



**Gesellschaft für Anlagen-  
und Reaktorsicherheit  
(GRS) mbH**

**Internationale  
Bewertungsskala  
für bedeutsame  
Ereignisse in  
kerntechnischen  
Einrichtungen**

**Benutzerhandbuch**



**Gesellschaft für Anlagen-  
und Reaktorsicherheit  
(GRS) mbH**

**Internationale Bewer-  
tungsskala für bedeut-  
same Ereignisse in  
kerntechnischen Ein-  
richtungen**

**Benutzerhandbuch**

**Dr. K. Kotthoff**

**Juni 1994**

**GRS - 111  
ISBN 3-923875-61-4**

**Anmerkung:**

Der vorliegende Bericht wurde im Auftrag des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) erstellt.

**Deskriptoren:**

Handbuch, Evaluierung, Kerntechnische Anlage, Klassifikation, Strahlenexposition, IAEA, Sicherheit

## Vorwort

Die "Internationale Bewertungsskala für bedeutsame Ereignisse in kerntechnischen Einrichtungen (INES)" wurde von einer internationalen Expertengruppe erarbeitet. Anfang Mai 1990 wurde sie, zunächst nur für Kernkraftwerke, probeweise eingeführt. Die nachvollziehbare Einstufung von Ereignissen in kerntechnischen Einrichtungen anhand einer klar abgestuften und international einheitlichen Bewertungsskala soll eine rasche Information der Öffentlichkeit über die sicherheitstechnische Bedeutung dieser Ereignisse ermöglichen und damit die gegenseitige Verständigung zwischen Fachwelt, Medien und Öffentlichkeit erleichtern. Die Skala reicht von Stufe 0, für Ereignisse ohne sicherheitstechnische Bedeutung, bis Stufe 7 für katastrophale Unfälle.

Nach erfolgreichem Abschluß der Probephase wurde die Skala 1992 überarbeitet. Wesentliche Ziele dabei waren, die im Rahmen der Probephase gewonnenen Erfahrungen zu nutzen und den Anwendungsbereich der Skala auf alle kerntechnischen Einrichtungen auszuweiten. Eine entsprechende englische Ausgabe des Benutzerhandbuches für die internationale Bewertungsskala erschien im September 1992. Die vorliegende deutsche Fassung des Benutzerhandbuches beruht auf dieser Ausgabe, welche den z. Z. verbindlichen Stand der Bewertungsskala darstellt.

Im Zusammenhang mit der offiziellen Einführung der internationalen Bewertungsskala wurde 1992 das "INES Information System" eingerichtet. Es dient dazu, auf internationaler Ebene innerhalb von 24 Stunden autorisierte Informationen zu Ereignissen aus kerntechnischen Einrichtungen auszutauschen, wenn

- ein Ereignis aufgrund seiner sicherheitstechnischen Bedeutung in Stufe 2 der Skala oder höher eingestuft wird oder
- ein Ereignis der Stufe 1 oder 0 außerhalb des betroffenen Staates ein größeres öffentliches Interesse gewinnt.

Damit soll auch auf internationaler Ebene eine rasche und zutreffende Information der Öffentlichkeit über die sicherheitstechnische Bedeutung von Ereignissen in kerntechnischen Einrichtungen gewährleistet werden.

Inzwischen haben sich mehr als 50 Staaten der internationalen Bewertungsskala und dem INES Information System angeschlossen.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Teil 1</b>	<b>Überblick</b> .....	<b>1</b>
1.1	Einführung .....	1
1.1.1	Hintergrund .....	1
1.1.2	Systematik der Bewertungsskala .....	3
1.1.3	Anwendungsbereich der Bewertungsskala .....	8
1.1.4	Aufbau des Benutzerhandbuches .....	11
1.2	Vorgehen bei der Bewertung von Ereignissen .....	11
1.2.1	Bewertungsaspekt "Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage" .....	13
1.2.2	Bewertungsaspekt "Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage" .....	14
1.2.3	Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" .....	16
1.2.4	Beispiel für die Einstufung eines Ereignisses in die Bewertungsskala	18
<b>Teil 2</b>	<b>Bewertungsaspekte "Radiologische Auswirkungen außerhalb und innerhalb der Anlage"</b> .....	<b>19</b>
2.1	Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage .....	19
2.1.1	Grundzüge der Einstufung .....	19
2.1.2	Definition der Bewertungsstufen .....	21
2.1.3	Definition von radiologischer Äquivalenz und Strahlendosis .....	24
2.2	Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage .....	26
2.2.1	Grundzüge der Einstufung .....	26
2.2.2	Definition der Bewertungsstufen .....	27
2.2.3	Definition von Bereichen, in denen auslegungsgemäß keine Aktivität zu erwarten ist .....	31
<b>Anhang zu Teil 2</b>	<b>Radiologische Äquivalenz</b> .....	<b>32</b>

<b>Teil 3</b>	<b>Bewertungsaspekt</b>	
	<b>"Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" für</b>	
	<b>Kernkraftwerke und Forschungsreaktoren</b>	<b>34</b>
3.1	Allgemeines Vorgehen bei der Einstufung nach dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen"	34
3.1.1	Sicherheitskonzept	34
3.1.2	Basiseinstufung	36
3.1.3	Zusätzliche Faktoren	37
3.1.4	Endgültige Festlegung der Einstufung	38
3.2	Einstufung anhand auslösender Ereignisse und Verfügbarkeit der Sicherheitssysteme (Methode 1: In erster Linie anwendbar auf Ereignisse bei Leistungsbetrieb von Kernkraftwerken)	39
3.2.1	Zu betrachtende Ereignisse	39
3.2.2	Auslösende Ereignisse	40
3.2.2.1	Auslösende Ereignisse in der Sicherheitsanalyse	40
3.2.2.2	Eintrittshäufigkeit auslösender Ereignisse	41
3.2.2.3	Ermittlung von auslösenden Ereignissen	43
3.2.3	Verfügbarkeit der Sicherheitsfunktionen	44
3.2.4	Bewertung von Ereignissen (Erläuterung der Tabellen 1 und 2)	46
3.2.4.1	Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen ohne auslösendes Ereignis (Erläuterung der Tabelle 1)	50
3.2.4.2	Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen mit auslösendem Ereignis (Erläuterung der Tabelle 2)	52
3.2.5	Anwendung der Tabellen	53
3.2.5.1	Anwendung der Tabelle 1 (ohne auslösendes Ereignis)	54
3.2.5.2	Anwendung der Tabelle 2 (mit auslösendem Ereignis)	55
3.2.6	Ereignisse mit sehr geringer Eintrittshäufigkeit	56
3.2.7	Zusätzliche Faktoren	57
3.2.8	Befunde	58
3.2.9	Potentielle auslösende Ereignisse	61
3.2.10	Einwirkungen von innen und von außen	62
3.3	Einstufung anhand von Systemen und Maßnahmen zur Vermeidung von Störfällen (Methode 2)	62
3.3.1	Ereignisse bei abgeschalteter Anlage	64
3.3.1.1	Beeinträchtigung der Kühlung des Reaktorkerns	65
3.3.1.2	Ereignisse, die das Lagerbecken für abgebrannte Brennelemente betreffen	66
3.3.1.3	Ereignisse bei der Brennelementhandhabung	67
3.3.2	Ereignisse, die Einrichtungen zur Kontrolle der Kritikalität betreffen	68
3.3.3	Verlust oder Entwendung radioaktiver Quellen	69

3.3.4	Verschleppung von Kontamination .....	70
3.3.5	Mängel in der Dosisüberwachung .....	70
3.3.6	Ausfall von Verriegelungen von Türen zu abgeschirmten Bereichen ..	71
3.3.7	Ungeplante Ableitungen oder Freisetzungen .....	71
3.3.8	Überschreiten genehmigter Werte für Ableitungen .....	71
3.4	Ereignisse unterhalb der Skala .....	72
3.5	Betrachtung zusätzlicher Faktoren .....	73
3.5.1	Ausfall aus gemeinsamer Ursache (Common Cause-Fehler) .....	75
3.5.2	Mängel in Betriebsvorschriften .....	75
3.5.3	Ereignisse, die bezüglich der Sicherheitskultur bedeutsam sind ....	76
3.6	Beispiele .....	78
<b>Anhang zu Teil 3 Beispiele auslösender Ereignisse .....</b>		<b>91</b>
3.A.1	Auslösende Ereignisse bei Leichtwasserreaktoren in der .....	
	Bundesrepublik Deutschland (Beispielliste zu Kapitel 3.2) .....	91
3.A.2	Auslösende Ereignisse bei ausländischen Druckwasserreaktoren ..	
	(DWR und WWER) .....	93
3.A.3	Auslösende Ereignisse bei ausländischen Siedewasserreaktoren ..	95
3.A.4	Auslösende Ereignisse bei schwerwassermoderierten Druckwasser-	
	reaktoren vom Typ CANDU .....	96
3.A.5	Auslösende Ereignisse bei RBMK-Reaktoren (LWGR) .....	98
3.A.6	Auslösende Ereignisse bei gasgekühlten Reaktoren .....	100
<b>Teil 4</b>	<b>Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkeh-</b>	
	<b>rungen" für kerntechnische Einrichtungen außer</b>	
	<b>Kernkraftwerken und Forschungsreaktoren</b>	<b>101</b>
4.1	Allgemeines Vorgehen bei der Einstufung .....	101
4.1.1	Sicherheitskonzept .....	101
4.1.2	Basiseinstufung .....	103
4.1.3	Zusätzliche Faktoren .....	104
4.1.4	Endgültige Festlegung der Einstufung .....	104
4.2	Allgemeine Grundsätze für die Einstufung von Ereignissen .....	105
4.3	Betrachtung zusätzlicher Faktoren .....	106
4.3.1	Ausfall aus gemeinsamer Ursache (Common Cause-Fehler) .....	108
4.3.2	Mängel in Betriebsvorschriften .....	108
4.3.3	Ereignisse, die bezüglich der Sicherheitskultur bedeutsam sind ....	109

4.4	Ereignisse unterhalb der Skala .....	110
4.5	Spezielle Hinweise für die Einstufung von Ereignissen .....	111
4.5.1	Ereignisse, die nicht anlagenspezifisch sind .....	111
4.5.1.1	Kritikalitätskontrolle .....	111
4.5.1.2	Verlust oder Entwendung radioaktiver Quellen .....	112
4.5.1.3	Verschleppung von Kontamination .....	113
4.5.1.4	Mängel in der Dosisüberwachung .....	113
4.5.1.5	Ausfall von Verriegelungen von Türen zu abgeschirmten Bereichen	114
4.5.1.6	Abluft- und Filtereinrichtungen .....	115
4.5.1.7	Ungeplante Ableitungen oder Freisetzungen .....	115
4.5.1.8	Überschreiten genehmigter Werte für Ableitungen .....	116
4.5.1.9	Einwirkungen von innen und von außen .....	116
4.5.2	Ereignisse in Anlagen der Kernbrennstoffversorgung und -verarbeitung .....	116
4.5.2.1	Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen gegen eine Freisetzung in die Atmosphäre .....	117
4.5.2.1.1	UF <sub>6</sub> oder Uran .....	117
4.5.2.1.2	Freisetzungen aus MOX-Brennelementfabriken .....	117
4.5.2.2	Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen gegen eine Freisetzung von Flüssigkeiten .....	118
4.5.2.2.1	Freisetzung von Uran .....	118
4.5.2.2.2	MOX-Freisetzungen .....	118
4.5.2.3	Handhabungsstörfälle und Absturz schwerer Lasten .....	118
4.5.2.4	Ausfall der Stromversorgung .....	119
4.5.2.5	Brände und Explosionen .....	120
4.5.2.6	Transport von unbestrahlten Kernbrennstoffen .....	121
4.5.3	Ereignisse bei der Wiederaufarbeitung, der Behandlung und Lagerung von hoch- und mittelradioaktiven Abfällen und in Verglasungsanlagen .....	121
4.5.3.1	Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen gegen Freisetzungen in die Umwelt .....	122
4.5.3.2	Brände und Explosionen .....	122
4.5.3.3	Absturz von Lasten .....	123
4.5.3.4	Ausfall der Stromversorgung .....	124
4.5.3.5	Ausfall der Kühlung .....	124
4.5.3.6	Transport .....	125
4.5.4	Ereignisse in Konditionierungs-, Lager- und Beseitigungs- einrichtungen für niedrigradioaktiven Abfall .....	125
4.6	Beispiele .....	126



# **Teil 1      Überblick**

## **1.1      Einführung**

### **1.1.1    Hintergrund**

Besondere Vorkommnisse in Kernkraftwerken sind in der Bundesrepublik Deutschland seit 1975 nach bundeseinheitlichen Kriterien meldepflichtig. Eine vergleichbare Regelung gibt es für kerntechnische Einrichtungen, die nicht der Spaltung von Kernbrennstoff dienen. Die internationale Bewertungsskala dient der sicherheitstechnischen Bewertung dieser Ereignisse.

Die nachvollziehbare Einstufung der meldepflichtigen Ereignisse anhand einer klar abgestuften und international einheitlichen Bewertungsskala soll eine rasche Information der Öffentlichkeit über die sicherheitstechnische Bedeutung dieser Ereignisse ermöglichen und damit die gegenseitige Verständigung zwischen Fachwelt, Medien und Öffentlichkeit erleichtern. Die im Rahmen des Genehmigungs- und Aufsichtsverfahrens geregelte, nach Fristen gestaffelte Meldepflicht der Betreiber an die Behörden bleibt davon unberührt.

Die in den Meldekriterien im einzelnen konkretisierte Meldepflicht ist durch den Vorsorgegedanken geprägt. Sie soll gewährleisten, daß die Aufsichtsbehörden in allen Fällen, in denen behördliche Maßnahmen erforderlich sein könnten, rechtzeitig eingeschaltet werden. Entsprechendes gilt auch für andere Regelungen zur Meldung von Ereignissen aus kerntechnischen Einrichtungen an die zuständigen Behörden, wie beispielsweise die nationalen Regelungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Einrichtungen. Der Bewertungsgedanke der Internationalen Bewertungsskala (INES) trägt hingegen dem Informationsbedürfnis der Öffentlichkeit hinsichtlich der tatsächlichen sicherheitstechnischen oder radiologischen Bedeutung eines meldepflichtigen Ereignisses Rechnung.

Die Skala ist von einer internationalen Expertengruppe erarbeitet worden, die gemeinsam von der Internationalen Atomenergiebehörde in Wien (IAEO) und der Kernenergiebehörde der OECD in Paris einberufen worden ist. Die Bewertungsskala bezieht die Erfahrungen ein, welche bei der Anwendung ähnlicher Bewertungsskalen in

Frankreich und Japan sowie beim Entwurf solcher Bewertungsskalen in einigen anderen Ländern gemacht wurden. Das vorliegende Benutzerhandbuch soll dem Anwender einen detaillierten Leitfaden geben, wie meldepflichtige Ereignisse aus kerntechnischen Einrichtungen in die Bewertungsskala einzustufen sind. Es basiert auf dem Benutzerhandbuch, welches im September 1992 gemeinsam von der IAEA und der OECD herausgegeben wurde.

Die Skala ist auf meldepflichtige Ereignisse aus allen zivilen kerntechnischen Einrichtungen sowie auf Ereignisse während des Transports von radioaktivem Material zu und von diesen Einrichtungen anwendbar. Die Anwendung der Bewertungsskala wird von der IAEA überwacht.

Wegen der Vielfalt der Einrichtungen und der großen Anzahl verschiedener Aufsichts- und Genehmigungsbehörden werden Ereignisse, die im Zusammenhang mit Bestrahlungseinrichtungen, der Isotopenherstellung sowie dem Transport und der Benutzung radioaktiver Quellen stehen, derzeit noch nicht von der Skala und dem vorliegenden Handbuch abgedeckt. Die Skala kann aber zu einem späteren Zeitpunkt auf diese Bereiche ausgedehnt werden.

Die Bewertungsskala ist so konzipiert, daß sie unmittelbar nach dem Eintreten eines meldepflichtigen Ereignisses angewandt werden kann und spätere Korrekturen möglichst auf ein Minimum beschränkt bleiben. Trotzdem kann es Situationen geben, wo eine längere Zeit zum detaillierten Verständnis und zur Einstufung eines Ereignisses erforderlich ist. In einem solchen Fall wird zunächst eine vorläufige Einstufung vorgenommen. Nach Abschluß der Untersuchungen ist die vorläufige Einstufung entweder zu bestätigen oder, falls die Ergebnisse der Untersuchungen dies erfordern, entsprechend zu ändern. Die Skala läßt dies zu.

Die Grundsätze zur kerntechnischen Sicherheit und zum Strahlenschutz sind international im wesentlichen vergleichbar. Die Kriterien und Begriffe, welche zur detaillierten Umsetzung dieser Grundsätze verwendet werden, sind aber von Staat zu Staat verschieden. Das internationale Benutzerhandbuch versucht dies zu berücksichtigen. Dort, wo sich dennoch aus Unterschieden in Begriffen oder technischen Gegebenheiten Zweifel bei der Anwendung des internationalen Benutzerhandbuches ergeben können, wurde in der vorliegenden Fassung des Benutzerhandbuches versucht, die in

der Bundesrepublik Deutschland verwendeten Begriffe sowie die hier vorliegenden technischen Gegebenheiten zugrunde zu legen.

### **1.1.2 Systematik der Bewertungsskala**

Die Internationale Bewertungsskala hat die Bewertung sicherheitstechnisch oder radiologisch bedeutsamer Ereignisse in kerntechnischen Einrichtungen zum Gegenstand. Sie dient zur Bewertung der radiologischen Auswirkungen, die sich aufgrund eines Ereignisses tatsächlich ergeben haben. Die Bewertungsskala besitzt 7 Stufen, die sich in zwei Bereiche untergliedern. Die oberen Stufen 4 bis 7 umfassen Unfälle, die unteren Stufen 1 bis 3 Störungen und Störfälle. Meldepflichtige Ereignisse, die keine oder nur eine sehr geringe sicherheitstechnische Bedeutung im Sinne der internationalen Skala aufweisen, werden als "unterhalb der Skala" bzw. "Stufe 0" bezeichnet.

Die Bewertung eines Ereignisses erfolgt nach drei übergeordneten Aspekten:

- Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage,
- Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage,
- Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen.

Abbildung 1 enthält in Form einer Matrix die grundsätzliche Zuordnung zwischen den Stufen der Bewertungsskala und diesen drei Aspekten. Abbildung 2 faßt den Inhalt der Bewertungsskala im Überblick zusammen.

Die Matrix verdeutlicht, daß den drei Aspekten hinsichtlich der Bewertung, insbesondere der höchsten in der Skala erreichten Stufen, eine unterschiedliche Bedeutung beigemessen wird. Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage, welche die Öffentlichkeit unmittelbar betreffen, erhalten das größte Gewicht. Im Vergleich dazu werden Ereignisse, die zu radiologischen Auswirkungen innerhalb der Anlage aber nicht zu radiologischen Auswirkungen außerhalb der Anlage führen, insgesamt tiefer eingestuft. Dies trägt dem Umstand Rechnung, daß bei einem Ereignis, dessen radiologische Auswirkungen auf die Anlage begrenzt sind, zwar ein Potential für radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage besteht, Folgen für die Bevölkerung aber nicht tatsächlich eingetreten sind.

STUFE/KURZ- BEZEICHNUNG	A S P E K T E		
	<u>Erster Aspekt:</u> Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage	<u>Zweiter Aspekt:</u> Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage	<u>Dritter Aspekt:</u> Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen
7 Katastrophaler Unfall	Schwerste Freisetzung: Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt in einem weiten Umfeld		
6 Schwerer Unfall	Erhebliche Freisetzung: Voller Einsatz der Katastrophenschutzmaßnahmen		
5 Ernster Unfall	Begrenzte Freisetzung: Einsatz einzelner Katastrophenschutzmaßnahmen	Schwere Schäden am Reaktorkern/an den radiologischen Barrieren	
4 Unfall	Geringe Freisetzung: Strahlenexposition der Bevölkerung etwa in der Höhe der natürlichen Strahlenexposition	Begrenzte Schäden am Reaktorkern/an den radiologischen Barrieren  Strahlenexposition beim Personal mit Todesfolge	
3 Ernster Störfall	Sehr geringe Freisetzung: Strahlenexposition der Bevölkerung in Höhe eines Bruchteils der natürlichen Strahlenexposition	Schwere Kontaminationen  Akute Gesundheitsschäden beim Personal	Beinahe Unfall  Weitgehender Ausfall der gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen
2 Störfall		Erhebliche Kontamination  Unzulässig hohe Strahlenexposition beim Personal	Störfall  Begrenzter Ausfall der gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen
1 Störung			Abweichung von den zulässigen Bereichen für den sicheren Betrieb der Anlage
0 Unterhalb Skala			Keine oder sehr geringe sicherheitstechnische Bedeutung

**Abbildung 1** Systematik der Bewertungsskala (Die im Schema verwendeten Kriterien sind als allgemeine Umschreibungen zu verstehen)

Stufe	Kurzbezeichnung	Kriterien	Beispiele
UNFÄLLE 7	KATASTROPHALER UNFALL	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Freisetzung großer Teile der in einer kerntechnischen Einrichtung enthaltenen radioaktiven Stoffe in die Umgebung, in einem Ausmaß, das radiologisch mehr als einigen zehntausend TBq Jod 131 entspricht. Akute Gesundheitsschäden möglich. Gesundheitliche Spätschäden über große Gebiete, ggf. in mehr als einem Staat. Langfristige Umweltschäden.</li> </ul>	Tschernobyl KKW, Ukraine, 1986
6	SCHWERER UNFALL	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung in einem Ausmaß, das radiologisch einigen tausend bis einigen zehntausend TBq Jod 131 entspricht. Katastrophenschutzmaßnahmen in vollem Umfang erforderlich, um Gesundheitsschäden in Grenzen zu halten.</li> </ul>	Kyshtym Wiederaufbereitungsanlage, Rußland, 1957
5	ERNSTER UNFALL	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung in einem Ausmaß, das radiologisch einigen hundert bis einigen tausend TBq Jod 131 entspricht. Einsatz einzelner Katastrophenschutzmaßnahmen erforderlich, um die Wahrscheinlichkeit von Gesundheitsschäden zu verringern.</li> <li>•Schwere radiologische Schäden an der Anlage, z. B. schwere Schäden am Reaktorkern (mechanische Zerstörung oder Kernschmelzen) oder vergleichbare Schäden in anderen kerntechnischen Einrichtungen.</li> </ul>	Windscale KKW, UK, 1957  Three Mile Island KKW, USA, 1979
4	UNFALL	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung, welche bei den am stärksten betroffenen Personen außerhalb der Anlage zu einer Strahlenexposition von einigen Millisievert führt. Im allgemeinen keine Notwendigkeit von Katastrophenschutzmaßnahmen außerhalb der Anlage. Möglicherweise lokale Verzehrbeschränkungen.</li> <li>•Begrenzte radiologische Schäden an der Anlage, z. B. begrenzte Schäden am Reaktorkern (mechanische Zerstörung oder Kernschmelzen) oder vergleichbare Schäden in anderen kerntechnischen Einrichtungen.</li> <li>•Strahlenexposition des Personals mit hoher Wahrscheinlichkeit für frühzeitige Todesfolge.</li> </ul>	Windscale Wiederaufbereitungsanlage, UK, 1973 Saint Laurent KKW, Frankreich, 1980
STÖRFÄLLE 3	ERNSTER STÖRFALL	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung, welche bei den am stärksten betroffenen Personen außerhalb der Anlage zu einer Strahlenexposition von einigen zehntel Millisievert führt. Schutzmaßnahmen außerhalb der Anlage wahrscheinlich nicht erforderlich.</li> <li>•Technische Ausfälle oder Bedienungsfehler mit der Folge einer Strahlenexposition beim Personal mit akuten Gesundheitsschäden oder mit der Folge von schweren Kontaminationen (z. B. Freisetzung von einigen tausend TBq radioaktiver Stoffe aus der primären in die sekundäre Umschließung, wenn die radioaktiven Stoffe in einen geeigneten Lagerbereich überführt werden können).</li> <li>•Störfälle, bei denen ein zusätzlicher Ausfall von Sicherheitsvorkehrungen zum Eintritt eines Unfalls führen könnte. Anlagenzustände, bei denen die Sicherheitsvorkehrungen im Falle des Eintritts bestimmter Störfälle eine Ausweitung in einen Unfall nicht verhindern könnten.</li> </ul>	Vandellos KKW, Spanien, 1989
2	STÖRFALL	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Begrenzter Verlust von Sicherheitsvorkehrungen. Dies sind insbesondere technische Zwischenfälle, bei denen die Sicherheitsvorkehrungen ausreichend sind, einen zusätzlichen Ausfall (zu erwartendes auslösendes Ereignis oder weiterer Komponentenausfall) zu beherrschen.</li> <li>•Ereignisbedingte unzulässig hohe Strahlenexposition des Betriebspersonals.</li> <li>•Erhebliche Kontamination in Bereichen der Anlage, in denen eine entsprechende Kontamination auslegungsgemäß nicht zu erwarten ist.</li> </ul>	
1	STÖRUNG	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Technische oder betriebliche Störungen, die zwar die Sicherheit insgesamt nicht beeinträchtigen, aber auf Mängel bei den Sicherheitsvorkehrungen hinweisen. Die Ursachen hierfür können in technischen Ausfällen, Bedienungsfehlern oder in unzureichenden Betriebsvorschriften liegen. Diese Störungen sind von solchen Störungen zu unterscheiden, bei denen keine Abweichungen vom zulässigen Anlagenbetrieb auftreten und die in Übereinstimmung mit den Betriebsvorschriften behoben werden. Diese liegen in der Regel "unterhalb der Skala".</li> </ul>	
0	UNTERHALB DER SKALA	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Keine oder sehr geringe sicherheitstechnische Bedeutung</li> </ul>	

**Abbildung 2** Internationale Bewertungsskala für bedeutsame Ereignisse in kerntechnischen Einrichtungen

Entsprechend weiter abgestuft werden Ereignisse behandelt, die zu einer Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen geführt haben, aber keine nennenswerten radiologischen Auswirkungen innerhalb oder außerhalb der Anlage nach sich gezogen haben.

Der erste Bewertungsaspekt "Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage" umfaßt Ereignisse, die zur Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung der Anlage führen. Die höchste Stufe dieses Aspektes ist die Stufe 7. Sie entspricht einem katastrophalen Unfall, bei dem in einem weiten Gebiet Schäden für die Gesundheit und die Umwelt zu erwarten sind. Die niedrigste Stufe der Bewertungsskala unter diesem Aspekt ist die Stufe 3. Sie entspricht einer sehr geringen Abgabe radioaktiver Stoffe, welche bei den am stärksten betroffenen Personen außerhalb der Anlage zu einer Strahlenexposition in Höhe der gesetzlich zulässigen Werte führen. Eine solche Strahlenexposition würde etwa einem Zehntel der jährlichen Strahlenexposition der Bevölkerung entsprechen.

Ereignisse, die außerhalb der Anlage zu einer Strahlenexposition unterhalb der gesetzlich zulässigen Werte führen, werden bezüglich der radiologischen Auswirkungen auf die Umgebung als nicht mehr signifikant im Sinne der Skala angesehen. Aus diesem Grund erfolgt für ein solches Ereignis keine Einstufung nach dem Aspekt "Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage". Dementsprechend sind die Stufen 2 bis 0 bei diesem Aspekt nicht belegt.

Der zweite Bewertungsaspekt betrifft die radiologischen Auswirkungen, welche ein Ereignis innerhalb der Anlage hat. Die höchste Stufe der Bewertungsskala, die diesem Aspekt zugeordnet ist, ist die Stufe 5, die niedrigste die Stufe 2. Stufe 5 enthält Ereignisse, bei denen es zu schweren Schäden am Reaktorkern oder den radiologischen Barrieren gekommen ist. Stufe 2 erfaßt größere Kontaminationen innerhalb der Anlage oder unzulässig hohe Strahlenexposition des Personals. Wie bei den radiologischen Auswirkungen außerhalb der Anlage wird auch hier davon ausgegangen, daß radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage unterhalb bestimmter Schwellen nicht mehr signifikant im Sinne der Skala sind. Sofern die übrigen zwei Bewertungsaspekte nicht heranzuziehen sind, erfolgt in einem solchen Fall keine Einstufung in die Bewertungsskala. Entsprechend sind die Stufen 1 und 0 nicht belegt.

Alle kerntechnischen Einrichtungen sind mit einem mehrfach gestaffelten System von Sicherheitsvorkehrungen ausgestattet, um Ereignisse mit nennenswerten radiologischen Auswirkungen innerhalb und außerhalb der Anlage zu verhindern. Der dritte Bewertungsaspekt umfaßt Ereignisse, bei denen diese Sicherheitsvorkehrungen beeinträchtigt worden sind. Die höchste Stufe der Bewertungsskala, welche diesem Aspekt zugeordnet ist, ist die Stufe 3, die niedrigste die Stufe 1. Stufe 3 enthält Ereignisse, bei denen die vorhandenen Sicherheitsvorkehrungen gerade noch ausreichend sind, aber keine Reserven mehr aufweisen. Hierbei handelt es sich um ernste Störfälle, die aber im allgemeinen dem Bereich der Auslegung zuzuordnen sind. Stufe 1 umfaßt technische und betriebliche Störungen, die zwar die Sicherheit der Anlage insgesamt nicht wesentlich beeinträchtigen, aber auf Mängel bei den Sicherheitsvorkehrungen hinweisen. In Stufe 0 finden sich Ereignisse, die keine oder nur eine sehr geringe sicherheitstechnische Bedeutung im Sinne der Skala besitzen.

Für Ereignisse, die in den Anwendungsbereich der Skala fallen, ist die Einstufung immer bezüglich aller drei Bewertungsaspekte zu prüfen. Die Einstufung erfolgt dann in die höchste Stufe, die sich dabei ergibt.

Basis für die Bewertung ist das vorliegende Benutzerhandbuch, welches einen ausführlichen Leitfaden zur Einstufung darstellt. Die vereinfachte Darstellung der Bewertungsskala in den Abbildungen 1 (Systematik der Bewertungsskala) und 2 (Zusammenfassung der Bewertungsskala) kann bei der Einstufung eines Ereignisses zur Orientierung herangezogen werden, ist aber nicht zur Bewertung im einzelnen gedacht. Für die korrekte Einstufung ist es wichtig, das ausführliche Benutzerhandbuch heranzuziehen, um Fehlinterpretationen zu vermeiden und eine international vergleichbare Einstufung zu gewährleisten.

Auch wenn das vorliegende Benutzerhandbuch eine ausführliche Anleitung zur Einstufung meldepflichtiger Ereignisse gibt, kann es Ereignisse geben, die anhand des Benutzerhandbuches nicht zweifelsfrei einzuordnen sind. Hier kann im Einzelfall eine detaillierte fachliche Beurteilung erforderlich werden, um die zutreffende Einstufung zu bestimmen.

### 1.1.3 Anwendungsbereich der Bewertungsskala

Die internationale Bewertungsskala dient zur Bewertung sicherheitstechnisch oder radiologisch bedeutsamer Ereignisse in allen zivilen kerntechnischen Einrichtungen (von der Urangewinnung und -verarbeitung bis zur Lagerung radioaktiver Abfälle) sowie zur Bewertung von Ereignissen beim Transport von radioaktiven Stoffen von und zu diesen Einrichtungen. Die internationale Skala bezieht sich ausschließlich auf Ereignisse, die im Zusammenhang mit der nuklearen oder radiologischen Sicherheit einer kerntechnischen Einrichtung stehen.

Ereignisse, welche nicht im Zusammenhang mit der nuklearen oder radiologischen Sicherheit einer kerntechnischen Einrichtung stehen, sind nicht Gegenstand der Skala. Sie werden als Ereignisse "außerhalb der Skala" bezeichnet. Es handelt sich dabei um Ereignisse, welche unter keinen Umständen zu radiologischen Auswirkungen führen können, da sie lediglich Systeme betreffen, die keine sicherheitstechnische Bedeutung besitzen. Beispiele für solche Ereignisse sind:

- Arbeitsunfälle, die nicht im Zusammenhang mit dem nuklearen Betrieb einer Anlage stehen,
- größere Ereignisse, wie Flugzeugabsturz, Erdbeben, Explosionsdruckwellen, Hochwasser oder Brände, sofern diese keinerlei Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen oder radiologische Auswirkungen nach sich ziehen, auch wenn sie für sich sehr bedeutsame Ereignisse darstellen können,
- Strahlenexposition von Personen durch unachtsame Handhabung von Prüfstrahlern,
- Abhandenkommen von Ionisationsrauchmeldern,
- Fehler, welche ausschließlich die Verfügbarkeit der Turbine oder des Generators beeinträchtigen (DWR).

*Anmerkung:*

*Der Einfachheit halber können gemeldete Ereignisse "außerhalb der Skala" der untersten Stufe 0 ("unterhalb der Bewertungsskala") zugeordnet werden, die Ereignisse mit sehr geringer bzw. ohne sicherheitstechnische und radiologische Bedeutung im Sinne der Skala umfaßt.*



Kerntechnische Einrichtungen, für die das Handbuch vorgesehen ist, sind:

- Kernkraftwerke,
- Forschungsreaktoren,
- Anlagen zum Abbau und zur Verarbeitung von Uranerz,
- Urananreicherungsanlagen,
- Brennelementfabriken,
- Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente,
- Wiederaufarbeitungsanlagen,
- Abfallkonditionierungsanlagen und Endlagerstätten.

Das Handbuch kann auch auf Forschungseinrichtungen oder Prototypanlagen angewandt werden, die den oben aufgeführten Anlagen vergleichbare Aufgaben haben.

Wie bereits in Abschnitt 1.1.1 ausgeführt, ist die Bewertungsskala zur Zeit nicht für die Einstufung von Ereignissen im Zusammenhang mit Bestrahlungs- und Isotopenherstellungsanlagen oder dem allgemeinen Transport radioaktiver Stoffe vorgesehen. Entsprechend enthält das Handbuch hierzu keine detaillierten Vorgaben.

Das Handbuch berücksichtigt aber in allgemeiner Form Ereignisse, die im Zusammenhang mit der Handhabung und Lagerung umschlossener radioaktiver Quellen stehen, sowie Ereignisse beim Transport von Brennstoffen und radioaktiven Abfällen von und zu kerntechnischen Einrichtungen. Damit soll Staaten, die dies wünschen, die Möglichkeit gegeben werden, alle Ereignisse in kerntechnischen Einrichtungen, die im Anwendungsbereich der Bewertungsskala liegen, in die Skala einzustufen.

Grundsätzlich wird für alle kerntechnischen Einrichtungen die gleiche Bewertungsskala verwendet. Es ist dabei allerdings zu beachten, daß bei manchen Anlagen das Auftreten von Ereignissen, die zu einer Freisetzung von erheblichen Mengen radioaktiver Stoffe in die Umgebung führen können, physikalisch nicht möglich ist. Gründe hierfür können das sehr geringe radioaktive Inventar in diesen Anlagen oder das Fehlen der notwendigen Energie, die für eine größere Freisetzung radioaktiver Stoffe erforderlich ist, sein. Bei solchen Anlagen sind daher keine Ereignisse denkbar, die den oberen

Stufen der Bewertungsskala zuzuordnen sind. Beispiele sind kleinere Forschungsreaktoren, Einrichtungen zur Verarbeitung unbestrahlten Kernbrennstoffs sowie die meisten Abfallagerstätten.

Forschungsreaktoren haben im allgemeinen im Vergleich zu Kernkraftwerken ein kleines Gefährdungspotential für die Umgebung. Allerdings ist wegen der großen Unterschiede in der Auslegung, der Leistung, der Betriebsart und dem Verwendungszweck keine allgemein gültige Aussage hinsichtlich des Gefährdungspotentials möglich. Die im folgenden beschriebene Vorgehensweise bei der Bewertung und Einstufung von Ereignissen in Kernkraftwerken läßt sich auch auf Ereignisse in Forschungsreaktoren anwenden. Die Bewertung von Ereignissen in Forschungsreaktoren wird allerdings aufgrund des oben gesagten meistens zu niedrigen Einstufungen führen.

Im Zusammenhang mit der Anwendung der internationalen Bewertungsskala sind einige wichtige Gesichtspunkte zu berücksichtigen:

- Die Bewertungsskala ist nicht dazu gedacht, die national und international festgelegten Kriterien und Vorgehensweisen für die Meldung, Weitergabe und Auswertung von Ereignissen aus kerntechnischen Anlagen zu ersetzen.
- Die Skala eignet sich nicht zur Auswahl von Ereignissen, die beim Erfahrungsrückfluß zu berücksichtigen sind. Ein wichtiger Grund hierfür ist, daß oft auch aus Ereignissen mit relativ geringer sicherheitstechnischer Bedeutung wesentliche Erkenntnisse für die Erhöhung der Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen gewonnen werden können.
- Die Skala sollte nicht dazu herangezogen werden, den sicherheitstechnischen Standard verschiedener Länder zu vergleichen. Jedes Land hat eigene Regelungen, in welchem Umfang weniger bedeutende Ereignisse zu melden sind. Außerdem ist es schwierig, international eine völlig gleiche Einstufung von Ereignissen zu erreichen, die sich bezüglich der sicherheitstechnischen Bedeutung im Grenzbereich zwischen den Stufen 0 und 1 befinden. Über Ereignisse der Stufen 2 oder höher sind zwar allgemein im Rahmen des INES Information System Angaben verfügbar, die statistisch geringe Anzahl solcher Ereignisse macht es aber schwierig, international sinnvolle Vergleiche zu ziehen.
- Bei einem nuklearen Unfall in einer kerntechnischen Einrichtung oder beim Transport radioaktiver Stoffe mit großer Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung würden

die nationalen Katastrophenschutzpläne zur Anwendung kommen. Die Bewertungsskala sollte bei solchen Unfällen nicht als Teil der Katastrophenschutzpläne Verwendung finden.

#### **1.1.4 Aufbau des Benutzerhandbuches**

Das Benutzerhandbuch besteht aus vier Teilen. Teil 1 faßt die Grundlagen der Bewertungsskala und die Vorgehensweise bei der Einstufung von Ereignissen zusammen.

Teil 2 enthält die detaillierte Vorgehensweise bei der Bewertung von Ereignissen hinsichtlich der Bewertungsaspekte "Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage" und "Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage". Die Teile 1 und 2 gelten für alle kerntechnischen Einrichtungen.

Die Teile 3 und 4 erläutern detailliert die Vorgehensweise für die Einstufung von Ereignissen hinsichtlich des Bewertungsaspektes "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen". Teil 3 gilt dabei für Kernkraftwerke und Forschungsreaktoren und Teil 4 für alle anderen kerntechnischen Einrichtungen.

Obwohl die Teile 3 und 4 auf den gleichen Einstufungsgrundsätzen aufbauen, ist es zur Sicherstellung einer international konsistenten Einstufung erforderlich, für die verschiedenen Arten kerntechnischer Einrichtungen jeweils spezifische und detaillierte Erläuterungen zu geben.

### **1.2 Vorgehen bei der Bewertung von Ereignissen**

Dieser Abschnitt beschreibt die Vorgehensweise bei der Einstufung meldepflichtiger Ereignisse und enthält Hinweise auf die Teile des Handbuches, in denen detaillierte Informationen zu dem jeweils angesprochenen Sachverhalt zu finden sind.

Das grundsätzliche Vorgehen bei der Einstufung eines meldepflichtigen Ereignisses in die Bewertungsskala ist in Abbildung 3 dargestellt. Es wird zusätzlich am Ende dieses Kapitels anhand eines Beispiels erläutert.

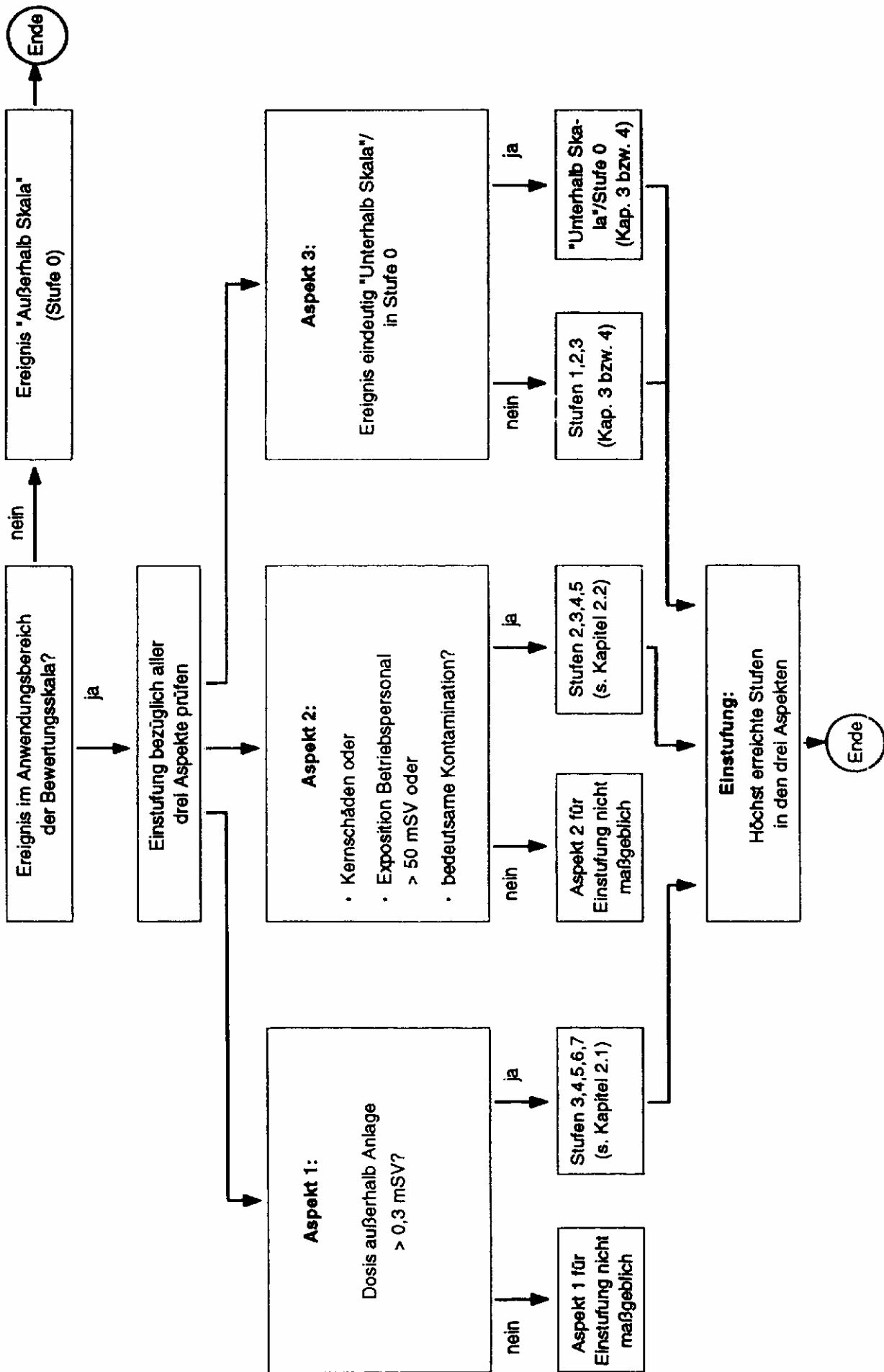


Abbildung 3: Prinzipieller Ablauf der Einstufung

Bei der Einstufung eines Ereignisses ist in einem ersten Schritt zu prüfen, ob das Ereignis in den Anwendungsbereich der Skala fällt, d. h. ob das Ereignis im Zusammenhang mit der nuklearen oder radiologischen Sicherheit einer kerntechnischen Einrichtung steht. Ist dies nicht der Fall, wird das Ereignis als "außerhalb der Skala" eingestuft. Beispiele solcher Ereignisse "außerhalb der Skala" sind in Abschnitt 1.1.3 zu finden.

Für Ereignisse die im Zusammenhang mit der nuklearen oder radiologischen Sicherheit einer kerntechnischen Einrichtung stehen, ist jeder der drei Bewertungsaspekte "Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage", "Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage" und "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" einzeln in Betracht zu ziehen. Die Einstufung des Ereignisses ergibt sich aus der höchsten Stufe, die unter den drei Bewertungsaspekten erreicht wird.

#### **1.2.1 Bewertungsaspekt "Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage"**

Der erste Bewertungsaspekt "Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage" umfaßt Ereignisse, die zur Freisetzung oder unzulässigen Abgabe radioaktiver Stoffe in die Umgebung der Anlage führen. Die Einstufung solcher Ereignisse richtet sich nach den tatsächlich aufgetretenen radiologischen Auswirkungen außerhalb der Anlage. Diese lassen sich anhand der freigesetzten Menge radioaktiver Stoffe oder der Strahlenexposition der Bevölkerung beschreiben. Die radiologischen Auswirkungen, welche die verschiedenen Stufen der Skala bestimmen, sind in Abschnitt 2.1.2 im einzelnen definiert.

Der Bewertungsaspekt "Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage" umfaßt die Stufen 3 bis 7. Die Schwelle, oberhalb welcher radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage in der Skala berücksichtigt werden, entspricht einer Abgabe radioaktiver Stoffe, welche bei den am stärksten betroffenen Personen außerhalb der Anlage zu einer Strahlenexposition in Höhe der gesetzlich zulässigen Werte führt (einige zehntel Millisievert). Eine solche Strahlenexposition würde einem Bruchteil der jährlichen natürlichen Strahlenexposition entsprechen.

Ereignisse, die außerhalb der Anlage zu einer Strahlenexposition unterhalb der gesetzlich zulässigen Werte führen, werden bezüglich der radiologischen Auswirkungen auf die Umgebung als nicht mehr signifikant im Sinne der Skala angesehen. Aus diesem Grund erfolgt für ein solches Ereignis keine Einstufung nach dem Aspekt "Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage". Dementsprechend sind die Stufen 2 bis 0 bei diesem Aspekt nicht belegt. Derartige Ereignisse deuten aber möglicherweise auf eine Verletzung von Betriebsvorschriften bzw. Spezifikationen oder auf eine Beeinträchtigung der Sicherheitskultur hin. Diese Gesichtspunkte werden unter dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" betrachtet und können unter Anwendung von Abschnitt 3.5 bzw. 4.3 zu einer Einstufung in Stufe 1 führen. Unabhängig davon muß geprüft werden, ob aufgrund eventueller radiologischer Auswirkungen innerhalb der Anlage oder weiterer Gesichtspunkte des Bewertungsaspektes "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" eine höhere Einstufung vorzunehmen ist.

### **1.2.2 Bewertungsaspekt "Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage"**

Dieser Bewertungsaspekt umfaßt drei Einzelaspekte:

- Radiologische Schäden an nuklearen Einrichtungen (z. B. am Reaktorkern),
- Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Anlage bzw. Verschleppung radioaktiver Stoffe innerhalb der Anlage,
- Strahlenexposition des Betriebspersonals.

Die genauen Definitionen sind in Abschnitt 2.2.2 zu finden.

Radiologische Schäden an nuklearen Einrichtungen sind den Stufen 4 oder 5 zugeordnet. Für Kernkraftwerke ist die Schwelle für Stufe 4 wie folgt definiert:

- Versagen von mehr als 10 % der Brennstabhüllen oder
- Schmelzen von Brennstoff oder
- Freisetzung von mehr als 0,1 % des Kerninventars aus den Brennelementen.

Für andere kerntechnische Einrichtungen ist die Schwelle für Stufe 4 durch eine Freisetzung von einigen tausend TBq radioaktiver Stoffe aus der primären Umschließung

definiert, wobei das Material nicht mehr in einen geeigneten Lagerbereich zurückgebracht werden kann.

Kontaminationen in der Anlage werden den Stufen 2 und 3 zugeordnet. Die Schwelle für eine Einstufung unter dem Bewertungsaspekt "Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage" wird erreicht, wenn als Folge des Ereignisses in Bereichen, wo auslegungsgemäß keine Aktivität zu erwarten ist, erhebliche Mengen radioaktiver Stoffe vorhanden sind, zu deren Beseitigung Maßnahmen ergriffen werden müssen. In diesem Zusammenhang ist unter "erheblicher Menge" folgendes zu verstehen:

- a) Kontamination durch Flüssigkeiten, bei denen die freigesetzte Gesamtaktivität radiologisch äquivalent zu einigen hundert GBq Ru-106 oder mehr ist.
- b) Verschütten von festen radioaktiven Stoffen, deren Gesamtaktivität radiologisch äquivalent zu einigen hundert GBq Ru-106 oder mehr ist, sofern die resultierende Oberflächenkontamination oder die luftgetragene Kontamination die entsprechenden Grenzwerte für Kontrollbereiche um mehr als den Faktor 10 überschreiten.
- c) Luftgetragene Freisetzung innerhalb von Gebäuden, bei der die freigesetzte Gesamtaktivität radiologisch äquivalent zu einigen GBq J-131 oder mehr ist.

Eine unzulässige Strahlenexposition des Betriebspersonals ist den Stufen 2 bis 4 zugeordnet. Schwellwert für eine Einstufung unter dem Bewertungsaspekt "Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage" ist das Überschreiten des gesetzlich festgelegten Jahresgrenzwertes infolge eines Ereignisses.

Wie bei den radiologischen Auswirkungen außerhalb der Anlage wird auch hier davon ausgegangen, daß Ereignisse, die zu radiologischen Auswirkungen innerhalb der Anlage unterhalb der oben aufgeführten Schwellenwerte führen, nicht mehr signifikant im Sinne der Skala sind. Solche Ereignisse können aber auf eine Verletzung von Betriebsvorschriften oder auf Mängel in der Sicherheitskultur hindeuten. Diese Gesichtspunkte werden unter dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" betrachtet und können unter Anwendung von Abschnitt 3.5 bzw. 4.3 zu einer Einstufung in Stufe 1 führen. Unabhängig davon muß geprüft werden, ob aufgrund eventueller radiologischer Auswirkungen außerhalb der Anlage oder weiterer

Gesichtspunkte des Bewertungsaspektes "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" eine höhere Einstufung vorzunehmen ist.

### **1.2.3 Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen"**

Alle Kernkraftwerke sind mit einem mehrfach gestaffelten System von Sicherheitsvorkehrungen ausgestattet, um Ereignisse mit nennenswerten radiologischen Auswirkungen innerhalb und außerhalb der Anlage zu verhindern. Der dritte Bewertungsaspekt dient zur Einstufung von Ereignissen, bei denen diese Sicherheitsvorkehrungen beeinträchtigt worden sind.

Bei der Einstufung hinsichtlich des Aspektes "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" sind zwei wesentliche Faktoren zu betrachten: Die maximal möglichen radiologischen Auswirkungen, die hätten auftreten können, wenn man den vollständigen Ausfall der Sicherheitsvorkehrungen unterstellt, und die Anzahl und Zuverlässigkeit der Sicherheitsvorkehrungen, die verfügbar geblieben sind.

Für Ereignisse, bei denen unter ungünstigen Umständen nennenswerte radiologische Auswirkungen außerhalb oder innerhalb der Anlage nicht auszuschließen gewesen wären, kann die Einstufung unter dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" von Stufe 0 bis Stufe 3 reichen (siehe Abbildung 1).

Die detaillierte Vorgehensweise bei der Einstufung solcher Ereignisse, basierend auf den oben genannten Grundsätzen, ist in Teil 3 bzw. 4 dieses Handbuches beschrieben und wird hier nicht näher erläutert. Für Ereignisse in Kernkraftwerken während des Leistungsbetriebes zeigt das Flußdiagramm in Abbildung 4 die prinzipielle Vorgehensweise bei der Einstufung.



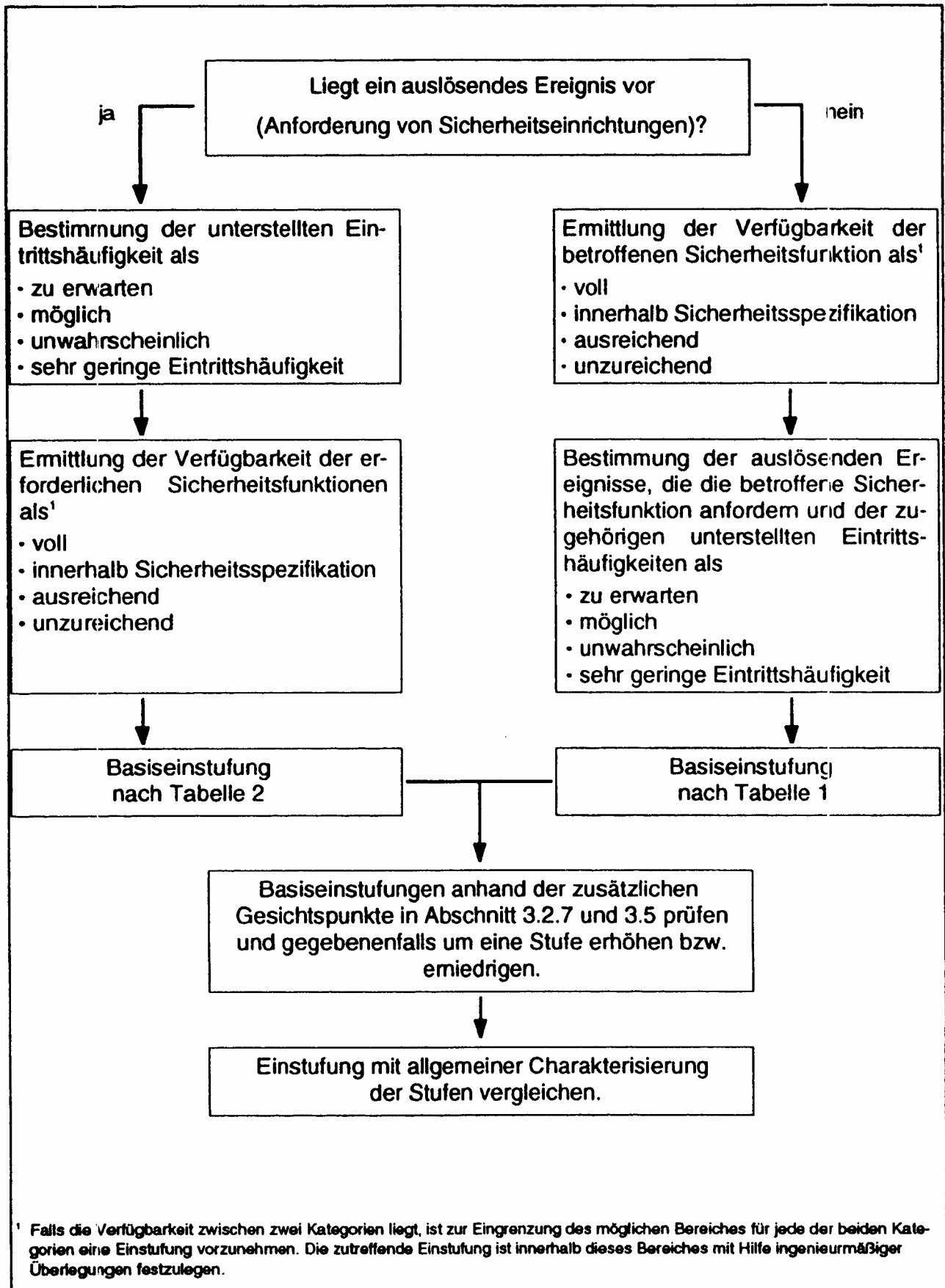


Abbildung 4 Prinzipieller Ablauf der Einstufung nach dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen"

#### 1.2.4 Beispiel für die Einstufung eines Ereignisses in die Bewertungsskala

Das generelle Verfahren der Einstufung, welches in Abbildung 3 dargestellt ist, soll an folgendem Beispiel erläutert werden:

Bei einem Ereignis sei es aufgrund Nichtbeachtens von Betriebsvorschriften zu einer Exposition mehrerer Personen des Betriebspersonals oberhalb von 50 mSv gekommen, ohne daß eine Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung erfolgte. Die Anwendung der einzelnen Bewertungsaspekte führt zu folgenden Teilergebnissen:

Aspekt 1: Nicht maßgeblich (keine radiologischen Auswirkungen außerhalb der Anlage),

Aspekt 2: Stufe 2 (Ereignisbedingte Exposition einer Person des Betriebspersonals, die zu einer Dosis oberhalb des zulässigen Jahresgrenzwertes führt),

Aspekt 3: Stufe 1 (Verletzung von Betriebsvorschriften).

Die Einstufung für das Ereignis ergibt sich aus der höchsten Stufe, die unter den 3 Bewertungsaspekten erreicht wird. D. h., das Ereignis wäre in Stufe 2 einzustufen.

## **Teil 2      Bewertungsaspekte "Radiologische Auswirkungen außerhalb und innerhalb der Anlage"**

### **2.1      Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage**

#### **2.1.1      Grundzüge der Einstufung**

Bei der Einstufung meldepflichtiger Ereignisse aufgrund ihrer radiologischen Auswirkungen außerhalb der Anlage werden die tatsächlich aufgetretenen radiologischen Auswirkungen außerhalb der Anlage berücksichtigt. Diese werden durch die Freisetzung radioaktiver Stoffe aus der Anlage und die hieraus resultierende Strahlenexposition der Bevölkerung charakterisiert.

Unterstellt man das Eintreten eines Unfalls mit Freisetzung einer größeren Menge radioaktiver Stoffe in die Umgebung, so ist es möglich, daß in den frühen Stadien des Unfalls die Höhe der Freisetzung nicht exakt bestimmt werden kann. In einem solchen Fall sollte eine erste Abschätzung der Freisetzung herangezogen werden, um das Ereignis vorläufig in die Skala einzustufen. Sobald genauere Angaben zur Höhe der Freisetzung vorliegen, ist die vorläufige Einstufung zu überprüfen und gegebenenfalls zu korrigieren.

Die Charakterisierung der einzelnen Stufen der internationalen Bewertungsskala enthält zum Teil Hinweise auf Katastrophenschutzmaßnahmen. Diese dienen lediglich zur allgemeinen Umschreibung. In den Einzelheiten können die für einen nuklearen Unfall in kerntechnischen Einrichtungen vorgesehenen Maßnahmen von Staat zu Staat unterschiedlich sein. Außerdem ist es möglich, daß vorsorglich Katastrophenschutzmaßnahmen ergriffen werden, obwohl dies aufgrund der Freisetzung nicht unbedingt erforderlich wäre. Maßgeblich für die Einstufung eines Ereignisses sind die Freisetzung radioaktiver Stoffe bzw. die Strahlenexposition in der Umgebung und nicht die im Rahmen des Katastrophenschutzes vorgesehenen bzw. vorsorglich ergriffenen Maßnahmen.

Der Bewertungsaspekt "Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage" umfaßt fünf Stufen der Skala. Die niedrigste Stufe der Bewertungsskala, welche diesem Aspekt zugeordnet ist, ist die Stufe 3. Sie entspricht einer sehr geringen Abgabe radio-

aktiver Stoffe, welche bei den am stärksten betroffenen Personen außerhalb der Anlage zu einer Strahlenexposition in Höhe der gesetzlich zulässigen Werte führt. Eine solche Strahlenexposition würde etwa einem Zehntel der mittleren jährlichen natürlichen Strahlenexposition der Bevölkerung entsprechen. Die höchste Stufe des Bewertungsaspektes "Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage" ist die Stufe 7. Sie entspricht einem katastrophalen Unfall, bei dem in einem weiten Gebiet Schäden für die Gesundheit und die Umwelt zu erwarten sind. Die einzelnen Stufen lassen sich in Kurzform folgendermaßen charakterisieren:

Stufe 7: Schwerste Freisetzung - Weitreichende radiologische Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt

Stufe 6: Erhebliche Freisetzung - Voller Einsatz der Katastrophenschutzmaßnahmen

Stufe 5: Begrenzte Freisetzung - Einsatz einzelner Katastrophenschutzmaßnahmen

Stufe 4: Geringe Freisetzung - Strahlenexposition der Bevölkerung etwa in Höhe der natürlichen Strahlenexposition

Stufe 3: Sehr geringe Freisetzung - Strahlenexposition der Bevölkerung in Höhe eines Bruchteils der jährlichen natürlichen Strahlenexposition

Als Maßstab für die Einstufung eines Ereignisses in die Stufen 3 und 4 wird die effektive Dosis unter Berücksichtigung aller Expositionspfade am ungünstigsten Aufpunkt verwendet.

Die Stufen 5 bis 7 sind durch das Ausmaß der Freisetzung radioaktiver Stoffe aus der Anlage festgelegt. Dabei wird die Freisetzung radioaktiver Stoffe durch Werte charakterisiert, die einer bestimmten Freisetzung von J-131 radiologisch äquivalent sind.

Der Grund für diesen Wechsel im Einstufungsmaßstab ist, daß bei größeren Freisetzungen die tatsächliche Dosis, welche eine Person in der Umgebung der Anlage erhalten würde, sehr stark von den ergriffenen Schutzmaßnahmen abhängt.

Die Freisetzung, ab der eine Einstufung in Stufe 5 erfolgt, wurde so festgelegt, daß die Dosis bei Berücksichtigung der wahrscheinlichen Schutzmaßnahmen etwa um den Faktor 10 größer ist als die Dosis, welche die Stufe 4 bestimmt. Aus dieser Fest-

legung folgt, daß die Freisetzung, welche den Schwellwert für Stufe 5 bildet, um deutlich mehr als eine Größenordnung über der Freisetzung liegt, welche die Schwelle für Stufe 4 darstellt.

Ereignisse, die außerhalb der Anlage zu einer Strahlenexposition unterhalb der Werte führen, die der Stufe 3 entsprechen, werden bezüglich der radiologischen Auswirkungen auf die Umgebung als nicht mehr signifikant im Sinne der Skala angesehen. Entsprechend sind die Stufen 2 bis 0 der Bewertungsskala bei diesem Aspekt nicht belegt. Die Einstufung eines solchen Ereignisses erfolgt dann anhand der Bewertungsaspekte "Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage" und "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen", die für jedes Ereignis unabhängig vom ersten Bewertungsaspekt zu prüfen sind.

### **2.1.2 Definition der Bewertungsstufen**

#### Stufe 7: Schwerste Freisetzung

Ereignisse mit schwerster Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung der Anlage, welche zu weitreichenden radiologischen Auswirkungen auf die Gesundheit und die Umwelt führen. Kriterien für die Einstufung in Stufe 7 sind:

- Großräumige Verfrachtung und Ablagerung radioaktiver Stoffe; Eingreifrichtwerte für kurz- und langfristige Katastrophenschutzmaßnahmen werden großräumig überschritten.
- Freisetzung radioaktiver Stoffe aus der Anlage, wobei die Höhe der Freisetzung radiologisch einen Wert überschreitet, der einigen zehntausend TBq J-131 äquivalent ist. Was unter "radiologisch äquivalent" zu verstehen ist, wird in Abschnitt 2.1.3 erläutert.
- Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung der Anlage, bei der
  - akute Gesundheitsschäden außerhalb der Anlage auftreten können,
  - gesundheitliche Spätschäden in einem großen Gebiet, welches unter Umständen mehr als einen Staat einschließt, zu erwarten sind.
- Freisetzung radioaktiver Stoffe aus der Anlage, bei der langfristige radiologische Auswirkungen auf die Umwelt wahrscheinlich sind.

Eine Freisetzung radioaktiver Stoffe aus der Anlage, die der Stufe 7 zuzuordnen wäre, entspricht der Freisetzung großer Teile des Kerninventars bei einem Leistungsreaktor und würde typischerweise aus einer Mischung von kurz- und langlebigen Spaltprodukten bestehen.

#### Stufe 6: Erhebliche Freisetzung

Ereignisse, welche zu einer erheblichen Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung der Anlage führen. Kriterien für die Einstufung in Stufe 6 sind:

- Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung der Anlage, bei der Eingreifrichtwerte für kurzfristige Katastrophenschutzmaßnahmen lokal überschritten werden (effektive Dosis durch äußere Bestrahlung und Inhalation größer als 50 mSv in sieben Tagen).
- Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung der Anlage, welche dem Betrag nach radiologisch einigen tausend bis einigen zehntausend TBq J-131 entspricht. (Bei einer Freisetzung dieser Größenordnung ist es sehr wahrscheinlich, daß alle Katastrophenschutzmaßnahmen ergriffen werden müssen, um die radiologischen Auswirkungen auf die Gesundheit der Bevölkerung in Grenzen zu halten.)

#### Stufe 5: Begrenzte Freisetzung

Ereignisse, welche zu einer begrenzten Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung der Anlage führen. Kriterien für die Einstufung in Stufe 5 sind:

- Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung der Anlage, bei der Eingreifrichtwerte für langfristige Katastrophenschutzmaßnahmen lokal überschritten werden (effektive Dosis durch Bodenstrahlung und Nahrungsaufnahme größer als 50 mSv im ersten Jahr).
- Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung der Anlage, welche dem Betrag nach radiologisch einigen hundert bis einigen tausend TBq J-131 entspricht. (Bei einer solchen Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung der Anlage kann es in einigen Fällen erforderlich sein, in begrenztem Umfang Katastrophenschutzmaßnahmen, z. B. Aufsuchen von Häusern und/oder Räumung von begrenzten Gebieten, zu ergreifen, um die Wahrscheinlichkeit gesundheitlicher Schäden der Bevölkerung zu minimieren.)

#### Stufe 4: Geringe Freisetzung

Ereignisse, welche zu einer geringen Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung der Anlage führen. Kriterium für die Einstufung in Stufe 4 ist:

- Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung der Anlage, bei welcher die effektive Dosis am ungünstigsten Aufpunkt unter Berücksichtigung aller Expositionspfade, insbesondere der Nahrungsaufnahme (siehe Abschnitt 2.1.3), im ersten Jahr den Richtwert von 5 mSv überschreitet.

Bei Freisetzungen dieser Größenordnung sind Katastrophenschutzmaßnahmen im allgemeinen nicht erforderlich. Allenfalls kann es nötig werden, vorsorglich lokale Verzehrbeschränkungen anzuordnen.

#### *Anmerkung:*

*Auch wenn bei einer Freisetzung dieser Größenordnung Katastrophenschutzmaßnahmen im allgemeinen nicht erforderlich sind, können trotzdem vorsorglich Katastrophenschutzmaßnahmen in Erwartung einer eventuellen Verschlechterung des Anlagenzustandes ergriffen werden. Für die Einstufung nach dem Aspekt "Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage" zählen nur die tatsächlich eingetretenen Auswirkungen in der Umgebung der Anlage. Die Einstufung aufgrund des Anlagenzustandes selbst ist entsprechend den Bewertungsaspekten "Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage" bzw. "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" vorzunehmen.*

#### Stufe 3: Sehr geringe Freisetzung

Ereignisse, welche zu einer sehr geringen Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung der Anlage führen. Eine solche Freisetzung könnte bei Personen in der Bevölkerung zu einer Strahlenexposition in Höhe von etwa einem Zehntel der mittleren jährlichen natürlichen Strahlenexposition führen. Kriterium für die Einstufung in Stufe 3 ist:

- Ableitung oder Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung der Anlage, bei der die ereignisbedingte effektive Dosis am ungünstigsten Aufpunkt unter Berücksichtigung aller Expositionspfade (siehe Abschnitt 2.1.3) oberhalb des Grenzwertes für den Normalbetrieb (Dosis größer 0,3 mSv in einem Jahr) liegt.

Aufgrund des geringen Betrages der Ableitung bzw. Freisetzung radioaktiver Stoffe sind keine Schutzmaßnahmen außerhalb der Anlage erforderlich.

Anmerkung:

*Auch wenn bei einer Freisetzung dieser Größenordnung Schutzmaßnahmen nicht erforderlich sind, können trotzdem vorsorglich Schutzmaßnahmen in Erwartung einer eventuellen Verschlechterung des Anlagenzustandes ergriffen werden. Für die Einstufung nach dem Bewertungsaspekt "Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage" zählen nur die tatsächlichen Auswirkungen in der Umgebung der Anlage. Die Einstufung des Ereignisses aufgrund des Anlagenzustandes ist nach den Bewertungsaspekten "Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage" bzw. "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" vorzunehmen.*

### **2.1.3 Definition von radiologischer Äquivalenz und Strahlendosis**

Die einzelnen Radionuklide führen aufgrund des unterschiedlichen biologischen Verhaltens im menschlichen Körper, der unterschiedlichen Strahlenarten und der jeweiligen physikalischen Halbwertszeit bei gleicher freigesetzter Radioaktivität zu unterschiedlichen Strahlenexpositionen beim Menschen. Diese nuklidabhängige radiologische Wirksamkeit ist weiter davon abhängig, welche Expositionspfade zur Dosis beitragen. So ist die Dosis durch äußere Bestrahlung im wesentlichen nur von der Stärke der  $\gamma$ -Strahlung abhängig. Bei der Dosis durch Inhalation spielen die Strahlenart und das biologische Verhalten im menschlichen Körper eine Rolle. Bei der Dosis durch Ingestion kommt noch das für die einzelnen Elemente unterschiedliche biologische Verhalten beim Übergang von der Luft in die Pflanzen oder andere Nahrungsmittel hinzu. Die unterschiedliche radiologische Wirksamkeit wird als radiologische Äquivalenz bezeichnet.

Die Definitionen verschiedener Stufen der Bewertungsskala unter den Aspekten "Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage" und "Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage" ziehen J-131 bzw. Ru-106 als Referenznuklide heran. Um auch eine Einordnung bei anderen Nukliden oder Nuklidgemischen vornehmen zu können, wurden auf der Basis der einleitend beschriebenen radiologischen Äquivalenz für eine Reihe wesentlicher Nuklide Multiplikationsfaktoren bestimmt, mit denen die radiologischen Auswirkungen der einzelnen Nuklide im Vergleich zu den Referenznukliden abgeschätzt werden können.

Für die Stufen 5 bis 7 ist ein Verwerfen von Nahrungsmitteln als Schutzmaßnahme wahrscheinlich. Entsprechend sollten bei der Abschätzung der radiologischen Bedeutung einer Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Atmosphäre, alle Expositionspfade mit Ausnahme der Ingestion berücksichtigt werden. D. h., in die Berechnung der insgesamt aufgenommenen effektiven Dosis sind alle Nuklide und die Expositionspfade



Inhalation, externe Bestrahlung aus der Wolke und langzeitige externe Bestrahlung vom Boden einzubeziehen. Tabelle 2.A.1 im Anhang zu Teil 2 gibt die entsprechenden Multiplikationsfaktoren für die Ermittlung der radiologischen Auswirkungen außerhalb der Anlage.

Für Ereignisse der Stufen 3 und 4 ist ein Verwerfen von Nahrungsmitteln nicht oder nur in sehr geringem Umfang zu erwarten. Zur Einschätzung der radiologischen Bedeutung sind daher alle Expositionspfade einschließlich der Ingestion in die Berechnung der aufgenommenen effektiven Dosis am ungünstigsten Aufpunkt einzubeziehen. Die spezielle Windrichtung zum Zeitpunkt der Freisetzung sollte unberücksichtigt bleiben. Da die Ingestion stark von den standortspezifischen Gegebenheiten abhängt, ist es nicht möglich, allgemein anwendbare Multiplikationsfaktoren zur Abschätzung der effektiven Dosis bei Ableitungen oder Freisetzungen der Stufen 3 und 4 zu bestimmen. Hier muß jeder Staat selbst ein geeignetes Verfahren unter Berücksichtigung der Hinweise im Benutzerhandbuch festlegen.

Flüssige Ableitungen, die bei den am stärksten betroffenen Personen in der Bevölkerung zu Dosen deutlich oberhalb der Werte von Stufe 4 führen würden, erfordern eine Einstufung in Stufe 5 oder höher. Die Einstufung ist in einem solchen Fall stark von den standortspezifischen Gegebenheiten abhängig. Deshalb ist es nicht möglich, hierfür detaillierte Hilfen zur Einstufung zu geben.

Die Multiplikationsfaktoren für radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage finden sich in Tabelle 2.A.2 im Anhang zu Teil 2. Sie basieren auf dem gleichen Äquivalenzprinzip wie die Multiplikationsfaktoren für radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage. Da die Randbedingungen der Dosisberechnung bei den einzelnen Expositionspfaden anders sind als bei den radiologischen Auswirkungen außerhalb der Anlage, unterscheiden sich die Faktoren zum Teil von den entsprechenden Faktoren in Tabelle 2.A.1.

## **2.2 Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage**

### **2.2.1 Grundzüge der Einstufung**

Bei der Einstufung von Ereignissen aufgrund ihrer radiologischen Auswirkungen innerhalb der Anlage werden ausschließlich die tatsächlichen Auswirkungen in der Anlage berücksichtigt. Eine eventuelle Einstufung solcher Ereignisse aufgrund ihrer radiologischen Auswirkungen außerhalb der Anlage bzw. der Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen ist nach den entsprechenden Bewertungsaspekten vorzunehmen. Der Bewertungsaspekt "Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage" betrachtet hauptsächlich das Ausmaß größerer radiologischer Schäden (z. B. Schäden am Reaktorkern) und die Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Anlage aus den vorgesehenen Umschließungen.

Zusätzlich zu radiologischen Schäden und zur Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Anlage werden unter dem Aspekt "Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage" auch ereignisbedingte Strahlenexpositionen des Betriebspersonals bewertet. Eine solche Strahlenexposition könnte zum einen Folge eines technischen Ereignisses in der Anlage sein, welches auch unter anderen Aspekten in die Skala einzustufen wäre. Zum anderen könnte eine unzulässige Strahlenexposition des Betriebspersonals ein Ereignis sein, welches unabhängig von einem auslösenden Ereignis im Sinne der Skala aufgetreten ist. Ein Beispiel hierfür wäre eine unzulässige Strahlenexposition bei Instandhaltungsarbeiten aufgrund von Mängeln im Strahlenschutz.

Der Bewertungsaspekt "Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage" umfaßt vier Stufen der Bewertungsskala, die Stufen 2 bis 5. Diese vier Stufen lassen sich wie folgt allgemein umschreiben:

Stufe 5: - Schwere Schäden am Reaktorkern oder den radiologischen Barrieren

Stufe 4: - Begrenzte Schäden am Reaktorkern oder den radiologischen Barrieren  
- Strahlenexposition beim Personal mit frühzeitiger Todesfolge

Stufe 3: - Schwere Kontamination innerhalb der Anlage  
- Strahlenexposition beim Personal mit akuten Gesundheitsschäden

- Stufe 2: - Erhebliche Kontamination innerhalb der Anlage  
- Unzulässig hohe Strahlenexposition beim Personal

Ereignisse, welche Schäden am Reaktorkern oder radiologischen Barrieren nach sich ziehen, sind den Stufen 4 und 5 zugeordnet. Ereignisse, die zu Kontaminationen in der Anlage führen, umfassen die Stufen 2 und 3. Ereignisse mit hoher Strahlenexposition von Personal umfassen die Stufen 2 bis 4.

Ereignisse, die in der Anlage zu radiologischen Auswirkungen unterhalb der Werte führen, welche eine Einordnung in die Stufe 2 erfordern würden, werden bezüglich der radiologischen Auswirkungen innerhalb der Anlage als nicht signifikant im Sinne der Skala angesehen. Entsprechend sind die Stufen 1 und 0 der Bewertungsskala bei diesem Aspekt nicht belegt. Die Einstufung eines Ereignisses in die Stufen 1 und 0 erfolgt ausschließlich anhand des Bewertungsaspektes "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen", der für jedes Ereignis unabhängig von den übrigen beiden Bewertungsaspekten zu prüfen ist.

*Anmerkungen:*

*Allgemein ist es schwierig festzulegen, was unter schweren bzw. begrenzten Schäden am Reaktorkern oder radiologischen Barrieren zu verstehen ist. Die im folgenden angeführten Kriterien sollen hierzu Anhaltspunkte geben. Die in den Kriterien ausgewiesenen Zahlenwerte stellen dabei lediglich eine Größenordnung dar.*

*Unterstellt man das Eintreten eines Ereignisses, bei dem es zu signifikanten Schäden am Reaktorkern oder radiologischen Barrieren kommt, so läßt sich u. U. in der ersten Zeit nach Eintritt des Ereignisses das Ausmaß der Schäden nicht genau bestimmen. Trotzdem sollte es aber möglich sein, anhand der verfügbaren Informationen eine erste Abschätzung durchzuführen, ob es sich um begrenzte oder schwere radiologische Schäden handelt, und damit eine vorläufige Einstufung in Stufe 4 oder 5 vorzunehmen. Sobald genauere Angaben zum Ausmaß der radiologischen Schäden bekannt sind, ist die vorläufige Einstufung zu überprüfen und gegebenenfalls zu korrigieren.*

## **2.2.2 Definition der Bewertungsstufen**

Stufe 5: Schwere Schäden am Reaktorkern oder an radiologischen Barrieren

Ereignisse, welche zu schweren Schäden am Reaktorkern oder an radiologischen Barrieren führen. Von schweren Schäden am Reaktorkern ist auszugehen, wenn eines der beiden folgenden Kriterien erfüllt ist:

- Mehr als einige Prozent des nuklearen Brennstoffs sind geschmolzen oder

- mehr als einige Prozent des Kerninventars sind aus den Brennstabhüllen freigesetzt worden.

Bei kerntechnischen Einrichtungen, die nicht der Spaltung von Kernbrennstoffen dienen, sind Ereignisse, die zu einer großen Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Anlage führen (vergleichbar der Freisetzung bei einem Kernschmelzen) und bei denen die ernste Gefahr einer erheblichen Freisetzung aus der Anlage nicht auszuschließen ist, ebenfalls der Stufe 5 zuzuordnen. Beispiele dafür wären ein größerer Kritikalitätsstörfall oder ein übergreifender Brand bzw. eine Explosion, die erhebliche Mengen an Radioaktivität innerhalb der Anlage freisetzen würden.

Stufe 4: Begrenzte Schäden am Reaktorkern oder den radiologischen Barrieren sowie Strahlenexposition beim Personal mit frühzeitiger Todesfolge

Ereignisse, die zu begrenzten Schäden am Reaktorkern oder an radiologischen Barrieren führen, sowie Ereignisse mit einer Strahlenexposition beim Personal, bei der frühzeitige Todesfolgen wahrscheinlich sind.

Ein Ereignis, welches zu begrenzten radiologischen Schäden an einer kerntechnischen Einrichtung führt, wirft erhebliche Probleme bei der Beseitigung der Folgen auf, auch wenn es bezüglich der Sicherheit der Umgebung keine ernste Gefahr darstellt. Beispiele für solche Ereignisse wären begrenzte Schäden am Reaktorkern und radiologisch vergleichbare Ereignisse in anderen kerntechnischen Einrichtungen. Im folgenden sind einige Kriterien für eine Einstufung in Stufe 4 angegeben.

Von begrenzten Schäden am Reaktorkern ist für Kernkraftwerke auszugehen bei

- Schmelzen von Brennstoff, auch in sehr geringem Umfang, oder
- Freisetzung von mehr als 0,1 % des Kerninventars aus den Brennstabhüllen.

Für kerntechnische Einrichtungen, die nicht der Spaltung von Kernbrennstoffen dienen, ist von begrenzten Schäden an radiologischen Barrieren auszugehen, wenn

- einige tausend TBq radioaktiver Stoffe aus der primären Umschließung (Containment<sup>1</sup>) freigesetzt werden und sich nicht in einen geeigneten Lagerbereich zurückbringen lassen.

Ereignisse mit einer Strahlenexposition des Personals sind der Stufe 4 zuzuordnen bei

- Strahlenexposition einer oder mehrerer Personen des Betriebspersonals, die zu einer Dosis führt, bei der frühe Todesfolgen sehr wahrscheinlich sind (ca. 5 Gy und höher).

Stufe 3: Schwere Kontamination in der Anlage oder Strahlenexposition beim Personal mit akuten radiologischen Gesundheitsschäden

Ereignisse, welche zu einer schweren Kontamination in der Anlage führen, oder Ereignisse, die beim Personal zu einer Strahlenexposition führen, bei der akute Gesundheitsschäden auftreten können.

Ist eines der folgenden Kriterien erfüllt, so ist von einer Zuordnung zu Stufe 3 auszugehen:

- Ereignisbedingte Strahlenexposition einer oder mehrerer Personen des Betriebspersonals, die zu akuten Gesundheitsschäden führt (z. B. Ganzkörperdosis in der Größenordnung von 1 Gy und Teilkörperdosis in der Größenordnung von 10 Gy).
- Ereignisse, die zu einer Dosisleistung oder Kontamination führen, bei der eine Person des Betriebspersonals innerhalb einer Stunde eine Strahlenexposition oberhalb des zulässigen Jahreshöchstwertes erhalten könnte.
- Ereignisse, die zu einer weiträumigen luftgetragenen Kontamination in zugänglichen Bereichen der Anlage führen, deren Aktivitätskonzentration um mehr als den Faktor 2000 oberhalb des Grenzwertes für die Aktivitätskonzentration in der Luft für Kontrollbereiche liegt (Grenzwert bei Annahme einer jährlichen Arbeitszeit von 2000 Stunden).

---

<sup>1</sup> In diesem Zusammenhang beziehen sich die Begriffe primäre und sekundäre Umschließung (Containment) auf den Einschluß radioaktiver Materialien bei kerntechnischen Einrichtungen, die nicht der Spaltung von Kernbrennstoffen dienen. Sie sind nicht mit dem Begriff für den Sicherheitsbehälter (Containment) bei Kernkraftwerken zu verwechseln.

- Ereignisse, die in zugänglichen Bereichen der Anlage zu einer Gamma- und Neutronen-Dosisleistung oberhalb von 50 mSv pro Stunde führen (Dosisleistung gemessen in 1 m Entfernung von der Quelle).
- Ereignisse, die zu einer Freisetzung von einigen tausend TBq radioaktiver Stoffe aus der primären in eine sekundäre Umschließung führen, wenn die radioaktiven Stoffe in einen geeigneten Lagerbereich überführt werden können.

Stufe 2: Erhebliche Kontamination innerhalb der Anlage oder unzulässig hohe Strahlenexposition des Personals

Ereignisse, welche zu einer erheblichen Kontamination innerhalb der Anlage und/oder zu einer unzulässig hohen Strahlenexposition des Personals führen. Falls eines der folgenden Kriterien erfüllt ist, so ist von einer Zuordnung zur Stufe 2 auszugehen:

- Ereignisbedingte Strahlenexposition einer Person des Betriebspersonals, die zur Überschreitung von gesetzlich festgelegten Jahreshgrenzwerten führt.
- Austritt erheblicher Mengen radioaktiver Stoffe in Bereiche der Anlage, in denen auslegungsgemäß keine Aktivität zu erwarten ist, sofern Abhilfemaßnahmen zur Beseitigung der ausgetretenen radioaktiven Stoffe erforderlich sind. In diesem Zusammenhang ist folgendes unter "erheblichen Mengen radioaktiver Stoffe" zu verstehen:
  - a) Kontaminationen durch Flüssigkeiten, bei denen die freigesetzte Gesamtaktivität radiologisch äquivalent zu einigen hundert GBq Ru-106 oder mehr ist;
  - b) Verschütten von festen radioaktiven Stoffen, deren Gesamtaktivität radiologisch äquivalent zu einigen hundert GBq Ru-106 oder mehr ist, sofern die resultierende Oberflächenkontamination oder die luftgetragene Kontamination die entsprechenden Grenzwerte für Kontrollbereiche um mehr als den Faktor 10 überschreiten;
  - c) luftgetragene Freisetzung innerhalb von Gebäuden, bei der die freigesetzte Gesamtaktivität radiologisch äquivalent zu einigen zehn GBq J-131 oder mehr ist.

*Anmerkung:*

*Der Begriff "Radiologische Äquivalenz" wird in Abschnitt 2.1.3 und im Anhang zu Teil 2 erläutert.*

### **2.2.3 Definition von Bereichen, in denen auslegungsgemäß keine Aktivität zu erwarten ist**

Aus den im Rahmen der Auslegung durchgeführten Betrachtungen zu Störungen und Störfällen folgen u. a. Annahmen zu Art und Menge radioaktiver Stoffe, die bei unterstellter Störung oder unterstelltem Störfall in bestimmte Bereiche der Anlage freigesetzt werden können und zu deren Rückhaltung geeignete Einrichtungen vorzusehen sind. Unter den in den Kriterien zu Stufe 2 genannten "Bereichen, in denen auslegungsgemäß keine Aktivität zu erwarten ist", sind dementsprechend Bereiche der Anlage zu verstehen, in denen aufgrund der Störfallbetrachtungen im Rahmen der Auslegung nicht mit dem Auftreten radioaktiver Stoffe in dem Ausmaß zu rechnen ist, wie es bei dem entsprechenden Ereignis eingetreten ist.

## Anhang zu Teil 2    Radiologische Äquivalenz

Die Definitionen verschiedener Stufen der Bewertungsskala unter den Aspekten "Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage" und "Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage" ziehen J-131 bzw. Ru-106 als Referenznuklide heran. Um auch eine Einordnung bei anderen Nukliden oder Nuklidgemischen vornehmen zu können, wurden für eine Reihe wesentlicher Nuklide Multiplikationsfaktoren bestimmt, mit denen sich die radiologischen Auswirkungen dieser Nuklide im Vergleich zu den Referenznukliden abschätzen lassen. Dazu ist die tatsächlich freigesetzte Aktivität eines Nuklids mit dem entsprechenden Multiplikationsfaktor zu multiplizieren und dann mit den im Benutzerhandbuch angegebenen Werten für J-131 bzw. Ru-106 zu vergleichen. Bei Nuklidgemischen ist die Summe über die Produkte der freigesetzten Aktivität der einzelnen Nuklide und dem zugehörigen Multiplikationsfaktor zu verwenden.

Die einzelnen Radionuklide führen aufgrund des unterschiedlichen biologischen Verhaltens im menschlichen Körper, der unterschiedlichen Strahlenarten und der jeweiligen physikalischen Halbwertszeit bei gleicher freigesetzter Radioaktivität zu unterschiedlichen Strahlenexpositionen beim Menschen. Diese nuklidabhängige radiologische Wirksamkeit ist weiter davon abhängig, welche Expositionspfade zur Dosis beitragen. Entsprechend ergeben sich für ein Nuklid zum Teil unterschiedliche Multiplikationsfaktoren.

Tabelle 2.A.1 enthält die Multiplikationsfaktoren, die bei radiologischen Auswirkungen außerhalb der Anlage, die in den Stufen 5 - 7 liegen, heranzuziehen sind. Für Ableitungen bzw. Freisetzungen der Stufen 3 und 4 ist es nicht möglich, allgemein anwendbare Multiplikationsfaktoren zur Abschätzung der effektiven Dosis anzugeben. Grund hierfür ist, daß bei der Dosisermittlung auch die Ingestion zu berücksichtigen ist, die stark von den standortspezifischen Gegebenheiten abhängt.



<b>Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage - Stufen 5 - 7</b>	
<b>Nuklid</b>	<b>Multiplikationsfaktor</b>
J-131	1
Cs-137	90
Sr 90 Klasse Y <sup>1</sup>	30
Ru-106	10
Uran (nat., angereichert, abgereichert) Klasse Y <sup>1</sup>	2 500
Uran (nat., angereichert, abgereichert) Klasse D <sup>1</sup>	80
Pu-239 - Am-241	9 000

Tabelle 2.A.1 Multiplikationsfaktoren zur INES-Klassifikation von anderen Nukliden als J-131 bei radiologischen Auswirkungen außerhalb der Anlage

Tabelle 2.A.2 gibt die entsprechenden Multiplikationsfaktoren für radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage (Stufe 2).

<b>Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage - Stufe 2</b>	
<b>Nuklid</b>	<b>Multiplikationsfaktor</b>
J-131	1
Cs-137	1
Cs-134	2
Te-132	4
Sr 90 Klasse Y <sup>1</sup>	10
Ru-106	1
Uran (nat., angereichert, abgereichert) Klasse Y <sup>1</sup>	1 000
Uran (nat., angereichert, abgereichert) Klasse D <sup>1</sup>	35
Pu-239 - Am-241	10 000

Tabelle 2.A.2 Multiplikationsfaktoren zur INES-Klassifikation von anderen Nukliden als J-131 bei radiologischen Auswirkungen innerhalb der Anlage

<sup>1</sup> Die Klassen D (days), W (weeks) und Y (years) bezeichnen die Retentionsklassen für Inhalation und kennzeichnen die Retentionszeit der inhalierten Radionuklide in der Lunge. Leicht lösliche Verbindungen des Urans, z. B. UF<sub>6</sub> und Uranylнитrat gehören in Klasse D. Schwer lösliche Uranverbindungen, z. B. U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> und UO<sub>2</sub> gehören in Klasse W, unlösliches gesintertes UO<sub>2</sub> in Klasse Y.

## **Teil 3      Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" für Kernkraftwerke und Forschungsreaktoren**

### **3.1      Allgemeines Vorgehen bei der Einstufung nach dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen"**

#### **3.1.1    Sicherheitskonzept**

Die Vermeidung radiologischer Störfälle und Unfälle und damit auch die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen basieren auf einer guten Auslegung und einem zuverlässigen Betrieb. In beiden Bereichen wird grundsätzlich das Konzept gestaffelter Sicherheitsvorkehrungen (defense in depth) angewandt, welches ein mögliches Versagen von Komponenten, menschliche Fehler und das Eintreten nicht geplanter Entwicklungen berücksichtigt.

Das Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen, wie es in der IAEA Safety Series No. 75-INSAG-3 "Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants" definiert ist, läßt sich auf alle kerntechnischen Einrichtungen und den Transport radioaktiver Stoffe anwenden. Es lautet übersetzt:

"Um mögliche menschliche und technische Fehler zu beherrschen, ist ein Konzept von gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen vorgesehen, welches mehrere Barrieren umfaßt, die ein Entweichen radioaktiver Stoffe in die Umgebung verhindern sollen. Das Konzept beinhaltet den Schutz der Barrieren durch Maßnahmen, die Schäden an der Anlage und den Barrieren selbst verhindern sollen. Es schließt weiter Maßnahmen ein, um die Öffentlichkeit und die Umwelt vor Schäden zu schützen für den Fall, daß diese Barrieren nicht voll wirksam sind."

Das Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen besteht entsprechend aus einer Kombination von konservativer Auslegung, Qualitätssicherung, Überwachungs- und Instandhaltungsmaßnahmen, Maßnahmen zur Störfallbeherrschung sowie einer übergreifenden Sicherheitskultur, die die Wirksamkeit jeder dieser Komponenten verstärkt. Störungen oder Störfälle sollen also verhindert werden durch

- einen zuverlässigen Betrieb der Anlage, um das Auftreten von Fehlern zu vermeiden,
- eine Qualitätssicherung, mit der nachgewiesen wird, daß die Annahmen und Randbedingungen der Auslegung sowie die Vorgaben für den Betrieb eingehalten werden,
- eine Anlagenüberwachung, um Störungen oder Fehler während des Betriebs zu erkennen, und
- Vorkehrungen, die sicherstellen, daß sich Störungen nicht zu ernsthaften Ereignissen weiterentwickeln.

Jeder Fehler in den "gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen" muß sorgfältig geprüft und hinsichtlich seiner möglichen Folgen analysiert werden. Die Verfügbarkeit mehrerer intakter Komponenten der gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen ist für sich allein keine ausreichende Rechtfertigung, eine Anlage bei Ausfall einer Komponente der gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen ohne kritische Prüfung der möglichen Folgen für die Sicherheit weiterzubetreiben.

Für den sicheren Betrieb einer kerntechnischen Einrichtung müssen die folgenden grundsätzlichen Sicherheitsfunktionen gewährleistet sein:

- Kontrolle der Reaktivität,
- ausreichende Kühlung der radioaktiven Stoffe,
- Einschluß der radioaktiven Stoffe.

Jede dieser Sicherheitsfunktionen wird durch Sicherheitssysteme gewährleistet. Dabei kann es sich um passive oder aktive Systeme handeln. Diese Systeme sind üblicherweise redundant und z. T. auch diversitär aufgebaut. Sicherheitsfunktionen können auch partiell oder vollständig durch administrative Regelungen gewährleistet werden. Die Anforderungen an die Verfügbarkeit der Sicherheitssysteme bzw. der administrativen Maßnahmen sind in der Sicherheitsspezifikation und vergleichbaren Regelungen festgelegt.

Die Einstufung eines Ereignisses unter dem Aspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" hängt zum einen davon ab, ob eine Sicherheitsfunktion im Verlauf des

Ereignisses angefordert wurde, und zum anderen von der Verfügbarkeit der Sicherheitssysteme und der administrativen Maßnahmen.

Der Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" umfaßt die Stufen 0 bis 3 der Bewertungsskala. Die Bewertung spiegelt das Ausmaß, in dem die Sicherheitsvorkehrungen beeinträchtigt sind, wieder.

Die Einstufung erfolgt in drei Schritten:

- Basiseinstufung
- Berücksichtigung zusätzlicher Faktoren
- Endgültige Festlegung der Einstufung

### **3.1.2 Basiseinstufung**

Grundsätzlich stehen für die Basiseinstufung unter dem Aspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" zwei Methoden zur Verfügung.

Der ersten Methode liegen folgende Überlegungen zugrunde:

Im Genehmigungsverfahren ist der Nachweis zu erbringen, daß mit den in einem Kernkraftwerk vorhandenen Sicherheitsvorkehrungen die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch den Betrieb des Reaktors getroffen ist. In weiten Bereichen wird dieser Nachweis anhand der Analyse repräsentativer Störungen und Störfälle (Auslegungsstörfälle) erbracht, wobei für jede zu unterstellende Störung und jeden zu unterstellenden Störfall die Wirksamkeit der vorgesehenen Sicherheitssysteme bzw. -maßnahmen gezeigt wird. Die erste Methode eignet sich dort, wo eine entsprechende Nachweisführung anhand der Analyse repräsentativer Störungen und Störfälle erfolgte. Die Einstufung eines Ereignisses nach der ersten Methode basiert im wesentlichen auf folgenden Gesichtspunkten:

- Verfügbarkeit der Sicherheitssysteme bzw. -maßnahmen
- Eintritt bzw. möglicher Eintritt eines Ereignisses (Störung oder Störfall)
- Eintrittshäufigkeit des Ereignisses, wie sie in den Auslegungsüberlegungen zugrunde gelegt wurde

Die erste Methode eignet sich besonders gut für die Einstufung von Ereignissen beim Leistungsbetrieb von Kernkraftwerken, wo die minimalen Anforderungen an die Verfügbarkeit der Sicherheitssysteme, unter denen eine Fortführung des Weiterbetriebs zulässig ist, detailliert in der Sicherheitsspezifikation oder vergleichbaren Regelungen festgelegt sind. Das Vorgehen bei der Einstufung von Ereignissen nach der ersten Methode ist in Abbildung 4 zusammengefaßt.

Das zweite Verfahren ist im wesentlichen für Bereiche gedacht, wo die Auslegung überwiegend auf Systemen und Maßnahmen zur Vermeidung von Störfällen beruht. Dies ist im allgemeinen dann der Fall, wenn viel Zeit für Abhilfemaßnahmen zur Verfügung steht, z. B. beim Ausfall der Nachkühlung bei abgeschalteter Anlage. Hier ist es häufig schwierig, das auslösende Ereignis und die Verfügbarkeit der entsprechenden Sicherheitseinrichtung getrennt zu bewerten, da beides voneinander abhängig sein kann. Außerdem beruhen die Sicherheitsmaßnahmen in solchen Fällen häufig mehr auf administrativen Maßnahmen und weniger auf dem raschen Eingriff automatischer Sicherheitssysteme. Das zweite Verfahren zur Basiseinstufung von Ereignissen berücksichtigt im wesentlichen folgende Faktoren:

- Anzahl der ausgefallenen Sicherheitsebenen (Sicherheitssysteme bzw. administrative Maßnahmen),
- Anzahl der verfügbaren Sicherheitsebenen und
- mögliche Konsequenzen des Ereignisses.

Die beiden Verfahren zur Basiseinstufung von Ereignissen unter dem Aspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" werden in den folgenden Kapiteln im einzelnen erläutert.

### **3.1.3 Zusätzliche Faktoren**

Sicherheitssysteme, die die Sicherheitsfunktionen gewährleisten, müssen eine hohe Zuverlässigkeit aufweisen. Sie sind im allgemeinen redundant und in einigen Fällen auch diversitär ausgeführt. Dennoch gibt es bestimmte Einflußfaktoren, die gleichzeitig mehrere Ebenen der gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen beeinträchtigen können.

Die wichtigsten Faktoren, die das Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen teilweise oder insgesamt gefährden können, sind:

- Common Cause-Fehler,
- Mängel in den Betriebsvorschriften und
- Mängel in der Sicherheitskultur.

Diese Faktoren werden deshalb bei der Bewertung besonders betrachtet. Einzelheiten hierzu finden sich in Abschnitt 3.5.

### **3.1.4 Endgültige Festlegung der Einstufung**

Nachdem für ein Ereignis entsprechend den Vorgaben im Benutzerhandbuch eine Stufe in der Bewertungsskala bestimmt worden ist, muß diese Einstufung im letzten Schritt mit der allgemeinen Charakterisierung der einzelnen Bewertungsstufen verglichen werden. Dadurch soll sichergestellt werden, daß die gewählte Einstufung mit der allgemeinen Charakterisierung der entsprechenden Stufe übereinstimmt:

Stufe 0: - Ereignisse mit sehr geringer sicherheitstechnischer Bedeutung  
- Ereignisse ohne sicherheitstechnische Bedeutung

Stufe 1: - Abweichungen von den zulässigen Bereichen für den sicheren Betrieb der Anlage

Stufe 2: - Störfälle  
- Begrenzte Ausfälle der gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen

Stufe 3: - Störfälle nahe einem Unfall, das heißt, Störfälle, bei denen das Auftreten eines weiteren Fehlers zu einem Unfall führen würde.  
- Weitgehende Ausfälle der gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen

## **3.2 Einstufung anhand auslösender Ereignisse und Verfügbarkeit der Sicherheitssysteme (Methode 1: In erster Linie anwendbar auf Ereignisse bei Leistungsbetrieb von Kernkraftwerken)**

### **3.2.1 Zu betrachtende Ereignisse**

Ereignisse, welche zu einer Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen einer Anlage führen, können grundsätzlich von unterschiedlicher Art sein: Zum einen kann ein auslösendes Ereignis (Störung oder Störfall) eintreten, welches den Einsatz von Sicherheitseinrichtungen erfordert; zum anderen kann eine Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen vorliegen, ohne daß ein auslösendes Ereignis eingetreten ist (z. B. Entdeckung eines Fehlers bei wiederkehrender Prüfung).

#### **a) Eintritt eines auslösenden Ereignisses**

Für den Fall des Eintritts eines auslösenden Ereignisses sind auslegungsgemäß Sicherheitseinrichtungen vorgesehen, um die Auswirkungen des Ereignisses in vorgegebenen Grenzen zu halten. Die Einstufung eines solchen Ereignisses in die Bewertungsskala hängt im wesentlichen von der tatsächlichen Verfügbarkeit der zur Beherrschung der Störung bzw. des Störfalls erforderlichen Sicherheitseinrichtungen ab. Von Bedeutung sind daneben aber auch die zu erwartende Eintrittshäufigkeit des auslösenden Ereignisses und die möglichen Auswirkungen des Ereignisses, wenn unterstellt wird, daß die erforderlichen Sicherheitseinrichtungen nicht zur Verfügung gestanden hätten.

#### **b) Beeinträchtigung von Sicherheitseinrichtungen ohne auslösendes Ereignis**

In diesem Fall ergeben sich keine radiologischen Auswirkungen auf den Betrieb der Anlage, das heißt, der Betrieb läuft ungestört weiter. Die festgestellte Beeinträchtigung der Sicherheitseinrichtung hätte aber Auswirkungen nach sich ziehen können, wenn ein auslösendes Ereignis eingetreten wäre, zu dessen Beherrschung die betroffene Sicherheitseinrichtung erforderlich ist.

Die sicherheitstechnische Bedeutung einer Beeinträchtigung von Sicherheitseinrichtungen ohne auslösendes Ereignis hängt von folgenden Faktoren ab:

- Unterstellte Häufigkeit auslösender Ereignisse, zu deren Beherrschung die betroffene Sicherheitseinrichtung benötigt wird,
- potentielle radiologische Auswirkungen, welche sich ergeben würden, wenn man den vollständigen Ausfall der Sicherheitseinrichtung bei gleichzeitigem Eintritt eines relevanten auslösenden Ereignisses unterstellen würde, und
- Verfügbarkeit der Sicherheitsfunktion, die durch die betroffene Sicherheitseinrichtung gewährleistet werden soll.

*Anmerkung:*

*Für bestimmte Ereignisse können beide Gesichtspunkte a) und b) zutreffend sein, d. h. für die Einstufung wären beide Gesichtspunkte zu betrachten.*

### **3.2.2 Auslösende Ereignisse**

#### **3.2.2.1 Auslösende Ereignisse in der Sicherheitsanalyse**

Ein wesentlicher Gesichtspunkt bei der Auslegung eines Kernkraftwerks ist der Nachweis, daß alle zu unterstellenden Störungen und Störfälle von den vorgesehenen Sicherheitseinrichtungen mit ausreichender Sicherheit beherrscht werden, ohne daß eine unzulässig hohe Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung erfolgt. Dieser Nachweis wird mit Hilfe von anlagendynamischen und probabilistischen Analysen für eine Reihe repräsentativer Störungen und Störfälle (Auslegungsstörfälle) geführt, die in konservativer Weise alle zu unterstellenden Störungen und Störfälle abdecken. Die im Rahmen der Auslegung eines Kernkraftwerks zu betrachtenden repräsentativen Störungen und Störfälle stellen die auslösenden Ereignisse im Sinne der Bewertungsskala dar.

In der Praxis kann sich ein reales Ereignis, welches zu einer Störung oder einem Störfall führt, von den auslösenden Ereignissen unterscheiden, die im Rahmen der Sicherheitsanalysen betrachtet wurden. Das reale Ereignis läßt sich aber im allgemeinen einem auslösenden Ereignis zuordnen, durch das es abgedeckt wird.

Für jedes Kernkraftwerk ist im Rahmen der Sicherheitsanalysen eine Liste auslösender Ereignisse mit zugeordneten Eintrittshäufigkeiten entwickelt worden. Außerdem ordnen die Sicherheitsanalysen den einzelnen auslösenden Ereignissen die Sicherheitsein-



richtungen zu, welche zur Beherrschung des jeweiligen auslösenden Ereignisses erforderlich sind.

Für die Zwecke der Einstufung von Ereignissen in die Bewertungsskala ist das Spektrum der auslösenden Ereignisse entsprechend der jeweiligen Eintrittshäufigkeit der Ereignisse in vier unterschiedliche Klassen unterteilt worden. Die vier Ereignisklassen sind wie folgt definiert:

- Zu erwartende Ereignisse,
- mögliche Ereignisse,
- unwahrscheinliche Ereignisse und
- Ereignisse mit sehr geringer Eintrittshäufigkeit.

Grundlage für die Einstufung im Rahmen des Bewertungskriteriums "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" ist das Eintreten bzw. mögliche Eintreten eines auslösenden Ereignisses sowie der Zustand der Sicherheitsvorkehrungen, die zur Gewährleistung der Integrität der Barrieren erforderlich sind.

*Anmerkung:*

*Der "Zustand der Sicherheitseinrichtungen" beinhaltet nicht nur die Verfügbarkeit von Anlagensystemen, sondern auch die Übereinstimmung mit den Betriebsvorschriften.*

### **3.2.2.2 Eintrittshäufigkeit auslösender Ereignisse**

Die Sicherheitsanalyse einer Anlage legt die zu unterstellenden auslösenden Ereignisse fest und ordnet jedem auslösenden Ereignis eine Eintrittshäufigkeit zu.

Jede Anlage hat ihre eigene Liste von auslösenden Ereignissen mit zugeordneten Eintrittshäufigkeiten. Für die Einstufung in die Bewertungsskala wurde das Spektrum von normalen betrieblichen Ereignissen, zu erwartenden Betriebsstörungen und Störfällen in die folgenden Häufigkeitsklassen unterteilt:

- Klasse 1: Zu erwartende Ereignisse

Auslösende Ereignisse der Klasse 1 sind Ereignisse, deren angenommene Häufigkeit so groß ist, daß mit ihrem Eintreten während der Betriebszeit einer Anlage einmal oder mehrfach gerechnet werden muß. Sie umfassen normale betriebliche Ereignisse und

zu erwartende betriebliche Störungen. Die angenommene Häufigkeit solcher Ereignisse ist größer als ungefähr  $3 \cdot 10^{-2}$  pro Jahr.

- Klasse 2: Mögliche Ereignisse

Unter auslösenden Ereignissen der Klasse 2 sind Ereignisse zu verstehen, die zwar während der Lebensdauer einer Anlage nicht zu erwarten sind, über die Lebensdauer einer Anlage gesehen aber eine Eintrittswahrscheinlichkeit von mehr als 1 % haben. Die angenommene Häufigkeit solcher Ereignisse liegt zwischen ungefähr  $3 \cdot 10^{-2}$  pro Jahr und etwa  $3 \cdot 10^{-4}$  pro Jahr.

- Klasse 3: Unwahrscheinliche Ereignisse

Die Klasse 3 umfaßt alle auslösenden Ereignisse, die bei der Auslegung einer Anlage zu betrachten sind und nicht unter die Klassen 1 oder 2 fallen. Dabei handelt es sich um Ereignisse, deren angenommene Häufigkeit so gering ist, daß ihr Eintreten in keiner Anlage erwartet wird, die aber trotzdem als Grenzfälle zur sicherheitstechnischen Auslegung der Anlagen herangezogen werden. Die angenommene Häufigkeit solcher auslösenden Ereignisse liegt unter  $3 \cdot 10^{-4}$  pro Jahr.

- Klasse 4: Ereignisse mit sehr geringer Eintrittshäufigkeit (z. B. EVA/EVI)

Die Klasse 4 umfaßt die seltenen Ereignisse im Sinne der Störfall-Leitlinie. Diese Ereignisse besitzen eine sehr geringe Eintrittshäufigkeit. Soweit Sicherheitseinrichtungen zur Beherrschung solcher Ereignisse vorgesehen sind, werden an diese nicht notwendigerweise die gleichen Anforderungen bezüglich Redundanz und Diversität gestellt wie an die Sicherheitseinrichtungen zur Beherrschung von Ereignissen der Klassen 1 bis 3.

Eine Beispielliste auslösender Ereignisse, welche die speziellen Gegebenheiten der Leistungsreaktoren in der Bundesrepublik Deutschland berücksichtigt, findet sich im Anhang zu Teil 3. Sie basiert auf dem Statusbericht des Kerntechnischen Ausschusses zum Konzept einer Klassifizierung von Ereignisabläufen für die Auslegung von Leistungsreaktoren vom Juni 1985. Die Liste soll eine Orientierung geben, die gegebenenfalls anlagenspezifisch angepaßt und ergänzt werden muß. Erforderlichenfalls können als zusätzliche Orientierung die Beispiellisten auslösender Ereignisse für verschiedene internationale Reaktortypen, die ebenfalls im Anhang aufgeführt sind, herangezogen werden.

### 3.2.2.3 Ermittlung von auslösenden Ereignissen

Um ein Ereignis zu bewerten, ist es erforderlich, die zugehörigen auslösenden Ereignisse zu ermitteln, welche dem Ereignis gegebenenfalls zugeordnet sind. Nach der Definition in Abschnitt 3.2.2.1 sind auslösende Ereignisse im Sinne der Bewertungsskala Ereignisse, die Sicherheitssysteme anfordern und zu deren Beherrschung die Funktion der entsprechenden Sicherheitssysteme erforderlich ist. Das auslösende Ereignis im Sinne der Bewertungsskala ist daher nicht notwendigerweise identisch mit dem Vorfall, welches am Anfang eines Ereignisablaufes steht.

Entsprechend dieser Festlegung werden störungsbedingte Änderungen von Betriebsparametern, die von den Regelsystemen ausgeglichen werden und nicht zur Anforderung von Sicherheitseinrichtungen führen, nicht als auslösende Ereignisse im Sinne der Skala betrachtet. Gleiches gilt auch für Ereignisse, die mit Begrenzungseinrichtungen beherrscht werden, sofern diese keine dem Reaktorschutzsystem vergleichbaren Aufgaben wahrnehmen.

Für bestimmte Ereignisse kann es erforderlich sein, mehr als ein auslösendes Ereignis zu betrachten. Für jedes dieser auslösenden Ereignisse ist eine Einstufung vorzunehmen. Die Einstufung des gesamten Ereignisses ist dann entsprechend der höchsten Stufe vorzunehmen, welche für die einzelnen zu betrachtenden auslösenden Ereignisse erreicht wird. Nimmt man z. B. an, daß es im Laufe eines Ereignisses zu einem Leistungsanstieg kommt, der von der Regelung und der Begrenzung nicht rechtzeitig abgefangen werden kann (siehe Beispiel 5, Abschnitt 3.6), so stellt dieser Leistungsanstieg ein auslösendes Ereignis dar, welches das Reaktorschutzsystem anfordert. Das Reaktorschutzsystem löst eine Reaktorschnellabschaltung aus. Nach erfolgter Reaktorschnellabschaltung muß die Nachwärme aus dem Reaktorkern abgeführt werden. Die Reaktorschnellabschaltung, welche zur Anforderung der Sicherheitsfunktion "Nachwärmeabfuhr aus dem Reaktorkern" führt, wäre ein weiteres auslösendes Ereignis, welches bei der Bewertung zu betrachten wäre.

Im Beispiel 5 (Abschnitt 3.6) war die erste Störung im Verlauf des Ereignisses ein Fehler in der Energieversorgung der Instrumentierung. Dieser Fehler führte zwar zum Ausfall der Speisewasserversorgung für einen Dampferzeuger, forderte aber nicht unmittelbar eine Sicherheitseinrichtung an. Er ist deshalb auch nicht als auslösendes Ereignis im Sinne der Skala zu betrachten. Die anschließende Speisewassertransiente forderte das Reaktorschutzsystem an und ist daher ein auslösendes Ereignis. Eine Speisewas-

sertransiente ist ein zu erwartendes auslösendes Ereignis. Die angeforderte Sicherheitsfunktion (Reaktorschnellabschaltung) war im vorliegenden Fall ohne Einschränkung verfügbar. Entsprechend würde sich für dieses auslösende Ereignis Stufe 0 oder 1 ergeben. Die Reaktorschnellabschaltung fordert ihrerseits die Sicherheitsfunktion "Nachwärmeabfuhr aus dem Reaktorkern" an. Sie ist deshalb als weiteres auslösendes Ereignis zu betrachten. Wie in dem Beispiel im einzelnen erläutert wird, ist es dieses auslösende Ereignis, welches schließlich zur Einstufung in die Stufe 2 führte.

### **3.2.3 Verfügbarkeit der Sicherheitsfunktionen**

Die drei grundlegenden Sicherheitsfunktionen, die unter allen Bedingungen, das heißt, im Leistungsbetrieb, bei abgeschalteter Anlage und bei Störungen oder Störfällen gewährleistet sein müssen, sind:

- Kontrolle der Reaktivität,
- ausreichende Kühlung der radioaktiven Stoffe,
- Einschluß der radioaktiven Stoffe.

Die Sicherheitsfunktionen werden durch die Gesamtheit der Sicherheitseinrichtungen gewährleistet. Die Sicherheitseinrichtungen können passive Systeme (z. B. Spaltproduktbarrieren) und aktive Systeme (z. B. Reaktorschutzsystem, Not- und Nachkühlsystem) sein, wobei die zugehörigen Hilfs- und Nebensysteme, wie Energieversorgung, Kühlsysteme, Instrumentierung usw., eingeschlossen sind. Zur Erfüllung einer Sicherheitsfunktion können verschiedene Sicherheitssysteme vorgesehen sein. Daher kann eine Sicherheitsfunktion noch erfüllt sein, wenn ein Sicherheitssystem nicht verfügbar ist.

Bei der Einstufung von Ereignissen in die Bewertungsskala ist die Verfügbarkeit der Sicherheitsfunktionen zu betrachten, die zur Beherrschung des jeweiligen auslösenden Ereignisses erforderlich sind. Das heißt, für die Bewertung ist die Verfügbarkeit der Sicherheitsfunktionen maßgebend und nicht die Verfügbarkeit einzelner Sicherheitssysteme. Dabei ist zu beachten, daß die Sicherheitsspezifikationen und vergleichbare

Regelungen im allgemeinen die Anforderungen an die Verfügbarkeit der Sicherheitssysteme festlegen.

Für ein bestimmtes auslösendes Ereignis kann sich die Verfügbarkeit einer Sicherheitsfunktion zwischen einem Zustand, bei dem alle Komponenten der zugehörigen Sicherheitssysteme voll funktionsfähig sind, und dem Zustand, bei dem die Funktionsfähigkeit der zugehörigen Sicherheitssysteme nicht ausreicht, um die Sicherheitsfunktion zu erfüllen, bewegen. Im Rahmen der Bewertungsskala werden die folgenden vier Kategorien hinsichtlich der Verfügbarkeit unterschieden:

#### **A. Volle Verfügbarkeit**

Alle Sicherheitssysteme und Komponenten, welche eine Sicherheitsfunktion erfüllen, um ein bestimmtes auslösendes Ereignis zu beherrschen, sind voll verfügbar (d. h. Redundanz/Diversität ist in vollem Umfang vorhanden).

#### **B. Mindestverfügbarkeit nach Sicherheitsspezifikation**

Die Sicherheitsspezifikationen oder vergleichbare Regelungen legen im allgemeinen für die einzelnen Sicherheitseinrichtungen in Abhängigkeit vom Anlagenzustand minimale Anforderungen an die Verfügbarkeit fest, die für den Betrieb eingehalten werden müssen. Dabei können sich zeitliche Beschränkungen für den Weiterbetrieb ergeben, wenn die Verfügbarkeitseinschränkungen nicht in einer vorgegebenen Zeit behoben werden können. Werden die minimalen Anforderungen unterschritten, ist ein Weiterbetrieb der Anlage nicht mehr zulässig.

Die Mindestverfügbarkeit nach Sicherheitsspezifikation bzw. vergleichbaren Regelungen ist im allgemeinen für die verschiedenen Sicherheitseinrichtungen so festgelegt, daß die zugehörigen Sicherheitsfunktionen für alle auslösenden Ereignisse, die in den Sicherheitsanalysen unterstellt wurden, gewährleistet sind. Für bestimmte auslösende Ereignisse können dabei noch Redundanz und Diversität vorhanden sein.

#### **C. Ausreichende Verfügbarkeit**

Die Verfügbarkeit der Sicherheitssysteme und -einrichtungen, die eine Sicherheitsfunktion gewährleisten, reicht aus, diese Sicherheitsfunktion für das betrachtete auslösende Ereignis zu erfüllen.

Für einige Sicherheitssysteme kann die hierzu erforderliche Verfügbarkeit geringer sein als die in den Sicherheitspezifikationen bzw. vergleichbaren Regelungen festgelegte Mindestverfügbarkeit. Dies kann zum Beispiel der Fall sein, wenn diversitäre Sicherheitseinrichtungen vorgesehen sind, um eine Sicherheitsfunktion für bestimmte auslösende Ereignisse zu erfüllen. Dies kann weiterhin der Fall sein, wenn die Sicherheitssysteme, welche eine bestimmte Sicherheitsfunktion erfüllen sollen, für einen so kurzen Zeitraum nicht betriebsbereit sind, daß die Sicherheitsfunktion aus anderen Gründen noch gewährleistet ist. Tritt zum Beispiel ein "Station Blackout" nur für eine sehr kurze Zeit ein, ist im allgemeinen die Kühlung des Reaktorkerns noch gewährleistet. In anderen Fällen kann Stufe B (Mindestverfügbarkeit nach Sicherheitspezifikation bzw. vergleichbaren Regelungen) der Stufe C (Ausreichende Verfügbarkeit) entsprechen.

#### **D. Unzureichende Verfügbarkeit**

Die Verfügbarkeit einer Sicherheitsfunktion wird als unzureichend bezeichnet, wenn die Sicherheitsfunktion von den vorgesehenen Sicherheitssystemen für die zu betrachtenden auslösenden Ereignisse nicht mehr erfüllt werden kann.

Zu beachten ist, daß die Kategorien C und D Bereiche hinsichtlich der Verfügbarkeit von Sicherheitsfunktionen umfassen, während die Kategorien A und B bestimmte Zustände hinsichtlich der Verfügbarkeit von Sicherheitseinrichtungen darstellen.

In der Praxis können sich Sicherheitsfunktionen, das heißt die ihnen zugeordneten Sicherheitssysteme und sicherheitstechnisch wichtigen Komponenten, in einem Zustand befinden, der sich nicht vollständig mit Kategorie A oder B der vorstehenden Einteilung deckt. Zum Beispiel kann die Verfügbarkeit einer Sicherheitsfunktion zwar nicht vollständig sein, aber oberhalb der Mindestanforderungen liegen, die nach der Sicherheitspezifikation bzw. vergleichbaren Regelungen an die Verfügbarkeit der zugehörigen Sicherheitssysteme und Komponenten gestellt werden. Auf diesen Punkt wird in Abschnitt 3.2.4 und 3.2.5 näher eingegangen.

#### **3.2.4 Bewertung von Ereignissen (Erläuterung der Tabellen 1 und 2)**

Ein geeignetes Maß zur Bewertung von Ereignissen, die zu einer Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen führen, wäre die bedingte Wahrscheinlichkeit eines Unfalls

ausgehend von dem tatsächlich eingetretenen Ereignis. Dabei ist unter der Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen sowohl das Eintreten eines auslösenden Ereignisses als auch eine Beeinträchtigung von Sicherheitsvorkehrungen ohne auslösendes Ereignis oder ein Nichtbefolgen sicherheitsrelevanter Betriebsvorschriften zu verstehen. Dieses Vorgehen würde eine detaillierte probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA) erfordern, die nicht für alle Anlagen verfügbar ist. Berücksichtigt man weiter, daß die Bewertungsskala eine schnelle Information der Öffentlichkeit ermöglichen soll und daher eine rasche Einstufung der Ereignisse erforderlich macht, wäre ein solches Vorgehen nicht sehr praktikabel. Zusätzlich werden in die Bewertung weitere Gesichtspunkte, wie zum Beispiel Mängel in der Sicherheitskultur, einbezogen, die im allgemeinen in der PSA nicht berücksichtigt sind. Im Rahmen der Bewertungsskala wird daher das im folgenden näher beschriebene vereinfachte Verfahren angewendet. Dieses Verfahren trägt den Gesichtspunkten der PSA Rechnung, erfordert aber keine detaillierten Analysen.

Zur konkreten Bewertung eines Ereignisses werden bei diesem Verfahren Bewertungsmatrizen (Tabelle 1 und 2) verwendet, die im folgenden genauer erläutert und begründet werden. Tabelle 1 dient zur Bewertung von Ereignissen, bei denen kein auslösendes Ereignis eingetreten ist, Tabelle 2 zur Bewertung von Ereignissen, die mit einem auslösenden Ereignis verbunden sind.

Die Einstufung richtet sich in beiden Fällen im wesentlichen nach der Verfügbarkeit der Sicherheitsvorkehrungen und der Eintrittshäufigkeit der auslösenden Ereignisse.

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf kerntechnische Einrichtungen, wie Kernkraftwerke, bei denen im Prinzip aufgrund des großen Aktivitätspotentials Ereignisse mit großen radiologischen Auswirkungen außerhalb der Anlage denkbar sind. Für Anlagen, bei denen im Vergleich dazu die maximal denkbaren radiologischen Auswirkungen außerhalb der Anlage nur erheblich geringere Werte erreichen können, ist die Einstufung hinsichtlich des Aspekts "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" entsprechend Abschnitt 3.3 anzupassen.

**Tabelle 1 Einstufungsmatrix 1 zum Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" für Vorkommnisse ohne auslösendes Ereignis**

Häufigkeit des auslösenden Ereignisses	Klasse 1 (1)	Klasse 2 (2)	Klasse 3 (3)
Verfügbarkeit der Sicherheitsfunktionen	0	0	0
(A) Voll	0	0	0
(B) Innerhalb der Grenzen der Sicherheitsspezifikation	0	0	0
(C) Ausreichend	1/2	1	1
(D) Unzureichend	3	2	1



**Tabelle 2 Einstufungsmatrix 2 zum Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" für Vorkommnisse mit auslösendem Ereignis**

Häufigkeit des auslösenden Ereignisses	Klasse 1 (1)	Klasse 2 (2)	Klasse 3 (3)
Verfügbarkeit der Sicherheitsfunktionen			
(A) Voll	0	1	2
(B) Innerhalb der Grenzen der Sicherheitsspezifikation	1/2	2/3	2/3
(C) Ausreichend	2/3	2/3	2/3
(D) Unzureichend	3+"	3+"	3+"

\*) Für diese Ereignisse kann sich aufgrund ihrer radiologischen Auswirkungen innerhalb und außerhalb der Anlage (Aspekte 1 und 2) eine höhere Einstufung ergeben.

### **3.2.4.1 Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen ohne auslösendes Ereignis (Erläuterung der Tabelle 1)**

Bei einer Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen ohne ein tatsächliches auslösendes Ereignis hängt die Einstufung in erster Linie ab

- vom Ausmaß, in dem die Sicherheitsfunktionen betroffen sind, und
- von der Eintrittshäufigkeit der auslösenden Ereignisse, zu deren Beherrschung die betroffenen Sicherheitsfunktionen gewährleistet sein müssen.

Genauer ist unter dem letzten Punkt die Wahrscheinlichkeit zu verstehen, daß sich ein auslösendes Ereignis in der Zeitspanne ereignet, in der die Sicherheitsfunktionen in ihrer Verfügbarkeit beeinträchtigt waren. Denn die Zeitspanne, in der die Verfügbarkeit einer Sicherheitsfunktion eingeschränkt ist, kann sich von Ereignis zu Ereignis unterscheiden. Entsprechend könnte bei einer Verfügbarkeitseinschränkung von sehr kurzer Dauer eine Einstufung angemessen sein, die eine Stufe unter dem in Tabelle 1 angegebenen Wert liegt.

Wenn die Verfügbarkeit einer Sicherheitsfunktion in einem Zeitraum unzureichend ist, in dem sie aufgrund des Anlagenzustandes gewährleistet sein müßte, so besteht der verbleibende Schutz gegen einen Unfall im allgemeinen darin, daß kein relevantes auslösendes Ereignis auftritt. Hierbei ist es unerheblich, ob die Sicherheitsfunktion nur gerade nicht mehr ausreichend verfügbar war oder ob sie vollständig ausgefallen war.

Wenn die Verfügbarkeit einer Sicherheitsfunktion unzureichend ist, die zur Beherrschung eines von der Eintrittshäufigkeit zu erwartenden auslösenden Ereignisses benötigt wird (d. h. auslösende Ereignisse, mit deren Eintreten einmal oder öfter innerhalb der Lebensdauer einer Anlage zu rechnen ist), ist Stufe 3 der Skala angemessen.

Wenn die Sicherheitsfunktion, deren Verfügbarkeit unzureichend ist, nur zur Beherrschung "möglicher" oder "unwahrscheinlicher" auslösender Ereignisse benötigt wird, sollte die Einstufung tiefer erfolgen, da die Wahrscheinlichkeit, daß ein solches auslösendes Ereignis in der Zeitspanne der unzureichenden Verfügbarkeit der Sicherheitsfunktion eintritt, und damit auch die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls sehr viel kleiner ist. Aus diesem Grund weist Tabelle 1 in der Spalte für "mögliche" auslösende Er-

eignisse Stufe 2 und in der Spalte für "unwahrscheinliche" auslösende Ereignisse Stufe 1 aus.

Die Einstufung eines Ereignisses, bei dem die Verfügbarkeit einer Sicherheitsfunktion noch ausreichend ist, sollte eindeutig tiefer erfolgen als die Einstufung eines Ereignisses, bei dem die Verfügbarkeit der Sicherheitsfunktion unzureichend ist. Wird eine Sicherheitsfunktion für ein "zu erwartendes" auslösendes Ereignis benötigt, und ist die Verfügbarkeit gerade ausreichend, so ist - wie in Tabelle 1 ausgewiesen - Stufe 2 angemessen. Jedoch kann die Verfügbarkeit einer Sicherheitsfunktion in einer Reihe von Fällen deutlich größer als gerade ausreichend sein, auch wenn sie nicht mehr mit den Mindestanforderungen der Sicherheitsspezifikation bzw. vergleichbarer Regelungen in Übereinstimmung ist. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die minimalen Verfügbarkeitsanforderungen häufig noch ein gewisses Maß an Redundanz und/oder Diversität für "zu erwartende" auslösende Ereignisse beinhalten. In einem solchen Fall wäre Stufe 1 eher angemessen. Entsprechend weist die Tabelle an dieser Stelle die Wahl zwischen den Stufen 1 und 2 aus. Die geeignete Stufe ist abhängig von der verbleibenden Redundanz und/oder Diversität festzulegen

Wird die Sicherheitsfunktion für "mögliche" oder "unwahrscheinliche" auslösende Ereignisse benötigt, ergibt die Reduktion der für eine unzureichende Sicherheitsfunktion ausgewiesen Werte um eine Stufe für "mögliche" auslösende Ereignisse die Stufe 1 und für "unwahrscheinliche" auslösende Ereignisse die Stufe 0. Andererseits wird aber die Einstufung in die Stufe 0 der grundsätzlichen Bedeutung eines Ereignisses nicht gerecht, bei dem die in den Sicherheitsspezifikationen bzw. vergleichbaren Regelungen festgelegte Verfügbarkeit einer Sicherheitsfunktion unterschritten wird. Denn damit ist ein wichtiger Bestandteil des Sicherheitskonzepts, ein redundantes Sicherheitssystem, nicht im vorgesehenen Umfang einsatzbereit. Daher ist in diesen Fällen in Tabelle 1 sowohl für "mögliche" als auch für "unwahrscheinliche" auslösende Ereignisse Stufe 1 ausgewiesen.

Erfüllt die Verfügbarkeit einer Sicherheitsfunktion die Mindestanforderungen, die in den Sicherheitsspezifikationen bzw. vergleichbaren Regelungen festgelegt sind, so befindet sich die Anlage innerhalb des zulässigen Bereichs für den sicheren Betrieb. In einem solchen Fall ist - wie in Tabelle 1 entsprechend ausgewiesen - für alle Ereignisklassen Stufe 0 angemessen.

### **3.2.4.2 Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen mit auslösendem Ereignis (Erläuterung der Tabelle 2 )**

Ist ein tatsächliches auslösendes Ereignis eingetreten, hängt die Einstufung hauptsächlich von der Verfügbarkeit der erforderlichen Sicherheitsfunktionen ab. Aus Konsistenzgründen wird aber die gleiche Struktur für die Tabelle verwendet wie für Beeinträchtigungen von Sicherheitsvorkehrungen ohne ein tatsächliches auslösendes Ereignis.

Wenn die Verfügbarkeit einer Sicherheitsfunktion, die zur Beherrschung des tatsächlichen auslösenden Ereignisses benötigt wird, unzureichend ist, so wird es im allgemeinen zu einem Unfall kommen. Aufgrund der radiologischen Auswirkungen innerhalb und möglicherweise auch außerhalb der Anlage wäre ein solches Ereignis in erster Linie nach den Bewertungsaspekten 1 und 2 einzustufen. Da im Rahmen des Bewertungsaspekts "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" Stufe 3 die höchste Stufe darstellt, ist in Tabelle 2 für solche Fälle die Stufe 3+ ausgewiesen.

Wenn die Verfügbarkeit der Sicherheitsfunktion gerade ausreichend ist, so ist Stufe 3 angemessen, da ein weiterer Fehler im allgemeinen zu einem Unfall führen würde. Wie jedoch im vorangegangenen Abschnitt ausgeführt, kann die Verfügbarkeit einer Sicherheitsfunktion deutlich höher sein als gerade ausreichend, auch wenn die Mindestanforderungen der Sicherheitsspezifikation bzw. vergleichbarer Regelungen nicht erfüllt sind. Dies trifft insbesondere für "zu erwartende" auslösende Ereignisse zu. In solch einem Fall wäre Stufe 2 eher angemessen. Aus diesem Grund ist in der entsprechenden Zeile der Bewertungsmatrix Stufe 2/3 ausgewiesen, wobei die Einstufung davon abhängt, um wieviel die Verfügbarkeit der Sicherheitsfunktion größer als gerade ausreichend ist. Für "unwahrscheinliche" auslösende Ereignisse stimmen die Anforderungen der Sicherheitsspezifikation bezüglich der minimalen Verfügbarkeit häufig mit der gerade ausreichenden Verfügbarkeit überein. Entsprechend wäre hier i. a. Stufe 3 zu wählen. Jedoch kann es auch für "unwahrscheinliche" auslösende Ereignisse bestimmte Fälle geben, bei denen die Sicherheitsfunktionen unterhalb der Mindestanforderungen der Sicherheitsspezifikation bzw. vergleichbarer Regelungen ein gewisses Maß an Redundanz aufweisen. Deshalb weist Tabelle 2 hier für alle Klassen von auslösenden Ereignissen Stufe 2/3 aus.

Entspricht die Verfügbarkeit der Sicherheitsfunktion den Mindestanforderungen der Sicherheitsspezifikation bzw. vergleichbarer Regelungen, so gibt es - wie bereits erwähnt - in bestimmten Fällen für mögliche und insbesondere für unwahrscheinliche auslösende Ereignisse keine weitere Redundanz. Deshalb weist die Tabelle 2 an der entsprechenden Stelle Stufe 2/3 für diese beiden Klassen auslösender Ereignisse aus, wobei sich die konkrete Einstufung nach der verbliebenen Redundanz und/oder Diversität richtet. Für zu erwartende auslösende Ereignisse enthalten die Mindestanforderungen der Sicherheitsspezifikation bzw. vergleichbarer Regelungen i. a. noch zusätzliche Redundanz. Daher ist hier mit Stufe 1/2 eine niedrigere Einstufung vorgesehen. Die konkrete Einstufung richtet sich wiederum nach der verbliebenen Redundanz und/oder Diversität. Ist die Verfügbarkeit einer Sicherheitsfunktion eingeschränkt, aber größer als in den Mindestanforderungen festgelegt, so kann für zu erwartende auslösende Ereignisse noch in erheblichem Umfang Redundanz und/oder Diversität vorhanden sein. In einem solchen Fall wäre Stufe 0 eher angemessen.

Ist die Sicherheitsfunktion voll verfügbar und tritt ein "zu erwartendes" auslösendes Ereignis ein, ist eine Einordnung in Stufe 0 angemessen. Der Eintritt eines "möglichen" oder "unwahrscheinlichen" auslösenden Ereignisses stellt hingegen, auch wenn bei voll verfügbarer Sicherheitsfunktion noch erhebliche Redundanz und/oder Diversität in den Sicherheitssystemen vorhanden ist, eine Schwachstelle in einem wichtigen Bereich des Sicherheitskonzepts dar, der Vermeidung entsprechender auslösender Ereignisse. Aus diesem Grund sieht Tabelle 2 hier für "mögliche" auslösende Ereignisse Stufe 1 und für "unwahrscheinliche" auslösende Ereignisse Stufe 2 vor. Dies soll dem Umstand Rechnung tragen, daß einerseits trotz voller Verfügbarkeit der Sicherheitsfunktion ein Fehler entweder in der Auslegung, im Betrieb, im Instandhaltungsprogramm oder in der Sicherheitskultur zu unterstellen ist und andererseits das Ereignis dadurch mehr Gewicht erhält, daß seine Eintrittshäufigkeit höher war als im Rahmen der Auslegung angenommen.

### **3.2.5 Anwendung der Tabellen**

Im folgenden wird das Vorgehen näher erläutert, wie man mit Hilfe der Bewertungsmatrizen 1 und 2 zu einer Basiseinstufung für ein bestimmtes Ereignis gelangt.

Zunächst muß entschieden werden, ob eine Anforderung von Sicherheitssystemen gegeben war (reales auslösendes Ereignis). Ist dies nicht der Fall, so ist Tabelle 1 anzuwenden, anderenfalls ist Tabelle 2 heranzuziehen. Bei der Einstufung eines Ereignisses kann es erforderlich sein, beide Tabellen anzuwenden. Dies wäre der Fall, wenn ein auslösendes Ereignis eintritt und im weiteren Ablauf Einschränkungen in der Verfügbarkeit einer Sicherheitsfunktion, die bei dem aktuellen Ereignisablauf nicht erforderlich ist, bemerkt werden. Ein Beispiel ist eine Reaktorschnellabschaltung, bei der die Eigenbedarfsversorgung aus dem Netz in vollem Umfang vorhanden ist und bei der gleichzeitig eine eingeschränkte Verfügbarkeit im Bereich der Notstromdieselaggregate festgestellt wird.

### **3.2.5.1 Anwendung der Tabelle 1 (ohne auslösendes Ereignis)**

Bei dem einzustufenden Ereignis handelt es sich um die Nichtverfügbarkeit von Komponenten in Sicherheitsvorkehrungen zur Gewährleistung einer Sicherheitsfunktion, wobei die Sicherheitsfunktion nicht tatsächlich durch ein auslösendes Ereignis angefordert wurde. Im ersten Schritt muß daher bestimmt werden, in welchem Umfang die Verfügbarkeit der Sicherheitsfunktion (nicht: des Sicherheitssystems) eingeschränkt war, d. h. welche Zeile in Tabelle 1 zu wählen ist. Gibt es mehr als ein auslösendes Ereignis, zu dessen Beherrschung die betroffene Sicherheitsfunktion benötigt wird, so ist dieser Schritt für jedes dieser auslösenden Ereignisse durchzuführen.

In der Praxis kann sich die Schwierigkeit ergeben, daß die Verfügbarkeit einer Sicherheitsfunktion zwischen zwei Zuständen liegt, die in der Tabelle angegeben sind. Z. B. kann die Verfügbarkeit geringer als voll sein, aber höher liegen als die Mindestanforderungen in der Sicherheitsspezifikation bzw. vergleichbaren Regelungen; oder ein System kann zwar vollständig verfügbar sein, ist aber aufgrund von Fehlern in der Instrumentierung nicht oder nur bedingt einsetzbar. In diesen Fällen sollten die entsprechenden beiden Zeilen der Tabelle betrachtet werden, um den möglichen Bereich für die Einstufung festzulegen. Die zutreffende Einstufung ist dann mit Hilfe ingenieurmäßiger Überlegungen vorzunehmen.

*Anmerkung:*

*Wenn die Verfügbarkeit die Mindestanforderungen der Sicherheitsspezifikation bzw. vergleichbarer Regelungen erfüllt, auch wenn die Verfügbarkeit damit nur noch ausreichend ist, ist in Tabelle 1 stets die Zeile B zu wählen.*

Im zweiten Schritt muß die Eintrittshäufigkeit aller auslösenden Ereignisse bestimmt werden, zu deren Beherrschung die beeinträchtigte Sicherheitsfunktion benötigt wird, d. h. die entsprechende Spalte in Tabelle 1 ist festzulegen. Gibt es mehr als ein relevantes auslösendes Ereignis, muß jedes dieser auslösenden Ereignisse betrachtet werden. Die Einstufung ergibt sich dann aus der höchsten Stufe, die für die einzelnen auslösenden Ereignisse erreicht wird. Liegt die Eintrittshäufigkeit eines auslösenden Ereignisses an der Grenze zwischen zwei Spalten, kann eine ingenieurmäßige Betrachtung erforderlich werden, um die zutreffende Einstufung festzulegen. Dort, wo die Tabelle eine Wahl zwischen zwei Stufen läßt, sollte die Einstufung entsprechend den Ausführungen in Abschnitt 3.2.4 auf Basis der Redundanz und Diversität erfolgen, die für das jeweils betrachtete auslösende Ereignis noch vorhanden ist.

### **3.2.5.2 Anwendung der Tabelle 2 (mit auslösendem Ereignis)**

Bei den Ereignissen, die bewertet werden sollen, ist ein tatsächliches auslösendes Ereignis aufgetreten, d. h. es ist zu einer Anforderung von Sicherheitsvorkehrungen gekommen und die Sicherheitseinrichtungen waren auch zur Beherrschung des auslösenden Ereignisses erforderlich.

Im ersten Schritt ist die Häufigkeitsklasse des auslösenden Ereignisses zu bestimmen (vgl. Abschnitt 3.2.2.2 und 3.2.2.3), d. h. es ist die zutreffende Spalte in Tabelle 2 zu ermitteln. Bei der Entscheidung ist die Häufigkeit maßgeblich, die bei den Sicherheitsanalysen für die Anlage unterstellt worden ist, und nicht die Häufigkeit, mit der das Ereignis tatsächlich eingetreten ist. Der Anhang zu Teil 2 gibt einige Beispiele.

Im zweiten Schritt muß die Verfügbarkeit der Sicherheitsfunktionen (nicht: der Sicherheitssysteme) ermittelt werden, die von dem auslösenden Ereignis angefordert wurden, d. h. die geeignete Zeile in Tabelle 2. Es ist wichtig, daß in diesem Zusammenhang nur solche Sicherheitsfunktionen zu betrachten sind, die von dem auslösenden Ereignis angefordert werden. (Werden Verfügbarkeitseinschränkungen an anderen Sicherheitsvorkehrungen entdeckt, sind diese mit Hilfe von Tabelle 1 zu bewerten, wobei die auslösenden Ereignisse heranzuziehen sind, zu deren Beherrschung diese Sicherheitseinrichtungen erforderlich wären). Es ist weiterhin zu beachten, daß sich die Verfügbarkeitsanforderungen in Zeile B auf die Anforderungen in der Sicherheitsspezifikation

bzw. vergleichbaren Regelungen beziehen, d. h. auf den Zustand einer Sicherheitsfunktion vor einem auslösenden Ereignis. Diese sind nicht zu verwechseln mit der Verfügbarkeit einer Sicherheitsfunktion, wie sie bei einem tatsächlichen auslösenden Ereignis vorhanden ist. Entsprechend ist Reihe C in Tabelle 2 zu verwenden, wenn die Verfügbarkeit einer angeforderten Sicherheitsfunktion zwar die Mindestanforderungen der Sicherheitsspezifikation bzw. vergleichbarer Regelungen erfüllt, dabei aber nur gerade ausreichend ist.

Wie bereits in Abschnitt 3.2.4.2 ausgeführt wurde, enthalten die Zeilen B und C jeweils die Entscheidung zwischen zwei Stufen, da der Umfang eventuell vorhandener zusätzlicher Redundanz und Diversität abhängig von der Auslegung einer Anlage und dem speziellen auslösenden Ereignis unterschiedlich sein kann. Dabei ist i. a. die höhere Stufe zu wählen, wenn praktisch keine zusätzliche Redundanz/Diversität vorhanden ist, und umgekehrt.

### **3.2.6 Ereignisse mit sehr geringer Eintrittshäufigkeit**

Die Tabellen 1 und 2 sind nicht direkt für die Einstufung von Ereignissen mit sehr geringer Eintrittshäufigkeit vorgesehen. Falls ein solches Ereignis auftreten sollte, ist unter dem Aspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" Stufe 2 oder 3 zu wählen, abhängig von der verfügbaren Redundanz und/oder Diversität der zur Störfallbeherrschung vorgesehenen Systeme. Zu beachten ist, daß solche Ereignisse mit radiologischen Auswirkungen außerhalb oder innerhalb der Anlage verbunden sein können und daher auch die Aspekte 1 und 2 hinsichtlich einer höheren Einstufung überprüft werden müssen.

Falls Sicherheitsvorkehrungen zur Beherrschung von Ereignissen mit sehr geringer Eintrittshäufigkeit in ihrer Verfügbarkeit beeinträchtigt sind, ohne daß ein entsprechendes auslösendes Ereignis eingetreten ist, erfolgt die Einstufung wie folgt: Erfüllt die Verfügbarkeit der Sicherheitsfunktion nicht die Mindestanforderungen der Sicherheitsspezifikation bzw. vergleichbarer Regelungen, ist Stufe 1 zu wählen. Werden die Mindestanforderungen der Sicherheitsspezifikation bzw. vergleichbarer Regelungen eingehalten oder sind in der Sicherheitsspezifikation bzw. vergleichbaren Regelungen keine Verfügbarkeitsanforderungen für die entsprechenden Sicherheitseinrichtungen festgelegt, so ist Stufe 0 angemessen.



### 3.2.7 Zusätzliche Faktoren

Die in den beiden Bewertungsmatrizen ausgewiesenen Werte sollen die Basiseinstufung eines Ereignisses geben. Die Basiseinstufung liefert im allgemeinen ein zutreffendes Ergebnis.

Nach Anwendung der Bewertungsmatrizen sind in einem zusätzlichen Schritt eventuell vorhandene, weitere sicherheitstechnisch relevante Gesichtspunkte einzubeziehen, die durch die Bewertungsmatrizen nicht ausreichend erfaßt wurden. Daraus kann sich die Notwendigkeit ergeben, die Basiseinstufung um eine Stufe zu erhöhen oder zu erniedrigen. Generell ist dabei folgendes zu beachten:

- Die mit Hilfe der Bewertungsmatrizen ermittelte Einstufung kann insgesamt um eine Stufe erhöht oder erniedrigt werden.
- Die höchste Stufe des Bewertungsaspektes "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" ist die Stufe 3. Eine Höherstufung innerhalb des Bewertungsaspektes "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" über Stufe 3 hinaus ist nicht möglich.
- Bevor eine Höherstufung oder Herabstufung vorgenommen wird, ist zu prüfen, in welchem Umfang die hierfür relevanten Gesichtspunkte bereits in das mit Hilfe der Bewertungsmatrizen ermittelte Ergebnis eingeflossen sind. Damit soll vermieden werden, daß Gesichtspunkte mehrfach bei der Bewertung gezählt werden. Eine solche Prüfung kann bereits bei Ereignissen, für die sich nach den Bewertungsmatrizen Stufe 1 ergibt, erforderlich werden.

Gesichtspunkte, welche es erforderlich machen können, die Basiseinstufung um eine Stufe zu erniedrigen, sind:

- Die Zeit, die für Abhilfemaßnahmen insgesamt zur Verfügung steht, im Vergleich zu der Zeit, die zur Behebung der Verfügbarkeitseinschränkung einer Sicherheitsfunktion erforderlich ist, wobei u. a. auch die Zugänglichkeit der relevanten Komponenten berücksichtigt werden muß. Nimmt man z. B. an, daß eine Sicherheitseinrichtung nicht zur Verfügung steht, und nimmt man weiter an, daß diese Sicherheitseinrichtung bei Auftreten eines relevanten auslösenden Ereignisses in so kurzer Zeit wieder verfügbar gemacht werden könnte, daß die erforderliche Sicherheitsfunktion noch gewährleistet wäre, so ist dies günstiger zu bewerten, als wenn zur

Wiederherstellung der Funktionsbereitschaft der Sicherheitseinrichtung ein langer Zeitraum erforderlich wäre.

- Der Zeitraum, über den die Verfügbarkeit einer Sicherheitsfunktion beeinträchtigt war. Wenn die Verfügbarkeitseinschränkung sehr kurz im Vergleich zum Prüfintervall der betroffenen Komponente einer Sicherheitseinrichtung war, sollte die Basiseinstufung im allgemeinen um eine Stufe erniedrigt werden.

Die Gesichtspunkte, welche zu einer Erhöhung der Basiseinstufung führen können, werden in Abschnitt 3.5 detailliert erläutert.

Im Zusammenhang mit einer Höherstufung ist es möglich, daß ein Ereignis der Stufe 1 zugeordnet wird, obwohl die Einstufung ohne Berücksichtigung der zusätzlichen Gesichtspunkte Stufe 0 (keine bzw. sehr geringe sicherheitstechnische Bedeutung) ergeben würde.

Bevor die abschließende Einstufung eines Ereignisses erfolgt, ist es wichtig, die ermittelte Stufe mit der allgemeinen Charakterisierung der einzelnen Stufen der Bewertungsskala hinsichtlich Übereinstimmung zu vergleichen. Z. B. ist Stufe 3 für Ereignisse gedacht, bei denen ein zusätzlicher Fehler (entweder ein zu erwartendes auslösendes Ereignis oder ein weiteres Komponentenversagen) zu einem Unfall führen würde.

### **3.2.8 Befunde**

In Kernkraftwerken gibt es umfangreiche Programme von regelmäßigen Prüfungen, mit denen Befunde erkannt werden sollen, bevor sie ein unzulässiges Ausmaß erreichen.

Die Einstufung eines Befundes in Stufe 0 ist angemessen, wenn

- der Befund im Rahmen der vorgesehenen regelmäßigen Prüfungen festgestellt wurde und
- die Größe des Befundes im Rahmen des Bereichs liegt, der bei der Festlegung des Prüfprogramms zugrunde gelegt wurde.

Dabei geht man davon aus, daß solche Befunde letztlich zu erwarten sind, auch wenn man sich darum bemüht, sie möglichst zu vermeiden.

Liegt der Befund oberhalb des zu erwartenden Bereichs, sind für die Basiseinstufung zwei Gesichtspunkte maßgeblich: Die sicherheitstechnische Bedeutung der betroffenen Komponente und die Wahrscheinlichkeit, daß es aufgrund des Befundes zum Versagen der Komponente gekommen wäre.

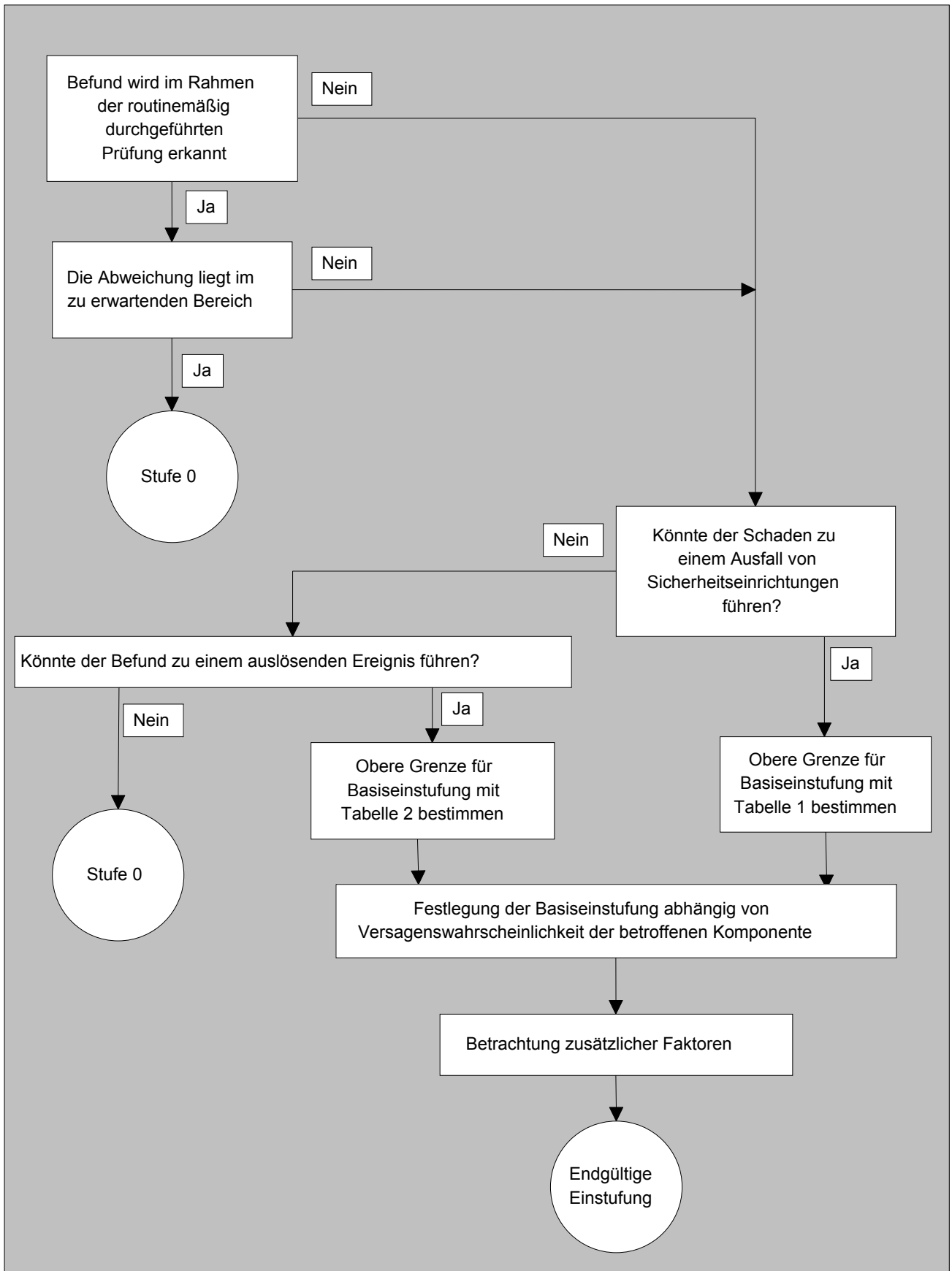
Zur Einschätzung der sicherheitstechnischen Bedeutung der betroffenen Komponente wird unterstellt, daß der Befund zum Versagen der Komponente geführt hätte, und anschließend die zugehörige Stufe in der entsprechenden Bewertungsmatrix ermittelt.

- Wenn der Befund in einer Sicherheitseinrichtung festgestellt wurde, ist Tabelle 1 heranzuziehen. Dabei muß gegebenenfalls auch die Möglichkeit von Common Cause-Fehlern berücksichtigt werden. Die aus der Tabelle ermittelte Stufe stellt die obere Grenze für die Basiseinstufung dar.
- War durch den Befund eine Komponente betroffen, deren Versagen zu einem auslösenden Ereignis hätte führen können, so liefert Tabelle 2 die obere Grenze für die Basiseinstufung.

Die Basiseinstufung ist dann in dem so eingegrenzten Bereich, abhängig von der Wahrscheinlichkeit, daß es aufgrund des Befundes zum Versagen der betroffenen Komponente gekommen wäre, mit Hilfe einer ingenieurmäßigen Einschätzung festzulegen. Nach der Basiseinstufung muß geprüft werden, ob die in den Abschnitten 3.2.7 und 3.5 diskutierten zusätzlichen Gesichtspunkte eine Anhebung oder Herabsetzung der Basiseinstufung um eine Stufe erfordern.

Abbildung 5 zeigt in einem Flußdiagramm die Vorgehensweise bei der Einstufung von Befunden. Die Vorgehensweise soll an einem Beispiel erläutert werden:

Im nicht absperzbaren Teil einer Einspeiseleitung des Sicherheitseinspeisesystems wurde eine sehr geringe Leckage festgestellt. Die Leckage wurde über den Anstieg der Feuchtemessung erkannt. Eine Prüfung des betroffenen Rohrleitungsbereiches war im bisherigen Prüfprogramm nicht vorgesehen, da dort das Auftreten solcher Befunde nicht erwartet worden war. Ähnliche Befunde, aber von geringerem Ausmaß, wurden in den redundanten Strängen vorgefunden.



**Abbildung 5** Flußdiagramm zur Bewertung von Befunden

Unterstellt man das Versagen der Leitung an der betroffenen Stelle, läge ein "großes Leck" vor. Die Anwendung der Tabelle 2 für die Basiseinstufung zeigt, daß sich in diesem Beispiel (unwahrscheinliches auslösendes Ereignis) als obere Grenze für die Basiseinstufung die Stufe 2 ergibt. Da nur ein sehr geringes Leck auftrat und die Rohrleitung nicht tatsächlich versagte, wurde die Basiseinstufung eine Stufe unter der oberen Grenze festgelegt, d. h. als Basiseinstufung ergab sich Stufe 1. Bei Berücksichtigung der zusätzlichen Faktoren ist bedeutsam, daß der Schaden zu einem Common Cause-Versagen aller Sicherheitseinspeisestränge hätte führen können. Daher wurde die Basiseinstufung um eine Stufe erhöht. Als endgültige Einstufung ergibt sich damit Stufe 2.

### **3.2.9 Potentielle auslösende Ereignisse**

Es gibt Ereignisse, die zwar nicht zu einer Anforderung von Sicherheitsfunktionen führen, aber die Eintrittshäufigkeit eines auslösenden Ereignisses erhöhen. Beispiele dafür sind eine Leckage, die durch Eingriff des Betriebspersonals beendet werden kann, bevor Sicherheitsfunktionen angefordert werden, oder Fehler, die in einem Prozeßsteuerungssystem entdeckt werden.

Solche Ereignisse lassen sich in vergleichbarer Weise wie Befunde einstufen (siehe Abschnitt 3.2.8). Im ersten Schritt wird die Bedeutung des potentiellen auslösenden Ereignisses bestimmt. Dazu nimmt man an, daß das auslösende Ereignis tatsächlich eingetreten sei, und ermittelt in Tabelle 2 die zugehörige Einstufung unter Berücksichtigung der Verfügbarkeit der erforderlichen Sicherheitsfunktionen, wie sie zum Zeitpunkt des Ereignisses vorgelegen hat. Die ermittelte Stufe stellt die obere Grenze für die Basiseinstufung dar. Die Basiseinstufung erfolgt dann innerhalb des so festgelegten Bereichs abhängig von der Wahrscheinlichkeit, daß sich das auslösende Ereignis aus dem beobachteten Ereignis hätte entwickeln können. Die konkrete Einstufung basiert wesentlich auf einer ingenieurmäßigen Einschätzung. Als Hilfe kann dazu eine untere Grenze für die Einstufung durch Anwenden von Tabelle 1 auf das betrachtete auslösende Ereignis und die Verfügbarkeit der Sicherheitsfunktion zum Ereigniszeitpunkt abgeleitet werden, da in Tabelle 1 keine Erhöhung der Eintrittshäufigkeit von auslösenden Ereignissen angenommen wird. Nach der Basiseinstufung müssen die zusätzlichen Faktoren (Abschnitte 3.2.7 und 3.5) geprüft und die Einstufung gegebenenfalls um ein Stufe nach oben oder unten korrigiert werden.

### **3.2.10 Einwirkungen von innen und von außen**

Einwirkungen von innen und von außen, wie Brände, externe Explosionen oder Tornados lassen sich unter Verwendung von Tabelle 2 einstufen. Dabei stellt die Einwirkung von innen bzw. von außen selbst kein auslösendes Ereignis im Sinne der Skala dar. Ein auslösendes Ereignis im Sinne der Skala ist vielmehr ein Folgeereignis, welches sich aus der Einwirkung von innen bzw. außen ergibt und zur Anforderung von Sicherheitsfunktionen führt. Für die Einstufung sind diese auslösenden Ereignisse und die Verfügbarkeit der erforderlichen Sicherheitsfunktionen, wie sie im Verlauf der Einwirkung von innen bzw. außen vorlagen, zugrundezulegen. Dabei sind sowohl tatsächlich eingetretene auslösende Ereignisse als auch potentielle auslösende Ereignisse (siehe Abschnitt 3.2.9) zu betrachten.

Hiervon verschieden ist das Vorgehen für Ereignisse, welche die Verfügbarkeit eines Systems einschränken, das speziell zum Schutz gegen bestimmte Einwirkungen von innen oder von außen dient, ohne daß die entsprechende Einwirkung von innen oder außen eingetreten ist. In einem solchen Fall sollte die Einstufung mit Hilfe von Tabelle 1 auf Basis der Verfügbarkeit der betroffenen Sicherheitsfunktion und der entsprechenden Einwirkung von innen bzw. von außen als auslösendes Ereignis erfolgen.

### **3.3 Einstufung anhand von Systemen und Maßnahmen zur Vermeidung von Störfällen (Methode 2)**

Die folgende Vorgehensweise zur Einstufung unter dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" läßt sich auf einen großen Bereich von Ereignissen anwenden: Dieser umfaßt Ereignisse bei abgeschalteter Anlage, Ereignisse bei der Brennstoffhandhabung und Ereignisse, bei denen eine Strahlenexposition des Betriebspersonals auftreten kann, ohne daß eine Gefährdung der Öffentlichkeit zu besorgen ist. Bei derartigen Ereignissen können sowohl das Inventar an radioaktiven Stoffen, das betroffen ist, wie auch der zeitliche Ablauf einer Störung oder eines Störfalles sehr unterschiedlich sein. Beides sind wesentliche Faktoren, die bei der Einstufung - im allgemeinen mit Hilfe einer ingenieurmäßigen Bewertung - berücksichtigt werden müssen.

Für einige Ereignisse werden die maximal möglichen radiologischen Auswirkungen innerhalb wie außerhalb der Anlage durch das vorhandene Inventar an radioaktiven Stoffen

fen so weit begrenzt, daß Ereignisse auf den höheren Stufen der Skala nicht auftreten können. Die höchste Stufe, die unter dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" möglich ist, sollte eindeutig unterhalb der höchsten Stufe liegen, die unter den Bewertungsaspekten "Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage" und "Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage" denkbar sind. Dies ergibt sich daraus, daß unter dem Aspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" Ereignisse bewertet werden, bei denen die Sicherheitsvorkehrungen ausgereicht haben, um einen Unfall zu verhindern. Wenn die maximal möglichen radiologischen Auswirkungen außerhalb bzw. innerhalb der Anlage für bestimmte Anlagen- oder Tätigkeitsbereiche nicht größer als Stufe 4 sein können, so erscheint Stufe 2 als höchste Stufe unter dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" für Ereignisse angemessen, bei denen nur noch eine einzige Sicherheitsebene wirksam ist, d. h. bei denen ein weiterer Fehler zu einem Unfall führen würde. In einer Anlage kann es selbstverständlich eine Reihe verschiedener Anlagen- bzw. Tätigkeitsbereiche geben. Jeder dieser Anlagen- bzw. Tätigkeitsbereiche ist entsprechend getrennt zu betrachten. Beispielsweise sollten Reaktorbetrieb und Lagerung radioaktiver Abfälle als verschiedene Anlagen- bzw. Tätigkeitsbereiche betrachtet werden, obwohl beide an einem Anlagenstandort vorhanden sein können.

Aufgrund der erheblichen Unterschiede zwischen den Anlagen- bzw. Tätigkeitsbereichen und den Ereignissen, die dort auftreten können, eignet sich die in Abschnitt 3.2 beschriebene Vorgehensweise für verschiedene dieser Anlagen- und Tätigkeitsbereiche weniger gut zur Einstufung. Die allgemeinen Einstufungsgrundsätze, die im folgenden kurz zusammengefaßt werden, lassen sich aber auch auf derartige Ereignisse anwenden.

- a) Zunächst sollte auf Basis der maximal möglichen radiologischen Auswirkungen außerhalb und innerhalb der Anlage und der oben gegebenen Hinweise die höchste erreichbare Stufe unter dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" festgelegt werden.
- b) Die Basiseinstufung sollte dann unter Berücksichtigung folgender Faktoren erfolgen:
  - Verfügbare Zeit und erforderliche Zeit zur Festlegung und Ausführung geeigneter Abhilfemaßnahmen

- Anzahl der wirksamen und verfügbaren Ebenen der gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen (systemtechnische Einrichtungen und administrative Maßnahmen) für Überwachung, Vermeidung von Störfällen und Begrenzung von Störfallfolgen einschließlich passiver und dynamischer physikalischer Barrieren

"Erwartete" Anforderungen an Sicherheitssysteme, bei denen alle Sicherheitssysteme verfügbar sind, sollten in Stufe 0 eingestuft werden.

- c) Nach der Basiseinstufung ist, wie in den Abschnitten 3.2.7 und 3.5 beschrieben, zu prüfen, ob eine Höher- oder Tieferstufung erforderlich wird. Dabei darf die unter a) festgelegte höchste erreichbare Stufe nicht überschritten werden.

Es soll auch an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, daß jedes Ereignis neben der Einstufung unter dem Aspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" zusätzlich unter den Aspekten "Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage" und "Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage" betrachtet werden muß.

Die folgenden Abschnitte erläutern im einzelnen für bestimmte Gruppen von Ereignissen die Vorgehensweise bei der Einstufung anhand von Systemen und Maßnahmen zur Vermeidung von Störfällen.

### **3.3.1 Ereignisse bei abgeschalteter Anlage**

Die meisten Sicherheitssysteme eines Leistungsreaktors sind zur Beherrschung auslösender Ereignisse im Leistungsbetrieb vorgesehen und vorrangig hierfür ausgelegt. Ereignisse während des An- oder Abfahrens oder bei heiß unterkritischer Anlage sind, was die Anforderungen an die Sicherheitssysteme betrifft, denen im Leistungsbetrieb sehr ähnlich. Sie sollten bei der Einstufung daher, wie in Abschnitt 3.2 diskutiert, behandelt werden. Nach Abfahren des Reaktors sind einige der Sicherheitssysteme weiterhin zur Gewährleistung der Sicherheitsfunktionen erforderlich, während andere nicht mehr benötigt werden. Allerdings steht bei abgeschalteter Anlage normalerweise mehr Zeit zur Verfügung, bevor es durch ein Ereignis zur Freisetzung radioaktiver Stoffe aus den Brennelementen kommen kann.



Andererseits kann die Zeitspanne, welche für Handmaßnahmen zur Verhinderung eines größeren Anstiegs der Brennstofftemperatur und einer Freisetzung radioaktiver Spaltprodukte zur Verfügung steht, möglicherweise einen Teil der Sicherheitsvorkehrungen hinsichtlich Redundanz und/oder Diversität ersetzen. Das bedeutet, daß abhängig vom Zustand der Anlage, bei kalter abgeschalteter Anlage in bestimmten Phasen eine Verringerung der Redundanz von Sicherheitseinrichtungen und/oder Barrieren akzeptabel und zulässig sein kann. So ist zum Teil in bestimmten Phasen bei kalter abgeschalteter Anlage die Verfügbarkeit der Barrieren sehr unterschiedlich (z. B. offener Reaktorkühlkreislauf, offener Sicherheitsbehälter).

Die wesentlichen Faktoren für die Einstufung sind die Zeit, welche für Abhilfemaßnahmen zur Verfügung steht, und die Zahl der verbliebenen Sicherheitsebenen (Vorrichtungen bzw. Maßnahmen), die einen nicht beherrschten Störfall verhindern.

Im folgenden wird die Einstufung von Ereignissen bei kalter abgeschalteter Anlage unter dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" anhand einiger Beispiele erläutert. Die Beispiele beziehen sich auf Druckwasserreaktore. Sie sind als Hilfe für die Einstufung gedacht. Für andere Reaktortypen ist es i. a. notwendig, für die Einstufung auf die allgemeinen Einstufungsgrundsätze zurückzugreifen. Dabei müssen ergänzend zu der Hilfe, welche die Beispiele geben, die besonderen Umstände eines Ereignisses mit Hilfe ingenieurmäßiger Betrachtungen berücksichtigt werden.

### **3.3.1.1 Beeinträchtigung der Kühlung des Reaktorkerns**

Geringfügige Änderungen der Kühlmitteltemperatur infolge einer verminderten Kühlung mit einer vergleichbar langen verfügbaren Zeitspanne für Abhilfemaßnahmen sollten typischerweise in die Stufe 0 eingestuft werden.

Verletzung von Grenzen oder Vorgaben der Sicherheitsspezifikation bzw. vergleichbarer Regelungen, Überschreiten der maximal zulässigen Kühlmitteltemperatur oder Überschreiten einer maximal zulässigen Aufheizgeschwindigkeit des Kühlmittels sollten in Stufe 1 eingestuft werden, es sei denn, die nachfolgend aufgeführten Zustände werden erreicht.

Eine erhebliche Aufheizung des Kühlmittels, z. B. starkes Sieden, Aufheizen mit hohem Temperaturgradienten usw., können Anzeichen für Stufe 2 sein.

Der Beginn einer erheblichen Freilegung von Brennelementen würde in der Regel eine Einstufung in Stufe 3 erfordern.

### **3.3.1.2 Ereignisse, die das Lagerbecken für abgebrannte Brennelemente betreffen**

Nach einigen Betriebsjahren kann das radioaktive Inventar im Lagerbecken für abgebrannte Brennelemente hoch sein. In diesem Fall kann die Einstufung von Ereignissen, die das Lagerbecken betreffen, im Rahmen des Bewertungsaspektes "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" alle Stufen von 0 bis 3 umfassen.

Aufgrund des großen Wasserinhalts und der vergleichsweise niedrigen Nachzerfallsleistung ist normalerweise sehr viel Zeit für Abhilfemaßnahmen vorhanden, falls Ereignisse eintreten, die zu einer verminderten Kühlung des Brennelementlagerbeckens führen. Dies trifft gleichermaßen für einen Kühlmittelverlust aus dem Brennelementlagerbecken zu, da eine Leckage aus dem Lagerbecken auslegungsgemäß begrenzt ist. Ein Ausfall der Kühlung des Brennelementlagerbeckens über einige Stunden oder eine Kühlmittelleckage beeinträchtigen daher die abgebrannten Brennelemente in der Regel nicht.

Deshalb sind eine geringfügig verminderte Kühlung des Lagerbeckens oder eine kleinere Leckage typischerweise in Stufe 0 einzustufen.

Verletzung von Grenzen oder Vorgaben der Sicherheitsspezifikation bzw. vergleichbarer Regelungen, ein erheblicher Anstieg der Kühlmitteltemperatur im Lagerbecken oder ein starkes Absinken des Wasserstandes im Lagerbecken sollten in Stufe 1 eingestuft werden.

Falls die Brennelemente nicht mehr vollständig mit Wasser bedeckt sind, erscheint Stufe 2 angemessen. Deutliche Hinweise auf eine Einstufung in Stufe 3 liegen vor, wenn die Brennelemente weitgehend nicht mehr mit Wasser bedeckt sind und sich stark aufgeheizt haben.

### 3.3.1.3 Ereignisse bei der Brennelementhandhabung

Die möglichen radiologischen Auswirkungen außerhalb der Anlage können bei Ereignissen, die bei der Brennelementhandhabung auftreten, einen weiten Bereich umfassen.

Dies hängt u. a. ab von

- der Art des Brennstoffs (Uran, MOX, Plutonium),
- dem Zustand des Brennstoffs,
  - frischer Brennstoff,
  - abgebrannter Brennstoff (Abbrand),
- der Menge des Brennstoffs.

Ereignisse bei der Handhabung von unbestrahlten Uran-Brennelementen ohne nennenswerte Bedeutung für die Handhabung bestrahlten Brennstoffs werden normalerweise in Stufe 0 eingestuft, sofern keine Gefahr bestanden hat, abgebrannte Brennelemente oder sicherheitstechnisch wichtige Komponenten und Systeme zu beschädigen.

Das radioaktive Inventar eines einzelnen abgebrannten Brennelements ist erheblich geringer als das des Lagerbeckens für abgebrannte Brennelemente oder des Reaktorkerns. Solange die Kühlung des abgebrannten Brennelementes sichergestellt ist, bleibt eine eventuelle Freisetzung aus diesem Brennelement vergleichsweise gering, da die Integrität der Brennstoffmatrix nicht durch eine Überhitzung beeinträchtigt wird. Die möglichen radiologischen Auswirkungen innerhalb und außerhalb der Anlage sind daher begrenzt. Allerdings könnte der sehr unwahrscheinliche Fall einer Freisetzung des gesamten radioaktiven Inventars eines abgebrannten Brennelementes nennenswerte radiologische Auswirkungen außerhalb und innerhalb der Anlage haben. Für Ereignisse bei der Handhabung abgebrannter Brennelemente, die zwar zu einer Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen führen, aber keine nennenswerten radiologischen Auswirkungen innerhalb wie außerhalb der Anlage haben, würde sich damit ein Bereich für die Einstufung zwischen Stufe 0 und 2 ergeben. Unter bestimmten Umständen, d. h. wenn nennenswerte radiologische Auswirkungen innerhalb oder außerhalb

der Anlage nicht auszuschließen sind, kann aber auch ein Bereich von Stufe 0 bis 3 gerechtfertigt sein.

Ereignisse, die die Kühlung des abgebrannten Brennelementes nicht beeinträchtigen und nur zu einer geringfügigen oder keiner Freisetzung führen, sind im allgemeinen Stufe 0 zuzuordnen.

Stufe 1 ist für die folgenden Ereignisse in Betracht zu ziehen:

- Verletzung von Grenzen oder Vorgaben der Sicherheitspezifikation bzw. vergleichbarer Regelungen,
- Beeinträchtigung der Kühlung in begrenztem Umfang, ohne daß die Integrität der Brennstäbe gefährdet wird,
- mechanische Beschädigung der Brennstabintegrität ohne Beeinträchtigung der Kühlung.

Stufe 2 könnte für solche Ereignisse angemessen sein, bei denen durch eine starke Aufheizung des Brennelements die Brennstabintegrität verloren geht.

### **3.3.2 Ereignisse, die Einrichtungen zur Kontrolle der Kritikalität betreffen**

Ereignisse, die Sicherheitsvorkehrungen zum Schutz gegen eine unbeabsichtigte Kritikalität beeinträchtigen, lassen sich in vergleichbarer Weise wie in Abschnitt 3.3 beschrieben einstufen:

- a) Zunächst sollte unter Berücksichtigung von Art und Verhalten des möglichen kritischen Systems sowie der daraus ableitbaren, maximal möglichen radiologischen Auswirkungen außerhalb und innerhalb der Anlage die höchste erreichbare Stufe unter dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" festgelegt werden.
- b) Die Basiseinstufung sollte dann unter Berücksichtigung der Anzahl wirksamer Einrichtungen/Maßnahmen, einschließlich administrativer Maßnahmen, die noch zur Erkennung der Verringerung der Abschaltreaktivität und zur Verhinderung einer unbeabsichtigten Kritikalität zur Verfügung stehen, erfolgen. Die automatischen Einrichtungen und/oder Handmaßnahmen zur Abschaltung des

Reaktors, die noch wirksam und verfügbar sind, sollten in die Einstufung einbezogen werden.

- c) Nach der Basiseinstufung ist, wie in den Abschnitten 3.2.7 und 3.5 beschrieben, zu prüfen, ob eine Höher- oder Tieferstufung erforderlich wird. Dabei darf die unter a) festgelegte höchste erreichbare Stufe nicht überschritten werden.

Geringfügige Abweichungen von den Sollvorgaben bezüglich Kritikalität, die innerhalb der Grenzen und Bedingungen der Sicherheitsspezifikationen bzw. vergleichbarer Regelungen liegen, sollten typischerweise in Stufe 0 eingestuft werden.

Verletzung von Grenzen oder Vorgaben der Sicherheitsspezifikation oder vergleichbarer Regelungen, z. B. wenn bei einem Reaktor die Abschaltreaktivität geringer ist als in der Sicherheitsspezifikation gefordert oder wenn der Grenzwert für die Anstiegsgeschwindigkeit der Reaktivität überschritten wird, ist in Stufe 1 einzustufen. Bedeutsamere Ereignisse können in Abhängigkeit von der Zahl der verbliebenen verfügbaren Einrichtungen/Maßnahmen und deren Zuverlässigkeit sowie den möglichen Auswirkungen eine Einstufung in Stufe 2 oder 3 erfordern.

### **3.3.3 Verlust oder Entwendung radioaktiver Quellen**

Handhabung und Lagerung radioaktiver Quellen müssen genau überwacht werden.

Der dauernde Verlust einer umschlossenen radioaktiven Quelle sollte grundsätzlich in Stufe 2 eingestuft werden. Jedoch wäre Stufe 3 dann angemessen, wenn die Quelle bei einer Person der Bevölkerung zu einer so hohen Dosis führen könnte, daß eine tödliche Strahlenexposition oder durch die Strahlung verursachte Verbrennungen die Folge wären. Andererseits wäre Stufe 1 angemessen, wenn die maximal mögliche Dosis auch unter ungünstigen Umständen bei keiner Person der Bevölkerung den Schwellenwert für Stufe 3 überschreiten kann.

Das Auffinden einer Quelle an einer nicht dafür nicht vorgesehenen Stelle sollte in Stufe 1 oder 2 eingestuft werden, abhängig von der Stärke der Quelle und der Stelle, an der die Quelle entdeckt wurde.

In allen Fällen müssen, getrennt von der Einstufung unter dem Bewertungsaspekt "Beinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen", eventuelle radiologische Auswirkungen außerhalb und innerhalb der Anlage bewertet werden. Dies kann zu einer höheren Einstufung führen.

### **3.3.4 Verschleppung von Kontamination**

Eine Verschleppung von Kontamination innerhalb oder außerhalb der Anlage, die zu einer Kontamination oberhalb der Grenzwerte führt, die für den betroffenen Bereich zulässig sind, sollte unter Beachtung der Anzahl der noch verbleibenden Sicherheitseinrichtungen/-maßnahmen, der maximal möglichen Auswirkungen und eventueller zusätzlicher Faktoren bewertet werden. Zieht man die Hinweise im Abschnitt 3.5 heran, können solche Ereignisse - auch wenn die Kontamination selbst gering ist - in Stufe 1 eingestuft werden, falls sich die entsprechenden Betriebsvorschriften und/oder die organisatorischen Maßnahmen als unzulänglich erweisen oder ein Mangel an Sicherheitskultur vorliegt.

Sofern gravierende Mängel in den Sicherheitseinrichtungen/-maßnahmen bestehen, kann die Anwendung der Vorgehensweise in den Abschnitten 3.3 und 3.5 zu einer höheren Einstufung führen.

### **3.3.5 Mängel in der Dosisüberwachung**

Es ist nicht auszuschließen, daß sich Vorschriften und/oder organisatorische Maßnahmen des Strahlenschutzes unter speziellen Randbedingungen als nicht ausreichend erweisen und Beschäftigte ungeplant einer inneren oder äußeren Strahlenexposition ausgesetzt werden. Solche Ereignisse sollten unter Beachtung der verbleibenden Sicherheitseinrichtungen/-maßnahmen, der maximal möglichen Auswirkungen und eventueller zusätzlicher Faktoren bewertet werden. Zieht man die Hinweise in Abschnitt 3.5 heran, können solche Ereignisse - auch wenn die ungeplante Exposition gering ist - in Stufe 1 eingestuft werden, falls sich die entsprechenden Betriebsvorschriften und/oder die organisatorischen Maßnahmen als unzulänglich erweisen oder ein Mangel an Sicherheitskultur vorliegt. Führt das Ereignis zu einer Dosis oberhalb der zugelassenen Grenzwerte, sollte es zumindest als Stufe 1 bewertet werden, da eine Verletzung von bindenden Grenzwerten für den Betrieb vorliegt.

Bei bedeutsameren Mängeln in den Vorkehrungen zum Strahlenschutz kann die Anwendung der Vorgehensweise in den Abschnitten 3.3 und 3.5 zu einer höheren Einstufung führen.

### **3.3.6 Ausfall von Verriegelungen von Türen zu abgeschirmten Bereichen**

Bereiche, in denen hohe Ortsdosisleistungen auftreten können, sind normalerweise abgeschirmt und für den Zugang gesperrt. Um ein unbeabsichtigtes Betreten solcher Bereiche zu verhindern, werden im allgemeinen verschiedene Maßnahmen vorgesehen. Diese Maßnahmen können umfassen: Verriegelungen der Eingangstüren zu den abgeschirmten Bereichen, die über Ortsdosisleistungsmeßstellen aktiviert werden, Verwendung spezieller Verfahren zur Freigabe eines Betretens von abgeschirmten Bereichen und Messung der Ortsdosisleistung vor einem Zutritt.

Ein Ausfall der Verriegelung von Eingangstüren zu abgeschirmten Bereichen kann durch Ausfall der Stromversorgung und/oder durch Defekte an Detektoren oder der zugehörigen Elektronik bewirkt werden. Da die maximal möglichen Auswirkungen für derartige Ereignisse auf Stufe 4 begrenzt sind, sollten Ereignisse, die zu einer Beeinträchtigung der Sicherheitseinrichtungen/-maßnahmen führen, der Stufe 2 zugeordnet werden, wenn nur noch eine Sicherheitseinrichtung/-maßnahme wirksam war. Ereignisse, bei denen zusätzliche Einrichtungen/Maßnahmen intakt sind, sollten in Stufe 1 eingeordnet werden.

### **3.3.7 Ungeplante Ableitungen oder Freisetzungen**

Kleine ungeplante Ableitungen oder Freisetzungen können auf unzulängliche betriebliche Festlegungen oder auf einen Mangel in der Sicherheitskultur hindeuten. Solche Ereignisse können unter Beachtung der Hinweise in Abschnitt 3.5 eine Einstufung in Stufe 1 erfordern.

### **3.3.8 Überschreiten genehmigter Werte für Ableitungen**

Werden in den Genehmigungen festgelegte Höchstwerte für Ableitungen überschritten, sollte das Ereignis unter dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvor-

kehrungen" zumindest in Stufe 1 eingestuft werden. Unabhängig davon müssen die radiologischen Auswirkungen auf die Umgebung bewertet werden.

### **3.4 Ereignisse unterhalb der Skala**

Im allgemeinen sollten Ereignisse nur dann als unterhalb der Skala bzw. Stufe 0 klassifiziert werden, wenn die Anwendung der oben beschriebenen Vorgehensweise nicht zu einer höheren Bewertung führt. Setzt man voraus, daß keiner der in Abschnitt 3.5 erläuterten zusätzlichen Faktoren von Bedeutung ist und damit keine Höherstufung erforderlich wird, so sind die nachfolgend aufgeführten Ereignisse typisch für Ereignisse, die als unterhalb der Skala bzw. als Stufe 0 einzuordnen sind:

- Automatische Reaktorschnellabschaltung, sofern bei und nach der Reaktorschnellabschaltung keine Fehler auftreten.
- Fehlanregung von Sicherheitssystemen mit normaler Rückkehr zum Betrieb, sofern keine Auswirkungen auf die Sicherheit der Anlage eingetreten sind. Unter einer Fehlanregung wird dabei die Anregung einer Sicherheitseinrichtung, z. B. aufgrund von Fehlern in der Ansteuerung, Driften von Grenzwerten oder eines einzelnen menschlichen Fehlers, verstanden. Ein Beispiel hierfür wäre die Fehlanregung der Sicherheitseinspeisung bei laufendem Reaktor aufgrund eines Fehlers bei der Durchführung von Prüfungen an der Ansteuerung. Im Gegensatz dazu ist die Anregung einer Sicherheitseinrichtung durch Erreichen der entsprechenden physikalischen Parameter nicht als eine Fehlanregung zu verstehen, auch wenn dies auf einen unbeabsichtigten Fehler in einem anderen Bereich der Anlage zurückgeht. Ein Beispiel für den letzten Fall wäre die Anregung der Hochdrucksicherheitseinspeisung durch tiefen Druck und tiefes Niveau im Reaktorkühlkreislauf aufgrund einer Unterkühlungstransiente, die auf fehlerhaft zu große Dampfenahme im Sekundärkreis zurückzuführen ist.
- Sicherheitstechnisch unbedeutende Beeinträchtigungen von Barrieren (z. B. Leckagen mit einer Leckrate unterhalb der Grenzwerte der Sicherheitsspezifikation bzw. vergleichbarer Regelungen).
- Einzelfehler oder Nichtverfügbarkeit einer Komponente in einem redundanten System, welche bei einer vorgesehenen wiederkehrenden Prüfung bzw. Inspektion erkannt werden.



- Erreichen der zulässigen Grenzen, welche in den Sicherheitsspezifikationen oder ihnen vergleichbaren Regelungen für den Betrieb der Anlage festgelegt sind, mit vorschriftsmäßiger Überführung der Anlage in den dann nach den Sicherheitsspezifikationen vorgesehenen Betriebszustand. Ein Beispiel wäre ein Ereignis, bei dem aufgrund von Einzelfehlern (kein Common Cause-Ausfall !) in einer Sicherheitseinrichtung nur noch die nach den Sicherheitsspezifikationen erforderliche minimale Verfügbarkeit gegeben ist und bei dem die Anlage ordnungsgemäß abgefahren wird, sofern die Fehler nicht in der vorgesehenen Zeit behoben werden können.
- Ereignisse an Einrichtungen, die ausschließlich für die Durchführung von Notfallmaßnahmen vorgesehen sind. Führt ein solches Ereignis allerdings zu einem auslösenden Ereignis im Sinne der Bewertungsskala oder zu einer Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen, so ist hierfür eine Bewertung durchzuführen.
- Nichtverfügbarkeit von Einrichtungen, die ausschließlich zur Beherrschung von Ereignissen mit sehr geringer Eintrittshäufigkeit vorgesehen sind (EVA/EVI), sofern die in den Sicherheitsspezifikationen festgelegten minimalen Anforderungen eingehalten werden.
- Arbeitsunfälle mit kleinen Kontaminationen. Zu beachten ist, daß die Schwere des Unfalls (z. B. Verletzung oder Tod) für die Einstufung des Ereignisses in die Bewertungsskala ohne Bedeutung ist.

### **3.5 Betrachtung zusätzlicher Faktoren**

Die in den Abschnitten 3.2 und 3.3 beschriebene Vorgehensweise liefert für ein Ereignis die Basiseinstufung. Abhängig von einer Reihe von Faktoren kann sich diese Basiseinstufung um eine Stufe erhöhen, wobei allerdings die jeweils höchste erreichbare Stufe unter dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" nicht überschritten werden kann. Die Faktoren, welche für eine eventuelle Höherstufung zu betrachten sind, werden im folgenden näher erläutert.

Bestimmte Einflußgrößen können gleichzeitig verschiedene Einrichtungen/Maßnahmen der gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen beeinträchtigen. Bei der Bewertung sind sie daher als zusätzliche Faktoren einzubeziehen, die es rechtfertigen können, daß ein

Ereignis um eine Stufe höher eingestuft wird, als es aus der Basiseinstufung folgen würde.

Die wesentlichen zusätzlichen Faktoren, die einen großen Teil oder u. U. das gesamte Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen gefährden könnten, sind:

- Ausfälle aus gemeinsamer Ursache (Common Cause-Fehler),
- Mängel in Betriebsvorschriften,
- Mängel in der Sicherheitskultur.

Aufgrund einer Höherstufung kann ein Ereignis in Stufe 1 eingeordnet werden, obwohl es ohne Berücksichtigung der zusätzlichen Faktoren ohne sicherheitstechnische Bedeutung wäre.

Wird die Höherstufung eines Ereignisses aufgrund der zusätzlichen Faktoren in Erwägung gezogen, sind die folgenden Gesichtspunkte zu berücksichtigen:

- a) Einige der oben genannten zusätzlichen Faktoren sind möglicherweise bereits in die Festlegung der Basiseinstufung eingeflossen, z. B. ein Ausfall aus gemeinsamer Ursache. Daher ist es wichtig, dafür Sorge zu tragen, daß die zusätzlichen Faktoren nicht mehrfach bei der Bewertung berücksichtigt werden.
- b) Die Basiseinstufung kann nur um eine Stufe angehoben werden. Dies gilt auch, wenn mehrere der zusätzlichen Faktoren zutreffen sollten.
- c) Die höchste Stufe, welche unter dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" erreicht werden kann, ist kleiner oder gleich der Stufe 3. Dies hängt, von den maximal möglichen radiologischen Auswirkungen innerhalb und außerhalb der Anlage, bezogen auf den betroffenen Anlagen- bzw. Tätigkeitsbereich, ab, wie in Abschnitt 3.3 erläutert. Die höchste erreichbare Stufe ist nur auf solche Ereignisse anwendbar, bei denen ein weiteres Ereignis (sei es ein zu erwartendes auslösendes Ereignis oder ein weiterer Komponentenausfall) zu einem Unfall im Sinne der Skala führen würde.

### **3.5.1 Ausfall aus gemeinsamer Ursache (Common Cause-Fehler)**

Unter einem Ausfall aus gemeinsamer Ursache wird der Ausfall mehrerer Einrichtungen oder Komponenten aufgrund eines bestimmten einzelnen Ereignisses oder einer bestimmten einzelnen Ursache verstanden. Dabei bedeutet Ausfall, daß die Einrichtungen bzw. Komponenten ihre vorgesehene Funktion nicht erfüllen. Von besonderer Bedeutung sind Ausfälle aus gemeinsamer Ursache, die redundante Einrichtungen oder Komponenten betreffen, welche die gleiche Sicherheitsfunktion gewährleisten sollen. Dies kann zur Folge haben, daß die Zuverlässigkeit der Sicherheitsfunktion erheblich kleiner ist, als angenommen wurde.

Die Bedeutung eines Ereignisses, bei dem ein Ausfall aus gemeinsamer Ursache auftritt, der die Funktion einer oder mehrerer Komponenten beeinträchtigt, ist somit grundsätzlich größer als die Bedeutung eines zufälligen Ausfalls der gleichen Komponenten. Dementsprechend kann eine Höherstufung um eine Stufe auf der INES-Skala gerechtfertigt sein.

Ähnliche Überlegungen gelten für die Einstufung von Ereignissen, die Schwierigkeiten aufzeigen, eine im Prinzip verfügbare Sicherheitseinrichtung im Anforderungsfall in Betrieb zu nehmen, z. B. aufgrund fehlender oder irreführender Informationen (Höherstufung um eine Stufe).

### **3.5.2 Mängel in Betriebsvorschriften**

Mängel in den Betriebsvorschriften können dazu führen, daß gleichzeitig mehrere Ebenen der gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen hinsichtlich ihrer Funktion in Frage gestellt werden. Solche Unzulänglichkeiten in den Betriebsvorschriften sind deswegen ein weiterer möglicher Grund für eine Anhebung der Basiseinstufung. Beispiele sind:

- Falsche oder unzureichende Anweisungen, nach denen das Betriebspersonal bei der Beherrschung eines Ereignisses vorzugehen hat. Ein Beispiel hierfür zeigte sich während des Unfalls in Three Mile Island im Jahr 1979: Die Betriebsvorschriften, welche der Betriebsmannschaft für Ereignisse mit Auslösung der Sicherheitsinspeisung zur Verfügung standen, berücksichtigten nicht die speziellen Gegebenheiten bei kleinen Kühlmittelverluststörfällen im Bereich der Dampfphase des Druckhalters.

- Mängel im Instandhaltungsprogramm der Anlage. Deutliche Hinweise auf Mängel im Instandhaltungsprogramm liegen z. B. vor, wenn Fehler oder Störungen identifiziert werden, die mit den vorgesehenen Maßnahmen nicht erkannt wurden bzw. erkannt worden wären, oder wenn Fehler oder Störungen identifiziert werden, die über eine erheblich längere Zeit vorlagen, als nach dem zugehörigen Prüfintervall zu unterstellen ist.

### **3.5.3 Ereignisse, die bezüglich der Sicherheitskultur bedeutsam sind**

In der IAEA Safety Series No. 75-INSAG-4 "Safety Culture" wird herausgestellt, welchen Einfluß eine hohe Sicherheitskultur für den sicheren Betrieb einer kerntechnischen Einrichtung hat und wie stark sie dazu beitragen kann, menschliche Fehler zu vermeiden und die positiven Seiten menschlichen Handelns zu nutzen. Die International Safety Advisory Group (INSAG) definiert Sicherheitskultur als die Summe der Eigenschaften und Haltungen in der Organisation und bei den einzelnen Personen der Anlage, durch die sichergestellt wird, daß Fragen, welche die Sicherheit der Anlage betreffen, als eine übergeordnete Priorität die Aufmerksamkeit erfahren, die sie aufgrund ihrer Bedeutung erfordern.

Eine richtig verstandene Sicherheitskultur hilft, Störungen und Störfälle zu vermeiden. Ein Mangel an Sicherheitskultur kann andererseits dazu führen, daß die Betriebsmannschaft auf eine Weise handelt, die nicht mit den Annahmen und Randbedingungen, die bei der Auslegung der Anlage zugrunde gelegt wurden, im Einklang steht. Die Sicherheitskultur ist daher als ein Teil des Konzeptes der gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen zu sehen, wobei eine unzureichende Sicherheitskultur zu Ausfällen aus gemeinsamer Ursache führen kann. Dementsprechend kann ein Mangel an Sicherheitskultur die Höherstufung eines Vorkommnisses um eine Stufe rechtfertigen.

Die Sicherheitskultur ist eine generelle Haltung, die auf zwei wesentlichen Säulen ruht. Zum einen sind dies die Rahmenbedingungen, welche durch die betriebliche Organisation und das unternehmerische Handeln vorgegeben werden, zum anderen die Reaktion des Einzelnen, der innerhalb dieser Rahmenbedingungen arbeitet und sich darauf bei seiner Tätigkeit abstützt. Deshalb ist es schwierig, einen bestimmten menschlichen Fehler oder eine spezifische Schwäche als einen systematischen Mangel an Sicherheitskultur zu werten. Sie können aber ein Anzeichen für einen Mangel an Sicherheitskultur sein. Um eine Höherstufung aufgrund eines Mangels an Sicherheitskultur zu

rechtfertigen, muß das entsprechende Ereignis einen konkreten Anhaltspunkt für einen Mangel in der Sicherheitskultur als Ganzes geben. Indikatoren für die Sicherheitskultur werden im Anhang der IAEA Safety Series No. 75-INSAG-4 aufgeführt.

Beispiele für Indikatoren, welche einen Mangel in der Sicherheitskultur aufzeigen, können sein:

- Eine Verletzung von Grenzen oder Vorgaben der Sicherheitsspezifikation bzw. vergleichbarer Regelungen<sup>1</sup> oder die Verletzung einer Betriebsvorschrift ohne Rechtfertigung,
- ein Mangel im Verfahren der Qualitätssicherung (Qualitätssicherungssystem),
- eine Häufung menschlicher Fehler,
- ein Ausfall der Maßnahmen zur Gewährleistung der ausreichenden Überwachung von radioaktiven Stoffen einschließlich ihrer Abgabe in die Umgebung oder ein Ausfall im System zur Dosisüberwachung,
- das wiederholte Auftreten eines Ereignisses, welches aufzeigt, daß nach dem ersten Auftreten des Ereignisses weder die erforderlichen Schlußfolgerungen gezogen noch die entsprechenden Abhilfemaßnahmen ergriffen wurden.

Falls die Verfügbarkeit eines Sicherheitssystems eingeschränkt ist, aber noch innerhalb der Vorgaben der Sicherheitsspezifikation bzw. der vergleichbaren Regelungen liegt, und der Betreiber die Anlage über den Zeitraum hinaus weiterbetreibt, der nach der Sicherheitsspezifikation bzw. den vergleichbaren Regelungen zulässig ist, ist das Ereignis wegen der Verletzung der Sicherheitsspezifikation bzw. der vergleichbaren Regelungen in Stufe 1 einzustufen.

Wird entdeckt, daß die Verfügbarkeit eines Sicherheitssystems unterhalb der Mindestanforderungen liegt, die in der Sicherheitsspezifikation bzw. den vergleichbaren Regelungen festgelegt sind, selbst wenn dieser Zustand für eine begrenzte Zeit vorlag, und überführt der Betreiber die Anlage in Übereinstimmung mit den für einen solchen Fall in

---

<sup>1</sup> Die Sicherheitsspezifikation bzw. vergleichbare Regelungen legen u. a. die minimalen Anforderungen an die Verfügbarkeit der Sicherheitssysteme fest, bei deren Einhaltung der Betrieb der Anlage mit keinen nennenswerten Einschränkungen der Sicherheit der Anlage verbunden ist. Dies kann auch den Betrieb der Anlage mit eingeschränkter Verfügbarkeit der Sicherheitssysteme für einen begrenzten Zeitraum einschließen.

der Sicherheitsspezifikation bzw. den vergleichbaren Regelungen vorgesehen Maßnahmen in den sicheren Zustand, so sollte das Ereignis entsprechend den Abschnitten 3.2 und 3.3 eingestuft werden. (Für Kernkraftwerke wäre in einem solchen Fall zum Beispiel Zeile C bzw. D in Tabelle 1 anzuwenden.) Das Ereignis sollte aber nicht wegen einer Verletzung der Sicherheitsspezifikation bzw. vergleichbarer Regelungen höhergestuft werden. Außerdem sollte der Zeitraum, über den die Verfügbarkeit des Sicherheitssystems unterhalb der Mindestanforderungen der Sicherheitsspezifikation bzw. vergleichbarer Regelungen lag, in die Bewertung einbezogen werden.

In manchen Staaten enthalten die Sicherheitsspezifikation bzw. vergleichbare Regelungen weitere Vorgaben, wie zum Beispiel Grenzwerte, welche für die Langzeitsicherheit von Komponenten bedeutsam sind. Wird ein solcher Grenzwert für kurze Zeit überschritten, kann eine Einstufung des Ereignisses in Stufe 0 angemessener sein.

### **3.6 Beispiele**

#### **Beispiel 1: Reaktorschnellabschaltung nach Einfall von Steuerelementen - Stufe 0**

##### Ereignisbeschreibung

Der Block arbeitete im Vollastbetrieb. Während der wiederkehrenden Prüfung der Steuerelemente wurde ein Steuerelement (Bank A) eingefahren. Dabei kam es zu einer Reaktor- und Turbinenschnellabschaltung durch das Signal "schnelle Abnahme des Neutronenflusses im Leistungsbereich".

Die Funktion des Steuerelementes wurde sofort anhand des Transientenrecorders überprüft. Dabei stellte sich heraus, daß die vier Steuerelemente der Bank A vor der Reaktorschnellabschaltung eingefallen waren.

Eine Untersuchung des Steuerkreises für den Antriebsmechanismus der Steuerelemente ergab, daß die Ursache für das Fehlverhalten eine defekte Elektronikarte war. Die fehlerhafte Karte wurde ausgetauscht. Nach der Prüfung des Steuerkreises wurde die Anlage wieder auf Vollast gefahren.

## Erläuterung der Einstufung

Die Bewertungsaspekte "Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage" und "Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage" sind für die Einstufung des Ereignisses nicht relevant.

Das störungsbedingte Einfallen von Steuerelementen fordert die Sicherheitssysteme nicht an und stellt daher kein auslösendes Ereignis dar.

Bei der Reaktorschnellabschaltung handelt es sich um ein zu erwartendes auslösendes Ereignis. Die erforderliche Sicherheitsfunktion "Brennstoffkühlung" stand vollständig zur Verfügung. Dementsprechend kommt Feld A 1 in Tabelle 2 zur Anwendung. Gesichtspunkte für eine Höhereinstufung liegen nicht vor. Deshalb wird die Stufe 0 gewählt. Diese Einstufung steht in Übereinstimmung mit den Beispielen für Ereignisse der Stufe 0 in Abschnitt 3.4.

### **Beispiel 2: Reaktorkühlmitteleckage beim Brennelementwechsel während des Leistungsbetriebs - Stufe 1**

#### Ereignisbeschreibung

Während eines routinemäßigen Brennelementwechsels im Leistungsbetrieb kam es zu einer Kühlmittleckage (schweres Wasser) von 1,4 Mg/h im Bereich einer der beiden Wechselmaschinen. Jede der beiden Wechselmaschinen ist horizontal auf einer Laufbrücke verfahrbar, die ihrerseits in vertikaler Richtung verfahrbar ist, um alle Positionen der horizontal angeordneten Brennelementkanäle erreichen zu können. Das Betriebspersonal stellte fest, daß sich die Laufbrücke der betroffenen Wechselmaschine um 40 cm gesenkt hatte, während die Wechselmaschine an einen Brennelementkanal angekuppelt war. Dadurch war eine Undichtheit zwischen Lademaschine und Brennelementkanal entstanden. Der Reaktor wurde daraufhin abgeschaltet und mit betrieblichen Systemen in den Nachkühlbetrieb überführt. Die Leckage betrug insgesamt 22 Mg (ca. 10 % des Gesamtkühlmittelinventars). Sicherheitsfunktionen wurden nicht angefordert. Eine Ausnahme bildete der Containmentabschluß, der nach einer Stunde durch hohe Aktivität angeregt wurde. Bei dem Ereignis kam es zu keiner unzulässigen Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Umgebung.

## Erläuterung der Einstufung

Die Bewertungsaspekte "Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage" und "Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage" sind für die Einstufung des Ereignisses nicht relevant.

Da die Kühlmittleckage gering war, wurden keine Sicherheitssysteme angefordert und das Kühlmittelinventar konnte durch Handmaßnahmen aufrechterhalten werden. Hätte sich die Leckage zu einem "kleinen Kühlmittelverluststörfall" entwickelt, wären alle relevanten Sicherheitssysteme voll verfügbar gewesen. Daher ist als Basiseinstufung die Stufe 0 angemessen.

Ursache für die Störung war ein Fehler im Verriegelungsteil der Software des Steuerprogramms der Lademaschine. Dieser Fehler wurde durch die vorgesehenen Prüfungen nicht erfaßt. Der Mangel war zudem vor diesem Ereignis bekannt, aber nicht behoben worden. Aus diesen Gründen wurde die Einstufung um eine Stufe erhöht und das Ereignis der Stufe 1 zugeordnet (siehe Abschnitt 3.5.2. und 3.5.3.).

### **Beispiel 3: Nichtverfügbarkeit des Containmentsprühsystems infolge fälschlich geschlossener Ventile - Stufe 1**

#### Ereignisbeschreibung

Die Doppelblockanlage muß jährlich zur Durchführung von vorgeschriebenen wiederkehrenden Prüfungen des blockgemeinsamen Notkühlsystems und der zugehörigen Schutzaktionen abgeschaltet werden. Diese Prüfungen finden normalerweise dann statt, wenn einer der beiden Blöcke zum Brennelementwechsel abgefahren ist.

Am 9. Oktober waren diese Prüfungen für die Blöcke 1 und 2 vorgesehen. Nach Durchführung der Prüfungen blieb Block 1 zum Brennelementwechsel im kalten abgefahrenen Zustand. Block 2 nahm den Leistungsbetrieb am 14. Oktober wieder auf. Während der monatlichen Prüfung sicherheitstechnisch wichtiger Ventile in Block 2 am 1. November wurde festgestellt, daß die vier Ventile auf der Druckseite der Containment-sprühpumpen geschlossen waren. Es wurde gefolgert, daß diese Ventile, im Widerspruch zu den Prüfanweisungen, nach dem Test am 9. Oktober nicht wieder



geöffnet worden waren. Block 2 war demnach 18 Tage ohne verfügbares Containment-sprühsystem in Betrieb gewesen.

Ursache für das Ereignis war ein menschlicher Fehler. Es wurde festgestellt, daß der Fehler am Ende der Prüfungen eingetreten war, die infolge einer Störungssuche länger als üblich gedauert hatten. Außerdem zeigte sich, daß eine stärker formalisierte Meldung über den Abschluß der im Zusammenhang mit den Prüfungen durchgeführten Instandhaltungsarbeiten für die rechtzeitige Erkennung des Fehlers hilfreich gewesen wäre.

#### Erläuterung der Einstufung

Die Bewertungsaspekte "Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage" und "Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage" sind für die Einstufung dieses Ereignisses nicht relevant.

Es gab kein reales auslösendes Ereignis, jedoch war die Funktionsfähigkeit der Sicherheitsfunktion "Einschluß der radioaktiven Stoffe" beeinträchtigt. Die Verfügbarkeit der Sicherheitsfunktion war geringer als in den Sicherheitsspezifikationen gefordert, aber mehr als ausreichend, weil ein diversitäres System vorhanden ist und auch zur Verfügung stand. Ein auslösendes Ereignis, welches die betroffene Sicherheitseinrichtung anfordern würde, wäre der große Kühlmittelverluststörfall (unwahrscheinliches auslösendes Ereignis). Feld C 3 aus Tabelle 1 liefert demnach die Basiseinstufung (Stufe 1). Der Fehler wurde zwar durch menschliches Versagen verursacht, ist aber nicht als Mangel in der Sicherheitskultur anzusehen. Es erfolgt deshalb auch keine Höherstufung des Ereignisses. (Abschnitt 3.2.4.1. erklärt, daß die Wahl von Stufe 1 anstatt 0 für die Basiseinstufung die Verletzung der Sicherheitsspezifikationen bereits berücksichtigt).

#### **Beispiel 4: Primärkreisleckage über die Berstscheibe des Druckhalterabblasetanks - Stufe 1**

##### Ereignisbeschreibung

Die Anlage befand sich im heiß unterkritischen Zustand. Der Reaktordruck betrug 159 bar. Das Nachwärmeabfuhrsystem war freigeschaltet und teilweise für Tests nach zu-

vor durchgeführten Änderungsarbeiten entleert. Das System stand deshalb nicht zur Verfügung.

In diesem Anlagenzustand wurde eine wiederkehrende Prüfung der Wirksamkeit des Druckhalterprühsystems durchgeführt. Etwa um 16 Uhr wurde Alarm wegen hohem Druck im Druckhalterabblasebehälter ausgelöst. Das fallende Niveau des Volumenausgleichsbehälters wies auf eine Kühlmittleckage von etwa 1.5 m<sup>3</sup> pro Stunde hin. Das Betriebspersonal versuchte, die Leckage innerhalb des Reaktorgebäudes zu lokalisieren. Man kam zu dem Schluß, daß es sich um eine Leckage am Rücksitz eines Ventils im Reaktorkühlsystem handeln mußte (Handventil in der Bypassleitung eines Temperaturfühlers). Es wurde versucht, die Dichtheit des Ventils durch Verfahren mittels Handrad in den Rücksitz herzustellen. Wie sich später zeigte, war eine Betätigung des Ventils mittels Handrad aber nicht möglich, da der Antrieb auf Fernbedienung geschaltet war. Dies wurde zunächst nicht bemerkt. Aus diesem Grund war das Ventil weiterhin undicht, und die Leckage dauerte an.

Um 18 Uhr wurde Wartungspersonal hinzugerufen. Doch auch dieses fand die Ursache für die Leckage nicht. Währenddessen stiegen Druck und Temperatur im Druckhalterabblasebehälter weiter an. Durch Einspeisen von kaltem Kühlmittel in den Druckhalterabblasebehälter und Abgabe in den Anlagenentwässerungsbehälter hielt das Betriebspersonal die Temperatur im Druckhalterabblasebehälter unter 50 °C. Das in den Anlagenentwässerungsbehälter abgegebene Kühlmittel wurde mittels zweier Pumpen aus dem Reaktorgebäude gepumpt und der Kühlmittelaufbereitung zugeführt.

Etwa um 21 Uhr zeigten die Aktivitätsmeßstellen fehlerhaft einen Anstieg der Aktivität im Reaktorgebäude an. Um 21:56 Uhr wurde der Grenzwert für die Auslösung von Teilen des Durchdringungsabschlusses des Containments erreicht. Dadurch wurden Ventile des nuklearen Lüftungs- und Entwässerungssystems innerhalb des Containments geschlossen, und das ausströmende Wasser konnte nicht länger zur Kühlmittelaufbereitung gefördert werden. Der Druck im Druckhalterabblasebehälter stieg weiter an, bis um 22:22 Uhr die Berstscheiben ansprachen. Um die Temperatur im Druckhalterabblasebehälter auf etwa 50 °C zu halten, mußte bis 23:36 Uhr Wasser nachgespeist werden. Um 1:45 Uhr des folgenden Tages fiel die Aktivität im Reaktorgebäude auf einen Wert unterhalb des Grenzwertes für den Gebäudeabschluß.

Um 2:32 Uhr war der Druck im Reaktorkühlkreislauf auf 25 bar gefallen. Die Nachwärmeabfuhr erfolgte weiter über die Dampferzeuger, da das Nachkühlsystem zu diesem Zeitpunkt noch nicht verfügbar war.

Um 10:54 Uhr war das Nachkühlsystem wieder betriebsbereit, und um 11:45 Uhr wurde das undichte Ventil im Reaktorkühlkreislauf von Fernbedienung auf Handbetrieb umgestellt, um die Leckage durch das Verfahren der Armatur beenden zu können.

#### Erläuterung der Einstufung

Die Bewertungsaspekte "Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage" und "Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage" sind für die Einstufung des Ereignisses nicht relevant.

Es gibt zwei mögliche Ansätze für die Einstufung. Bei dem ersten wird davon ausgegangen, daß kein real auslösendes Ereignis auftrat, denn die Sicherheitseinrichtungen zur Notkühlung waren nicht angefordert worden. Der anfängliche Kühlmittelverlust wurde über das Volumenregelsystem ergänzt (siehe Abschnitt 3.2.2.3.). Der zweite Ansatz betrachtet die kleine Kühlmittelleckage als ein zu erwartendes auslösendes Ereignis, bei dem alle Sicherheitssysteme, einschließlich des Volumenregelsystems, vollständig verfügbar waren. Bei beiden Ansätzen ist das Ergebnis der Bewertung Stufe 0.

Die Fehlauflösung des Durchdringungsabschlusses führte zu Schwierigkeiten bei der Durchführung von Maßnahmen im Zusammenhang mit dem Ereignisablauf und gab dem Personal irreführende Hinweise. Deshalb erfolgte eine Höherstufung des Ereignisses in Stufe 1 (vgl. Abschnitt 3.5.1).

#### **Beispiel 5: Ausfall der Zwangsumwälzung im Reaktorkühlkreislauf für 15 bis 20 Minuten - Stufe 2**

##### Ereignisbeschreibung

Bei der betroffenen Anlage handelt es sich um einen gasgekühlten Reaktor. Ein Ausfall der Sicherung in einer der drei Phasen der Stromversorgung für die Instrumentierung des Reaktors führte nicht, wie vorgesehen, zur automatischen Umschaltung auf den

zugeordneten Reserveumformer. Dadurch bestand die Unterbrechung der Phase fort, bis die manuelle Umschaltung der Stromversorgung erfolgt war. Der Ausfall der Stromversorgung verursachte das Schließen der Speisewasserabsperrventile für den Hochdruck- und den Niederdruckteil eines Dampferzeugers, was zu einem Auslaufen des von diesem Dampferzeuger versorgten, dampfbetriebenen Kühlgasgebläses führte. Weiterhin fiel aufgrund der Störung ein Großteil der Überwachung und der automatischen Regelfunktionen der Dampferzeuger und des Reaktors aus. Ein manuelles Einfahren der Steuerelemente war möglich und wurde begonnen. Die Einfahrtgeschwindigkeit reichte jedoch nicht aus, um einen Temperaturanstieg des Kühlgases zu verhindern. Dies führte zu einer automatischen Abschaltung des Reaktors über hohe Brennelementtemperatur (Anstieg um ungefähr 16 K). Für das Betriebspersonal stellte sich die Situation allerdings aufgrund der Ausfälle in der Instrumentierung so dar, als ob das Abschaltssystem nicht funktionsfähig wäre.

Die batteriegepufferte, sicherheitstechnisch wichtige Instrumentierung und das Reaktorschutzsystem blieben funktionsfähig, ebenso wie einige der betrieblichen Überwachungs- und Steuerungssysteme.

Infolge der Reaktorabschaltung kam es zum Auslaufen aller Kühlgasgebläse (Dampfmangel an den Antriebsturbinen). Aufgrund der Störung in der Stromversorgung erfolgte weder das für diesen Fall vorgesehene automatische Starten der Hilfsmotoren der Kühlgasgebläse noch konnten die Hilfsmotoren von Hand zugeschaltet werden.

Durch Handmaßnahmen wurde die Bespeisung der Niederdruckteile für die drei nicht betroffenen Dampferzeuger aufrechterhalten und für den betroffenen Dampferzeuger wieder hergestellt. Unmittelbar nach der auslösenden Transiente, die zum Abschalten des Reaktors führte, sanken die Brennelementtemperaturen ab. Sie stiegen aber wieder an, als die Zwangsumwälzung ausfiel, und stabilisierten sich anschließend im Naturumlauf bei einem Wert etwa 50 K unterhalb der normalen betrieblichen Werte. Die Temperaturen fielen erneut, als der Reserveumformer zugeschaltet wurde und die Gebläse mittels der Hilfsmotoren wieder in Betrieb genommen werden konnten. Der Reaktor wurde am folgenden Tag wieder angefahren.

## Erläuterung der Einstufung

Die Bewertungsaspekte "Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage" und "Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage" sind für die Einstufung nicht relevant.

Wie in Abschnitt 3.2.2.3. erklärt, müssen bei diesem Ereignis zwei auslösende Ereignisse betrachtet werden. Das erste auslösende Ereignis war die Transiente infolge Verlust der Speisewasserversorgung eines Dampferzeugers bei gleichzeitigem Versagen eines Teils der Instrumentierung. Im weiteren Verlauf wurde das Reaktorschutzsystem angefordert, welches voll verfügbar war. Dieser Teil des Ereignisses würde demnach in Stufe 0 eingestuft werden.

Das zweite auslösende Ereignis war das Abschalten des Reaktors verbunden mit dem Ausfall der dampfbetriebenen Kühlgasgebläse, welches die Sicherheitsfunktion "Kernkühlung" anforderte. Die Verfügbarkeit dieser Sicherheitsfunktion war geringer als in den Spezifikationen gefordert, da sich keiner der Hilfsmotoren für die Kühlgasgebläse zuschalten ließ. Sie war aber mehr als ausreichend, da durch den Naturumlauf des Kühlgases eine wirksame Kühlung gewährleistet war und der Zwangsumlauf wieder hergestellt werden konnte, bevor die Temperaturen auf unzulässig hohe Werte anstiegen. Deshalb ergibt Feld C 1 in Tabelle 2 eine Basiseinstufung in Stufe 2 oder 3. Wie in Abschnitt 3.2.4.2. erklärt, hängt die zu wählende Einstufung davon ab, wie groß die Reserven in der Verfügbarkeit der Sicherheitsfunktion bezogen auf den Zustand "gerade ausreichend" sind. Wegen der vollen Verfügbarkeit des Naturumlafs und der begrenzten Zeitspanne, während welcher der Zwangsumlauf des Kühlgases nicht zur Verfügung stand, ist bei diesem Ereignis Stufe 2 angemessen.

Bezüglich einer möglichen Höhereinstufung sind zwei Gesichtspunkte zu berücksichtigen, die beide in Abschnitt 3.5.1 erläutert wurden. Die Störung in der Stromversorgung hatte ein Common Cause-Versagen des gesamten Zwangsumlaufes des Kühlgases zur Folge. Dies wurde jedoch bereits bei der Basiseinstufung mitberücksichtigt. Eine Höhereinstufung des Ereignisses infolge eines Common Cause-Versagens würde diesen Sachverhalt doppelt berücksichtigen (siehe Einleitung zu Abschnitt 3.5., Punkt a)). Ein weiterer relevanter Faktor waren aufgetretene Schwierigkeiten infolge der fehlenden Anzeigen. Diese betrafen aber eher die Überwachung der auslösenden Transiente und hätten die Nachkühlung nicht beeinträchtigen können. Weiterhin wäre nach Punkt

c) in Abschnitt 3.5 die Stufe 3 auch deshalb nicht angemessen, weil ein weiteres Versagen einer einzelnen Komponente nicht zu einem Unfall geführt hätte.

**Beispiel 6: Absturz eines Brennelements während des Brennelementwechsels - Stufe 2**

Ereignisbeschreibung

Während des Brennelementwechsels kam es nach dem Anheben eines neuen Brennelementes aus der Zelle im Brennelementlagerbecken spontan zum Abrutschen des Teleskopmastes der Brennelementwechsellmaschine. Das Brennelement schlug auf das Führungsrohr der Wechsellmaschine im Brennelementlager auf. Vorgesehene Maßnahmen funktionierten auslegungsgemäß. Es kam zwar zu Verbiegungen am Brennelement, es traten aber weder Brennstoffbeschädigungen noch Schäden an Hüllrohren auf.

Erläuterung der Einstufung

Die Bewertungsaspekte "Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage" und "Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage" sind nicht relevant für die Einstufung.

Das auslösende Ereignis war ein herabfallendes Brennelement, was bei der Auslegung der betroffenen Anlage als "unwahrscheinlich" angenommen wurde. Die erforderlichen Sicherheitssysteme waren voll verfügbar. Feld A 3 aus Tabelle 2 ergibt eine Einstufung in Stufe 2.

Gründe für eine Höherstufung des Ereignisses gibt es nicht. Eine Tieferstufung wäre in Betracht zu ziehen, da es sich um ein Ereignis handelt, bei dem frischer Brennstoff betroffen war und die maximal möglichen Auswirkungen dadurch begrenzt waren. Das Auftreten eines unwahrscheinlichen auslösenden Ereignisses wurde jedoch als genügend ernst angesehen, um bei der Einstufung in Stufe 2 zu verbleiben.

**Beispiel 7: Teilweises Blockieren des Kühlwassereinlaufes in einem Block mit gleichzeitigem Ausfall der Netzversorgung des Zwillingsblockes, verursacht durch kalte Witterung - Stufe 3**

Ereignisbeschreibung

Die Anlage besteht aus zwei gasgekühlten Reaktoren. Beide Blöcke besitzen eine gemeinsame Notstromversorgung in Form von vier Hilfsturbogeneratoren. Das vorliegende Ereignis betraf beide Blöcke. In beiden Blöcken traten Störungen auf, die auf die zum Ereigniszeitpunkt herrschende kalte Witterung zurückzuführen waren.

Im Block 1 kam es durch massive Eisbildung zum Zusetzen des Kühlwassereinlaufes mit der Folge eines Vakuumverlustes an den Kondensatoren. Die Verstopfung erfolgte unter der Wasseroberfläche und war von außen nicht sichtbar. Eine eindeutige Meldung, die den Niveauabfall vor den Pumpen hätte signalisieren können, gab es nicht.

Der Vakuumverlust betraf sowohl die Kondensatoren der Turbogebälse des Blockes 1 als auch die Kondensatoren der blockgemeinsamen Hilfsturbogeneratoren der Notstromversorgung. Die zu den Hilfsturbogeneratoren gehörenden Notstromschienen wurden aufgrund der Störung automatisch auf Netzversorgung umgeschaltet. Während dieser Zeit kam es weiter zum Abschalten der beiden Hauptturbosätze und - aufgrund eines Fehlsignals - zum Einfall aller Steuerelemente des Blockes 1, wodurch die Anlage abgeschaltet wurde. Die Stromversorgung des Blockes 1 erfolgte aus dem Hauptnetz.

Der Block 2 verblieb während dieser Zeit im Leistungsbetrieb. Etwa zwei Stunden später erfolgte ein Spannungseinbruch im Netz als Folge der Abschaltung eines in der Nähe befindlichen konventionellen Kraftwerkes. Durch den Spannungseinbruch wurde der Generatorschutz des Blockes 2 angeregt. Das Abfangen des Blockes auf Eigenbedarf mißlang, was die Reaktorschnellabschaltung und die Trennung vom Netz zur Folge hatte.

Da vorher zwei der vier Hilfsturbogeneratoren wieder in Betrieb genommen werden konnten, war es trotz Ausfalls der Netzversorgung möglich, die Nachwärmeabfuhr mit zwei der vier Kühlgasgebläse sicherzustellen. Die Verbindungen zwischen Block 2 und

dem Netz konnten nach 10 bzw. 26 Minuten wieder hergestellt werden, so daß auch die beiden anderen Kühlgasgebläse zugeschaltet werden konnten.

#### Erläuterung der Einstufung

Die Bewertungsaspekte "Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage" und "Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage" sind für die Einstufung nicht relevant.

Es handelt sich um ein komplexes Ereignis, das aus mehreren Einzelereignissen besteht. Es wird hier nur der für die Einstufung maßgebliche Sachverhalt betrachtet.

Das für die Einstufung bestimmende Einzelereignis ist der Leistungsbetrieb des Blockes 2 trotz Ausfalls der Hilfsturbogeneratoren, die die Notstromversorgung sicherstellen sollen. Durch den Ausfall der Notstromversorgung war die Sicherheitsfunktion "Brennstoffkühlung" beeinträchtigt. Die Verfügbarkeit dieser Sicherheitsfunktion war unzureichend, weil bei Ausfall der Netzversorgung keine Notstromversorgung zur Verfügung gestanden hätte (Notstromfall ist ein zu erwartendes Ereignis). Demnach ergibt sich aus Feld D 1 der Tabelle 1 für die Einstufung die Stufe 3.

Als Gesichtspunkt für eine Abstufung käme die kurze Zeitspanne infrage, während der die Notstromversorgung nicht zu Verfügung stand (ca. 1 Stunde bis zum Wiedereinschalten der ersten beiden Hilfsturbogeneratoren). Andererseits gab es eine hohe Wahrscheinlichkeit für den Ausfall der Netzversorgung, der ja kurze Zeit später tatsächlich erfolgte. Aus diesem Grunde wurde eine Herabstufung des Ereignisses als unangemessen angesehen.

#### **Beispiel 8: Fehlerhafte Kalibrierung der Detektoren zur Erfassung lokaler Überleistung - Stufe 1**

##### Ereignisbeschreibung

Während einer routinemäßigen Kalibrierung der Detektoren zur Erfassung lokaler Überleistung für die Abschaltungssysteme 1 und 2 wurde ein falscher Kalibrierungsfaktor verwendet. Der verwendete Kalibrierungsfaktor war derjenige für 96 % Leistung und nicht derjenige für 100 % Leistung. Dieser Kalibrierungsfehler wurde ungefähr sechs



Stunden später entdeckt. Daraufhin wurden alle Detektoren für Vollastbetrieb neu kalibriert. Die Wirksamkeit des betroffenen Anregekriteriums für eine Reaktorschnellabschaltung war deshalb für ungefähr sechs Stunden für beide Abschaltssysteme eingeschränkt.

#### Erläuterung der Einstufung

Die Bewertungsaspekte "Radiologische Auswirkungen innerhalb Anlage" und "Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage" sind für die Einstufung nicht relevant.

Es reales auslösendes Ereignis lag nicht vor. Jedoch war die Wirksamkeit des Reaktorschutzsystems beeinträchtigt. Die Verfügbarkeit dieser Sicherheitseinrichtung war geringer als in den Spezifikationen festgelegt. Sie war jedoch mehr als gerade noch ausreichend, weil ein zweiter redundanter Abschaltparameter verfügbar war. Außerdem hätten die falsch kalibrierten Detektoren für die meisten Störungen und Störfälle eine ausreichende Funktion gehabt. Das betroffene Anregekriterium wird für "zu erwartende" auslösende Ereignisse benötigt. Feld C 1 in Tabelle 1 ergibt Stufe 1 oder 2. Stufe 1 wurde gewählt, weil die Funktionsfähigkeit deutlich besser war, als gerade noch ausreichend.

Bei der Überlegung, ob die Basiseinstufung aufgrund zusätzlicher Faktoren abgeändert werden sollte, ist zu berücksichtigen, daß der Fehler nur kurzzeitig vorlag (evtl. Abstufung). Andererseits gab es Mängel in den hier relevanten Vorschriften (evtl. Höherstufung). Es wurde entschieden, bei der Stufe 1 zu bleiben.

#### **Beispiel 9: Versagen eines Stranges der Sicherheitssysteme während einer routinemäßigen Prüfung - Stufe 1**

##### Ereignisbeschreibung

Der Block befand sich im Vollastbetrieb. Während der routinemäßigen Überprüfung eines Dieselgenerators trat ein Versagen der Dieselsteuerung auf. Der Diesel wurde daraufhin für etwa sechs Stunden zur Reparatur freigeschaltet.

Die technischen Spezifikationen fordern für den Fall, daß ein Diesel nicht zur Verfügung steht, die Überprüfung der beiden anderen Stränge des Sicherheitssystems.

Diese Prüfung wurde nicht zur vorgeschriebenen Zeit durchgeführt. Später wurden dann die beiden anderen Stränge überprüft und deren volle Verfügbarkeit nachgewiesen.

#### Erläuterung der Einstufung

Die Bewertungsaspekte "Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage" und "Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage" sind für die Einstufung nicht relevant.

Es gab kein reales auslösendes Ereignis, jedoch war die Verfügbarkeit der Sicherheitsfunktion "Brennstoffkühlung" beeinträchtigt. Die Verfügbarkeit erfüllte die Mindestanforderungen der Spezifikationen, weil 2 Stränge weiterhin verfügbar waren, wie die nachträglich durchgeführte Prüfung zeigte. Feld A 1 in Tabelle 1 ergibt daher eine BasisEinstufung in Stufe 0.

Wegen der nicht rechtzeitig durchgeführten Prüfungen verletzte das Betriebspersonal aber die Betriebsvorschriften. Daher erfolgte in Übereinstimmung mit Abschnitt 3.5.3 eine Höhereinstufung in Stufe 1.

## **Anhang zu Teil 3    Beispiele auslösender Ereignisse**

### **3.A.1    Auslösende Ereignisse bei Leichtwasserreaktoren in der Bundesrepublik Deutschland (Beispielliste zu Kapitel 3.2)**

Dieses Kapitel enthält eine Beispielliste auslösender Ereignisse. Die einzelnen auslösenden Ereignisse sind den in Abschnitt 3.2.2 definierten, nach der Eintrittshäufigkeit unterschiedenen Klassen auslösender Ereignisse zugeordnet. Damit soll die im Rahmen der Bewertung erforderliche Zuordnung auslösender Ereignisse zu einer dieser Häufigkeitsklassen erleichtert werden.

Die Beispielliste berücksichtigt die speziellen Gegebenheiten der Leichtwasserreaktoren in der Bundesrepublik Deutschland. Sie basiert auf dem Statusbericht des Kerntechnischen Ausschusses zum Konzept einer Klassifizierung von Ereignisabläufen für die Auslegung von Leichtwasserreaktoren vom Juni 1985. Die Liste soll eine Orientierung geben, die gegebenenfalls anlagenspezifisch angepaßt und ergänzt werden muß.

*Anmerkung:*

*Nach der Definition in Kapitel 3.2.2.1 sind auslösende Ereignisse im Sinne der Bewertungsskala Ereignisse, die Sicherheitssysteme anfordern und zu deren Beherrschung das Funktionieren der entsprechenden Sicherheitssysteme erforderlich ist. Bei der Anwendung der Liste ist zu beachten, daß die aufgeführten Beispiele im konkreten Einzelfall nicht unbedingt auslösende Ereignisse im Sinne der Bewertungsskala darstellen. So ist eine Turbinenschnellabschaltung im Druckwasserreaktor bei fehlerfreiem Ablauf kein auslösendes Ereignis im Sinne der Skala, da weder die Reaktorschnellabschaltung noch andere Sicherheitssysteme angefordert werden.*

#### **3.A.1.1    Ereignisklasse 1 (Zu erwartende Ereignisse)**

- Reaktorschnellabschaltung
- Turbinenschnellschluß
- Ausfall der Speisewasserversorgung
- Störungen im Frischdampfsystem (z. B. durch Fehlöffnen oder Fehlschließen von Armaturen, Fehler in der Regelung)
- Notstromfall, kurzzeitig (< 30 min)
- Füllstandsanstieg oder Füllstandsabfall im Reaktorkühlkreislauf

- Leckagen im Wasser-Dampf-Kreislauf, bei denen ein betriebsübliches Abschalten und Abfahren möglich ist
- Leckagen im Reaktorkühlkreislauf, bei denen ein betriebsübliches Abschalten und Abfahren möglich ist
- Dampferzeugerheizrohrleckagen, bei denen ein betriebsübliches Abschalten und Abfahren möglich ist
- Unbeabsichtigtes Öffnen oder Offenbleiben eines Druckhaltersicherheits- oder -abblaseventils (DWR) oder eines Sicherheits- und Entlastungsventils (SWR)
- Fehleinspeisung von Notkühlsystemen in den Reaktorkühlkreislauf
- Kaltwassereinspeisung in das Reaktorkühlsystem aus anschließenden Systemen
- Störungen in der Kühlmitteldruckregelung
- Störungen in der Kühlmittelumwälzung (z. B. Störung in der Regelung, Ausfall von Pumpen, Fehleinschalten von Pumpen)
- Fehlerhaftes Ausfahren von Steuerelementen
- Unbeabsichtigte Borsäurekonzentrationsveränderung (DWR-Anlagen)
- Einsetzen und Inbetriebnahme eines Brennelements in einer falschen Position
- Störungen bei Brennelementhandhabung und -lagerung ohne Freisetzung von Spaltprodukten

### **3.A.1.2 Ereignisklasse 2 (Mögliche Ereignisse)**

- "Kleines Leck" innerhalb des Sicherheitsbehälters
- Leck im Volumenregelsystem außerhalb des Sicherheitsbehälters (DWR)
- Leck in einer primärkühlmittelführenden Meßleitung
- Leckagen an Frischdampf- und Speisewasserleitungen, bei denen kein betriebsübliches Abschalten und Abfahren möglich ist
- Brennelementbeschädigung bei der Handhabung mit Schäden an Hüllrohren und Freisetzung von Spaltprodukten
- Dampferzeugerheizrohrversagen ohne oder mit kurzzeitigem Notstromfall

- Notstromfall, langfristig (> 30 min)
- Unbeabsichtigtes Öffnen oder Offenbleiben mehrerer Druckhaltersicherheits- oder -abblaseventile (DWR) oder mehrerer Sicherheits- und Entlastungsventile (SWR)

### **3.A.1.3 Ereignisklasse 3 (Unwahrscheinliche Ereignisse)**

- Großer Bruch einer Speisewasser- oder Frischdampfleitung
- Mittleres oder großes Leck im Reaktorkühlsystem
- Großer Bruch im Nachkühlsystem im Ringraum während des Nachwärmeabfuhrbetriebs
- Wasserverlust aus dem Brennelementbecken, der die Nachspeisemöglichkeit der dafür vorgesehenen Systemen überschreitet
- Absturz schwerer Lasten einschließlich Brennelement-Transportbehälter auf das Brennelementlagerbecken
- Auswurf des wirksamsten Steuerelements (DWR) oder Herausfallen eines Steuerstabs (SWR)

### **3.A.2 Auslösende Ereignisse bei ausländischen Druckwasserreaktoren (DWR und WWER)**

#### **3.A.2.1 Ereignisklasse 1 (Zu erwartende Ereignisse)**

- Reaktorschnellabschaltung
- Unbeabsichtigte Verdünnung des chemischen Absorbers im Reaktorkühlmittel
- Ausfall der Speisewasserversorgung
- Druckentlastung des Reaktorkühlkreislaufs durch unbeabsichtigte Betätigung einer aktiven Komponente (z. B. eines Sicherheits- oder Abblaseventils am Druckhalter)
- Unbeabsichtigte Druckabsenkung im Reaktorkühlkreislauf durch die betriebliche Sprühung oder die Druckhalterhilfssprühung
- Leckagen im Wasser-Dampf-Kreislauf, bei denen ein betriebsübliches Abschalten und Abfahren möglich ist

- Dampferzeugerheizrohrleckage, die oberhalb der nach technischer Spezifikation zulässigen Leckage liegt, aber geringer ist als die Leckage, welche dem vollständigen Abriß eines Heizrohres entspricht
- Leckagen im Reaktorkühlkreislauf, bei denen ein betriebsübliches Abschalten und Abfahren möglich ist
- Ausfall der Netzversorgung einschließlich Spannungs- und Frequenzstörungen
- Betrieb mit einem falsch angeordneten oder falsch orientierten Brennelement
- Unbeabsichtigtes Herausziehen eines einzelnen Steuerelementes während des Brennelementwechsels
- Geringfügiger Brennelementhandhabungsfehler
- Vollständiger Ausfall oder vollständige Unterbrechung des Zwangsumlauf im Reaktorkühlkreislauf, ausgenommen Blockage des Laufrades einer Hauptkühlmittelpumpe

### **3.A.2.2 Ereignisklasse 2 (Mögliche Ereignisse)**

- Kleiner Kühlmittelverluststörfall (LOCA)
- Vollständiger Bruch eines Dampferzeugerheizrohres
- Absturz eines abgebrannten Brennelementes ohne Beeinträchtigung anderer Brennelemente
- Leckage aus dem Lagerbecken für abgebrannte Brennelemente, welche die Kapazität der normalen Nachspeisesysteme überschreitet
- Schnelle Druckentlastung des Reaktorkühlkreislaufs durch Abblasen von Reaktorkühlmittel über mehrere Druckhaltersicherheits- oder abblaseventile

### **3.A.2.3 Ereignisklasse 3 (Unwahrscheinliche Ereignisse)**

- Großer Kühlmittelverluststörfall (LOCA), einschließlich des größten in der druckführenden Umschließung zu unterstellenden Bruchs
- Auswurf eines Steuerelementes
- Großer Bruch im Wasser-Dampf-Kreislauf, einschließlich des größten zu unterstellenden Bruchs

- Absturz eines abgebrannten Brennelementes auf andere abgebrannte Brennelemente

### **3.A.3 Auslösende Ereignisse bei ausländischen Siedewasserreaktoren**

#### **3.A.3.1 Ereignisklasse 1 (Zu erwartende Ereignisse)**

- Reaktorschnellabschaltung
- Unbeabsichtigtes Ausfahren eines Steuerelementes während des Leistungsbetriebs
- Ausfall der Hauptspeisewasserversorgung
- Versagen der Reaktordruckregelung
- Leckage im Frischdampfsystem
- Leckage im Reaktorkühlkreislauf, bei der ein betriebsübliches Abschalten und Abfahren möglich ist
- Ausfall der Netzversorgung einschließlich Spannungs- und Frequenzstörungen
- Betrieb mit einem falsch angeordneten oder falsch orientierten Brennelement
- Unbeabsichtigtes Herausziehen eines einzelnen Steuerelementes während des Brennelementwechsels
- Geringfügiger Brennelementhandhabungsfehler
- Verlust des Zwangsumlaufs im Reaktor

#### **3.A.3.2 Ereignisklasse 2 (Mögliche Ereignisse)**

- Kleiner Kühlmittelverluststörfall (LOCA)
- Frischdampfleitungsbruch,
- Absturz eines abgebrannten Brennelementes ohne Beeinträchtigung anderer Brennelemente
- Leckage aus dem Lagerbecken für abgebrannte Brennelemente, welche die Kapazität der normalen Nachspeisesysteme überschreitet

- Schnelle Druckentlastung des Reaktorkühlkreislaufes durch Abblasen von Reaktorkühlmittel über mehrere Sicherheits- oder Entlastungsventile

### **3.A.3.3 Ereignisklasse 3 (Unwahrscheinliche Ereignisse)**

- Großer Kühlmittelverluststörfall (LOCA) einschließlich des größten in der druckführenden Umschließung zu unterstellenden Bruchs
- Herausfallen eines einzelnen Steuerelementes aus dem Reaktorkern
- Großer Bruch einer Frischdampfleitung
- Herabfallen eines abgebrannten Brennelementes auf andere abgebrannte Brennelemente

### **3.A.4 Auslösende Ereignisse bei schwerwassermoderierten Druckwasserreaktoren vom Typ CANDU**

#### **3.A.4.1 Ereignisklasse 1 (Zu erwartende Ereignisse)**

- Reaktorschnellabschaltung
- Unbeabsichtigte Verdünnung des chemischen Absorbers im Moderator
- Ausfall der Hauptspeisewasserversorgung
- Ausfall der Druckregelung des Reaktorkühlkreislaufs (nach oben oder nach unten) aufgrund eines Versagens oder unbeabsichtigten Ansprechens aktiver Komponenten (z. B. Einspeise-, Entnahme- oder Entlastungsarmatur)
- Dampferzeugerheizrohrleckage, die oberhalb der nach technischer Spezifikation zulässigen Leckage liegt, aber geringer als die Leckage ist, welche dem vollständigen Abriß eines Heizrohres entspricht
- Leckagen im Reaktorkühlkreislauf, bei denen ein betriebsübliches Abschalten und Abfahren möglich ist
- Leckagen im Wasser-Dampf-Kreislauf, bei denen ein betriebsübliches Abschalten und Abfahren möglich ist
- Ausfall der Netzversorgung einschließlich Spannungs- und Frequenzstörungen
- Betrieb mit einem falsch angeordneten Brennelement



- Geringfügiger Brennelementhandhabungsfehler
- Ausfall einer oder mehrerer Hauptkühlmittelpumpen
- Ausfall der Speisewasserversorgung für einen oder mehrere Dampferzeuger
- Durchsatzstörung in einem Brennelementkanal (weniger als 70%)
- Ausfall der Moderatorkühlung
- Ausfall der rechnergesteuerten Regelung
- Unvorhergesehener örtlicher Reaktivitätsanstieg

#### **3.A.4.2 Ereignisklasse 2 (Mögliche Ereignisse)**

- Kleiner Kühlmittelverluststörfall (einschließlich Bruch eines Druckrohres)
- Vollständiger Abriß eines Dampferzeugerheizrohres
- Schnelle Druckentlastung des Reaktorkühlkreislaufs durch Abblasen von Reaktorkühlmittel über mehrere Sicherheits- oder Entlastungsventile
- Starke Beschädigung von bestrahltem Brennstoff oder Kühlungsausfall an der Belademaschine, sofern sie bestrahlten Brennstoff enthält
- Leckage am Lagerbecken für bestrahlten Brennstoff, welche die Kapazität der normalen Nachspeisesysteme überschreitet
- Speisewasserleitungsbruch
- Durchsatzstörung in einem Brennelementkanal (mehr als 70%)
- Verlust von Moderatorflüssigkeit
- Ausfall des Kühlsystems für die Kühlung des Abschirmschildes des Reaktors
- Versagen der Nachwärmeabfuhr
- Unvorhergesehener Anstieg der Gesamtreaktivität
- Ausfall der Nebenkühlwasserversorgung (Niederdrucksystem, Hochdrucksystem oder Zwischenkühlsystem)
- Ausfall der Steuerluftversorgung
- Ausfall von Eigenbedarfs- und/oder Notstromversorgung (Klasse IV, III, II oder I)

### **3.A.4.3 Ereignisklasse 3 (Unwahrscheinliche Ereignisse)**

- Großer Kühlmittelverluststörfall (LOCA) einschließlich des größten in der druckführenden Umschließung zu unterstellenden Bruchs
- Großer Bruch im Wasser-Dampf-Kreislauf einschließlich des größten zu unterstellenden Bruchs

### **3.A.5 Auslösende Ereignisse bei RBMK Reaktoren (LWGR)**

#### **3.A.5.1 Ereignisklasse 1 (Zu erwartende Ereignisse)**

- Reaktorschnellabschaltung
- Fehlfunktion in der Reaktorleistungsregelung einschließlich zugehöriger Neutronenflußinstrumentierung
- Ausfall der Hauptspeisewasserversorgung
- Druckverlust im Reaktorkühlsystem (Primärkreis) infolge unbeabsichtigter Betätigung einer aktiven Komponente (z. B. Sicherheits- oder Entlastungsventil).
- Primärkreisleckage, bei der ein betriebsübliches Abschalten und Abfahren möglich ist
- Reduzierter Kühlmitteldurchsatz durch eine Gruppe von Druckröhren für Brennelemente und von Druckröhren für Steuerelemente
- Reduzierte Heliumgemischumwälzung im Graphitmoderator des Reaktors
- Ausfall der Netzversorgung einschließlich Spannungs- und Frequenzstörungen
- Betrieb mit einem falsch orientierten oder falsch angeordneten Brennelement
- Geringfügiger Brennelementhandhabungsfehler
- Druckentlastung einer Druckröhre für Brennelemente bei der Beladung

### **3.A.5.2 Ereignisklasse 2 (Mögliche Ereignisse)**

- Kleiner Kühlmittelverluststörfall
- Absturz eines abgebrannten Brennelementes
- Leckage am Lagerbecken für abgebrannte Brennelemente, welche die Kapazität der normalen Nachspeisesysteme übersteigt
- Leck am Reaktorkühlkreislauf durch Abblasen von Reaktorkühlmittel über mehrere Sicherheits- oder Entlastungsventile
- Bruch einer Druckröhre für Brennelemente oder für Steuerelemente
- Unterbrechung des Kühlmitteldurchsatzes in einer Druckröhre für Brennelemente
- Unterbrechung des Durchsatzes im Kühlsystem für die Druckröhren der Steuerelemente
- Vollständiger Verlust der Heliumgemischumwälzung im Graphitmoderator des Reaktors
- Brennelementwechselstörfall bei Betrieb des Reaktors
- Vollständiger Ausfall der Eigenbedarfsversorgung
- Nicht erlaubte Einspeisung von kaltem Wasser aus dem Notkühlsystem in den Reaktor

### **3.A.5.3 Ereignisklasse 3 (Unwahrscheinliche Ereignisse)**

- Großer Kühlmittelverluststörfall einschließlich des größten in der druckführenden Umschließung zu unterstellenden Bruchs
- Bruch einer Frischdampfleitung vor dem Frischdampfisolationsventil einschließlich des größten zu unterstellenden Bruchs
- Absturz eines abgebrannten Brennelementes auf andere abgebrannte Brennelemente
- Vollständiger Ausfall der Nebenkühlwasserversorgung
- Brennelementauswurf aus einer Druckröhre einschließlich Auswurf aus der Brennelementwechselmaschine

### **3.A.6 Auslösende Ereignisse bei gasgekühlten Reaktoren**

#### **3.A.6.1 Ereignisklasse 1 (Zu erwartende Ereignisse)**

- Reaktorschnellabschaltung
- Ausfall der Hauptspeisewasserversorgung
- Sehr geringe Druckentlastung im Reaktorkühlkreislauf
- Dampferzeugerheizrohrleckage
- Ausfall der Netzversorgung einschließlich Spannungs- und Frequenzstörungen
- Unbeabsichtigtes Herausziehen eines oder mehrerer Steuerelemente
- Geringfügiger Brennelementhandhabungsfehler
- Begrenzte Unterbrechung des Zwangsumlaufs im Reaktorkühlkreislauf

#### **3.A.6.2 Ereignisklasse 2 (Mögliche Ereignisse)**

- Kleiner Druckentlastungsstörfall
- Unbeabsichtigtes Herausziehen einer Gruppe von Steuerelementen
- Vollständiger Abriß eines Dampferzeugerheizrohres
- Absturz einer Brennelementhaltervorrichtung (nur bei AGR)
- Schließen der Leitschaukeln am Eintritt der Kühlmittelgebläse (nur bei AGR)
- Schließversagen des Verschlusses eines Brennelementkanals (nur bei AGR)

#### **3.A.6.3 Ereignisklasse 3 (Unwahrscheinliche Ereignisse)**

- Großer Druckentlastungsstörfall
- Bruch einer Frischdampfleitung
- Bruch einer Speisewasserleitung

## **Teil 4      Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" für kerntechnische Einrichtungen außer Kernkraftwerken und Forschungsreaktoren**

### **4.1      Allgemeines Vorgehen bei der Einstufung**

#### **4.1.1    Sicherheitskonzept**

Die Vermeidung radiologischer Störfälle und Unfälle und damit auch die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen basieren auf einer guten Auslegung und einem zuverlässigen Betrieb. In beiden Bereichen wird grundsätzlich das Konzept gestaffelter Sicherheitsvorkehrungen (defense in depth) angewandt, welches ein mögliches Versagen von Komponenten, menschliche Fehler und das Eintreten nicht geplanter Entwicklungen berücksichtigt.

Das Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen, wie es in der IAEA Safety Series No. 75-INSAG-3 "Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants" definiert ist, läßt sich auf alle kerntechnischen Einrichtungen und den Transport radioaktiver Stoffe anwenden. Es lautet übersetzt:

"Um mögliche menschliche und technische Fehler zu beherrschen, ist ein Konzept von gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen vorgesehen, welches mehrere Barrieren umfaßt, die ein Entweichen radioaktiver Stoffe in die Umgebung verhindern sollen. Das Konzept beinhaltet den Schutz der Barrieren durch Maßnahmen, die Schäden an der Anlage und den Barrieren selbst verhindern sollen. Es schließt weiter Maßnahmen ein, um die Öffentlichkeit und die Umwelt für den Fall vor Schäden zu schützen, daß diese Barrieren nicht voll wirksam sind."

Ähnliche abgestufte Sicherheitsvorkehrungen sind auch zur Vermeidung eines Transfers radioaktiver Stoffe in unzureichend abgeschirmte Bereiche vorgesehen.

Das Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen besteht entsprechend aus einer Kombination von konservativer Auslegung, Qualitätssicherung, Überwachungs- und Instandhaltungsmaßnahmen, Maßnahmen zur Störfallbeherrschung sowie einer

übergreifenden Sicherheitskultur, die die Wirksamkeit jeder dieser Komponenten verstärkt. Störungen oder Störfälle sollen also verhindert werden durch

- einen zuverlässigen Betrieb der Anlage, um das Auftreten von Fehlern zu vermeiden,
- eine Qualitätssicherung, mit der nachgewiesen wird, daß die Annahmen und Randbedingungen der Auslegung sowie die Vorgaben für den Betrieb eingehalten werden,
- eine Anlagenüberwachung, um Störungen oder Fehler während des Betriebs zu erkennen und
- Vorkehrungen, die sicherstellen, daß sich Störungen nicht zu ernsthaften Ereignissen weiterentwickeln.

Jeder Fehler in den "gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen" muß sorgfältig geprüft und hinsichtlich seiner möglichen Folgen analysiert werden. Die Verfügbarkeit mehrerer intakter Komponenten der gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen ist für sich allein keine ausreichende Rechtfertigung, eine Anlage bei Ausfall einer Komponente der gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen ohne kritische Prüfung der möglichen Folgen für die Sicherheit weiterzubetreiben.

Für den sicheren Betrieb einer kerntechnischen Einrichtung müssen die folgenden grundsätzlichen Sicherheitsfunktionen gewährleistet sein:

- Kontrolle der Reaktivität bzw. der sicherheitstechnisch wichtigen Prozeßbedingungen,
- ausreichende Kühlung der radioaktiven Stoffe,
- Einschluß der radioaktiven Stoffe.

Jede dieser Sicherheitsfunktionen wird durch Sicherheitssysteme gewährleistet. Dabei kann es sich um passive oder aktive Systeme handeln. Diese Systeme sind üblicherweise redundant und zum Teil auch diversitär aufgebaut. Sicherheitsfunktionen können auch partiell oder vollständig durch administrative Regelungen gewährleistet werden. Die Anforderungen an die Verfügbarkeit der Sicherheitssysteme bzw. der administrativen Maßnahmen sind in der Sicherheitsspezifikation und in vergleichbaren Regelungen festgelegt.

Die Einstufung eines Ereignisses unter dem Aspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" hängt zum einen davon ab, ob eine Sicherheitsfunktion im Verlauf des Ereignisses angefordert wurde, und zum anderen von der Verfügbarkeit der Sicherheitssysteme und der administrativen Maßnahmen.

Der Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" umfaßt die Stufen 0 bis 3 der Bewertungsskala. Die Bewertung spiegelt das Ausmaß, in dem die Sicherheitsvorkehrungen beeinträchtigt sind, wieder.

Der Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" bezieht sich nicht auf die Kontrollmaßnahmen zur Spaltstoffüberwachung. Ebenso sind veröffentlichte Unstimmigkeiten bei der Spaltstoffflußkontrolle (sog. Material Unaccounted For, MUF) als außerhalb der Bewertungsskala zu betrachten.

Die Einstufung erfolgt in drei Schritten:

- Basiseinstufung
- Berücksichtigung zusätzlicher Faktoren
- Endgültige Festlegung der Einstufung

#### **4.1.2 Basiseinstufung**

Die Basiseinstufung von Ereignissen unter dem Aspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" berücksichtigt im wesentlichen folgende Faktoren:

- Anzahl der ausgefallenen Sicherheitsebenen (Sicherheitssysteme bzw. administrative Maßnahmen),
- Anzahl der verfügbaren Sicherheitsebenen und
- mögliche Konsequenzen des Ereignisses.

Die Sicherheitsebenen können passive Systeme, automatisch oder manuell ausgelöste Sicherheitssysteme oder administrative Maßnahmen sein. Die Art und der Umfang der vorgesehenen Sicherheitsebenen hängen von der Zeit ab, die für Gegenmaßnahmen zur Verfügung steht, sowie von den möglichen Auswirkungen, falls Systeme ausfallen sollten.

### **4.1.3 Zusätzliche Faktoren**

Sicherheitssysteme, die die Sicherheitsfunktionen gewährleisten, müssen eine hohe Zuverlässigkeit aufweisen. Sie sind im allgemeinen redundant und in vielen Fällen auch diversitär ausgeführt. Dennoch gibt es bestimmte Einflußfaktoren, die gleichzeitig mehrere Ebenen der gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen beeinträchtigen können.

Die wichtigsten Faktoren, die das Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen teilweise oder insgesamt gefährden könnten, sind:

- Common Cause-Fehler,
- Mängel in den Betriebsvorschriften und
- Mängel in der Sicherheitskultur.

Diese Faktoren werden deshalb bei der Bewertung besonders betrachtet. Einzelheiten hierzu finden sich im Abschnitt 4.3.

### **4.1.4 Endgültige Festlegung der Einstufung**

Nachdem für ein Ereignis entsprechend den Vorgaben im Benutzerhandbuch eine Stufe in der Bewertungsskala bestimmt worden ist, muß diese Einstufung im letzten Schritt mit der allgemeinen Charakterisierung der einzelnen Bewertungsstufen verglichen werden. Dadurch soll sichergestellt werden, daß die gewählte Einstufung mit der allgemeinen Charakterisierung der entsprechenden Stufe übereinstimmt:

Stufe 0: - Ereignisse mit sehr geringer sicherheitstechnischer Bedeutung  
- Ereignisse ohne sicherheitstechnische Bedeutung

Stufe 1: - Abweichungen von den zulässigen Bereichen für den sicheren Betrieb der Anlage

Stufe 2: - Störfälle  
- Begrenzte Ausfälle der gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen



- Stufe 3: - Störfälle nahe einem Unfall, das heißt, Störfälle, bei denen das Auftreten eines weiteren Fehlers zu einem Unfall führen würde  
- Weitgehende Ausfälle der gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen

#### **4.2 Allgemeine Grundsätze für die Einstufung von Ereignissen**

Das im folgenden erläuterte Vorgehen zur Einstufung von Ereignissen unter dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" läßt sich auf einen weiten Bereich kerntechnischer Anlagen anwenden. Das radioaktive Inventar und die Zeitabläufe von Störfällen in diesen Anlagen sind stark unterschiedlich. Beides sind wesentliche Faktoren, die bei der Einstufung - im allgemeinen mit Hilfe einer ingenieurmäßigen Bewertung - berücksichtigt werden müssen.

Für einige Ereignisse werden die maximal möglichen Auswirkungen innerhalb wie außerhalb der Anlage durch das vorhandene Inventar an radioaktiven Stoffen so weit begrenzt, daß Ereignisse auf den höheren Stufen der Skala nicht auftreten können. Die höchste Stufe, die unter dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" möglich ist, sollte eindeutig unterhalb der höchsten Stufe liegen, die unter den Bewertungsaspekten "Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage" und "Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage" denkbar ist. Dies ergibt sich daraus, daß unter dem Aspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" Ereignisse bewertet werden, bei denen die Sicherheitsvorkehrungen ausgereicht haben, um einen Unfall zu verhindern. Wenn die maximal möglichen radiologischen Auswirkungen außerhalb bzw. innerhalb der Anlage für bestimmte Anlagen- oder Tätigkeitsbereiche nicht größer als Stufe 4 sein können, so erscheint Stufe 2 als höchste Stufe unter dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" angemessen für Ereignisse, bei denen nur noch eine einzige Sicherheitsebene wirksam ist, d. h. bei denen ein weiterer Fehler zu einem Unfall führen würde. In einer Anlage kann es selbstverständlich eine Reihe verschiedener Anlagen- bzw. Tätigkeitsbereiche geben. Jeder dieser Anlagen- bzw. Tätigkeitsbereiche ist entsprechend getrennt zu betrachten. Beispielsweise sollten Lagerung radioaktiver Abfälle, Reaktorbetrieb und Wiederaufarbeitung als verschiedene Anlagen- bzw. Tätigkeitsbereiche betrachtet werden, obwohl sie alle an einem Anlagenstandort vorhanden sein können.

Die allgemeinen Grundsätze für die Einstufung können wie folgt zusammengefaßt werden:

- a) Zunächst sollte auf Basis der maximal möglichen radiologischen Auswirkungen außerhalb und innerhalb der Anlage und der oben gegebenen Hinweise die höchste erreichbare Stufe unter dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" festgelegt werden.
- b) Die Basiseinstufung sollte dann unter Berücksichtigung folgender Faktoren erfolgen:
  - Verfügbare Zeit und erforderliche Zeit zur Festlegung und Ausführung geeigneter Abhilfemaßnahmen,
  - Anzahl der wirksamen und verfügbaren Ebenen der gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen (systemtechnische Einrichtungen und administrative Maßnahmen) für Überwachung des Anlagen- bzw. Prozeßzustandes, Vermeidung von Störfällen und Begrenzung von Störfallfolgen unter Einschluß passiver und dynamischer physikalischer Barrieren.
- c) Nach der Basiseinstufung ist, wie in Abschnitt 4.3 beschrieben, zu prüfen, ob eine Höherstufung erforderlich wird. Dabei darf die unter a) festgelegte höchste erreichbare Stufe nicht überschritten werden.

Der Abschnitt 4.5 enthält speziellere Hinweise für die Einstufung einzelner Arten von Ereignissen in den unterschiedlichen kerntechnischen Einrichtungen.

Es soll an dieser Stelle nochmal darauf hingewiesen werden, daß jedes Ereignis neben der Einstufung unter dem Aspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" zusätzlich unter den Aspekten "Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage" und "Radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage" betrachtet werden muß.

#### **4.3 Betrachtung zusätzlicher Faktoren**

Die in Abschnitt 4.2 beschriebene Vorgehensweise liefert für ein Ereignis die Basiseinstufung. Abhängig von einer Reihe von Faktoren kann sich diese Basiseinstufung um eine Stufe erhöhen, wobei allerdings die jeweils höchste erreichbare Stufe unter dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" nicht über-

schritten werden kann. Die Faktoren, welche für eine eventuelle Höherstufung zu betrachten sind, werden im folgenden näher erläutert.

Bestimmte Einflußgrößen können gleichzeitig verschiedene Einrichtungen/Maßnahmen der gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen beeinträchtigen. Bei der Bewertung sind sie daher als zusätzliche Faktoren einzubeziehen, die es rechtfertigen können, daß ein Ereignis um eine Stufe höher eingestuft wird, als es aus der Basiseinstufung folgen würde.

Die wesentlichen zusätzlichen Faktoren, die einen großen Teil oder u. U. das gesamte Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen gefährden könnten, sind:

- Ausfälle aus gemeinsamer Ursache (Common Cause-Fehler),
- Mängel in Betriebsvorschriften,
- Mängel in der Sicherheitskultur.

Aufgrund einer Höherstufung kann ein Ereignis in Stufe 1 eingeordnet werden, obwohl es ohne Berücksichtigung der zusätzlichen Faktoren ohne sicherheitstechnische Bedeutung wäre.

Wird die Höherstufung eines Ereignisses aufgrund der zusätzlichen Faktoren in Erwägung gezogen, sind die folgenden Gesichtspunkte zu berücksichtigen:

- a) Einige der oben genannten zusätzlichen Faktoren sind möglicherweise bereits in die Festlegung der Basiseinstufung eingeflossen, z. B. ein Ausfall aus gemeinsamer Ursache. Daher ist es wichtig, dafür Sorge zu tragen, daß die zusätzlichen Faktoren nicht mehrfach bei der Bewertung berücksichtigt werden.
- b) Die Basiseinstufung kann nur um eine Stufe angehoben werden. Dies gilt auch, wenn mehrere der zusätzlichen Faktoren zutreffen sollten.
- c) Die höchste Stufe, welche unter dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" erreicht werden kann, ist kleiner oder gleich der Stufe 3. Dies hängt, wie in Abschnitt 4.2 erläutert, von den maximal möglichen radiologischen Auswirkungen innerhalb und außerhalb der Anlage, bezogen auf den betroffenen Anlagen- bzw. Tätigkeitsbereich, ab. Die höchste erreichbare Stufe ist

nur auf solche Ereignisse anwendbar, bei denen ein weiteres Ereignis (sei es ein zu erwartendes auslösendes Ereignis oder ein weiterer Komponentenausfall) zu einem Unfall im Sinne der Skala führen würde.

#### **4.3.1 Ausfall aus gemeinsamer Ursache (Common Cause-Fehler)**

Unter einem Ausfall aus gemeinsamer Ursache wird der Ausfall mehrerer Einrichtungen oder Komponenten aufgrund eines bestimmten einzelnen Ereignisses oder einer bestimmten einzelnen Ursache verstanden. Dabei bedeutet Ausfall, daß die Einrichtungen bzw. Komponenten ihre vorgesehene Funktion nicht erfüllen. Von besonderer Bedeutung sind Ausfälle aus gemeinsamer Ursache, die redundante Einrichtungen oder Komponenten betreffen, welche die gleiche Sicherheitsfunktion gewährleisten sollen. Dies kann zur Folge haben, daß die Zuverlässigkeit der Sicherheitsfunktion erheblich kleiner ist, als angenommen wurde.

Die Bedeutung eines Ereignisses, bei dem ein Ausfall aus gemeinsamer Ursache auftritt, der die Funktion einer oder mehrerer Komponenten beeinträchtigt, ist somit grundsätzlich größer als die Bedeutung eines zufälligen Ausfalls der gleichen Komponenten. Dementsprechend kann eine Höherstufung um eine Stufe gerechtfertigt sein.

Ähnliche Überlegungen gelten für die Einstufung von Ereignissen, die Schwierigkeiten aufzeigen, eine im Prinzip verfügbare Sicherheitseinrichtung im Anforderungsfall in Betrieb zu nehmen, z. B. aufgrund fehlender oder irreführender Informationen (Höherstufung um eine Stufe).

#### **4.3.2 Mängel in Betriebsvorschriften**

Mängel in den Betriebsvorschriften können dazu führen, daß gleichzeitig mehrere Ebenen der gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen hinsichtlich ihrer Funktion infrage gestellt werden. Solche Unzulänglichkeiten in den Betriebsvorschriften sind deswegen ein weiterer möglicher Grund für eine Anhebung der Basiseinstufung. Beispiele sind:

- Fehler oder Mängel in Anweisungen, nach denen das Betriebspersonal bei der Beherrschung eines Ereignisses vorzugehen hat. Ein Beispiel hierfür zeigte sich während des Unfalls in Three Mile Island im Jahr 1979: Die Betriebsvorschriften, welche der Betriebsmannschaft für Ereignisse mit Auslösung der Sicherheitseinspei-

sung zur Verfügung standen, berücksichtigten nicht die speziellen Gegebenheiten bei kleinen Kühlmittelverluststörfällen im Bereich der Dampfphase des Druckhalters.

- Mängel im Instandhaltungsprogramm der Anlage. Deutliche Hinweise auf Mängel im Instandhaltungsprogramm liegen z. B. vor, wenn Fehler oder Störungen identifiziert werden, die mit den vorgesehenen Maßnahmen nicht erkannt wurden bzw. erkannt worden wären, oder wenn Fehler oder Störungen identifiziert werden, die über eine erheblich längere Zeit vorlagen, als nach dem zugehörigen Prüfintervall zu unterstellen ist.

#### **4.3.3 Ereignisse, die bezüglich der Sicherheitskultur bedeutsam sind**

In der IAEA Safety Series No. 75-INSAG-4 "Safety Culture" wird herausgestellt, welchen Einfluß eine hohe Sicherheitskultur für den sicheren Betrieb einer kerntechnischen Einrichtung hat und wie stark sie dazu beitragen kann, menschliche Fehler zu vermeiden und die positiven Seiten menschlichen Handelns zu nutzen. Die International Safety Advisory Group (INSAG) definiert Sicherheitskultur als die Summe der Eigenschaften und Haltungen in der Organisation und bei den einzelnen Personen der Anlage, durch die sichergestellt wird, daß Fragen, welche die Sicherheit der Anlage betreffen, als eine übergeordnete Priorität die Aufmerksamkeit erfahren, die sie aufgrund ihrer Bedeutung erfordern.

Eine richtig verstandene Sicherheitskultur hilft, Störungen und Störfälle zu vermeiden. Ein Mangel an Sicherheitskultur kann andererseits dazu führen, daß die Betriebsmannschaft auf eine Weise handelt, die nicht mit den Annahmen und Randbedingungen, die bei der Auslegung der Anlage zugrunde gelegt wurden, im Einklang steht. Die Sicherheitskultur ist daher als ein Teil des Konzeptes der gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen zu sehen, wobei eine unzureichende Sicherheitskultur zu Ausfällen aus gemeinsamer Ursache führen kann. Dementsprechend kann ein Mangel an Sicherheitskultur eine Höherstufung eines Vorkommnisses um eine Stufe rechtfertigen.

Die Sicherheitskultur ist eine generelle Haltung, die auf zwei wesentlichen Säulen ruht. Zum einen sind dies die Rahmenbedingungen, welche durch die betriebliche Organisation und das unternehmerische Handeln vorgegeben werden, zum anderen die Reaktion des Einzelnen, der innerhalb dieser Rahmenbedingungen arbeitet und sich

darauf bei seiner Tätigkeit abstützt. Deshalb ist es schwierig, einen bestimmten menschlichen Fehler oder eine spezifische Schwäche als einen systematischen Mangel an Sicherheitskultur zu werten. Sie können aber ein Anzeichen für einen Mangel an Sicherheitskultur sein. Um eine Höherstufung aufgrund eines Mangels an Sicherheitskultur zu rechtfertigen, muß das entsprechende Ereignis einen konkreten Anhaltspunkt für einen Mangel in der Sicherheitskultur als Ganzes geben. Indikatoren für die Sicherheitskultur werden im Anhang der IAEA Safety Series No. 75-INSAG-4 aufgeführt.

Beispiele für Indikatoren, welche einen Mangel in der Sicherheitskultur aufzeigen, können sein:

- Eine Verletzung von Grenzen oder Vorgaben der Sicherheitsspezifikation bzw. vergleichbarer Regelungen oder die Verletzung einer Betriebsvorschrift ohne Rechtfertigung,
- ein Mangel im Verfahren der Qualitätssicherung (Qualitätssicherungssystem),
- eine Häufung menschlicher Fehler,
- ein Ausfall der Maßnahmen zur Gewährleistung der ausreichenden Überwachung von radioaktiven Stoffen einschließlich ihrer Abgabe in die Umgebung oder ein Ausfall im System zur Dosisüberwachung,
- das wiederholte Auftreten eines Ereignisses, welches aufzeigt, daß nach dem ersten Auftreten des Ereignisses weder die erforderlichen Schlußfolgerungen gezogen noch die entsprechenden Abhilfemaßnahmen ergriffen wurden.

#### **4.4 Ereignisse unterhalb der Skala**

Im allgemeinen sollten Ereignisse nur dann als unterhalb der Skala bzw. Stufe 0 klassifiziert werden, wenn die Anwendung der oben beschriebenen Vorgehensweise nicht zu einer höheren Bewertung führt. Setzt man voraus, daß keiner der in Abschnitt 4.3 erläuterten zusätzlichen Faktoren von Bedeutung ist und damit keine Höherstufung erforderlich wird, so sind die nachfolgend aufgeführten Ereignisse typisch für Ereignisse, die als unterhalb der Skala bzw. als Stufe 0 einzuordnen sind:

- Fehlanregung von Sicherheitssystemen mit normaler Rückkehr zum Betrieb, sofern keine Auswirkungen auf die Sicherheit der Anlage eingetreten sind. Unter einer

Fehlanregung wird dabei die Anregung einer Sicherheitseinrichtung z. B. aufgrund von Fehlern in der Ansteuerung, Driften von Grenzwerten oder eines einzelnen menschlichen Fehlers, verstanden. Im Gegensatz dazu ist die Anregung einer Sicherheitseinrichtung durch Erreichen der entsprechenden physikalischen Parameter nicht als eine Fehlanregung zu verstehen, auch wenn dies auf einen unbeabsichtigten Fehler in einem anderen Bereich der Anlage zurückgeht.

- Sicherheitstechnisch unbedeutende Beeinträchtigungen von Barrieren (z. B. Leckagen mit einer Leckrate unterhalb der Grenzwerte der Sicherheitsspezifikation bzw. vergleichbarer Regelungen).
- Einzelfehler oder Nichtverfügbarkeit einer Komponente in einem redundanten System, welche bei einer vorgesehenen wiederkehrenden Prüfung bzw. Inspektion erkannt werden.

#### **4.5 Spezielle Hinweise für die Einstufung von Ereignissen**

##### **4.5.1 Ereignisse, die nicht anlagenspezifisch sind**

###### **4.5.1.1 Kritikalitätskontrolle**

Das Verhalten eines kritischen Systems und seine möglichen radiologischen Konsequenzen bei Störungen und Störfällen hängen stark von den physikalischen Bedingungen und Eigenschaften des Systems ab. In homogenen Spaltstofflösungen sind die mögliche Anzahl von Spaltungen, der Leistungspegel einer Kritikalitätsexkursion und ihre möglichen Konsequenzen durch diese Randbedingungen begrenzt. Die Erfahrung mit Kritikalitätsexkursionen in Spaltstofflösungen zeigt, daß typischerweise die Gesamtzahl an Spaltungen in der Größenordnung  $10^{17}$  bis  $10^{18}$  liegt.

Heterogene kritische Systeme, wie Brennstabgitter oder trockene kritische Systeme als Feststoff, haben das Potential für hohe Leistungsspitzen mit einer explosionsartigen Energiefreisetzung und der Möglichkeit einer Freisetzung großer Mengen an radioaktiven Stoffen infolge einer erheblichen Beschädigung der Anlage.

Die Hauptgefahr einer Kritikalitätsexkursion liegt im Auftreten starker Strahlenfelder durch direkt emittierte Neutronen und Gammastrahlung, die zu einer hohen Strahlen-

exposition des Personals führen können. Weitere Auswirkungen können in der Freisetzung kurzlebiger radioaktiver Spaltprodukte in die Umgebung und in einer möglicherweise erheblichen Kontamination innerhalb der Anlage liegen. Außerdem könnte bei einer explosionsartigen Energiefreisetzung durch eine Kritikalitätsexkursion in einem heterogenen System auch Spaltmaterial freigesetzt werden. Allerdings wären in den meisten Fällen die Auswirkungen auf die Umgebung und die Anlage auf Stufe 4 begrenzt. Nur bei einer Freisetzung von Spaltstoff durch eine Explosion ist eine höhere Einstufung möglich.

Die grundsätzliche Vorgehensweise zur Einstufung von Ereignissen, bei denen die Verfügbarkeit von Sicherheitseinrichtungen beeinträchtigt ist, die zur Beherrschung unbeabsichtigter Kritikalitätsexkursionen vorgesehen sind, ergibt sich aus den Abschnitten 4.2 und 4.3.

Dies bedeutet im einzelnen:

- Kleinere Abweichungen von den Sicherheitsvorkehrungen zur Kritikalitätssicherheit, die sich innerhalb der Grenzwerte und Bedingungen für den bestimmungsgemäßen Betrieb halten, sollten in Stufe 0 eingeordnet werden.
- Betriebszustände außerhalb der Grenzwerte und Bedingungen für den bestimmungsgemäßen Betrieb sollten zumindest als Stufe 1 gewertet werden.

Ein Ereignis sollte in Stufe 2 eingestuft werden, wenn nur noch eine Sicherheitsvorkehrung eine Kritikalitätsexkursion verhindert und die möglichen maximalen Auswirkungen dieser Exkursion auf Stufe 4 beschränkt wären. Stufe 3 ist angemessen, wenn alle Sicherheitsvorkehrungen ausfallen, eine Kritikalitätsexkursion jedoch nur wegen günstiger Umstände ausbleibt. Das gleiche gilt, wenn nur noch eine Sicherheitsvorkehrung eine Kritikalitätsexkursion verhindert, deren radiologische Auswirkungen innerhalb oder außerhalb der Anlage Stufe 5 entsprechen könnten.

#### **4.5.1.2 Verlust oder Entwendung radioaktiver Quellen**

Handhabung und Lagerung radioaktiver Quellen müssen streng überwacht werden.

Der dauernde Verlust einer umschlossenen radioaktiven Quelle sollte grundsätzlich in Stufe 2 eingestuft werden. Jedoch wäre Stufe 3 dann angemessen, wenn die Quelle



bei einer Person der Bevölkerung zu einer so hohen Dosis führen könnte, daß eine tödliche Strahlenexposition oder durch Strahlung verursachte Verbrennungen die Folge wären. Andererseits wäre Stufe 1 angemessen, wenn die maximal mögliche Dosis auch unter ungünstigen Umständen bei keiner Person den Schwellwert für Stufe 3 überschreiten kann.

Das Auffinden einer Quelle an einer nicht dafür nicht vorgesehenen Stelle sollte in Stufe 1 oder 2 eingestuft werden, je nach der Stärke der Quelle und der Stelle, an der die Quelle entdeckt wurde.

In allen Fällen müssen, getrennt von der Einstufung unter dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen", eventuelle radiologische Auswirkungen außerhalb und innerhalb der Anlage bewertet werden. Dies kann zu einer höheren Einstufung führen.

#### **4.5.1.3 Verschleppung von Kontamination**

Eine Verschleppung von Kontamination innerhalb oder außerhalb der Anlage, die zu einer Kontamination oberhalb der Grenzwerte führt, die für den betroffenen Bereich zulässig sind, sollte unter Beachtung der Anzahl der noch verbleibenden Sicherheitseinrichtungen/-maßnahmen, der maximal möglichen Auswirkungen und eventueller zusätzlicher Faktoren bewertet werden. Zieht man die Hinweise im Abschnitt 4.3 heran, können solche Ereignisse - auch wenn die Kontamination selbst gering ist - in Stufe 1 eingestuft werden, falls sich die relevanten Betriebsvorschriften und/oder die organisatorischen Maßnahmen als unzulänglich erweisen oder ein Mangel an Sicherheitskultur vorliegt.

Sofern gravierende Mängel in den Sicherheitseinrichtungen/-maßnahmen bestehen, kann die Anwendung der Vorgehensweise in den Abschnitten 4.2 und 4.3 zu einer höheren Einstufung führen.

#### **4.5.1.4 Mängel in der Dosisüberwachung**

Es ist nicht auszuschließen, daß sich Vorschriften und/oder organisatorische Maßnahmen des Strahlenschutzes unter speziellen Randbedingungen als nicht ausreichend

erweisen und Beschäftigte ungeplant einer inneren oder äußeren Strahlenexposition ausgesetzt werden. Solche Ereignisse sollten unter Beachtung der verbleibenden Sicherheitseinrichtungen/-maßnahmen, der maximal möglichen Auswirkungen und eventueller zusätzlicher Faktoren bewertet werden. Zieht man die Hinweise in Abschnitt 4.3 heran, können solche Ereignisse - auch wenn die ungeplante Exposition gering ist - in Stufe 1 eingestuft werden, falls sich die entsprechenden Betriebsvorschriften und/oder die organisatorischen Maßnahmen als unzulänglich erweisen oder ein Mangel in der Sicherheitskultur vorliegt. Führt das Ereignis zu einer Dosis oberhalb der zugelassenen Grenzwerte, sollte es zumindest als Stufe 1 bewertet werden, da eine Verletzung von bindenden Grenzwerten für den Betrieb vorliegt.

Bei bedeutsameren Mängeln in den Vorkehrungen zum Strahlenschutz kann die Anwendung der Vorgehensweise in den Abschnitten 4.2 und 4.3 zu einer höheren Einstufung führen.

#### **4.5.1.5 Ausfall von Verriegelungen von Türen zu abgeschirmten Bereichen**

Bereiche, in denen hohe Ortsdosisleistungen auftreten können, sind normalerweise abgeschirmt und für den Zugang gesperrt. Um ein unbeabsichtigtes Betreten solcher Bereiche zu verhindern, werden im allgemeinen verschiedene Maßnahmen vorgesehen. Diese Maßnahmen können umfassen: Verriegelungen der Eingangstüren zu den abgeschirmten Bereichen, die über Ortsdosisleistungsmeßstellen aktiviert werden, Verwendung spezieller Verfahren zur Freigabe eines Betretens von abgeschirmten Bereichen und Messung der Ortsdosisleistung vor einem Zutritt.

Ein Ausfall der Verriegelung von Eingangstüren zu abgeschirmten Bereichen kann durch Ausfall der Stromversorgung und/oder durch Defekte an Detektoren oder der zugehörigen Elektronik bewirkt werden. Da die maximal möglichen Auswirkungen für derartige Ereignisse auf Stufe 4 begrenzt sind, sollten Ereignisse, die zu einer Beeinträchtigung der Sicherheitseinrichtungen/-maßnahmen führen, der Stufe 2 zugeordnet werden, wenn nur noch eine Sicherheitseinrichtung/-maßnahme wirksam war. Ereignisse, bei denen zusätzliche Einrichtungen/Maßnahmen intakt sind, sollten in Stufe 1 eingestuft werden.

#### **4.5.1.6 Abluft- und Filtereinrichtungen**

In der Regel sind drei getrennte, aber untereinander zusammenhängende Abluftsysteme vorgesehen, um die Druckstaffelung zwischen den Prozeßbehältern, den Zellen bzw. Handschuhkästen und den Betriebsräumen aufrechtzuerhalten und für angemessene Durchströmraten durch die Öffnungen in den Umschließungen der Prozeßzellen zu sorgen, damit eine Rückdiffusion radioaktiver Stoffe vermieden wird. Außerdem gibt es Reinigungssysteme wie Hochleistungs-Aerosolfilter (HEPA-Filter) oder Wäscher, um die Ableitungen in die Atmosphäre auf Werte unterhalb der zugelassenen Grenzwerte zu verringern.

Die Auswirkung eines Ausfalls eines dieser Abluftsysteme oder der Reinigungseinrichtungen sollte unter dem Gesichtspunkt der Möglichkeit eines Übertritts von radioaktiven Stoffen in Bereiche niedrigerer Aktivität bewertet werden. Weitere Gesichtspunkte sind Einschränkungen in den Sicherheitsvorkehrungen, z. B. eine Verminderung der Konzentration von Inertgas und der Aufbau explosiver Gasgemische, sowie die Freisetzung korrosiver Dämpfe.

Ein Ausfall aller Abluftsysteme sollte in Stufe 2 eingestuft werden.

Ein Ausfall eines einzelnen Abluftventilators oder ein Ausfall nur des Raumabluftsystems sollte als Stufe 0 bewertet werden, da der vorgesehene Druckgradient erhalten bleibt.

Signifikantere Ausfälle sollten Stufe 1 zugeordnet werden.

#### **4.5.1.7 Ungeplante Ableitungen oder Freisetzungen**

Kleine ungeplante Ableitungen oder Freisetzungen können auf unzulängliche betriebliche Festlegungen oder auf einen Mangel in der Sicherheitskultur hindeuten. Solche Ereignisse können unter Beachtung der Hinweise in Abschnitt 4.3 eine Einstufung in Stufe 1 erfordern.

#### **4.5.1.8 Überschreiten genehmigter Werte für Ableitungen**

Werden in den Genehmigungen festgelegte Höchstwerte für Ableitungen überschritten, sollte das Ereignis unter dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" zumindest in Stufe 1 eingestuft werden. Unabhängig davon müssen die radiologischen Auswirkungen auf die Umgebung bewertet werden.

#### **4.5.1.9 Einwirkungen von innen und von außen**

Einwirkungen von innen und von außen, wie Brände, Erdbeben, Tornados oder Explosionsdruckwellen können in der gleichen Weise wie andere Ereignisse bewertet werden, indem man die Anzahl der verbliebenen wirksamen Sicherheitsvorkehrungen betrachtet.

Hiervon zu unterscheiden ist das Vorgehen für Ereignisse, welche die Verfügbarkeit eines Systems einschränken, das speziell zum Schutz gegen bestimmte Einwirkungen von innen oder von außen dient, ohne daß die entsprechende Einwirkung von innen oder außen eingetreten ist. In einem solchen Fall ist wiederum die Anzahl der verbliebenen wirksamen Sicherheitsvorkehrungen zu betrachten, wobei hier aber die Wahrscheinlichkeit einzubeziehen ist, daß es in dem Zeitraum der eingeschränkten Verfügbarkeit des betroffenen Systems zu der entsprechenden Einwirkung von innen bzw. außen gekommen wäre. Angesichts der geringen Eintrittshäufigkeit, mit der Einwirkungen von innen und außen zu erwarten sind, erscheint eine Einstufung oberhalb von Stufe 1 im allgemeinen nicht angemessen.

#### **4.5.2 Ereignisse in Anlagen der Kernbrennstoffversorgung und -verarbeitung**

Relevante Verarbeitungsschritte sind:

- Abbau und Verarbeitung von Uranerz mit der Konversion von Urankonzentrat zu Uranhexafluorid ( $UF_6$ )
- Anreicherung von  $UF_6$
- Konversion von  $UF_6$  zu Urandioxid oder -metall
- Brennelementherstellung aus Uran und Plutonium.

Außerdem bestehen Störfallmöglichkeiten beim Transport und bei der Lagerung verschiedener Zwischenprodukte und Abfälle aus den relevanten Anlagen.

Alle Prozeßschritte in diesen Anlagen sind dadurch gekennzeichnet, daß radioaktive Spaltprodukte nicht oder nur in geringen Spuren präsent sind. Daher ergibt sich die radiologische Gefährdung bei Ereignissen in diesen Anlagen ausschließlich aus der Anwesenheit von Uran- und Plutoniumisotopen und ihrer Tochternuklide.

#### **4.5.2.1 Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen gegen eine Freisetzung in die Atmosphäre**

##### **4.5.2.1.1 UF<sub>6</sub> oder Uran**

Eine Freisetzung von UF<sub>6</sub> oder Uran hat chemische und radiologische Sicherheitsaspekte. Es ist zu betonen, daß das chemische Risiko, das die Toxizität des Fluors und des Urans darstellt, gegenüber dem radiologischen Gefährdungspotential überwiegt. Die internationale Bewertungsskala bezieht sich jedoch nur auf die Einschätzung der radiologischen Gefährdung. Dies sollte bedacht werden, da einige Länder die radiologischen und chemischen Risiken zusammen bewertet haben.

Aus radiologischer Sicht sind durch eine UF<sub>6</sub>- oder Uranfreisetzung keine Auswirkungen auf die Umgebung oder den Standort vorstellbar, die Stufe 4 übersteigen könnten. Daher sollte die höchste Bewertung unter dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" Stufe 2 sein.

Stufe 2 ist dann angemessen, wenn bei einem Ereignis eine Freisetzung nur durch eine einzige Sicherheitsvorkehrung verhindert wird. Sind mehr Sicherheitsvorkehrungen verfügbar, sollte das Ereignis in Stufe 1 oder Stufe 0 eingeordnet werden.

##### **4.5.2.1.2 Freisetzungen aus MOX-Brennelementfabriken**

Große Plutonium-Freisetzungen können hinsichtlich der radiologischen Auswirkungen innerhalb und außerhalb der Anlage zu Stufe 5 führen. Daher ist Stufe 3 die höchstmögliche Stufe unter dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen".

Die Bewertung von Ereignissen, die zu Ausfällen in den gegen eine Freisetzung getroffenen Sicherheitsvorkehrungen führen, sollte entsprechend dem in den Abschnitten 4.2 und 4.3 erläuterten Vorgehen erfolgen.

#### **4.5.2.2 Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen gegen eine Freisetzung von Flüssigkeiten**

##### **4.5.2.2.1 Freisetzungen von Uran**

Da die maximal möglichen radiologischen Auswirkungen solcher Ereignisse Stufe 3 nicht überschreiten können, ist Stufe 2 die höchstmögliche Bewertung unter dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen". Diese Bewertung ist nur dann anwendbar, wenn nur eine einzige Sicherheitsvorkehrung eine größere Freisetzung verhindert. Sind mehr als eine Sicherheitsvorkehrung verfügbar, sollte das Ereignis in Stufe 1 oder 0 eingeordnet werden.

##### **4.5.2.2.2 MOX-Freisetzungen**

Große Freisetzungen von Plutonium können hinsichtlich der radiologischen Auswirkungen innerhalb und außerhalb der Anlage zu Stufe 5 führen. Daher ist die Stufe 3 die höchstmögliche Stufe unter dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen".

Die Bewertung von Ereignissen, die zu Ausfällen in den gegen eine Freisetzung getroffenen Sicherheitsvorkehrungen führen, sollte entsprechend dem in den Abschnitten 4.2 und 4.3 erläuterten Vorgehen erfolgen.

##### **4.5.2.3 Handhabungsstörfälle und Absturz schwerer Lasten**

Handhabungsstörfälle und der Absturz schwerer Lasten in Anlagen der Brennstoffversorgung und -herstellung beinhalten grundsätzlich das Risiko einer Kontamination von Räumen und Einrichtungen sowie des Personals. Im wesentlichen sind die folgenden Ereignisse bedeutsam:

- Handhabungsstörfälle mit den verschiedenen Behältern für Lösungen, Pulver und Brennstofftabletten,
- Abstürze dieser Behälter in Lagerbereichen,
- Abstürze von Brennstäben oder Brennelementen,
- Beschädigung von Behältern, Handschuhkästen und Rohrleitungen bei Bauarbeiten.

Sofern Handhabungsstörfälle lediglich Uran betreffen, sind keine radiologischen Auswirkungen außerhalb oder innerhalb der Anlage größer als Stufe 3 vorstellbar. Demzufolge sind kleinere Handhabungsstörfälle als unterhalb der Bewertungsskala einzustufen. Vorkommnisse, die zu beträchtlichen Schäden in der Anlage, z. B. zum Bruch von Rohrleitungen oder Behältern, führen, sollten als Stufe 2 bewertet werden.

Handhabungsstörfälle mit Plutonium können zu größeren radiologischen Auswirkungen innerhalb und außerhalb der Anlage führen. Kleinere Handhabungsstörfälle sollten als unterhalb der Bewertungsskala eingeordnet werden. Ereignisse, die zu beträchtlichen Schäden in der Anlage, z. B. zum Bruch von Rohrleitungen oder Behältern, führen, sollten als Stufe 3 bewertet werden, falls damit eine reale Möglichkeit verbunden ist, daß sich die Plutoniumkontamination in Bereiche außerhalb von Kontrollbereichen erstrecken könnte.

#### **4.5.2.4 Ausfall der Stromversorgung**

Ein Teilausfall oder ein vollständiger Ausfall der Netzversorgung sind Ereignisse, die im Rahmen der Auslegung betrachtet werden und mit deren Eintritt innerhalb der Lebensdauer einer Anlage gerechnet werden muß. Tritt ein solches Ereignis ein, und ist die Ersatz- bzw. Notstromversorgung voll verfügbar, wäre das Ereignis Stufe 0 zuzuordnen.

Ein Totalausfall der Stromversorgung (einschließlich der am Standort vorhandenen Ersatz- bzw. Notstromeinrichtungen) hat für Brennstoffversorgungs- und Brennstoffherstellungsanlagen, soweit sie nicht Mischoxid beinhalten, kurzfristig keine sicherheitsrelevanten Auswirkungen. Langandauernde Ausfälle der Stromversorgung können aber möglicherweise zu sicherheitsrelevanten Folgeeffekten führen.

Ein Totalausfall der Stromversorgung für einen kurzen Zeitraum, bei dem keine Möglichkeit für das Auftreten nachteiliger Effekte besteht, sollte mit Stufe 1 bewertet werden.

Wichtige sicherheitsrelevante Folgen eines totalen Stromausfalles, der über mehrere Tage andauert, können in einer Auskristallisation von  $UF_6$  in einer Anreicherungsanlage oder in unzureichender Kühlung von gelagertem Plutonium bestehen. Sofern ungünstige Effekte bezüglich der Sicherheit der Anlage möglich sind, sollte ein solches Ereignis Stufe 2 zugeordnet werden.

#### **4.5.2.5 Brände und Explosionen**

In Brennstoffversorgungs- und Brennstoffherstellungsanlagen liegen die radioaktiven Stoffe normalerweise in nicht brennbarer Form vor, mit Ausnahme von metallischem Uran bei der Herstellung von metallischen Uranbrennelementen für Forschungs- oder Gas-Graphit-Reaktoren.

Brandrisiken in Anlagen der Brennstoffversorgung und Brennstoffherstellung sind insbesondere verbunden mit der Verwendung organischer Lösemittel, brennbarer Gase und bestimmter Umhüllungsstoffe. Weitere Brandrisiken bestehen durch elektrische Einrichtungen und die Nachbarschaft zu chemischen Anlagen und Versorgungseinrichtungen sowie durch externe Ursachen, z. B. Waldbrände. Explosionsrisiken folgen aus der Verwendung oder Entstehung von Wasserstoff (als gasförmige Komponente bei der Pulverproduktion und beim Sintern von Brennstofftabletten oder als Reaktionsprodukt bei chemischen Reaktionen mit metallischem Brennstoff). Weitere Explosionsrisiken ergeben sich aus der Ansammlung von chemischen Stoffen, z. B. von Ammoniumnitrat (bei der Aufarbeitung von Rücklaufmaterial), oder aus der Ansammlung von metallischen Stäuben in einigen Verfahrensschritten der Herstellung von Brennelementen für Forschungs- oder Gas-Graphit-Reaktoren.

Ein Brand oder eine Explosion innerhalb oder in der Nachbarschaft der Anlage ohne eine Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen sollte als Stufe 0 bewertet werden. Brände in Bereichen mit Uran oder Plutonium, die durch die installierten Löschsysteme gelöscht werden, oder Explosionen, die die primäre Umschließung nicht beeinträchtigen, sollten ebenfalls in Stufe 0 eingeordnet werden. Falls die erste Rückhaltebarriere



beschädigt wird, ist für Urananlagen Stufe 1 und für Plutoniumanlagen Stufe 2 angemessen. Bleibt nur mehr eine Sicherheitsvorkehrung intakt, wäre für Urananlagen Stufe 2 und für Plutoniumanlagen Stufe 3 angemessen.

#### **4.5.2.6 Transport von unbestrahlten Kernbrennstoffen**

Typische Produkte, die zu und von Brennstoffversorgungs- und Brennstoffherstellungsanlagen transportiert werden, sind:

- Urankonzentrat  $UO_3$  und andere Mischungen, die konzentriertes Uran enthalten,
- Natürliches oder angereichertes  $UF_6$ ,
- Natürliches oder angereichertes Uran als Dioxid, Metall oder Lösung,
- Plutoniumoxid als Pulver,
- Plutoniumnitratlösungen,
- Brennelemente ( $UO_2$ , U-Metall-Legierungen,  $UAL_x$ , MOX),
- verschiedene Arten von Abfall.

Kleine Transportvorkommnisse, die nicht zu einem Bruch des Transportbehälters führen, sollten als Stufe 0 bewertet werden. Ereignisse, bei denen Kernbrennstoff in einen nicht dafür zugelassenen Transportbehälter geladen wurde, sind bei Uran in Stufe 2 einzuordnen. Ereignisse, bei denen Plutonium in einen nicht dafür zugelassenen Transportbehälter geladen wurde, sind als Stufe 3 zu bewerten. Kleinere Fehler bei der Beladung, die zu einem erhöhten Risiko für radiologische Auswirkungen außerhalb oder innerhalb einer Anlage führen, sollten grundsätzlich in Stufe 1 eingeordnet werden, mit Ausnahme von Gebinden, die Plutonium enthalten. In diesem Falle könnten signifikante Fehler bei der Beladung als Stufe 2 bewertet werden.

#### **4.5.3 Ereignisse bei der Wiederaufarbeitung, der Behandlung und Lagerung von hoch- und mittelradioaktiven Abfällen und in Verglasungsanlagen**

Relevante Verfahrensschritte sind:

- Brennelementlagerung,

- Brennstoff-Wiederaufarbeitung,
- Abtrennung und Lagerung von Plutonium und Uran,
- Abtrennung, Lagerung und Verglasung von hochradioaktiven Abfällen,
- Behandlung, Lagerung und Beseitigung von niedrig- und mittelradioaktiven Abfällen.

Außerdem gibt es Risiken beim Transport verschiedener Produkte zu und innerhalb dieser Anlagen.

Die maximal möglichen radiologischen Auswirkungen von Unfällen bei diesen Verfahrensschritten können Stufe 4 überschreiten. Dementsprechend ergibt sich Stufe 3 als höchste Stufe unter dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen".

#### **4.5.3.1 Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen gegen Freisetzungen in die Umwelt**

Da die einzelnen Sicherheitssysteme zur Prozeßkontrolle, zur Kühlung und zum Ein-schluß der radioaktiven Stoffe für jeden Verfahrensschritt unterschiedlich sind und von Standort zu Standort variieren, ist es nicht möglich, eine ins einzelne gehende Anleitung für die Einstufung zu geben.

Ereignisse sollten unter Verwendung der in den Abschnitten 4.2 und 4.3 beschriebenen Vorgehensweise bewertet werden. Sofern die maximal möglichen radiologischen Auswirkungen von Unfällen Stufe 4 überschreiten können, können Ereignisse unter dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" bis zu Stufe 3 bewertet werden. Diese maximale Bewertung ist dann angemessen, wenn nur eine einzige Sicherheitsvorkehrung eine Freisetzung verhindert hat.

#### **4.5.3.2 Brände und Explosionen**

Die Bedeutung von Bränden und Explosionen hängt nicht nur vom betroffenen Material, sondern auch vom Ort des Ereignisses und von der Zugänglichkeit für Brandbekämpfungsmaßnahmen ab. Die Einstufung nach der Bewertungsskala hängt daher von

den Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb, der Anzahl der betroffenen Barrieren und/oder Sicherheitssysteme sowie ihrer räumlichen Anordnung in Bezug auf die vorhandenen radioaktiven Stoffe ab. So ist beispielsweise der Verlust der äußeren Gebäudeschale weniger wichtig als ein Versagen der primären oder sekundären Umschließung der radioaktiven Stoffe.

Ein Brand oder eine Explosion innerhalb einer Anlage oder an der Grenze einer Anlage, welche radioaktive Stoffe enthält, sollte als Stufe 0 bewertet werden, wenn keinerlei Sicherheitsvorkehrungen beeinträchtigt werden. Brände, die zwar Prozeßanlagen betreffen, jedoch wie vorgesehen durch die installierten Löschsysteme gelöscht werden, oder Explosionen, die die primäre Umschließung nicht beeinträchtigen, sollten ebenfalls in Stufe 0 eingeordnet werden. Wenn die primäre Umschließung beschädigt ist, ist grundsätzlich Stufe 2 angemessen, mit Ausnahme von Anlagen, in denen lediglich mit zurückgewonnenem Uran umgegangen wird. In diesem Falle ist Stufe 1 angemessen. Bleibt nur eine einzige Rückhaltebarriere intakt, wäre Stufe 3 zu wählen.

#### **4.5.3.3 Absturz von Lasten**

Die sicherheitstechnische Bedeutung von Fehlern an den Hebezeugen hängt von den Bereichen ab, in denen der Fehler auftritt, sowie von der Art des abgestürzten oder betroffenen Materials und von der Einrichtung, die getroffen wurde oder hätte getroffen werden können. Ein Fehler, der nur unwesentlichen Schaden in der Anlage oder an den Einrichtungen verursacht oder die Sicherheitsvorkehrungen nur unwesentlich beeinträchtigt, sollte normalerweise in Stufe 0 eingestuft werden.

Ein Absturz von Lasten, bei dem keine Sicherheitssysteme oder Umschließungsbarrieren beschädigt werden, der jedoch auf Mängel in den Vorschriften oder der Sicherheitskultur zurückzuführen ist, sollte in Stufe 1 eingestuft werden.

Ein Absturz von Lasten, der Sicherheitssysteme oder Umschließungsbarrieren betrifft, ist unter Berücksichtigung der Anzahl noch verfügbarer Sicherheitsvorkehrungen entsprechend dem in den Abschnitten 4.2 und 4.3 beschriebenen Vorgehen zu bewerten.

#### **4.5.3.4 Ausfall der Stromversorgung**

Für bestimmte Anlagen und Verfahreseinheiten kann eine zuverlässige Stromversorgung notwendig sein, um den sicheren Betrieb und die Verfügbarkeit der Überwachungseinrichtungen und Meßinstrumente zu gewährleisten. In solchen Fällen werden mehrere unabhängige und diversitäre Versorgungseinrichtungen eingesetzt, um Fehler aus gemeinsamer Ursache auszuschließen. Einige Anlagen werden unter besonderen Umständen automatisch abgeschaltet und in einen sicheren Zustand überführt, falls es zu einem totalen Ausfall der Stromversorgung kommt. In anderen Anlagen werden zusätzliche Sicherheitsfunktionen bereit gestellt, z. B. die Verwendung von Inertgas.

Ein Ausfall der Hauptstromversorgung, der die Sicherheit der Anlage oder der Überwachungseinrichtungen nicht berührt, wird in Stufe 0 eingeordnet.

Ereignisse mit zusätzlichen Fehlern in Ersatzsystemen sollten unter Berücksichtigung der maximal möglichen Auswirkungen und der Anzahl der verbleibenden Sicherheitsvorkehrungen bewertet werden. Dabei ist es wichtig, die zulässige Ausfallzeit zu berücksichtigen, bis die Versorgung wiederhergestellt werden muß.

Nichtverfügbarkeiten von Ersatzsystemen sollten in ähnlicher Weise bewertet werden, wobei sonstige Netzversorgungsmöglichkeiten als zusätzliche Sicherheitsvorkehrungen betrachtet werden.

#### **4.5.3.5 Ausfall der Kühlung**

Fehler in sicherheitsrelevanten Kühlsystemen können in einer ähnlichen Weise bewertet werden wie Fehler in elektrischen Systemen, indem die maximal möglichen Auswirkungen, die Anzahl der verbleibenden Sicherheitsvorkehrungen und die zulässige Ausfallzeit bis zu einer notwendigen Wiederherstellung der Kühlung berücksichtigt werden.

Betreffen die Fehler in den Kühlsystemen hochradioaktive flüssige Abfälle oder die Lagerung von Plutonium, so ist im allgemeinen Stufe 3 für Ereignisse angemessen, bei denen nur eine einzige Sicherheitsvorkehrung für eine signifikante Zeitspanne wirksam bleibt.

#### **4.5.3.6 Transport**

Typische Produkte für den Transport sind:

- Bestrahlte Brennelemente
- Plutoniumoxid
- Plutoniumnitrat
- Uranoxid
- Uranylнитrat
- Hoch- und mittelradioaktive Abfälle.

Unbedeutende Ereignisse beim Transport, bei denen der Behälter intakt bleibt, sind in Stufe 0 einzuordnen.

Für Fehler bei der Beladung kann sich eine Einstufung bis maximal Stufe 3 ergeben. Wesentlich für die Einstufung ist dabei, wie stark das Risiko für Auswirkungen außerhalb oder innerhalb der Anlage angestiegen ist.

Werden bestrahlte Brennelemente, Plutonium, hoch- oder mittelradioaktive Abfälle in einen dafür nicht zugelassenen Behälter pakettiert, ist dieses Ereignis im allgemeinen in Stufe 3 einzuordnen. Ähnliche Ereignisse mit Uran sind mit Stufe 2 zu bewerten.

#### **4.5.4 Ereignisse in Konditionierungs-, Lager- und Beseitigungseinrichtungen für niedrigradioaktiven Abfall**

In allen nuklearen Anlagen tritt niedrigradioaktiver Abfall auf, wird dort gehandhabt und gelagert.

Die meisten Ereignisse führen nur zum Austritt eines geringen Anteils der in einem oder einer kleinen Zahl von Abfallbehältern enthaltenen Radioaktivität; hier wäre eine Bewertungsstufe größer 1 nicht angemessen.

Jedes Versagen einer Hebeeinrichtung, das zu einem Bruch eines Abfallbehälters führt, sollte Stufe 1 zugeordnet werden.

Brände und Explosionen, an denen niedrigradioaktiver Abfall beteiligt ist und die auf Mängel in den Betriebsvorschriften oder in der Sicherheitskultur zurückzuführen sind, sollten Stufe 1 zugeordnet werden.

Ebenso sollte die Einlagerung von Material, das außerhalb der Spezifikationen für das Abfallager liegt und dessen Einlagerung auf Mängel in den Betriebsvorschriften oder der Sicherheitskultur zurückzuführen ist, in Stufe 1 eingestuft werden.

## **4.6 Beispiele**

### **Beispiel 1: Druckaufbau in einem Auflöser für Brennelemente - Stufe 0**

#### Ereignisbeschreibung

Ein geringer Druckaufbau in einem Auflöser einer Wiederaufarbeitungsanlage führte zu einer automatischen Abschaltung des laufenden Prozesses. Das Heizsystem des Auflösers wurde abgeschaltet und Kühlwasser zugeführt. Die Salpetersäurezufuhr wurde gestoppt und die weitere chemische Auflösung wurde durch Hinzufügung von Wasser zum Inhalt des Auflösers unterbrochen. Es trat keine Freisetzung luftgetragener Kontamination in den Betriebsbereich der Anlage oder in die Umgebung auf.

Die späteren Untersuchungen ergaben, daß der Druckaufbau auf eine anomale Freisetzung von Wasserdampf und eine gesteigerte Produktionsrate von nitrosen Dämpfen, bedingt durch eine kurzzeitig erhöhte Auflösungsrate des Brennstoffs, zurückzuführen war.

#### Erläuterung der Einstufung

Das Ereignis hatte weder Auswirkungen auf die Umgebung noch auf die Anlage. Aufgrund der Abweichung in den Prozeßbedingungen wurde der Betrieb automatisch abgeschaltet; alle Phasen der Abschaltung verliefen normal. Sicherheitssysteme und -funktionen versagten nicht. Deshalb erfolgte eine Einstufung in Stufe 0.

## **Beispiel 2: Kumulierte Ganzkörperdosis einer Person des Betriebspersonals oberhalb des Genehmigungswertes - Stufe 1**

### Ereignisbeschreibung

Die Ganzkörperdosis, die ein Anlagen-Manager während der letzten zwei Wochen im Dezember erhielt, lag geringfügig über dem zulässigen bzw. erwarteten Wert. Infolgedessen überstieg die kumulierte Ganzkörperdosis den zulässigen Jahresgrenzwert.

### Erläuterung der Einstufung

Das Ereignis hatte keine Auswirkungen auf die Umgebung. Die "Auswirkungen innerhalb der Anlage" lagen unter der Schwelle für eine Einstufung nach Bewertungsaspekt 2. So erfolgte die Bewertung nach dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" (siehe Abschnitt 1.2.2). Weil der zulässige Jahresgrenzwert für die kumulierte Ganzkörperdosis überschritten wurde, ist das Ereignis von sicherheitstechnischer Bedeutung (siehe Abschnitt 4.5.1.4) und somit mindestens mit Stufe 1 zu bewerten. Es gab keine zusätzlichen Faktoren für eine Höherbewertung. Stufe 1 wurde dementsprechend als angemessen angesehen.

## **Beispiel 3: Versagen des Verriegelungssystems von Abschirmtüren - Stufe 2**

### Ereignisbeschreibung

Der Störfall ereignete sich, als ein Behälter mit hochradioaktivem verglasten Abfall in eine Zelle transportiert wurde, während gleichzeitig die Abschirmtüren der Zelle nach einer Wartung noch offenstanden. Die Türen hätten zu diesem Zeitpunkt geschlossen sein müssen. Das Öffnen der Türen wird durch ein Schlüsselsystem, Gammastrahlen-Verriegelungen und programmierbare Logiksteuerungen geregelt. Die ursprüngliche Auslegung des Zugangssteuerungssystems wurde während der Inbetriebnahmephase zweimal modifiziert, um das Zugangssteuerungssystem zu verbessern. Alle vorhandenen Systeme konnten den Transfer hochradioaktiven Materials in die Zelle bei offenstehenden Abschirmtüren nicht verhindern.

Der Zutritt des Personals in diesen Bereich wird durch eine Anweisung geregelt, die das Tragen persönlicher Alarmdosimeter (die einen Alarmton abgeben) vorschreibt.

Personal, das in der Zelle oder in angrenzenden Bereichen anwesend gewesen wäre, hätte eine bedeutende Strahlenexposition erhalten, wenn es nicht auf den Behältertransport oder die Alarmdosimeter reagiert hätte. Bei diesem Störfall erkannte der Operateur sofort das Problem und schloß die Abschirmtüren, so daß niemand eine zusätzliche Strahlenexposition erhielt.

#### Erläuterung der Einstufung

Die Auslegung des Zugangssteuerungssystems für das Personal wurde während der Inbetriebnahmephase modifiziert. Die Auswirkungen dieser Änderungen wurden aber ungenügend bedacht. Im einzelnen:

- Während der Inbetriebsetzung des Zugangssteuerungssystems für die Abschirmtüren der Zelle wurde die Unzulänglichkeit des Schlüsselsystems nicht erkannt.
- Das programmierbare Steuerungssystem wurde nicht korrekt programmiert und in Betrieb genommen.
- Die Modifikationen wurden unzureichend untersucht und geprüft, weil ihre sicherheitstechnische Bedeutung nicht zutreffend eingeschätzt wurde.
- Die Abstimmung zwischen Auslegungingenieuren und Inbetriebsetzungsstab war unzureichend.

Ein Arbeitsauftrag war abgeschlossen worden, was bedeutet, daß sich die Anlage wieder im normalen Betriebszustand hätte befinden müssen. Tatsächlich war dies jedoch nicht der Fall.

Das in der Anlage vorgesehene Verfahren für temporäre Anlagenmodifikation wurde zu häufig benutzt und ungenügend überwacht; es war verbesserungsbedürftig.

Einweisung und Überwachung bezüglich des Zutritts zu aktiven Zellen waren unzureichend.

Insgesamt waren bei dem Ereignis aber noch zwei Sicherheitsvorkehrungen wirksam, nämlich das Freigabeverfahren im Rahmen der Arbeitsaufträge, welches den Zugang zu den Zellen regelt, und der Einsatz von persönlichen Alarmdosimetern.



Die maximal möglichen radiologischen Auswirkungen innerhalb der Anlage hätten beim vorliegenden Ereignis höchstens zu einer Einstufung in Stufe 4 führen können, d. h. die höchste Stufe unter dem Bewertungsaspekt "Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen" ist die Stufe 2. Wegen der noch vorhandenen Sicherheitsvorkehrungen ist die Stufe 1 als Basiseinstufung angemessen (siehe Abschnitt 4.5.1.5). Weil jedoch aufgrund der oben beschriebenen Defizite ein Mangel in der Sicherheitskultur zu verzeichnen ist, wurde die Bewertung auf Stufe 2 angehoben.

**Gesellschaft für Anlagen-  
und Reaktorsicherheit  
(GRS) mbH**

Schwertnergasse 1  
**50667 Köln**  
Telefon +49 221 2068-0  
Telefax +49 221 2068-888

Forschungsinstitute  
**85748 Garching b. München**  
Telefon +49 89 32004-0  
Telefax +49 89 32004-300

Kurfürstendamm 200  
**10719 Berlin**  
Telefon +49 30 88589-0  
Telefax +49 30 88589-111

Theodor-Heuss-Straße 4  
**38122 Braunschweig**  
Telefon +49 531 8012-0  
Telefax +49 531 8012-200

**[www.grs.de](http://www.grs.de)**