Kerntechnischer Ausschuss

Statusbericht

zum Konzept:
Klassifizierung von Ereignisabläufen für die Auslegung von Kernkraftwerken

Juni 1985

KTA-GS-47

Vorwort

Der Kerntechnische Ausschuß hat am 1.3.1977 den Unterausschuß STÖRFALLFRAGEN (UA-SF) gebildet. Die Erarbeitung des Konzepts, deren einzelnen Zwischenschritte in der Dokumentationsunterlage auf den Seiten D-3 bis D-7 aufgeführt sind, hat zu dem vorliegenden Ergebnis geführt. Offen ist noch eine typ- und systemspezifische Konkretisierung der Schutzziele nach Abschnitt 5.2 . Weiterhin stellt der Anhang B nur ein Beispiel für eine mögliche Konkretisierung dar, deren endgültige Festlegung, auch für alle weiteren Schutzziele, einer noch durchzuführenden Einzelbewertung vorbehalten bleibt. Offen sind auch noch die Überarbeitung verschiedener Komponentenregeln mit dem Ziel der einheitlichen Behandlung von Betriebs- und Störfällen sowie die Erstellung leittechnischer Anforderungsstufen.

Das Präsidium des KTA hat zuletzt am 13.11.1984 über das Konzept beraten. Ausgehend von dem Antrag des Präsidiums hat der KTA am 4.6.1985 folgenden Beschluß gefaßt "Die vom KTA-Präsidium erstellte Vorlage des Konzepts des UA-SF "Klassifizierung von Ereignisabläufen für die Auslegung von Kernkraftwerken", KTA-Dok.-Nr. UA-SF/85/1, wird vom KTA zur Kenntnis genommen. Eine Weiterbehandlung dieses Papiers ist vorläufig nicht vorgesehen. Die Wiedervorlage des Konzepts soll in drei Jahren erfolgen. Die Vorlage KTA-Dok.-Nr. UA-SF/85/1 ersetzt KTA-Dok.-Nr. UA-SF/81/5."

In Vollzug des KTA-Beschlusses, insbesondere des letzten Satzes, wird hiermit das Konzept in der jetzt bestehenden Form vorgelegt, um den erreichten Stand zu dokumentieren, der als Grundlage für eventuelle weitere Schritte zu gelten hat.

Klassifizierung von Ereignisabläufen für die Auslegung von Kernkraftwerken

Inhalt

Seite

0 Grundlagen ... 3
0.1 Grundsätze zur Sicherheitsvorsorge ... 3
0.2 Kategorien von Ereignissen und Ereignisabläufen ... 3
0.3 Schutzziele und Grenzwerte ... 4
0.4 Beschränkung auf repräsentative Ereignisse und Ereignisabläufe ... 4
0.5 Ansatz des vorliegenden Konzeptes ... 5
0.6 Vorgehensweise bei der Klassifizierung von Ereignisabläufen und Zuordnung abgestufter Grenzwerte ... 6
0.7 Anwendung auf Kernkraftwerke ... 7
1 Anwendungsbereich ... 7
2 Begriffe ... 8
3 Anforderungen an die Analyse angenommener Ereignisabläufe in der Anlage ... 9
4 Definition von Ereignisklassen ... 9
4.1 Allgemeines ... 9
4.2 Ereignisklasse 1 ... 10
4.3 Ereignisklasse 2 ... 10
4.4 Ereignisklasse 3 ... 10
4.5 Ereignisklasse 4 ... 10
4.6 Ereignisklasse 5 ... 11
5 Zuordnung von Schutzzielen zu den Ereignisklassen ... 11
5.1 Allgemeines ... 11
5.2 Spezielle Schutzziele und Kriterien für Grenzwerte ... 12
Anhang A: Angenommene Ereignisse und Ereignisabläufe bei Leichtwasserreaktoren ... 14
Anhang B: Beispiele für die Zuordnung von Schutzzielen und Ereignisklassen über Grenzwerte für Leichtwasserreaktoren ... 19
Anhang C: Bestimmungen, auf die in diesem Konzept verwiesen wird ... 21

Dokumentationsunterlage zum Konzept ... D - 1

0 Grundlagen

0.1 Grundsätze zur Sicherheitsvorsorge

Kernkraftwerke sind nach den Grundsätzen der Sicherheitsvorsorge - Kriterium 1.1 der Sicherheitskriterien des BMI so auszulegen, daß auch ohne Inanspruchnahme von Sicherheitseinrichtungen ein möglichst störfallfreier und umweltverträglicher Betrieb der Anlage gewährleistet ist. Zur Beherrschung anomaler Betriebszustände sind Systeme zur Betriebsführung und -überwachung vorzusehen. Störfälle sind mit ausreichender Zuverlässigkeit zu vermeiden. Ausreichend zuverlässige technische Sicherheitseinrichtungen sind zur Beherrschung von Störfällen vorzusehen. Außerdem sind in angemessenem Umfang vorsorglich organisatorische und technische Maßnahmen innerhalb und außerhalb der Anlage zur Feststellung und Eindämmung von Unfallfolgen vorzusehen.

Zur Ermittlung der Aufgaben, welche die Systeme zur Betriebsführung und -überwachung und die technischen Sicherheitseinrichtungen mit ausreichender Zuverlässigkeit zu erfüllen haben, werden Ereignisse und Ereignisabläufe angenommen und analysiert. Das Ergebnis dieser Analysen muß alle wichtigen Vorgaben liefern, die für die Auslegung der Systeme und Einrichtungen notwendig sind. Die Auslegung muß so erfolgen, daß die zu betrachtenden Ereignisse unter Berücksichtigung bestimmter Randbedingungen und unter Einhaltung vorgegebener Schutzziele beziehungsweise Grenzwerte beherrscht werden.

0.2 Kategorien von Ereignissen und Ereignisabläufen

Zum Zweck der Sicherheitsbeurteilung werden gemäß Strahlenschutzverordnung, Sicherheitskriterien und Störfall-Leitlinien, die bei einem Kernkraftwerk möglichen Ereignisse und Ereignisabläufe verschiedenen Kategorien zugewiesen:

- Ereignisabläufe, die dem bestimmungsgemäßen Betrieb zuzuordnen sind. Hierzu gehören auch Ereignisse des anomalen Betriebs und Instandhaltungsvorgänge.
- Ereignisabläufe, die den Störfällen zuzurechnen sind und gegen die im Sinne des § 28 Abs. 3 der StrlSchV Vorsorge zu treffen ist.
- Ereignisabläufe, die im Sinne der Strahlenschutzverordnung zu Unfällen zählen und die zu Überschreitungen von Dosisgrenzwerten führen können.

> H i n w e i s:
> Die Vorsorgemaßnahmen gegen Störungen und Störfälle machen diese Ereignisabläufe nach menschlichem Ermessen bereits so unwahrscheinlich, daß eine Schadensvorsorge durch Auslegung im Sinne des § 28 Abs. 3 StrlSchV nicht mehr erforderlich ist. Das heißt, die Ereignisabläufe sind der Auslegung der Anlage nicht mehr in der Weise zugrundezulegen, daß die Einhaltung der Störfallplanungswerte mittels radiologischer Berechnungen nachzuweisen ist. Gegen derartige Ereignisabläufe werden aber in solchen Fällen, wo dies zweckmäßig und angemessen erscheint, wie z.B. beim Flugzeugabsturz, zusätzliche Maßnahmen zur Verhinderung oder Begrenzung von Schadensfolgen getroffen. Solche Maßnahmen sind im kerntechnischen Regelwerk, wie z.B. in BMU-Richtlinien oder RSK-Leitlinien spezifiziert oder werden von den zuständigen Behörden im Einzelfall aufgrund des ihnen eingeräumten Versagensermessens verlangt. Darüber hinaus verbleiben Ereignisabläufe, die eine äußerst geringe Eintrittswahrscheinlichkeit besitzen oder deren Eintreten oder Ablauf nicht vorhersehbar sind. Gegen derartige Ereignisabläufe sind keine Vorsorgemaßnahmen mehr nachzuweisen. Sie bestimmen das hingenommene Restrisiko.

0.3 Schutzziele und Grenzwerte

Grundsätzliche Ziele für den Schutz vor Folgen von Ereignissen aus den verschiedenen Ereigniskategorien sind im

Atomgesetz, der Strahlenschutzverordnung, den Sicherheitskriterien und den Störfall-Leitlinien festgelegt.

Grundsätzliches Schutzziel ist es, die radiologischen Auswirkungen des Betriebes von Kernkraftwerken in zulässigen Grenzen zu halten:

- Im bestimmungsgemäßen Betrieb sind die Dosisgrenzwerte nach § 45 StrlSchV einzuhalten. Der Planung baulicher oder sonstiger technischer Maßnahmen gegen Störfälle sind die Störfallplanungswerte nach § 28 Abs. 3 der StrlSchV zugrundezulegen. Für beruflich Strahlenexponierte gelten die Dosisgrenzwerte nach § 49 und ff StrlSchV.

Diese radiologischen Anforderungen können nur erfüllt werden, wenn weitere grundsätzliche Schutzziele eingehalten werden:

- Die Integrität der Barrieren gegen Aktivitätsfreisetzung und
- die Funktionsfähigkeit von Systemen mit sicherheitstechnischer Bedeutung müssen im erforderlichen Maße erhalten bleiben.

Diese grundsätzlichen Schutzziele werden erst dadurch präzisiert und die Nachweise ihrer Erfüllung erst dadurch praktikabel gemacht, daß spezielle Schutzziele (z.B. Vermeiden plastischer Dehnungen im Primärsystem unter gewissen Betriebsbedingungen) eingeführt und diesen bestimmte einzuhaltende Grenzwerte (z.B. für die mechanische Spannung unter diesen Betriebsbedingungen) zugeordnet werden. Dabei ist es Stand der Technik, abhängig von den Anforderungsfällen, gestaffelte Grenzwerte festzulegen, also z.B. für den bestimmungsgemäßen Betrieb eine niedrigere Spannungsausnutzung von Werkstoffen zuzulassen als bei Störfällen. Diese Philosophie der gestaffelten Grenzwerte dient auch der Erfüllung des Minimierungsgebotes der Strahlenschutzverordnung.

0.4 Beschränkung auf repräsentative Ereignisse und Ereignisabläufe

Die Gesamtheit der bei der Vorsorge gegen Schäden zu berücksichtigenden Ereignisse und Ereignisabläufe ist zu groß, um jeden Einzelfall gesondert behandeln zu können. Dies ist auch nicht erforderlich, da einige Ereignisabläufe hinsichtlich betrieblich und sicherheitstechnisch bedeutsamer Belastungen und Anforderungen sowie hinsichtlich anlageninterner und -externer insbesondere auch radiologischer Auswirkungen repräsentativ für viele andere sind. Bei der Auslegung von Kernkraftwerken wird daher eine repräsentative Auswahl angenommener Ereignisse und Ereignisabläufe zugrundegelegt, die das gesamte zu betrachtende Ereignisspektrum abdeckt, nämlich:

- Ereignisse des bestimmungsgemäßen Betriebs, die für den Betrieb der Anlage vorgesehen sind oder die repräsentativ sind für alle Vorkommnisse, die nach allgemeiner technischer Erfahrung während der Betriebsdauer einer Anlage einmal oder mehrmals erwartet werden.
- Auslegungsbestimmende Störfälle, die nach den Grundsätzen des deterministischen Sicherheitskonzeptes festgelegt werden. Sie sind repräsentativ bezüglich der Einhaltung der Schutzziele für Ereignisabläufe, die zwar nach allgemeiner technischer Erfahrung während der Betriebsdauer einer Anlage nicht zu erwarten sind, die aber dennoch nicht ausgeschlossen werden können.

  Die Leitlinien zur Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwerken mit Druckwasserreaktoren gegen Störfälle im Sinne des § 28 Abs. 3 StrlSchV vom 18. Oktober 1983 bestimmen in ihren Tabellen die Störfälle, die der Auslegung ortsfester Kernkraftwerke mit Druckwasserreaktoren (soweit sie ihre erste TEG nicht vor dem Juli 1982 erhalten haben) zugrundezulegen sind.

Insbesondere wird auf diese Weise der nach Gesetz erforderliche Drittschutz gewährleistet.

- Außerdem sind Ereignisse zu betrachten, die wegen ihrer geringen Eintrittswahrscheinlichkeit keine auslegungsbestimmenden Störfälle im Sinne des § 28 Abs. 3 StrlSchV sind, gegen die aber zum Schutz der Allgemeinheit unter Berücksichtigung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes Maßnahmen zur Risikominderung getroffen werden.

Einschlägige Verordnungen, Kriterien, Richtlinien, Leitlinien und Regeln bestimmen außerdem:

- Wie die angenommenen Ereignisse und Ereignisabläufe im einzelnen zu analysieren sind;
- welche Ausgangszustände und zusätzlichen Versagensannahmen zu berücksichtigen sind;
- welche sicherheitsfördernden Auslegungsgrundsätze anzuwenden sind;
- welche Schutzmaßnahmen gegen bestimmte Ereignisse im einzelnen zu treffen sind.

Auf dieser Grundlage wird die nach Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch Errichtung und Betrieb getroffen und nachgewiesen.

0.5 Ansatz des vorliegenden Konzeptes

Das vorliegende Konzept geht von diesen Grundlagen und den sie bestimmenden rechtlichen Vorschriften und Regelungen aus. Es optimiert darüber hinausgehend die Sicherheitsvorsorge, indem es die Analyse und Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwerken zusätzlich systematisiert und Vorgehensweisen konkretisiert, mit denen die vorgegebenen Schutzziele erreicht werden sollen. Das Konzept soll insbesondere einen Bezugsrahmen schaffen, der eine ausgewogene Auslegung der einzelnen Systeme und Anlagenteile einer Anlage erlaubt. Dazu ist es erforderlich, den Schutzzielen abgestufte Grenzwerte zuzuordnen. Die Abstufung ermöglicht eine Berücksichtigung der beiden Bestimmungsgrößen des technischen Risikos, nämlich von Häufigkeit und möglichen Auswirkungen von Ereignisabläufen bei der Planung von Schutz- und Vorsorgemaßnahmen. Unter Auswirkungen werden hier nicht nur Auswirkungen des Kernkraftwerks verstanden, sondern beispielsweise auch Beanspruchungen von sicherheitsrelevanten Komponenten. Die vorgegebenen Schutzziele sind danach mit um so größeren Sicherheitsabständen einzuhalten, je wahrscheinlicher der zu betrachtende Ereignisablauf zu Schäden führen kann.

Das Konzept verfolgt vorrangig das Ziel, bei den zu betrachtenden Ereignisabläufen eine unzulässige Aktivitätsfreisetzung sowohl in den Sicherheitseinschluß als auch in die Umgebung dadurch zu vermeiden, daß die Einhaltung spezieller vorgelagerter, anlagenspezifischer Schutzziele vorgeschrieben wird.

Die den Schutzzielen zugeordneten Grenzwerte betreffen daher insbesondere auch Zustandsgrößen, die kennzeichnend sind für die Gefährdung der Integrität der Aktivitätsbarrieren oder der Funktion der Sicherheitseinrichtungen.

Für die Anwendung des Konzepts werden die bei der Auslegung anzunehmenden Ereignisabläufe nach ihrer Häufigkeit klassifiziert.

> H i n w e i s:
> Das Konzept bleibt grundsätzlich deterministisch. Die Auswahl der anzunehmenden Ereignisabläufe erfolgt auf der Grundlage des bisher entwickelten Sicherheitskonzepts und kerntechnischen Regelwerks für Kernkraftwerke. Die so festgelegten - determinierten - Ereignisabläufe werden dann probabilistisch bewertet. Diese Vorgehensweise dient dem Ziel, die Anlagen sicherheitstechnisch ausgewogen auszulegen und lehnt sich an die internationale Praxis an.

Den so gewonnenen Ereignisklassen werden abgestufte Grenzwerte und sicherheitsrelevante Parameter zugeordnet und der Auslegung zugrundegelegt. Dadurch wird erreicht, daß Folgen von Ereignissen

des bestimmungsgemäßen Betriebs und von Störfällen möglichst weitgehend begrenzt werden und daß insbesondere radiologische Auswirkungen möglichst gering gehalten werden und insoweit das Minimierungsgebot ausgefüllt wird.

0.6 Vorgehensweise bei der Klassifizierung von Ereignisabläufen und Zuordnung abgestufter Grenzwerte

Das Konzept geht aus von den bei der Auslegung von Kernkraftwerken nach deterministischen Vorgaben anzunehmenden Ereignissen und Ereignisabläufen. Hiernach sind bestimmte auslösende Ereignisse, Ausgangszustände und weitere Annahmen zum Verhalten von Anlagenteilen und Systemen zu betrachten (vgl. **Bild 1**).

Für jedes angenommene, auslösende Ereignis können sich daher verschiedene mögliche Ereignisabläufe ergeben.

Die Häufigkeit eines Ereignisablaufs wird bestimmt durch die erwartete Häufigkeit des auslösenden Ereignisses, die Wahrscheinlichkeit des unterstellten Ausgangszustandes in der Anlage und die Wahrscheinlichkeit eines zusätzlichen Versagens von Bauteilen, wie zum Beispiel Einzelfehler von aktiven Sicherheitseinrichtungen.

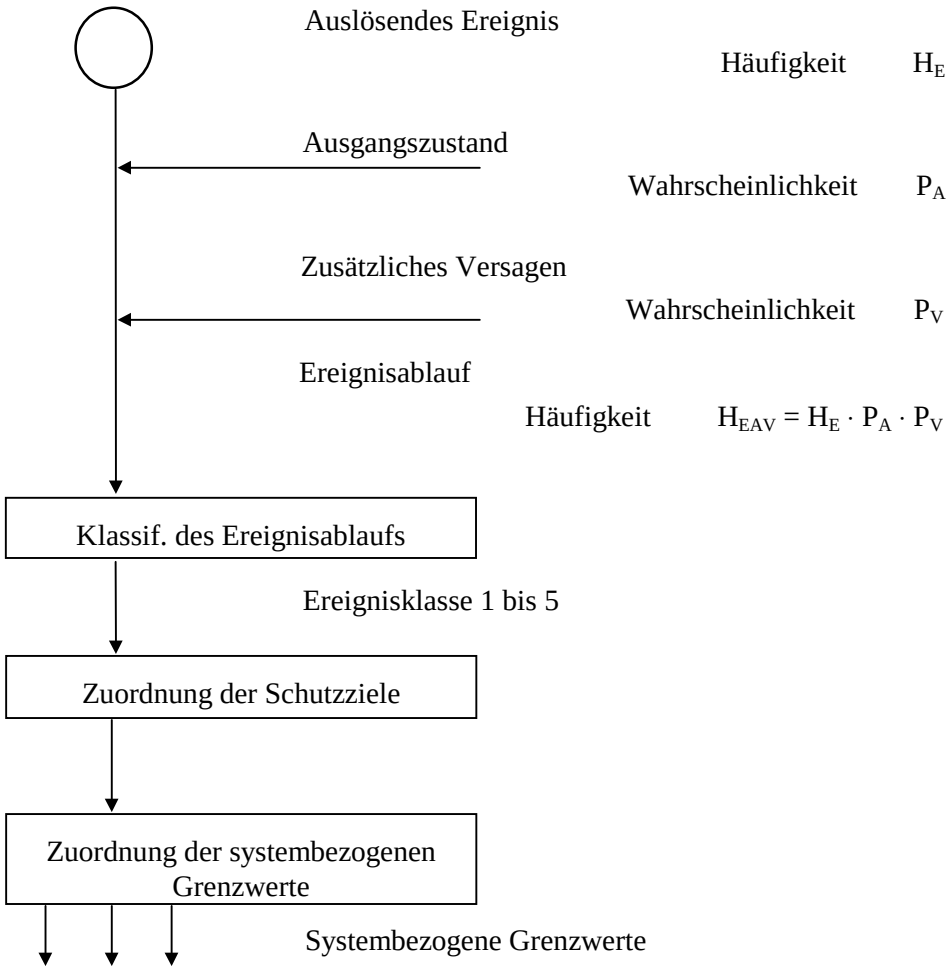


Bild 1: Zuordnung der Grenzwerte zu den Ereignisabläufen

Die Klassifizierung und Einordnung der Ereignisabläufe in Ereignisklassen wird nach den Eintrittshäufigkeiten vorgenommen. Aus praktischen Erwägungen werden die unterschiedlichen Ereignisabläufe in insgesamt fünf verschiedenen Ereignisklassen zusammengefaßt. Den Ereignisklassen werden gemäß den gesetzlichen Vorschriften grundsätzliche Schutzziele und daraus abgeleitete spezielle Schutzziele zugeordnet. Diese sind dann in system- oder bauteilbezogene Grenzwerte umzusetzen.

Bei der Festlegung von Grenzwerten kann auch berücksichtigt werden, welche Auswirkungen ein unterstelltes Versagen hätte. Dies erfolgt jedoch im allgemeinen bei Bauteilen durch unterschiedliche Anforderungsstufen - Sicherheitsklassen -.

0.7 Anwendung auf Kernkraftwerke

Das Konzept ist grundsätzlich auf ortsfeste Kernkraftwerke, unabhängig vom jeweiligen Reaktortyp, anwendbar. Diese Anwendung setzt aber voraus, daß die für die Auslegung festgelegten Ereignisabläufe klassifiziert werden.

> H i n w e i s:
> Im Anhang A sind repräsentative, für Kernkraftwerke mit Leichtwasserreaktoren angenommene Ereignisse zusammengestellt und nach Maßgabe des Konzepts den verschiedenen Ereignisklassen zugeordnet worden. Die BMI-Leitlinien zur Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwerken mit Druckwasserreaktoren gegen Störfälle im Sinne des § 28 Abs. 3 StrlSchV wurden berücksichtigt.

Im Rahmen des Konzepts wird die Zuordnung zwischen Ereignisklassen einerseits und Schutzzielen und Grenzwerten andererseits gegeben. Für die praktische Umsetzung ist eine Festlegung abgestufter Grenzwerte erforderlich. Im Anhang B werden zu berücksichtigende Schutzziele aufgeführt und jeweils der grundsätzliche Aufbau von abgestuften Grenzwerten zu diesen Schutzzielen dargestellt. Die Festlegung der Grenzwerte ist einer sorgfältigen Einzelbewertung vorbehalten. Sie wird in enger Zusammenarbeit der verschiedenen an der Regelerstellung beteiligten KTA-Unterausschüsse durchgeführt.

1 Anwendungsbereich

(1) Dieses Konzept ist bei der Aufstellung von Sicherheitsanforderungen für ortsfeste Kernkraftwerke anzuwenden. Es legt einheitlich typ- und systemunabhängige

a) Ereignisklassen,

b) grundsätzliche Schutzziele,

c) Grundsätze zur Ableitung von abgestuften Grenzwerten zur Einhaltung der Schutzziele und

d) Kriterien für die Zuordnung zwischen Ereignisabläufen, Ereignisklassen und Grenzwerten

fest.

> H i n w e i s:
> Für bauliche Anlagen gelten daneben die Grundlagen zur Festlegung von Sicherheitsanforderungen für bauliche Anlagen.

(2) Nicht Bestandteil dieses Konzepts ist die Festlegung von Einzelmaßnahmen und Grenzwerten für verschiedene Reaktortypen und Systeme.

2 Begriffe

(1) Bestimmungsgemäßer Betrieb

(a) Betriebsvorgänge, für die die Anlage bei funktionsfähigem Zustand der Systeme (ungestörter Zustand) bestimmt und geeignet ist (Normalbetrieb);

(b) Betriebsvorgänge, die bei Fehlfunktion von Anlagenteilen oder Systemen (gestörter Zustand) ablaufen, soweit hierbei einer Fortführung des Betriebs sicherheitstechnische Gründe nicht entgegenstehen (anomaler Betrieb);

(c) Instandhaltungsvorgänge (Inspektion, Wartung, Instandsetzung).

(2) Betrieb
Der Betrieb umfaßt alle Zustände und Vorgänge in der Anlage zwischen Vollzug der 1. Teilbetriebsgenehmigung und Erlöschen der Betriebsgenehmigung.

(3) Ereignis, angenommenes
Ein angenommenes Ereignis ist ein für die sicherheitstechnische Auslegung eines Kernkraftwerks zugrunde gelegter Vorfall.

> H i n w e i s:
> Das angenommene Ereignis löst einen Ereignisablauf aus.

(4) Ereignisablauf, angenommener
Ein angenommener Ereignisablauf ist das Verhalten der Anlage nach dem Auftreten des angenommenen Ereignisses, beeinflußt vom angenommenen Ausgangszustand der Anlage sowie von Gegenmaßnahmen und von weiteren Versagensannahmen.

(5) Fortführung des bestimmungsgemäßen Betriebs
Die Fortführung des bestimmungsgemäßen Betriebs ist sowohl die unterbrechungslose Fortsetzung als auch die unmittelbare Wiederaufnahme des bestimmungsgemäßen Betriebs.

(6) Grenzwert
Grenzwerte sind diejenigen Werte der Zustandsgrößen von Anlagenteilen, Systemen oder darin enthaltenen Medien, bei deren Einhaltung ein Versagen sicherheitstechnisch wichtiger Einrichtungen mit angemessenem Sicherheitsabstand ausgeschlossen ist.

(7) Häufigkeit, angenommene
Die angenommene Häufigkeit ist die nach Stand von Wissenschaft und Technik abgeschätzte Häufigkeit eines angenommenen Ereignisablaufs.

> H i n w e i s:
> Die angenommene Häufigkeit eines Ereignisablaufs wird ermittelt unter Berücksichtigung der angenommenen Häufigkeit des den Ereignisablauf auslösenden Ereignisses, der angenommenen Wahrscheinlichkeit des Ausgangszustands der Anlage beim Auftreten des auslösenden Ereignisses, der angenommenen Wahrscheinlichkeit zusätzlicher Ereignisse, die wesentlichen Einfluß auf den Ereignisablauf haben, zum Beispiel zusätzliches Versagen von Komponenten und Anregungen.

(8) Prozeßvariable
Die Prozeßvariable ist eine unmittelbar im Prozeß meßbare physikalische Größe.

(9) Versagensgrenzwert
Versagensgrenzwerte sind diejenigen Werte der Zustandsgrößen von Anlagenteilen, Systemen oder darin enthaltenen Medien, bei denen kein Sicherheitsabstand zum Versagen der betreffenden Anlagenteile und Systeme besteht.

(10) Wiederaufnahme des bestimmungsgemäßen Betriebs, unmittelbare
Die unmittelbare Wiederaufnahme des bestimmungsgemäßen Betriebs ist die Wiederherstellung der

ursprünglichen Betriebsweise nach einer vorangegangenen Unterbrechung, die eine Überprüfung des Zustands der Anlage nicht erforderlich macht.

H i n w e i s:
Vor Wiederherstellung der ursprünglichen Betriebsweise kann eine Behebung der Störungsursache und -folgen erforderlich sein.

3 Anforderungen an die Analyse angenommener Ereignisabläufe in der Anlage

(1) Eine wichtige Aufgabe der Auslegung liegt in der Festlegung der notwendigen Anforderungen an Komponenten und Systeme von sicherheitstechnischer Bedeutung. Dazu sind angenommene Ereignisabläufe zu analysieren, die alle im Betrieb möglichen Ereignisabläufe in systematischer Form abdecken.

H i n w e i s:
Bei Leichtwasserreaktoren sind Ereignisabläufe anzunehmen, die durch die in Anhang A aufgeführten Ereignisse ausgelöst werden.

(2) Die Analyse der Ereignisabläufe ist unter Anwendung rechnerischer, qualitativer oder experimenteller Methoden durchzuführen. Die für die Analyse getroffenen Annahmen müssen begründet werden. Das Ergebnis der Analyse muß alle für die Auslegung notwendigen Aussagen liefern.

H i n w e i s:
In die Analyse sollen zum Beispiel einfließen:

- Veränderung von Betriebsparametern in Abhängigkeit von Leistung und Abbrand,
- Zustand der Versorgungssysteme,
- Zustand der sicherheitstechnisch wichtigen Anlagenteile.

Eine rechnerische Analyse ist im allgemeinen nur für repräsentative Ereignisabläufe durchzuführen.

(3) Ausgangszustand für die Analyse sind angenommene Betriebsvorgänge, für die die Anlage bei funktionsfähigem Zustand der Systeme bestimmt und geeignet ist (Normalbetrieb) einschließlich der Instandhaltungsvorgänge (Inspektion, Wartung, Instandsetzung).

Dabei ist bezüglich der Auswirkungen des angenommenen Ereignisses zunächst vom wahrscheinlichsten Betriebszustand der Anlage auszugehen. Zusätzlich sind Analysen für ungünstige Ausgangszustände anzufertigen. Unsicherheiten der Prozeßvariablen sind zu berücksichtigen.

H i n w e i s:
Die Wahrscheinlichkeit der ungünstigen Ausgangszustände ist bei der Einteilung in Ereignisklassen gemäß den Abschnitten 4.2 bis 4.6 zu berücksichtigen.

4 Definition von Ereignisklassen

4.1 Allgemeines

Die Ereignisabläufe sind nach folgenden Gesichtspunkten, je nach ihrer angenommenen Häufigkeit, in die Ereignisklassen gemäß den Abschnitten 4.2 bis 4.6 einzuteilen.

a) die angenommene Häufigkeit des auslösenden Ereignisses,

b) die angenommene Wahrscheinlichkeit möglicher Ausgangszustände der Anlage,

c) die angenommene Wahrscheinlichkeit zusätzlicher Ausfälle von Komponenten oder Anregungen.

H i n w e i s:
Werden aus einem auslösenden Ereignis mehrere Ereignisabläufe abgeleitet, muß die Summe der Häufigkeiten der davon in eine Ereignisklasse fallenden Ereignisabläufe die Häufigkeitsanforderung dieser Klasse erfüllen.

4.2 Ereignisklasse 1

Die Ereignisklasse 1 umfaßt den Normalbetrieb und die Instandhaltungsvorgänge.

4.3 Ereignisklasse 2

Der Ereignisklasse 2 sind die angenommenen Ereignisabläufe zugeordnet,

a) die nicht der Ereignisklasse 1 angehören und

b) deren angenommene Häufigkeit so groß ist, daß mit ihrem Eintreten während der Betriebszeit einer Anlage gerechnet werden muß.

H i n w e i s:
Die angenommene Häufigkeit der angenommenen Ereignisabläufe ist größer $3 \cdot 10^{-2}$/a.
Die Ereignisklasse 2 umfaßt Ereignisabläufe mit und ohne Ansprechen des Reaktorschutzsystems oder von Begrenzungseinrichtungen.
Der anomale Betrieb wird im allgemeinen der Ereignisklasse 2 zugeordnet.

4.4 Ereignisklasse 3

Der Ereignisklasse 3 sind die angenommenen Ereignisabläufe zugeordnet, deren angenommene Häufigkeit so gering ist, daß ihr Eintreten innerhalb der Lebensdauer einer Anlage nicht erwartet wird, jedoch innerhalb der Lebensdauer mehrerer Anlagen für eine dieser Anlagen nicht ausgeschlossen werden kann.

H i n w e i s:
Die angenommene Häufigkeit der angenommenen Ereignisabläufe liegt zwischen $3 \cdot 10^{-2}$/a und $1 \cdot 10^{-4}$/a.

4.5 Ereignisklasse 4

Der Ereignisklasse 4 sind die angenommenen Ereignisabläufe zugeordnet,

a) deren angenommene Häufigkeit so gering ist, daß ihr Eintreten in keiner Anlage erwartet wird und

b) die jedoch zur sicherheitstechnischen Auslegung der Anlage als Grenzfälle herangezogen werden.

H i n w e i s:
Die angenommene Häufigkeit der angenommenen Ereignisabläufe liegt zwischen $1 \cdot 10^{-4}$/a und $1 \cdot 10^{-5}$/a.

4.6 Ereignisklasse 5

Der Ereignisklasse 5 sind die angenommenen Ereignisabläufe zugeordnet,

a) deren angenommene Häufigkeit so gering ist, daß ihr Eintreten bei keiner Anlage erwartet wird und

b) gegen die wegen ihrer geringen Eintrittswahrscheinlichkeit nicht gemäß § 28 Abs. 3 StrlSchV ausgelegt werden muß, gegen deren Folgen die Anlagenkonstruktion risikomindernde Eigenschaften besitzen muß.

H i n w e i s:
Die angenommene Häufigkeit der angenommenen Ereignisabläufe ist kleiner $1 \cdot 10^{-5}$/a.

5 Zuordnung von Schutzzielen zu den Ereignisklassen

5.1 Allgemeines

(1) Bei den Ereignisabläufen, gegen die die Anlage auszulegen ist, müssen folgende grundsätzliche Schutzziele eingehalten werden:

a) Die Strahlenexposition muß entsprechend der StrlSchV begrenzt und unterhalb der Grenzwerte möglichst gering gehalten werden.

b) Die Integrität der Barrieren gegen Aktivitätsfreisetzung muß möglichst weitgehend erhalten bleiben.

c) Die Funktionsfähigkeit von Systemen mit sicherheitstechnischer Bedeutung muß möglichst weitgehend erhalten bleiben.

(2) Die Einhaltung der grundsätzlichen Schutzziele wird mittels spezieller abgeleiteter Schutzziele für die Ereignisklassen 1 bis 4 (siehe Abschnitt 5.2) erreicht. Den grundsätzlichen und den speziellen Schutzzielen sind systemspezifische Grenzwerte zuzuordnen.

H i n w e i s:
Die systemspezifischen Grenzwerte werden auch unter Beachtung des Gefährdungspotentials der Systeme und Komponenten festgelegt.

(3) Entsprechend dem Konzept, werden für Ereignisabläufe mit höherer Häufigkeit Grenzwerte mit größeren Sicherheitsabständen festgelegt als für Ereignisabläufe geringerer Häufigkeit.

Die Annahme

- ungünstiger Ausgangszustände der Anlage,
- zusätzlicher Ausfälle von Komponenten oder Anregungen

bedingt die Überprüfung der angenommenen Häufigkeit des betrachteten Ereignisses oder Ereignisablaufs.

(4) Für bauliche Anlagen gilt: In Ausführung der Grundlagen zur Festlegung von Sicherheitsanforderungen für bauliche Anlagen sind für die Nachweise, daß die Schutzziele beim Auftreten der Ereignisabläufe eingehalten werden, die Sicherheitsindizes nach Anhang B anzuwenden.

5.2 Spezielle Schutzziele und Kriterien für Grenzwerte

5.2.1 Ereignisklasse 1

(1) Ereignisabläufe dieser Klasse gestatten die unterbrechungslose Fortsetzung des bestimmungsgemäßen Betriebs. Daher müssen die Grenzwerte dieser Klasse so festgelegt werden, daß die Beanspruchungen auf ihre Betriebswerte (einschließlich Toleranzen) begrenzt bleiben.

(2) Im einzelnen wird gefordert:

a) Die Strahlenexposition in der Anlage und der Umgebung muß innerhalb der für den bestimmungsgemäßen Betrieb zugelassenen Werte bleiben.

b) Beanspruchungen in Komponenten verbleiben zur Sicherstellung eines möglichst störfallfreien und umweltverträglichen Betriebs innerhalb der für den Normalbetrieb geplanten und zugelassenen Grenzen. Dazu müssen alle Prozeßvariablen innerhalb ihrer betrieblichen Bereichsgrenzen bleiben.

5.2.2 Ereignisklasse 2

(1) Sofern der Reaktorbetrieb bei Ereignisabläufen dieser Klasse unterbrochen wird, soll nach Behebung der Störungsursache und -folgen die Wiederaufnahme des bestimmungsgemäßen Betriebs im gleichen Umfang wie vor Eintreten des auslösenden Ereignisses unverzüglich möglich sein.

Daher müssen die Grenzwerte dieser Klasse so festgelegt werden, daß die Beanspruchungen in Komponenten, mit Ausnahme von Verschleißteilen, so begrenzt sind, daß ihr weiterer Einsatz zweifelsfrei auch ohne weitere Prüfungen und Nachweise gestattet ist.

(2) Im einzelnen wird gefordert:

a) Die Strahlenexposition in der Anlage und der Umgebung muß innerhalb der für den bestimmungsgemäßen Betrieb zugelassenen Werte bleiben.

b) Beanspruchungen, die die Integrität der Barrieren gegen Aktivitätsfreisetzung beeinflussen können, verbleiben innerhalb der für transiente Belastung zugelassenen Grenzen.

c) Beanspruchungen von Komponenten in Systemen mit sicherheitstechnischer Bedeutung bleiben so begrenzt, daß eine Beeinträchtigung ihrer Integrität und Funktionsfähigkeit nicht zu erwarten ist.

5.2.3 Ereignisklasse 3

(1) Ereignisabläufe dieser Klasse müssen so begrenzt sein, daß die Wiederaufnahme des bestimmungsgemäßen Betriebs nach Behebung der Schadensursachen und -folgen und nach Überprüfung des Zustands der Anlage wieder möglich ist.

(2) Im einzelnen wird gefordert:

a) In bezug auf die Strahlenexposition in der Umgebung ist § 28 Abs. 3 StrlSchV anzuwenden. Dazu ist die Abgabe von radioaktiven Stoffen entsprechend zu begrenzen.

b) Beanspruchungen die die Integrität der Barrieren gegen Aktivitätsfreisetzung beeinflussen können, verbleiben innerhalb der zugelassenen Grenzen, die einen Abstand zum Versagensgrenzwert aufweisen.

Für die wesentlichen Barrieren zur Zurückhaltung von Spaltprodukten bedeutet dies:

1. Die Kerngeometrie läßt eine ausreichende Kernkühlung zu.
2. Für Leichtwasserreaktoren:

   Die Beanspruchungen der Druckführenden Umschließung verbleiben innerhalb der für Betriebsstufe C nach KTA 3201.2 Abschnitt 3.3.3.4 zugelassenen Grenzen.
3. Für Leichtwasserreaktoren:

   Die Beanspruchungen des Sicherheitsbehälters sind so begrenzt, daß er im Sinne von KTA 3401.2 funktionsfähig bleibt.

c) Eine zur Sicherstellung der langfristigen Aufrechterhaltung des abgeschalteten Zustands, des Abfahrens und der langfristigen Nachkühlung ausreichende Anzahl von Sicherheitseinrichtungen einschließlich ihrer Hilfssysteme muß funktionsfähig bleiben.

5.2.4 Ereignisklasse 4

(1) Nach Ereignisabläufen dieser Klasse ist die Wiederaufnahme des bestimmungsgemäßen Betriebs nicht in allen Fällen sichergestellt.

Aus diesem Grunde wird nur gefordert, daß die sichere Abschaltung der Anlage, das Abfahren in den langfristig sicheren Zustand und die Nachkühlbarkeit langfristig gewährleistet sind.

(2) Im einzelnen wird gefordert:

a) Die Strahlenexposition der Umgebung muß auf die Höchstwerte des § 28 Abs. 3 StrlSchV begrenzt bleiben.

b) Beanspruchungen die die Integrität der Barrieren gegen Aktivitätsfreisetzung beeinflussen können, verbleiben unterhalb des Versagensgrenzwertes.

   Für die wesentlichen Barrieren zur Zurückhaltung von Spaltprodukten bedeutet dies:

   1. Die Kerngeometrie läßt eine ausreichende Kernkühlung zu.
   2. Für Leichtwasserreaktoren:

      Die Beanspruchungen der Druckführenden Umschließung verbleiben innerhalb der für Betriebsstufe D nach KTA 3201.2 Abschnitt 3.3.3.5 zugelassenen Grenzen.
   3. Für Leichtwasserreaktoren:

      Die Beanspruchungen des Sicherheitsbehälters sind so begrenzt, daß er im Sinne von KTA 3401.2 funktionsfähig bleibt.

c) Eine zur Sicherstellung der langfristigen Aufrechterhaltung des abgeschalteten Zustands, des Abfahrens und der langfristigen Nachkühlung ausreichende Anzahl von Sicherheitseinrichtungen einschließlich ihrer Hilfssysteme muß funktionsfähig bleiben.

5.2.5 Ereignisklasse 5

Gegen die Folgen von Ereignisabläufen dieser Klasse muß wegen ihrer geringen Eintrittswahrscheinlichkeit nicht gemäß § 28 Abs. 3 StrlSchV ausgelegt werden. Jedoch muß die Anlagenkonstruktion in bestimmten Fällen schadenseingrenzende Eigenschaften besitzen. Dies ist dadurch sicherzustellen, daß für bestimmte deterministisch vorgegebene Ereignisabläufe die dazu genannten speziellen Anforderungen eingehalten werden.

Anhang A

Angenommene Ereignisse und Ereignisabläufe bei Leichtwasserreaktoren

		Ereignis-klasse [1]	Störfall- Leitlinien [2]	
			aufgeführt in Tabelle	Analyse für, Bemerkungen
1	**Erhöhte Wärmeabfuhr durch das Frischdampf- und Speise-wassersystem**			
1.1	Fehlfunktion im Speisewassersystem, die zum Absinken der Speisewassertemperatur führt	2		
1.2	Fehlfunktion im Speisewassersystem, die zum Anstieg des Speisewasserdurchsatzes führt	2		
1.3	Fehlfunktion der Regelung, die zum Anstieg des Frischdampf-durchsatzes führt	2		
1.4	Unbeabsichtigtes Öffnen von Armaturen (z.B. Umleitventile, Entlastungsventile, Sicherheitsventile)	2		
1.5	Leckagen und Brüche im Frischdampfleitungssystem			
1.5.1	Langandauernder Ausfall der Hauptwärmesenke bei betrieblichen Leckagen an den Dampferzeugerheizrohren	3	I.3.1	RA
1.5.2	Kleine Leckagen im Frischdampfleitungssystem	2		
1.5.3	Leckage aus der Frischdampfleitung außerhalb des Sicherheits-behälters bei betrieblichen Leckagen an den Dampferzeugerheiz-rohren	4	I.3.1	AS
1.5.4	Frischdampfleitungsbruch zwischen Sicherheitsbehälter und Frischdampfsicherheitsarmatur	5 [3]	II.4	VO
1.5.5	Leck in einer Frischdampfleitung hinter der äußeren Absperrar-matur mit gleichzeitigem Auftreten von Dampferzeugerheizrohr-schäden	4	I.3.2	RA/AS
1.5.6	Fehlerhaftes Offenbleiben eines Frischdampf-Sicherheitsventils mit Dampferzeugerheizrohrschäden	4	I.3.2	AS
1.5.7	Frischdampfleitungsbruch im Sicherheitsbehälter	4	II.1.2	AS
1.5.8	Leckagen aus der Frischdampfleitung innerhalb des Sicherheits-behälters	3	I.3.1	SI/AS
1.5.9	Leck in der Frischdampfleitung im Ringraum	4	II.4	VO

		Ereignis-klasse [1]	Störfall- Leitlinien [2]	
			aufgeführt in Tabelle	Analyse für, Bemerkungen
2	**Verringerte Wärmeabfuhr durch das Frischdampf- und Speisewassersystem**			
2.1	Fehlfunktion der Regelung, die zu einem Absinken des Frisch-dampfdurchsatzes führt	2		
2.2	Lastabwurf auf Eigenbedarf	2		
2.3	Turbinenschnellschluß	2		
2.3.1	Turbinenschnellschluß mit Öffnen der Umleitstation	2		
2.3.2	Turbinenschnellschluß ohne Öffnen der Umleitstation (z.B. bei Verlust des Kondensatorvakuums)	2		
2.4	Unbeabsichtigtes Schließen von Frischdampf-Absperrarmaturen	2		
2.5	Ausfall der Eigenbedarfsversorgung			
2.5.1	Notstromfall, kurzzeitig (≤ 30 min)	2		
2.5.2	Notstromfall, langzeitig (> 30 min)	3	II.2	AS
2.6	Fehlfunktion der Speisewasserversorgung			
2.6.1	Ausfall der betrieblichen Speisepumpen	2		
2.6.2	Fehlerhaftes Schließen von Armaturen	2		
2.7	Leckagen und Brüche des Speisewassersystems			
2.7.1	Kleine Leckagen im Speisewasserleitungssystem, die das be-triebsübliche Abschalten und Abfahren nicht ausschließen	2		
2.7.2	Bruch von Rohrleitungen im Speisewasserleitungssystem, der das betriebsübliche Abschalten und Abfahren ausschließt	3		
2.7.3	Großer Rund- oder Längsriß einer Speisewasserleitung	4		
2.7.4	Leck in der Speisewasserleitung im Ringraum	4	II.4	VO
3	**Verringerung des Durchsatzes im Reaktorkühlsystem**			
3.1	Ausfall einer oder mehrerer Hauptkühlmittelpumpen	2		
3.2	Fehlfunktion der Regelung, die zur Verringerung des Durchsat-zes führt (beim SWR)	2		
3.3	Blockieren einer Hauptkühlmittelpumpe oder Bruch einer Haupt-kühlmittelpumpenwelle	5		
4	**Druckänderungen im Reaktorkühlsystem**			
4.1	Druckabfall durch fehlerhaftes Sprühen	2		
4.2	Druckanstieg durch fehlerhaftes Einschalten der Druckhalterhei-zung (beim DWR)	2		

		Ereignis-klasse [1]	Störfall- Leitlinien [2]	
			aufgeführt in Tabelle	Analyse für, Bemerkungen
5	**Fehlerhafte Änderung der Reaktivität und der Leistungsverteilung**			
5.1	Fehlerhaftes Ausfahren von Steuerelementen	2		
5.2	Auswurf des wirksamsten Steuerelementes (DWR)	4	II.1.1	AS
	oder Herausfallen eines Steuerstabs (SWR)	4		
5.3	Fehlfunktion der Regelung, die zu einem Anstieg des Durchsatzes im Reaktorkühlsystem führt (SWR)	2		
5.4	Unbeabsichtigte Borsäurekonzentrationsveränderung im Kühlmittel (DWR)	2		
5.5	Einsetzen und Inbetriebnahme eines Brennelementes in einer falschen Position	2		
5.6	Fehlerhaftes Zuschalten einer Hauptkühlmittelpumpe	2		
5.7	Kaltwassereinspeisung in das Reaktorkühlsystem aus anschließenden Systemen (z.B. Umgehung der Rekupativ-Wärmetauscher des Volumenregelsystems beim DWR)	2		
6	**Zunahme des Reaktorkühlmittelinventars**			
6.1	Fehleinspeisen von Notkühlsystemen	2		
6.2	Fehlfunktion oder Bedienungsfehler im Volumenregelsystem, die zu einer Vergrößerung des Reaktorkühlmittelinventars führen	2		
7	**Leckagen von Primärkühlmittel**			
7.1	Unbeabsichtigtes Öffnen eines Druckhaltersicherheits- oder -abblaseventils (DWR) oder eines Sicherheits- oder Entlastungsventils (SWR)	2		
7.2	Leckagen und Brüche im Primärsystem			
7.2.1	Kleine Leckagen im Primärsystem, die das betriebliche Abschalten und Abfahren zulassen	2		
7.2.2	Kleines Leck innerhalb des Sicherheitsbehälters	3	I.1.2	AS
7.2.3	Leck in der Hauptkühlmittelleitung	4	I.1.1	RA/AS
7.3	Schäden an Dampferzeugerheizflächen			
7.3.1	Dampferzeugerleckagen	2	I.2	AS
7.3.2	Heizrohrversagen			
7.3.2.1	Dampferzeuger-Heizrohrversagen ohne Notstromfall	3	I.2	AS
7.3.2.2	Dampferzeuger-Heizrohrversagen mit Notstromfall (kurzzeitig)	3	I.2	AS
7.4	Leckagen außerhalb des Sicherheitsbehälters			
7.4.1	Leck im Volumenregelsystem außerhalb des Sicherheitsbehälters	3	I.4.1	AS
7.4.2	Leck in einer primärkühlmittelführenden Meßleitung	3	I.4.2	RA
7.4.3	Leck im Nachkühlsystem an beliebigen Stellen außerhalb des Sicherheitsbehälters im Ringraum während des Nachwärmeabfuhrbetriebes	4	II.3	VO

		Ereignis-klasse [1]	Störfall- Leitlinien [2]	
			aufgeführt in Tabelle	Analyse für, Bemerkungen
8	**Freisetzungen radioaktiver Stoffe aus Teilsystemen oder Komponenten**			
8.1	Störungen im Abgas- und Abwassersystem	2		
8.2	Leck in einer Rohrleitung im Abgassystem	3	I.5	RA
8.3	Leckage eines Behälters mit radioaktiv kontaminiertem Wasser (größte radiologische Auswirkungen)	3	I.5	RA
8.4	Störungen bei Brennelementhandhabung und -lagerung			
8.4.1	Brennelementebeschädigung bei der Handhabung	3	I.6	RA
8.4.2	Absturz des Brennelementtransportbehälters außerhalb des Sicherheitsbehälters	5	II.6	VO
8.4.3	Absturz schwerer Lasten einschließlich Brennelementtransportbehälter auf das Brennelementlagerbecken	5[3]	II.6	VO
8.4.4	Wasserverlust aus dem Brennelementlagerbecken	5	II.6	VO
9	**Einwirkungen von außen**			
9.1	Erdbeben (einschließlich Folgeschäden)			
9.1.1	Erdbebenauswirkungen auf Reaktorgebäude, Notspeisegebäude, Schaltanlagengebäude, Notstromdieselgebäude, Nebenkühlwasserbauwerke	4	I.7	SI/AS
9.1.2	Erdbebenauswirkungen auf das Reaktorhilfsanlagengebäude	4	I.7	RA/SI
9.2	Flugzeugabsturz	5		
9.3	Explosionen	5		
9.4	Chemische Schadstoffe	5		
9.5	Äußerer Brand	5	II.9	VO
9.6	Hochwasser	4	II.9	VO
9.7	Blitzschlag	2 - 5	II.9	VO
9.8	Sonstige naturbedingte Einwirkungen	2 - 5	II.9	VO

		Ereignis-klasse [1]	Störfall- Leitlinien [2]	
			aufgeführt in Tabelle	Analyse für, Bemerkungen
10	**Verschiedenes**			
10.1	Folge des Turbinenversagens	5	II.8	VO
10.2	Überdrehzahl einer Hauptkühlmittelpumpe im Kühlmittelverlust-störfall	5[3]	II.8	VO
10.3	Anlageninterne Brände und Explosionen	3 - 5	II.7	VO
10.4	Überflutung innerhalb der sicherheitstechnisch relevanten Gebäude	3 - 4	II.5	VO
10.5	Betriebstransienten mit unterstelltem Ausfall des Schnellab-schaltsystems (ATWS)	5		
10.6	Leck in der Dampferzeuger-Abschlämmleitung im Ringraum	4	II.4	VO

Zeichenerklärung:

1) Bei angenommenen Ereignissen:
Ereignisklasse des wahrscheinlichsten, durch das angenommene Ereignis ausgelösten Ereignisablaufs (d. h., im allgemeinen von Nennbetriebsbedingungen ausgehend und ohne zusätzliche Versagensannahmen).

2) Die Leitlinien zur Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwerken mit DWR gegen Störfälle i. S. d. § 28 Abs. 3 StrlSchV gelten für ortsfeste Kernkraftwerke mit Druckwasserreaktoren, soweit sie ihre 1. TEG nicht vor dem 01.07.1982 erhalten haben.
Nach dem Abschnitt "Teil 2: Auslegungsbestimmende Störfälle" wird in der Spalte "Analyse für" der Tabellen I und II angegeben, unter welchen Gesichtspunkten der definierte Störfall zu betrachten ist:

RA: Mit "RA" werden aus der Menge aller radiologisch relevanten Störfälle in Tabelle I nur die radiologisch repräsentativen Störfälle gekennzeichnet. Die radiologischen Auswirkungen sind zu berechnen.

AS: Die Analyse dieser Störfälle ist zur Auslegung von Sicherheitseinrichtungen oder von Gegenmaßnahmen durchzuführen.

SI: Die Analyse dieser Störfälle dient der Auslegung von Komponenten oder baulichen Anlagen auf Standsicherheit oder Integrität.

VO: Eine Störfallanalyse ist nicht erforderlich, wenn die in der Spalte Vorsorgemaßnahmen genannten Vorsorgemaßnahmen als getroffen nachgewiesen werden. Der jeweilige Störfall wird durch diese Vorsorgemaßnahmen vermieden oder beherrscht.

Werden andere Maßnahmen als die genannten Vorsorgemaßnahmen getroffen, so sind die betreffenden Störfälle auf eine Klassifizierung als RA, AS oder SI zu überprüfen.

3) Die Kraftwerk Union AG schlägt vor, diese Ereignisabläufe keiner Ereignisklasse zuzuordnen, da diese Ereignisabläufe aufgrund getroffener Vorsorgemaßnahmen und aufgrund der Festlegungen im Regelwerk als deterministisch ausgeschlossen zu gelten haben.

Anhang B

Beispiele für die Zuordnung von Schutzzielen und Ereignisklassen über Grenzwerte für Leichtwasserreaktoren

H i n w e i s:
Im Anhang B ist der grundsätzliche Aufbau von abgestuften Grenzwerten dargestellt. Die endgültige Festlegung der Grenzwerte muß einer noch durchzuführenden sorgfältigen Einzelbewertung vorbehalten bleiben.

Schutzziel	Ereignis-klasse 1	Ereignis-klasse 2	Ereignisklasse 3	Ereignisklasse 4	Ereignis-klasse 5
Umgebung					
Strahlenbelastung der Umgebung	§ 45 StrlSchV		§ 28 Abs. 3 StrlSchV Störfall-Leitlinien		-
Personal					
Dauerbelastung beruflich strahlenexponierter Personen	§§ 49, 54 StrlSchV		-	-	-
Belastung für GRUSI-Bau					
Sicherheitsindex β	4,7		4,2	2,5	1,0
Primärsystem					
Integrität					
- Beanspruchungen	Betriebsstufe A (KTA 3201.2)	Betriebsstufe B (KTA 3201.2)	Betriebsstufe C (KTA 3201.2)	Betriebsstufe D (KTA 3201.2)	Betriebsstufe E (KTA 3201.2)

Schutzziel	Ereignisklassen 1 bis 5 Grenzwerte sind festzulegen durch
Gesamtanlage Verfügbarkeit - Vermeiden von Abschaltungen - Ausnutzung des Lebensdauerbudgets - Vermeiden von Ventilansprechen	alle Unterausschüsse im Hinblick auf ihr jeweiliges Fachgebiet
Reaktorkern Kühlfähige Geometrie Hüllrohrintegrität - Wärmeübergang bzw. Hüllrohrtemperatur - Brennstoffschmelzen - Zulässige Anzahl geschädigter Brennstäbe als unmittelbare Folge des Ereignisses - Chemische Korrosion Abschaltfähigkeit auf ausreichende Unterkritikalität - Erhalten einer abschaltfähigen Geometrie - Langfristige Unterkritikalität - Kurzfristige Unterkritikalität	Unterausschuß REAKTORKERN
Primärsystem Integrität - Systemdruck p_{sp}	Unterausschuß DRUCKFÜHRENDE UMSCHLIESSUNGEN
Sekundärsystem Systemdruck p_{ss} bzw. Materialspannungen	Unterausschuß DRUCKFÜHRENDE UMSCHLIESSUNGEN
Leittechnik Funktionsfähigkeit	Unterausschuß INSTRUMENTIERUNG UND REAKTORSCHUTZ
Brennelement-Lagerbecken Gewährleistung der Kühlung der BEB Spannungen der BE-Lagerbeckeneinbauten Kritikalitätssicherheit des Lagerbeckens Korrosion der Brennstabhüllen (Wanddickenverluste) im Lagerbecken	Unterausschuß RADIOAKTIVITÄTSRÜCKHALTUNG

Anhang C

Bestimmungen, auf die in diesem Konzept verwiesen wird

Atomgesetz	Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz) in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. Oktober 1976 (BGBl. I, S. 3053), zuletzt geändert durch Gesetz vom 20. August 1980 (BGBl. I, S. 1556)
StrlSchV	Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV) vom 13. Oktober 1976 (BGBl. I, S. 2905; BGBl. 1977 I, S. 184, 269), zuletzt geändert durch Verordnung vom 22. Mai 1981 (BGBl. I, S. 445)
Störfall-Leitlinien	Leitlinien zur Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwerken mit Druckwasserreaktoren gegen Störfälle im Sinne des § 28 Abs. 3 der Strahlenschutzverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Oktober 1983 (BAnz. Nr. 245 a vom 31.12.1983)
KTA 3201.2 (10/80)	Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren, Teil: Auslegung, Konstruktion und Berechnung, Regel in der Fassung 10/80, Abschnitte 3.3.3.2 bis 3.3.3.5
KTA 3401.2 (6/80)	Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl, Teil: Auslegung, Konstruktion und Berechnung, Regel in der Fassung 6/80, Abschnitte 3.2.4 und 3.2.5
GRUSI-Bau (1981)	Grundlagen zur Festlegung von Sicherheitsanforderungen für bauliche Anlagen, 1. Auflage 1981, Herausgeber: DIN

Dokumentationsunterlage zum Konzept Klassifizierung von Ereignisabläufen für die Auslegung von Kernkraftwerken

1 Auftrag des KTA

Der Kerntechnische Ausschuß hat am 1.3.1977 den Unterausschuß KOORDINIERUNG VON STÖRFALLFRAGEN gebildet mit den Aufgaben, zur Thematik "Störfallanalysen" das bisher vorhandene Material zu sichten und zu bewerten. Die sich daraus ergebenden allgemeinen Aussagen sollen aufgeführt werden. Dafür sind Vorschläge zur Strukturierung sowie zum Arbeitsprogramm zu entwickeln. Über die Ergebnisse der Arbeit ist im Einvernehmen mit dem PROGRAMM-UNTERAUSSCHUSS dem KTA Bericht zu erstatten.

2 Beteiligte Fachleute

2.1 Zusammensetzung des KTA-Unterausschusses STÖRFALLFRAGEN (UA-SF)

Vertreter der Hersteller und Ersteller

Mitglieder

Caspar	Brown Boveri Reaktor GmbH, Mannheim
Dr. Sommer	Hochtemperatur-Reaktorbau GmbH, Mannheim
Dr. Preusche	Kraftwerk Union AG, Erlangen

stellvertretende Mitglieder

Dr. Sander	Brown Boveri Reaktor GmbH, Mannheim
Klein	Internationale Atomreaktorbau GmbH, Bergisch Gladbach
Dr. Krugmann	Kraftwerk Union AG, Erlangen
Weidner	Kraftwerk Union AG, Erlangen

Vertreter der Betreiber

Mitglieder

Dr. Bröcker	Nordwestdeutsche Kraftwerke AG, Hamburg
Dr. Brosche	Bayernwerk AG, München
Meininghaus	Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen AG, Dortmund

stellvertretende Mitglieder

Eßmann	Preußische Elektrizitäts-AG, Hannover
Dr. Bauer	Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG, Essen
Lorenz	Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen AG, Dortmund

Vertreter des Bundes und der Länder

Mitglieder

Dr. Bloser	Bundesministerium des Innern, Bonn
Dr. Keil	Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung Baden-Württemberg, Stuttgart
Dr. Wirth	Sozialministerium des Landes Schleswig-Holstein, Kiel

stellvertretende Mitglieder

Dr. Wendling	Bundesministerium des Innern, Bonn
Dr. Lienhart	Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung Baden-Württemberg, Stuttgart
Paulsen	Sozialministerium des Landes Schleswig-Holstein, Kiel

Vertreter der Gutachter und Beratungsorganisationen

Mitglieder

W. Ullrich	Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln (Obmann)
Knop	Technischer Überwachungs-Verein Norddeutschland e.V., Hamburg
Dr. Franke	Technischer Überwachungs-Verein Stuttgart e.V., Filderstadt

stellvertretende Mitglieder

Dr. Scharfe	Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln
Wieland	Technischer Überwachungs-Verein Norddeutschland e.V., Hamburg

Vertreter der sonstigen Behörden, Organisationen und Stellen

Mitglieder

Halmy	DIN / Technischer Überwachungs-Verein Rheinland e.V., Köln
Dr. Maier	ARGEBAU / Institut für Stahlbau der Technischen Universität Braunschweig, Braunschweig
Bernard	Deutscher Gewerkschaftsbund

Dr. Kröger	Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jülich

stellvertretende Mitglieder

Dr. Grün	DIN / Kraftwerk Union AG, Erlangen

2.2 Hinzugezogene Fachleute

Dr. Frisch	Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Garching
Hoffmeister	Motor-Columbus SA, Schweiz (vormals: Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln)
Dr. Knecht	Internationale Atomreaktorbau GmbH, Bergisch Gladbach
Löhner	Bayernwerk AG, München (vormals: Kraftwerk Union AG, Erlangen)

2.3 Zuständige Mitarbeiter der KTA-Geschäftsstelle

Freund	KTA-Geschäftsstelle, Köln
Leimeister	KTA-Geschäftsstelle, Köln

3 Erstellung des Konzepts

Um dem Auftrag des KTA gerecht zu werden, haben der Unterausschuß KOORDINIERUNG VON STÖRFALLFRAGEN (UA-SF) sowie die aus seiner Mitte gebildeten Arbeitsgruppen in 17 Sitzungstagen ein Konzept für Kriterien zur Bewertung von angenommenen Ereignisabläufen erarbeitet, die zur Auslegung von Kernkraftwerken herangezogen werden, um damit die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden treffen zu können.

Grundlage des Konzepts ist ein Papier des Arbeitsgremiums zu dem Regelvorhaben KTA 3101 "Auslegung des Reaktorkerns von Druck- und Siedewasserreaktoren".

Der UA-SF hat auf seiner 7. Sitzung am 1./2.2.1979 das

> "Konzept für Kriterien zur Bewertung von angenommenen Ereignisabläufen
> zur sicherheitstechnischen Auslegung von Kernkraftwerken",
> KTA-Dok.-Nr. UA-SF/79/2,

vorerst abschließend behandelt. Das in diesem Bericht niedergelegte Konzept der Zuordnungen von angenommenen Ereignisabläufen zu Ereignisablaufklassen und Schutzzielklassen wurde am 15.2.1979 den im KTA vertretenen Gruppen und den KTA-Unterausschüssen zur Stellungnahme vorgelegt. Stellungnahmen sind eingegangen seitens:

- Versuchsatomkraftwerk Kahl GmbH,
- Industriegewerkschaft Metall, Geschäftsstelle der Arbeitsgemeinschaft Kerntechnik der IG Metall-ÖTV,
- KTA-Unterausschuß INSTRUMENTIERUNG UND REAKTORSCHUTZ (UA-IR),
- Innenministerium Baden-Württemberg,
- Brown, Boveri + Cie. AG,
- Vereinigung der Technischen Überwachungs-Vereine e.V.,
- Kraftwerk Union AG,

- KTA-Unterausschuß KREISLÄUFE 2 (UA-K2),
- KTA-Unterausschuß STARKSTROM (UA-SS),
- KTA-Unterausschuß GASFÖRMIGE ABLEITUNGEN (UA-GA),
- Der Bundesminister des Innern.

Der UA-SF sowie eine aus seiner Mitte gebildete Arbeitsgruppe haben in weiteren 13 Sitzungstagen die Stellungnahmen behandelt und in das Konzept eingearbeitet. Der UA-SF hat auf seiner 10. Sitzung am 13.1.1981 das überarbeitete

> "Konzept für Kriterien zur Bewertung von angenommenen Ereignisabläufen",
> KTA-Dok.-Nr. UA-SF/81/1,

einstimmig verabschiedet.

Der UA-SF empfiehlt für die weitere Vorgehensweise:

(1) Das Konzept soll als Arbeitsgrundlage für regelerarbeitende Gremien im KTA dienen.

(2) Aufgrund der dabei gewonnenen Erfahrungen soll in einem weiteren Schritt ein Regelentwurf erarbeitet werden.

Folgende Punkte sind noch zu bearbeiten:

(1) Festlegung der systemspezifischen Grenzwerte für die einzelnen Grenzwertklassen.

(2) Die Anwendung des vorgeschlagenen Konzepts soll zunächst für einen Druckwasserreaktor ausserhalb eines konkreten Genehmigungsverfahrens demonstriert werden. Hierbei sind unter Verwendung bereits vorliegender Auslegungsmerkmale, Daten und Untersuchungen folgende Punkte anzugehen:
   - Zusammenstellung der Ereignisabläufe,
   - Randbedingungen für die Ereignisabläufe,
   - Klassifizierung der Ereignisabläufe in Ereignisklassen,
   - Überprüfung der Einhaltung der Schutzziele,
   - Bewertung des Verfahrens.

(3) Es sollen abgestufte Anforderungen an die Qualität elektrischer und mechanischer Komponenten und Geräte auf einer gemeinsamen Basis aufgestellt werden.

Das Konzept und die Anträge des UA-SF haben dem KTA-Präsidium zu seiner 30. Sitzung am 11.3.1981 vorgelegen. Nach Beratung mit dem Obmann des UA-SF, in der u.a. Änderungen, die im wesentlichen die Ereignisklasse 5 betreffen, vorgenommen wurden, sind die Mitglieder des Präsidiums übereingekommen, sich dieses Konzept zu eigen zu machen und die in den Anträgen des UA-SF beantragten Maßnahmen durch das Präsidium zu veranlassen. Das Konzept soll in die Regelarbeit einfließen und die dabei gesammelten Erfahrungen sind zur Weiterentwicklung des Konzepts zu verwenden. Erst danach soll vom KTA über ein entsprechendes Regelvorhaben beschlossen werden. Bei der Erprobung des Konzepts bittet das KTA-Präsidium die zu beteiligenden KTA-Unterausschüsse, wie folgt zu verfahren:

1. Das KTA-Präsidium bittet die KTA-Unterausschüsse und ihre Gremien, das "Konzept für Kriterien zur Bewertung von angenommenen Ereignisabläufen", KTA-Dok.-Nr. UA-SF/81/5, als Arbeitsgrundlage zu benutzen mit der Zielsetzung, daß Ereignisabläufe in KTA-Regeln auf diese. Grundlage einheitlich behandelt werden.

   Hierzu bittet das Präsidium die Obleute der betroffenen Unterausschüsse, die bei der Anwendung des Konzepts angenommenen Erfahrungen und Anregungen dem Unterausschuß STÖRFALLFRAGEN zu berichten.

Für die Lösung sich ergebender Sachfragen werden die Obleute des Unterausschusses STÖRFALLFRAGEN und des betroffenen Unterausschusses gebeten, gemischte Gremien zu bilden.

2. Das KTA-Präsidium bittet alle Unterausschüsse, ausgenommen die Unterausschüsse für allgemeine Aufgaben, systemspezifische Grenzwerte für die einzelnen Grenzwertklassen auf der Grundlage des Konzepts zu erarbeiten und dem Unterausschuß STÖRFALLFRAGEN mitzuteilen. Diese Arbeiten sollten bis Sommer 1982 abgeschlossen werden.

3. Das KTA-Präsidium bittet die Unterausschüsse INSTRUMENTIERUNG UND REAKTORSCHUTZ, KREISLÄUFE 2 und STARKSTROM, abgestufte Anforderungen an die Funktionssicherheit von elektrischen und mechanischen Geräten und Komponenten aufzustellen. Diese Arbeiten sollten in enger Zusammenarbeit mit dem Unterausschuß STÖRFALLFRAGEN erfolgen und bis Ende 1982 abgeschlossen werden.

4. Das KTA-Präsidium bittet den Unterausschuß STÖRFALLFRAGEN, die Anwendung des vorgeschlagenen Konzepts für den Druckwasserreaktor zu demonstrieren, indem für die wesentlichen angenommenen Ereignisse (aufgeführt im Anhang A des Konzepts, KTA-Dok.-Nr. UA-SF/81/5)

   - die Ereignisabläufe zusammengestellt, klassifiziert und die Randbedingungen festgelegt werden,
   - die Einhaltung der Schutzziele auf der Basis der bisher vorläufig festgelegten Grenzwerte überprüft wird.

   Hierzu wird der Unterausschuß STÖRFALLFRAGEN gebeten, für die Demonstration ein Arbeitsprogramm aufzustellen.

Die Geschäftsstelle wird weiterhin für den beteiligten Personenkreis ein Seminar veranstalten, in dem das Konzept des UA-SF und die erforderliche Zuarbeit erläutert, diskutiert und abgestimmt werden soll.

Auf der 26. Sitzung des KTA am 31.3.1981 hat der Vorsitzende einen Bericht über die Beratung des Konzepts auf der 30. Sitzung des KTA-Präsidiums gegeben, den der KTA zustimmend zur Kenntnis genommen hat.

Das "Seminar über Störfallfragen" hat am 24.6.1981 stattgefunden. Im Rahmen des Seminars wurde das Konzept des UA-SF vorgestellt, die Aufgaben der KTA-Unterausschüsse und -Arbeitsgremien erläutert und der organisatorische Ablauf der Maßnahmen des KTA-Präsidiums dargelegt. Als Ergebnis liegt der Tagungsbericht "3. KTA-Obleutetagung (Seminar über Störfallfragen), Juni 1981, KTA-GS-37", vor.

Zu dem Konzept des UA-SF, KTA-Dok.-Nr. UA-SF/81/5, sind in dem Zeitraum Juni 1981 - März 1983 Stellungnahmen eingegangen seitens:

- Brown Boveri Reaktor GmbH,
- Prof. Dr. Schön,
- KTA-Unterausschuß SICHERHEITSBEHÄLTER,
- KTA-Unterausschuß BETRIEB,
- RBD Gaß im Innenministerium Baden-Württemberg,
- KTA-Unterausschuß STARKSTROM,
- Dipl.-Phys. R. Bernard,
- KTA-Unterausschuß ANLAGEN- UND BAUTECHNIK,
- KTA-Unterausschuß RADIOAKTIVITÄTSUBERWACHUNG,
- KTA-Unterausschuß INSTRUMENTIERUNG UND REAKTORSCHUTZ,
- KTA-Unterausschuß REAKTORKERN,

- Dr. Fechner im Bundesministerium des Innern,
- KTA-Unterausschuß SICHERHEITSTECHNISCHE GRUNDSATZFRAGEN,
- Normenausschuß Kerntechnik im DIN.

Der UA-SF sowie vier aus seiner Mitte gebildete Arbeitsgruppen haben in 16 Sitzungstagen die Stellungnahmen behandelt und in das Konzept eingearbeitet. Insbesondere wurde aufgrund der Stellungnahmen der Abschnitt "Grundlagen" wesentlich erweitert.

Der UA-SF hat auf seiner 18. Sitzung am 15.11.1983 über das überarbeitete Konzept beraten; er faßte den mehrheitlichen Beschluß (1 Stimmenthaltung) zu dem Textteil und die einstimmigen Beschlüsse zu den Anhängen A und B, das Konzept dem Präsidium des KTA vorzulegen. Zunächst sollten aber die Vorschläge aus dem Hause BMI, die im wesentlichen den Abschnitt "Grundlagen" betrafen, noch eingearbeitet werden.

Das Präsidium des KTA hat auf seiner Sitzung am 8.6.1984 über das Konzept beraten und beschlossen, daß die Vorlage des UA-SF, nachdem die endgültige Fassung des UA-SF vorliegt, nochmals in einer Arbeitsgruppe durchgesprochen werden soll mit dem Ziel, für das KTA-Präsidium eine Empfehlung für das weitere Vorgehen auszuarbeiten.

Das fertiggestellte Konzept wurde dem UA-SF im August 1984 zur Stellungnahme vorgelegt. Zwei Mitglieder des UA-SF haben hierzu je eine Stellungnahme abgegeben, die im Einvernehmen mit dem Obmann des UA-SF behandelt wurden. Das Konzept KTA-Dok.-Nr. UA-SF/84/3 ist im Oktober 1984 den Mitgliedern der Arbeitsgruppe zur Beratung vorgelegt worden.

Die Sitzung der Arbeitsgruppe, bestehend aus den Herren Batzies/BBC, Büchler/BMI, von Eyß/BMI, Herttrich/BMI, Maubach/EVS, Orth/KWU, Pfaffelhuber/BMI (Vorsitz), Quirrenbach/VdTÜV, Scharfe/GRS, Ullrich/ GRS, hat am 25.10.1984 beim BMI in Bonn stattgefunden. Die Beratungsunterlage des UA-SF wurde im Grundsatz und anschließend seitenweise besprochen. Sich hierbei ergebende Änderungen wurden in den Text eingearbeitet. Weiterhin wurden dem Präsidium vier mögliche Beschlüsse zur Entscheidung vorgelegt.

Das Präsidium des KTA hat auf seiner Sitzung am 13.11.1984 über das überarbeitete Konzept sowie über die möglichen Beschlüsse hierzu beraten. Der Beschlußvorschlag des KTA-Präsidiums mit dem Antrag

> "Die vom KTA-Präsidium erstellte Vorlage des Konzepts des UA-SF "Klassifizierung von Ereignisabläufen für die Auslegung von Kernkraftwerken" wird vom KTA zur Kenntnis genommen. Eine Weiterbehandlung dieses Papiers ist vorläufig nicht vorgesehen."

sowie dem überarbeiteten Konzept, KTA-Dok.-Nr. UA-SF/85/1, lagen dem KTA auf der 37. Sitzung am 4.6.1985 vor. Der KTA stimmte dem Antrag mit der Ergänzung "Die Wiedervorlage des Konzepts soll in drei Jahren erfolgen. Die Vorlage KTA-Dok.-Nr. UA-SF/85/1 ersetzt KTA-Dok.-Nr. UA-SF/81/5." mit einfacher Mehrheit zu.

4 Anmerkungen zu dem Konzept

Zu 2 "Begriffe"

Insbesondere wurden durch die Strahlenschutzverordnung, die Sicherheitskriterien und anderer KTA-Regeln präjudizierte Begriffe auf dem Gebiet der Störfallanalysen zusammengestellt und auf ihre Widerspruchsfreiheit untersucht.

Zu (11) „Bestimmungsgemäßer Betrieb“

Dieser Begriff wurde aus den "Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke", Bekanntmachung vom 21.10.1977, übernommen.

Als Alternativvorschlag zu der übernommenen Begriffsbestimmung werden folgende Vorschläge zur Diskussion gestellt:

Vorschlag Dr. Herttrich/BMI

(1) Normalbetrieb

Betriebsvorgänge zur Erreichung des Zweckes, für den die Anlage bestimmt, geeignet und zugelassen ist; d.h. Betrieb innerhalb spezifizierter Betriebsparameter und -bedingungen und bei funktionsfähigem Zustand der Systeme einschließlich Abschaltung, Leistungsbetrieb, An- und Abfahren.

(2) Anomaler Betrieb/Vorhersehbare Betriebsereignisse

Betriebsvorgänge, die vom Normalbetrieb abweichen und von denen zu erwarten ist, daß sie einmal oder mehrmals während der Lebensdauer der Anlage auftreten werden und die angesichts geeigneter Vorkehrungen in der Anlage weder nennenswerten Schaden an sicherheitstechnisch wichtigen Teilen verursachen noch zu Störfällen führen.

(3) Instandhaltungsvorgänge

(Inspektion, Wartung, Beladen, Entladen, Instandsetzung).

Vorschlag Bernard/DGB

Betriebsvorgänge und Betriebszustände, für die die Anlage auf Grund ihrer (geprüften und genehmigten) Auslegung bestimmt und geeignet ist. Hierzu gehören

a) der normale Betrieb
Betriebsvorgänge (Betriebsabläufe) und Betriebszustände, bei denen alle sicherheitstechnisch bedeutsamen Systeme und Komponenten innerhalb der festgelegten Grenzen funktionsfähig und, soweit vorgesehen, in Funktion sind.

b) der anomale Betrieb
Betriebsvorgänge und Betriebszustände, die bei der Auslegung der Anlage als Folge und zur Beherrschung von Störungen (Fehlfunktionen) an sicherheitstechnisch bedeutsamen Systemen und Komponenten der Anlage vorgesehen (eingeplant) sind und für die die Anlage auf Grund ihrer Auslegung geeignet ist.

Zu (6) "Grenzwert"

Dieser Begriff wurde aus den "Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke", Bekanntmachung vom 21.10.1977, übernommen.

Bei der Anwendung dieses Begriffs werden auch die "radiologischen Grenzwerte" erfaßt.

Zu (8) "Prozeßvariable"

Dieser Begriff wurde aus der Regel KTA 3501 "Reaktorschutzsystem und Überwachung von Sicherheitseinrichtungen", Fassung 3/77, übernommen.

Folgende weiteren Begriffe wurden bei der Arbeit im UA-SF behandelt:

(1) Störfall

"Ein Störfall ist ein Ereignisablauf, bei dessen Eintreten der Betrieb der Anlage oder die Tätigkeit aus sicherheitstechnischen Gründen nicht fortgeführt werden kann und für den die Anlage ausgelegt ist oder für den bei der Tätigkeit vorsorglich Schutzvorkehrungen vorgesehen sind."

> H i n w e i s:
> Für Anlagen nach § 7 AtG ist unter "Störfall" ein Ereignisablauf zu verstehen, bei dessen Eintreten der Betrieb der Anlage aus sicherheitstechnischen Gründen nicht fortgeführt werden kann und für den die Anlage ausgelegt ist.

Dieser Begriff ist in der "Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung)", vom 13.10.1976, und in den "Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke", Bekanntmachung vom 21.10.1977, aufgeführt.

Es hat sich bereits bei der Erstellung der Regel KTA 3501 "Reaktorschutzsystem und Überwachung von Sicherheitseinrichtungen" und auch in der Arbeit des UA-SF herausgestellt, daß der Begriff "Störfall" im Sinne der Strahlenschutzverordnung und der Sicherheitskriterien für die Analyse angenommener Ereignisabläufe zur sicherheitstechnischen Auslegung der Anlage mißverständlich ist. Daher wurde der Begriff "Störfall" um einen Hinweis erweitert, dessen Inhalt der Ergebnisniederschrift über die 26. Sitzung des KTA-Präsidiums vom 22.10.1979 entnommen wurde.

Da weiterhin die Begriffe "Störfall" und "Unfall" auch tatsächlich aufgetretene Vorfälle umfassen, bezeichnet der UA-SF die zur sicherheitstechnischen Auslegung von Kernkraftwerken angenommenen Ereignisabläufe anders. Der angenommene auslösende Vorfall wird als "angenommenes Ereignis" bezeichnet und die dadurch ausgelösten Vorgänge in der Anlage als "angenommener Ereignisablauf".

(2) Störung

"Eine Störung im Sinne dieser Regel ist das Fehlverhalten eines Bauelements, einer Komponente oder eines Systems."

Dieser Begriff ist in der Regel KTA 3501 "Reaktorschutzsystem und Überwachung von Sicherheitseinrichtungen", Fassung 3/77, aufgeführt. Der Begriff ist verträglich mit den Begriffen "Ereignis, angenommenes", "Ereignisablauf, angenommener" sowie mit den Ereignisklassen 1 bis 5 gemäß Kapitel 4.

(3) Unfall

"Ereignisablauf, der für eine oder mehrere Personen eine die Grenzwerte übersteigende Strahlenexposition oder Inkorporation radioaktiver Stoffe zur Folge haben kann, soweit er nicht zu den Störfällen zählt."

Dieser Begriff ist in der "Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung)", vom 13.10.1976, aufgeführt.

Der Begriff "Unfall" umfaßt zwei grundsätzlich verschiedene Tatbestände:

1. Ein Störereignis in einer kerntechnischen Anlage, bei dem die Grenzwerte des § 28 (3) StrlSchV überschritten werden können.
2. Einen Vorfall bei einer Tätigkeit, die unter die StrlSchV fällt, bei dem die Schutzvorkehrungen nicht ausreichen.

Für Regeln, die die sicherheitstechnische Auslegung von Kernkraftwerken betreffen, ist mit dem Begriff "Unfall" nur der Tatbestand nach Punkt 1 gemeint.

(4) Zustand, ungestörter

"Der ungestörte Zustand der Anlage ist ein Zustand, bei dem alle für den laufenden Betriebszustand erforderlichen Systeme störungsfrei arbeiten und bei dem die den Sicherheitsanforderungen entsprechende Anzahl von Sicherheitssystemen verfügbar ist."

Zu 3 "Anforderungen an die Analyse angenommener Ereignisabläufe in der Anlage"

Nach Meinung des UA-SF sollte eine detaillierte Bestandsaufnahme der im Genehmigungsverfahren behandelten angenommenen Ereignisabläufe vorgenommen werden. Dies könnte zum Beispiel in einer Form geschehen, wie es für je einen angenommenen Ereignisablauf für Druckwasserreaktor (Anhang D 1) und Siedewasserreaktor (Anhang D 2) dargestellt ist.

Zu 4 "Definition von Ereignisklassen und Beispiele für Ereignisse"

Die Zuordnung der Ereignisklassen zu den Begriffen für den "Zustand der Anlage" zeigt **Tabelle D-1**.

	Angenommener Ereignisablauf in der Anlage					
	Bestimmungsgemäßer Betrieb			Störfall		Unfall
	Instandh.-Vorgänge	Normal-betrieb	anomaler Betrieb			
Ereignisklasse	1		2	3	4	5
Häufigkeit/a			$> 3 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$ - $1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$ - $1 \cdot 10^{-5}$	$< 1 \cdot 10^{-5}$

Tabelle D-1: Zuordnung der Ereignisklassen zu den Begriffen für den "Zustand der Anlage"

Zu 5 2 "Kriterien für typ- und systemunabhängige Schutzziele"

Der UA-SF hat versucht, in Anlehnung an ANSI 18.8 und an die deutschen Vorschriften allgemeine Schutzziele (Grenzwerte) zu formulieren. Diese entsprechen im gegenwärtigen Zustand noch nicht den Vorstellungen des UA-SF, da sie

- noch nicht in der gewünschten Weise gestaffelt sind (die Klassen 1 und 2 sowie 3 und 4 sind in vielen Unterpunkten identisch) und
- zu allgemein erscheinen.

Zumindest ersteres müßte gemeinsam mit den entsprechenden Fachgremien besser gelöst werden können.

Zu Anhang A "Angenommene Ereignisse bei Leichtwasserreaktoren"

Der Anhang A wurde aus der Merkpostenaufstellung mit Gliederung für einen Standardsicherheitsbericht (Bek. d. BMI vom 26.7.1976), der Liste "Representative initiating events to be analyzed in sections 15.X.X of the SAR" in dem Regulatory Guide 1.70 Revision 3, November 1978, auf der Grundlage der Beratungen im BMI zu § 28 Abs. 3 der StrlSchV sowie in Anlehnung an die Konvoi-Beratungen entwickelt.

Von dem UA-SF wird angestrebt, die Aufzählung der angenommenen Ereignisse vollständig aufzuführen.

Zu Anhang B "Beispiele für die Zuordnung von Schutzzielen und Ereignisklassen über Grenzwerte fur LWR"

Die allgemeine Beschreibung von Schutzzielen für die Ereignisklassen 1 bis 5 nach Abschnitt 5.2 muß außerhalb dieser Regel durch Festlegung von Einzelmaßnahmen und Grenzwerten typ- und systemspezifisch konkretisiert werden. Anhang B stellt ein Beispiel für eine mögliche Konkretisierung für Leichtwasserreaktoren dar. Einen Vorläufer dieses Anhangs zeigt die Tabelle D-2, aufgeführt in dem "Konzept für Kriterien zur Bewertung von angenommenen Ereignisabläufen, März 1981, KTA-Dok.-Nr. UA-SF/81/5".

Die Mitglieder des UA-SF weisen auch hier darauf hin, daß eine eingehende Überprüfung und Feinabstimmung der Ereignisklassen und der Schutzziele nach Anhang B unter Berücksichtigung der Störfalliste der Merkpostenaufstellung des BMI sowie nach ANSI 18.2 detailliert durchgeführt werden

sollte. Es wird auch möglich sein, weitere Verfeinerungen anhand spezieller Störfallanalysen vorzunehmen. Dies muß nach Auffassung des UA-SF von Fachgremien vorgenommen werden.

Zu Konzept, insgesamt

Die systemorientierte Anwendung des Konzepts wird am Beispiel "Druckabsicherung des Primärkreises" im Genehmigungsverfahren zu dem Kernkraftwerk Mülheim-Kärlich gezeigt, Anhang D-3.

Tabelle D-2

Schutzziel (übergeordnet) **Schutzziel (untergeordnet)**	**Grenzwertklasse A**	**Grenzwertklasse B**	**Grenzwertklasse C**	**Grenzwertklasse D**
Umgebung				
Strahlenbelastung der Umgebung	Einhaltung zulässiger Ableitungsgrenzwerte in Luft und Abwasser < 30/90 mrem/a incl. aller Belastungspfade einschließlich Vorbelastung	30/90 mrem/a incl. aller Belastungspfade einschließlich Vorbelastung	1/n von 5/15 rem pro Ereignis ohne Ingestionspfad H i n w e i s: Der Faktor n ist noch festzulegen	Einhaltung von 5/15 rem pro Ereignis ohne Ingestionspfad
Personal				
Dauerbelastung beruflich strahlenexponierter Personen	§ 54 StrlSchV	§ 54 StrlSchV	-	-
Gesamtanlage				
Verfügbarkeit				
Vermeiden von Abschaltungen	Keine RESA-Auslösung	-	-	-
Ausnutzung des Lebensdauerbudgets	Bei Komponenten, für die eine Lebensdaueranalyse durchgeführt wird, darf nicht mehr als X % des Lebensdauerbudgets pro Ereignis verbraucht werden	Bei Komponenten, für die eine Lebensdaueranalyse durchgeführt wird, darf nicht mehr als Y % des Lebensdauerbudgets verbraucht werden	Bei Komponenten, für die eine Lebensdaueranalyse durchgeführt wird, darf nicht mehr als Z % des Lebensdauerbudgets verbraucht werden	Restloser Verbrauch des Lebensdauerbudgets ist zulässig
Vermeiden von Ventilansprechen	Kein Ansprechen von Sicherheitsventilen und (DWR) Abblaseventilen (prim. + sek.)	Kein Ansprechen von Sicherheitsventilen (DWR)	-	-

Schutzziel (übergeordnet) **Schutzziel (untergeordnet)**	**Grenzwertklasse A**	**Grenzwertklasse B**	**Grenzwertklasse C**	**Grenzwertklasse D**
Kern				
Kühlfähige Geometrie	+	+	?	?
Hüllrohrintegrität				
Wärmeübergang bzw. Hüllrohrtemperatur	Keine kritischen Siedezustände	Keine kritischen Siedezustände oder $T_{Hüll} < \gamma$ (~ 600 - 650 °C)	$T_{Hüll}$ < 900 - 1200 °C	$T_{Hüll}$ < 1250 °C
Brennstoffschmelzen	$T_{max} < \sim T_{Schmelz}$	$T_{max} < \sim T_{Schmelz}$	$T_{max} < \sim T_{Schmelz}$ bei 90 % des Tablettenquerschnitts	Δh < 1170 kJ/kg
Zul. Anzahl geschädigter Brennstäbe als unmittelbare Folge des Ereignisses	keine	keine	U % (0 - 5 %)	V % (10 - 50 %)
Chemische Korrosion	+	+	< W % der lokalen Hüllrohrwandstärke (Merkposten: Zeitfaktor)	< 17 % der lokalen Hüllrohrwandstärke < 1 % des Zirkoninventars
Abschaltfähigkeit auf ausreichende Unterkritikalität				
Erhalten einer abschaltfähigen Geometrie	Verformungen, die die Abschaltung beeinflussen können, müssen unterhalb des plastischen Bereiches bleiben		Einhalten zulässiger plastischer Verformungen	
Langfristige Unterkritikalität	Kein Einfluß auf Stabeinfahrcharakteristik			
Kurzfristige Unterkritikalität	Kein Einfluß auf Stabeinfahrcharakteristik			Merkposten: "Void-Abschaltung"
Primärsystem				
Integrität				
Beanspruchungen	Betriebsstufe A (KTA 3201.2)	Betriebsstufe B (KTA 3201.2)	Betriebsstufe C (KTA 3201.2)	Betriebsstufe D (KTA 3201.2)
(Systemdruck p_{SP})	$P_{SP} \leq$ Auslegungsdruck	$P_{SP} \leq 1{,}1 \times$ Auslegungsdruck	Einhaltung der für diese Schutzzielklasse zulässigen Spannungswerte (α% der Streckgrenze) (β% der Bruchgrenze)	Einhaltung der für diese Schutzzielklasse zulässigen Spannungswerte (γ% der Streckgrenze) (δ% der Bruchgrenze)

Schutzziel (übergeordnet) **Schutzziel (untergeordnet)**	**Grenzwertklasse A**	**Grenzwertklasse B**	**Grenzwertklasse C**	**Grenzwertklasse D**
Sekundärsystem				
Systemdruck p_{SS} bzw. Materialspannungen	$P_{SS} \leq$ Auslegungsdruck	$P_{SS} \leq 1{,}1 \times$ Auslegungsdruck	Einhaltung der für diese Schutzzielklasse zulässigen Spannungswerte (α% der Streckgrenze) (β% der Bruchgrenze)	Einhaltung der für diese Schutzzielklasse zulässigen Spannungswerte (γ% der Streckgrenze) (δ% der Bruchgrenze)
Sicherheitsbehälter				
Integrität				
Wasserstoffkonzentration	+	< 2%	< 4%	< 4%
Folgeschäden	-	-	Der Sicherheitseinschluß ist gegen Folgeschäden durch ausströmende Medien, Reaktionskräfte und Bruchstücke so zu schätzen, daß seine Funktionsfähigkeit erhalten bleibt (SIKRI 8.2)	
Beanspruchungen	Betriebsfälle (KTA 3401.2)	Betriebsfälle (KTA 3401.2)	Störfalle (KTA 3401.2)	Störfälle (KTA 3401.2)
(Auslegungsdruck und -temperatur)	+	+	Einhaltung von Auslegungsdruck und -temperatur des SB	
Leittechnik				
Funktionsfähigkeit	voll erhalten	Erhaltung der Funktionsfähigkeit des Reaktorschutzsystems	Erhaltung der Funktionsfähigkeit des Reaktorschutzsystems in dem zur Beherrschung der Ereignisse notwendigen Umfang Merkposten: Störfallinstrumentierung	
BE-Lagerbecken				
Gewährleistung der Kühlung der BEB 2)	$T_{Wasser} \leq 40$ °C mit jedem Kühlstrang bei voller Belegung aus Wechselzyklen 3) $T_W \leq 45$ °C volle Belegung ausgelagerter Kern + BEB aus Wechselzyklen ein zusätzlicher Kühlstrang möglich 3)	$T_W \leq 60$ °C vollständige Beladung mit ausgelagertem Kern und aus Wechselzyklen; bei Anlagenstörfällen, die zum teilweisen oder vollständigen Ausfall des BEBKühlsystems führen 3)	?	?
		Einhaltung der Temperaturen bei nachspeisbarem Leck in der Auskleidung		
Spannungen der BE-Lagerbeckeneinbauten	$\sigma_{max,\,zul} = \sigma_s$ oder $\sigma_{0,1}$ des Grundmaterials der Einbauten bzw. $0{,}9 \cdot \sigma_{0,2T}$ $\Delta T_{Beton} \leq 60$ K	$\sigma_{max,\,zul} = \sigma_{0,1}$ des Grundmaterials der Einbauten bzw. $0{,}6 \cdot \sigma_{0,2T}$ $\Delta T_{Beton} \leq 60$ K		
Kritikalitätssicherheit des Lagerbeckens	$K_\infty \leq 0{,}95$	$K_\infty \leq 0{,}95$ Erhaltung der Sicherheit eingebauter Absorber		
	$K_\infty \leq 0{,}99$ beim Trokkenlager 2)	$K_\infty \leq 0{,}99$ bei Moderatoreinbruch ins Trockenlager		
Korrosion der Brennstabhüllen (Wanddickenverluste) im Lagerbecken	- (40 Jahre) (Messung der chemischen Wasserzusammensetzung)	Abtragsrechnung aus der Lebensdaueranalyse (Messung der chemischen Wasserzusammensetzung)		

Zeichenerklärung:

? Kriterium muß noch formuliert werden
\+ Schutzziel wird durch vorgelagerte Grenzen eingehalten
\- Schutzziel ist nicht sinnvoll
1) Eutektikumsbildung
2) Beim Trockenlager ist T_W = Temperatur an geeigneter Brennelementbündel (BEB)-Lagerstelle
3) Entsprechend DIN 25428

Anhang D 1

Angenommener Ereignisablauf für einen Druckwasserreaktor

1. Bezeichnung des angenommenen Ereignisses

Ausfall aller Hauptkühlmittelpumpen.

2. Stichworte über Ereignisablauf

Unterbrechung der Stromversorgung der Eigenbedarfsschienen. Pumpenmotor läuft zusammen mit anderen Hochspannungsmotoren aus. Reaktor wird durch Reaktorschnellabschaltung abgeschaltet.

3. Gegenmaßnahmen durch das Sicherheitssystem und andere Maßnahmen

RESA ausgelöst durch

a)	Drehzahl Hauptkühlmittelpumpen	< min
b)	Thermische Reaktorleistung	> max (gleitend)
c)	DNB-Verhältnis Kühlkreislauf	< min
d)	Kühlmitteldruck	> max
e)	Druckhalterwasserstand	> max
f)	Kühlmitteltemperatur	> max
g)	Dampferzeugerwasserstand	< min
h)	Druck Notspeisewasserleitung	> max

4. Angenommene Häufigkeit des auslösenden Ereignisses

Einmal je Zyklus.

5. Betrachtete Fehlerkombination

Die Tabelle D 1-1 zeigt im oberen Teil die üblicherweise im Genehmigungsverfahren diskutierten Ereignisabläufe.

6. Einstufung in Ereignisklassen

Die Tabelle D 1-1 gibt - unter Annahme der an ihrem rechten Rand angegebenen Ausfallwahrscheinlichkeiten - am unteren Rand die Einstufung der einzelnen Ereignisabläufe in Ereignisklassen an.

7. Technologische Grenzen, die für dieses Ereignis relevant sind

a) Schmelzpunkt des Zr bei 1800°C

b) Eutektikumsbildung Zr/Inconel bei Hüllrohrtemperaturen > 950°C

c) Selbsterhaltende Zr-H2 O-Reaktion in Dampfatmosphäre bei Hüllrohrtemperaturen > 950°C und progressive Reaktion bei Hüllrohrtemperaturen > 1200°C

Bei Temperaturen > 950°C verliert das Hüllrohr zunehmend seine Fähigkeit, die Spaltgase zurückzuhalten, das jedoch erst bei Erreichen des Schmelzpunktes völlig versagt.

8. Auslegungskriterien gemäß Genehmigungspraxis

Begrenzung der Leistung des Reaktors vor dem Ereignis auf Werte, die gewährleisten, daß mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% an 95% der Brennstäbe das Auftreten kritischer Siedezustände vermieden wird, wenn die Abschaltung erst vom 2. Abschaltkriterium ausgelöst wird.

Bemerkung
Wegen hoher angenommener Häufigkeit, aus Gründen der Anlagenverfügbarkeit und den allgemeinen Anforderungen der Strahlenschutzverordnung, wird das der technologischen Grenze "Hüllrohrschaden" am weitesten vorgelagerte Schutzziel "Vermeiden von Filmsieden" als Auslegungskriterium benutzt.

9. Vorschlag für Grenzwerte

In Tabelle D 1-2 werden für die betrachteten Ereignisabläufe für die verschiedenen Schutzziele und Ereignisklassen sinnvoll abgestufte Grenzwerte angegeben.

1) Die angesetzten Ausfallwahrscheinlichkeiten wurden willkürlich zur Demonstration des Verfahrens gewählt

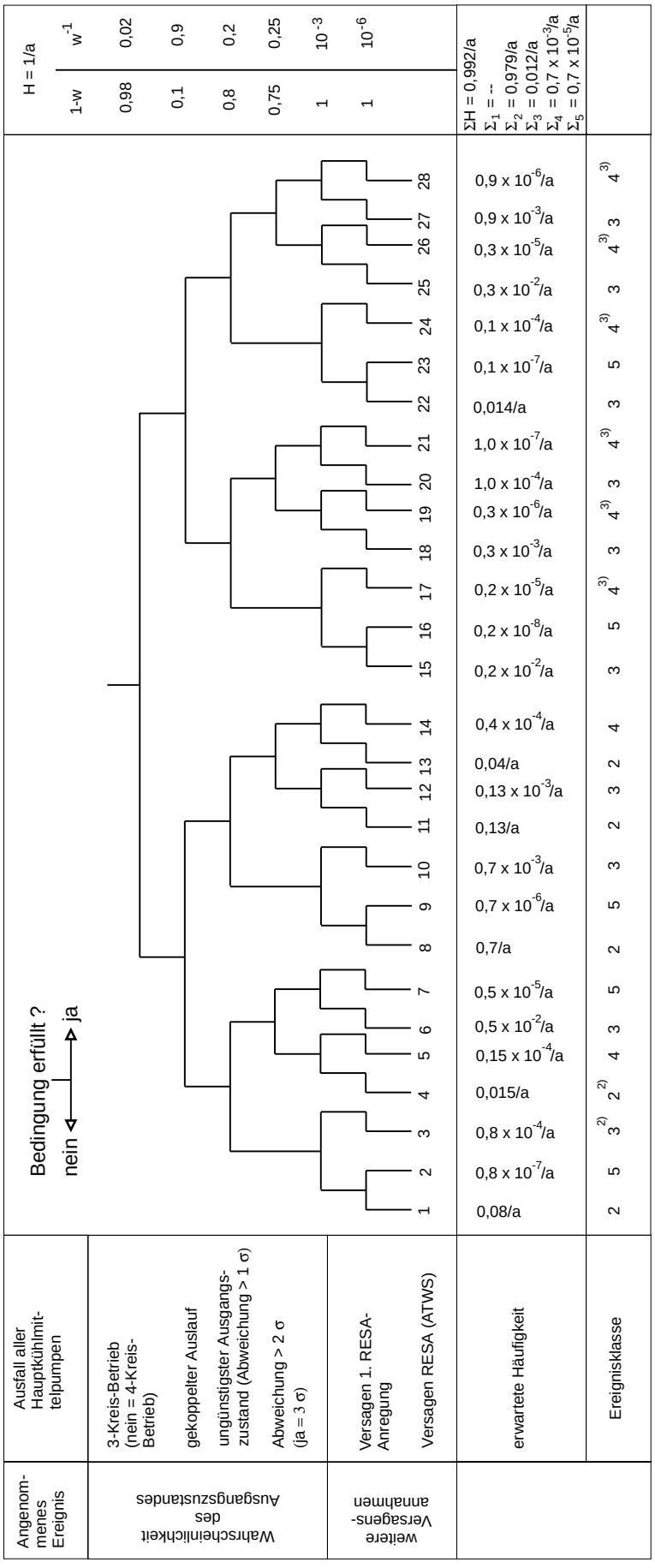
2) Die Ereignisabläufe Nr. 3 und 4 wurden wegen zu hoher Häufigkeitseummen umgestuft

3) Die Ereignisabläufe wurden in die Ereignisklasse 4 eingestuft, da deterministische Forderungen zu betrachten waren

Schutzziel	Ereignisklasse				
	1	2	3	4	5
Erhalten der Barriere „Brennstoffhülle"	kein DNB	$\sigma_H < \sigma_1$ 1) (Hüllrohre uneingeschränkt weiter verwendungsfähig)	$\sigma_H < \sigma_2$ (Hüllrohre bleiben dicht)	RSK-Notkühlkriterien	wie 4

1) σ_1 wird in der Größenordnung von 600 °C liegen

Tabelle D 1-2: Vorschlag für Grenzwerte in den einzelnen Ereignisklassen bei den betrachteten Ereignisabläufen



1) Die angesetzten Ausfallwahrscheinlichkeiten wurden willkürlich zur Demonstration des Verfahrens gewählt.

2) Die Ereignisabläufe Nr. 3 und Nr. 4 wurden wegen zu hoher Häufigkeitssummen umgestuft.

3) Die Ereignisabläufe wurden in die Ereignisklasse 4 eingestuft, da deterministische Forderungen zu betrachten waren.

Tabelle D 1-1: Ereignisablaufbaum für üblicherweise betrachtete Varianten

Anhang D 2

Angenommener Ereignisablauf für einen Siedewasserreaktor

1. Bezeichnung des angenommenen Ereignisses

Ausfall der Hauptwärmesenke durch unbeabsichtigtes Schließen der Frischdampf-Isolationsventile.

2. Stichworte über Ereignisablauf

Dampfabfuhr am Reaktordruckbehälter wird abgesperrt,

Reaktordruck steigt mit ca. 10 bar/s,

Leistungserzeugung steigt stark an,

RESA unterbricht Leistungsanstieg,

Öffnen der Sicherheitsventile unterbricht Druckanstieg.

3. Gegenmaßnahmen durch das Sicherheitssystem und andere Maßnahmen

RESA und Abfahren der Hauptkühlmittelpumpen, ausgelöst durch

a) Ventilstellungsüberwachung

b) Neutronenfluß > max

c) Reaktordruck > max

Öffnen der Sicherheitsventile, ausgelöst durch

a) Druck > max_1 (Entlastungsfunktion-Fremdmedium)

b) Druck > max_2 (Sicherheitsfunktion-Fremdmedium)

c) Druck > max_3 (Eigenmediumgesteuert)

4. Angenommene Häufigkeit des auslösenden Ereignisses

H = 1/a

5. Betrachtete Fehlerkombination (Ereignisablaufbaum)

Die Tabelle D 2-1 zeigt im oberen Teil die üblicherweise im Genehmigungsverfahren diskutierten Ereignisabläufe.

6. Einstufung in Ereignisklassen

Die Tabelle D 2-1 gibt - unter Annahme der an ihrem rechten Rand angegebenen Ausfallwahrscheinlichkeiten - am unteren Rand die Einstufung der einzelnen Ereignisabläufe in Ereignisklassen an.

7. Technologische Grenzen, die für dieses Ereignis relevant sind

Im Reaktorkern - Hüllrohre

a) Schmelzpunkt des Zr bei 1800°C

b) Eutektikumsbildung Zr/Inconel bei Hüllrohrtemperaturen > 950°C

c) Selbsterhaltende Zr-H2 O-Reaktion in Dampfatmosphäre bei Hüllrohrtemperaturen > 950°C und progressive Reaktion bei Hüllrohrtemperaturen > 1200°C

Bei Temperaturen > 950°C verliert das Hüllrohr zunehmend seine Fähigkeit, die Spaltgase zurückzuhalten, das jedoch erst bei Erreichen des Schmelzpunktes völlig versagt.

Im Reaktorkern - Brennstoff

Schmelzen von Brennstoff in größeren Bereichen des Brennstabs (Gefahr der Verlagerung von Brennstoff).

8. Auslegungskriterien gemäß Genehmigungspraxis

Im Kern - Brennstoffhülle

Vermeiden kritischer Siedezustände (MSKHB > 1) bzw. bei Versagen der ersten Reaktorschutzanregung:

Hüllrohrtemperatur gerechnet mit konservativer Filmsiedekorrelation < 600°C (entspricht tatsächlicher Hüllrohrtemperatur < 380 °C)

Im Kern - Brennstoff

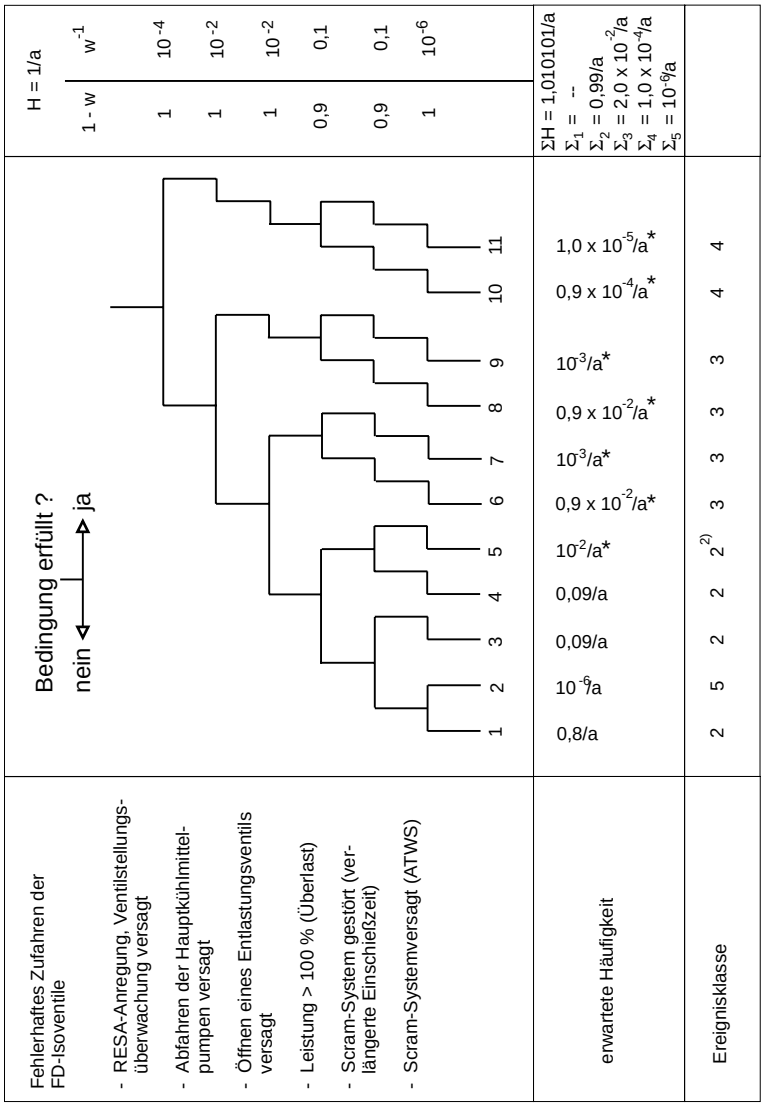
Vermeiden von zentralem Brennstoffschmelzen

Im Primärsystem

Druck < 1, 1 facher Auslegungsdruck

9. Vorschlag für Grenzwerte

In Tabelle D 2-2 werden für die betrachteten Ereignisabläufe für die verschiedenen Schutzziele und Ereignisklassen sinnvoll abgestufte Grenzwerte angegeben.



*) Wird bei einer Verzweigung nur ein Ast betrachtet, wird w = 1 bzw. (1 - w) = 1 gesetzt.

1) Die angesetzten Ausfallwahrscheinlichkeiten wurden willkürlich zur Demonstration des Verfahrens gewählt.

2) Ereignisablauf Nr. 5 wurde wegen zu hoher Häufigkeitssumme in der Klasse 3 von Klasse 3 nach Klasse 2 umgestuft.

Tabelle D 2-1: Ereignisablaufbaum für üblicherweise betrachtete Varianten

Schutzziel	Ereignisklasse				
	1	2	3	4	5
Erhalten der Barriere „Brennstoffmatrix“	Kein Schmelzen $\sigma_{Bmax} < \sigma_{Schmelz}$	wie 1	beschränktes-zentrales Schmelzen zulässig	wie 3	wie 3
Erhalten der Barriere "Brennstoffhülle"	kein DNB	$\sigma_H < \sigma_1$ 1) (Hüllrohre uneingeschränkt weiter verwendungsfähig)	$\sigma_H < \sigma_2$ (Hüllrohre bleiben dicht)	RSK-Notkühlkriterien	wie 4
Erhalten der Barriere „Druckführende Umschließung“	KTA 3201.2 Betriebsstufe A	KTA 3201.2 Betriebsstufe B	KTA 3201.2 Betriebsstufe C	Betriebsstufe D	Betriebsstufe D
Erhalten der Barriere „Sicherheitsbehälter“					
1) ϑ_1 wird in der Größenordnung von 600°C liegen.					

Tabelle D 2-2: Vorschlag für Grenzwerte in den einzelnen Ereignisklassen bei den betrachteten Ereignisabläufen

Anhang D 3

Systemorientierte Anwendung des Konzepts am Beispiel "Druckabsicherung des Primärkreises" im Genehmigungsverfahren zu dem Kernkraftwerk Mülheim-Kärlich

Nachfolgend werden gestaffelte Anforderungen an die Systeme und Einrichtungen zur Druckabsicherung des Primärkreises zusammengestellt. Informationen über Systemaufbau, Aufgaben, Funktionen des Druckhalte- und Abblasesystems sowie die relevanten Grenzwerte sind aus den Tabellen D 3-1 bis D 3-5 zu entnehmen. Anhand von Schutzzielen läßt sich eine Zuordnung betrieblicher und sicherheitstechnischer Anforderungen zu den Funktionen des Druckhalte- und Abblasesystems vornehmen. Im Vordergrund stehen dabei die zu erwartende Häufigkeit und die Auswirkung der einzelnen Ereignisse. Tabelle D 3-6 enthält eine beispielhafte Auflistung von Ereignissen mit ihren für Auslegungszwecke spezifizierten Häufigkeiten. Die Zuordnung der für die Komponentenauslegung zu berücksichtigenden Lastfälle zu den Ereignisklassen wird in Tabelle D 3-7 gezeigt.

Zusammenfassend sind die einzelnen Auslegungsanforderungen an das System bei den einzelnen Ereignissen folgender Maßnahmen zu beschreiben und den gestaffelten Schutzzielen (Ereignisklasse) zuzuordnen:

Ereignisklasse 1:

1. Bei Lastrampen von -10%/min der jeweiligen Last beziehungsweise bei -120 MW/min Änderung im Leistungsbereich zwischen 60% und 105% soll der Druckanstieg durch Sprühen so begrenzt werden, daß das Abblaseregelventil des Druckhalters nicht öffnet.
2. Bei Lastsprüngen von -10% der jeweiligen Last beziehungsweise bei -120 MW im Leistungsbereich zwischen 60% und 105% soll der Druckanstieg durch Sprühen so begrenzt werden, daß das Abblaseregelventil nicht anspricht.

Schutzziel:

Vermeidung des Ansprechens des Abblaseregelventils. Unter Berücksichtigung der begrenzten Aufnahmefähigkeit des Abblasebehälters (6 Minuten bis Ansprechen der Berstscheiben) kann dieser Vorgang zu einem Kühlmittelverluststörfall führen, falls die Absperrmaßnahmen versagen.

Ereignisklasse 2:

3. Bei Turbinenschnellschluß soll die Druckerhöhung im Reaktorkühlsystem durch Sprühen und durch das Abblaseventil abgefangen werden, so daß es nicht zu einer Reaktorschnellabschaltung kommt. Der entstehende Dampf wird über die Umleitstation in den Hauptkondensator geleitet und die Reaktorleistung wird zurückgeregelt. Die gleichen Auslegungsanforderungen gelten auch für den Lastabwurf, wobei die Turbinenleistung beziehungsweise Generatorleistung auf den Eigenbedarf zurückgeregelt wird. Überschüssiger Dampf wird über die Umleitstation in den Kondensator geleitet.

Die Anforderungen 1. bis 3. sind dadurch gekennzeichnet, daß durch Sprühen und Abblasen über das Abblaseventil eine Druckbegrenzung unterhalb des Ansprechwertes für Reaktorschnellabschaltung erfolgte. Bei weiteren Transienten ist mit einer Überschreitung eines Grenzwertes für eine Reaktorschnellabschaltung zu rechnen.

4. Bei einer Reaktorschnellabschaltung, ausgehend von dem Normalbetrieb, soll die Füllstandsabsenkung im Druckhalter so begrenzt werden, daß der unterkühlte Zustand des Hauptkühlkreislaufes erhalten bleibt, und daß es nicht zu unberechtigter Auslösung der Notkühlmaßnahmen (KUVEST) kommt.

Schutzziel:

Vermeidung einer unberechtigten Schnellabschaltung, insbesondere über den niedrigen Füllstandsgrenzwert. Dabei ist zu beachten, daß die Schnellabschaltung zu einer Belastung des Reaktordruckbehälters und der übrigen Komponenten des Hauptkühlkreislaufs führt (z.B. Unterkühlungstransiente). Das Brennelementverhalten bei dieser Transiente verursacht eine Erhöhung der Konzentration radioaktiver Stoffe im Hauptkühlmittel (Spiking).

Vermeidung einer unberechtigten Auslösung von Notkühlmaßnahmen über die Druck- und Füllstandsgrenzwerte des KUVEST-Signals. Das Signal führt zur Außerbetriebsetzung der Betriebssysteme und zur Nichtverfügbarkeit der betrieblichen Wärmesenke für die Kernkühlung.

Ereignisklasse 3:

5. Die Auslegungsanforderungen an das Druckhalte- und Abblasesystem bei den Störfällen

   - Ausfall des Hauptspeisewassersystems,
   - Ausfall der Hauptwärmesenke,
   - unkontrolliertes Ausfahren der wirksamsten Regelstabgruppe von 15% Leistung,
   - Notstromfall

   werden dadurch charakterisiert, daß es unter Zugrundelegung wirklichkeitsnaher Randbedingungen nicht zum Ansprechen der Sicherheitsventile kommt. Für diese Fälle soll der Druck im Reaktorkühlsystem durch Schnellabschaltung und Abblasen über das Abblaseregelventil unterhalb des Ansprechdruckes der Sicherheitsventile begrenzt werden.

Schutzziel:

Erhaltung der Integrität der druckführenden Umschließung. Vermeidung des Ansprechens der Sicherheitsventile. Die Aufnahmefähigkeit des Abblasebehälters entspricht einem zweiminütigen Abblasevorgang über ein Sicherheitsventil. Ein fehlerhaftes Offenbleiben eines Sicherheitsventiles führt zum Kühlmittelverluststörfall. Nach derzeitiger Auslegungspraxis werden die Spannungsbemessungskriterien der Stufe 2 eingehalten.

Vermeidung der Entleerung des Druckhalters. Der unterkühlte Zustand des Hauptkühlmittels kann nicht mehr aufrechterhalten werden; Störungen im Naturumlauf sind nicht auszuschließen.

Ereignisklasse 4:

5. Die Auslegungsanforderungen an das Druckhalte- und Abblasesystem bei den Störfällen

   - Ausfall des Hauptspeisewassersystems,
   - Ausfall der Hauptwärmesenke,
   - unkontrolliertes Ausfahren der wirksamsten Regelstabgruppe von 15% Leistung,
   - Notstromfall

   werden dadurch charakterisiert, daß es unter Zugrundelegung ungüstiger Randbedingungen zum Ansprechen der Sicherheitsventile kommt. Für diese Fälle soll der maximale Druck im Reaktor-

kühlsystem durch Abblasen von Dampf über die Sicherheitsventile unterhalb des 1,1-fachen Auslegungsdruckes begrenzt werden.

Die Einströmmengen von Kühlmittel in den Druckhalter sollen so weit aufgenommen werden, daß es nicht zum Abblasen von Druckwasser über die Sicherheitsventile kommt. Die Abblasemengen sollen von dem Abblasebehälter aufgenommen werden, wobei eine Freisetzung von Kühlmittel in das Containment nicht auftritt.

Schutzziel:

Erhaltung der Integrität der druckführenden Umschließung. Verhindern eines Druckanstieges im Reaktorkühlkreislauf über den 1,1-fachen Wert des Auslegungsdruckes hinaus. Dadurch wird auch der Ansprechdruck für die ATWS-Sicherheitsventile nicht erreicht. Nach derzeitiger Auslegungspraxis werden die Spannungsbemessungskriterien der Stufe 3 eingehalten.

Ereignisklasse 5:

Bei den zu unterstellenden ATWS-Störfällen sollen alle verfügbaren Abblaseeinrichtungen den Druck im Hauptkühlkreislauf so begrenzen, daß die Integrität der druckführenden Umschließung erhalten bleibt. Dabei ist mit einem Abblasen von Druckwasser über die Abblaseeinrichtungen und mit einer Freisetzung von Hauptkühlmittel im Containment zu rechnen. Die Abblasekapazität der Berstscheiben soll so ausgelegt sein, daß der Druck in den Abblaseleitungen und in dem Abblasebehälter den 1,1-fachen Auslegungsdruck nicht überschreitet.

Schutzziel:

Erhaltung der Integrität der druckführenden Umschließung. Verhindern eines für ATWS-Störfälle unzulässigen Druckanstiegs im Reaktorkühlkreislauf.

Ereignisklasse	1	2	3	4	5
Funktion	Bestimmungsgemäßer Betrieb Normalbetrieb/Anomaler Betrieb		Störfall		Unfall
Einhaltung eines Betriebsdruckes	X	X			
Auffangen von Volumenschwankungen	X	X			
Begrenzung des Druckes		X (Abblaseventil)	X	X	X (Sicherheitsventil und ATWS-Ventil)
Drucksteigerung beim Anfahren	X				
Druckabsenkung beim Abfahren	X				
Auffangen der Abblasemenge		X	X	X	

Tabelle D 3-1: Aufgaben des Druckhalte- und Abblasesystems

Ereignisklasse		1	2	3	4	5
Funktion		Bestimmungsgemäßer Betrieb Normalbetrieb/Anomaler Betrieb		Störfall		Unfall
Sprühen		X	X	X	X	
Heizen		X	X		X	
Abblasen	über Abblaseventil		X	X	X	
	über Sicherheitsventil				X	X
	über ATWS-Ventil					X
Anregungen	RSA (über Füllstand)		X	X	X	
	KUVEST (über Füllstand)				X	
	RSA (über Wassertemperatur im Druckhalter)		X	X	X	
Auffangen von Abblasemengen			X	X	X	

Tabelle D 3-2: Funktionen des Druckhalte- und Abblasesystems

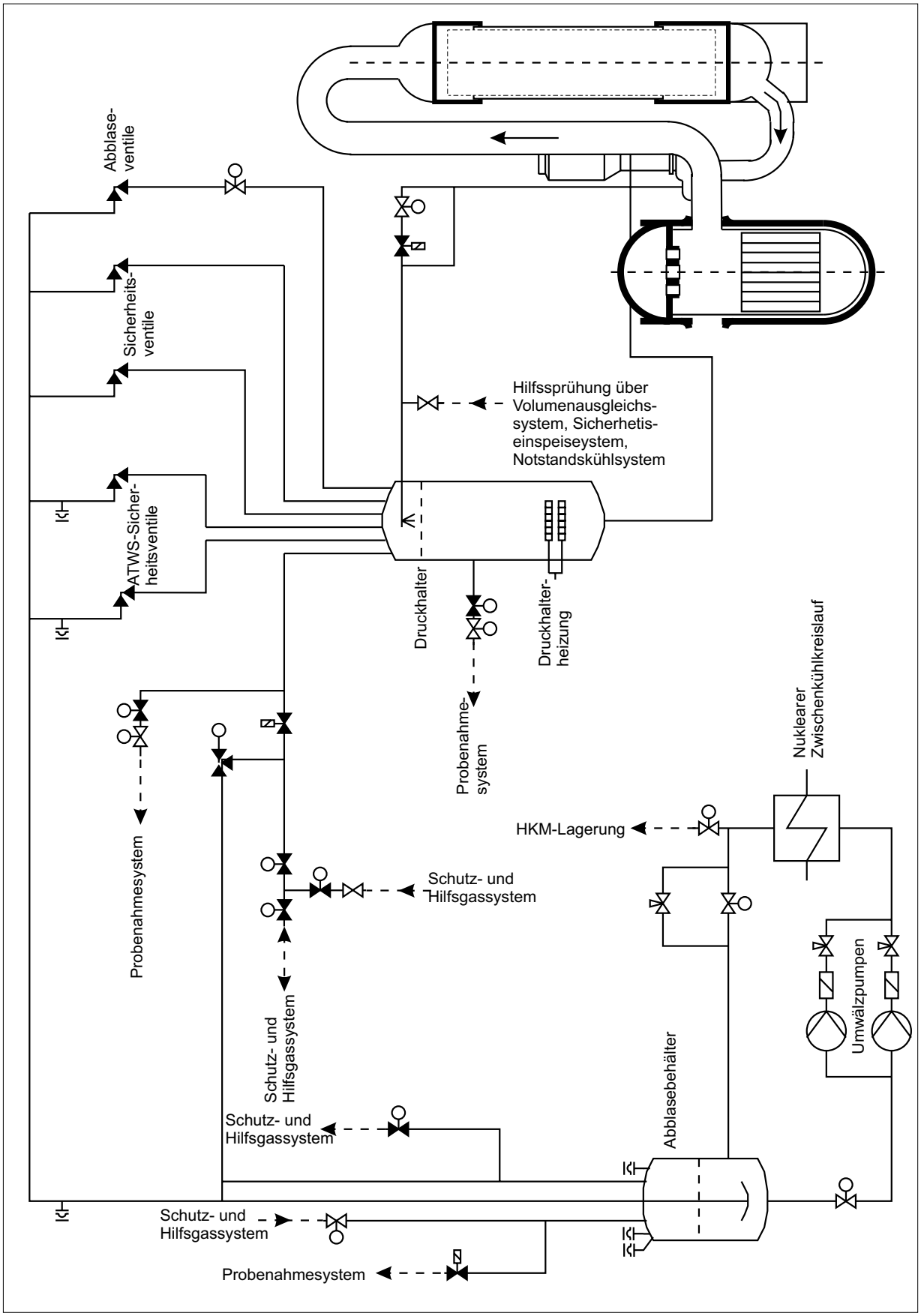


Tabelle D 3-3: Prinzipschaltbild des Druckhalte- und Abblasesystems

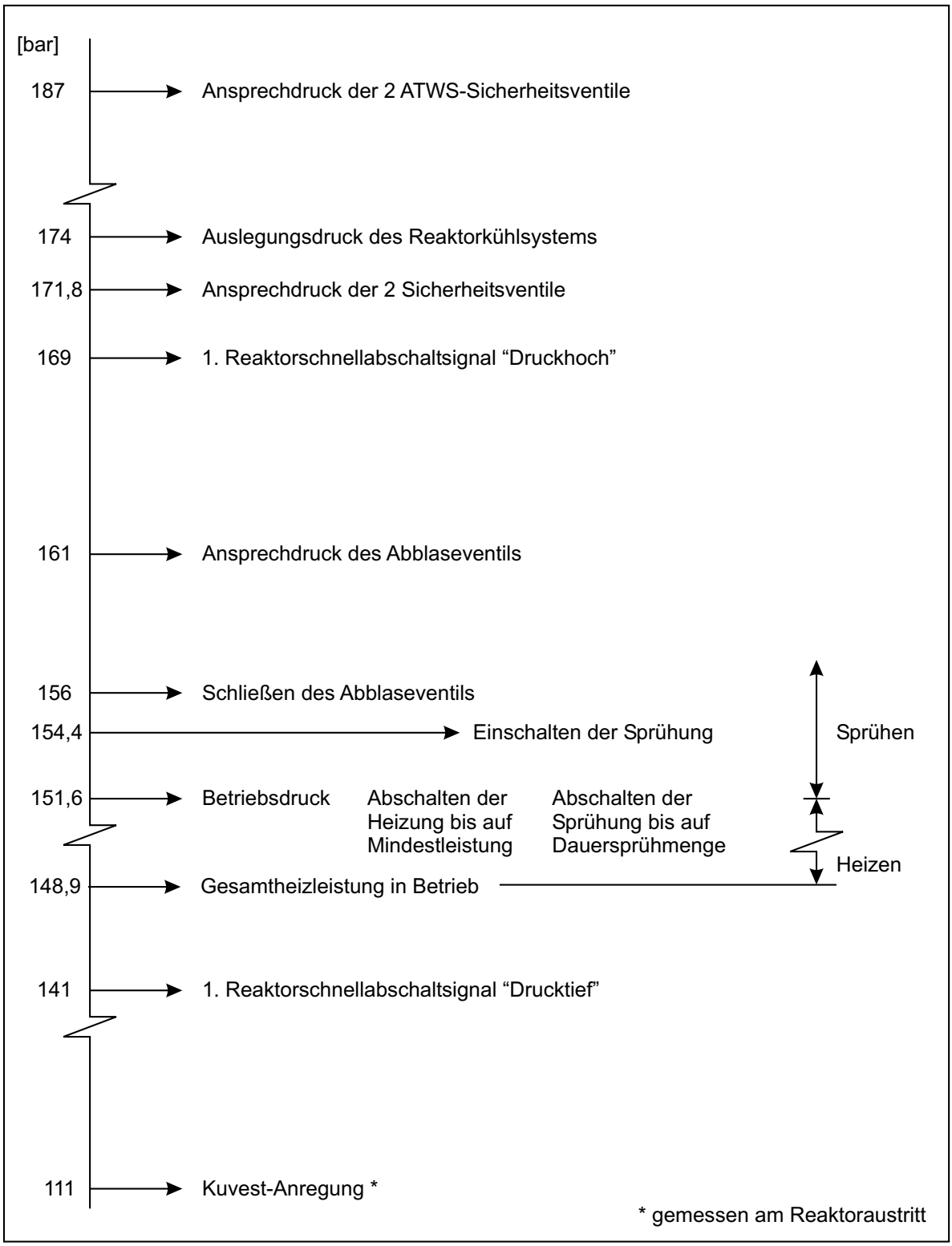
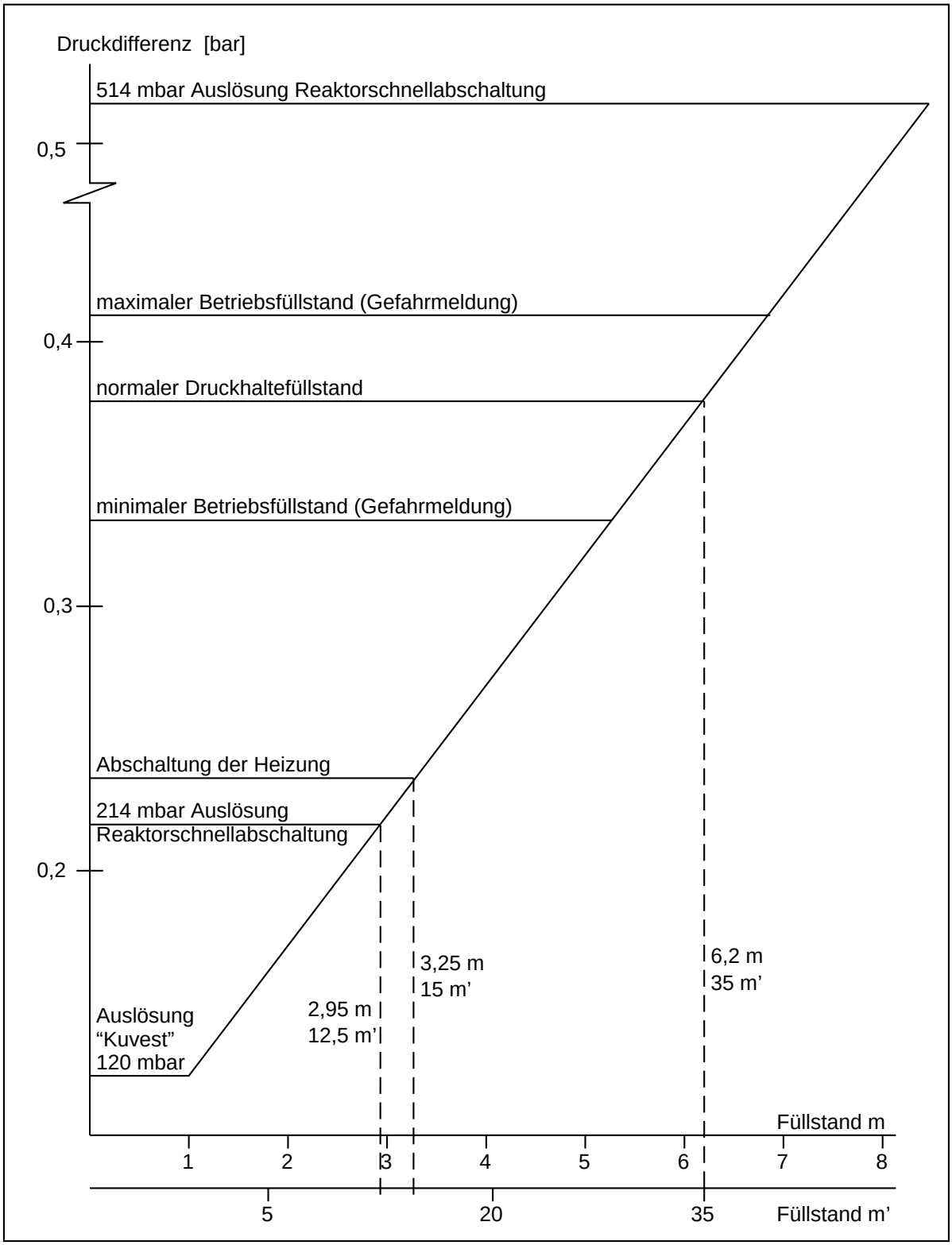


Tabelle D 3-4: Druckgrenzwerte gemessen im Druckhalter



Bei der Zuordnung Druckdifferenz-Füllstand wird eine Sattdampftemperatur von 343 °C zugrunde gelegt.

Tabelle D 3-5: Füllstandsgrenzwerte im Druckhalter

Transient-Nr.	Transientbeschreibung	spezifizierte Häufigkeit	Betriebsstufe	Ereignis-klasse
1 A	Anfahren	240	normal	1
1 B	Abfahren	240	normal	1
2	Leistungsänderung von 0 % auf 15 % und 15 % auf 0 %	 750 240	normal	1
3	Hochfahren von 8 % auf 100 % 15 % auf 100 % NDS-Leistung	 3000 15000	normal	1
4	Herunterfahren von 100 % auf 8 % 100 % auf 15 % NDS-Leistung	 3000 15000	normal	1
5	Positiver 10 %iger Lastsprung	20000	normal	1
6	Negativer 10 %iger Lastsprung	20000	normal	1
7	Lastabwurf von 100 % auf 8 % NDS-Leistung a. aus Turbinenschnellabsch. b. aus Generatorlastabwurf	320 160 160	anomal	2
8	Reaktorschnellabschaltung a. Verringerung des Kühlmitteldurchsatzes b. Überhöhte Reaktoraustrittstemperatur c. Überhöhter Reaktordruck d. Schnellabschaltungen, die in Transienten 11, 15, 16, 17 und 21 miteingeschlossen sind	 120 140 120 132 Σ 512	anomal	2
9	Schnelle Druckabsenkung	40	anomal	2
10	Durchsatzänderungen infolge Ausfall von Hauptkühlmittelpumpen	80	anomal	2
11	Unkontrolliertes Stabausfahren	40	anomal	2
12	Druckprüfungen (1,3 x p_A) Dichtigkeitsprüfungen	15 240	Prüffall Prüffall	
13	Kleine Leistungsabweichungen vom stationären Zustand		normal	1
14	Einfallen eines Kontrollstabes	40	anomal	2
15	Netzausfall	40	anomal	2
16	Bruch der Frischdampfleitung	1	Schadensfall	4
17	Ausfall der Speisewasserzufuhr eines DEs	40	anomal	2
18	Ausfall Speisewasservorwärmer	80	anomal	2
19	Änderung der Borkonzentration im Normalbetrieb - Boriervorgänge - Deboriervorgänge	 167400 98600		1
20	Ausfall der Hauptwärmesenke	40	anomal	3
21	Kühlmittelverluststörfall	1	Schadensfall	4
22	Füllen, Trocknen, Spülen und Reinigen des DEs - Sekundärseitiges Füllen - Primärseitiges Füllen - Spülen - Chem. Reinigen	 240 240 100 20 Σ 600	normal	1
23	Warmprobebetrieb	5	normal	1
24	Notstandsfall	1	Schadensfall	4
25	ATWS	1	Schadensfall	5

Tabelle D 3-6: Zuordnung der Transienten mit den spezifizierten Häufigkeiten zu den Ereignisklassen

Ereignisklasse/ Betriebsstufe	Lastfallkombination	Zu berechnende Spannungen
Auslegung	Auslegungsdruck bei Auslegungstemp. + Auslegungserdbeben + Eigengewicht	Primärspannung
Prüffall	Prüfdruck (Raumtemperatur) + Eigengewicht	Primärspannung
1/A	Betriebsvorgänge (Druck, Temp.) + Auslegungserdbeben + Eigengewicht + Kräfte aus thermischer Ausdehnung	1. Primär- und Sekundärspannung 2. Primär- und Sekundärspitzenspannung (Ermüdungsanalyse)
2/B	Transiente (Druck, Temperatur) + Auslegungserdbeben + Eigengewicht + Kräfte aus thermischer Ausdehnung	1. Primär- und Sekundärspannung 2. Primär- und Sekundärspitzenspannung (Ermüdungsanalyse)
3/C	Transiente (Druck, Temperatur) + Eigengewicht	Primärspannung
4/D	Transienten (Druck, Temperatur) + Eigengewicht oder Innendruck + Eigengewicht Kräfte aus Kühlmittelverluststörfall oder Innendruck + Eigengewicht + Erschütterungen durch Sicherheitserdbeben bzw. Flugzeugabsturz bzw. Gaswolkenexplosion	Primärspannung Primärspannung Primärspannung

Tabelle D 3-7: Zuordnung der Lastfallkombinationen zu den Ereignisklassen