



Mitgliederinformation der Fachsektion Sicherheitstechnik

Info-Brief Nr. 22

Dezember 2005

Sehr geehrte Mitglieder der Fachsektion Sicherheitstechnik,

das Jahr neigt sich seinem Ende zu, etwas anderes ist bereits zu Ende gegangen, nämlich die Ära von SFK und TAA.

Die konstituierende Sitzung der neuen Kommission für Anlagensicherheit (KAS) beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit fand am 24. November 2005 statt. Zusammengesetzt aus einigen neuen, aber überwiegend aus Mitgliedern der bisherigen Gremien, ist von der KAS eher Kontinuität in der Fortführung der Arbeit ihrer Vorläufer zu erwarten. Ein Vergleich des neuen § 51a BImSchG mit den früheren §§ 31a und 51a lehrt auch, dass der Gesetzgeber außer der Zusammenführung und damit Straffung der Gremienarbeit nichts anderes gewollt hat. Der neue Vorsitzende ist auch kein Unbekannter, Prof. Christian Jochum, langjähriger SFK-Vorsitzender und seinerzeit im Gründungsvorstand der Fachsektion.

Die Zusammenführung von SFK und TAA war durch einen weitgehenden Konsens der Mitglieder beider Gremien getragen. Sie trägt der zunehmend intensiveren Zusammenarbeit von SFK und TAA in den vergangenen Jahren in den Fragen Rechnung, die beide Gremien in gleicher Weise berührt hatten. Ein gutes Beispiel und ein erfolgreicher Abschluss dieser Entwicklung war die gemeinsame Sitzung von SFK und TAA am 18. Oktober 2005, auf der der Leitfaden SFK/TAA-GS-1 „Empfehlungen für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung - Umsetzung § 50 BImSchG“ verabschiedet werden konnte. Wir hatten über diese Arbeit der gemeinsamen SFK/TAA-Arbeitsgruppe „Überwachung der Ansiedlung“ unter dem Stichwort „land-use-planning“ wiederholt berichtet. Wegen seiner großen Bedeutung wurde dem SFK/TAA-Leitfaden am 17. November 2005 - also zeitnah nach Verabschiedung - das 595. DECHEMA-Kolloquium gewidmet; fachlicher Erfolg und große Resonanz war der Veranstaltung damit garantiert. Den Leitfaden finden Sie derzeit noch unter www.sfk-taa.de. Die Internetseite der KAS wird dann unter www.kas-bmu.de zu finden sein.

Was erwartet Sie im Einzelnen in diesem Info-Brief?

Wir berichten zum einen – wie schon im Vorjahr – mit Kurzbeiträgen der Sitzungsleiter über den Themenschwerpunkt Sicherheitstechnik der DECHEMA/GVC-Jahrestagungen 2005, wobei ein Beitrag von O. Klais, J. Franke und M. Lade gesondert durch Abdruck des

Manuskripts zur Diskussion gestellt wird. Stellungnahmen an die Autoren und an die Info-Brief-Redaktion sind willkommen.

Aus der Arbeit des Forschungsausschusses finden Sie einen Beitrag der Herren Dudlik und Apostolidis vom Fraunhofer-Institut UMSICHT über Druckstöße und Kavitationsschläge in Rohrleitungssystemen.

Zum Veranstaltungskalender hier noch einmal der Hinweis auf das 44. Tutzing-Symposium „QRA – Quo vadis?“, 12. bis 15. März 2006, dessen Programm in der Zwischenzeit fertig gestellt und verschickt worden ist, aber auch unter www.dechema.de/tusy06 heruntergeladen werden kann. Und außerdem weisen wir schon einmal auf die Jahrestagungen 2006 hin, die vom 26. bis 28. September, wiederum in Wiesbaden stattfinden.

Und als Institutsvorstellung finden Sie diesmal einen wichtigen sicherheitstechnischen Dienstleister.

Damit dürfen wir uns für dieses Jahr von Ihnen verabschieden und wünschen Ihnen und der Fachsektion für 2006 alles Gute!

Ihr Fachsektionsvorstand

Norbert Pfeil

INHALT

- An die Mitglieder
- Bericht Themenschwerpunkt Sicherheitstechnik bei den Jahrestagungen 2005
- Selbstentzündung von Staub
- Druckstöße und Kavitationsschläge in Rohrleitungssystemen
- Veranstaltungskalender
- EXAM BBG

Die Sicherheitstechnik auf den DECHEMA/GVC-Jahrestagungen 2005 - die Sitzungsleiter berichten

O. Klais (Frankfurt am Main), N. Pfeil (Berlin),
B. Reimer (Halle), J. Schmidt (Neustadt)

Mit vier Vortragsblöcken, den Posterpräsentationen und der Verleihung des Posterpreises des Adolf-Martens-Fonds sowie der Mitgliederversammlung der Fachsektion wurde ein rundes Programm zum Thema Sicherheitstechnik geboten. Erfreulich war nachweislich der Veranstalterstatistik der rundweg gute Besuch der Vorträge. Zu den einzelnen Vortragsblöcken der Sicherheitstechnik nachfolgend die Kurzberichte der Sitzungsleiter:

Der **Übersichtsvortrag** "Explosionsfähige Stoffe - Aspekte zur Anlagensicherheit" von T. Schendler, BAM, Berlin, führte in den ersten Vortragsblock "Gefährliche Stoffe, kritische Reaktionen" ein. Explosionsfähig ist eine Gefahrstoffeigenschaft neben den kennzeichnungspflichtigen Gefährlichkeitsmerkmalen, die in Mischung mit Luft, aber auch ohne Luft nach entsprechender Zündeinwirkung wirksam werden kann. Diese Gefahrstoffeigenschaft ist derzeit nicht eindeutig durch Prüfvorschriften charakterisiert. Der Vortrag erläutert die bei der Beurteilung diesbezüglicher Brand- und Explosionsgefahren zu betrachtenden Aspekte. M. Malow, BAM, setzte sich in seinem Beitrag "Anwendbarkeit des UN SADT H.4-Test für feste organische Peroxide" mit kritischen Einwänden zu diesem Verfahren auseinander. Durch Vergleich mit SADT-Werten, die an realen Packstücken ermittelt wurden, wie auch mit numerischen Simulationen kommt er zu dem Schluss, dass dieser Test ausreichend repräsentativ für Packstücke bis 90 l ist. "Untersuchungen zur sicheren Prozessführung von Grignard-Reaktionen" war das Thema des Beitrages von H. Kryk, Forschungszentrum Rossendorf. Durch Verwendung eines geschlossenen Reaktionskalorimeters mit FTIR-Spektrometer konnte der Reaktionsstart eindeutig detektiert und reaktionstechnische Parameter genauer bestimmt werden als in einem offenen Reaktor. Die Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie hat in den letzten Jahren eine beachtenswerte Reihe von Merkblättern zur Anlagensicherheit herausgebracht, R001 bis R004. Das neueste Merkblatt R005 "Übertragung chemischer Synthesen vom Labor bis in den Betrieb" wurde von J. Sommer, BG Chemie, vorgestellt. Das Merkblatt enthält als Hilfe beispielhafte Tabellen zum Übertrag/scale up von Prozessen (auch zum "Download" bei der BG Chemie). Das Merkblatt ergänzt die überarbeitete technische Regel TRAS 410 und bietet eine Hilfestellung bei deren innerbetrieblicher Umsetzung.

In dem ersten Beitrag des Vortragsblockes **Explosionsschutz** "Sicherheitstechnische Kenngrößen für die Auslegung von Geräten zum Einsatz in staubexplosionsgefährdeten Bereichen" stellten O. Klais, J. Franke und M. Lade, Siemens A&D, SP Prozesssicherheit, Überlegungen zur Festlegung der maximal zulässigen Oberflächentemperatur an. Näheres hierzu wird im vor-

liegenden Info-Brief unter dem separaten Beitrag "Selbstentzündung von Staub im Vergleich zur Glimm- und Zündtemperatur" zur Diskussion gestellt. Über Untersuchungen zur Zündung von Gas- bzw. Dampf-Luft-Gemischen sowie Stäuben in schwebendem und lagerndem Zustand durch heiße Partikeln berichteten D. Lakic und M. Beyer, PTB Braunschweig. In einem Laserstrahl wurden einzelne, nicht brennbare Partikeln aufgeheizt und mit der explosionsfähigen Atmosphäre in Kontakt gebracht. In Übereinstimmung mit den vorliegenden Erfahrungswerten wurden folgende Ergebnisse ermittelt:

- Die für die Zündung erforderliche Laserleistung und damit die für die Zündung erforderliche Energie steigt von Wasserstoff über Ethen bis zum Propan an.
- Mit den erhitzten Partikeln (Partikeldurchmesser ~ 1000 µm) konnten auch Staub-Luft-Gemische gezündet werden.
- Bei dem Eintrag in Staubschüttungen wurde bei Holzmehl ein Glimmnest beobachtet, wohingegen Schwefel und Kohle keine Reaktion zeigten.

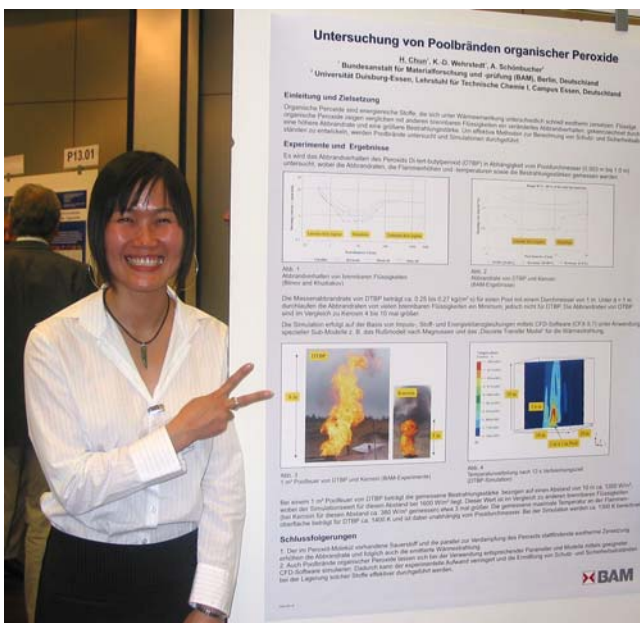
Von C. Liebner, K. Holtappels und V. Schröder, BAM, Berlin, wurde über Untersuchungen von Gas-Luft-Gemischen bei höheren Drücken (bis 100 bar) und Temperaturen (bis 600 °C) berichtet. Diese Untersuchungen laufen im Rahmen des "SAFEKINEX"-Forschungsprogramms, das von der EG finanziert wird und für die sichere Gestaltung von Prozessen zur Partialoxidation von Kohlenwasserstoffen von Bedeutung ist. Die Untersuchungen an Gemischen von Methan, Ethylen sowie n-Butan jeweils mit Luft weisen aus, dass die Zündtemperaturen bei Druckerhöhung erheblich und bei Volumenvergrößerung deutlich erniedrigt werden. Es wurde außerdem festgestellt, dass bereits unterhalb der Zündtemperatur langsame Oxidationsprozesse bzw. kalte Flammen auftreten können, die bei ungünstigen geometrischen Konstellationen eine Explosion auszulösen vermögen.

Im Bereich **Anlagensicherheit** gab es in diesem Jahr eine Reihe sehr interessanter Vorträge, die von der Mikrotechnik über Anwendungen mit numerischer Simulation bis in den Makrobereich der Technik mit langen Pipelinesystemen reichte. Zu Beginn berichtete G. Deerberg vom Fraunhofer Umsicht Institut über sicherheitstechnische Probleme bei Mikroreaktoren. Dieses Arbeitsgebiet ist noch sehr neu. K.-D. Mohl von der BASF in Ludwigshafen berichtete über die zunehmende Anwendung von numerischen Werkzeugen zur Absicherung von Reaktoren. Ähnliche Systeme werden in der Erdgasindustrie seit einigen Jahren zur Leckraten-Früherkennung eingesetzt. Darüber berichtete P. Kassler von der Degussa AG. T. Thiemeier von der Fa. Siemens schloss die Vortragsreihe mit einem Bericht zur Vermeidung von Druckstößen in Leitungen. Insgesamt waren die Vorträge aus sehr verschiedenen Bereichen der Sicherheitstechnik und zeigten deutlich, dass es einen signifikanten Bedarf gibt an Entwicklungs- und Forschungsaktivitäten auf diesem Gebiet der Sicherheitstechnik.

Mit dem Vortragsblock **"Gefährdungen beurteilen und dokumentieren: Methoden zur Gewährleistung von Arbeitsschutz und Anlagensicherheit"** spannte sich am letzten Tag ein weiter Bogen von Beiträgen mit Beispielen, wie die Gefährdungsbeurteilung nach Arbeitsschutzgesetz - auch konkretisiert nach verschiedenen Verordnungen - mit angemessenem Aufwand durchgeführt werden kann, über die Erstellung von Explosionsschutzdokumenten bis hin zu speziellen Aspekten der Bewertung der Bediensicherheit bzw. die Berücksichtigung menschlichen Versagens. Die Frage der Messung und Bewertung der Leistungsfähigkeit von Unternehmen in Arbeitsschutz und Anlagensicherheit war ein Thema, ebenso wie der Zielkonflikt zwischen den Informationsrechten der Öffentlichkeit über Gefahrenpotentiale in Betriebsbereichen nach Störfallverordnung und dem Schutz von sicherungsrelevanten Anlagen vor Eingriffen Unbefugter.

Mit durchschnittlich 49 Zuhörern landete die Sicherheitstechnik insgesamt auf Platz 5 von 20 Themenschwerpunkten; wir danken für Ihr Interesse!

Erfreulich war auch die Tatsache, daß eine ausreichende Zahl der Poster nach zwei Jahren ohne Postersession in der Sicherheitstechnik wieder einmal Gelegenheit zur Verleihung des Posterpreises des Adolf-Martens-Fonds gab. Die Wahl fiel auf das Poster **"Untersuchungen von Poolbränden organischer Peroxide"** aus einer von der Universität Duisburg-Essen und der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung gemeinsam betreuten Doktorarbeit, das in allen drei herangezogenen Kriterien überzeugte, nämlich in der Originalität, der sicherheitstechnischen Relevanz und der Präsentation. Originell ist die Übertragung von Untersuchungs- und Berechnungsmethoden von brennbaren Flüssigkeiten auf exotherm zersetzliche organische Peroxide, sicherheitstechnisch relevant sind die damit möglichen Aussagen zu Schutz- und Sicherheitsabständen. Zur grafischen Gestaltung und zur Freude der Preisträgerin Frau H. Chun aus Süd-Korea lassen wir das nachstehende Foto sprechen.



Selbstentzündung von Staub im Vergleich zur Glimm- und Zündtemperatur

Dr. Odo Klais, Dr. Jürgen Franke und Dr. Markus Lade, Siemens AG A&D SP, Gruppe Prozess-Sicherheit, Frankfurt am Main

Die Auslegung der Betriebsmittel in staubexplosionsgefährdeten Bereichen richtet sich nach den sicherheitstechnischen Kenngrößen der gehandhabten Stoffe. Diese sind eine wesentliche Erkenntnisquelle insbesondere dann, wenn das Schutzkonzept der Vermeidung von wirksamen Zündquellen verfolgt wird. Die harmonisierte Norm EN 1127-1 "Explosionsfähige Atmosphäre - Explosionsschutz, Teil 1: Grundlagen und Methodik" schreibt unter anderem Anforderungen an die zulässigen Oberflächentemperaturen von Geräten vor, die aus den Kenngrößen Mindestzündtemperatur einer Staubwolke und Mindestzündtemperatur einer Staubschicht von 5 mm nach Abzug eines vorgegebenen Sicherheitsabstandes abgeleitet werden. Die gleiche Norm weist daneben auf die Gefahr der Selbstzündung von Stäuben hin, wodurch Explosionen ausgelöst werden können. Anstelle konkreter Prüfverfahren wird wegen der komplexen Zusammenhänge auf die Einzelfallbetrachtung durch einen Fachmann verwiesen.

Für die Bewertung der zulässigen Oberflächentemperatur sind damit drei sicherheitstechnische Kenngrößen zu beachten:

- Mindestzündtemperatur einer Staubwolke (Godbert-Greenwald-Apparat)
- Mindestzündtemperatur einer Staubschicht (Glimmtemperatur)
- Selbstentzündungstemperatur einer Staubablagerung

Die Bestimmungsmethoden unterscheiden sich hinsichtlich der Expositionszeit gegen die heiße Oberfläche, Wärmeabfuhr unter Prüfbedingungen und involvierter Stoffmasse. Zündsicherheit ist mithin nur unter den spezifischen Prüfbedingungen gegeben, was bei der Übertragung der Ergebnisse auf eine technische Anlage zu berücksichtigen ist.

Das in der Norm nicht näher erläuterte Selbstentzündungsverhalten wird üblicherweise nach dem Screening Test "Grewer-Ofen" gemäß VDI 2263, Blatt 1, bestimmt. Die Probe wird mit einem vorgewärmten Luftstrom in einem 8 cm³ Drahtkorb mit konstanter Heizrate erwärmt. Registriert wird die Temperatur, bei der die Eigenerwärmung die aufgeprägte Heizleistung (üblich 50 W/kg) übersteigt.

Zuverlässigere Werte erhält man aus einem Wärmestauversuch im Drahtkorb mit Volumen von 400 bis 1000 ml gelagert im Umlufttrockenschrank. Dank moderner Mess- und Regeltechnik können diese Versuche nicht nur isoperibol, sondern auch adiabatisch geführt werden, d.h. die Ofentemperatur wird der Proben temperatur im Innern des Drahtkorbes nachgefahren. Unter diesen Bedingungen sind die

Wärmeverluste an die Umgebung vernachlässigbar, der Temperaturverlauf ist kinetisch auswertbar.

Anhand so gewonnener Reaktionsdaten wurde das Selbstentzündungsverhalten einer 5 mm Staubschicht, eines 1000 ml Drahtkorbs, eines 3 m³ Zylinders und des Grewer-Tests (hier der Wert zu der Reaktionsleistung 50 W/kg) mit einem Finite Elemente Modell berechnet. Für die Glimmtemperatur ergeben sich dabei mit dem einfachen Ansatz einer Reaktion nullter Ordnung zu niedrige Mindestzündtemperaturen gegenüber dem Experiment, da der Verbrauch des Stoffes wie auch die Änderung in der Oxidationskinetik mit zunehmendem Umsatz nicht berücksichtigt sind. Die berechneten Grenztemperaturen für eine sichere Handhabung abhängig vom Prüfverfahren und der Volumina sind in der Tabelle zusammengestellt.

	Glimmtemperatur	Grewer	1-l- Drahtkorb	3 m ³ BigBag
Lycopodium (E _A = 100 kJ/mol)	255 °C	170 °C	115 °C	55 °C
Pharmaprodukt (E _A = 220 kJ/mol)	175 °C	150 °C	120 °C	90 °C
Pigment (E _A = 350 kJ/mol)	335 °C	290 °C	260 °C	230 °C
Mowilith (E _A = 170 kJ/mol)	250 °C	210 °C	160 °C	115 °C
Mycel (E _A = 70 kJ/mol)	330 °C	210 °C	118 °C	40 °C

Erkennbar ist die charakteristische Abhängigkeit der Grenztemperaturen von den betrachteten Volumina, wobei die Aktivierungsenergie (E_A) eine entscheidende Einflussgröße ist. Erhebliche Temperaturdifferenzen stellen sich bei niedrigen Aktivierungsenergien zwischen der Mindestzündtemperatur einer Staubablagerung und der Grenztemperatur, abgeleitet aus dem Screening Test auf Selbstentzündung, ein. Es zeigt sich, dass bereits die aus dem Screening Test erhaltenen Grenztemperaturen deutlich unter den berechneten Mindestzündtemperaturen des abgelagerten Staubes liegen. Umgekehrt ist es möglich, die Glimmtemperatur konservativ zu berechnen, wenn die Kinetik der einleitenden Oxidationsreaktion bekannt ist.

Dies legt nahe, vorliegende Daten hinsichtlich der Korrelation zu überprüfen. Eine solche Datenquelle ist die Dechema-Datenbank Chemsafe mit 350 Wertepaaren zur Mindestzündtemperatur einer Staubwolke und einer Staubablagerung. Die Auftragung dieser Daten gegeneinander gibt das erwartete Bild wieder, dass angesichts der kurzen Kontaktzeit bei der Prüfung auf Entzündung einer Staubwolke höhere Temperaturen erforderlich sind, als im Falle einer Staubablagerung.

In der chemischen Industrie ist eine Installation gemäß der Temperaturklasse T3 (200 °C) weit verbreitet. Nach der Norm erfüllen Geräte der Temperaturklasse T3 die Anforderungen, wenn die Mindestzündtemperatur des aufgewirbelten Staubes über 300 °C und die Mindestzündtemperatur abgelagerten Staubes über 275 °C liegt. Von den 350 Datenpaaren erfüllen alle diese Voraussetzung mit Ausnahme von 5 Wertepaaren. Bei

näherer Prüfung dieser Stoffe ist festzustellen, dass es sich hierbei um Gefahrgüter handelt, die als selbstentzündlich gemäß Klasse 4.2, Verpackungsgruppe II, zu kennzeichnen sind. Solche Stoffe sind thermisch so sensibel, dass sie nur unter Auflagen transportiert werden dürfen. Es ist somit festzustellen, dass Geräte der Temperaturklasse T3 die Bedingungen für den Ausschluss wirksamer Zündquellen erfüllen, sofern nur die Mindestzündtemperatur des aufgewirbelten Staubes oder einer Staubablagerung betrachtet wird. Einzige Ausnahme bilden thermisch sensible Stoffe, die als Gefahrgut zu kennzeichnen sind.

Anhand von 200 Wertepaaren aus eigenen Messungen für die Mindestzündtemperatur einer Staubwolke oder abgelagerten Staubes auf der einen Seite und Tests auf Selbstentzündung (Screening Test nach Grewer oder Wärmestauversuch im Drahtkorb) auf der anderen Seite wurde eine Korrelation gesucht. Sofern die thermisch sensiblen Gefahrgüter ausgeschlossen werden, liegen alle Grenztemperaturen des Screening Tests bereits unterhalb der nach der Norm einzuhaltenen Grenztemperatur (einschließlich des vorgeschriebenen Sicherheitsabstandes). Kritisch an diesem Vergleich ist, dass die Gefahr einer Selbstentzündung bereits für Temperaturen als unzulässig hoch angesehen werden muss, wenn ein Stoff über die Selbstentzündungstemperatur, bestimmt im Screening Verfahren, erwärmt wird.

Nach der Analyse vorliegender Literaturdaten, ergänzt um Daten aus der eigenen Prüftätigkeit und gestützt durch Modellrechnungen, ist der Schluss zu ziehen, dass das Sicherheitskonzept der Unterschreitung der Mindestzündtemperatur von aufgewirbeltem oder abgelagertem Staub auch bei Einhalten der vorgeschriebenen Sicherheitsabstände nicht das Vorhandensein wirksamer Zündquellen ausreichend ausschließt. Hierzu ist ergänzend das Selbstentzündungsverhalten von Staubablagerungen zu betrachten, das im Regelfall die zulässige Produkttemperatur bestimmt. Können größere Stoffablagerungen nicht ausgeschlossen werden, ist insbesondere die Absenkung der Selbstentzündungstemperatur mit der Masse zu berücksichtigen. Das Heranziehen der Mindestzündtemperaturen für die Bewertung ist dann nicht mehr relevant. Stattdessen wird empfohlen, vorrangig das Selbstentzündungsverhalten einer Staubschüttung zu untersuchen und auf die Bestimmung der Mindestzündtemperaturen zu verzichten. Es ist möglich, zur Charakterisierung des Selbstentzündungsverhaltens nur einen Screening Versuch durchzuführen, der zur Bewertung größerer Stoffmengen um einen Wärmestauversuch im Drahtkorb ergänzt wird. Auf dieser Basis sind auch komplexe Apparateanordnungen und größere Lagermengen sicher hinsichtlich der Selbstentzündungsgefahr zu bewerten. Ein Schutzkonzept auf dieser Basis deckt die Entzündungsgefahr durch heiße Oberflächen gemäß EN 1127-1 ab.

Druckstöße und Kavitationsschläge in Rohrleitungs-Systemen: Entstehung, Berechnung und Gefahrenabschätzung für die betriebliche Praxis

Alexander Apostolidis, Andreas Dudlik, Fraunhofer UMSICHT, Oberhausen

Einführung

Durch schnelle Änderungen der Strömungsgeschwindigkeit in Rohrleitungen aller Art entstehen Druckschwankungen, die den Auslegungsdruck der Leitung erheblich über- oder unterschreiten können. Dem Betriebsingenieur fallen diese Druckschwankungen in der Regel als laute Schläge und ruckartige, kurzzeitige Bewegung von Leitungsabschnitten auf.

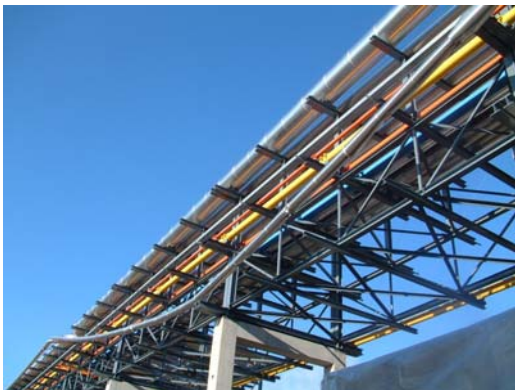


Abb. 1 Durch Druckstöße verursachte Schäden an einer Rohrbrücke (oben, aus der Halterung gesprungene Leitung, Chemiewerk b. Budapest, unten: beschädigtes Auflager)

Diese als Druckstöße und Kavitationsschläge (bzw. Wasserschläge) bekannten Vorgänge werden im Allgemeinen durch die folgenden üblichen Betriebsvorgänge in Anlagen ausgelöst:

- An- und Abfahren von Pumpen
- schnelle Regelvorgänge von Armaturen
- Wiederinbetriebnahme von Anlagen und Anlagenabschnitten
- Leckage von Dichtungen und / oder Absperrarmaturen

Die aus diesen Vorgängen resultierenden Druck- und Kraftspitzen übersteigen die Auslegungsgrößen des -

üblicherweise für stationäre Betriebsbedingungen ausgelegten - Systems bei weitem und führen häufig zu den in Abb. 1 dargestellten Schäden an Leitung und Halterungen. Aber auch schon geringere Schwankungen belasten Dichtungen und Messtechnik und können ebenfalls Ursache von Regelungsproblemen und geringer Lebensdauer von Leitungskomponenten sein.

Berechnung

Die Berechnung der Vorgänge ist je nach Betriebsbedingungen der Anlagen z.T. komplex, da neben den Haupteinflussgrößen

- Strömungsgeschwindigkeit
- Dichte
- Temperatur
- Schallgeschwindigkeit der Flüssigkeit
- Leitungslänge und
- Ventilschließzeit

häufig die folgenden Parameter nicht bekannt sind:

- Armaturen- und Pumpencharakteristik¹
- Anteil von gelösten Gasen in der Flüssigkeit
- Strömungsform (Pfpfen-, Kolben-, Blasenströmung etc.)
- Elastizität der Halterungen usw.
- Reibungskoeffizienten zwischen Flüssigkeit und Rohrwand sowie in Gleitlagern.

Hinzu kommen Eigenschaften des angewandten Berechnungsprogramms wie numerische Diffusion oder Oszillationen, die bei der Vorhersage die real auftretenden Lastspitzen glätten oder auch zu hoch berechnen können.

Eine typische, standardmäßige Berechnung eines Ventilschnellschlusses in einer Wasserleitung der Nennweite DN100 ist in Abb. 2 oben dargestellt. Man erkennt, dass die Übereinstimmung von gemessenem zeitlichem Druckverlauf (schwarze Kurve) und Berechnungsprogramm (helle Kurve) nicht besonders gut ist. Es werden neben Fehlern in der Frequenz der Kavitationsschläge mehrere Druckstöße berechnet, die in der Realität nicht vorkommen. Abb. 2 unten zeigt eine Berechnung mit verbesserten Modellen (numerische Stabilisierung -dunkel-, Berücksichtigung von Entgasung bei Druckabfall -hell-). Die Vorhersage ist diesmal weitaus besser gelungen.

¹ Die Armaturencharakteristik ist eine entscheidende Einflussgröße. Bei der Berechnung des maximal auftretenden Druckstoßes nach Joukowsky [5] kann auch bei wesentlich längeren Schließzeiten als der theoretisch zu erwartenden noch der volle Joukowsky-Stoß auftreten. Dies liegt an den je nach Armaturencharakteristik unterschiedlichen Strömungsbedingungen bei der Drosselung [6, 7].

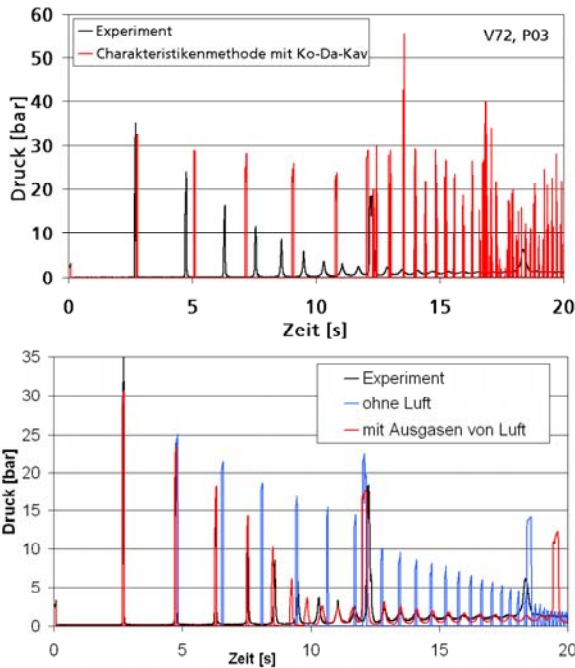


Abb. 2 Zeitlicher Druckverlauf stromabwärts einer Wasserleitung, Standardmodell (oben) und verbesserte Numerik und Modellierung (Luftentgasung) [1]

Die optimale Berechnung von dynamischen Strömungsvorgängen in Rohrleitungen ist jedoch immer auf den Einzelfall abzustimmen und hängt im Wesentlichen von der Erfahrung des Berechnungsingenieurs ab. Parametereinstellungen, die in einer Trinkwasserversorgungsleitung zu guten Ergebnissen führen, können in Leitungen eines Wasserkraftwerkes schon zu völlig falschen Ergebnissen führen (unterschiedliche Druckniveaus und Simulations-Zeitschrittweiten).

Aus diesem Grund laufen in den letzten Jahren Bestrebungen, technische Regeln zur dynamischen Strömungsberechnung in Rohrleitungen zu erstellen. Deutschsprachige Richtlinien (DVGW [2], VDI [3]) sind derzeit im Entwurfsstadium.

Vermeidung

Methoden zur Vermeidung sind u.a.

- Einsatz von Wasserschlössern, Blasenspeichern oder Windkesseln [4]
- Vorgabe optimaler Schließgesetze von Armaturen [5]
- Verringerung von Strömungsgeschwindigkeiten durch Nennweitenerhöhung
- Auslegung des Systems auf höhere Lasten
- Montage von Schwungrädern an Pumpenwellen
- spezielle, gedämpfte Armaturen oder -antriebe mit und ohne Hilfsenergie [6, 7] (z. B. PCD-System, s. Abb. 3)



Abb. 3 PCD-System zur Vermeidung von Druckstößen in Rohrleitungen [6, 7, 8]

Generell ist - wie bei Berechnung von Leitungsnetzen - auch die Wahl der optimalen Vermeidungsmethode (also kostengünstig, bei hoher Anlagenverfügbarkeit) in der Regel im Einzelfall auf den jeweiligen Produktionsbetrieb zugeschnitten.

Literatur:

- [1] Neuhaus, T.; Dudlik, A.; Fahlenkamp, H.; "Examination of Numerical Methods and Physical Modelling of Condensation Induced Water Hammer Including Gas Release"; The Practical Application of Surge Analysis for Design and Operation, 9th International Conference on Pressure Surges, Chester 3/2004, pp. 569-580
- [2] DVGW Arbeitsblatt 303 "Dynamische Druckänderungen in Wasserversorgungsanlagen"; DVGW, Bonn; August 2003
- [3] VDI 6006 "Druckstöße in Trinkwasseranlagen; Ursachen und Vermeidung"; VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung; Fachbereich Sanitärtechnik; Ausschuss VDI 6006
- [4] E. B. Wylie, V. L. Streeter und L. Suo, Fluid Transients in Systems, Prentice Hall, Englewood Cliffs 1993
- [5] H.-B. Horlacher, H.-J. Lüdecke: Strömungsberechnung für Rohrsysteme, expert Verlag, Ehningen bei Böblingen, 1992
- [6] A. Apostolidis, G. Wickl, A. Dudlik, S. Schlüter: "Vermeidung von Druckstößen in Rohrleitungssystemen durch Einsatz des PCD-Systems", 3R International(44) Heft 4/2005, S. 186 - 187
- [7] A. Dudlik, A. Apostolidis, G. Wickl, S. Schlüter: "Intelligente Druckbegrenzung beim Absperrern und Regeln durch Einsatz eines neuen passiven Drucklimiters", Industriearmaturen Heft 1/2005, März, S. 36 - 38
- [8] Internet: www.rohrleitungstechnologie.de

Tagungen / Kolloquien / Workshops:	Weiterbildungskurse:
02.02. DECHEMA-Kolloquium Explosionsschutz für chemische Reaktionssysteme in der Gasphase DECHEMA-Haus, Frankfurt am Main Info - Tel.: 069 - 7564 375 www.dechema.de/kolloquien	11.04. – 12.04. Anlagensicherung mit Mitteln der Pro- zeßleittechnik * Karl-Winnacker-Institut der DECHEMA e.V. Frankfurt am Main
12.03.-15.03. 44. Tutzing-Symposion QRA – Quo vadis? Evangelische Akademie Schloß Tutzing/Starnberger See Info - Tel.: 069 - 7564 254 www.dechema.de/tusy06	März o. April Sicherheitstechnik in der Chemischen (3 Tage) Industrie Karl-Winnacker-Institut der DECHEMA e.V. Frankfurt am Main
15.05.-19.05. AICHEMIA 2006 mit sicherheitstechnischem Ausstellungs- und Kongreßteil "Safe Plants – Safe Products" Frankfurt am Main Info - Tel.: 069 - 7564 333 www.achema.de	07.09 – 08.09. Schutz von Chemieanlagen gegen kri- minelle Angriffe * Karl-Winnacker-Institut der DECHEMA e.V. Frankfurt am Main
26.09.-28.09. GVC/DECHEMA-Jahrestagungen 2006 mit Vortragsteil „Sicherheit in Chemien- lagen“ - Gefährliche Stoffe, kritische Reaktio- nen - Modellierung und Simulation - Anlagentechnik - Gefahren erkennen, Risiken bewerten - Rechtliche Aspekte, aktuelle Regel- werke Rhein-Main Hallen Wiesbaden Info-Tel.: 069-7564-152 www.dechema.de/jt	09.10.-11.10. Sicherheit von chemischen Reaktionen TU Berlin / BAM / Schering
	23.10. – 24.10 Grundlagen und rechtliche Anforderun- gen des Explosionsschutzes Karl-Winnacker-Institut der DECHEMA e.V. Frankfurt am Main
	14.11. – 15.11. Probabilistik bei PLT- Schutzeinrichtungen – Pragmatische Wege zur quantitativen Sicherheitsbe- trachtung (SIL) * Karl-Winnacker-Institut der DECHEMA e.V. Frankfurt am Main
	16.11. – 17.11. Druckentlastung und Rückhaltung von gefährlichen Stoffen * Karl-Winnacker-Institut der DECHEMA e.V. Frankfurt am Main
	* Anerkannt als Weiterbildungsmaß- nahme für Immissionsschutz- und Störfallbeauftragte im Sinne der 5. BImSchV
	Auskünfte zu den Kursen: Tel.: 069 / 7564 -253 -202

Die Kurs- und Veranstaltungsinformationen finden Sie auch im Internet über die Homepage der DECHEMA:

-<http://dechema.de> und Button "Veranstaltungen"

-<http://dechema.de/Sicherheitstechnik> und Button "Weiterbildung" (Internetportal Sicherheitstechnik)

Herausgeber:

DECHEMA
Gesellschaft für Chemische Technik und
Biotechnologie e. V.
Theodor-Heuss-Allee 25
D-60486 Frankfurt am Main
Telefon: (069) 7564-0
Telefax: (069) 7564-201
E-mail: info@dechema.de
<http://www.dechema.de>

Verantwortlich für den Inhalt:

Prof. Dr. N. Pfeil
Prof. Dr. G. Kreysa

Redaktion:

Dr. O.-U. Langer

Geschäftsführung: Dr.-Ing. R. Bassier, Dr.-Ing. G. Levin

Dinnendahlstr. 9, 44809 Bochum

Tel.: 0234-3696-0/ FAX: 0234-3696-111/ Email: info@bg-exam.de/ Internet: www.bg-exam.de

Weitere Standorte : Essen, Dortmund

Gesellschafter: Bergbau-Berufsgenossenschaft Bochum
Deutsche Montan Technologie GmbH, EssenQualitätsmanagementsystem: Für die Labore nach DIN EN ISO 17025:2000
Für die Zertifizierungsstelle nach DIN EN 45004, 45011 und 45012

Unabhängige Technologiedienstleistungen in Prüfung, Zertifizierung und Beratung sowie in der Beurteilung und Beherrschung industrieller technischer Risiken; Schwerpunkt: Sicherheit von Bauteilen, Maschinen und Anlagen, alle Fragestellungen des industriellen Explosionsschutzes (für alle Branchen). EXAM betreibt 5 anerkannte Fachstellen für Sicherheit, 6 akkreditierte Prüflaboratorien, ein Freigelände für großmaßstäbliche Explosionsversuche in Dortmund sowie eine Zertifizierungsstelle und ist benannte Stelle (Kennnummer 0158) gemäß den Europäischen Richtlinien 89/686/EWG (Persönliche Schutzausrüstungen), 98/37/EG (Maschinen) und 94/9/EG (Geräte und Schutzsysteme für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen). Neuerdings ist EXAM Zugelassene Überwachungsstelle gemäß BetrSichV. EXAM ist aktives Mitglied in über 50 in- und ausländischen Fachverbänden, -ausschüssen, -gesellschaften und -vereinen.

Bereiche

- Explosionsschutz / Anlagensicherheit
- Explosionsschutz / Elektrotechnik
- Persönliche Schutzausrüstungen
- Gasmesstechnik
- Maschinensicherheit

Leistungen (Auszug)

- Prüfung von konstruktiven Explosionsschutzeinrichtungen wie z. B.
 - Explosionsklappen
 - Zellenradschleusen
 - Rückschlagklappen
 - Schnellschussschieber
 - Berstscheiben
- Prüfung der Explosionsdruckfestigkeit von Behältern und Armaturen, z. B.
 - Filter
 - Rohrleitungssysteme
 - Absperrarmaturen
 - Mühlen
- Erstellen, Bewerten und Begutachten von Explosionsschutzkonzepten bei
 - Planung von Neuanlagen
 - Inbetriebnahmen
 - Abnahmen
 - Änderungen und Erweiterungen
- Untersuchung und Erarbeitung von Überwachungskonzepten für den Explosionsschutz und für toxische Stoffe sowie von Konzepten zur Vermeidung und Beherrschung der Explosionsgefahr in Betrieben einschließlich der Sicherheits- und Risikoanalysen.
- Beratung und Unterstützung bei der Umsetzung der Betriebssicherheitsverordnung:
 - Explosionsschutzdokument
 - Zoneneinteilung
 - Gefährdungsbeurteilung
 - Alle Leistungen einer zugelassenen Überwachungsstelle

- Elektrostatik
 - Untersuchung und Prüfung elektrostatischer Eigenschaften von Stoffen
 - Beratung bei Problemen mit elektrostatischen Aufladungen
 - Messung elektrostatischer Eigenschaften im Betrieb
- Ermittlung sicherheitstechnischer Kenndaten von Gasen, Dämpfen und Stäuben.
- Messung von Gaskonzentrationen und Staubkonzentrationen sowie Durchflüssen im Betrieb.
- Sachverständige Untersuchung und Ursachenermittlung nach Schadensereignissen
- Durchführung von Explosionsversuchen im großtechnischen Maßstab
- Baumusterprüfungen und Zertifizierungen von elektrischen Betriebsmitteln für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen
- Beratung und Unterstützung in allen Fragen zu explosionsgeschützten elektrischen Betriebsmitteln, insbesondere sicherheitstechnische Beratung der Betriebe in verfahrenstechnischen Fragen, wie z. B. Auswahl geeigneter elektrischer Betriebsmittel
- Prüfung, Begutachtung der Funktionssicherheit elektrischer / elektronischer Komponenten und Anlagen, einschließlich Gefährdungsanalyse und Risikoabschätzung
- Prüfung und Beratung bei Problemen mit hochfrequenten elektromagnetischen Wellen und bei der Erfüllung der EMV-Richtlinie
- Audits zur Überwachung der Qualitätssicherung und QS-Zertifizierung
- Prüfung von Gaswarngeräten für brennbare Gase, Lösungsmitteldämpfe, Sauerstoff und toxische Gase sowie von Geräten zur Messung von Strömungsgeschwindigkeiten, Druck, Temperatur und Feuchte in Luft
- Beratung und Begutachtung zur Auswahl und sicherem Einsatz von tragbaren und ortsfesten Gaswarngeräten
- Seminare und Ausbildungsveranstaltungen



Programm

44. Tutzing-Symposium

Quantitative Risikoanalyse – Quo vadis?

vom 12. – 15. März 2006
in der Evangelischen Akademie
Schloß Tutzing am Starnberger See

Tagungsort

Auditorium der Evangelischen Akademie Schloß Tutzing
Schloßstr. 2-4
D-82324 Tutzing
Telefon: 08185/251-0
Fax: 08158/251-509
www.ev-akademie-tutzing.de

QRA – Quo vadis?

Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung quantitativer Risikoanalysen auf Anlagen der chemischen Industrie in Deutschland

Produktionsanlagen der chemischen Industrie werden in Deutschland auf einem hohen sicherheitstechnischen Niveau geplant, gebaut und betrieben. Natürlich verbleibt – trotz aller getroffenen Maßnahmen – ein restliches Risiko für das Eintreten von Schadensereignissen.

Die Sicherheit dieser Anlagen wird in Deutschland traditionell durch eine deterministische Herangehensweise gewährleistet; das heißt, mögliche Fehler, Störungen und deren Auswirkungen werden systematisch ermittelt und durch technische und organisatorische Maßnahmen verhindert bzw. in ihren Auswirkungen begrenzt. Die Qualität der Maßnahmen muß dem Stand der Sicherheitstechnik entsprechen, so daß das Eintreten einer als unvertretbar bewerteten Auswirkung vernünftigerweise ausgeschlossen werden kann. Die Schwere der zu erwartenden Auswirkungen bestimmt die Anforderung an die Maßnahmen.

Bei einer probabilistischen Vorgehensweise werden Eintrittswahrscheinlichkeit und Schwere von Auswirkungen verknüpft als Risiko betrachtet. Es kann qualitativ oder quantitativ beschrieben werden. In der Regel wird bei Einsatz von probabilistischen Herangehensweisen letztlich ein Zahlenwert ermittelt, der gegen einen festgelegten Risiko-Akzeptanzwert geprüft wird. Diesen zu unterschreiten, bieten sich zwei Faktoren als Einflußgrößen an: Senken der Eintrittswahrscheinlichkeit oder Begrenzen der Auswirkungen.

Europäische Entwicklungen und Vorgaben, aber auch die Globalisierung führen dazu, daß derzeit in Deutschland auf verschiedenen Ebenen intensiv die Frage diskutiert wird, was die probabilistische Vorgehensweise für die Anlagensicherheit einschließlich der Risikokommunikation leisten kann und wo ihre Grenzen sind.

Die DECHEMA mit ihrer Fachsektion Sicherheitstechnik, in ihrem Verständnis als Plattform für den Gedankenaustausch und die Kommunikation aller mit sicherheitstechnischen Fragen in der chemischen Technik befaßten Fachleute aus Wirtschaft, Wissenschaft und Behörden, widmet dieser wichtigen Frage das 44. Tutzing-Symposium. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte werden durch Vorträge ausgewählter Fachleute beleuchtet.

Die Evangelische Akademie Tutzing am Starnberger See bietet die besten Voraussetzungen für eine intensive Diskussion, auch über den zeitlichen Rahmen des eigentlichen Vortragsprogramms hinaus. Mit einer abschließenden Podiumsdiskussion soll eine Zusammenfassung des erreichten gemeinsamen Verständnisses zu der Frage „QRA – Quo vadis?“ bzw. die Identifizierung noch offener Fragen versucht werden.

Das Programm, aktuelle Informationen und ein Anmeldeformular erhalten Sie im Internet unter

www.dechema.de/tusy.

ACHEMA 2006

28. Internationaler Ausstellungskongreß für Chemische Technik,
Umweltschutz und Biotechnologie • Frankfurt am Main • 15.-19. Mai 2006

