

Brandschutz in chemischen Anlagen



Erstellt in Kooperation mit



BDI

Bundesverband der
Deutschen Industrie e.V.



DIE DEUTSCHEN VERSICHERER

Zusammenfassung

An chemische Anlagen werden spezielle, den baulichen, technischen, organisatorischen und abwehrenden Brandschutz sowie die Verfahrenssicherheit betreffende Anforderungen gestellt. Diese sind bei Neuanlagen bereits in der Bauplanung zu berücksichtigen. Bei bestehenden Anlagen sollte soweit möglich und erforderlich eine Anpassung an den Stand der Technik erfolgen.

Die gesetzlichen Anforderungen sowie die damit zusammenhängenden Technischen Regeln sind überwiegend auf den Personenschutz und den Umweltschutz abgestellt. Eine zusammenfassende Darstellung übergreifender Schutzkonzepte mit ausreichender Berücksichtigung des Sachwertschutzes sowie des Risikos für eine Betriebsunterbrechung existiert nach derzeitigem Kenntnisstand nicht.

Die GDV-Publikation „Brandschutz in chemischen Anlagen (VdS 3824)“ enthält Beispiele für Lösungsmöglichkeiten brandschutztechnischer Aufgabenstellungen, für die es in der Praxis – unter Berücksichtigung der spezifischen Rahmenbedingungen – unterschiedliche Maßnahmenkonzepte geben kann. Somit findet die VdS 3824 sowohl Anwendung für Anlagen der chemischen Großindustrie als auch für Anlagen in kleineren und mittleren Unternehmen der chemischen Industrie.

Diese Publikation dient in erster Linie den Betreibern, Anlagenbauern und Sachverständigen als Anhaltspunkt für die Festlegung des erforderlichen Schutzkonzepts. Weiterhin geben sie den Versicherern Hinweise zur Risikobewertung und zur Optimierung der Schadenverhütungsarbeit.

Diese Publikation wurde gemeinsam erarbeitet vom

Bundesverband der Deutschen Industrie e. V. (BDI)

und dem

Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (GDV).

Titelbilder und Bilder im Anhang A6: Bildrechte liegen vor.

Die vorliegende Publikation ist unverbindlich. Die Versicherer können im Einzelfall auch andere Sicherheitsvorkehrungen oder Installateur- oder Wartungsunternehmen zu nach eigenem Ermessen festgelegten Konditionen akzeptieren, die diesen technischen Spezifikationen oder Richtlinien nicht entsprechen.

Brandschutz in chemischen Anlagen

Inhalt

Zusammenfassung	2
Vorbemerkung	4
1 Geltungsbereich und Schutzziele	4
2 Betrachtete Anlagen und Stoffe	6
3 Anlagensicherheit	6
4 Vorbeugender und abwehrender Brandschutz	7
5 Schadensszenarien, Ursachen und Schadenhöhen	8
5.1 Typische Schadensszenarien.....	8
5.2 Schadenursachen.....	9
5.3 Schadenhöhen.....	10
6 Systematische Ermittlung der Brandschutzanforderungen	12
6.1 Abschätzung des Sach-Schadenpotenzials	12
6.2 Abschätzung des BU-Schadenpotenzials	13
6.3 Anforderungen an den Brandschutz	14
6.4 Tool-Box.....	14
7 Brandschutz in Produktionsgebäuden	15
8 Brandschutz in Freianlagen	18
9 Brandschutz in Elektro-, MSR-Räumen und Messwarten	23
10 Brandschutz in Tankanlagen	26
10.1 Bewertungssystem	26
10.2 Brandschutzeinrichtungen bei Tanklagern.....	31
11 Literatur/Informationsquellen	33
11.1 Gesetze und Verordnungen.....	33
11.2 Vorschriften, Regeln und Informationen der Träger der gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV)	33
11.3 Technische Regeln	33
11.4 Publikationen der Deutschen Versicherer zur Schadenverhütung	35
11.5 Publikationen der VdS Schadenverhütung GmbH (VdS).....	36
11.6 Weiterführende Literatur	37
Anhänge	38
A1 Anlagensicherheitsmanagement	38
A2 Baulicher Brandschutz	40
A3 Technischer Brandschutz	45
A4 Abwehrender Brandschutz.....	51
A5 Betrieblicher und organisatorischer Brandschutz.....	55
A6 Ausgewählte Schadenfälle.....	56

Vorbemerkung

Die Anlagensicherheit von Chemieanlagen weist aufgrund der bestehenden Rechtsanforderungen in Deutschland einen sehr hohen Standard auf. Für den Brandschutz als wesentlichem Teil der Anlagensicherheit existieren derzeit anlagen- und prozessbezogen keine speziellen Anforderungen. Hier überwiegen Lösungen und Maßnahmen auf Basis vorhandener Werkfeuerwehren. Derartige Konzepte können bei kleineren Betrieben ohne Werkfeuerwehr keine Anwendung finden. Zudem zeigen Schadenfälle, dass der Brandschutz insbesondere zum Schutz von Sachwerten und der Anlagenverfügbarkeit noch weiter verbessert werden kann.

Chemische Anlagen werden zunehmend komplexer, verbunden mit einer stark steigenden Tendenz zur Wertkonzentration. Dem dadurch erhöhten Schadenpotenzial muss mit angemessenen Schutzkonzepten begegnet werden. In den letzten Jahren konnte zudem eine bemerkenswerte Anzahl an Schadenfällen mit beträchtlichen Schadenhöhen, insbesondere mit enormen Betriebsunterbrechungsschäden, beobachtet werden.

Die chemische Großindustrie verfügt zwar i. d. R. über eigene Richtlinien bzw. Schutzkonzepte. Diese sind jedoch nicht frei zugänglich und zudem aufgrund ihrer spezifischen Ausrichtung auch nicht ohne Weiteres auf andere Betriebe übertragbar. Kleinere und mittlere Unternehmen der chemischen Industrie verfügen i. d. R. über kein eigenes Regelwerk.

Das vorhandene (allgemein zugängliche) technische Regelwerk ist überwiegend auf den Personenschutz und den Umweltschutz abgestellt. Eine zusammenfassende Darstellung übergreifender Schutzkonzepte mit ausreichender Berücksichtigung des Sachwertschutzes sowie des Risikos für eine Betriebsunterbrechung existiert nach derzeitigem Kenntnisstand nicht.

An chemische Anlagen sind risikoabhängig individuelle, den baulichen, technischen, organisatorischen und abwehrenden Brandschutz sowie die Verfahrenssicherheit betreffende Anforderungen zu stellen. Diese sind bei Neuanlagen bereits in der Bauplanung zu berücksichtigen. Bei bestehenden Anlagen sollte soweit möglich und erforderlich eine Anpassung an den Stand der Brandschutztechnik erfolgen.

Verfahrenstechnische Maßnahmen und eine umfassende Leittechnik sind zur Überwachung der prozesstechnischen Abläufe und Zustände grundsätzlich erforderlich. Es muss sichergestellt wer-

den, dass infolge der Früherkennung von kritischen Betriebszuständen Anlagen oder Anlagenteile in einen sicheren Zustand gefahren werden. Darüber hinaus sind zur Verhütung, Erkennung und Bekämpfung von Bränden dem Risiko angepasste Brandschutzmaßnahmen erforderlich.

Die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften und einschlägiger Regelwerke wird vorausgesetzt. Die nachfolgend dargestellten brandschutztechnischen Maßnahmen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie ergeben sich aus den Schadenerfahrungen und sicherheitstechnischen Analysen der Versicherer sowie den Erfahrungen der Industrie.

Die vorliegende Publikation enthält Beispiele für Lösungsmöglichkeiten brandschutztechnischer Aufgabenstellungen in chemischen Anlagen, für die es in der Praxis – unter Berücksichtigung der spezifischen Rahmenbedingungen – unterschiedliche Maßnahmenkonzepte geben kann. Sie wendet sich in erster Linie an Betreiber, Anlagenbauer und Sachverständige als Anhaltspunkt für die Festlegung des erforderlichen Schutzkonzepts. Weiterhin gibt sie den Versicherern Hinweise zur Risikobewertung und zur Optimierung der Schadenverhütungsarbeit.

1 Geltungsbereich und Schutzziele

Diese Publikation gilt für alle Anlagen, in denen Rohstoffe und Zwischenprodukte in chemischen Reaktionen oder physikalischen Prozessen verarbeitet werden. Dazu zählen auch die Bereitstellung und Lagerung. Diese Anlagen können sich sowohl innerhalb chemischer Betriebe befinden, als auch bestimmte Produktionsbereiche in beliebigen gewerblichen Anlagen darstellen.

Die aufgezeigten Arbeits- und Beurteilungshilfen orientieren sich an den Schutzzielen „Sachschutz und Schutz vor einer Betriebsunterbrechung“, die sich aus dem Fokus Brandschutz ergeben. Angrenzende Fachbereiche wie Explosionsschutz, Anlagensicherheit, aber auch Personenschutz werden nur insoweit behandelt, als sie Auswirkungen auf den Brandschutz haben.

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die öffentlich-rechtlichen Vorschriften wie Landesbauordnung (LBO) einschließlich Industriebauordnung (IndBauRL) sowie das Arbeitsstättenrecht ebenfalls ihre eigenen Schutzziele verfolgen (siehe Tabelle 1-1).

Schutzziel	In Rechtsgrundlage enthalten
Personen-/Arbeitsschutz	LBO, IndBauRL, ArbStättV, BetrSichV, DGUV-Vorschriften, CLP-Verordnung
Vermeidung einer großflächigen Ausbreitung von Feuer und Rauch	LBO, IndBauRL
Ermöglichung wirksamer Löscharbeiten	LBO, Landesfeuerwehrgesetze
Umweltschutz	LBO, BImSchG, Störfall-Verordnung
Vermeidung von brandbedingten Emissionen	BImSchG, Störfall-Verordnung
Anlagensicherheit/Explosionsschutz	Störfall-Verordnung, BetrSichV

Tabelle 1-1: Rechtsgrundlagen für die unterschiedlichen Schutzziele

Zu den genannten Rechtsgrundlagen existieren oftmals zur Konkretisierung zusätzliche Ausführungsregeln. Diese Vorgaben sind nur selten aufeinander abgestimmt, resultierend aus der Zuständigkeit unterschiedlichster Stellen in Bund und Ländern. Auch für die Einbindung der einzelnen Regelungsbereiche in das jeweilige Genehmigungsverfahren gibt es regional unterschiedliche Vorgaben.

- Bei Verfahren nach dem BImSchG, der Störfall-Verordnung bzw. der BetrSichV sind die bauaufsichtlichen Anforderungen im Prüfumfang zwar grundsätzlich eingeschlossen. Die Praxis zeigt jedoch, dass hier das klassische Brandschutzkonzept oft nicht dem Risiko angemessen erstellt und geprüft wird, weil der Schwerpunkt in der Anlagensicherheit gesehen wird.
- Arbeitsrechtliche Belange sind meist von den Genehmigungsverfahren abgekoppelt und über Gefährdungsbeurteilungen durch den Arbeitgeber zu ermitteln, wobei die zuständige Gewerbeaufsicht hier Stichproben vor Ort durchführt.

Die Beispiele zeigen, wie schwer es ist, alle öffentlich-rechtlichen Belange bei einem Bauvorhaben zu berücksichtigen und zu koordinieren.

Weitere Schutzziele

Über die öffentlich-rechtliche Thematik hinaus sind die Kosten, die aus dem gewählten Brandschutzkonzept resultieren, für den Betreiber ein entscheidender Faktor. Hierbei sind nicht nur die Kosten für bauliche und anlagentechnische Maßnahmen zu berücksichtigen. Unterschiedliche Brandschutzkonzepte können die Betriebsabläufe und somit die laufenden Betriebskosten nachhaltig beeinflussen.

Ein weiteres Kriterium für die Auswahl des Brandschutzkonzepts bildet die Versicherbarkeit des Objekts mit entsprechenden Prämien. Diese können

sich je nach Schutzkonzept signifikant unterscheiden. Somit greift dieses Thema auch in die Wirtschaftlichkeitsberechnung eines Konzepts ein.

Darüber hinaus ist die Sicherstellung der Lieferfähigkeit ein wichtiges Schutzziel. In den Versicherungsstatistiken stellen Betriebsunterbrechungen heute die höchsten Schäden dar. Gerade in der chemischen Industrie entstanden in den letzten Jahrzehnten komplexe Wertschöpfungsketten. Dies bewirkt, dass unter Umständen bei Ausfall einer Teilanlage die gesamte Produktion zum Erliegen kommt. Dem kann durch die Erstellung und Umsetzung von angemessenen Brandschutz- und Sicherheitskonzepten entgegengewirkt werden.

Ziel muss es deshalb sein, alle o. g. Aspekte in einem integrierten Brandschutzkonzept zu berücksichtigen und mit allen Beteiligten abzustimmen. Die behördlich erforderlichen Unterlagen, einschließlich behördlichem Brandschutzkonzept/ Brandschutznachweis, stellen letztendlich nur einen begrenzten Ausschnitt aus dem gesamten Brandschutz- bzw. Sicherheitskonzept dar.

Sowohl die im Landesrecht verankerte Industriebaurichtlinie als auch die meisten dem Bundesrecht zugeordneten Vorschriften sind keine starren Vorschriften. Während die Industriebaurichtlinie verschiedenste Möglichkeiten aufzeigt, eine Planungsaufgabe zu lösen, arbeiten die Vorschriften des Bundes mit Gefährdungsbeurteilungen, bei denen der Betreiber unterschiedlichste Lösungsansätze verwirklichen kann. Dies ermöglicht, bei der Erstellung von Brandschutzkonzepten auch zusätzliche Schutzziele in die Planung zu integrieren.

Wegen der großen Anzahl von Interessen und Schutzziele bedeutet dies gerade für die chemische Industrie:

Ein Brandschutzkonzept, das Vorschriften und anderweitige Vorgaben ausschließlich addiert und nicht integriert, ist mit großer Wahrscheinlichkeit unwirtschaftlich. Ein Brandschutzkonzept, das nur auf öffentlich-rechtliche Vorschriften ausgelegt ist,

macht die Anlage nicht zwingend sicher hinsichtlich der Schutzziele des Betreibers und des Versicherers, nämlich eine schaden- und unterbrechungsfreie Produktion.

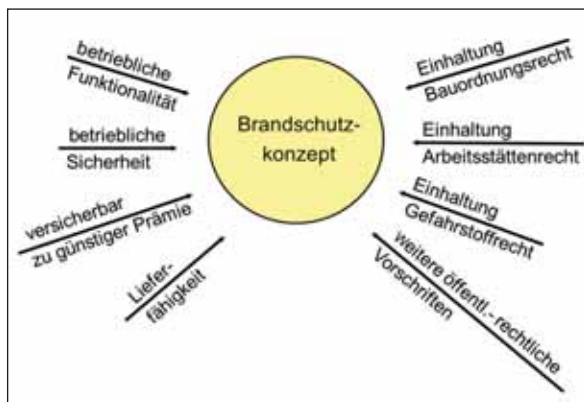


Bild 1-1: Unterschiedliche Schutzziele, die ein Brandschutzkonzept erfüllen sollte

So sind nach Industriebaurichtlinie neben Brandschutzkonzepten mit kleineren Brandabschnitten sowohl Konzepte mit Brandfrüherkennung als auch solche mit Löschanlagen realisierbar – und zwar unabhängig von der Nutzung der baulichen Anlage. In der Praxis sind jedoch die so ermittelten bauordnungskonformen Konzepte nicht immer sinnvoll.

Sind beispielsweise in der Anlage Stoffe vorhanden, die eine große Brandausbreitungsgeschwindigkeit aufweisen, bringt eine automatisierte Brandmeldung nur bedingt Vorteile: Beim Eintreffen der Löschkraft liegt ggf. bereits ein Vollbrand vor.

Hinweise zur konzeptionellen Planung des anlagentechnischen Brandschutzes siehe Abschnitt 4 in dieser Publikation.

Die Publikation gilt hinsichtlich der genannten Rechtsgrundlagen und Normen für Deutschland. Die in dieser Publikation aufgeführten Maßnahmen können jedoch auch in anderen Ländern als Ansätze für Brandschutzkonzeptionen dienen.

2 Betrachtete Anlagen und Stoffe

Diese Publikation betrachtet Anlagen zum

- Herstellen,
- Umwandeln,
- Fördern,
- Lagern sowie
- Entsorgen

von Stoffen, die insbesondere

- explosiv,
- extrem entzündbar,
- leicht entzündbar,
- entzündbar sowie
- oxidierend

im Sinne der CLP-Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 – Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen sind.

Als Anlagen im Sinne dieser Publikation gelten nicht nur die Reaktoren selbst (z. B. Batchreaktoren, Konti-Anlagen), sondern beispielsweise auch:

- Destillationsanlagen/-kolonnen;
- Tanklager;
- Wärmeträgerölsysteme;
- Extraktionsanlagen;
- Trocknungsanlagen;
- Rückgewinnungsanlagen.

Beispiele für kritische Stoffgruppen:

- brennbare Gase (z. B. Methan, Wasserstoff);
- entzündbare Flüssigkeiten (z. B. niedrigsiedende Kohlenwasserstoffe);
- Schwergase (z. B. Kohlenwasserstoffe, die mit Luft zündfähige Gemische bilden können);
- thermisch instabile Stoffe (z. B. organische Peroxide, Ethylenoxid);
- chemisch instabile Stoffe (z. B. zur Polymerisation neigende Stoffe);
- selbstentzündliche Stoffe (z. B. Metallalkyle).

3 Anlagensicherheit

Bei der Anlagensicherheit geht es darum, schädliche Einwirkung insbesondere verfahrenstechnischer Anlagen auf den Menschen, die Umwelt und Sachwerte zu vermeiden. Gleichzeitig trägt sie dazu bei, Produktionsziele in Güte, Zeit und Menge zu erreichen. Die Anlagensicherheit stützt sich auf das Verfahrenskonzept sowie begleitende technische und organisatorische Maßnahmen.

Da jede Anlage andere spezifische Gefahren aufweist, ist aus dem Katalog der Anlagensicherheitsvorkehrungen die richtige Auswahl zu treffen. Bei der Auswahl und Auslegung von Löschanlagen ist die Stoffverträglichkeit zu beachten.

Exemplarisch sind hierzu einige Maßnahmen aufgeführt.

- Maßnahmen zur Integrität, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit:
 - Untersuchung zur Lebenszeit von Einrichtungen (Inspektion);
 - Nutzung von möglichst leckagefreien Pumpen, speziell bei Betriebstemperaturen über dem Flammpunkt;
 - Vibrationskontrolle bei rotierenden Maschinen.
- Maßnahmen zur Zündquellenvermeidung, (inklusive Vermeidung von elektrostatischer Auf- bzw. Entladung, Blitzschutz, Erdung, Potentialausgleich);
- anlagentechnische Gestaltung der Probenahmestellen in sicherer Art und Weise;
- Sicherstellung des minimalen Luftwechsels in geschlossenen Gebäuden;
- Inertisierung von Volumina mit explosionsfähiger Atmosphäre;
- Installation von fernbedienbaren Absperrventilen;
- Installation von sicheren Be- und Entladestellen in oder nahe der Produktionsanlagen (für Behälter aller Art);
- Prozess-Gefahren-Analyse (Process Hazard Analysis – PHA);
- Notabfahrssysteme (Emergency Shut Down – ESD);
- Ermittlung von sicherheitstechnischen Kennwerten;
- Arbeitserlaubnis (Permit to Work – PTW);
- Änderungsmanagement (Management of Change – MOC);
- Erstellung von Betriebsanweisungen (Standard Operating Procedures – SOP; Emergency Operating Procedures – EOP);
- Prozess beim Überbrücken von sicherheitsrelevanten Anlagen und Einrichtungen (Trip Bypass Management – TBM);
- Ausbildung der Mitarbeiter (Basistraining, Wiederholungstraining, Prüfung);
- Kontrolle der Partnerfirmen;
- Notfallplanung, Gefahrenabwehrplan;
- Auditierung (Self Inspection);
- Erstellung von Ereignis-Datenbank, Ereignis-Untersuchung und -Analyse (inklusive Beinahe-Ereignisse und Analyse der eigentlichen Schaden-Ursache);
- Erstellung eines Ex-Schutzdokuments.

Maßnahmen der Anlagensicherheit dienen mittelbar oder unmittelbar auch dem Brandschutz. Die Publikation geht davon aus, dass ein Anlagensicherheitskonzept erstellt ist und alle darin enthaltenen Maßnahmen umgesetzt sind.

Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass das Anlagensicherheitskonzept alleine den Brand-

schutz abdeckt. Beispielsweise führen menschliches Fehlverhalten, unvorhersehbare Fehlermechanismen und Risiken in Verbindung mit Änderungen neben anderen Ursachen, trotz vorbildlicher Anlagensicherheit, immer wieder zu Schäden.

4 Vorbeugender und abwehrender Brandschutz

Das Rückgrat des abwehrenden Brandschutzes in Deutschland bilden die öffentlichen Feuerwehren. In der Fläche sind dies Freiwillige Feuerwehren, in größeren Städten oder Großstädten hauptberufliche Feuerwehren oder Berufsfeuerwehren.

Insbesondere die Freiwilligen Feuerwehren verfügen nur über eine allgemeine Basisausbildung, um Standardeinsätze in Wohn- und Gewerbegebäuden effektiv und sicher abwickeln zu können.

Zur Gefahrenabwehr in chemischen Betrieben sind in der Regel Spezialwissen und besondere Einsatzmittel notwendig. Dieses Wissen besitzen gesonderte Einheiten der öffentlichen Feuerwehren, z. B. Gefahrstoffzüge, die aber die Einsatzstelle als überörtliche Einheiten in der Regel erst später erreichen.

Im Bereich von Berufsfeuerwehren sind diese besonderen Fachkenntnisse und Sondergeräte vorhanden.

Erfahrungsgemäß betragen die Eingreifzeiten für das erste eintreffende Löschfahrzeug weniger als ca. 10 Minuten. Weitere Fahrzeuge können auch deutlich später an der Einsatzstelle eintreffen. Dies ist insbesondere bei Industriebetrieben mit hohen Risiken (Ausbreitung, Gefahrstoffe u. s. w.) nicht ausreichend.

Brandschutzkonzepte müssen daher je nach Notwendigkeit im Objekt u. a. folgende Aspekte berücksichtigen:

- Art und Eingreifzeit der Feuerwehr;
- risiko- und auswirkungsreduzierende Maßnahmen, z. B. durch automatische Löschanlagen oder automatisch arbeitende Entrauchungssysteme;
- organisatorische Regelungen, wie z. B. Alarmierungs- und Räumungskonzepte.

Sollte die örtlich zuständige Feuerwehr nicht in der Lage sein, ein Risiko ausreichend abzudecken, wird entsprechend der Landesgesetze eine Werkfeuerwehr für den Betrieb oder den Industriepark angeordnet. Die Angehörigen einer solchen Werk-

Feuerwehr verfügen über die notwendigen Kenntnisse über die Gebäude, deren Nutzung und die bestehenden Gefahrenpotenziale. Zusätzlich zu den beschriebenen Vorteilen einer Werkfeuerwehr kommen die kürzeren Eingreifzeiten.

Das Vorhandensein einer Werkfeuerwehr bietet neben den organisatorischen Vorteilen (Orts-, Anlagen-, Produktkenntnisse und kurze Reaktionszeit) auch die Möglichkeit, die Investitionskosten im Rahmen des Brandschutzkonzepts zu optimieren. Beispiele sind:

- halbstationäre Löschanlage an Stelle stationärer Löschanlage bei Vorhandensein einer Werkfeuerwehr mit einer Eingreifzeit unter 5 Minuten;
- Handauslösungen an Stelle von automatischer Auslösung in Verbindung mit einer automatischen Brandfrüherkennung;
- Hochdrucklüfter zur Unterstützung der Entrauchung.

5 Schadenszenarien, Ursachen und Schadenhöhen

Das Feuer- und Explosionsrisiko in chemischen und petrochemischen Anlagen unterscheidet sich in vielen Punkten von dem in anderen Industrieanlagen. Die dort ablaufenden Prozesse verlaufen teilweise unter hohem Druck und/oder hohen Temperaturen. In vielen dieser Prozesse werden große Mengen an brennbaren Flüssigkeiten und/oder Gasen eingesetzt. In fast allen chemischen Anlagen besteht in diesem Zusammenhang neben dem Feuerrisiko auch ein hohes potenzielles Explosionsrisiko.

5.1 Typische Schadenszenarien

Die Schadenursachen in der chemischen Industrie sind vielfältig. Brände entstehen beispielsweise durch einen Stoffaustritt mit nachfolgender Zündung oder durch unkontrollierte Reaktionsverläufe (Durchgehen der Reaktion). Nachstehend werden typische Schadenszenarien in chemischen Anlagen beispielhaft beschrieben.

Brände von Flüssigkeitslachen/Pool Fire

Brände von ausgetretenen Flüssigkeiten, die sich auf einer Fläche ansammeln und nicht abfließen können, werden als Lachenbrand oder als „Pool Fire“ bezeichnet. Sie können überall dort auftreten, wo brennbare Kohlenwasserstoffe gelagert werden oder wo mit ihnen umgegangen wird. Im Falle einer Leckage oder bei einem Behälterver-

sagen ist mit einer sehr schnellen räumlichen Brandausbreitung und ggf. auch Unterfeuerung von Anlagen zu rechnen. Typische Schwachstellen für Leckagen sind Pumpen, Flanschverbindungen und Armaturen.

Im Brandfall tritt eine sehr hohe Wärmestrahlung auf. Bei der Brandbekämpfung mit Wasser besteht die Gefahr einer Ausbreitung des Flüssigkeitsbrandes, da viele Kohlenwasserstoffe eine geringere Dichte als Wasser haben und somit auf Wasser aufschwimmen.

Jet Fires

Jet Fires können entstehen, wenn brennbare Gase, brennbare Flüssigkeiten oder Zweiphasengemische unter Druck aus geschlossenen Behältnissen, Apparaten oder Rohrleitungen nicht bestimmungsgemäß mit hoher Geschwindigkeit austreten und zünden. Abhängig vom Druck, vom Massestrom und vom Stoff können Flammen von mehr als 20 Metern entstehen.

Jet Fires können auch in Form von Aerosolbränden entstehen, wenn brennbare Flüssigkeiten mit hohem Flammpunkt (z. B. Dieselmotoren, Thermalöl, Hydrauliköl) unter Druck aus geschlossenen Behältnissen, Apparaten oder Rohrleitungen nicht bestimmungsgemäß mit hoher Geschwindigkeit austreten, zerstäuben und zünden. Durch Vergrößerung der Oberfläche wird die Zündtemperatur gesenkt.

Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (BLEVE)

Bei einer BLEVE handelt es sich um eine besondere Art der Gasexplosion als Folge einer thermischen Beaufschlagung eines Druckbehälters, in dem sich ein druckverflüssigtes, brennbares Gas oder eine brennbare Flüssigkeit befindet.

Bei der thermischen Beaufschlagung zum Beispiel durch Unterfeuerung oder durch Wärmestrahlung wird die Flüssigkeit über den Siedepunkt erhitzt. Dadurch steigt im Inneren des Behälters der Druck.

Der Bereich des Tanks oberhalb des Flüssigkeitsspiegels erwärmt sich deutlich schneller. Wird ein bestimmter Druck erreicht, kann die Behälterwandung nicht mehr standhalten und es kommt zum Bersten des Behälters.

Die unter starkem Druck stehenden Gase bzw. Dämpfe entweichen schlagartig. Durch den starken Druckabfall verdampfen große Teile der Flüssigkeit. Der gesamte Energiegehalt des Tankinhalts

wird nach Zündung spontan frei gesetzt, was zu einer thermischen Strahlung und einem gewaltigen Feuerball führen kann. Tanks sind teilweise mehrere hundert Meter weit geflogen.

Thermisches Durchgehen einer Reaktion (Runaway)

Bei vielen chemischen Reaktionen entsteht Wärme. Solche Reaktionen werden als exotherme chemische Reaktionen bezeichnet und müssen durch Kühlung kontrolliert werden. Fällt beispielsweise die Kühlung aus oder wird ein falsches Mischungsverhältnis gewählt, dann kann die Reaktion außer Kontrolle geraten. Die erzeugte Wärme führt zu einer Temperaturerhöhung, welche wiederum zu einer höheren Reaktionsgeschwindigkeit und damit zu einer verstärkten Wärmefreisetzung führt. Es kommt zum Durchgehen der Reaktion (Runaway), die mit der Zerstörung des Behälters (Reaktors) endet, wenn keine geeigneten Gegenmaßnahmen getroffen werden.

Bei vielen Batch-Reaktionen wird ein Edukt im Reaktor vorgelegt (z. B. bei vielen Polymerisationen). Die Reaktionskontrolle erfolgt dabei durch die kontrollierte Zugabe weiterer Reaktanden bzw. durch Zugabe eines Initiators. Durch fehlerhaftes Zudosieren oder auch durch katalytisch wirkende Verunreinigungen im Batch besteht auch hier die Gefahr einer unkontrollierbaren Zunahme der Reaktionsgeschwindigkeit bis hin zum Versagen der Behälterwandung infolge eines rasanten Druckanstieges.

Vapor Cloud Explosion (VCE)

Bei einer Vapor Cloud Explosion handelt es sich um die Explosion einer Wolke mit Schwergasverhalten aus brennbaren Gasen oder Dämpfen in Freianlagen, die sich als Folge einer Stofffreisetzung gebildet hat. Insbesondere bei Anlagen, die unter (hohem) Druck und erhöhter Temperatur arbeiten, können Leckagen innerhalb kurzer Zeit zur Freisetzung relativ großer Mengen brennbarer Gase und Dämpfe führen. Diese vermischen sich mit der Luft und entzünden sich, sobald die Wolke eine Zündquelle erreicht.

Je nach Menge des freigesetzten Stoffes und des Mischungsverhältnisses kann es zu einer gewaltigen und extrem zerstörerischen Explosion kommen.

Raumexplosion

Auch in Gebäuden kann es durch Freisetzung von brennbaren Gasen oder Dämpfen zu Explosionen

kommen. Diese unterscheiden sich von VCE dadurch, dass sie in geschlossenen Räumen stattfinden. Bei Raumexplosionen können Drücke entstehen, die zu erheblichen Schäden an Anlagen und Gebäuden führen können.

Entzündung brennbarer Stoffe

Häufig werden rieselfähige Feststoffe manuell in die Reaktoren dosiert. Dies kann sackweise über Schütten erfolgen oder auch direkt aus Big Bags. Speziell beim Zudosieren aus Big Bags kann sich das Schüttgut infolge von Reibung elektrostatisch aufladen. Dadurch besteht die Möglichkeit, dass sich brennbare (organische) Stäube mit niedriger Mindestzündenergie entzünden. Dabei besteht sogar die Möglichkeit einer Staubexplosion.

In der Folge kommt es meist zum Abbrand des Schüttgutes in der Dosiereinheit und im Big Bag. Je nach den lokalen Gegebenheiten (Brandlasten) kann sich dieser Brand auch auf angrenzende Bereiche ausdehnen.

Besonders kritisch ist die direkte Zugabe von Schüttgut in Behälter, die bereits mit einem Lösungsmittel gefüllt sind. Die sich hierbei ausbildenden hybriden Gemische weisen eine signifikant geringere Mindestzündenergie auf.

5.2 Schadenursachen

Die Analyse aller Ereignisse ist Teil einer guten Sicherheitskultur im Unternehmen.

In chemischen Betrieben treten Schäden im Inneren der Apparate (zum Beispiel Stoffzerfall, Runaway-Reaktionen oder Ofenbrände) auf oder außerhalb der Apparate, Tanks und Rohrleitungen als Folge von Leckagen. Dies ist bei Weitem der größte Teil der Fälle.

Ursache von Leckagen sind beispielsweise Korrosion (allein oder in Verbindung mit Erosion, Spannungsrisskorrosion oder anderen Mechanismen sowie falschem Material), Undichtigkeiten (zum Beispiel an Flanschen) und Lagerschäden an Pumpen und Verdichtern. Weiterhin treten Leckagen als Folge fehlerhafter Abtrennung (Abschiebern), fehlerhaft ausgeführter Instandhaltungsarbeiten (Trennen der falschen Leitung) und Anprall auf.

Obwohl die Vermeidung von Zündquellen eine wesentliche Voraussetzung für den Betrieb einer Chemieanlage darstellt, zeigt die Schadenerfahrung, dass Zündquellen letztendlich nicht sicher ausgeschlossen werden können.

Zündquellen sind mannigfaltig und im Nachhinein schwierig zu identifizieren. Anbei eine beispielhafte Aufzählung:

- Selbstentzündung, wenn die Betriebstemperatur über der Zündtemperatur liegt;
- chemische Reaktionsfreudigkeit (instabile Stoffgemische, Stoffzerfall);
- heiße Oberflächen (Öfen, heißgelaufene Lager);
- elektrostatische Entladung;
- Heißenarbeiten;
- Fehler in elektrischen Anlagen.

Ursachen von Bränden und Explosionen sind in hohem Maße vom Betriebszustand der Anlage abhängig (s. hierzu Bild 5-1):

- normaler Produktionsbetrieb (Leckagen und Undichtigkeiten);
- Wartungsabstellung (überwiegend Brände und Explosionen ausgelöst durch manuelle Intervention);
- Anfahrphase nach der Wartung (unvollständig oder fehlerhaft abgeschlossene Wartungsarbeiten, Fehlbedienung);
- Betriebsstörungen (Ausfall wesentlicher Medien wie Strom, Steuerluft, Dampf, Kühlwasser).

5.3 Schadenhöhen

Bild 5-2 zeigt den Schadenaufwand der zehn größten Schäden in der Sachversicherung seit 1962. Dargestellt ist jeweils die Aufteilung des Gesamtschadens in den reinen Sachschaden (Sach) und den Betriebsunterbrechungsschaden (BU). Im Durchschnitt 1997–2016 machen die zehn größten Schäden 41 % am Schadenaufwand der Großschäden aus. 2016 beträgt deren Anteil nach der vorläufigen Großschadenstatistik 58 % und ist damit der Maximalwert in den letzten 20 Jahren.

Bei dem Chemiegrößtschaden im Oktober 2016 wird ein Schadenaufwand von 450 Mio. EUR inklusive eines Selbstbehalts von 50 Mio. EUR geschätzt. Dies wäre somit der bisher größte Schaden (auch inflationsbereinigt) seit Bestehen der Großschadenstatistik des GDV 1962.

Bei den Großschäden nimmt der Anteil für Betriebsunterbrechung am Gesamtschadenaufwand einen hohen Anteil an. Im Durchschnitt der Jahre 1997–2016 machte er ein Drittel des Großschadens aus (siehe Bild 5-3).

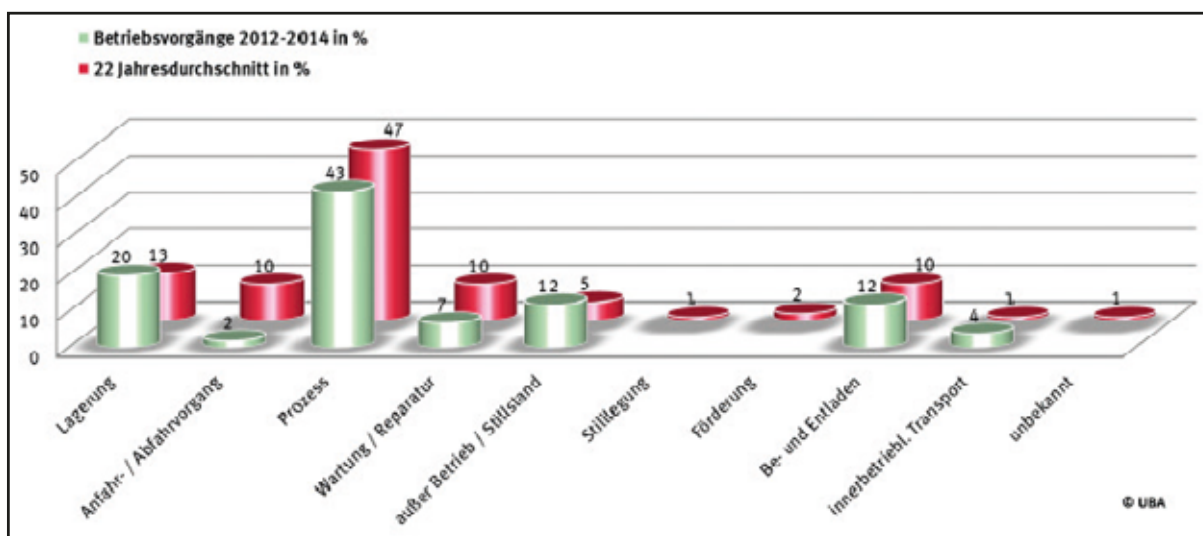


Bild 5-1: Betriebsvorgänge mit Ereignissen (Quelle: Jahresbericht 2012–2014; Zentrale Melde- und Auswertestelle für Störfälle und Störungen (ZEMA) im Umweltbundesamt)

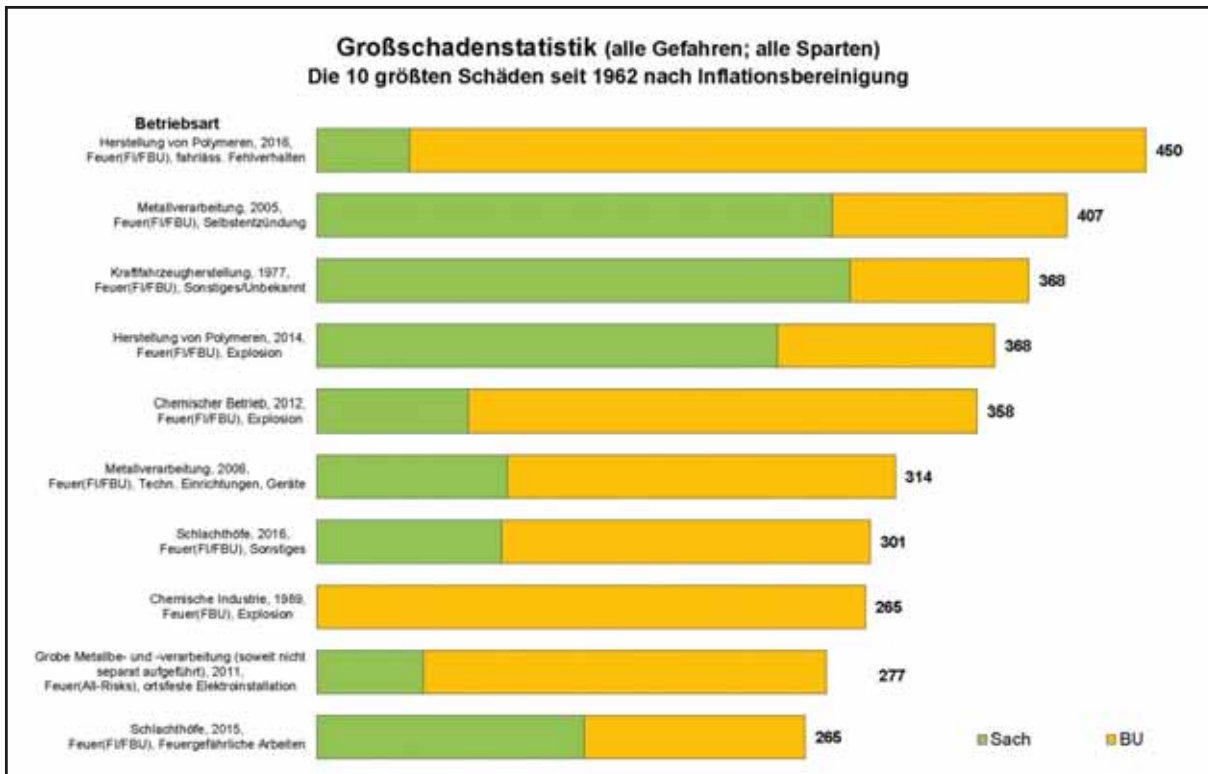


Bild 5-2: Schadenaufwand der zehn größten Schäden in der Sachversicherung seit 1962; Aufteilung des Gesamtschadens in den reinen Sachschaden (Sach) und den Betriebsunterbrechungsschaden (BU). (Quelle: GDV – Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V.)

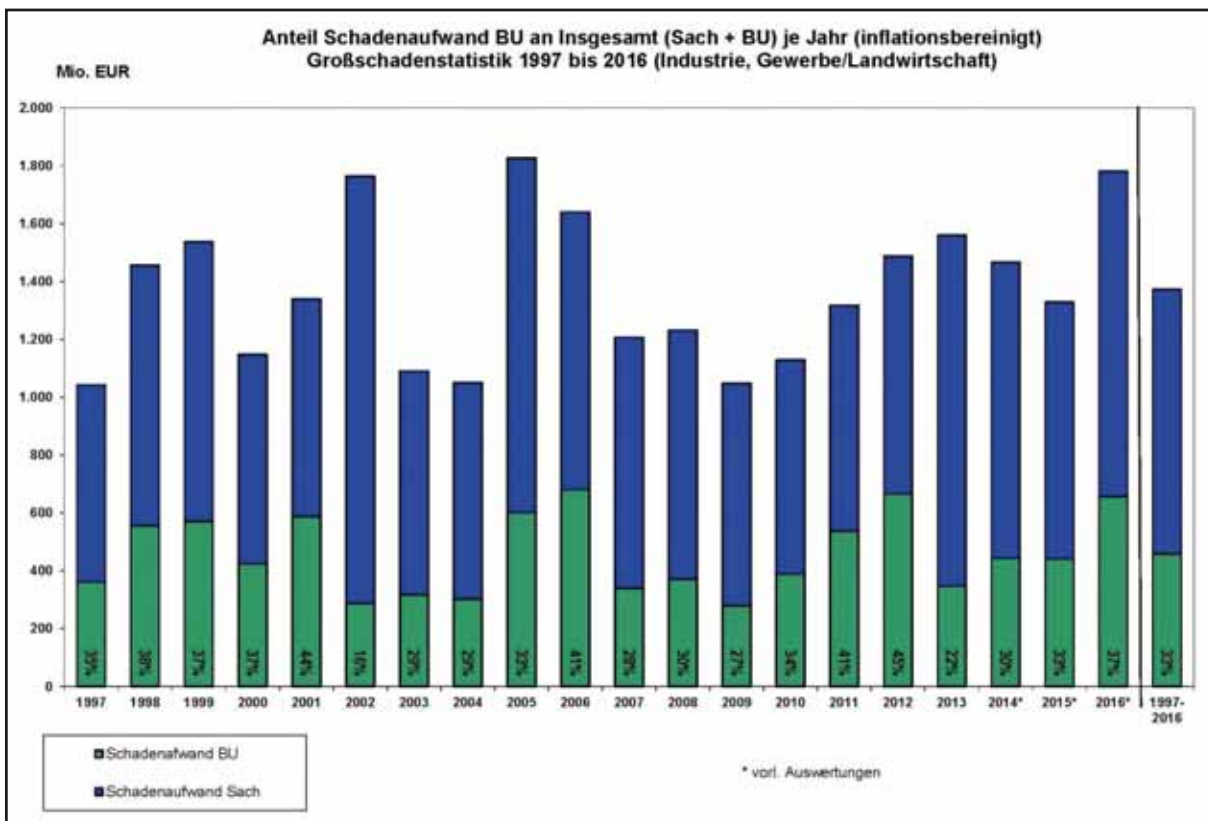


Bild 5-3: Anteil Betriebsunterbrechung (BU) am Schadenaufwand insgesamt (Großindustrie, Gewerbe/Landwirtschaft; je Jahr in Mio. EUR, inflationsbereinigt); (Quelle: GDV-Großschadenstatistik 1997 bis 2016)

6 Systematische Ermittlung der Brandschutzanforderungen

Die nachfolgende Grafik (Bild 6-1) zeigt den systematischen Ablauf der Ermittlung der Brandschutzanforderungen. Die einzelnen Schritte sind in den Abschnitten 6.1 bis 6.3 beschrieben.

6.1 Abschätzung des Sach-Schadenpotenzials

Zur Bewertung des möglichen Sach-Schadenpotenzials werden die Prozessgefahrenklasse und der zu erwartende Sachschaden ermittelt.

Einstufung in Prozessgefahrenklassen (PGK) – Inhärentes Risiko

Das inhärente Prozessrisiko in chemischen Anlagen hängt grundsätzlich von mehreren Parametern ab und kann sehr unterschiedlich sein. Mit steigender Komplexität der Prozesse und je höher das potenzielle Risiko einer Anlage ist, desto aufwendiger müssen die Risiken mit den Mitteln der Anlagensicherheit kontrolliert werden.

Bei dem Versagen der Anlagensicherheit kann es zu einem Brand oder einer Explosion beispielsweise als Folge eines nichtbestimmungsgemäßen Austritts von Stoffen (Loss of primary Containment) kommen.

Die erforderlichen Brandschutzmaßnahmen müssen auf den vorhandenen anlagentechnischen Schutzeinrichtungen aufbauen und sollten diese mit berücksichtigen.

Vor Festlegung der erforderlichen Brandschutzmaßnahmen muss eine qualitative Gefährdungsanalyse durchgeführt werden, um das inhärente Prozessrisiko einschätzen zu können.

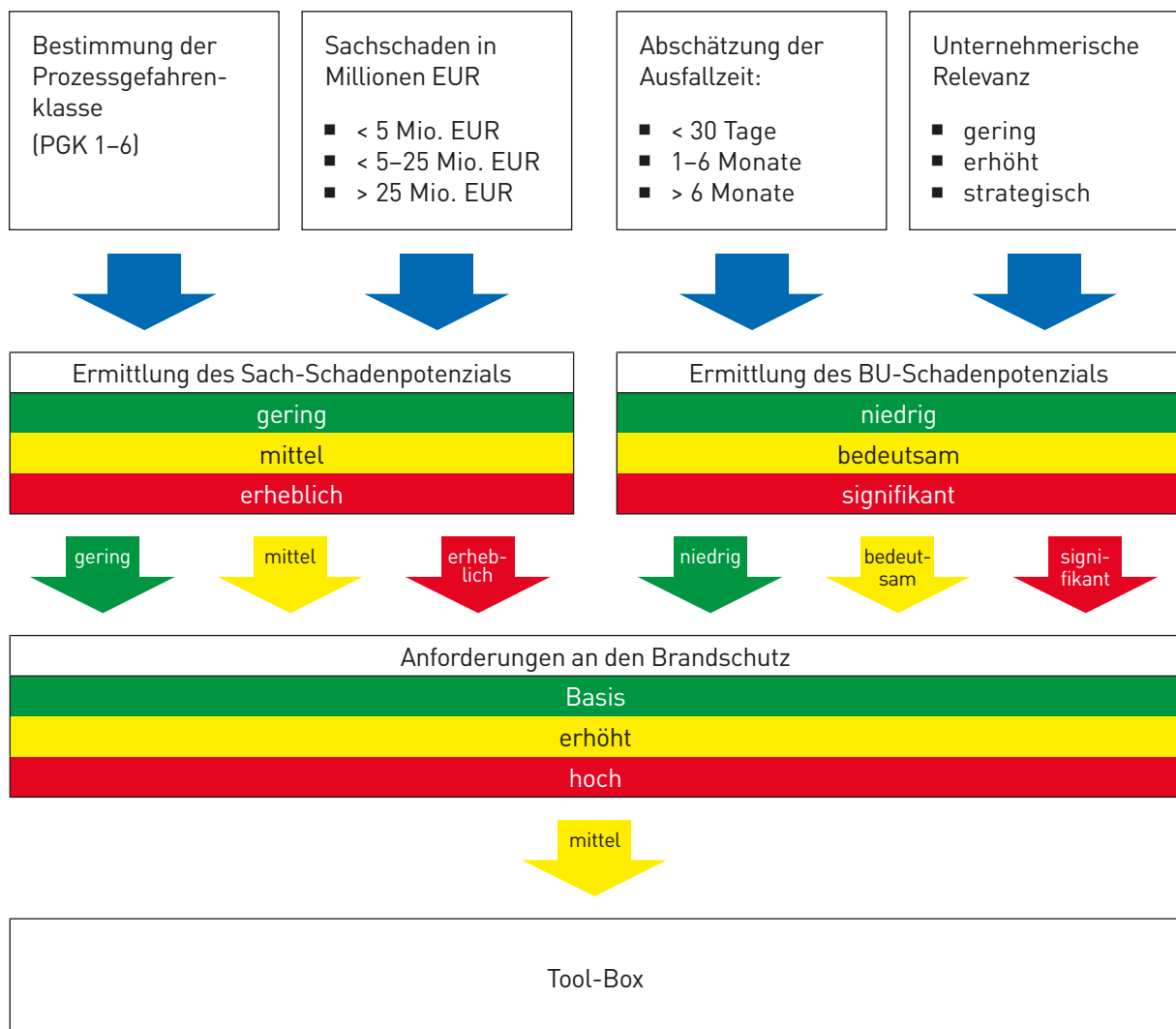


Bild 6-1: Systematik zur Ermittlung der Brandschutzanforderungen

Befinden sich in einer Anlage mehrere Prozesse mit unterschiedlicher PGK, wird i. d. R. die höchste PGK verwendet.

Das inhärente Prozessrisiko wird in dieser Publikation in sechs Prozessgefahrenklassen (PGK) eingestuft. Die Zuordnung zu den einzelnen Prozessgefahrenklassen (PGK 1 bis PGK 6) erfolgt gemäß Tabelle 6.1:

PGK 1	Endotherme Reaktionen in wässrigem Milieu, Reaktionsgemische nicht brennbar. Rein physikalische Vorgänge unter Normaldruck ohne Verdampfen/Kondensieren (nicht brennbar).
PGK 2	Exotherme Reaktionen in wässrigem Milieu, Reaktionsgemische nicht brennbar. Rein physikalische Vorgänge unter Normaldruck mit Verdampfen/Kondensieren (nicht brennbar).
PGK 3	Endotherme Reaktionen mit brennbaren Stoffen bzw. Reaktionsgemischen unter Normaldruck. Rein physikalische Vorgänge auch unter erhöhtem Druck mit Verdampfen/Kondensieren (brennbar).
PGK 4	Exotherme Reaktionen mit brennbaren Stoffen bzw. Reaktionsgemischen unter Normaldruck. Endotherme Reaktionen mit brennbaren Stoffen bzw. Stoffgemischen unter erhöhtem Druck/erhöhter Temperatur.
PGK 5	Exotherme Reaktionen mit brennbaren Stoffen bzw. Reaktionsgemischen unter erhöhtem Druck/erhöhter Temperatur.
PGK 6	Herstellung/Verarbeitung von thermodynamisch instabilen Stoffen, beispielsweise Sprengstoffen, organischen Peroxiden, Ethylenoxid; Propylenoxid, Herstellung/Verarbeitung von selbstentzündlichen Stoffen.

Tabelle 6-1: Definition der Prozessgefahrenklassen

Abschätzung des Sachschadens

Zunächst wird die zu betrachtende Anlage unter Berücksichtigung räumlicher Trennungen definiert.

Räumliche Trennungen und Abstände zwischen den Anlagen sollten so berücksichtigt werden, dass ein Ereignis unter ungünstigen Umständen nicht auf Nachbarbereiche übergreifen kann. Sonst sollten die benachbarten Anlagen oder Gebäude evtl. in der Bestimmung des Sach-Schadenpotenzials zusammengefasst werden. Auf das Zusammenwir-

ken von Abständen und Schutzmaßnahmen wird in den einzelnen Kapiteln gegebenenfalls gesondert Bezug genommen.

Zur Ermittlung des Sach-Schadenpotenzials wird im Sinne dieser Publikation der Wiederbeschaffungswert der betrachteten Anlage angesetzt. Dadurch ist eine einheitliche Herangehensweise gewährleistet. In einer abschließenden Bewertung werden bereits vorhandene Brandschutzmaßnahmen mit den Anforderungen der „Tool-Box“ (s. Abschnitt 6.4) abgeglichen.

Ermittlung des Sach-Schadenpotenzials

Zur Ermittlung des Sach-Schadenpotenzials werden die Prozessgefahrenklasse (PGK 1 bis 6) sowie der zu erwartende Sachschaden zusammengeführt (siehe Tabelle 6-2).

Ermittlung des Sach-Schadenpotenzials			
Sachschaden in Millionen EUR	< 5	5–25	> 25
	Inhärentes Risiko		
PGK 1	gering	gering	gering
PGK 2	gering	gering	mittel
PGK 3	gering	mittel	mittel
PGK 4	mittel	mittel	erheblich
PGK 5	mittel	erheblich	erheblich
PGK 6	erheblich	erheblich	erheblich

Tabelle 6-2: Ermittlung des Sach-Schadenpotenzials

6.2 Abschätzung des BU-Schadenpotenzials

Zur Bewertung des möglichen Schadenpotenzials hinsichtlich der Betriebsunterbrechung (BU-Schadenpotenzial) werden die zu erwartende Ausfallzeit und die unternehmerische Relevanz ermittelt.

Abschätzung der Ausfallzeit

Die Ausfallzeit wird beispielsweise durch nachstehende Aspekte beeinflusst:

- behördliche Ursachenermittlung;
- behördlicher Genehmigungsprozess;
- Räumung und Sicherung der Schadenstelle (u. a. Beseitigung von Brandschutt, kontaminiertem Boden und nicht mehr verwendbaren Teilen);

- Planung, Ausschreibung und Beschaffung;
- Installation/Reparatur;
- Wiederinbetriebnahme.

Die Zeitspannen überlagern sich und können nicht einfach addiert werden. Daher ist eine qualifizierte Abschätzung nötig.

Beispiele für Ausfallzeiten (Wiederaufbauzeit, Beschaffungszeit von Anlagenteilen) von 15 Monaten und mehr sind bekannt; viele der beschädigten Anlagen gehen jedoch in weniger als 9 Monaten wieder in Produktion. Einige Anlagenteile/Aggregate (z. B. Reaktoren) stellen Spezialanfertigungen dar und bedingen Herstellungszeiten von 24 Monaten und mehr.

Festlegung der unternehmerischen Relevanz

Die Einteilung der unternehmerischen Relevanz erfolgt in „gering – erhöht – strategisch“. Hierbei kann z. B. eine kleine Anlage, die aber für das Unternehmen eine hohe Bedeutung hat, als „strategisch“ eingestuft werden, was ein besonderes Maß an Schutzmaßnahmen erfordert.

Kriterien zur Ermittlung der unternehmerischen Relevanz:

- Verlust von Marktanteilen/Kunden;
- Auswirkungen auf andere Anlagen am Standort;
- Auswirkungen auf andere Standorte des Unternehmens (Wechselwirkungen) oder auf Kunden;
- wesentlicher Anteil des betroffenen Produkts am Deckungsbeitrag;
- Imageverlust, behördliche Auflagen etc.

Ermittlung des BU-Schadenpotenzials

Zur Ermittlung des BU-Schadenpotenzials werden die zu erwartende Ausfallzeit sowie die unternehmerische Relevanz zusammengeführt.

Hinweis:

Ergibt die Tabelle 6-3 ein bedeutsames bzw. ein signifikantes BU-Schadenpotenzial, können gegebenenfalls weitere BU-relevante Maßnahmen wie z. B. detaillierte Business-Continuity-Pläne [s. VdS 3821 und VdS 3822, in Vorbereitung], das Schaffen von Redundanz oder anderer Ausweich- und Kompensationsmöglichkeiten wie Pufferlager, Verträge mit Lieferanten oder Auftragsproduktion erforderlich werden. Sofern diese Maßnahmen bereits vorhanden sind und zuverlässig nachgewiesen werden können, kann eine Herabstufung des BU-Schadenpotenzials erfolgen.

Ermittlung des BU-Schadenpotenzials			
Ausfallzeit / Unternehmeriche Relevanz	< 30 Tage	1-6 Monate	> 6 Monate
gering	niedrig	bedeutsam	bedeutsam
erhöht	bedeutsam	bedeutsam	signifikant
strategisch	bedeutsam	signifikant	signifikant

Tabelle 6-3: Ermittlung des BU-Schadenpotenzials

6.3 Anforderungen an den Brandschutz

Das ermittelte Sach-Schadenpotenzial (Abschnitt 6.1) sowie das BU-Schadenpotenzial (Abschnitt 6.2) bestimmen die Anforderungen an den Brandschutz (Tabelle 6-4).

Anforderungen an den Brandschutz			
Sach-Schadenpotenzial / BU-Schadenpotenzial	gering	mittel	erheblich
niedrig	Basis	Basis	erhöht
bedeutsam	erhöht	erhöht	hoch
signifikant	erhöht	hoch	hoch

Tabelle 6-4: Anforderungen an den Brandschutz

Geht die Hauptgefahr nicht vom Prozess aus, muss gegebenenfalls eine Höherstufung hinsichtlich der Anforderungen an den Brandschutz erfolgen. Solche Sachverhalte können beispielsweise Lagerung größerer Mengen brennbarer Flüssigkeiten im Produktionsbereich, Gasleitungen mit brennbaren Gasen im Bereich der Produktion, größere Thermalölanlagen oder Ähnliches sein.

6.4 Tool-Box

In den Abschnitten 7 bis 9 werden für bestimmte Anlagentypen individuelle Schutzmaßnahmen in Form von „Tool-Boxen“ beschrieben. Diese stellen

einen Katalog von Schutzmaßnahmen für die drei Schutzniveaus (Basis, erhöht, hoch) dar. Es muss im Einzelfall entschieden werden, welche konkreten Maßnahmen für ein individuelles Brandschutzkonzept geeignet und angemessen sind.

Die in den einzelnen Abschnitten aufgeführten Tool-Boxen sind nach folgendem Schema strukturiert.

Schutzmaßnahmen	
Basis	Baulicher Brandschutz Technischer Brandschutz
erhöht	Abwehrender Brandschutz Organisatorischer Brandschutz
hoch	Zusätzliche Maßnahmen

Tabelle 6-5: Anforderungen an den Brandschutz (Aufbau der Tool-Box)

7 Brandschutz in Produktionsgebäuden

Die Produktion von Pharmawirkstoffen oder Feinchemikalien erfolgt typischerweise in Batch- oder Semi-Batch-Prozessen in geschlossenen Produktionsgebäuden. Die chemischen Reaktionen erfolgen dabei in Rührbehältern, die ein Volumen von bis zu 50 m³ erreichen können. Neben dezidierten Produktionsanlagen für nur ein Produkt werden die meisten Produkte in Mehrzweckanlagen (multi-purpose) in Kampagnen hergestellt. Daher müssen diese Anlagen zwischen einzelnen Kampagnen gereinigt und üblicherweise auch umgebaut werden. Teilweise werden dabei auch Verbindungen zwischen einzelnen Anlagenteilen durch Schläuche hergestellt.

Charakteristisch für reine Batch-Produktionen sind ein insgesamt geringerer Automatisierungsgrad und häufige manuelle Eingriffe (z. B. Zugabe von Rohstoffen). Gleichzeitig erhöht sich dadurch die Gefahr von Bedienungsfehlern. Weiterhin ist bei Batch-Prozessen mit der Bereitstellung von brennbaren Flüssigkeiten (z. B. Intermediate Bulk Container – IBC) zu rechnen.

Die Gebäude können je nach Alter in verschiedensten Bauweisen vorliegen. Während alte Gebäude häufig noch über ausgemauerte Stahltragwerke und Betonböden verfügen, finden sich heute häufig Stahltragwerke oder Stahlbetontragwerke mit Wänden aus Sandwichelementen (zum Teil mit brennbaren Isolationsmaterialien) und Betonböden oder auch Gebäude, die komplett in Stahlbetonbauweise errichtet sind. Bei brennbaren (auch schwer entflammbar) Außenwandaufbauten

wird eine vertikale Brandausbreitung über die Fassade ermöglicht. Gleiches gilt für vertikal verlegte brennbare bzw. schwer entflammbare Abluftleitungen und Installationskanäle.

Die Dächer können hierbei aus Metallblech mit oder ohne Dämmung (auch brennbar) oder aus Beton bestehen. Es finden sich auch immer wieder Gebäude, bei denen alle Böden oder zumindest einzelne Böden im Obergeschoss aus Gitterrosten bestehen. Dabei ist die unterste Ebene normalerweise als Auffangwanne für Leckagen ausgeführt.

Als Besonderheit sind hier auch Gebäude zu betrachten, die von der Grundstruktur einer Freianlage entsprechen, jedoch durch leichte Fassadenelemente (häufig brennbar) einen Wetterschutz und somit den Charakter eines geschlossenen Gebäudes erhalten.

Geschlossene Produktionsgebäude sind in der Regel mehrgeschossig mit geschlossenen Decken und/oder Bühnen. Häufig verfügen diese Gebäude auch über ein Untergeschoss. Dabei nutzt man häufig die Vorteile eines gravimetrischen Stofftransports, der die Decken oder Bühnen durchbricht.

Viele flüssige Chemikalien haben einen Flammpunkt unterhalb der Raumtemperatur oder werden im Prozess über ihren Flammpunkt erwärmt. Bei einer ungewollten Freisetzung dieser Flüssigkeiten besteht die Gefahr eines Lachenbrandes. Dabei hat die Ausführung der Böden in den Gebäuden einen entscheidenden Einfluss auf den Lachenbrand. Bei geschlossenen Böden wird sich die austretende Flüssigkeit auf einer Etage verteilen, während sich bei Gitterrostböden die Leckagemengen über mehrere Etagen verteilen können (dreidimensionale Brandausbreitung) und erst auf dem untersten Boden ansammeln werden. Eine entscheidende Rolle spielen hierbei auch Drainagesysteme, die eine schnelle Abführung von Leckagen in einen sicheren Bereich gewährleisten.

Bei einem größeren Lachenbrand innerhalb eines geschlossenen Gebäudes resultiert aus dem Wärmestau, der Unterfeuerung und der hohen Wärmestrahlung eine große thermische Belastung auf das Gebäude und die betroffenen Einrichtungen. Erfahrungsgemäß ist die manuelle Brandbekämpfung innerhalb geschlossener Gebäude besonders auf den oberen Etagen aufgrund der Hitzeentwicklung und der starken Verrauchung deutlich erschwert.

Bei Gasen und Flüssigkeiten mit einem hohen Dampfdruck kann sich bei einer Freisetzung eine explosionsfähige Atmosphäre ausbilden und in einer inneren Explosion resultieren.

In Abhängigkeit vom Prozessrisiko und den in Umlauf befindlichen Mengen an brennbaren Gasen und/oder Flüssigkeiten und dem sich daraus ergebenden Betriebsunterbrechungspotenzial (s. Abschnitt 5) kann durch Auswahl geeigneter Bausteine aus nachfolgender Tool-Box (Tabelle 7-1) ein angemessenes Schutzkonzept für ein Produktionsgebäude entwickelt werden.

	Produktionsgebäude
Basis	<p>Baulicher Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verwendung nichtbrennbarer Baustoffe einschließlich Wärmedämmung; - Brandabschnittsbildung; - kontrollierte Ableitung von Flüssigkeiten von geschlossenen Bühnen mit nichtbrennbaren Ablaufleitungen; - feuerbeständige Abtrennung von Messwarten, elektrischen Betriebsräumen und gefahrerhöhenden Einrichtungen (z. B. Thermalölanlagen); - gesicherter Angriffs- und Rettungsweg einschl. Beleuchtung für die Feuerwehr. <p>Technischer Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - trockene Steigleitungen in den Treppenträumen; - Blitzschutz/Potentialausgleich. <p>Abwehrender Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - öffentliche Feuerwehr; - Wasserversorgung gemäß DVGW W405 oder Industriebaurichtlinie; - Handfeuerlöscher bzw. Wandhydranten gemäß Gefährdungsanalyse (z. B. ASR A2.2). <p>Organisatorischer Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ordnung und Sauberkeit. - Arbeitserlaubnisscheinverfahren (speziell für Heißenarbeiten); - Management of Change; - Explosionsschutzdokument; - Risikoanalyse (z. B. HAZOP, PAAG); - betrieblicher Alarm- und Gefahrenabwehrplan; - Schulung der Mitarbeiter; - Fremdfirmenmanagement; - Brandschutzbeauftragter; - Wartungs- und Instandhaltungspläne; - Vermeidung von Brandlasten. - Thermografie
erhöht	<p>zusätzlich zu den Basisschutzmaßnahmen:</p> <p>Baulicher Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gebäudeträgerwerk und Prozessgerüst aus feuerhemmend geschütztem Stahl, sofern keine automatische Löschanlage vorhanden ist; - Behälterfüsse bzw. Apparatebefestigungen aus feuerhemmend geschütztem Stahl; - kontrollierte Ableitung von Produkt und Löschmittel über profilierte Flächen in ein an der Anlagenperipherie angeordnetes Notfallbecken und Einbau einer Flammensperre; - nichtbrennbare Isolierungen (Mineralwolle, Glaswolle); - Ummantelung von Rohrleitungen/Apparaten mit kritischen Medien bzw. Zersetzungspotenzial zum Schutz gegen Unterfeuerung; - passiver Schutz von wichtigen Kabeltrassen in exponierten Bereichen oder Verlegung/Führung in unkritischen Bereichen; - Messwarte in feuerbeständiger Bauart; - feuerbeständige Trennung von MSR- und Schalträumen, Kabeltunneln bzw. Kabelschächten.

	Produktionsgebäude
erhöht	<p>Technischer Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - halbstationäre Bodenbeschäumung für Auffangwanne mit Einspeisung an sicherer Stelle außerhalb der Prozessanlage (siehe VdS 2395-1); - halbstationäre Löschanlage (nur sinnvoll in Verbindung mit einer Werkfeuerwehr), ggf. mit Schaummittelzusatz, für die einzelnen Geschosse (siehe VdS 2395-1); - Objektschutz einzelner Apparate/Behälter mit kritischen Inhaltsmengen zur Kühlung durch Sprühwasser mit manueller Auslösung; - automatische Brandfrüherkennung flächendeckend; - aktiver Schutz von Kabeltrassen mit hoher Verfügbarkeitsanforderung durch Sprühwasserlöschanlagen mit manueller Auslösung; - Bemessung der Löschwasserversorgung für Lösch-/Kühlanlagen und Hydranten auf Basis eines Anlagenszenarios mit dem größten Bedarf; - Entrauchung (RWA). <p>Abwehrender Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bemessung der Löschwasserversorgung für Lösch-/Kühlanlagen und Hydranten auf Basis eines Anlagenszenarios mit dem größten Bedarf; - Vorhalten geeigneter Löschmittel (z. B. Schaummittel, Löschpulver); - Löschanlagen (wo notwendig); - Feuerwehr (mit entsprechender Ausrüstung, Mannschaftsstärke, Ausbildung, Hilfsfrist). <p>Organisatorischer Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - regelmäßige Brandschau; - Ortskenntnis der Feuerwehr durch regelmäßige Begehungen; - Feuerwehreinsatzpläne als Teil der Notfallorganisation. <p>Zusätzliche Maßnahmen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Not-Aus-Konzept; - Notentleerung: kontrollierte Abführung von Reaktorinhalt aus Apparaten/Behältern in Systeme außerhalb der Anlage (z. B. unterirdische Havariebehälter); Auslösung manuell oder automatisch; - Gasdetektion – objektbezogen an Pumpen oder Apparaten mit großem Freisetzungspotenzial an brennbaren Gasen oder Flüssigkeiten; - Pumpen mit einfach wirkenden Gleitringdichtungen zur Förderung von brennbaren Flüssigkeiten unterhalb des Flammpunktes mit Objektschutz durch Sprühwasserlöschanlage mit automatischer Auslösung; - Pumpen mit doppelt wirkender Gleitringdichtung zur Förderung von brennbaren Gasen und Flüssigkeiten mit Überwachung des Sperrmediums durch die Messwarte; - Ausführung von Probenahmestellen für brennbare Gase und Flüssigkeiten mit Totmannventilen bzw. geschlossenen Systemen mit begrenztem Volumen; - fernbedienbare Ventile am Eingang des Gebäudes; - Vermeidung von Glasapparaturen; ansonsten Auffangwanne mit Leckageerkennung.

	Produktionsgebäude
hoch	<p>zusätzlich zu den Basisschutzmaßnahmen und den Maßnahmen „erhöht“:</p> <p>Baulicher Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gebäudetragwerk in feuerbeständiger Bauart; - Ausführung von Kabeltrassen mit hoher Anforderung an die Verfügbarkeit und hoher Exponierung mit Kabeln mit Funktionserhalt im Brandfall oder redundant ausgelegt. <p>Technischer Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vollschutz durch Sprinkleranlage ggf. mit Schaummittelzumischung; - bei schneller Brandausbreitung Vollschutz durch Sprühwasserlöschanlage mit automatischer Auslösung ggf. mit Schaummittelzumischung; - geeignetes automatisches Löschesystem für besonders exponierte Bereiche (z. B. Wärmeträgerölsysteme, Lagerbereiche) und Technikräume. <p>Abwehrender Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - Feuerwehr (mit entsprechender Ausrüstung, Mannschaftsstärke, Ausbildung, Hilfsfrist), vorzugsweise Berufs- bzw. Werkfeuerwehr. <p>Organisatorischer Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - jährliche Einsatzübungen mit der Feuerwehr. <p>Weitere Maßnahmen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gasdetektion – flächendeckend bei in Umlauf befindlichen brennbaren Gasen und Flüssigkeiten mit geringen Flammpunkten oder erhitzt über den Flammpunkt; - Pumpen mit Magnetkupplung oder hermetisch dichte Pumpen zur Förderung brennbarer Gase und Flüssigkeiten; - kontrollierte Abführung von Reaktionsmasse oder Inhaltsmengen aus Kolonnen/Apparaten/Behältern in Systeme außerhalb der Anlage (z. B. unterirdische Havariebehälter); Auslösung manuell und automatisch mit SIL-Klassifizierung (s. DIN EN 61508).

Tabelle 7-1: Tool-Box Produktionsgebäude

Bei Vorhandensein einer entsprechend leistungsfähigen Werkfeuerwehr können die Schutzziele einer langfristigen Erhaltung der Tragkonstruktion und der Vermeidung des Wärmeeintrags im Brandfall durch geeignete Kühl- und Löschmaßnahmen auch mobil abgebildet werden. Dies setzt voraus, dass die zu schützenden Bereiche erreichbar sind (u. a. durch gesicherte Treppenträume, Rauch- und Wärmeabzüge, trockene Steigleitung, Zugänglichkeit zum Gebäude). Dazu ist ein gesondertes Konzept vorzulegen.

8 Brandschutz in Freianlagen

Prozessanlagen der Chemie mit kontinuierlichen Produktionsprozessen, an die keine Anforderungen bezüglich Wetterschutz und Wärmeisolierung zu stellen sind, werden ab bestimmter Größenordnung und Inhaltsmengen oftmals als Freianlagen ausgeführt.

Eine Prozessfreianlage besteht aus einem Prozessgerüst aus Stahl oder Stahlbeton mit mehreren Ebenen, das in einer Auffangwanne aufgestellt

ist. Die Apparate stehen entweder in der Auffangwanne (z. B. Kolonnen) oder sind in das Prozessgerüst eingehängt.

Freianlagen werden in der Regel ohne Besetzung mit Personal betrieben und über ein Prozessleitsystem aus einer räumlich oder baulich getrennten Messwarte gesteuert. Die Anwesenheit von Personal beschränkt sich in der Regel auf die schichtweisen Anlagenrundgänge.

In Freianlagen können sich große Mengen an leichtentzündlichen Gasen und/oder Flüssigkeiten bei Temperaturen auch oberhalb ihres Flammpunkts befinden.

Typische Schadensszenarien für Freianlagen sind:

- Pool-Feuer in der Auffangwanne nach Leckage;
- Brände an Behältern oder Kolonnen in großer Höhe;
- Jet-Feuer bei unter hohem Druck austretendem Produkt;
- Explosion nach Bildung zündfähiger Gas-/Luftgemische;

- Behälterzerknall durch „externe Wärmeeinwirkung“ (auch Unterfeuerung) oder unkontrollierte chemische Reaktion.

Bei diesen Prozessanlagen erfolgt die Auswahl der technischen Betriebsmittel auf Basis der Einteilung der Anlage in EX-Zonen. Da die eingesetzten technischen Betriebsmittel die Anforderungen der jeweiligen EX-Zone erfüllen, wird grundsätzlich Zündquellenfreiheit unterstellt.

Auch wenn Prozessanlagen der Chemie zumindest theoretisch „technisch dicht“ oder „dauerhaft technisch dicht“ ausgeführt werden, kommt es trotzdem gelegentlich zu Leckagen (s. TRGS 500, TRGS 722/TRBS 2152 Teil 2).

Die Schadenhistorie zeigt, dass trotz „Zündquellenfreiheit“ nicht alle Zündquellen ausgeschlossen werden können.

Folgebrände oder Explosionen sind somit nicht sicher vermeidbar. Diese treten auch bei An- und Abfahren der Anlage ein.

Um das Ausmaß eines Sachschadens und die damit einhergehende Betriebsunterbrechung so gering wie möglich zu halten, müssen für Prozessfreianlagen entsprechende Schutzkonzepte entwickelt werden, die über behördliche Anforderungen derzeit nicht geregelt sind.

Bei Neuanlagen sollte der Standort der Freianlage auf dem Werksgelände unter Berücksichtigung möglicher Gefahren aus und für Nachbaranlagen auch aus Sicht der Betriebsunterbrechung festgelegt werden.

In Abhängigkeit vom Prozessrisiko und den in Umlauf befindlichen Mengen an brennbaren Gasen und/oder Flüssigkeiten und dem sich daraus ergebenden Betriebsunterbrechungspotenzial (s. Abschnitt 5) kann durch Auswahl geeigneter Bausteine aus nachfolgender Tool-Box (Tabelle 8-1) ein angemessenes Schutzkonzept für eine Freianlage entwickelt werden.

	Freianlagen
Basis	<p>Baulicher Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prozessgerüst und Kolonnenstandzargen aus nichtbrennbaren Baustoffen; - Auffangvolumen für Produkt und Löschmittel; - kontrollierte Ableitung von Flüssigkeiten von geschlossenen Ebenen mit nichtbrennbaren Ablaufleitungen; - feuerbeständige Abtrennung von gefahrerhöhenden Einrichtungen (z. B. Thermalölanlagen); - gesicherter Angriffs- und Rettungsweg einschl. Beleuchtung für die Feuerwehr; - Messwarte als Bestandteil der Freianlage feuerbeständig abgetrennt und in feuerbeständiger Bauart. <p>Technischer Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - trockene Steigleitungen in den Treppentürmen; - trockene Steigleitungen auf den einzelnen Bühnen (ab 15 m Höhe); - Blitzschutz/Potentialausgleich. <p>Abwehrender Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - öffentliche Feuerwehr; - Wasserversorgung gemäß DVGW W405 oder Industriebaurichtlinie; - Handfeuerlöscher gemäß Gefährdungsanalyse (z. B. ASR A2.2). <p>Organisatorischer Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ordnung und Sauberkeit; - Arbeitserlaubnisscheinverfahren (speziell für Heißarbeiten); - Management of Change; - Explosionsschutzdokument; - Risikoanalyse (z. B. HAZOP, PAAG); - betrieblicher Alarm- und Gefahrenabwehrplan; - Schulung der Mitarbeiter; - Fremdfirmenmanagement; - Brandschutzbeauftragter; - Wartungs- und Instandhaltungspläne; - Vermeidung von Brandlasten; - Thermografie.
erhöht	<p>zusätzlich zu den Basisschutzmaßnahmen:</p> <p>Baulicher Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prozessgerüst aus feuerhemmend geschütztem Stahl bis zur ersten Bühne; - Kolonnenstandzargen, Behälterfüsse bzw. Apparatebefestigungen aus feuerhemmend geschütztem Stahl; - kontrollierte Ableitung von Produkten und Löschmitteln über profilierte Flächen in ein an der Anlagenperipherie angeordnetes Notfallbecken und Einbau einer Flammensperre; - nichtbrennbare Isolierungen (Mineralwolle, Glaswolle); - Ummantelung von Rohrleitungen/Apparaten mit kritischen Medien bzw. Zersetzungspotenzial zum Schutz gegen Unterfeuerung; - passiver Schutz von wichtigen Kabeltrassen in exponierten Bereichen oder Verlegung/Führung in unkritischen Bereichen; - Messwarte räumlich getrennt und in feuerbeständiger Bauart.

	Freianlagen
erhöht	<p>Technischer Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - halbstationäre Bodenbeschäumung für Auffangwanne mit Einspeisung an sicherer Stelle außerhalb der Prozessanlage (siehe VdS 2395-1); - Vollschutz durch Sprühwasserlöschanlage mit manueller Auslösung ggf. mit Schaummittelzumischung; - Objektschutz einzelner Apparate/Behälter mit kritischen Inhaltsmengen zur Kühlung durch Sprühwasser mit manueller Auslösung; - halbstationäre Schaumlöschanlage (nur sinnvoll in Verbindung mit einer Werkfeuerwehr) für Notfallbecken; - objektbezogene Brandfrüherkennung (z. B. Pumpen, Wärmetauscher) durch linienförmige Wärmemelder (z. B. Anregerschlauch mit Luftfüllung)/Flammenmelder/Kamera mit Branderkennung; - Überwachung der feuerbeständig abgetrennten Räume mit erhöhter Anforderung an die Verfügbarkeit (z. B. Prozessleittechnik (PLT)-/Schalt- oder Analysenräume) oder gefahrerhöhende Einrichtungen (z. B. Thermalölanlagen) mit automatischer Brandmeldeanlage und Gasdetektion in Online-Analyseräumen; - aktiver Schutz von Kabeltrassen mit hoher Verfügbarkeitsanforderung durch Sprühwasserlöschanlagen mit manueller Auslösung; - Monitore mit Schaumzumischung an der Anlagenperipherie. <p>Abwehrender Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bemessung der Löschwasserversorgung für Monitore, Lösch-/Kühlanlagen und Hydranten auf Basis eines Anlagenszenarios mit dem größten Bedarf; - Vorhalten geeigneter Löschmittel (z. B. Schaummittel, Löschpulver); - Feuerwehr (mit entsprechender Ausrüstung, Mannschaftsstärke, Ausbildung, Hilfsfrist); - organisatorischer Brandschutz; - regelmäßige Brandschau; - Ortskenntnis der Feuerwehr durch regelmäßige Begehungen; - Feuerwehreinsatzpläne als Teil der Notfallorganisation. <p>Zusätzliche Maßnahmen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Not-Aus-Konzept; - Gasdetektion – objektbezogen an Pumpen oder Apparaten mit großem Freisetzungspotenzial an brennbaren Gasen oder Flüssigkeiten; - Pumpen mit einfach wirkenden Gleitringdichtungen zur Förderung von brennbaren Flüssigkeiten unterhalb des Flammpunktes mit Objektschutz durch Sprühwasserlöschanlage mit automatischer Auslösung; - keine Pumpen mit einfach wirkenden Gleitringdichtungen zur Förderung von brennbaren Flüssigkeiten oberhalb des Flammpunktes oder Flüssiggasen; - keine Flansche in Kolonnenstandzargen; - fernbedienbare Ventile am Eingang des Baufelds; - Ausführung von Probenahmestellen für brennbare Gase und Flüssigkeiten mit Totmannventilen bzw. geschlossenen Systemen mit begrenztem Volumen.

	Freianlagen
hoch	<p>zusätzlich zu den Basisschutzmaßnahmen und den Maßnahmen „erhöht“:</p> <p>Baulicher Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prozessgerüst vollständig aus feuerbeständig ausgeführtem Stahlbeton; - Prozessgerüst aus feuerbeständig ausgeführtem Stahlbeton bis zur ersten Bühne und feuerhemmend geschützter Stahlkonstruktion oberhalb der ersten Bühne; - Prozessgerüst aus feuerbeständig geschütztem Stahl; - Aufstellung Prozessgerüst in einer Auffangwanne mit Auslegung zur Rückhaltung und kontrollierter Ableitung des größten Behältervolumens und der zu erwartenden Löschwassermenge im Brandfall in ein außerhalb gelegenes Notfallbecken mit sicherem Abstand zur Prozessanlage; - Kolonnenstandzargen aus feuerbeständig ausgeführtem Stahlbeton oder aus feuerbeständig geschütztem Stahl; - Ausführung von Kabeltrassen mit hoher Anforderung an die Verfügbarkeit und hoher Exponierung mit Kabeln mit Funktionserhalt im Brandfall oder redundant ausgelegt; - Unterteilung in Brandabschnitte bei großflächiger Ausdehnung der Freianlage, hoher in Umlauf befindlicher Brandlast und Apparaten mit hohem BU-Potenzial; - Messwarte druckfest/druckstoßfest oder in sicherer Entfernung bei VCE-Potenzial. <p>Technischer Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - stationäre Bodenbeschäumung mit manueller oder ggf. automatischer Auslösung für Auffangwanne mit eigener Wasser- und Schaumittelversorgung aus Löschzentrale; - Vollschutz durch Sprühwasserlöschanlage mit automatischer Auslösung ggf. mit Schaummittelzumischung; automatische Auslösung über ein Anregerrohrnetz, Flammenmelder oder luftgefüllten Anregerschlauch; - Objektschutz einzelner Apparate/Behälter mit kritischen Inhaltsmengen zur Kühlung durch Sprühwasser mit automatischer Auslösung; - Berieselungsringe zur Kühlung von hohen Kolonnen je nach Ausrüstung der Werkfeuerwehr; - stationäre Schaumlöschanlage mit manueller Auslösung für Havariebecken; - vollflächige Brandfrüherkennung durch linienförmige Wärmemelder (luftgefüllte Fühlerrohre)/Flammenmelder/Kamera mit Branderkennung; - aktiver Schutz von Kabeltrassen mit hoher Verfügbarkeitsanforderung durch Sprühwasserlöschanlagen mit automatischer Auslösung. <p>Abwehrender Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - Feuerwehr (mit entsprechender Ausrüstung, Mannschaftsstärke, Ausbildung, Hilfsfrist), vorzugsweise Berufs- bzw. Werkfeuerwehr. <p>Organisatorischer Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - Jährliche Einsatzübungen mit der Feuerwehr. <p>Weitere Maßnahmen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gasetektion – flächendeckend bei in Umlauf befindlichen brennbaren Gasen und Flüssigkeiten mit geringen Flammpunkten oder erhitzt über den Flammpunkt; - Pumpen mit doppelt wirkender Gleitringdichtung zur Förderung von brennbaren Gasen und Flüssigkeiten mit Überwachung des Sperrmediums durch die Messwarte; - Pumpen mit Magnetkupplung oder hermetisch dichte Pumpen zur Förderung brennbarer Gase und Flüssigkeiten; - Unterteilung der Prozessanlage in absperzbare Einheiten über fernbedienbare Schnellschlussventile zur Begrenzung der Austrittsmenge im Fall einer Leckage; - fernbedienbare Bodenventile von Apparaten und Kolonnen in feuerbeständiger Ausführung oder mit Brandschutzverkleidung mit automatischer Sicherheitsstellung im Brandfall; - kontrollierte Abführung von Reaktionsmasse oder Inhaltsmengen aus Kolonnen/Apparaten/Behältern in Systeme außerhalb der Anlage (z. B. unterirdische Havariebehälter); Auslösung manuell und automatisch mit SIL-Klassifizierung (s. DIN EN 61508).

Tabelle 8-1: Tool-Box Freianlagen

Bei Vorhandensein einer entsprechend leistungsfähigen Werkfeuerwehr können die Schutzziele einer langfristigen Erhaltung der Tragkonstruktion und der Vermeidung des Wärmeeintrags im Brandfall durch geeignete Kühl- und Löschmaßnahmen auch mobil abgebildet werden. Dies setzt voraus, dass die zu schützenden Bereiche erreichbar sind. Dazu ist ein gesondertes Konzept vorzulegen.

9 Brandschutz in Elektro-, MSR-Räumen und Messwarten

Chemische Anlagen benötigen für ihren Betrieb eine kontinuierliche und zuverlässige Stromversorgung und werden meist zentral mit Prozessleittechnik gesteuert. Die Entwicklung geht in den kommenden Jahren noch weitaus mehr in Richtung automatisierte Prozessabläufe.

Schon eine kurzzeitige Unterbrechung der Stromversorgung oder ein Ausfall der Steuerung können zum Stillstand der Produktion mit weitreichenden „Shut-down-Prozessen“ führen. Dem Brandschutz dieser für den Betrieb kritischen Einrichtungen kommt daher besondere Bedeutung zu.

Anlagen der chemischen Industrie werden mit Hoch- oder Mittelspannung aus dem öffentlichen Netz oder aus eigenen Kraftwerken versorgt. Die Versorgung erfolgt über Frei- oder Erdleitungen. Die Einspeisung erfolgt in der Regel in einer zentralen Schaltanlage. Zusammen mit den Transformatoren bildet diese oftmals den Flaschenhals der elektrischen Energieversorgung.

Von der zentralen Einspeisung ausgehend, werden dezentrale Unterverteilungen mit der notwendigen Energie versorgt, oftmals im Bereich von 1 bis 20 kV. In den Unterverteilungen befinden sich Transformatoren, Schaltschränke, Sicherungseinrichtungen und Kabelkanäle/-keller mit großen Mengen an brennbaren Isolierungen.

In den Schalträumen der Unterverteilungen befindet sich die Elektroverteilung der einzelnen Anlagen mit Steuerung und Absicherung der größten Verbraucher, zum Beispiel großer Pumpen. Manchmal feuerbeständig abgetrennt, oft aber auch im selben Raum sind auch Einrichtungen der Prozessleittechnik in diesen Räumen anzutreffen.

Der Ausfall eines MSR- oder Elektroraumes kann zum Stillstand der zugehörigen Anlage führen. Oft ist in diesen Fällen ein begrenzter Sachschaden in diesen Räumen mit einer weitreichenden Betriebsunterbrechung verbunden.

Besonders wichtig sind in diesem Zusammenhang Elektro- bzw. Mess-Steuer-Regeltechnik (MSR)-Räume, die für mehrere Anlagen benutzt werden.

Typische Brandursachen in der Elektroversorgung sind Erd- oder Kurzschluss, ein Lichtbogen oder eine Überhitzung von elektrischen Bauteilen. Diese werden beispielsweise ausgelöst durch Versagen von Bauteilen wegen Design- oder Herstellungsfehlern, fehlerhafter Isolation, Alterung, Überspannung (z. B. bei Blitzeinschlag), falscher Installation oder mangelhafter Wartung.

Daher sind eine angemessene Wartung und die regelmäßige Prüfung der elektrischen Einrichtungen von besonderer Bedeutung für die Verringerung von Bränden, aber auch zur Gewährleistung einer hohen Verfügbarkeit der Funktion der Anlagen und damit zur Vermeidung von Betriebsunterbrechungen.

Außerdem hat sich der Einsatz von elektrischen Schutzelementen, wie zum Beispiel einem Störlightbogenschutz, bewährt.

Beim Brand in MSR-Räumen und Elektroverteilungen steht oftmals nicht der Sachsubstanzschaden im Vordergrund, sondern der Folgeschaden durch korrosive Brandgase und/oder Löschmittel.

Speziell für die Kontrolle von Schaltschränken, Motorsteuerungen, Stromverteilungen und ähnlichen Einrichtungen hat sich die Infrarot-Thermografie bewährt, insbesondere, weil sie die Schwachstellen kenntlich macht, bevor ein Sachschaden eingetreten ist. Der Einsatz von speziell geschulten Fachkräften ist anzuraten.

Der Hochspannungstransformator stellt oft die größte einzelne Einrichtung mit hohen Sachversicherungswerten und Wiederbeschaffungszeiten von 12 Monaten und mehr dar. Auch wenn der Trafo nicht dem Versicherungsnehmer gehört, sondern vom Versorger geleast ist, bleibt die Exponierung durch die Wiederbeschaffungsdauer bestehen, auch wenn die Sachversicherung durch den Versorger vorgenommen wird. Aus BU-Sicht hat es sich als vorteilhaft erwiesen, eine Stromversorgung in Form einer Ringleitung zu errichten, da oft von mehreren Stromquellen eingespeist werden kann.

Die Einteilung der unternehmerischen Relevanz erfolgt in „gering – erhöht – strategisch“. Hierbei kann z. B. der Schaltraum einer kleinen Anlage, die aber für das Unternehmen eine hohe Bedeutung hat, als „strategisch“ eingestuft werden, was ein besonderes Maß an Schutzmaßnahmen er-

fordert. Demgegenüber könnte auch ein längerer Stillstand aufgrund der vorhandenen Redundanz als weniger strategisch eingestuft werden.

Weitere grundlegende Gedanken zur Ermittlung der unternehmerischen Relevanz:

- Verlust von Marktanteilen/Kunden;
- Auswirkungen auf andere Anlagen am Standort;
- Auswirkungen auf andere Standorte des Unternehmens (Wechselwirkungen);
- wesentlicher Anteil des betroffenen Produkts am Deckungsbeitrag;
- Imageverlust, behördliche Auflagen etc.

Zur Ermittlung der Anforderungen an den Brandschutz werden die zu erwartende Ausfallzeit sowie die unternehmerische Relevanz zusammengeführt. Aufgrund der hohen BU-Relevanz von Elektro- und MSR-Räumen und der untergeordneten Bedeutung des Sachwertes wird an dieser Stelle auf die Ermittlung des Sach-Schadenpotenzials verzichtet. Die Ermittlung der Anforderungen an den Brandschutz erfolgt über die folgende Tabelle 9-1.

Ermittlung des BU-Schadenpotenzials			
Ausfallzeit			
Unternehmerische Relevanz	< 30 Tage	1-6 Monate	> 6 Monate
gering	Basis	erhöht	erhöht
erhöht	erhöht	erhöht	hoch
strategisch	erhöht	hoch	hoch

Tabelle 9-1: Ermittlung der Anforderungen an den Brandschutz für Elektro- und MSR-Räume

In diesem Zusammenhang ist es sehr wichtig festzustellen, welche Konsequenz der Ausfall eines Elektro- oder MSR-Raumes hat. Auch der Ausfall der (aus Brandschutzsicht) eher gering zu bewertenden Exponierung der Steuerung der Abwasserbehandlung kann einen längeren Stillstand des gesamten Betriebs zur Folge haben, genauso die der thermischen Nachverbrennung, der Abluft und weiterer Infrastruktureinrichtungen. Auch hier ist die Einstufung hoch zu wählen.

Durch Auswahl geeigneter Bausteine kann aus nachfolgender Tool-Box (Tabelle 9-2) ein angemessenes Schutzkonzept für Elektro- und MSR-Räume entwickelt werden.

	Elektro- und MSR-Räume
Basis	<p>Baulicher Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - feuerbeständige Abtrennung (vertikal und horizontal) von <ul style="list-style-type: none"> ▪ ölgekühlten Transformatoren, ▪ Schalträumen, MSR-Räumen, ▪ Kabelkellern und Kabelkanälen sowie von ▪ Kabelschächten; - Auffangvolumen für Trafoöl; - Brandabschottungen (vertikal und horizontal); - nichtbrennbare Baustoffe; - gesicherter Angriffs- und Rettungsweg einschl. Beleuchtung für die Feuerwehr. <p>Technischer Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gebäudeblitzschutz/Potentialausgleich. <p>Abwehrender Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - öffentliche Feuerwehr; - Wasserversorgung gemäß DVGW W405 oder Industriebaurichtlinie; - Handfeuerlöscher gemäß Gefährdungsanalyse (z. B. ASR A2.2). <p>Organisatorischer Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ordnung und Sauberkeit (keine Brandlasten/Lagerung); - Arbeitserlaubnisscheinverfahren (speziell für Heißarbeiten); - Zutrittsberechtigung (Schulung der Mitarbeiter); - Wartungs- und Instandhaltungspläne; - regelmäßige Überprüfung der elektrischen Anlage, ergänzt durch Thermografie.
erhöht	<p>zusätzlich zu den Basisschutzmaßnahmen:</p> <p>Baulicher Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - keine weiteren Anforderungen <p>Technischer Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - automatische Brandmeldeanlage (vorzugsweise mit Rauchsaugsystemen) mit Weiterleitung an eine ständig besetzte Stelle für <ul style="list-style-type: none"> ▪ Schalt-/MSR-Räume (Decken, Zwischendecken, Doppelböden), ▪ Trafoboxen, ▪ Kabelkeller, Kabelkanäle und Kabelschächte; - Entrauchungskonzept. <p>Abwehrender Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vorhalten geeigneter Löschmittel (z. B. Schaummittel, CO₂). <p>Organisatorischer Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - regelmäßige Brandschau; - Ortskenntnis der Feuerwehr durch regelmäßige Begehungen; - Feuerwehrereinsatzpläne als Teil der Notfallorganisation; - Bereitschaftsdienst zum Freischalten von elektrischen Anlagen.

hoch	<p>zusätzlich zu den Basisschutzmaßnahmen und den Maßnahmen „erhöht“:</p> <p>Baulicher Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - Brandabschnittsbildung je nach Größe, Lage, Fläche etc. <p>Technischer Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - automatische Brandfrühsterkennung in Schaltschränken und Racks, flächendeckend und aufgeschaltet zu einer ständig besetzten Stelle der Werkfeuerwehr bzw. einer öffentlichen Leitstelle; - automatische Gaslöschanlage für Schalt- und MSR-Räume sowie Kabelböden; - Sprühwasserlöschanlage als Objektschutz für Trafos, Kabelkeller und Kabelkanäle; - halbstationäre Löschanlage (nur sinnvoll in Verbindung mit einer Werkfeuerwehr); <p>Abwehrender Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - keine weiteren Anforderungen <p>Organisatorischer Brandschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> - keine weiteren Anforderungen
-------------	--

Tabelle 9-2: Tool-Box Elektro- und MSR-Räume

Im Gegensatz zu MSR- und Elektro-Räumen sind Messwarten in kontinuierlich betriebenen Produktionsanlagen ständig besetzt. Sie gleichen oft modernen Büroräumen mit Einrichtungen zur elektronischen Datenverarbeitung, Aufenthalts- und Sozialräumen und Klimaanlage. Durch die ständige Präsenz von geschulten Mitarbeitern ist davon auszugehen, dass ein Entstehungsbrand innerhalb weniger Minuten in geeigneter Art und Weise bekämpft wird, wenn eine unverzügliche Brandmeldung erfolgt. Für den Brandschutz in der Messwarte wird daher vorgeschlagen:

- bauliche Abtrennung zwischen Aufenthalts- bzw. Sozialräumen und der eigentlichen Warte;
- flächendeckende Brandfrüherkennung, geeignet für Räume mit hohem Luftdurchsatz;
- Überwachung der Frischluftansaugung auf Gase und Kohlenwasserstoffe, die im relevanten Umfeld auftreten können, mit automatischer Umschaltung auf Umluftbetrieb;
- weitere Anforderungen in den jeweiligen Tool-Boxen (Abschnitte 7 und 8).

Die Auswahl von Maßnahmen sowohl für MSR- als auch für Elektroräume und Messwarten muss im Rahmen einer individuellen Analyse vor Ort getroffen werden.

10 Brandschutz in Tankanlagen

10.1 Bewertungssystem

Da im Tanklager bestimmungsgemäß keine Reaktionen stattfinden, ist eine Klassifizierung gemäß Abschnitt 6 nicht sinnvoll. Auch andere Kriterien wie Stoffgrößen (Flammpunkt), Abmessungen (Größe,

Abstand), Brandschutzeinrichtungen (Löschwasserversorgung) dienen nicht allein zur Unterscheidung von Basis-Risiko zu erhöhtem oder hohem Risiko. Daher wurde für die Bewertung von Tankanlagen hier ein spezielles Punktesystem entwickelt (s. Abschnitt 10.4).

In diesem Kapitel werden Tanklager behandelt, in denen flüssige Edukte und Produkte, Zwischenprodukte und Abfälle gelagert werden. Sie sind nicht Teil der Produktion im Sinne einer Lagerung in unmittelbarer Nähe zum Reaktor oder zur Kolonne.

Prinzipiell werden folgende Arten von Tanks unterschieden:

- kleine Tanks, z. B. bis 20 m³;
- mittlere Tanks, z. B. 20–50.000 m³;
- Ringmanteltanks, z. B. 20–50.000 m³;
- Schwimmdachtanks (Large Atmospheric Storage Tanks – LAST), z. B. 30.000–230.000 m³.

Schadensszenarien und Erfahrungen

Das typische Schadenereignis im Tanklager ist der Brand von Kohlenwasserstoffen im Tank oder nahe des Tanks. Die Ereignisse starten in vielen Fällen mit einer Leckage, zum Beispiel infolge von Korrosion der Tankwandung, Überfüllung, fehlerhaft ausgeführten Wartungsarbeiten am Tank, an Ventilen oder Rührern. Typische Zündquellen sind Heißarbeiten, elektrostatische Entladungen oder Blitzschlag. An Schwimmdachtanks können Ringspaltbrände auftreten. Hier brennen Kohlenwasserstoffe und Gummi zwischen Schwimmdach und Tankwand, meist durch Blitzschlag.

Bei Tankbränden tritt eine hohe Wärmestrahlung auf, was bei geringen Abständen von Tank zu Tank zur erheblichen Erwärmung des Nachbartanks und zur Ausbreitung des Brandes führen kann. Daher ist bei Tankbränden neben der Brandbekämpfung auch die Kühlung der benachbarten Tanks wichtig.

Risikoidentifizierung und Priorisierung von Maßnahmen

Zur Einstufung des Tanklagers und zur Analyse der Brandschutzkonzepte sind folgende Daten notwendig:

- Beschreibung der Anordnung der Tanks, der Infrastruktur (Stromversorgung, MSR-Einrichtungen, Be- und Entladungseinrichtungen, Dämpferückgewinnung) und der Zugangswege, je nach Windrichtung;
- Stoffdaten, insbesondere Flammpunkte, Löslichkeit, Stabilität, Toxizität. Wenn sie nicht vorliegen, z. B. bei spezifischen Gemischen, sind die Daten zu bestimmen.
- Dimension der Tanks, zur Verfügung stehende Volumina, Volumina der Auffangwannen.

Zunehmend spielt auch der zu erwartende Reputationsverlust im Zusammenhang mit großen Tankbränden eine Rolle bei der Brandschutzplanung.

Punktetabelle

Um abzuschätzen, ob bei gegebener Brandgefahr und Volumen durch die gelagerten Stoffe sowie durch die Anordnung der Tanks und die Brandschutzeinrichtungen ein Löscherfolg möglich ist, wurde ein Punktesystem entwickelt.

In diesem Punktesystem werden anhand der unten aufgeführten Kriterien Punkte (P) ermittelt. Zunächst wird über „Anforderungspunkte“ (z. B. Sachwert, Betriebsunterbrechung, Reputationsverlust und Stoffgrößen) die Exponierung ermittelt. Im Weiteren werden „Schutzpunkte“ ermittelt (z. B. über Mittel der Brandbekämpfung). Abschließend werden „Anforderungspunkte“ und „Schutzpunkte“ in einem Diagramm (siehe Bild 10-1) gegenübergestellt. Dabei sollte der Schnittpunkt im grünen Bereich liegen.

Es werden jeweils die Daten von allen Tanks und Einrichtungen in einem gemeinsamen Auffangraum betrachtet. Bei Ringmanteltanks können bis zu zehn Tanks eines Tankfelds zusammengefasst werden.

Wenn entsprechende Rahmenbedingungen vorliegen, können bei der Bewertung für alle Rubriken jederzeit Zwischenstufen berücksichtigt werden.

Zum Beispiel kann der Schutz durch eine Berufsfeuerwehr schlechter bewertet werden, wenn vorhersehbar ist, dass im konkreten Fall der Aufbau einer Wasserversorgung über lange Schlauchstrecken den Beginn der Brandbekämpfung verzögern würde. Auch eine freiwillige Feuerwehr kann beispielsweise bei entsprechender Einsatzstärke und Ausrüstung höher bewertet werden.

Anforderungen

Sach-Schadenpotenzial (Wert der Tanks plus Inhalt, bei höchstem Füllstand, in einem Auffangraum):

- über 25 Mio. EUR: 30 P
- zwischen 10 und 25 Mio. EUR: 15 P
- unter 10 Mio. EUR: 0 P

Betriebsunterbrechungspotenzial:

- BU-Schaden wegen Betriebsstillstand bis zur Wiederherstellung des Tanks/der Tanks: 30 P
- Mehrkosten zur Vermeidung von Betriebsstillstand: 15 P
- keine messbare Betriebsbeeinträchtigung: 0 P

Reputation:

- Ein Ereignis mit Reputationsverlust ist auf jeden Fall zu vermeiden: 30 P
- Ein Ereignis mit Reputationsverlust ist weitestgehend zu vermeiden: 15 P
- Ein Ereignis ist im Rahmen der rechtlichen Anforderungen zu vermeiden: 0 P

Gefahrenkategorie:

Die Gefahrenkategorie der gelagerten Chemikalie (und damit des inhärenten Risikos nach CLP-Verordnung (EG) Nr. 1272/2008) wird für die Risikoidentifizierung wie folgt bewertet:

- Kategorie 1 H224: 30 P
- Kategorie 2 H225: 20 P
- Kategorie 3 H226 oder brennbare Flüssigkeiten ohne Kategorie: 10 P

Abstand von Tank zu Tank (s. Tabellen 10-2 bis 10-4):

- Abstand geringer als nach TRGS 509: 40 P
- Abstand etwa entsprechend TRGS 509: 20 P
- Abstand größer als nach TRGS 509: 0 P

Die Abweichung von TRGS 509 wird bewertet, wenn sie 20 % übersteigt.

Abstand von Tankgruppe (alle Tanks in einem Auffangraum) zu Tankgruppe (s. Tabellen 10-2 bis 10-4):

- Abstand kleiner als 20 m: 20 P
- Abstand zwischen 20 und 30 m: 10 P
- Ringmanteltank oder Abstand über 30 m: 0 P

Die Summe der Punkte dieses Abschnitts ergibt den Wert für die Anforderungen (siehe Bild 10-1).

Schutz

Es darf für jede der nachstehend aufgeführten Rubriken jeweils nur einmal ein Punktwert ausgewählt werden. Es kann jeweils je nach tatsächlich vorhandenem Schutzgrad interpoliert werden.

Detektion:

- Leckagedetektion in der Tanktasse: 40 P
- Branddetektion: 15 P
- Detektion durch Videoüberwachung: 10 P
- Detektion durch Rundgänge oder andere organisatorische Maßnahmen: 0 P

Berieselungssystem:

- stationäres System mit automatischer Auslösung oder unverzüglicher manueller Auslösung oder halb-stationäres System mit Aufbau der Wasserversorgung durch Werkfeuerwehr: 20 P
- halb-stationär, Aufbau der Wasserversorgung durch ausreichend leistungsfähige öffentliche Feuerwehr: 10 P
- leistungsfähige Monitore (stationär): 10 P
- keinerlei installierte Systeme: 0 P

Löschanlage (Tankinnenraum und Ringspalt bei Schwimmdachtanks):

- stationäres System mit automatischer Auslösung oder unverzüglicher manueller Auslösung oder halb-stationäres System mit Aufbau der Wasserversorgung durch Werkfeuerwehr: 20 P
- halb-stationär, Aufbau der Wasserversorgung durch ausreichend leistungsfähige öffentliche Feuerwehr: 10 P
- keinerlei installierte Systeme: 0 P

Beschäumung der Auffangwanne:

- stationäres System mit automatischer Auslösung oder unverzüglicher manueller Auslösung oder halb-stationäres System mit Aufbau der Wasserversorgung durch Werkfeuerwehr: 20 P

- halb-stationär, Aufbau der Wasserversorgung durch ausreichend leistungsfähige öffentliche Feuerwehr: 10 P
- keinerlei installierte Systeme: 0 P

Doppelwandige Tanks:

- zusätzlich 40 P

Inertisierung:

- zusätzlich 20 P

Löschwasserversorgung (s. Abschnitt A 4.1) für den Tankbrand:

- ausreichende Wasserversorgung zur mobilen Bekämpfung von Bränden im größten Tank: 20 P
- ausreichende Wasserversorgung (s. o.) nicht vorhanden: 0 P

Feuerwehr:

Es wird lediglich die Feuerwehr mit der besten Bewertung berücksichtigt. Die Bewertung setzt voraus, dass die Feuerwehr in der vorgesehenen Stärke, mit geeigneter Ausrüstung zur Bekämpfung eines Tankbrandes, innerhalb der Hilfsfrist vor Ort eintrifft. Wenn dies vorhersehbar nicht der Fall ist, wird die Bewertung reduziert.

- Werkfeuerwehr: 40 P
- Betriebsfeuerwehr: 20 P
- Berufsfeuerwehr: 20 P
- Freiwillige Feuerwehr: 0 P

Sofern die jeweilige Feuerwehr über einen leistungsfähigen (mobilen) Monitor verfügt: zusätzlich 5 P

Auswertung der Bewertung der Brandschutzgrößen

Die Summe der Punkte dieses Abschnitts ergibt den Wert für den Schutz (siehe Bild 10-1).

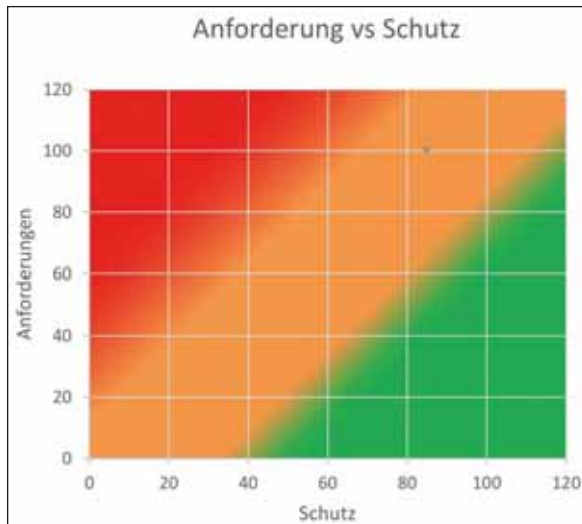


Bild 10-1: Tankanlagen: Gegenüberstellung „Anforderungen“ und „Schutz“

Auf der Koordinate „Schutz“ beschreiben:

- 0–40 Punkte den Basis-Schutz, zu erreichen zum Beispiel mit einer Betriebsfeuerwehr, Detektion mithilfe von TV und einer Löschwasserversorgung bestehend aus Stichleitungen und Hydranten;
- 40–80 Punkte den gehobenen Schutz, zu erreichen zum Beispiel mit einer Betriebsfeuerwehr, Wasserversorgung mit Ringleitung, Hydranten und Monitoren, Detektion mittels TV, Beschäumung der Auffangwanne (halbstationär);
- mehr als 80 Punkte den höherwertigen Schutz, zu erreichen zum Beispiel mit einer Berufsfeuerwehr, Wasserversorgung mit Ringleitung, Hydranten und Monitoren, Detektion mittels TV, Beschäumung der Auffangwanne (halbstationär), Schaumeinspeisung in Festdachtank.

Auf der Koordinate „Anforderungen“ beschreiben:

- 0–40 Punkte die Grund-Exponierung, zum Beispiel bei einem Tanklager bestehend aus vielen Tanks unter EUR 1 Mio., mittleres Reputationsrisiko, keine betriebswirtschaftlichen Konsequenzen, nicht CLP-klassifizierten Medien, Abstand der Tanks größer als in TRGS 509 vorgeschrieben, Abstand der Tankgruppen kleiner als 20 m;
- 40–80 Punkte die erhöhte Exponierung, zum Beispiel bei einem Tanklager mit größeren Tanks, Wert EUR 5–10 Mio., mittleres Reputationsrisiko, Mehrkosten bei Ausfall, CLP-Kategorie 2 (H225), Abstand der Tanks nach TRGS 509, Abstand der Tankgruppen zwischen 20 und 30 m;

- mehr als 80 Punkte die hohe Exponierung, zum Beispiel bei einem Tanklager mit großen Tanks, Wert über EUR 10 Mio., mittleres Reputationsrisiko, Mehrkosten bei Ausfall, CLP-Kategorie 2 (H225), Abstand der Tanks entsprechend TRGS 509, Abstand der Tankgruppen über 30 m.

Die Summe der Punkte der Anforderungen wird gegen die Summe der Punkte der Schutzvorkehrungen aufgetragen. Die Färbung des Bereichs, in dem die Koordinate liegt, gibt eine Einschätzung über den Löscherfolg wieder.

Nach Erfahrungswerten der Feuerwehr und der Versicherer bedeutet ein Wert im:

- roten Bereich: Brandbekämpfung erschwert, Verlust des Tanks (Brandausbruch) möglich, Ausbreitung der Brandes auf andere Tanks möglich, Großschaden wahrscheinlich;
- gelben Bereich: Verlust des Tanks möglich, Ausbreitung des Brandes auf andere Tanks wenig wahrscheinlich;
- grünen Bereich: Schaden auf den ersten Tank beschränkt, keine Ausbreitung zu erwarten.

Erläuterungen

Einteilung entzündbarer Flüssigkeiten nach CLP-Verordnung (EG) Nr. 1272/2008

Gefahrenhinweis	Kriterien	Gefahren-kategorie	Beispiel
Flüssigkeit und Dampf extrem entzündbar H224	Flammpunkt < 23 °C Siedebeginn < 35 °C	1	Diethylether, F -45 °C, S 36 °C
Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar H225	Flammpunkt < 23 °C Siedebeginn > 35 °C	2	Ethanol, F 12 °C, S 78 °C Methanol, F 11 °C, S 65 °C Pyridin, F 17 °C, S 115 °C
Flüssigkeiten und Dampf entzündbar H226	Flammpunkt 23 °C bis 60 °C	3	

Tabelle 10-1: Gefährlichkeitsmerkmale von brennbaren Flüssigkeiten und Dämpfen

Flüssigkeiten gelten als brennbar, wenn sie einen Flammpunkt bis 370 °C besitzen.

Abstandstabellen

Anzahl der Tanks in einer Tankgruppe	Gesamtrauminhalt	Tankabstand
bis zehn Tanks beliebiger Bauart	bis 2.000 m ³	mehr als 0,3 D, mindestens jedoch 1 m
bis zehn Tanks beliebiger Bauart	2.000–50.000 m ³	mehr als 0,3 D, mindestens jedoch 3 m
bis vier Tanks beliebig aufgestellt oder beliebig viele Tanks in einer Reihe		
Festdachtanks	bis 50.000 m ³	mehr als 0,5 D, mindestens jedoch 3 m
Schwimmdachtanks und inertisierte Festdachtanks	bis 50.000 m ³	mehr als 0,3 D, mindestens jedoch 3 m
Tanks mit Ringmantel oder ähnlichen Auffangräumen	bis 50.000 m ³	mehr als 0,3 D, mindestens jedoch 3 m

Tabelle 10-2: Tankabstände in einer Tankgruppe mit Flammpunkt bis 55 °C, ausgenommen Rohöl und Schwefelkohlenstoff nach TRGS 509 (D = Durchmesser des größten Tanks)

Anzahl der Tanks in einer Tankgruppe	Gesamtrauminhalt	Tankabstand
bis zehn Tanks beliebiger Bauart	bis 10.000 m ³	mehr als 0,6 D, mindestens jedoch 6 m
bis vier Tanks beliebig aufgestellt oder beliebig viele Tanks in einer Reihe		
Festdachtanks	bis 10.000 m ³	mehr als 1 D, mindestens jedoch 30 m
Schwimmdachtanks und inertisierte Festdachtanks	bis 10.000 m ³	mehr als 0,6 D, mindestens jedoch 20 m, höchstens 60 m
Tanks mit Ringmantel oder ähnlichen Auffangräumen	bis 10.000 m ³	mehr als 0,6 D, mindestens jedoch 20 m

Tabelle 10-3: Tankabstände in einer Tankgruppe für Schwefelkohlenstoff und Rohöl nach TRGS 509

Abstand von zwei Tankgruppen zueinander:

- Durchmesser des größten Tanks bis zu 20 m:
Abstand gleich Durchmesser
- Durchmesser des größten Tanks über 20 m:
Abstand gleich halber Durchmesser plus 10 m
- bei Rohöl oder Schwefelkohlenstoff:
Abstand gleich Durchmesser, mindestens 30 m

Zum Vergleich: Abstandsbeschreibung im benachbarten Ausland

Abstandstabellen frei nach HSG176, Health and Safety Executive, GB

Tanks	Minimumabstand (es gilt die kleinere Größe)
zwischen benachbarten Festdachtanks	der Durchmesser des kleineren Tanks, der halbe Durchmesser des größeren Tanks, 15 m, mindestens jedoch 10 m
zwischen benachbarten Schwimmdachtanks	10 m Abstand bis zu 45 m Tankdurchmesser, 15 m Abstand über 45 m Tankdurchmesser
zwischen Schwimm- und Festdachtanks	der Durchmesser des kleineren Tanks, die Hälfte des Durchmessers des größeren Tanks, mindestens 10 m
zwischen einer Gruppe von kleinen Tanks und weiteren Tanks	mindestens 15 m
zwischen Tanklager und Produktion, nicht gefährdeten Anlagen oder anderen Einrichtungen	mindestens 15 m

Tabelle 10-4: Tankabstände bei großen Tanks (Durchmesser größer 10 m) nach HSG176

Schutzstreifen

Volumen	Schutzstreifen nach TRGS 509
kleiner 30 m ³	0 m
30 bis 200 m ³	10 m
200 bis 2000 m ³	10 m bis 30 m
über 2000 m ³	30 m

Tabelle 10-5: Schutzstreifen für Einzeltanks für H224, H225 und H226 mit Flammpunkt bis 55 °C nach TRGS 509

10.2 Brandschutzeinrichtungen bei Tanklagern

Schaumdüsen für Schwimmdachtanks

Ringspaltbrände in Schwimmdachtanks werden am effektivsten durch gezielte Aufbringung von Schaum-Wassergemischen bekämpft. Wichtig ist dabei, dass das Dach nicht durch ungezielt aufgebraute Mengen von Flüssigkeit destabilisiert wird. Eine mögliche Folge wäre das Sinken des Schwimmdachs und die Ausbreitung des Brandes über der gesamten Oberfläche des Tanks. Mehrere Brände dieser Art werden in der Literatur berichtet, es stellt den Katastrophenfall für einen einzelnen Schwimmdachtank dar.

Um Schaum gezielt in den Spalt einbringen zu können, werden Schaumdüsen mit abgewinkelten Öffnungen auf der Tankwand in gleichmäßigen Abständen angebracht. Sie werden von einem Rohrleitungssystem gespeist, in das außerhalb der Tankwanne Schaumwassergemisch eingespeist wird.

In den meisten Fällen ist eine halbstationäre Anordnung das Mittel der Wahl. Mobile Einsatzkräfte speisen Schaumwassergemisch aus sicherer Entfernung in ein festverlegtes Rohrleitungsnetz mit Düsen ein.

Wenn die mobile Einspeisung nicht innerhalb von kurzer Zeit sichergestellt werden kann, zum Beispiel spätestens 8 min nach Alarmierung, ist ein automatisches System zu empfehlen, da nach mehr als 15 min Brand die Dichtung im Ringspalt bereits versagen kann. Dies kann dann zum Vollbrand über die gesamte Tankfläche führen.

Durch die Anordnung der Schaumdüsen ist sichergestellt, dass der Schaum dort hingelangt wo er benötigt wird, auch wenn der Tank leer (Deckel unten) ist, oder hohe Windgeschwindigkeiten herrschen. Diese Situation kann zum Beispiel dann auftreten, wenn der Brand durch Blitzschlag bei Gewitter ausgelöst wird.

Die jüngste Generation von Schwimmdachtanks besitzen oft Bleche zur Abdeckung des Ringspalts. Diese Bleche verringern einerseits das Eindringen von Regenwasser und minimieren andererseits das Austreten von Dämpfen. Vorteil für den Brandschutz ist dass der Ringspalt weniger exponiert ist. Sollte jedoch trotzdem ein Brand entstehen, wird durch diese Abdeckung das Aufbringen von Schaum praktisch verhindert.

Tankinnenbeschäumung

Bei vielen Bränden mit Festdachtanks haben die Einsatzkräfte große Probleme, das Löschmittel im Tank auf die Oberfläche der brennbaren Flüssigkeit aufzubringen. Daher wird empfohlen, die Tanks mit Beschäumung im Inneren durch Schaumtöpfe oberhalb des Flüssigkeitsspiegels zu schützen. Schaumeinspeisungssysteme (Foam Injection) erlauben das Einbringen von Löschschaum automatisch oder halbautomatisch aus sicherer Entfernung in den Gasraum.

Es gibt ebenso Schaumeinspeisungssysteme, die das Wasser-Schaumgemisch ebenerdig in den Tank einbringen und im Inneren des Tanks mittels eines geeigneten Schlauchs bis an die Oberfläche des Gemisches leiten. Hier ist eine mechanische Trennung (Ventil, Scheibe oder Ähnliches) vom Tankinhalt zum Löschmittel erforderlich.

Tanktassenbeschäumung

Um zu verhindern, dass aus einem kleinem Brand aufgrund einer Leckage ein großflächiger Lachenbrand wird, sollten Tanktassen mit einer Beschäumungsanlage versehen sein. Die Tanktassen müssen genügend Auffangvolumen besitzen, um Tankinhalt und Löschmittel aufzufangen (siehe dazu auch Rückhaltevolumen).

Insbesondere wenn viele kleine Tanks in einer Tanktasse aufgestellt sind, kommt der Beschäumung eine wichtige Aufgabe zu. Da die mobile Brandbekämpfung durch Tanks in der ersten Reihe behindert wird, ist die Tanktassenbeschäumung oftmals das letzte Mittel zur Verhinderung der Unterfeuerung und der Brandausbreitung.

Wie oben erwähnt gilt auch hier: Wenn die Feuerwehr vorhersehbar die Tanktassenbeschäumung nicht in der notwendigen Zeit sicherstellen kann, ist eine automatische Anlage vorzusehen. Die Auslösung kann automatisch oder auch manuell erfolgen, wenn eine zuverlässige Aktivierung durch anwesendes Bedienpersonal, nichtöffentliche oder öffentliche Feuerwehr sichergestellt ist.

Tanktassen sind dauerhaft dicht zu errichten und unterhalten. Dauernde Pflege wie zum Beispiel Grasschnitt und Entfernen von übermäßigem Bewuchs ist unabdinglich.

Inertisierung

Festdachtanks jeglichen Volumens können aus Gründen des Brand- und Explosionsschutzes inertisiert werden. Der Vorteil der Inertisierung besteht

in der Vermeidung einer zündfähigen Atmosphäre im Inneren des Tanks.

Monitore

Prinzipiell sind im Tanklager fest installierte Monitore zur Aufbringung von Löschwasser, Kühlwasser und Schaumwassergemischen gegenüber manuell vorgebrachten Schläuchen mit Strahlrohren vorzuziehen, da weniger Einsatzkräfte exponiert werden und über die ganze Einsatzdauer gebunden sind und außerdem mehr Wasser über größere Wurfweiten und -höhen eingebracht werden kann. Wenn festinstallierte Monitore nicht erforderlich sind, empfiehlt sich die Anschaffung von transportablen Monitoren.

Für Tanklager aus vielen kleineren Tanks kann die Installation von festinstallierten erhöhten Monitoren mit Bedienung aus sicherer Entfernung das geeignete Mittel der Wahl sein.

Füllstandsüberwachung

Die Liste der internationalen Großereignisse in Tanklagern weist auffällig häufig die Ursache Überfüllung auf. Basierend auf den Erkenntnissen aus dem Großbrand im Tanklager Buncefield, GB, empfahl die Untersuchungskommission die Einführung folgender Maßnahmen:

- Alarmierung bei Erreichen des oberen Füllstands (High Level Alarm);
- unabhängiger Füllstandsalarm bei Erreichen des höchsten Füllstands (High High Level Alarm);
- Abschaltautomatik (Verriegelung mit der Förderpumpe) bei Überschreiten des höchsten Füllstands;
- Alarmierung der zuständigen Einheiten im Betrieb.

Erdung und Potentialausgleich, Blitzschutz

Eine weitere Zündquelle im Tanklager sind elektrostatische Entladungen und Blitzeinschläge. Obwohl diese Zündquellen erst zum Zuge kommen, wenn bereits eine Leckage vorliegt, treten doch relativ viele Brände basierend auf diesen Ursachen auf.

Alle Tanks sind ausreichend zu erden und mit der Verrohrung in geeigneter Form zu verbinden. Die Arbeiten sind ausschließlich von Fachfirmen auszuführen und in geeigneten Abständen zu überprüfen.

Fehlerhaft ausgeführter Blitzschutz kann zur „Blitzfangeinrichtung“ werden.

Flammensperren

Flammensperren bzw. Flammendurchschlagsicherungen dienen der Isolation von Tanks gegen Flammen von außen im Freien oder in Gas-Pendelleitungen.

Im Wesentlichen bestehen Flammensperren aus Metallgittern mit großen Oberflächen, an denen sich Flammen abkühlen. Eine Zulassung nach lokalen Standards ist notwendig.

Flammensperren können durch Fremdkörper und Verunreinigungen schnell verstopft werden, was zu Unter- bzw. Überdruck führen kann. Daher sind regelmäßige Überprüfung und gegebenenfalls Reinigung notwendig.

11 Literatur/Informationsquellen

11.1 Gesetze und Verordnungen

Hinweis: Bei nachfolgender Auflistung ist zu berücksichtigen, dass Gesetze und Verordnungen lediglich den Rahmen vorgeben, die konkrete Ausgestaltung jedoch vielfach über länderspezifische Regelungen erfolgt.

ArbSchG Arbeitsschutzgesetz – Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit

ArbStättV Arbeitsstättenverordnung – Verordnung über Arbeitsstätten

BetrSichV Betriebssicherheitsverordnung – Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln

BImSchG Bundes-Immissionsschutzgesetz – Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge

4. BImSchV Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen – Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes

12. BImSchV Störfall-Verordnung – Zwölfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes

CLP-Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen

KonTraG Gesetz zur Kontrolle und Transparenz im Unternehmensbereich

WHG Wasserhaushaltsgesetz – Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts

Internet: www.bundesanzeiger.de

11.2 Vorschriften, Regeln und Informationen der Träger der gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV)

DGUV Vorschrift BGV A1/GUV-V A1 Grundsätze der Prävention

DGUV-Vorschrift 4 (ehemals BGV A4) Elektrische Anlagen und Betriebsmittel

DGUV Vorschrift 38 (ehemals BGV C22) Bauarbeiten

DGUV Regel 100-500 (ehemals BGR 500) Betreiben von Arbeitsmitteln

DGUV Regel 105-001 (ehemals BGR 134) Einsatz von Feuerlöschanlagen mit sauerstoffverdrängenden Gasen

DGUV Regel 113-001 (ehemals BGR 104) Explosionsschutz-Regeln – EX-RL

DGUV Information 205-004 (ehemals BGI 888) Sicherheitseinrichtungen beim Einsatz von Feuerlöschanlagen mit Löschgasen

Internet: www.dguv.de

11.3 Technische Regeln

DIN-, VDE- und VDI-Normen

DIN 4844-2 Graphische Symbole – Sicherheitsfarben und Sicherheitszeichen – Teil 2: Registrierte Sicherheitszeichen

DIN SPEC 4844-4 Graphische Symbole – Sicherheitsfarben und Sicherheitszeichen – Teil 4: Leitfaden zur Anwendung von Sicherheitskennzeichnung

DIN 14011 Feuerwehrwesen – Begriffe

DIN 14095 Feuerwehrpläne für bauliche Anlagen

DIN 14096 Brandschutzordnung – Regeln für das Erstellen und das Aushängen

DIN 14675 Brandmeldeanlagen – Aufbau und Betrieb

DIN 4102-9 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Kabelabschottungen; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen

DIN 69090-1 MMS-Bearbeitungstechnologie – Teil 1: Begriffe und Definitionen

DIN ISO 23601 Sicherheitskennzeichnung – Flucht- und Rettungspläne

DIN EN 1127-1 Explosionsfähige Atmosphären – Explosionsschutz – Teil 1: Grundlagen und Methodik

DIN EN 13501 Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten

DIN EN 60335-2-69/A1 Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke – Teil 2-69: Besondere Anforderungen für Staub- und Wasserauger einschließlich kraftbetriebener Bürsten für den gewerblichen Gebrauch (IEC 61J/507/CD:2012)

DIN EN 61340-4-4 Elektrostatik – Teil 4-4: Normprüfverfahren für spezielle Anwendungen – Einordnung flexibler Schüttgutbehälter (FIBC) in elektrostatischer Hinsicht

DIN EN 61508 Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme

DIN EN 61936-1 Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV – Teil 1: Allgemeine Bestimmungen

DIN EN 62305 / VDE 0185-305 Blitzschutz

DIN EN 671 Ortsfeste Löschanlagen – Wandhydranten

DIN VDE 0105-100 Betrieb von elektrischen Anlagen – Teil 100: Allgemeine Festlegungen

DIN VDE 0701-0702 Prüfung nach Instandsetzung, Änderung elektrischer Geräte – Wiederholungsprüfung elektrischer Geräte – Allgemeine Anforderungen für die elektrische Sicherheit

DIN VDE 0833 Gefahrenmeldeanlagen für Brand, Einbruch und Überfall

Internet: www.din.de bzw. www.beuth.de

VDI 2263 Staubbrände und Staubexplosionen – Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen

Internet: www.vdi.de bzw. www.beuth.de

Technische Regeln für Betriebssicherheit

TRBS 1111 Gefährdungsbeurteilung und sicherheitstechnische Bewertung

TRBS 1112 Instandhaltung

TRBS 1112 Teil 1 Explosionsgefährdungen bei und durch Instandhaltungsarbeiten – Beurteilungen und Schutzmaßnahmen

TRBS 1123 Änderungen und wesentliche Veränderungen von Anlagen nach § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 3 BetrSichV – Ermittlung der Prüfnotwendigkeit gemäß § 14 Abs. 1 und 2 BetrSichV

TRBS 1201 Teil 1 Prüfung von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen und Überprüfung von Arbeitsplätzen in explosionsgefährdeten Bereichen

TRBS 2141 Teil 2 Gefährdung durch Dampf und Druck – Schädigung der drucktragenden Wandung

TRBS 2152/TRGS 720 Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Allgemeines

TRBS 2152 Teil 1/TRGS 721 Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Beurteilung der Explosionsgefährdung

TRBS 2152 Teil 2/TRGS 722 Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre

TRBS 2152 Teil 3 Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre

TRBS 2152 Teil 4 Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken

TRBS 3146/TRGS 746 Ortsfeste Druckanlagen für Gase

Internet: www.baua.de

Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)

TRGS 001 Das Technische Regelwerk zur Gefahrstoffverordnung – Allgemeines – Aufbau – Übersicht – Beachtung der Technischen Regeln für Gefahrstoffe

TRGS 400 Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen

TRGS 407 Tätigkeit mit Gasen – Gefährdungsbeurteilung

TRGS 460 Handlungsempfehlung zur Ermittlung des Standes der Technik

TRGS 500 Schutzmaßnahmen

TRGS 509 Lagerung von flüssigen und festen Gefahrstoffen in ortsfesten Behältern sowie Füll- und Entleerstellen für ortsbewegliche Behälter

TRGS 510 Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern

TRGS 555 Betriebsanweisung und Information der Beschäftigten

TRGS 722/TRBS 2152 Teil 2 Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre

TRGS 725 Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen im Rahmen von Explosionsschutzmaßnahmen

TRGS 727 Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen

TRGS 800 Brandschutzmaßnahmen

Internet: www.baua.de

Technische Regeln für Arbeitsstätten (ASR)

ASR A1.3 Technische Regeln für Arbeitsstätten – Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung

ASR A2.2 Technische Regeln für Arbeitsstätten – Maßnahmen gegen Brände

ASR A2.3 Technische Regeln für Arbeitsstätten – Fluchtwege und Notausgänge, Flucht- und Rettungsplan

Internet: www.beuth.de

11.4 Publikationen der Deutschen Versicherer zur Schadenverhütung

VdS 0195 Technischer Leitfaden der Feuer- und Feuerbetriebsunterbrechungs-Versicherung – Risiken, Schutzziele, Schutzkonzepte und Schutzmaßnahmen

VdS 2000 Leitfaden für den Brandschutz im Betrieb

VdS 2008 Feuergefährliche Arbeiten – Richtlinien für den Brandschutz

VdS 2009 Brandschutz-Management – Leitfaden für die Verantwortlichen im Betrieb und Unternehmen

VdS 2021 Baustellen – Unverbindlicher Leitfaden für ein umfassendes Schutzkonzept

VdS 2025 Elektrische Leitungsanlagen

VdS 2033 Elektrische Anlagen in feuergefährdeten Betriebstätten und diesen gleichzustellende Risiken – Richtlinien zur Schadenverhütung

VdS 2034 Nichtöffentliche Feuerwehren – Ein Baustein des betrieblichen Gefahrenabwehrmanagements

VdS 2035 Stahltrapezprofiltdächer – Planungshinweise für den Brandschutz

VdS 2036SD Erlaubnisschein für feuergefährliche Arbeiten

VdS 2038 Allgemeine Sicherheitsvorschriften der Feuerversicherer für Fabriken und gewerbliche Anlagen

VdS 2039 Brandverhütungsvorschriften für Fabriken und gewerbliche Anlagen (Aushang DIN A3)

VdS 2046 Sicherheitsvorschriften für elektrische Anlagen bis 1000 Volt

VdS 2047 Sicherheitsvorschriften für feuergefährliche Arbeiten

VdS 2213 Brandschutz-Ausbildung im Betrieb

VdS 2216 Brandschutzmaßnahmen für Dächer – Merkblatt für die Planung und Ausführung

VdS 2234 Brand- und Komplextrennwände – Merkblatt für die Anordnung und Ausführung

VdS 2244 Sandwichelemente als raumabschließende Wand- und Dachbauteile – Brandschutz-Hinweise für die Planung, Ausführung und Instandhaltung

VdS 2389 Schutz vor Sturm

VdS 2515 Abfallverbrennungsanlagen (AVA) – Richtlinien für den Brandschutz

VdS 2557 Planung und Einbau von Löschwasser-Rückhalteeinrichtungen

VdS 2557a Berechnungsblatt Löschwasser-Rückhaltevolumen

VdS 2847-15 Brandschutzbeauftragter – Aufgaben – Qualifikation – Ausbildung – Bestellung – Leitfaden zur Richtlinie mit Praxisbeispielen

VdS 2871 Richtlinien für die Prüfung elektrischer Anlagen – Prüfrichtlinien nach Klausel SK 3602

VdS 3110 Brandschutzbeauftragter – Ergänzende Hinweise zu Verantwortung und Hilfestellung zu Beurteilung von Brandgefahren und Überprüfung von Brandschutzmaßnahmen

VdS 3111 Aufgaben, Qualifikation, Ausbildung und Bestellung von Brandschutzbeauftragten – Unverbindlicher Leitfaden

VdS 3132 Brandschutz in Kraftwerken

VdS 3445 Brandschutz in Entstaubungsanlagen – Merkblatt zur Schadenverhütung

VdS 3447 Merkblatt über die Prüfung elektrischer Anlagen gemäß Klausel 3602

VdS 3518 Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Einsatz von Feuerlöschanlagen mit Löschgasen

VdS 3527 Brandschutzkonzepte und Brandschutz-nachweise – Hinweise und Information zur Planung und Prüfung

Internet: <https://shop.vds.de>

11.5 Publikationen der VdS Schadenverhütung GmbH (VdS)

VdS CEA 4001 Sprinkleranlagen – Planung und Einbau

VdS 2037EF Grafische Symbole für die Erstellung von Feuerwehrplänen (gemäß DIN 14095), Flucht-

und Rettungsplänen (gemäß DIN ISO 23601) und zur Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung von Arbeitsstätten (gemäß ASR A1.3)

VdS 2091 Erhaltung der Betriebsbereitschaft von Wasserlöschanlagen – Merkblatt zur Schadenverhütung

VdS 2093 Feuerlöschanlagen mit Kohlenstoffdioxid – Planung und Einbau

VdS 2095 Automatische Brandmeldeanlagen – Planung und Einbau

VdS 2098 Natürliche Rauch- und Wärmeabzugsanlagen (NRA) – Planung und Einbau

VdS 2106 Funkenerkennungs-, Funkenausscheidungs- und Funkenlöschanlagen – Planung und Einbau

VdS 2108 Schaum-Löschanlagen – Planung und Einbau

VdS 2109 Sprühwasser-Löschanlagen – Planung und Einbau

VdS 2221 Entrauchungsanlagen in Treppenträumen (EAT) – Planung und Einbau

VdS 2350 Schlüsseldepots – Planung, Einbau und Instandhaltung

VdS 2380 Feuerlöschanlagen mit nicht verflüssigten Inertgasen – Planung und Einbau

VdS 2395-1 Halbstationäre Sprühwasser-Löschanlagen – Planung und Einbau

VdS 2381 Feuerlöschanlagen mit halogenierten Kohlenwasserstoffen – Planung und Einbau

VdS 2496 Ansteuerung von Feuerlöschanlagen – Planung und Einbau

VdS 2594 Elektrische Rauch- und Wärmeabzugssysteme – Anforderungen und Prüfmethode

Internet: <https://shop.vds.de>

11.6 Weiterführende Literatur

MLAR Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie –
Muster-Richtlinie über brandschutztechnische An-
forderungen an Leitungsanlagen

M-LüAR Muster-Lüftungsanlagen-Richtlinie –
Muster-Richtlinie über brandschutztechnische
Anforderungen an Lüftungsanlagen

Internet: www.is-ergebnet.de

GESTIS-STAU-EX Gefahrstoffdatenbank des In-
stituts für Arbeitsschutz (IFA) der Deutschen Ge-
setzlichen Unfallversicherung (DGUV)

Internet: <http://staubex.ifa.dguv.de/>

PAAG-Verfahren (HAZOP) K. Bartels, H. Hoffmann,
L. Rossinelli; Internationale Sektion der IVSS für
die Verhütung von Arbeitsunfällen und Berufs-
krankheiten in der chemischen Industrie, 5/1990.

Internet: <http://medienshop.bgrci.de/shop>

HSG176 Storage of flammable liquids in tanks,
Health and Safety Executive

Internet: www.hse.gov.uk

**Lexikon Arbeitsgestaltung: Best Practise im
Arbeitsprozess** Landau, Kurt (Hrsg.); Stuttgart,
Genter, 2007, ISBN 978-3-87247-655-5, S. 55–58

**Guidelines for Fire Protection in Chemical, Petro-
chemical and Hydrocarbon Processing Facilities;**
Center for Chemical Process Safety (CCPS), ISBN:
978-0-816-90898-1

**Safety Guidelines and Good Practices for Fire-
water Retention,** Draft, Bureaux of the Industrial
Accidents and Water Conventions, UNECE

**Empfehlungen für adäquaten Brandschutz in
Produktionsgebäuden der chemischen Industrie;**
Schriftenreihe Sicherheit Heft 15, 2012; Experten-
kommission für Sicherheit in der chemischen In-
dustrie der Schweiz (ESCIS)

Anhänge

A1 Anlagensicherheitsmanagement

Betriebe der chemischen Industrie arbeiten regelmäßig mit großen Mengen an gefährlichen Stoffen (z. B. sehr reaktiv, brennbar, giftig, thermisch instabil, ätzend), teilweise auch unter hohem Druck und hoher Temperatur. Chemische Anlagen weisen daher häufig ein latentes Schadenpotenzial auf.

Daher ist es von großer Bedeutung, dass zusätzlich zu den umfangreichen Maßnahmen der Anlagensicherheit zur weitgehenden Vermeidung von möglichen Schadenereignissen infolge menschlichen Versagens auch ein Sicherheitsmanagementsystem eingerichtet wird. Dieses sollte folgende Punkte umfassen:

Prozess Gefahren Analyse (Process Hazard Analysis – PHA)

Für jeden Prozess ist bereits in der Planungsphase eine systematische Gefahrenanalyse durchzuführen. Bewährte Verfahren sind die PAAG-Methode oder das HAZOP-Verfahren. Diese Sicherheitsbetrachtungen sind in regelmäßigen Abständen (typischerweise alle fünf Jahre) zu wiederholen. Es hat sich mittlerweile als Standard auch der sogenannte Clean-sheet-review etabliert, bei dem jede zweite Überprüfung vollkommen neu begonnen wird, d. h. ohne auf die bisherigen Analysen aufzubauen.

Arbeitserlaubnisverfahren (Permit to Work – PTW)

Für jede Arbeit an einer Anlage muss eine schriftliche Arbeitsfreigabe erteilt werden. Hierbei ist allen Besonderheiten und potenziellen Gefahren Rechnung zu tragen. Die notwendigen Sicherheitsmaßnahmen sind schriftlich festzuhalten und deren Umsetzung vor Beginn der Arbeiten zu protokollieren. In einer Betriebsanweisung ist festzuhalten, wie die Verantwortlichkeiten verteilt sind und wer welche Freigaben erteilen darf. Eine Anlage darf erst dann wieder in Betrieb genommen werden, wenn alle notwendigen Arbeiten und Sicherheitsmaßnahmen abgeschlossen und im Rahmen eines Vier-Augen-Prinzips schriftlich bestätigt wurden. Neben einem generellen Freigabeschein für allgemeine Arbeiten sollten spezielle Freigabescheine für Arbeiten mit besonderen Gefahren, z. B. Heißenarbeiten, Besteigen von engen Räumen und Arbeiten in großer Höhe, verwendet werden. Das Freigabeverfahren ist sowohl auf eigene Mitarbeiter als auch auf Mitarbeiter von Fremdfirmen anzuwenden.

Änderungsmanagement (Management of Change – MOC)

Chemische Reaktionen benötigen normalerweise hohe Temperaturen (endotherme Reaktionen) oder sind mit der Freisetzung von großen Energiemengen (exotherme Reaktionen) verbunden. Teilweise kommen auch Stoffe zum Einsatz, die sehr reaktiv sind, mit vielen anderen Stoffen sehr heftig reagieren oder (thermisch) instabil sind. Somit können bereits kleine Änderungen an einem bekannten und bisher sicheren Prozess zu folgenschweren Veränderungen im Reaktionsverhalten führen.

Es ist daher essenziell, dass die möglichen Folgen einer jeden Prozessänderung gründlich im Vorfeld untersucht werden. Darüber hinaus ist die regelmäßige Schulung der Mitarbeiter über die Gefahren und Besonderheiten der Reaktionen und der verwendeten Stoffe von besonderer Wichtigkeit.

Die Schadenerfahrung zeigt, dass bereits kleine Änderungen an einem Prozess drastische Konsequenzen haben können. Darum ist es essenziell, dass vor einer jeden Änderung detailliert geprüft wird, welche Auswirkungen auf die Prozesssicherheit daraus resultieren können. Sofern notwendig, ist hier auch eine Gefahrenanalyse nach HAZOP oder PAAG durchzuführen. Der gesamte Management-of-Change-Prozess ist systematisch anhand einer Betriebsanweisung durchzuführen und zu dokumentieren. Dieser Prozess erfolgt üblicherweise in einem Team aus Betriebsingenieur, Sicherheitsingenieur, Schichtführer und MSR-Technikern. Ein MOC-Prozess muss auch bei temporären Änderungen durchgeführt werden.

Ordnung und Sauberkeit (Housekeeping)

Ordnung und Sauberkeit haben aufgrund der Brennbarkeit der meisten (organischen) Stoffe einen hohen Stellenwert. Hohe Brandlasten in Form von Verunreinigungen infolge von Undichtigkeiten können zu einer schnellen Brandausbreitung oder sogar (bei brennbaren Stäuben) zu Folgeexplosionen führen. Dort wo verfahrensbedingt mit der Freisetzung von brennbaren Stoffen zu rechnen ist, sind entsprechende Reinigungsintervalle einzuhalten. Ebenso sind Abfälle in regelmäßigen Abständen aus Produktionsbereichen zu entfernen und an dafür geeigneten Stellen bis zur weiteren Verwertung zu lagern.

Betriebsanweisung (Standard Operating Procedures – SOPs/ Emergency Operating Procedures – EOPs)

Für sämtliche Arbeiten und Notfallsituationen (z. B. Energieausfall) sind vor Inbetriebnahme der Anlage schriftliche Betriebsanweisungen zu erstellen. Diese sind allen relevanten Arbeitern zur Verfügung zu stellen und sofern notwendig im Rahmen des MOC-Prozesses zu aktualisieren.

Prozess beim Überbrücken von sicherheitsrelevanten Anlagen und Einrichtungen (Trip Bypass Management)

Wenn eine sicherheitsrelevante Einrichtung außer Betrieb genommen wird oder ausfällt, zum Beispiel ein Druck-Sensor am Reaktor, fehlt ein wichtiger Baustein im Anlagensicherheitsmanagement. Es ist eine schriftliche Anweisung zu erstellen, wie zu verfahren ist (Dokumentation der Überbrückung, der Ersatzmaßnahme und das Akzept des Managements).

Mitarbeiterschulung (Operator Training)

Für alle Mitarbeiter sind schriftliche Schulungsprogramme zu erstellen. Diese sollten neben allgemeinen Themen alle für die jeweilige Aufgaben notwendigen Aspekte beinhalten. Die einzelnen Schulungsschritte sind zu dokumentieren.

Instandhaltung (Mechanical Integrity)

Aufgrund der möglichen Stoffgefahren bei vielen Chemikalien hat die mechanische Integrität von Prozessanlagen einen hohen Stellenwert. Dem ist bereits bei der Planung durch die Verwendung geeigneter Materialien für Behälter, Rohrleitungen, Armaturen und Dichtungsmaterialien Rechnung zu tragen. Im Rahmen des Betriebes ist durch geeignete Wartungs- und Instandhaltungskonzepte die dauerhafte Integrität der Anlage zu gewährleisten. Hierzu gehören die regelmäßige (optische) Kontrolle emaillierter Anlagenteile, Rohrdickenmessungen und die Kontrolle auf korrosive Veränderungen (auch unter Isolierungen). Durch entsprechende Management-Programme ist sicherzustellen, dass bei Reparaturen ebenfalls nur die geeigneten Materialien verbaut werden.

Kontrolle der Partnerfirmen (Contractor Management)

Bereits im Rahmen einer Ausschreibung ist darauf zu achten, dass nur ausreichend qualifizierte Dienstleister beauftragt werden. Alle an den Arbeiten beteiligten Mitarbeiter sind im Vorfeld über die spezifischen Gefahren zu unterrichten. Eine alleinige Schulung des Vorarbeiters ist normalerweise nicht ausreichend. Eine Aufnahme von Arbeiten ohne schriftliche Arbeitsfreigabe ist nicht zulässig. Mitarbeiter von Partnerfirmen haben sich täglich an der Leitwarte anzumelden. Die Kontrolle und Koordination der Arbeiten kann durch Betriebspersonal, durch Mitarbeiter der Instandhaltung oder einen Sicherheits- und Gesundheitsschutzkoordinator (SiGeKo) erfolgen.

Notfallplanung (Emergency Planning)

Für alle Anlagen ist ein Notfallplan zu erstellen. Dieser sollte neben Stofffreisetzungen, Brand und Explosion auch relevante Naturgefahren berücksichtigen. In diesem Notfallplan sind neben reinen Verantwortlichkeiten auch die wichtigsten Sofortmaßnahmen zu beschreiben. Die Dokumentation erfolgt üblicherweise im Rahmen eines (betrieblichen) Alarm- und Gefahrenabwehrplans (AGAP).

Auditierung (Self Inspection)

Die Einhaltung der betrieblichen Prozesse gemäß den Vorgaben der jeweiligen Betriebsanweisungen sollte durch regelmäßige interne Audits erfolgen. Dies kann durch standorteigene Mitarbeiter oder auch durch Mitarbeiter von Schwesterbetrieben erfolgen. Etwaige Abweichungen sind zu dokumentieren und deren Behebung verbindlich nachzuhalten.

Analyse von Schäden und Beinahe-Schäden (Incident Database/Incident Investigation)

Sämtliche Ereignisse einschließlich Beinahe-Schäden (Near-miss) sollten in einer Datenbank festgehalten und ausgewertet werden. Damit können systematische Schwachstellen einfacher erkannt und behoben werden. Gegebenenfalls können so im Rahmen eines „Lernen aus Fehlern“ (Lessons-learned) Ansatzes auch vergleichbare Anlagen bzw. Betriebe davon profitieren. Gleichzeitig kann im Rahmen dieses Konzepts auch eine positive Fehlerkultur im Unternehmen etabliert werden.

A2 Baulicher Brandschutz

Bei der Konzeption chemischer Anlagen liegt das Hauptaugenmerk bei der Anlagensicherheit. Zu chemischen Anlagen gehören auch Gebäude, Einhausungen oder statisch erforderliche Gerüste. Diese können einen Brandverlauf maßgeblich beeinträchtigen.

Im Folgenden werden Elemente des baulichen Brandschutzes beschrieben. Diese können sich sowohl aus öffentlich-rechtlichen Vorschriften als auch aus Interessen hinsichtlich der Schadenminderung bzw. Aufrechterhaltung der Produktion ergeben.

Reduzierung von brennbaren Baustoffen

Baustoffe können eine Brandausbreitung in Gebäuden begrenzen oder begünstigen. Greift ein Entstehungsbrand z. B. auf ein brennbares Bauteil über, kann der Brand über weite Strecken transportiert werden. Dieser Effekt ist vor allem bei Wandoberflächen einschl. Fassaden, Dämmungen, Decken sowie bei Medienleitungen und Installationsmaterial zu beobachten.

Das Brandverhalten von Baustoffen bzw. die Vermeidung brennbarer Baustoffe spielen daher für das Brandschutzkonzept eine bedeutende Rolle.

Baustoffe werden in folgende Baustoffklassen eingeteilt:

- nichtbrennbar,
- schwer entflammbar und
- normal entflammbar.

Baustoffe ohne nachgewiesene Baustoffklassen gelten als leicht entflammbar und dürfen, entsprechend den Vorgaben der Landesbauordnungen, grundsätzlich nicht verwendet werden.

Im Rahmen einer Brandschutzkonzeption ist zu berücksichtigen, dass alle brennbaren Baustoffe Brände weiterleiten können. Das gilt ausdrücklich auch für solche, die schwer entflammbar sind. Gerade beim Vorhandensein von Stützfeuern können sich nicht nur normal entflammbare, sondern auch schwer entflammbare Baustoffe am Brandgeschehen beteiligen, wobei dann oft mit einer überdurchschnittlichen Rauchentwicklung zu rechnen ist. Aus diesem Grund sollten im Bereich von chemischen Anlagen ausschließlich nichtbrennbare Baustoffe zum Einsatz kommen.

Lassen sich technisch bedingt (z. B. bei bestimmten Medienleitungen) brennbare Baustoffe nicht

vermeiden, sollten diese schwer entflammbar ausgebildet werden. In diesem Fall ist konzeptionell darauf zu achten, dass im Umfeld möglichst potenzielle Zündquellen vermieden werden. Außerdem sollten die Baustoffe einen Nachweis für „nicht brennendes Abtropfen“ besitzen.

Einsatz feuerwiderstandsfähiger Bauteile

Die Ausführung von Bauteilen mit einem Feuerwiderstand sorgt im Brandfall dafür, dass die statische Funktion der Konstruktion auch unter Hitze einwirkung erhalten bleibt. Anforderungen können sich aus den Bauordnungen der Länder oder aus Gefährdungsbeurteilungen, z. B. im Rahmen der Störfallverordnung, ergeben.

Feuerwiderstandsfähige Ausführungen von Bauteilen sind in folgenden Klassen möglich:

- feuerhemmend;
- hochfeuerhemmend;
- feuerbeständig;
- oder auch höher.

Feuerwiderstandsfähige Bauteile können z. B. erforderlich sein:

- zur Unterstützung feuerwiderstandsfähiger Decken und Bauteile von Rettungswegen;
- zur Aussteifung von raumabschließenden, feuerwiderstandsfähigen Bauteilen;
- zur Verhinderung eines schnellen Kollapses von Hallen- und Dachkonstruktionen;
- zum Schutz von Prozessgerüsten bzw. Standzargen bei möglicher Unterfeuerung.

Die jeweils erforderliche Klassifizierung ergibt sich aus dem entsprechenden Brandschutzkonzept.

Die Erhöhung des Feuerwiderstands von Bauteilen ist möglich, z. B. durch:

- statische (Über-)Dimensionierung;
- entsprechend bemessener Überdeckungen von Bewehrungen (z. B. beim Betonbau);
- Brandschutzbeschichtungen sowie
- Brandschutzverkleidungen.

Treten im Betrieb ätzende Dämpfe auf, so sind bei der Auswahl des Systems die entsprechenden Auswirkungen auf das System und die geschützten Bauteile zu berücksichtigen. Zu beachten ist, dass unter Schutzbeschichtungen Korrosion auftreten kann.

Der Schutz gegen Wärmeeintrag kann auch durch Kühlung der Bauteile erfolgen.

Abschottungsprinzip

Bauliche Trennungen gehören, neben Abständen, zu den wichtigsten Maßnahmen des baulichen Brandschutzes. Mithilfe von feuerwiderstandsfähigen abschottenden Wänden und Decken kann die Brandausbreitung von einem Abschnitt auf den anderen verhindert werden.

Abschottende Bauteile sind wichtige und unverzichtbare Maßnahmen der Schadenbegrenzung.

Gerade in der chemischen Industrie ist es von großer Bedeutung, entsprechende Abschottungen vorzusehen.

Abhängig vom jeweiligen Brandschutzkonzept werden hierbei nachfolgende Abschottungsmaßnahmen unterschieden:

Brandwände

Das Rückrat des baulichen Abschottungsprinzips bilden die Brandabschnitte. Diese werden durch Brandwände gebildet.

Brandwände sind eine wesentliche Basis des Bauordnungsrechts. Die Muster-Bauordnung gibt für Gebäude Brandwände vor, um diese in Abschnitte von max. 40 m Länge zu unterteilen. Anders die Muster-Industriebaurichtlinie: Diese gibt,

- abhängig von der vorhandenen brandschutztechnischen Infrastruktur,
- dem Feuerwiderstand der Tragkonstruktion und
- der Geschossigkeit,

maximal zulässige Brandabschnittsflächen vor. Diese bewegen sich zwischen 1.800 m² und 10.000 m².

Darüber hinaus sind größere Brandabschnittsflächen möglich, wenn ein Nachweis über brandlastbasierte Berechnungsmethoden geführt wird. Dies ist in der chemischen Industrie eher unüblich.

Eine andere Betrachtungsweise ist die Ableitung der Brandabschnitte auf Basis der Produktionssicherheit: Werden z. B. redundante Produktionsabläufe brandschutztechnisch gegeneinander abgeschottet, kann im Schadenfall davon ausgegangen werden, dass in den unbeschädigten Brandabschnitten die Produktion weitergeführt werden kann.

Brandwände müssen feuerbeständig, nichtbrennbar und statisch gegen einen normativ geregelten Anprall widerstandsfähig sein. Deshalb weisen Brandwände regelmäßig eine deutlich größere Wandstärke auf als feuerbeständige Wände (s. Tabelle A2-1).

Vorgaben zu baulichen Ausführungen finden sich z. B. in den Nationalen Anhängen der DIN EN 1991 ff. und in der DIN 4102, Blatt 3. Beispielhaft werden folgende Ausführungen wiedergegeben:

Wände aus Normalbeton			
Bemessung der Wand nach DIN EN 1992-1-2 auf REI 90 (tragend) bzw. EI 90 (nichttragend).			
Wände aus Normalbeton	Mindestwanddicke [mm] zur Einstufung in die Feuerwiderstandsklassen REI-M und EI-M	Mindest-Achsabstand [mm] der Bewehrung (Betonüberdeckung)	Fundstelle
unbewehrte Wand	200	25	DIN EN 1992-1-2 Abschnitt 5.4.3
bewehrte, tragende Wand	140	25	
bewehrte, nichttragende Wand	120*	25	
* Abhängig vom Ausnutzungsfaktor kann sich der Wert bei der Bemessung des Feuerwiderstands erhöhen.			
Wände aus Ziegel-Mauerwerk			
Ziegel* , Lochung Mz, Hlz A, HLz B, HLzT1 der Rohdichteklasse	Mindestwanddicke [mm] zur Einstufung in die Feuerwiderstandsklassen REI-M und EI-M		Fundstelle
	1-schalige Ausführung	2-schalige Ausführung	
≥ 1,4	240	2 x 175	DIN EN 1996-1-2/NA Tab. NA.B.1.5
≥ 1,2	300 ^a (175)	2 x 200 (2 x 150)	
≥ 0,8	365 ^b (240) ^b	2 x 240 (2 x 175)	
() Gilt für Wände mit beidseitigem Putz nach 4.2 (1) DIN EN 1996-1-2			
^a 240 mm bei Ausnutzungsfaktor $\alpha_{b,fi} \leq 0,42$			
^b auch bei Verwendung von Leichtmauermörtel mit $\alpha_{b,fi} \leq 0,42$			
* Die Tabelle gilt für Voll- und Hochlochziegel nach DIN EN 771-1 in Verbindung mit DIN V 20000-401 (mittlerweile ersetzt durch DIN 20000-401) und DIN EN 1996-1-1/NA, Anhang M, bzw. DIN 105-100 unter Verwendung von Normalmauermörtel, Ausnutzungsfaktor $\alpha_{b,fi} \leq 0,70$			

Tabelle A2-1: Bauliche Ausführung von Brandwänden

Neben der konstruktiven Ausbildung der Wand ist jedoch zu beachten, dass Brandwände nur dann wirksam sein können, wenn sie keine Schwachpunkte aufweisen.

Brandwände können überlaufen werden, wenn sie nicht über Dach geführt sind. Deshalb ist in der Industriebaurichtlinie eine mind. 50 cm Über-Dach-Führung von Brandwänden bauordnungsrechtlich vorgeschrieben. Auch außerhalb vom Geltungsbereich der Richtlinie sollte diese Ausführung angestrebt werden. Bei Anlagen mit höheren Brandlasten (z. B. Lager für brennbare Flüssigkeiten) können auch höhere Über-Dach-Führungen angebracht sein.

Brandwände dürfen nicht durch brennbare Baustoffe überbrückt werden. Sie ziehen sich möglichst ohne Versatz durch alle Geschosse eines Gebäudes. Weitere Anschlussdetails, wie Fassadenanschluss sowie Schutz von einspringenden Winkeln von Brandwänden, siehe VdS 2234.

Brandbekämpfungsabschnittstrennwände

Eine Besonderheit der in den meisten Bundesländern bauaufsichtlich eingeführten Industriebaurichtlinie sind Trennwände zur Begrenzung von Brandbekämpfungsabschnitten. Diese bilden, ggf. zusammen mit feuerbeständigen Decken, Brandbekämpfungsabschnitte. Während die bauliche Ausführung von Brandbekämpfungsabschnittstrennwänden mittlerweile der von Brandwänden entspricht, kann der Feuerwiderstand von Öffnungsverschlüssen, abhängig von Begrenzungen der Brandbelastungen, abgemindert werden. Hierzu ist jedoch eine Konzeption auf Basis der rechnerischen Methode nach Muster-Industriebaurichtlinie in Verbindung mit DIN 18230 erforderlich. Dies setzt eine in der Baugenehmigung fixierte Maximalbrandlast voraus.

Feuerbeständig abgetrennte Räume

Die feuerbeständige Abtrennung von einzelnen Räumen kann aus zwei völlig unterschiedlichen Gründen erforderlich sein:

- Schutz des Raumes bzw. des Inhalts vor umliegenden Brandgefahren (z. B. Mess- und Schalträume, sonstige sensible Bereiche, Räume mit hochwertigen Analysegeräten);
- Schutz der umliegenden Bereiche vor Räumen mit erhöhter Brandgefahr (z. B. Kabelkeller, Technikräume, Lagerräume für brennbare Stoffe oder brennbare Installationsstränge).

Im Einzelfall können auch beide Schutzziele vorliegen.

Hinweis:

Auch zur Reduzierung von Schutzstreifen, im Sinne der Technischen Regeln für Gefahrstoffe, können feuerbeständige Wände erforderlich sein, z. B. wenn sich Schutzstreifen auf andere Anlagen erstrecken.

Decken und andere horizontale Bauteile

Decken sind brandschutztechnisch horizontale Abtrennungen. Diese müssen grundsätzlich geschlossen sein und in ihrer tragenden und raumabschließenden Funktion mit einem Feuerwiderstand bemessen sein. Hierbei kommen, abhängig vom Brandschutzkonzept, die Feuerwiderstandsklassen

- feuerhemmend,
- hochfeuerhemmend,
- feuerbeständig oder
- höher

infrage.

Decken dürfen ausschließlich durch Treppenträume durchbrochen werden. Ansonsten sind Durchdringungen, z. B. mit Medien, nur mit Schottsystemen möglich.

Auch Apparate dürfen grundsätzlich nicht durch Decken geführt werden. Bei feuerwiderstandsfähigen Bühnen, durch die – mit Ringspalt – Apparate hindurchgeführt werden, handelt es sich nicht um Decken, sondern um Ebenen. Diese sind in der Industriebaurichtlinie beschrieben und können ebenfalls Bestandteil eines Brandschutzkonzepts sein.

Eine weitere Variante horizontaler Bauteile stellen Einbauten dar. Diese weisen keine brandschutztechnische Abschottungswirkung auf.

Öffnungen in raumabschließenden Bauteilen

Türen und Tore müssen entsprechend des betroffenen Bauteils mit einem Feuerwiderstand und Selbstschließung ausgerüstet werden. Für manche Öffnungsverschlüsse feuerwiderstandsfähiger Wände (nicht bei Brandwänden!) sieht das Bauordnungsrecht eine Reduzierung des Feuerwiderstands vor. Ob dies bei chemischen Anlagen gerechtfertigt ist, muss sich aus dem Brandschutzkonzept erschließen.

Mediendurchführungen durch Bauteile mit erforderlichem Feuerwiderstand müssen entsprechend der Leitungsanlagenrichtlinie (siehe VdS 2025)

bzw. bei Lüftungsanlagen entsprechend der Lüftungsanlagenrichtlinie ausgeführt werden. In diesem Zusammenhang sind oftmals Schottsysteme mit bauaufsichtlichem Verwendbarkeitsnachweis erforderlich.

Zu beachten ist, dass an den Bauteilen keine wesentlichen Veränderungen vorgenommen werden dürfen.

Außerdem können manche Schottsysteme durch ätzende Dämpfe oder Flüssigkeiten beschädigt werden. Dies ist bereits bei der Auswahl des Systems zu berücksichtigen.

Vermeidung einer Rauchausbreitung, Rauchabführung

Auch die Behinderung der Rauchausbreitung gehört zur Konzeption des baulichen Brandschutzes. Hier liegen hauptsächlich drei Schutzziele im Fokus:

- Verhinderung einer Rauchverschleppung zur Verhinderung von Sachschäden;
- Vermischung der Rauchsicht unterhalb des Daches mit Frischluft und Rauchabführung zur Vermeidung einer Rauchgasdurchzündung;
- Schaffung einer raucharmen Schicht zur Ermöglichung wirksamer Löscharbeiten.

Technische Möglichkeiten zur Realisierung dieser Schutzziele sind:

Schaffung zusätzlicher dichter Wände und Decken;

- Einbau von Rauchschürzen im Zusammenwirken von Rauch- und Wärmeabzugsanlagen;
- Einbau von natürlichen Rauchabzügen, z. B. nach Industriebaurichtlinie oder VdS 2098;
- Einbau von mechanischen Rauchabzugsanlagen (nach ingenieurmäßiger Bemessung).

Anlagen, die den Rauch abführen, sind auch geeignete Zuluftöffnungen zuzuordnen.

Auch im Bereich von Rettungswegen können Rauchabzugsanlagen oder Öffnungen zur Rauchableitung erforderlich sein.

Funktionserhalt

Zur Aufrechterhaltung sicherheitsrelevanter Anlagen und Steuerungen ist die Funktion hierfür notwendiger Energie- und Signalübertragungen auch im Brandfall sicherzustellen.

Zum Schutz von Leitungen existieren grundsätzlich zwei Ansätze:

- redundante Ausführung der Kabeltrassen;
- klassifizierte Funktionserhaltungskabel oder feuerbeständig ertüchtigte Kabelkanäle.

Eine Redundanz der Kabeltrassen setzt jedoch voraus, dass die Zerstörung einer Trasse keine Auswirkung auf die alternative Übertragung hat und ein angenommenes Ereignis nicht beide Trassen beeinträchtigt.

Bei der Befestigung von funktionserhaltenden Kabeln an Tragwerken ohne qualifizierten Feuerwiderstand ist eine bauordnungsrechtliche Abweichung erforderlich.

Bedachung

Mit wenigen Ausnahmen (im Bereich des Wohnungsbaus) müssen Bedachungen nachweislich einen Widerstand gegen Flugfeuer und strahlende Wärme (harte Bedachung) aufweisen.

Darüber hinaus sollten in chemischen Betrieben möglichst nichtbrennbare Dämmmaterialien zum Einsatz kommen.

Zu Dächern siehe auch VdS 2216.

Abstände

Neben dem baulichen Abschottungsprinzip sind Abstände ein wichtiges Mittel zur Verhinderung einer großflächigen Brandausbreitung. Innerhalb eines Brandschutzkonzepts können Abstände zwischen Gebäude bzw. Anlage

- auf Basis der Landesbauordnungen,
- der Störfallanalyse,
- zur Abgrenzung explosionsgefährdeter Bereiche,
- aufgrund der Technischen Regeln für Gefahrstoffe oder
- wegen betrieblicher sicherheitstechnischer Interessen

erforderlich sein.

Gesicherte Rettungswege

Für Gebäude und Anlagen müssen von allen Stellen, an denen sich Personen aufhalten können, Rettungswege nachgewiesen werden. Ständige Aufenthaltsräume und Arbeitsplätze müssen zwei voneinander unabhängige Rettungswege aufweisen.

Rettungswege sind sowohl im Bauordnungsrecht als auch im Arbeitsstättenrecht geregelt. Diese sind in der Regel auch die gesicherten Angriffswege der Feuerwehr.

Zunächst müssen Rettungswege baulich ausgebildet werden. Hinsichtlich eines Rettungswegkonzepts wird unterschieden zwischen

- horizontalen Rettungswege („notwendige“ Flure oder anderweitig geschützte Gänge bzw. Stege) und
- vertikalen Rettungswegen (durch Treppenräume oder anderweitig geschützte „notwendige“ Treppen).

In bestimmten Einzelfällen kann der zweite Rettungsweg über Leitern der Feuerwehr oder Notleiteranlagen sichergestellt werden.

Brandschutzkonzept/Brandschutznachweis

Bei Neubaumaßnahmen oder wesentlichen Änderungen an Gebäuden oder Anlagen müssen Brandschutzmaßnahmen, einschl. der Festlegung von Rettungswegen, neu konzipiert werden.

Die entsprechenden schriftlichen Ausarbeitungen bzw. Planeintragungen werden Brandschutzkonzept genannt.

Achtung: In der Praxis wird der Begriff Brandschutzkonzept für verschiedene Vorgänge verwendet.

- Allumfassendes Konzept: Dieses enthält alle brandschutztechnischen Maßnahmen, einschließlich der Anlagensicherheit.
- Brandschutzkonzepte für bestimmte Zwecke: Als Ausschnitt aus dem allumfassenden Brandschutzkonzept werden spezielle Brandschutzkonzepte (z. B. zum Zwecke der Baugenehmigung auf Basis der Industriebaurichtlinie) erstellt.

Ausarbeitungen, die einen reinen Abgleich zum Bauordnungsrecht beinhalten, werden in den meisten Bundesländern „Brandschutznachweis“ genannt. Siehe hierzu auch VdS 3547.

Brandschutzkonzepte enthalten eine Zusammenstellung von Brandschutzmaßnahmen. Gute Brandschutzkonzepte zeichnen sich dadurch aus, dass einzelne Brandschutzmaßnahmen nicht einfach addiert, sondern aufeinander abgestimmt werden.

Brandschutzkonzepte dürfen im Rahmen der Industriebaurichtlinie nur dann auf Basis von Berechnungen oder Simulationen erfolgen, wenn die Brandbelastung nach Größe und Anordnung festlegbar ist. Der Betreiber ist dafür verantwortlich, dass die im bauaufsichtlich genehmigten Brandschutzkonzept höchstzulässige bewertete Brandbelastung nicht überschritten wird.

Industriebauten, deren Brandschutzkonzept auf der Grundlage von Brandlasten ermittelt wurde – insbesondere solche mit Tragwerken ohne klassifiziertem Feuerwiderstand –, müssen nach Industriebaurichtlinie statisch konstruktiv so errichtet werden, dass bei Versagen von Bauteilen bei lokal begrenzten Bränden nicht ein plötzlicher Einsturz des Haupttragwerkes außerhalb des betroffenen Brandbereichs durch z. B. Bildung einer kinematischen Kette angenommen werden muss.

Bauprodukte

Neben den nationalen Anforderungen, die den Sicherheitsstandard regeln, existiert auf europäischer Ebene die Bauproduktenverordnung, die das Inverkehrbringen von Bauprodukten regelt. Hiernach werden Bauprodukte, die „Leistungen“ aufweisen, entsprechend gekennzeichnet und deren Einbau detailliert beschrieben. Auch Feuerwiderstandsklassen oder Baustoffklassen sind Leistungen.

Abhängig vom Produkt können derzeit Leistungen mit

- ausschließlich nationalen,
- ausschließlich europäischen oder
- wahlweise nationalen oder europäischen

Klassifizierungen versehen sein.

Deshalb müssen zunächst neutrale Bezeichnungen des Anforderungsprofils, wie sie mittlerweile auch die meisten bauordnungsrechtlichen Vorgaben der Länder enthalten (z. B. schwer entflammbar oder feuerhemmend), in die normativen (europäischen und nationalen) Klassifizierungen übertragen werden.

Dies erfolgt mithilfe der DIN EN 13501 – Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalte – Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten.

Beispiele für die Zuordnung:

- nichtbrennbare Baustoffe
 - nach DIN 4102: mind. A2
 - nach DIN EN 13501: mind. A2-s1, d0
- raumabschließendes, feuerbeständiges Standardbauteil
 - nach DIN 4102: F90-AB
 - nach DIN EN 13501: EI90; zusätzlicher Nachweis für die „wesentlichen Teile“: mind. A2-s1, d0

- feuerbeständige, dicht- und selbstschließende Brandschutztüren:
 - nach DIN 4102: T90
 - nach DIN EN 13501: EI₂90-SaC5

Über die beschriebenen Feuerwiderstandsklassen hinaus, die unter Berücksichtigung der Einheitstemperaturzeitkurve Feuerwiderstandsklassen von 30 Minuten (feuerhemmend), 60 Minuten (hochfeuerhemmend) oder 90 Minuten (feuerbeständig) beinhalten, sind nach Norm auch Klassen bis 180 Minuten möglich. Gerade im Bereich der chemischen Industrie können punktuell solche hohen Feuerwiderstandsklassen erforderlich werden, z. B. dann, wenn mit einer langen Branddauer bis zu einem potenziellen Löscherfolg gerechnet werden muss.

Beim Einbau an der Baustelle sind die Leistungen der Bauprodukte nachzuweisen. Auf nationaler Ebene geschieht dies durch Übereinstimmung mit:

- einer entsprechende Produktnorm (z. B. DIN 4102-4 oder DIN 18095) – geregeltes Bauprodukt,
- einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung,
- einem allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis oder
- einer Zustimmung im Einzelfall (durch die oberste Baubehörde des betroffenen Bundeslandes).

Auf europäischer Ebene können die Leistungen durch

- eine europäische, technische Bewertung oder
- eine europäisch harmonisierte Produktnorm,

jeweils mit Leistungserklärung des Herstellers, erbracht werden.

A3 Technischer Brandschutz

A3.1 Brandmeldeanlagen

Branderkennungs- und Brandmeldeanlagen sind nach den anerkannten Regeln der Technik zu planen, zu errichten und zu betreiben, z. B. Richtlinien VdS 2095, VdS 2350, DIN 14675 und VDE 0833-2.

Neben der technischen Ausführung sind auch organisatorische Belange zur Ermöglichung einer Erkundung (z. B. Feuerwehrlaufkarten, Schlüsseldepot, Ereignisdokumentation) zu berücksichtigen. In der Regel werden diese Aspekte mit der örtlichen Feuerwehr abgestimmt.

Branderkennung

Folgende Möglichkeiten zur Branderkennung sind in chemischen Anlagen anwendbar:

A – Detektionsgröße Temperatur

Maximaltemperaturmelder reagieren bei Erreichen einer voreingestellten Temperatur. Im Hinblick auf eine risikogerechte Brandfrüherkennung ist die Wirksamkeit von Thermoelementen unter ungünstigen Bedingungen als eingeschränkt zu beurteilen, da die Wärme, je nach Positionierung des Melders, nur verzögert erkannt wird.

Wärmedifferentialmelder reagieren auf einen Temperaturanstieg innerhalb einer Zeitspanne. Sie werden dort eingesetzt, wo mit einem schnellen Temperaturanstieg zu rechnen ist oder wo hohe Schwankungen in der Betriebstemperatur auftreten. Langsam anlaufende Brände werden nicht erkannt, sodass grundsätzlich ein Maximaltemperaturmelder integriert werden muss.

Lineare Wärmemelder sind Sensorkabelmelder, die Temperaturerhöhungen detektieren. Sie können aus elektrischen Kabeln, aus Glasfaserleitungen oder aus luftgefüllten Rohren oder Kunststoffschläuchen bestehen.

Sprinklerkopf: Eine geschlossene Düse, die bei einer definierten Temperatur öffnet (Schmelzlot, Glaskörper) und die zugehörige Löschanlage (Sprühwasserlöschanlage, Sprinkleranlage) aktiviert.

B – Detektionsgröße Rauch/Rauchgase

Rauchmelder (punktförmige Rauchmelder) verwenden verschiedene physikalische Effekte zur Erkennung von Brandrauch. Die gängigsten Rauchmelder sind optische Rauchmelder. Diese arbeiten nach dem Streulichtverfahren, mit dem Rauchpartikel detektiert werden können.

Lichtstrahlrauchmelder (linienförmige optische Rauchmelder) arbeiten nach dem Durchlichtprinzip. Sie bestehen aus einer Sender-/Empfängereinheit und ggf. einem Reflektor.

Rauch-Ansaug-Systeme (RAS): Ansaugrauchmelder führen sich den Rauch über ein Rohrsystem selbst zu. Das Rohrsystem ist mit einer oder mehreren Eintrittsöffnungen versehen. Aus dem Überwachungsbereich werden somit ständig Luftproben angesaugt. Die angesaugte Luft wird auf Rauch, ggf. auch auf Wärme, überwacht.

Gassensormelder basieren auf der Detektion eines oder mehrerer Brandgase. Dazu gehören Kohlenmonoxid, diverse Kohlenwasserstoffe, Wasserstoff sowie Stickoxide. Durch Auswertung der Kombination können stoffspezifische Schwelbrände schon sehr frühzeitig detektiert werden. Diese Gassensormelder sind zu unterscheiden von Gassensoren zur Leckageerkennung (s. Anhang A3.3).

C – Detektionsgröße Strahlung (Wärme, Licht)

Flammenmelder eignen sich besonders zur Anwendung in Bereichen, in denen bei Beginn eines Brandes sofort mit offener Flamme zu rechnen ist, z. B. Lager für brennbare Flüssigkeiten. Flammenmelder reagieren auf einen oder mehrere Wellenlängenbereiche. Für Wasserstoff-, Methanol- und Ethanolbrände sind Flammenmelder nur eingeschränkt einsetzbar.

Thermografie ist ein bildgebendes Verfahren, das Infrarotstrahlung erkennt. Mit Hilfe der Thermografie lassen sich Temperaturen flächenförmig erfassen und darstellen. Die Thermografen bestehen aus einer Infrarot-Kamera und aus einer Signalauswerteeinheit. Sie weisen eine schnelle Ansprechgeschwindigkeit auf. Unterschieden werden manuelle und stationäre Systeme:

- manuell, z. B. Handkamera;
- stationär, z. B. Hot-Spot-IR-Melder.

D – Besondere Aspekte

Mehrkriterienmelder sind Melder, die mit mehreren Sensoren oder Sensorprinzipien arbeiten. Sie können z. B. die Erkennungssysteme eines optischen Rauchmelders und eines Wärmemelders vereinen und auswerten. Sie weisen eine höhere Täuschungs- und Fehlalarmsicherheit auf.

Zweimelder-Abhängigkeit: Zur Vermeidung von Falschalarmen können Melder in Zwei-Melder-Abhängigkeit geschaltet werden. Das Signal des ersten Brandmelders führt dabei zunächst zu einer Meldung innerhalb des Systems. Erst beim Ansprechen eines zweiten Melders erfolgt die Alarmierung. Diese erhöhte Sicherheit vor Täuschungsalarmen kann auch durch eine Zweiliniens-Abhängigkeit realisiert werden. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass ggf. die Detektion verzögert werden kann, da die Brandkenngroße zu zwei in der Regel räumlich getrennten Meldern gelangen muss.

Handfeuermelder sind manuell auszulösen. Alarme von Handfeuermeldern werden in der Regel unmittelbar zur Feuerwehr durchgeschaltet,

während bei automatischen Brandmeldern ggf. zunächst eine Erkundung durch eigenes Personal vorgesehen sein kann.

Buchholz-Schutz: Das Buchholz-Relais ist eine elektrische Schutzeinrichtung in ölisierten Leistungstransformatoren. Das Buchholz-Relais befindet sich meist in der Ölverbindungsleitung zum Ausdehnungsgefäß und erkennt Gasblasen aufgrund von Isolationsfehlern oder Kurzschlüssen. Das Trafoeigenschutzsystem besteht aus verschiedenen Schutzeinrichtungen (z. B. Buchholz-Schutz, Differentialschutz, Kurzschlussüberwachung, Überwachung der Öltemperatur), die konzeptabhängig zum Auslösen von vorgesehenen Löscheinrichtungen oder zum Lastabwurf führen können.

Brandmeldung

Jede Branderkennung muss eine Alarmierung zur Folge haben, um zeitnah brandbekämpfende Maßnahmen zu ermöglichen. Gefahrenmeldungen sind an eine qualifizierte ständig besetzte Stelle weiterzuleiten. Brandmeldungen sollten direkt an die zuständige Feuerwehr weiter geleitet werden.

Eine detaillierte Zusammenstellung der Meldertypen, Ansprechmerkmale und Einsatzumgebung ist in nachstehender Tabelle A3-1 dargestellt.

Kenngröße	Meldertyp	Ansprechmerkmal/Kenngröße	Einsatzumgebung
Rauch	Rauchmelder (opt.)	Aerosole oder Partikel/ Lufttrübung	Innenräume aller Art
	linienförmige optische Rauchmelder		Produktionsgebäude, Kabelkeller und -tunnel
	Klimakanalmelder (auch Probekammermelder)		in Klimakanälen, bei Abwesenheit von Stäuben und Kondensbildung
	RAS (Rauchansaugsystem)	Über Rohre angesaugte Luft wird in einer z. T. hochempfindlichen Auswerteinheit geprüft.	bei besonderer Anforderung an die Empfindlichkeit auf Rauch, z. B. bei Schaltschränken oder MSR-/PLT-Räumen
Rauchgase CO, H ₂ , C _n H _m , NO _x	linienförmige optische Gassensoren (IR-Laser)	detektieren typische Brandgase in der Entstehungsphase	Produktionsgebäude, Freianlagen, MSR-Räume, Kabelkanäle und -tunnel
	GSME (Gas-Sensormelde-Einheit) Gassensoren	detektieren typische Brandgase in der Entstehungsphase	Räume mit hoher Staubbelastung und ggf. Kondensationsneigung
Wärme	Temperaturdifferentialmelder	meldet Temperaturanstieg/Zeit	Produktionsgebäude, Freianlagen, zur Überwachung von Räumen auf Brände mit hoher thermischer Emission
	Temperaturmaximalmelder	Überschreitung fest vorgegebener Temperatur	
	linienförmige Thermodifferential- und Maximalmelder	Temperaturanstieg/Zeit und/oder Maximaltemperatur	robust, aber niedrige Empfindlichkeit, daher keine frühzeitige Detektion
	linienförmiger glasfaserbasierter Thermodiff.-melder	Änderung der Strahlungswärme, mit Ortsauflösung	an Einrichtungen mit mechanisch bewegten Teilen (Motoren, Pumpen usw.)
Strahlung (Funken, Flammen, Wärme)	Flammenmelder	erkennt Licht bestimmter Wellenlängen UV/IR	Produktionsgebäude, Freianlagen, unmittelbare Detektion von Flammen
	Hot Spot-Spot-IR-Melder	detektiert Wärmestrahlung heißer Oberflächen	Produktionsgebäude, Freianlagen; unmittelbare Detektion von Anlagenschäden oder Bränden
	Wärmebildkamera (stationär)	detektiert Wärmestrahlung heißer Oberflächen	
Kombination	Mehrkriterienmelder, Kombination von bis zu drei Sensoren in einem Melder	erhöhte Zuverlässigkeit durch Kriterienvergleich, z. B. „OT“ Melder opt. + Temp. oder „OTG“ Melder opt. + Temp. + Gas	in der Regel Innenräume mit normaler Nutzung und Leitwarten, weniger in Kabelkellern, Kabelkanälen und -tunneln

Tabelle A3-1: Einsatzspektrum von Meldertypen

A3.2 Löschanlagen

Bei der Planung und Errichtung von Löschanlagen ist darauf zu achten, dass dies nach den anerkannten Regeln der Technik erfolgt, z. B. nach den entsprechenden VdS-Richtlinien. Weiterhin darf die Installation grundsätzlich nur durch anerkannte Errichterfirmen durchgeführt werden, z. B. VdS-anerkannte Errichterfirmen. In den Löschanlagen sind grundsätzlich nur geprüfte Bauteile bzw. Systeme zu verwenden, z. B. VdS-anerkannte Produkte. Die Betriebsbereitschaft und die Wirksamkeit sind nach den anerkannten Regeln der Technik zu erhalten, z. B. VdS 2091 Erhaltung der Betriebsbereitschaft von Wasserlöschanlagen.

Löschanlagen sind vor erstmaliger Inbetriebnahme sowie regelmäßig wiederkehrend durch anerkannte Sachverständige auf ihre Wirksamkeit sowie auf Konformität mit den gesetzlichen Vorgaben und den geltenden Regelwerken zu überprüfen (Abnahmetestat).

Zu den geeigneten Löschanlagen in chemischen Anlagen gehören:

- Sprinkleranlagen;
- Sprühwasserlöschanlagen;
- Feinsprühwasserlöschanlagen;
- Schaum-Löschanlagen;
- Gaslöschanlagen.

Stellenweise werden auch Pulver- und Dampf-löschanlagen eingesetzt, deren Anwendungsbereich allerdings so begrenzt ist, dass hier nicht weiter auf diese Anlagen eingegangen wird.

Löschanlagen sind nach den anerkannten Regeln der Technik zu planen, zu errichten und zu betreiben, z. B. nach den Richtlinien VdS 2109 (Richtlinien für Sprühwasserlöschanlagen, Planung und Einbau), VdS 2108 (Richtlinien für Schaumlöschanlagen, Planung und Einbau), VdS 2093 (Richtlinien für Feuerlöschanlagen mit Kohlenstoffdioxid, Planung und Einbau), VdS 2380 (Richtlinien für Feuerlöschanlagen mit nicht verflüssigten Inertgasen, Planung und Einbau). Im Einzelfall kann davon abgewichen werden, wenn die Wirksamkeit der Löschanlage anhand von Brandversuchen nachgewiesen wird. Unabhängig hiervon ist die Stoffverträglichkeit des Löschmittels und die Art der Aufbringung zu prüfen.

Stationäre Löschanlagen sind in allen Teilen ortsfest installiert. Das Löschmittel ist vor Ort bevorratet. Stationäre Löschanlagen können automatisch oder manuell ausgelöst werden. Sofern eine ma-

nuelle Auslösung vorgesehen ist, sollte die Fernauslösung von der Messwarte aus möglich sein.

Sprinkleranlagen sind stationäre Wasserlöschanlagen mit ortsfest verlegten Rohrleitungen, die mit Sprinklerköpfen verschlossen sind. Bei Temperaturerhöhung lösen die betroffenen Sprinklerköpfe aus.

Sprühwasserlöschanlagen sind Wasserlöschanlagen mit ortsfest verlegten Rohrleitungen, die mit offenen Löschdüsen versehen sind. Bei Auslösung werden alle Löschdüsen eines Löschbereiches gleichzeitig in Betrieb gesetzt. Sprühwasserlöschanlagen werden dort eingesetzt, wo im Brandfall mit einer schnellen Brandausbreitung zu rechnen ist.

Durch Zumischung von löschaktiven Substanzen, wie z. B. filmbildenden Schaummitteln, lässt sich die Löschwirksamkeit von Sprühwasser-Löschanlagen verbessern.

Anregersprinkler: Ein unter Druck (Wasser, Gas) stehendes Rohrleitungsnetz (Anregerrohrnetz) mit geschlossenen Sprinklerköpfen, das ein Sprühwasser-Alarmventil ansteuert. Das Öffnen eines Anregersprinklers bewirkt einen Druckverlust, durch den die Ventilstation geöffnet wird.

Feinsprüh-Löschanlagen sind Sprühwasserlöschanlagen mit deutlich kleineren Tröpfchengrößen. Durch die größere Löschwasser-Oberfläche verbessert sich die Löschwirkung, sodass ein deutlich niedrigerer Löschwasserbedarf erforderlich sein kann. In vielen Fällen muss die Löschwirksamkeit erst durch Löschversuche nachgewiesen werden. Es gibt Feinsprühtechnik in Niederdruck- und Hochdruck-Ausführung. Insbesondere die Hochdruck-Ausführung stellt höhere Anforderungen an die Wasserqualität.

Schaum-Löschanlagen verwenden Schwer- oder Mittelschaum als Löschmittel. Sie weisen eine bessere Benetzbarkeit des Brandgutes und eine Begrenzung des Luft-Sauerstoffzutritts auf. Leichtschaum-Anlagen sind auf den Einsatz in geschlossenen Gebäuden begrenzt, sie werden nur in Ausnahmefällen eingesetzt.

Gaslöschanlagen sind Löschanlagen mit gasförmigen Löschmedien wie Kohlendioxid, Stickstoff, Argon und zugelassenen Gasgemischen. Das Löschprinzip beruht auf einer Verdrängung des zum Brand erforderlichen Sauerstoffs. Gaslöschanlagen löschen rückstandsfrei. Personenschutzmaßnahmen sind entsprechend der behördlichen Vorschriften zu beachten. Gaslöschanlagen wer-

den meist als Raumschutzanlagen eingesetzt. Sie sind nur teilweise als Objektschutzlöschanlagen verwendbar. Zur Erreichung der erforderlichen Löschmittelkonzentration müssen die geschützten Räume dicht sein bzw. Öffnungen müssen automatisch geschlossen werden. Damit durch das einströmende Löschgas Schäden durch den Druckaufbau vermieden werden, ist eine entsprechend bemessene Druckentlastung vorzusehen.

Vorgesteuerte Anlage: Bei vorgesteuerten Anlagen Typ A handelt es sich um Trockenanlagen, bei der die Alarmventilstation durch eine automatische Brandmeldeanlage und nicht durch das Öffnen der Sprinkler aktiviert wird.

Bei vorgesteuerten Anlagen Typ B handelt es sich um Trockenanlagen, bei der die Alarmventilstation entweder von einer automatischen Brandmeldeanlage oder durch das Öffnen der Sprinkler aktiviert wird.

Unabhängig vom Ansprechen der Brandmelder bewirkt ein Druckabfall in den Rohrleitungen das Öffnen des Alarmventils.

Halbstationäre Löscheinrichtungen sind im Unterschied zu stationären Löscheinrichtungen nicht in allen Teilen ortsfest installiert. Sie werden erst durch die Einspeisung des Löschmittels durch die Feuerwehr wirksam. Sie sind nur unter bestimmten Rahmenbedingungen wirksam. Hierzu gehört, dass die Löschmitteleinspeisung innerhalb weniger Minuten (Eingreifzeit maximal 5 min nach VdS 2395-1) nach der Brandentstehung erfolgt. Dies kann i. d. R. nur bei Vorhandensein einer Werkfeuerwehr (bzw. durch speziell geschultes Betriebspersonal) gewährleistet werden. Bereiche, die durch halbstationäre Löscheinrichtungen geschützt werden, müssen mit einer automatischen Brandfrüherkennung ausgerüstet sein.

Chemische Anlage/ Komponente	Löschanlagen-Typ						
	Sprinkleranlage ggf. mit Schaumzumischung	Sprühwasserlöschanlage ggf. mit Schaumzumischung	Feinsprühlöschanlage (ND)	Feinsprühlöschanlage (HD)	Schaumlöschanlage	Gaslöschanlage mit sauerstoffverdrängenden Gasen	Gaslöschanlage mit chemischen Löschgasen
Kabelkanäle, -tunnel, -geschosse	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kabel-Doppelböden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Elektrische Schaltanlagen, MSR-Räume	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Transformatoren (ölgekühlt) *)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dampfturbine (DT), Lager + Ventile	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Thermalölversorgung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hydraulik-/Schmierölversorgung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gasturbine (GT), Einhausung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Produktionsanlagen im Gebäude	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Produktionsanlagen im Gebäude (Objektschutz)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Produktion in Freianlagen	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Be- und Entladeeinrichtungen im Freien **)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verdichter für brennbare Medien (nach Absprache mit Hersteller)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pumpen im Freien für brennbare Medien	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tank für brennbare Medien (zur Kühlung und Brandbekämpfung)***)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

*) nur für eingehauste Trafos – nicht im Freien stehend

**) Löschanlagen ggfs. in Kombination

***) Betrieb bei Temperaturen über Flammpunkt

Legende: = Empfehlung = optional = nicht geeignet

Tabelle A3-2: Objektbezogene Eignung der Löschanlagen

A3.3 Leckageerkennung

In Betrieben, in denen mit leichtsiedenden Kohlenwasserstoffen umgegangen wird, empfiehlt sich zur Leckageerkennung die Installation von Gasmeldern. Dies gilt insbesondere für geschlossene Produktionsgebäude, wenn die Gefahr der Lachenbildung oder des Austritts gasförmiger Kohlenwasserstoffe besteht.

Gasmelder können den Bereich von wenigen ppm bis zur unteren Explosionsgrenze (UEG) sicher abbilden. Aus Sicht des Brandschutzes ist eine frühestmögliche Leckageerkennung anzustreben, um geeignete Gegenmaßnahmen zu ergreifen.

Da Kohlenwasserstoffdämpfe schwerer als Luft sind, sammeln sich diese stets an der tiefsten Stelle an. Sie sind daher in Bodennähe, an der tiefsten Stelle oder direkt an der Leckagestelle zu detektieren. Gase, die leichter als Luft sind (z. B. Methan, Wasserstoff und Synthesegas), sind dagegen oberhalb der potenziellen Leckagestelle zu detektieren.

Eine Installation von Gasmeldern in der Nähe von Absaugungen ist ungünstig und führt in der Regel zu einem deutlich verspäteten Ansprechen.

Im Zuge der Analyse der Ereignisse von Buncefield empfiehlt die Untersuchungskommission, zwei Gasdetektoren in der Tankwanne zu installieren. Die Detektoren sind auf das zu erwartende Medium abzustellen. Die Gasdetektoren sind so zu installieren, dass eine Leckage bei jeder Windrichtung zeitnah erfasst wird.

Häufig anzutreffen sind auch Niveaumelder in Oberflächenwasser-Sammelsystemen und Auffangwannen. Diese eignen sich aus Sicht des Brandschutzes nicht zur Detektion von kleineren Leckagen.

A3.4 Außerbetriebnahme von Brandschutzeinrichtungen

Für den Ausfall bzw. die Außerbetriebnahme von Brandschutzeinrichtungen ist ein schriftliches Verfahren festzulegen, in dem der Vorgang dokumentiert und entsprechende Ersatzmaßnahmen beschrieben werden. Hiervon müssen alle betroffenen Einheiten (insbesondere die Feuerwehren, ggf. auch die Versicherer) informiert werden.

A4 Abwehrender Brandschutz

A4.1 Löschwasserversorgung

Essenzielle Grundlage für eine erfolgreiche Brandbekämpfung in chemischen Anlagen ist eine ausreichende und sichere Versorgung mit Löschwasser und gegebenenfalls Sonderlöschmitteln.

Das potenziell notwendige Volumen an Löschwasser ergibt sich aus der Summe der Anforderungen für Brandbekämpfung und Kühlung, zusätzlich müssen gegebenenfalls Sonderaufgaben, wie zum Beispiel das Niederschlagen von Gasen, zeitgleich möglich sein. Weiterhin ist eine Reserve von 50–100 % für besonders ungünstige Umstände anzuraten.

In der Muster-Industriebaurichtlinie ist ein Mindest-Löschwasservorrat von 192 m³/h (über 2 h) für Abschnitte größer 4.500 m² gefordert, ohne auf lokale Gegebenheiten einzugehen. Diese Wassermenge ist im Wesentlichen zur Sicherstellung eines Erstangriffs in jeglicher Art von Industrie gedacht.

Der Schweizer Feuerwehrverband empfiehlt nach Auswertung mehrerer Chemieanlagenbrände einen Wert von 4.800 l/min (über 2 h entspricht dies 576 m³). Diese Zahl ist als Näherung zu verstehen, wenn keine verlässlichen Analysen zur Verfügung stehen.

Extremwerte aus tatsächlichen Bränden in Chemie-Anlagen erreichen 50.000 m³ Löschwasser und mehr, die Brandbekämpfung dauert dabei oft mehr als 24 Stunden.

Welches Volumen an Löschwasser tatsächlich benötigt wird, zeigt sich im Rahmen einer detaillierten Szenario-Analyse:

- Initialereignis: z. B. Lachenbrand, Jet Fire, im Gebäude oder im Freien;
- Berechnung des Volumens des tatsächlich freiwerdenden Materials;
- Energieinhalt, bzw. Energie, die bei unkontrollierter Verbrennung frei werden kann;
- Brandausbreitung bis zum Eintreffen der Feuerwehr bzw. von Ersthelfern;
- Dauer des Einsatzaufbaus;
- Schlagkraft der Löschkräfte, z. B. Mannschaftsstärke und Ausrüstung der Feuerwehr;
- Löschmittel;
- Löschanlagen;
- Löscherfolg;
- Kühlwasserbedarf für Kühlanlagen, Wasserschleier und ähnlichen Einrichtungen, die zeitgleich in Betrieb sein können.

Die Löschwasserversorgungseinrichtungen müssen so bemessen sein, dass das errechnete Volumen bei einem Minimaldruck von mindestens 1,5 bar an jeder Stelle der Anlage, auch an der höchsten geodätischen Erhebung, entnommen werden kann. Die Zuverlässigkeit von Löschwasserversorgungssystemen steigt, wenn Redundanzen vorgesehen sind, das heißt zum Beispiel Reservepumpen vorgehalten werden und die Löschwasserleitung bevorzugt als Ringleitung angelegt ist.

Wenn bestimmte Einrichtungen nicht mit mobilen Einrichtungen (Feuerwehreinsatzfahrzeugen) erreicht werden können, zum Beispiel die Überkopfleitung einer Kolonne, ist die Einrichtung von Steigleitungen sowie Lösch- oder Kühleinrichtungen zu erwägen.

Die Löschwasserbevorratung geht Hand in Hand mit der Behandlung von kontaminiertem Löschwasser, dem Löschwasserrückhalt, siehe hierzu Tabellen A4-1 und A4-2. Im Rahmen der Gefährdungsanalyse untersuchen die Standorte mehrere Szenarien. Bezogen auf die Löschwasserversorgung sind die Szenarien interessant, deren Bekämpfung die höchsten Volumina (oder Drücke oder Wurfweiten usw.) verlangt. Ein Beispiel für eine Abschätzung könnte so aussehen:

- Szenario: Leckage an einer Druck-Rohrleitung für Propylen am Eingang zu einer Kugeltankanlage, nachfolgende Entzündung (ohne Explosion).
- Jet Fire, auf weitere Rohrleitungen gerichtet.
- Das Betriebspersonal öffnet zeitnah aus sicherer Entfernung das Kühlsystem von zwei direkt benachbarten Tanks, die Kühlung benötigt 75 m³ pro Stunde und pro Tank und wird 2 h benötigt.
- Des Weiteren werden mit geringer Verzögerung Monitore zur Vermeidung von Wärmestrahlung auf andere Einrichtungen eingesetzt (240 m³ pro Stunde, über 2 h).
- Zwei Angriffstrupps kühlen Absperreinrichtungen (48 m³ pro Stunde, über 1 h).
- Nach dem Schließen der Absperreinrichtungen verlöscht das Feuer. Die Kühlung wird weitere 1,5 h aufrecht erhalten.

Für dieses Beispiel ergibt sich ein Löschwasserbedarf von 792 m³ verteilt über 2 h.

Wenn dieses Szenario den Fall des höchsten Löschwasserbedarfs darstellt, wäre ein Volumen von 360 m³ über 2 h plus eine Reserve für besonders ungünstige Situationen von 50 % gleich 180 m³ zu 540 m³ anzuraten.

Versorgungsleitung (Ringleitung)	Volumenstrom ca.: bei Leitungsdruck			
	3 bar		5 bar	
DN 80	600 l/min	36 m ³ /h	1.000 l/min	60 m ³ /h
DN 100	1.000 l/min	60 m ³ /h	1.600 l/min	96 m ³ /h
DN 125	1.500 l/min	90 m ³ /h	2.500 l/min	150 m ³ /h
DN 150	2.100 l/min	126 m ³ /h	3.600 l/min	216 m ³ /h
DN 200	3.800 l/min	228 m ³ /h	6.300 l/min	378 m ³ /h
DN 250	5.900 l/min	354 m ³ /h	9.800 l/min	588 m ³ /h
DN 300	8.500 l/min	510 m ³ /h	14.000 l/min	840 m ³ /h

Tabelle A4-1: Volumenstrom in Abhängigkeit von der Versorgungsleitung (Quelle: HDI-Gerling Sicherheitstechnische Fachinformation Löschwasserversorgung)

Hydrantenart	Volumenstrom ca.*	
Unterflur DN 80**	800 l/min	48 m ³ /h
Überflur DN 80	1.000– 1.200 l/min	60–72 m ³ /h
Überflur DN 100	1.300– 1.500 l/min	78–90 m ³ /h
Überflur DN 150	1.800– 2.250 l/min	108–135 m ³ /h

Tabelle A4-2: Volumenstrom von Hydranten, Anhaltswerte aus der Praxis (Quelle: HDI-Gerling Sicherheitstechnische Fachinformation Löschwasserversorgung)

* Um die aufgeführten Werte erreichen zu können, muss eine entsprechende Versorgungsleitung (Nennweite/Druck) vorhanden sein. Unter guten Randbedingungen können die Werte auch wesentlich höher liegen. Hier wurden konservative Betrachtungen angestellt.

** Nach DIN 3221 muss der Mindestdurchfluss eines Unterflurhydranten (DN 80) bei einer Druckdifferenz von 1 bar vor und hinter dem Hydranten 1.833 l/min (110 m³/h) betragen. Dabei werden jedoch das aufgesetzte Standrohr (Ø 75 mm) und die Feuerwehrschräuche nicht berücksichtigt, weshalb in der Praxis am Feuerwehrfahrzeug bzw. an der Feuerlöschpumpe eine deutlich geringere Wassermenge ankommt.

A4.2 Löschwasserrückhaltung

Im Brandfall fällt i. d. R. nicht verdampftes Löschwasser an, das durch erhebliche Schadstoffmengen verunreinigt sein kann. Verunreinigtes Löschwasser kann große Folgeschäden verursachen, wenn es ins Oberflächenwasser gelangt oder im Erdreich versickert, zu einer Kontamination des Grundwassers führt oder die Kläranlage beeinträchtigt. Verunreinigtes Löschwasser darf grundsätzlich nicht unkontrolliert austreten.

Betreiber haften nicht nur nach dem Verursacherprinzip für ihre Betriebsrisiken (Betreiberhaftpflicht), sondern können auch in besonderen Fällen als Eigentümer für die im Rahmen eines Feuerwehreinsatzes entstandenen Folgeschäden, z. B. infolge des Einsatzes wassergefährdender Löschmittel, zur Verantwortung gezogen werden. Zudem steht jeder Umweltschaden im Blickpunkt der Öffentlichkeit und kann einen entsprechenden Imageschaden nach sich ziehen.

Die Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) fordert gemäß § 20 AwSV „Rückhaltung bei Brandereignissen“ u. a.: „Anlagen sind so zu planen, zu errichten und zu betreiben, dass die bei Brandereignissen austretenden wassergefährdenden Stoffe, Lösch-, Berieselungs- und Kühlwasser sowie die entstehenden Verbrennungsprodukte mit wassergefährdenden Eigenschaften nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik zurückgehalten werden.“ Dies gilt verbindlich für Anlagen, die in den Anwendungsbereich der Verordnung fallen und den Anlagenbegriff erfüllen. Im Zusammenhang mit dem Brandfall entstehende Stoffe sind ebenso zu beurteilen.

Die notwendigen Maßnahmen und Einrichtungen zur Vermeidung und Beherrschung von Schäden durch kontaminiertes Löschwasser, die bei chemischen Anlagen zum Einsatz kommen können, sind in einem Löschwasser-Rückhaltekonzept festzuschreiben. Dieses muss u. a. enthalten:

- Organisatorische Maßnahmen und Notfallplanung, z. B. Notfallorganisation festlegen, Kanalisationsplan erstellen, Verfügbarkeit und Funktionsfähigkeit von Auffangbehältnissen und Absperrmaterialien klären.
- Technische Einrichtungen, z. B. stationäre oder mobile Löschwasser-Rückhalteeinrichtungen.
- Bauliche Maßnahmen, z. B. zentrales Löschwasser-Rückhaltebecken mit Zuleitungen, Aufkantungen von Lagerflächen, feuerwiderstandsfähige Endkontrollschächte, Sperrbauwerke im Kanalsystem.

Hinweise:

- *VdS 2557 Leitlinien für Planung und Einbau Löschwasser-Rückhalteeinrichtungen;*
- *VdS 2557a Berechnungshilfe zur Abschätzung des Löschwasser-Rückhaltevolumens gemäß VdS 2557;*
- *VdS 2564-1 Löschwasser-Rückhalteanlagen, Teil 1: Stationäre Löschwasserbarrieren; Richtlinien für Anforderungen und Prüfmethoden für Bauteile und Systeme;*
- *Fire Fighting Water Retention Guidance, Bureaux of the Industrial Accidents and Water Conventions, UNECE.*

A4.3 Lage, Zugänglichkeit und Flächen für die Feuerwehr

Die Zugänglichkeit zum Grundstück und zum Gebäude ist für die Feuerwehr eine der Grundvoraussetzungen für den erfolgreichen Lösch- und Rettungseinsatz. Auf dem Grundstück und am Gebäude müssen deshalb Feuerwehrezufahrten, Durchfahrten, Aufstellflächen für Hubrettungsfahrzeuge und Bewegungsflächen vorhanden sein.

Anforderungen an Flächen für die Feuerwehr sind in den jeweiligen Landesbauordnungen bzw. Ausführungsverordnungen geregelt. In einigen Bundesländern wird hierfür die DIN 14090 herangezogen.

A4.4 Werkfeuerwehr und Betriebsfeuerwehr

Werk- und Betriebsfeuerwehren zählen zu den nichtöffentlichen Feuerwehren und sind privat eingerichtete Feuerwehren mit haupt- und/oder nebenberuflichen Kräften zum Schutz von Betrieben, deren Mitarbeitern und den Einrichtungen. Sie übernehmen ganz oder teilweise die Aufgaben der öffentlichen Feuerwehren gemäß der Brandschutzgesetze der Länder.

Zu den **Aufgaben einer Werkfeuerwehr** gehören

- der abwehrende Brandschutz mit Maßnahmen der Menschenrettung und Brandbekämpfung,
- der vorbeugende Brandschutz mit den baulichen und betrieblichen, speziell auf die zu schützenden Risiken ausgerichteten Brandschutzmaßnahmen,
- die Abwehr allgemeiner Gefahren, z. B. technische Unfallhilfe sowie
- der organisatorische Brandschutz am Standort.

Einige hauptberufliche Werkfeuerwehren versehen auch den Rettungsdienst in ihrem Zuständigkeitsbereich.

Ausstattung und Schulung einer Betriebs- oder Werkfeuerwehr ist ganz speziell auf die Gefahren und Örtlichkeiten des Unternehmens oder Industrieparks ausgerichtet. Daraus leiten sich direkt die Vorteile einer nichtöffentlichen Feuerwehr gegenüber den öffentlichen Feuerwehren ab:

- sehr gute Orts- und Betriebskenntnisse;
- besonderes Fachwissen über die betriebsspezifischen Gefahren, z. B. Chemie;
- Dieses Fachwissen wird oft auch über-/regional zur Verfügung gestellt, z. B. im Rahmen von TUIS (Transport-, Unfall- und Hilfeleistungssystem der deutschen chemischen Industrie);
- Vorhandensein besonderer Löschmittel und Geräte;
- kürzere Interventionszeiten, i. d. R. 5 bis 8 Minuten nach Alarmierung.

Daher können im Rahmen eines Schutzkonzepts Werkfeuerwehren in Kombination mit einer automatischen Brandmeldeanlage und einer halbstationären Löschanlage das Schutzniveau einer automatischen Löschanlage erreichen.

Betriebsfeuerwehren sind öffentlich nicht anerkannte Feuerwehren zum Schutz von privaten oder öffentlichen Betrieben, von Behörden oder von sonstigen Einrichtungen mit haupt- und/oder nebenberuflich tätigen Einsatzkräften.

Eine **Werkfeuerwehr** ist eine behördlich anerkannte oder behördlich angeordnete Feuerwehr mit haupt- und/oder nebenberuflich tätigen Einsatzkräften. Sie kann zum Schutz von brand- und explosionsgefährdeten Betrieben von den Aufsichtsbehörden gefordert werden. Sie übernimmt die öffentlichen Aufgaben der Brandbekämpfung und der allgemeinen Hilfe auf dem Betriebsgelände wahr.

Aufbau, Ausbildung und Ausrüstung müssen den Erfordernissen des/der zu schützenden Betriebes(s) und den an die öffentlichen Feuerwehren gestellten Anforderungen entsprechen. Werkfeuerwehren werden in regelmäßigen Abständen (i. d. R. alle fünf Jahre) von der Anerkennungsbehörde überprüft. Änderungen und Abweichungen zu den in dem Anerkennungsbescheid festgelegten Auflagen sind der zuständigen Behörde unverzüglich anzuzeigen.

Eine **Dienstleistungsfeuerwehr** ist eine private Feuerwehr, die auf einem Privatgelände die Aufgaben einer Werk- oder Betriebsfeuerwehr als nicht unternehmenseigene Feuerwehr erbringt.

Die **Einsatzleitung** und der gemeinsame Einsatz mit öffentlichen Feuerwehren ist in den Brandschutzgesetzen der Länder unterschiedlich geregelt.

Hinweise:

- *VdS 2000 Leitfaden für den Brandschutz im Betrieb*
- *VdS 2034 Nichtöffentliche Feuerwehren – Ein Baustein des betrieblichen Gefahrenabwehrmanagement*
- *VdS 3132 Brandschutz in Kraftwerken*

A4.5 Einbindung der öffentlichen Feuerwehr

Einbindung der öffentlichen Feuerwehren in den Brandschutz

Während große Chemiestandorte in aller Regel über eigene Werk- oder Betriebsfeuerwehren (siehe Anhang A4.4 Werkfeuerwehr und Betriebsfeuerwehr) verfügen, ist dies insbesondere bei kleineren Betrieben nicht gegeben. Bei Großschadensereignissen werden aber auch bei großen Chemiestandorten regelmäßig die öffentlichen Feuerwehren in die Gefahrenabwehr eingebunden. Dies gilt insbesondere dann, wenn auch Bereiche außerhalb des Werksgeländes von einem solchen Ereignis betroffen sind oder zumindest eine Gefährdung nicht ausgeschlossen werden kann.

Einbindung der öffentlichen Feuerwehren bei vorhandener Werk- und Betriebsfeuerwehr

Die öffentliche Feuerwehr wird bei einem entsprechenden Ereignis in aller Regel durch die Einsatzleitung der Werk-/Betriebsfeuerwehr über die zuständigen Leitstellen nachalarmiert. Die Einweisung der Kräfte auf dem Werksgelände erfolgt durch die Werkfeuerwehr bzw. durch Sicherheitskräfte.

In jedem Fall ist es sinnvoll, wenn die öffentlichen Feuerwehren vorab in die Einsatzplanung für Großschadensereignisse mit eingebunden werden und über entsprechende Lagepläne und Einsatzpläne verfügen. Durch gemeinsame Begehungen und Übungen erhalten die Einsatzkräfte wertvolle Informationen für den Einsatzfall.

Einbindung der öffentlichen Feuerwehren bei Standorten ohne Werk- und Betriebsfeuerwehr

Die Ausrüstung und Ausbildung der Werk- und Betriebsfeuerwehren ist speziell auf die im jeweiligen Betrieb vorhandenen Gefahren abgestimmt. Bei den öffentlichen Feuerwehren kann dies nicht immer vorausgesetzt werden. Ausrüstung und Stand

der Ausbildung kann regional stark variieren. Teilweise sind auch bei öffentlichen Feuerwehren spezielle Fahrzeuge und speziell geschulte Kräfte für Einsätze im Zusammenhang mit Gefahrstoffen vorhanden. Dies können beispielsweise Messeinheiten zum Messen von Luftschadstoffen, GSG-Züge (gefährliche Stoffe und Güter) mit spezieller Ausrüstung oder spezialisierte Einheiten zur Schadstoffanalytik (ATF – Analytical Task Force) sein.

Als Voraussetzung für eine erfolgreiche Gefahrenabwehr sind eine Reihe von Punkten zu beachten und zu prüfen. Dem Betreiber wird empfohlen, die u. g. Aspekte abzuklären. Sollten sich dabei Defizite herausstellen, müssen die Anforderungen hinsichtlich des abwehrenden Brandschutzes, beispielsweise in Form von automatischen Löschanlagen, entsprechend erhöht werden.

■ Anrückzeit

Insbesondere beim Vorhandensein großer Mengen brennbarer Flüssigkeiten ist mit einer schnellen Brandausbreitung in Verbindung mit sehr hoher Wärmeentwicklung zu rechnen. Insofern sollte im Brandfall sichergestellt sein, dass die Feuerwehr schnellstmöglich vor Ort ist. Anrückzeiten von mehr als 10 Minuten reduzieren die Chancen auf eine erfolgreiche Brandbekämpfung stark. Es wird empfohlen, die Anrückzeit bei der zuständigen Feuerwehr zu erfragen.

■ Ausrüstung und Fachkenntnis

Für die Gefahrenabwehr in Chemiebetrieben ist bei den öffentlichen Feuerwehren spezielle Ausrüstung und Fachkenntnis erforderlich. Dies sind insbesondere:

- Messfahrzeuge und Messausrüstung;
- Vorhalten geeigneter Löschmittel;
- GSG-Ausrüstung wie beispielsweise entsprechende Schutzanzüge (Chemikalienschutzanzug – CSA), Auffangbehälter, spezielle Pumpen, Abdichtmaterial, Dekontaminationsausrüstung;
- entsprechend leistungsfähige Löschfahrzeuge;
- Spezialfahrzeuge für den Gefahrguteinsatz;
- speziell ausgebildetes Personal und Fachberater.

■ Verfügbarkeit

Ein weiterer kritischer Punkt ist die Verfügbarkeit der öffentlichen Feuerwehren. Insbesondere bei freiwilligen Feuerwehren ist die Tages-

verfügbarkeit oft nicht gewährleistet. Auch bei mit hauptamtlichen Kräften besetzten Wachen und Berufsfeuerwehren reichen die Kräfte bei Großschadenereignissen in der Regel nicht aus, sodass zusätzlich freiwillige Feuerwehren mit alarmiert werden müssen.

■ Zufahrtsregelung und Einweiser im Schadenfall

Die zuständige öffentliche Feuerwehr sollte in jedem Fall einen Feuerwehreinsatzplan des Standortes haben und über die Zufahrtsmöglichkeiten informiert sein. Insbesondere bei großen Standorten sollte eine Einweisung der Einsatzfahrzeuge erfolgen. Bereitstellungsräume sollten ebenfalls im Vorfeld festgelegt werden. Die Einweisung der Einsatzfahrzeuge sollte durch vorab festgelegte Personen, z. B. Sicherheitspersonal, Brandschutzhelfer oder auch Betriebspersonal, erfolgen.

A5 Betrieblicher und organisatorischer Brandschutz

In der Chemie sind die Betreiber und Mitarbeiter im täglichen Betrieb mit vielen spezifischen Besonderheiten konfrontiert. Hierzu gehören insbesondere die vielfältigen Stoffgefahren wie z. B. Giftigkeit, Reaktivität, Gefahr von Verätzungen.

Nachstehend werden einige wesentliche Aspekte des betrieblichen und organisatorischen Brandschutzes genannt. Eine umfassende Betrachtung findet sich in VdS 2000 (Leitfaden für den Brandschutz im Betrieb).

Brandschutzbeauftragter

Durch die Bestellung eines betrieblichen Brandschutzbeauftragten erhalten die einzelnen Aspekte des betrieblichen Brandschutzes eine klare Verantwortlichkeit. Daher wird die Bestellung eines Brandschutzbeauftragten ausdrücklich empfohlen. Bei Vorhandensein einer Werk- oder Betriebsfeuerwehr kann diese Aufgabe auch zentral von dieser übernommen werden. Der Brandschutzbeauftragte (und gegebenenfalls dessen Stellvertreter) sollten eine entsprechende Ausbildung erhalten.

Freihalten von Brandschutzeinrichtungen (Feuerlöscher, Wandhydranten)

Im Falle eines Entstehungsbrandes müssen Feuerlöscher und Wandhydranten jederzeit ungehindert erreichbar sein. Darum ist dauerhaft sicherzustellen, dass diese nicht z. B. durch Paletten zu-

gestellt sind. Die notwendigen Freiflächen können farblich auf dem Boden markiert werden.

Regelmäßige Wartung von Brandschutzeinrichtungen

Alle Brandschutzeinrichtungen (z. B. Brandschutzklappen, Feuerlöscher, Wandhydranten) sind in regelmäßigen Intervallen durch Sachkundige zu warten.

Freihalten von (elektrischen) Betriebseinrichtungen

Elektrische Betriebseinrichtungen (z. B. Schaltschränke oder auch Batterieladestationen) können bei einem technischen Defekt als Zündquelle fungieren. Daher sind diese in einem angemessenen Abstand dauerhaft frei von brennbaren Materialien zu halten. Die entsprechenden Sperrflächen sollten farblich auf dem Boden markiert werden.

Regelmäßiges Testen von Brandschutztoren

(Automatische) Brandschutztüren und -tore sind ein wichtiges Element des baulichen Brandschutzes und stellen die bauliche Trennung von einzelnen Brandabschnitten sicher. Hierzu müssen diese entweder dauerhaft geschlossen sein oder im Brandfall automatisch schließen. Automatische Brandschutztore, die aus betrieblichen Gründen über Feststellanlagen offen gehalten werden, sind nach Betriebsende zu schließen. Bei einem 24-Stunden-Betrieb sind die Brandschutztore zumindest einmal wöchentlich zu testen. Dabei sind insbesondere auch die Bereiche hinter den Brandschutztoren auf Verunreinigungen zu prüfen.

Periodische Brandschutzbegehungen

Der Betreiber (ggf. unter Beteiligung des Brandschutzbeauftragten) sollte regelmäßige Brandschutzbegehungen durchführen. Dabei sind insbesondere die vorhandenen Brandschutzeinrichtungen auf Vorhandensein, mögliche Beschädigungen, freie Zugänglichkeit usw. zu überprüfen. Es ist auch zu kontrollieren, ob Brandschutztore und -türen blockiert oder beschädigt sind. Nach Bauarbeiten ist zu prüfen, dass sämtliche Durchbrüche in (Brand-)Wänden wieder mit zugelasenen Materialien verschlossen wurden. Diese Brandschutzbegehungen sind sinnvollerweise anhand einer Checkliste durchzuführen.

Unterweisung der Mitarbeiter

Die Mitarbeiter sind in regelmäßigen Abständen in Themen des Brandschutzes zu unterweisen. Die

se Unterweisungen erfolgen typischerweise durch den betrieblichen Brandschutzbeauftragten.

Reduzierung von Brandlasten

In Produktionsbereichen finden sich häufig Gebinde mit brennbaren Flüssigkeiten oder auch Big Bags mit brennbaren Feststoffen, die als Ausgangsstoffe für die geplanten Synthesen bereitgestellt werden. Dabei sollte beachtet werden, dass nur die für eine Schicht notwendigen Mengen bereitgestellt werden. Erhöhte Brandlasten führen in den betroffenen Bereichen im Brandfall zu einer schnelleren Brandausbreitung und können zu einem höheren Schadenausmaß beitragen.

Im gleichen Sinne sollten leere Verpackungen aus Papier oder Kunststoff sowie leere Plastik-IBCs regelmäßig aus den Produktionsbereichen entfernt werden.

A6 Ausgewählte Schadenfälle

Brand in der Elektroverteilung

Elektrische Bauteile in der Unterverteilung eines petrochemischen Unternehmens gerieten vermutlich durch Lichtbogen an Anschlüssen zum Bus in Brand. Das sofort alarmierte Bedienpersonal konnte den Raum wegen starker Verrauchung nicht mehr betreten. Erst die hinzugezogene Feuerwehr löschte den Brand. Mehrere Niederspannungs-, Mittelspannungs- und Hochspannungsschaltschränke sowie ein 15-kV-Transformator wurden mehr oder weniger stark beschädigt. Hunderte von Kabeln mussten ausgetauscht werden. Die Anlage war zum Zeitpunkt des Schadens ca. 23 Jahre alt und musste daher völlig neu konzipiert werden.

Mehr als 90 % des Millionenschadens entfiel auf die Betriebsunterbrechung. Die Anlage stand mehr als sechs Monate still.



Bild A6-1: Bild eines Elektroverteilungsraumes



Bild A6-2: Bild eines Elektroverteilungsraumes

Leckage an Pumpendichtungen

In einer Raffinerie wurden flüssige Kohlenwasserstoffe mit Temperaturen oberhalb ihres Flammpunktes umgepumpt. Es kam zu einer Leckage an einer Pumpendichtung. Die freigesetzten Kohlenwasserstoffe haben sich sehr schnell entzündet.

Im vorliegenden Fall wurde der Brand schnell entdeckt und von der Feuerwehr der Raffinerie in weniger als 10 min gelöscht. Trotzdem geht der Sach- und Betriebsunterbrechungsschaden in die Millionen Euro.



Bild A6-3: Beschädigte Pumpe

Brand in anorganischer Produktion

In einem Produktionsgebäude für die Behandlung anorganischer Vorprodukte kam es zu einem Brand, der längere Produktionsausfälle zur Folge hatte.

In dem betroffenen Bereich wird das Rohmaterial kontinuierlich gegläht und danach über eine Zellenradschleuse zur Weiterverarbeitung geleitet. In diesem Gebäudeabschnitt befinden sich fünf solcher Anlagen und deren Steuerungen in einem gemeinsamen MSR-Raum.

Durch einen Lagerschaden wurde der Motor elektrisch und mechanisch überlastet. Der thermische Motorschutz des Elektromotors sprach zwar an, führte aber nicht zur Abschaltung, da die Kontakte des Schützes verklebt (durch Funkenüberschlag verschmolzen) waren. Bei allen vorherigen regelmäßigen Elektroprüfungen konnte dieser Fehler nicht festgestellt werden.

Der Entstehungsbrand wurde durch austretendes Hydrauliköl des Getriebes gefördert und fand in Kunststoffverkleidungen oberhalb des Motors und in Kabeltrassen ausreichend Nahrung. Das Betriebspersonal alarmierte die Werkfeuerwehr, die nach wenigen Minuten eintraf und ein total verrauchter Brandraum vorfand. Nach 30 Minuten war der Brand einschließlich aller Glutnester gelöscht. Trotz aller Bemühungen kam es zu einem mehrmonatigen Produktionsausfall, da die Hauptkabeltrassen unterhalb der Decke ungeschützt durch den Produktionsraum gingen und durch Flammen und Hitze zerstört wurden. Ohne diesen Umstand hätten drei von fünf Anlagen innerhalb weniger Wochen wieder in Betrieb gehen können.



Bild A6-4: Brandschaden Kabeltrasse (Quelle: Merck KGaA, B. Saßmannshausen)



Bild A6-5: Brandschaden Kabeltrasse (Quelle: Merck KGaA, B. Saßmannshausen)



Bild A6-6: Brandschaden Kabine (Quelle: Merck KGaA, B. Saßmannshausen)

Brand einer Kolonne

In einer innerlich verschmutzten Destillationskolonne ereignete sich während der Revisionsarbeiten ein Feuer im Inneren der Kolonne. Die Kolonne war bereits von allen Kohlenwasserstoffen gereinigt. Offensichtlich hatte sich Schwefeleisen (FeS) mit Luftsauerstoff so stark erhitzt, dass der reichlich vorhandene und fein verteilte Kohlenstoff brennen konnte. Das Feuer fraß sich durch das komplette Füllkörperbett und verschmolz die metallischen Füllkörper miteinander. Dabei wurde die Kolonnenwand bis zur Rotglut erhitzt und irreparabel geschädigt. Der Kolonnenmantel wurde ausgetauscht.



Bild A6-7: Nach Demontage der Isolation: starke thermische Belastung des Kolonnenmantels



Bild A6-8: Plastische Verformung des Kolonnenmantels



Bild A6-9: Die metallischen Füllkörper waren aufgrund der Hitze miteinander verschmolzen

Explosion mit anschließendem Brand in einem Betriebstanklager

In einem unmittelbar an das Produktionsgebäude angrenzenden Betriebstanklager kam es infolge einer thermischen Zersetzung zu einer Explosion. Durch die Explosion wurde das Tanklager völlig zerstört und es entwickelte sich ein Großbrand.

Das Tanklager war in zwei Tankwannen aufgeteilt. In der ersten Wanne befanden sich zwei 80-m³-Tanks mit 50 % NaOH. In der zweiten Wanne befanden sich acht 25-m³-Tanks. Ein Tank war gefüllt mit ca. 20 m³ eines thermisch instabilen Zwischenproduktes. In den übrigen Tanks befanden sich zur Zeit der Explosion verschiedene brennbare Lösungsmittel, insgesamt ca. 90 m³.

Das Tanklager und das angrenzende Produktionsgebäude waren durch eine Sprühwasserlöschanlage geschützt. Die Sprühwasserlöschanlage wurde von der sehr leistungsfähigen, feuerwehreigen Wasserversorgung mit Löschwasser versorgt.

Weiter bestand die Möglichkeit, über einen Kollektor durch die Werkfeuerwehr mit mobilen Mitteln Schaum einzuspeisen.

Durch die Explosion wurde die Sprühwasserlöschanlage des Tanklagers vollständig zerstört und konnte für die Brandbekämpfung nicht genutzt werden. Die Werkfeuerwehr wurde durch die automatische Brandmeldeanlage alarmiert. Beim Eintreffen der Werkfeuerwehr stand das Tanklager im Vollbrand. Die Sprühwasserlöschanlage des angrenzenden Produktionsgebäudes war durch die Betriebsmitarbeiter bereits ausgelöst worden. Durch die Sprühwasserlöschanlage konnten das angrenzende Produktionsgebäude ohne Innenangriff gehalten werden. Die Werkfeuerwehr konnte den Brand innerhalb von ca. 100 min löschen.



Bild A6-10: Zerstörtes Tanklager und angrenzendes Produktionsgebäude

Kombination von vielen Ursachen führt zu Gaswolkenexplosion

In einer Anlage zur Destillation von Ethan, Ethylen und anderen leichtflüchtigen Gasen erlitt der Reboiler (Wärmetauscher) eine kontinuierliche Reduzierung des Durchflusses durch Fouling. Im Zuge eines geplanten Betriebsstillstandes versuchte ein erfahrener Ingenieur mithilfe eines Spülvorganges das Fouling zu beheben. Während des Spülens dehnte sich das im Wärmetauscher verbliebene Gasgemisch aus, bis der Innendruck so hoch wurde, dass der Wärmetauscher aufbrach. Die entweichende Gaswolke entzündete sich sofort. Bei dem Ereignis starben zwei Arbeiter, 70 weitere wurden zum Teil schwer verletzt.

Mehrere Ursachen haben zu diesem Brand beigetragen:

- der nachträgliche Einbau von Ventilen zur Isolation der Kohlenwasserstoffseite des Wärmetauschers ohne gleichzeitige Installation eines Überdruckventils (Designfehler);
- das wiederkehrende Fouling (Verfahrensfehler);
- der Spülvorgang (fehlende Gefahrenanalyse bei Instandhaltungsvorgängen).

Die Brandbekämpfung dauerte mehr als einen Tag.

Die Schadenhöhe überstieg 100 Mio. USD.



Bild A6-11: Aufgeplatzter Reboiler (Quelle: U.S. Chemical Safety Board (CSB); <http://www.csb.gov/>)



Bild A6-12: Gaswolkenexplosion (Quelle: U.S. Chemical Safety Board (CSB); <http://www.csb.gov/>)

Herausgeber: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (GDV)

Verlag: VdS Schadenverhütung GmbH • Amsterdamer Str. 174 • D-50735 Köln

Telefon: (0221) 77 66 - 0 • Fax: (0221) 77 66 - 341

Copyright by VdS Schadenverhütung GmbH. Alle Rechte vorbehalten.