	DIN 4102	erfüllt	keine	in Ordnung, wenn Kabelausgänge abgeschottet		

4.2 Redundanztrennung

Um Kernkraftwerke auch im Brandfall funktionsfähig zu erhalten bzw. um das Risiko zu minimieren, ist eine zuverlässige Redundanztrennung erforderlich.

In diesem Zusammenhang ist zunächst zu überprüfen, ob bauliche Redundanztrennungen vorliegen und welcher Art sie sind. Liegt z. B. jede Redundanz in einem abgeschlossen massiven Kanal bzw. Schacht oder befinden sich mehrere Redundanzen im gleichen Raum(bereich)?

Wenn jede Redundanz in einem eigenen, baulich abgetrennten Raum (oder Kanal oder Schacht) liegt, ist zu überprüfen, ob die Abschottungen von Kabel- bzw. Rohrdurchführungen, die Abschlüsse von Öffnungen und die Absperrvorrichtungen in den durch die Abtrennung gehenden Lüftungsleitungen den Brandschutzanforderungen an die Redundanztrennung entsprechen. Die brandschutztechnischen Mindestanforderungen ergeben sich im Einzelfall aus einem Nachweis gemäß Abschnitt 3.1 und 3.2. Auf einen Nachweis gemäß Abschnitt 3 kann in der Regel verzichtet werden, wenn alle Bauteile der Abtrennung mindestens der Feuerwiderstandsklasse F 90 nach DIN 4102 Teil 2 entsprechen. Vor Ort ist die Ausführung der vorgenannten Brandschutzmaßnahmen zu kontrollieren.

Eine weiterer wichtiger Gesichtspunkt ist, ob die Redundanzen konsequent an jeder Stelle getrennt sind. Die Trennung ist in Frage gestellt, wenn z. B. in einem noch so kleinen Teilbereich mehrere Redundanzen zusammengeführt werden oder sich kurzzeitig kreuzen; sie wird auch dann wirkungslos, wenn beispielsweise die Temperaturerhöhung in einer baulich abgetrennten Nachbarredundanz einen Wert überschreitet, bei dem es in elektrischen oder elektronischen Einrichtungen zu Fehlfunktionen kommt.

Sind bauliche Redundanztrennungen nicht vorhanden, so sind für den Brandschutz Zusatzmaßnahmen erforderlich. Die Art der Zusatzmaßnahmen hängt von den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten ab. Hierbei ist zu unterscheiden zwischen zusätzlichen passiven (baulichen) Brandschutzmaßnahmen und aktiven Maßnahmen.

Bei den passiven Maßnahmen handelt es sich z. B. um die Anordnung von

- Kabelkanälen und -schächten der Feuerwiderstandsklasse \geq I 90 bzw. E 90 (ggf. sogar für einzelne Kabeltrüben),
- Rohrabschottungen der Feuerwiderstandsklasse \geq R 90,
- feuerbeständige Türen, Klappen etc. (T 90),
- Lüftungsleitungen der Feuerwiderstandsklasse \geq L 90,
- zusätzliche Trennwände der Feuerwiderstandsklasse \geq F 90,
- Fugenausbildungen der Feuerwiderstandsklasse \geq F 90 usw.

Geeignete Ausführungen dieser passiven Maßnahmen sind beispielhaft in Anlage 3 zusammengestellt.

Als zusätzliche aktive Maßnahmen sind ortsfeste Löschanlagen zu nennen, mit

- vorzugsweise automatischer und alternativ manueller Auslösung,
- kurzer Ansprechzeit,
- niedriger Öffnungstemperatur,
- Ansprechen bei Schwelbrand etc..

Die Löschanlagen sind so auszulegen, daß sie der Entstehung eines gefährlichen Brandes entgegenwirken und ein Übergreifen des Feuers auf andere Brandlasten (z. B. Kabelpritschen im Brandraum) und auf Nachbarredundanzen wirksam verhindern. Näheres hierzu wird in Abschnitt 5 erläutert.

4.3 Abschottung von Brandlasten

Zur Beurteilung eines Brandrisikos ist es wichtig, vorhandene Brandlasten festzustellen, da diese grundsätzlich Ausgangspunkt einer Brandentstehung und -ausbreitung sein können. Brandlasten sollen möglichst gering gehalten werden; wo dieses jedoch aus betrieblichen Gründen nicht möglich ist, sollten größere Brandlastanhäufungen so abgetrennt werden, daß bei einem Brand die Ausbreitung von Feuer und Rauch auf einen kleinen Teilbereich begrenzt wird und insbesondere sicherheitstechnisch relevante Raumbereiche und solche Bereiche in denen sich Personen aufhalten, vor unzulässigen Brandwirkungen geschützt sind. Die Bauteile der Abtrennung sind nach Abschnitt 3.1 und 3.2 daraufhin zu überprüfen, ob sie dem zu erwartenden Brand im gekapselten Teilbereich standhalten.

Zur Abtrennung (Kapselung) von Brandlasten eignen sich z. B. bei Kabeln:

- Kabelkanäle und -schächte,
- Beschichtungen,
- Kabelabschottungen.

Günstig wirken sich die Begrenzung der Sauerstoffzufuhr zu einem Brand im abgetrennten Bereich (z. B. durch rasches Schließen von Türen und Brandschutzklappen) sowie ein automatisches Löschen des Brandes mittels Sprinkleranlagen o. ä. aus.

Bei Öllagern sind sehr heftige Brandentwicklungen möglich. Dem ist entgegenzuwirken durch

- Brandbekämpfungsabschnitte mit hohem Feuerwiderstand (> F 90),
- Vorkehrungen gegen die Bildung größerer Öllachen,
- selbstschließende Türen (ggf. mit automatisch auslösender Festhaltevorrichtung),
- zuverlässig (z. B. über Melder) und alternativ manuell auslösende Brandschutzklappen,
- ortsfeste Löschanlagen (z. B. Sprinkleranlagen oder rasch auszulösende Sprühwasser- oder Schaumlöschanlagen).

Geprüfte Ausführungen derartiger Maßnahmen können beispielhaft der Anlage 3 entnommen werden.

4.4 Schutz von anlagentechnischen Brandschutzmaßnahmen

Im Brandfall ist ein hinreichender Schutz brandschutztechnisch wichtiger Anlagen zu gewährleisten. Die Raumbereiche mit Anlagen sind daher bezüglich der brandschutztechnischen Gegebenheiten zu überprüfen. Grundsätzlich sind die Brandlasten im Nahbereich der betreffenden Anlagenteile auf das unbedingt erforderliche Minimum zu reduzieren. Hier sind ggf. die unter Abschnitt 4.4 aufgeführten Maßnahmen zu ergreifen.

Für den Fall, daß es nicht durch eine rasche Brandbekämpfung gelingt, eine Brandausbreitung zu verhindern, müssen auch die dann benötigten anlagentechnischen Brandschutzmaßnahmen selbst gegen die zu erwartenden Brandwirkungen (Feuer und Rauch) geschützt werden. In der Regel ist die Temperaturerhöhung die kritische Brandwirkung. Sie führt zu einem Abbau von Festigkeiten und Steifigkeiten und beeinflusst damit das Trag- und Verformungsver-

halten von tragenden Bauteilen, einschließlich der Auflagerkonstruktionen von Brandschutzeinrichtungen. Bei maschinentechnischen und elektrotechnischen Komponenten kann die Funktionsfähigkeit verlorengehen, z. B. durch thermische Dehnungen oder durch Isolationsverlust bei Kabeln.

Eine geeignete Maßnahme gegen Temperaturerhöhungen in Bau- und Anlagenteilen ist deren thermische Isolierung. Sie kann mit Hilfe von Abschnitt 3.3 und den Tafeln in Anlage 1 bei Stahlbauteilen und -komponenten in einfacher Weise dimensioniert werden. Wesentlich ist, daß die Dämmung selbst nichtbrennbar ist oder zumindest schwerentflammbar und zum Schutz gegen Entzündung ummantelt. Eine ausreichende Dämmung läßt sich in der Regel durch Kapselung mittels Brandschutzplatten, Bekleidung mit Mineralwolleplatten, Putzbeschichtungen oder Anstriche erreichen. Erprobte Ausführungen sind beispielhaft in Anlage 3 aufgelistet.

4.5 Schutz von Rettungswegen

Bei Rettungswegen ist zu unterscheiden zwischen ungesicherten Rettungswegen (Fluchtwegen) ohne besondere bauliche Abteilung innerhalb eines Raumbereiches und gesicherten Rettungswegen wie baulich abgetrennte Flure, Treppenträume oder Ausgänge ins Freie.

Um die Dauer des Fluchtvorganges von Personen aus einem vom Brand betroffenen Raumbereich zu begrenzen, darf die Länge eines ungesicherten Rettungsweges bestimmte Maximalwerte nicht überschreiten.

Nach Baurecht muß von jeder Stelle jedes Aufenthaltsraumes in demselben Geschosß mindestens ein Treppenraum einer notwendigen Treppe oder ein Ausgang ins Freie in einer Entfernung von höchstens 35 m erreichbar sein.

In Anlehnung an KTA 2102 /8/ dürfen im Einzelfall folgende Rettungsweglängen (Laufweglängen) zugelassen werden:

35 m von jeder Stelle eines Aufenthaltsraumes und

50 m von jeder Stelle eines anderen begehbaren Raumes und vom Ausstieg eines Rohr oder Kabelkanals.

Gesicherte Rettungswege müssen sowohl gegen Feuer, als auch gegen Rauch geschützt werden. Hierzu dienen in erster Linie bauliche Maßnahmen. Deren Wirksamkeit ist bei im Betrieb befindlichen Kernkraftwerken zu überprüfen.

Bauliche Maßnahmen gegen die Einwirkung von Feuer auf Rettungswege sind z. B.

- Feuerschutztüren der Feuerwiderstandsklasse $\geq T 30$,
- Wände und Decken der Feuerwiderstandsklasse $\geq F 90$,
- nichtbrennbare Materialien im Bereich der Rettungswege, d. h. Baustoffe der Baustoffklasse A nach DIN 4102 Teil 1,
- Abschottungen von Kabel- und Rohrdurchführungen in der Feuerwiderstandsklasse der Wand oder Decke,
- keine Elektroinstallationen im Bereich der Rettungswege, bzw. nur in separaten Kanälen mindestens aus nichtbrennbaren Baustoffen.

Rettungswege können durch folgende Maßnahmen gegen die Einwirkung von Rauch geschützt werden:

- rauchdichte Türen, nach DIN 18 095,
- separate Be- und Entlüftung
(keine Verbindung mit Bereichen hoher Brandlast, Funktionsfähigkeit im Brandfall sichergestellt durch Notstromversorgung),
- rauchdichte Abschottungen
(Abschottungen sind im Normalfall nicht absolut rauchdicht, sie gasen sogar selbst aus und führen zu einer Verqualmung. Entweder sind keine Abschottungen im Bereich von Rettungswegen anzuordnen oder es sind Zusatzmaßnahmen erforderlich).

Längere Rettungswege, wie sie in älteren Kernkraftwerken insbesondere im Reaktorgebäude vorgefunden werden, sind nur dann akzeptabel, wenn

- durch einen Nachweis nach Abschnitt 3.4 (oder ähnliche Verfahren) gezeigt werden kann, daß aufgrund der vorhandenen Brandbelastung, Geometrie und Ventilation über die Dauer des Fluchtvorganges im Bereich des Rettungsweges die Sichtbehinderung zulässige Grenzen (z.B. ein Extinktionskoeffizient $\geq 0,3 \text{ m}^{-1}$) nicht überschreitet, oder
- durch zusätzliche Maßnahmen, z. B. Atemschutzgeräte, die zulässige Verweildauer in der mit Rauchgasen vermischten Luft deutlich verlängert wird; schnell erreichbare Fluchthauben mit Gebrauchsdauer bis 15 min eignen sich z.B. zur Selbstrettung. Für die Personenrettung oder Brandbekämpfung sind umluftunabhängige O_2 -Atemschutzgeräte vorzuhalten, z. B. bei der Betriebsfeuerwehr und an gekennzeichneten Stellen in den Rettungswegen) oder
- durch Verwendung von nur solchen brennbaren Materialien, bei denen aufgrund geringer Qualmentwicklung die Sichtbehinderung deutlich langsamer zunimmt (z. B. FRNC-Kabel).

5. MASSNAHMEN DER BRANDERKENNUNG UND -BEKÄMPFUNG

5.1 Funktionsfähigkeit vorhandener Einrichtungen

Gerade bei den Maßnahmen des aktiven Brandschutzes hat sich der Stand der Technik seit dem Zeitpunkt der Errichtung älterer Kernkraftwerke fortentwickelt. Heute stehen Maßnahmen für eine schnell und zuverlässig wirkende Branderkennung und -bekämpfung zur Verfügung. Sie dienen sowohl dem in der Bauordnung primär geforderten Personenschutz, als auch dem im Sinne des Betreibers und der Öffentlichkeit liegenden Sachschutz.

Vorhandene ältere Einrichtungen zur Branderkennung und -bekämpfung sind vor allem unter dem Gesichtspunkt der schnellen Wirksamkeit zu überprüfen. Bei nur manueller Auslösung vor Ort sind - abgesehen von den Fällen, in denen der Brandverursacher unmittelbar den Entstehungsbrand erkennt und bekämpft - von der Brandentstehung bis zur Brandbekämpfung eine Reihe von menschlichen Handlungen und Entscheidungen erforderlich, die stets mit nennens-

werten Verzögerungen verbunden sind. Eine wesentliche Voraussetzung für schnelles Handeln ist die Eindeutigkeit einer eingehenden Brandmeldung, die bei älteren Brandmeldeanlagen vielfach nicht gewährleistet ist. Da in der Vergangenheit häufig Fehlmeldungen aufgetreten sind, bestehen oft Bedenken gegen die Einleitung von Bekämpfungsmaßnahmen ohne vorherige Überprüfung vor Ort (Brandläufer); dies gilt insbesondere dann, wenn Folgeschäden an wichtigen Einrichtungen durch die Brandbekämpfung zu befürchten sind (z.B. Kälteschock durch Löschwasser bei heißen Anlagenteilen).

Die Überprüfung der Funktionfähigkeit muß daher folgende Kriterien umfassen:

- Sind selbsttätig wirkende Einrichtungen vorhanden, die geeignet sind, einen Brand bereits im Entstehungsstadium erfolgreich zu bekämpfen?
- Hält sich (beim Fehlen selbsttätiger Einrichtungen) im Raumbereich Personal auf, das ggf. einen Entstehungsbrand mit großer Wahrscheinlichkeit entdecken und bekämpfen wird?
- Sind die für eine manuelle Brandmeldung und -bekämpfung erforderlichen Einrichtungen in dem betroffenen Raumbereich vorhanden?
- Wie lange dauert es, bis ein Entstehungsbrand in einem Raum unter günstigsten und ungünstigsten Bedingungen erkannt und gelöscht werden kann?
- Wie weit hat sich der Brand in dieser Zeit ausgebreitet?
- Sind bei den dann zu erwartenden Brandwirkungen überhaupt noch erfolgreiche Brandbekämpfungsmaßnahmen möglich?

Bei derartigen Überlegungen müssen alle denkbaren Brandszenarien konsequent verfolgt werden. Hinsichtlich der Wirksamkeit von Brandmelde- und Brandbekämpfungseinrichtungen bei unterschiedlichen Brandlasten und Räumen kann auf Erfahrungen der Feuerwehr zurückgegriffen werden. Problematischer erscheint die Abschätzung von Verzögerungszeiten für die Branderkennung, den Löschangriff und die Brandbekämpfung. Hier gehen auch die Angaben des Betriebspersonals verschiedener Kernkraftwerke auseinander. In Zweifelsfällen muß der Zeitverzug im Rahmen eines simulierten Einsatzes in der Anlage ermittelt werden.

5.2 Brandmeldeeinrichtungen

Nach dem Stand der Technik sind die Gebäude von Kernkraftwerken flächen-deckend mit automatischen Brandmeldern ausgerüstet. Zusätzlich befinden sich im Verlauf der Rettungswege und an besonders gefährdeten Stellen der Gebäude nichtautomatische Brandmelder (Druckknopfmelder). Die Brandmelder werden Meldergruppen (Meldelinien) zugeordnet, die gebäudeabschnittsweise zu Primärleitungen zusammengefaßt werden. Die Primärleitungen sind an eine zentrale Brandmeldeanlage angeschlossen.

Bei älteren Kernkraftwerken waren Brandmelder mit Einzelkennung noch nicht Stand der Technik. Es hängt daher sehr stark von der Anordnung der Melder in Meldergruppen bzw. Primärleitungen ab, ob im Brandfall der betroffene Raumbereich schnell identifiziert werden kann. Grundsätzlich sollte sich die Anordnung der Melder einer Gruppe an der brandschutztechnischen Unterteilung oder an der Anordnung der redundanten Systeme orientieren. Redundanzübergreifende Meldergruppen in ausgedehnten Gebäuden, z. B. im Reaktorgebäude, sind für die Identifizierung eines Brandherdes nachteilig.

Die Auswahl und Anordnung der Brandmelder selbst muß sich an den vorhandenen Brandlasten und räumlichen Gegebenheiten orientieren. Grundsätzlich können Rauchmelder eingesetzt werden. In Bereichen, in denen durch den Einsatz von optischen Rauchmeldern eine schnellere Meldung erwartet werden kann, sollen sowohl Ionisations-Rauchmelder als auch optische Rauchmelder eingebaut werden. Wo betriebsmäßige Umgebungsbedingungen zu Fehlmeldungen von Rauchmeldern führen können, dürfen statt dessen Wärmedifferentialmelder kombiniert mit Maximalmeldern eingebaut werden. Flammenmelder sind nur zusammen mit anderen Meldertypen anzuwenden. Alle verwendeten Melder müssen typgeprüft sein und für die Einsatzbedingungen des bestimmungsgemäßen Betriebes zugelassen sein.

Wenn eine vorhandene Brandmeldeanlage bezüglich der Ausstattung mit automatischen Brandmeldern den vorstehenden Anforderungen nicht genügt, muß sie entsprechend umgerüstet oder ggf. ganz ersetzt werden. Dabei sind die Vorschriften in KTA 2101.3 (derzeit Regelentwurfsvorlage) /7/ zu beachten.

5.3 Brandbekämpfungseinrichtungen

Bei älteren Kernkraftwerken wurden ortsfeste, selbsttätige Löschanlagen nur in Ausnahmefällen angewendet. Mit fortschreitender Weiterentwicklung des Regelwerkes wurde teilweise die Nachrüstung ortsfester Löschanlagen von den Genehmigungsbehörden gefordert. Eine selbsttätige Auslösung von Wasserlöschanlagen wurde jedoch bis vor kurzem durchweg abgelehnt. In vielen Anlagenbereichen älterer Kernkraftwerke sind derzeit noch ausschließlich manuellen Brandbekämpfungsmaßnahmen vorgesehen; die Bereiche sind dazu mit entsprechenden Löscheinrichtungen ausgestattet. Die schnelle und zuverlässige Wirkung der manuellen Brandbekämpfung ist aber wegen der eingeschränkten Zugänglichkeit der Anlagenbereiche, den langen Angriffswegen und dem damit verbundenen Zeitverzug in Frage gestellt.

In solchen Fällen ist nach den Kriterien gemäß Abschnitt 5.1 zu überprüfen, ob sich bei realistischen Annahmen bezüglich des Zeitverzuges die manuelle Brandbekämpfung überhaupt noch durchführen läßt und ob die verwendeten Löschmittel geeignet sind, den sich ausbreitenden Brand unter Kontrolle zu bekommen. Ein Löschangriff innerhalb eines vom Brand unmittelbar betroffenen Raumbereiches scheidet bereits bei relativ niedrigen mittleren Raumtemperaturen aus, die bei den üblicherweise vorhandenen Brandlasten und Ventilationsbedingungen bereits nach wenigen Minuten (< 5 min) erreicht sind. Somit ist eine Brandbekämpfung mit Handfeuerlöschern oder fahrbaren Feuerlöschern keine geeignete Maßnahme.

Auch ortsfeste Löschanlagen, die vor Ort von Hand ausgelöst werden, sind nur unter zweierlei Voraussetzungen geeignet:

- Sie müssen zum Zeitpunkt der Auslösung noch voll funktionsfähig sein und dürfen nicht bereits infolge der Brandwirkungen (Temperaturen) ausgefallen sein. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Löschanlagen mit ihren Stahlrohren und -verankerungen bei Temperaturen im Heißgasbereich über 500 °C größere Verformungen erleiden, die die Funktionsfähigkeit in Frage stellen. Oberhalb eines Temperaturniveaus von ca. 800 °C ist eine ordnungsgemäße Funktion nahezu auszuschließen.

- Die Auslösung der Löschanlage muß in einem gesicherten Bereich erfolgen, der weder durch Flammenwirkung, noch durch Verrauchung unpassierbar gemacht werden kann. Insbesondere in Fällen, bei denen die Trennung zwischen dem Brandraum und dem Auslösebereich nur in einer älteren Feuer-schutztür, Kabelabschottung o.ä. besteht, ist diese Voraussetzung in der Regel nicht gegeben.

Vergleichsweise einfach erscheint die Ertüchtigung vorhandener ortsfester Wasser- oder Gaslöschanlagen, indem für eine automatische Auslösung mittels Brandmelder gesorgt wird. Zur Vermeidung von Fehlauflösungen können z. B. jedem Löschbereich zwei Meldergruppen zugeordnet werden, von denen eine allein eine ausreichende Überwachung sicherstellt.

Für neue Installationen ortsfester Löschanlagen im Bereich von Kabelverteilungen kommen z. B. Sprinkleranlagen in Frage. Sie sind nach neueren Versuchserfahrungen in der Lage, mit geringem Löschwasserverbrauch Entstehungsbrände zuverlässig zu löschen. Sofern durch die Beaufschlagung mit kaltem Löschwasser sicherheitstechnisch wichtige Anlagen gefährdet werden können, sind Gaslöschanlagen auszuwählen. Diese eignen sich auch zum Zwecke des gezielten Schutzes von Anlagen in abgegrenzten Räumen, die nur selten von Personen begangen werden. Bei Lagerung größerer Mengen von Öl sind nur Sprühwasser- oder Schaumlöschanlagen wirksam. Diese sind vorzugsweise automatisch über Brandmelder auszulösen.

Bei der Bewertung vorhandener Brandbekämpfungseinrichtungen ist auch die Löschwasserversorgung zu berücksichtigen, die in älteren Anlagen ggf. unzureichend ist. Das Löschwasser muß im Brandfall innerhalb eines Gebäudes zuverlässig zur Verfügung stehen. Eine vorhandene Absperrarmatur muß von der Warte aus geöffnet werden können und nicht erst vor Ort durch die Feuerwehr. Im Falle einer Nachrüstung von stationären Löschanlagen ist zu prüfen, ob die Löschwasserversorgung dann noch ausreichend ist. Bei der Ermittlung des Löschwasserbedarfes sind die Vorgaben in KTA 2101.3 /7/ zu beachten.

In Anlagenbereichen, in denen sich Personen ständig aufhalten, kann auch eine ausschließlich manuelle Brandbekämpfung akzeptiert werden, sofern die

Zugänglichkeit zu allen potentiellen Brandherden gewährleistet ist. Einschränkungen in der Zugänglichkeit, die zu größeren Zeitverzögerungen bei einem Löschangriff führen, sind ein Hinweis darauf, daß die manuelle Brandbekämpfungsmaßnahmen in aller Regel wenig aussichtsreich ist. Eine Beschränkung der Zugänglichkeit ist auch dann gegeben, wenn aufgrund der Brandlast und Raumgeometrie im Brandfall mit einer raschen Rauchausbreitung und damit Sichtbehinderung und Gesundheitsgefährdung der Löschmannschaft zu rechnen ist.

5.4 Maßnahmen gegen Rauchausbreitung

Die Brandbekämpfung kann erheblich erleichtert werden, wenn die Rauchausbreitung im Brandraum und darüber hinaus verhindert bzw. minimiert wird. Wenn die heißen Brandgase aus dem Brandraum abgeführt werden können, werden damit auch die Brandwirkungen im Brandraum reduziert. Die Forderung nach ausreichendem Rauch- und Wärmeabzug aus Brandräumen ist daher eine Grundregel des konventionellen Brandschutzes. Sie läßt sich aber aus Gründen des Strahlenschutzes im Kontrollbereich von Kernkraftwerken nicht oder nur bedingt realisieren; bei älteren Kernkraftwerken war sie nicht erlaubt.

Maßnahmen zur Begrenzung der Rauchausbreitung und zur Rauchfreihaltung von Rettungswegen sind dagegen auch bei älteren Anlagen wünschenswert und machbar. Sie müssen sicherstellen, daß ausreichende Atemluft und Sicht zur Orientierung vorhanden sind. Dies kann auch nachträglich, z. B. durch maschinelle Anlagen, erreicht werden. Die außerhalb der gesicherten Rettungswege verlaufenden Zuluftleitungen müssen ausreichend feuerwiderstandsfähig (d.h. in der Regel feuerbeständig) ausgeführt werden.

Die Rauchverschleppung in ausgedehnten Gebäudebereichen gefährdet nicht nur Personen, sondern führt auch zu Folgeschäden an Einrichtungen. Sie erfolgt vorzugsweise über vorhandene Öffnungen in bestehenden Abtrennungen, die nicht brandschutztechnisch wirksam verschlossen sind. Türen, die oft aus betrieblichen Gründen längere Zeit geöffnet gehalten werden (z. B. mittels Holzkeil), lassen den Brandrauch ungehindert in Nachbarräume eindringen. Abhilfe kann geschaffen werden, wenn derartige Türen mit zugelassenen

Feststellanlagen versehen werden, die im Brandfall automatisch durch Brandmelder ausgelöst werden; alternativ sind

Durchführungen von Lüftungsleitungen durch Wände oder Öffnungen in brandschutztechnisch wirksamen Abtrennungen zum Zwecke des Druckausgleiches werden üblicherweise mit Brandschutzklappen geschlossen. Die Auslösung der Brandschutzklappen erfolgt meist vor Ort manuell oder automatisch über Schmelzlot. Sofern die Brandschutzklappe im Bereich eines Zuluftkanales liegt, ist im Brandfall mit deutlich verspäteter Auslösung des Schmelzlotes zu rechnen. Dies kann verhindert werden, wenn die Brandschutzklappe zusätzlich über Brandmelder ausgelöst wird oder wenn eine Fernauslösung von der Warte nach eingegangener Brandmeldung möglich ist. In jedem Falle sollte sichergestellt sein, daß bei einer in der Warte auflaufenden Brandmeldung die noch geöffneten Brandschutzklappen des betroffenen Raumbereiches sofort geschlossen werden. Durch weitgehende Unterbindung der Luftzufuhr zum Brandherd können die Brandwirkungen über längere Zeit gering gehalten werden. Dann bestehen bessere Aussichten für eine anschließende Brandbekämpfung.

6. ADMINISTRATIVE MASSNAHMEN

6.1 Reduktion und Kontrolle brennbarer Stoffe

Die Menge der in den Gebäudebereichen vorhandenen brennbaren Stoffe ist in der Regel betriebsbedingt und läßt sich im nachhinein schwer reduzieren. Das Hauptaugenmerk muß daher auf der Kontrolle der betrieblich notwendigen brennbaren Stoffe liegen. Hierzu gehört, daß deren Mengen zunächst einmal erfaßt werden müssen. Alle Veränderungen, z.B. durch zusätzlich in die Anlage verbrachte Brandlasten - sind zu dokumentieren. Zweckmäßigerweise wird die betriebliche Feuerwehr damit beauftragt, die Routinekontrollen aller brennbaren Stoffe und die Dokumentation vorzunehmen. Das Schichtpersonal muß auf seinen Rundgängen durch die Anlage, alle Bereiche mit größeren Mengen brennbarer Stoffe auf Veränderungen hin, z. B. auf Ölleckagen oder Verpackungsmaterial, zu untersuchen.

Wenn im Verlaufe der Revisionsphasen größere Mengen brennbarer Stoffe in die Anlage gebracht werden, sind besondere Vorkehrungen gegen eine Brandentstehung zu treffen, z. B. durch Brandwachen.

6.2 Vorkehrungen für die Brandbekämpfung

Da nach Abschnitt 5.3 die Brandbekämpfung nur dann wirksam sein kann, wenn sie rasch erfolgt und den Entstehungsbrand löscht, müssen klare Zuständigkeiten und Anweisungen für den Brandfall vorliegen. Alle erforderlichen Maßnahmen sind in der Brandschutzordnung zu regeln. Die denkbaren Brand-szenarien sind im Betriebshandbuch zu behandeln. Hierbei sind insbesondere alle für eine erfolgreiche Branderkennung, -meldung und -bekämpfung erforderlichen Handlungen genau zu beschreiben. Wenn beispielsweise die manuelle Auslösung stationärer Löschanlagen vorgesehen ist, müssen die Kriterien für die Auslösung klar definiert sein. Wenn für die erfolgreiche Brandbekämpfung der Einsatz der betrieblichen oder öffentlichen Feuerwehr vorgesehen ist, muß deren rasche und zuverlässige Alarmierung sowie eine ausreichende Personalstärke und Ausrüstung sichergestellt sein. Durch regelmäßige gemeinsame Übungen mit der betrieblichen Feuerwehr muß die öffentliche Feuerwehr mit der Anlage vertraut gemacht werden.

6.3 Vorkehrungen für den Personenschutz

Aufgrund der in älteren Kernkraftwerken anzutreffenden überlangen Rettungswege sind besondere Vorkehrungen für den Personenschutz erforderlich. Hierzu zählen einmal Maßnahmen zur dauerhaften Kennzeichnung der Rettungswege. Aufgrund der Erkenntnisse in Abschnitt 4.5 läßt sich die zulässige Verweildauer in einem vom Brand betroffenen Raumbereich deutlich erhöhen, wenn das Betriebspersonal mit Atemschutzgeräten ausgestattet wird, die ständige am Mann zu tragen sind. Hierfür reichen in der Regel Geräte aus, die eine ausreichende Sauerstoffversorgung über mindestens 15 Minuten gewährleisten.

Eine Brandbekämpfung oder Personenrettung durch die betriebliche Feuerwehr darf in allen Gebäuden (des Kontrollbereichs) mit fehlender Rauch- und

Wärmeabfuhr grundsätzlich nur unter (umluftunabhängigem) schwerem Atemschutz erfolgen. Besonders bei Kabel- und Ölbränden ist mit einer sehr schnellen Verqualmung zu rechnen. Daher muß die Verweildauer der Löschkräfte im Gebäude begrenzt werden und darüber hinaus sichergestellt sein, daß ständig Funkkontakt nach außen gehalten wird.

6.4 Prüfungen

Alle in der Kraftwerksanlage eingebauten oder nachzurüstenden Brandschutzeinrichtungen sind einer detaillierten Prüfung der Funktionsfähigkeit zu unterziehen. Sie sind in regelmäßigen Intervallen durch die betriebliche Feuerwehr oder Sachverständige zu warten und zu prüfen. Das gleiche gilt für die in Abschnitt 4.5 und 6.3 empfohlenen Atemschutzgeräte, die bei überlangen Rettungswegen für den Personenschutz unverzichtbar sind. Grundsätzlich gelten für die Prüfungen die in KTA 2101.1 /2/ bzw. in den Entwürfen KTA 2101.2 /3/ und 2101.3 /7/ genannten Anforderungen.

7. GEEIGNETE MASSNAHMENKOMBINATIONEN

Bei älteren im Betrieb befindlichen Kernkraftwerken lassen sich passive Brandschutzmaßnahmen nur in begrenztem Umfang nachrüsten. Wenn auf diese Weise das im heutigen Regelwerk angestrebte Sicherheitsniveau nicht erreicht werden kann, darf durch flankierende anlagentechnische und ggf. administrative Maßnahmen ein angemessener Ersatz geschaffen werden. Hierbei wird vorausgesetzt, daß sich bauliche und anlagentechnische Maßnahmen in gewissem Umfang gegenseitig ergänzen.

Nach diesem Grundprinzip müssen in Anlagebereichen, in denen keinerlei bauliche Abtrennungen vorhanden sind (wie im Reaktorgebäude), stets besondere Maßnahmen des aktiven Brandschutzes ergriffen werden, z.B. in Form von Sprinkleranlagen.

In solchen Fällen kann mit dem vereinfachten Nachweisverfahren in Abschnitt 3.2 die Wirksamkeit der anlagentechnischen Brandschutzmaßnahmen in bezug auf die Brandausbreitung objektiv bewertet und der notwendige Mindestschutzzumfang baulicher Maßnahmen festgelegt werden.

8. LITERATURVERZEICHNIS

- /1/ Schneider, U. und Hosser, D. (ABK): Regelung des Brandschutzes in Kernkraftwerken auf der Grundlage bauaufsichtlicher Vorschriften. Abschlußbericht im Auftrag des IfBt, September 1981
- /2/ KTA 2101.1 - Brandschutz in Kernkraftwerken; Teil 1: Grundsätze des Brandschutzes. Fassung 1986
- /3/ KTA 2102.2 - Brandschutz in Kernkraftwerken; Teil 2: Brandschutz an baulichen Anlagen. Regelentwurfsvorlage Fassung Dezember 1986
- /4/ Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) mbH und Arbeitsgemeinschaft Brandschutz in Kernkraftwerken (ABK): Optimierung von Brandschutzmaßnahmen und Qualitätskontrollen in Kernkraftwerken. Abschlußbericht zur BMI-Studie SR 144/1, November 1985
- /5/ Schneider, U., Hosser, D., Max, U. (ABK): Nachweisverfahren für den Brandschutz in Kernkraftwerken. Abschlußbericht im Auftrag des IfBt, Oktober 1986
- /6/ Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) mbH; Brandschutztechnische Gegebenheiten der KKW Stade und Obrigheim. Abschlußbericht zur BMI-Studie SR 272, 1982
- /7/ KTA 2101.3 - Brandschutz in Kernkraftwerken; Teil 3: Brandschutz an maschinentechnischen und elektrotechnischen Anlagen. Entwurf eines Regelentwurfsvorschlages, Stand Juni 1988
- /8/ KTA 2102 - Rettungswege in Kernkraftwerken. Regelentwurfsvorlage, Entwurf August 1984

Anlage 1

Zusammenstellung der brandschutztechnischen Randbedingungen (Muster)

Zusammenstellung der brandschutztechnischen Randbedingungen kritischer Räume (Muster)

Geb.	Raum Nr.	Bezeichnung	Grundfläche m ²	Höhe m	Volumen m ³	Ventilation		Brandlast			Raumart	Brandbekämpfung		Rettungsweg	
						natürl. m ²	Zwangswechsel m ³ /h	Art	Menge kg	$\frac{kWh}{m^2}$		Meldung	Einrichtung	Länge ca. m	Ziel
A		Ölversorgung	15,7	3,25	58 (51)	(2,0) 4,04	Umluft 870h	öl	2100 l	1560	BR	I-Melder	CO ₂ -Löschanlage	43 87	0604 0706
B															
C															
E															

AR = Anlagenraum, nicht begehbar BR_b = Betriebsraum, bedingt begehbar BR = Betriebsraum, begehbar

Anlage 2

Bemessungshilfen für bauliche Brandschutzmaßnahmen (Muster)

Bild 1 Äquivalente Branddauer $t_{\bar{a}}$ für Kabelbrände mit natürlicher (oben) und Zwangsventilation (unten)

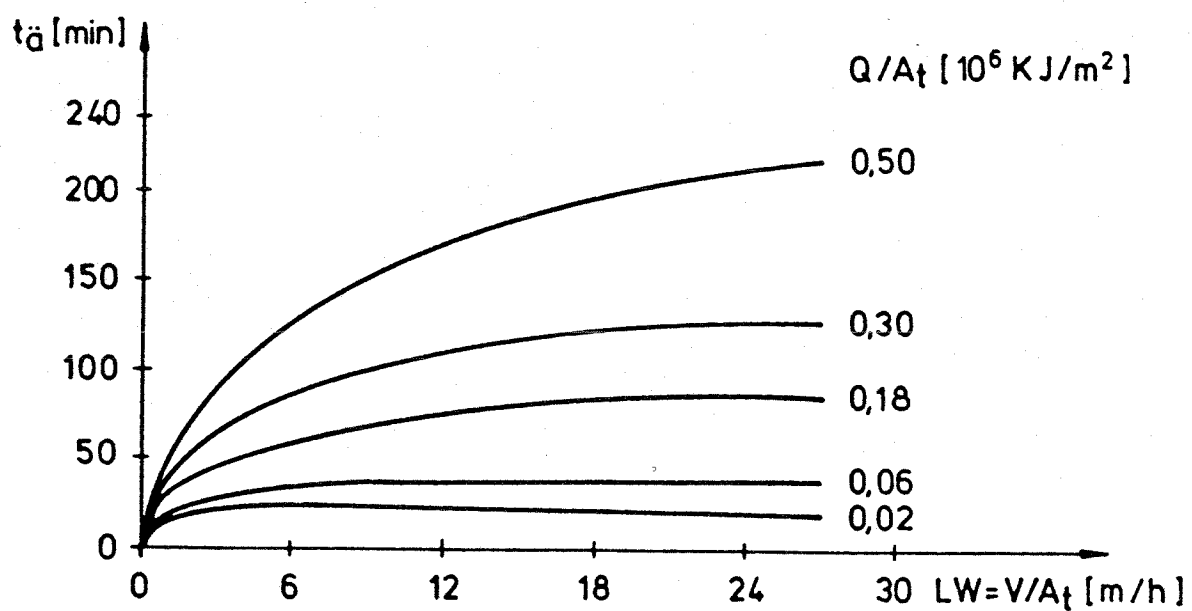
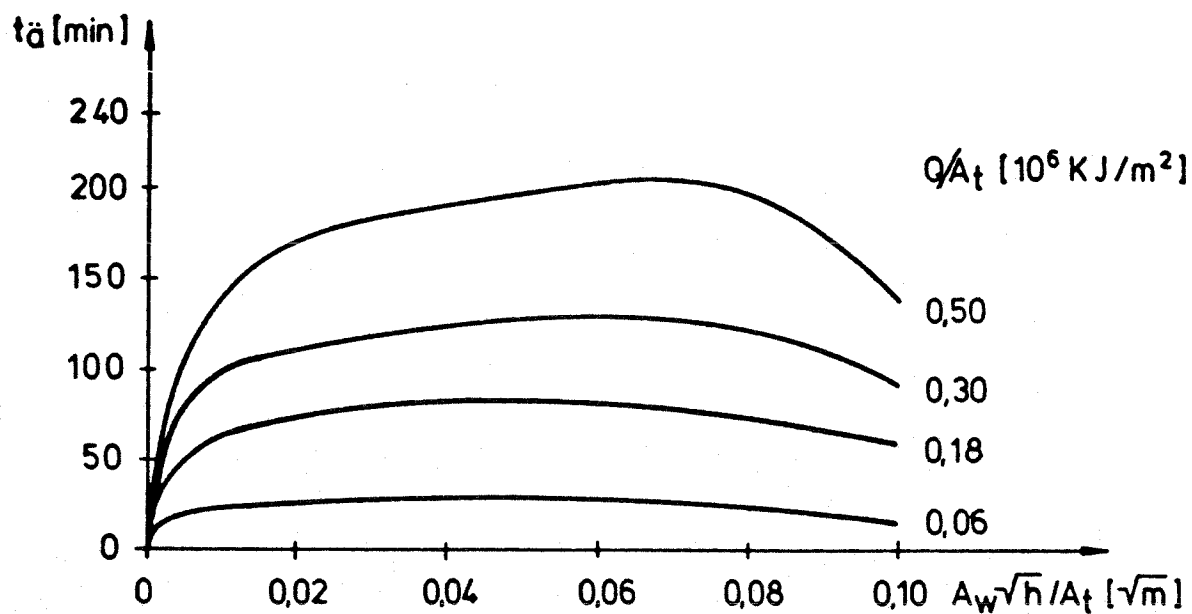


Bild 2 Äquivalente Branddauer $t_{\ddot{a}}$ für Ölbrände mit natürlicher (oben) und Zwangsventilation (unten)

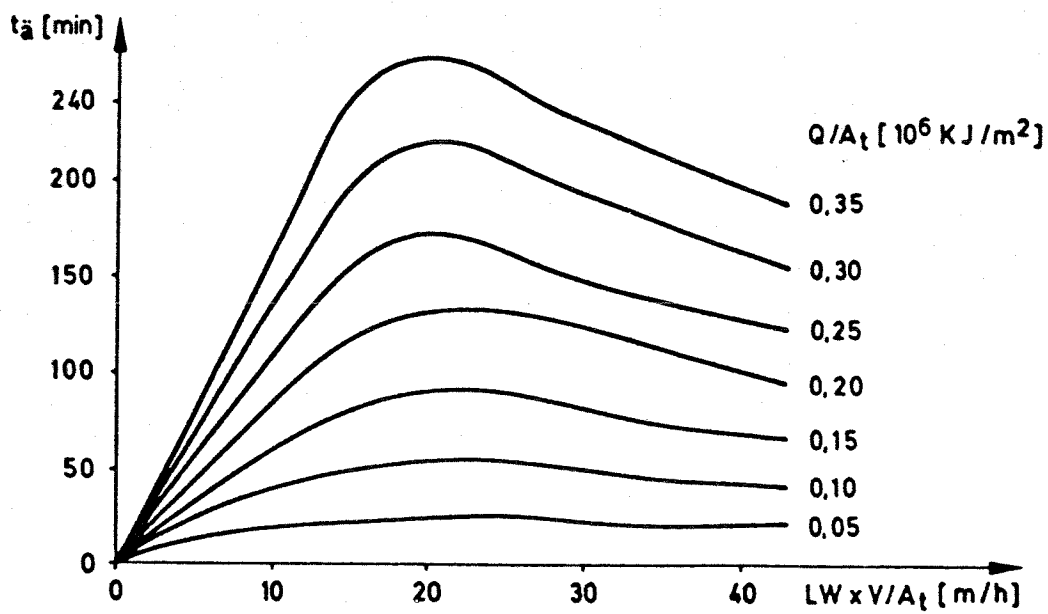
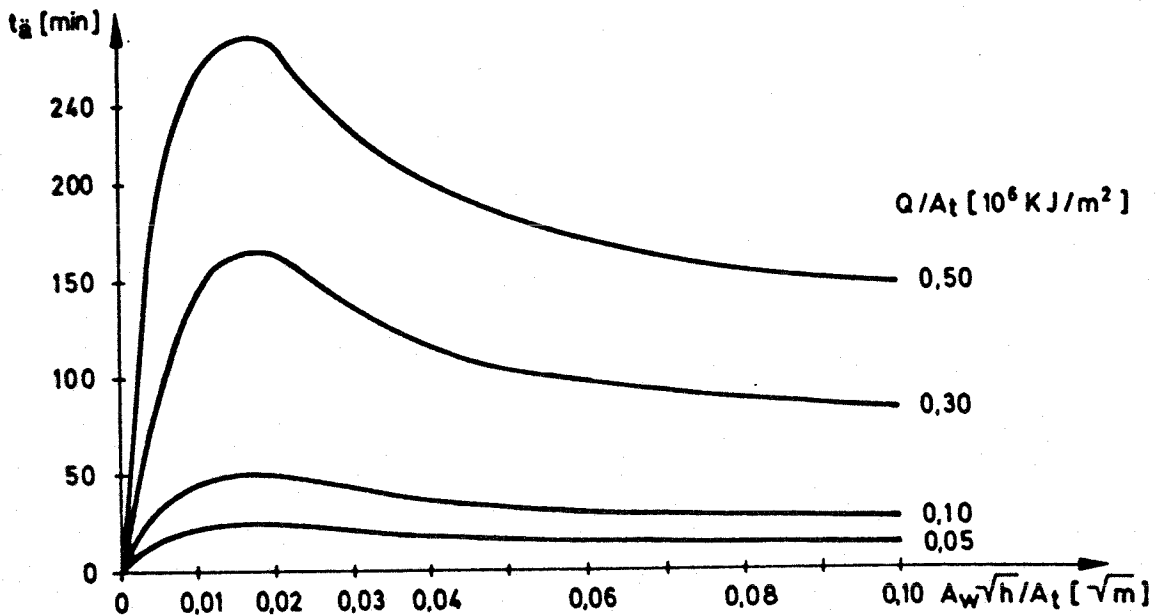


Bild 3 Temperatur-Zeitverläufe für Naturbrände mit natürlicher Ventilation (Muster)

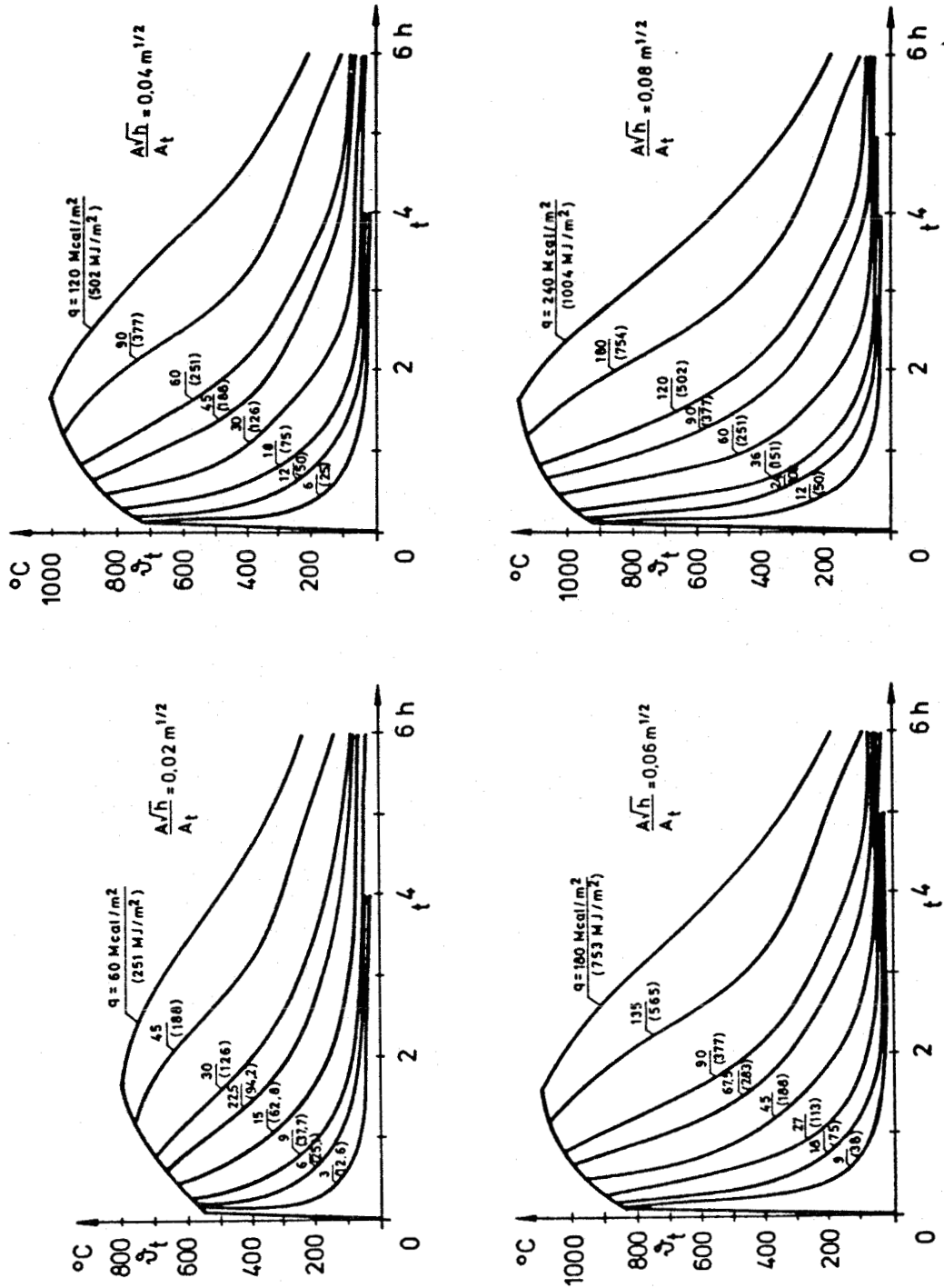


Tabelle 1 Maximale Stahltemperaturen bei Naturbränden mit unterschiedlicher Brandlast und Ventilation bei Isolierung mit der Stärke d und Wärmeleitfähigkeit λ (Muster)

q	$\frac{AVh}{A_t}$	$\frac{U}{A}$	θ_{max}					q	$\frac{AVh}{A_t}$	$\frac{U}{A}$	θ_{max}					q	$\frac{AVh}{A_t}$	$\frac{U}{A}$	θ_{max}														
			θ_{max}								θ_{max}								θ_{max}														
			d_1/λ_1	d_2/λ_2	d_3/λ_3	d_4/λ_4	d_5/λ_5				d_1/λ_1	d_2/λ_2	d_3/λ_3	d_4/λ_4	d_5/λ_5				d_1/λ_1	d_2/λ_2	d_3/λ_3	d_4/λ_4	d_5/λ_5	d_1/λ_1	d_2/λ_2	d_3/λ_3	d_4/λ_4	d_5/λ_5					
			0,06	0,10	0,20	0,30				0,06	0,10	0,20	0,30				0,06	0,10	0,20	0,30				0,06	0,10	0,20	0,30						
50 (210)	0,02	25	480	355	250	200	0,02	25	850	420	295	235	0,04	25	525	395	270	205	0,04	25	680	500	350	270									
		50	605	490	375	300		50	665	360	430	350		50	665	340	400	320		50	670	520	420	320									
		75	665	570	450	360		75	715	640	515	435		75	735	625	490	400		75	-	760	620	520	320								
		100	700	620	510	435		100	745	675	570	495		100	790	680	550	455		100	-	-	695	595	520	320							
		125	720	650	550	475		125	760	705	610	540		125	-	-	710	600		505	125	-	-	-	745	650	520	320					
		150	730	675	585	510		150	770	725	640	575		150	770	725	640	575		150	750	640	550	200	-	-	-	-	-	-	-	-	
	200	745	700	630	565	200	780	750	690	625	200	-	-	800	695	605	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
	300	755	735	660	635	300	-	-	-	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
	60 (250)	0,04	25	350	255	170	135	0,04	25	405	300	200	150	0,06	25	400	280	185	140	0,06	25	350	250	165	120								
			50	500	365	270	210		50	560	430	305	240		50	565	415	285	225		50	735	570	400	320								
			75	600	460	340	265		75	650	515	380	310		75	670	510	365	290		75	-	-	800	630	530	270						
			100	655	525	395	315		100	715	580	440	360		100	740	565	425	345		100	-	-	-	-	685	580	520	320				
			125	705	575	435	355		125	755	640	490	405		125	790	640	480	390		125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			150	740	615	475	395		150	790	675	530	440		150	-	-	685	325		430	150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	785	675	540	450	200	-	-	-	-	200	-	-	755	395	300	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
		300	-	750	625	545	300	-	-	-	-	300	-	-	-	695	600	120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
		400	-	795	680	600	400	-	-	-	-	400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
		75 (315)	0,06	25	300	210	135	105	0,06	25	345	240	155	120	0,08	25	350	240	160	120	0,08	25	390	250	165	130							
				50	445	320	215	170		50	500	360	240	195		50	510	365	250	190		50	615	455	320	250							
				75	540	400	275	220		75	600	450	315	250		75	615	455	320	250		75	700	530	375	300							
				100	610	465	330	260		100	670	515	375	300		100	700	530	375	300		100	-	-	-	-	640	450	450				
				125	665	515	375	300		125	725	570	415	340		125	750	565	425	340		125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				150	710	560	410	330		150	765	615	460	375		150	800	640	470	365		150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			200	775	625	475	395	200	-	-	-	-	200	-	-	710	545	450	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
300			-	725	670	480	300	-	-	-	-	300	-	-	650	550	400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
400			-	790	735	545	400	-	-	-	-	400	-	-	-	730	625	120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
90 (380)			0,08	25	260	180	115	90	0,08	25	300	200	135	100	0,10	25	305	205	135	105	0,10	25	310	210	130	110							
				50	400	275	180	140		50	450	315	210	160		50	465	315	210	160		50	525	375	250	200							
				75	500	350	240	190		75	550	400	275	210		75	565	400	275	210		75	600	440	300	240							
				100	555	410	290	225		100	615	460	325	255		100	615	460	325	255		100	680	500	350	275							
				125	615	460	325	255		125	680	515	365	290		125	725	560	400	330		125	725	560	400	330							
				150	665	505	355	295		150	765	615	460	375		150	800	640	470	365		150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	200		750	580	425	350	200	-	-	-	-	200	-	-	730	630	530	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
	300		-	680	525	430	300	-	-	-	-	300	-	-	650	550	450	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
	400		-	750	595	500	400	-	-	-	-	400	-	-	-	730	625	120	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
	120 (500)		0,12	25	320	220	145	110	0,12	25	370	250	160	125	0,12	25	365	250	165	130	0,12	25	435	300	195	150							
				50	410	290	185	145		50	470	330	210	170		50	475	330	220	175		50	510	365	250	210							
				75	480	345	225	175		75	550	400	275	210		75	565	400	275	210		75	635	470	335	260							
				100	550	390	260	200		100	630	480	330	265		100	635	480	335	260		100	715	550	390	310							
				125	600	430	295	235		125	700	540	375	295		125	715	540	375	295		125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
				150	675	500	350	280		150	775	600	440	330		150	800	640	470	365		150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		200	760	600	440	350	200	-	-	-	-	200	-	-	730	630	530	200	-	-	-	-	-	-	-	-							
		300	-	680	510	415	300	-	-	-	-	300	-	-	650	550	450	300	-	-	-	-	-	-	-	-							
		400	-	750	595	500	400	-	-	-	-	400	-	-	-	730	625	120	-	-	-	-	-	-	-	-							
		150 (600)	0,30	125	305	205	135	110	0,30	125	345	240	155	125	0,30	125	355	245	155	125	0,30	125	405	275	180	140							
				150	350	230	150	125		150	405	275	180	140		150	415	285	220	150		150	415	285	220	150							
				200	410	285	185	145		200	460	325	215	165		200	460	325	215	165		200	530	375	250	195							
				300	500	365	245	190		300	555	410	280	220		300	555	410	280	220		300	610	445	300	235							
				400	575	425	290	225		400	630	475	330	260		400	630	475	330	260		400	720	545	385	305							
				500	-	-	-	-		500	-	-	-	-		500	-	-	-	-		500	-	-	-	-	-	-	-	-			

q in Mcal/m² (MJ/m²)
 1 Mcal = 4,2 MJ = 1,2 kWh
 λ in m² °C h kcal
 $\frac{U}{A}$ in 1/m
 A

Anlage 3

Beispiele

für die Ertüchtigung

baulicher Brandschutzmaßnahmen

Zeile	unzureichendes Bauteil	Bauteilart	Zusatzmaßnahme	Wirkungsweise der Maßnahme	Nachweis nach			Gesamtbeurteilung (mögliche F-Klasse)
					DIN/Prüfungszeugnis (PZ)	Zul. Bescheid IfBt	Genehmigung im Einzelfall	
1	Wände							
1.1	Stahlbetonwand	Massivbauteil						
1.1.1			- Plattenbekleidung (z.B. Kalzium-Silikat-Platten)	Erhöhung der Betondeckung	PZ	-	x	≥ F 90
1.1.2			- Putz anordnen		DIN 4102 Teil 4, PZ	-	-	≥ F 90
1.1.3			- Spritzputz z.B. Vermiculite-Putz, Mineralfaser-Putz		-	x	-	≥ F 90
1.2	Mauerwerkswand	Massivbauteil						
1.2.1			- Plattenbekleidung (z.B. Kalzium-Silikat-Platten)	Vergrößerung der Wanddicke	PZ	-	x	≥ F 90
1.2.2			- Putz anordnen		DIN 4102 Teil 4, PZ	-	-	≥ F 90
1.2.3			- Spritzputz z.B. Vermiculite-Putz, Mineralfaser-Putz		-	x	-	≥ F 90
1.3	Leichte Trennwand	Ausbauerteil						
1.3.1			- Ersatz	- Neubau	DIN 4102 Teil 4, PZ	-	-	F 30 F 90
1.3.2			- Aufdoppelung der Plattenbekleidung	- Vergrößerung der Wanddicke	PZ	-	x	F 30, F 90

Zeile	unzureichendes Bauteil	Bauteilart	Zusatzmaßnahme	Wirkungsweise der Maßnahme	Nachweis nach			Gesamtbeurteilung (mögliche F-Klasse)
					DIN/Prüfungszeugnis (PZ)	Zul. Bescheid IfBt	Genehmigung im Einzelfall	
2	Decken							
2.1	Stahlbetondecke	Massivbauteil						
2.1.1			- Plattenbekleidung	Erhöhung der Betondeckung	PZ	-	x	≥ F 90
2.1.2			- Putz anordnen		DIN 4102 Teil 4, PZ	-	-	≥ F 90
2.1.3			- Spritzputz		-	x	-	≥ F 90
2.1.4			- Unterdecke	- Verzögerung der Temperaturenwirkung	PZ Teil 4	-	x	≥ F 90
3	Balken, Stützen	tragendes Bauteil						
3.1	Stahlbeton	Massivbauteil						
3.1.1			- Plattenbekleidung	Erhöhung der Betondeckung	PZ	-	x	≥ F 90
3.1.2			- Putz anordnen		DIN 4102 Teil 4, PZ	-	-	≥ F 90
3.1.3			- Spritzputz		-	x	-	≥ F 90
3.2	Stahl							
3.2.1			- Plattenbekleidung (z.B. - Kalzium-Silikat - Mineralfaser - Gipskarton	Verzögerung v. $T_{krit} = 500 \text{ °C}$	PZ, DIN 4102 Teil 4,	-	x	≥ F 90
3.2.2			- Putz anordnen		DIN 4102 Teil 4, PZ	-	-	≥ F 90
3.2.3			- Spritzputz		-	x	-	≥ F 90
3.2.4			- Beschichtung mit Dämmschichtbildner		-	x	-	F 30

Zeile	unzureichendes Bauteil	Bauteilart	Zusatzmaßnahme	Wirkungsweise der Maßnahme	Nachweis nach			Gesamtbeurteilung (mögliche F-Klasse)
					DIN/Prüfungszeugnis (PZ)	Zul. Bescheid IfBt	Genehmigung im Einzelfall	
4	Türen	Ausbauteil						
4.1	Feuerschutz-türen	FS-Abschluß						
4.1.1			- vorhandene Tür prüfen und ggf. aufdoppeln	Raumabschluß (Redundanztrennung, Brandabschnitte, Brandlastkapselung)	-	-	x	T 30
4.1.2			- Ersatz		-	x	-	T 90
4.1.3			- zusätzlicher Einbau		-	x	-	T 90
4.2	Rauchschutz-türen	Rauchabschluß						
4.2.1			- vorhandene Tür prüfen und ggf. ändern	Rauchdicht	-	-	x	- (rauchdicht)
4.2.2			- Ersatz		DIN18095	-	-	" 1)
4.2.3			- zusätzlicher Einbau	"	PZ	-	-	" 1)
5	Kabel	Installation						
5.1	Kabelabschottung:	Ausbauteil						
5.1.1	a) Mörtelschott b) Mineralfaserschott mit Beschichtung		- vorhandenes Schott prüfen und ggf. aufdoppeln	Raumabschluß (Redundanztrennung, Brandabschnitt, Brandlastkapselung)	-	-	x	≥ F 90 (S 90)
5.1.2	c) Baukastensystem		- Ersatz		-	x	-	≥ F 90 (S 90)
5.1.3	d) Kitte e) Schaumformteile, etc.		- zusätzlicher Einbau		-	x	-	≥ F 90 (S 90)

1) ggf. Türen wählen, die sowohl die Rauchdichte als auch die Feuerwiderstandsklasse gewährleisten

Zeile	unzureichendes Bauteil	Bauteilart	Zusatzmaßnahme	Wirkungsweise der Maßnahme	Nachweis nach			Gesamtbeurteilung (mögliche F-Klasse)
					DIN/Prüfungszeugnis (PZ)	Zul. Bescheid IfBt	Genehmigung im Einzelfall	
5.2	Kabelpritschen	Ausbau- teil						
5.2.1			- Kabelkanal- schacht z. B. - Kalzium-Si- likatplatten - Mineralfa- serplatten - Verbundpl.	Raumabschluß (Redundanz- trennung, Brandab- schnitt, Brandlast- kapselung)	PZ	-	-	≥ I 90
5.2.2			- Funktions- kanal	Funktionser- halt (z. B. Notstrom)	Untersu- chungs- bericht	-	x	(E 30, E 90)
5.2.3			- Beschichtung	- Verzögerung der Entzün- dung - Verzögerung der Brandwei- terleitung - Schwerent- flammbar	Untersu- chungs- bericht Untersu- chungs- bericht PZ	-	x x x	5 - ca. 35 min 5 - ca. 35 min B 1
6	Rohre	Installa- tion						
6.1	Rohrdurchführ.	Ausbau- teil						
6.1.1	nichtbrennbarer Rohre		- vorhandene Rohrdurchführ- ung prüfen ggf- verbes- sern	Raumabschluß (Redundanz- trennung, Brandab- schnitt)	-	-	x	≥ R 90
6.1.2			- Rohrummante- lung		PZ	-	x	≥ R 90

Zeile	unzureichendes Bauteil	Bauteilart	Zusatzmaßnahme	Wirkungsweise der Maßnahme	Nachweis nach			Gesamtbeurteilung (mögliche F-Klasse)
					DIN/Prüfungszeugnis (PZ)	Zul. Bescheid IfBt	Genehmigung im Einzelfall	
6.2	Rohrdurchführ. brennbarer Rohre	Ausbauteil						
6.2.1			- vorhandene Rohrdurchführung prüfen ggf. verbessern	Raumabschluß (Redundanztrennung, Brandabschnitt)	-	-	x	≥ R 90
6.2.2			- Ersatz der Rohrabschottung		-	x	-	≥ R 90
6.2.3			- zusätzlicher Einbau von Rohrabschottungen		-	x	-	≥ R 90
7	Lüftungsleitungen	Installation						
7.1	Lüftungskanäle	Ausbauteil						
7.1.1			- vorhandenen Kanal prüfen ggf. verbessern z. B. Blechkanal mit Ummantelung	Raumabschluß	-	-	x	≥ L 90
7.1.2			- Ersatz Plattenkanal z.B. Kalzium-Silikat-Platten etc.	Entrauchung	PZ	-	x	≥ R 90
7.1.3			- zusätzlicher Einbau		PZ	-	-	≥ L 90
7.2	Brandschutzklappen	Ausbauteil						
7.2.1			- vorhandene Klappe prüfen, ggf. verbessern	Raumabschluß	-	-	x	≥ K 90
7.2.2			- Ersatz	Entrauchung	-	x	-	≥ K 90
7.2.3			- zusätzlicher Einbau		-	x	-	≥ K 90

Zeile	unzureichendes Bauteil	Bauteilart	Zusatzmaßnahme	Wirkungsweise der Maßnahme	Nachweis nach			Gesamtbeurteilung (mögliche F-Klasse)
					DIN/Prüfungszeugnis (PZ)	Zul. Bescheid IfBt	Genehmigung im Einzelfall	
8	Sonderbauteile, an die Brandschutzanforderungen gestellt werden, z.B. Objektschutztüren, Fugen etc.	Ausbauteil	- vorhandenes Bauteil prüfen und verbessern	Raumabschluß	-	-	x	≥ 90 min
			- Ersatz		-	x	x	≥ 90 min
			- zusätzlicher Einbau		-	x	x	≥ 90 min

SUMMARY

The present study concerns the development of a new method as to detect fire safety problems during the revision of operating nuclear power plants (NPP). It is intended that the method should help the building authorities during revisions of older NPP's by using a systematic set up of classification criteria. During the study a classification catalogue was developed which comprises two different parts:

- Part 1: criteria catalogue
- Part 2: measures catalogue

The criteria catalogue contains a compilation of classification criteria which must be considered during an authorized fire safety check in NPP's and a pragmatic proposal as to determine and examine fire protection design data. The measures catalogue aims at the elimination of weak points in the fire protection measures which were worked out by the criteria catalogue.

The new developed method was applied within a limited fire safety check of an old pressure water reactor (PWR). In certain areas of the PWR the proposed method was tested that means it was proved whether the single steps for the check according the criteria and measures catalogue allow for a reliable classification of fire protection levels in the plant. It could be shown that the criteria catalogue can be applied without restrictions and that it leads to definite evidence. A premise in that is the existence of comprehensive fire protection data which allow for a control in depth, i. e. the fire load data must be compiled for any compartment or fire area in the plant. The measures catalogue is also suitable for application, but the compilation of supplementary measures which are nowadays common and in use is not complete. During the course of running projects it will be possible to achieve a further completeness in that respect.

RÉSUMÉE

Le travail present de recherche expose la développement d'une méthode nouvelle afin que de déterminer des problèmes du protection contre l'incendie concernant les réacteurs nucléaires en exploitation. L'application de cette méthode assisterait l'administration de surveillance des travaux et leur mettrait à la disposition un catalogue structuré systématiquement en ce qui concerne l'essai du protection des réacteurs nucléaires d'architecture antérieure. Le catalogue d'appréciation déterminé a deux partes différentes:

- Parte 1: Catalogue des critères
- Parte 2: Catalogue des mesures

Le catalogue des critères contient une liste des critères des classification en considerant les revisions de protection contre l'incendie des réacteurs nucléaires. La détermination et l'essai des données du protection contre l'incendie sont exécutés correspondant aux recommandations de ce catalogue. Le catalogue des mesurer contient des propositions concretes pour éliminer les défauts du protection contre l'incendie quels sont déterminés au detail de chambre ou de zone par l'application de catalogue des critères.

La méthode nouvellement developpée fut essayée dans un matériel de référence en inspectant limitéement la protection contre l'incendie. La méthode proposée fut appliquée de point en point aux zones particulières du matériel et il fut examiné si les pas singulaires prevus selon des catalogue des critères et des mesures faisaient possible une appréciation éprouvée du protection contre l'incendie dans de matériel. Il put demonstrer que l'applicabilité du catalogue des critères soit possible et fasse possible des déclarations concretes. Une condition est la connaissance des données du protection contre l'incendie concernant le matériel. Par exemple les charges de feu doivent spécifiées au detail de chambre on de zone. La catalogue des mesures est également praticable, mais les listes des mesures et des systèmes de préparation en supplément, quelle sont presentes ou possibles, sont encore incomplets. En continuant les recherches ou peut atteindre une integrabilité certaine aux descriptions des mesures.