

Die Explosionsdruckwelle bewirkte, daß der gesamte Betonfußboden kleinteilig zerlegt gegen die Umfassungswände und die Decke geschleudert wurde und die Personen verletzt unter sich begrub.

Spätere Ermittlungen ergaben, daß die Handwerker sehr wohl über die Verarbeitungshinweise des Materials informiert waren, jedoch nicht bedacht hatten, daß sich unter dem gesamten Fußboden ein großvolumiger Hohlraum befand, in dem sich das zündfähige Gas-Luft-Gemisch gesammelt hatte. Der Funkenriß am Kollektor der Handmaschine mußte dann zur Explosion führen.

Das Fazit

Da derartige Ereignisse offenbar landesweit keinen Seltenheitscharakter haben, sollte sich das verarbeitende Gewerbe darauf besinnen, daß die Chemie für den Einsatz in geschlossenen Räumen auch lösungsmittelfreie Kleber anbietet, wenn vielleicht auch die Trocknungszeiten etwas länger sind ...

*Dipl.-Ing.
Hartmut Hopp,
Branddirektor,
Berliner Feuerwehr*



*Von Trümmern übersät – der Kellerraum der Bankfiliale. In der Bildmitte zu erkennen eine gußeiserne Stütze.
Foto: K. Keikus, Berlin*

Fortentwicklung technischer Regelwerke aus Anlaß von Schadensfällen

E. Behrend, Dr. U. Schmidtchen

Zusammenfassung

Der spektakuläre Unfall eines Wasserstofftanks in Hanau im Jahre 1991 löste umfangreiche Ermittlungen aus. Ursachen und Hergang des Vorgangs konnten befriedigend aufgeklärt werden; die Ergebnisse werden hier kurz dargestellt. Darüber hinaus gab der Unfall Anlaß zu kurzfristigen Verbesserungen des technischen Regelwerks sowie zu tiefergehenden Forschungsarbeiten in dieser Richtung. Dadurch kann am Hanauer Unfall auch beispielhaft gezeigt werden, wie die Erfahrungen, die an aktuellen Vorfällen gesammelt werden, in die Weiterentwicklung der deutschen und europäischen Normen einbezogen werden.

*Dr. U. Schmidtchen,
Dipl.-Ing. E. Behrend,
Bundesanstalt für Materialforschung
und -prüfung,
Berlin*

1 Einleitung

Es gibt eine Vielzahl von technischen Regelwerken, durch deren Beachtung die Sicherheit von Menschen und der Schutz von Sachwerten beim Betrieb von Anlagen und Geräten gewährleistet werden soll. Durch den technischen Fortschritt entstehen aber ständig neue sicherheitstechnische Aufgaben und neue Lösungen. Das führt dazu, daß sich auch die bestehenden Regelwerke ständig fortentwickeln müssen.

Die dafür vorgesehenen Gremien haben die Aufgabe, die Entwicklungen zu erkennen, die eine Überarbeitung der Regelwerke erfordern, und diese einzuleiten. Bei manchen Gelegenheiten wird das aber gar nicht durch neue technische Entwicklungen erforderlich, sondern vielmehr durch lange nicht erkannte Fehlerquellen. Gelegentlich tragen Schadensfälle dazu bei, bisher übersehene Probleme offenkundig zu machen.

Dieser Beitrag zeigt am Beispiel eines spektakulären Schadens an einem Druckbehälter, welche Rückwirkungen ein solcher Vorgang auf das Regelwerk hat.

2 Schadensfall

Eine Quarzglasfirma in Hanau betrieb eine Reihe von Brennerstationen und anderen Verbrauchern, die Wasserstoff als Brenngas benutzten. Auf dem Werksgelände befand sich dazu ein Versorgungssystem. Dazu gehörte ein Druckbehälter mit einem geometrischen Volumen von 100 m³ und einem maximalen Betriebsüberdruck von 4,41 MPa. Wenn der Behälter voll war, wie zum Zeitpunkt des Unfalls, faßte er somit 4400 Nm³ oder 370 kg Wasserstoffgas bei Umgebungstemperatur.

Sank der Druck durch die Entnahme auf Werte von 20 bar oder darunter,

wurde der Behälter von einem Tankwagen wieder auf den Maximaldruck gebracht. Dies geschah mehrmals in der Woche. Durch diese Entnahme- und Füllvorgänge unterlag der Behälter einer zyklischen Belastung durch Innendruck. Bis zum Unglück hatte er etwa 1500 Betriebszyklen dieser Art hinter sich gebracht.

Am frühen Morgen des 05. Oktober 1991 (Sonntag), etwa eine halbe Stunde nach Abschluß eines Füllvorgangs, barst der Behälter völlig unvermittelt. Der Wasserstoff wurde frei und vermischte sich mit Luft. Die Zündung dieses Gemischs führte auf dem Werksgelände zu schweren Zerstörungen und im Umkreis von bis zu 1000 m zu zahlreichen Gebäudeschäden [1]. Glücklicherweise gab es wegen des günstigen Zeitpunkts keine Personenschäden, abgesehen von einigen Schocks und Schnittwunden beim Werksschutz. Der Sachschaden war jedoch beträchtlich. Die Feuerversicherung der Firma beziffert den Schaden auf etwa 130 Millionen DM; nimmt man jedoch alle Leistungen anderer Versicherungen hinzu (Hausrat, Brandkasse, Kraftfahrzeuge), so liegt der Umfang des ganzen Schadens nach brancheninternen Schätzungen eher bei einer halben Milliarde DM. Die rechtliche Aufarbeitung des Vorfalls ist noch längst nicht abgeschlossen.

3 Ursache

Die Suche nach der Ursache des Unglücks war Gegenstand einer ganzen Reihe von Aktivitäten. Die Untersuchungen der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) in Berlin spielten dabei eine wichtige Rolle [2, 3, 4, 5], doch haben auch die zuständigen Ermittlungsbehörden sowie private Untersuchungen im Auftrag der betroffenen Firmen (z. B. [6]) wesentlich zur Aufklärung beigetragen.

3.1 Äußere Gewalt oder Anlagenschäden

Es konnte bald gezeigt werden, daß der Unfall nicht auf eine Explosion von Wasserstoff außerhalb des Tanks oder auf eine andere Art der Gewalteinwirkung von außen zurückzuführen gewesen war. Auch die Anlage, die aus dem Tank versorgt wurde, war voll funktionsfähig. Es gab keine Hinweise auf Fehlbienung oder technisches Versagen in der Anlage, das auf den Tank zurückgewirkt hätte. Weiter ergab sich, daß auch der Druck im Tank den maximal zulässigen Wert nicht überschritten hatte, wie an anderer Stelle [3] ausführlich gezeigt worden ist. Es hatte also keine Explosion im Tank gegeben.

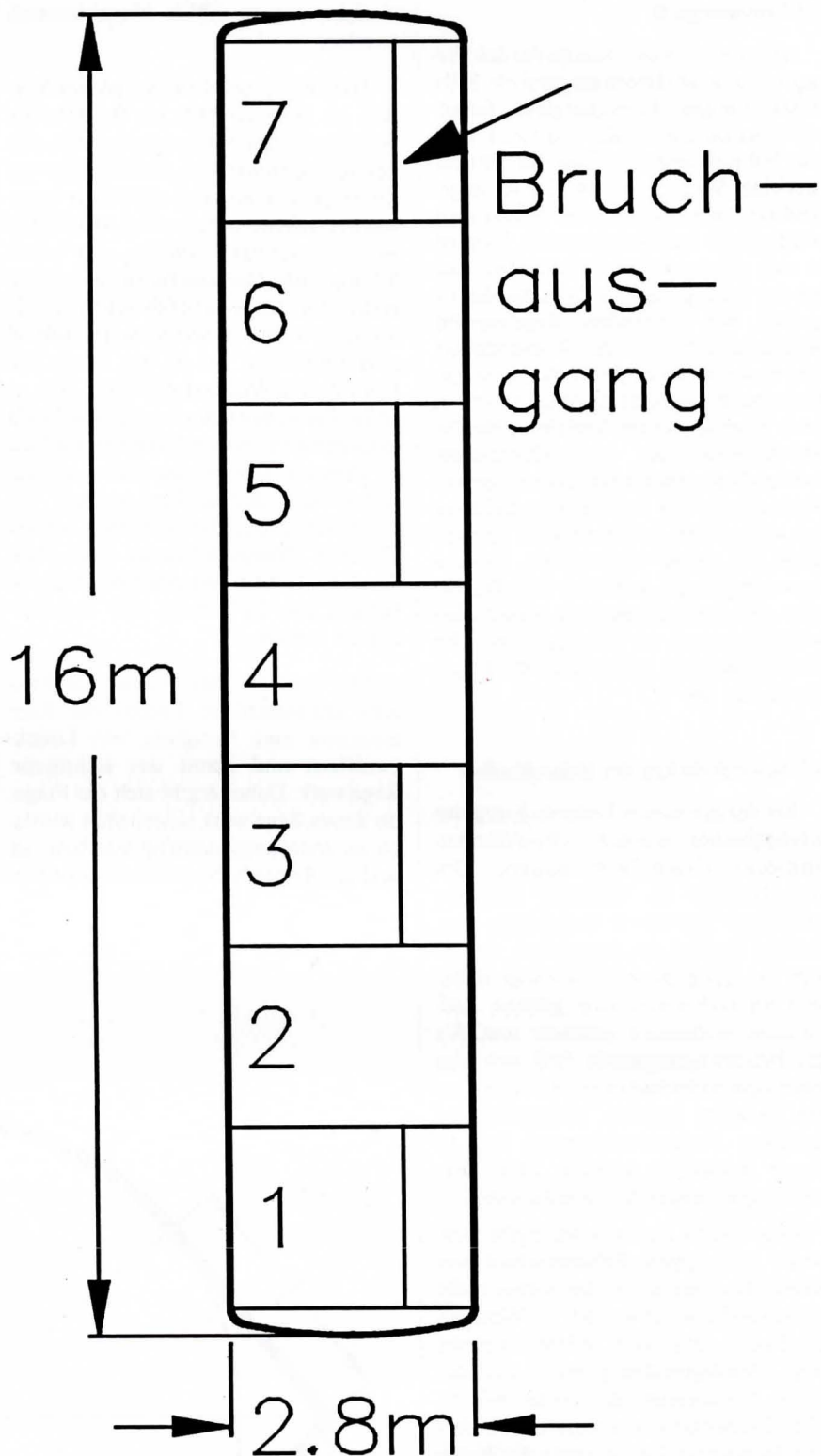


Abb. 1: Schema der Behälterschüsse und der Schweißnähte

Dazu hätte auch ein Reaktionspartner gehört, auf dessen Eindringen es keine Hinweise gab. Der Tank war also tatsächlich unter seinen normalen Betriebsbedingungen ohne unmittelbaren Anlaß geborsten.

Die Unfallursache mußte sich aus der Untersuchung der Bruchausgangsstelle ergeben. Diese zu finden, war zum Glück nicht besonders schwierig, weil der Tank in nur wenige Fragmente zer-

legt worden war. Der zylindrische Teil des Tanks bestand aus sieben sogenannten „Schüssen“, die aus je einem rundgewalzten, entlang einer Längsnaht verschweißten Blech gefertigt waren. Abb. 1 zeigt den Aufbau schematisch. Die Bruchausgangsstelle befand sich etwa in der Mitte der Längsnaht des obersten Behälterschusses. Untereinander waren die Schüsse durch Rundnähte verbunden.

3.2 Ermüdungsriß

Als unmittelbare Ursache für das Versagen wurde am Bruchausgang ein halb-linsenförmiger Ermüdungsriß festgestellt, der bis zum Unfall auf eine Länge von 760 mm und eine Tiefe von 20 mm (bei einer Wanddicke von 22 mm) angewachsen war. Somit war Materialermüdung der Auslöser gewesen. Dies ist an sich ein normaler Vorgang, den man bei der Auslegung von Druckbehältern gemäß den geltenden Regelwerken berücksichtigt. Bei der Konstruktion sind besonders die AD-Merkblätter von Bedeutung, wie noch ausgeführt werden wird. Dort sind auch Verfahren für die Abschätzung der wahrscheinlichen Lebensdauer eines Behälters angegeben. Nach diesen war der Hanauer Behälter mit seinen 1500 Betriebszyklen bei vielleicht 1% seiner statistischen Lebensdauer angelangt. Auftreten und Wachstum des Ermüdungsrissses waren also auffällig schnell vor sich gegangen. Die Untersuchungen galten daher der Frage, woran das lag.

3.3 Besonderheiten der Schweißnähte

Bei der genaueren Untersuchung der Schweißnähte wurden Schweißimperfectionen (Nahtüberhöhungen, Einbrandkerben) im üblichen Rahmen gefunden. Besonders bedeutsam war, daß im Bereich der Längsnaht, an der sich der Ermüdungsriß gebildet hatte, sehr wahrscheinlich eine größere Aufdachung vorhanden gewesen war. An der Bruchausgangsstelle ließ sich das zwar nicht mehr nachweisen, doch konnten an einer anderen Längsnaht des Behälters Formabweichungen bis zu 8 mm festgestellt werden. Dort war bereits ein zweiter Anriß entstanden.

Eine solche Aufdachung ergibt sich, wenn man einen Behälterschuß aus einem Blech schweißt, das vorher nicht völlig rund gewalzt worden ist. Wenn an den Enden ein gerader Teil stehen bleibt (sog. „Anbiegeenden“), ergibt sich bei deren Verbindung eine Ecke, wie in Abb. 2 schematisch gezeigt wird. Dabei ist r der normale Radius und s die Wandstärke. Die Aufdachungshöhe ist als h angegeben, die Länge des Anbiegeenden mit l . Die Wirkung dieser Formabweichung ist, daß auf die Naht nicht nur die normalen Umfangsspannungen wirken, sondern daß die Füll- und Entnahmezyklen eine zusätzliche Biege-Wechselbeanspruchung hervorrufen.

Es ist technisch aufwendig, ein Blech so rund zu walzen, daß die Anbiegeenden völlig verschwinden. Man könnte auch die Enden abschneiden und das Blech nachwalzen. Dieser zusätzliche Aufwand hat dazu geführt, daß Aufdachungen lange Zeit als mehr oder

weniger unvermeidlich hingenommen wurden.

Wie in [3] ausführlicher gezeigt worden ist, bildeten sich im Bereich des Nahtübergangs Spannungsspitzen, die bei einer unterstellten Aufdachung von 8 mm dreimal so hoch wie in der ungestörten Behälterwand waren. Möglicherweise unterstützt durch eine etwa 0,1 mm tiefe Einbrandkerbe traten die ersten Anrisse wesentlich schneller auf als zu erwarten gewesen wäre. Sobald aber einmal ein Riß da war, sorgte der Einfluß des Wasserstoffs dafür, daß er sechs- bis siebenmal schneller wuchs als in Gegenwart anderer Gase. Der Einfluß all dieser Faktoren zusammen konnte rechnerisch abgeschätzt werden. Es ergab sich, daß ein Behälter nach Art des Hanauer Wasserstofftanks rein statistisch tatsächlich mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,1% nach 1500 Betriebszyklen versagt.

Die Ursachen des Unfalls berühren also grundsätzliche Fragen der Konstruktion und Fertigung von Druckbehältern und somit das technische Regelwerk. Daher ergibt sich die Frage, ob dieses Regelwerk eingehalten wurde, ob es änderungsbedürftig war bzw. ist und gegebenenfalls an welchen Stellen.

4 Stand des Regelwerks

4.1 Anwendbare Regeln

Der Hanauer Wasserstoffbehälter war ein Druckbehälter im Sinne der Druckbehälterverordnung (DruckbehV) [7]. Für Konstruktion, Herstellung, Aufstellung, Betrieb und Prüfung gelten die Technischen Regeln Druckbehälter (TRB) [8]. Hinsichtlich der Konstruktion nehmen die TRB Bezug auf die vom VdTÜV herausgegebenen „AD-Merkblätter“. Für die Konstruktion und Berechnung von Druckbehältern allgemein gelten etwa die AD-Merkblätter HP1 [9] und B0 [10], besondere Regeln für zyklisch belastete Behälter sind in den Blättern S1 [11] und S2 [12] enthalten.

4.2 Formabweichungen

Bis April 1991 waren Aufdachungen in den AD-Merkblättern und dem übrigen Regelwerk überhaupt nicht als Formabweichung explizit erwähnt. Nur Ovalitäten wurden im Merkblatt HP1 [9] ausdrücklich behandelt. Für einen Behälter wie in Hanau wäre eine relative Differenz zwischen großem und kleinem Durchmesser von 2% zulässig gewesen, das sind absolut 56 mm.

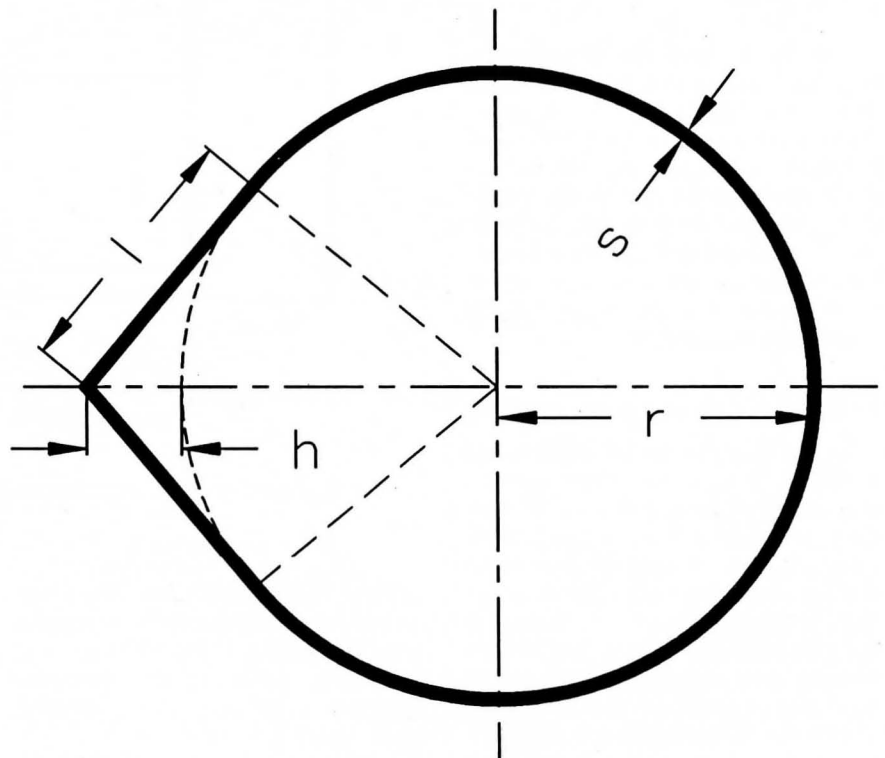


Abb. 2: Schematische Darstellung einer Aufdachung an einer Längsschweißnaht

Eine solche Ovalität hätte allerdings überhaupt keine nennenswerte Auswirkung auf die Spannungen in der Längsnaht gehabt [3], denn auch ein leicht elliptischer Behälter ist immer noch überall rund. Im Falle einer Aufdachung ist dagegen eine scharfe Ecke vorhanden.

Ein Behälterkonstrukteur, der im Regelwerk etwas über den zulässigen Wert von Aufdachungen suchte, mußte sich lange Zeit mit sehr allgemeinen Aussagen zufrieden geben (wie etwa Abschnitt 2.2 in [10]). Seit April 1991 ist im Merkblatt HP1 [9] ein Grenzwert für Aufdachungen angegeben; für einen Behälter vom Hanauer Typ ergibt sich ein Wert von 5 mm. Da der Hanauer Tank schon 1975 gebaut wurde, sind die daran festgestellten Formabweichungen formal nicht als Regelverstoß zu werten. Unabhängig davon bleibt aber die Frage, ob der heute gültige Grenzwert von 5 mm einen Unfall wie den von Hanau verhindert hätte oder ob weitere Verbesserungen des Regelwerks erforderlich sind.

4.3 Prüfungen

Bei Fertigung und Inbetriebnahme des Behälters sind Prüfungen vorgeschrieben, ebenso während des Betriebes im Abstand von fünf Jahren. Der Hanauer Behälter wurde nach seiner Fertigstellung im Jahre 1976 sowie nach einem größeren Umbau im Jahre 1982 geprüft, und 1987 wurde die wiederkehrende Prüfung ohne auffällige Befunde durchgeführt.

Das Programm dieser wiederkehrenden Prüfungen besteht aus einer Innenbesichtigung der Schweißnähte sowie einer Wasserdruckprüfung bei jedem

zweiten Mal. Sie wurde bei der ersten wiederkehrenden Prüfung 1987 nicht durchgeführt.

Die Prüfungen waren augenscheinlich nicht geeignet, den Unfall zu vermeiden. Es stellt sich grundsätzlich die Frage, auf welche Weise die Existenz von Ermüdungsrissen zuverlässig erkannt werden soll. Eine Wasserdruckprobe, bei der der Behälter mit 130 % des maximalen Betriebsdrucks belastet wird, ist dazu nicht das geeignete Mittel. Alternativen werden später diskutiert werden.

5 Aufgeworfene Fragen

Der Hanauer Unfall machte mehrere Stellen offenkundig, an denen das geltende Regelwerk der Verbesserung bedurfte.

- Fertigung: schweißtechnische Imperfektionen wie etwa Aufdachungen wurden toleriert; ihre Auswirkungen auf die Spannungsverteilung wurden vernachlässigt.
- Prüfung: Weder die Prüfungen nach Herstellung oder vor Inbetriebnahme noch die wiederkehrenden Prüfungen enthalten irgendeinen Programmpunkt, der geeignet wäre, die Existenz von Ermüdungsrissen frühzeitig und zuverlässig zu erkennen.

Bei den Vorschriften für den Betrieb und die Ausrüstung der Druckbehälter ist dagegen kein Mangel zu erkennen.

Darüber hinaus wurde erkennbar, daß an verschiedenen Stellen der Stand des Wissens noch nicht ausreichend ist. Besonders folgende Themen lohnen eine eingehendere Untersuchung:

- Der Einfluß von Wasserstoff auf die Korrosion von Bauteilen und Tanks aus ferritischem Stahl. (Durch den Einfluß von atomarem Wasserstoff an der Spitze eines einmal vorhandenen Ermüdungsrisses kommt es zu Spannungsrißkorrosion; zyklische Belastungen fördern das Rißwachstum erheblich. Der Einfluß niedriger Frequenzen ist bisher besonders dürftig untersucht worden.)
- Verbesserung der Berechnungsverfahren für die statistische Lebensdauer eines Druckbehälters, besonders bei nichtidealer Form der Schweißnähte. (Das vorhandene Berechnungsmodell stützt sich auf bewußt konservative Annahmen, da Forschungsergebnisse zur besseren Modellierung fehlen.)

6 Verbesserungsmöglichkeiten

Es liegt auf der Hand, daß Aufdachungen im geltenden Regelwerk ausführlicher behandelt werden müssen. Wie erwähnt, wurden sie bereits vor dem Hanauer Unfall aufgenommen und Grenzwerte dafür angegeben, aber die heutige Fassung von AD-Merkblatt HP1 [9] ist wahrscheinlich noch nicht die endgültige. Als besonders schwierig erweist es sich, ein durch Forschungsergebnisse gesichertes und gleichzeitig halbwegs einfach nachvollziehbares Schlußverfahren von der Aufdachung der Schweißnaht auf die Belastung des Materials und von dort auf die Lebenserwartung des Behälters anzugehen.

Außerdem muß das Programm der wiederkehrenden Prüfungen so gestaltet werden, daß man Ermüdungsrisse erkennen kann. Statt der hergebrachten Wasserdruckprobe stehen heute Instrumente wie Farbeindringverfahren, Ultraschall-, Magnetpulver- oder Schallemissions-Prüfung zur Verfügung.

7 Was ist geschehen?

Parallel zu den Untersuchungen der Ermittlungsbehörden befaßten sich die zuständigen Gremien mit der Frage, welche Möglichkeiten es gibt, einen Unfall der Hanauer Art in Zukunft unwahrscheinlicher zu machen. Nachdem sich die wichtige Rolle der Aufdachung herausgestellt hatte, wurde



Abb. 3: Die Explosion führte auf dem Werksgelände zu schweren Zerstörungen und im Umkreis von bis zu 1000 m zu zahlreichen Gebäudeschäden.

zunächst eine umfassende statistische Untersuchung aller vergleichbaren Behälter in Deutschland auf Aufdachungen und andere Auffälligkeiten durchgeführt. Die Schweißnähte wurden auch auf Anrisse geprüft, und die Abschätzungen der statistischen Restlebensdauer wurden überprüft und mit der tatsächlichen Zahl der Belastungszyklen verglichen.

Die umfassende Dokumentation der Ergebnisse wird demnächst veröffentlicht werden. Zusammenfassend kann man bisher sagen, daß das angewandte Rechenverfahren für die Lastwechselzahl, ab der man mit Anrissen rechnen muß, vernünftige Ergebnisse liefert. Zwei Behälter mit bedenklichen Anrissen wurden gefunden, von denen einer allerdings nicht in Betrieb war.

Der Fachausschuß „Druckbehälter“ (FAD) der Berufsgenossenschaften hat entsprechende Hinweise für die Betreiber und Prüfer von Druckbehältern gegeben. Der Unterausschuß „Prüfwesen“ des FAD empfiehlt ein verbessertes Prüfprogramm, das sich gegenüber dem bisherigen durch den Einsatz von Ultraschall- und Schallemissions-Prüfung auszeichnet.

8 Was soll weiter geschehen?

Kein Regelwerk kann Unfälle zuverlässig verhindern, aber die oben beschriebenen Schritte sind geeignet, ein Unglück wie das von Hanau bei vertretbarem Aufwand zumindest unwahrscheinlicher zu machen. Daher wird angestrebt, das deutsche Regelwerk in dieser Richtung weiter zu verbessern. So kann z. B. eine Nachprüfung mit Ultraschall zu einem vergleichsweise frühen Zeitpunkt als Regel-Wiederholungsprüfung nach TRB vorgeschrieben werden. Das Ultraschallverfahren ist noch wesentlich aussagekräftiger, wenn es zusammen mit der Schallemissions-Prüfung durchgeführt wird.

Parallel dazu verlaufen entsprechende Bestrebungen auf europäischer Ebene. Die CEN (Europäischer Normungsrat) hat durch ihr Technisches Komitee Nr. 54 (Thema: „Nicht beheizte Druckbehälter“) die Schallemissionsprüfung als Option in das Prüfprogramm aufgenommen. Hier wird versucht, die modernen Prüfverfahren noch weiter in den Vordergrund zu rücken. Da die nationalen Normen und Regelwerke in Zukunft fortschreitend von ihren europäischen Gegenstücken abgelöst werden sollen, ist die Festschreibung der Ergebnisse dort von besonderer Bedeutung.

Gleichzeitig versuchen die BAM und andere Forschungseinrichtungen, vom

BMBF und/oder dem BMA sowie der EU Fördermittel zu erhalten, um die aufgeworfenen Fragen grundsätzlicher Natur weiter zu klären.

Wasserstoff gilt als Energieträger der Zukunft, da sein Gebrauch viele Probleme lösen oder verringern kann, die derzeit mit dem Verbrauch fossiler Energieträger verbunden sind (langfristige Versorgung, Luftverschmutzung, Veränderung der Atmosphäre). Da demnach zu erwarten ist, daß die Bedeutung der Wasserstofftechnologie wachsen wird, ist eine Bündelung der in Deutschland und Europa vorhandenen Forschungskapazitäten erforderlich. Die BAM ist in diesem Zusammenhang nicht nur mit ihrer Projektgruppe an mehreren Forschungsvorhaben beteiligt, sondern fördert auch die Zusammenarbeit der dafür in Frage kommenden Institutionen in Deutschland mit dem Ziel der verbesserten Wirkung ihrer Ergebnisse.

9 Zusammenfassung

Der Hanauer Schadensfall war nicht auf höhere Gewalt zurückzuführen. Die Untersuchungen zum Schaden haben den Schadensmechanismus plausibel nachvollzogen und die wahrscheinlichen Schadensursachen aufgedeckt. Die Ausführungen der Schweißnähte, durch die die dort wirkenden Spannungen erhöht wurden, und der spezifische Einfluß des Wasserstoffs waren die wesentliche Ursache für das Versagen nach verhältnismäßig kurzer Betriebszeit. Hier offenbarte sich jedoch in erster Linie ein Mangel des zur Herstellungszeit geltenden Regelwerks. Durch den Unfall wurden die Zusammenhänge augenscheinlich gemacht, und es wurde eine Reihe von Entwicklungen in Gang gesetzt, die letzten Endes zur Erhöhung der Sicherheit von Druckbehältern beitragen werden.

Die BAM ist durch ihre Natur als wissenschaftliche Behörde in der günstigen Lage, die von ihr gesammelten Erkenntnisse in die Normung und Regelung sowie durch Beratung in die Gesetzgebung und in die Industriepraxis einfließen zu lassen. Dies ist in diesem Fall im besonderen Maß geschehen. Es geschieht aber auch bei anderen Gelegenheiten. So wird die BAM bei Ermittlungen und Prozessen immer wieder zum Gutachter für Gerichte und Staatsanwaltschaften bestellt. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen hinsichtlich der sicherheitstechnischen Eignung bestimmter Konstruktionen dienen dann nicht nur ihrem unmittelbaren Zweck, sondern werden auch in die nationale und internationale Normung und Regelung eingebracht

und der Fachwelt zur Kenntnis gegeben [13]. Das gleiche gilt für die Erkenntnisse, die bei der Durchführung von Forschungsprojekten gewonnen werden [14, 15].

Letztlich kann kein Regelwerk Unfälle ausschließen. Es erfüllt seinen Zweck ohnehin immer nur so gut, wie es befolgt wird, und auch dann kann niemand jeden möglichen Fall bedenken. Daher ist ihre Verbesserung eine ständige Aufgabe. Die Auswertung von Unfällen wie dem von Hanau trägt immer wieder dazu bei, bisher nicht hinreichend gewürdigte Mängel und Gefahren zu erkennen und Gegenmaßnahmen zu ergreifen.

Quellenangaben

- [1] J. Schubert: „Explosion eines stehenden Wasserstofflagerbehälters“, **Vortragsband zum 19. VdS-Brandschutzseminar 1992**, Verband der Sachversicherer, Köln
- [2] Gutachten der BAM vom 01.10.92, Tgb.-Nr. 4-218, für das Ermittlungsverfahren 2 Js 13410/91 der Staatsanwaltschaft bei dem Landgericht Hanau; überarbeitete Fassung soll veröffentlicht werden als **BAM-Forschungsbericht**
- [3] E. Behrend, B. Jaenicke, H. Krafka, U. Schmidtchen: „Folgeschwere Explosion – Bericht über Ursachen und Hergang des Berstens eines Wasserstoffbehälters in Hanau“, **TÜ Technische Überwachung** 34 (1993) 176-179, 225-229
- [4] E. Behrend, B. Jaenicke, H. Krafka, U. Schmidtchen, U.: „Ein Wasserstoffbehälter bricht unter Betriebsbedingungen – Ursachen und Folgerungen“, **6. Sicherheitstechnische Vortragsveranstaltung über Fragen des Explosionsschutzes**, PTB-Bericht W-54 (Hrsgb.: D.-H. Frobese, H. Krämer), Braunschweig 1993, S. 19-25
- [5] E. Behrend, B. Jaenicke, H. Krafka, U. Schmidtchen: „Ursachen des Berstens eines Wasserstoffbehälters mit anschließender Explosion“, **Vortragsband zum 21. Brandschutzseminar des Verbands der Sachversicherer**, Köln 1994
- [6] Rheinisch-Westfälischer TÜV: **Stellungnahme zum Versagensablauf an einem stehenden Wasserstoffbehälter auf dem Gelände der Fa. Heraeus Quarzglas GmbH in Hanau**, Gutachten vom 07.11.91
- [7] **Verordnung über Druckbehälter, Druckgasbehälter und Rohrleitungen (Druckbehälterverordnung – DruckbehV)**
- [8] **Technische Regeln Druckbehälter (TRB) zur Druckbehälterverordnung**
- [9] AD-Merkblatt HP1
- [10] AD-Merkblatt B0
- [11] AD-Merkblatt S1
- [12] AD-Merkblatt S2
- [13] U. Schmidtchen, W. Meyer: „Mögliche Fehler bei der Beurteilung lockerer Schraubverbindungen nach einem Brand“, **Schadenprisma** 22. Jg., 1/93, 6-8
- [14] U. Schmidtchen, Th. Gradt, G. Würsig, W. Meyer: „Safe Handling of Large Amounts of Liquid Hydrogen“, **Cryogenics** 33 (1993) 813-817
- [15] U. Schmidtchen, G. Würsig: **Lagerung und Seetransport großer Mengen flüssigen Wasserstoffs am Beispiel des „Euro-Québec Hydro-Hydrogen Pilot Project“ – Überblick über die in Deutschland anzuwendenden Gesetze, Verordnungen und Technischen Regeln**, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Forschungsbericht Nr. 195, Berlin 1993; erschienen im Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven

Zertifizierung eines QM-Systems in einem kleinen Ingenieurunternehmen

Dr. Erhard Zimmer

1 Einleitung

Die Ingenieurgesellschaft für Technische Sicherheit (IGTS) ist ein Ingenieurunternehmen mit 13 Mitarbeitern in Berlin-Karlshorst. Hervorgegangen aus einem Wissenschaftsbereich der Betreiberorganisation des Kernkraftwerkes Greifswald liegen die Haupttätigkeitsfelder der IGTS noch überwiegend auf dem Gebiet der kerntechnischen Sicherheit.

Ein allumfassendes System der Qualitätssicherung ist eine tragende Säule der gesetzlich geforderten Schadensvorsorge für den Betrieb kerntechnischer Anlagen. Darum ist das Qualitätsmanagement ein untrennbarer Bestandteil aller Prozesse in der Kerntechnik – beginnend bei der Auslegung, über die Errichtung, die Herstellung von Komponenten, die Inbetriebnahme, den bestimmungsgemäßen Betrieb einschließlich Wartung und Instandhaltung bis hin zur Stilllegung. Dieses Prinzip des „Total Quality Management“ für die Lebensdauer einer kerntechnischen Anlage ist unter besonderer Berücksichtigung der alleinigen Verantwortung des Betreibers der kerntechnischen Anlage für die Durchsetzung einer allumfassenden Qualität in den einschlägigen Safety Standards der Internationalen Atomenergieagentur (IAEA) [1] und in der diesbezüglichen Regel des Kerntechnischen Ausschusses KTA 1401 [2] festgeschrieben.

Für die IGTS, ein Team, das aus der Betreiberorganisation des KKW Greifswald hervorgegangen ist, war der Gedanke einer umfassenden Qualitätssicherung deshalb nicht neu. Bei der Entwicklung eines geeigneten Qualitätsmanagements konnten wir auch auf eigenständige Erfahrungen bei der Durchsetzung einer hohen Qualität der Arbeit aus der DDR-Energiewirtschaft zurückgreifen.

Dr. E. Zimmer,
Ingenieurgesellschaft für Technische
Sicherheit (IGTS),
Berlin

DIN EN ISO 9001

20 Elemente

- QM-Systeme für

- * Design/Entwicklung
- * Produktion
- * Montage
- * Wartung/Service

DIN EN ISO 9002

19 Elemente

- QM-Systeme für

- * Produktion
- * Montage
- * Wartung/Service

DIN EN ISO 9003

16 Elemente

- QM-Systeme für die Endmontage

Abb. 1. Übersicht über QM-Systeme nach DIN EN ISO 900 X

2 Schwerpunkte der Entwicklung und Einführung eines QM-Systems

2.1 Übersicht zu den durch Normen definierten QM-Systemen

Grundlage für die Gestaltung eines modernen QM-Systems in einem Unternehmen ist die DIN EN ISO 9000-Familie, die als europäische Normenreihe im August 1994 neu herausgegeben wurde und die DIN ISO 9000/EN 29000-Familie vom Mai 1990/Mai 1987 ersetzte.

In dieser Normenreihe sind mit den Normen DIN EN ISO 9001; 9002 und 9003 verschiedene Modelle zur Qualitätssicherung in den Unternehmen gegeben. Abbildung 1 gibt einen Überblick über diese Normen und ihre Anwendungsbereiche.

Daraus ist ersichtlich, daß mit der DIN EN ISO 9001, die ein Modell zur Qualitätssicherung/QM-Darlegung in Design, Entwicklung, Produktion, Montage und Wartung darstellt, ein die gesamten betrieblichen Abläufe berücksichtigendes QM-System vorliegt. Im Vergleich dazu stellen die beiden anderen Normen abgerüstete Varianten von QM-Systemen dar: