

Eine gezielte Auswertung von Unfällen beim Umgang mit Flüssiggas (LPG)

Dr.-Ing. B. Droste, Dipl.-Ing. M. Mallon

1. Einleitung

Die unfallbedingte Freisetzung von Flüssiggas (Butan, Propan, Buten, Propen und deren Gemische) kann zu schwerwiegenden Brand- oder Explosionsschäden führen. Behälter und Anlagen, in denen Flüssiggas – in der Regel unter Druck verflüssigt – gelagert, umgeschlagen oder befördert wird, sollten daher so beschaffen sein und so betrieben werden, daß mit großer Sicherheit eine Gasfreisetzung verhindert wird. Das ist jedoch nicht immer der Fall, wie mehr oder weniger aufsehenerregende Unfälle bis hin zu schwersten Katastrophen, wie in Mexico-City am 19.11.84 [1, 2] oder im Ural im Juni 1989 [3], zeigen. Die Flüssiggastechnik, wie auch jede andere Technik, die mit gefährlichen Stoffen umgeht, bedarf daher der ständigen Aufmerksamkeit und der Weiterentwicklung des sicherheitstechnischen Niveaus. Ein probates Mittel der Identifizierung technischer oder operationeller Schwachstellen ist die zielgerichtete Auswertung von Unfall- oder Störungsereignissen.

Als Teil des großen Forschungsverbundprojektes „Ermittlung sicherheitstechnischer Kriterien zur Flüssiggastechnologie und Herleitung geeigneter Sicherheitsstandards“ [4], welches vom Bundesminister für Forschung und Technologie gefördert wurde, hat der TÜV Hannover in Zusammenarbeit mit der BAM u. a. eine Auswertung von Unfällen der Flüssiggastechnik angefertigt [5]. Über die in einem 10-Jahres-Zeitraum (Februar 1977 bis Januar 1986) für die Bundesrepublik Deutschland und Berlin-West dokumentierten 178 Unfallereignisse beim Umgang mit Flüssiggas wurde eine vertiefte Analyse durchgeführt, über deren Ergebnis hier berichtet wird. Zum Vergleich sei darauf hingewiesen, daß im Erhebungsgebiet der Flüssiggasumsatz an Tank- und Flaschengas bei 1,3 Millionen Tonnen pro Jahr liegt.

Dr.-Ing. B. Droste, Dipl.-Ing. M. Mallon
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
Unter den Eichen 87, 1000 Berlin 45

2. Dokumentation der Unfälle

Zu Beginn der Sammlung von Unfallberichten stellten wir fest, daß nur die wenigsten Unfälle in der Bundesrepublik in existierenden Datensammlungen über Unfälle [6 bis 14] erfaßt sind. Weiterhin war festzustellen, daß über viele Unfälle zwar Pressemeldungen vorlagen, die Unfallursachen und -konsequenzen dabei jedoch häufig nicht mit ausreichender Genauigkeit zu ermitteln waren.

Um eine wirklich verlässliche Datenbasis für die Unfallursachenerforschung zu schaffen, wurde eine Umfrage bei 141 Stellen (67 Gewerbeaufsichtsämter und Landesbehörden, 10 Technische Überwachungsvereine, 34 Flüssiggasvertriebsunternehmen, 18 Feuerwehren und Polizeidienststellen, 12 Versicherungs- und andere Unternehmen) durchgeführt, vordringlich mit dem Ziel, für die Ursachenerforschung geeignete Unfallberichte zu erhalten. Als Ergebnis dieser Umfrage erhielten wir zusätzliche detaillierte Informationen über ca. 100 Unfälle der letzten Jahre, über die zuvor nichts oder nur wenig veröffentlicht worden war. Obwohl sicherlich nicht alle Vorkommnisse damit erfaßt waren, hat die Recherche mit 178 Ereignissen in 10 Jahren eine gut auswertbare und für die Bundesrepublik repräsentative Datenbasis geliefert.

Diese Aussagefähigkeit gilt mit einer gewissen Einschränkung nicht für die Flüssiggasvertriebslager und Flaschenfüllanlagen, da uns von den Flüssiggasversorgungsunternehmen nur die stereotype Nachricht zugeht, daß in dem betreffenden Bereich alle Unfälle zentral an den Deutschen Verband Flüssiggas e. V. (DVFG) gemeldet würden. Da wir vom DVFG leider keine Informationen erhielten, ist die Unfallauswertung bedauerlicherweise für das Unfallgeschehen insbesondere im Bereich der Flüssiggasvertriebslager nicht repräsentativ genug; unsere Auswertung spiegelt dort mangels Information eine zu geringe Unfallkonzentration vor. Diese Vermutung wird stark gestützt durch einschlägige Erfahrungen über den Ist-Zustand der Sicherheitstechnik in diesem Bereich [16].

Zur Auswertung wurden die einzel-

nen Unfallereignisse in standardisierter und „aufgearbeiteter“ Form auf Datenblättern erfaßt [5]. Beispiele für die Erfassung sind dem Anhang zu diesem Artikel für 10 „typische“ Unfälle zu entnehmen.

3. Methodik der Unfallauswertung

Zur statistischen Bewertung der Unfälle wurde ein Auswertungsschema entwickelt, bestehend aus 7 Hauptkriterien, die wiederum jeweils in Unterkriterien aufgeteilt sind.

Die Hauptkriterien sind:

- A: Anlagenart
(18 Unterkriterien, siehe Tabelle 1)
- B: Betroffene Komponente
(10 Unterkriterien, siehe Tabelle 2)
- C: Art des Umganges
(4 Unterkriterien, siehe Tabelle 3)
- D: Herkunft bzw. Nutzungssparte
(3 Unterkriterien, siehe Tabelle 4)
- E: Unfallursache
(11 Unterkriterien, siehe Tabelle 5)
- F: Unfallfolge
(8 Unterkriterien, siehe Tabelle 6)
- G: Schadensart und -ausmaß
(7 Unterkriterien, siehe Tabelle 7)

Bei der Bewertung der Unfälle wurde jedem Ereignis das entsprechende zutreffende Kriterium zugeordnet und somit jeder Einzelfall nach einem einheitlichen Auswertungsschema bewertet. Bei den Fallbeispielen im Anhang ist unter der Überschrift jeweils der zugeordnete Auswertungscode angegeben. Zunächst wurden dann die auf ein Einzelkriterium bezogenen Unfallanteile am Gesamtunfallgeschehen ermittelt (siehe Tabellen 1-7).

Um signifikante Zusammenhänge zwischen verschiedenen Bewertungskriterien („Black Spots“) innerhalb der ausgewerteten Gruppe der Unfälle und evtl. vorhandene Wechselwirkungen zu identifizieren, wurde die Darstellungsform der sogenannten „Unfallverteilungsdiagramme“ gewählt (siehe Tabellen 8-13). Dabei wird eine Kreuzkorrelation von zwei Kriteriengruppen vorgenommen und an den Kreuzungspunkten der zwei gegeneinander aufgetragenen Kriteriengruppen die Häufigkeit der Übereinstimmung vermerkt. Diese Methode (siehe auch [15]) sei an einem Beispiel in

Tabelle 8, wo das Ergebnis der Korrelation zwischen den Auswertungskriterien A und B aufgetragen ist, erläutert:

Die Zahl 7 an der Schnittstelle der Kriterien A 8 und B 2 sagt aus, daß von den 178 ausgewerteten Unfällen 7 Ereignisse (d. h. ca. 4 %) auf das Versagen einer unterirdischen Rohrleitung (Kriterium B2) in einer Verbrauchertankanlage mit einem Lagertank > 5 m³ (Kriterium A8) zurückzuführen waren.

4. Verteilung der Unfälle auf Betriebsart und Anlagenkomponenten

Der Zusammenstellung in Tabelle 3 ist zu entnehmen, daß 64,1 % aller Unfälle beim Flüssiggasverbrauch auftraten; wesentlich geringere Anteile hatten Umschlag, Lagerung und Transport.

Betrachtet man die Herkunft der Unfälle in Tabelle 4, so sieht man einen Schwerpunkt beim technischen Gewerbe (45,5 %), aber auch einen großen Anteil bei Privatverbrauchern (38,2 %); im nicht-technischen Gewerbe traten 16,3 % der ausgewerteten Flüssiggasunfälle auf. Die Tabelle 1 gibt einen genaueren Einblick in die Verteilung der Unfälle auf die Betriebsweise bzw. den Anlagentypus. 77 Unfälle (43,2 %) gab es bei Druckgasflaschen-Betreibern, 35 Unfälle (19,6 %) bei Klein-Verbraucher-Tankanlagen, 20 Fälle (11,2 %) bei Groß-Verbraucher-Tankanlagen.

Nennenswerte Unfallzahlen gab es auch bei Umfüllvorgängen mit dem Straßentankfahrzeug mit 12 Unfällen (d. h. 6,7 %) sowie beim Tanktransport mit 9 Fällen (5,1 %) bei Straßentankfahrzeugen und 6 Fällen (3,4 %) bei Eisenbahnkesselwagen.

Die Häufigkeit der Beteiligung der Hauptanlagenkomponenten an den Unfällen ist vergleichsweise gleichmäßig verteilt (s. Tabelle 2); ein gewisser Schwerpunkt liegt bei den Absperrventilen, anderen Armaturen und Ventilen sowie Rohrverbindungen und -anschlüssen. Im Vergleich zwischen Anlagenart und betroffenen Komponenten in Tabelle 8 sieht man die deutlichsten Häufungen bei den Druckgasflaschen mit Versagen oder Fehlbetätigung von Schläuchen (12), Flaschenanschlüssen (10), Absperrventilen (9), anderen Armaturen (9) und Rohrverbindungen (5). Bei Klein-Verbraucher-Tankanlagen waren alle Komponenten involviert, am häufigsten Absperr- und andere Armaturen (10) sowie Rohrverbindungen (8); Absperrarmaturen waren auch bei den Transportunfällen die hauptsächlich betroffenen Komponenten.

Bei Groß-Verbraucher-Tankanlagen lag die signifikanteste Schwachstelle bei unterirdischen Rohrleitungen (7 Fälle).

Tabelle 1: Untersuchungskriterium A „Anlagenart“

A	Anlagenart	Anzahl der Unfälle (Σ 178)	Anteil in % (von 178)
1	Raffinerie	3	1,7
2	Chemische Industrie	1	0,6
3	Vertriebslager/Großlager	4	2,2
4	Schiff-Umfüllanlage	1	0,6
5	Eisenbahnkesselwagen-Umfüllanlage	-	-
6	Straßentankfahrzeug-Umfüllanlage	12	6,7
7	Druckgasflaschen-Füllanlage	1	0,6
8	Groß-Verbraucher (Lagertank > 5 m ³)	20	11,2
9	Klein-Verbraucher (Lagertank < 5 m ³)	35	19,6
10	Druckgasflaschen-Verbraucher	77	43,2
11	Seeschiff	1	0,6
12	Binnenschiff	-	-
13	Eisenbahnkesselwagen	6	3,4
14	Straßentankfahrzeug	9	5,1
15	Pipeline	-	-
16	Anderer Transportart	3	1,7
17	Anderer Anlagen	5	2,8
18	Unbekannt	-	-

Tabelle 2: Untersuchungskriterium B „Betroffene Komponente“

B	Komponente	Häufigkeit der Beteiligung	
		Anzahl (Σ 175)	in % (von 178)
1	Tankwandung	10	5,6
2	Unterirdische Rohrleitung	9	5,1
3	Oberirdische Rohrleitung	7	3,9
4	Schlauch	15	8,4
5	Absperrventil	25	14,0
6	Anderer Ventile oder Armaturen	27	15,2
7	Rohrverbindung	18	10,1
8	Druckgasflaschenanschluß	10	5,6
9	Anderer Komponente	24	13,5
10	Unbekannt	30	16,8

Tabelle 3: Untersuchungskriterium C „Art des Umgangs“

C	Art des Umgangs	Anzahl der Unfälle (Σ 178)	Anteil in % (von 178)
1	Lagerung	23	12,9
2	Transport	15	8,4
3	Befüllen/Entleeren	26	14,6
4	Anderer Umgang (Verbrauch)	114	64,1

Tabelle 4: Untersuchungskriterium D „Herkunft“

D	Herkunft	Anzahl der Unfälle (Σ 178)	Anteil in % (von 178)
1	Technisches Gewerbe	81	45,5
2	Nicht-techn. Gewerbe	29	16,3
3	Privatverbraucher	68	38,2

5. Unfallursachen

Bei den Unfallursachen (s. Tab. 1) überwog die Fehlbetätigung (in 54 Fällen) vor Montagefehlern (37), mechanischer Einwirkung (18), technischem Versagen (17), thermischer Einwirkung (15) usw.; bei einer nennenswerten Anzahl

von Fällen (37) blieb die Ursache unbekannt. Man ersieht aus der Verteilung der jeweiligen Unfallursachen auf die Anlagenarten aus Tabelle 9, daß Fehlbetätigung die Hauptursache von Unfällen bei Druckgasflaschen, Umschlag und Transport von Straßentankfahrzeugen war; bei kleinen Tankanlagen dominieren Montagefehler, bei großen Tankanlagen Korrosionserscheinungen (im

wesentlichen von unterirdischen Rohrleitungen, wie Tab. 10 zeigt).

Der Komponenten-Ursachen-Vergleich in Tabelle 10 zeigt die häufige Fehlbetätigung von Absperr- und anderen Armaturen, eine breitgestreute Verteilung von Montagefehlern bei Armaturen, Rohrverbindungen, Flaschenanschlüssen und Rohrleitungen.

Technische Fehler häufen sich stark bei anderen Armaturen (z. B. Sicherheitsventilen). Mechanische Einwirkung wurde als Unfallursache häufig registriert bei Absperrarmaturen, oberirdischen Rohrleitungen und Schläuchen.

Obwohl in Raffinerien bzw. Prozeßanlagen nur drei Unfälle im Erfassungszeitraum registriert wurden, war höchst bemerkenswert, daß in allen drei Fällen die mechanische Einwirkung durch Eisbildung in Anlagenteilen auslösende Unfallursache war. Nach Ansammlung von Wasser aus dem Flüssiggas wurde bei tiefen Wintertemperaturen eine Rohrleitung (Rheinische Olefinwerke, Wesseling, 15.01.85, siehe Unfall Typ 1 und ein Kugelhahn (Shell-Raffinerie, Hamburg-Harburg, 08.12.80) durch Eisbildung gesprengt. In beiden Fällen folgte der Gasfreisetzung (Flüssigphase) eine schwere Explosion. Im dritten Fall wurde durch Eisbildung im nicht ordnungsgemäß abgedichteten Stützenkopf ein Riß in einen oberirdischen Butan-Kugeltank oberhalb der Flüssigphase induziert (Raffinerie Wilhelmshaven, 23.01.1985, siehe Unfall Typ 4); es kam in diesem Fall nicht zur Zündung des aus der Gasphase bei relativ geringem Überdruck ausgetretenen Butans.

6. Unfallfolgen und Schadensausmaß

Aus Tabelle 6 ist zu entnehmen, daß unter den 178 ausgewerteten Flüssiggas-Unfällen lediglich 11 Ereignisse waren, bei denen es nicht zu einer Gasfreisetzung gekommen war, darunter die Unfälle von Straßentankfahrzeugen (siehe Unfall Typ 10). Unter den 167 Unfällen mit Gasfreisetzung (93,8 % aller Fälle) waren wiederum lediglich 26 Ereignisse (14,6%), bei denen es nicht zur Zündung kam. In 44 Fällen (24, 7 %) kam es zur Gasfreisetzung mit Folgebrand. In 110 Fällen (61,8 %) kam es zur Gasfreisetzung mit Explosion, dabei 24 mal (13,5 %) mit der Folge eines Gebäudeeinsturzes und 11 mal (6,2 %) zum BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion), d. h., dem Bersten des Flüssiggasbehälters nach Brandeinwirkung mit spontaner Freisetzung des Tankinhalts, der explosionsartig in einem Feuerball abbrennt.

Tabelle 5: Untersuchungskriterium E „Unfallursache“

E	Unfallursache	Häufigkeit	
		Anzahl (Σ 204)	in % (von 178)
1	Mechanische Einwirkung	18	10,1
2	Thermische Einwirkung	15	8,4
3	Korrosion (Metalle)	10	5,6
4	Alterung (Kunststoffe)	4	2,2
5	Dichtungsversagen	4	2,2
6	Technisches Versagen (Fehlfunktion, Konstruktionsfehler)	17	9,5
7	Montagefehler	37	20,8
8	Fehlbetätigung	54	30,3
9	Einwirkung Dritter (Sabotage o. ä.)	4	2,2
10	Andere Ursachen	4	2,2
11	Unbekannt	37	20,8

Tabelle 6: Untersuchungskriterium F „Unfallfolge“

F	Unfallfolge	Häufigkeit	
		Anzahl (Σ 191)	in % (von 178)
1	Kontinuierliche Gasfreisetzung ohne Zündung	26	14,6
2	Kontinuierliche Gasfreisetzung mit Zündung (Brand)	44	24,7
3	Kontinuierliche Gasfreisetzung mit Explosion	75	42,1
4	Spontane Freisetzung ohne Zündung	-	-
5	BLEVE	11	6,2
6	Gebäudeeinsturz	24	13,5
7	Unbekannt	2	1,1
8	Keine	9	5,1

Tabelle 7: Untersuchungskriterium G „Schadensart und -ausmaß“

G	Art und Ausmaß des Schadens	Anzahl der Unfälle	Anteil in % (von 178)
1	Mit Todesfolge	21	11,8
2	Mit Verletzten	68	38,2
3	Sachschaden < 10 TDM	46	25,8
4	Sachschaden 10-100 TDM	46	25,8
5	Sachschaden 100-1000 TDM	32	18,0
6	Sachschaden > 1000 TDM	13	7,3
7	Unbekannt	32	18,0

In Tabelle 7 sind die Konsequenzen der aufgetretenen Flüssiggasunfälle aufgeführt. Es gab 21 Unfälle (11,8 % aller Fälle), in denen es insgesamt zu 38 Todesfällen kam. Bei 68 Unfällen (38,2 %) gab es insgesamt ca. 200 Verletzte. Das Unglück mit den schwersten Folgen war die Explosion in einem Sporthotel bei Garmisch-Partenkirchen am 27.12.1986 mit 11 Todesfällen (s. Unfall Typ 3 im Anhang). Die größten Sachschäden (s. G 3 bis G 6 in Tab. 7) gab es bei den beiden oben erwähnten Raffinerie-Explosionsunglücken und einem industriellen Flüssiggasverbraucher (Bruchköbel, 09.02.1982, siehe Unfall Typ 2 im Anhang), bei dem nicht nur der größte Teil des Betriebes zerstört wurde, sondern auch weitreichende und zahlreiche Sachbeschädigungen an umliegenden Wohnhäusern auftraten.

Wenn man die Korrelation zwischen Anlagenarten, beteiligten Komponenten bzw. Unfallursachen und den Unfallfol-

gen in den Tabellen 11, 12 und 13 betrachtet, sieht man die auch sonst übliche Verteilung der Unfallkonzentration. Der Vergleich zwischen betroffenen Komponenten und Schadensart bzw. -ausmaß in Tabelle 12 offenbart jedoch noch einige sehr wesentliche Erkenntnisse. Die schwersten Unfallfolgen häufen sich sehr stark bei Unfällen mit Schlauch-, Rohrleitungs- und Rohrverbindungsdefekten (10 Unfälle mit Todesfolgen); bei Unfällen mit unterirdischen Rohrleitungen und Rohrverbindungen gab es 5 der 12 Unfälle mit Sachschäden über 1 Million DM pro Unfall. Bei Unfällen, an denen Defekte oder Fehlbetätigungen von Absperr- oder anderen Armaturen beteiligt waren, also bei den ansonsten zahlenmäßig dominierenden Komponenten-Unfällen, kam es hingegen nur zu relativ wenigen Unfällen mit sehr schwerwiegenden Folgen. Dies ist sicherlich darauf zurückzuführen, daß der Gasaustritt aus Anlagenkomponenten

wie Rohrleitungen und Rohrleitungsverbindungen sowie aus Schläuchen von Druckgasflaschen in der Regel über längere Zeit nicht bemerkt wird und die dann folgende Zündung einer größeren Gasmenge sehr schwere Konsequenzen hat. Gasfreisetzungen an Absperr- oder anderen Bedienelementen werden vom Bedienpersonal (welches häufig durch Fehlbetätigung den Unfall auslöst) zumeist schnell bemerkt und führen daher mit deutlich geringerer Häufigkeit zu sehr schweren Konsequenzen.

7. Zusammenfassende Schlußbetrachtung

Es kamen 178 Unfälle beim Umgang mit Flüssiggas, die zwischen Februar 1977 und Januar 1986 in der Bundesrepublik Deutschland und Berlin- West passierten, zur Auswertung.

Das Unfallgeschehen wies folgende Schwerpunkte aus:

- Die meisten Unfälle traten auf beim Flüssiggasverbrauch (sowohl im privaten als auch im gewerblichen Bereich) in Tankanlagen wie auch beim Umgang mit Druckgasflaschen. Eine weitere Häufung gab es bei der Befüllung (Entleerung) von Straßentankfahrzeugen.
- Die an Unfällen hauptsächlich beteiligten Anlagenkomponenten waren Absperr- und andere Armaturen, gefolgt von Rohrleitungen, Rohrschlüssen und Schläuchen.
- Als Unfallursachen dominierten Fehlbetätigungen, Montagefehler, gefolgt von Fehlfunktionen und mechanischen Einwirkungen; bemerkenswert war die Eisbildung in Anlagenteilen als Ursache von drei schweren Raffinerieunfällen.
- In ca. 80 % aller ausgewerteten Unfälle war die Unfallfolge eine Gasfreisetzung mit Explosion bzw. Brand. Die Unfälle bei Tanktransporten führten nicht zu nennenswerten Gasfreisetzungen, wobei die Nichtüberschreitung des höchstzulässigen Füllgrades und die Verwendung hochduktiler Tankwerkstoffe als schadenbegrenzende Maßnahmen hervorzuheben sind.
- Die Unfälle mit den schwerwiegendsten Folgen traten gehäuft bei Rohrleitungen, Rohrverbindungen und Schläuchen auf.

Einige Empfehlungen lassen sich aus der Unfallauswertung herleiten, die zum Teil durch jüngste Entwicklungen umgesetzt worden sind. So sind in der im Jahre 1989 novellierten Druckbehälter-Verordnung - endlich, möchte man sagen - die Rohrleitungen von der sicherheitstechnischen Systematik den Behältern gleichgestellt. Diese Maßnahme war dringend geboten.

Tabelle 8: Korrelation zwischen (A) Anlagenart und (B) betroffenen Komponenten

Raffinerie	1	1	1	1							
Chem. Ind.	2				1						
Verteil-Lager	3	1				1			1		
Umschl. Schiff	4				1						
Umschl. EKW	5										
Umschl. Str. Tk.	6		1	1	2	3			4	1	
Flasch. Befüll.	7								1		
Verbr. > 5 m ³	8		7	1	1	3	3		4	1	
Verbr. < 5 m ³	9	3	1	2	1	2	8	8		7	
Verbr. Flasch.	10	4		2	12	9	9	5	10	7	
Trans. Seeschi	11										
Trans. Binnens.	12										
Trans. EKW	13				4					2	
Trans. Str. Tk.	14	2			4	2	1				
Pipeline	15										
Anderer Trans.	16				3						
Andere	17									1	
Unbekannt	18									3	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Wandung	Unterrid. Rohr.	Oberird. Rohr.	Schlauch	Absperrarm.	Andere Arma.	Rohrverbind.	Flasch. Anschl.	Andere	Unbekannt

Tabelle 9: Korrelation zwischen (A) Anlagenart und (E) Unfallursachen

Raffinerie	1	3				1						
Chem. Ind.	2					1						
Verteil-Lager	3		1	1			2	1				
Umschl. Schiff	4					1						
Umschl. EKW	5											
Umschl. Str. Tk.	6	3		1		2	1	5			2	
Flasch. Befüll.	7	1				1						
Verbr. > 5 m ³	8	2	3	6		1	2	1	5		1	
Verbr. < 5 m ³	9	4	4	1		1	3	13	9	3		
Verbr. Flasch.	10	2	6	2	3	1	5	20	26	1	1	
Trans. Seeschi	11		1									
Trans. Binnens.	12											
Trans. EKW	13									1	5	
Trans. Str. Tk.	14	3			1	1		4		1		
Pipeline	15											
Anderer Trans.	16							3				
Andere	17							1			4	
Unbekannt	18											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Mech. Einwirk.	Therm. Einw.	Korrosion	Alterung	Dicht. Versag.	Techn. Fehl.	Montagefehl.	Fehlbetätig.	Einwirk. Dritt.	Andere	Unbekannt

Der große Anteil menschlicher Fehlhandlungen an den Unfallursachen gebietet eine verbesserte Schulung der Personen, die mit Flüssiggas umgehen, insbesondere bei privaten, aber auch bei gewerblichen Verbrauchern. Interessanterweise deckt sich diese Folgerung mit der Konsequenz einer verbesserten Verbraucheraufklärung, resultierend aus der sogenannten Produkthaftungsrichtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaft vom 25. Juli 1985; im Vorgriff auf ein neues Produkthaftungsgesetz hat der Deutsche Verband Flüssiggas e. V. dem Bereich der Informations- und Instruktionspflichten besondere Aufmerksamkeit gewidmet und neue Gebrauchsanweisungen und Aufkleberkennzeichnungen für Flüssiggas-Flaschen, ortsfeste Behälter und Tankanlagen erstellt, die den DVFG-Mitgliedsfirmen angeboten werden [17]. Dem Gesichtspunkt der Wartung, wiederkehrenden Prüfung und Auswechslung nicht mehr betriebssicherer Teile (z. B. Schläuchen) während der Betriebszeit sollte bei den Flaschen- und Tankanlagenverbrauchern noch mehr Bedeutung beigemessen werden.

Bei Rohrleitungs- und Armaturenanhäufungen von Tankanlagen sowie bei Umfüleinrichtungen wird wegen der störungsbedingten mit relativ hoher Wahrscheinlichkeit belegten Möglichkeit einer Flüssiggasfreisetzung die Einhaltung von Sicherheitsabständen zu betriebsfremden Einrichtungen nicht zu umgehen sein. Sicherheitsabstände lassen sich evtl. nur durch entsprechenden Aufwand bei anderen störfallbegrenzenden Maßnahmen reduzieren. Bei Prozeßanlagen und sehr häufig frequentierten Umschlaganlagen sollten Sicherheitsabstände obligatorisch sein.

7. Literaturverzeichnis

- [1] Ir. C. M. Pietersen
Analysis of the LPG Incident in San Juan Ixhuatepec, Mexico City, 19. November 1984
TNO, The Hague, Netherlands, 1985 (Dossier: 8727-13325)
- [2] Mexico-City, am 19. November 1984: Explosionskatastrophe, Brandschutz, Deutsche Feuerwehr-Zeitung 38 (1984), S. 444-445
- [3] Der Tagesspiegel, Berlin, 6. Juni 1989, S. 9
„Der Feuerball schlug eine 10 km lange Schneise“
- [4] BAM-Bericht 01501, BMFT-Förderkennzeichen: 01 RG 8402 „Ermittlung sicherheitstechnischer Kriterien zur Flüssiggastechnologie und Herleitung geeigneter Sicherheitsstandards“, Berlin, Dez. 1988
Der in 7 Bände gegliederte Bericht wird herausgegeben vom VDI-Technologiezentrum Physikalische Technologien (VDI-TZ), Postfach 11 39, 4000 Düsseldorf 1.
- [5] Fachverband 4.1 aus [4]
„Sammlung und Auswertung von aufgetretenen Zwischen- und Unfällen bei Lagerung, Umschlag, Transport und Handhabung von Flüssiggas (LPG)“
BAM, Berlin, Dez. 1988
(Herausgeber: VDI-TZ, Düsseldorf)

Tabelle 10: Korrelation zwischen (B) betroffenen Komponenten und (E) Unfallursachen

Wandung	1	2	7	1			3				1	
Unterird. Rohr.	2	1		8				1				
Oberird. Rohr.	3	7		1				4	3			
Schlauch	4	3	1		2		2	7	1			2
Absperrarm.	5	8	1			4		3	20			5
Andere Arma.	6	1	1				15	7	8	1		6
Rohrverbind.	7					1		7	5	3		4
Flasch. Anschl.	8							7	3			1
Andere	9	2	1			1		6	14		1	
Unbekannt	10								10	1	1	24
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Mech. Einwirk.	Therm. Einw.	Korrosion	Alterung	Dicht. Versag.	Techn. Fehl.	Montagefehl.	Fehlbetätig.	Einwirk. Dritt.	Andere	Unbekannt

Tabelle 11: Korrelation zwischen (A) Anlagenart und (F) Unfallfolgen sowie (G) Schadensart bzw. -ausmaß

Raffinerie	1	1	1	2						1				2	1
Chem. Ind.	2		1							1					
Verteil-Lager	3	1		1				1		1		1			
Umschl. Schiff	4	1								1					
Umschl. EKW	5														
Umschl. Str. Tk.	6	4	4	4				1	4	9		1	1	1	1
Flasch. Befüll.	7			1	1			1	1		1				
Verbr. > 5 m ³	8	5	5	6		5		1	5	7	4	4	3	7	2
Verbr. < 5 m ³	9	3	7	17		3	5		2	5	12	12	8	10	1
Verbr. Flasch.	10	1	21	35		7	14	2	1	8	40	12	25	15	2
Trans. Seeschi	11							1							
Trans. Binnens.	12														
Trans. EKW	13	5						1			4				2
Trans. Str. Tk.	14	5		3				1	1	1	4	2	2		
Pipeline	15														
Anderer Trans.	16		2	2						1		2			1
Andere	17		3	1				1				2			2
Unbekannt	18														
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
		Freis. o. Zündg.	Freis. m. Feuer	Freis. m. Expl.	Berst. o. Zünd.	BLEVE	Gebäudeeinstz.	Unbekannt	Keine	Tote	Verletzte	< 10 TDM	< 100 TDM	< 1 Mill. DM	> 1 Mill. DM
		F	G												

- [6] John A. Davenport
Hazards and Protection of Pressure Storage and Transport of LP-Gas
Journal of Hazardous Materials 20 (1988), pp. 3-19
- [7] W. G. Garrison
Major Fires and Explosions analyzed for 30-Year Period
Hydrocarbon Processing, Sept. 1988, pp. 115-119
100 Large Losses
A Thirty-Year Review of Property Damage Losses in the Hydrocarbon-Chemical Industries (11th Edition)
M&M Protection Consultants, Chicago, USA, 1988
- [8] David J. Lewis
Case Histories of Past Accidents / The Causes and Consequences
Proc. Symposium „Major Hazards Installations: Planning Assessment“ Sept. 18/19, 1984, Loughborough University of Technology, UK
- [9] P. Bützer
Gefährdungsanalyse von Flüssiggas (Propan, Butan) und Erdgas/ Grundlagen, Oktober 1988
(Gutachten erstellt im Auftrag des Kantons St. Gallen, Schweiz)
- [10] Rheinisch-Westfälischer Technischer Überwachungs-Verein e. V., Essen
Untersuchung zur Sicherheit der Flüssiggas-technologie, Kap. 2, Auswertung von Unfall- und Schadensereignissen, November 1988
(Abschlußbericht, BMFT-Förderkennzeichen RGB 8117/8)
- [11] B. Kier, G. Müller
Handbuch Störfälle
Umweltbundesamt, Materialien 5/83, Berlin 1983
- [12] LPG - A Study
TNO. The Hague, Netherlands, May 1983
- [13] Datenbank „Major Hazards Incident Data Service (MHIDAS)“
Safety and Reliability Directorate (SRD), UK
- [14] LPG Land Transportation and Storage Safety Final Report DOE/EV/06020-TS, Dec. 1981
Applied Technology Corp. for US.Department of Energy, Wash., USA
- [15] J. Suokas
The Identification of Human Contribution in Chemical Accidents
Proc. 6th. International Symposium „Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries“ Oslo, Norway, June 19-22, 1989 (Vol. I) p. 32-1/14
- [16] W. Schön, M. Mallon
Stand der Sicherheitstechnik bei bestehenden Flüssiggasanlagen
Technische Überwachung 30 (1989) Nr. 3, S. 93-98
- [17] Flüssiggas, 1989, Nr. 3, S. 38

Tabelle 12: Korrelation zwischen (B) betroffenen Komponenten und (F) Unfallfolgen sowie (G) Schadensart bzw. -ausmaß

Wandung	1	1	3	1		5			2	2	1	1	3	2		4
Unterird. Rohr.	2	3		1			5			2	3	1	1	4	2	1
Oberird. Rohr.	3		2	4			1		1	3	3	2	1			
Schlauch	4		4	7			4		3	7		8	4	1	3	
Absperrarm.	5	8	4	11		1	3		1	7	10	5	5	1	3	
Andere Arma.	6	5	5	13			2	2	1	7	10	5	4	1	6	
Rohrverbind.	7	4	4	8		1	2		4	6	3	5	4	3	3	
Flasch. Anschl.	8		4	4			1		1	7	2	2	2		3	
Andere	9	3	3	10		3	2		2	4	11	9	6	2	2	2
Unbekannt	10	1	10	13		1	5		1	2	16	7	9	5	2	8
B																
		F							G							
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7
		Freis. o. Zündg.	Freis. m. Feuer	Freis. m. Expl.	Berst. o. Zünd.	BLEVE	Gebäudeeinstz.	Unbekannt	Keine	Tote	Verletzte	< 10 TDM	< 100 TDM	< 1 Mill. DM	> 1 Mill. DM	Unbekannt

Tabelle 13: Korrelation zwischen (E) Unfallursachen und (F) Unfallfolgen sowie (G) Schadensart bzw. -ausmaß

Mech. Einwirk.	1	5	2	6		1	2		1	2	4	5	5	2	2	1
Therm. Einw.	2		5			6				2	2	1	2	2	1	3
Korrosion	3	4		3			4			2	4	2	2	3	2	2
Alterung	4	1		1			1				1	1	1	1		
Dicht. Versag.	5	1	1	1			1					1		2		1
Techn. Fehl.	6	4	3	7		2	1			1	4	7	3	2		4
Montagefehl.	7	2	2	22			7	1		4	18	5	15	8		6
Fehlbetätig.	8	5	15	25		3	6			1	5	29	14	13	10	4
Einwirk. Dritt.	9		1	1			2			1	1	1		2	1	
Andere	10								3	1			1			1
Unbekannt	11	7	13	12			3	1	1	6	12	11	9	4	3	8
E																
		F							G							
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7
		Freis. o. Zündg.	Freis. m. Feuer	Freis. m. Expl.	Berst. o. Zünd.	BLEVE	Gebäudeeinstz.	Unbekannt	Keine	Tote	Verletzte	< 10 TDM	< 100 TDM	< 1 Mill. DM	> 1 Mill. DM	Unbekannt

Fallstudien/typische Beispiele

Unfall Typ 1: Raffinerie/Prozeßindustrie (A1/B3/C1/D1/E1/F3/G2,6)

Objekt: Äthylen-Crack-Turm
Ort: Wesseling bei Köln
Betreiber: Raffinerie
Datum: 15.01.1985

Zeit: 15.41 Uhr

Medium:

Bauteil:

Art des Schadens:

Ursache:

Äthylen/Propylen

Rohr in einer Pumpstation

Rohrbruch, Gasfreisetzung, Explosion, Feuer

Wasseransammlung (300 l aus dem Gas) in einem toten Leitungstück vor einer parallel zum Hauptstrom geschalteten Pumpe; 3 Frostperioden

Fallbeschreibung:

Nach 3 Frostperioden (diese Tatsache wurde durch Experimente bestätigt) sprengte das Eis die Rohrleitung zu einer Reservepumpe (innerhalb des davorliegenden Jahres nicht in Betrieb). Geschätzte 4,1 t Gas wurden freigesetzt, wovon 1,1 t explodierten. Die Druckwelle verursachte schwere Schäden an der Anlage und in den umliegenden Gemeinden (beschädigte Dächer und Fenster). 50 m hohe Feuersäule, 500 m. Rauchsäule. Das Feuer war ungefähr um 18.00 Uhr unter Kontrolle. Es wurde bis zum 30.1. weiter abgefacelt.

Maßnahmen:

Die Feuerwehr war sofort vor Ort (bis zu 120 Mann). Warnung der Öffentlichkeit, Evakuierung der Beschäftigten eines benachbarten Möbelgeschäfts, Sperrung der Autobahn zwischen Bonn und Köln. Wichtige Information: Bevor sich die Explosion ereignete, meldeten die Gaswarngeräte eine explosive Atmosphäre in einer Entfernung von 50 m gegen den Wind.

Tote:

Keine; als sich die Explosion ereignete, war kein Arbeiter im Explosionsbereich, weil es 4 Minuten vor Feierabend war.

Verletzte:

(33 Raffineriearbeiter, 200 - 300 m entfernt)

Sachschaden:

ca. 170 Mio. DM (70 Mio. Schaden, 100 Mio Produktionsausfall)

Quellen:

- Gefährliche Ladung 30 (1985), Nr. 2
- Kölnische Rundschau, 19. Januar 1985
- GP Nr. 2/1985, S. 8
- Persönliche Information vom Betreiber
- Brandschutz 6/1985, S. 201 - 206

Unfall Typ 2: Industrieller Verbraucher

(A8/B7/C4/D1/E11/F3/G1,2,6)

Objekt:

Treibgasfülleinrichtung (ein stehender zylindrischer Lagertank [25 m³], Schlauchverbindung zu 2 Füllmaschinen in einem Raum)

Ort:

Bruchköbel

Betreiber:

Kosmetikfabrik

Datum:

09.02.1982

Zeit: 06.30 Uhr

Medium:

15 % Propan / 85 % Butan

Bauteil:

Schraubverbindung eines Kunststoffschlauches an einer Füllmaschine

Art des Schadens:

Gasfreisetzung, Explosion, Feuer

Ursache und Fallbeschreibung:

Während der Nacht entwich das Gas durch eine undichte Schraubverbindung. Das Produktionsgebäude (massiver Stahlbau), 56 m x 33 m x 3,5 m) füllte sich mit einem explosivem Gas-Luftgemisch, das am Morgen durch eine Zigarette gezündet wurde. Der schweren Explosion folgte ein Feuer. Der Unfall wurde begünstigt durch folgende Umstände: Die Lüftungsanlage im Füllraum lief während der Nacht nicht, Gaswarngeräte waren nicht installiert und die Absperrventile an Lagertank und Füllmaschinen waren am Abend nicht geschlossen worden.

Maßnahmen:

Brandbekämpfung durch die Feuerwehr

Tote:

3 (in der Fabrik)

Verletzte:

18

Sachschaden:

Völlige Zerstörung der Fabrik, schwere Schäden an benachbarten Häusern bis 500 m Entfernung, kleinere Schäden bis zu einer Entfernung von 5000 m (Fenster-scheiben); 1346 beschädigte Häuser, Sachschaden 13 Mio. DM

Quellen:

- Gefährliche Ladung 27 (1982) Nr. 9, S. 439
- „schadenprisma“ 1/85 S. 10
- Hessische Brandversicherungsanstalt Kassel „Die Explosionskatastrophe in Bruchköbel am 09.02.1982 – Eine Dokumentation“, März 1984 (sehr ausführlicher Bericht)
- Unveröffentlichter Bericht der Hanauer Feuerwehr

Unfall Typ 3: Nicht-Industrieller Verbraucher

(A8/B9/C1/D2/E8/F6/G1,2,6)

Objekt:

Flüssiggastank für die Heizanlage (64 m³, erdgedeckt, Baujahr 1985)

Ort:

Garmisch-Partenkirchen

Betreiber:

Sporthotel

Datum:

27.12.1986

Zeit: 16.07 Uhr

Medium:

95 % Propan / 5 % Butan (34 m³ im Tank)

Bauteil:

Warmwasserheizung für den Tankinhalt, Sicherheitsventil

Art des Schadens:

Gasfreisetzung, Explosion, Brand

Ursache:

Fahrlässiger Betrieb der Warmwasser-Tankheizung, falsche Konstruktion der Gasableitung vom Sicherheitsventil, Entfernung zum Hotelgebäude zu gering.

Fallbeschreibung:

Die Tankheizung wurde so manipuliert, daß sie ständig lief, weil der Druckwächter, der die Warmwasserpumpe bei Überschreitung eines vorgewählten Tankdruckes automatisch abschaltet, nicht angeschlossen war. Als Ergebnis davon wurde der Tankinhalt kontinuierlich erhitzt. Als der maximale Betriebsdruck des Tanks erreicht war, sprach das Sicherheitsventil an und entließ das Gas in den unterirdischen Domschacht. In nur 6 m Entfernung lag die Ansaugöffnung der Klimaanlage des Hotels. Obwohl Gasgeruch von Gästen und der Rezeption wahrgenommen wurde, hatte noch keine Evakuierung begonnen, als sich die schwere Explosion ereignete. Der Tankdom brannte noch einige Tage nach der Explosion.

Maßnahmen:

Gasalarm kurz vor der Explosion, Feuerwehr (behindert durch sehr enge Zufahrtsstraßen im Gebirge)

Tote:

11

Verletzte:

8

Sachschaden:

ca. 10. Mio. DM

Quellen:

- Hann. Allg. Zeitung 29. / 30.12. 1986, 3.1.1987
- Chiemgau Zeitung 02.01.1987
- Der Maschinenschaden 61 (1988) Nr. 4, S. 178
- Unveröffentlichter Bericht des Technischen Überwachungs-Vereins Bayern
- Brandwacht 3/87, S. 58-62; 4/87, S. 79-82

Unfall Typ 4: Flüssiggaslagerung/Raffinerie

(A1/B1/C1/D1/E1,6/F1/G7)

<u>Objekt:</u>	Kugeltank (max. Inhalt: 3690 m ³ , Durchmesser: 19 m, max. Betriebsdruck: 6,6 bar), Baujahr 1979	<u>Medium:</u>	Butan (1073 m ³ im Lagertank, p=1,3 bar, T = -1,5°C)
<u>Ort:</u>	Wilhelmshaven	<u>Bauteil:</u>	Tankwandung (Feinkorn- Baustahl BH 36Nb, Wandstärke 18,2 mm)
<u>Betreiber:</u>	Raffinerie	<u>Art des Schadens:</u>	Gasfreisetzung (ca. 3000 l Flüssigphase) ohne Zündung
<u>Datum:</u>	23.01.1985	<u>Zeit:</u>	17.00 Uhr
<u>Ursache:</u>	Bruch der Tankwandung (Rißlänge 860 mm, freier Querschnitt 40 - 50 cm ²)		
<u>Fallbeschreibung:</u>	Durch ein Leck konnte Wasser in die hohlen Tankstützen eindringen. Nach dem Gefrieren dieses Wassers wurde die Tankwand so starken Spannungen ausgesetzt, daß sie brach. Der Schaden hatte also seine Ursache in einer ungenügenden Abdichtung des Oberteils der Tankstütze, bzw. in einer fehlenden Wasserabflußmöglichkeit.		
<u>Maßnahmen:</u>	Verkehr auf Straßen und auf der Jade, Be- und Entladetätigkeiten wurden unterbrochen. Der Tankinhalt wurde in einen anderen Behälter umgepumpt. Der Tank wurde mit Inertgas gefüllt.	<u>Zusätzliche Bemerkungen:</u>	Westwind (6 - 7), die Gaswolke passierte andere Lagertanks und zog zur Jade
<u>Tote und Verletzte:</u>	Keine	<u>Quellen:</u>	— Technische Überwachung 26 (1985), Nr. 6, S. 213 — Gefährliche Ladung 30 (1985), Nr 2. S. 72
<u>Sachschäden:</u>	Betriebsausfall, Gasverlust, Tankreparaturkosten		

Unfall Typ 5: Unterirdische Flüssiggasleitung

(A7/B2/C4/D1/E3/F6/G1,2,6)

<u>Objekt:</u>	Flüssiggas-Versorgungseinrichtung; die Anlage bestand aus: Oberirdischem 120 m ³ -Lagertank (erbaut 1969), 60 m lange unterirdische Flüssigphase-Fülleitung (DN 65) und Gaspendelleitung (DN 50), Entnahmeleitungen, Pumpen, Verdampfer, Speicher/ Pufferbehälter, Verbraucher (Öfen)	<u>Ort:</u>	Germersheim
<u>Ursache:</u>	Lecks durch Korrosion (in der Fülleitung: 1-1,5 mm Löcher, in der Gaspendelleitung: 7-8 mm Löcher)		
<u>Fallbeschreibung:</u>	Durch Lecks in den unterirdischen Leitungen wurde Butan gleichmäßig freigesetzt, verstärkt durch das undichte Füllventil. Das Gas lief durch den abfallenden Boden unterhalb des Betons und drang 30 m entfernt in den Keller des Gebäudes für die Vorbereitung des Isolatormaterials. Nachdem der Keller zum Teil gefüllt war, entzündete es sich an einem Relais. Die Korrosion der Rohre wurde durch unsachgemäße Verlegung begünstigt; obwohl im Sandbett verlegt, konnten verbleibende Steine die Schutzschicht der Rohre beschädigen und Korrosion herbeiführen. Andere Lecks existierten in der Gasanlage, obwohl eine Inspektion durch die Herstellerfirma vier Monate vorher ausgeführt wurde.		
<u>Tote:</u>	2	<u>Quellen:</u>	— Unveröffentlichter Bericht des Gewerbeaufsichtsamtes
<u>Verletzte:</u>	2		
<u>Sachschaden:</u>	Das Fabrikgebäude wurde völlig zerstört		

Unfall Typ 6: BLEVE

(A9/B1/C1/D1/E2/F5/G7)

<u>Objekt:</u>	Oberirdischer 48501-Lagertank einer Flüssiggas-Kompaktanlage	<u>Datum:</u>	30.10.1986	<u>Zeit:</u>	17.27 Uhr
<u>Ort:</u>	Steinfeld	<u>Medium:</u>	Propan		
<u>Betreiber:</u>	Kunststoff-Fabrik	<u>Bauteil:</u>	Tankwandung		
<u>Ursache:</u>	Brandeinwirkung / ungenügender Brandschutz des Tanks				
<u>Fallbeschreibung:</u>	Der Gastank stand an einem Ende eines Lagerplatzes für Polyäthylenprodukte, die auf hölzernen Paletten bis 4 m hoch gestapelt wurden. Diese Paletten wurden mit Plastik-Schrumpffolien verpackt, wozu eine Propanflamme verwendet wurde. Bei diesem Vorgang entzündete sich unbemerkt die Holzpalette; nachdem sie auf den Lagerplatz gebracht worden war, entwickelte sich ein Feuer, das auf andere Palettenstapel übergriff. Der Brand wurde um 16.30 Uhr bemerkt. Als die Feuerwehr um 16.37 Uhr eintraf, brannten ca. 10 m ² . Das Feuer breitete sich jedoch schnell aus, bis der ganze Lagerplatz (400 m ²) in Flammen stand. Die Flammen erreichten eine Höhe von 30 - 40 m. Der Flüssiggastank (zu ca. 75 % gefüllt) in einer Entfernung von 5 - 10 m von den Polyäthylenstapeln wurde von der Wärmestrahlung aufgeheizt. Die BLEVE geschah um 17.27 Uhr. Die Druckwelle zerstörte die Wand einer Lagerhalle, der Brand weitete sich aus. Der zylindrische Tankmantel wurde durch die Explosion zu einem flachen Blech verformt, ein Tankboden flog 140 m weit in ein Feld.				
<u>Maßnahmen:</u>	Die Feuerwehr versuchte, den Lagertank zu kühlen, jedoch ohne Erfolg, weil der brennende Lagerplatz dazwischen lag	<u>Quellen:</u>	— Oldenburgische Volkszeitung, 31.10.1986, 1.11.1986, 6.11.1986 — Unveröffentlichte Berichte von Gewerbeaufsichtsamt, Bezirksregierung Weser-Ems, Brandschutzprüfer Vechta und BAM		
<u>Tote:</u>	Keine				
<u>Verletzte:</u>	5 (hauptsächlich durch Panikreaktion)				
<u>Sachschaden:</u>	ca. 3 Mio. DM (Brand und BLEVE)				

Unfall Typ 7: Umfüllen

(A6/B4/C3/D1/E11/F2/G1,5)

<u>Objekt:</u>	Straßentankwagen/Lagertank (23 m ³)	<u>Datum:</u>	30.06.1983	<u>Zeit:</u>	15.42 Uhr
<u>Ort:</u>	Köln	<u>Medium:</u>	Propan		
<u>Betreiber:</u>	Gasversorgungsunternehmen	<u>Bauteil:</u>	Füllschlauch oder Gummikompensator		
		<u>Art des Schadens:</u>	Gasfreisetzung, Feuer		

Ursache: Versagen eines Kunststoffschlauches/Kompensators (Alterung?) und Bedienungsfehler
Fallbeschreibung: Propan, freigesetzt nach dem Bruch der Schlauchleitung oder des Gummikompensators, wurde gezündet. Das Auslaufen des Gases aus dem Tankwagen konnte nicht verhindert werden, weil der Fahrer es versäumt hatte, die Reißleine des Schnellschlußventils auszulegen. Während des Brandes wurde die Füllleitung des Lagertanks erhitzt und barst. Dadurch wurde auch der Inhalt des Lagertanks (ungefähr 10 t) freigesetzt und verstärkte das Feuer.
Maßnahmen: Die Schnellschlußventile des Lagertanks kamen nicht zur Wirkung, weil sie zu weit vom Tank entfernt montiert waren.
Tote: 1 (Tankwagenfahrer)
Verletzte: Keine

Sachschaden: Tankwagen, Lagertank, schwere Gebäudeschäden bis in eine Entfernung von 40 m
Quellen: – Unveröffentlichter Bericht des Gewerbeaufsichtsamtes Köln

Unfall Typ 8: Unkorrektes Handeln eines Gasversorgungsunternehmens
 (A9/B9/C4/D1/E8/F2/G2,3)

Objekt: Flüssiggas-Anlage
Ort: Minden-Dankersen
Betreiber: Privat
Datum: 13.07.1982 **Zeit:** Morgens

Medium: Propan
Bauteil: 1750 l-Flüssiggas-Lagertank
Art des Schadens: Gasfreisetzung, Deflagration, Feuer

Ursache: Unkorrekte Entleerung
Fallbeschreibung: Der Lagertank im Garten sollte von einem Mitarbeiter des Gasversorgungsunternehmens zur Inspektion geleert und geöffnet werden. Ein Teil der Flüssigphase wurde in einen Straßentankwagen umgepumpt. Der Inspektionsflansch des Lagertanks wurde geöffnet, wobei eine Restmenge austrat, zum Haus floß (12 m entfernt, leicht abfallendes Gelände) und an einem Gasofen in der Küche gezündet wurde.

Maßnahmen: Brandbekämpfung durch die Feuerwehr
Tote: Keine
Verletzte: 1 (Kind in der Küche)

Sachschaden: Einige Tausend DM
Quellen: – Mindener Tageblatt vom 14.7.1982
 – Unveröffentlichter Bericht des TÜV

Unfall Typ 9: Private Nutzung, kurioser Fall
 (A10/B7/C4/D2/E8/F3/G2,6)

Objekt: Propanflasche (11 kg)
Ort: Solingen
Betreiber: Kiosk
Datum: 1984

Medium: Propan
Bauteil: Überwurfmutter
Art des Schadens: Gasfreisetzung, Explosion (Kiosk in Massivbauweise)

Fallbeschreibung: Beim Anschließen der Gasflasche schraubte der Kioskbesitzer die Überwurfmutter mit einer Rohrzange so fest, daß sie einen Riß bekam. Während der Nacht strömte das Gas langsam aus (ungefähr 100 g/h). Als der Kioskbesitzer das Licht einschaltete, explodierte das Gas-Luftgemisch. Der Unfall wurde begünstigt durch die Tatsache, daß der Kioskbesitzer schwerhörig war und nicht riechen konnte.

Maßnahmen: Brandbekämpfung durch die Feuerwehr
Tote: Keine
Verletzte: 1
Sachschaden: Kiosk zerstört, Schäden an Gebäuden und Kraftfahrzeugen innerhalb eines Radius von 50 m; ungefähr 1 Mio DM

Quellen: – Ruhr-Nachrichten Dortmund
 – Schreiben der Polizei Wuppertal und des Gewerbeaufsichtsamtes Solingen

Unfall Typ 10: Tankwagen-Unfall
 (A14/B1/C2/D1/E1/F8/G1,4)

Objekt: Straßentankwagen (max. zul. Gesamtgewicht 16 t)
Ort: Landesstraße Rüdesheim-Presberg, Wispertal
Betreiber: Gasversorgungsunternehmen

Datum: 04.07.1985 **Zeit:** 11.35 Uhr
Medium: Propan (ungefähr 10.000 l im Tank)
Bauteil: Transport-Tank
Art des Schadens: Mechanische Einwirkung, kein Verlust der Dichtheit

Fallbeschreibung: In einer scharfen Rechtskurve kam der Tankwagen von der Straße ab und überschlug sich. Nach 30 Metern wurde er von einem Wald aufgehalten, der den weiteren Absturz in ein Tal verhinderte. Weder Tank noch Ventile verloren ihre Dichtheit.

Maßnahmen: Um 11.43 Uhr wurde der Tankwagen mit einem starken Seil provisorisch gesichert. Der Betreiber wollte ihn im gefüllten Zustand bergen. Das wurde von der Feuerwehr nicht erlaubt, weil man nicht feststellen konnte, wie weit der Tank geschädigt war. Der Stutzen des Füllventils reichte nur in die Gasphase, so daß das flüssige Gas nicht in einen anderen Tankwagen umgepumpt werden konnte. Ein Schlauch wurde am Füllventil angeschlossen und die Gasphase auf der Straße abgefackelt; durch Überspülen des Tanks mit warmem Wasser wurde die Verdampfung gefördert. Das Leeren des Tanks dauerte zweieinhalb Tage.

Tote: 1 (Fahrer)
Verletzte: Keine
Sachschaden: Ungefähr 100 000 DM
Quellen: – Florian Hessen 11/85, S. 21–22
 – Unveröffentlichter Bericht des Betreibers.