

Motto  
des Halbjahrs

Jim Wallis:

*Manchmal braucht es eine Naturkatastrophe, um eine soziale Katastrophe aufzudecken.*

MAHBULLETIN

## KONTAKT

Weitere Informationen zu diesem Bulletin über die gezogenen Lehren aus schweren Industrieunfällen erhalten Sie unter:

[zsuzsanna.gyenes@jrc.ec.europa.eu](mailto:zsuzsanna.gyenes@jrc.ec.europa.eu)

oder [emars@jrc.ec.europa.eu](mailto:emars@jrc.ec.europa.eu)

Security Technology Assessment Unit  
Europäische Kommission  
Joint Research Centre  
Institute for the Protection  
and Security of the Citizen  
Via E. Fermi, 2749  
21027 Ispra (VA), Italien

<https://minerva.jrc.ec.europa.eu>

Sollte Ihre Organisation das MAHBulletin noch nicht erhalten, wenden Sie sich bitte an [mars@jrc.ec.europa.eu](mailto:mars@jrc.ec.europa.eu) unter Angabe Ihres Namens und der E-Mail-Adresse des Ansprechpartners für das Bulletin in Ihrer Organisation.

Alle MAHB-Publikationen sind im [Minerva Portal](#) zu finden.



European  
Commission

## Das Instrument RAPID-N



Abbildung 6: RAPID-N-Ergebnis für die Freisetzung eines brennbaren Stoffs aus einem Lagertank unter Erdbebeneinwirkung.

Ein von JRC entwickeltes neues webbasiertes System namens RAPID-N ermöglicht die Bewertung und Kartierung der potenziellen Auswirkungen von Naturereignissen auf Chemieanlagen. RAPID-N ist eine Plattform zur Abschätzung des Risikos einer Gefahrstofffreisetzung nach Naturkatastrophen (sog. Natech-Risiko). Durch Identifizierung der von Natech bedrohten Gebiete und Bewertung des damit verbundenen Risikos leistet es Unterstützung bei der Flächennutzungs- und Katastrophenschutzplanung, der Schadensbeurteilung und der Frühwarnung.

Eine vor kurzem fertiggestellte Studie lässt auf erhebliche Defizite bei der Entwicklung von Methoden zur Bewertung und Kartierung des Natech-Risikos in der EU und in den OECD-Ländern schließen. RAPID-N wurde als Antwort auf regierungsseitige Forderungen nach einem Instrument zur Unterstützung der Entscheidungsfindung im Natech-Risikomanagement entwickelt. Es dient als integrierte webbasierte Plattform für die Analyse und Kartierung des Natech-Risikos. Durch Berechnung der örtlichen Gefährdungsparameter und Verwendung von Fragilitätskurven zur Bestimmung der Schadenswahrscheinlichkeiten auf Prozess- und Lagerbereichsebene werden das Gesamtschadensrisiko und die Begleitfolgen bewertet. Die Ergebnisse werden als Risikosynopsen und interaktive Risikokarten dargestellt.

RAPID-N ist in unterschiedlichen Phasen des Natech-Risikomanagementprozesses anwendbar. In der Abwehr- und Vorsorgephase werden die potenziellen Folgen unterschiedlicher Natech-Szenarien beurteilt, um Natech-Risikokarten für den Einsatz in der Flächennutzungs- und Notfallplanung zu entwickeln. In der Bekämpfungsphase kann das System ausgehend von aktuellen Informationen über Naturereignisse zur Schnellortung von Betrieben eingesetzt werden, in denen es möglicherweise zu Natech-Unfällen gekommen ist, damit Ersteinsatzkräfte und Bevölkerung rechtzeitig gewarnt werden können.

RAPID-N eignet sich grundsätzlich für alle Arten von Naturgefahren. Derzeit wird es zur Untersuchung der Auswirkungen von Erdbeben auf Industriebetriebe eingesetzt. Es sind Bemühungen im Gange, das System auch auf die Untersuchung von Überschwemmungen und Rohrleitungen auszudehnen.

<http://rapidn.jrc.ec.europa.eu>

Kontaktdaten:

[elisabeth.krausmann@jrc.ec.europa.eu](mailto:elisabeth.krausmann@jrc.ec.europa.eu)

Anmerkung: Die ausgewählten Fälle enthalten auch eine Reihe von Lehren, die nur zum Teil in diesem Bulletin wiedergegeben sind. Das Bulletin befasst sich mit den Fällen, die für dieses Thema besonders interessant erscheinen, jedoch mit der Einschränkung, dass nicht immer Einzelheiten über den Unfall vorliegen und die gezogenen Lehren auf den Rückschlüssen aus der vorliegenden Beschreibung basieren. Die Verfasser danken den Ländervertretern, die mit ihren Ratschlägen zur Verbesserung der ausgewählten Fallbeschreibungen beitrugen.

## Lessons Learned Bulletin Nr. 6

### VERHINDERUNG VON CHEMIEUNFÄLLEN & VORSORGE FÜR DEN FALL VON CHEMIEUNFÄLLEN

#### Natech-Unfälle

Das Bulletin soll industriellen Betreibern und staatlichen Aufsichtsbehörden Einblick in die Lehren geben, die aus den im European Major Accident Reporting System (eMARS) und in anderen unfallbezogenen Quellen erfassten Unfällen zu ziehen sind. Das Bulletin soll künftig in halbjährlichen Abständen herausgegeben werden. In jeder Ausgabe wird ein bestimmtes Thema in den Mittelpunkt gestellt.

#### Kurzinformation

Während der Erstellung dieses Bulletins wurden 20 schwere Unfälle aus der eMARS- und eNatech-Datenbank des Joint Research Centre (JRC) und aus anderen öffentlich zugänglichen Quellen untersucht. Durch die Auswahl der Ereignisse sollte verdeutlicht werden, dass viele Naturgefahren schwere Unfälle auslösen können. Zu den ausgewählten Naturgefahren gehören Blitzschlag, Starkniederschläge, extreme Temperaturen, Erdbeben, Tsunamis und Hochwasser. Im Rahmen einer Fragebogenuntersuchung wurde der Stand der Natech-Risikominimierung in den EU-Mitgliedstaaten untersucht.

<https://enatech.jrc.ec.europa.eu>

#### Anmerkung:

Die Unfallbeschreibungen und die gezogenen Lehren stützen sich auf die an eMARS übermittelten Unfallberichte

<https://emars.jrc.ec.europa.eu>

und auf andere öffentlich zugängliche Quellen. EMARS enthält über 900 Berichte zu Chemieunfällen aus EU-Mitgliedstaaten und OECD-Ländern.

#### Blitzschlag

Blitzschlag gehört zu den häufigsten Ursachen von Tankbränden im Zusammenhang mit Natech-Ereignissen. Blitzeinschläge können unmittelbare Schäden an Anlagen verursachen wie z. B. Risse an den Außenwänden von Tanks oder an Rohrleitungen und Verbindungsstücken. Außerdem können sie Auswirkungen auf sicherheitstechnische und elektronische Steuerungssysteme haben, die ihrerseits zu Betriebsstörungen und zur Freisetzung von Gefahrstoffen führen können. Am häufigsten sind allerdings Natech-Szenarien, bei denen es zur Entzündung brennbarer Dämpfe auf dem Tankdach kommt.

#### Unfall 1 Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie

##### Unfallhergang

Am 24. Juli 2000 ging unweit einer Zuckerfabrik ein schweres Gewitter nieder. Die Lkw-Verladung musste unterbrochen werden. Gegen 16:35 Uhr schloss ein Mitarbeiter das Bodenventil des an dem Beladen beteiligten Tanks. Rund zehn Minuten später schlug der Blitz ins Dach eines der Speichertanks für Alkohol ein und löste eine Explosion aus. Das Tankdach wurde in die Luft geschleudert und fiel in den Tank zurück. Dann brach Feuer aus. Das Feuer griff nicht weiter um sich, und die Tankhülle blieb unbeschädigt, jedoch hinterließ die Erschütterung Risse am Bodenventil. Bei dem Unfall wurde niemand verletzt; der entstandene Sachschaden belief sich auf über 2,3 Mio. Euro.

##### Ursachen

Der Unfall wurde durch den Einschlag eines Blitzes in den Tank verursacht.

##### Wichtige Feststellungen

- Obwohl 18 Monate vor dem Unfall bei einer Untersuchung zur Bewertung des Blitzschlagrisikos der Einbau von Flammendurchschlagsicherungen an den tankseitigen Abzügen und Entlüftungsventilen empfohlen worden waren,

wurde der Tank nicht mit diesen Sicherungen ausgestattet.

- Direkte Blitzschutzanlagen (Blitzableiter) wurden an bestimmten Punkten zum Schutz spezifischer Bereiche gegen Blitzeinschlag installiert, doch möglicherweise waren die Leitungen zur Abführung des durch die atmosphärischen Entladungen entstandenen Stroms (Potenzialausgleich zwischen den unterschiedlichen Tanks und den Erdanschlusspunkten) zu schwach.
- Ein weiterer Blitz schlug wenige Augenblicke vorher in der Nähe eines Strommasts ein. Mit Sicherheit veränderte sich durch den in den Erdboden abfließenden Strom die Bodenbeschaffenheit rund um das Lagergelände.

##### Gezogene Lehren

- Blitzschlag ist eine häufig vorkommende Gefahr in Verbindung mit oberirdischen Tanks und sollte im Sicherheitsbericht berücksichtigt werden.
- Geeignete Sicherheitseinrichtungen wie etwa Flammendurchschlagsicherungen sollten vorhanden sein, vor allem dann, wenn sie bereits in einer spezifischen Sicherheitsbewertung empfohlen worden sind.

[eMARS-Unfall # 394 und ARIA Nr. 18325]

MAHBULLETIN  
SECURITY TECHNOLOGY ASSESSMENT UNIT  
Institute for the Protection and Security of the Citizen  
Europäische Kommission  
21027 Ispra (VA), Italien  
<https://ec.europa.eu/jrc/>



Nummer 6 De-  
zember 2014  
JRC93386



Natech-Unfälle

**Besondere Merkmale von Natech-Unfällen**

Naturereignisse wie Erdbeben, Überschwemmungen, Blitzschlag, Erdbeben usw., die auf Chemieanlagen einwirken, können zum Austritt von Stoffen aus der Umschließung (Loss of Containment - LOC) und zur Freisetzung von Gefahrstoffen sowie zu Bränden und Explosionen führen. Diese Ereignisse können Auslöser mehrfacher und gleichzeitiger ausgedehnter LOC-Ereignisse sein, Sicherheitsbarrieren und kritische Infrastrukturen (Lifelines) zerstören und schwierige Rahmenbedingungen für die Bekämpfung schaffen. Diese sogenannten „Natech“-Unfälle haben oftmals gravierende soziale, ökologische und ökonomische Folgen. Das Bewusstsein für diese Risiken wächst, und die Notwendigkeit ihrer Einbeziehung in die Verhütung und Begrenzung von Chemieunfällen wird allgemein anerkannt. Es bestehen jedoch weiterhin erhebliche Defizite im Hinblick auf die Minimierung des Natech-Risikos.

**Statistik**

In den EU-Mitgliedstaaten wurde eine Untersuchung des Stands der Natech-Risikominimierung anhand eines Fragebogens durchgeführt. In Abbildung 1 sind die verschiedenen Naturgefahren aufgeführt, die in den Jahren 1990-2009 (über die fünf Länder im Rahmen der Untersuchung berichteten) Ursache von Natech-Unfällen waren. Wie ersichtlich, gehörten Blitzschlag, Hochwasser und niedrige Temperaturen zu den häufigsten Unfallursachen. Bemerkenswert ist, dass die meisten zu Natech-Unfällen führenden Naturgefahren bereits in den Gesetzen, Vorschriften und Leitlinien für die Verhinderung von Chemieunfällen berücksichtigt sind.

Anmerkung: Die ausgewählten Fälle enthalten auch eine Reihe von Lehren, die nur zum Teil in diesem Bulletin wiedergegeben sind. Das Bulletin befasst sich mit den Fällen, die für dieses Thema besonders interessant erscheinen, jedoch mit der Einschränkung, dass nicht immer Einzelheiten über den Unfall vorliegen und die gezogenen Lehren auf den Rückschlüssen aus der vorliegenden Beschreibung basieren. Die Verfasser danken den Ländervertretern, die mit ihren Ratschlägen zur Verbesserung der ausgewählten Fallbeschreibungen beitrugen.

Legende: Earthquake = Erdbeben; Heat = Hitze; Landslide = Erdrutsch; Storm (wind) = Sturm (-wind); Rain = Regen; Low temperature = niedrige Temperatur; Flood = Überschwemmung; Lightning = Blitzschlag; Number of accidents reported = Insgesamt berichtete Unfälle.

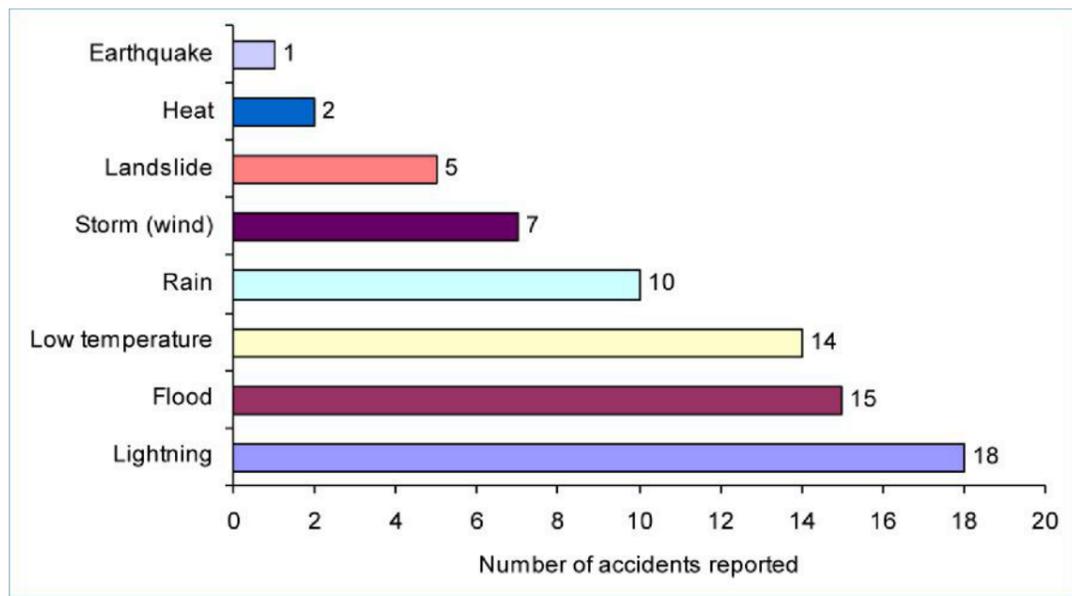


Abbildung 1: Natürliche Auslöseereignisse der von den antwortenden Ländern im Rahmen dieser Untersuchung berichteten Natech-Unfälle.

**Andere Natech-Risiken**

**Erdbeben**

Erdbeben verursachen Schäden in Industriebetrieben durch unmittelbare Erschütterungseinwirkung oder durch Geländeverformungen (aufgrund von Bodenverflüssigung), die sich auf Bauwerke in anfälligen Gebieten auswirken können. Bauliche Erdbebenschäden ohne anschließenden Gefahrstoffaustritt stellen keine unmittelbare Gefahr für die Sicherheit dar, doch der entstehende wirtschaftliche Schaden kann enorm sein. Zu den häufigsten Schäden in dieser Kategorie gehören Elefantenfußbeulen oder rautenförmige Deformationen, Dehnungen oder Schraubenablösungen sowie Verformungen oder Brüche von Stützpfählen und Tragwerken. Kleinere oder größere erdbebeninduzierte Freisetzungen können durch ein Versagen von Flanschen und Rohrverbindungen sowie durch Schäden an Tankwänden oder -dächern bedingt sein; umgekippte oder geborstene Tanks hingegen führen unweigerlich zu massiven Freisetzungen.

Während eines schweren Erdbebens entwich in einer Chemie-Großanlage Acrylnitril aus einem beschädigten Tankdach in die Luft und in die Umschließungen von zwei weiteren Tanks, an deren Sockel Rohrleitungen brachen. Ein Großteil des Acrylnitrils floss über die Umschließungswände und gelangte als Oberflächenabfluss über den Entwässerungskanal ins Meer. Da die betonierten Umschließungswände während des Erdbebens gerissen waren, sickerten größere Stoffmengen in den Boden und erreichten den küstennahen Grundwasserleiter unterhalb des Standorts.

- In Gebieten, die für Naturgefahren besonders anfällig sind, müssen die mit den Auswirkungen dieser Gefahren verbundenen Risiken im anlageninternen Notfallplan berücksichtigt werden. Eine weitere Anforderung ist die Erstellung eigenständiger Notfallpläne, die sich nicht auf die Verfügbarkeit externer Infrastrukturen und Bekämpfungsressourcen stützen.

[eNatech-Unfall #2]

Ähnliche Unfälle: eNatech #44 #49 #50 und #51



Abbildung 4: Das LPG-Tanklager in der Raffinerie Chiba nach den erdbebenbedingten Bränden und Explosionen (Google 2012, ZENRIN)

**Flutwellen/Tsunamis**

Tsunamis sind nach Erdbeben oder Erdrutschen entstehende riesige Flutwellen. Durch die damit verbundenen hydrodynamischen und hydrostatischen Kräfte sowie durch Trümmereinwirkung kann es zu einem Anheben und Verschieben oder Umkippen und Bersten von Tanks und Rohrleitungen und den Bruch von Rohrverbindungen und Abriss von Ventilen kommen. Das eindringende Wasser kann die Tankfundamente unterspülen oder die elektrischen Leitungen beschädigen. Außerdem können sich ausgelaufene brennbare Stoffe mit dem Tsunamiwasser großflächig verteilen und aufgrund der situationsbedingt hohen Zündwahrscheinlichkeit ausgedehnte Brände verursachen.

Eine heftige Flutwelle verursachte eine Vielzahl von Rohrbrüchen und zahlreiche kleinere Kohlenwasserstoffaustritte aus Rohrschlüssen, als sie eine küstennahe Raffinerie überrollte. Die ausgetretenen Stoffe entzündeten sich und lösten einen Großbrand aus, der auf drei mit Schwefel, Bitumen und Benzin gefüllte Tanks übergriff und weite Teile der Raffinerie zerstörte.

- In den Fällen, in denen Flächennutzungsbeschränkungen für Altanlagen schwierig umzusetzen sind, sind zusätzliche Präventiv- und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz gefährlicher Betriebe vor Tsunamis erforderlich.

[eNatech-Unfall #21]



Abbildung 5: Ausgebrannte Tanks in der einem Tsunami überrollten Raffinerie Sendai (Bildrechte: C. Scawthorn)

**(Fortsetzung von Unfall 3)  
Pharmazeutische Anlage**

**Gezogene Lehren**

- Hochwasser kann auch in Gebieten auftreten, die nicht als hochwassergefährdet gelten; deshalb ist eine frühzeitige Warnung für die Aufstellung der Krisenstäbe und die Organisation der gesamten Rettungseinsätze von entscheidender Bedeutung.
- Einige Anlagenteile wurden erheblich beschädigt. Deshalb muss unbedingt verhindert werden, dass wichtige Geräte oder Laboreinrichtungen mit Wasser in Kontakt kommen. Außerdem sollten Chemikalien, die heftig mit Wasser reagieren, an einem über dem Höchstwasserstand sämtlicher Hochwasserszenarien liegenden Ort gelagert oder durch Wälle geschützt werden.
- Betreiber sollten Vorsorge für eine mögliche Überflutung ihrer Anlage bei Starkregen treffen. Es sollten gezielte Anstrengungen unternommen werden, um frühere extreme Hochwasserereignisse immer wieder ins Bewusstsein zu bringen. Auch Gebiete, die nicht als hochwasseranfällig ausgewiesen sind, können bei extremen Starkregenfällen überflutet werden.

[eNatech-Unfall #36]

**Unfall 4**

**Überflutung einer Raffinerie nach Starkregen**

Nach tagelangen wolkenbruchartigen Regenfällen lief ein Damm über und setzte die Anlagen einer Raffinerie im Zentrum des Hafengebiets einer Stadt unter Wasser. Wegen des hohen Wasserstands, der an einer Stelle innerhalb der Anlage bis zu einem Meter betrug, wurde die Produktion eingestellt. Es kam zu einem heftigen Brand und zu mehreren Explosionen an Tanks, elektrischen Anlagen (Transformatoren) und Rohrleitungen. Nach vier Stunden brannte es im Gas- und im Rohölbereich der Raffinerie immer noch. Es dauerte 20 Stunden, bis das Feuer ganz gelöscht war. Zwei Menschen wurden getötet und vier verletzt. Der unfallbedingte hohe Sachschaden führte zur Schließung der Raffinerie und zur Einstellung der gesamten Produktion.

Die Brandserie war eine Folge der Überschwemmung, durch die Altöl aus dem Entwässerungssystem hochgedrückt wurde. Das auf der Wasseroberfläche treibende Altöl kam mit heißen Anlagenteilen in Berührung und entzündete sich; es entstanden mehrere Brände sowie Explosionen in Rohrleitungen und Elektrotransformatoren.

- Dieser Vorfall zeigt, dass Betreiber gefährlicher Einrichtungen die Einführung wirksamer Verfahren zur Verhinderung der raschen Ausbreitung brennbarer Flüssigkeiten durch Hochwasser prüfen sollten.
- Außerdem gilt es als gute Instandhaltungspraxis, stets dafür zu sorgen, dass die Abwasserrohre sauber sind und ein ungehindertes Abfließen des Wassers ermöglichen.

[eNatech-Unfall#41; ARIA Nr. 23637]

Ähnliche Unfälle: eNatech-Unfall #52 und #13

**Extreme Temperatur**

**Hohe Temperaturen**

Die Umgebungsbedingungen bei hohen Temperaturen begünstigen die Entzündung von im Freien gelagerten Stoffen. In Lagereinrichtungen einschließlich Eisenbahnwaggons kann es zu einem Druckanstieg kommen. Überdruckventile können verhindern, dass Einrichtungen oder Behälter explodieren.

**Unfall 5**

**Explosion von Druckgasflaschen**

**Unfallhergang**

Am 24. Juni 2005 fegte ein Feuer durch Tausende von Propengasflaschen in einer Gasumfüllanlage. Dutzende explodierender Flaschen wurden in die umliegende Gemeinde katapultiert, wo sie unweit von Privathäusern, Firmengebäuden und Pkws einschlugen und erheblichen Schaden und mehrere kleine Brände verursachten. Am Unfalltag herrschte in der Gegend eine Hitzewelle mit starkem Sonnenschein und Temperaturen von bis zu 36 °C.

**Ursachen**

Der Unfall war auf die hohe Außentemperatur und den niedrigen Ansprechwert der Überdruckventile (PRV) der Gasflaschen zurückzuführen. Zudem stellte sich heraus, dass die Einstellung der Druckentlastungsvorrichtung (PRD) für die Gasentlüftung weit unter dem empfohlenen Ansprechwert lag, was bei hohen Temperaturen problematisch sein kann. Außerdem besteht bei hohen Temperaturen und direkter Sonneneinstrahlung die Gefahr einer Selbstentlüftung der Gasflaschen über ihr Überdruckventil. Es wird vermutet, dass dies auch hier der Fall war, und dass ein Dominoeffekt entstand, der die Ausbreitung des Feuers auf alle anderen Flaschen ermöglichte. Durch die Selbstentlüftung kam es zur Freisetzung von Gas, das bei Entzündung zur Erwärmung und Selbstentlüftung der umliegenden Flaschen führen kann.

**Wichtige Feststellungen**

- Die Untersuchung zeigte, dass Rückgabeflaschen durch direkte Sonneneinstrahlung und die Wärmeabstrahlung des Asphaltpflasters aufgeheizt wurden und dass sich diese Flaschen, die weniger Gas enthalten als volle, schneller erhitzen als die vollen Flaschen. Mit steigender Erwärmung der Flaschenwände erhöhte sich der Innendruck, was dazu führte, dass sich das Überdruckventil der Flasche öffnete und Propen entwich.
- Das Unternehmen unterteilte das Flaschenlager in Bereiche für „volle“ und für „leere“ oder „Rückgabe-“ Flaschen. Der Rückgabebereich, in dem das Feuer entstand, ist für nachzufüllende Rückgabeflaschen bestimmt, die bei der Rückgabe nicht immer leer sind.
- Für Druckbehälter wie Propengasflaschen gilt ein bestimmter „Ansprechwert“ - der sogenannte Sollruck für den Flascheninhalt. Es stellte sich heraus, dass im vorliegenden Fall die Ansprechwerte der Druckentlastungsvorrichtung für Propen zu niedrig lagen, sodass bei heißem Wetter Gas austreten konnte, und zwar weit unterhalb des Drucks, der die Flaschen beschädigt hätte. Aus verschiedenen anderen Gründen (möglicherweise konstruktionsbedingt) begann an einigen Ventilen bereits Gas zu entweichen, bevor der Druck den Ansprechwert erreicht hatte.

- Hinzu kam vor allem, dass einen Monat zuvor in einem Betrieb derselben Mutterfirma drei ähnliche Unfälle passiert waren und dass die Mutterfirma längst etwas gegen diese Gefahrensituationen hätte unternehmen müssen.

**Gezogene Lehren**

- In Betrieben, die mit Propengasflaschen hantieren, wächst bei hohen Umgebungstemperaturen die Gefahr eines Brandes. Durch Einführung bewährter Praktiken für die Lagerung und Behandlung von Propengasflaschen kann diese Gefahr minimiert werden.
- Durch Änderung der aktuellen Praxis und durch Erhöhung der Spanne zwischen dem niedrigsten Überström-Öffnungsdruck und dem Dampfdruck von Propen verringert sich die Gefahr einer vorzeitigen Entlüftung, auch bei Nichtbefolgung der bestmöglichen Praxis.
- Aus Gründen der Schadensbegrenzung sollten Sprühflutanlagen oder ortsfeste Spritzdüsen zum Abkühlen der Flaschen im Brandfall installiert werden.
- Flaschen mit brennbarem Gas sollten vor Witterungseinflüssen geschützt werden. So könnten sie zum Schutz vor direkter Sonneneinstrahlung unter einem Schutzdach gelagert werden.
- Die Druckentlastungsventile sollten regelmäßig überprüft werden, und die Sicherheitsnormen sollten aufgrund der Vielzahl früherer Unfälle aktualisiert werden.

**Weitere Informationen:**

<http://www.csb.gov/praxair-flammable-gas-cylinder-fire> **Ähnliche Unfälle berichtet von CSB: Air liquide, Phoenix, Arizona – Juni 1997; Airgas, Tulsa, Oklahoma – August 2003; Praxair, Fresno, Kalifornien – Juli 2005.**

**Unfall 6**

**Explosion und Brand von Containern**

Am 11. Juli 2011 kam es in einem Marinestützpunkt zur Explosion von Sprengstoffbehältern. Dabei wurden 13 Personen getötet und über 60 verletzt. Die Explosion folgte auf ein eineinhalb Stunden vorher ausgebrochenes Feuer. Zu den Todesopfern der Explosion zählten vier Marineangehörige sowie sechs zivile Feuerwehrkräfte, die den zur Explosion führenden Kleinbrand bekämpft hatten. Im weiten Umkreis des Explosionsorts entstand erheblicher Schaden. Das benachbarte Kraftwerk wurde schwer beschädigt, und die Stromerzeugungskapazität des Landes sank auf rund 60 % der sommerlichen Bedarfsspitzen. Offensichtlich hatten auf dem Marinestützpunkt 98 Sprengstoffbehälter zweieinhalb Jahre in der Sonne gestanden. Eines Tages war durch große Hitze ein Buschfeuer entstanden, das auf den Stützpunkt übergiff, in dem die Behälter im Außenbereich gelagert waren. Möglicherweise setzte das Buschfeuer in der Anlage aufbewahrte Behälter mit beschlagnahmtem Schießpulver in Brand.

• Mitverantwortlich für den Unfall könnten die hohen Temperaturen gewesen sein. Der Betreiber erkannte die latente Gefahr nicht. Außerdem wurden in dem Marinestützpunkt Sprengstoffe zwei Jahre lang unbeaufsichtigt und ohne regelmäßige Kontrolle gelagert. Und es stellte sich heraus, dass die Feuerwehrleute ohne genaue Kenntnis der in den Behältern befindlichen Explosivstoffe mit dem Löschen begannen.

[eNatech-Unfall #30 ; ARIA Nr. 40877]

**Extreme Temperatur**

**Niedrige Temperaturen**

Auch extrem niedrige Temperaturen oder anhaltende Kälteperioden können die Gefahr eines Unfalls erhöhen. Extreme Niedrigtemperaturen können Rohrleitungen zum Einfrieren und Platzen bringen, insbesondere wenn Heizgeräte nicht genügend Wärme zum Ausgleich der niedrigen Temperaturen liefern. Das kann dazu führen, dass sich das in der Rohrleitung befindliche Produkt zusammenzieht und die Leitung aufgrund des Druckanstiegs beim Abschmelzen platzt. Sich bildendes Eis kann durch sein Gewicht Strukturschäden an technischen Einrichtungen und den Bruch von Rohrleitungen verursachen.

**Unfall 7**

**Allgemeine Herstellung von Chemikalien**

**Unfallhergang**

In einem Chemiewerk wurde der Austritt von Cyclohexan entdeckt, verursacht durch einen Druckabfall in der Zuleitung einer Produktionsanlage. Der Stoff wurde bei 20 °C und 2 bis 3 bar über isolierte über- oder unterirdische Rohrleitungen zugeführt. Ursache des Austritts war der Bruch einer Rohrleitung (DN 50 mm) aufgrund der Ausdehnung von flüssigem Cyclohexan im oberirdischen Teil der Rohrleitung zwischen zwei Blockaden aus kristallisiertem Cyclohexan. Die Lokalisierung des Lecks, das nur durch Verfolgen der Geruchsspur aufzuspüren war, nahm 30 Stunden in Anspruch. Das führte dazu, dass 1.200 Tonnen Cyclohexan freigesetzt wurden und enormer Umweltschaden sowie wirtschaftlicher Schaden für das Unternehmen entstand.

**Ursachen**

Am fraglichen Wochenende Mitte Dezember herrschten ständig wechselnde Temperaturen. Mangels einer funktionierenden Temperaturregelung in der Leitung bewirkten die Temperaturschwankungen ein Ausdehnen und Zusammenziehen des Cyclohexans. Durch den Ausfall der Rohrbegleitheizung (T < 6.5 °C) kam es zu Verblockungen im Rohrinne. Schließlich platzte das Zweigrohr (DN 50 mm) am Dehnungsbogen, und es entstand ein etwa handtellergroßes Loch. Der Dehnungsbogen war aufgrund seiner Form und Lage über dem Pipeway (dem Graben mit den Rohrleitungen) den Temperaturschwankungen am stärksten ausgesetzt (vgl. Abbildung 3).

**Wichtige Feststellungen**

- Bedingt durch die eisigen Temperaturen Anfang Dezember 2002 verfestigte sich das Cyclohexan in der Rohrverzweigung. Die ausgeprägten Temperaturschwankungen verursachten eine Ausdehnung/Schrumpfung des Cyclohexans, die zum Bruch der Rohrleitung beitrug.
- Die DN-50mm-Rohrverzweigung stand auch bei Nichtgebrauch ständig offen, und nur das Einlassventil zur Adiponitril(ADN)-Anlage war geschlossen.
- Die Austrittsstelle des Cyclohexans wurde anhand des Geruchs geortet; das lässt darauf schließen, dass in der Rohrleitung keine Überwachungstechnik implementiert worden war.

(Fortsetzung auf der Rückseite...)

(Fortsetzung Unfall 7)  
Allgemeine Herstellung von Chemikalien

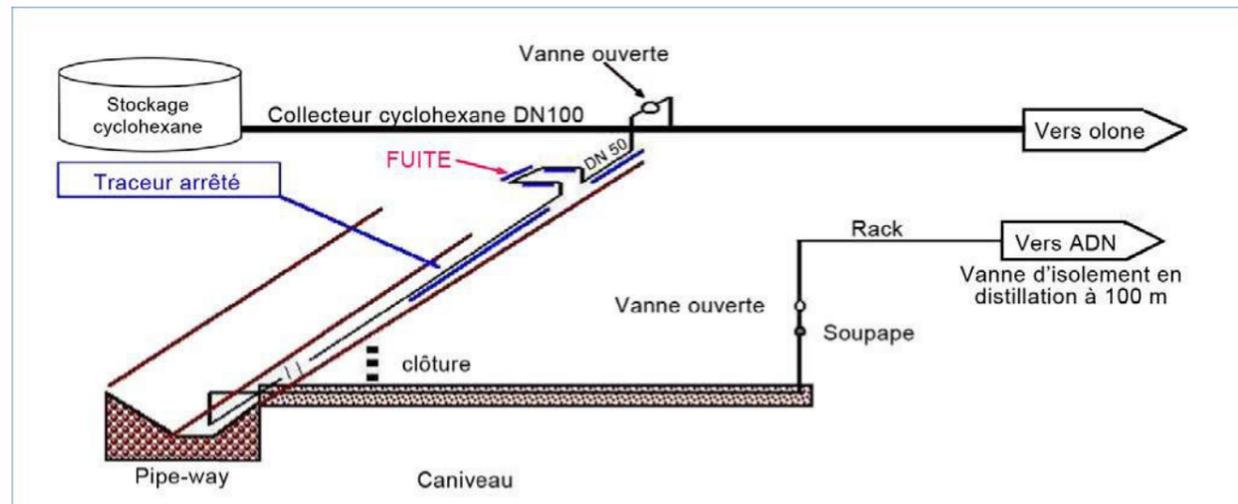


Abbildung 3: Der betroffene Prozessbereich (Quelle: ARIA Nr. 23839)

Gezogene Lehren

- Betreiber müssen die physikalischen Eigenschaften der in ihrer Anlage verwendeten Gefahrstoffe, z. B. die Verfestigungsneigung bei extremer Kälte, kennen. Diese Faktoren sollten in der HAZOP oder anderen Untersuchungen des Gefährdungspotenzials für den betroffenen chemischen Prozess berücksichtigt werden. (Vgl. auch Unfall bei Chemie-Pack unter [http://www.onderzoeksraad.nl/uploads/items-docs/1805/Rapport\\_Chemie-Pack\\_EN\\_def.pdf](http://www.onderzoeksraad.nl/uploads/items-docs/1805/Rapport_Chemie-Pack_EN_def.pdf)). Außerdem sollten Betreiber bei zu erwartenden starken Schwankungen der Außentemperatur die damit verbundenen potenziellen Gefahren ermitteln.
- Der Cyclohexanaustritt wurde am Geruch erkannt. Der alleinige Verlass auf den Geruch ist keine empfehlenswerte Praxis für Standorte, an denen größerer Gefahrstoffmengen gelagert sind. Bei Gefahrstofffreisetzungen ist die schnelle Erkennung eine wesentliche Voraussetzung für ein sofortiges Eingreifen des Betriebspersonals in einer Notfallsituation.

[eMARS-Unfall #414; eNatech-Unfall #25 und ARIA Nr. 23839]

Unfall 8

Kesselwagen mit Butadien kollabiert

Ein leerer (nicht entgaster) Butadien-Kesselwagen wurde in einem Rangierbahnhof vorübergehend angehalten. Aufgrund der niedrigen Umgebungstemperatur (-17 °C) verflüssigte sich die Gasphase des Butadiens (Siedetemperatur -4,4 °C), und es kam zu einem relativen Druckabbau in dem Behälter, bevor er kollabierte. Das Einpumpen von Stickstoff in den nicht entgasten Kesselwagen – ein übliches Verfahren zur Vermeidung eines Druckabfalls während einer Kälteperiode – war unterblieben.

- Ungeachtet der Tatsache, dass in den meisten Ländern für Rangierbahnhöfe andere Normen gelten als für Industriebetriebe, ist es unbedingt erforderlich, dass bei extremer Kälte entsprechende Vorkehrungen getroffen werden. Außerdem sollten in Betriebsvorschriften oder Transportbestimmungen auch extreme Witterungsbedingungen berücksichtigt werden.

[ARIA Nr. 39508]

Unfall 9

Feuer in Flüssiggasanlage

In einer Produktionsanlage für flüssiges CO<sub>2</sub> kam es beim Befüllen von einer von vier vertikalen Speichersäulen zu einer sog. BLEVE-Explosion (Dampfexplosion einer expandierenden siedenden Flüssigkeit). Aufgrund des Dominoeffekts explodierte eine zweite Speichersäule, und eine dritte wurde in das 30 Meter entfernte Labor geschleudert. Fünf Mitarbeiter waren auf der Stelle tot. Die durch die BLEVE-Explosion erzeugten Geschosse waren für vier weitere Todesfälle verantwortlich; 15 Personen wurden verletzt.

Mögliche Explosionsursache war ein Überfüllzustand aufgrund eines eingefrorenen Pegeldetektors (nicht vollständig aus dem CO<sub>2</sub> extrahiertes Wasser gefror). Außerdem war der Verbundwerkstoff der zwei explodierten Tanks nicht an Tieftemperaturanwendungen angepasst.

- Bei Verwendung von niedrigtemperaturempfindlichen Bauteilen wie etwa diversen mechanischen Vorrichtungen, Sensoren oder Notfall-Einsatzrüstungen ist eine regelmäßige Überwachung erforderlich.

Weitere Informationen: [http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/wp-content/uploads/2013/08/flash\\_intense\\_cold\\_nov2012.pdf](http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/wp-content/uploads/2013/08/flash_intense_cold_nov2012.pdf) und CSB (US Chemical Safety Board) Propane Fire at Valero Refinery in Surray, Texas <http://www.csb.gov/valero-refinery-propane-fire/>.

Unfall 2

Gewitter in einer Raffinerie

Infolge eines Gewitters kam es in einer Raffinerie zu einer massiven Unterbrechung der Stromversorgung, die zum Versagen der Rücklaufkühlung in einer Destillationskolonne der Selektivhydrieranlage führte. Der erste Ausfall der Rücklaufpumpe wurde bemerkt, und die Pumpe startete neu, doch ein zweiter blieb unbemerkt. Die Dampfzufuhr zum Kolonnen-Reboiler stand auf Handbetrieb; daher schaltete sie nicht ab, und der Druck in der Kolonne nahm zu. Da die Drucksicherheitsventile zum Schutz der Anlage vor Überdruck nicht ordnungsgemäß funktionierten, entstand ein Überdruck innerhalb der Kolonne und im Überkopfsystem. Es kam zum Austritt einer größeren Gasmenge in die Atmosphäre, nachdem an mehreren Stellen die Dichtungen versagt hatten (Quelle: SafeWork Australia).

- Blitzeinschläge in die Stromversorgung können indirekt zu Stoffaustritten aufgrund von Prozessstörungen führen. Dies sollte bei der Abschätzung des anlageninternen Risikos berücksichtigt werden. Außerdem sollten möglicherweise betroffene sicherheitsrelevante Komponenten entsprechend bewertet werden.

Ähnliche Unfälle: eMARS-Unfall # 483, eNatech-Unfall #47 und #18; ARIA Nr. 40953;

<http://www.hse.gov.uk/comah/sragtech/casetexaco94.htm>

Starkregen und Hochwasser

Starkregen hat in mehreren Fällen dazu geführt, dass Tankdächer versanken und der Tankinhalt der Luft ausgesetzt wurde. Hinzu kommt, dass bei ungenügender Wasserabführung oder erhöhtem Grundwasserspiegel Standorte überflutet werden können. Außerdem kann Starkregen die Folgen von Leckagen verschärfen, da er als Transportmittel für die Verteilung der freigesetzten Stoffe dienen kann. In manchen Fällen kann die freigesetzte Menge das Fassungsvermögen der Sekundärumschließung überschreiten (insbesondere in Verbindung mit einer lokal begrenzten Überschwemmung). Deshalb müssen ggf. Tertiärmaßnahmen in Betracht gezogen werden wie z. B. ein Abflusskanal zu einem abgeschlossenen und umfriedeten Lagerort, um zu verhindern, dass freigesetzte Stoffe (oder verunreinigtes Wasser) in anliegende Gewässer oder in die öffentliche Kanalisation gelangen.

Besonders bedenklich ist bei massiven Überflutungen die Lageverschiebung von Anlageteilen durch Auftrieb und Wasserdruck, da sie zur Verformung oder zum Bruch der Verbindungen zwischen Rohrleitung und Anlage oder zu Leitungsbrüchen führen kann.

Zu den möglichen Folgen von Hochwassern gehören insbesondere folgende:

- Hochwasser kann zu kleineren Lecks und in manchen Fällen zu schwerwiegenden Bruchschäden und anhaltenden Freisetzungen führen.
- Der Druck des Hochwassers kann so hoch sein, dass ein Tank kollabiert oder implodiert und der gesamte Inhalt sofort freigesetzt wird.
- Im Wasser treibende Objekte können gegen Anlageteile prallen und Lecks oder Risschäden verursachen.

Unfall 3

Pharmazeutische Anlage

Unfallhergang

Nach einer Starkregenphase (ca. 300 mm Niederschlag zwischen 31. Oktober und 2. November mit einem dreistündigen Wolkenbruch) kam es aufgrund unzureichender Wasserabführung aus dem Einzugsgebiet der Industriezone zu einer Überschwemmung. Der Wasserstand lag auf dem gesamten Gelände bei 20 cm bis 1 m. Da die Produktion lief, schlugen die Mitarbeiter Alarm, noch bevor sie den Anstieg des Wasserspiegels in der Anlage bemerkten.

Am 2. November, einem Sonntag, löste der Betreiber gegen 4:00 Uhr früh den internen Notfallplan aus und richtete ein Krisenmanagementzentrum mit sechs Bereichen (Intervention, Kommunikation, Technik, Operation und Logistik) ein. Er bemühte sich mit erheblichem Aufwand, Geräte und Material hoch- oder umzulagern, die (aus sicherheitstechnischer und finanzieller Sicht) wichtigsten Chemikalien vor dem Wasser zu schützen, Produktionsprozesse anzuhalten und einen sicheren Grundzustand herbeizuführen (Phasen der sicheren Bereitschaft entsprechend den Sicherheitsnachweisen chemischer Reaktionen mit Ausnahme eines Reaktors in der Aufwärmphase, der vor dem Ausschalten gekühlt werden musste) und Stromunterbrechungen einzuplanen, bevor das Wasser empfindliche Anlagen erreichen konnte. Die Chemieanlage wurde komplett überflutet. Bei einem Wasserstand von 0,2 bis 1 m hielten sich die Schäden innerhalb der Anlage dank des schnellen Eingreifens des Betreibers in Grenzen. Insgesamt jedoch waren die durch die Überschwemmung verursachten Wasserschäden an einigen Anlagen und in manchen Gebäuden erheblich.



Abbildung 2: Der betroffene Standort (Quelle: ARIA Nr. 35426)

Ursachen

Die starken Regenfälle der Vortage führten zur Überflutung des Standorts. Die betroffene Zone befand sich nicht in einem Überschwemmungsgebiet, doch da der Standort in einer natürlichen Senke lag, wurde er trotz der Niveauerhöhung beim Bau des Standorts (von 0,8 auf 1,5 m) überflutet. Die Überflutung war auf die unzureichende Wasserabführung aus dem Einzugsgebiet der Industriezone während des kurzzeitigen Platzregens zurückzuführen.

Wichtige Feststellungen

- Die Zone war nicht als überschwemmungsgefährdetes Gebiet ausgewiesen, obwohl bereits fünf Jahre vor dem Ereignis eine Überschwemmung geringeren Ausmaßes stattgefunden hatte. Der damalige Wasserstand hatte 662,20 m erreicht (Standorhöhe 662,50 m), während am Tag des Ereignisses ein Wasserstand von 663 m erreicht wurde.