

Alterungsbedingte schwere 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

Alterung ist ein Phänomen, das in allen Unternehmen der chemischen Prozessindustrie weltweit zu finden ist. Manchmal wird fälschlicherweise angenommen, dass Alterung etwas damit zu tun hat, wie alt der Betrieb oder die Betriebsanlagen sind. Alterung hat bei Chemieanlagen eine umfassendere Bedeutung, die weit über das Korrosionsmanagement hinausgeht. Alles, was mit einer Betriebsstätte und ihren verschiedenen Prozessen zusammenhängt, kann altern - nicht nur die Technik, sondern auch Menschen und Verfahren.

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.

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.

Unfall 1: Durch Kavitation erzeugte Vibrationen

Unfallhergang

In einer Produktionsanlage für Spezialgummi kam es zum Austritt von Hexanflüssigkeit aus dem Auslaufflansch einer Pumpe im laufenden Betrieb. Der Hexandampf entzündete sich aufgrund von Funkenbildung durch elektrostatische Entladung, und es entstand ein Feuer. Offensichtlich hatte sich der Flansch aufgrund von Vibrationen an der Pumpe gelockert. Zum Zeitpunkt des Unfalls wurden auf dem Betriebsgelände Routinearbeiten durchgeführt. Dazu gehörte auch die Überführung einer Hexanlösung aus einem Sammelbehälter für nicht umgesetztes Ausgangsmaterial zum Waschprozess durch den Auslass des ersten Pumpenflanschs. Die austretende Hexanlösung entzündete sich und geriet in Brand. Der Kostenaufwand für Sanierung und Produktionsausfall war beträchtlich.

Ursachen

Unfallursache war ein loser Flansch, aus dem entzündlicher Stoff entwich. Eine unentdeckte Kavitation in der Pumpe verursachte bei Betrieb heftige Vibrationen, die den Flansch lockerten. Als mögliche Zündursache galt die Aufladung des Hexans beim Herausspritzen aus dem Flansch und die nachfolgende elektrostatische Entladung. Der Hexandampf entzündete sich und geriet in Brand.

Wichtige Feststellungen

- Die Untersuchung ergab, dass Pumpenvibrationen den Flansch lockerten. Die Ursache der Kavitation blieb bei der Ursachenzuschreibung ungeklärt. Möglicherweise war sie auf Alterung (natürliche Abnutzung, Korrosion) oder

auf einen Konstruktionsfehler zurückzuführen. Allerdings hätte eine Vibration, die stark genug war, um einen Flansch zu lockern, lange vor dem Unfall Anlass zur Sorge geben müssen.

- Es wurde überlegt, ob die Vibration durch einen die Pumpe passierenden unlöslichen Polymerklumpen – eine an der Rohrwandung entstandene stoffliche Anomalie – verstärkt worden sein könnte. Außerdem verband ein Reduzierstück einen 3-Zoll-Flansch (~75mm) an der Abgabepumpe mit einem 6-Zoll-Rohr (~150mm). Die Lockerung dieses Flanschs könnte durch die zusätzliche Vibrationsbelastung des Rohrs beschleunigt worden sein.

Gezogene Lehren

- Vibrierende Anlagenteile können die Gefahr von Spannungsrissen oder Fugenbildung aufgrund von locker sitzenden Schnittstellen erhöhen. Sie alle sind mögliche Leckagequellen, die unerkannt zu Unfällen führen können. Vibrierende Bauteile, insbesondere Pumpen, die anlagenweit in vielen Prozessen zu finden sind, bedürfen besonderer Beachtung. Zu den Maßnahmen, die eine Minimierung potenzieller Risiken ermöglichen können, gehören regelmäßige Kontrollen nach geltenden technischen Normen oder innerbetrieblicher Praxis unter besonderer Berücksichtigung von Rohrleitungen mit kleinem Querschnitt (ermüdungsanfällig), der Einbau eines Vibrationsmonitors zur Erkennung und Lokalisierung von anormalen Vibrationsmustern sowie andere verfügbare Maßnahmen in Leitlinien zu Vibrationen aus zahlreichen Quellen.

(Fortsetzung siehe nächste Seite...)

(Fortsetzung Unfall 1)

Durch Kavitation erzeugte Vibrationen

- Der Betreiber sollte sich der Gefahr der Bildung und Implosion von Dampfblasen in Fluiden (Kavitation), insbesondere in Rohrleitungen und an Schnittstellen zu anderen Rohrleitungen und Behältern, bewusst sein. Verstopfungen an der Saug- oder Druckseite können zu Druckschwankungen im Pumpeninnern führen.

[<http://www.sozogaku.com> Vgl. auch: EMARS-Unfall #395 und #507; ARIA Nr. 19423 ARIA: The effects of time on industrial facilities, unter: <http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/>]

Unfall 2

Zersetzung von Beton

Unfallhergang

Am 4. Februar 2005 kollabierte ein mit 16.300 Tonnen 96%iger Schwefelsäure gefüllter Speichertank. Der gesamte Tankinhalt ergoss sich in die Tankumwallung und gelangte von dort in das nahegelegene Hafenbecken. Die Umweltfolgen des Unfalls waren erheblich. Die ausgetretene Schwefelsäure hatte gravierende Auswirkungen auf die örtliche Pflanzenwelt im Innenhafen und an den tiefsten Stellen des Hafenbeckens und der Hafeneinfahrt. Als die Schwefelsäure das Salzwasser erreichte, kam es zu einer exothermischen Reaktion. Es bildete sich eine Dampfwolke aus Chlorwasserstoff, die mit dem Wind nordwärts an der Küste entlangtrieb. Glücklicherweise wehte der Wind in Richtung Meer und weg von dicht besiedelten Gebieten, und die Wolke löste sich sehr rasch auf. Nach dem Unfall verblieben etwa 2.000 Tonnen verunreinigte Schwefelsäure innerhalb der Tankumwallung. Außerdem wurde der Boden auf einer Fläche von rund 100.000 m² rund um den Austrittsort mit Säure durchtränkt.

Ursachen

Ursache dieses Unfalls war eine Leckage an einer vor über vierzig Jahren in die Erde verlegten Kühlmittelleitung aus Stahlbeton, die zu einer Entfestigung des Bodens unter dem Tanklager führte. Offensichtlich drang Wasser aus dem Rohr ins Erdreich ein und wusch den Boden rund um den Schwefelsäuretank aus. Auch das Erdreich unter dem Tank wurde ausgewaschen, sodass dieser schließlich aufgrund der fehlenden Unterstützung des Tankbodens in sich zusammenbrach. Ein Blick auf den betroffenen Abschnitt der Kühlmittelleitung lässt erkennen, dass die Korrosion die Folge eines Säureangriffs auf den Beton war.

Wichtige Feststellungen

- Das Schadensbild zeigt, dass die Säureexposition über einen längeren Zeitraum hinweg anhielt. Allerdings war es nicht möglich, die genaue Dauer der Exposition zu bestimmen.



- Die Rohrleitung war seit Jahren in Betrieb, und der Betreiber hatte keine Ahnung, dass sie stark geschädigt war. Die Untersuchung der Leitung nach dem Unfall ergab kaum bzw. keine Hinweise auf eine Innenkorrosion, dafür aber Hinweise auf eine starke Außenkorrosion des Betons. An manchen Stellen war der Beton so stark korrodiert, dass der Bewehrungsstahl frei lag.
- Nach der deutschen Industrienorm (DIN) 4030 (entspricht der europäischen Norm (EN) 260) ist eine Betonaggressivität von „stark angreifend“ bei einem pH-Wert des Umgebungswassers von < 5.5 und von „sehr stark angreifend“ bei einem pH-Wert von < 4.5 gegeben. Fünfzehn Jahre vor dem Unfall wurde in dem Gebiet eine Prüfung auf Bodenverunreinigungen durchgeführt, bei der eine der Probenahmestellen in der Nähe der defekten Kühlmittelleitung lag. Der gemessene pH-Wert im oberflächennahen Grundwasser lag an dieser Stelle bei 4. In Kenntnis dessen kam das Unternehmen zu dem Schluss, dass bei diesem pH-Wert die Gefahr eines starken Säureangriffs auf den Beton bestand.

Gezogene Lehren

- Die unregelmäßigen Korrosionserscheinungen auf der Außenseite der Rohrleitung lassen sich möglicherweise durch die Tatsache erklären, dass sie teilweise unter Grundwassereinfluss stand. In diesem Milieu kann die Säure die Betonbarriere leichter überwinden, und die entstehenden Reaktionsprodukte (Gips) sind leichter löslich. Demnach war die Betonbarriere hier nicht so wirksam wie in dem in trockenerem Untergrund verlaufenden Teil der Rohrleitung. Daher sollten für grundwasserexponierte Betonrohrleitungen wegen des größeren Risikos, mit Grundwasser in Berührung zu kommen, besondere Schutzmaßnahmen sowie eine regelmäßige Überwachung und Sichtkontrolle vorgesehen werden.
- Ebenso sollten erdverlegte Rohrleitungen, die Fundamente gefährden können, regelmäßigen Sichtprüfungen und Messungen unterzogen werden.
- Für Rohrleitungen, die der vermehrten Gefahr einer Zersetzung (Degradierung) ausgesetzt sind oder bei denen eine starke Degradierung gravierende Folgen haben könnte, bieten sich mehrere Strategien an. So können die Rohrleitungen z. B. regelmäßig (vor Ort) auf Stabilität geprüft und hydraulisch kontrolliert werden. Alternativ könnte eine oberirdische Verlegung der Rohrleitung in Betracht gezogen werden. Die Rohrleitung könnte mit einer Ummantelung versehen werden, insbesondere dann, wenn durch ein Leck Schäden in der Umgebung bzw. durch Druckeinwirkung und Bodenverformung Schäden an der Rohrleitung entstehen können.

[EMARS-Unfall # 666 Vgl. auch: <http://www.havkom.se/>

Ähnlicher Unfall: <http://www.hse.gov.uk/comah/alerts/ong013.pdf>

Vgl. auch: IChemE Loss Prevention Bulletin Nr. 195, Seite 22-27.]

Legende: Ring Beam of concrete = Betonringanker; Concrete pipe = Betonrohr.



Abb. 1 und 2: Der geborstene Tank und die unterirdische Rohrleitung (Quelle: Bericht der schwedischen Unfalluntersuchungsbehörde).

Alterungsbedingte schwere Unfälle

Unfall 3

Verschlechterung des Anlagenzustands

Unfallhergang

In einer Fabrik zur Herstellung von Initialsprengstoff für elektrische Zünder kam es in einem Granulattrockner zu einer Explosion. Diazodinitrophenol, ein Initialsprengstoff für elektrische Zünder, explodierte in einem Trocknungs- und Granulierungsprozess. Die Explosion verursachte Schäden an Montagebändern und Glasschäden im Betriebsgebäude. Da die von der Explosion betroffene Anlage normalerweise im automatischen Betrieb lief und niemand dort arbeitete, gab es keine Verletzten. Die Sprengstoffherstellung wurde von Werkmitarbeitern per Fernbedienung von außen gesteuert.

Ursachen

Obwohl sich die Ursachen nicht voll bestätigen ließen, konzentrierte das Unternehmen seine Vermutungen auf zwei Möglichkeiten:

- 1) Das Diazodinitrophenol gelangte versehentlich in einen Riss in einer Splitterplatte, die mittels Haftmittel am Trockner des Granulators befestigt war. Das Diazodinitrophenol entzündete sich aufgrund von Reibung, geriet dann in Brand und detonierte.
- 2) Das Diazodinitrophenol wurde im Granulator durch Eisenrost verunreinigt. Dadurch stieg seine Reibungsempfindlichkeit. Deshalb entzündete es sich während des Granuliervorgangs, geriet in Brand und detonierte.

Wichtige Feststellungen

- Dies war der erste Unfall in dem Betrieb. Das Unternehmen achtete wohl zu wenig auf die alterungsbedingte Zustandsverschlechterung (Degradation) der Anlage.
- Sensible Werkstoffe wie z. B. Initialsprengstoffe wurden im Sicherheitsmanagement nicht ausreichend berücksichtigt.

Gezogene Lehren

- In Ölraffinerien ist die Korrosion ein wohlbekanntes Phänomen, doch in Sprengstofffabriken gehört sie nicht unbedingt zu den beachteten Gefahren. Dieses Szenario sollte jedoch in Untersuchungen zur Ermittlung des Gefahrenpotenzials in solchen Anlagen berücksichtigt werden. Der vorliegende Unfall beweist, dass das potenzielle Korrosionsrisiko bei der Produktion von Sprengstoffen nicht nur durch die Verschlechterung des Anlagenzustands, sondern auch durch das Vorhandensein von korrosionsinduzierten Staubpartikeln erhöht wird.
- Die Herstellung von Sprengstoffen ist außerordentlich riskant und bietet erhebliches Potenzial für die Entstehung von Unfallschicksalen. Ein Verzicht auf eine sorgfältige Gefahrenermittlung und Risikoanalyse ist keine Option. Wenn mit Sprengstoffen etwas schief geht, bleibt für ein Eingreifen keine Zeit. Deshalb ist es für den Betreiber von höchster Wichtigkeit, dafür zu sorgen, dass nichts schief geht. Obwohl in diesem besonderen Fall ein automatisiertes Verfahren zum Einsatz kam und kein Personal vor Ort war, waren die materiellen Schäden mit erheblichen Kosten verbunden. Um hohe wirtschaftliche Verluste und eventuell andere ungewollte Folgen zu vermeiden, sollten in solchen Betrieben auch vollautomatische Prozesse regelmäßig kontrolliert und überprüft werden.

[<http://www.sozogaku.com/fkd/en/cfen/CC1300005.html>]

Unfall 4

Falsches Zubehör

Unfallhergang

Am 5. Januar 2008 entdeckte ein Fertigungsmitarbeiter im Pumpenhaus neben dem Phenolspeichertank ein relativ großes Phenolleck. Eine der Dichtungen der Flanschverbindung am Auslaufrohr des Tanks hatte versagt. Der Leiter der Betriebsabteilung versuchte, die Undichtigkeit durch Umwickeln des Flanschs mit Gummiband zu beseitigen. Unterdessen besprühte ein Mitarbeiter den Flansch mit Wasser, um einen Kontakt mit dem Phenol nach Möglichkeit zu verhindern. Das ausgetretene Phenol sammelte sich in einer Auffangwanne (20 m³) unter dem Pumpenhaus. Diese Wanne wurde gegen Überlauf überwacht, doch das Überwachungsgerät funktionierte nicht, als das Leck auftrat. Das Unternehmen hatte keine Kenntnis von der Funktionsstörung, da das Gerät nicht regelmäßig überprüft wurde.

Ein Versuch, das einzige Handventil der Rohrleitung zwischen innerer und äußerer Tankwandung zu schließen, misslang, weil die Ventilspindel abbrach. Daher konnte die Leitung nicht abgesperrt werden. Nach der provisorischen Reparatur der Flanschverbindung trat an drei Stellen weiterhin Phenol aus, das ebenfalls in den Auffangbehälter floss. Das Betriebspersonal hatte während des Phenolaustritts keinen Zutritt zum Pumpenhaus.

Für die Entleerung der Auffangwanne stellte das Unternehmen einen ausreichend großen Entsorgungstank zur Aufnahme des gesamten ausgelaufenen Phenols bereit. Als mit dem Herauspumpen des Phenols aus der Auffangwanne in den Entsorgungstank begonnen wurde, stellte sich heraus, dass die Wanne übergelaufen war. Ein Teil des Phenol-Wasser-Gemischs war über den Rand der offenen Grube in die städtische Kanalisation gelaufen. Niemand wusste damals, wie viel Phenol in die Kanalisation gelangt war.

Am 7. Januar 2008 wurde beschlossen, die phenolbasierte Chargenproduktion wiederaufzunehmen, um das gesamte Phenol im Speichertank aufzubrechen, da dieser für den Austausch der Flanschdichtung außer Betrieb gesetzt werden musste. Am 8. Januar stellte sich nach mehreren Chargen heraus, dass die Füllstandsanzeige im Phenol-Speichertank seit der letzten Füllstandskontrolle am 4. Januar blockiert war (Vergleich der manuellen Füllstandsmessung mit der Füllstandsanzeige). Erst jetzt merkte das Unternehmen, dass über 25 t Phenol ausgetreten waren. Wahrscheinlich war das ausgetretene Phenol zum größten Teil in die Auffangwanne geflossen, doch über 5 t Phenol landeten in der öffentlichen Kanalisation. Es wurden keine negativen Auswirkungen des Stoffaustritts in die Kanalisation gemeldet. Eine Spezialfirma wurde mit der Reparatur des verbliebenen Phenollecks beauftragt.

Ursachen

In diesem Fall waren verschiedene Umstände am Zustandekommen des Unfalls beteiligt. Unmittelbare Ursache war die Zersetzung der Dichtung, die das Leck verursachte. Beim Austausch der Flansche und Ventile nach dem Unfall stellte sich heraus, dass das Ventil versagte, weil die benachbarte Dichtung über viele Jahre hinweg mit dem Phenol reagiert hatte. Die Folge war eine massive Verformung, die verhinderte, dass das Ventil bewegt werden konnte. Deshalb konnte es auch nicht geschlossen werden. Der Bruch der Spindel des Handventils am Tank war eine Folge der Verformung der benachbarten Dichtungen.

(Fortsetzung auf der Rückseite...)

Besondere Merkmale von Alterungsphänomenen

Besondere Merkmale von Alterungsphänomenen

Alterung ist ein Phänomen, das weltweit in allen Unternehmen der chemischen Prozessindustrie zu finden ist. Manchmal wird fälschlicherweise angenommen, dass Alterung etwas damit zu tun hat, wie alt der Betrieb oder die Betriebsanlagen sind. Alterung hat bei Chemieanlagen eine umfassendere Bedeutung, die weit über das Korrosionsmanagement hinausgeht. Alles, was mit einer Betriebsstätte und ihren verschiedenen Prozessen zusammenhängt, kann altern – nicht nur die Technik, sondern auch Menschen und Verfahren. Einige Alterungsphänomene werden teilweise nur aus dem Blickwinkel einer spezifischen Tätigkeit betrachtet wie etwa der des Änderungsmanagements (z. B. neue Mitarbeiter treffen Entscheidungen, ohne umfassend informiert zu sein; z. B. wissen sie nichts über die Zusammenhänge eines Prozesses mit einem anderen Prozess) oder in der Betriebskontrolle, wenn der Prozess als solcher im Vergleich zu den modernen Standards für die Sicherheitsleistung veraltet ist. Im schlimmsten Fall offenbart sich ein Alterungsproblem erst durch einen Unfall oder Beinaheunfall. Aus diesem Grund hängt die Effektivität des Sicherheitsmanagementsystems auf Dauer von der ständigen Wahrnehmung aller Arten von Alterungseffekten ab – lose definiert als Materialdegradierung, Obsoleszenz und organisationsbezogene Alterung -, die sich auf technische Einrichtungen, Prozesse und wissensbasierte Elemente auswirken.

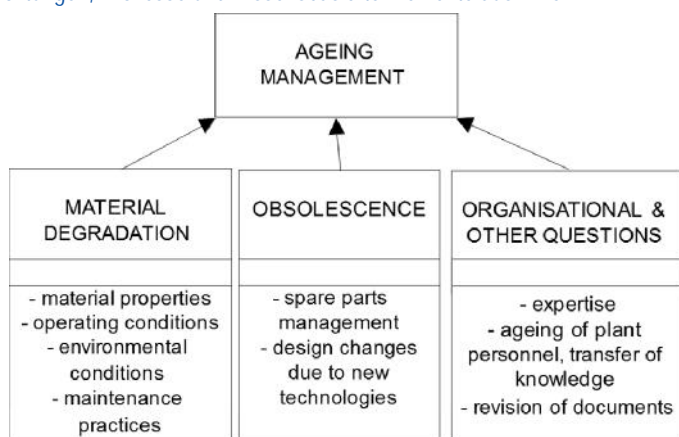


Abb.3: Alterungsarten (Quelle: ESReDA Report on Ageing of Components and Systems)

Legende: Ageing Management = Alterungsmanagement; Material Degradation = Materialdegradierung; Obsolescence = Obsoleszenz; Organisational & Other Questions = Organisatorische & sonstige Fragen; material properties = Materialeigenschaften; operating conditions = Betriebsbedingungen; environmental conditions = Umweltbedingungen; maintenance practices = Instandhaltungsverfahren; spare parts management = Ersatzteilmanagement; design changes due to new technologies = Konstruktionsänderungen aufgrund technischer Neuerungen; expertise = Fachkompetenz; ageing of plant personnel, transfer of knowledge = Alterung des Betriebspersonals, Wissenstransfer; revision of documents = Änderungen von Dokumenten

Materialdegradierung

Es besteht teilweise die Tendenz, das Hauptaugenmerk auf die Alterung der technischen Anlagen zu richten, weil die Anzeichen für eine Materialdegradierung so greifbar und konkret sind. Die Korrosion von Kohlenstoffstahl ist das bekannteste Phänomen, jedoch ist die Nichtbefassung mit korrosionsbedingten Ausfällen immer noch eine wesentliche Ursache von Chemieunfällen. Neben Ermüdung und Vibration gibt es auch einige andere Formen der Degradierung, die viel weniger Beachtung finden oder sogar unbeachtet bleiben, insbesondere die Degradierung von Nichtmetallmaterialien wie Fiberglas und Beton.

Obsoleszenz

Obsoleszenz (Veralterung) ist ein Phänomen, das sich nachteilig auf technische Anlagen, Prozesse und Verfahren auswirken kann. Eine Anlage erreicht das Ende ihres Lebenszyklus, wenn sie durch das Zusammenwirken aller Verschlechterungsmechanismen, geringfügiger Änderungen der Betriebsbedingungen und der Ansammlung von Prozessmedien auf lange Sicht so stark degradiert ist, dass ihre Betriebsfähigkeit nicht mehr aufrechterhalten werden kann. Ein Verfahren ist veraltet, wenn es nicht mehr als anwendungsfähig oder angemessen gilt, weil sich die Situation, für die es verwendet wurde, komplett geändert hat. Bei veralteter Technologie besteht die Gefahr, dass keine Ersatzteile mehr erhältlich sind oder inhärente Sicherheitsrisiken bestehen, die nach den geltenden Normen nicht mehr hinnehmbar wären.

Organisation

Hauptproblem der alternden Organisation ist der Verlust von Wissen und Fachkompetenz. Dieses spezielle Alterungsphänomen zu überwachen und mit systematischen Lösungen anzugehen, ist besonders schwierig, da es darum geht, etwas zu ersetzen, das nicht mehr vorhanden oder nicht zugänglich ist, insbesondere was Menschen und technische Dokumentationen betrifft. In der Tat ist ein Leistungsabfall aufgrund von Alterung bei Menschen und Verfahren nur manchmal direkt wahrnehmbar. Einerseits sollten jedem sicherheitskritischen Ausrüstungsgegenstand entsprechende Verfahren und Dokumentationen zugeordnet sein. Bestehen spezielle Dokumentationsdefizite, insbesondere bei älteren Prozessen und Anlagen, die mit wichtigen Risikoszenarien in Verbindung stehen, sollten die möglichen Auswirkungen des Informationsmangels bewertet und angegangen werden. Andererseits gibt es die „nicht bekannten Unbekannten“, etwa wenn Unterlagen über eine in früheren Jahren vorgenommene Änderung fehlen und sich keiner mehr erinnert, dass sie stattfand. Zur Minimierung dieser Risiken sollten bei Prüfungen und Untersuchungen routinemäßig die Dynamik und Problematik der Alterung berücksichtigt werden, um herauszufinden, an welcher Stelle die Alterung der verschiedenen Anlagen, Menschen und Prozesse zu einer ernststen Gefahrenquelle werden kann.

Statistik

Das Lessons Learned Bulletin befasst sich in dieser Ausgabe mit der Frage, wie wichtig die Auseinandersetzung mit der Alterung als strategisches Sicherheitsproblem ist, und beschreibt beispielhaft Unfälle, die erst nach dem unmittelbaren Erleben der Konsequenzen zu dieser Erkenntnis geführt haben. Während der Erstellung dieses Bulletins wurden 69 Berichte über schwere Unfälle aus eMARS zusammen mit Unfällen aus frei zugänglichen Quellen wie der Japanese Failure Knowledge Database (<http://www.sozogaku.com>) und der ARIA-Datenbank (<http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr>) des französischen Ministeriums für Ökologie, nachhaltige Entwicklung und Energie untersucht. Anhand der ausgewählten Ereignisse soll ein umfassender Überblick über die verschiedenen Arten von Alterungsphänomenen gegeben werden, die zu schweren Unfällen führen können. Die nachstehende Grafik zeigt die Ergebnisse der Analyse der ausgewählten Unfälle, aufgeschlüsselt nach der Art des Alterungsphänomens.

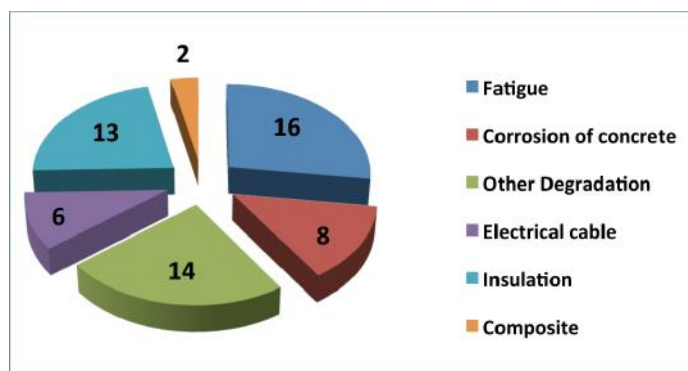


Abb. 4: Anzahl der schweren Unfälle nach Alterungsphänomen (Quelle: eMARS)

Legende: Fatigue = Ermüdung; Corrosion of concrete = Korrosion von Beton; Other Degradation = Andere Degradationsformen; Electrical cable = Elektrokabel; Insulation = Isolierung; Composite = Gemischt.

Die ausgewählten Fälle enthalten auch eine Reihe anderer 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.

Unfall 5

Degradierung eines Verbundrohrs

Unfallhergang

Am 7. August 2002 meldete die Überwachungsanlage einer Rohrleitung zwischen einer Chemieanlage und einer 18 km entfernten Neutralisationsanlage ein 100-m³/h-Leck (mit einem Nenndurchfluss von 500 m³/h), aus dem säurehaltiges Abwasser aus der Produktion von Farbstoffen und Pigmenten entwich. Ursache des Lecks war ein 40 cm langer Riss in dem Rohr (DN 400 mm) aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK). Zwischen 5. und 11. August wurden weitere Lecks – insgesamt acht – bemerkt. Sechs traten auf den ersten zwei Leitungskilometern auf. Das Rohr entsprach den Regeln und Vorschriften und hatte 20 Tage vor dem ersten Leck mit Erfolg die Wasserdichtigkeitsprüfung bei 15 bar absolviert. Am 11. August wurde die Leitung aufgrund dieser Fehlerserie stillgelegt. Im Anschluss wurde eine neue GFK-Rohrleitung errichtet, die einschließlich Sanierung des verunreinigten Bodens über fünf Millionen Euro kostete.

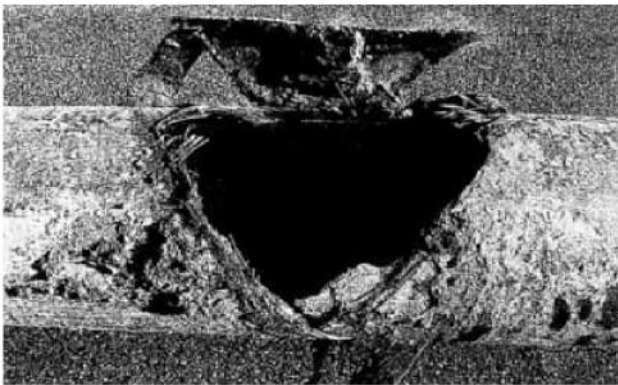


Abb. 5: Die defekte Rohrleitung (Quelle: ARIA Nr. 23562)

Ursachen

Die Verschlechterung der Infrastruktur war auf einen Korrosionsmechanismus in einem säurebelasteten Milieu zurückzuführen. Mehrere Faktoren trugen zu dem Unfall bei. Ein Faktor war die Alterung. Durch Korrosion verlor der Rohrwerkstoff an effektiver Festigkeit. Außerdem war bei der Prozessplanung die Möglichkeit eines beim Abschalten der Pumpe auftretenden Druckstoßes nicht genügend berücksichtigt worden. Auch die zu geringe Zahl von Entlüftungsöffnungen erschwerte die Beherrschung dieser Situation, die ein Routinebestandteil des Prozesses war. Darüber hinaus war bei der Installation der Windkesseldruck nicht richtig eingestellt worden.

Wichtige Feststellungen


- Normalerweise wurde ein Teil des sauren Abwassers über eine Rohrleitung mit 300 mm Nennweite (DN) zur Abwasserbehandlungsanlage geführt. Der übrige Teil wurde unbehandelt direkt in die Baie de Seine eingeleitet. Aufgrund des Hafenausbaus in der Nähe der Chemieanlage wurde vom Anlagenbetreiber jedoch die Umsetzung der DN300mm-Rohrleitung bis 31. Juli 2002 verlangt. Der Betreiber beschloss, das saure Abwasser über eine ein Jahr zuvor errichtete GFK-Rohrleitung DN 400 mm abzuführen.
- Die Leckagen traten in erster Linie an Rohrbögen und bei Richtungswechseln auf. Der Druck erreichte max. 5 bar bei einem Berechnungsdruck von 10 bar in einem Medium aus verdünnter Schwefelsäure mit einer Temperatur unter 35 °C. Die zulässige Höchsttemperatur für GFK-Rohrleitungen lag bei 50 °C. Allerdings bestätigt die Tatsache, dass die Defekte nahe bei oder an Hochpunkten und Biegungen auftraten, die wichtige Rolle hydraulischer Übergänge.
- Wie sich zeigte, war der Rohrschaden auf einen Spannungskorrosionsmechanismus in einem sauren Milieu zurückzuführen. Spannungskorrosion ist ein Rissbildungsmechanismus, der ein Zusammentreffen von drei Faktoren voraussetzt, z. B. Spannung oder dauerhafte Verformung, einen für dieses Phänomen anfälligen Werkstoff und ein korrosives Milieu.

- In diesem Fall bestand ein konstruktives Problem aufgrund der Tatsache, dass eine zu geringe Anzahl von Entlüftungsöffnungen zur Dämpfung des Druckstoßes vorhanden war. Dieses Phänomen tritt in der Regel in langen Rohrleitungen auf. Schlüsselfaktoren sind Fluidgeschwindigkeit, Rohrleitung und Ventilschließzeit oder im vorliegenden Fall die Pumpenabschaltung. Es kann ein sehr starker Druckstoß entstehen, der sich mit Schallgeschwindigkeit durch das Fluid in der Rohrleitung bewegt. Die Entlüftungsöffnungen haben wie auch der Windkessel die Aufgabe, diesen Druckstoß abzumildern – damit sollen Niederdruckstöße beim Abschalten der Pumpe weitgehend verhindert werden.
- Außerdem stellte sich heraus, dass manche Defekte in einem Bereich auftraten, in dem es Probleme mit dem ordnungsgemäßen Verdichten des Bodens gab (in Rohrleitungs- und Betonschachtnähe).
- Die meisten Defekte (6 von 8) entstanden auf den ersten zwei Kilometern in dem Abschnitt, in dem die hydraulische Belastung am größten war.

Gezogene Lehren

- Die Rohrleitungen und ihre Montage waren zwar regelkonform und entsprachen den Vorgaben des Projektauftrags, doch der Bau der Rohrleitung und der Drucküberwachungssysteme erfolgte nicht nach den Regeln einer guten fachlichen Praxis. Insbesondere gab es Mängel bei der Einhaltung der ursprünglichen Installationspezifikation, der Dimensionierung des Windkessels und der Berechnung der erforderlichen Anzahl von Entlüftungsöffnungen.
- Der Betreiber ersetzte die DN300mm-Rohrleitung, die das saure Wasser zur Abwasseranlage transportierte, durch eine DN400mm-GFK-Rohrleitung. Änderungen an der Prozessanlage, entweder an der Einrichtung selbst oder an ihren Anschlüssen, den Instrumenten, den Chemikalien oder den Prozessbedingungen können die Entwurfsintegrität beeinträchtigen und zusätzliche Risiken bringen. Normalerweise sollte ein Änderungsmanagementverfahren durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass Änderungen vor der Durchführung ordnungsgemäß überprüft und genehmigt werden.
- Die Ermittlungen ergaben auch, dass einige der Fehler bei der Planung und Installierung in erster Linie dem Projektmanagement zuzuschreiben waren. Insbesondere die systematische Vorabprüfung der Berechnungen und der Installationsbedingungen für die Rohrleitung und die Einhaltung diverser Regeln für die Druckbeaufschlagung der Anlage waren nicht regel- und anforderungskonform. Projektleiter müssen bei der Änderung älterer Prozesse Zugang zur gesamten Begleitdokumentation haben.
- Mängel im Projektmanagement sollten im Sicherheitsmanagementsystem der Anlage sowie im gesamtbetrieblichen Managementsystem berücksichtigt werden, weil ungenügend kontrollierte Projekte neben der Sicherheit auch andere Ergebnisse beeinträchtigen können. Allerdings stellt sich auch die Frage, ob die Projektträger Zugang zu den ursprünglichen Installationspezifikationen hatten. Dies lässt erkennen, dass Prozesswissen unbedingt bewahrt und weitergegeben werden muss. Bei der Unfallanalyse sollte auf diese am häufigsten in älteren Anlagen vorkommenden Fehler ausdrücklich hingewiesen werden.
- Auch ohne diese Auslegungs- und Installationsfehler hätte die Korrosion kritischer Anlagenkomponenten letztendlich zu einem Versagen geführt. Sie sollten deshalb ähnlich wie alle sicherheitskritischen Elemente einer systematischen Kontrolle unterliegen.

[EMARS-Unfall #417 ARIA Nr. 23562
Ähnlicher Unfall EMARS-Unfall # 771]



**Motto
des Halbjahrs**
John F. Kennedy:
*Die Zeit um das Dach
zu reparieren ist, wenn
die Sonne scheint*



MAHBULLETIN

Kontakt

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

zsuzsanna.gyenes@jrc.ec.europa.eu

oder 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 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

(Fortsetzung Unfall 4) Falsches Zubehör

Wichtige Feststellungen

- Die Flanschdichtung war undicht, doch die Leckage wurde erst nach geraumer Zeit bemerkt. Die Dichtung war vor ca. 18 Jahren beim Bau des Speichertanks eingebaut worden.
- Laut Herstellerangabe war die fragliche Dichtung – eine „Viton“-Dichtung – phenolbeständig, sie war jedoch aufgrund einer Reaktion mit dem Phenol stark angegriffen.
- Die Spindel des Handventils war seit der Inbetriebnahme des Phenoltanks kein einziges Mal geschlossen oder kontrolliert worden.
- Der Füllstandsanzeiger im Phenoltank funktionierte nicht mehr. Diese Störung war vermutlich neueren Datums, denn die Anzeige wurde im laufenden Betrieb regelmäßig abgelesen. Wenige Tage vor dem Unfall hatte sie noch einwandfrei funktioniert.

Gezogene Lehren

- Der Unfall zeigt, dass sich die Phenolbeständigkeit mit der Zeit derart verschlechtern kann, dass sie ganz verloren geht. Auch Komponenten, die aufgrund ihrer Bauart unempfindlich gegen bestimmte Reaktionsphänomene sind, müssen (unter Einhaltung einschlägiger Normen) regelmäßig überprüft und gegebenenfalls irgendwann ersetzt werden.
- Es sollten sichere Arbeitsabläufe eingehalten werden. Als bewährte Praxis gilt, nach jedem Durchlauf einer Fertigungscharge oder am Ende einer Arbeitswoche das Handventil zu schließen.
- Bei früheren Besichtigungen hatten Seveso-Inspektoren Defizite im Kontrollsystem festgestellt. Man hatte bereits mit der Entwicklung eines optimierten Systems begonnen, doch zum Zeitpunkt des Phenollecks war das neue Kontrollsystem noch nicht voll einsatzbereit. Unter Umständen wie diesen könnte eine Folgeinspektion geboten sein, um sicherzustellen, dass das anlageninterne Sicherheitsmanagementsystem auf dem neuesten Stand ist.

[EMARS-Unfall # 41]

Selbstbewertungsfragen

- Verwendet Ihr Unternehmen Alterungsindikatoren? Wenn nein, warum nicht? Wenn ja, welche?
- Verfügt der Betrieb über eine auf dem neuesten Stand befindliche Dokumentation aller sicherheitskritischen maschinentechnischen Einrichtungen (Tanks, Rohrleitungen, Pumpen) innerhalb der Anlage einschließlich aller Bauteile (Ersatzteile, Zubehör usw.)?
- Sind alle sicherheitskritischen Einrichtungen gebrauchstauglich? Ist das dokumentiert?
- Plant das Unternehmen einen Lebenszyklus für seine Anlagen/Geräte und gibt es einen Stichtag für die Stilllegung/Ersetzung der Anlagen/Geräte?
- Welche Grundsätze gelten für die Festlegung des Endes der Gerätelebensdauer (eine betriebswirtschaftliche Analyse unter Berücksichtigung der Kosten für Inspektionen, Wartung und Reparaturen und Produktionsausfälle im Vergleich zu den Stilllegungs- und Ersatzbeschaffungskosten ist eine gute Basis für die Festlegung des Lebensdauerendes)?¹
- Sind anlagen- und gerätespezifische Alterungszeichen wie Korrosion, Ermüdung, Kriechen, Obsoleszenz identifiziert und überwacht worden?²
- Verfügt die Betriebsstätte über transparente, auf dem neuesten Stand befindliche Verfahrensregeln und Anweisungen für den Normalbetrieb, für Notfälle und für die sichere Durchführung von Änderungen?
- Verfügen Sie über eine lückenlose Dokumentation der Vorgeschichte aller sicherheitskritischen Geräte einschließlich Nutzungsparametern, Um- und Ausbauten seit der Installation? Wenn nein, wie gehen Sie mit Kenntnislücken beim Treffen einschlägiger Wartungs- und Änderungsentscheidungen um?
- Haben mit Wartungs- und Änderungsarbeiten befasste Betriebs- und Fremdmitarbeiter Zugang zu der gesamten einschlägigen Dokumentation?
- Wie stellen Sie sicher, dass beim Ausscheiden von Mitarbeitern aus dem Unternehmen und bei Versetzungen in den Ruhestand oder innerhalb des Unternehmens die Schlüsselqualifikationen, Kenntnisse und Erfahrungen, die für den Bereich Asset Integrity Management (AIM) und Alterung von Belang sind, weitergegeben und bewahrt werden?¹
- Gibt es bei Ihnen ein systematisches Inspektionsprogramm mit gezielter Ausrichtung auf das Alterungsphänomen, um den Anlagen- und Gerätezustand zu überwachen oder Auslegungsmängeln zu begegnen?
- Wie stellen Sie sicher, dass Projektmanagementdefizite im Sicherheitsmanagementsystem der Anlage sowie im gesamtbetrieblichen Managementsystem angegangen werden?

¹ TWI Ltd, ABB Engineering Services, SCS (INTL) Ltd und Allianz Cornhill Engineering for the Health and Safety Executive 2006: Plant ageing Management of equipment containing hazardous fluids or pressure <http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr509.pdf>

² HSE: COMAH Competent Authority Ageing Plant Operational Delivery Guide Appendix 2 - Site Operator Self-Assessment Question Set (HSE, <http://www.hse.gov.uk/comah/guidance/ageing-plant-app2.pdf>)