



Essen, 06.06.2005

G.-Nr. 41 - 84/05

Auftr.-Nr. 20 67 89 48

Blatt 1 von 40

RWTÜV Systems GmbH

Unternehmensgruppe

TÜV Nord

Langemarckstraße 20

D-45141 Essen

Postfach 10 32 61

D-45032 Essen

Telefon (02 01) 8 25-27 28

Sitz: Essen

AG Essen, HRB 9976

Aufsichtsratsvorsitzender:

Wilhelm Wick

Geschäftsführung:

Volker Klosowski

Dr. Klaus Kleinherbers

Betrachtung

der

Auswirkungen von Lecks und einem Vollbruch

in der

Kohlenmonoxidleitung

von Köln-Worringen nach Krefeld-Uerdingen

der

Bayer Industry Services

GmbH & Co. OHG

51 368 Leverkusen

Bereich West

Zentralabteilung

Pipelinetechnik, Bau / Montage

Auslandskoordination

Inhaltsverzeichnis

	Blatt	
1	Beauftragung und Aufgabenstellung	4
2	Kohlenmonoxidleitung	5
2.1	Stoff- und Reaktionskenndaten von Kohlenmonoxid	5
2.2	Menge und Zustand des Kohlenmonoxids	6
2.3	Beurteilungswerte	7
2.4	Überblick über Kohlenmonoxidleitung	9
3	Freisetzungen bei Störungen	11
3.1	Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebes	11
3.2	Freigesetzte Menge	11
3.3	Ausbreitungsrechnung	13
3.4	Auswirkungen	14
4	Freisetzungen bei Störfällen	16
4.1	Störfälle	16
4.2	Freisetzungsszenarien	17
4.3	Freigesetzte Mengen	17
4.3.1	20 mm – Loch	17
4.3.2	Vollbruch	19
4.4	Ausbreitungsrechnung	21
4.4.1	20 mm – Loch	21
4.4.2	Vollbruch	23

4.5	Auswirkungen	24
4.5.1	20 mm – Loch	24
4.5.2	Vollbruch	26
5	Probabilistisches Sicherheitskonzept	27
5.1	Grundlagen	27
5.2	Betrachtung des vorliegenden Systems	30
5.3	Konkretisierung des Sicherheitsbegriffes	30
5.4	Bewertung des Risikos	32
5.4.1	Allgemeines	32
5.4.2	Wahrscheinlichkeiten für Störfälle entlang der Fernleitung	35
5.4.3	Erfahrungen mit der Risikobewertung	36
6	Zusammenfassung	38
Anhang	Zu Grunde gelegte und eingesehene Unterlagen	39

1 Beauftragung und Aufgabenstellung

Die Bayer Material Science AG hat die RWTÜV Systems GmbH am 10.05.2005 mit einer „Betrachtung der Auswirkungen von Lecks und eines Vollbruches in der Kohlenmonoxidleitung von Köln-Worringen nach Krefeld-Uerdingen“ beauftragt.

Die Kohlenmonoxidleitung liegt zu einem kleinen Teil im Zuständigkeitsbereich der Bezirksregierung Köln, zum überwiegenden Teil im Zuständigkeitsbereich der Bezirksregierung Düsseldorf. Die Bezirksregierung Düsseldorf ist auch für den im Zuständigkeitsbereich der Bezirksregierung Köln liegenden Teil der Kohlenmonoxidleitung für zuständig erklärt worden.

Die Bezirksregierung Düsseldorf als für das Planfeststellungsverfahren zuständige Behörde hat gefordert, dem Planfeststellungsverfahren auch eine Betrachtung der Auswirkungen des Vollbruches eines

10 km – Abschnittes

der Kohlenmonoxidleitung beizufügen, der zwischen Absperrarmaturen eingeschlossen werden kann.

Einige Angaben zur Kohlenmonoxidleitung werden im Abschnitt 3 dieser Betrachtung gemacht. Nähere Angaben zur Auslegung und Errichtung der Kohlenmonoxidleitung, zu Überwachungseinrichtungen sowie zu Maßnahmen zur Verhinderung und Begrenzung von Freisetzungen sind den Unterlagen „Bayer Industry Services, Kohlenmonoxidleitung Köln-Worringen nach Krefeld-Uerdingen, Technischer Teil der Antragsunterlagen gemäß TRFL Anhang A2“ [1] zu entnehmen.

2 Kohlenmonoxidleitung

2.1 Stoff- und Reaktionskenndaten von Kohlenmonoxid

Wesentliche Eigenschaften von Kohlenmonoxid sind :

farbloses Gas,

geruchlos,

gleichschwer wie Luft,

giftig (T) im Sinne der Gefahrstoffverordnung,

hochentzündlich (F+) im Sinne der Gefahrstoffverordnung,

Explosionsgrenzen 11,0 bis 74 % Kohlenmonoxid in Luft

Zündtemperatur 620 °C

Siedepunkt -191,45°C

kritische Temperatur -140°C

Dichte bei 20°C, 1,013 bar absolut 1,164 kg/m³

nicht korrosiv,

Wassergefährdungsklasse WGK 1

im Sinne des Wasserhaushaltsgesetzes §19, Anhang 1 [6].

Bei einer Freisetzung von Kohlenmonoxid sind vor allem folgende Gefahren
in Betracht zu ziehen :

farbloses, geruchloses Gas

giftig,

Gas- Luftgemische sind explosionsfähig,

heftige Reaktion mit brandfördernden Mitteln,

Weitere Stoff- und Reaktionskenndaten sind dem Sicherheitsdatenblatt für Kohlenmonoxid zu entnehmen.

2.2 Menge und Zustand des Kohlenmonoxids

Bei der Kohlenmonoxidleitung handelt es sich um eine DN250-Leitung, es wird ein innerer Durchmesser von 250 mm angenommen; daraus errechnet sich ein Volumen von 49 l/m .

Im Normalbetrieb beträgt der Überdruck an der Übergabestation im Chemie-park Dormagen 13,5 bar und fällt bis zur Übergabestation im Chemiepark Uerdingen auf etwa 3 bar.

Die Kohlenmonoxiderzeuger sind auf einen Überdruck von 19 bar abgesi-chert, so dass bei einer Störung der Überdruck an der Übergabestation im Chemiepark Dormagen bis 19 bar ansteigen könnte.

Bei späterem höherem Bedarf von Kohlenmonoxid in Uerdingen könnte der Überdruck an der Übergabestation im Chemiepark Dormagen auf 40 bar an-gehoben werden und dadurch mehr Kohlenmonoxid durch die Leitung geför-dert werden.

In einem 10 km – Abschnitt befinden sich bei den drei zu betrachtenden Überdrücken maximal folgende Mengen Kohlenmonoxid :

	Überdruck		
	13,5 bar	19 bar	40 bar
Menge Kohlenmonoxid in kg bei 20°C	8.160	11.260	23.080

Zum Betrieb der Kohlenmonoxidleitung sind Absperrstationen sowie Mess- und Übergabestationen erforderlich; die verschiedenen Stationstypen werden zusammenfassend hier als Fernleitungsstationen bezeichnet. Bei einer Station kann man durchschnittlich von einer Länge von 50 m und einem Volumen von rund 2500 L ausgehen.

2.3 Beurteilungswerte

Die Auswirkungen giftigen Kohlenmonoxids (CO) bei einer Freisetzung können an Hand folgender Beurteilungswerte abgeschätzt werden :

AEGL-3 :

Luftgetragene Konzentration, ab der die allgemeine Bevölkerung, inklusive empfindliche aber exklusiv hyperempfindliche Individuen, lebensbedrohende Schädigungen oder Tod erleiden können.
(Die veröffentlichten AEGL-3 – Werte haben den Status „interim“).

ERPG-3

Maximale luftgetragene Konzentration, bei der davon ausgegangen wird, dass unterhalb dieses Wertes beinahe sämtliche Personen bis zu einer Stunde lang exponiert werden könnten, ohne dass sie unter lebensbedrohenden gesundheitliche Auswirkungen leiden oder solche entwickeln.

IDLH

Konzentration, bei der die Flucht innerhalb von 30 Minuten möglich ist, ohne irgendwelche fluchtbehindernden oder irreversiblen gesundheitlichen Effekte zu erleiden.

In der Tabelle sind für die drei Beurteilungswerte die festgelegten Konzentrationen von Kohlenmonoxid in Luft abhängig von der Einwirkzeit angegeben.

Beurteilungswert	Einwirkzeit				
	10 Minuten	30 Minuten	1 Stunde	4 Stunden	8 Stunden
AEGL-3 (Status: interim)	1.700 ppm 17.000 ppm·min 5.380 ppm·min ^{0,5}	600 ppm 18.000 ppm·min 3.290 ppm·min ^{0,5}	330 ppm 19.800 ppm·min 2.560 ppm·min ^{0,5}	150 ppm 36.000 ppm·min 2.320 ppm·min ^{0,5}	130 ppm 62.400 ppm·min 2.850 ppm·min ^{0,5}
ERPG-3			500 ppm 30.000 ppm·min 3.870 ppm·min ^{0,5}		
IDLH		1.200 ppm 36.000 ppm·min 6.570 ppm·min ^{0,5}			

Auf der Basis der AEGL-3 – Werte wird die Wirkung unterschiedlich hoher oder lang dauernder CO-Immissionen auf Menschen bei Einwirkzeiten von einer Stunde und mehr durch die Abhängigkeit $\text{Konzentration} \cdot \text{Einwirkzeit}^{0,5}$ bestimmt. Die Immissionsbelastung in $\text{ppm} \cdot \text{min}^{0,5}$ kann näherungsweise berechnet werden, indem zunächst die Konzentration c in ppm und die Inhalationsdosis d in $\text{ppm} \cdot \text{min}$ und daraus die Wirkung w mit $w = (c \cdot d)^{0,5}$ berechnet wird. Mit den für Einwirkzeiten von 1 bis 8 Stunden festgelegten AEGL-3 – Werten ergibt sich ein Beurteilungskriterium von rund $2.600 \text{ ppm} \cdot \text{min}^{0,5}$.

Für Einwirkzeiten von bis zu einer halben Stunde wird ein ERPG-3 – Beurteilungskriterium von rund $5.000 \text{ ppm} \cdot \text{min}^{0,5}$ zu Grunde gelegt entsprechend dem festgelegten ERPG-3 – Wert für eine Stunde.

Die Wirkung von CO wird bestimmt durch den CO-Hämoglobingehalt des Blutes (CO-Hb). Abhängig vom CO-Hb-Gehalt können folgende Wirkungen auftreten:

- unterhalb eines CO-Hb-Gehaltes von 10% sind keine Symptome zu erwarten. Ein CO-Hb-Gehalt von 10% wird nach einer Immissionsbelastung von etwa 1.400 ppm·min^{0,5} erreicht,
- Schwindel, Kopfschmerz, Augenflimmern und Mattigkeit sind bei CO-Hb-Gehalten von mehr als 20% zu erwarten. Der CO-Hb-Gehalt steigt auf 20% bei einer Immissionsbelastung von etwa 3.500 ppm·min^{0,5},
- Schwächezustände und Erbrechen treten bei CO-Hb-Gehalten von mehr als 30% auf. 30% CO-Hb-Gehalt wird erreicht bei Immissionsbelastungen von etwa 5.000 ppm·min^{0,5},
- Kollaps und Ohnmacht sind bei CO-Hb-Gehalten von mehr als 40% möglich. Ein CO-Hb-Gehalt von 40% wird erreicht bei Immissionsbelastungen von etwa 8.000 ppm·min^{0,5},
- akute Lebensgefahr besteht bei CO-Hb-Gehalten von mehr als 50% und wird erreicht bei Immissionsbelastungen von etwa 12.000 ppm·min^{0,5}.

2.4 Überblick über Kohlenmonoxidleitung

Die Kohlenmonoxidleitung von Köln-Worringen nach Krefeld-Uerdingen ist rund 67 km lang.

Die Kohlenmonoxidleitung beginnt an der Übergabestation im Chemiepark Dormagen in der Gemarkung Worringen der Kreisfreien Stadt Köln. Die Leitung wird bis auf den Abschnitt innerhalb des Werksgeländes des Chemie-parks Dormagen und unmittelbar anschließend die Querung der B 9 sowie

den Abschnitt innerhalb des Werksgeländes des Chemieparks Uerdingen unterirdisch verlegt.

Die Kohlenmonoxidleitung verläuft soweit möglich parallel zu vorhandenen Fernleitungen. Die Überdeckung der Leitung beträgt in der Regel mindestens 1,4 m.

Die Kohlenmonoxidleitung wird durch 5 Absperrstationen in Abschnitte von etwa 10 km unterteilt. Die einzelnen Abschnitte der Kohlenmonoxidleitung sind Abschnitt 1.6.2 der Unterlagen „Bayer Industry Services, Kohlenmonoxidleitung Köln-Worringen nach Krefeld-Uerdingen, Technischer Teil der Antragsunterlagen gemäß TRFL Anhang A2“ [1] zu entnehmen.

Die Kohlenmonoxidleitung endet an der Übergabestation im Chemiepark Uerdingen in der Gemarkung Uerdingen der Kreisfreien Stadt Krefeld. Zwischen Dormagen und Uerdingen werden keine weiteren Verbraucher oder Erzeuger angeschlossen.

Der Verlauf der Kohlenmonoxidleitung ist in den Unterlagen [1] im Anhang 1 in einem Übersichtsplan und im Anhang 3 auf Blättern der Topographischen Karte im Maßstab 1 : 25.000 zu sehen.

3 Freisetzungen bei Störungen

3.1 Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebes

Die Ausführungen in den Unterlagen „Bayer Industry Services, Kohlenmonoxidleitung Köln-Worringen nach nach Krefeld-Uerdingen, Technischer Teil der Antragsunterlagen gemäß TRFL Anhang A2“ [1] zur Auslegung und Errichtung der Kohlenmonoxidleitung und zu den Überwachungseinrichtungen belegen, dass umfangreiche Maßnahmen für den ungestörten Betrieb der Kohlenmonoxidleitung getroffen sind. Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebes mit kleineren Freisetzungen können jedoch nicht ausgeschlossen werden.

3.2 Freigesetzte Menge

Abdeckend für alle denkbaren Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebes wird die Freisetzung von Kohlenmonoxid aus einem Loch von 4 mm Durchmesser in einem 10 km – Abschnitt betrachtet.

Als Überdrücke über den gesamten 10 km – Abschnitt werden 13,5 bar, 19 bar oder 40 bar angenommen. Diese Überdrücke können sich über den gesamten Abschnitt nur einstellen, wenn nach Erreichen des angenommenen Druckes die Förderung unterbrochen wird.

Das Kohlenmonoxid strömt aus dem 4 mm – Loch entsprechend einer Strömung durch eine Blende aus; die Ausflussziffer wird mit $\mu = 0,6$ angenommen.

Bei einer Freisetzung aus der unterirdisch verlegten Rohrleitung wird das Kohlenmonoxid diffus aus einer größeren Fläche des Erdbodens austreten.

Die Freisetzung in einem Abschnitt der unterirdisch verlegten Kohlenmonoxidleitung wird erkannt durch

- Inspektion vor Ort,
- Meldung von Dritten, da die Freisetzung von Geräusentwicklung begleitet sein kann,
- eines der softwaregestützten Verfahren zur Leckageerkennung, besonders das Massenbilanzierungsverfahren.

Die Menge Kohlenmonoxid, die aus dem 4 mm – Loch strömt, ist gegenüber der Fördermenge klein; es ist zu erwarten, dass die Freisetzung erst nach einiger Zeit bemerkt wird. Nach Erkennen der Freisetzung werden die Absperrarmaturen vor und hinter dem Abschnitt der unterirdisch verlegten Kohlenmonoxidleitung geschlossen. Danach sinkt der Druck auf den Umgebungsdruck ab.

Bei den betrachteten Überdrücken strömen aus dem 4 mm – Loch folgende Mengen Kohlenmonoxid in der Sekunde und während einer Zeit von 8 Stunden aus :

Kohlenmonoxid bei 20°C	Überdruck		
	13,5 bar	19 bar	40 bar
kg/s	0,026	0,036	0,073
kg in 8 Stunden	742	1.020	2.098

Eine Freisetzung in einer Fernleitungsstation wird erkannt durch

- das Gaswarnsystem in den Übergabestationen innerhalb von etwa einer halben Minute,
- Inspektion vor Ort,

- Meldung von Dritten, da die Freisetzung von Geräuschentwicklung begleitet sein kann,
- eines der softwaregestützten Verfahren zur Leckageerkennung, besonders das Massenbilanzierungsverfahren.

3.3 Ausbreitungsrechnung

Die atmosphärische Ausbreitung in der weiteren Umgebung wurde mit dem Rechenmodell der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 1 berechnet, da sich Kohlenmonoxid wie ein Neutralgas verhält.

Als Freisetzungsrate wurde die über die Freisetzungsdauer gemittelte Freisetzung verwendet. Die Quellausdehnung wurde mit 1 m angenommen. Als Ausbreitungsgelände wurde „Stadt- oder Waldgebiet“ und eine Rauigkeitslänge $z_0 = 1,2$ m gewählt. Die Kohlenmonoxidkonzentration wurde für die mittlere und die ungünstigste Ausbreitungsbedingung berechnet; bei der ungünstigsten Ausbreitungsbedingung wurde eine Inversionsschicht in einer Höhe von 100 m angenommen.

Das Rechenmodell der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 1 liefert Konzentrationen für Entfernungen ab 100 m. Im Nahbereich unter 100 m wurden Konzentrationen durch logarithmische Interpolation zwischen der Konzentration an der Quelle und der für 100 m berechneten Konzentration ermittelt.

Wenn aus einem 4 mm – Loch bei den betrachteten drei Überdrücken Kohlenmonoxid ausströmt, werden bei der **mittleren Ausbreitungsbedingung** die Beurteilungskriterien des ERPG-3– und des AEGL-3 – Wertes (siehe Abschnitt 2.3) in folgenden Entfernungen unterschritten :

Beurteilungs- kriterium	Überdruck		
	13,5 bar	19 bar	40 bar
ERPG-3 im Abstand von m	23	25	31
AEGL-3 im Abstand von m	26	28	33

Bei der **ungünstigsten Ausbreitungsbedingung** werden die Beurteilungskriterien des ERPG-3– und des AEGL-3 – Wertes in folgenden Entfernungen unterschritten :

Beurteilungs- kriterium	Überdruck		
	13,5 bar	19 bar	40 bar
ERPG-3 im Abstand von m	36	40	53
AEGL-3 im Abstand von m	41	46	57

3.4 Auswirkungen

Nach dem Freisetzen von Kohlenmonoxid sind zwei Fälle zu betrachten :

- Immissionsbelastung,
- Inbrandgeraten / Explosion.

Die im vorhergehenden Abschnitt angegebenen Entfernungen, bei denen das Beurteilungskriterium des ERPG-3– und des AEGL-3 – Wertes unterschritten ist, gelten auf der Achse des keulenförmigen Ausbreitungsbereiches. Quer zur Achse beträgt die Ausdehnung des keulenförmigen Ausbreitungsbereiches nur etwa ein Drittel der im vorhergehenden Abschnitt angegebenen Entfernungen.

Die im vorhergehenden Abschnitt angegebenen Entfernungen stellen zugleich die zeitlichen Maximalwerte dar.

Den errechneten Immissionswerten sind nur Personen ausgesetzt, die sich ungeschützt genau in Lee von der Quelle befinden. Durch Flucht quer zur Windrichtung und insbesondere das Aufsuchen geschlossener Räume kann die Immissionsbelastung und Inhalationsdosis deutlich verringert werden.

Die Übergabestationen sind mit einem Gaswarnsystem ausgerüstet.

Ein Inbrandgeraten des freigesetzten Kohlenmonoxids ist unwahrscheinlich, wie in den Abschnitten 4.4.1 und 4.5.1 näher ausgeführt wird. Von einer Explosionsgefahr ist nicht auszugehen.

4 Freisetzungen bei Störfällen

4.1 Störfälle

Wie die Ausführungen in den Unterlagen „Bayer Industry Services, Kohlenmonoxidleitung Köln-Worringen nach nach Krefeld-Uerdingen, Technischer Teil der Antragsunterlagen gemäß TRFL Anhang A2“ [1] zeigen, ist nicht davon auszugehen, dass aus einer Störung des bestimmungsgemäßen Betriebes der Kohlenmonoxidleitung eine ernste Gefahr entsteht, wie sie etwa in der Störfall-Verordnung [2] definiert ist. Aus langjähriger Betriebserfahrung mit Fernleitungen kann abgeleitet werden, dass den sicherheitstechnischen Anforderungen im erforderlichen Umfange Rechnung getragen wird durch

- die beschriebenen technischen Schutzmaßnahmen, vor allem gegen die Einwirkung Dritter,
- die ständige Beaufsichtigung der Anlage durch qualifiziertes Personal,
- die Beachtung der Arbeits- und Sicherheitsanweisungen,
- die regelmäßigen Inspektionen der Fernleitung und Fernleitungsstationen und ihre Wartung und Instandhaltung,
- Funktions- und Dichtigkeitsprüfungen nach Reparatur- und Wartungsarbeiten.

Die Betrachtung einer größeren Menge freigesetzten Kohlenmonoxids als im vorhergehenden Abschnitt 3 dient dazu, einen Anhalt für die Katastrophenschutzplanung zu gewinnen.

4.2 Freisetzungsszenarien

Als Anhalt für die Katastrophenschutzplanung werden folgende Freisetzungen betrachtet :

1. Freisetzung von Kohlenmonoxid aus einem Loch von 20 mm Durchmesser in einem 10 km – Abschnitt und außerdem
2. der Vollbruch eines 10 km – Abschnittes der Kohlenmonoxidleitung.

Die Betrachtung des Vollbruches eines 10 km – Abschnittes hat die Bezirksregierung Düsseldorf als für das Planfeststellungsverfahren zuständige Behörde gefordert.

4.3 Freigesetzte Mengen

4.3.1 20 mm – Loch

Es wird die Freisetzung von Kohlenmonoxid aus einem Loch von 20 mm Durchmesser in einem 10 km – Abschnitt betrachtet.

Als Überdrücke über den gesamten 10 km – Abschnitt werden 13,5 bar, 19 bar oder 40 bar angenommen. Diese Überdrücke können sich über den gesamten Abschnitt nur einstellen, wenn nach Erreichen des angenommenen Druckes die Förderung unterbrochen wird.

Das Kohlenmonoxid strömt aus dem 20 mm – Loch entsprechend einer Strömung durch eine Blende aus; die Ausflussziffer wird mit $\mu = 0,6$ angenommen.

Die Freisetzung in einem Abschnitt der unterirdisch verlegten Kohlenmonoxidleitung wird erkannt durch

- eines der softwaregestützten Verfahren zur Leckageerkennung, besonders das Massenbilanzierungsverfahren,
- Meldung von Dritten, da die Freisetzung von Geräuschentwicklung begleitet ist,
- Inspektion vor Ort.

Die Freisetzung wird durch eines der softwaregestützten Verfahren zur Leckageerkennung in weniger als einer Minute erkannt. Nach Erkennen der Freisetzung sind die Absperrarmaturen vor und hinter dem Abschnitt der unterirdisch verlegten Kohlenmonoxidleitung nach 5 Minuten geschlossen. Als Dauer der Freisetzung wird die gesamte Zeit bis zum Schließen der Absperrarmaturen und, bis 90 % des Kohlenmonoxids aus dem 10 km – Abschnitt ausgeströmt sind, betrachtet.

Bei den betrachteten Überdrücken strömen aus dem 20 mm – Loch folgende Mengen Kohlenmonoxid in der Sekunde und während der gesamten Freisetzungszeit aus :

Kohlenmonoxid bei 20°C	Überdruck		
	13,5 bar	19 bar	40 bar
kg/s	0,306	0,407	0,790
Menge in kg	7.634	10.737	22.509
während Freisetzungszeit in h	6,9	7,3	7,9

Eine Freisetzung in einer Fernleitungsstation wird erkannt durch

- das Gaswarnsystem in den Übergabestationen innerhalb von etwa einer halben Minute,
- eines der softwaregestützten Verfahren zur Leckageerkennung, besonders das Massenbilanzierungsverfahren,
- Meldung von Dritten, da die Freisetzung von Geräusentwicklung begleitet ist,
- Inspektion vor Ort.

4.3.2 Vollbruch

Als Überdrücke über den gesamten 10 km – Abschnitt werden 13,5 bar, 19 bar oder 40 bar angenommen. Diese Überdrücke können sich über den gesamten Abschnitt nur einstellen, wenn nach Erreichen des angenommenen Druckes die Förderung unterbrochen wird.

Es wird angenommen, dass der 10 km – Abschnitt in der Mitte plötzlich so bricht, dass das Kohlenmonoxid aus beiden Hälften ungehindert ausströmen kann. Die Ausflussziffer wird mit $\mu = 0,1$ angenommen, um den Strömungswiderstand der Rohrleitung zu berücksichtigen.

Die Freisetzung in einem Abschnitt der unterirdisch verlegten Kohlenmonoxidleitung wird erkannt durch

- eines der softwaregestützten Verfahren zur Leckageerkennung, besonders das Massenbilanzierungsverfahren,
- Meldung von Dritten, da die Freisetzung von Geräusentwicklung begleitet ist.

Die Freisetzung wird durch eines der softwaregestützten Verfahren zur Leckageerkennung in weniger als einer Minute erkannt. Nach Erkennen der Freisetzung sind die Absperrarmaturen vor und hinter dem Abschnitt der unterirdisch verlegten Kohlenmonoxidleitung nach 5 Minuten geschlossen. Als Dauer der Freisetzung wird die gesamte Zeit bis zum Schließen der Absperrarmaturen und, bis das Kohlenmonoxid aus dem 10 km – Abschnitt ausgeströmt sind, betrachtet.

Bei den betrachteten Überdrücken strömen aus den beiden Hälften des 10 km – Abschnittes folgende Mengen Kohlenmonoxid in der Sekunde und während der gesamten Freisetzungszeit aus :

Kohlenmonoxid bei 20°C	Überdruck		
	13,5 bar	19 bar	40 bar
kg/s	18,586	23,146	41,475
Menge in kg während Freisetzungszeit in Minuten	18.958 17	26.386 19	54.747 22

4.4 Ausbreitungsrechnung

4.4.1 20 mm – Loch

Freisetzung

Die atmosphärische Ausbreitung in der weiteren Umgebung wurde mit dem Rechenmodell der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 1 berechnet, da sich Kohlenmonoxid wie ein Neutralgas verhält.

Als Freisetzungsrate wurde die über die gesamte Freisetzungsdauer gemittelte Freisetzung verwendet. Die Quellausdehnung wurde mit 1 m angenommen. Als Ausbreitungsgelände wurde „Stadt- oder Waldgebiet“ und eine Rauheitslänge $z_0 = 1,2$ m gewählt. Die Kohlenmonoxidkonzentration wurde für die mittlere und die ungünstigste Ausbreitungsbedingung berechnet; bei der ungünstigsten Ausbreitungsbedingung wurde eine Inversionsschicht in einer Höhe von 100 m angenommen.

Das Rechenmodell der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 1 liefert Konzentrationen für Entfernungen ab 100 m. Im Nahbereich unter 100 m wurden Konzentrationen durch logarithmische Interpolation zwischen der Konzentration an der Quelle und der für 100 m berechneten Konzentration ermittelt.

Wenn aus einem 20 mm – Loch bei den betrachteten drei Überdrücken Kohlenmonoxid ausströmt, werden bei der **mittleren Ausbreitungsbedingung** die Beurteilungskriterien des ERPG-3– und des AEGL-3 – Wertes (siehe Abschnitt 2.3) in folgenden Entfernungen unterschritten :

Beurteilungs- kriterium	Überdruck		
	13,5 bar	19 bar	40 bar
ERPG-3 im Abstand von m	48	55	74
AEGL-3 im Abstand von m	55	63	87

Bei der **ungünstigsten Ausbreitungsbedingung** werden die Beurteilungskriterien des ERPG-3– und des AEGL-3 – Wertes in folgenden Entfernungen unterschritten :

Beurteilungs- kriterium	Überdruck		
	13,5 bar	19 bar	40 bar
ERPG-3 im Abstand von m	98	120	190
AEGL-3 im Abstand von m	120	140	230

Brand und Explosion

Das Kohlenmonoxid strömt aus dem Loch mit hoher Geschwindigkeit aus, so dass in den Kohlenmonoxidstrahl Umgebungsluft eingesaugt wird und die Kohlenmonoxidkonzentration im Nahbereich verringert wird.

Die Entfernung, bis zu der „gefährliche explosionsfähige Kohlenmonoxid-Luft-Gemische“ auftreten können, wurde mit dem Freistrahlmmodell von Schatzmann berechnet; das Freistrahlmmodell berücksichtigt u.a. auch Dichte- und Windeinflüsse. Als Quellterm wurde der anfängliche maximale Mengenstrom aus dem 20 mm – Loch gewählt.

Bei den betrachteten drei Überdrücken wird bei Windstille und ungehinderter Strahlausbreitung die untere Explosionsgrenze (UEG) von 11 Volumen% auf der Strahlachse in folgenden Entfernungen unterschritten :

	Überdruck		
	13,5 bar	19 bar	40 bar
UEG im Abstand von m	1,7	2,0	2,8

4.4.2 Vollbruch

Beim Vollbruch wurde wie beim 20 mm – Loch die atmosphärische Ausbreitung in der weiteren Umgebung mit dem Rechenmodell der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 1 berechnet. Es wurden dieselben Randbedingungen benutzt.

Bei einem Bruch eines 10 km – Abschnittes werden bei den betrachteten drei Überdrücken bei der **mittleren Ausbreitungsbedingung** die Beurteilungskriterien des ERPG-3– und des AEGL-3 – Wertes (siehe Abschnitt 2.3) in folgenden Entfernungen unterschritten :

Beurteilungskriterium	Überdruck		
	13,5 bar	19 bar	40 bar
ERPG-3 im Abstand von m	170	200	280
AEGL-3 im Abstand von m	180	210	310

Bei der **ungünstigsten Ausbreitungsbedingung** werden die Beurteilungskriterien des ERPG-3– und des AEGL-3 – Wertes in folgenden Entfernungen unterschritten :

Beurteilungs- kriterium	Überdruck		
	13,5 bar	19 bar	40 bar
ERPG-3 im Abstand von m	520	650	1.200
AEGL-3 im Abstand von m	590	740	1.500

4.5 Auswirkungen

4.5.1 20 mm – Loch

Nach dem Freisetzen von Kohlenmonoxid sind zwei Fälle zu betrachten :

- Immissionsbelastung,
- Inbrandgeraten / Explosion.

Die im Abschnitt 4.4.1 angegebenen Entfernungen, bei denen das Beurteilungskriterium des ERPG-3– und des AEGL-3 – Wertes unterschritten ist, gelten auf der Achse des keulenförmigen Ausbreitungsbereiches. Quer zur Achse beträgt die Ausdehnung des keulenförmigen Ausbreitungsbereiches nur etwa ein Drittel der im vorhergehenden Abschnitt angegebenen Entfernungen.

Die im Abschnitt 4.4.1 angegebenen Entfernungen stellen zugleich die zeitlichen Maximalwerte dar.

Den errechneten Immissionswerten sind nur Personen ausgesetzt, die sich ungeschützt genau in Lee von der Quelle befinden. Durch Flucht quer zur

Windrichtung und insbesondere das Aufsuchen geschlossener Räume kann die Immissionsbelastung und Inhalationsdosis deutlich verringert werden.

Die Übergabestationen sind mit einem Gaswarnsystem ausgerüstet.

Ein Inbrandgeraten des freigesetzten Kohlenmonoxids ist unwahrscheinlich. Als Konzentration, oberhalb der mit Inbrandgeraten zu rechnen ist, gilt die untere Explosionsgrenze. Die Gefahr des Risikos einer Zündung kann verringert werden, wenn die alarmierten Feuerwehren der Luft nahe der Ausströmstelle Sprühwasser zuführen.

Bei unmittelbarem Inbrandgeraten des Kohlenmonoxids ist davon auszugehen, dass Objekte auch außerhalb der Einzäunung des Stationsbereiches oder des Schutzstreifens der Kohlenmonoxidleitung abhängig von den örtlichen Gegebenheiten, der Windrichtung und den Stoffeigenschaften der Objekte in Brand geraten, insbesondere, wenn es zu Kontakt mit der Flamme kommt. Die Wärmestrahlung fällt mit zunehmender Entfernung jedoch rasch auf Werte ab, die eine spontane Selbstentzündung unwahrscheinlich erscheinen lassen.

Von einer Explosionsgefahr ist nicht auszugehen. Zu einer Explosion von Kohlenmonoxid-Luft-Gemischen kann es nur in geschlossenen Räumen kommen und in halbgeschlossenen Räumen allein, wenn sich große Mengen „gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre“ gebildet haben. In Freianlagen ist nicht zu erwarten, dass sich große Mengen „gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre“ bilden.

4.5.2 Vollbruch

Die Auswirkungen bei einer Freisetzung von Kohlenmonoxid aus einem 20 mm – Loch gelten gleichfalls bei einem Bruch eines 10 km – Abschnittes .

Der Bruch eines 10 km – Abschnittes ist jedoch das Szenario mit der größtmöglichen Auswirkung. Auf Grund der getroffenen Maßnahmen zur Verhinderung und Begrenzung ist ein solches Szenario noch deutlich unwahrscheinlicher als eine Freisetzung aus einem 20 mm – Loch und im Sinne praktischer Vernunft auszuschließen.

5 Probabilistisches Sicherheitskonzept

5.1 Grundlagen

Systeme, deren Versagen oder auch Funktionsausfall dazu führen können, dass Sachwerte vernichtet werden oder Menschen zu Schaden kommen, müssen Sicherheitsanforderungen erfüllen. Die Sicherheitsanforderungen betreffen einerseits die Betriebssicherheit oder Zuverlässigkeit der bestimmungsgemäßen Funktion, die auch als innere Sicherheit bezeichnet wird, andererseits die Auswirkungen auf Dritte, auch als äußere Sicherheit bezeichnet. Für die Kohlenmonoxidleitung ist die äußere Sicherheit zu betrachten, da von betrieblichen Funktionsmängeln keine Gefahren für Dritte ausgehen, solange das Leitungssystem intakt ist.

Als Sicherheit in diesem Sinne wird ein „hinreichender Abstand zu einem gefährlichen Zustand“ verstanden. Fernleitungen werden in Deutschland nach dem Stand der Technik auf Basis der anerkannten Regeln der Technik geplant und gebaut. Der Stand der Technik wird auf Grund der Erfahrungen ständig weiterentwickelt. Dieses Konzept wird als „deterministisches“ Sicherheitskonzept bezeichnet.

Beim „deterministischen“ Sicherheitskonzept werden alle Belastungsgrößen, die auf eine Leitung einwirken, formelmäßig erfasst und führen zu klaren Vorgaben bezüglich der wesentlichen Designgrößen für die zu bauende Leitung. Zu den Designgrößen zählt vor allem der maximal zulässige Betriebsüberdruck. Der Nenndurchmesser der Leitung und das gewählte Material mit seinen spezifischen werkstofftechnischen Eigenschaften stellen den Widerstand gegen Versagen dar. Aus diesen Kenngrößen und zusätzlichen Sicherheitsfaktoren ergibt sich eine Mindestwanddicke für die Leitung, die im allgemeinen für die gesamte Leitung konstant ist. Ebenso definiert das Regelwerk Sicherheitseinrichtungen zum Betrieb der Leitung. Dazu zählen z. B. Druck-

überwachungseinrichtungen und Armaturen, um Abschnitte der Leitung absperrern zu können.

Unmittelbar einsichtig ist, dass z.B. Maßnahmen gegen die Einwirkung Dritter die Sicherheit einer Hochdruckfernleitung erhöhen. Es gibt allerdings in der deterministischen Betrachtung kein Kriterium, nach dem ein Maß für diese Erhöhung gefunden werden kann.

Dieser Zustand ist nicht befriedigend, da dort, wo kein nachvollziehbares Maß für die Erhöhung der Sicherheit aufgezeigt werden kann, diese Erhöhung auch in Frage gestellt werden kann.

Eine andere Betrachtungsweise geht davon aus, die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines signifikanten Schadens zu ermitteln und die davon ausgehende Gefährdung zu bewerten. Da sämtliche Parameter, die für das Eintreten eines Schadens verantwortlich sind, sowohl auf der Widerstandsseite (Werkstoff) als auch auf der Belastungsseite (bestimmungsgemäße und zusätzliche Beanspruchung), bekannten Verteilungsfunktionen gehorchen, kann beim „probabilistischen“ Sicherheitskonzept die Versagenswahrscheinlichkeit eines Systems lokal und global berechnet werden.

Das Ziel des Projektes Kohlenmonoxidleitung ist eine „sehr sichere“ Fernleitung. „Sehr sicher“ bedeutet im Sinne der ISO/DIS 16708 [5] eine Fernleitung, die so gebaut und betrieben wird, dass ein sehr niedriges Risiko eines Schadens der Fernleitung besteht.

Das folgende Bild zeigt die Versagenswahrscheinlichkeit für das Beispiel der Auslastung einer Fernleitung. Sowohl die Belastung (Innendruck) als auch der Widerstand (Werkstoff, Wanddicke) sind statistisch verteilt. Ein Versagen tritt ein, wenn beide Kurven sich überschneiden. Bezogen auf die bei Fernleitungen vereinbarte Einheit „Versagen pro Kilometer und Jahr“ liegt dieser Wert unter 10^{-7} .

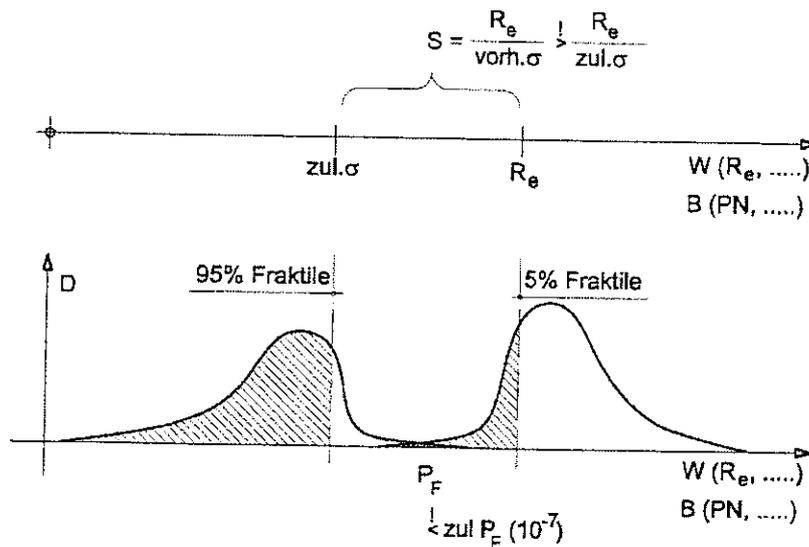


Abb. 1 Gegenüberstellung Deterministik / Probabilistik

In dieser Darstellung wird auch deutlich, dass das deterministische und das probabilistische Sicherheitskonzept ineinander überführbar sind. Die Rechenwerte für die Fließspannung und die Systembelastung könnten als das jeweilige 5 %-Fraktile und 95 %-Fraktile der Verteilungsfunktion gesehen werden. Für übliche Tragwerk- und insbesondere Hochdrucktransportleitungen sind sämtliche Einfluss- und Widerstandsgrößen so gut bekannt, dass die jeweilige Versagenswahrscheinlichkeit mit einer für diesen Prozess hinreichenden Genauigkeit berechnet werden kann. Die entsprechenden Prozesse sind in internationalen Normen [9] und nationalen Konzepten [2] behandelt.

Die temporär und lokal ermittelten Versagenswahrscheinlichkeiten werden mit einem Grenzwert verglichen, der – abhängig von den Umständen und insbesondere den Auswirkungen eines Versagens – in Größenordnungen von 10^{-4} bis 10^{-7} liegt.

5.2 Betrachtung des vorliegenden Systems

Die zu betrachtende Kohlenmonoxidleitung ist nach dem deterministischen Sicherheitskonzept bemessen worden, sodass ihre Kennwerte den Vorschriften entsprechen, wie in den Unterlagen „Bayer Industry Services, Kohlenmonoxidleitung Köln-Worringen nach nach Krefeld-Uerdingen, Technischer Teil der Antragsunterlagen gemäß TRFL Anhang A2“ [1] beschrieben. Da sämtliche Bauteile der Fernleitung und andere Kenngrößen wie Einflüsse Dritter, Interaktion Rohr / Boden usw. bekannt sind, lässt sich die lokale und temporäre Versagenswahrscheinlichkeit für den zu betrachtenden Ort angeben. Die temporäre Versagenswahrscheinlichkeit ergibt sich z. B. wenn nicht der zulässige Höchstdruck, sondern der aktuelle Betriebsdruck eingegeben werden. Beispielhaft ist das Ergebnis für einen Abschnitt einer Fernleitung in Abb. 3 zu sehen.

In der Darstellung (Abb. 3) ist nur die Wahrscheinlichkeit des Systemversagens aufgezeigt, die für Abschnitte gleicher Einflussgrößen eine konstante, systemimmanente Größe ist. Unter Systemversagen wird hier das Auftreten eines wesentlichen Schadens (großes Leck oder Bruch) mit unmittelbarer Auswirkung auf in der Nähe befindliche Menschen verstanden. Es ist unmittelbar einsichtig, dass diese Versagenswahrscheinlichkeit noch bezüglich der Auswirkungen – insbesondere in weiterem Abstand zu der Leitung – auf Menschenansammlungen in Siedlungen, Straßen usw. gewichtet werden muss.

5.3 Konkretisierung des Sicherheitsbegriffes

Wenn wie im vorhergehenden Abschnitt dargestellt, die Sicherheitsforderung durch das Aufzeigen der Versagenswahrscheinlichkeit erfüllt wird, so ergibt

sich unmittelbar die Möglichkeit, den Sicherheitszuwachs aus dem Bereich der bloßen Plausibilität in den Bereich des konkreten Nachweises, der numerisch aufzuzeigenden Differenz, zu überführen. Aufgrund guter Statistiken und umfangreicher Literatur sowie gegebenenfalls Parameterstudien ist es

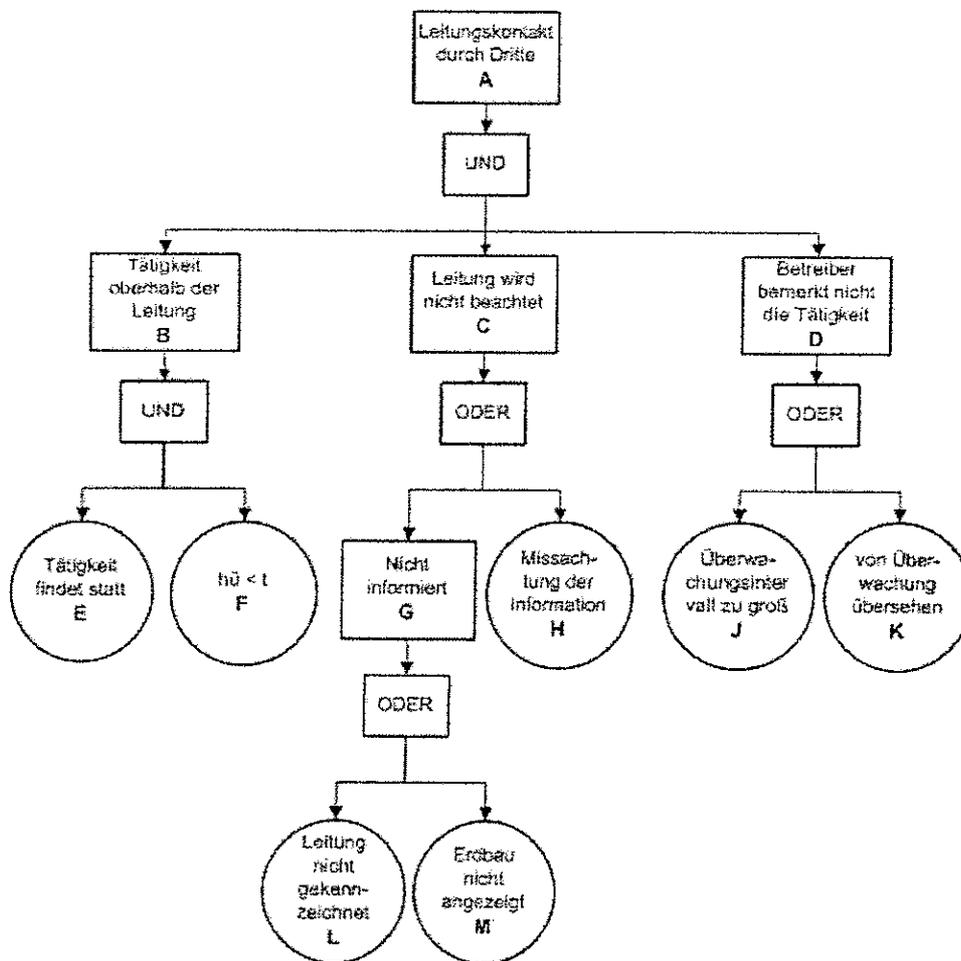


Abb. 2 Fehlerbaum für die Wahrscheinlichkeit eines Leitungskontakts durch Dritte

möglich, den Einfluss der oben aufgezeigten zusätzlichen Maßnahmen auf die Versagenswahrscheinlichkeit zahlenwertmäßig anzugeben.

So ließe sich zum Beispiel bei der Kohlenmonoxidleitung die Verringerung der Versagenswahrscheinlichkeit des Leitungskontaktes durch dritte durch eine Überdeckung von 1,4 m durch die Fehlerbaumethode (siehe Abb. 2) genau ermitteln.

Im Umkehrschluss ist es möglich, örtlich bauliche und betriebliche Maßnahmen vorzunehmen, die nachweislich geeignet sind, die aktuelle und örtlich vorhandene Versagenswahrscheinlichkeit des Systems abzusenken, falls diese einen definierten Grenzwert überschreitet.

5.4 **Bewertung des Risikos**

5.4.1 **Allgemeines**

Die bisher aufgezeigte Systemversagenswahrscheinlichkeit ist in der bestimmenden Gleichung

$\text{Risiko} = \text{Versagenswahrscheinlichkeit} \cdot \text{Auswirkung}$

enthalten.

Das Individualrisiko und das gesellschaftliche Risiko können nur ermittelt werden, wenn die Auftretenswahrscheinlichkeit eines signifikanten Schadens und die Auswirkung dieses Schadens – z. B. die Folgen der Ausbreitung einer gefährlichen Gaswolke – mit einbezogen werden. Des weiteren ist das aufgezeigte Risiko auf der Basis des gesellschaftlichen Konsenses zu beurteilen.

Bayer Industry Services verfolgt das Ziel, beim Bau der Kohlenmonoxidleitung eine Anlage in einer hohen Qualitätsstufe auf einem sehr hohen Sicherheitsniveau zu errichten. Um dieses Ziel zu erreichen, werden über die Bemessung der Leitung nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik hinaus sicherheitsrelevante Maßnahmen umgesetzt, die in den Unterlagen „Bayer Industry Services, Kohlenmonoxidleitung Köln-Worringen nach Krefeld-Uerdingen, Technischer Teil der Antragsunterlagen gemäß TRFL Anhang A2“ [1] beschrieben sind.

Die sicherheitstechnische Betrachtung ist in Form einer Quantitativen Risikobetrachtung (Quantitative Risk Analysis - QRA) durchzuführen, um das Risiko von Störszenarien auf ein Minimum zu begrenzen. Die ISO DIS 16708 [9] gibt einen Leitfaden. Auf der Grundlage einer Analyse der implizierten Sicherheitsstufen in Normen und Vorschriften über konstruktive Entwürfe (Structural Design Codes) legt das ISO-Arbeitsdokument ISO DIS 16708 für Fernleitungen einen Zielsicherheitsgrad nach den folgenden Prinzipien vor :

- Allgemein soll der Risikolevel so niedrig sein wie dies vernünftigerweise praktikabel ist.
- Kategorisierung der Fluide. Die Kategorien reichen von A bis E. Kohlenmonoxid z.B. gehört in die Kategorie E (entzündlich und unter Umweltbedingungen gasförmig).
- Kategorisierung der Orte. Es werden vier Ortsklassen definiert. Da die zu betrachtende Fernleitung durch bewohntes Gebiet führt und in der Nähe von Verkehrswegen verläuft, sind die Ortsklassen 3 (Bevölkerungsdichte über 2,5 Personen pro Hektar) und 4 (Bereiche mit überwiegend mehrstöckigen Gebäuden, dichtem Verkehr usw.) zu wählen.
- Die Fluidkategorie und die Ortsklasse bestimmen eine Sicherheitsklasse, die von „niedrig“ (unbedeutendes Risiko einer Verletzung von Menschen, geringere ökologische und wirtschaftliche Auswirkungen) bis „sehr hoch“ (hohes Risiko einer Verletzung von Menschen bei einem Störfall) reicht. Für eine erdverlegte Fernleitung wird für die Ortsklasse 3 die Sicherheitsklasse (Safety class) „hoch“ und für die Ortsklasse 4 die Sicherheitsklasse „sehr hoch“ gefordert.

- Auf der Grundlage der Sicherheitsklasse wird ein Zielsicherheitsgrad definiert, und zwar als akzeptable Gesamtausfallrate für den Grenzbrauchbarkeitszustand (Serviceability Limit State - SLS) und für den Unfallgrenzzustand (Accident Limit State - ALS).

Die Definition einer Zielfehlerrate soll sich hauptsächlich an der üblichen Bemessungspraxis orientieren. Die gesammelten Daten, z.B. der 5. Bericht der EGIG [10], verweisen auf einen Zielwert für die durchschnittliche Versagensrate von 1×10^{-4} bis 2×10^{-4} große Lecks oder Leitungsbruch pro Kilometer und Jahr, d. h. ein bis zwei Vorfälle pro Kilometer in 10.000 Jahren.

Eine Analyse des Sicherheitsniveaus bei der Tragwerksplanung von vergleichbaren Bauwerken in bevölkerten Gebieten ergibt einen Zielwert von 10^{-5} bis 10^{-7} , d. h. ein Vorfall pro Kilometer in 100.000 bis 10 Millionen Jahren.

Anhaltswerte für die Sicherheitsklasse „sehr hoch“ liefert Anhang C der ISO DIS 16708 [5]. Nach dem dort angegebenen Verfahren zur Ermittlung eines Schwellenwertes für eine maximale Schadenshäufigkeit errechnet sich der Zielwert bei den gegebenen Leitungsdaten zu 2×10^{-6} bis 3×10^{-6} , d. h. zwei bis drei Vorfälle pro Kilometer in 1 Mio. Jahren. Ganz kleine Löcher sind auch hier ausgenommen.

Dabei wird auf das Risiko für die Öffentlichkeit fokussiert. Als Maß dient das topografische Risiko, das in der internationalen Literatur meistens als individuelles Risiko bezeichnet wird. Das topografische Risiko beschreibt die Wahrscheinlichkeit, dass eine in der Umgebung befindliche Person von einem Schadensereignis in der Anlage getötet werden kann.

5.4.2 Wahrscheinlichkeiten für Störfälle entlang der Fernleitung

Um das Risiko entlang der Leitung ortsabhängig zu beschreiben werden die Auftretenswahrscheinlichkeiten der beschriebenen Störfälle für die jeweilig lokal vorliegenden Bedingungen entlang der Leitungstrasse bestimmt. Zu diesem Zweck werden Daten zum Leitungsdesign und den Umgebungsbedingungen für jeden Leitungsmeter erhoben. Diese Daten werden systematisch miteinander verschnitten und ausgewertet, um die Leitungsbereiche zu identifizieren, die aufgrund des Zusammentreffens bestimmter ungünstiger Einflüsse die angestrebte Zielgröße überschreiten. Durch Nachbesserung des Designs, nämlich der Anordnung der bereits beschriebenen zusätzlichen

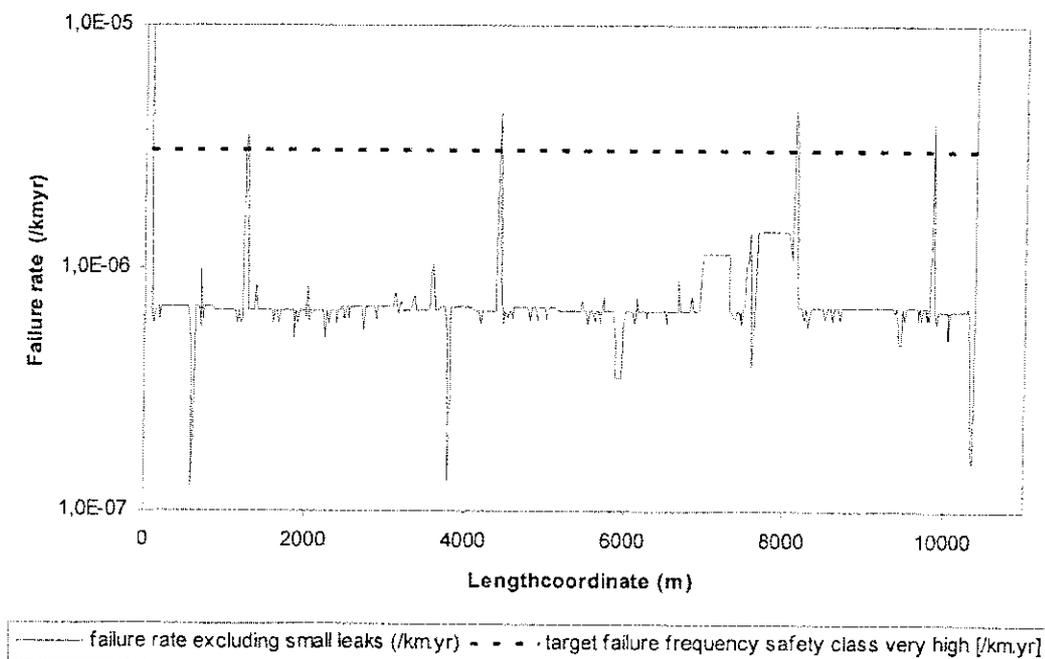


Abb. 3 Temporäre Versagenswahrscheinlichkeit über der Leitungslänge eines Abschnitts einer Fernleitung

Sicherungsmaßnahmen, wird gezielt ungünstigen Konstellationen begegnet, bis die Sicherheit an jedem Leitungsmeter auf dem definierten Niveau gewährleistet ist.

Die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines Störfalls kann z.B. mit dem Programm der Technischen Zustandsbewertung (TZB) [10] erfolgen. Die darin angewandten analytischen Modelle sind in den letzten Jahren für die Integritätsbeurteilung bestehender Leitungen entwickelt und zertifiziert worden. Die Algorithmen stützen sich auf anerkannte Berechnungsmodelle der Statik und der Statistik und sind damit reproduzierbar und nachvollziehbar. Ein „Ereignis“ im Sinne der probabilistischen Bewertung der TZB ist das Auftreten einer größeren Undichtigkeit bezogen auf einem Kilometer Fernleitung während des Betriebszeitraumes von einem Jahr.

Die Datenerhebung erfolgt anhand der folgenden Daten:

- Grundlagenplanung mit Rohr- und Bogenspezifikationen sowie Standardkreuzungsschnitten
- Leitungspläne 1:1000, 1:5000 mit Topographie, Fremdleitungen
- Profile mit Böschungen (teilweise)
- Flächennutzung, abgeleitet aus Orthofotos

In Abb. 3 sind beispielhaft die Ergebnisse für einen Abschnitt einer Fernleitung dargestellt.

5.4.3 Erfahrungen mit der Risikobewertung

Eine deterministisch erstellte Sicherheitsanalyse wurde zum einen durch das Landesumweltamt NRW und zum anderen in den Niederlanden bei gleichen Standortbedingungen im Hinblick auf die Erteilung einer dortigen Genehmi-

gung begutachtet [10]. Bei der Genehmigung in den Niederlanden liegt der Schwerpunkt auf der Durchführung einer Quantitativen Risikobetrachtung (QRA). Auf der Basis der Modellierung eines Störfalles mit seinen Auswirkungen auf die Nachbarschaft und der Versagenswahrscheinlichkeit wurden das topografische Risiko und gesellschaftliche Risiko errechnet. Es ergab sich, dass der in den Niederlanden geltende Risikogrenzwert von 1×10^{-6} Vorfällen pro Kilometer nicht überschritten wird.

Der Aufwand zur Durchführung einer QRA ist hoch. Bei der Durchführung einer Quantitativen Risikobetrachtung und Bestimmung der Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines Störfalles für die Kohlenmonoxidleitung ist als Ergebnis zu erwarten, dass die in den Niederlanden geltenden Risikogrenzwerte nicht überschritten werden.

6 Zusammenfassung

Zur Ergänzung der Unterlagen „Bayer Industry Services, Kohlenmonoxidleitung Köln-Worringen nach nach Krefeld-Uerdingen, Technischer Teil der Antragsunterlagen gemäß TRFL Anhang A2“ [1] sind die Auswirkungen

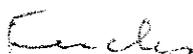
- einer Störung im bestimmungsgemäßen Betrieb sowie
- eines großen Lecks und eines Vollbruches

untersucht worden.

Die Störung im bestimmungsgemäßen Betrieb ist abdeckend für alle Störungen gewählt worden, mit denen zu rechnen ist. Zieht man die bei der Kohlenmonoxidleitung getroffenen Maßnahmen (siehe [1]) in Betracht, sind die Auswirkungen als beherrschbar anzusehen.

Das große Leck und der Vollbruch sollen als Anhalt für die Katastrophenschutzplanung dienen; der Vollbruch der Kohlenmonoxidleitung wurde auf Wunsch der Bezirksregierung Düsseldorf mit betrachtet. Insbesondere beim Vollbruch der Kohlenmonoxidleitung ergeben sich beträchtliche Entfernungen, über die sich die Kohlenmonoxid ausbreiten kann.

Zu berücksichtigen ist bei den Auswirkungen die sehr geringe Wahrscheinlichkeit großer Freisetzungen entlang der Kohlenmonoxidleitung. Würde eine Quantitative Risikobetrachtung durchgeführt und die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines Störfalls für die Kohlenmonoxidleitung bestimmt werden, ist als Ergebnis zu erwarten, dass der in den Niederlanden geltende Risikogrenzwert von 1×10^{-6} Vorfällen pro Kilometer nicht überschritten wird.



Dr. H. Fuchs

Betrachtung der Auswirkungen von Lecks und einem Vollbruch
in der in der Kohlenmonoxidleitung
von Köln-Worringen nach Krefeld-Uerdingen der
Bayer Industry Services GmbH & Co. OHG, 51 368 Leverkusen

Essen, 06.06.2005
G.-Nr. 41 - 84/05
Blatt 39 von 40

Anhang Zu Grunde gelegte und eingesehene Unterlagen

- [1] Bayer Industry Services
Kohlenmonoxidleitung Köln-Worringen nach nach Krefeld-Uerdingen,
Technischer Teil der Antragsunterlagen gemäß TRFL Anhang A2
Stand 2005-05-
- [2] Zwölfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
(12. BImSchV – Störfall-Verordnung)
vom 26. April 2000 (BGBl. I Nr. 19 vom 02.05.2000 S. 603)
- [3] Verordnung über Rohrfernleitungsanlagen (Rohrfernleitungsverordnung)
BGBl. I Nr. 70 vom 02.10.2002, S.3809, geändert durch Artikel 280 der Achten
Zuständigkeitsanpassungsverordnung vom 25.11.2003 (BGBl. I S.2339))
- [4] Bekanntmachung der Technischen Regel für Rohrfernleitungen (TRFL)
nach § 9 Abs. 5 der Rohrfernleitungsverordnung
vom 19.03.2003, Berichtigung vom 16.04.2004
- [5] Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG)
in der Fassung der Bekanntmachung vom 5. September 2001
(BGBl. I Nr. 48 vom 05.09.2001 S. 2350)
zuletzt geändert am 24. Juni 2004
durch Artikel 3 des Gesetzes zur Anpassung des Baugesetzbuchs an EU-Richt-
linien (Europarechtsanpassungsgesetz Bau - EAG Bau) (BGBl. I Nr. 31 vom
30.06.2004 S. 1359)
- [6] Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG)
in der Fassung der Bekanntmachung vom 19. August 2002
(BGBl. I Nr. 59 vom 23.08.2002 S. 3245)
zuletzt geändert am 6. Januar 2004 durch Artikel 6 des Gesetzes zur Neuord-
nung der Sicherheit von technischen Arbeitsmitteln und Verbraucherprodukten
(BGBl. I Nr. 1 vom 09.01.2004 S. 2)

- [7] Opschoor, G., Methods for the calculation of the physical effects of the escape of dangerous material, TNO 1980

- [8] VDI-Richtlinie 3783, Blatt 2, Ausbreitung von störfallbedingten Freisetzungen schwerer Gase - Sicherheitsanalyse, VDI-Handbuch Reinhaltung der Luft, 1, 1990

- [9] ISO/DIS 16708
Petroleum and natural gas industries – Pipeline transportation systems – Reliability based limit state methods
Ausgabe Oct.2004

- [10] 5th Report of the **European Gas Pipeline Incident Data Group (EGIG)**
Doc. number : EGIG 02.R.0058 December 2002

- [11] Programmsystem TZB,
Gemeinschaftsentwicklung der Verbundnetz Gas AG (VNG) und der
Dr.-Ing. Veenker Ingenieurgesellschaft mbH,
Version 2004

- [12] Ternieden, S.; Katzer, H.
Die Durchführung einer Quantitativen Risikoanalyse in den Niederlanden im Vergleich mit deterministischen Methoden in Deutschland
Landesumweltamt (LUA) NRW, Essen 2001