

SFK

**STÖRFALL-
KOMMISSION**

beim
Bundesministerium für
Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Bericht

**Risikomanagement im Rahmen
der Störfall-Verordnung**

des Arbeitskreises
TECHNISCHE SYSTEME, RISIKO und
VERSTÄNDIGUNGSPROZESSE

SFK-GS-41

Bericht

Risikomanagement im Rahmen der Störfall-Verordnung

des Arbeitskreises
TECHNISCHE SYSTEME, RISIKO und
VERSTÄNDIGUNGSPROZESSE

der Störfall-Kommission

am 21.04.2004 von der SFK zustimmend zur Kenntnis genommen

SFK-GS-41

Die Störfall-Kommission (SFK) ist eine nach § 51a Bundes-Immissionsschutzgesetz beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gebildete Kommission. Ihre Geschäftsstelle ist bei der GFI Umwelt – Gesellschaft für Infrastruktur und Umwelt mbH (GFI Umwelt) in Bonn eingerichtet.

Anmerkung:

Dieses Werk wurde mit großer Sorgfalt erstellt. Dennoch übernehmen der Verfasser und der Auftraggeber keine Haftung für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler. Aus etwaigen Folgen können daher keine Ansprüche gegenüber dem Verfasser und/oder dem Auftraggeber gemacht werden.

Dieses Werk darf für nichtkommerzielle Zwecke vervielfältigt werden. Der Auftraggeber und der Verfasser übernehmen keine Haftung für Schäden im Zusammenhang mit der Vervielfältigung oder mit Reproduktionsexemplaren.

Inhalt

0	Zusammenfassung	7
1	Ziel, Zweck und Grenzen des Berichtes	9
2	Definition, Darstellung und Anwendung des Risikobegriffes	13
2.1	Definition des Begriffes „Risiko“	13
2.2	Darstellung von „Risiko“	16
2.3	Darstellung von „Risiko“ – ein konkretes Beispiel	20
2.4	Die Verwendung von probabilistischen Risikogrenzwerten im internationalen Umfeld	21
2.4.1	Niederlande	21
2.4.2	Schweiz	24
2.4.3	Großbritannien	26
2.4.4	USA	28
2.4.5	Zusammenfassung	29
3	Risiko, die rechtliche Einordnung und Darstellung in Deutschland	31
3.1	Verfassungsmäßige Anforderungen an die Begrenzung technischer Risiken	31
3.2	Bestimmung zulässiger Risiken	33
3.3	Vorgaben der Störfall-Verordnung zur Begrenzung des Risikos	36
3.4	Sicherheitsbericht nach Störfall-Verordnung Anhang II, Abschnitt IV	39
3.5	Sicherheitsmanagementsystem nach Störfall-Verordnung Anhang III (Nrn. 2 und 3)	39
3.6	Alarm- und Gefahrenabwehrpläne nach Störfall-Verordnung Anhang IV (Nr. 4)	40
3.7	Schlussfolgerungen	40
4	Risikomanagement	41
4.1	Risikobetrachtung/-ermittlung /-bewertung (Risk Assessment) in Deutschland	42
4.2	Probabilistische Risikobetrachtungen	46
4.3	Möglichkeiten probabilistischer Risikoanalysen im Rahmen der Störfall-Verordnung	49

4.4	Der Risikomanagementprozess	52
4.4.1	Risikoabschätzung	52
4.4.1.1	Der Schritt „Ereignisabläufe“	53
4.4.1.2	Der Schritt „Merkmale“	54
4.4.1.3	Der Schritt „Expositionsabläufe“	54
4.4.1.4	Ermittlung der Auswirkung	55
4.4.1.5	Der Schritt „Schaden und Risiko“	56
4.4.1.6	Unsicherheiten in Risikoabschätzungen	57
4.4.2	Risikominderung	58
4.4.3	Risikokommunikation	59
4.4.3.1	Formen der Risikokommunikation	64
4.4.3.1.1	Normative Verfahren	68
4.4.3.1.2	Formelle Verfahren	70
4.4.3.1.3	Informelle Verfahren	72
5	Positionen und Empfehlungen des AK-TRV zu Risikomanagement und Risikokommunikation	73
5.1	Aussagen des AK-TRV zum Risikomanagementprozess	73
5.2	Empfehlungen des AK-TRV zum Risikomanagement	76
5.3	Empfehlungen des AK-TRV zur Risikokommunikation	77
5.3.1	Bestehende Programme und Einrichtungen nutzen und ausbauen	78
5.3.2	Berücksichtigung der Ergebnisse der Risikokommission	79
5.3.3	Risikokommunikation bei normativen Verfahren zur Probabilistik	79
5.3.4	Risikokommunikation zur probabilistischen Methodik	80
5.3.5	Information und Austausch von Erfahrungen über die Anwendung probabilistischer Methoden	80

Anhang

Anhang 1:	Kurzdarstellung einiger Methoden der Sicherheits- und Risikoanalyse	83
Anhang 2:	Ergebnisse der Risikokommission	98
Anhang 3:	Literatur	100

0 Zusammenfassung

Der Begriff Risiko wird derzeit in vielfältigen Zusammenhängen gebraucht. Aussagen zu tatsächlichen und potentiellen Risiken und Risikobewertungen stoßen in der heutigen Gesellschaft, in der Wertepluralismus herrscht und politische Handlungen stets unter hohem Legitimationsdruck stehen, unter Umständen auf Skepsis, teilweise sogar auf Misstrauen; sie sind oft einer breiten kontroversen Diskussion unterworfen (siehe Kapitel 4.4.3).

In verschiedenen europäischen Nachbarstaaten sowie in Nordamerika sind in diesem Zusammenhang gesellschaftliche Diskussionsprozesse z.T. erheblich fortgeschritten und bestimmen deshalb im internationalen Umfeld die aktuelle Diskussion.

Darüber hinaus ergibt sich durch wirtschaftliche Verflechtungen auch auf internationaler Ebene zunehmender Handlungsbedarf bezüglich einer deutschen Position (und Definition) zum Thema Risikoabschätzung und Kommunikation. Dies ist umso dringlicher, da die Methodik und Beurteilungskriterien internationaler Organisationen, wie z.B. der Weltgesundheitsorganisation (WHO) und Welternährungsorganisation (FAO), zunehmend als Standard im internationalen Warenverkehr Anwendung finden.

Für die Festlegung von allgemein verbindlichen Risiko-, Grenz- oder Orientierungswerten sind daher in Deutschland eine breite gesellschaftlichen Diskussion und Konsensfindung mit einer anschließenden parlamentarischen Entscheidung notwendig.

Aus diesem Grund wurden im vorliegenden Bericht zu dem Thema „vertretbares Risiko“ zum jetzigen Zeitpunkt auch keine, die Werte in Form von Risiko-Zahlen konkretisierenden Aussagen, gemacht. Die Notwendigkeit dies in Zukunft zu tun und einer eindeutigeren, gesellschaftlichen Positionierung zur Thematik soll jedoch hervorgehoben werden. Da als Voraussetzung für einen solchen Prozess von Fachleuten erarbeitete Vorgaben erforderlich sind, wird in diesem Bericht der Normungsprozess - im weitesten Sinne - für die Bewältigung dieser schwierigen Aufgabe empfohlen. Hierzu wird eine breitere Ausgestaltung dieser Ebene vorgeschlagen.

Insgesamt ist festzustellen, dass eine große Anzahl an Fachliteratur zur methodischen Vorgehensweise bei der Risikoabschätzung industrieller Anlagen mit hohem Gefahrenpotenzial in den letzten beiden Jahrzehnten veröffentlicht wurde. Wesentliche Voraussetzung für die Verständlichkeit in der Kommunikation über Risiken ist eine in den Ergebnissen verständene, mit verwandten Betrachtungsfällen vergleichbare Aussage zum Risiko. Hier wird Handlungsbedarf gesehen für die Entwicklung technischer oder ggf. rechtlicher Vorgaben

auch in Deutschland, nachdem im internationalen Umfeld entsprechendes zunehmend eingeführt wird.

Eine sehr wichtige Voraussetzung für eine Vergleichbarkeit von Ergebnissen im Rahmen der Risikoabschätzung und für die Akzeptanz solcher Ergebnisse ist dabei das Anwenden und Bekannt machen nachvollziehbarer Methoden und Kriterien. In diesem Punkt wird Verbesserungspotenzial gesehen. Daher wurden zur Verfügung stehende Methoden, Risiken qualitativ und quantitativ zu erfassen, im Bericht beispielhaft dargestellt. Dabei ergänzen sich die Methoden; sie sollten bei Störfallanlagen bzw. Betriebsbereichen im Rahmen einer Einzelfallentscheidung Anwendung finden.

Die vom Arbeitskreis Technische Systeme, Risiko und Verständigungsprozesse (AK-TRV) der Störfall-Kommission im vorliegenden Bericht nachfolgend gegebenen Empfehlungen und Umsetzungsvorschläge beziehen sich sowohl auf den Aspekt der Risikoabschätzung als auch auf den gesellschaftlichen Prozess der Risikobewertung für den Bereich der Störfallanlagen und die Kommunikation der mit Errichtung und Betrieb von Störfallanlagen verbundenen Gefahren. Dabei können ggf. gegenüber der heutigen Praxis zusätzliche quantitative Abschätzungen des Risikoniveaus von Störfallanlagen dazu dienen, den hohen, in der Bundesrepublik Deutschland bereits bestehenden Standard im Bereich der Anlagensicherheit sowohl auf nationaler und besonders europäischer Ebene klar und vergleichbarer darzustellen.

Die Störfall-Kommission sieht die probabilistische Risikoanalyse als mögliche Ergänzung der in Deutschland üblichen deterministischen Sicherheitsbeurteilung und als Beitrag für Sicherheitsberichte.

Dies erfordert die Festlegung der Randbedingungen zur Durchführung von probabilistischen Risikoanalysen beim Vollzug des Störfallrechts.

Die SFK hält es für notwendig, dass die Risikobeurteilungskriterien in einem gesellschaftlichen und politischen Konsens mit parlamentarischer Entscheidung festgelegt werden.

Die Diskussion über vertretbare Risiken und besonders die Anwendung probabilistischer Methoden und Risikobeurteilungskriterien verlangt zusätzliche Anstrengungen auf dem Gebiet der Risikokommunikation. Die Kommunikation zu Risiken muss deshalb mit der Zielsetzung der Transparenz und eines Konsenses über vertretbare Risiken verstärkt werden.

1 Ziel, Zweck und Grenzen des Berichtes

Der Betrieb von Anlagen, die der Störfall-Verordnung unterliegen, ist potentiell mit Gefahren verbunden. Diese sind Folge der Eigenschaften der gehandhabten Stoffe, die brennbar, explosibel oder giftig sein oder durch spontane Umwandlungsprozesse Energie freisetzen können.

Trotz größter Sorgfalt bei Auslegung, Bau und Betrieb einer Anlage lassen sich Störfälle nicht vollständig ausschließen. Es besteht jedoch die Möglichkeit, durch geeignete Maßnahmen die Wahrscheinlichkeit für den Eintritt eines Störfalls und die Höhe der daraus folgenden Konsequenzen zu vermindern. Dies zu erreichen, ist Aufgabe des Risikomanagements.

Beschaffenheit – Auslegung und Errichtung - sowie Betrieb solcher Anlagen müssen dem Stand der Sicherheitstechnik [1] entsprechen. Wartungs- und Reparaturarbeiten sind nach dem Stand der Technik durchzuführen. Sie können auf eine breite Erfahrungsbasis abgestützt werden, die in Gesetzen, Regeln und Richtlinien niedergelegt ist¹.

Die Auslegung von Anlagen, die der Störfall-Verordnung unterliegen, ist so zu gestalten, dass der sichere Einschluss von gefährlichen Stoffen innerhalb der Anlage, d.h. innerhalb von Rohrleitungen, Behältern, Reaktoren usw. gewährleistet ist. Dies führt nicht nur zu Anforderungen an die mechanische und chemische Widerstandsfähigkeit der Bauteile, sondern auch zum Einbau von Sicherheitssystemen, die bei unerwünschten Belastungen (zumeist erhöhten Temperaturen und/oder Drücken), z.B. durch Notkühlung, Schnellabschaltung etc. die technische Sicherheit („Integrität“) des Einschlusses gewährleisten sollen.

Anforderungen an den Bau, die Inbetriebnahme und den Betrieb von Anlagen, die der Störfall-Verordnung unterliegen, sind in Deutschland in Gesetzen, rechtlichen Regelungen und technischen Regelwerken niedergelegt. Insbesondere stehen vor der Genehmigung des Betriebes solcher Anlagen umfangreiche Prüfungen durch die jeweiligen Genehmigungsbehörden² bzw. durch im Genehmigungsverfahren beteiligte Fachbehörden.

¹ Eine gute Übersicht zu diesem Themenkreis gibt der Leitfaden „Anlagensicherheit“ [2].

² Siehe z.B. Bericht TAA-GS 29 [54]

Bei der Genehmigung von Anlagen sind im Wesentlichen zwei Vorgehensweisen üblich:

- 1 Die Genehmigung erfolgt u.a. auf der Grundlage der Erfüllung der Pflicht, die Gefahr von Störfällen zu verhindern und ihre Auswirkungen zu begrenzen; das Risiko wird nicht (quantitativ und explizit) ermittelt.
- 2 Zusätzlich zu (1) sind noch Angaben zum Risiko zu machen und Kriterien bezüglich des Risikos zu erfüllen.

Die Vorgehensweise (1) ist die im Geltungsbereich von BImSchG und Störfall-Verordnung in der Bundesrepublik Deutschland praktizierte, die unter (2) genannte wird beispielsweise in den Niederlanden angewandt.

Dabei ist zu betonen, dass die Dimensionierung der betrieblichen technischen Systeme in beiden Fällen in derselben Weise erfolgt. Es werden Anforderungen an das System spezifiziert und entsprechende Berechnungen unter Anwendung der einschlägigen technischen Regelwerke, Vorschriften etc. durchgeführt. Diese Vorgehensweise nennt man deterministisch.

Für die sicherheitstechnische Auslegung der Anlage werden sicherheitstechnische Betrachtungen durchgeführt (vgl. [2]), auf die nachfolgend näher eingegangen wird. Auch hier erfolgt die Dimensionierung der Systeme deterministisch; Forderungen nach ihrer Verfügbarkeit können entweder

- 1 durch unbestimmte Rechtsbegriffe (z.B. „ausreichend zuverlässig“) in Rechtsvorschriften (vgl. [3], [4]) oder
- 2 durch konkrete quantitative Anforderungen (z.B. „Nichtverfügbarkeit: 1 Ausfall bei 1000 Anforderungen“) vorgegeben werden. Dies ist eine probabilistische Anforderung.

Das Verfahren nach (1) ist bisher in Deutschland üblich. Mit der neuen Störfall-Verordnung [4] können in Genehmigungsverfahren jedoch auch Elemente und Methoden probabilistischer Natur Eingang finden.

Der vorliegende Bericht befasst sich ausschließlich mit den Anforderungen, die sich aus dem BImSchG [3] und der Störfall-Verordnung [4] ergeben; andere Rechtsbereiche, z.B. Gentechnik, Kerntechnik, Verkehrssysteme, Verbraucherschutz und andere Arten von Risiken werden nicht betrachtet. Der Bericht befasst sich nicht mit Fragen der Umsetzung weiterer Betreiberpflichten aufgrund der Störfall-Verordnung, wie z.B. der Einhaltung des Standes der

Sicherheitstechnik (vgl. hierzu [1]) oder des Treffens vorbeugender Maßnahmen, um die Auswirkungen von Störfällen so gering wie möglich zu halten.

Die Problematik der Kosten/Nutzen-Abwägung bei technischen Risiken und deren Vertretbarkeit werden in diesem Bericht ebenfalls nicht betrachtet.

Insbesondere werden in dieser Ausarbeitung auch keine Risikogrenzwerte bezüglich Risikotoleranz oder –akzeptanz vorgeschlagen (Anmerkung: Toleranz bedeutet nicht Akzeptanz³). Diese Problematik muss der gesellschaftlich politischen Diskussion vorbehalten bleiben, wie sie in europäischen Nachbarländern teilweise bereits abgeschlossen ist oder derzeit stattfindet und wie sie (u.a. mit Hilfe dieses Berichtes) auch in Deutschland verstärkt werden sollte. Der Bericht gibt jedoch einen Überblick über Risikogrenzwerte im Ausland.

Die folgenden Themen werden nachfolgend behandelt:

- Definitionen und Darstellung des Risikos (Kapitel 2),
- Risikobewertung und im Ausland verwendete Sicherheitsziele und Risikogrenzwerte (Kapitel 2.4),
- Risiko und die Anforderungen der Störfall-Verordnung (Kapitel 3),
- Risikomanagement und Ermittlung der Risiken seltener Ereignisse (Kapitel 4),
- Möglichkeiten quantitativer Risikoanalysen im Rahmen der Störfall-Verordnung (Kapitel 4.3),
- Beispiele für die Gestaltung des Kommunikationsprozesses (Kapitel 4.4.3) sowie
- Methoden der Sicherheits- und Risikoanalyse (Anhang 1).

³ Die Toleranz bezieht sich auf die Bereitschaft mit einem Risiko zu leben, die aus den risikobehafteten Tätigkeiten resultierenden Vorteile zu nutzen und darauf zu vertrauen, dass es ordnungsgemäß kontrolliert wird. Ein Risiko zu tolerieren bedeutet nicht, dass es als unbedenklich oder unbedeutend angesehen, sondern regelmäßig neu bewertet und, wenn möglich, weiter reduziert wird. Hingegen bedeutet ein Risiko als akzeptabel (bzw. vertretbar, vgl. Definition in Bild 2, Kapitel 2.1) anzusehen, bereit zu sein im Alltag und im Berufsleben dieses Risiko, so wie es sich darstellt, hinzunehmen (vgl. The tolerability of risks from nuclear power stations, HSE Books 1992 ISBN 0 11 886368 1) [33].

Mit der vorliegenden Ausarbeitung wird der Zweck verfolgt, verschiedene vorhandene Ansätze und Methoden des Risikomanagements aufzuzeigen und zu diskutieren, die erprobt und geeignet sind, um Risiken (i.S.d. Störfall-Verordnung vom 26.04.2000), zu ermitteln und zu bewerten. Außerdem werden die damit zusammenhängenden Möglichkeiten zur Risikokommunikation angesprochen.

Der Prozess, wie Risiken identifiziert und auf das vertretbare Maß beschränkt werden können, sowie die geeignete Gestaltung des Prozesses bilden ganz entscheidende Voraussetzungen für eine erfolgreiche Risikokommunikation. Ihm kommt mindestens die gleiche Bedeutung zu wie den zu wählenden Mitteln der Kommunikation. Damit sollen die Voraussetzungen geschaffen werden, dass der fachliche/technische Teil des Risikomanagement-Prozesses und dessen Ergebnisse von allen Beteiligten nachvollzogen und akzeptiert werden können.

Der sich möglicherweise daran anschließende Prozess der Kosten/Nutzen-Abwägung der ermittelten Risiken soll so möglichst von eventuellen Diskussionen über den fachlich/technischen Teil der Risikomanagements freigehalten bleiben.

Dieser Bericht selbst versteht sich in diesem Sinne als ein Beitrag zum Prozess der Risikokommunikation.

2 Definition, Darstellung und Anwendung des Risikobegriffes

2.1 Definition des Begriffes „Risiko“

Im technischen Bereich wird das Risiko gemäß der nationalen Norm DIN VDE 31000 Teil 2 [10] wie folgt definiert: „Das Risiko, das mit einem bestimmten technischen Vorgang oder Zustand verbunden ist, wird zusammenfassend durch eine Wahrscheinlichkeitsaussage beschrieben, die

- die zu erwartende Häufigkeit des Eintritts eines zum Schaden führenden Ereignisses und
- das beim Ereigniseintritt zu erwartende Schadensausmaß

berücksichtigt“ und in der Risikoformel dargestellt⁴:

$$R = H \times S$$

wobei

R = Risiko, Risikozahl als Maß für das Risiko

H = Eintrittshäufigkeit des Schadensereignisses

S = Schadensausmaß, Konsequenz.

Eine konstante Risikozahl ergibt eine Risiko-Isolinie (Risiko-Hyperbel), d. h. eine Linie gleichen Risikos. Die Linien gleichen Risikos, $R = \text{const.}$, werden in einem Häufigkeits-Schadens-Diagramm (H, S-Diagramm) aufgetragen (siehe Bild 1). Werden risikobestimmende Faktoren, also Häufigkeit und/oder Schadensausmaß, verkleinert, verschiebt sich diese Hyperbel in Richtung auf den Nullpunkt des Koordinatensystems. Dabei deckt eine Risiko-Isolinie jeweils den Bereich von sehr großen Schadensausmaßen und sehr geringen Häufigkeiten bis zu sehr geringen Schadensausmaßen und sehr großen Häufigkeiten ab⁵.

⁴ Im strengen Sinne handelt es sich um das Produkt zweier Zufallsvariablen; die obige Vorgehensweise ist nur statthaft, wenn die Verteilungen, die die Zufallsvariablen beschreiben, „schmal“ sind.

⁵ Diese Tatsache darf bei der Risikobewertung nicht außer Acht gelassen werden, was an einem Beispiel verdeutlicht werden soll: Die Risiko-Isolinie $R = 1$ trifft sowohl für den Fall „1 Toter/Jahr“ als auch für den Fall „1 Mio. Tote einmal in 1 Mio. Jahren“ zu. Gleichmaßen werden Sachschäden und Umweltschäden behandelt.

Die Bewertung des ermittelten Risikos setzt voraus, dass ein Bewertungsmaßstab festgelegt ist, d. h. ein Wert für das größte vertretbare Risiko. In der Praxis wird der Bewertungsmaßstab z. B. gemäß [10] als Grenzzisiko definiert⁶.

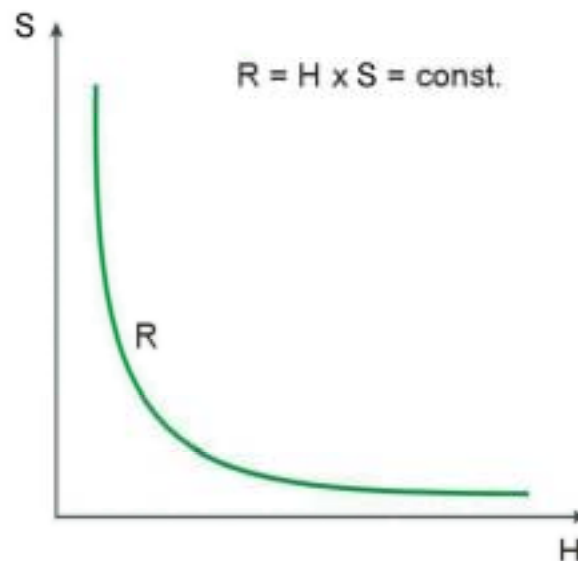


Bild 1: Graphische Darstellung der Beziehung Risiko = Schadensausmaß x Häufigkeit

Das Grenzzisiko ist das größte noch vertretbare Risiko eines bestimmten technischen Vorganges oder Zustandes nach konsequenter Anwendung der sicherheitstechnischen Festlegungen entsprechend dem Stand der Technik / Sicherheitstechnik. Sicherheitstechnische Festlegungen sind z. B. spezifizierte technische Werte für die betrieblichen und sicherheitstechnischen Einrichtungen und ihre Betriebsweisen, organisatorische und managementspezifische Abläufe, Gesetze, Verordnungen und technische Regeln. Ihre Einhaltung im Rahmen des jeweiligen technischen Konzeptes soll sicherstellen, dass das Grenzzisiko nicht überschritten wird⁷

⁶ Weitere Definitionen siehe auch VDI/VDE Richtlinie 3542 [11]

⁷ Unter Berücksichtigung der Ausführungen in Kap. 3.5 und 3.7 bedeutet dies für die Störfallanlagen, dass sich eine Störung nicht zu einem Störfall ausweitet, d.h. zu einer ernsten Gefahr führt. Die Verhinderung von Störfällen oder die Begrenzung ihrer Auswirkungen wird durch geeignete technische und organisatorische Maßnahmen erreicht, die dem Stand der Sicherheitstechnik entsprechen, was gleichbedeutend mit der Einhaltung der sicherheitstechnischen Festlegungen gem. DIN/VDE 31000 Teil 2 ist. Der Begriff „Stand der Sicherheitstechnik“ ist immer im Kontext mit der Störfall-Verordnung zu sehen,

Ist ein Wert für das größte vertretbare Risiko (Grenzrisiko) festgelegt, trennt die entsprechende Risiko-Isolinie in der geübten Praxis den Risikobereich in „vertretbares Risiko“ (unterhalb der Isolinie) und „nicht vertretbares Risiko“ (oberhalb der Isolinie).

Risikoformel und verschiedene Visualisierungsmöglichkeiten können somit als Grundlage für Entscheidungen herangezogen werden. Bei der Anwendung der Risikoformel in der Entscheidungsfindung sollte der Anwender sich von ihrer Einfachheit jedoch nicht dazu verleiten lassen, er könne einfach eine Ja/Nein-Entscheidung aufgrund der definierten Risikobereiche treffen. (Anmerkung: Auf Vorgehensweisen bei der Bewertung des ermittelten Risikos wird im Kapitel 4.4.1 im Detail eingegangen.)

Auf internationaler Ebene hat man sich auf wesentliche Begriffe im Gesamtkontext „Risiko“ und deren Verwendung in der Normung geeinigt. Hierzu gibt Bild 2 in Anlehnung an den ISO/IEC Guide 51 [12] die Beziehung einiger zentraler Begriffe untereinander wieder.

Die Darstellung in Bild 2 beruht auf der selben Überlegung, wie sie dem Bild 1 zugrunde liegt. Es werden die Bereiche des vertretbaren Risikos, d. h. Sicherheit mit einem Restrisiko⁸, und des nicht vertretbaren Risikos, d. h. Gefahr mit der Notwendigkeit risikomindernder Maßnahmen, definiert. Die Trennlinie dieser Bereiche in dieser Darstellung entspricht sinngemäß einer Risiko-Isolinie für das Grenzrisiko im Bild 1.

d.h. es handelt sich um einen normativen Begriff (Generalklausel). Ausführlich wird der Sachverhalt von Feldhaus in Immissionsschutz, Nov. 1977 behandelt.

⁸ Es wird immer ein Restrisiko geben, da es das Null-Risiko nicht gibt. Die Forderung nach dem Null-Risiko ist nicht erfüllbar. Nur wenn z.B. eine Chemieanlage nicht errichtet oder nicht betrieben wird oder ein Auto nicht am Verkehr teilnimmt, wird niemand dadurch gefährdet.

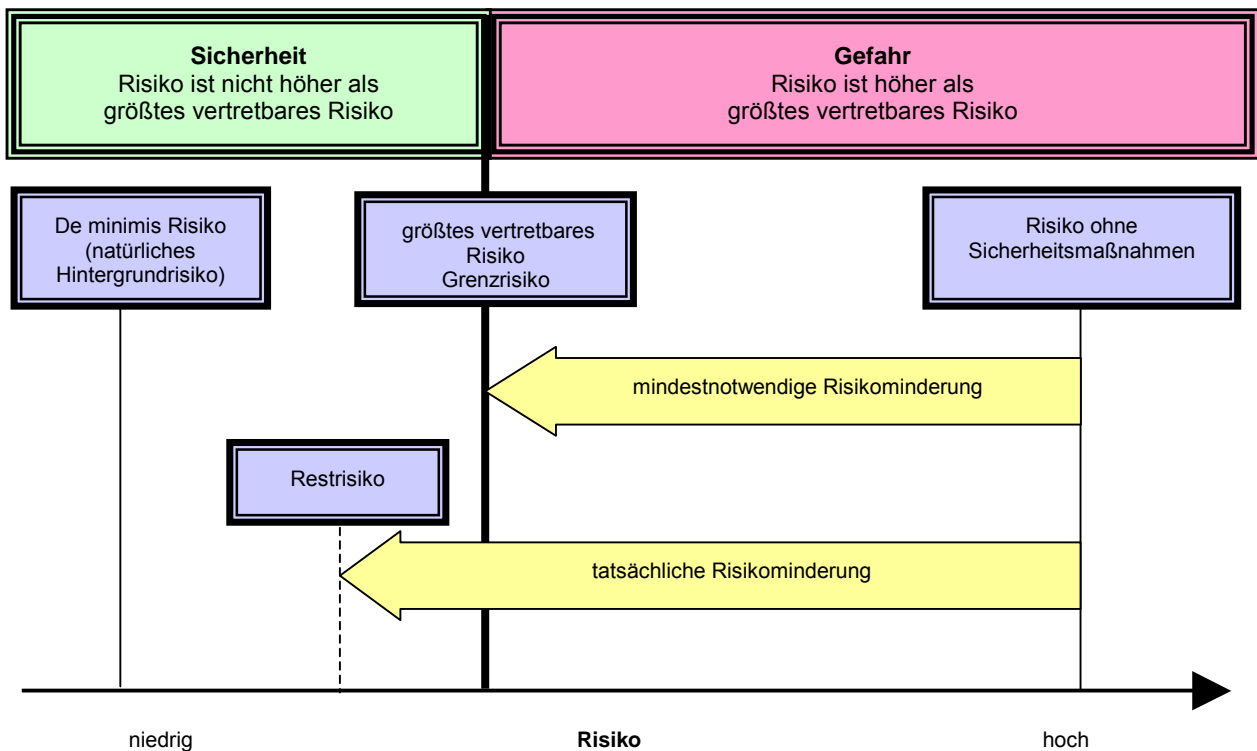


Bild 2: Risikoansatz zur Beurteilung der technischen Sicherheit⁹

2.2 Darstellung von „Risiko“

In der Praxis hat sich in den letzten Jahren als Möglichkeit der grafischen Darstellung von potentielltem Schadensausmaß und Eintrittshäufigkeit¹⁰ die Risikomatrix bewährt (vgl. Bild 3). Auch ihr liegt die Risikoformel zugrunde¹¹.

⁹ Vertretbares Risiko: Risiko, das in einem bestimmten Zusammenhang nach den gültigen Wertvorstellungen der Gesellschaft akzeptiert wird. Dabei wird das vertretbare Risiko durch das iterative Verfahren von Risikoabschätzung (Risikoanalyse und Risikobewertung) und Risikominderung erreicht. (Zu den Kriterien, die der Risikobewertung zugrunde zu legen sind vgl. Kapitel 2.4.)

Restrisiko: Risiko, das nach der Anwendung von Schutzmaßnahmen verbleibt. Das nach der tatsächlichen Risikominderung erreichbare Restrisiko kann größer oder kleiner als das größte vertretbare Risiko sein. Ist das nach der tatsächlichen Risikominderung erreichbare Restrisiko kleiner als das größte vertretbare Risiko, dann ist die Anlage – bei Vorliegen der sonstigen Voraussetzungen – genehmigungsfähig (entspricht den Anforderungen gem. §§ 3-6 StörfallV). Ist das erreichbare Restrisiko größer als das größte vertretbare Risiko, ist die Anlage nicht genehmigungsfähig und kann nicht realisiert werden.

¹⁰ Diese wird häufig fälschlich als Eintrittswahrscheinlichkeit bezeichnet.

Die grundlegende Struktur und Darstellung einer Risikomatrix ist im folgenden beispielhaft dargestellt.

In einer Risikomatrixdarstellung wird in der Regel vertikal das potentielle Schadensausmaß und horizontal die entsprechende Eintrittshäufigkeit dargestellt. Die Größe der praktisch oft verwendeten Matrices variiert von 3x3 bis 5x5. Die Felder der Matrix werden oft farblich in unterschiedliche Risikoklassen eingeteilt, die in der Folge zu entsprechend unterschiedlichen Konsequenzen führen:

- Der „Rote Bereich“ bedeutet bei der Risikobewertung, dass das ermittelte Risiko nicht vertretbar ist und (ohne die vorherige Durchführung zusätzlicher risikomindernder Maßnahmen) nicht eingegangen werden kann.

Risikomatrix: Beispiel

(potentielle) Auswirkungen	Eintrittshäufigkeit		
	Selten	Manch-mal	Oft
Todesfälle; ernste Auswirkungen auf Umwelt/Öffentlichkeit; großer Sachschaden			
Schwere Verletzungen; begrenzte Auswirkungen auf Umwelt/Öffentlichkeit; Sachschaden			
Verletzungen; keine Auswirkungen auf Umwelt/Öffentlichkeit; geringer Sachschaden			
Unwesentliche Auswirkungen auf Menschen/Umwelt/Öffentlichkeit/Sachen			

■ Risiko nicht vertretbar
■ Risiko nicht ausreichend bestimmt, weitere Analyse erforderlich
■ Risiko ist vertretbar

Bild 3: Beispiel einer Risikomatrix

¹¹ Eine ähnliche Darstellung des Risikos wie die der Risikomatrix liegt der DIN V 19250 [13] zugrunde.

- Der „Gelbe Bereich“ bedeutet bei der Risikobewertung, dass das ermittelte Risiko hoch ist, so dass es (ohne die vorherige Durchführung zusätzlicher Risikobeurteilungen und eventuell durchzuführender risikomindernder Maßnahmen) nicht ohne weiteres eingegangen werden kann. (Anmerkung: Durch die Einführung des „gelben Bereiches“ wird die Risiko-Isolinie des Grenzkrisikos in einen Bereich aufgeweitet und ist nicht mehr „scharf“.)
- Der „Grüne Bereich“ bedeutet bei der Risikobewertung, dass das verbleibende Risiko vertretbar ist. Weitere Maßnahmen zur Risikominderung sind auf Basis dieser Betrachtung nicht notwendig.

Risiken werden unmittelbar von Schadensumfang und Schadenseintritthäufigkeit¹² bestimmt. Prinzipiell genügt es, die dem jeweiligen Risiko zugehörige Risikozahl zusammen mit dem subjektiven Vertrauensbereich anzugeben, wenn

- nur der Schadensumfang 0 oder 1 möglich ist (z.B. beim Individualrisiko in der Schadensart „Verlust von Menschenleben“) oder
- die möglichen Schadensumfänge pro Ereigniseintritt nicht zu sehr verschieden sind und das Ereignis häufig eintritt.

Die Anforderungen an die Darstellungsform sind aber anders, wenn in der Risikozahl Beiträge aus seltenen Ereignissen enthalten sind, die zu einem hohen Schadensumfang führen. So bedeutet z.B. die Risikozahl „0,01 pro Jahr“, dass im Mittel über die verschiedenen gleichberechtigten Möglichkeiten für den Ablauf eines Jahres der Schadensumfang pro Jahr 0,01 ist. Diese Zahl kann beispielsweise dadurch zustande kommen, dass

- einer Möglichkeit mit Schadensumfang 1
99 Möglichkeiten mit Schadensumfang 0, oder
- einer Möglichkeit mit Schadensumfang 10000
999999 Möglichkeiten mit Schadensumfang 0

gegenüberstehen. Besteht die Möglichkeit, einen Schaden zu erleiden, nur während der kommenden 100 Jahre, so sagt die Risikozahl „0,01 pro Jahr“ im ersten Falle aus, dass in dieser Zeit ein Schaden vom Umfang 1 zu erwarten ist. Im zweiten Falle hingegen ist es

¹² Die Häufigkeit, mit der ein Schaden des betreffenden Umfangs und der betrachteten Art im interessierenden Zeitbereich - meist ein Jahr - erwartet wird

sinnlos, von einer Schadenserwartung 1 zu sprechen, denn im Verlauf der 100 Jahre wird entweder kein Schaden (Wahrscheinlichkeit = 0,9999) oder ein Schaden vom Umfang 10000 (Wahrscheinlichkeit = 0,0001) verursacht. Der Eintrittszeitpunkt kann nicht vorhergesagt werden.

Aus diesen Gründen stellt man im Falle seltener Ereignisse mit hohem Schadensumfang das Risiko durch die Angabe der beiden Komponenten, Schadensumfang und Häufigkeit (bzw. Schadensumfang pro Ereigniseintritt und zu erwartende jährliche Häufigkeit) dar. Zusätzlich wird jedoch auch die Risikozahl angegeben.

2.3 Darstellung von „Risiko“ – ein konkretes Beispiel

Aus den Niederlanden wird in Bild 4 ein konkretes Beispiel für eine komplementäre Häufigkeitsverteilung gezeigt. Allerdings sind die Unsicherheitsbereiche nicht angegeben, da sie in [16] nicht ermittelt wurden.

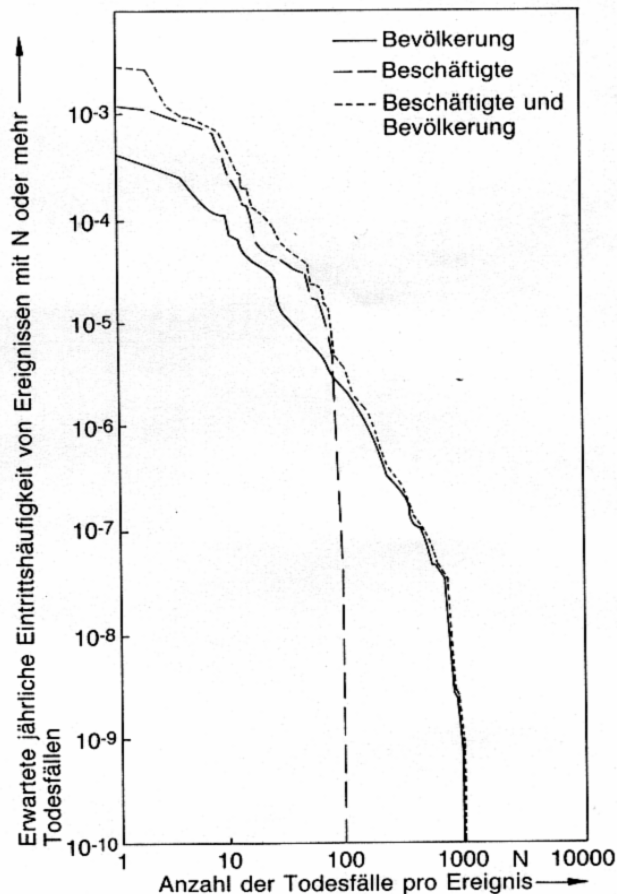


Bild 4: Komplementäre Häufigkeitsverteilung für Todesfälle aus einer bestehenden Lagerung von Chlor im holländischen Rijnmond Gebiet aus dem Jahr 1982 (nach [16])

Bild 4 beinhaltet so genannte Kollektivrisiken, d.h. Risiken, welche die gesamte Gruppe (Beschäftigte, Bevölkerung) betreffen. Daneben wird noch das Individualrisiko ermittelt, d.h. die erwartete Häufigkeit für eine Person, zu Schaden (z.B. zu Tode) zu kommen. Beide Größen sind Gegenstand der Risikobewertung (vgl. Kapitel 2.4)

2.4 Die Verwendung von probabilistischen Risikogrenzwerten im internationalen Umfeld

Aufbauend auf der Risikoanalyse kann die Bewertung des Risikos vorgenommen werden (Kapitel 4.4.1). Dabei ist nach festgelegten Kriterien eine Entscheidung darüber herbeizuführen, ob das vorhandene Risiko unter den ermittelten Rahmenbedingungen eingegangen/getragen werden kann, oder ob das vorhandene Risiko zu hoch ist und so nicht getragen werden soll. Es geht hierbei um die Abwägung zwischen einzugehendem Risiko und damit verbundenen Chancen/Nutzen.

Wichtige Fragen bei der Bewertung des Risikos sind:

- Welches Risiko ist vertretbar bzw. wie sicher ist sicher genug?
- Sind hinsichtlich der Verteilung von Risiko und Nutzen Konfliktpotentiale zu erwarten?

Jeder beantwortet diese Fragen aus seiner individuellen Situation heraus und zieht dabei unterschiedliche Faktoren, in zunächst subjektiv gewichteter Bewertung heran. Das Gefahrenpotential moderner Großtechnologien erfordert allgemein gültige, von der Gesellschaft getragene Ansätze zur Beschreibung eines vertretbaren Risikos, d. h. die subjektive Bewertung eines Ereignisses hinsichtlich seines Risikos allein ist unzureichend.

In einigen Ländern sind Risiken quantifiziert und in einigen Fällen größte vertretbare Risiken sogar durch Parlamentsbeschluss festgelegt worden. Dies wird im Folgenden zusammenfassend dargestellt.

2.4.1 Niederlande

In den Niederlanden wurden Risikogrenzwerte vom Kabinett festgelegt, die dann vom Parlament gebilligt wurden. Entsprechende gesetzliche Regelungen stehen zur Zeit kurz vor der Verabschiedung. Im Niederländischen Nationalen Umweltpolitikplan wird definiert, dass das größte vertretbare jährliche Todesfallrisiko für einen Bürger einen Wert von 1:1.000.000 (10^{-6}) nicht überschreiten dürfe, ungeachtet von welcher Aktivität oder Substanz dieses Risiko ausgeht. Das gesamte jährliche Todesfallrisiko (die Summe aller Individualrisiken) von Großunfällen, Substanzen und Strahlung darf ein Risiko von 1:100.000 (10^{-5}) nicht überschreiten [28].

Im Rahmen der Raumordnungsplanung und der Umsetzung der Seveso-II-Richtlinie konkretisiert das niederländische Bau- Raumplanungs- und Umweltministerium (VROM) derzeit die zuvor erwähnten Risikobeurteilungswerte. Bei der Beurteilung von Anlagen, die unter die

Seveso-II-Richtlinie fallen, fordert das VROM die Einhaltung eines standortspezifischen Individualrisikos von 1:1.000.000 (10^{-6}) pro Jahr für Neuanlagen und 1:100.000 (10^{-5}) pro Jahr für bestehende Anlagen. Diese Werte sind bis spätestens zum Jahr 2010 zu erreichen. Bei der Beurteilung wird unterschieden zwischen besonders schutzwürdigen Objekten („vulnerable“) und begrenzt schutzwürdigen Objekten („limited vulnerability“). Hinsichtlich Altanlagen bei begrenzt schutzwürdigen Objekten (limited vulnerability) sind großzügigere Übergangsregelungen vorgesehen, da bei einer Frist bis 2010 die volkswirtschaftlichen Kosten in diesem Falle als unproportional hoch eingeschätzt werden [29].

Des Weiteren werden die im Bild 5 aufgeführten Kriterien für das Bevölkerungsrisiko (Kollektivrisiko) verwendet.

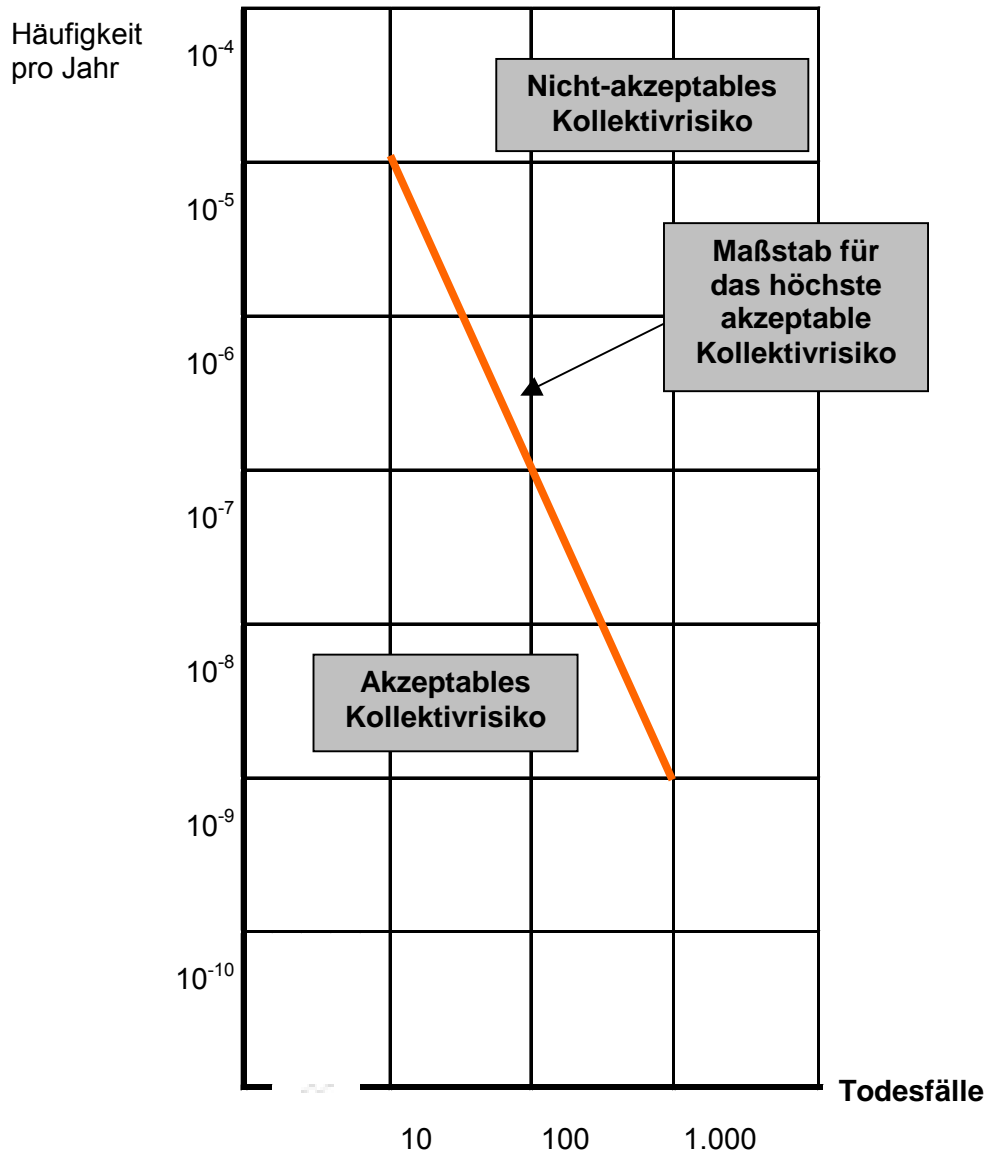


Bild 5: Grenzwerte für das Kollektivrisiko in den Niederlanden nach [17]

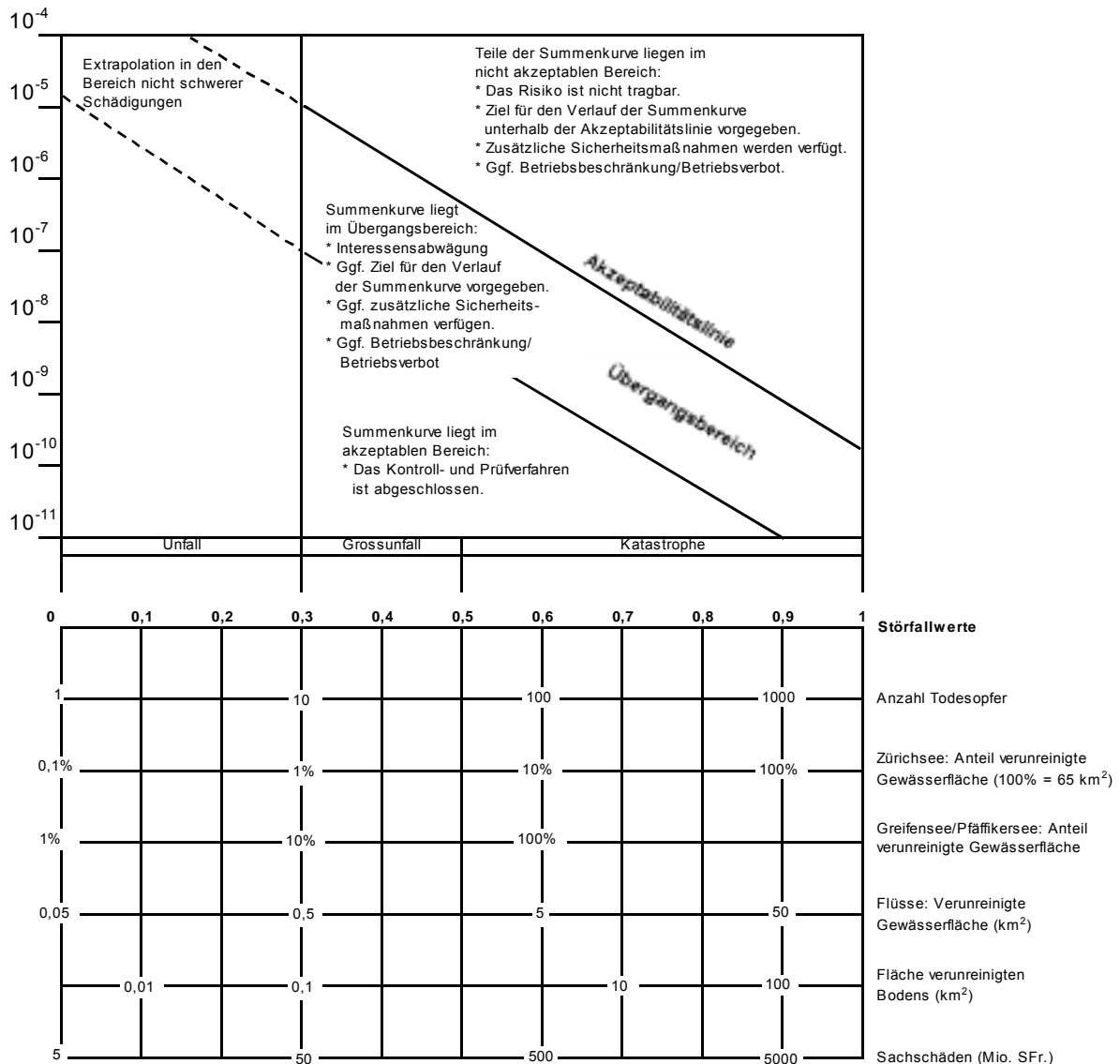
2.4.2 Schweiz

Ausgehend von der gesellschaftlichen Diskussion um die Kernenergie, aber auch über die Folgen von Naturkatastrophen und technischen Großunfällen, verbunden mit einem ausgeprägten nationalen Sicherheitsbedürfnis gegen Ende des kalten Krieges, intensivierte sich die Risikodiskussion in der Schweiz Ende der 80er Jahre des letzten Jahrhunderts. Im Kontext regionaler Sicherheitspläne [30] oder nationaler Risikoerhebungen [31] wurde die Anwendung quantitativer Parameter zur Risikocharakterisierung und –bewertung landesweit üblich.

Typischerweise umfassen die Beurteilungskriterien in der Schweiz mehrere Aspekte, die sowohl Einwirkungen auf die Bevölkerung, als auch Umwelt- und Sachschadensparameter enthalten. So liegt zum Beispiel im Kanton Zürich ein potentiell Störfallszenario mit einer theoretischen Anzahl von Todesopfern von weniger als 10, einer Bodenverunreinigung von unter 0.1 km² und einem Sachschaden von unter 50 Millionen SFr bei einer Auftretenswahrscheinlichkeit von 1:100.000 (10^{-5}) pro Jahr, durchaus im genehmigungsrechtlichen Rahmen [32] (s. Bild 6). Gleichermaßen fanden z.B. im Rahmen der o.a. „Umfassenden Risikoanalyse Schweiz“ Bewertungsparameter Anwendung, bei dem – im nationalen Rahmen gesehen – Auswirkungen auf weniger als 100 Personen als „unbedeutend“ eingestuft wurden.

In der Praxis verwendete Risikokategorien

Beispiel aus dem Kanton Zürich



Beispiel eines Häufigkeits-Schadensausmaß-Diagramms mit Beurteilungskriterien und Zuteilung von Störfallwerten für die zur Anwendung gelangenden Schadensindikatoren. Schädigungen $\geq 0,3$ gelten als schwere Schädigungen. Dieses Vorgehen gilt für Betriebe mit Stoffen, Erzeugnissen oder Sonderabfällen. (Nach Koordinationsstelle für Störfallvorsorge Kanton Zürich)

Bild 6: Risikokategorien aus dem Kanton Zürich (aus [32])

2.4.3 Großbritannien

Die Diskussion um die Vertretbarkeit von Risiken hat in Großbritannien eine vergleichsweise lange Tradition und steht ursprünglich in engem Zusammenhang mit der gesellschaftlichen Diskussion um die Ausweitung der Kernenergie in den frühen achtziger Jahren des letzten Jahrhunderts. Resultierend aus diesem Diskussionsprozess formulierte die britische Health and Safety Executive (HSE) den Ansatz des ALARP-Prinzips (As Low As Reasonably Practicable)¹³. Der britischen Regulierungsphilosophie liegt zu Grunde, dass ein gewisses Maß an Risiko vertretbar ist, wenn dafür ein entsprechender gesellschaftlicher Nutzen unterstellt werden kann.

Insgesamt sieht die britische HSE bei einem jährlichen Todesfallrisiko (Individualrisiko) von 1:1 Million (10^{-6}) die Schwelle erreicht, bei der zusätzliche Kosten zur Risikovorsorge nicht mehr im Verhältnis zum Sicherheitszugewinn stehen. Gleichzeitig wird ein jährliches Todesfallrisiko höher als 1: 10.000 (10^{-4}) als nicht mehr vertretbares Risiko für die Öffentlichkeit angesehen. Die zwischen den Schwellen 10^{-6} und 10^{-4} befindliche Zone wird als ALARP-Zone angesehen, bei der fallbezogen und unter Berücksichtigung einer Kosten-Nutzenabwägung ein vertretbares Risiko von der Aufsichtsbehörde festgelegt wird [33].

In Anerkennung der gesellschaftlichen Wahrnehmungskriterien von Risiken hat die britische HSE diesen Ansatz vor kurzem weiter präzisiert. Das Kriterium des nicht vertretbaren Risikos wurde um den Großunfall erweitert, bei dem die Häufigkeit von 1:5.000 pro Jahr besteht, dass bei einem Ereignis mehr als 50 Personen auf einmal getötet werden [34]. Dieser zunächst als relativ hoch erscheinende Wert ist als Summe aller von einer Industrietätigkeit (z.B. sämtliche chemische Produktions- und Lageranlagen eines Betreibers an einem Standort, eine Pipeline oder eine Eisenbahnstrecke, die zum Transport gefährlicher Güter dient) ausgehenden Risiken für bestehende Bebauungssituationen zu verstehen¹⁴. Im Bereich des land-use planning hält die britische HSE ein individuelles Todesfallrisiko von weniger als 1:1.000.000 (10^{-6}) für vertretbar. Im Gegensatz dazu würde ein individuelles, hypothetisches Todesfallrisiko von mehr als 10:1.000.000 (10^{-5}) für Anwohner zur Verweigerung der

¹³ so niedrig, wie vernünftigerweise durchführbar

¹⁴ Die Kriterien sind anhand so genannter FN-Kurven entwickelt worden, die auf den Untersuchungen zu den von der Gesellschaft tolerierten Risiken im Umfeld der Industrieanlagen bei Canvey Island basieren. Berichte zu den Risiken, die von den Anlagen bei Canvey Island ausgehen [62] [63], wurden im Parlament diskutiert und nach Nachbesserungen wurden die Risiken von den Ministern als gerade noch vertretbar eingestuft.

Genehmigung führen. Also auch in diesem Fall hält die HSE an einer unterschiedlichen Bewertung von Risiken aufgrund einer beruflichen Tätigkeit (bei der eine gewisse Freiwilligkeit unterstellt wird) und dem Risiko für die Öffentlichkeit fest.

Suggested maximum tolerable risk to workers in any industry				10^{-3}
Suggested maximum tolerable risk to any member of the public from any large-scale industrial hazard		Range of risk to average worker	of risk to radiation	10^{-4}
				10^{-5}
	Range of risk to members of the public living near nuclear installations from normal operation*		Range of risk to members of the public living near nuclear installations from any kind of nuclear accident*	10^{-6}
			Range of risk to the average members of the UK public from normal operation plus possible nuclear accidents	10^{-7}
<p>★ It is very difficult to assign a probability to the risk borne by people who live close to a plant from its normal operation, since any doses which may be received by individuals are not only very small but are unascertainable; for instance only a very few people living close to a few plants are regularly exposed. The estimate gives only a broad idea of the risks borne by the whole range of people living close enough to be affected, on pessimistic assumptions.</p>				

Bild 7: Vertretbare (links) und beobachtete (rechts) Risiko-Niveaus für Arbeitnehmer und die Öffentlichkeit (Wo angebracht, setzen die benannten Risikobereiche voraus, dass die Risiko-Faktoren entsprechend den neueren Vorschlägen des NRPB (National Radiological Protection Board) angehoben werden) - aus [33]

2.4.4 USA

In den USA wurden Risikostudien bezüglich der Akzeptanz von Technikrisiken bereits Mitte der 70er Jahre des vergangenen Jahrhunderts öffentlich kontrovers diskutiert. Als besonders hervorzuhebendes Beispiel sei hier der 1975 veröffentlichte sog. „Rasmussen-Report“ zur Sicherheit der kommerziell genutzten Atomkraftwerke genannt [35]. Hier wurden systematisch Risikoszenarien für Reaktorunfälle auf der Basis von Fehler- und Ereignisbäumen entwickelt und der Exposition alltäglicher Risiken (Autounfall, Blitzschlag, etc.) gegenübergestellt.

Seitdem hat sich die Risikobetrachtung („Risk Assessment“) als integraler Bestandteil bei der Entwicklung von Gesetzen und Vorschriften etabliert [36]. Häufig werden bei Betrachtung von Umwelt- und Gesundheitsrisiken Szenarien über lebenslange (70 Jahre) oder jährliche krebsinduzierte Todesfallrisiken in der Größenordnung von 1:10.000 (10^{-4}), 1:100.000 (10^{-5}), und 1:1.000.000 (10^{-6}) angewendet [37].

Mitte der 80er Jahre entwickelte sich dabei das Konzept des „*de minimis risk*“, wobei davon ausgegangen wird, dass eine Risikoschwelle existiert, unterhalb derer es gesellschaftlich uneffektiv ist, weitere Risikominderung zu betreiben. Im Rahmen des *de minimis risk* haben z.B. die USEPA und die Food and Drug Administration (FDA) Regulierungsschwellen von 1:1.000.000 (10^{-6}) für einen zusätzlichen Todesfall bei einer Million Betroffener über eine Lebensspanne von 70 Jahren vorgeschlagen.

Im Gegensatz dazu stehen sogenannte *de manifestis risks*, mit einem Schwellwert von 4×10^{-4} , den die U.S. Aufsichtsbehörden fast ausnahmslos als nicht vertretbar ansehen. Dieser Wert wird auf 3×10^{-4} abgesenkt, sobald die Gesamtanzahl in der Bevölkerung 250 Krebstote übersteigen könnte [38].

Diese Situation ist aber nur bei sehr großen exponierten Bevölkerungszahlen zu unterstellen. Insgesamt sind diese Risiko-Grenzwerte in den USA gesellschaftlich nicht vollkommen unumstritten [39].

2.4.5 Zusammenfassung

Selbst aus den oben angeführten, stark zusammengefassten Erläuterungen ist zu erkennen, dass die gesellschaftliche Diskussion über quantifizierte vertretbare Risiken von Industrieanlagen in einigen Ländern bereits erheblich fortgeschritten ist.

Dabei zeichnen sich ähnliche Ansätze bei der Festlegung von Grenzwerten oder Bereichen für vertretbare Risiken ab. Die De-minimis-Grenzwerte (s. Kapitel 2.1) für Todesfallrisiken für die allgemeine Bevölkerung bewegen sich tendenziell im Bereich von 1:1.000.000 (10^{-6}) bis 1:100.000.000 (10^{-8}) pro Jahr.

Als wesentlicher Ankerpunkt für die Festlegung von De-minimis-Risiken werden dabei häufig natürliche „Hintergrundrisiken“ wie z.B. Gefährdung durch Blitzschlag oder andere Naturereignisse wie Erdbeben oder Wirbelstürme genannt. Der Schwellenwert des nicht vertretbaren, De-manifestis jährlichen Todesfallrisikos scheint sich im Wesentlichen im Bereich von 1:10.000 (10^{-4}) bis 1:1.000.000 (10^{-6}) zu bewegen.

Gleichzeitig haben die Behörden in Großbritannien, den Niederlanden und den USA spezielle Vorsorge getroffen für sogenannte „low probability, high consequence“ Risiken. In beiden Ländern können bei der Möglichkeit einer großen Zahl von Todesfällen stringenter Grenzwerte angewendet werden. Unter Berücksichtigung einer bestimmten Freiwilligkeit, z.B. bei beruflicher Exposition, können allerdings auch höhere Grenzwerte zur Anwendung kommen. Innerhalb der vorgenannten Korridore bleibt es aber letztendlich einer gesellschaftlichen und parlamentarischen Risiko-Nutzen Abwägung vorbehalten, präzisere Festlegungen vorzunehmen.

Dessen ungeachtet kann die Risikodiskussion in anderen Ländern oder Kulturkreisen natürlich nur eine Illustration oder Hilfestellung für die Entscheidungsfindung in Deutschland sein. Diese Entscheidungsfindung muss sowohl technischen Sachverstand, als auch gesellschaftliche Wertvorstellungen berücksichtigen [40].

In diesem Zusammenhang setzen sich international zunehmend diskursive, bzw. auch analytisch-deliberativ genannte Verfahren wie z.B. in Großbritannien [41] oder den USA [42] durch. Das Ziel des analytisch-deliberativen Ansatzes ist, eine potentiell risikobehaftete Situation präzise, umfassend und entscheidungsrelevant zu beschreiben, unter expliziter Berücksichtigung der wesentlichen Bedenken der betroffenen Parteien, und diese Information in einer für alle Beteiligten und politischen Entscheidungsträger verständlichen Form zugänglich zu machen. Analytisch-deliberative Verfahren, wie z.B. vom amerikanischen National Research Council (NRC) gefordert, zielen vor allem auf den Prozess der Risiko-

charakterisierung ab. Dabei ist zu beachten, dass der Prozess der Risikocharakterisierung bereits vor dem Eintritt in die Risikoanalyse beginnt, und nicht das ausschließliche Ergebnis der letzteren ist. Ein analytisch-deliberativer Prozess zur Risikocharakterisierung umfasst sowohl rigorose technisch-wissenschaftliche Analyse, als auch Elemente der gemeinsamen Reflektion, Diskussion und Kommunikation zur Verbesserung des gegenseitigen Verständnisses und der kollektiven Entscheidungsfindung.

Die Überlegungen zum analytisch-deliberativen Verfahren lassen sich sicherlich auch als wertvolle Hilfestellung bei der noch ausstehenden gesellschaftlichen Diskussion in Deutschland verwenden [41], [42].

3 Risiko, die rechtliche Einordnung und Darstellung in Deutschland

In der heutigen Gesellschaft zählen bestehende und potentielle Risiken und der Begriff Risiko selbst zu den häufig, auch oft sehr kontrovers, diskutierten Themen. Im vorliegenden Kapitel wird deshalb zunächst versucht den Begriff Risiko und den Umgang mit Risiken (Rechte und Pflichten) aus rechtlicher Sicht zu beleuchten. Dem Auftrag der Störfall-Kommission entsprechend geschieht dies insbesondere im Hinblick auf das Technik-Recht und den Bereich der Gültigkeit der Störfall-Verordnung.

Ausgehend von einer mehr generellen Diskussion des Kalkar-Urteils im Hinblick auf die rechtlichen Verpflichtungen, die sich für die Anwendung von Technik auch aus dem Grundgesetz ergeben (Kapitel 3.1 und 3.2), beschäftigt sich Kapitel 3.3 ff mit den Anforderungen der Störfall-Verordnung zur Ermittlung und Begrenzung von Risiken von Anlagen und Betriebsbereichen, die der Störfall-Verordnung unterliegen, und zeigt kurz notwendige Organisations- (Sicherheitsmanagement, Alarm- und Gefahrenabwehr) und Dokumentationsanforderungen (Alarm- und Gefahrenabwehrpläne, Sicherheitsbericht).

3.1 Verfassungsmäßige Anforderungen an die Begrenzung technischer Risiken

Es ist Verpflichtung aller staatlichen Gewalt, die Würde des Menschen zu achten und zu schützen. Die Bundesrepublik Deutschland als industriell geprägter Rechts- und Sozialstaat steht als Folge dessen unter anderem in der Verantwortung dafür, dass durch Nutzung der modernen Technik

- der Mensch in seinem Recht auf Leben und körperliche Unversehrtheit nicht unzumutbar beeinträchtigt wird,
- die Umwelt durch gefährliche Stoffe oder Anlagen nicht zerstört oder irreversibel geschädigt wird,
- Ressourcen optimal und vor allem nachhaltig genutzt werden.

Im Bereich des technischen Sicherheitsrechts führt dies für den Staat zu der Verpflichtung, seinen Bürgern ein ausreichendes Maß an öffentlich-technischer Sicherheit zu gewährleisten. Das heißt für Risiken, die sich aus natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Forschung, der Anwendung daraus gewonnener Ergebnisse und technischer Vollzugsweisen - beispielsweise Schaffung und Betrieb technischer Produkte, Prozesse, Anlagen, Systeme und daraus resultierende Folgewirkungen betreffend – ergeben, muss ein ausreichender Schutz sichergestellt werden.

Zu den verfassungsrechtlichen Grundlagen und Geboten der Gefahrenabwehr und Risikoversorge im Bereich des Technikrechts – speziell im Atomrecht - hat das Bundesverfassungsgericht bereits im Jahre 1978 im sogenannten „Kalkar-Beschluss“¹⁵ umfassend Stellung genommen. Die Bundesregierung hat bei der Schaffung der Störfall-Verordnung ausdrücklich auf den „Kalkar-Beschluss“ Bezug genommen und versucht, die dort gewonnenen Erkenntnisse, insbesondere hinsichtlich der hinzunehmenden Restrisiken normativ zu umschreiben.¹⁶

Bei der Nutzung moderner Technik kann die Wahrscheinlichkeit (des Eintrittes) eines künftigen Schadens nie mit letzter Sicherheit ausgeschlossen werden, so dass Genehmigungen technischer Anlagen auch bei bestehenden Restrisiken möglich sind.¹⁷

Die Ursache der verbleibenden Ungewissheiten erblickt das Bundesverfassungsgericht in den Grenzen menschlichen Erkenntnisvermögens. Ist die Möglichkeit künftiger Schäden durch die Errichtung oder den Betrieb einer Anlage oder durch ein technisches Verfahren abzuschätzen, ist weitgehend auf Erfahrungswissen zurückzugreifen. Dies ist, „solange menschliche Erfahrung nicht abgeschlossen ist, aber immer nur Annäherungswissen, das nicht volle Gewissheit vermittelt, sondern durch jede neue Erfahrung korrigierbar ist und sich insofern immer nur auf dem neuesten Stand unwiderlegten möglichen Irrtums befindet“.¹⁸

Wenn also das Recht die Herstellung und Verwendung potentiell gefährlicher technischer Systeme nicht untersagt, sondern bei Einhaltung bestimmter Sicherheitsauflagen zulässt, so definiert es mit den vorgeschriebenen Sicherheitsstandard zugleich das verbleibende, rechtlich erlaubte technische Risiko [56].¹⁹ Dem Gesetzgeber ist es aufgrund der stetigen wissenschaftlichen, technologischen und technischen Fortentwicklung und der vielschichtigen und verzweigten Probleme technischer Fragen und Verfahren jedoch in der Regel nicht möglich, sämtliche sicherheitstechnischen Anforderungen, denen die jeweiligen Anlagen oder

¹⁵ Beschluss vom 08.08.1978, BVerfGE 49, 89 ff

¹⁶ BR-Drucksache. 108/80 [55]

¹⁷ vgl. neben der Kalkar-Entscheidung u. a. auch BVerfGE 53, 30 [57 f] „Mühlheim-Kärlich“; BVerwGE 55, 250 [254] „Voerde-Urteil“

¹⁸ BVerfGE 49, 89 [143]

¹⁹ Marburger, Peter: Die Regeln der Technik im Recht, S. 122 [56]

Gegenstände genügen sollen, bis ins einzelne festzulegen.²⁰ Er ist verfassungsrechtlich auch gerade nicht gehalten, über die Festlegung auf einen unbestimmten Rechtsbegriff hinaus „die möglichen Risikoarten, Risikofaktoren, die Verfahren zu ihrer Ermittlung oder feste Toleranzwerte zu bestimmen“. „Die gesetzliche Fixierung eines bestimmten Sicherheitsstandards durch die Aufstellung starrer Regeln würde ...die technische Weiterentwicklung wie die ihr jeweils angemessene Sicherung der Grundrechte eher hemmen als fördern. Sie wäre ein Rückschritt auf Kosten der Sicherheit.“

Auch die in die Zukunft hin offene Fassung des § 3 Abs. 2 der Störfall-Verordnung, nach der Gefahrenquellen oder Eingriffe, die vernünftigerweise als Störfallursachen ausgeschlossen werden können, bei der Erfüllung der Betreiberpflichten unberücksichtigt bleiben können, bzw. des § 3 Abs. 4 Störfall-Verordnung, nach der die Beschaffenheit und der Betrieb der Anlagen eines Betriebsbereiches dem Stand der Sicherheitstechnik entsprechen müssen, dient damit einem dynamischen Grundrechtsschutz.

Der Gesetzgeber könnte Schutzziele in Form von Risikogrenzwerten formulieren, aber weder der Gesetzgeber noch die Rechtsprechung sollten verbindliche Festlegungen hinsichtlich der konkreten Ermittlung von Risiken und Ausgestaltung der Risikovorsorge treffen. Der Exekutive verbleibt dann ein Auslegungs- und Einschätzungsspielraum hinsichtlich Risikoermittlung und –bewertung im Einzelfall.

Es ist ferner denkbar, Risikogrenzwerte, auch in quantitativer Form, im Rahmen Technischer Regeln niederzulegen, wobei im begründeten Einzelfall eine Abweichung von der Gestaltung der Technischen Regel möglich bleibt. Dies ist jedoch unter anderem davon abhängig, dass in der Technischen Regel die gesellschaftliche Weiterentwicklung ausreichend berücksichtigt ist.

3.2 Bestimmung zulässiger Risiken

Die erforderliche Risikoreduzierung sucht das Technik- und Umweltrecht zunächst mit Mitteln der Gefahrenabwehr im Einzelnen zu erreichen. In einigen Bereichen - beispielsweise bei den Regelungen zur Beförderung gefährlicher Güter (z.B. RID/ADR) und besonders im Immissionsschutz- bzw. Störfallrecht (Bundes-Immissionsschutzgesetz und Störfall-Verordnung) – werden darüber hinaus Vorkehrungen nach dem Stand der Sicherheitstechnik zur

²⁰ BVerfGE 49, 89 [134]

Risikoreduzierung bis unterhalb einer gewissen, jedoch nicht näher quantifizierten „Gefahrenschwelle“ verlangt.

Die Regelungsaufgabe des Technik- und Umweltrechts besteht demzufolge darin, an der nicht näher quantifizierten Gefahrenschwelle das „zulässige“ von „unzulässigem“ Risiko zu trennen, indem ein vertretbares Risiko bzw. Grenzkrisiko definiert und damit ein entsprechendes gesellschaftlich akzeptiertes Risiko bzw. Restrisiko als zulässig erachtet wird.²¹ Hierzu werden Beschaffenheits- und Verhaltensanforderungen normiert, die sich auf Herstellung, Betrieb, Wartung, Prüfung und Entsorgung von Anlagen, Anlagenteilen sowie Herstellung, Verwendung, Umschlag, Beförderung und Entsorgung von (gefährlichen) Stoffen beziehen.

Da das Grenzkrisiko in Deutschland im Allgemeinen nicht quantitativ erfasst wird, wird es in der Regel durch sicherheitstechnische Festlegungen beschrieben. Sicherheitstechnische Festlegungen sind Angaben über technisch-wissenschaftliche Werte und Maßnahmen sowie Verhaltensanweisungen, deren Einhaltung im Rahmen des jeweiligen technisch-wissenschaftlichen Konzeptes sicherstellen soll, dass das jeweilige Grenzkrisiko nicht überschritten wird. Auf diese Weise wird also eine Sachlage beschrieben, bei der das Risiko kleiner als das jeweilige Grenzkrisiko ist.

Zusammenfassend gelten für die Festlegung des vertretbaren Risikos also folgende Grundsätze:

- 1 Es gibt keine absolute Sicherheit im Sinne eines "Nullrisikos" (selbst bei Verzicht auf Anlagen oder Nichtanwendung von Verfahren mit schwer oder nicht beherrschbaren Risiken kann es zur Verlagerung von Risiken kommen).
- 2 Mit der Einführung verschiedener technisch-wissenschaftlicher Entwicklungen sollen nach Möglichkeit keine unterschiedlichen Risiken für die zu schützenden Rechtsgüter verbunden sein (Risikoäquivalenz).
- 3 Der Maßstab für das vertretbare Risiko wird nicht durch das Schutzbedürfnis zu betrachtender Rechtsgüter allein bestimmt. Es ergibt sich vielmehr aus dem Abwägungsprozess zwischen Chancen und Risiken, die mit der Einführung technisch-wissenschaftlicher Entwicklungen verbunden sind (Risikoadäquanz).

Die Festlegung eines Grenzkrisikos bzw. seine Konkretisierung setzt aber voraus, dass die mit technischen Produkten, Prozessen, Anlagen und Vorgängen verbundenen Risiken

²¹ (s. Kapitel 2.1).

hinreichend bekannt und kommunizierbar, also nach Art und Größe entsprechend darstellbar sind. Das bedeutet andererseits - wie bereits erwähnt -, dass im Einzelfall Tätigkeiten, deren Risiken nicht hinreichend bekannt oder nicht beherrschbar sind, nicht zugelassen werden dürfen.

Die im oben zitierten Kalkar-Urteil getroffenen Überlegungen sind im Hinblick auf die qualitative und quantitative Festlegung des vertretbaren Risikos von unmittelbarer Bedeutung:

Bei der Ermittlung der „Möglichkeit künftiger Schäden, die durch die Errichtung oder den Betrieb einer Anlage oder durch ein technisches Verfahren entstehen können, ist ... weitgehend auf Schlüsse aus der Beobachtung vergangener tatsächlicher Geschehnisse auf die relative Häufigkeit des Eintritts und den gleichartigen Verlauf gleichartiger Geschehnisse in der Zukunft“ abzuheben. Fehlt eine ausreichende Erfahrungsgrundlage hierfür, ergeben sich Beschränkungen auf Schlüsse aus simulierten Verläufen. „Erfahrungswissen dieser Art, selbst wenn es sich zur Form des naturwissenschaftlichen Gesetzes verdichtet hat, ist, solange menschliche Erfahrung nicht abgeschlossen ist, immer nur Annäherungswissen, das nicht volle Gewissheit vermittelt, sondern durch jede neue Erfahrung korrigierbar ist“. Von der staatlichen Rechtsordnung im Hinblick auf die bestehende Schutzpflicht „eine Regelung zu fordern, die mit absoluter Sicherheit Grundrechtsgefährdungen ausschließt, die aus der Zulassung technischer Anlagen und ihrem Betrieb möglicherweise entstehen können, hieße die Grenzen menschlichen Erkenntnisvermögens verkennen und würde weithin jede staatliche Zulassung der Nutzung von Technik verbannen“. Die Gestaltung der Sozialordnung kann insofern nur auf der Grundlage von Abschätzungen anhand praktischer Vernunft vorgenommen werden²².

Im Hinblick auf den Anwendungsbereich der Störfall-Verordnung ergibt sich mit anderen Worten also folgendes:

Genehmigungen von Anlagen in Betriebsbereichen oder bestimmten sonstigen Anlagen sind nur dann zulässig, wenn es praktisch ausgeschlossen erscheint, dass sich in einem Betriebsbereich oder einer Anlage ein Ereignis ergibt, welches zu einer ernststen Gefahr oder bestimmten Sachschäden führt. „Ungewissheiten jenseits dieser Schwelle praktischer Vernunft haben ihre Ursachen in den Grenzen menschlichen Erkenntnisvermögens; sie sind unentrinnbar und insofern als sozialadäquate Lasten von allen Bürgern zu tragen“.

²² in der Begründung zum Kalkar-Urteil [BVerfGE 49, 89 S. 143] findet sich hierzu folgender Originaltext: „Für die Gestaltung der Sozialordnung muss es insoweit bei Abschätzungen anhand praktischer Vernunft bewenden“

Von diesen Grundsätzen höchstrichterlicher Rechtsprechung hat sich der Arbeitskreis „Technische Systeme, Risiko und Verständigungsprozesse“ der Störfall-Kommission bei der vorliegenden Ausarbeitung zum „Risikomanagement im Rahmen der Störfall-Verordnung“ leiten lassen.

3.3 Vorgaben der Störfall-Verordnung zur Begrenzung des Risikos

Zu den Pflichten eines Betreibers gehört es nach Störfall-Verordnung (vgl.- auch § 2 Nr. 4 „ernste Gefahr“ und § 3 „Allgemeine Betreiberpflichten“):

- die nach Art und Ausmaß der möglichen Gefahren erforderlichen Vorkehrungen zu treffen, um Störfälle zu verhindern und dadurch
 1. das Leben und die Gesundheit von Menschen nicht zu gefährden,
 2. die Umwelt und Sachgüter nicht unvertretbar nachteilig zu schädigen,
- vorbeugend Maßnahmen zu treffen, um die Auswirkungen von Störfällen so gering wie möglich zu halten (Betreiberpflicht).
- Die Beschaffenheit und der Betrieb der Anlagen des Betriebsbereichs müssen dem Stand der Sicherheitstechnik entsprechen.

Nach § 3 Abs. 2 der Störfall-Verordnung hat der Betreiber zunächst die nach Art und Ausmaß der möglichen Gefahren erforderlichen Vorkehrungen zu treffen, um Störfälle zu verhindern, es sei denn, dass diese Gefahrenquellen oder Eingriffe als Störfallursachen vernünftigerweise ausgeschlossen werden können.

Generell sind für verschiedene Gefahrenquellen die vertretbaren Risiken impliziert, deren Vorgabe seitens des Staates erfolgt und deren Bewertung i.d.R. auf „expert judgement“ und Erfahrung beruht. Dabei geht der Ordnungsgeber offensichtlich davon aus, dass das Risiko hinreichend gering ist, wenn hinreichende Vorkehrungen getroffen worden sind, dass das Wirksamwerden der dann noch verbleibenden Gefahrenquellen so unwahrscheinlich ist, dass sie „vernünftigerweise ausgeschlossen werden können“. Dieser Bewertung liegt zu Grunde, dass dann die Eintrittshäufigkeit eines Störfalles so gering ist, dass selbst bei hohem möglichen Schaden das Risiko als vertretbar angenommen wird: Die vertretbare Eintrittshäufigkeit ist dabei aber auch von der zu erwartenden Schwere der Auswirkungen

abhängig (Risikoproportionalität). D.h. die Eintrittshäufigkeit muss bei zu erwartenden schweren Auswirkungen entsprechend niedrig sein ²³.

Wird z.B. eine betriebliche Gefahrenquelle betrachtet, deren Wirksamwerden nicht von vornherein vernünftigerweise ausgeschlossen werden kann, dann müssen Maßnahmen definiert und umgesetzt werden, die die Möglichkeit, dass diese Gefahrenquelle wirksam werden kann, soweit reduzieren, dass sie vernünftigerweise als ausgeschlossen angesehen werden kann.

Zur Verhinderung von Gefahren sind nach Störfall-Verordnung Risikominderungsmaßnahmen soweit durchzuführen, dass der „grüne Bereich“ (s.a. Bild 2) erreicht wird.

Darüber hinaus müssen Beschaffenheit und der Betrieb von Anlagen, die der Störfall-Verordnung unterliegen, dem Stand der Sicherheitstechnik entsprechen. Dabei ist der Stand der Sicherheitstechnik im Sinne des § 2 Abs. 5 der Störfall-Verordnung der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme zur Verhinderung von Störfällen oder zur Begrenzung ihrer Auswirkungen gesichert erscheinen lässt²⁴. Die Pflicht beruht auf der Annahme, dass sich der Stand der Sicherheitstechnik dynamisch in Richtung einer Reduktion von Risiken entwickelt.

Zur Bewertung, ob der Stand der Sicherheitstechnik eingehalten wird, sind fortschrittliche Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen, die sich im Betrieb bewährt haben oder die zumindest mit Erfolg im Betrieb erprobt worden sind, als Beurteilungsgrundlage heranzuziehen. Es können auch solche Maßnahmen dem Stand der Sicherheitstechnik entsprechen, die noch nicht im Betrieb erprobt worden sind. Hierbei muss jedoch sichergestellt sein, dass die praktische Eignung solcher Maßnahmen zur Verhinderung von Störfällen oder zur Begrenzung ihrer Auswirkungen aus dem allgemeinen technischen Entwicklungsstand abgeleitet werden kann.

²³ vgl. die amtliche Begründung zur StörfallIV, Bundesratsdrucksache 108/80, S.31 [55].

²⁴ Ausführlicher ist der Begriff des Standes der Sicherheitstechnik gemäß § 2 Abs. 3 der Störfall-Verordnung (in der Fassung der Bekanntmachung vom 20. September 1991) in Anlehnung an § 3 Abs. 6 des BImSchG definiert. Im Unterschied zu § 3 Abs. 6 BImSchG ist hier nicht auf Maßnahmen zur Begrenzung von Emissionen während des bestimmungsgemäßen Betriebs abzustellen, sondern auf Sicherheitsvorkehrungen zur Verhinderung von Störfällen und zur Begrenzung möglicher Auswirkungen. Die Sicherheitsvorkehrungen können technischer und organisatorischer Art sein.

Bei der Beurteilung, ob der Stand der Sicherheitstechnik eingehalten wird, können im Hinblick auf § 2 Abs. 3 der Störfall-Verordnung auch Erkenntnisse über

- vergleichbare Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen,
- die Kombination oder Verknüpfung unterschiedlicher Sicherheitsmaßnahmen oder
- Sicherheitsvorkehrungen in anderen Anlagearten, die hinsichtlich ihrer Technologie und der eingesetzten Stoffe mit der betrachteten Anlage vergleichbar sind

herangezogen werden.

Im untergesetzlichen technischen Regelwerk (u.a. in Richtlinien, Normen, etc.) besteht hierzu eine breite Erfahrungsgrundlage, insbesondere bei bereits länger bekannten und bewährten Verfahren. Darüber hinaus kann mit diesen Verfahren auch entsprechend im Betrieb Erprobtes Einsatz finden.

Ergänzend ist Folgendes anzumerken: Nach der Störfall-Verordnung geht es bei der Betrachtung von „Systemsicherheit“ nicht nur um rein technische Sicherheit, sondern auch - wie bereits mehrfach angedeutet - um die Wechselwirkung von Menschen und Organisationen mit den technischen Systemen. Aus diesem Grunde wurden mit der Novellierung der Störfall-Verordnung erstmals die Forderungen nach einer „sicherheitsgerichteten Organisation“ im Rahmen von Sicherheitskonzepten und Sicherheitsmanagementsystemen verpflichtend eingeführt (vgl. [7], [8], [9]).

Zusätzlich ist zu bedenken, dass nach den „Regeln“ ausgelegte und aufgebaute Einrichtungen und Systeme durch nicht regelgerechtes Nutzen oder andere Einflüsse gestört werden und in Folge dann unerwünschte Auswirkungen eintreten könnten. Sind diese wiederum nicht vertretbar, dann müssen die Rahmenbedingungen so grundsätzlich verändert werden, dass derartige Störungen entweder trotzdem vermieden werden oder, wenn dies nicht erreichbar ist, dass das möglicherweise aktivierte Gefahrenpotential nicht mehr als die vertretbaren Auswirkungen nach sich ziehen kann, das vertretbare Risiko also in jedem Fall nicht überschritten wird.

Im Folgenden werden die Abschnitte der Störfall-Verordnung [4] betrachtet, die sich explizit mit dem Thema Risiko befassen.

3.4 Sicherheitsbericht nach Störfall-Verordnung Anhang II, Abschnitt IV

In Anhang II der Störfall-Verordnung sind die Mindestangaben im Sicherheitsbericht beschrieben. Abschnitt IV (Nrn. 1 – 3) beschreibt die „Ermittlung und Analyse der Risiken von Störfällen und Mittel zur Verhinderung solcher Störfälle“. Danach sind Szenarien [5] möglicher Störfälle nebst ihrer Wahrscheinlichkeit und den Bedingungen für ihr Eintreten, einschließlich einer Zusammenfassung der Vorfälle, die für das Eintreten jedes dieser Szenarien ausschlaggebend sein könnten, unabhängig davon, ob die Ursachen hierfür innerhalb oder außerhalb der Anlage liegen, eingehend zu beschreiben (Nr. 1), das Ausmaß und die Schwere der Folgen der ermittelten Störfälle abzuschätzen (Nr. 2) und die technischen Parameter sowie Ausrüstungen zur Sicherung der Anlagen zu beschreiben (Nr. 3).

Mögliche Szenarien sind dabei insbesondere Brand, Explosion und Stofffreisetzung. Das bedeutet nicht, dass das größte vorstellbare Ereignis zu beschreiben ist, sondern insbesondere die Störfälle, die im Sinne der „praktischen Vernunft“ nicht ausgeschlossen werden können oder „dennoch“ eintreten könnten (vgl. [6]).

Sowohl die Wahrscheinlichkeit als auch die Bedingungen für das Eintreten (Ursachenanalyse) dieser Szenarien sind demnach eingehend zu beschreiben. Hierzu dienen insbesondere die im Kapitel 5 aufgeführten Modelle der Gefahren- und Risikobewertung.

Es ist darauf hinzuweisen, dass es sich bei jeder Modellierung um eine Abschätzung handelt, auch wenn ggf. numerische Ergebnisse erzeugt werden.

3.5 Sicherheitsmanagementsystem nach Störfall-Verordnung Anhang III (Nrn. 2 und 3)

In Anhang III (Nrn. 2 und 3 (Ziff. a – g)) der Störfall-Verordnung vom 26.04.2000 sind die Grundsätze für das Sicherheitsmanagementsystem geregelt.

Danach ist nach Nr. 3 b) „Ermittlung und Bewertung der Gefahren von Störfällen“ eine „Festlegung und Anwendung von Verfahren zur systematischen Ermittlung der Gefahren von Störfällen bei bestimmungsgemäßigem und nicht bestimmungsgemäßigem Betrieb sowie Abschätzung der Wahrscheinlichkeit und der Schwere solcher Störfälle“ vorzunehmen.

Verlangt wird demnach eine systematische Ermittlung der Gefahren, weitergehende, konkretisierende Regelungen, werden hier nicht getroffen. Insofern ist die Anwendung sowohl quantitativer, halbquantitativer, als auch qualitativer (Klasseneinteilung) Methoden zulässig.

In der Verwaltungspraxis finden, z. B. im Rahmen von immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsanträgen, überwiegend deterministische Methoden Anwendung.

Neue weiter konkretisierende Vorgaben durch den Gesetz- oder Verordnungsgeber, ggf. resultierend aus der Störfall-Verordnung vom 26.04.2000 (Abschätzung der Wahrscheinlichkeit), liegen nicht vor.

3.6 Alarm- und Gefahrenabwehrpläne nach Störfall-Verordnung Anhang IV (Nr. 4)

Der Anhang IV der Störfall-Verordnung befasst sich mit „Informationen in den Alarm- und Gefahrenabwehrplänen“.

So sind „Vorkehrungen zur Begrenzung der Risiken für Personen auf dem Gelände des Betriebsbereichs, einschließlich Angaben über die Art der Alarmierung sowie das von den Personen bei Alarm erwartete Verhalten“ zu treffen (Nr. 4).

Auch diese Regelung ist ein Beispiel für eine grundlegende Verpflichtung der Betreiber von Betriebsbereichen i. S. d. Störfall-Verordnung zur Verringerung des Schadensausmaßes und der Wahrscheinlichkeit von Störfällen durch organisatorische und technische Maßnahmen (z. B. schnelle Alarmierung, optimale Flucht- und Rettungswege, Schutzkleidung, Schutzräume).

3.7 Schlussfolgerungen

- Die Störfall-Verordnung verlangt, dass die Risiken von Störfällen zu ermitteln sind.
 - Die Ermittlung erfolgt durch die Beschreibung der Wahrscheinlichkeit sowie des Schadensausmaßes des jeweiligen Ereignisses.
 - Die Störfall-Verordnung verlangt keine zusammenführende (kombinatorische) Darstellung oder Betrachtung, bzw. Bewertung.
 - Die Störfall-Verordnung verlangt explizit keine numerische Darstellung, schließt sie aber auch nicht aus.

- Das Sicherheitsmanagementsystem beinhaltet Festlegungen hinsichtlich der Vorgehensweise zur Ermittlung von Gefahren und zur Abschätzung (s. Anh. III Nr. 3 b) StörfallIV) der Wahrscheinlichkeit für das Wirksamwerden solcher Gefahren .

4 Risikomanagement

Risikomanagement²⁵ ist ein Prozess, der die Elemente der Risikoabschätzung (Analyse und Bewertung), der Risikominderung und der Risikokommunikation, die in allen Phasen des Prozesses möglich und auch sinnvoll ist, im Hinblick auf die herrschende oder auch herzustellen Risikoakzeptanz miteinander verknüpft.

Die Entscheidungsfindung über die Vertretbarkeit des Risikos für eine konkrete Anlage erfolgt im Rahmen des Risikomanagements zwischen den Beteiligten: Betreiber, Behörde unter Einbeziehung von Sachverständigen, betroffene Öffentlichkeit.

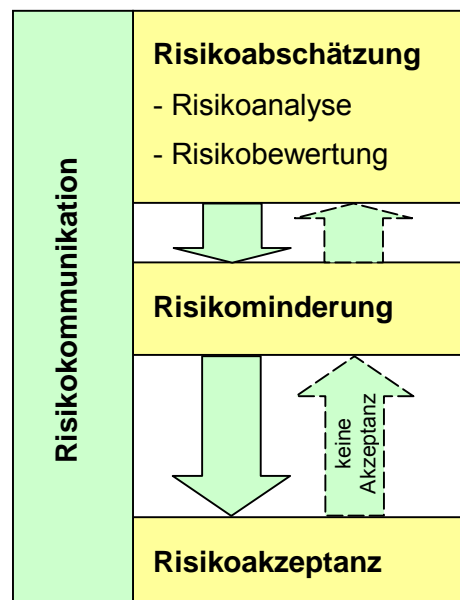


Bild 8: Schritte des Risikomanagements

²⁵ Mit dem Prozess des Risikomanagements hat sich auch die Risikokommission der Bundesministerien für Gesundheit und Umwelt beschäftigt. Anders als die Störfall-Kommission befasste sich die Risikokommission nicht mit Risiken von Anlagen, die der Störfall-Verordnung unterliegen. Daraus erklären sich Unterschiede in der Anwendung der Begriffe (vgl. hierzu Anhang 2).

Die Bestimmung von Risiken und die damit einhergehende Diskussion über die Akzeptanz von Risiken stellt einen insgesamt sehr komplexen und schwierigen Prozess dar. Deshalb muss es beim Risikomanagementprozess darum gehen, diesen Prozess für alle Beteiligten möglichst transparent und nachvollziehbar zu gestalten. Die Gestaltung eines transparenten und nachvollziehbaren Risikomanagementprozesses ist aus Sicht des Arbeitskreises TRV unabdingbare Voraussetzung für die Glaubwürdigkeit der Ergebnisse dieses Prozesses, die dazugehörigen Aussagen zum Risiko einer Maßnahme bzw. einer technischen Anlage und eine mögliche Risikoakzeptanz.

Im Folgenden werden die einzelnen Elemente des Risikomanagements unter Berücksichtigung von ISO Guide 73 in einer Abfolge von Einzelschritten beschrieben. Die Einzelschritte laufen zum Teil als iterativer Prozess ab (vgl. Bild 8).

Dabei wird zuerst die in Deutschland geübte und bewährte Praxis bei der Erstellung von Sicherheitsanalysen (gemäß alter Störfall-Verordnung²⁶) im Rahmen eines Risikomanagementprozesses dargestellt. Diese Vorgehensweise entspricht der deterministischen Risikobetrachtung (vergleiche Kapitel 4.1).

Aufbauend darauf werden anschließend in Kapitel 4.2 die probabilistische Vorgehensweise und die dabei notwendigen zusätzlichen Schritte beschrieben.

In Kapitel 4.3 wird dann auf die mögliche zukünftige Nutzung von probabilistischen Risikoanalysen im Rahmen der Störfall-Verordnung eingegangen.

Anschließend wird der gesamte Risikomanagementprozess (Kapitel 4.4) mit den einzelnen Schritten Risikoabschätzung (Kapitel 4.4.1) und Risikominderung (Kapitel 4.4.2) im Zusammenhang dargestellt.

4.1 Risikobetrachtung/-ermittlung /-bewertung (Risk Assessment) in Deutschland

Seit dem ersten Inkrafttreten der Störfall-Verordnung ist der Umgang mit technischen Risiken in Anlagen, die unter die Störfall-Verordnung fallen, in Deutschland gut etabliert, und es hat sich eine fundierte Vorgehensweise in Zusammenarbeit von Anlagenbetreibern und Genehmigungsbehörden herausgebildet. Dazu müssen gemäß der Störfall-Verordnung vom Betrei-

²⁶ (vom 20. September 1991 (BGBl. I S. 1891), geänd. am 20. April 1998 (BGBl. I S. 723), zuletzt geändert am 03. Mai 2000 (BGBl. I S. 632))

ber Sicherheitsanalysen / -berichte erstellt werden, um nachzuweisen, dass ausreichende sicherheitsgerichtete Maßnahmen zur Verhinderung von Störfällen und zur Begrenzung ihrer Auswirkungen getroffen sind.

In Bild 9 wird zusammenfassend die geübte und bewährte Praxis der Erstellung von Sicherheitsanalysen dargestellt. Die Abbildung zeigt die wesentlichen Teilschritte bei der Durchführung einer Sicherheitsanalyse, sowie –beispielhaft- die jeweils erforderlichen Informationen.

Diese Vorgehensweise der Gefahrenanalyse im Rahmen der Erstellung einer Sicherheitsanalyse nach § 7 alter Störfall-Verordnung (1980 – 1998) entspricht der Vorgehensweise bei der deterministischen Risikoabschätzung. Das Kriterium für eine Risikoakzeptanz ist, dass bei Einhaltung aller in der Sicherheitsanalyse ermittelten Maßnahmen keine ernste Gefahr auftritt (Schutzziel gem. §§ 3-6 Störfall-Verordnung).

- Schritt 1 Zielvereinbarung
Festlegung des Umfanges der Untersuchung. Definition der Schutzziele (z.B. Anlagenauslegung entsprechend dem Stand der Sicherheitstechnik, Sicherheitstechnische Festlegungen, keine ernste Gefahr)
- Schritt 2 Systembeschreibung
Zusammenstellung aller relevanter Informationen über die Anlage und die Umgebung (Anlagendokumentation)
- Schritt 3 Bestimmung sicherheitsrelevanter Anlageteile.
Ermittlung der Anlagenteile mit besonderem Stoffinhalt (Richtwerte z.B. gem. TAA-GS-24) und Schutzeinrichtungen (Störfallverhindernde und auswirkungsbegrenzende technische und organisatorische (Sicherheitsmanagement) Maßnahmen)
- Schritt 4 Gefahrenanalyse
Analyse des Gefahrenpotentials der Anlage unter Berücksichtigung der Wirksamkeit der Schutzeinrichtungen. Durchführung z.B. mittels PAAG, FMEA, etc (vgl. Anhang 1, Kap. I)
- Schritt 5 Sichtung von potentiellen Störungen und Störfällen
Auswertung der Ergebnisse der Gefahrenanalyse hinsichtlich Vollständigkeit und Richtigkeit der auslösenden Ereignisse und der möglichen Störfallszenarien

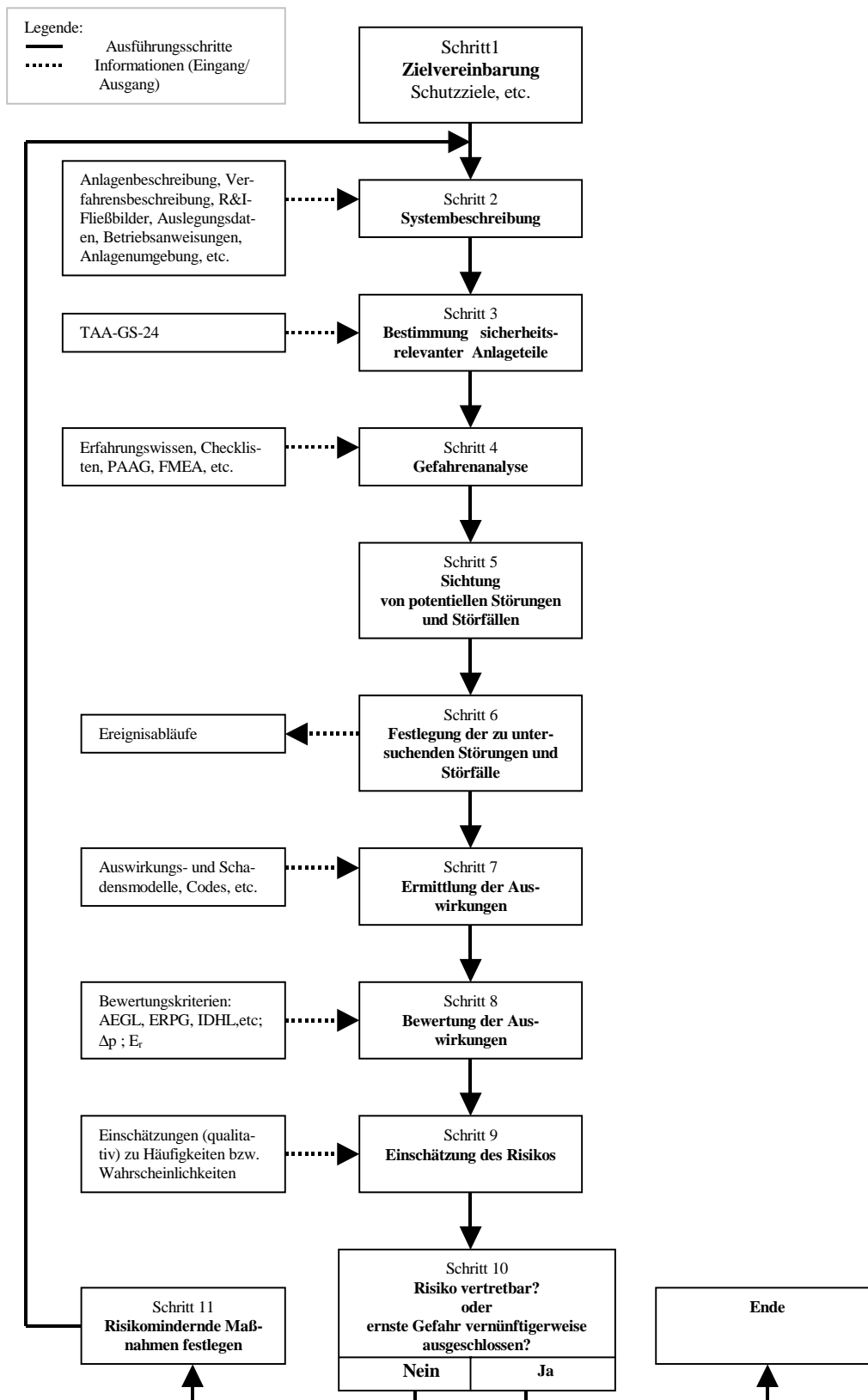


Bild 9: Ablaufschema Vorgehensweise (beispielhaft) bei der deterministischen Risikobetrachtung im Rahmen der Erstellung Sicherheitsanalyse gem. § 7 StörfallV 1980-1998

- Schritt 6 Festlegung der zu untersuchenden Störungen und Störfälle
Festlegung der zu untersuchenden Störfallszenarien. Ergebnis sind die Ereignisabläufe, wobei die Eintrittshäufigkeit des auslösenden Ereignisses und die Versagenswahrscheinlichkeit von Betriebs-/Sicherheitseinrichtungen qualitativ angegeben werden können (Vgl. Kap. 4.4.1.1 bis 4.4.1.3, Anhang 1, Kap. II.1 und Kap. III.2). In diesem Fall wird der Ausfall von Sicherheitseinrichtungen mit Ja/Nein²⁷ (1 = tritt ein / 0 = tritt nicht ein) beschrieben. Ebenso erfolgt die Behandlung des auslösenden Ereignisses Ja/Nein (1/0).
- Schritt 7 Ermittlung der Auswirkungen
Ermittlung der Auswirkungen für die einzelnen Störfallszenarien, z.B. Ausbreitung toxischer Stoffe, Druckwellen (Δp), Wärmestrahlung (E_r) (Vgl. Kap. 4.4.1.4).
- Schritt 8 Bewertung der Auswirkungen
Anhand von Bewertungskriterien wie z.B. AEGL-, ERPG-Werte für Schadstoffe, Grenzwerte für Druckwellenstärke und Wärmestrahlungsintensität werden die berechneten Auswirkungen der einzelnen Störfallszenarien bewertet.
- Schritt 9 Einschätzung des Risikos
Zur Abschätzung des Risikos werden die quantitativ ermittelten (Schritt 7) und bewerteten (Schritt 8) Auswirkungen mit den in Schritt 6 festgelegten Eintrittshäufigkeiten/Versagenswahrscheinlichkeiten für die einzelnen Störfallszenarien kombiniert.
- Schritt 10 Bewertung: Risiko vertretbar oder ernste Gefahr vernünftigerweise ausgeschlossen?
Es ist zu entscheiden, ob das ermittelte Risiko (Schritt 9) vertretbar ist. Entscheidungskriterium ist, ob eine ernste Gefahr eintreten kann oder nicht. Ist das Risiko vertretbar, d.h. eine ernste Gefahr ist vernünftigerweise ausgeschlossen, ist die sicherheitstechnische Auslegung der Anlage akzeptabel (d.h. der Stand der Sicherheitstechnik ist eingehalten). Ist das Risiko nicht vertretbar, so sind risikomindernde Maßnahmen festzulegen.

²⁷ Nein = ".....Störfallursachen vernünftigerweise ausgeschlossen...." (§3(2) Störfall-Verordnung 1991)

○ Schritt 11 Risikomindernde Maßnahmen festlegen

Zur Minderung des ermittelten Risikos sind entsprechende Maßnahmen festzulegen (vgl. Kap. 4.4.2). Zur Bewertung der Eignung der getroffenen Maßnahmen ist eine erneute Risikoabschätzung unter den geänderten Bedingungen durchzuführen (Iterativer Prozess).

Sind keine risikomindernden Maßnahmen möglich, so kann die Anlage nicht gebaut werden.

4.2 Probabilistische Risikobetrachtungen

Störfälle sind seltene Ereignisse. Deshalb kann man nicht, wie beispielsweise im Falle von Massenergebnissen, statistische Zahlen des Vorjahres zur Schätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses heranziehen. Vielmehr bedarf es der sogenannten Ereigniszerlegung, d.h. ein Störfall wird vom Eintritt des auslösenden Ereignisses (z.B. Ausfall der Kühlmittelpumpe bei einem Reaktor mit exothermer Reaktion), bis zur Schadensverursachung in Teilbereiche zerlegt, die wahrscheinlichkeitsevaluiert werden können.

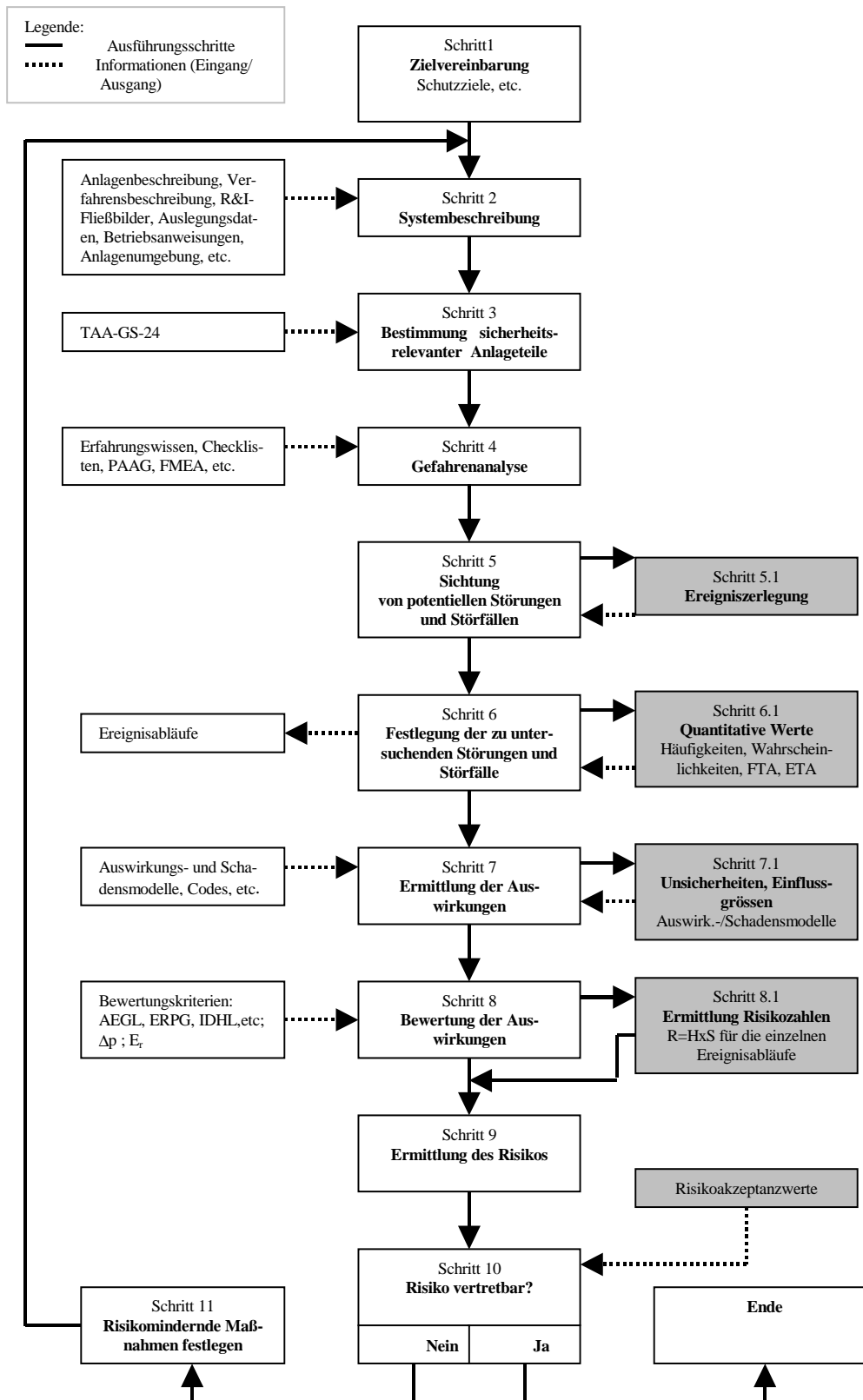


Bild 10: Ablaufschema Vorgehensweise (beispielhaft) bei der probabilistischen Risikobetrachtung im Rahmen der Erstellung Sicherheitsbericht gem. § 9 StörfallV 2000

Auf der Basis der in Kap. 4.1 beschriebenen Vorgehensweise der deterministischen Risikobetrachtung bei der Erstellung einer Sicherheitsanalyse wird deshalb nachfolgend dargelegt, welche Schritte zusätzlich bei einer probabilistischen Risikobetrachtung durchzuführen sind. Dazu wird Bild 9 zugrundegelegt und die sich zusätzlich ergebenden Schritte werden in das Ablaufschema übernommen, siehe Bild 10. Die zusätzlichen Schritte sind den jeweiligen Schritten aus Kap. 4.1 zugeordnet. Sie sind mit der Unternummer 1 gekennzeichnet und in Bild 10 grau hinterlegt.

Es ergeben sich folgende zusätzliche Schritte:

- Schritt 5.1 Ereigniszerlegung
Entsprechend der Untersuchungstiefe sind für die auslösenden Ereignisse und Teilereignisse (z.B. Ausfall einzelner Sicherheitseinrichtungen) die Folgen detailliert herauszuarbeiten. Ihre Eintrittshäufigkeiten und die Eintrittswahrscheinlichkeiten von Komponenten- und/oder Bauteilausfällen sind zu bestimmen. Die Ergebnisse sind für den Schritt 5 als Information bereitzustellen (vgl. Anhang 1, Kap. II.1).
- Schritt 6.1 Quantitative Werte für Häufigkeit und Wahrscheinlichkeit
Für die quantitative Ermittlung von Häufigkeiten und Wahrscheinlichkeiten werden Fehlerbaumanalysen (FTA) und Ereignisablaufanalysen (ETA) für Teilereignisse und Ereignisabläufe (Störfallszenario) durchgeführt. Diese Werte sind für die Untersuchungen im Schritt 6 als Information bereitzustellen.
- Schritt 7.1 Unsicherheiten, Einflussgrößen
Bei der Ermittlung der Störungs-/Störfallauswirkungen sind Unsicherheiten in den Einflussgrößen der Auswirkungs- und Schadensmodelle zu berücksichtigen. Diese Unsicherheiten sind zu bestimmen und für den Schritt 7 als Information bereitzustellen (vgl. Kap. 4.4.1.6).
- Schritt 8.1 Ermittlung Risikozahlen
Die Ergebnisse der Schritte 6/6.1 und 7/7.1 sind im Schritt 8/8.1 zur Ermittlung der Risikozahlen für die einzelnen Ereignisabläufe zusammenzuführen (vgl. Kap. 4.4.1.5).

- Schritt 10 Risikobewertung: Risiko vertretbar? (identisch wie in Kapitel 4.1)
Auf der Basis der ermittelten Risikozahlen wird anhand von Risikoakzeptanzwerten (vgl. 2.4) bewertet, ob das Risiko vertretbar ist oder nicht. Ist das Risiko nicht vertretbar, so sind risikomindernde Maßnahmen festzulegen (Schritt 11) und ihre Wirksamkeit in einem iterativen Prozess zu untersuchen. Ist das ermittelte Risiko vertretbar, ist die sicherheitstechnische Auslegung der Anlage akzeptabel. Sind keine risikomindernden Maßnahmen möglich, so kann die Anlage nicht gebaut werden.

4.3 Möglichkeiten probabilistischer Risikoanalysen im Rahmen der Störfall-Verordnung

Es zeigt sich, dass die Vorgehensweise bei der deterministischen Risikobetrachtung (vgl. Kap. 4.1) ohne jede Einschränkung die Basis für die probabilistische Risikobetrachtung darstellt. Die probabilistische Risikobetrachtung bietet sich somit als Ergänzung für die erfolgreich geübte Praxis der Sicherheitsbeurteilung im Rahmen der Erfüllung der Anforderungen der Störfall-Verordnung 2000 an (vgl. Kap. 3).

Der Sicherheitsbericht nach Störfall-Verordnung hat vor allem die Aufgabe,

- die sicherheitstechnische Auslegung einer Anlage und
- das Sicherheitsmanagementsystem des Betreibers

zu dokumentieren.

Es werden Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebs in ihren möglichen Abläufen und Auswirkungen detailliert untersucht. Aus der Gesamtheit der untersuchten Störungen wird anhand der Auswirkungen ermittelt, welche Störungen zu einem Störfall führen können. Diese „Auslegungsstörfälle“ werden so gewählt, dass mit den für sie erforderlichen Störfallanalysen auch andere Störfälle in ihren Abläufen und Auswirkungen erfasst werden. Aufgrund der so für die Störfalluntersuchungen festgelegten (determinierten) Randbedingungen wird diese Vorgehensweise im Gegensatz zur probabilistischen Risikoanalyse auch als deterministische Vorgehensweise bezeichnet. Mit dieser Vorgehensweise werden auch die notwendigen und störfallverhindernden technischen Einrichtungen ermittelt. Mit der Festlegung der sicherheitstechnischen Auslegung liefert die deterministische Analyse eine notwendige Voraussetzung für probabilistische Risikountersuchungen.

Der Sicherheitsbericht nach StörfallV [4] befasst sich überwiegend damit, wie die sicherheitstechnischen Festlegungen (vgl. DIN VDE 31000 Teil 2 [10]) erfüllt werden. Es wird nachge-

wiesen, dass das Gefahrenpotential durch angemessene sicherheitsgerichtete Maßnahmen beherrscht wird, d. h. dass das verbleibende Risiko vertretbar ist.

Aussagen zur Eintrittshäufigkeit von Störfällen und zur Versagenswahrscheinlichkeit von Sicherheitseinrichtungen werden i.d.R. nicht explizit sondern implizit getroffen.

Ereignisse, die vernünftigerweise auszuschließen (§ 3 Abs. 2 StörfallV) sind und dennoch zu einer ernsten Gefahr führen können (Dennoch-Störfälle, vgl. SFK-GS-26), bedürfen im Sicherheitsbericht einer gesonderten Betrachtung. Solche werden im Rahmen der auswirkungsbegrenzenden Maßnahmen nach § 3 Abs. 3 StörfallV (anlagenbezogene Maßnahmen und Maßnahmen der Gefahrenabwehrbehörden) berücksichtigt. Dabei werden nur die möglichen Auswirkungen dieser hypothetischen Störfälle berücksichtigt. Eine Gesamtbetrachtung unter Berücksichtigung ihrer erwarteten Eintrittshäufigkeit erfolgt insofern als ihre Eintrittsursache ja vernünftigerweise ausgeschlossen sein muss. Eine probabilistische Risikobetrachtung dieser Ereignisse könnte durch die zusätzliche explizite Betrachtung der Eintrittshäufigkeit einen Beitrag zur Bewertung der Sicherheit des gesamten Systems leisten. Da diese Szenarien vom Wirksamwerden von Gefahrenquellen ausgehen, die vernünftigerweise ausgeschlossen sind, würde es sich bei dieser Betrachtung unter Beachtung der auswirkungsbegrenzenden Maßnahmen um einen Beitrag zur Schätzung (ggf. Quantifizierung) des vertretbaren Risikos handeln.

Somit sind probabilistische Risikoanalysen als mögliche Ergänzung zu der üblichen Sicherheitsbeurteilung im Rahmen des Sicherheitsberichtes nach Störfall-Verordnung zu sehen. Mit ihren probabilistischen Methoden können sie dazu verwendet werden, die sicherheitstechnische Auslegung einer Anlage zusätzlich zu überprüfen und das bestehende Sicherheitskonzept unter besonderer Berücksichtigung der Risikobeiträge wenig wahrscheinlicher Ereignisse (Dennoch-Störfälle, Exzeptionelle Störfälle, vgl. [6], mit extrem hoher Auswirkung) zu bewerten und ggf. weiterzuentwickeln.

Für die Entscheidungsprozesse liefern die Risikobetrachtungen, unabhängig von ihrer Ausprägung (qualitativ oder quantitativ, auswirkungsorientiert / deterministisch oder explizit risikoorientiert / probabilistisch), wobei hier nur technische Systeme betrachtet werden, z. B.

- die Struktur von Stör- und Unfallabläufen,
- Beschreibungen von Schäden (quantitativ methodenunabhängig möglich und üblich) sowie Schätzungen der zugehörigen erwarteten Eintrittshäufigkeiten,
- diejenigen Ereignisabläufe, die entscheidend zum Risiko beitragen,

- Einsichten in die Angemessenheit von Anlagenauslegung und Betriebsweise durch Ermittlung derjenigen Anlagenteile und Betriebsweisen, die den größten Beitrag zum Systemausfall liefern.

Damit werden Grundlagen bereitgestellt zur Beurteilung

- des erreichten Sicherheitsniveaus der technischen Anlage,
- der sicherheitstechnischen Bedeutung neuer wissenschaftlich-technischer Erkenntnisse oder besonderer betrieblicher Vorkommnisse,
- möglicher erfolgversprechender Ansätze zur weiteren Verbesserung der Sicherheit.

Diese Erkenntnisse aus den Risikobetrachtungen werden zur Ermittlung wichtiger Einflussgrößen auf die möglichen Schadensauswirkungen und zur Verbesserung der technischen Systeme mit dem Ziel der Reduzierung der erwarteten Häufigkeit von Störfällen genutzt.

Bei probabilistischer Betrachtung eröffnet sich zusätzlich die Möglichkeit, dass die Bedeutung von Störfällen anhand von zu erwartenden Häufigkeiten und dem Schadensausmaß angegeben und so möglicherweise in vergleichenden Darstellungen verwendet werden könnte. (Hierfür sind noch weitere Voraussetzungen zu schaffen. Dazu gehören z.B. vergleichbare, anerkannte Methoden und Beurteilungskriterien).

Gegenüber den möglichen Vorteilen einer probabilistischen Betrachtung steht der nicht unerhebliche Aufwand.

Die Chancen einer solchen zusätzlichen, probabilistischen Risikobetrachtung liegen darin, dass hierdurch eventuell zusätzliche Informationen zur Risikominderung gewonnen werden können. Dem erhöhten Analyseaufwand steht die Möglichkeit gegenüber, etwaig vorhandene Schwachstellen in den betrachteten technischen Systemen und den Vorkehrungen zur Minderung von Störfallauswirkungen aufzudecken. Allerdings können durch die unterschiedliche Herangehensweise auch unterschiedliche Ergebnisse (z.B. auch auf Grund von Unsicherheiten, Einschätzungsunsicherheiten) in der deterministischen und probabilistischen Risikoabschätzung erzielt werden, die dann einer unterschiedlichen Risikobewertung bedürfen.

4.4 Der Risikomanagementprozess

Im Rahmen der Störfall-Verordnung geht es (wie in Kapitel 3, 4.1 und 4.3 gezeigt) beim Risikomanagement vorrangig darum, die Auslegung und den Betrieb von Anlagen so zu gewährleisten, dass unter Einhaltung des Standes der Sicherheitstechnik Störfälle vermieden bzw. in ihrer Auswirkung begrenzt werden. Dazu muss zunächst das potentielle Risiko der Anlage analysiert und bewertet werden, um (ggf. nach Durchführung notwendiger Maßnahmen zur Risikominderung) letztendlich akzeptiert werden zu können. Diesen Prozess nennt man Risikomanagementprozess.

Im Risikomanagementprozess (vergleiche Bild 8) werden alle Aktivitäten zur Kontrolle (im Sinne von Steuerung) von Risiken beschrieben und koordiniert. Im Rahmen des Risikomanagements wird auch die Entscheidung getroffen bzw. herbeigeführt, unter welchen Bedingungen das ermittelte tatsächliche Risiko (z.B. eines Betriebsbereiches) als vertretbar bzw. nicht vertretbar angesehen werden kann (vgl. Kapitel 2.1 und Bild 9).

4.4.1 Risikoabschätzung

Der Ablauf einer vollständigen Risikoabschätzung wird in Bild 11 gezeigt und nachfolgend in Anlehnung an [14], [15] dargestellt. Eine Beschreibung der unterschiedlichen zur Anwendung kommenden Methoden wird zusammenfassend im Anhang 1 gegeben.

Der Ablauf einer Risikoanalyse ist dabei unabhängig davon, ob man quantitativ oder qualitativ vorgeht, d.h. im zweiten Fall werden die Wahrscheinlichkeiten verbal eingeschätzt, oder ihnen Rangstufen zuordnet.

Der Untersuchungsablauf kann in vier Schritte eingeteilt werden:

- 1 Ereignisabläufe
- 2 Merkmale
- 3 Expositionsabläufe
- 4 Schäden und Risiken.

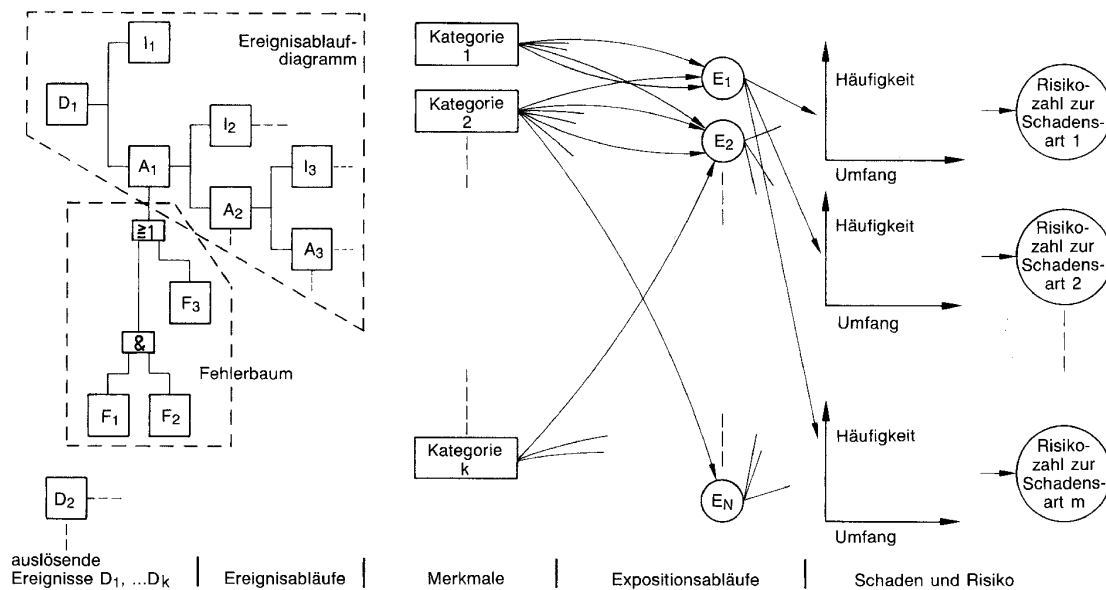


Bild 11: Schematische Darstellung der Risikoabschätzung (aus [14], [15])

4.4.1.1 Der Schritt „Ereignisabläufe“

Sämtliche zum Risiko beitragenden, potentiellen auslösenden Ereignisse (D_1, D_2, \dots) werden detailliert beschrieben. Dies erfolgt anhand der vorlaufenden Gefahrenanalyse mit den wesentlichen Teilschritten:

- Gefahrenermittlung (vgl. Anhang 1, Kapitel I),
- Gefahrenbewertung (vgl. Anhang 1, Kapitel III.1),
- Festlegung von Schutzmaßnahmen und
- Ereignisablaufdiagramm (vgl. Anhang 1, Kapitel II.1) in Verbindung mit Fehlerbäumen (vgl. Anhang 1, Kapitel II.2).

Die verschiedenen Ereignisabläufe bestehen aus Verkettungen der auslösenden Ereignisse mit dem potentiellen Funktionieren (I) oder dem Ausfall technischer Systeme (A) zu ihrer Beherrschung (durch Fehlerbäume dargestellt). Sie sind gekennzeichnet durch:

- ihre zu erwartende Häufigkeit und
- Angaben zum Ereignismerkmal (d.h. nähere Angaben zur Charakterisierung der Störung z.B. Ursache, Lage, beteiligte Stoffe usw. als Ergebnis der Gefahrenanalyse).

4.4.1.2 Der Schritt „Merkmale“

Dieser Schritt enthält die Beschreibung der Ergebnisse der verschiedenen Ereignisabläufe. Diese erfolgt durch die Komponenten des Ereignismerkmals, die für die Schadensermittlung wesentlich sind (z.B. Menge der freigesetzten gefährlichen Stoffe, Stärke einer möglichen Explosion, Grad der Wärme- und Rauchentwicklung usw.). Ereignismerkmale können aufgrund experimenteller Befunde oder mit Hilfe von Modellrechnungen (vgl. Kap. 4.4.1.5) quantifiziert werden.

Je nach Wertebereich dieser Komponenten und deren Bedeutung für die Schadensermittlung werden die Ergebnisse aus Vereinfachungsgründen im Allgemeinen in Klassen oder Kategorien (k_1, k_2, \dots) eingeteilt.

Die Kategorien sind gekennzeichnet durch:

- repräsentative Werte der Komponenten des Ereignismerkmals, die für die Schadensermittlung erforderlich sind.
- die Summen der zu erwartenden Häufigkeiten der sich gegenseitig ausschließenden Ereignisabläufe (siehe Abschnitt 4.4.1.1).

Die Ereignisabläufe werden aufgrund ihres Merkmals der betreffenden Kategorie zugeordnet. Enthält z.B. die Kategorie k_1 , nur die Ereignisabläufe T1, T2 und T5, so ergibt sich für ihre Häufigkeit $h(k_1)$ (vgl. Bild 12 im Anhang 1)

$$h(k_1) = h(T1) + h(T2) + h(T5). \quad (4.1)$$

Die Kategorien repräsentieren die Anfangs- und Randbedingungen für die Berechnung der Störfallauswirkungen. Die dabei verwendeten und für die nachfolgend beschriebenen zwei Schritte notwendigen Methoden werden im Abschnitt 4.4.1.4 aufgeführt.

4.4.1.3 Der Schritt „Expositionsabläufe“

In diesem Schritt beschreibt man sämtliche Vorgänge (Expositionsabläufe E_1, \dots, E_N , geordnet nach Ort, Zeit, Intensität und Wahrscheinlichkeit), über die das Ereignismerkmal auf die betrachteten Personen (bzw. Personengruppen) schädigend einwirken könnte.

Die Beschreibung muss z.B. enthalten:

- Die Ausbreitung schädigender Komponenten des Ereignismerkmals, z.B. freigesetzte gefährliche Stoffe gemäß den herrschenden örtlichen Bedingungen M,
- die örtliche und zeitliche Verteilung der Exponierten d.h., der dem Risiko ausgesetzten Personen B,
- die Schutz- und Gegenmaßnahmen (z.B. Evakuierung, Löschen usw.) G,
- usw.

Außerdem sind Wahrscheinlichkeitsschätzungen für die verschiedenen möglichen Werte der Komponenten von M, B und G erforderlich. Die Menge der beliebig vielen möglichen Expositionsabläufe wird damit näherungsweise repräsentiert durch eine endliche Anzahl spezieller Wertesätze (m, b, g). Die Wahrscheinlichkeit (W) für einen Expositionsablauf ähnlich den speziellen örtlichen Bedingungen m (z.B. Wetterlage bei Exposition über die Atmosphäre), der speziellen Exponiertenverteilung b und den speziellen Schutz- und Gegenmaßnahmen g ergibt sich dadurch zu

$$W = w(m) w(b/m) w(g/mb) \quad (4.2)$$

Dabei sind $w(b/m)$ bzw. $w(g/mb)$ die bedingten Wahrscheinlichkeiten für den Eintritt von b unter der Bedingung m, bzw. den Eintritt von g unter der Bedingung des gleichzeitigen Eintritts von m und b.

4.4.1.4 Ermittlung der Auswirkung

Die vorangehend aufgeführten Methoden betreffen mit Ausnahme der halb quantitativen Methoden aus Anhang 1, Abschnitt III.1 und III.2 nur die anlagentechnische Analyse. Um das Risiko zu berechnen, müssen ihre Ergebnisse ergänzt werden durch die Abschätzung der Auswirkungen.

Für die einzelnen Kategorien aus Bild 11 sind die Auswirkungen zu ermitteln. Diese können aufgrund unterschiedlicher Prozessbedingungen, Stoffeigenschaften etc. zu unterschiedlichen Auswirkungen führen.

Die wesentlichen Auswirkungen für Ereignisse in Anlagen, die der StörfallIV [4] unterliegen, sind

- Ausbreitung toxischer Stoffe,
- Ausbreitung von Druckwellen und Trümmerflug bei Explosionen,
- Brandgase und Wärmestrahlung bei Bränden.

Sind die Auswirkungen eines Ereignisses bekannt und quantifiziert, können bei bekanntem Schadenspotential, z. B. Bevölkerungsdichte und Nutzung in der Umgebung, die jeweiligen Schäden, z. B. Personen-, Sach-, Umweltschäden, ermittelt und mit der sich für den Ereignisablauf ergebenden Häufigkeit das Risiko bestimmt werden.

Zur Abschätzung von Auswirkungen liegen die entsprechenden Methoden und Rechenmodelle vor. Hierzu wird auf die relevante Literatur verwiesen, z.B. [25], [26] und [27].

Anzumerken ist, dass auch die Bewertung von Auswirkungen mit Unsicherheiten behaftet ist. So ist z.B. der Effekt auf Umwelt oder Menschen, auch z.B. von deren gesundheitlicher Disposition und Verhalten abhängig, das nicht wirklich für den Fall des Ereignisses vorhergesagt werden kann oder zumindest mit Fehlerbandbreiten anzugeben wäre. Des Weiteren sind auch Unsicherheiten bei den Ausbreitungsbedingungen von Bedeutung.

4.4.1.5 Der Schritt „Schaden und Risiko“

Hierbei ist die Bezeichnung zwischen der Intensität der schädigenden Einwirkung und sämtlichen daraus resultierenden Schäden zu beschreiben. Es müssen also zu jedem Wertesatz $v = (\text{Kategorie } k, \text{ örtliche Bedingungen } m, \text{ Exponiertenverteilung } b, \text{ Notfall Gegenmaßnahme } g)$ in jeder Schadensart a Schätzwerte $x(v,a)$ des Schadensumfangs ermittelt werden.

Mit dem Schätzwert der jährlichen zu erwartenden Häufigkeit

$$h(v) = h(k) w(m/k) w(b/km) w(g/kmb) \quad (4.3)$$

wird somit der Beitrag $R(v,a)$ des Wertesatzes v zur gesuchten Risikozahl als das Produkt aus zu erwartendem Schadensumfang und zu erwartender Häufigkeit

$$R(v,a) = x(v,a) h(v) \quad (4.4)$$

geschätzt. Der Schätzwert der Risikozahl zur jeweiligen Schadensart a ist dann die Summe über die Risikobeiträge $R(v,a)$ sämtlicher berücksichtigter Wertesätze v .

Es wird also gemäß

$$R(a) = \sum R(v,a) = x_1 H(x_1) + x_2 H(x_2) + \dots \quad (4.5)$$

berechnet. In Gleichung (4.5) ist $H(x_i)$ die Summe der Häufigkeiten jener Wertesätze v , deren zu erwartender Schaden auf x_i geschätzt wird.

4.4.1.6 Unsicherheiten in Risikoabschätzungen

In die Ergebnisse von Risikoschätzungen gehen Größen und Beziehungen ein, die nicht genau bekannt sind. Dabei ist zu unterscheiden zwischen Unsicherheiten aufgrund von

- zufälligen Variationen von Einflussgrößen und
- ungenauer Kenntnis.

Unsicherheiten aufgrund zufälliger Variationen gehen direkt in das zu ermittelnde Risiko ein als Folge der stochastischen Natur solcher Einflussgrößen (z.B. unterschiedliche Wetterlagen).

Kenntnisunsicherheiten entstehen durch ungenaue Kenntnis fester und für den beobachteten Zeitraum als fest vorausgesetzter Größen wie Wahrscheinlichkeiten, zu erwartender Häufigkeiten oder der Parameter physikalischer Modelle. Hinzu kommt, dass häufig Gesetzmäßigkeiten nur näherungsweise beschrieben werden oder beschrieben werden können. Dies gilt beispielsweise für physikalische Zusammenhänge wie die Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit von Temperatur und Druck, aber auch für Zusammenhänge, die durch Zufallsgesetze mit Hilfe von Verteilungsfunktionen dargestellt werden. Derartige Unsicherheiten sind in Risikoschätzungen anhand von Detailkenntnissen enthalten.

Variationen im Ergebnis für das Risiko aufgrund zufälliger Variationen der Einflussgrößen liegen in der Natur der Sache und können auch durch Verbesserung der Analysemethoden nicht verringert werden. Dagegen können Unsicherheiten aufgrund ungenauer Kenntnis durch Verbesserung des Wissensstands abgebaut werden. Zu diesen Unsicherheiten gehören neben ungenauer Kenntnis von Parametern auch die funktionaler Zusammenhänge, die in Modellen verwendet werden.

Die erwähnten Unsicherheiten können bei allen Schritten der Risikoschätzung auftreten. Sie werden in Risikostudien quantifiziert und im Ergebnis durch Unsicherheitsbereiche ausgewiesen [50].

4.4.2 Risikominderung

Hat die Risikobewertung (Kapitel 4.4.1.5) ergeben, dass das ermittelte Risiko zu hoch, also nicht vertretbar, ist, muss entschieden werden, welche Maßnahmen getroffen werden können, um das ermittelte Risiko so weit zu verringern, dass das Risiko vertretbar wird.

Die Einflussmöglichkeiten für Maßnahmen zur Risikominderung können sich auf den technischen Bereich, den organisatorischen Bereich sowie das menschliche Verhalten beziehen. Sie können sowohl die Verhinderung von Störfällen als auch die Minderung der Störfallauswirkungen betreffen.

Grundsätzlich ist es möglich, in allen Phasen des Lebenszyklus einer Anlage Maßnahmen zur Risikominderung zu ergreifen. Das fängt in der Entwurfsphase an und geht über die Konstruktion, Herstellung und Nutzung bis zum Abbau der Anlage.

Bei der Entscheidung, ob die vorgesehenen Maßnahmen zur Risikominderung geeignet sind, ist Folgendes zu beachten:

- Bei den ergriffenen Maßnahmen ist die Ausgewogenheit der Gesamtheit der Maßnahmen sicherzustellen. Insbesondere ist zu prüfen, ob nicht durch geplante Verbesserungen bezüglich eines Störfallablaufes Verschlechterungen in Bezug auf andere denkbare Störfallabläufe auftreten können.
- Das Prinzip inhärenter Sicherheit ist bevorzugt einzusetzen.
- Bei den technischen Maßnahmen ist i.d.R. passiven der Vorrang vor den aktiven zu geben.

Kommt man im Laufe des Risikomanagementprozesses zu der Auffassung, dass das verbleibende Risiko nicht vertretbar ist, und die Maßnahmen zur Risikominderung ausgenutzt sind bzw. die Kosten den Nutzen weit übertreffen, so gibt es nur noch die Möglichkeit, die im Risikomanagementprozess betrachteten Ziele, Anlagen oder Einrichtungen nicht zu realisieren.

4.4.3 Risikokommunikation

Die Thematik der Risikokommunikation und Risikowahrnehmung wurde vor kurzem bereits umfangreich im Abschlußbericht der Risikokommission gewürdigt (Risikokommission 2003, S. 47 ff.). Für den vorliegenden Bericht erscheint es deshalb ausreichend, das Thema Risikokommunikation skizzenhaft zu umreißen und nur insofern zu vertiefen, als dies in einer ersten Annäherung für den Anwendungsbereich der StörfallIV erforderlich erscheint.

○ Hintergrund

Generell ist bei einer genaueren Betrachtung des Themas Risikokommunikation zunächst festzustellen, dass die Definition und Eingrenzung des Begriffes sehr stark im jeweiligen Anwendungskontext, bzw. in Abhängigkeit des fachspezifischen Blickwinkels zu interpretieren ist. So überspannt Risikokommunikation eine Themenpalette von z.B. einem gesamtgesellschaftlichen Diskurs über Risiken und Nutzen von Gentechnik, über lokale Diskussionen zur Ansiedlung eines großtechnischen Betriebes bis hin zur individuellen Gestaltung eines Beipackzettels für Medikamente oder Produkte. Die Anforderungen an den jeweiligen Prozess und Inhalt der Risikokommunikation sind dementsprechend weitreichend und vielfältig. Eine umfassende Präzisierung der Thematik auf den Anwendungsbereich der StörfallIV bedarf allerdings einer intensiven Betrachtung und würde deshalb den Rahmen des vorliegenden Berichtes sprengen.

Für die in diesem Kapitel angestrebte Betrachtungsebene gilt es zunächst zu beachten, dass der Prozess der Risikokommunikation untrennbar mit den Aspekten der Risikowahrnehmung (Perzeption) und der Einbindung der Beteiligten (Partizipation) verknüpft ist. Die Wechselwirkungen zwischen Perzeption, Kommunikation und Partizipation haben demzufolge einen erheblichen Einfluss auf den Prozess der Risikokommunikation. Sie sind damit fast zwangsläufig auch im Bereich von Krisenmanagement, Konfliktmanagement und Mediation von besonderer Bedeutung.

○ Risikowahrnehmung

Die wissenschaftliche Wahrnehmungsforschung hat nachgewiesen, dass die menschliche Wahrnehmung von Risiken oftmals erheblich von der statistischen und quantitativen Charakterisierung von Risiken abweicht. Dabei können sowohl individuelle, als auch gruppenspezifische oder kulturelle Faktoren eine Rolle spielen. So wurde z.B. festgestellt, dass die Einschätzung von Unfallhäufigkeiten zwischen Experten und Laien erheblich voneinander abweichen. Dabei liegen die Urteile der

Experten im allgemeinen näher an der tatsächlichen statistischen Unfallhäufigkeit, als die der Laien [57].²⁸

Es gilt allerdings zu berücksichtigen, dass für die meisten Personen die Einschätzung von Risiken nicht allein anhand quantitativer Parameter erfolgt. So ergeben sich auch bei quantitativ gleich hohen Risiken erhebliche Unterschiede in der Wahrnehmung. Dies wird mit dem Einfluss einer Mehrzahl qualitativer Faktoren begründet. Hier sind unter anderem, aber nicht ausschließlich²⁹, Einflussgrößen wie Freiwilligkeit, Kontrolle, Vertrautheit oder Katastrophenpotential zu nennen. So werden die Risiken verbunden mit Rauchen oder Drachenfliegen häufig niedriger bewertet, als Risiken von chemischen Nahrungsmittelrückständen, obwohl diese – statistisch gesehen – wesentlich kleiner sind. In ähnlichem Zusammenhang steht das Phänomen des „sicheren Fahrers“ im Straßenverkehr, der nach eigener Einschätzung nur ein geringes Risiko eingeht, weil er einen erheblichen persönlichen Einfluss auf das Geschehen nehmen kann oder dies zumindest glaubt. Der Aspekt des Katastrophenpotentials bezieht sich auf die Eigenart der menschlichen Wahrnehmung, ein Ereignis mit N Toten stärker zu gewichten, als N Ereignisse mit einem Toten [58]³⁰. Sollten in Deutschland in einem Jahr rund 20 Jumbo Jets abstürzen, so würde dies mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit den Flugverkehr zum Erliegen bringen. Im Bereich des Straßenverkehrs dagegen, führt der Vorschlag eines Tempolimits aus Sicherheitsgründen zu einer überaus emotionalisierten Debatte, obwohl die Anzahl der jährlichen Toten mehrere Tausende und der Verletzten mehrere Hunderttausende pro Jahr beträgt.

Es ist aus diesem Grund wichtig in Erinnerung zu halten, dass die sicherheitstechnische Berechnung von Todesfallrisiken pro Zeiteinheit nicht nach Parametern wie Freiwilligkeit, Einflussmöglichkeit oder Katastrophenpotential unterscheidet. In der öffentlichen Wahrnehmung sind dies aber wesentliche Aspekte für die Tolerierung

²⁸ Slovic, P. Fischhoff, B. und Liechtenstein, S., Rating the Risks: The Structure of Expert and Lay Perceptions, in: Hohenemser, C. und Kasperson, J.X. (1982) Risk in the Technological Society, S. 141-166, Boulder, CO: Westview Press [57]

²⁹ An dieser Stelle sei noch auf weitere soziologische und kulturtheoretische Aspekte hingewiesen, wie von u.a. , Ulrich Beck, Niklas Luhmann oder Mary Douglas vertreten, die aber innerhalb dieses Berichts nicht weiter ausgeführt werden können.

³⁰ Jungermann, H. and Slovic, P., Characteristics of Individual Risk Perception, in: Bayerische Rück (ed.) (1993), Risk is a Construct, S. 86-101, München: Knesebeck [58]

technischer Risiken. Die Anerkennung und die Berücksichtigung dieser Einflussfaktoren ist eine wesentliche Voraussetzung für einen adäquaten Risikokommunikationsprozess.

○ Risikokommunikation

Verfahren zur Realisierung technischer Großprojekte, wie z.B. Kraftwerke, Chemieanlagen, Raffinerien, Flughäfen, Müllverbrennungsanlagen, u.ä. waren in der Vergangenheit immer wieder mit Widerständen aus umliegenden Gemeinden oder gesellschaftlichen Gruppen konfrontiert. Vor allem Risiken und Unsicherheiten verbunden mit der Projektrealisierung werden häufig von den Beteiligten unterschiedlich eingeschätzt bzw. resultieren auch aus unterschiedlichen Informationsständen und/oder Interessenslagen. Wobei diese unterschiedlichen Risikobewertungen durchaus ihre rationalen Begründungen haben können, wenn z.B. auf der Projektbefürworterseite die wirtschaftliche Bedeutung zukünftiger Arbeitsplätze hervorgehoben wird, jedoch auf Anwohnerseite ein erheblicher Wertverfall von angrenzenden Immobilien zu befürchten steht. Ziel des Risikokommunikationsprozesses ist es daher

- eine möglichst objektive und umfassende Information über zu erwartende Risiken und Nutzen des Projektes für alle Prozessbeteiligten zur Verfügung zu stellen,
- eine umfassende Information über die eingesetzten Verfahren und Maßnahmen zur Risikoabschätzung und –reduzierung,
- unterschiedliche Standpunkte und Interessenslagen zu formulieren und, insbesondere, zu konturieren,
- soweit möglich, eine Konsensfindung unter den Prozessbeteiligten zu unterstützen, oder zumindest die Möglichkeiten für einen fairen Ausgleich zwischen den Parteien aufzuzeigen, in diesem Zusammenhang wird daher oft auf die Bedeutung von Offenheit, Ehrlichkeit, Kompetenz und Fairness im Kommunikations- und Beteiligungsprozess hingewiesen [59]³¹, und
- die Ergebnisse des Kommunikationsprozesses in die Analyse und Bewertung der zu Diskussion stehenden Risiken einfließen zu lassen.

³¹ Renn, O., Webler, T. und Wiedemann, P. (ed.) (1995) *Fairness and Competence in Citizen Participation*, Dordrecht: Kluwer [59]

In diesem Zusammenhang ist auch auf die Unterscheidung zwischen Risikoinformation, Risikodiskussion und Risikoentscheidung hinzuweisen (s. Kapitel 4.4.3.1). Die gesamte Risikokommunikation ist dabei als verfahrensbegleitender Prozess im Rahmen von z.B. einem Genehmigungsverfahren anzulegen und nicht als sequentielles Endglied nach Ablauf der übrigen Verfahrensschritte. Risikokommunikation kann daher definiert werden als

...ein interaktiver Prozess des Austausches von Informationen und Meinungen zwischen Personen, Gruppen und Institutionen. Er beinhaltet vielfältige Nachrichten über die Natur von Risiken und andere Informationen, die nicht strikt risikobezogen sein müssen, die Bedenken, Meinungen oder Reaktionen auf Risikoinformation Ausdruck geben, oder juristische oder institutionelle Fragestellungen des Risikomanagements ansprechen [60].³²

Zur Gestaltung von effektiven Kommunikationsprozessen wurde z.B. vom amerikanischen National Research Council vorgeschlagen, den Kommunikationsprozess zielgenauer auf die jeweiligen Beteiligten zuzuschneiden³³. Dazu gehört, zum Beispiel,

- Beteiligte besser in die Lage versetzen, Wahrscheinlichkeiten zu verarbeiten. Dazu sind u.a. die Verwendung von Referenzrisiken eine gute Hilfestellung (z.B. ein Würfel Zucker im Bodensee). Dieses Referenzrisiko sollte aber nicht dazu verwendet werden, ein vergleichbares Risiko zu postulieren (siehe oben).
- Risiken alternativer Optionen direkt zu vergleichen, zum Beispiel Reisen mit unterschiedlichen Verkehrsmitteln wie Auto, Flugzeug oder Bahn.
- Beiträge unterschiedlicher Quellen zu derselben Gefährdungsart heranzuziehen. Als Beispiel soll hier die Entwicklung eines Krebsrisikos aufgrund unterschiedlicher Auslöser angeführt werden.

Die o.a. Randbedingungen für einen guten Risikokommunikationsprozess sollen allerdings nicht suggerieren, dass dadurch alle Probleme des Risikomanagements und der Auseinandersetzungen um technische Großprojekte gelöst werden können. Die Realisierung technischer Großprojekte ist komplex und mit vielen wirtschaftlichen,

³² National Research Council (NRC) (1989), Improving Risk Communication, S. 21 Washington, D.C.: National Academy Press [60]

technischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen und Interessen verwoben. Von daher sind schematisierte Lösungsvorschläge zur Risikokommunikation [61]³⁴ auf ihre jeweilige Anwendbarkeit kritisch zu prüfen. Es ist allerdings im Sinne aller Beteiligten anzustreben, dass durch einen guten Kommunikationsprozess die Möglichkeit zu Verständigung und Ausgleich eröffnet und keine zusätzliche Problemfelder geschaffen werden.

Um den gesellschaftlichen und politischen Prozess des Verständnisses über und des Umgangs mit Risiken zu verbessern, kommt der Risikokommunikation, nicht zuletzt für den Bereich der in diesem Bericht ausschließlich angesprochenen Anlagen nach Störfall-Verordnung, besondere Bedeutung zu. Die Kommunikation des Risikos sollte es allen beteiligten gesellschaftlichen Gruppen bzw. Beteiligten ermöglichen, die Beurteilung der jeweiligen Risiken selbst vornehmen zu können.

Zur Umsetzung dieser Zielvorstellung wird die Risikokommunikation im Rahmen der Störfall-Verordnung als verfahrensbegleitende Aufgabe betrachtet, die sich über die Ebene der normierenden, formellen und informellen Verfahren bis zu der Umsetzung risikoreduzierender, konkreter Maßnahmen für standortbezogene Einzelfallentscheidungen erstreckt. Der wechselseitige Informationsaustausch sollte den zu Beteiligten jederzeit eine klare, nachvollziehbare Dokumentation der Verfahrensschritte und Bewertungen ermöglichen.

Aussagen zu Risiken sind mehr als andere Aussagen auf Plausibilität und Vertrauen in alle an entsprechenden Entscheidungsprozessen Beteiligten angewiesen. Risikokommunikation kann daher nur im intensiven und verständigungsorientierten Dialog mit den Beteiligten (Anlagenbetreiber, Behörden, Fachleute und Sachverständige, Nachbarn und interessierte Öffentlichkeit, Verbände, Medien) gelingen. Die Risikokommunikation stellt somit eine wesentliche Aufgabe des Risikomanagements dar.

³³ NRC (1989), S. 174 [60]

³⁴ Covello, V.T. and Allen, F. (1988) Seven Cardinal Rules of Risk Communication, Washington, D.C. : U.S. Environmental Protection Agency [61]

4.4.3.1 Formen der Risikokommunikation

Drei Formen der Risikokommunikation können unterschieden werden:

Risikoinformation	Ein Beteiligter informiert andere Beteiligte über seine Risikoermittlung, -bewertung und -minderungsmaßnahmen.
Risikodiskussion	Ein Beteiligter informiert andere Beteiligte über seine Risikoermittlung, -bewertung und -minderungsmaßnahmen und führt mit diesen einen Meinungs austausch durch.
Risikoentscheidung	Ein Beteiligter informiert andere Beteiligte über seine Risikoermittlung, -bewertung und -minderungsmaßnahmen, führt mit diesen einen Meinungs austausch durch und trifft mit diesen die Entscheidungen bzgl. des Risikos gemeinsam.

Bei der Anwendung dieser drei Kommunikationsformen kann die Klärung folgender Fragen dienlich sein:

Fragen zur Risikoinformation:

- Was wollen wir kommunizieren?
- An wen ist unsere Botschaft adressiert?
- Wie werden wir von unserem Ansprechpartner gesehen?
- Was will der Ansprechpartner wissen?
- Welche Kommunikationsmittel werden verwendet?
- Wer ist unser "Botschafter"?
- Welche Beziehung besteht schon zwischen uns/ unserem Botschafter und unserem Ansprechpartner?
- Welche Hindernisse für eine effektive Kommunikation existieren?
- Wo liegen unsere Befürchtungen und die der anderen Beteiligten?
- Wie erreichen wir eine vertrauensvolle Beziehung?
- Wie erfahren wir, wie unsere Botschaft(en) verstanden wurde(n)?

Zusätzliche Fragen zur Risikodiskussion:

- Welche Beteiligten sind in einen Diskussionsprozess einzubeziehen?
- Welche Informationen werden von diesen für die Formulierung einer eigenen Position benötigt?
- Sind die Voraussetzungen für die Formulierung eigener Positionen erfüllt oder mit welchen Mitteln können diese geschaffen werden?
- Welche Formen des Diskussionsprozesses sind geeignet?
- Wie können die verschiedenen Positionen so in den Diskussionsprozess eingebracht werden, dass sie von allen Beteiligten optimal verstanden werden?
- Wie kann die Reaktion auf die Positionen transparent gemacht werden?

Zusätzliche Fragen zur Risikoentscheidung:

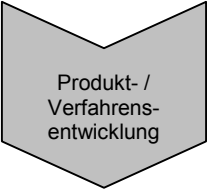
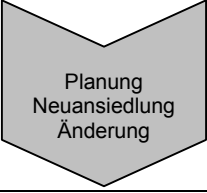

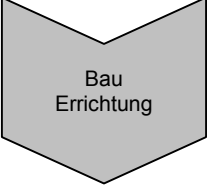
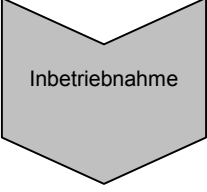
- Welcher Spielraum besteht für die Risikoentscheidung?
- Welcher Proporz der Beteiligten ist erforderlich?
- Welche Formen der Beteiligung sind geeignet?
- Wie können verschiedene Entscheidungsmöglichkeiten diskutiert werden?
- Wie kann eine Konsensbildung für eine Möglichkeit gefördert werden?
- Wie wird der Entscheidungsprozess transparent gemacht sowie hierbei die Mehrheits- und Minderheitsmeinungen begründet?
- Wie kann die Entscheidung allen Beteiligten transparent gemacht werden?
- Ist eine Überprüfung der Entscheidung erforderlich und wie wird diese ggf. durchgeführt?

Diese drei Kommunikationsformen werden in den verschiedenen Verfahren der Risikokommunikation unterschiedlich angewendet.

In der Anlagensicherheit können heute drei Arten von Verfahren beschrieben werden, bei denen Kommunikation im Zusammenhang mit der Errichtung und dem Betrieb von Anlagen im Anwendungsbereich der Störfall-Verordnung stattfindet bzw. stattfinden soll (vgl. Tabelle 1):

- 1 Normative Verfahren
- 2 Formelle Verfahren
- 3 Informelle Verfahren

Bei allen drei Arten von Verfahren ist es für eine effektive Kommunikation bedeutsam, dass klar ist, wer mit wem, wie über was kommunizieren möchte. Dafür ist wichtig, dass die unterschiedlichen Kommunikationsformen (Risikoinformation, Risikodiskussion, Risikoentscheidung) auf allen drei Ebenen der dargestellten Verfahren (normative, formelle, informelle) ablaufen.

	Rahmenbedingungen aus normativen Verfahren	Beispiele für formelle Verfahren	Beispiele für informelle Verfahren	Beteiligte (in der Regel)
 Produkt- / Verfahrens- entwicklung	Rechtliche Vorschriften, z. B. Chemikalienrecht, Arbeitsschutzrecht, GSG Normen z.B. DIN, CEN, ISO, API	Patentierung, Zulassung	Vorabinformation, Voranfragen	Betreiber, Behörden
 Planung Neuansiedlung Änderung	Rechtliche Vorschriften, z. B. Bauplanungsrecht, Immissionsschutzrecht; Naturschutzrecht	Raumordnungsverfahren und Bauleitplanung Umweltverträglichkeitsprüfung	Information (Presse, direkt an betroffene Gruppen), Informations- und Diskussionsveranstaltungen, Anhörungen, Beiräte und Arbeitsgruppen	Parlamente, Behörden, Expertengremien, Verbände Öffentlichkeit, Vereine
 Planung von Anlagen	Rechtliche Vorschriften, z. B. Immissionsschutz-, Störfall-, Arbeitsschutzrecht Technische Regeln z.B.: TRB, TRG, TRGS Normen z.B. DIN, CEN, ISO, API	Genehmigungsverfahren nach BImSchG Planfeststellungsverfahren Umweltverträglichkeitsprüfung, Anzeigen (Erörterungstermin) Sicherheitsbericht nach §9 StörfallV	Informations- und Diskussionsveranstaltungen Bürgerforen, runder Tisch	Betreiber Behörden, Experten, gesellschaftliche Gruppen, Öffentlichkeit
 Bau Errichtung	Genehmigungsbescheid / Planfeststellungsbeschluss Technische Regeln z.B.: TRB, TRG, TRGS Normen z.B. DIN, CEN, ISO, API	Abnahmen durch Behörden, zugelassene Überwachungsstellen und Sachverständige Gefährdungsbeurteilungen, Anhörung der Mitarbeiter zu den internen Alarm- und Gefahrenabwehrplänen Information an Gefahrenabwehr-Behörde für Notfallplanung	Pressemitteilung Richtfest Präsentation Beiräte und Arbeitsgruppen	Betreiber Öffentlichkeit, Behörden, Sachverständige, Mitarbeiter Gefahrenabwehr-Behörde
 Inbetriebnahme	Genehmigungsbescheid Rechtliche Vorschriften, z. B. Arbeitsschutzrecht Technische Regeln, z.B. TRB, TRG, TRGS BG-Regelwerk Normen z.B. DIN, CEN, ISO, API	Anzeigen Austausch von Informationen mit anderen Betreibern Inspektionen, Prüfungen Meldung von Ereignissen Beratung bei einem Störfall, Information der Öffentlichkeit nach § 11 StörfallV	Pressemitteilung, Informationsveranstaltungen	Betreiber, Behörden, Öffentlichkeit, insbesondere Nachbarschaft Nachbarbetriebe, Kunden, Lieferanten, Kontraktoren Rettungsdienste, Feuerwehr, Ärzte, Krankenhäuser, Katastrophenschutz, öffentliche Einrichtungen

	Rahmenbedingungen aus normativen Verfahren	Beispiele für formelle Verfahren	Beispiele für informelle Verfahren	Beteiligte (in der Regel)
 Betrieb	Genehmigungsbescheid Rechtliche Vorschriften, z. B. Arbeitsschutzrecht insbesondere Betriebs-sicherheitsverordnung Technische Regeln, z.B. TRB, TRG, TRGS BG-Regelwerk Normen z.B. DIN, CEN, ISO, API	Anzeigen Austausch von Informationen mit anderen Betreibern Inspektionen, Prüfungen u. a. § 16 StörfallV, BetrSichV Meldung von Ereignissen u. a. Störfall-Meldungen nach § 19 StörfallV Beratung bei einem Störfall Notfall-Übungen	Medien-veröffentlichungen Werbung Tag der offene Tür Bürgerforen Runder Tisch Informations- und Diskussions-veranstaltungen Umfragen Beiräte und Arbeitsgruppen Anhörungen nach Ereignissen	Betreiber, benachbarte Betreiber, Sachverständige Kommunalpolitiker, Verbände, Vereine, Öffentlichkeit Behörden Beauftragte Personen Mitarbeiter Rettungsdienste, Feuerwehr, Ärzte, Krankenhäuser, Katastrophenschutz, öffentliche Einrichtungen
 Stilllegung	Genehmigungsbescheid Rechtliche Vorschriften, z. B. Arbeitsschutzrecht Technische Regeln, z.B. TRB, TRG, TRGS BG-Regelwerk Normen z.B. DIN, CEN, ISO, API	Anzeige, Genehmigung	Information der Öffentlichkeit	Betreiber Behörde Öffentlichkeit

Tabelle 1: Beispiele für die Risikokommunikation in verschiedenen Phasen des Lebenszyklus einer Anlage

4.4.3.1.1 Normative Verfahren

Unter normativen Verfahren werden hier alle Verfahren verstanden, die zur Aufstellung von Gesetzen, Verordnungen, Technischen Regeln, Normen und ähnlichen Regelungen führen. Je nach Regelungsart und ihrer rechtlichen Verbindlichkeit existieren unterschiedlich formalisierte Kommunikations- und Konsensbildungsverfahren.

Die Entwicklung von Gesetzen und Verordnungen findet über die Wege des parlamentarischen Verfahrens – im erweiterten Sinne - statt. Die erforderliche Transparenz ist z.B. gegeben durch die parlamentarische Lesung und die Anhörung der beteiligten Kreise. Diese geben die Möglichkeit, dass Wissenschaft, Industrie, Gewerkschaften, Behörden, Umweltverbände usw. ihre Meinung zu Entwürfen von Rechtsverordnungen und Verwaltungsvorschriften mitteilen können.

Das technische Regelwerk wird von Ausschüssen, z.B. Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS), erarbeitet. Sie werden von Experten für den zu regelnden Bereich ausgearbeitet und umfassen technische Sachverhalte und Detailfragen. Die Ausschüsse sind pluralistisch besetzt. Eine Beteiligung aller gesellschaftlichen Gruppen, z.B. Fachfremde, ist aber nicht immer gegeben. Unter bestimmten Fragestellungen werden auch die Risiken von speziellen technischen Einrichtungen betrachtet und in sicherheitstechnischen Anforderungen (Technische Regeln) festgelegt. Damit wird implizit ein Beitrag zur Risikominderung der Anlagen geleistet, in denen diese Einrichtungen eingesetzt werden. Die Kommunikation bleibt im Allgemeinen auf die Fachöffentlichkeit beschränkt.

Technische Normen sind das Ergebnis eines Normungsverfahrens, das in der DIN 820 [43] „als planmäßige, durch die interessierten Kreise gemeinschaftlich durchgeführte Vereinheitlichung von materiellen und immateriellen Gegenständen zum Nutzen der Allgemeinheit“ definiert wird.

Nicht alle normativen Verfahren sind für die allgemeine Öffentlichkeit ausreichend transparent. Eine ausgewogene Teilnahme aller Beteiligten unter dem Gesichtspunkt von Belastung durch und Nutzen von Risiken ist bei den mit der Erstellung normativer Regelungen verbundenen Risikomanagementprozessen nicht immer gegeben. Oft fehlt es an Informationen und Möglichkeiten für Beteiligte, eine eigene Position zu formulieren, einzubringen und zu vertreten. Dies kann zu Mängeln im Bereich der Risikoinformation (z.B. fehlender Erfahrungsrückfluss), Defiziten im Bereich der Risikoermittlung (z.B. Nichterkennen aller Gefahrenquellen), Defiziten im Bereich der Risikobewertung (z.B. beschränkte Anwendung von Bewertungskriterien) und damit letztendlich zu nicht akzeptierten Risikoentscheidungen führen.

Konkrete Festlegungen quantifizierter Risikowerte von Anlagen, die der Störfall-Verordnung unterliegen, sind bisher in normativen Verfahren nicht explizit getroffen worden.

Es stellt sich die Frage, ob in normativen Verfahren die Erarbeitung von Grenzwerten für das größte vertretbare Risiko bei der Beurteilung der von Störfallanlagen ausgehenden Risiken geleistet werden sollte.

Auf Grund der hohen Bedeutung einer solchen grundsätzlichen Bewertung von Risiken wäre dann eine breitere und intensivere Beteiligung der interessierten Öffentlichkeit bis hin zum parlamentarischen Verfahren im Sinne einer gesellschaftlichen Diskussion dringend geboten.

4.4.3.1.2 Formelle Verfahren

Formelle Verfahren, die zur Risikokommunikation beitragen, sind solche, die per Gesetz oder Verordnung vorgeschrieben sind. Für Betriebsbereiche, die unter die Störfall-Verordnung fallen, sind die folgenden Kommunikationsvorgänge von besondere Bedeutung.

- a) Immissionsschutzrechtliche Genehmigungsverfahren nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)

Die Mehrzahl der Anlagen innerhalb von Betriebsbereichen bedürfen für die Errichtung bzw. wesentliche Änderung einer Genehmigung nach § 4 bzw. § 16 BImSchG [44] i.V.m. § 10 BImSchG und der 4. und der 9. Durchführungsverordnung zum BImSchG [45]. Ab einem bestimmten vom Gesetz- bzw. Verordnungsgeber vorermittelten und festgelegten Gefährdungspotential einer Anlage ist die Öffentlichkeit bei einem Genehmigungsverfahren zu beteiligen. Dies erfolgt durch Offenlegung der Antragsunterlagen.

Im Genehmigungsverfahren werden die für eine Beurteilung der Betroffenheit sog. Dritter, worunter insbesondere die von den Auswirkungen der Anlage betroffene Nachbarschaft zu verstehen ist, relevanten Informationen (Antragsunterlagen, zu denen auch der Sicherheitsbericht gemäß § 9 der 12. BImSchV gehört) zugänglich gemacht und im Rahmen einer öffentlichen Bekanntmachung im Amtsblatt und in mehreren am Standort der geplanten Anlage oder Anlagenänderung verbreiteten Tageszeitung auf die Möglichkeit hingewiesen, sog. substantiierte, d. h. ausreichend begründete Einwendungen schriftlich vorzubringen. Zumindest die im Rahmen einer vom Gesetzgeber vorgegebenen Frist vorgebrachten Einwendungen werden in einer öffentlichen Anhörung (Erörterungstermin) erörtert. Der Erörterungstermin ist nach einer entsprechenden Änderung der 9. Durchführungsverordnung zum BImSchG [46] öffentlich, d. h. grundsätzlich hat jeder interessierte Bürger, auch wenn er selbst keine schriftlichen Einwendungen – wie bereits dargestellt – erhoben hat, Zutritt. Sinn und Zweck des Erörterungstermins ist es dabei nach den Regelungen der 9. Durchführungsverordnung zum BImSchG nicht, die Entscheidung im Genehmigungsverfahren zu treffen, sondern die vorgetragenen Einwendungen zu erörtern.

Frühzeitig erfolgt durch die Genehmigungsbehörde eine Beteiligung weiterer Behörden, (z. B. die jeweils zuständige Baubehörde, Wasserbehörde, Arbeitsschutzbehörde) deren Zuständigkeitsbereich berührt ist. Die Entscheidung über die Genehmigung trifft die zuständige Genehmigungsbehörde. Dabei ist in der Entscheidungs-

begründung auf die im Rahmen der Anhörung schriftlich vorgetragene und mündlich erörterte Einwendung von der Genehmigungsbehörde einzugehen.

b) Sicherheitsbericht nach § 9 Störfall-Verordnung

Der Sicherheitsbericht ist der Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Gemäß den Vorgaben des Anhangs II der Störfall-Verordnung vom 26.04.2000 sind u.a. die von einem Betriebsbereich ausgehenden Gefahren systematisch zu ermitteln und ihre möglichen Auswirkungen abzuschätzen. Es ist eine Ermittlung und Analyse der Risiken von Störfällen durchzuführen. Die Inhalte des Sicherheitsberichtes behandeln sowohl die technische Auslegung als auch das Sicherheitsmanagementsystem (s. Kapitel 3.4 dieses Berichts). Der Betreiber hat den Sicherheitsbericht nach § 9 der Störfall-Verordnung zur Einsicht durch die Öffentlichkeit bereitzuhalten [4]. Der Sicherheitsbericht ist primär für den Betreiber und die zuständigen Behörden ausgearbeitet, jedoch kann die Möglichkeit der öffentlichen Einsicht dazu führen, dass eine bis dahin nicht direkt mit dem Sicherheitsbericht konfrontierte Gruppe neue Fragen und Gesichtspunkte aufwirft. In diesem Zusammenhang sei auf die dynamische Anpassungspflicht des Betreibers verwiesen, z. B. bei neuen, für die Gefahrenabwehr und Vorsorge erheblichen Erkenntnissen, den Sicherheitsbericht unverzüglich zu aktualisieren (s. § 9 Abs. 5).

c) Informationen über Sicherheitsmaßnahmen bzw. das richtige Verhalten im Notfall gemäß § 11 Störfall-Verordnung

Gemäß Störfall-Verordnung sind Betreiber von Betriebsbereichen, die unter die erweiterten Pflichten der Störfall-Verordnung fallen, dazu verpflichtet, Informationen in geeigneter Weise an die Nachbarschaft bzw. die Öffentlichkeit zu verteilen. In der Regel werden Broschüren oder ähnliche Veröffentlichungen durch einen Betreiber oder eine Gruppe von Betreibern, manchmal unter Beteiligung der kommunalen Behörden, erstellt und an die Bevölkerung verteilt.

d) Externe Notfallplanung

Die externe Notfallplanung wird in der Regel durch Vorschriften des Katastrophenschutzes festgelegt. Diese unterliegen der Zuständigkeit der Länder. Mit der Umsetzung der Seveso-II-Richtlinie wurde eine einheitliche Vorgehensweise geregelt. In den Fällen, in denen eine externe Alarmplanung für einen Betriebsbereich notwendig ist, ist der Entwurf der Pläne öffentlich auszulegen. Bei der Offenlegung der Planung

kann eine Kommunikation stattfinden; in diesem Zusammenhang wird sie in der Regel lediglich zwischen Behörden und der Öffentlichkeit ablaufen.

e) Beratung und Information der Behörden im Störfall

Die Betreiber von Betriebsbereichen und Anlagen, die der Störfall-Verordnung unterliegen, haben nach § 5 Abs. 2 StörfallV die für die Gefahrenabwehr zuständigen Behörden und die Einsatzkräfte unverzüglich, umfassend und sachkundig zu beraten. Einzelheiten bzgl. der Umsetzung dieser Pflicht sind in der Regel im internen Alarm- und Gefahrenabwehrplan festgelegt und müssen mit den zuständigen Behörden abgestimmt sein.

f) Umweltinformationsgesetz (UIG)

Nach den Vorgaben des Umweltinformationsgesetzes [47] hat auf Antrag „Jeder Anspruch auf freien Zugang zu Informationen über die Umwelt, die bei einer Behörde oder einer Person des Privatrechts (...) vorhanden sind“. Dies bedeutet im Grundsatz, dass jeder Bürger die Möglichkeit hat, sich über die möglichen Risiken einer Anlage / eines Betriebsbereiches zu informieren.

4.4.3.1.3 Informelle Verfahren

Informelle Verfahren sind solche, die ohne rechtliche Verpflichtung stattfinden und i.d.R. von einer der Parteien ausgehen. Typische Beispiele dafür sind Bürgerbeteiligungsforen, Tage der offenen Tür sowie Informationsveranstaltungen. Erfahrungen haben gezeigt, dass solche Verfahren die erfolgreichsten für die Verbesserung des Vertrauensverhältnisses sind. Als begleitende Maßnahmen können sie die Effektivität formeller Verfahren verstärken.

Diese informellen Verfahren können insbesondere bei Kontinuität und Glaubwürdigkeit zu einem vertrauensvollen Verhältnis führen.

5 Positionen und Empfehlungen des AK-TRV zu Risikomanagement und Risikokommunikation

Ausgehend von den Ausführungen des Berichtes und der Bestrebung, die deutsche Vorgehensweise zur Beurteilung und Gewährleistung der Anlagensicherheit im europäischen Raum adäquat zu kommunizieren, hat der AK-TRV eine Reihe von Aussagen zum Risikomanagement (Kapitel 5.1) bei Anlagen, die der Störfall-Verordnung unterliegen, zusammengefasst und spricht für die zukünftige praktische Vorgehensweise zum Risikomanagement in Deutschland einige Empfehlungen (Kapitel 5.2) aus.

In Kapitel 5.3 werden Aussagen und Empfehlungen zur Risikokommunikation aus Sicht des Arbeitskreises TRV gegeben.

5.1 Aussagen des AK-TRV zum Risikomanagementprozess

Derzeit werden zur Erstellung der Sicherheitsberichte gemäß Störfall-Verordnung [4] im Bereich der sicherheitstechnischen Untersuchung qualitative Methoden angewandt (vergleiche Kapitel 4.1, linke Hälfte Bild 9). Für ausgewählte Szenarien werden unter Nutzung fester (deterministischer) Randbedingungen mögliche Störfallauswirkungen abgeschätzt (rechte Hälfte Bild 9). Dies unterscheidet sich von der probabilistischen Vorgehensweise dadurch, dass

- anstelle der Ermittlung der erwarteten Häufigkeit für den Störfalleintritt, unterstellt wird, dass dieser eingetreten ist (Eintrittswahrscheinlichkeit = 1),
- anstelle der Berücksichtigung eines breiten Spektrums von Szenarien unterschiedlicher Eintrittshäufigkeit einige bestimmte relevante Schadensszenarien ausgewählt werden und
- anstelle der in der Regel stochastischen Randbedingung (z.B. Leckgröße und –lage, Wettersituation sind Zufallsvariable) diese als feste Werte für die Auswirkungsbeurteilung festgelegt werden.

In einer probabilistischen Risikoanalyse werden mögliche Störfallabläufe untersucht, die damit verbundenen Störfallauswirkungen quantifiziert und die Häufigkeit ihres Eintretens ermittelt. Eine solche Untersuchung erfordert eine Vielzahl von Annahmen, die von verschiedenen Bearbeitern begründbar unterschiedlich getroffen werden können. Daraus ergeben sich Interpretationsspielräume.

Umfang und Tiefe von Risikountersuchungen können sich stark unterscheiden. Beschränkt man sich beispielsweise bei der Risikoabschätzung (Kapitel 4.4.1) auf die Schritte „Ereignisabläufe“ (Kapitel 4.4.1.1) und „Merkmale“ (Kapitel 4.4.1.2), so spricht man von einer probabilistischen Sicherheitsuntersuchung, da die Abschätzung des Schadensumfanges entfällt. In diesem Falle wird schwerpunktmäßig nach sicherheitstechnischen Schwachstellen gesucht, um Ansatzpunkte zur Verbesserung der Anlage zu finden (Dies ist derzeit z.B. im Bereich der Kerntechnik üblich).

Die Vorgehensweise, die in den Niederlanden für die Genehmigung von Chemieanlagen angewandt wird, legt hingegen den Schwerpunkt auf den Bereich der Störfallauswirkungen und behandelt den ersten Teil der Analyse nur summarisch. Hier wird auf eine tiefere anlagentechnische Untersuchung verzichtet [17]³⁵.

Diese heute an einigen Stellen angewandte Methode zur probabilistischen Risikoanalyse dient dazu, Maßzahlen nach einem festgelegten Rechenschema mit festgelegten Randbedingungen zu berechnen. Bei der Ersetzung einer anlagenspezifischen Betrachtung durch generische Eintrittshäufigkeiten für Störfälle besteht die Gefahr, den Schwerpunkt auf die Betrachtung von Störfallauswirkungen und nicht auf Vorkehrungen zur Störfallverhinderung zu legen. Ein solcher Ansatz ist aber für die Raumplanung und Gefahrenabwehrplanung anwendbar.

Bei der halb quantitativen Vorgehensweise „Layer of Protection Analysis“ (LOPA) [18] werden sämtliche Schritte der Risikoanalyse in Grobform („screening“ Analyse) behandelt.

Nach § 9 StörfallV hat der Sicherheitsbericht verschiedene Aufgaben (vgl. Kapitel 3.4). Er soll im Zusammenhang das Gesamtkonzept eines Betreibers für die Gewährleistung der Anlagensicherheit darstellen. Dies schließt sowohl technische als auch organisatorische Maßnahmen ein. Insbesondere ist darin nachzuweisen, dass der Stand der Sicherheitstechnik eingehalten ist. Wie dargestellt, kann die enthaltene Gefährdungs- / Risikoanalyse mit unterschiedlichen Methoden durchgeführt werden (Kapitel 4). Diese kann deterministisch oder probabilistisch sein.

Der AK-TRV sieht probabilistische Risikoanalysen als mögliche Ergänzung der in Deutschland üblichen Sicherheitsbeurteilung und auch als Beitrag für Sicherheitsberichte

³⁵ In den Niederlanden ist die probabilistische Risikoanalyse zusätzlich. Die Sicherheit von Anlagen wird davon unabhängig untersucht. Der Sicherheitsstandard in niederländischen Anlagen ist mit dem in Deutschland vergleichbar (s. a. Jahresbericht des LUA NRW 2001).

(vergleiche Kapitel 4.3). Probabilistische Methoden können dazu verwendet werden, die sicherheitstechnische Auslegung einer Anlage zusätzlich zu überprüfen und ein bestehendes Sicherheitskonzept unter besonderer Berücksichtigung der Risikobeiträge von z. B. wenig wahrscheinlichen Ereignissen mit extrem hoher Auswirkung (Dennoch-Störfälle, Exzeptionelle Störfälle) zu bewerten und ggf. weiterzuentwickeln. Dabei lassen sich u. a. Eintrittshäufigkeiten für auslösende Ereignisse von Dennoch-Störfälle angeben und somit deren Auswahl begründen. Probabilistische Analysen können somit ein zusätzliches Instrument des Betreibers werden, seiner Verantwortung für die Sicherheit seines Betriebsbereiches gerecht zu werden.

Eine solche Analyse sollte, wenn sie als zusätzliche Erkenntnisquelle genutzt werden soll, unvoreingenommen durchgeführt und bewertet werden. Ergeben sich z.B. bei einer probabilistischen Risikoanalyse trotz Einhaltens des Standes der Sicherheitstechnik neue Erkenntnisse zu Risiken, die oberhalb des vertretbaren Risikos liegen, so müssen die Annahmen für die Analyse (im Sinne einer Präzisierung) und / oder auch die Auslegung der Anlage überprüft werden.

Trotz des nicht unerheblichen Aufwandes kann die Durchführung probabilistischer Risikoanalysen aus Sicht des AK-TRV eine Reihe von Vorteilen bieten, von denen nachstehend einige aufgeführt sind.

- Probabilistische Risikoanalysen stellen aufgrund ihrer Systematik eine Qualitätssicherung für qualitative Risikobetrachtungen dar.
- Probabilistische Risikoanalysen ermöglichen es, unterschiedliche Anlagen / Teilanlagen mit vergleichbaren Kriterien zu betrachten.
- Probabilistische Risikoanalysen erlauben die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Auslegungs- und Kostenalternativen.
- Probabilistische Risikoanalysen ermöglichen auch die Analyse von Schwachstellen und erlauben somit, eine sicherheitstechnisch ausgewogenen Anlagenauslegung zu verwirklichen.
- Probabilistische Risikoanalysen ermöglichen einen gezielten und kosteneffektiven Einsatz von Ressourcen für die Verbesserung der Sicherheit (Kosten- / Nutzen-Analyse). Z.B. können solche Risiken prioritär untersucht werden, die entsprechend hoch sind („Roter Bereich“ bzw. nicht vertretbare Risiken, vergleiche Kapitel 2.1, 2.2)

- Die Ergebnisse probabilistischer Risikoanalysen vereinfachen u.a. die Kommunikation mit Vertretern anderer Staaten (in denen deutsche Firmen Anlagen betreiben oder, die als Vertreter des Eigners nach Deutschland kommen), da sie in verschiedenen Staaten bereits eingesetzt werden.

Um den Untersuchungsaufwand bei probabilistischen Risikoanalysen vertretbar zu halten und dennoch einige der genannten Vorteile zu verwirklichen, sieht der AK-TRV u. a. folgende Möglichkeiten:

- Die Risikoermittlung kann durch die Anwendung halb quantitativer Methoden entscheidend vereinfacht werden (vgl. Anhang 1, Abschnitt III).
- Erarbeitung einer repräsentativen Datenbasis mit Eingabedaten für die Modelle, die zur probabilistischen Risikoanalyse benötigt werden (z.B. Zuverlässigkeitskenngrößen, Leckageannahmen).
- Der Detaillierungsgrad der Auswirkungsbetrachtungen kann in diesem Zusammenhang reduziert werden und der Fokus auf die Betrachtung der Eintrittshäufigkeiten gelegt werden, d.h. der Schwerpunkt wird auf die anlagentechnischen Untersuchungen und somit auf die Störfallverhinderung gelegt.

5.2 Empfehlungen des AK-TRV zum Risikomanagement

Der Arbeitskreis ist überzeugt, dass mit dem in Deutschland bestehenden Genehmigungsverfahren und der Überwachung ein hohes Maß an Sicherheit erreicht wird.

Die Chancen einer weiteren Verbesserung der Anlagensicherheit in Deutschland durch die Verwendung probabilistischer Risikoanalysen in Ergänzung zu den deterministischen Verfahren sollte aus Sicht des AK-TRV genutzt werden (siehe Kapitel 4.3). Dies auch deshalb, da entsprechende Entwicklungen auf internationaler Ebene bereits weit fortgeschritten sind (siehe Kapitel 2.4).

Hierfür sind jedoch noch weitere Voraussetzungen zu schaffen. Dazu gehören z.B.

- Vergleichbare und anerkannte Methoden und Daten (Standardverfahren) für die Nutzung einer probabilistischen Risikoanalyse im Rahmen der Störfall-Verordnung und
- definierte Beurteilungskriterien (Risikogrenzzahlen/-werte), die in einem gesellschaftlich und politischen Konsens festgelegt werden.

Um dafür die Voraussetzungen zu schaffen empfiehlt der AK-TRV:

- die Festlegung von „Standardverfahren“ für die Anwendung von probabilistischen Risikoanalysen,
- die Festlegung von Risikobeurteilungskriterien (Grenzwerte, Korridore, ...) zur standardisierten Beurteilung und Bewertung der Ergebnisse der Standardverfahren zur Risikoanalyse (Punkt 1.)

Um die Möglichkeiten der Einsetzbarkeit probabilistischer Methoden als ergänzende sicherheitstechnische Betrachtung zu prüfen, schlägt der AK-TRV außerdem vor:

- 1 probabilistische Risikoanalysen an einigen ausgewählten, repräsentativen Anlagen in Pilotstudien durchzuführen.

Ziele solcher Pilotstudien sollten unter anderem sein, die Anwendungen verschiedener Methoden (auch den bisher angewandten) im Sinne der oben genannten Zielsetzung zu vergleichen und ggf. weiterzuentwickeln. Dabei sollten die im europäischen Umfeld vorhandenen und zur Zeit in Entwicklung befindlichen unterschiedlichen Verfahren mit beurteilt werden. Eine Begleitung solcher Pilotstudien durch die Störfall-Kommission sollte gewährleistet werden.

- 2 Risikobeurteilungskriterien zunächst zur praktischen Erprobung durch die Beteiligten vorzuschlagen.

Die vorgeschlagene Vorgehensweise zur Anwendung probabilistischer Risikoanalysen sollte aus Sicht des Arbeitskreises TRV auch immer in Zusammenhang mit einer ganzheitlichen Betrachtung von Standortrisiken gestellt werden. Wenn dies geschieht, können zukünftig für die Standort- und Raumplanung übergreifende Entscheidungen erleichtert werden (vgl. Arbeiten des SFK-Arbeitskreises „Überwachung der Ansiedlung“).

5.3 Empfehlungen des AK-TRV zur Risikokommunikation

Zur Risikokommunikation im Rahmen des Risikomanagements liegen bereits zahlreiche wissenschaftliche Erkenntnisse sowie Empfehlungen vor. Z.T. sind auch Rechtsvorschriften zu beachten (vgl. 4.4.3.1.2). Gleichwohl sind bei der praktischen Umsetzung Schwierigkeiten festzustellen, die Entscheidungsprozesse verlängern oder gar Risikoentscheidungen ohne eine langfristig ausreichende Akzeptanz ergeben.

Aus diesen Gründen erscheint es angebracht, allgemein zur Risikokommunikation und speziell zur Risikokommunikation in Verbindung mit der Einführung probabilistischer Methoden auf grundsätzliche Handlungsmöglichkeiten hinzuweisen.

Veränderungen der Anforderungen an die Risikokommunikation können sich aufgrund der Umsetzung der Änderung der Umweltinformationsrichtlinie ergeben³⁶. Darüber hinaus wird die in diesem Bericht empfohlene ergänzende Nutzung von probabilistischen Methoden neue Herausforderungen für die Risikokommunikation mit sich bringen.

Dessen ungeachtet lassen sich viele der Empfehlungen bereits im Rahmen der bestehenden Kommunikationsstrukturen und Genehmigungsverfahren umsetzen. Zum Beispiel lässt sich die Forderung nach einer verfahrensbegleitenden Risikokommunikation innerhalb eines Genehmigungsverfahrens durch moderate Modifikation der Beteiligungsschritte erreichen und benötigt nicht notwendigerweise eine grundlegende Änderung des Verfahrensablaufes.

5.3.1 Bestehende Programme und Einrichtungen nutzen und ausbauen

Es bestehen bereits umfangreiche Aktivitäten und Programme teilweise sehr unterschiedlicher Institutionen und Verbände zur Verbesserung der Kommunikation

Als Beispiele seien genannt: Jährliche Umweltberichte der Anlagenbetreiber (EMAS, ISO-14001); Responsible Care (Chemische Industrie); Agenda 21 (z. B. kommunale Aktivitäten, Stadt Duisburg); Empfehlungen der OECD in den „Guiding Principles“ [51]; APELL-Programm der UNEP (United Nations Environment Programme) [52].

Diese Programme und Empfehlungen für die Risikokommunikation sollten nach Auffassung des AK-TRV intensiver als bisher genutzt und ggf. ausgebaut werden. Dies entspricht dem Ziel einer kontinuierlichen Verbesserung des offenen Dialoges mit der Öffentlichkeit und den anderen Interessierten Kreisen (vgl. Art. 1 Abs. 2 EMAS-Verordnung).

Hierbei wird die Aufstellung von Qualitätskriterien befürwortet, die als Minimum erfüllt sein müssen, um einen adäquaten Kommunikationsprozess zu ermöglichen. In diesem Zusammenhang wäre auch ein ‚Guide of Good Practice‘ in der Risikokommunikation, äquivalent zum „Stand der Technik“, vorstellbar.

³⁶ RICHTLINIE 2003/35/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 26. Mai 2003 über die Beteiligung der Öffentlichkeit bei der Ausarbeitung bestimmter umweltbezogener Pläne und Programme und zur Änderung der Richtlinien 85/337/EWG und 96/61/EG des Rates in Bezug auf die Öffentlichkeitsbeteiligung und den Zugang zu Gerichten

5.3.2 Berücksichtigung der Ergebnisse der Risikokommission

Die Risikokommission hat im Juni 2003 ihren Abschlussbericht vorgestellt, in dem auch Überlegungen zur Risikokommunikation und Beteiligung vorgestellt werden (Kap. 5.2 und 7 des Abschlussberichtes). Da die Diskussion der Ergebnisse der Risikokommission noch nicht abgeschlossen ist, wurde für diesen Bericht nur eine erste Auswertung der Berichtes der Risikokommission vorgenommen (vgl. Anhang 2).

Der Bericht der Risikokommission wirft die Frage auf, ob die darin bzgl. der Transparenz und Risikokommunikation bei der Standardsetzung im gesundheitlichen Umweltschutz ausgesprochenen Empfehlungen bereits bei der Setzung von Standards in für die Anlagensicherheit relevanten Bereichen ausreichend beachtet werden.

Es kann daher hilfreich sein, wenn für die Erstellung dieser Standards, die für die Anlagensicherheit von Bedeutung sind, vor der Erstellung der Standards verbindliche und veröffentlichte Regeln zur Transparenz des Verfahrens und zur Kommunikation im Laufe des Verfahrens aufgestellt werden.

Der AK-TRV empfiehlt den im Bereich Anlagensicherheit tätigen Gremien daher Regeln zur Transparenz und Risikokommunikation für ihre eigene Arbeit im Standardsetzungsverfahren aufzustellen und, soweit diese bestehen, sie ggf. auf der Grundlage der Ergebnisse der Risikokommission zu überprüfen.

5.3.3 Risikokommunikation bei normativen Verfahren zur Probabilistik

Im Rahmen eines normativen Verfahrens sollten Standards für die probabilistische Beurteilung von Anlagen, die der Störfall-Verordnung unterliegen, festgelegt werden (vergleiche Kapitel 5.2). Dabei ist der Prozess zur Einführung solcher Standards so zu gestalten, dass der erforderliche gesellschaftliche Konsens in dieser Frage erreicht werden kann (s. a. [40], [48]). Hierbei sollten die in diesem Bericht angesprochenen Empfehlungen zu Transparenz und Risikokommunikation beachtet werden (vgl. Kapitel 4.4.3.1, 5.3.2 und Anhang 2).

5.3.4 Risikokommunikation zur probabilistischen Methodik

Die Methoden bzw. methodischen Vorgehensweisen (vgl. Kapitel 4) der Risikoabschätzung und Risikobewertung sind zu einem geeigneten Zeitpunkt verstärkt auch in allgemein zugänglichen Medien zu publizieren, um die notwendige Transparenz und das Verstehen der Vorgehensweise zu fördern.

Die Ergebnisse einer derartigen Risikoabschätzung hängen in erheblichem Maße von den Annahmen bezüglich der Randbedingung und Modellierung der ablaufenden Prozesse sowie den verwendeten Daten und der Vollständigkeit des Erkennens und Berücksichtigen relevanter Szenarien ab. Deshalb wird für die Anwendung probabilistischer Methoden die Erstellung von zielgruppenorientierten Erläuterungen empfohlen. Dabei ist der Zugang zu Beispielen der praktischen Anwendung der probabilistischen Methodik hilfreich.

Gleichzeitig sollte auf aufsichtsbehördlicher Ebene der Austausch innerhalb der Bundesländer, wie auch mit den europäischen Nachbarstaaten, intensiviert werden. Dies dient einerseits dem Ziel einen möglichst einheitlichen Ansatz zur Risikokommunikation bei grenzüberschreitenden Projekten zu verfolgen, wie auch andererseits die Herausbildung eines gemeinsamen europäischen Ansatzes zu befördern.

5.3.5 Information und Austausch von Erfahrungen über die Anwendung probabilistischer Methoden³⁷

Die ergänzende Nutzung von probabilistischen Risikoanalysen wird Betreiber, Behörden, Sachverständige und die Öffentlichkeit mit neuen Fragen konfrontieren. Mit einem erheblichen Informations- und Abstimmungsbedarf ist zu rechnen, der von der betriebsinternen Anwendung der Analysen bis zur Nutzung für den anlagenbezogenen Sicherheitsbericht im Genehmigungsverfahren zunehmen wird. Zudem kann bei der Anwendung dieser Methoden bzgl. Annahmen und Daten derzeit nicht in vergleichbarem Umfang auf abgestimmtes und veröffentlichtes Regelwerk zurückgegriffen werden, wie bei den deterministischen Methoden. In der Einführungsphase wird daher in den Anwendungsfällen ein gesteigerter Informations- und Diskussionsbedarf entstehen, wenn eine vergleichbare Transparenz hergestellt werden soll.

³⁷ Dieses Thema wurde ausführlich auf dem OECD Workshop: "Sharing Experience in the Training of Engineers In Risk Management" behandelt, der vom 21 - 24 Oktober 2003 in Montreal stattfand [53].

Der AK-TRV schlägt daher vor, dass in der bestehenden Aus- und Weiterbildung die Anwendung der Probabilistik im Anwendungsbereich der Störfall-Verordnung verstärkt berücksichtigt wird. Möglichkeiten hierzu sind:

- 1 Einbezug in Lehre und Forschung in den relevanten Studiengängen der Hochschulen.
- 2 Spezielle Kurse von Weiterbildungseinrichtungen (z.B. DECHEMA, VDI, HdT, Technische Überwachungsorganisationen, Hochschulen und Fachhochschulen) für Ingenieure, Sachverständige und Behördenvertreter.
- 3 Spezielle Veranstaltungen im Rahmen des Erfahrungsaustausches von Sachverständigen nach § 29a BImSchG und der Behörden.

Ergänzend kann es für Betreiber sinnvoll sein, Informationen über die Probabilistik in ihre bereits bestehende Risikokommunikation einzubinden. Möglichkeiten hierfür sind:

- 4 Spezielle Arbeitsgruppen innerhalb der Unternehmen und der Verbände, die sowohl dem Erfahrungsaustausch der Experten als auch der Kommunikation mit den Laien der Unternehmen dienen können.
- 5 Information und Kommunikation mit Behörden, Politik und Öffentlichkeit im Rahmen von Nachbarschaftsdialogen.
- 6 Förderung von öffentlich zugänglichen Weiterbildungsmöglichkeiten zu diesem Thema.

Die Anwendung probabilistischer Risikoanalysen bietet die Chance, dass die Transparenz von Risikoentscheidungen erhöht wird. Derartiges kann jedoch nur dann erreicht werden, wenn die Durchführung der Analysen und die diese ergänzende Risikokommunikation jeweils eine entsprechende Qualität aufweisen. Wie auch bei der Einführung der deterministischen Analyse muss damit gerechnet werden, dass in einer Einführungsphase zusätzliche Maßnahmen zur Sicherung und Steigerung der Qualität von beidem erforderlich sind. Der AK-TRV schlägt daher vor, zu einem geeigneten Zeitpunkt

- 7 die Publikation von für bestimmte Anlagenarten einschlägigen Beispielen zu fördern,
- 8 ein öffentliches Diskussionsforum zu Anwendungsfragen einzurichten und

- 9 für die Erstellung der Analysen erforderliche Informationen zu sammeln, auszuwerten, ihren Anwendungsbereich zu prüfen, ihre Prüfung und ggf. Anerkennung systematisch zu fördern und die anerkannten Informationen zu veröffentlichen.

Anhang 1: Kurzdarstellung einiger Methoden der Sicherheits- und Risikoanalyse

I Qualitative Methoden

I.1 Checklistenverfahren

Checklisten stellen eine systematische Auflistung gewonnener Erfahrung dar; sie sind Merk- und Erinnerungsposten für Punkte, die aufgrund bisheriger Erfahrungen kontrolliert werden müssen. Checklisten können dabei beliebig detailliert und dem jeweiligen Zweck angepasst werden und erlauben mit geringem Aufwand die Überprüfung sicherheitstechnischer Fragestellungen. Checklistenverfahren werden zur Identifizierung möglicher Gefahrenpotentiale angewendet, wobei jede Komponente und jedes Teilsystem anhand der Merkposten auf mögliche Gefahrenquellen untersucht wird.

Die Anwendung von Checklisten bietet sich bei vergleichbaren Situationen an, birgt aber die Gefahr in sich, dass bei Kombination spezieller verfahrens- und anlagenspezifischer Gegebenheiten Probleme übersehen werden. Das Checklistenverfahren wird daher hauptsächlich als vorlaufendes Verfahren zu den anderen Analyseverfahren benutzt.

I.2 Ausfalleffektanalyse (FMEA, FMECA)

Die Ausfalleffektanalyse (engl. FMEA: Failure Mode- and –Effect Analysis – Ausfallart und Fehlereffektanalyse / FMECA: Failure Mode, Effect and Criticality Analysis) ist eine induktive, qualitative bzw. halbquantitative Methode zur Identifizierung möglicher Gefahrenzustände in einem System (DIN 25448 [19]). Mit dieser Methode werden die Folgen bzw. Auswirkungen verschiedener Ausfallarten von Komponenten für den Prozess und das Gesamtsystem ermittelt.

Ziel der FMEA ist das Auffinden von Schwachstellen in Komponenten, in Systemen und in den Interfaces sowie die Feststellung möglicher Einzelfehler, deren Auftreten zum Ausfall des Systems oder der Komponente führen, damit Gegenmaßnahmen getroffen werden können, um diese Schwachstellen zu beseitigen oder auf ein akzeptables Maß zu reduzieren. Ausfalleffektanalysen untersuchen nur einzelne Fehler und keine Ausfallkombinationen und können zur Vorbereitung einer Fehlerbaumanalyse dienen.

Untersucht werden die Ausfälle aktiver und passiver Bauteile des Systems sowie geplante einzelne Bedienhandlungen / Handlungsabläufe des Personals.

Alle Einzelfehler und alle potentiell zu kritischen oder katastrophalen Ereignissen führenden Fehler werden in einer Liste (Critical Item List/Critical Function List) erfasst. Die Critical Item/Critical Function List wird durch eine qualitative Beurteilung des Risikos für den Betrieb des Systems oder der Komponente und durch eine Begründung für das Verbleiben des für den betrachteten Ausfall verantwortlichen Bauteils für das Restrisiko ergänzt (Rationale of Retention of Critical Failures).

Schritte einer FMEA sind:

- Auflistung aller Komponenten,
- Identifizierung der Ausfallarten,
- Bestimmung der Folgen/Auswirkungen,
- Kategorisierung der Auswirkungen auf das Gesamtsystem/die Umgebung und gegebenenfalls der Häufigkeiten,
- Bewertung und Vergleich.

I.3 Gefährdungs- und Betriebbarkeitsuntersuchung (HAZOP³⁸/ PAAG³⁹)

Das HAZOP- oder PAAG-Verfahren ist eine systematische Vorgehensweise zum Auffinden nicht offensichtlicher Gefahrenquellen in Systemen aller Art und wird stets von einem Team durchgeführt. Das Verfahren umfasst das Ermitteln möglicher Abweichungen vom bestimmungsgemäßen Betrieb eines Systems („Sollfunktion“), das Auffinden der möglichen Ursachen, das Abschätzen der Auswirkungen sowie das Festlegen von Gegenmaßnahmen. In der Praxis wird häufig eine Bewertung der Auswirkungen getroffen, um eine Klassifizierung der Gegenmaßnahmen im Sinne der DIN V 19250 zu ermöglichen.

Das HAZOP-Verfahren wurde um 1975 bei der Firma ICI in England entwickelt [20] und um 1980 von der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie in Deutschland unter dem Namen PAAG (Prognose, Auffinden der Ursachen, Abschätzung der Auswirkungen,

³⁸ HAZOP steht für die englischen Begriffe Hazard and Operability

³⁹ PAAG steht für Prognose von Abweichungen, Auffinden der Ursachen, Abschätzen der Auswirkungen und Gegenmaßnahmen

Gegenmaßnahmen) [49] eingeführt. Ausgehend von der chemischen Industrie wird das Verfahren inzwischen branchenübergreifend verwendet.⁴⁰

Grundlage des Verfahrens ist eine Untersuchung mittels so genannter "Leitworte", bei der systematisch und konsequent Abweichungen eines Systems oder Prozesses hinterfragt werden. Um die Untersuchung zu erleichtern, wird das System bzw. der Prozess in Funktionseinheiten zergliedert und für jede einzelne Funktionseinheit überschaubare Sollfunktionen festgelegt. Die Sollfunktion ist das gewünschte oder spezifizierte Verhalten des Systems und seiner Elemente und umfasst in einem verfahrenstechnischen Prozess beispielsweise die Parameter Stoff, Menge, Temperatur, Druck, Zeit, Zeitraum (Geschwindigkeit) sowie die abgeleiteten Größen Konzentration, pH-Wert, Viskosität usw.

Das Ermitteln der Abweichungen von der Sollfunktion geschieht in einem Frageprozess, bei dem vorgegebene "Leitworte" angewendet werden. Dabei soll das Team zu kreativem Denken stimuliert und eine Diskussion angestoßen werden, um eine möglichst umfassende Untersuchung zu erreichen. Leitworte und deren Bedeutung sind in der Tabelle 2 enthalten.

Tabelle 2: Grundlegende Leitworte und deren allgemeine Bedeutung

Leitwort	Bedeutung
Nein (nicht/kein/keine)	Verneinung der gesamten Sollfunktion oder von einzelnen Aspekten der Sollfunktion
Mehr	quantitative Zunahme
Weniger	quantitative Abnahme
sowohl als auch	qualitative Zunahme
Teilweise	qualitative Abnahme
Umkehrung	entgegengesetzter Ablauf/Zustand
anders als	vollständiger Austausch der gesamten Sollfunktion oder von einzelnen Aspekten der Sollfunktion

⁴⁰ Zum PAAG-Verfahren ist zwischenzeitlich international bei IEC ein Leitfaden herausgegeben worden: IEC 61882 „Hazard and operability studies (HAZOP studies) - Application guide. Ausgabe: 2001-05. Der Leitfaden wird nicht in das deutsche Normenwerk übernommen.

Die Anwendung des PAAG-Verfahrens erfolgt

- in der Planungsphase neuer Anlagen oder Verfahren oder
- bei geplanten Änderungen bestehender Verfahren.

Der Zeitpunkt der Durchführung einer PAAG-Studie sollte bei fortgeschrittenem Engineering liegen, da der Prozess, seine Funktionen und zumeist auch technische Funktionsdetails und Lösungen bekannt sein müssen. Die Untersuchung wird unter der Anleitung eines ausgebildeten und erfahrenen Moderators durchgeführt. Dieser muss eine umfassende Betrachtung des untersuchten Systems gewährleisten und dabei logisches und analytisches Denken einsetzen. Für die Untersuchung benötigt man Fachleute aus verschiedenen Fachbereichen mit entsprechender Erfahrung und Phantasie, Intuition und gutem Urteilsvermögen. Die Dokumentation der Ergebnisse erfolgt in Formblättern. EDV-technische Dokumentationshilfen sind bekannt und veröffentlicht (z.B. EDV-gestützte Dokumentationshilfen für Sicherheitsbetrachtungen an verfahrenstechnischen Anlagen – BG Chemie, Heidelberg).

Das PAAG-Verfahren hat sich in mehreren unterschiedlichen Industriebereichen als äußerst wirksam erwiesen. Man sollte sich jedoch bei der Anwendung über Einschränkungen im Klaren sein.

- Bei dem PAAG-Verfahren werden Funktionseinheiten eines Systems einzeln untersucht und die Auswirkungen beschrieben. Es kann jedoch sein, dass eine Abweichung auch zu einer Wechselwirkung zwischen den Funktionseinheiten des Systems führt. In solchen Fällen ist eine sorgfältige Dokumentation der bei der Betrachtung gewonnenen Erkenntnisse von besonderer Bedeutung.
- Wie bei allen Verfahren der Sicherheitsbetrachtung kann es keine 100 % ige Sicherheit dafür geben, dass durch das PAAG-Verfahren alle Gefahren oder Probleme erkannt werden.
- Der Erfolg einer PAAG-Untersuchung hängt stark von den Fähigkeiten und der Erfahrung des Untersuchungsleiters und vom Wissen, der Erfahrung und der Interaktion zwischen den Teammitgliedern ab.

II Quantitative Methoden

II.1 Ereignisablaufanalyse

Bei der Ereignisablaufanalyse DIN 25419 [23] werden ausgehend von einem definierten auslösenden Ereignis (z.B. Bruch einer Rohrleitung, Ausfall der Energieversorgung) und abhängig von Erfolg oder Versagen dann notwendiger Eingriffe von Sicherheitssystemen, die verschiedenen möglichen Auswirkungen dieses Ereignisses ermittelt. Dabei ist es zweckmäßig, nach anlageninternen und anlagenexternen Ereignissen zu unterscheiden:

- anlageninterne Ereignisse sind zum Beispiel mechanisches Versagen von aktiven Komponenten (z. B. Pumpen) und passiven Komponenten (z. B. Rohrleitungen oder Behälter);
 - Fehlfunktion oder Ausfall von Regel- Mess- oder Steuereinrichtungen;
 - spontane exotherme Reaktion;
 - Ausfall von Energie- und Medienversorgung;
 - menschliches Fehlverhalten;
- externe Ereignisse sind zum Beispiel
 - Naturereignisse wie Blitzschlag, Erdbeben, Überschwemmung;
 - Einwirkungen aus anderen Industrieanlagen im Nahbereich;
 - Einwirkungen durch Verkehrsmittel (z. B. Flugzeugabsturz oder Explosion eines Tankwagens aufgrund eines Unfalls);
 - Sabotage.

Es ist nicht möglich, alle denkbaren auslösenden Ereignisse im einzelnen zu analysieren. Es reicht vielmehr aus, die wesentlichen zu behandeln; d. h. diejenigen, die in bezug auf Eintrittshäufigkeit und Auswirkung bedeutsam sind.

Die zu erwartenden Häufigkeiten der auslösenden Ereignisse werden im allgemeinen aus Beobachtungen abgeleitet werden. Entweder werden Schätzwerte direkt aus den Betriebserfahrungen gewonnen (z.B. für das Eintreten von Rohrleitungslecks) oder das auslösende Ereignis wird in solche Unterereignisse zerlegt, für die Betriebserfahrungen vorliegen, und die Eintrittshäufigkeit wird dann mit Hilfe der Fehlerbaumanalyse (vgl. Abschnitt II.2) ermittelt.

Darüber hinaus gibt es Fälle, in denen die zu erwartende Eintrittshäufigkeit nur durch Expertenurteil geschätzt werden kann.

Je nachdem, welche Gegenmaßnahmen erforderlich und welche Funktionen von Betriebs- oder Sicherheitssystemen zur Durchführung dieser Gegenmaßnahmen vorhanden sind, ergeben sich aufgrund des nicht ausschließbaren Versagens dieser Funktionen Verzweigungen in den möglichen Ereignisabläufen. Diese werden in einem Ereignisablaufdiagramm (vgl. Bild 12) zusammengefasst.

Welche Systeme ihre Funktion aufrecht erhalten und welche neu angefordert werden müssen, wird durch Simulation des anlagendynamischen Verhaltens festgestellt. Die Simulation stützt sich auf mathematische Modelle für physikalische oder chemische Vorgänge. Jeder Zweig des Ereignisablaufdiagramms ist die statische Beschreibung eines in der Zeit kontinuierlich ablaufenden Vorgangs. Dieser wird durch einige wenige Punkte dargestellt, bei denen in Abhängigkeit vom Funktionieren oder Versagen der benötigten Systeme über den weiteren Verlauf des Prozesses entschieden wird.

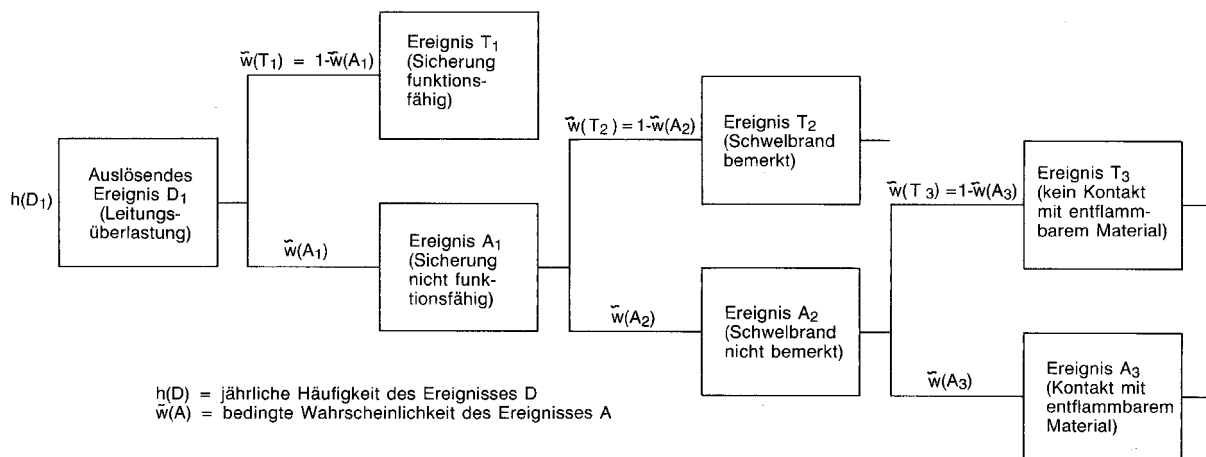


Bild 12: Ereignisablaufdiagramm (aus [14]) (Bemerkung: den Kästen verlassende Striche bedeuten, dass der Ablauf noch nicht beendet ist)

Zur Festlegung der Mindestanforderungen für die Erfüllung einer Systemfunktion werden häufig Informationen aus Störfallsimulationen verwendet, die im Rahmen anderer Untersuchungen, beispielsweise im Genehmigungsverfahren, durchgeführt wurden. Die Ereignisablaufanalyse lässt sich in zwei Teilaufgaben gliedern, und zwar

- in die systemtechnischen Untersuchungen, die sich mit dem Ereignisablauf beschäftigen, soweit er durch das Eingreifen der Betriebs- und Sicherheitssysteme bestimmt wird, und
- in die Untersuchungen, die den weiteren, aus einem angenommenen Versagen von Betriebs- und Sicherheitssystemen resultierenden Ereignisablauf innerhalb der Anlage bis hin zur Freisetzung von Schadstoffen und Energien behandeln.

In die Ereignisablaufdiagramme für die erste Teilaufgabe werden alle Verzweigungen im Ereignisablauf aufgenommen, die aufgrund anlagendynamischer Untersuchungen und der Anforderungen an die Betriebs- und Sicherheitssysteme von Bedeutung sind. Dabei bedient man sich im allgemeinen der binären Logik, d. h. Systeme werden entweder als voll funktionsfähig oder voll ausgefallen betrachtet und mögliche Zwischenzustände einem der beiden Zustände - in der Regel dem Ausfall - zugeordnet. Die materielle Grundlage für die logische Entscheidung sind dabei die Ergebnisse der anlagendynamischen Untersuchungen, die auf Modellrechnungen, experimentellen Ergebnissen sowie ingenieurmäßigen Einschätzungen fußen.

Bei der praktischen Durchführung der Ereignisablaufanalyse ist auf folgende Gesichtspunkte zu achten:

- Es können Abhängigkeiten von Systemfunktionen untereinander bestehen. Diese können dadurch begründet sein, dass die Gegenmaßnahmen bei Eintreten eines auslösenden Ereignisses vielfach von Systemen durchgeführt werden, die nicht unabhängig voneinander sind. Die Anforderungen an die Systemfunktionen hängen dabei vom jeweils betrachteten Ereignisablauf und von der Art des auslösenden Ereignisses ab.
- Es können systembedingte Folgeausfälle auftreten. Da der Aufbau der Ereignisabläufe, d. h. die Kette der aufeinanderfolgenden Ereignisse, dem zeitlichen Ablauf des Störfalles entspricht, müssen bei jedem Ereignis in der Kette die Folgen der vorausgehenden Ereignisse berücksichtigt werden. Würde beispielsweise Wasser, das aus einem Leck austritt, einen Messfühler eines Schutzsystems funktionsuntüchtig machen, so wäre dies bei später erforderlichen Maßnahmen zu berücksichtigen.

Für die zweite Teilaufgabe wird die Ereignisablaufanalyse darüber hinaus für die Behandlung von Störfallauswirkungen verwendet, d.h. die Beschreibung des Störfallablaufes z.B. nach einer Stofffreisetzung oder einem Brand.

Die Ereignisablaufanalyse ist ein wichtiges Hilfsmittel zur Darstellung von Szenarien.

II.2 Fehlerbaumanalyse

Die Fehlerbaumanalyse ist in DIN 25424 Teil 1 und 2 [24] genormt; sie wird nachfolgend in Anlehnung an [14] dargestellt. Es handelt sich um eine Vorgehensweise, die gewöhnlich zur Quantifizierung verwendet wird. Allerdings erfordert sie zuvor eine qualitative Untersuchung des betrachteten Systems wie jede andere Methode der Systemanalyse. Nachdem das Systemversagen oder allgemeiner das unerwünschte Ereignis definiert ist, werden seine logischen Verknüpfungen mit den Primärereignissen gesucht und in Form eines Fehlerbaums dargestellt. Das Primärereignis kann dabei den Ausfall einer technischen Komponente, das Versagen eines Operateurs oder eine Einwirkung von außen wie die Überflutung der Anlage oder den Übergriff eines Brandes aus benachbarten Einrichtungen beschreiben.

Der Fehlerbaum gibt das Ergebnis des qualitativen Teils der Analyse wieder. In diesem Teil werden Fragen wie "Wie kann das auftreten?" gestellt. Diese gestatten es, zunächst Prozessfunktionen und Teilsysteme wie Kühlung oder Energieversorgung zu ermitteln, deren Versagen zum unerwünschten Ereignis führt, und dieses Versagen anschließend sukzessive mit den Primärereignissen zu verknüpfen.

Die logischen Verknüpfungen in einem Fehlerbaum werden im allgemeinen durch zwei Typen von Gattern dargestellt, das "ODER" und das "UND" Gatter. Beim "ODER" Gatter bewirkt jeder der einzelnen Eingänge allein das Ausgangsereignis, wobei auch mehrere Eingangereignisse gleichzeitig auftreten können. Das Ausgangsereignis des "UND" Gatters hingegen tritt nur dann ein, wenn sämtliche Eingangereignisse auftreten.

Wie bereits erwähnt, stellt der Fehlerbaum ein vereinfachtes Modell des Systems im Hinblick auf das unerwünschte Ereignis dar. Sein Vorteil liegt dabei darin, dass der Einfluss aller Komponenten aufeinander und die Auswirkungen ihres Versagens, menschlicher Fehlhandlungen und Einwirkungen von außen auf das System erfasst werden können. Ein System unter Berücksichtigung der Prozessparameter (z.B. Druck, Temperatur, Konzentration, Massenstrom usw.) und deren zeitabhängiger Entwicklung nach Auftreten eines Primärereignisses zu modellieren, ist hingegen in der Regel zu schwierig. Dennoch benötigt man auch bei der Fehlerbaumanalyse die Kenntnis des Verhaltens der physikalischen und chemischen Prozessparameter als Folge des Auftretens eines Primärereignisses. Diese Kenntnis spiegelt sich in der logischen Struktur des Fehlerbaums wieder. Ihr liegen beispielsweise Entscheidungen darüber zugrunde, ob sich im Verlauf eines Störfalls Temperaturen oder Drücke einstellen, die Materialgrenzen überschreiten oder nicht. Kenntnisse über das Systemverhalten entstammen im allgemeinen dynamischen Berechnungen der Komponentenbelastungen, Experimenten oder ingenieurmäßigen Abschätzungen. Letztere sollten bei

einer Sicherheitsanalyse konservativ sein, d.h. es sollte immer das schlechteste Ergebnis für das System zugrunde gelegt werden.

Bei der Durchführung von Fehlerbaumanalysen unterstellt man im allgemeinen, dass die Komponenten so ausgelegt, gebaut und eingebaut sind, dass sie ihre Funktion erfüllen, wenn sie ordnungsgemäß arbeiten. Beispielsweise geht man davon aus, dass ein Entlastungsventil einen Querschnitt hat, der ausreicht, die Drücke in dem Anlagenteil, der geschützt werden soll, bei einer Entlastung unterhalb zulässiger Grenzwerte zu halten. Die Annahme des korrekten Funktionierens muss im Rahmen der Analyse überprüft werden, insbesondere dann, wenn Ausfallkombinationen betrachtet werden, die zu Belastungen jenseits der Auslegungsgrenzen von Komponenten führen können. Dann kann korrektes Arbeiten nicht ohne weiteres unterstellt werden. Beispielsweise wäre in diesem Zusammenhang an einen Druckwächter zu denken, der infolge eines Dampfleitungsbruchs Temperaturen und Luftfeuchtigkeiten ausgesetzt ist, für die er nicht gebaut ist.

Die Fehlerbaumanalyse kann während der Auslegung einer Anlage eingesetzt werden und dann deren endgültigen Aufbau beeinflussen oder dazu herangezogen werden, schon bestehende Anlagen zu analysieren. Dann gibt sie Hinweise zur Wirksamkeit herkömmlicher Vorgehensweisen der Sicherheitsauslegung und zu möglichen Verbesserungen der Anlagensicherheit. Die Fehlerbaumanalyse sollte insbesondere dann verwandt werden, wenn wenig Betriebserfahrung zu einem Anlagentyp vorliegt; dann kann die Wahrscheinlichkeit des Anlagenversagens nicht Aufschreibungen der Betriebserfahrung entnommen werden, sondern muss berechnet werden, indem man sie aus der Eintrittswahrscheinlichkeiten der Primärereignisse ermittelt, wie bereits beschrieben.

Bei der Bestimmung der Eintrittswahrscheinlichkeiten von Komponentenausfällen macht man sich zunutze, dass derselbe Komponententyp im allgemeinen mehrfach in einer Anlage vorkommt und dass in verschiedenen Anlagen dieselben Typen von Komponenten eingesetzt werden. Darüber hinaus versagen Komponenten im allgemeinen häufiger als die Systeme, in denen sie eingebaut sind. So lässt sich eine ausreichende Betriebserfahrung (Anzahl von Komponenten u. Betriebszeit) in verhältnismäßig kurzer Beobachtungszeit sammeln. Obwohl die Möglichkeit besteht, mit zunehmender Anzahl von Anlagen eines Typs und wachsender Betriebserfahrung deren Versagenswahrscheinlichkeit aufgrund beobachteter Vorkommnisse zu berechnen, verliert die Fehlerbaumanalyse ihren Wert nicht, da sie Einblick in die Systemstruktur vermittelt, Schwachstellen aufdeckt und eine Beurteilung der Wirksamkeit geplanter Abhilfemaßnahmen gestattet. Derartige Erkenntnisse lassen sich in der Regel nicht aus statistischen Aufschreibungen über einen bestimmten Anlagentyp gewinnen. Ganz allgemein kann man sagen, dass die Fehlerbaumanalyse, die auf der Suche

nach Bedingungen für das Anlagenversagen beruht, als Antithese zum Auslegungsprozesses gelten kann, bei dem die Bedingungen für das Funktionieren einer Anlage ermittelt werden. Deshalb ist sie von großem Nutzen, um Auslegungsmängel aufzudecken, und zwar sowohl im qualitativen als auch im quantitativen Teil der Analyse.

Um eine Fehlerbaumanalyse durchzuführen, bedarf es der nachfolgend aufgeführten Schritte.

- 1 Kennen lernen des Systems unter Benutzung der Anlagen- und Prozessbeschreibung, der Rohrleitungs- und Instrumentierungspläne usw. und Informationen vom Anlagenhersteller und -betreiber.
- 2 Festlegung unerwünschter und auslösender Ereignisse unter Heranziehung von Checklisten, Informationen über Stoffeigenschaften, Berichten über Vorkommnisse und Studien zu ähnlichen Anlagen.
- 3 Entwicklung des Fehlerbaums oder der Fehlerbäume.
- 4 Bereitstellung der Wahrscheinlichkeiten für das Versagen technischer Komponenten, menschliche Fehlhandlungen und Einwirkungen von außen.
- 5 Auswertung des oder der Fehlerbäume.
- 6 Beurteilung der Ergebnisse, Vorschläge für Systemverbesserungen und, falls erforderlich, entsprechende Abänderung und erneute Auswertung der Fehlerbäume.

Die Fehlerbaumanalyse dient vor allem der

- Ermittlung von Maßnahmen zur Verbesserung der Verfügbarkeit von Systemen,
- Beurteilung und ggf. Beseitigung von Schwachstellen in den Systemen,
- Realisierung einer ausgewogenen Systemauslegung auch unter Berücksichtigung des investierten Kapitals,
- Optimierung von Instandhaltungsvorgängen, auch unter Berücksichtigung des Kapitaleinsatzes und der Ersatzteilbereitstellung,
- Verbesserung von Betriebsvorschriften und Betriebsweisen,
- verbesserten Ausbildung des Betriebspersonals.

III Halb quantitative Verfahren

III.1 Dow Index

Ein Gefährdungsindex wird durch die Erfassung des gefährlichen Inventars der zu untersuchenden Anlage sowie durch eine Bewertung der Stoffe und des angewandten Produktionsverfahrens mit empirisch gewonnenen Faktoren ermittelt. Die Methodik wurde ursprünglich zu Versicherungszwecken entwickelt und erlaubt durch Berechnung eines Zahlenwertes das in der betrachteten Anlage vorhandene Gefährdungspotential zu bewerten.

Es gibt eine Reihe von Gefährdungsindizes. Am bekanntesten ist jedoch der „Dow Chemical Company's Fire and Explosion Index“ (Dow Index) [22].

Mit der Anwendung des Index werden die nachfolgend aufgeführten Ziele verfolgt:

- 1 Quantifizierung des erwarteten Schadens aus möglichen Explosionen, Brand- und Reaktivitätsstörfällen auf realistische Weise
- 2 Identifizierung der Anlagenteile, die mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit zum Entstehen oder zur Ausweitung eines Störfalls beitragen
- 3 Bewusst machen des mit dem Index ermittelten Risikopotentials beim Management

Nach einem Punktesystem werden Gefahren (z.B. gefährliche Stoffeigenschaften) bewertet; sie führen zu einem Malus. Demgegenüber steht ein Bonus für Sicherheitssysteme.

Trotz der Verwendung von Zahlen bleibt als wesentliches Element des Dow-Fire and Explosion Indexes das Ziel, dem Ingenieur das Schadenspotential der einzelnen Anlagenbereiche vor Augen zu führen und ihm zu ermöglichen, Wege zu finden, das Schadenspotential und den damit verbundenen materiellen Verlust wirkungsvoll und kosteneffizient zu mindern.

Bei der Anwendung des Indexes ist es erforderlich, den gesunden Menschenverstand und gute Urteilskraft sowohl bei der Berechnung als auch bei der Deutung der Ergebnisse walten zu lassen. Das Gefährdungspotential wird verbal durch folgende Einstufungen beschrieben „leicht“, „gemäßigt“, „mittel“, „groß“ und „äußerst groß“.

III.2 LOPA (Layer of Protection Analysis)

Eine neuere Entwicklung auf dem Gebiet der Risikoanalyse für Chemieanlagen ist die Layer of Protection Analysis (LOPA) [18]. Sie beruht auf den Grundgedanken der Ereignisablaufanalyse (vgl. Abschnitt II.1). Bei ihr werden den auslösenden Ereignissen (z.B. Ausfall einer Kühlmittelpumpe) generische Ausfallraten zugewiesen. Gleiches gilt für die Nichtverfügbarkeiten der Schutzbarrieren, mit denen die auslösenden Ereignisse beherrscht werden sollen (z.B. Begrenzungs- und Abschaltssysteme). Diese Barrieren müssen voneinander unabhängig sein. Um eine Risikoabschätzung zu erreichen, werden die erwarteten Eintrittshäufigkeiten unerwünschter Ereignisse (z.B. Freisetzung von gefährlichen Stoffen), die eintreten, nachdem die Barrieren des Systems versagt haben, mit kategorisierten Unfallfolgen verknüpft. LOPA gibt Abschätzungen der Größenordnung des Risikos, soll aber detailliertere Untersuchungen nicht ersetzen. LOPA findet in der Industrie der USA Anwendung; deutsche Betreiber entwickeln derzeit Verfahrensweisen, die sich stark auf LOPA stützen.

III.3 SQUAFTA (Semi-quantitative fault tree analysis)

Ein wesentliches Hindernis für die umfassende Nutzung der Fehlerbaumanalyse für Chemieanlagen ist der Mangel an geeigneten Zuverlässigkeitskenngrößen. Dieser führt bei Analysen zu zeitraubendem und fehlerträchtigem Suchen. Dabei leidet die Qualität der Untersuchungsergebnisse ohnehin darunter, dass mit nicht anlagenspezifischen Daten die spezielle Situation (Typ von Komponenten, Qualität der Instandhaltung etc.) in einer Anlage nicht vollständig erfasst werden kann. Deshalb werden im Programmsystem SQUAFTA generische Bereiche von Zuverlässigkeitskenngrößen verwendet. Diese sollen deren Unsicherheiten berücksichtigen, die u.a. dadurch verursacht werden, dass Daten von ihrer Ursprungsanlage auf eine Anlage mit anderen Bedingungen übertragen werden. Diese Unsicherheiten werden durch die Auswertung des Fehlerbaums hindurch getragen und liefern Ergebnisse für Minimalschnitte und das Gesamtsystem in Verbalform. Zahlenangaben werden als zusätzliche Hinweise zur Systemverbesserung gemacht. Das Programmsystem beinhaltet Zuverlässigkeitskenngrößenbereiche für übliche Komponenten von Chemieanlagen, die entsprechend ihrem Funktionsprüfungsintervall durch Angabe einer Kardinalzahl angewählt werden. Entsprechendes gilt für die erwarteten Eintrittshäufigkeiten auslösender Ereignisse und Wahrscheinlichkeiten menschlicher Fehler.

Die Methode erlaubt es, die Vorteile der Fehlerbaumanalyse (vgl. Abschnitt II.2) bei geringem Aufwand zu erzielen. Dazu gehört im Vergleich zu LOPA insbesondere die Möglichkeit, Abhängigkeiten zu erfassen; denn deren Nichtbeachtung führt zu nicht konservativen Ergeb-

nissen bei der Sicherheitsanalyse. Darüber hinaus lassen sich die ermittelten erwarteten Eintrittshäufigkeiten mit Abschätzungen der Störfallauswirkungen wie z.B. aus [18] verbinden, um zu einer Abschätzung des Risikos zu gelangen.

III.4 Risikograph zur Klassifizierung von sicherheitsrelevanten MSR-Einrichtungen

Eine sehr häufig angewandte halb quantitative Methode ist der Risikograph nach DIN V 19250. Er wird bei der Klassifizierung von sicherheitsrelevanten MSR-Einrichtungen bzw. PLT-Einrichtungen sowohl national, als auch international angewendet.

Das Risiko, vor dem sicherheitstechnische Systeme schützen sollen, wird ohne das betrachtete sicherheitstechnische System abgeschätzt.

Dabei wird mit Hilfe eines „Risikographen“, der analog der Risikomatrix in Bild 3 aufgebaut ist, eine Risikoabschätzung durchgeführt.

Da eine exakte Quantifizierung von Risiken bzw. von Teilrisiken oft nicht möglich bzw. sehr aufwendig und schwierig ist, werden zur Vereinfachung Einflussgrößen (Parameter) eingeführt, die es ermöglichen, Art und Höhe der Gefahrensituation bei Versagen, bzw. Nichtverfügbarkeit der MSR-Schutzeinrichtung zu beschreiben.

Die wesentlichen Risikoparameter sind das Schadensausmaß (S1: leichte Verletzung bis S4: katastrophale Auswirkung) sowie die Eintrittswahrscheinlichkeit (mit W1: sehr gering bis W3: relativ hoch). Außerdem ist bei den Parametern für das Schadensausmaß noch eine gewisse Differenzierung in Abhängigkeit von der Aufenthaltsdauer von Personen und von der Möglichkeit der Gefahrenabwendung gegeben.

Mit dieser Vorgehensweise, die in der DIN V 19250 sowie in der VDI/VDE 2180 beschrieben ist, erhält man sogenannte Anforderungsklassen für die MSR-Schutzeinrichtung. Je höher die Ordnungszahl einer Anforderungsklasse ist (Anforderungsklassen 1 – 8), desto höher ist das abzudeckende Teilrisiko, das durch das sicherheitstechnische System abgedeckt werden muss, und desto strenger sind deshalb die grundsätzlichen Anforderungen an die Schutzeinrichtung.

Diese Vorgehensweise hat auch in die internationale Normung (E DIN IEC 61511-3, sicherheitstechnische Systeme für die Prozessindustrie, Teil 3: Anleitung für die Bestimmung von Sicherheits-Integritätsleveln) Eingang gefunden. Gemäß der E DIN IEC 61511-3 werden sogenannte Sicherheits-Integritätslevel (SIL 1-4) als Anforderung an die MSR-Schutzeinrichtung bestimmt.

Die obengenannte Vorgehensweise hat sich in Verbindung mit dem PAAG- bzw. HAZOP-Verfahren sowohl bezüglich der Identifikation der Gefahrenquellen als auch der risikogerechten Ausführung von Gegenmaßnahmen als sehr erfolgreich bewiesen und kann als Stand der Technik im Sinne der Störfall-Verordnung angesehen werden.

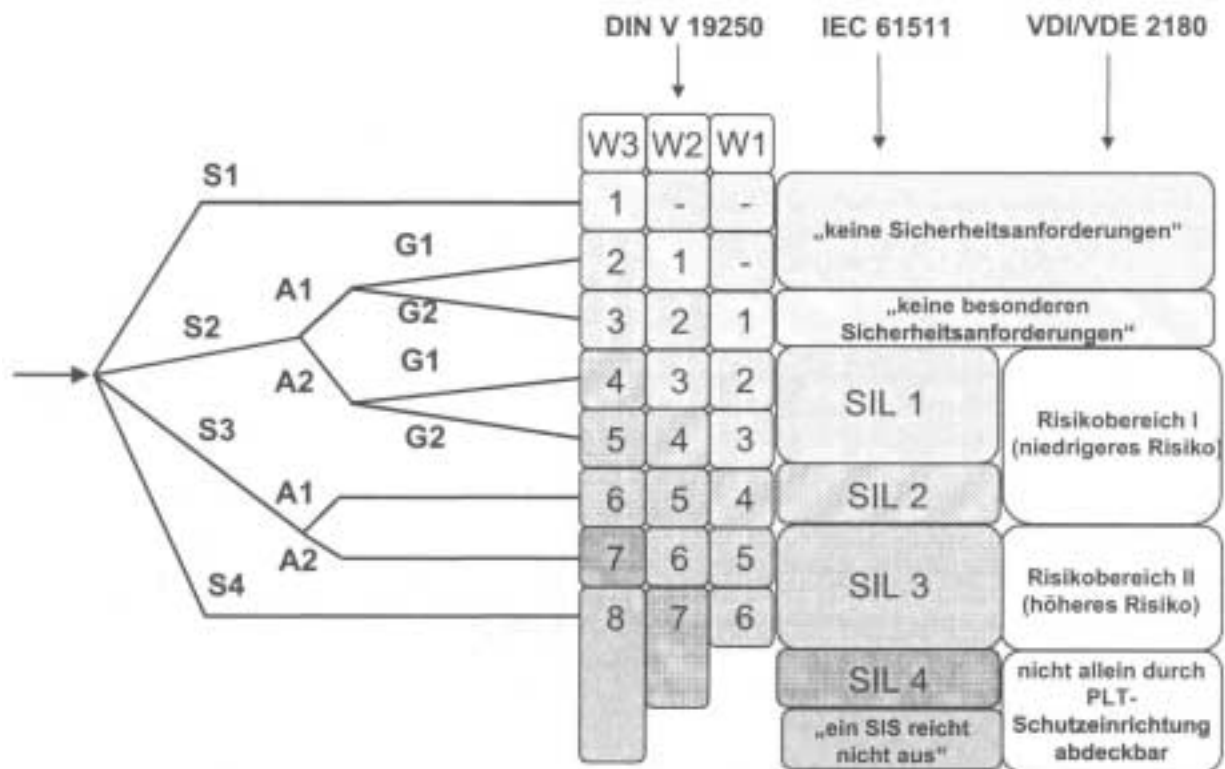


Bild 13: Risikograph aus DIN V 19250 zum Personenschutz (Entnommen: E DIN IEC 61511-3 (VDE 0810 Teil 3): 2001-06)

Risikoparameter

- Schadensausmaß

- S1: leichte Verletzung einer Person;
kleinere schädliche Umwelteinflüsse
- S2: schwere irreversible Verletzung einer oder
mehrerer Personen oder Tod einer Person;
vorübergehende größere schädliche Umwelteinflüsse
- S3: Tod mehrerer Personen;
langandauernde größere schädliche Umwelteinflüsse
- S4: katastrophale Auswirkungen, sehr viele Tote

- Aufenthaltsdauer

- A1: selten bis öfter
- A2: häufig bis dauernd

- Gefahrenabwendung

- G1: möglich unter bestimmten Bedingungen
- G2: kaum möglich

- Eintrittswahrscheinlichkeit des unerwünschten Ereignisses

- W1: sehr gering
- W2: gering
- W3: relativ hoch

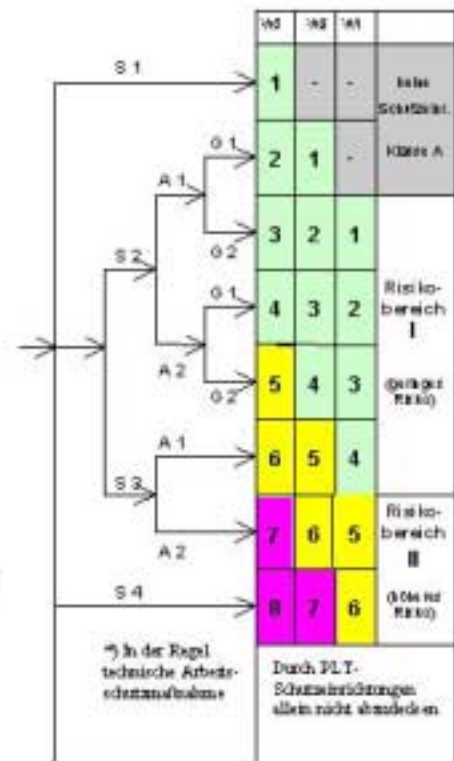


Bild 14: Risikograph DIN V 19250, VDI/VDE 2180

Anhang 2: Ergebnisse der Risikokommission

Mit der Frage einer Verbesserung der Risikokommunikation hat sich die Risikokommission [48] des Bundesministeriums für Gesundheit und des Bundesumweltministeriums in einem Bericht (Juli 2003) intensiv beschäftigt und Empfehlungen und Umsetzungsvorschläge erarbeitet.

Der AK-TRV der Störfall-Kommission hat diesen Bericht zur Kenntnis genommen. Bei einer Prüfung stellte sich heraus, dass die hier aus dem Bereich des Gesundheits- und Umweltschutzes von der Risikokommission verwendeten Begrifflichkeiten nicht auf die Belange der Störfall-Verordnung übertragen werden können.

In ihrem Bericht wird von der Risikokommission großer Wert auf die Trennung der mit den Arbeitsschritten Risikoabschätzung und **Risikomanagement im Sinne der Risikokommission** verbundenen Verfahrensschritte gelegt. Dies erklärt sich daraus, dass die Risikokommission sich – anders als die Störfall-Kommission – im Bereich der Risikoabschätzung mit grundsätzlichen Fragen befasst und nicht mit Risiken von Störfallanlagen.

Die Risikokommission unterscheidet in ihrem Bericht insbesondere folgende Schritte bei der Risikokommunikation [48]:

„Risikoregulierung: Gesamtprozess der Risikoabschätzung und des Risikomanagements einschließlich des Vorverfahrens (Risk Analysis)

Vorverfahren: Problemeingrenzung (z.B. Vorbewertung, Prioritätensetzung), Festlegung der Rahmenbedingungen

Risikoabschätzung: Prozess von der Identifizierung des Gefährdungspotentials bis zur quantitativen Charakterisierung von Risiken (Risk Assessment)

Risikobewertung: (natur)wissenschaftliche Bewertung von Risiken, gesellschaftliche und politische Bewertung von Risiken (Risk Evaluation)

Risikomanagement: Prozess von der Identifikation und Auswahl der Maßnahmen über die Umsetzung bis zur Evaluation der Maßnahmen (Risk Management)“

Die Definition der im vorliegenden Bericht verwendeten Verfahrensschritte des Risikomanagements folgt der Praxis im Technikbereich (s. Kapitel 4).

Vor diesem Hintergrund lässt sich die Forderung der Risikokommission zwischen Risikoabschätzung und **Risikomanagement im Sinne der Risikokommission** i. S. des Prozesses

einer konkreten Identifikation und Auswahl der Maßnahmen beim Eintritt eines kritischen Ereignisses klar zu trennen, nachvollziehen. Die Risikobewertung wird dabei als Schnittstelle zwischen beiden Prozessen gesehen.

Für Anlagen, die der Störfall-Verordnung unterliegen, ist eine Trennung von Risikoabschätzung und Risikomanagement im Sinne der Risikokommission nicht sinnvoll. Notwendige Risikobewertungen werden überwiegend im Rahmen der Beurteilung eines konkreten Einzelfalles, z. B. in der Planungsphase eines Vorhabens oder im Rahmen einer Anlagenzulassung, als Teil des Risikomanagements bewältigt.

Insofern stellen beide Vorgehensweisen keinen Gegensatz oder Widerspruch dar, sondern erklären sich aus den sehr unterschiedlichen Voraussetzungen – auf der einen Seite einer sehr grundsätzlichen Betrachtung der Risikobewertung durch die Risikokommission und zum anderen der auf den Themenkreis „Störfallanlagen“ begrenzten Betrachtung der Risikobewertung durch die Störfall-Kommission.

Anhang 3: Literatur

- [1] *SFK- Störfall-Kommission beim Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.):
Schritte zur Ermittlung des Standes der Sicherheitstechnik
SFK-GS-33, Januar 2002*
- [2] *SFK- Störfall-Kommission beim Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.):
Leitfaden Anlagensicherheit
SFK-GS-06, November 1995*
- [3] *Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge vom 14.5.1990 (BGBl. 1 S. 880)*
- [4] *Zwölfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Störfall-Verordnung - 12. BImSchV) vom 26. April 2000 (BGBl. I Nr. 19 vom 02.05.2000 S.603)*
- [5] *Ausführungen der SFK zur Beschreibung der „Dennoch-Störfälle“, Zwischenbericht vom 16.01.2002: „Konsequenzen aus den Terroranschlägen in den USA für die Sicherung von Betriebsbereichen und Anlagen gemäß Störfall-Verordnung“.*
- [6] *SFK- Störfall-Kommission beim Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.):
Schadensbegrenzung bei Dennoch-Störfällen, Empfehlungen für Kriterien zur Abgrenzung von Dennoch-Störfällen und für Vorkehrungen zur Abgrenzung ihrer Auswirkungen
SFK-GS-26, Oktober 1999*
- [7] *SFK- Störfall-Kommission beim Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.):
Leitfaden für die Darlegung eines Konzeptes zur Verhinderung von Störfällen und ein Sicherheitsmanagementsystem gem. §9 ABs.1 Nr.1 i.V.m. Anhang III der Störfall-Verordnung 2000 des Arbeitskreises MANAGEMENT-SYSTEME der SFK
SFK-GS-24 (Rev. 1), Mai 2002*

- [8] *SFK- Störfall-Kommission beim Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.):
Leitfaden Arbeitshilfe zur Integration eines Sicherheitsmanagementsystems nach Anhang III der Störfallverordnung 2000 in bestehende Managementsysteme des Arbeitskreises MANAGEMENT-SYSTEME der SFK
SFK-GS-31(Rev. 1), Mai 2001*
- [9] *SFK- Störfall-Kommission beim Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.):
Arbeitshilfe Human Factor-Aspekte für Betriebsbereiche und Anlagen nach der Störfall-Verordnung (12. BImSchV) des Arbeitskreises HUMAN FACTOR der SFK
SFK-GS-32, September 2001*
- [10] *DIN VDE 31000 Teil 2*
- [11] *VDI/VDE Richtlinie 3542*
- [12] *ISO/IEC Guide 51*
- [13] *DIN V 19250*
- [14] *Hauptmanns, U., Herttrich, M. und W. Werner
Technische Risiken - Ermittlung und Beurteilung –:
Berlin und Heidelberg 1987*
- [15] *Hauptmanns, U. and W. Werner:
Engineering Risks - Evaluation and Valuation
Springer-Verlag, Berlin 1991*
- [16] *Risk analysis of six potentially hazardous industrial objects in the Rijnmond Area.
A Pilot Study
Dordrecht, Holland/ Boston, U.S.A./London, England 1982*
- [17] *Bottelberghs, P.H.: Risk analysis and safety policy developments in the Netherlands,
Journal of Hazardous Materials 71 (2000), 59-84*
- [18] *Bridges, W.G., Dowell, A.M.,III, Gollin, M., Greenfield, W.A., Poulsen, J.M., and
W. Turetzky: Layer of Protection Analysis: Simplified Process Risk Assessment,
Center for Chemical Process Safety, AIChE, New York, N.Y. 2001*
- [19] *Ausfalleffektanalyse (Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse DIN 25448 (1990))*

- [20] *Hazard and Operability Studies*
Process Safety Report 2. ICI Ltd., London 1974
- [21] *Risikobegrenzung in der Chemie PAAG-Verfahren (HAZOP)*
Internationale Sektion der IVSS für die Verhütung von Berufsunfällen und
Berufskrankheiten in der chemischen Industrie
Heidelberg 1990
- [22] *Fire & Explosion Index Hazard Classification Guide*
DOW Chemical Company
Midland MI, January 1994
- [23] *Ereignisablaufanalyse - Verfahren, graphische Symbole und Auswertung*
DIN-25419 (1985)
- [24] *Fehlerbaumanalyse*
DIN 25424 Teil 1, Methode und Bildzeichen; September 1981
Teil 2, Handrechenverfahren zur Auswertung eines Fehlerbaums, April 1990
- [25] *Kaiser, W. et al.*
Ermittlung und Berechnung von Störfallablaufszszenarien nach Maßgabe der 3. Störfall-
Verwaltungsvorschrift
UBA-FB 20409428, Berlin 1999
- [26] *Ministry of Social Affairs (issuer)*
Methods for the calculation of physical effects, report CPR 14E from the Committee
for the Prevention of Disasters, 2nd Edn. (1992), The Hague
- [27] *Ministry of Social Affairs (issuer):*
Methods for the determination of possible damage, report CPR 16E from the
Committee for the Prevention of Disasters, 1st Edn. (1992), The Hague
- [28] *Premises of Risk Management, Dutch National Environmental Policy Plan, The*
Hague: Directorate General for Environmental Protection at the Ministry of Housing,
Physical Planning and Environment, 1988-1989
- [29] *Explanatory Memorandum zur Veröffentlichung im: Staatscourant 22 February 2002,*
No. 38
- [30] *Schneider, J (Hrsg.), Risiko und Sicherheit technischer Systeme: auf der Suche nach*
neuen Ansätzen, Basel: Birkhäuser, 1991

- [31] Braun, Herbert, *Umfassende Risikoanalyse Schweiz, Allgemeine Schweizerische Militärzeitschrift, Beiheft 1998*
- [32] ESCIS, *Einführung in die Risikoanalyse: Systematik und Methoden, Heft 4, 1996, 3. überarbeitete Auflage, Basel: Expertenkommission für Sicherheit in der chemischen Industrie der Schweiz (ECSIS)*
- [33] Health and Safety Executive (HSE), *The Tolerability of Risk from Nuclear Power Stations, 1992 (Revised Edition), London: HMSO*
- [34] Health and Safety Executive (HSE), *Reducing Risks, Protecting People, 2001, S. 47ff, Norwich: HMSO*
- [35] U.S. Nuclear Regulatory Commission, *Reactor Safety Study: An Assessment of Accident Risks in U.S. Commercial Nuclear Power Plants, WASH-1400, October 1975, Springfield, VA: NTIS*
- [36] National Research Council (NRC), *Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process. Washington, DC: National Academy Press, 1983*
- [37] United States Environmental Protection Agency (EPA), *A Guide to the Biosolids Risk Assessments for the EPA Part 503 Rule, Washington, DC: USEPA, September 1995*
- [38] Travis, C.C., Richter, S.A., Crouch, E.A.C., Wilson R., and Klema, E.D., *Cancer Risk Management. A review of 132 federal regulatory decisions, Environment, Science & Technology 21(5): 415-420, 1987*
- [39] vgl. hierzu die Ausführungen von Prof. Sheila Jasanoff in *Risk Management and Political Culture, New York: Russel Sage Foundation, 1986*
- [40] Ad hoc-Kommission „Neuordnung der Verfahren und Strukturen der Risikobewertung und Standardsetzung im gesundheitlichen Umweltschutz der Bundesrepublik Deutschland“
„Erster Bericht über die Arbeit der Risikokommission“, Juni 2002
- [41] Royal Commission On Environmental Pollution, *Setting Environmental Standards, Twenty-first Report, London: The Stationary Office, October 1998*
- [42] National Research Council, *Understanding risk: Informing decisions in a democratic society, Washington, DC: National Academy Press, 1996*
- [43] DIN 820-120

- [44] *Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge – Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG vom 26. September 2002 (BGBl. I S. 3830 / FNA-Nr. 2129-8)*
- [45] *Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes – Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen – 4. BImSchV vom 14. März 1997 (BGBl. I S. 504)*
- [46] *Neunte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes – Verordnung über das Genehmigungsverfahren – 9. BImSchV vom 29. Mai 1992 (BGBl. I S. 1001)*
- [47] *Umweltinformationsgesetz – UIG vom 23. August 2001 (BGBl. I. S. 2218)*
- [48] *s. a. ad hoc-Kommission „Neuordnung der Verfahren und Strukturen der Risikobewertung und Standardsetzung im gesundheitlichen Umweltschutz der Bundesrepublik Deutschland“
“Abschlussbericht der Risikokommission von Juni 2003“*
- [49] *Sommer, J. et al.: Das PAAG-Verfahren – Methodik, Anwendung, Beispiele Internationale Sektion der IVSS für die Verhütung von Arbeitsunfällen und Berufskrankheiten in der chemischen Industrie, Heidelberg, 2000*
- [50] *“Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis”
Center of Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers,
3 Park Avenue, New York, New York 10016-5991*
- [51] *OECD Guiding Principles for Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response, Second Edition, OECD 2003, Paris*
- [52] *APELL Handbook - Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level: a Process for Responding to Technological Accidents , UNEP 1988, Paris*
- [53] *Report of the OECD Workshop on Sharing Experience in the Training of Engineers in Risk Management, Montreal, Canada, 21-24 October 2003*
- [54] *TAA - Technischer Ausschuss für Anlagensicherheit beim Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.):
Bericht Ganzheitliche Anlagenüberwachung
TAA-GS-29, Februar 2003*

- [55] *Bundesrat-Drucksache 108/80*
- [56] *Peter Marburger: Die Regeln der Technik im Recht (1979)*
- [57] *Slovic, P. Fischhoff, B. und Liechtenstein, S., Rating the Risks: The Structure of Expert and Lay Perceptions, in: Hohenemser, C. und Kasperson, J.X. (1982) Risk in the Technological Society, S. 141-166, Boulder, CO: Westview Press*
- [58] *Jungermann, H. and Slovic, P., Characteristics of Individual Risk Perception, in: Bayerische Rück (ed.) (1993), Risk is a Construct, S. 86-101, München: Knesebeck*
- [59] *Renn, O., Webler, T. und Wiedemann, P. (ed.) (1995) Fairness and Competence in Citizen Participation, Dordrecht: Kluwer*
- [60] *National Research Council (NRC) (1989), Improving Risk Communication, Washington, D.C.: National Academy Press*
- [61] *Covello, V.T. and Allen, F. (1988) Seven Cardinal Rules of Risk Communication, Washington, D.C. : U.S. Environmental Protection Agency*
- [62] *HSE 1978. CANVEY: An investigation of the potential hazards from operations in the Canvey Island/Thurrock area. HMSO*
- [63] *HSE 1981. CANVEY: A second report. HMSO*

An der Erstellung dieses Berichtsentwurfes waren die folgenden Personen beteiligt:

Mitglieder des Arbeitskreises:

Aktive Mitglieder	
Prof. Dr. Bernd Heins (Vorsitz)	TU Clausthal - CUTEC-Institut
Dr. Thomas Darimont	Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlicher Raum und Verbraucherschutz (HMULV)
Dipl.-Ing. Roland Fendler	Umweltbundesamt
Mark Hailwood, M. Phil.	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg
Prof. Dr.-Ing. Ulrich Hauptmanns	Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Dr. Jürgen Herrmann (stellvertretender Vorsitz)	BP Refining & Petrochemicals
Direktor und Prof. Dr.-Ing. Jörg Ludwig	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
Dipl.-Ing. Klaus-Dietrich Paul	
Dr. Karl-Ernst Poppendick	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Dr. Horst Rakel	Motorola GmbH
Dr. Peter Schmelzer	Bayer AG
Dipl.-Chem. Axel Wolter	Landesumweltamt NRW
BMU: Dr. Wolfgang Gierke	
Korrespondierende Mitglieder (Keine Teilnahme in 2002, 2003 und 2004)	
Eduard Bernhard	Bundesverband Bürgerinitiativen Umweltschutz e.V.
Dipl.-Ing. Peter Guterl	Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie
Thomas Lenius	Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW
MinDirig. Dr. Gustav Sauer	Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr des Landes Schleswig-Holstein
Prof. Dr. Hans-Georg Schecker	Universität Dortmund
Kontakt zur Risikokommission	
Prof. Ortwin Renn	Akademie für Technikfolgeabschätzung (korrespondierender Gast)

Geschäftsstelle der SFK:

Dr. Christoph Dahl	GFI Umwelt
--------------------	------------