

## Gutachtliche Stellungnahme

### zur Sicherheit parallel verlegter Fernleitungen zum Transport von Propen, anderen brennba- ren Gasen und brennbaren Flüssigkeiten

RWTVV Systems GmbH

Ein Unternehmen der  
TÜV Nord Gruppe

Langemarkstraße 20

D-45141 Essen

Postfach 10 32 61

D-45032 Essen

Telefon 02 01/8 25-0

Telefax 02 01/8 25-28 58

Sitz: Essen

AG Essen, HRB 9978

Aufsichtsratsvorsitzender:

Dr. Wilhelm Wick

Geschäftsführung:

Volker Klosowski

Fachbereich

Anlagentechnik

Zentralabteilung

Bau- und

Montageüberwachung,

Kraftwerks- und

Rohrleitungstechnik

<b>Fernleitung:</b>	Propen-Fernleitung DN 250, PN 98,5 Köln – Duisburg - Marl	
<b>Auftraggeber:</b>	European Pipeline Development Company B.V. (EPDC), Venlo (NL)	
<b>Prüfgegenstand:</b>	Parallelverlegung von Fernleitungen zum Transport von Propen, anderen brennbaren Gasen und brennbaren Flüssigkeiten in gemeinsamer Trasse	
<b>Erstellt am / von:</b>	08.12.2004 /	Dipl. Ing. A. Gaida
<b>Unsere Geschäfts- Nr.:</b>	1.3 – 36/03	
<b>Unsere Auftrags- Nr.:</b>	20649556/10	
<b>Berichtsumfang:</b>	Blatt 1 bis 13	

Die Weitergabe und Verwertung unserer Leistung über den vertraglich festgelegten Zweck hinaus, insbesondere deren Veröffentlichung, ist nur mit unserer vorherigen schriftlichen Zustimmung zulässig. Für die Einhaltung der für die Verwertung unserer Leistung geltenden gesetzlichen Bestimmungen (z. B. des Wettbewerbsrechts), insbesondere für den Inhalt von Werbeaussagen, ist ausschließlich der Kunde verantwortlich; er hat uns insoweit von sämtlichen Ansprüchen Dritter freizuhalten.

Langemarkstraße 20  
D-45141 Essen  
Tel.: 02 01/8 25-0  
Fax: 02 01/8 25-28 17  
Postfach 10 32 61  
D-45032 Essen

Langemarkstraße 28  
D-45141 Essen  
Tel.: 02 01/8 25-0  
Fax: 02 01/8 25-25 17  
Postfach 10 32 61  
D-45032 Essen

Berliner Straße 2  
D-44143 Dortmund  
Tel.: 02 31/51 86-0  
Fax: 02 31/51 86-3 05  
Postfach 10 32 55  
D-44033 Dortmund

Meldericher Str. 14-16  
D-47008 Duisburg  
Tel.: 02 03/3 04-0  
Fax: 02 03/3 04-2 20  
Postfach 10 13 61  
D-47013 Duisburg

Felthstraße 188  
D-58097 Hagen  
Tel.: 0 23 31/8 03-0  
Fax: 0 23 31/8 03-2 02  
Postfach 37 29  
D-58097 Hagen

Leimbachstraße 227  
D-57074 Siegen  
Tel.: 02 71/33 78-0  
Fax: 02 71/33 78-1 91  
Postfach 10 10 65  
D-57010 Siegen

## 1. Vorgang

Die E.ON Engineering GmbH plant für verschiedene Kunden den Neubau der Propylen-Fernleitung von Rotterdam über Antwerpen, Köln und Duisburg nach Marl und Moers (U-Line). In Teilbereichen der Trasse soll die Propylen-Fernleitung gemeinsam mit anderen Fernleitungen für brennbare Gase und brennbare Flüssigkeiten verlegt werden. Die Verlegung erfolgt dabei teils als neues Rohrbündel teils als Parallelverlegung zu bestehenden Leitungen. Dabei ist in der Regel ein Abstand von 1,0 m und weniger vorgesehen, an Engstellen sind geringere Abstände von z.T. weniger als 0,5 m vorgesehen.

Wir wurden von der EPDC beauftragt, eine gutachtliche Stellungnahme zu den minimal möglichen Abständen zwischen den Leitungen abzugeben. Dabei soll insbesondere die gegenseitige Beeinflussung der Fernleitungen untereinander hinsichtlich der Sicherheit beim Betrieb, bei Betriebsstörungen, bei Arbeiten an den Fernleitungen und der Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes beurteilt werden.

## 2. Prüfgrundlagen und Unterlagen

- 2.1 Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 05.09.2001, BGBl. I S. 2350, zuletzt geändert am 18.06.2002
- 2.2 Verordnung über Rohrfernleitungsanlagen (Rohrfernleitungsverordnung) vom 27.09.2002, zuletzt geändert am 25.11.2003
- 2.3 Technische Regel für Rohrfernleitungen – TRFL – vom 19. März 2003, zuletzt geändert am 16.04.2004
- 2.4 AfK-Empfehlung Nr. 2, September 1985  
Beeinflussung von unterirdischen metallischen Anlagen durch kathodisch geschützte Rohrleitungen, Kabel und Behälter

- 2.5 Hans Schlaug, Günter Happek  
Das Verhalten eines Rohrbündels beim Bersten eines zentral liegenden Gasrohres  
Bericht
- 2.6 RWTÜV-Stellungnahme zur Auswirkung eines Brandes als Folge des Versagens  
einer Gashochdruckleitung auf parallel verlegte Fernleitungen zum Befördern ge-  
fährdender Flüssigkeiten  
September 1997
- 2.7 Auswirkungen eines Leitungsbruches während der Luftdruckprüfung bei 120 atü  
an einer Rohrleitung NW 250  
TÜ Bd. 19, 1972, Nr. 7/8 S. 257-266 und Nr. 9 S. 287-296
- 2.8 Bericht des RWTÜV über einen Versuch zum Nachweis der Wirksamkeit des  
kathodischen Korrosionsschutzes bei extrem geringen Abständen zwischen  
Rohrfemleitungen vom 01.02.2001

### 3. Leitungsdaten

Fördermedien	Propen, Erdgas, CO, Rohöl, Mineralölprodukte u.a.
Nennweiten	DN 100 bis DN 600
zulässiger Betriebsdruck	bis 100 bar

Weitere Einzelheiten sind bisher nicht bekannt. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass alle Fernleitungen entsprechend den einschlägigen technischen Regeln insbesondere hinsichtlich der Werkstoffe ausgelegt, gebaut und betrieben werden.



#### 4. Anforderungen an die Rohrfernleitungsanlagen hinsichtlich der geplanten Parallelverlegung

In Kapitel 1.1 der TRFL sind einige grundsätzliche Anforderungen für Rohrfernleitungsanlagen festgelegt. Demnach müssen Rohrfernleitungsanlagen so nach dem Stand der Technik beschaffen sein und errichtet und betrieben werden, dass eine Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit vermieden wird und insbesondere Menschen und die Umwelt vor schädlichen Einwirkungen durch die Rohrfernleitungsanlage geschützt werden. Die Errichtung und der Betrieb einer Rohrfernleitungsanlage ist so zu gestalten, dass die Rohrfernleitungsanlage den zu erwartenden Beanspruchungen sicher standhält und dicht bleibt.

Hinsichtlich der Maßnahmen bei der Parallelverlegung von Rohrfernleitung sind dem Kapitel 3.4.1 der TRFL weitere Angaben zu entnehmen. Danach sind bei Parallelverlegung von Rohrfernleitungen Vorkehrungen zu treffen, die eine gegenseitige Beeinträchtigung der Sicherheit auch für mögliche anzunehmende Schadensfälle ausschließen. Weiterhin wird gefordert, dass auch bei Parallelverlegung der Korrosionsschutz und die Reparaturmöglichkeiten nicht beeinträchtigt werden.

Diese Forderungen können in der Regel nur durch einen ausreichenden Abstand der parallel verlegten Leitungen erfüllt werden. Wie groß dieser Abstand mindestens sein muss wird in der TRFL nicht explizit erwähnt. Hier muss auf andere Technische Regeln und Untersuchungen zurückgegriffen werden. Konkrete Werte für Abstände zu unterirdischen Anlagen finden sich zum Beispiel im Kapitel 3.1.3 des DVGW-Arbeitsblattes G 463.

Danach ist bei Mindestabständen von 0,4 m bei Parallelverlegung eine gegenseitige Beeinflussung unabhängig vom Leitungsdurchmesser grundsätzlich nicht zu erwarten.

Bei Parallelverlegung zu einer bereits bestehenden Rohrleitung außerhalb öffentlicher Verkehrsflächen sind in Abhängigkeit des Durchmessers der vorhandenen Lei-

Abstände von 1 m (bis DN 150), 1,5 m (DN 200 bis DN 400) bis 3,5 m (mehr als DN 900) empfohlen.

Diese pauschalen Werte, insbesondere bei Parallelverlegung zu bestehenden Rohrleitungen können nur als Anhaltswerte gelten. Wenn man die minimal zulässigen Abstände ermitteln will, muss man differenziert die Besonderheiten und Auswirkungen einer Parallelverlegung betrachten.

Bei der Beurteilung der gegenseitigen Beeinflussung parallel verlegter Rohrfernleitungen sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

Bestimmungsgemäßer Betrieb:	Auswirkung der Parallelverlegung auf den kathodischen Korrosionsschutz
Verlegung/Reparatur:	Mögliche Beschädigungen der parallel liegenden neuen und/oder vorhandenen Leitungen, Beeinträchtigung der Sicherheit der parallel liegenden in Betrieb befindlichen Rohrleitung Beeinträchtigung der Schweiß- und Isolierarbeiten
Betriebsstörungen mit Produktfreisetzung:	Auswirkungen einer Produktfreisetzung an einer Leitung auf die benachbarten Rohrfernleitungen

#### 4.1 Auswirkung der Parallelverlegung auf den kathodischen Korrosionsschutz

Bezüglich der Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes bei Kreuzungen und Parallelverlegung von Fernleitungen liegen umfangreiche Erfahrungen vor.

Gemäß der AfK-Empfehlung (2.4) kann davon ausgegangen werden, dass eine negative gegenseitige Beeinflussung der Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes nicht zu erwarten ist, wenn der lichte Abstand parallel geführter Leitungen mindestens 20 cm beträgt.



In Versuchen des RWTÜV konnte auch bei extremer Annäherung (Abstand <math>< 5\text{cm}</math>) der Leitungen die Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes nachgewiesen werden (2.8). Lediglich die Ortung von Umhüllungsfehlstellen kann bei extremer Annäherung eingeschränkt werden.

Es ist somit auch bei Mindestabständen von weniger als 0,5 m nicht mit einer negativen Beeinflussung des kathodischen Korrosionsschutzes parallel verlegter Fernleitungen zu rechnen. Der oben genannte Mindestabstand von 20 cm sollte jedoch nicht unterschritten werden.

#### **4.2 Besondere Maßnahmen bei Tiefbauarbeiten an parallel verlegten Leitungen**

Hier sind insbesondere bei der Verlegung einer Leitung parallel zu einer oder mehreren bereits vorhandenen Leitungen und bei Reparaturarbeiten Sicherheitsmaßnahmen zum Schutz der bestehenden Leitungen zu ergreifen.

Grundvoraussetzung für die Tiefbauarbeiten ist, dass alle parallel verlegten Rohrfernleitungen für die Belastung durch das Überfahren mit schweren Baufahrzeugen während der Bauphase geeignet sind bzw. geeignete Maßnahmen zum Schutz der Leitungen ergriffen werden. Dies ist gegebenenfalls durch eine statische Berechnung gemäß dem VdTÜV-Merkblatt Rohrleitungen 1063 zu prüfen.

Aufgrund der geringen Abstände zwischen den Rohrleitungen sind bei Arbeiten an den Leitungen besondere Maßnahmen zum Schutz der benachbarten Leitungen zu ergreifen. Hier sind z.B. folgende Maßnahmen zu nennen:

- Genaue Feststellung der Lage der einzelnen Fernleitungen und für die Dauer der Baumaßnahme dauerhafte Kennzeichnung der Leitungsverläufe
- Genaue Abstimmung der Tiefbauarbeiten zwischen den einzelnen Leitungsbetreibern
- Besondere Einweisung des Personals
- Ständige Beaufsichtigung der Tiefbauarbeiten
- Handschachtung, sofern erforderlich
- Ausreichende Verdichtung des Bodens muss möglich sein

Alle Arbeitsschritte sollten zudem in einer schriftlichen Arbeitsanweisung festgehalten werden.

Wenn diese Aspekte berücksichtigt werden, bestehen gegen die Parallelverlegung zu bestehenden Leitungen oder die Verlegung von neuen Rohrbündeln mit geringem lichten Abstand zwischen den Leitungen keine sicherheitstechnischen Bedenken.

Bezüglich der durchzuführenden Schweiß- und Isolierarbeiten im Falle von Leitungsreparaturen dürfen sich durch die Verlegung der Leitungen mit geringem Abstand keine Einschränkungen ergeben. Bezüglich der Arbeitsräume geben die einschlägigen Vorschriften der Berufsgenossenschaften entsprechende Hinweise. So sollen Rohrgraben in der Regel so breit sein, dass ein Abstand von 50 cm zwischen Rohrgrabenwand und Rohrleitung eingehalten wird. Im VdTÜV-Merkblatt Rohrfernleitungen 1052 – Richtlinie für Verfahrens- und Schweißerprüfungen – wird für das Schweißen unter Baustellenbedingungen ein Abstand zwischen Rohrunterkante und Boden von höchstens 40 cm gefordert. Bei Einhaltung eines lichten Abstands von 40 cm ist somit nicht mit einer Beeinträchtigung der Arbeiten zu rechnen.

#### **4.3 Auswirkungen einer Produktfreisetzung an einer Leitung auf die benachbarten Leitungen**

Bei der Beurteilung der gegenseitigen Beeinflussung im Schadensfall müssen verschiedene Szenarien untersucht werden. Zunächst ist die Auswirkung der bei einem Leitungsbruch freigesetzten Energie durch das unter Druck stehende Fördermedium zu untersuchen, was insbesondere bei Fernleitungen zum Transport von Gasen wichtig ist. Im weiteren ist festzustellen inwieweit sich ein nachfolgender Brand oder eine Explosion auf die benachbarten Leitungen auswirken. Zusätzlich sind gegebenenfalls Temperaturabsenkungen durch Verdampfen des Fördermediums (Propen) zu berücksichtigen. Bei allen Untersuchungen wird vorausgesetzt, dass nur eine Fernleitung beschädigt ist und ein Leck aufweist. Das gleichzeitige Auftreten von zwei Leckagen an parallel liegenden Leitungen wird nicht unterstellt.



#### 4.3.1 Einfluss eines Leitungsbruches auf benachbarte Rohrfernleitungen

Bezüglich der Auswirkungen eines Leitungsbruches auf benachbarte erdverlegte oder oberirdisch verlegte Leitungen sind bereits in den sechziger und siebziger Jahren zahlreiche Untersuchungen durchgeführt worden.

Ergebnisse enthält der unter Nr. 2.7 aufgeführte Bericht aus dem Jahr 1972. Hier wurde eine unterirdisch verlegte Rohrleitung DN 250 bei einem Innendruck von  $120 \text{ atü} = 117,6 \text{ bar}$  so manipuliert, dass sie bei dem oben genannten Innendruck aufriß. Die Umfangsposition des Risses wurde bei mehreren Versuchen variiert. Der Einfluss auf eine parallel verlegte Leitung mit gleichen Abmessungen im Abstand von 0,2 m, 0,4 m und 0,6 m wurde untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass die parallel verlegte Leitung aufgrund der Druckwelle zwar verformt und eingebeult wurden, aber nicht durch Anrisse geschädigt wurden oder gar aufrissen. Bei den Versuchen wurden die damals zulässigen Fernleitungswerkstoffe gemäß DIN 17172, Ausgabe Oktober 1966 eingesetzt, die sich nicht wesentlich von den heute zum Bau von Rohrfernleitungen benutzten Stählen unterscheiden.

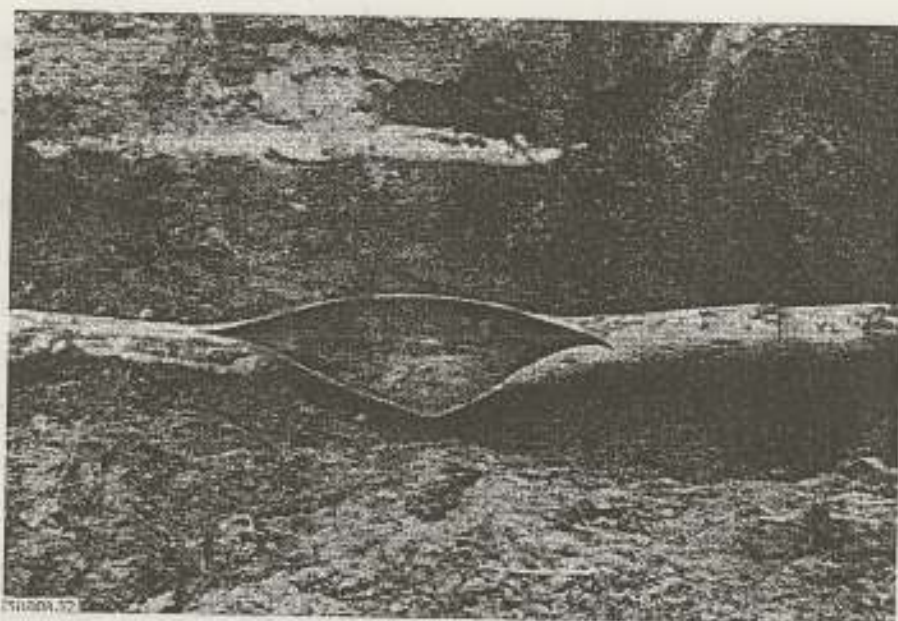


Bild 1: Versuchsrohr mit Sollbruchstelle nach oben und Parallelrohr nach dem Berstversuch [2.7]





Bild 2: Versuchsrohr mit Sollbruchstelle nach unten und Parallelrohr nach dem Berstversuch [2.7]

Die oben beschriebenen Versuchsergebnisse wurden durch ähnliche Versuche der TNO (Nederlandse Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschap-pelijk Onderzoek ten behoeve van de Rijksverdediging) mit eingeebneten Leitungen in den sechziger Jahren in den Niederlanden bestätigt.

Für oberirdische Leitungsbündel wurden ähnliche Versuche durchgeführt, bei denen das zentral liegende Rohr gesprengt wurde. Auch bei diesen Versuchen kam es nur zu Verformungen der parallel liegenden Rohrleitungen. Diese Versuche werden in 2.5 beschrieben.

Alle Versuche zeigen, dass bei Verwendung der gemäß den einschlägigen technischen Regeln für Rohrfernleitungen vorgeschriebenen verformungsfähigen Werkstoffe und unter Einhaltung der geforderten Sicherheitsbeiwerte die benachbarten Leitungen auch bei einem Aufreißen eines Rohres, was als extrem unwahrscheinlich anzusehen ist selbst bei geringsten Abständen von 0,2 m nicht undicht werden und somit eine Kettenreaktion mit großer Wahrscheinlichkeit auszuschließen ist.

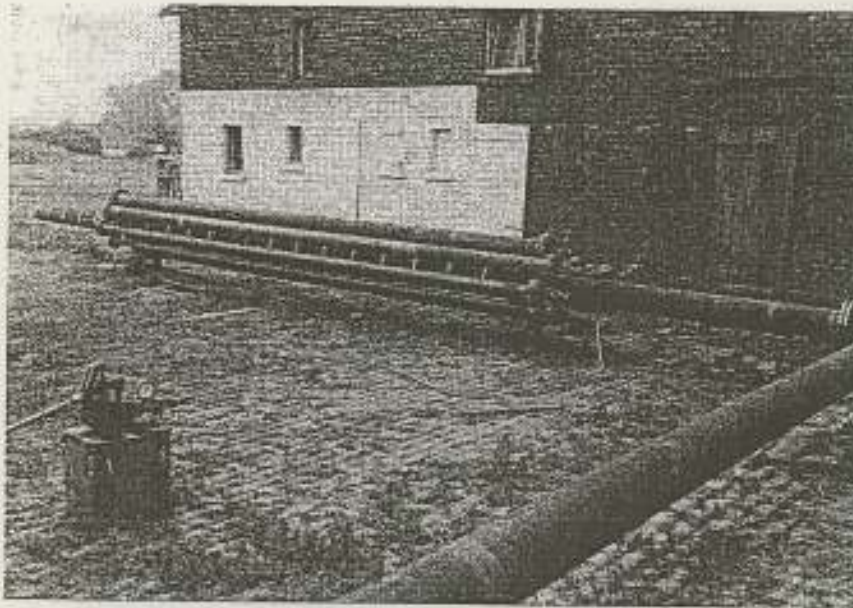


Bild 3: Versuchsrohrbündel vor dem Berstversuch [2.5]



Bild 4: Versuchsrohrbündel nach dem Berstversuch [2.5]



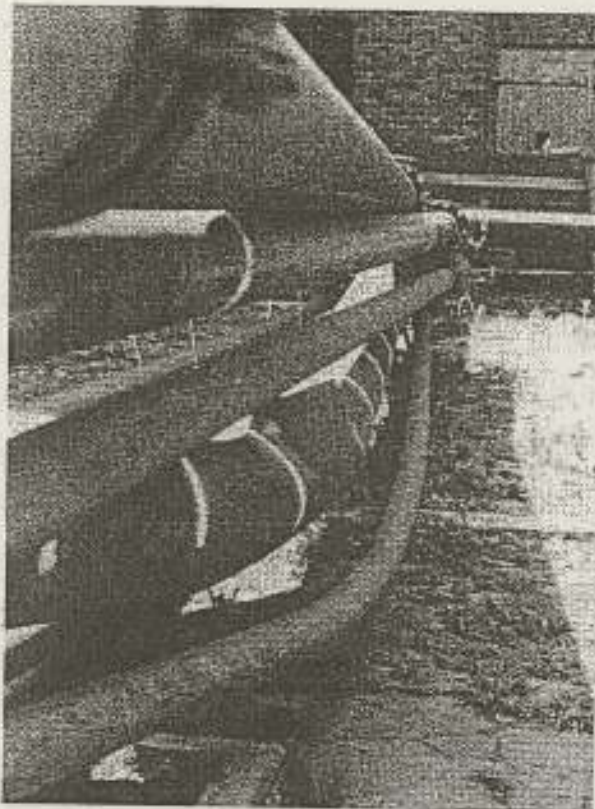


Bild 5: Versuchsrohrbündel nach dem Berstversuch, Detail [2.5]

#### 4.3.2 Auswirkungen einer Explosion

Die Zündung der freigesetzten Produkte könnte durch äußere Zündquellen zu einer Explosion führen. Diese führt jedoch aufgrund des durch den Ausströmvorgang entstandenen Kraters nicht zum Aufbau gefährlicher Überdrücke, die zu einem Versagen der benachbarten Rohrleitungen führen können, da alle Rohrleitungen für große äußere Überdrücke dimensioniert sind.

#### 4.3.3 Auswirkungen eines Brandes

Weitaus wahrscheinlicher als eine Explosion ist bei den transportierten Medien der Brand der freigesetzten Produktmenge. Durch die entstehende Flamme werden die benachbarten Leitungen vorwiegend durch Wärmestrahlung belastet, da sich die Flammen je nach Fördermedium mehr oder weniger hoch über dem Erdboden ausbilden und eine direkte Befeuern der Nachbarleitungen höchstwahrscheinlich nicht

eintritt.

Die an der Oberfläche der Flamme auftretende Wärmestromdichte liegt bei etwa 100-200 kW/m<sup>2</sup>. Als Auswirkung der Wärmestrahlung kommt es zu einem Temperaturanstieg der Rohrwände der benachbarten Leitungen. Die Erwärmung ist umso größer, je mehr von der Rohroberfläche der Nachbarleitungen freiliegt. Eine Kühlung der Rohrwand erfolgt durch das im Innern der Leitungen strömende Fördermedium. Hierdurch wird ein Teil der von außen eindringenden Wärme abgeführt. Dies geschieht bei Flüssigkeiten und bei Gasen etwa gleich gut. Obwohl der Wärmeübergang auf der Rohrinneenseite bei Flüssigkeiten besser ist als bei Gasen, ergibt sich aufgrund der höheren Strömungsgeschwindigkeit bei Gasen ein etwa gleicher Kühleffekt. Eine Aufrechterhaltung des Förderbetriebs der benachbarten Leitungen ist daher im Brandfall von höchster Wichtigkeit. Der Innendruck sollte dabei jedoch auf ein Minimum reduziert werden. Durch das strömende Medium wird soviel Wärme abgeführt, dass bei den Nachbarleitungen Rohrwandtemperaturen von weniger als 300°C auftreten. Die Festigkeitskennwerte von üblichen Fernleitungsstählen weisen bei Temperaturen zwischen 250°C und 300°C immer noch etwa 50% der Werte bei Raumtemperatur auf, so dass unter Berücksichtigung des reduzierten Innendrucks eine ausreichende Sicherheit gegen Versagen gegeben ist.

Wenn der Förderstrom der Nachbarleitungen reduziert oder gar die Förderung eingestellt wird, kann es zu unzulässigen Erwärmungen der Rohrwand kommen.

#### 4.3.4 Auswirkungen von Verdampfungsvorgängen

Wenn es sich bei dem austretenden Fördermedium um Flüssiggas z.B. Propylen handelt, kommt es in der ersten Phase der Leckage durch die so genannte Flashverdampfung zu einer Abkühlung des ausgetretenen Propylens, so dass dieses flüssig bleibt. Hierbei werden in der Flüssigkeitslache Temperaturen bis -47°C erreicht. Bei einer engen Parallelverlegung ist davon auszugehen, dass auch die benachbarten Leitungen von tiefkaltem flüssigem Propylen umgeben sind. Hier bewirkt das in der Leitung strömende Fördermedium eine geringfügige Erwärmung der Rohrwand. Die Festigkeitskennwerte der Rohrleitungsstähle nehmen bei tiefen Temperaturen nicht



ab, aber die Zähigkeit wird stark verringert. Bei den üblichen Fernleitungsstählen ist bis zu einer Temperatur von  $-40^{\circ}\text{C}$  mit einer Halbierung der Kerbschlagzähigkeit gegenüber den Werten bei Raumtemperatur zu rechnen. Auch hier ist nicht mit einem Versagen der benachbarten Rohrleitungen aufgrund der tiefen Temperaturen zu rechnen.

## 5. Zusammenfassung

Wir wurden von der EPDC beauftragt, eine gutachtliche Stellungnahme zu den minimal möglichen Abständen zwischen parallel verlegten Rohrfernleitungen zum Befördern brennbarer Gase und Flüssigkeiten abzugeben. Dabei sollte insbesondere die gegenseitige Beeinflussung der Fernleitungen untereinander hinsichtlich der Sicherheit beim Betrieb, bei Betriebsstörungen, bei Arbeiten an den Fernleitungen und der Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes beurteilt werden.

Die Untersuchung der einzelnen Aspekte hat ergeben, dass auch bei geringsten lichten Abständen von 20 cm aufgrund der verwendeten Werkstoffe keine negative gegenseitige Beeinflussung zu erwarten ist. Hinsichtlich einer Beeinträchtigung des Ablaufs der Tiefbau-, Schweiß- und Isolierarbeiten bei möglichen Reparaturen empfehlen wir jedoch einen Regelabstand von 40 cm nicht zu unterschreiten. Im Einzelfall können für kurze Leitungsabschnitte auch geringere Abstände zugelassen werden. Hier ist der minimal zulässige Abstand anhand der örtlichen Verhältnisse festzulegen.

Der Sachverständige  
des RWTÜV e.V.



A. Gaida