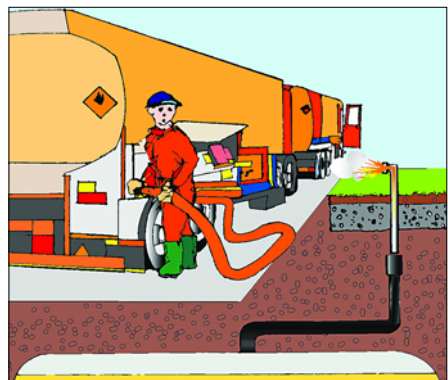


Rauchzeichen am Einfüllstutzen

Nach dem Befüllen von Bodentanks an Tankstellen mit Benzin sind gelegentlich Stichflammen zu beobachten, gezündet nach ELEKTROSTATISCHER ENTLADUNG. Mögliche Folge: Brände.

Von Anders Thulin, S-Stockholm*

Bei der Versorgung schwedischer Tankstellen mit Ottokraftstoff beobachteten Beteiligte in den vergangenen Jahren fünf Mal Verpuffungen. Vermutlich sind solche Vorkommnisse aber noch häufiger eingetreten. Die bekannt gewordenen Fälle liefen stets gleich ab –



(Grafik: Thulin)

Grundsätzlich sind alle Arten von Branderscheinungen an Tankstellen unerwünscht.

der erste gemeldete Fall ereignete sich am 4. Januar 2002 an einer Tankstelle in der Nähe von Göteborg: Wie der Fahrer des Tankzugs berichtete, war es zu einer Verpuffung in der unterirdischen Rohrleitung zum Bodentank gekommen, und zwar etwa eine Minute nachdem er nach Ende des Füllvorgangs die Kupplung des Füllschlauchs vom Einfüllstutzen abgenommen hatte. Dabei war dunkler Qualm stoßartig aus dem Einfüllstutzen herausgeschossen.

Ein solches Ereignis erscheint nicht als sonderlich gefährlich, doch aus grundsätzlichen Erwägungen heraus sind alle Arten von Branderscheinungen

– vor allem derart unkontrollierte – an Tankstellen nicht erwünscht. So war es naheliegend, dass die Betreibergesellschaft eine gründliche Untersuchung dieser Tankstelle anordnete.

Hohe Luftfeuchtigkeit

Bei der nächsten geplanten Benzinlieferung – eine Woche später am 11. Januar 2002 – überwachten Vertreter der Firma, welche das Rohrleitungssystem installiert hatte, den Befüllvorgang. Das Ereignis wiederholte sich. Wieder kam es zur Rauchentwicklung aus dem Füllstutzen, kurz nachdem der Fahrer den Füllschlauch abgekuppelt hatte.

Im Februar 2002 und im Sommer 2004 wurde noch über drei weitere gleichartige Ereignisse berichtet. In allen Fällen kam es weder zu explosionsartigen Erscheinungen, noch waren Flammen zu beobachten. Niemand wurde verletzt und es gab keine Sachschäden.

Eine bemerkenswerte Feststellung war, dass das unterirdisch verlegte Leitungssystem bei allen betroffenen Tankstellen aus Kunststoffrohren bestand. So kam die Vermutung auf, elektrostatische Aufla-

dung könnte für die Zündungen ursächlich gewesen sein. Bei den beiden erstgenannten Vorfällen war die relative Luftfeuchtigkeit mit 96 beziehungsweise 98 Prozent extrem hoch. Dieser Umstand, der für elektrostatische Aufladungen im Allgemeinen als kontraproduktiv gilt, steht einer elektrostatischen Zündung scheinbar entgegen.

Situation an der Tankstelle

Das unterirdisch verlegte Rohrleitungssystem mit einem Durchmesser von 4 Zoll war aus HDPE mit einer dünnen Nylonauskleidung gefertigt. Der innere Durchmesser betrug 91 Millimeter, der äußere 110 Millimeter. Bei allen Befüllungen wurden etwa 20 Kubikmeter Ottokraftstoff in den unterirdischen Tank geleitet. Die Leitfähigkeit des Benzins betrug weniger als 0,1 Picosiemens pro Meter, ein Wert, bei dem es besonders leicht zu elektrostatischer Aufladung kommen kann, wenn eine solche Flüssigkeit strömt. Erfahrungsgemäß ist nicht mit gefährlichen Aufladungen zu rechnen, wenn die Strömungsgeschwindigkeit weniger als 7 Meter pro Sekunde

* Der Autor dankt Sylvia und Günter Lüttgens (Übersetzung), Martin Glor, Anders Molander, Harold Walmsley sowie den Mitarbeitern von Preem Petroleum und OK/Q8 Petroleum sowie Kungsörs Plast für Diskussionen und Zusammenarbeit. Kontakt: thulin@armeka.se

beträgt. Die Füllgeschwindigkeit war etwas geringer als 3 Meter pro Sekunde, damit also im zulässigen Bereich, und die Gaspendedeleitung war angeschlossen.

Nach Beendigung des Füllvorgangs wurde der im Füllschlauch verbliebene Kraftstoff vor dem Abkuppeln vom Einfüllstutzen per Schwerkraft in den Bodentank entleert. Bei einer Kontrolle der Erdung des Tankwagens und des leitfähigen Füllschlauchs betrug alle Widerstandswerte weniger als 10 Ohm. Sie lagen damit hinreichend unter dem zulässigen Grenzwert von 1 Megaohm.

Damit waren scheinbar alle Bedingungen erfüllt, um elektrostatische Aufladungen abzuwenden. Auch gegen die isolierenden Rohrleitungen war grundsätz-



(Fotos: Thulin)

Die unterirdischen Rohrleitungssysteme zu den Bodentanks an den betroffenen Tankstellen bestehen aus HDPE mit einer dünnen Nylonauskleidung. Der äußere Durchmesser beträgt 110 Millimeter – die Zündkerze verdeutlicht die Größenordnung.

lich nichts einzuwenden, denn das Normenregelwerk CLC/TR 50404:2003 *Electrostatics – Code of practice for the avoidance of hazards due to static electricity* des Europäischen Komitees für elektrotechnische Normung (CENELEC) besagt in Abschn. 5.5.4.2 (*Buried non-conductive pipes*): Es besteht dann keine Zündgefahr, wenn die isolierenden Rohre eingegraben sind, ihre gesamte Oberfläche Kontakt mit Erde besitzt und die Flüssigkeit mindestens an einer Stelle mit einem geerdeten leitfähigen Bauteil in Berührung steht.

Der Versuch einer Erklärung

Nach dem Abkuppeln des Tankschlauchs strömt infolge des Unterdrucks kalte und feuchte Luft in den Bodentank nach. Fahrer von Tankzügen kennen dieses Phänomen. Hierdurch kann sich ein explosionsfähiges Gemisch

Elektrostatik: Gefahren beurteilen

Um Gefahren infolge elektrostatischer Aufladungen in explosionsgefährdeten Bereichen abzuwenden, enthalten die Regelwerke – wie die Norm CLC/TR 50404 oder die Berufsgenossenschaftliche Regel (BGR) 132 – Einschränkungen für den elektrischen Widerstand, die Materialstärke und -größe sowie die Trenngeschwindigkeiten der am Vorgang beteiligten Gegenstände und Materialien. Wegen der großen Zahl unterschiedlicher industrieller Abläufe sind aber keine differenzierten Angaben möglich, die für alle relevant sind. Doch in der Praxis werden oft Ansprüche gestellt, welche den genannten Forderungen entgegenstehen. Auch ist keineswegs sicher, dass ein isolierendes Material unter gegebenen Verarbeitungsbedingungen tatsächlich hoch aufgeladen wird. Ebenso ist die Aussage zu hinterfragen, ableitfähiges Material lasse sich nicht gefährlich aufladen.

Geräte, mit denen sich die elektrische Feldstärke messen lässt, sind nicht geeignet, um die Zündfähigkeit elektrostatischer Gasentladungen zu beurteilen, die von einem aufgeladenen Gegenstand ausgehen können. Inzwischen existieren sicherheitstechnische Grenzwerte für Ladungsmengen, die bei elektrostatischen Gasentladungen, wie Büschel- und Funkenentladungen, transferiert werden. Sie eröffnen die Möglichkeit, ein Gerät mit einem neuen Messprinzip zu konzipieren. Diese Ladungswerte, gemessen in Nanocoulomb, korrelieren mit der Zündempfindlichkeit von Gas- und Dampf/Luftgemischen, die dementsprechend in die Explosionsgruppen I, IIA, IIB und IIC eingeteilt sind.

Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig und die Stiftung Elstatik in Odenthal haben das handgeführte Nanocoulombmeter *nCm* in Zusammenarbeit mit der Firma Schnier

Elektrostatik in Reutlingen entwickelt. Damit ist es möglich, elektrostatische Aufladungen über eine Büschel- oder Funkenentladung einfach und zuverlässig dort zu erfassen, wo sie auftreten.

Anwendungsbeispiele sind: Kunststoffbehälter, die mit einer brennbaren Flüssigkeit befüllt werden sollen; flexible IBC beim Befüllen oder Entleeren; Strömen von Gasen, Flüssigkeiten und Stäuben durch Rohrleitungen, Ventile oder Filter; Aufladung von Fahrzeugen und

gegebenenfalls von Personen; elektrostatische Eigenschaften isolierender Materialien und Gegenstände beurteilen; Zündgefahren unter betrieblichen Bedingungen abschätzen, die von isolierenden Materialien und Gegenständen ausgehen.

Das *nCm* ist vor

Inbetriebnahme zu erden. Es lässt sich bei Temperaturen zwischen 5 und 45 °C und bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von maximal 45 Prozent einsetzen. Soll mit dem *nCm* in Bereichen gemessen werden, in denen Explosionsgefahr besteht, sind Schutzmaßnahmen zu treffen, zum Beispiel die Atmosphäre mit einem Explosimeter kontrollieren.

Die Kugelelektrode ist dem Gegenstand mit einer Geschwindigkeit von etwa einem halben Meter pro Sekunde bis auf rund zwei Millimeter anzunähern. Es entsteht eine Gasentladung (Büschel oder Funke), und das Gerät zeigt die Höhe der transferierten Ladung auf einem Display an. Die Kugelelektrode darf den Gegenstand nicht berühren, um nur die in einer Gasentladung übertretende, zündrelevante Ladungsmenge zu erfassen. Das *nCm* bewertet nur einzelne Gasentladungen und unterdrückt Störungen durch Coronaentladungen weitgehend.

@ Elektrostatik@elstatik.de
www.schnier-elektrostatik.de



(Foto: Schnier Elektrostatik)

Das Handcoulombmeter misst die transferierte, zündrelevante Ladungsmenge.

in der Rohrleitung bilden. Darüber hinaus verdampft das an der Rohrwandung anhaftende Benzin und bewirkt dort eine Abkühlung. Bei hoher Luftfeuchtigkeit kann dies dazu führen, dass sich an der Rohrwandung Feuchtigkeit niederschlägt: Somit wird das Innenrohr mehr oder weniger mit einem leitfähigen Wasserfilm überzogen.

Durch das Strömen von Benzin ist auf der Rohrleitung eine Aufladung entstanden, die wegen der isolierenden Eigenschaft des Rohrs nicht beweglich ist. Sie überträgt sich auf den leitfähigen Wasserfilm und erlangt somit Mobilität. Falls nun der Wasserfilm bis an den geerdeten Füllstutzen heranreicht, können spontan größere Ladungsmengen dorthin trans-

portiert werden. Unmittelbar vor Erreichen des Füllstutzens kann es dort zu einer Funkenentladung kommen, die das explosionsfähige Benzindampf/Luft-Gemisch entzündet. Die im Funken umgesetzte Energie W (in Joule) lässt sich bestimmen nach der Beziehung $W = 0,5 \cdot C \cdot U^2$, worin C die Kapazität (in Farad) und U das Potenzial gegen Erde (in Volt) darstellen.

Messungen an einem Probestück des Kunststoffrohrs, auf dem eine Fläche von 3.000 Quadratmillimeter mit einem Wasserfilm bedeckt war, ergaben eine Kapazität von 30 Picofarad. Beim gegebenen Innendurchmesser des Rohrs von 91 Millimeter wird diese Kapazität bereits bei einer Länge des Wasserfilms von 10 Millimeter er-



Die Kunststoffrohrleitungen zu den unterirdischen Tanks sind mit einer metallischen Rohrleitung verbunden, welche die Erdoberfläche durchstößt und am Einfüllstutzen endet.

reicht. Das Potenzial der Ladung ließ sich nicht messen. Doch ausgehend von der realistischen Annahme, dass es mindestens 8 Kilovolt betragen hat, ergibt sich daraus eine Funkenenergie von 0,3 Millijoule. Um ein optimales Benzindampf/Luft-Gemisch zu zünden, genügen bereits 0,2 Millijoule. Somit können bereits relativ kurze aufgeladene Rohrstrecken, die mit einem Wasserfilm belegt sind, zur Zündgefahr werden.

Wie sich im Gegensatz zur allgemeinen Erfahrung, wo-

nach Elektrostatikgefahren vor allem bei geringer Luftfeuchtigkeit zu erwarten sind, hier herausstellt, wird eine elektrostatische Zündung erst durch hohe Luftfeuchtigkeit provoziert.

Regeln sind eventuell zu verbessern

Das Regelwerk CLC/TR 50404 sagt zwar aus: Es ist möglich, eine isolierende Leitung für brennbare Flüssigkeiten zu verwenden, wenn sie allseitig von Erreich umschlossen ist. In Abschn. 11.3.3 dieser Norm findet sich aber ein Warnhinweis, der leicht übersehen wird: Es kann bei der Verwendung isolierender Werkstoffe zu einer energiereichen Funkenentladung kommen, wenn sich zum Beispiel

auf deren Oberflächen Wasserfilme oder -pfützen bilden können. Deshalb wird empfohlen, bei brennbaren Flüssigkeiten grundsätzlich isolierende Werkstoffe zu vermeiden. Arbeiten von Harold L. Walmsley, veröffentlicht im *Journal of Electrostatics*, Nr. 38, 1996, Seite 249 bis 266 stützen diese Aussage. Walmsley hatte beim Pumpen

von Flüssigkeiten mit einer Leitfähigkeit zwischen 30 und 100 Picosiemens pro Meter hohe elektrische Feldstärken festgestellt.

Der Beitrag soll zunächst vor allem den Sachverhalt beschreiben und eine Diskussion über den Einsatz isolierender Materialien beim Umgang mit entzündbaren in Gang setzen. Andere Erklärungen sind ebenso denkbar. Experimente, um die Theorie zu stützen, sind bislang noch nicht vorgenommen worden. ■