



## Sicherheit von Erdgashochdruckanlagen



## Schadensszenarien

Erläuterungen zum

"Rahmenbericht zur standardisierten

Ausmasseinschätzung und Risikoermittlung"

## Inhaltsverzeichnis

1	Begriffe .....	1
2	Fehler- und Ereignisbaum .....	2
2.1	Erdverlegte Transportleitungen in unverdämmter Umgebung .....	2
2.2	Röhrenspeicher .....	4
2.3	Stationen .....	5
2.4	Stollen und Kanäle .....	6
3	Unfallbeispiele .....	8
3.1	Erdgashochdruckleitungen (> 5 bar) .....	8
3.2	Gasanlagen .....	19

## Anhang

Grundlagen und Literatur

## Abbildungsverzeichnis

Titelseite Fackelbrand nach dem Versagen einer Erdgashochdruckleitung in Gräveneck D, 2007  
(Quelle: Feuerwehr-Weblog, 2007)

Abb. 1	Fehler- und Ereignisbaum für das Versagen von erdverlegten Erdgashochdruckleitungen in unverdämmter Umgebung .....	2
Abb. 2	Fehler- und Ereignisbaum für das Totalversagen (Leckdurchmesser $\geq$ Rohrdurchmesser, "rupture") von erdverlegten Erdgashochdruckleitungen in unverdämmter Umgebung .....	3
Abb. 3	Fehler- und Ereignisbaum für das Versagen eines Röhrenspeichers in unverdämmter Umgebung .....	4
Abb. 4	Fehler- und Ereignisbaum für das Versagen von Erdgashochdruckleitungen in verdämmter Umgebung (Station) .....	5
Abb. 5	Fehler- und Ereignisbaum für das Versagen einer Erdgashochdruckleitung in einem Stollen .....	6
Abb. 6	Fehler- und Ereignisbaum für das Versagen von Erdgashochdruckanlagen in einem Kanal .....	7

# 1 Begriffe

Das Versagen wird im vorliegenden Dokument in Anlehnung an die EGIG Statistik ((European Gas Pipeline Incident Data Group) verwendet als Leck mit unbeabsichtigtem Gasaustritt.

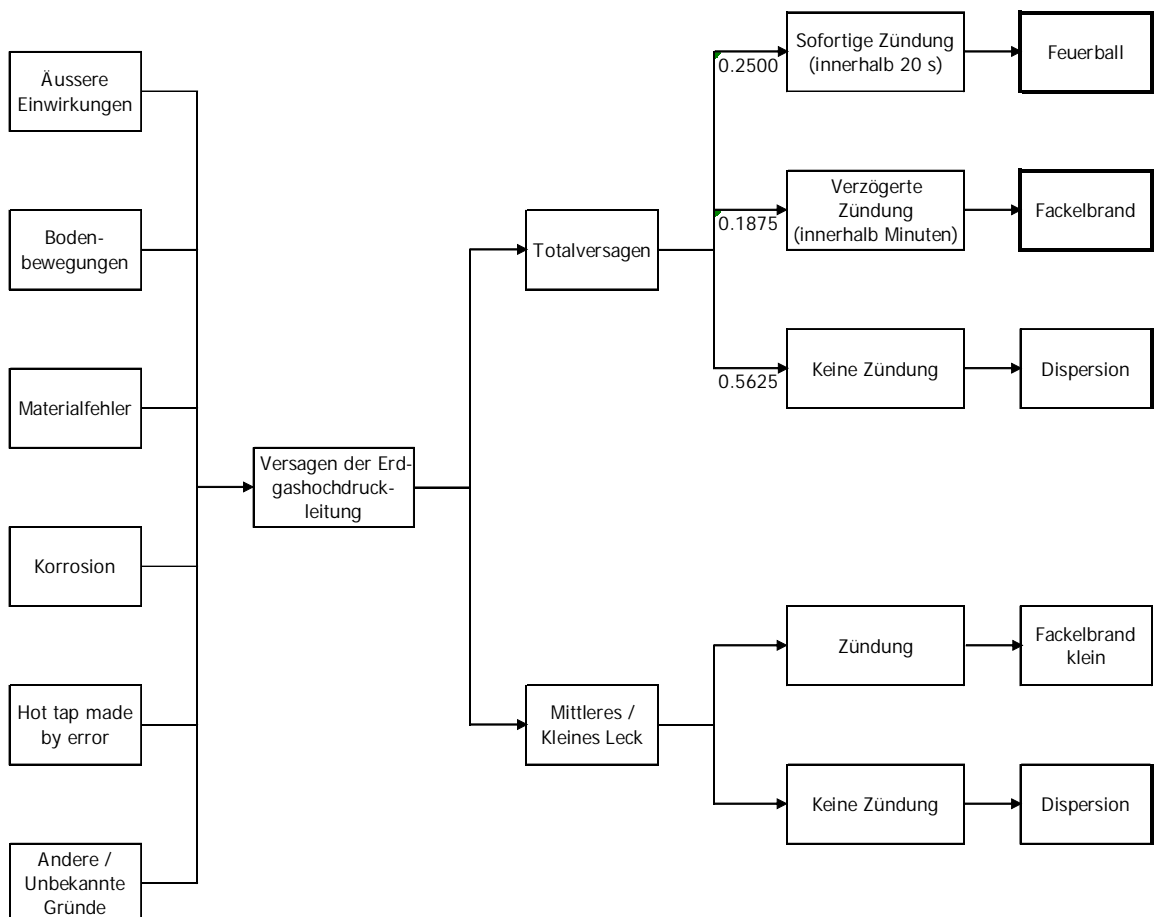
Das Totalversagen ("Rupture", "Full bore Rupture") wird verwendet als Leck mit einer Leckgrösse  $\geq$  Rohrdurchmesser.

## 2 Fehler- und Ereignisbaum

### 2.1 Erdverlegte Transportleitungen in unverdämmter Umgebung

Für erdverlegte Erdgashochdruckleitungen in unverdämmter Umgebung (Transportleitungen) wird der Fehler- und Ereignisbaum sowie die Zündwahrscheinlichkeit gemäss HSE (Health and Safety Executive) verwendet.

Abb. 1 Fehler- und Ereignisbaum für das Versagen von erdverlegten Erdgashochdruckleitungen in unverdämmter Umgebung



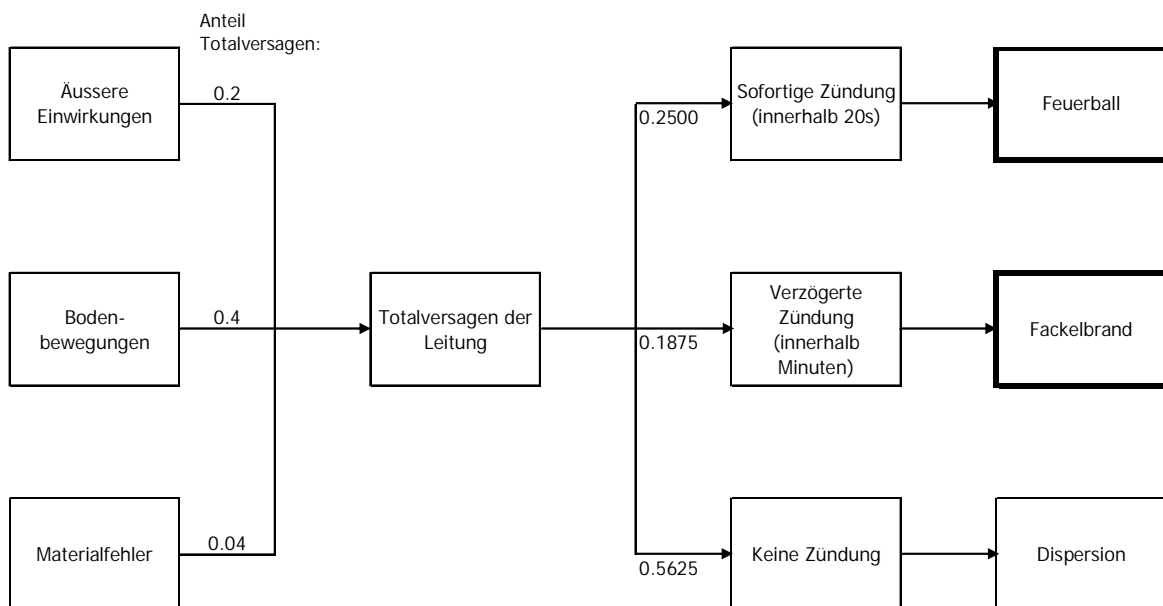
Die durchschnittliche Zündwahrscheinlichkeit gemäss HSE ist eine konservative Annahme. Die EGIG-Statistik zeigt eine durchschnittliche Zündwahrscheinlichkeit von 4.4% für das Versagen von Erdgashochdruckleitungen und eine Zündwahrscheinlichkeit von 13% für das Totalversagen („rupture“) auf. In der UKOPA Statistik (UKOPA Pipeline Fault Database, United Kingdom Onshore Pipeline Operators' Association) ist eine Zündwahrscheinlichkeit von 5.2% für alle Versagen enthalten.

Bei sofortiger oder kurz verzögerter Zündung kann in der Anfangsphase eine kugelförmige Abbrandform (*Feuerball*) entstehen, die nach einigen Sekunden in eine stehende Fackelflamme übergeht. Dieser Feuerball emittiert kurzzeitig eine sehr grosse Hitzestrahlung, die diejenige eines stehenden Fackelbrandes übertrifft.

Nach einem Störfall an einer Erdgashochdruckleitung mit anschliessender Zündung brennt das austretende Erdgas im Allgemeinen als *Fackelbrand* ab. Aus einem Leck strömt kontinuierlich Gas aus, welches in einer länglichen Flammenform ähnlich einer Fackel abbrennt.

Das bei einer erdverlegten Erdgashochdruckleitung in unverdämmter Umgebung relevante Schadensszenarium ist das Totalversagen der Leitung (Leckgrösse  $\geq$  Rohrdurchmesser). Das mittlere und kleine Leck ist aufgrund der kleinen Einflussradien im Vergleich zum Totalversagen in den Risikoberechnungen vernachlässigbar.

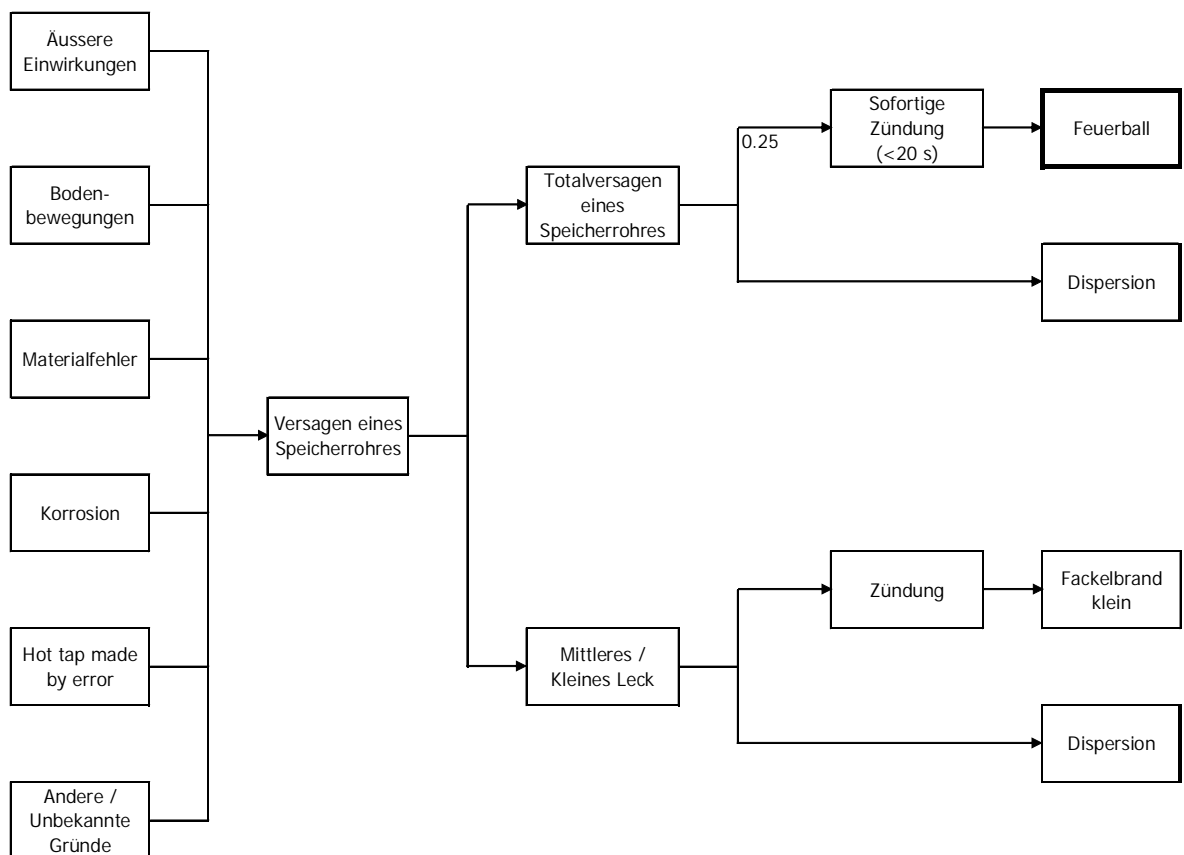
Abb. 2 Fehler- und Ereignisbaum für das Totalversagen (Leckdurchmesser  $\geq$  Rohrdurchmesser, "rupture") von erdverlegten Erdgashochdruckleitungen in unverdämmter Umgebung



## 2.2 Röhrenspeicher

Das bei einem Röhrenspeicher relevante Schadensszenarium ist das Totalversagen eines Speicherrohres. Der gesamte Gasinhalt eines Speicherrohres kann innerhalb weniger Sekunden austreten und bei sofortiger Zündung in Form eines Feuerballs abbrennen. Beim Versagen eines Speicherrohres wird also nicht wie bei Transportleitungen über längere Zeit grössere Mengen Gas austreten, weil der Nachschub an Erdgas nach kurzer Zeit nur noch über die Verbindungsleitungen mit kleinem Durchmesser aufrechterhalten wird.

Abb. 3 Fehler- und Ereignisbaum für das Versagen eines Röhrenspeichers in unverdämmter Umgebung

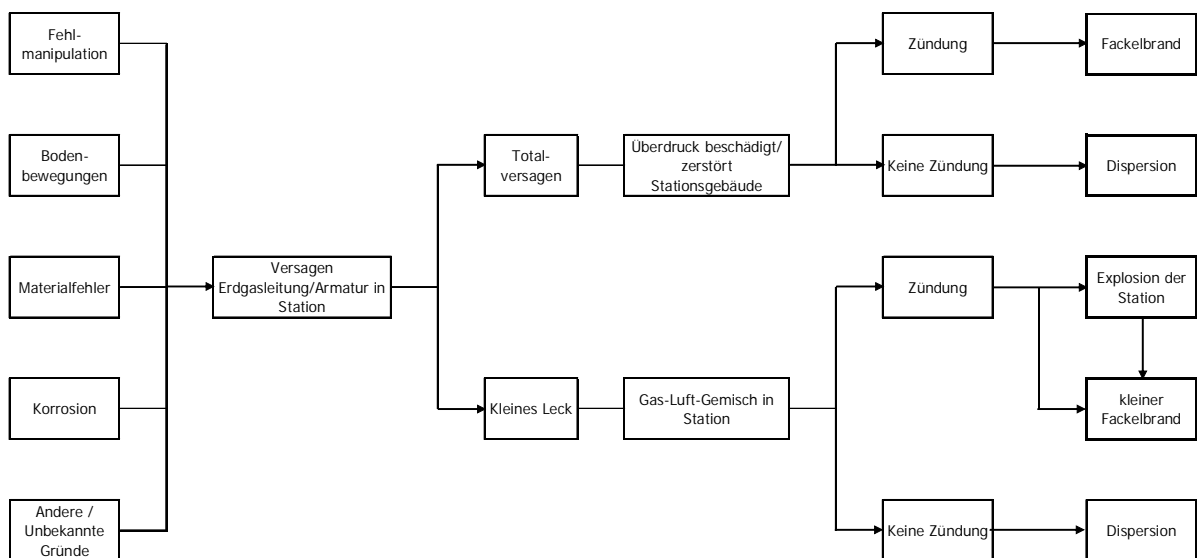


## 2.3 Stationen

Beim Totalversagen einer Erdgashochdruckleitung in einem Stationsgebäude füllt sich der Gasraum sofort mit Erdgas. Das Erdgas-Luft-Gemisch ist aufgrund der hohen Erdgaskonzentrationen nicht zündfähig. Erst durch das Bersten von Bauteilen kann sich das Gas ausbreiten und in einen Fackelbrand übergehen.

Im Falle eines kleinen Lecks kann das ausströmende Gas zu einem zündfähigen Gemisch, und bei vorhandener Zündquelle, zu einer Explosion führen. Die Auswirkungen sind stark von der Geometrie und der Bauweise abhängig.

Abb. 4 Fehler- und Ereignisbaum für das Versagen von Erdgashochdruckleitungen in verdämmter Umgebung (Station)



## 2.4 Stollen und Kanäle

Rohrleitungen werden z.T. in Stollen (bergmännisch, in der Regel im Gebirge) oder Kanälen (gefertigt, oft in überbautem Gebiet) oder Brückenkästen verlegt. Deren Länge kann mehrere Kilometer betragen. Sie sind in der Regel begehrbar. Über Versagensraten von Leitungen in Stollen und Kanälen gibt es keine statistischen Grundlagen. Sie müssen individuell ermittelt werden. Einfluss auf die Sicherheit hat u.a. die Art der Nutzung und des Zugangs von Dritten.

Abb. 5 Fehler- und Ereignisbaum für das Versagen einer Erdgashochdruckleitung in einem Stollen

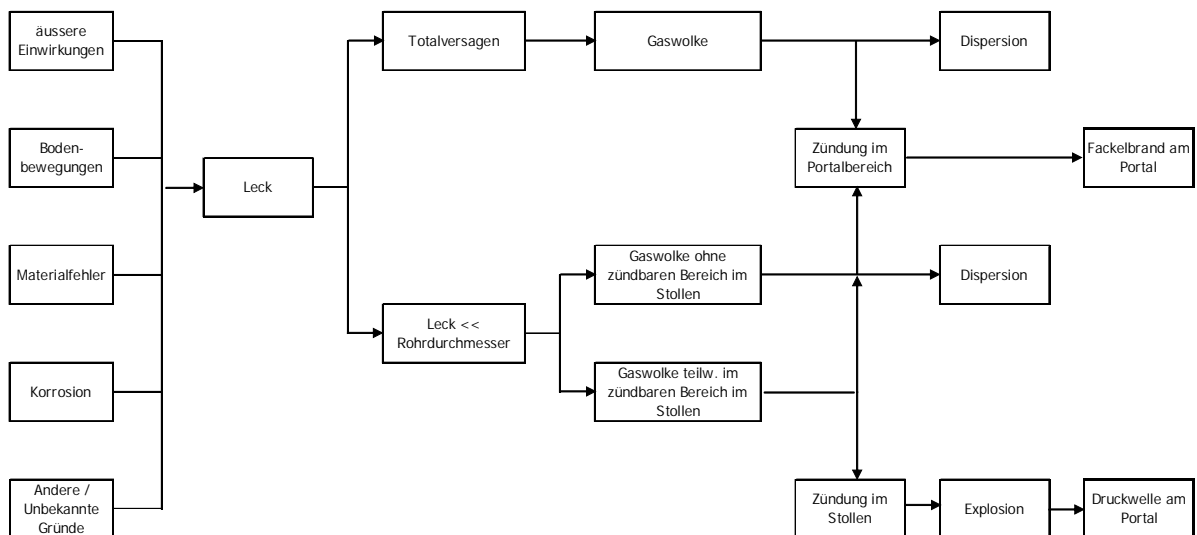
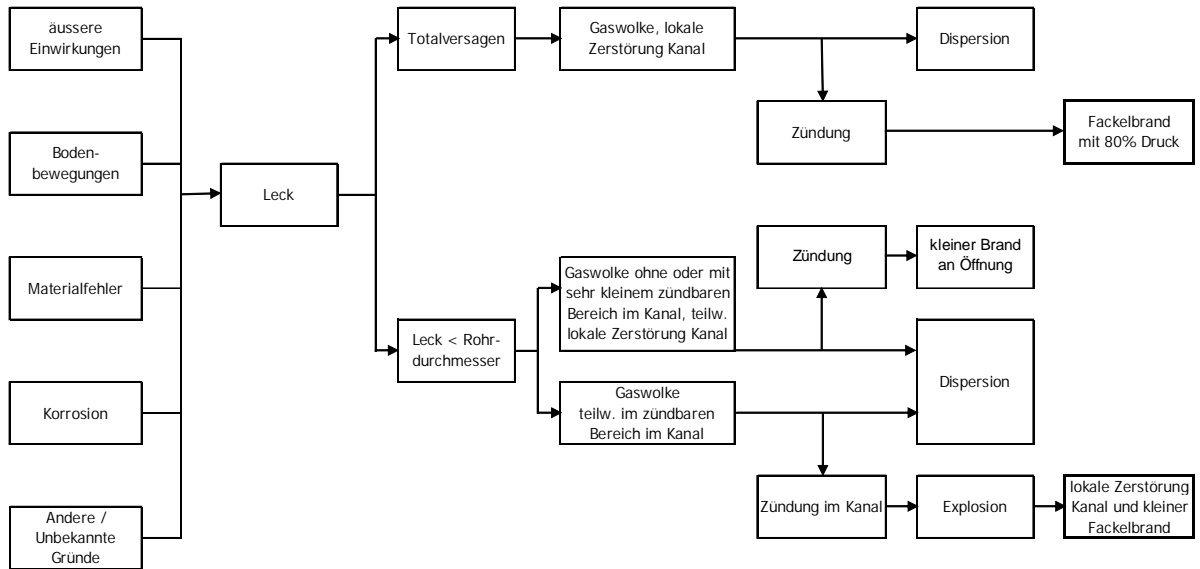




Abb. 6 Fehler- und Ereignisbaum für das Versagen von Erdgashochdruckanlagen in einem Kanal



## 3 Unfallbeispiele

### 3.1 Erdgashochdruckleitungen (> 5 bar)

08.06.2010	Lipscomb, Texas, USA
Rohrleitung:	Durchmesser und Druck unbekannt, ländliches Gebiet Ursache: Leitungsbruch aufgrund Beschädigung durch Bauarbeiten (Bulldozer).
Wirkung:	Zündung des austretenden Gas, hohe Flammen. Es gab 2 Todesopfer und 3 Verletzte.
Quelle:	NZZ Online (2010): Wieder Gasleitung in Texas explodiert. 9. Juni 2010. CNN (2010): 2 dead in Texas Panhandle pipeline explosion. 9. Juni 2010.
07.06.2010	Johnson County, Texas, USA
Rohrleitung:	Durchmesser 36", Druck unbekannt, ländliches Gebiet Ursache: Leitungsbruch aufgrund Bauarbeiten.
Wirkung:	Zündung des austretenden Gas, hohe Flammen. Gras verbrannte in einem relativ grossen Umkreis ("hundreds of feet"). Einige Baumaschinen völlig ausgebrannt. Es gab 1 Todesopfer und mehrere Verletzte.
Quelle:	CNN (2010): 2 dead in Texas Panhandle pipeline explosion. 9. Juni 2010.
10.05.2009	Moskau, Russland
Rohrleitung:	Durchmesser 1120 mm (44") (Quelle unbekannt), 120 atm (ca. 122 bar) (Quelle unbekannt), städtisches Gebiet Ursache: Leitungsbruch, vermutlich aufgrund eines technischen Problems (z.B. plötzliche Veränderung des Drucks).
Wirkung:	100 bis 200 m hohe Flammen. Ein Gebäude geriet in Brand, Häuser in der Nähe wurden evakuiert. Es gab 5 Verletzte.
Quelle:	NZZ Online (2009): Grossbrand in Moskau. 11. Mai 2009. BBC News (2009): Gas blast causes fire in Moscow. 10. Mai 2009.
28.8.2007	Weinbach-Gräveneck, Deutschland
Rohrleitung:	Durchmesser 600 mm (24"), 63.5 bar, Baujahr 1977, Waldgebiet
Ursache:	Gerissene Schweissnaht, mit hoher Wahrscheinlichkeit auf folgende Faktoren zurückzuführen: Ein Hangrutsch verursachte eine hohe Erdlast auf der Leitung, Hochwasser mit angestiegenem Grundwasserspiegel führte zu aufgeweichtem Boden, zusätzlich sorgte ein offener Rohrgraben für die neue parallel verlaufende

	Leitung für eine zusätzliche Belastung durch Bodenaushub, der am Hang gelagert wurde, für dessen Instabilität (Abklärungen in Gange).
Wirkung:	Beim Eintreffen der Polizei und Feuerwehren war die Feuersäule annähernd 50 m hoch. Gleise am gegenüberliegenden Flussufer (ca. 150 m Entfernung) auf einer Länge von rund 150 m beschädigt. Einige Fensterscheiben in ca. 250 m Entfernung gingen in Bruch. Die Flammen hatten einen Umkreis um die Explosionsstelle mit einem Durchmesser von bis zu 300 m in Brand gesetzt. 16 Menschen erlitten einen Schock.
Quelle:	POL-LM: Pressebericht Polizeidirektion Limburg-Weilburg zur Explosion an einer Ferngas-Transportleitung am 28.08.07; E.ON Ruhrgas AG, <a href="http://www.eon-ruhrgas.com/cps/rde/xchg/SID-65C955B0-93F2B1CD/er-corporate/hs.xsl/4075.htm">http://www.eon-ruhrgas.com/cps/rde/xchg/SID-65C955B0-93F2B1CD/er-corporate/hs.xsl/4075.htm</a> , 29.6.09
30.7.2004	Ghislenghien, Belgien
Rohrleitung:	Durchmesser 40", 80 bar, Baujahr 1992
Ursache:	Leitungsbruch aufgrund Bauarbeiten
Wirkung:	Zündung des austretenden Gas, Flammen bis zu 100 m hoch. Die Leitung wurde auf einer Länge von über 200 Metern zerfetzt. 24 Personen wurden getötet, über 120 Verletzte. Der entstandene Krater hatte einen Durchmesser von 8-10 m, und eine Tiefe von 3-4 m.
Quelle:	Hazards Intelligence (2005): Gas Pipeline Explosion at Ghislenghien, Belgium. HInt Dossier 18.7.05 ( <a href="http://www.saunalahti.fi/ilicity/Dossiers/Dossier%20Ghislenghein.htm">http://www.saunalahti.fi/ilicity/Dossiers/Dossier%20Ghislenghein.htm</a> , 16.7.09)
19.8.2000	Carlsbad, New Mexico, USA
Rohrleitung:	Durchmesser 30", Betriebsdruck 675 psig (ca. 47 bar), maximal erlaubter Betriebsdruck 837 psig (ca. 58 bar)
Ursache:	Leitungsbruch aufgrund interner Korrosion
Wirkung:	Das ausgetretene Gas zündete. 12 Personen wurden getötet.
Quelle:	National Transportation Safety Board (2003): Natural Gas Pipeline Rupture and Fire Near Carlsbad, New Mexico, August 19, 2000. Pipeline Accident Report NTSB/PAR-03/01. United States Government. Washington, D.C.

- 9.2.1997            Everson, Washington USA
- Rohrleitung:        Durchmesser 660 mm (26"), 51 bar, in wenig bewohntem Gebiet, Baujahr 1956
- Ursache:            Leitungsbruch, vermutlich durch Erdverschiebung verursacht.
- Wirkung:            Feuerball. Ein ca. 20 m langes Leitungsstück wurde weggesprengt. Drei Bruchstücke fand man in ca. 20 m Entfernung im Hügelgelände.
- Quelle:              Lewis, P. *et al.* (1997): Two gas pipeline explosions appear unrelated, Shifting of saturated earth suggested as a possible cause of blasts. The Seattle Times Web Archive, 10.2.1997
- 
- 9.2.1997            Kalama, USA
- Rohrleitung:        Durchmesser 660 mm (26"), 51 bar, Waldgebiet, Baujahr 1956
- Ursache:            Leitungsbruch, vermutlich durch Erdverschiebung verursacht.
- Wirkung:            Durch Zündung entstand ein Feuerball, der in eine 30 m Fackelflamme überging. Der Brand dauerte ca. 2 h, wobei ca. 1-2 ha Wald abbrannten. Die Parallelleitung in ca. 6 m Entfernung blieb unbeschadet.
- Quelle:              Lewis, P. *et al.* (1997): Two gas pipeline explosions appear unrelated, Shifting of saturated earth suggested as a possible cause of blasts. The Seattle Times Web Archive, 10.2.1997
- 
- 15.4.1996            La Salle River Crossing, Manitoba, Kanada
- Rohrleitung:        Durchmesser 864 mm, 50 bar, 12.7 mm Wandstärke
- Ursache:            Leitungsbruch mit späterer Explosion und Brand
- Wirkung:            Ein Haus in ca. 180 m Entfernung geriet in Brand. Bäume und andere Vegetation auf beiden Seiten des Flusses beschädigt. Der entstandene Krater betrug 17 x 14 x 5 m.
- Quelle:              Mechphyic Scientific Consultants (2000): Report on a study of international pipeline accidents. Prepared for the Health and Safety Executive (HSE). CONTRACT RESEARCH REPORT, 294/2000.

---

29.7.1995	Rapid City, Manitoba, Kanada
Rohrleitung:	Durchmesser 1067 (42") und 914 mm, 61 bar, 8.8 und 9.4 mm Wandstärke
Ursache:	Leitungsbrüche zweier nahe beieinander gelegenen Leitungen aufgrund Korrosion.
Wirkung:	Sofortige Zündung. Der entstandene Krater betrug 51 x 23 x 5 m.
Quelle:	Mechphyic Scientific Consultants (2000): Report on a study of international pipeline accidents. Prepared for the Health and Safety Executive (HSE). CONTRACT RESEARCH REPORT, 294/2000.
7.10.1994	Williamstown, Ontario, Kanada
Rohrleitung:	Durchmesser 219 mm (8"), Baujahr 1970
Ursache:	Leitungsbruch durch Spannungsrissskorrosion
Wirkung:	Ein Krater von ca. 10 x 4 m entstand
Quelle:	Transportation Safety Board of Canada (TSB) (1994): Commodity Pipeline Occurrence Report, Natural Gas Pipeline Rupture. Report Number P94H0049.
28.7.1994	Cideville, Normandie, Frankreich
Rohrleitung:	Durchmesser 457 mm, 45 bar, 5.2 mm Wandstärke
Ursache:	Leitungsbruch (eher kleines Leck, kein Rupture) durch Blitzeinschlag
Wirkung:	Zündung des Gases. Abgebrannte Fläche in einem Umkreis von 30 bis 50 m.
Quelle:	Mechphyic Scientific Consultants (2000): Report on a study of international pipeline accidents. Prepared for the Health and Safety Executive (HSE). CONTRACT RESEARCH REPORT, 294/2000.
23.7.1994	Latchford, Ontario, Kanada
Rohrleitung:	Durchmesser 914 mm (36"), 69 bar, 9 mm Wandstärke
Ursache:	Leitungsbruch aufgrund externer Korrosion (Ausdünnung der Wandstärke)
Wirkung:	Zündung des Gases. Bildung eines Kraters von ca. 36 x 16 x 3 m.
Quelle:	Mechphyic Scientific Consultants (2000): Report on a study of international pipeline accidents. Prepared for the Health and Safety Executive (HSE). CONTRACT RESEARCH REPORT, 294/2000.

---

24.3.1994	Edison, New Jersey, USA
Rohrleitung:	Durchmesser 914 mm (36"), 69 bar, Überdeckung 3.7 m
Ursache:	Der Bruch ist auf einen 40 mm langen Riss zurückzuführen. Seit dem Bau der Leitung wurden in nächster Nähe ein asphaltierter Parkplatz und ein Mehrfamilienhaus in ca. 30 m Entfernung gebaut. Die Beschädigung muss längere Zeit vor dem Unfall infolge der Bauarbeiten entstanden sein.
Wirkung:	Bei der Explosion entstand ein Krater mit einer Ausdehnung von 45 x 20 x 4.5 m. Die Flammhöhe betrug ca. 150 m. 14 von 68 Wohnungen des Wohnblocks wurden beschädigt. 37 Personen wurden verletzt, ca. 2'000 Personen mussten evakuiert werden.
Quelle:	Mechphyic Scientific Consultants (2000): Report on a study of international pipeline accidents. Prepared for the Health and Safety Executive (HSE). CONTRACT RESEARCH REPORT, 294/2000.
15.2.1994	Maple Creek, Saskatchewan, Canada
Rohrleitung:	42" Pipeline, 83 bar, Baujahr 1982, in ländlichem Gebiet
Ursache:	Totalversagen, vermutlich durch Spannungsrisskorrosion
Wirkung:	Nach Augenzeugenberichten entstand ein mehrere hundert Meter grosser Feuerball. Sehr hoher Folgeschaden durch Versorgungsunterbruch, keine Verletzten.
Quelle:	Transportation Safety Board of Canada (TSB) (1994): Commodity Pipeline Occurrence Report, Natural Gas Pipeline Rupture. Report Number P94H0036.
22.12.1993	Palaceknowe, Moffat, Schottland
Rohrleitung:	Durchmesser 914 mm (36"), 48 bar, 19 mm Wandstärke
Ursache:	Leitungsbruch aufgrund differentieller Verschiebungen (longitudinale Spannungen).
Wirkung:	Keine Zündung, Kraterbildung 10 x 10 x 4 m.
Quelle:	Mechphyic Scientific Consultants (2000): Report on a study of international pipeline accidents. Prepared for the Health and Safety Executive (HSE). CONTRACT RESEARCH REPORT, 294/2000.
23.11.1993	New Castle, Indiana, USA
Rohrleitung:	30" Pipeline in ländlichem Gebiet.
Ursache:	Leitung explodierte, vermutlich ausgelöst durch landwirtschaftliche Maschine.
Wirkung:	Keine Verletzten.

---

28.8.1993	Tejerias (Caracas), Venezuela
Rohrleitung:	Gaspipeline 20" Durchmesser, 5 m neben einer Autobahn.
Ursache:	Bauarbeiter hatten mit einer schweren Baumaschine die Rohrleitung beschädigt, worauf es zum Versagen der Leitung kam.
Wirkung:	Das austretende Erdgas entzündete sich augenblicklich auf einer Länge von 200 m. Die Stichflamme erreichte eine Höhe von 60 m. Der Störfall ereignete sich, als dichter Berufsverkehr auf der nahegelegenen Autobahn herrschte. Etwa 20 Autos und zwei Busse, die auf der Autobahn fuhren, fingen Feuer. Eine Tankstelle entzündete sich. Es gab insgesamt über 60 Tote und über 15 Verletzte.
Quelle:	Tages-Anzeiger (1993): Eine Gaspipeline flog in die Luft. 29.09.1993
23.8.1993	Valleyview, Alberta, Canada
Rohrleitung:	36" Pipeline in Waldgebiet
Ursache:	unbekannt
Wirkung:	Brand von 7 acre Wald (ca. 2.8 ha).
4.8.1993	Seguin, Texas, USA
Rohrleitung:	Überlandleitung mit 30" Durchmesser
Ursache:	unbekannt
Wirkung:	Trotz Entzündung keine Verletzten.
21.2.1986	Lancaster, Kentucky, USA
Rohrleitung:	Durchmesser 756 mm (30"), 67 bar
Ursache:	Obwohl Korrosionsschäden bekannt waren, war der betroffene Leitungsabschnitt nicht erneuert worden. Bruch der Rohrleitung.
Wirkung:	Ca. 150 m der Rohrleitung wurden aus dem Boden gerissen und das austretende Gas zündete sofort. Durch den Brand wurde ein Gebiet von ca. 300 m Durchmesser betroffen. 2 Personen in 160 m Entfernung und 3 Personen in 80 m Entfernung wurden verletzt, 2 Häuser und 6 Autos brannten ab.
Quelle:	National Transportation Safety Board (1987): Pipeline accident report. NTSB/PAR-87/01. United States Government.

---

27.4.1985	Beaumont, Kentucky, USA
Rohrleitung:	Durchmesser 756 mm (30"), 67 bar
Ursache:	Korrosionsschäden in einem Doppelrohr (Strassenquerung) führten zu einem Rohrversagen mit Gasaustritt und nachfolgender Zündung.
Wirkung:	10 m Rohrleitung wurde weggerissen, ein Krater von 30 x 12 x 4 m entstand. Ein Gebiet von 200 x 150 m wurde vom Brand betroffen. 5 Personen im Abstand von 100 m in einem Haus wurden getötet, 3 verletzt, grosser Sachschaden.
Quelle:	National Transportation Safety Board (1987): Pipeline accident report. NTSB/PAR-87/01. United States Government.
25.11.1984	Jackson, Louisiana, USA
Rohrleitung:	Durchmesser 756 mm (30"), 68 bar, Baujahr 1955
Ursache:	Fehlerhafte Reparatur führte zu einem Rohrbruch mit Gasaustritt.
Wirkung:	Brand eines Gebietes von 430 m x 100 m. 5 Arbeiter wurden getötet, 23 Personen bis zu einem Abstand von 250 m verletzt.
25.3.1984	Erlangen, Deutschland
Rohrleitung:	Durchmesser 711 mm (28"), 67 bar, 2 m tief
Ursache:	Mechanische Beschädigung als Folge der Verlegung einer zweiten Leitung führte zu einem Riss in der Rohroberfläche und zum Aufplatzen des Rohres. Zündquelle unbekannt.
Wirkung:	Das ausströmende Gas entzündete sich und brannte in Form eines Fackelbrandes ab. Die Wärmestrahlung setzte Gebäude und einen Wald im Umkreis von 200 m in Brand. Kraterbildung von 20 m Durchmesser. Löschaktion dauerte über 1 Stunde.
Quelle:	BUWAL (1996): Risiken bleiben, Eine Auswahl verschiedener Störfälle der letzten Jahre. BUWAL-Bulletin 3/96.  Mechphyic Scientific Consultants (2000): Report on a study of international pipeline accidents. Prepared for the Health and Safety Executive (HSE). CONTRACT RESEARCH REPORT, 294/2000.



---

4.11.1982	Hudson, Iowa, USA
Rohrleitung:	Durchmesser 510 mm (20"), 57 bar
Ursache:	Bei Grabarbeiten mit Drainagemaschine wurde eine Rohrleitung durchschlagen. Die freiwerdende Energie schleuderte das Rohr aus dem Boden.
Wirkung:	Sofortige Zündung, ca. 30 Min. Brand, 5 Tote infolge Brand und Druckwelle, Kraterbildung 21 x 10 x 3 m.
Quelle:	National Transportation Safety Board (1983): Pipeline accident report. NTSB/PAR-83/02. United States Government.
1.10.1982	Pine Bluff, Arkansas, USA
Rohrleitung:	Durchmesser 560 mm (22"), 19 bar
Ursache:	Infolge defekten Abschlussorgans entstand bei Bauarbeiten ein Überdruck in einem Rohrleitungsstück.
Wirkung:	Plötzliches Entweichen des Gases, Zündung mit Stichflamme. Kein anhaltender Brand, da die Gaszufuhr unterbrochen wurde. Brandfläche 20 x 30 m. 7 Arbeiter erlitten Verbrennungen.
Quelle:	Mechphyic Scientific Consultants (2000): Report on a study of international pipeline accidents. Prepared for the Health and Safety Executive (HSE). CONTRACT RESEARCH REPORT, 294/2000.
18.8.1980	Rhenen, NL
Rohrleitung:	Durchmesser 457 mm (18"), 40 bar
Ursache:	Beschädigung der Leitung durch Bauarbeiten
Wirkung:	Gasaustritt ohne Zündung
Quelle:	TNO Division of Technology for Society (1990): FACTS Database for industrial safety, Accidents with natural Gas and Pipelines. Im Auftrag SKS Ingenieure AG. Apeldoorn.
26.2.1980	Brooks, Alabama, USA
Rohrleitung:	Durchmesser 914 mm (36"), 65 bar, nahe einer Kompressoren-Station
Ursache:	Technisches Versagen
Wirkung:	Explosion der Leitung, Kompressoren-Station in 80 m Entfernung stark beschädigt, Kontroll-Gebäude in 200 m Entfernung zerstört. Grosser Sachschaden.
Quelle:	TNO Division of Technology for Society (1990): FACTS Database for industrial safety, Accidents with natural Gas and Pipelines. Im Auftrag SKS Ingenieure AG. Apeldoorn.

---

9.1.1979	Hamburg, Deutschland
Rohrleitung:	Durchmesser 400 mm, führt über eine Autobahnbrücke
Ursache:	Materialversprödung durch sehr tiefe Temperaturen führte zu einem Riss mit Gasaustritt.
Wirkung:	Explosion des Gases, gezündet durch vorbeifahrendes Auto, 1 Person verletzt, Beschädigung der Brücke.
Quelle:	TNO Division of Technology for Society (1990): FACTS Database for industrial safety, Accidents with natural Gas and Pipelines. Im Auftrag SKS Ingenieure AG. Apeldoorn.
24.10.1978	Brookside Village, Texas, USA
Rohrleitung:	Durchmesser 38", 40 bar, 25 Jahre alt
Ursache:	Materialversagen
Wirkung:	60-90 m grosser Feuerball, Explosion und Druckwelle, Krater von 10 m Durchmesser, 5 Tote und 43 Verletzte im nahegelegenen Trailer Park.
9.11.1977	Makelo, NL
Rohrleitung:	Durchmesser 457 mm (18"), 40 bar
Ursache:	Rohrleitung bei Bauarbeiten beschädigt
Wirkung:	Gasaustritt ohne Zündung
Quelle:	TNO Division of Technology for Society (1990): FACTS Database for industrial safety, Accidents with natural Gas and Pipelines. Im Auftrag SKS Ingenieure AG. Apeldoorn.
9.8.1976	Cartwright, Louisisana, USA
Rohrleitung:	Durchmesser 510 mm (20"), 52 bar
Ursache:	Die Leitung wurde bei Bauarbeiten durch Strassenplaniermaschine beschädigt. Die Lage der Rohrleitung war den Arbeitern nicht bekannt.
Wirkung:	Gasaustritt mit Zündung. Durch die nachfolgende Explosion wurden 6 Personen getötet und 1 verletzt.
Quelle:	National Transportation Safety Board (1977): Pipeline accident report. NTSB-PAR-77-1. United States Government.

---

9.6.1974	Bealeton, Virginia, USA
Rohrleitung:	Durchmesser 762 mm (30"), 50 bar, 1957 gebaut, 8 mm Wandstärke
Ursache:	Wasserstoff-Spannungsriß, der an einer Aufhängungsstelle entstanden war. Vermutlich ein Konstruktionsfehler. Durch einen Bruch trat Erdgas aus und wurde gezündet (Zündquelle unbekannt).
Wirkung:	Rund 100 m hohe Flamme aus der Rohrleitung. Ein Krater von 40 x 10 x 2 m entstand, ein Gebiet von 200 x 120 m brannte ab. Weil zwei automatische Schieber versagten, dauerte der Gasaustritt sehr lange.
Quelle:	TNO Division of Technology for Society (1990): FACTS Database for industrial safety, Accidents with natural Gas and Pipelines. Im Auftrag SKS Ingenieure AG. Apeldoorn.
21.5.1974	Meridian, Mississippi, USA
Rohrleitung:	Durchmesser 152 mm (6")
Ursache:	Wasserstoffinduzierte Spannungsriß-Korrosion, mangelhafter Unterhalt
Wirkung:	Gasaustritt mit Zündung, 5 Personen wurden getötet, 1 verletzt.
Quelle:	National Transportation Safety Board (1976): Pipeline accident report. NTSB-PAR-76-1. United States Government.
15.3.1974	Farmington, New Mexico, USA
Rohrleitung:	Durchmesser 305 mm (12"), 34 bar
Ursache:	Sprödbbruch an einer Schweissnaht
Wirkung:	Stichflamme von über 100 m Höhe, 2.5 m Stück der Rohrleitung weggeschleudert, 3 m tiefer Krater.
Quelle:	National Transportation Safety Board (1975): Pipeline accident report. NTSB-PAR-75-3. United States Government.
10.4.1973	Venndam, NL
Rohrleitung:	Durchmesser 1'200 mm (48"), 60 bar
Ursache:	Funken von einem elektrischen Kabel verursachten Leck in einer Gasleitung mit nachfolgender Zündung
Wirkung:	200 m hohe Stichflamme entsteht, 2 Mio. m <sup>3</sup> Gas verbrennen
Quelle:	TNO Division of Technology for Society (1990): FACTS Database for industrial safety, Accidents with natural Gas and Pipelines. Im Auftrag SKS Ingenieure AG. Apeldoorn.

---

1973	Coopersburg, Pennsylvania, USA
Rohrleitung:	Durchmesser 200 mm (8")
Ursache:	Bruch der Rohrleitung an schlechter Schweissnaht
Wirkung:	Gasaustritt ohne Zündung
Quelle:	TNO Division of Technology for Society (1990): FACTS Database for industrial safety, Accidents with natural Gas and Pipelines. Im Auftrag SKS Ingenieure AG. Apeldoorn.
9.9.1969	Houston, Texas, USA
Rohrleitung:	Durchmesser 356 mm (14"), 53 bar, Baujahr 1941
Ursache:	Versagen einer Schweissnaht, durch Betrieb unter zu hohem Druck
Wirkung:	Gasaustritt mit Zündung nach ca. 8 Minuten, 9 Verletzte, 13 Häuser zerstört, 106 beschädigt
Quelle:	TNO Division of Technology for Society (1990): FACTS Database for industrial safety, Accidents with natural Gas and Pipelines. Im Auftrag SKS Ingenieure AG. Apeldoorn.
Juli 1967	USA
Rohrleitung:	Durchmesser 914 mm (36"), 50 bar
Ursache:	Aufhärtungsstelle im Stahl, verursacht bei der Rohrleitungs-Produktion
Wirkung:	Bruch der Transkontinentalpipeline, Gasaustritt
Quelle:	TNO Division of Technology for Society (1990): FACTS Database for industrial safety, Accidents with natural Gas and Pipelines. Im Auftrag SKS Ingenieure AG. Apeldoorn.
4.3.1965	Natchitoches, Louisiana, USA
Rohrleitung:	Durchmesser 610 mm (24"), 55 bar
Ursache:	Leitungsbruch aufgrund Korrosion
Wirkung:	Verzögerte Zündung, Flammenhöhe bis 150 m, Krater 23 x 9 x 4.5 m
Quelle:	Mechphyic Scientific Consultants (2000): Report on a study of international pipeline accidents. Prepared for the Health and Safety Executive (HSE). CONTRACT RESEARCH REPORT, 294/2000.

## 3.2 Gasanlagen

(mit verschiedenen Gasen in gasförmigem Zustand)

26.9.1989 Cheméry, F

Anlage: Unterirdischer Hochdruckspeicher, 120 bar

Ursache: Ein Leck trat bei Wartungsarbeiten in 1'100 m Tiefe auf.

Wirkung: Gasaustritt mit einer Rate bis zu 150'000 m<sup>3</sup>/h. Insgesamt entwichen ca: 4 Mio. m<sup>3</sup> Erdgas, keine Zündung, keine Schäden.

13.10.1983 Virginia, USA

Anlage: Gate - Station, Betriebsdruck 10 bar

Ursache: Bei Kontrollarbeiten an einem Durchflussregler trat infolge menschlichen Versagens Erdgas aus.

Wirkung: Explosion in der Station, 1 Person wurde getötet, 2 verletzt.

30.9.1980 Frankenthal, D

Anlage: Unterirdischer Hochdruckspeicher, 70 bar.

Ursache: Unbekannt.

Wirkung: Durch ein Leck in 680 m Tiefe traten insgesamt ca. 16 Mio. m<sup>3</sup> Erdgas während mehrerer Tage aus. Keine Zündung.

10.3.1978 Berlin, D

Anlage: Hochdruck Kugelbehälter mit Stadtgas, max. Betriebsdruck 9 bar

Ursache: Elektrochemisch induzierte Wasserstoffbildung, hervorgerufen durch feuchtes Stadtgas.

Wirkung: Entspannung des Stadtgases durch einen 400 mm langen Riss im Behälter. Dabei kühlte sich die Umgebung des Lecks auf ca. -34°C ab. Bei der Nachuntersuchung wurden weitere Risse festgestellt.

Quelle: Bundesamt für Materialprüfung, Prüfzeugnis 11689, Berlin, 1979

## Anhang

### Grundlagen und Literatur

BBC News (2009): Gas blast causes fire in Moscow. 10. Mai 2009.

European Gas Pipeline Incident Data Group, 2008, 7<sup>th</sup> EGIG report 1970-2007, Gas Pipeline Incidents

UKOPA / Advantica, 2007, 5<sup>th</sup> Report of the UKOPA Fault Database Management Group, Pipeline Product Loss Incidents 1962-2006

Hazards Intelligence (2005): Gas Pipeline Explosion at Ghislenghien, Belgium. HInt Dossier 18.7.05 (<http://www.saunalahti.fi/ilicity/Dossiers/Dossier%20Ghislenghein.htm>, 16.7.09)

HSE (Health & Safety Executive) (2002): Report on a second study of pipeline accidents using the Health and Safety Executive's risk assessment programs MISHAP and PIPERS.

Mechphyic Scientific Consultants (2000): Report on a study of international pipeline accidents. Prepared for the Health and Safety Executive (HSE), CONTRACT RESEARCH REPORT, 294/2000

National Transportation Safety Board (1967-): Pipeline accident reports. United States Government.

National Transportation Safety Board. 2003. Natural Gas Pipeline Rupture and Fire Near Carlsbad, New Mexico, August 19, 2000. Pipeline Accident Report NTSB/PAR-03/01. Washington, D.C.

NZZ Online (2009): Grossbrand in Moskau. 11. Mai 2009.

TNO Division of Technology for Society (1990): FACTS Database for industrial safety, Accidents with natural Gas and Pipelines. Im Auftrag SKS Ingenieure AG. Apeldoorn.

European Gas Pipeline Incident Data Group, 2008, 7<sup>th</sup> EGIG report 1970-2007, Gas Pipeline Incidents

UKOPA / Advantica, 2007, 5<sup>th</sup> Report of the UKOPA Fault Database Management Group, Pipeline Product Loss Incidents 1962-2006