

**Sicherheitsstudie**  
**zur Erdgastransportleitung**  
**EUGAL**  
**2 x DN 1400, DP 100**  
**der GASCADE Gastransport GmbH**

**Europäische**  
**Gas-Anbindungsleitung**  
**EUGAL**

TÜV NORD Systems  
GmbH & Co. KG

Große Bahnstraße 31  
22525 Hamburg  
HRA 102137  
Geschäftsführer  
Dr. Ralf Jung (Vorsitzen-  
der), Silvio Konrad, Yves  
Schön, Ulf Theike

Geschäftsstelle Essen  
Langemarckstraße 20  
D-45141 Essen  
Postfach 10 32 61  
D-45032 Essen

Telefon (02 01) 8 25-0  
Telefax (02 01) 8 25-28 58

Bereich Energietechnik  
Abteilung Industrieanlagen



Auftraggeber: GASCADE Gastransport GmbH, Kassel

Auftragsnummer: 8114407131/100  
Geschäfts-Nummer: SEI-213/17

Diese Sicherheitsstudie umfasst 50 Textseiten  
sowie 9 Seiten Anhang 1

Erstellt am: 19.09.2017 von: Dipl.-Ing. Chr. Engel  
Dr. Ing. V. van Wasen

## Inhalt

1.	Einführung .....	4
1.1	Trassenverlauf .....	6
2.	Grundlagen und Unterlagen für die Sicherheitsstudie .....	8
3.	Allgemeine Betrachtungen zur Sicherheit von Erdgastransportleitungen in Deutschland und Europa.....	10
3.1	Erdgastransportleitungen in Deutschland und Europa .....	10
3.2.	Sicherheit von Erdgastransportleitungen.....	11
3.2.1	Schadensstatistiken der EGIG und des DVGW.....	11
3.2.2	BAM-Forschungsbericht 285.....	16
3.2.3	DVGW-Stellungnahme aus 2011 .....	17
3.3	Sicherheitsphilosophien: Deterministik – Probabilistik.....	18
3.3.1	Deterministik.....	19
3.3.2	Probabilistik .....	21
3.4	Sicherheitsphilosophie in Deutschland.....	22
3.5	Kritische Infrastrukturen .....	23
4.	Gesetzliche Grundlagen .....	26
4.1	Energiewirtschaftsgesetz – EnWG –.....	26
4.2	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung – UVPG – .....	27
4.3	Verordnung über Gashochdruckleitungen.....	28
4.4	Technische Regeln .....	29
5.	Anwendung der Vorschriften auf die EUGAL .....	30
5.1	Genehmigungsverfahren.....	30
5.2	Technische Grundsätze für die EUGAL .....	31
5.2.1	Planung, Trassenführung, Schutzstreifen .....	31
5.2.1.1	Schutzstreifen .....	32
5.2.1.2	Kreuzung und Parallelführung.....	32
5.2.1.3	Abstand zu Windenergieanlagen .....	34
5.2.1.4	Baugrunduntersuchung, Auftriebssicherung.....	35
5.2.1.5	Erdbebengefährdung .....	35
5.2.2	Konstruktion, Rohrmaterial, Berechnung, Prüfung, Sicherheitseinrichtungen, Korrosionsschutz .....	36
5.2.2.1	Konstruktion und Sicherheitseinrichtungen .....	36
5.2.2.2	Rohrmaterial, Berechnung, Prüfung.....	37
5.2.2.3	Korrosionsschutz .....	39

5.2.3	Bauausführung – Rohrdeckung, Schweißnähte, Dokumentation, Prüfungen, Kennzeichnung .....	40
5.2.4	Druckprüfung .....	41
5.2.5	Betrieb und Instandhaltung .....	42
5.2.6	Ingegrität.....	43
5.3	Schadensfall-Betrachtung .....	43
5.4	Systematische Gefahrenbetrachtung .....	45
5.5	Alarm- und Gefahrenabwehrplanung .....	47
6.	Fazit.....	48
7.	Abkürzungen.....	50

Anhang 1: Systematische Gefahrenbetrachtung

## 1. Einführung

Die bundesweite Bereitstellung ausreichender Transportkapazitäten für Erdgas ist eine der wesentlichen Aufgaben der GASCADE Gastransport GmbH. In diesem Zusammenhang plant die GASCADE Gastransport GmbH zur Erhöhung der Transportkapazitäten die Errichtung einer Erdgashochdruckleitung bestehend aus zwei parallel verlaufenden Strängen DN 1400 von Lubmin (Nähe Greifswald, Ostsee) in Mecklenburg-Vorpommern bis zur Station Weißack in Brandenburg. Von der Station Weißack bis zur Station Deutschneudorf an der deutsch-tschechischen Grenze wird nur eine Rohrleitung DN 1400 verlegt. Der Anschluss an das europäische Gashochdruckleitungsnetz erfolgt in der Empfangsstation Lubmin und an der tschechischen Grenze an das Netz der Net4Gas. In Brandenburg (Baruth) ist zudem der Bau einer Zwischenverdichterstation (Radeland 2) geplant.

Die geplante Erdgastransportleitung trägt die Bezeichnung Europäische Gas-Anbindungsleitung EUGAL. Sie hat eine Gesamtlänge von ca. 480 km und verläuft durch die Bundesländer Mecklenburg-Vorpommern (ca. 102 km), Brandenburg (ca. 272 km) und Sachsen (ca. 106 km). Die EUGAL wird überwiegend in Parallellage zu der vorhandenen Erdgashochdruckleitung OPAL DN 1400 der OPAL Gastransport GmbH & Co. KG und der Lubmin-Brandow Gastransport GmbH verlegt.

Die Genehmigungsverfahren erfolgen separat in jedem Bundesland und bestehen aus Raumordnungsverfahren (nur in Brandenburg und Sachsen) und Planfeststellungsverfahren mit Umweltverträglichkeitsprüfung. In Mecklenburg-Vorpommern hat das zuständige Ministerium für Energie, Infrastruktur und Landesentwicklung nach Prüfung einer Variantenbetrachtung von der Durchführung eines eigenständigen Raumordnungsverfahren abgesehen.

Die Raumordnungsverfahren für die Bundesländer Brandenburg und Sachsen wurden im Januar 2017 bzw. November 2016 begonnen. Die Planfeststellungsverfahren in den drei beteiligten Bundesländern sollen in der zweiten Jahreshälfte 2017 beginnen und nach etwa 12 Monaten abgeschlossen sein.

Die Genehmigung der Empfangsstation in Lubmin erfolgt in einem eigenständigen Planfeststellungsverfahren, der Beschluss wird Anfang 2018 erwartet.

Ab 2018 beginnt die Errichtung der Empfangsstation in Lubmin. Die Fertigstellung und Inbetriebnahme ist für Ende 2019 geplant. Die Errichtung der beiden Leitungsstränge der EUGAL ist nacheinander vorgesehen. Die Errichtung des ersten Strangs und der Exportstation ist für Mitte 2018 bis Ende 2019 geplant, die Errichtung des zweiten Strangs und der Verdichterstation von Anfang 2019 bis Ende 2020. Die Inbetriebnahme des ersten Strangs ist entsprechend für Ende 2019, die Inbetriebnahme des zweiten Strangs und der Verdichterstation für Ende 2020 vorgesehen.

Die GASCADE Gastransport GmbH hat die TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG in Essen mit der Erstellung einer Sicherheitsstudie zur EUGAL beauftragt.

Inhalt dieser Studie ist ausschließlich die Betrachtung der Sicherheit bestehender Erdgastransportleitungen in Europa sowie der Gashochdruckleitung EUGAL während des Betriebs. Auswirkungen im Rahmen der Bauphase auf die Schutzgüter Mensch, Tiere, Pflanzen, Boden, Wasser, Klima/ Luft, Landschaft sowie Kultur- und Sachgüter sind nicht Gegenstand dieser Studie.

Die Studie wurde von den Sachverständigen des TÜV NORD, Herrn Dipl.-Ing, Christian Engel und Frau Dr. Vera van Wasen, erstellt. Herr Engel ist anerkannter Sachverständiger gemäß §12 der Verordnung über Gashochdruckleitungen. Frau Dr. van Wasen ist bekanntgegebene Sachverständige zur Durchführung sicherheitstechnischer Prüfungen gemäß § 29a BImSchG (Bundes-Immissionsschutzgesetz).

Die TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG ist akkreditierte Inspektionsstelle für Gashochdruckleitungen (Akkreditierungs-Nummer D-IS-11074-04).

## 1.1 Trassenverlauf

Der Verlauf der geplanten Leitungstrasse mit zwei Leitungssträngen beginnt an der neu zu errichtenden Erdgasempfangsstation in Lubmin an der Ostsee, Nähe Greifswald, in der das Gas aus der Nord-Stream 2 Pipeline übernommen wird. Der Austrittsdruck aus der Nord-Stream 2 Pipeline ist ausreichend hoch, so dass eine Verdichtereinheit in Lubmin nicht erforderlich ist.

Die neue Erdgastransportleitung EUGAL folgt der vorhandenen Gastransportleitung OPAL in südlicher Richtung mit einem Regelachsabstand von 10 m. Auf einer Länge von etwa 412 km erfolgt ein Parallelverlauf zur OPAL. Die Leitung verläuft in Mecklenburg-Vorpommern ausschließlich im Landkreis Vorpommern-Greifswald bis zur brandenburgischen Grenze bei Züsedom / Schönfeld.

In Brandenburg verläuft die Trasse mit zwei Leitungssträngen durch die Landkreise Uckermark, Barnim, Märkisch-Oderland, Oder-Spree, Teltow-Fläming, Dahme-Spreewald, Oberspreewald-Lausitz und Elbe-Elster bis zur Station Weißack. Ab Weißack verläuft die EUGAL als Einzelleitung DN 1400 bis zur Landesgrenze Brandenburg / Sachsen bei Großthiemig.

In Sachsen verläuft die Leitungstrasse als Einzelleitung DN 1400 durch die Landkreise Meißen, Sächsische Schweiz-Osterzgebirge, Mittelsachsen und Erzgebirgskreis bis zur Exportstation Deutschneudorf an der tschechischen Grenze.

Die endgültige Festlegung der Trassenführung erfolgt erst in den Planfeststellungsverfahren.

Als Sonderbauwerke werden die größeren Gewässer Peene bei Stolpe, Zarow bei Ferdinandshof, Uecker bei Pasewalk, Wriezener Alte Oder (2 mal) bei Oderberg und Croustillier, Stille Oder Nähe Bad Freienwalde, Spree und Oder-Spree-Kanal bei Hartmannsdorf, Dahme bei Bindow, Schwarze Elster bei Lauchhammer, Elbe bei Coswig sowie die Bundesautobahnen A20 bei Ludwigsburg, A11 bei Blankenburg, A12 bei Friedrichshof, A13 bei Groß Körös, A4 bei Wilsdruff und diverse Bahnstrecken, Bundesstraßen, Fremdleitungen und andere Infrastrukturen gekreuzt.

Die neue Erdgastransportleitung verfügt in regelmäßigen Abständen über Armaturenstationen zur Absperrung der Leitung. Die geplanten Standorte der Armaturenstationen befinden sich an folgenden Orten:

Station	Station [km]	Abstand [km]
Lubmin	0,0	
Wrangelsburg	16,6	16,6
Groß-Polzin	33,4	16,8
Pelsin	47,4	14,0
Lübs	64,1	16,7
Hammer	80,7	16,6
Pasewalk	91,4	10,7
Schenkenberg	109,9	18,5
Hohengüstow	126,0	16,1
Schönermark	142,5	16,5
Gellmersdorf	159,3	16,8
Altglietzen	175,7	16,5
Wriezen	193,1	17,4
Klosterdorf	210,0	16,9
Kienbaum	226,7	16,7
Hartmannsdorf	244,3	17,6
Gräbendorf	258,9	14,6
Groß Köris	268,2	9,3
Radeland (Verdichterstation)	282,1	13,9
Zützen	298,8	16,7
Waltersdorf	315,5	16,7
Weißack	326,8	11,3
Eichholz	340,3	13,5
Sorno	346,8	6,5
Hirschfeld	364,5	17,6
Adelsdorf	378,9	14,5
Oberau	395,7	16,8
Klipphausen	413,0	17,3
Niederschöna	429,0	16,0
Weißborn	441,5	12,5
Zethau	454,2	12,7
Sayda	463,8	9,6
Deutschneudorf	476,5	12,8

## 2. Grundlagen und Unterlagen für die Sicherheitsstudie

Die vorliegende Sicherheitsstudie basiert auf den folgenden Unterlagen:

- /1/ Antragsunterlagen für die Raumordnungsverfahren in den Bundesländern Brandenburg und Sachsen der EUGAL der GASCADE Gastransport GmbH
- /2/ 8th EGIG-report 1970-2010 „Gas Pipeline Incidents“  
Doc. Number EGIG 11.R.0402 von Dezember 2011
- /3/ Konersmann, R.; Kühl, Ch.; Ludwig, J.: Zu den Risiken des Transports flüssiger und gasförmiger Energieträger in Pipelines. BAM – Bundesanstalt für Materialforschung, Forschungsbericht Nr. 285, Berlin 2009
- /4/ Energiewirtschaftsgesetz – EnWG – vom 07.07.2005, zuletzt geändert am 29. März 2017 (BGBl. I S. 626)
- /5/ Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 24.02.2010 (BGBl. I S. 94), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 14 b des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BGBl. I S. 2808) geändert worden ist
- /6/ Verordnung über Gashochdruckleitungen (GasHDrLtgV) vom 18.05.2011 zuletzt geändert am 29.03.2017 (BGBl. I S. 626)
- /7/ DVGW-Arbeitsblatt G 463, Ausgabe Juli 2016  
Gashochdruckleitungen aus Stahlrohren für einen Auslegungsdruck von mehr als 16 bar ; Errichtung
- /8/ DVGW-Arbeitsblatt G 469, Ausgabe Juni 2010  
Druckprüfverfahren Gastransport / Gasverteilung
- /9/ DVGW-Arbeitsblatt GW 350, Ausgabe Juni 2015  
Schweißverbindungen an Rohrleitungen aus Stahl in der Gas- und Wasserversor-

gung – Herstellung, Prüfung und Bewertung

- /10/ VdTÜV-Merkblatt Rohrleitungen 1060 – Richtlinien für die Durchführung des Stress-tests, Ausgabe 02.2007
- /11/ DIN EN 1594, Ausgabe Dezember 2013  
Gasversorgungssysteme – Rohrleitungen für einen maximalen Betriebsdruck über 16 bar, Funktionale Anforderungen
- /12/ Comparative Assessment of Natural Gas Accident Risks  
Peter Burgherr und Stefan Hirschberg, Paul Scherrer Institut, Januar 2005
- /13/ Angaben des DVGW über Schäden und Unfälle
- /14/ 9th EGIG-report 1970-2013 „Gas Pipeline Incidents“  
Doc. Number EGIG 14.R.0403 von Februar 2015
- /15/ DVGW-Stellungnahme – Sicherheit von Gasfernleitungen – das Technische Regelwerk im Licht der aktuellen Rechtsprechung vom 29.11.2011
- /16/ Beurteilung der Gefährdung von eingeedeten Gashochdruckleitungen durch Erdbeben in deutschen Erdbebengebieten, 3R 5/2012
- /17/ AfR 06: Verfahren zur Ermittlung der Sicherheit von Rohrfernleitungen -  
Ein Vergleich zwischen deterministischem und probabilistischem Ansatz  
September 2012
- /18/ Beschluss des OVG Lüneburg vom 29.06.2011 zum Sicherheitsabstand bei der Verlegung von Gasfernleitungen – 7 MS 72/11 -
- /19/ 3 Beschlüsse des Verwaltungsgerichts Stuttgart vom 29.03.2012 zur Ethylen-Pipeline-Süddeutschland (EPS)

/20/ Beschluss des Bund-Länder-Ausschusses Gas zur Sicherheit von Gasfernleitungen

Die in Vor-Ort Terminen sowie per e-mail erhaltenen Informationen und Unterlagen wurden in die Sicherheitsstudie einbezogen.

### **3. Allgemeine Betrachtungen zur Sicherheit von Erdgastransportleitungen in Deutschland und Europa**

Mit Erdgastransportleitungen können große Energiemengen sicher, umweltschonend und wirtschaftlich über lange Strecken transportiert werden. Strenge gesetzliche und behördliche Auflagen für die Trassierung und die Bauausführung gewährleisten den Landschaftsschutz und reduzieren den Eingriff in die Natur auf das notwendige Mindestmaß. Hohe Sicherheitsanforderungen an Konstruktion, Bau und Betrieb sowie regelmäßige Kontrollen mit modernster Technik sorgen dauerhaft für den hohen Sicherheitsstandard dieser Transportsysteme.

Der hohe Sicherheitsstandard von Pipelines wird durch den Vergleich mit anderen alternativen Transportmitteln wie Straßentankwagen, Eisenbahnen und Schiffen deutlich. Bei diesem Vergleich schneiden Pipelines bei der Anzahl der Unfälle mit großem Abstand am besten ab. So ist gemäß der Angaben des statistischen Bundesamts aus den Jahren 2001 bis 2010 die Zahl der Unfälle beim Eisenbahntransport um den Faktor 15 größer, beim Schiffstransport etwa um den Faktor 45 und beim Tankwagentransport sogar um den Faktor 700 größer als beim Transport über die Pipeline. Bezieht man die Anzahl der Unfälle auf die tatsächlich transportierte Menge, so wird dieses Verhältnis noch deutlicher.

#### **3.1 Erdgastransportleitungen in Deutschland und Europa**

Für den leitungsgebundenen Erdgastransport liegen jahrzehntelange Erfahrungen vor, die ersten Gastransportleitungen wurden bereits in den 1930er Jahren verlegt. Die langjährigen Erfahrungen über die Eigenschaften und das Verhalten von Gasstransportleitungen sind in die aktuell geltenden Regelwerke für die Konstruktion, den Bau und den Betrieb von Erdgastransportleitungen eingeflossen.

Die Gesamtlänge der europäischen Hochdruck-Gastransportleitungen beträgt zur Zeit ca. 200.000 km. In Deutschland beträgt die Länge des Erdgastransportnetzes aktuell ca. 40.000 km. Die Tendenz ist seit Jahren konstant steigend.

Technisch sind Rohrleitungsdurchmesser bis Nennweite 1400 mit maximalen Betriebsüberdrücken bis 100 bar realisierbar. Der maximale Betriebsüberdruck von Leitungen und Anlagen zur Speicherung von Erdgas in Kavernen beträgt sogar mehr als 200 bar.

### **3.2. Sicherheit von Erdgastransportleitungen**

#### **3.2.1 Schadensstatistiken der EGIG und des DVGW**

Dass der Erdgastransport mittels Erdgastransportleitungen sehr sicher ist, wird durch die Schadensstatistiken der EGIG (European Gas Pipeline Incident Group) sowie des DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches) seit Anfang der 70er Jahre belegt.

In der EGIG werden regelmäßig Daten von 15 großen Europäischen Gasversorgern mit einem Pipelinenetz von insgesamt mehr als 143.000 km Länge gesammelt und ausgewertet. Es werden unabhängig von der Leckgröße alle Schäden mit Gasaustritt erfasst.

Beim DVGW werden darüber hinaus sämtliche Schäden ausgewertet, die bei Transport, Verteilung und Nutzung von Erdgas an den Anlagenteilen der Gasversorger in Deutschland entstehen. Bei der DVGW-Statistik /13/ wird deutlich, dass im Bereich der Transportleitungen mit Betriebsdrücken über 4 bar die wenigsten Unfälle auftreten.

Im Folgenden wird der aktuelle 9. EGIG-Report /14/ hinsichtlich der Unfallhäufigkeiten, der Unfallursachen, der Leckgrößen und der Einflussgrößen auf die Unfallhäufigkeit zusammengefasst.

➤ Schadenshäufigkeit

- Die relative Schadenshäufigkeit (pro 1000 km Pipeline und Jahr) ist seit Beginn der Auswertung stetig gesunken und beträgt für den Zeitraum 2009-2013 nur noch ungefähr ein Fünftel des Mittelwertes von 1970-1974
- Der gleitende 5-Jahres-Mittelwert der Schadenshäufigkeit beträgt aktuell 0,16 Schäden pro 1000 km Pipeline und Jahr.
- Im letzten Berichtsjahreszeitraum (2011 bis 2013) sind an den insgesamt betrachteten 143.727 km Gashochdruckleitungen 60 Schadensfälle mit Gasaustritt aufgetreten, wobei keine Angaben über die Menge des ausgeströmten Erdgases gemacht werden.

Einzelheiten sind der folgenden Grafik zu entnehmen.

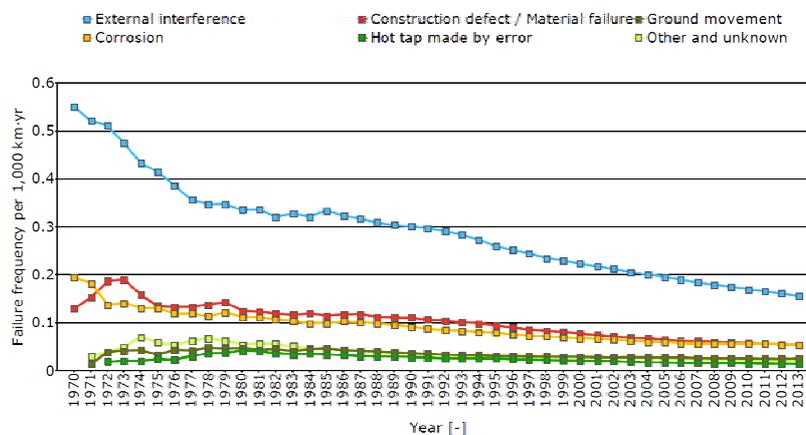


Abb. 1: Entwicklung der Schadenshäufigkeit bei Erdgastransportleitungen /14/

➤ Schadensursachen

- Die Hauptursachen für Schäden sind mit 28 % die Einwirkung von außen und mit 26 % Korrosionsschäden. Beschädigungen durch Einwirkung von außen führen laut EIG-Report meist zu Schäden mit größeren Auswirkungen während Korrosionsschäden meist nur geringe Auswirkungen haben.

- Als weitere Schadensursachen sind mit zusammen ca. 32% aller Schäden Bodenbewegungen und Konstruktionsfehler/ Materialversagen zu nennen. Die beiden anderen Schadensursachen spielen bezüglich der Schadenshäufigkeit mit zusammen ca. 14 % der Schäden eine eher untergeordnete Rolle.
- Der generelle Rückgang der Schadenshäufigkeit resultiert wesentlich aus dem überproportional starken Rückgang der häufigsten Schadensursache „Äußere Einwirkung“, allerdings weisen auch die übrigen Schadensursachen eine stetig fallende Tendenz auf.

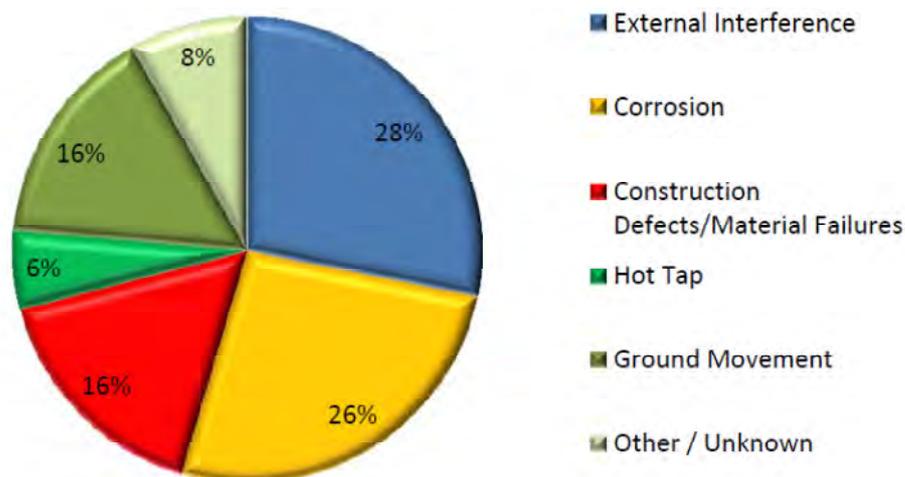


Abb. 2: Verteilung der Schadensursachen bei Erdgastransportleitungen /14/

➤ Leckgrößen

- Größere Schäden (Löcher > 2 cm Durchmesser und Leitungsbruch) sind nahezu ausschließlich auf die Unfallursachen „Äußere Einwirkung“, „Konstruktionsfehler/ Materialversagen“ und „Erdbewegung“ beschränkt, die anderen Schadensursachen führen meist zu kleineren Leckagen mit entsprechend geringeren Auswirkungen.

➤ Einflüsse auf die Schadenshäufigkeit

Die Schadenshäufigkeiten sind nicht für alle Erdgasleitungen gleich groß. Der EGIG-Report enthält statistische Auswertungen darüber, welche Größen einen signifikanten Einfluss auf die Schadenshäufigkeit haben. Maßgebliche Einflussgrößen für die Schadenshäufigkeit sind insbesondere der Rohrdurchmesser, die Rohrwanddicke und die Erdüberdeckung.

- Die Schadenshäufigkeit für die Ursache „Äußere Einwirkung“ sinkt exponentiell mit dem Leitungsdurchmesser. Große Leitungen mit entsprechend größeren Wanddicken werden sehr viel seltener durch äußere Einwirkungen beschädigt als kleine Leitungen.

So haben große Leitungen mit einem Durchmesser von z.B. 1016mm (DN 1000 / 40“) eine um den Faktor 100 geringere Unfallhäufigkeit als kleinere Leitungen mit einem Durchmesser von z.B. 114 mm (DN 100 / 4“). Gegenüber einer Leitung mit einem Durchmesser von 406,4 mm (DN 400 / 16“) ist die Unfallhäufigkeit immer noch um den Faktor 25 geringer. Bei Leitungsdurchmessern von mehr als 40“ (>DN 1000) sind seit Beginn der Auswertung 1970 überhaupt keine Schäden aufgetreten.

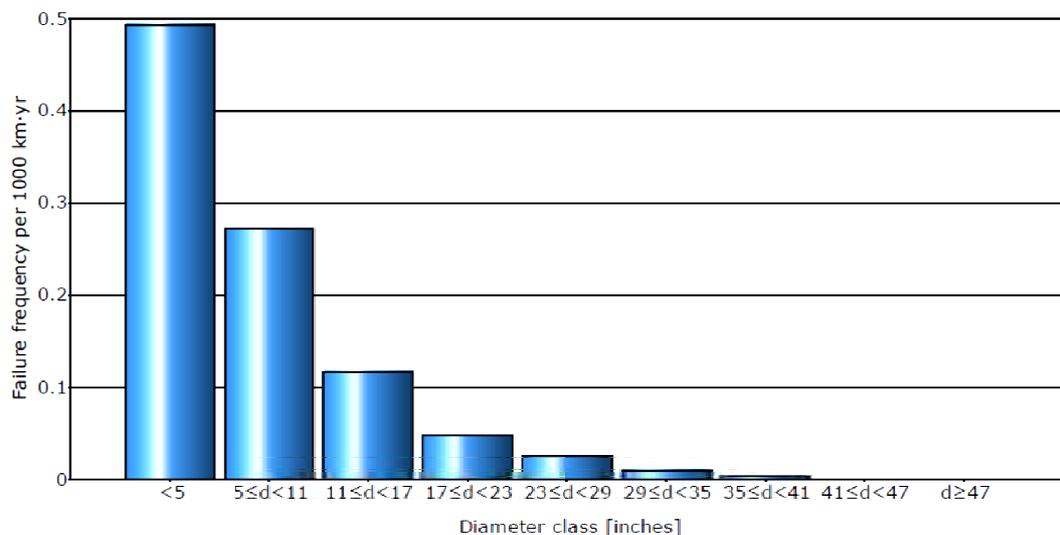


Abb. 3: Einfluss des Leitungsdurchmessers /14/

- Eine weitere wesentliche Einflussgröße hinsichtlich des Auftretens von Leckagen durch äußere Einwirkungen aber auch durch Korrosion ist die Wanddicke der Leitung. Bei Wanddicken zwischen 10 und 15 mm ist die Wahrscheinlichkeit einer Beschädigung durch äußere Einwirkung um den Faktor 30 kleiner als bei Wanddicken bis 5 mm. Bei Wanddicken über 15 mm sind seit Beginn der Auswertung 1970 überhaupt keine Schäden bekannt geworden.

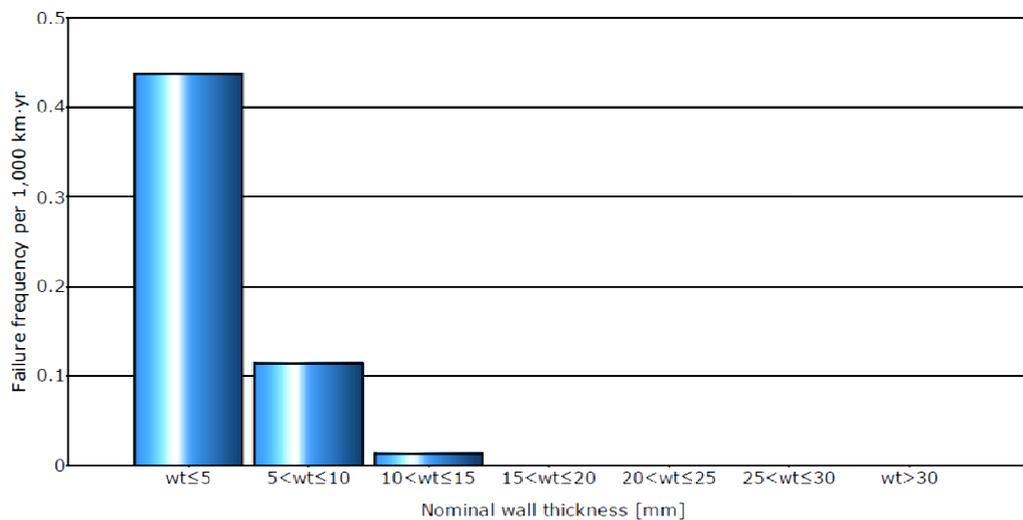


Abb. 4: Einfluss der Wanddicke /14/

- Auch die Erdüberdeckung hat einen signifikanten Einfluss auf die Beschädigung durch äußere Einwirkungen. Etwa 70% der durch äußere Einwirkungen beschädigten Leitungen hatte eine Erddeckung von weniger als 80 cm. Leitungen mit einer Erddeckung zwischen 0,8 m und 1 m haben eine um den Faktor 4 geringere Unfallhäufigkeit als Leitungen mit einer Erddeckung weniger als 80 cm. Eine weitere Erhöhung der Erdüberdeckung über 1 m hinaus kann die Sicherheit weiter erhöhen.

Unter Berücksichtigung der Auslegungsdaten der EUGAL mit einem Außendurchmesser von 1420 mm (DN 1400 / 56“) und einer Mindestwanddicke von 22,3 mm sowie einer Regelüberdeckung von mindestens 1,0 m ist damit die Schadensursache „Beschädigung durch äußere Einwirkungen“ als praktisch unmöglich einzustufen. Eine Beschädigung ist allerdings nicht mit 100% iger Sicherheit auszuschließen. Es sind daher von allen Leitungsbetreibern Maßnahmen für den Schadensfall festzulegen. Auf die Hauptursachen aus den Schadensstatistiken der EGIG und die besonderen Maßnahmen zur Minimierung des Beschädigungsrisikos wird im Rahmen der systematischen Gefahrenanalyse der EUGAL (siehe Kap. 5 und Anhang 1) eingegangen.

### **3.2.2 BAM-Forschungsbericht 285**

Auch im Forschungsbericht 285 der Bundesanstalt für Materialforschung (BAM) aus dem Jahr 2009 /3/ finden sich Ausführungen zur Sicherheit von Pipelines zum Transport flüssiger und gasförmiger Energieträger. Auch aus diesen Ausführungen ist ersichtlich, dass Pipelines gegenüber dem Transport in Eisenbahnkesselwagen oder Straßentankfahrzeugen grundsätzlich die größte Sicherheit bieten.

Schwerpunkt der Studie der BAM ist die Diskussion der Konsequenzen eines Pipeline-Versagens (Wärmestrahlung, Explosionsüberdruck, Trümmerwurf). Grundlage hierfür ist die Auswertung einer größeren Anzahl von Pipelineunfällen, wobei hauptsächlich Unfälle aus USA und Kanada zitiert werden. Von den 159 aufgeführten Ereignissen ereigneten sich 6 Vorfälle in Deutschland und drei weitere Vorfälle in anderen Ländern der EU (Griechenland, Frankreich und Belgien).

Bei Auswertung der beschriebenen Schadensfälle fällt auf, dass die relative Unfallhäufigkeit (pro 1000 km Pipeline und Jahr) für Erdgaspipelines in der Provinz Alberta (Kanada) 10 mal größer ist als in Europa. Die Hauptschadensursache ist dort die Innenkorrosion, welche aufgrund geeigneter Gegenmaßnahmen bei Erdgastransportleitungen in Europa praktisch keine Rolle spielt. Dieses Beispiel zeigt, dass die Übertragung der Ergebnisse ausländischer Schadensstatistiken auf Deutschland nicht ohne detaillierte Prüfung der Schadensursachen und der geltenden Regelwer-

ke zulässig ist und teilweise auch zu falschen Schlussfolgerungen führt.

Einige Schlussfolgerungen der Studie wie z.B., dass Pipelines infolge verkehrsinduzierter Schwingungen brechen können, werden nicht durch entsprechende Beispiele belegt und sind daher in Frage zu stellen.

Die wesentlichen Empfehlungen der Studie sind nachfolgend aufgeführt:

- Einführung einer ausführlichen Informationspflicht für Pipelineunfälle
- Einrichtung eines flächendeckenden Leitungsinformationssystems
- Durchführung weiterer Untersuchungen zur Ermittlung von Schadenradien an Pipelines

### **3.2.3 DVGW-Stellungnahme aus 2011**

Mit der Sicherheit von Gasfernleitungen in Deutschland beschäftigt sich auch eine Stellungnahme des DVGW aus dem Jahr 2011 /15/. Neben der Auswertung der Unfallzahlen für Gasrohrleitungen in Deutschland wird im Wesentlichen auf die getroffenen Sicherheits- und Überwachungsmaßnahmen bei Bau und Betrieb von Gas-hochdruckleitungen eingegangen. Gemäß der DVGW-Stellungnahme /15/ sind die Unfallzahlen seit Beginn der 1980er Jahre um nahezu 90% reduziert worden. Dies sei trotz einer Vervielfachung der Rohrnetzlänge maßgeblich durch den Aufbau und die Weiterentwicklung des technischen Regelwerks des DVGW erreicht worden.

Die DVGW-Stellungnahme setzt sich darüber hinaus mit der Forderung nach Mindestabständen, die weit über die im Regelwerk definierten Schutzstreifen hinausgehen, auseinander. Diese wurden in einem Beschluss des Oberverwaltungsgerichts Lüneburg (Eilverfahren) /18/ für einzelne Abschnitte einer Gashochdruckleitung in Norddeutschland gefordert. Gemäß der DVGW-Stellungnahme kann durch technische Sicherheitslösungen ebenso viel oder mehr Sicherheit erreicht werden, als durch Abstandsforderungen. Als wichtige technische Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit sind die regelmäßige intensive Kontrolle des Schutzstreifens, die Anwendung primärer Sicherheitsmaßnahmen (hoher Sicherheitsbeiwert, Einbau von Ab-

sperrarmaturen, 100%ige Prüfung der Baustellenschweißnähte, Stresdruckprüfung, etc.) sowie die regelmäßige Wartung, Kontrolle und Instandhaltung genannt.

Hinsichtlich der Mindestabstände zwischen Gasfernleitungen und Wohnungsbebauung vertritt der Bund-Länder-Ausschuss Gaswirtschaft die Auffassung, dass angesichts des hohen Sicherheitsniveaus der deutschen Gasinfrastruktur die Vorgabe regelmäßig zu beachtender Abstände derzeit nicht veranlasst ist.

Auch das Verwaltungsgericht Stuttgart hat sich im Zusammenhang mit der Errichtung einer Rohrfernleitungsanlage zum Transport von Ethylen mit dem Thema Sicherheitsabstände auseinandergesetzt und kam zu dem Schluss /19/, dass die Einhaltung fester Sicherheitsabstände zur Schadensbegrenzung im Falle von Unfällen keine geeignete Methode sei, um die Sicherheitsanforderungen für Rohrfernleitungen zu erfüllen. Eine hinreichende Sicherheit vor den von einer Rohrfernleitung ausgehenden Gefahren für Menschen wäre durch Sicherheitsabstände nur zu erreichen, wenn sichergestellt wäre, dass sich Menschen in den entstehenden Schutz-zonen nicht aufhalten.

Hinsichtlich der Abstände der EUGAL zur Wohnbebauung verweisen wir auf Kapitel 5.2.1 dieser Studie.

### **3.3 Sicherheitsphilosophien: Deterministik – Probabilistik**

Aufgrund der potentiellen Auswirkungen auf Umwelt und Bevölkerung bei einem Pipelineschaden aber auch aus Gründen der Verfügbarkeit werden weltweit besonders hohe Anforderungen an die Sicherheit von Pipelinesystemen gestellt.

Um ein hohes Sicherheitsniveau bei Pipelines zu erreichen, existieren im Wesentlichen zwei grundsätzlich unterschiedliche Sicherheitsphilosophien, nämlich die deterministische und die probabilistische Betrachtungsweise. Das Erreichen eines hohen Sicherheitsniveaus ist mit beiden Betrachtungsweisen möglich. Dies wird durch Schadensstatistiken von Pipelines aus verschiedenen Ländern belegt. Ein Vergleich der beiden Betrachtungsweisen findet sich auch in dem unter /17/ aufgeführten Be-

richt des AfR (Ausschuss für Rohrfernleitungen). Auch die Arbeitsgruppe des AfR kommt zu dem Ergebnis, dass bei sorgfältiger Anwendung beide Philosophien eine sichere Beschaffenheit und einen sicheren Betrieb gewährleisten.

Während insbesondere im angelsächsischen Raum das probabilistische Sicherheitskonzept verbreitet ist, wird im deutschen Technikrecht mit seiner hierarchischen Struktur, bestehend aus Gesetzen, Verordnungen und technischen Regeln die deterministische Betrachtungsweise verwendet. Diese hat sich seit vielen Jahrzehnten in der Praxis bewährt und bedeutet in der Regel eine hohe Rechtssicherheit in Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren.

### **3.3.1 Deterministik**

Das deterministische Sicherheitskonzept nutzt im Wesentlichen die im langjährigen Umgang mit technischen Anlagen gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse. Darüber hinaus werden zur Festlegung wirksamer Sicherheitsmaßnahmen die kausalen Zusammenhänge, die zu einem ungewollten Ereignis führen können, zurückverfolgt und analysiert. Das Resultat dieser Ursachenanalyse sind Gegenmaßnahmen, die dazu führen, dass das ungewollte Ereignis mit großer Zuverlässigkeit ausgeschlossen werden kann. Es handelt sich hierbei also um Vorsorgemaßnahmen (primäre Maßnahmen), die darauf zielen, die Wahrscheinlichkeit eines Schadenseintritts auf ein ausreichend geringes Maß zu reduzieren. Darüber hinaus werden auf gleiche Weise Sicherheitsmaßnahmen ermittelt, die die Konsequenzen von ungewollten Ereignissen, die trotz der getroffenen primären Maßnahmen auftreten könnten, minimieren (sekundäre Maßnahmen).

Bei dem deterministischen Sicherheitskonzept basieren die Entscheidungen über die einzusetzende Technik nicht auf einem quantifizierten Risiko. Es wird vielmehr analysiert, welche ungewollten Ereignisse im Bereich des Möglichen liegen und durch welche Maßnahmen der Eintritt dieser Ereignisse vermieden werden kann. Der absolute Schwerpunkt liegt dabei auf der Festlegung der Vorsorgemaßnahmen, die in der Konsequenz dazu führen, dass die Schadenseintrittswahrscheinlichkeit minimiert wird. Dies gilt für die gesamte Leitungstrasse unabhängig von der Umge-

bung. Diese Betrachtungsweise bietet insbesondere in Ländern mit hoher Bevölkerungsdichte Vorteile.

Die deterministisch ermittelten Anforderungen sind als Sicherheitsanforderungen relativ allgemein in Gesetzen oder Rechtsverordnungen und in konkretisierter Form in technischen Regeln festgelegt.

Diese technischen Regeln werden durch Expertengremien regelmäßig den neuesten technischen und sonstigen Erkenntnissen angepasst.

Die im technischen Regelwerk zum Bau und zum Betrieb von Erdgastransportleitungen vorgeschriebenen Schutzmaßnahmen sind somit sowohl aus Erkenntnissen mit realen Schadensereignissen abgeleitete Maßnahmen als auch aus systematischen analytischen Grundsatzüberlegungen abgeleitete Maßnahmen. Sie umfassen u. a. Vorgaben

- zur Leitungsführung (z. B. Schutzstreifen, Vorgaben bei parallelen Rohrfernleitungen und Kreuzungen mit Verkehrswegen),
- zur Auslegung von Pipelines (Material, Wanddicke unter Berücksichtigung von Sicherheitsbeiwerten),
- zur Bauausführung und Bauüberwachung,
- zum Korrosionsschutz,
- zur Prüfung,
- zur Ausrüstung (z. B. Drucküberwachung, Absperreinrichtungen) und
- zum Betrieb der Erdgastransportleitung (Betriebszentrale, Trassenüberwachung, Dichtheitsprüfung, Maßnahmen bei Betriebsstörungen / Schäden, Alarm- und Gefahrenabwehrpläne)

Die Einhaltung der im Regelwerk vorgeschriebenen sicherheitstechnischen Maßnahmen gewährleistet somit die Einhaltung eines hohen sicherheitstechnischen Standards und hierüber den sicheren Betrieb von Erdgastransportleitungen. Die geringe Anzahl von Schadensfällen in Deutschland bestätigt grundsätzlich die Richtigkeit des deterministischen Ansatzes.

### **3.3.2 Probabilistik**

Das probabilistische Sicherheitskonzept ermittelt und bewertet das von einer technischen Anlage ausgehende Risiko. Dabei werden die möglichen Schadensauswirkungen auf die Umgebung mit berücksichtigt. Das Risiko aus sicherheitstechnischer Sicht wird aus dem Produkt der zu erwartenden Häufigkeit des Eintritts eines Schadens und das beim Schadenseintritt zu erwartende Schadensausmaß gebildet.

Bei allen probabilistischen Verfahren sind genaue Kenntnisse über die einzelnen Risiken und deren Einflussfaktoren, sowie deren mathematische Zusammenhänge zwingend erforderlich, um Strategien zur Risikosteuerung bzw. Methoden des Risikomanagements zu entwickeln. Ein Verfahren zur Risikoabschätzung ist z.B. die quantifizierte Risikoanalyse (Quantitative Risk Analysis, QRA). Die QRA arbeitet mit rechenbaren Größen, d.h. sie bedient sich konkreter mathematischer Zusammenhänge, mit denen das Ausfallverhalten eines Bauteils oder eines Systems beschrieben werden kann. Zur Formulierung dieser mathematischen Zusammenhänge wird u.a. auf Schadensereignisse aus der Vergangenheit zurückgegriffen. Durch Abbildung der komplexen Zusammenhänge der gesamten Pipeline wird für jeden Ort das Gesamtrisiko durch Berücksichtigung von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensauswirkungen ermittelt.

Da probabilistische Verfahren das von technischen Anlagen ausgehende Risiko quantifizieren, ist die Festlegung allgemeingültiger Risikoakzeptanzkriterien zwingend erforderlich. Für Deutschland sind bisher keine offiziellen Risikoakzeptanzkriterien für technische Anlagen festgelegt worden, wie dies in einer Reihe von anderen Ländern der Fall ist.

Darüber hinaus muss bei probabilistischer Betrachtung in regelmäßigen Zeitabständen überprüft werden, ob die beim Bau der Leitung vorliegenden Verhältnisse noch gültig sind, oder ob nachträgliche Maßnahmen zur Risikominimierung erforderlich sind.

Die Anwendung probabilistischer Verfahren führt dazu, dass in Abhängigkeit des potentiellen Schadensausmaßes im Umfeld eines Leitungsabschnitts ein unterschiedli-

ches technisches Sicherheitsniveau (z. B. Wanddicke der Leitung) realisiert wird. Demgegenüber wird bei der in Deutschland angewandten deterministischen Vorgehensweise ein über den gesamten Leitungsverlauf einheitlich hohes technisches Sicherheitsniveau realisiert, welches sich an den Anforderungen für Bereiche mit hohem potentielltem Schadensausmaß (z. B. im Bereich von Wohnbebauung) orientiert.

Eine Ausnahme hierzu gilt für die Festlegung von Abständen zu Windenergieanlagen, die nach dem auf Basis probabilistischer Ansätze erstellten Gutachten „Windenergieanlagen in Nähe von Schutzobjekten – Bestimmung der Mindestabstände“ der Dr.-Ing. Veenker Ingenieurgesellschaft GmbH ermittelt werden.

Die probabilistische Betrachtungsweise hat sich insbesondere in Ländern durchgesetzt, in denen die Bevölkerungsdichten relativ gering sind.

### **3.4 Sicherheitsphilosophie in Deutschland**

Für Deutschland wurde durch den Gesetzgeber entschieden, die deterministische Betrachtungsweise anzuwenden. Dieses Sicherheitskonzept hat sich seit vielen Jahrzehnten bewährt und ist allgemein akzeptiert. Es bildet mit den geltenden Gesetzen, Verordnungen und Technischen Regeln ein aufeinander aufbauendes, funktionierendes System, welches laufend aktualisiert und dem technischen Fortschritt angepasst wird.

Wie in Kap. 3.3.1 bereits ausgeführt wurde, führt die deterministische Vorgehensweise dazu, dass auf der gesamten Leitungslänge, unabhängig von den örtlichen Verhältnissen ein gleichmäßig hohes technisches Sicherheitsniveau vorliegt.

Die existierenden deutschen Regelwerke für Erdgastransportleitungen sehen neben den besonderen Anforderungen an Konstruktion, Trassenführung und Prüfung vor, dass die Einhaltung der technischen Regeln durch unabhängige, behördlich anerkannte Sachverständige überwacht wird. Gegebenenfalls erforderliche Abweichungen vom technischen Regelwerk werden durch den Sachverständigen bewertet und

für den jeweiligen Einzelfall weitergehende Forderungen unter Berücksichtigung der individuellen Randbedingungen und des geforderten Sicherheitsniveaus festlegt. Dies gilt für alle Lebensphasen der Rohrleitung von der Planung über den Bau und die Inbetriebnahme bis zur Stilllegung.

In Einzelfällen, in denen das technische Regelwerk keine Lösungen vorsieht, kann es unter Umständen sinnvoll sein, die deterministische Betrachtungsweise durch probabilistische Ansätze zu ergänzen. Ein Beispiel hierfür ist die Beurteilung der Gefährdung von Erdgastransportleitungen durch Windenergieanlagen.

Das deterministische Sicherheitskonzept gewährleistet ein sehr hohes Sicherheitsniveau der neu errichteten Erdgastransportleitung. Zur Beibehaltung der Integrität der Pipeline sind in jedem Fall umfangreiche technische und organisatorische Maßnahmen durch den Betreiber umzusetzen. Auch diese Maßnahmen sind durch das technische Regelwerk vorgegeben.

### **3.5 Kritische Infrastrukturen**

Infrastruktureinrichtungen sind für unsere hoch entwickelte Gesellschaft essentiell notwendig. Der Ausfall dieser Einrichtungen kann weitreichende Folgen für die Bevölkerung haben und ist daher besonders zu schützen. Die Bundesrepublik Deutschland befasst sich seit 1997 mit dem Schutz sogenannter „Kritischer Infrastrukturen“.

Auf europäischer Ebene wurde im Jahr 2008 die Richtlinie 2008/114/EG über die Ermittlung und Ausweisung europäischer kritischer Infrastrukturen (EKI) und die Bewertung der Notwendigkeit, ihren Schutz zu verbessern, erlassen.

In dieser Richtlinie werden kritische Infrastrukturen definiert als Infrastrukturen, die von wesentlicher Bedeutung für die Aufrechterhaltung wichtiger gesellschaftlicher Funktionen, der Gesundheit, der Sicherheit und des wirtschaftlichen oder sozialen Wohlergehens der Bevölkerung sind und deren Störung oder Zerstörung erhebliche Auswirkungen hätte, da diese Funktionen nicht aufrechterhalten werden könnten.

Europäische kritische Infrastrukturen zeichnen sich gemäß dieser Richtlinie darüber hinaus dadurch aus, dass die Störung oder Zerstörung dieser Infrastrukturen erhebliche Auswirkungen in mindestens zwei Staaten hätte.

Für alle kritischen Infrastrukturen sind gemäß dieser Richtlinie Sicherheitspläne aufzustellen, welche den Schutz der kritischen Infrastrukturen gewährleistet. Gemäß Anhang II der Richtlinie enthält der Sicherheitsplan folgende Mindestangaben:

- Nennung der wichtigen Anlagen
- Durchführung einer Risikoanalyse, die sich auf die wichtigsten Bedrohungsszenarien, die Schwachstellen der einzelnen kritischen Infrastrukturen und die möglichen Auswirkungen bezieht sowie
- Ermittlung, Auswahl und Rangfolge von Gegenmaßnahmen und Verfahren.

Auf Bundesebene wurde 2009 das Gesetz zur Stärkung der Sicherheit in der Informationstechnik des Bundes - BSIG - erlassen, welches durch das Gesetz zur Stärkung der Sicherheit in der Informationstechnik des Bundes (auch bekannt als IT-Sicherheitsgesetz) vom 17.07.2015 zuletzt geändert wurde. Auf Basis des § 10 dieses Gesetzes wurde die Verordnung zur Bestimmung kritischer Infrastrukturen nach dem BSI-Gesetz – BSI-Kritisverordnung – BSI-KritisV am 22.04.2016 veröffentlicht. Gemäß §2 der BSI-KritisV zählt die Dienstleistung „Versorgung der Allgemeinheit mit Gas (Gasversorgung)“ zu den kritischen Dienstleistungen. Als Kritische Infrastrukturen werden gemäß Anhang 1 Teil 3 der BSI-KritisV Gastransportnetze mit einer Jahresarbeit von mindestens 5190 GWh/Jahr eingestuft. Die Erdgastransportleitung EUGAL zählt damit eindeutig zu den kritischen Infrastrukturen gemäß BSI-KritisV.

Für das gesamte Erdgastransport- und –verteilnetz und damit auch für die EUGAL gilt, dass Erdgasnetze im Allgemeinen vermascht aufgebaut sind und bei Ausfall einer Leitung oder eines Leitungsabschnitts über die anderen vorhandenen Leitungsabschnitte Ersatzversorgungen schnell aufzubauen sind. Reparaturen oder der Austausch einzelner Rohrabschnitte und damit die Wiederinbetriebnahme ausgefallener

Leitungsabschnitte ist in der Regel innerhalb weniger Tage möglich. Die Auswirkungen des Ausfalls einzelner Leitungsabschnitte sind somit bei Erdgasnetzen zeitlich und hinsichtlich des Ausmaßes begrenzt.

Gemäß § 8a (1) des BSIG sind Betreiber kritischer Infrastrukturen verpflichtet, spätestens zwei Jahre nach Inkrafttreten der BSI-KritisV d.h. bis April 2018 angemessene organisatorische und technische Vorkehrungen zur Vermeidung von Störungen der Verfügbarkeit, Integrität, Authentizität und Vertraulichkeit ihrer informationstechnischen Systeme, Komponenten oder Prozesse zu treffen, die für die Funktionsfähigkeit der von ihnen betriebenen kritischen Infrastrukturen maßgeblich sind.

Die folgenden Pflichten für Betreiber kritischer Infrastrukturen sind ebenfalls über § 8 BSIG geregelt:

- Benennung einer Kontaktstelle für das BSI
- Meldung relevanter IT-Störungen an das BSI
- Umsetzung des Standes der Technik bezüglich der IT-Sicherheit mit Nachweisen (erstmalige und wiederkehrende Audits)

Der Anwendungsbereich des BSIG wird im §8c wiederum so eingeschränkt, dass die zuvor beschriebenen §§ 8a und 8b nicht auf Energieanlagen im Sinne des Energiewirtschaftsgesetzes anzuwenden sind. Grund dafür ist, dass bereits im § 11, Absätze 1, 1a, 1b, 1c EnWG mit Inkrafttreten des IT-Sicherheitsgesetzes vergleichbare Regelungen getroffen sind.

Bezogen auf die EUGAL sind somit die neuen Anforderungen durch das IT-Sicherheitsgesetz bereits in den § 11 EnWG eingearbeitet worden. Die oben beschriebenen Pflichten für die Betreiber kritischer Infrastrukturen gelten somit auch für die Betreiber der EUGAL.

## 4. Gesetzliche Grundlagen

### 4.1 Energiewirtschaftsgesetz – EnWG –

Die Gesetzliche Grundlage für Planung, Bau und Betrieb von Erdgastransportleitungen in Deutschland ist das Energiewirtschaftsgesetz - EnWG – /4/. Hier finden sich unter § 3 die folgenden für Erdgastransportleitungen wichtigen Begriffsbestimmungen:

- **Energie** im Sinne des EnWG sind Elektrizität und Gas, soweit sie zur leitungsgebundenen Energieversorgung dienen.
- **Energieanlagen** sind Anlagen zur Erzeugung, Speicherung, Fortleitung oder Abgabe von Energie, soweit sie nicht lediglich der Übertragung von Signalen dienen. Eingeschlossen sind die Verteileranlagen der Letztverbraucher sowie bei der Gasversorgung auch die letzte Absperrereinrichtung vor der Verbrauchsanlage.
- **Gase** im Sinne des EnWG sind Erdgas, Flüssiggas, Biogas, sowie, wenn sie in ein Gasversorgungsnetz eingespeist werden, Wasserstoff, der durch Wasserelektrolyse erzeugt worden ist, und synthetisch erzeugtes Methan, das durch wasserelektrolytisch erzeugten Wasserstoff und anschließende Methanisierung hergestellt worden ist.

Rohrleitungen zum Transport von Erdgas sind demnach Energieanlagen im Sinne des EnWG.

Im § 43 (1) des EnWG wird für die Errichtung und den Betrieb sowie die Änderung von Gasversorgungsleitungen mit einem Durchmesser von mehr als 300 mm (DN 300) ein Planfeststellungsverfahren gefordert. Im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens sind die von dem Bauvorhaben berührten öffentlichen und privaten Belange abzuwägen. Das Planfeststellungsverfahren ist ein umfassendes Genehmigungsverfahren mit konzentrierender Wirkung, welches auch die Beteiligung der Öffentlichkeit vorsieht.

Im § 49(1) des EnWG sind die grundlegenden Anforderungen an Energieanlagen formuliert. Demnach sind Energieanlagen so zu errichten und zu betreiben, dass die technische Sicherheit gewährleistet ist. Dabei sind die allgemein anerkannten Regeln der Technik zu beachten. Die Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Technik wird vermutet, wenn bei Anlagen zur Erzeugung, Fortleitung und Abgabe von Gas die technischen Regeln des DVGW (siehe auch 4.4) eingehalten worden sind.

#### **4.2 Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung – UVPG –**

Das UVPG /5/ regelt die Anwendung von Umweltverträglichkeitsprüfungen und ist Grundlage für die Genehmigung verschiedenster technischer Anlagen. Im § 1 des UVPG ist der Anwendungsbereich beschrieben. Demnach gilt das UVPG für die in der Anlage 1 des UVPG aufgeführten Projekte. Hier finden sich unter der Nr. 19 sämtliche Rohrleitungsbauvorhaben z.B. unter Nr. 19.2 Gasversorgungsleitungen im Sinne des Energiewirtschaftsgesetzes.

Der § 65 des UVPG enthält Vorgaben für die Durchführung der Planfeststellung bzw. Plangenehmigung. Maßgeblich für die Durchführung des Verfahrens ist jedoch bei Erdgashochdruckleitungen § 43 (1) des EnWG. Weitere Einzelheiten sind in den Verwaltungsverfahrensgesetzen (VwVfG) der einzelnen Bundesländer festgelegt.

Der Umfang der Umweltverträglichkeitsprüfung richtet sich nach folgenden Kriterien:

- Merkmale des Vorhabens (Größe, Umweltnutzung und -belastigungen, Umweltrisiko)
- Beschreibung der Umwelt und ihrer Bestandteile im Einwirkungsbereich des Vorhabens
- Beschreibung der zu erwartenden erheblichen nachteiligen Auswirkungen auf Umwelt und Bevölkerung (Ausmaß, Komplexität, Wahrscheinlichkeit, Dauer, Häufigkeit etc.)
- Maßnahmen mit denen erhebliche nachteilige Auswirkungen vermieden, vermin-

dert oder soweit möglich ausgeglichen werden, ggf. Ersatzmaßnahmen

- Übersicht über die wichtigsten, vom Träger des Vorhabens geprüften anderweitigen Lösungsmöglichkeiten

Bereits im April 2014 wurde die europäische UVP-Änderungsrichtlinie 2014/52/EU (UVP-ÄndRL) verabschiedet, welche die bisherige UVP-Richtlinie 2011/92/EU (UVP-RL) modifiziert. Die UVP-Änderungsrichtlinie ist durch das Gesetz zur Modernisierung des Rechts der Umweltverträglichkeitsprüfung vom 20.07.2017 in deutsches Recht umgesetzt worden. Besonders relevant ist die Neuerung, wonach von der Definition der „Umweltauswirkungen“ nun auch solche Auswirkungen umfasst sind, die aufgrund der Anfälligkeit des Vorhabens für schwere Unfällen und Katastrophen zu erwarten sind.

### **4.3 Verordnung über Gashochdruckleitungen**

Die bundesweit geltende Verordnung über Gashochdruckleitungen - GasHDrLtGv – /6/ formuliert grundlegende technische Anforderungen an Gastransportleitungen und verlangt neben dem Planfeststellungsverfahren eine Anzeige des Bauvorhabens bei der örtlich zuständigen Energieaufsicht. Das Bauvorhaben ist gemäß §5 der GasHDrLtGv spätestens 8 Wochen vor Baubeginn unter Einreichung detaillierter technischer Unterlagen anzuzeigen. Der Anzeige ist eine Gutachtliche Äußerung eines gemäß der GasHDrLtGv zugelassenen Sachverständigen beizufügen. Im §6 der GasHDrLtGv ist darüber hinaus festgelegt, dass die Gashochdruckleitung vor Inbetriebnahme durch einen Sachverständigen auf Festigkeit und Dichtheit, Vorhandensein der notwendigen Sicherheitseinrichtungen sowie hinsichtlich Wechselwirkungen mit anderen Leitungen geprüft worden ist und der Sachverständige bestätigt, dass gegen die Inbetriebnahme keine sicherheitstechnischen Bedenken bestehen.

In den §§2 bis 4 der GasHDrLtGv sind grundsätzliche Anforderungen an Gashochdruckleitungen und deren Sicherheitseinrichtungen festgelegt. Diese werden in dem für Erdgastransportleitungen gültigen technischen Regelwerk weiter konkretisiert.

#### 4.4 Technische Regeln

Die besonderen technischen Anforderungen an Erdgastransportleitungen sind in den Technischen Regeln des DVGW, des Deutschen Vereins der Gas- und Wasserfachs, formuliert. Diese Technischen Regeln werden von verschiedenen Technischen Komitees regelmäßig überprüft und bei Bedarf dem Stand der Technik angepasst. Neben dem DVGW-Regelwerk gelten für Erdgastransportleitungen auch andere Technische Regeln, wie z.B. VdTÜV-Merkblätter sowie Unfallverhütungsvorschriften und DIN oder DIN EN Normen.

Im Folgenden sind die wichtigsten DVGW-Arbeitsblätter, VdTÜV-Arbeitsblätter und Normen für Gashochdruckleitungen aufgeführt.

DVGW G 463 / DIN EN 1594 (Gashochdruckleitungen aus Stahlrohren für einen Auslegungsdruck von mehr als 16 bar; Errichtung)

DVGW G 466-1 (Gasleitungen aus Stahlrohren für einen Betriebsdruck größer als 5 bar – Instandhaltung)

DVGW G 469 / DIN EN 12327 (Druckprüfverfahren Gastransport / Gasverteilung)

DVGW G 491 / DIN EN 12186 (Gas-Druckregelanlagen mit Eingangsdrücken bis 100 bar)

DVGW G 497 / DIN EN 12583 (Verdichteranlagen)

DVGW G 498 (Druckbehälter in Rohrleitungen und Anlagen zur leitungsgebundenen Versorgung der Allgemeinheit mit Gas)

DVGW GW 350 (Schweißverbindungen an Rohrleitungen aus Stahl in der Gas- und Wasserversorgung – Herstellung, Prüfung und Bewertung)

DIN EN ISO 3183 Erdöl- und Erdgasindustrie – Stahlrohre für Rohrleitungstransportsysteme

DIN 2413 / DIN EN 13480-3 (Berechnung von Stahlrohren)

VdTÜV Merkblatt 1001 (Bauprüfung von Gasleitungen)

VdTÜV Merkblatt 1060 (Richtlinien für die Durchführung des Stresstests)

## **5. Anwendung der Vorschriften auf die EUGAL**

### **5.1 Genehmigungsverfahren**

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, wurden die Raumordnungsverfahren (ROV) für die EUGAL für die Bundesländer Brandenburg und Sachsen im Januar 2017 bzw. November 2016 begonnen. In Mecklenburg-Vorpommern erfolgte anstelle des Raumordnungsverfahrens eine landesplanerische Anfrage.

Ein Raumordnungsverfahren hat die Aufgabe, die Übereinstimmung des konkreten Vorhabens mit den Zielen und Grundsätzen der Raumordnung und der Landesplanung zu überprüfen. Es ist querschnittsorientiert und integriert somit ökonomische, ökologische, kulturelle und auch soziale Aspekte. Es soll für den Investor Planungssicherheit, auf Basis einer breit angelegten Beteiligung Vorhabensoptimierung und in der Öffentlichkeit Akzeptanz für das Vorhaben schaffen. Es bildet eine Informations- und Beurteilungsbasis für das nachfolgende Zulassungs-/Genehmigungsverfahren, im konkreten Fall das Planfeststellungsverfahren.

Die Eröffnung der Planfeststellungsverfahren ist für die 2. Jahreshälfte 2017 vorgesehen.

Das Planfeststellungsverfahren beinhaltet auch eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP), in der die Auswirkungen des Vorhabens auf die umweltbezogenen Schutzgüter ermittelt, beschrieben und bewertet werden. Umweltbezogene Schutzgüter sind die Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit, Tiere, Pflanzen und die biologische Vielfalt, Boden, Wasser, Luft, Klima, Landschaft, Kultur- und sonstige Sachgüter sowie die Wechselwirkung zwischen diesen. Gemäß §18 UVPG ist die Öffentlichkeit am Verfahren zu beteiligen.

Weitere technische Details für die Erdgastransportleitung werden im Rahmen des Anzeigeverfahrens mit Bewertung durch einen Sachverständigen gemäß GasHDrLtgV festgelegt.

## 5.2 Technische Grundsätze für die EUGAL

Wie aus den uns vorliegenden Unterlagen ersichtlich ist, sind folgende Daten der EUGAL bereits festgelegt.

Äußerer Durchmesser der Leitung:	1420 mm (DN 1400 / 56“)
Wanddicke:	22,3 mm (Mindestwanddicke)
Rohrart:	geschweißtes Stahlrohr
Material:	L 485 ME gemäß DIN EN ISO 3183 Anhang M und besonderen zusätzlichen Anforderungen gemäß GASCADE-Spezifikation
Korrosionsschutz:	PE-Umhüllung, bei HDD, Pressungen oder Micro-Tunnel zusätzlich GFK-Umhüllung, Kathodischer Korrosionsschutz mit Fremdstrom und Fernüberwachung
Regelüberdeckungshöhe:	mindestens 1m, bei Straßen- oder Gewässerquerungen mindestens 1,5 m

### 5.2.1 Planung, Trassenführung, Schutzstreifen

Gemäß Nr. 5.1.1 des DVGW-Arbeitsblatts G 463 sind bei der Trassierung von Gasleitungen deren Sicherheit und der Schutz von Mensch und Umwelt die wichtigsten Einflussgrößen.

Dieser Trassierungsgrundsatz wurde bereits bei der OPAL berücksichtigt, insofern ergeben sich bei der EUGAL keine Änderungen. Die Trassierung erfolgt im weitaus überwiegenden Teil durch land- und forstwirtschaftlich genutztes Gebiet. Auf kurzen Abschnitten erfolgt eine Annäherung an bebaute Gebiete. Auch in diesen Abschnitten ist ein sicherer Betrieb der Gastransportleitung gewährleistet, wie in der systematischen Gefahrenanalyse (Anlage 1) dargestellt ist.

### **5.2.1.1 Schutzstreifen**

Die Gashochdruckleitung wird entsprechend der Vorgaben aus dem DVGW-Arbeitsblatt G 463 zur Sicherung ihres Bestandes, des Betriebes und der Instandhaltung, sowie gegen Einwirkung von außen in einem Schutzstreifen von 12 m Breite verlegt. Die Rohrachse liegt mittig im Schutzstreifen. Innerhalb dieses Schutzstreifens dürfen keine Gebäude oder sonstige bauliche Anlagen errichtet werden. Darüber hinaus sind alle Tätigkeiten, die den Bestand der Leitung gefährden könnten, z.B. Überfahrten mit schweren Baumaschinen, Erdarbeiten, Bohrungen, Verlegen von Leitungen nicht zulässig. Durch das Verbot dieser Tätigkeiten ist der Schutzstreifen von Erdgastransportleitungen ein wirksames Mittel zur Erhöhung der Leitungssicherheit.

Über den Schutzstreifen hinaus gibt es in den deutschen Regelwerken für Erdgastransportleitungen keine Forderungen nach einem Mindestabstand z.B. zu Wohngebieten. Aufgrund konkurrierender Raumnutzung, insbesondere in Ballungsgebieten, sind Abstände von Pipelinetrassen zu Wohngebäuden von mehreren hundert Metern nicht realisierbar. Es wird deshalb für Gastransportleitungen und Rohrfernleitungen ein besonders hoher Sicherheitsstandard durch die geltenden Regelwerke festgelegt.

### **5.2.1.2 Kreuzung und Parallelführung**

Zur Vermeidung der gegenseitigen Beeinflussung anderer unterirdischer Rohrleitungen und Kabel sind im DVGW-Arbeitsblatt G 463 Mindestabstände für die Kreuzung und die Parallelverlegung vorgeschrieben. Diese Mindestabstände sorgen dafür, dass ein ausreichender Abstand zwischen der Erdgastransportleitung und anderen unterirdisch verlegten Rohrleitungen, Abwasserkanälen, Kabeln etc. eingehalten wird und dadurch keine negativen Wechselwirkungen der Leitungen untereinander entstehen können. Im Falle der EUGAL wird bei Parallelführung ein Regelachsabstand von 10 m zu anderen Leitungen vorgesehen. Die längste Parallelführung erfolgt mit der bereits bestehenden OPAL-Gashochdruckleitung auf einer Gesamtlänge von 412 km. Insbesondere in Brandenburg und Sachsen erfolgt auch auf längeren Strecken eine Parallelverlegung zu Mineralöl-, Mineralölproduktenleitungen und

anderen Erdgasleitungen (DOW, EWE, ONTRAS, MVL).

Da es sich bei den parallelen Rohrleitungen um Rohrfernleitungen oder Gashochdruckleitungen handelt, kann davon ausgegangen werden, dass alle bestehenden Fernleitungen entsprechend den einschlägigen technischen Regeln insbesondere hinsichtlich der Werkstoffe ausgelegt, gebaut wurden und betrieben werden.

Gemäß Kapitel 5.1.5 des DVGW-Arbeitsblattes G 463 ist bei Einhaltung der genannten Mindestabstände bei Parallelverlegung eine gegenseitige Beeinflussung unabhängig vom Leitungsdurchmesser grundsätzlich nicht zu erwarten. Bei kurzen Abschnitten einer Parallelverlegung zu einer bereits bestehenden Rohrleitung außerhalb öffentlicher Verkehrsflächen werden im DVGW-Arbeitsblatt G 463 in Abhängigkeit des Durchmessers der vorhandenen Leitung Abstände von 1 m (bis DN 150), 1,5 m (DN 200 bis DN 400) bis 3,5 m (mehr als DN 900) empfohlen. Der gewählte Regelachsabstand der Parallelverlegung ist bei der EUGAL mit 10 m etwa 3mal so groß wie der größte im DVGW-Arbeitsblatt G 463 genannte Wert.

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

Bezüglich der Auswirkungen eines Leitungsbruches auf benachbarte erdverlegte Leitungen sind bereits in den sechziger und siebziger Jahren zahlreiche Untersuchungen durchgeführt worden. Dabei wurde eine unterirdisch verlegte Rohrleitung DN 250 so manipuliert, dass sie bei einem Innendruck von 120 atü  $\approx$  117,6 bar aufriß. Der Einfluss auf eine parallel verlegte Leitung mit gleichen Abmessungen im Abstand von 0,2 m, 0,4 m und 0,6 m wurde bei verschiedenen Risspositionen untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass die parallel verlegte Leitung aufgrund der Druckwelle zwar verformt und eingebault wurde, aber nicht durch Anrisse geschädigt wurde oder gar aufriß. 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.

Der für die EUGAL gewählte Regelachsabstand von 10 m zu vorhandenen Rohrleitungen ist daher ausreichend groß gewählt, damit sich hinsichtlich der obengenannten Aspekte keine gegenseitigen nachteiligen Auswirkungen ergeben.

### **5.2.1.3 Abstand zu Windenergieanlagen**

Diverse Konzentrationszonen bzw. Eignungsgebiete für die Windenergiegewinnung werden auf der gesamten Trasse tangiert. Es werden auch bestehende Windparks durchquert. Größere bestehende Windparks werden an folgenden Stellen gequert: in Mecklenburg-Vorpommern bei Wusterhusen MV6/7 in Brandenburg bei Schenkenberg BB 5 bis BB 7, Frauenhagen (BB 44 bis BB 46), Parstein (BB 60 bis BB 62), Lüdersdorf (BB 95 bis BB 97) und Zinndorf (BB 120 bis BB 122) sowie in Sachsen bei Dörnthal / Voigtsdorf (SN 83,5 bis SN 86).

Eine Gefährdung der Gashochdruckleitung durch Windenergieanlagen kann ggf. durch Rotorabwurf oder durch ein Umstürzen der Windenergieanlage oder den Absturz des Generators erfolgen. Hinsichtlich der Maßnahmen zur Verhinderung eines Schadens an einer erdgedeckten Erdgasleitung im Bereich von Windenergieanlagen wird auf das Rundschreiben des DVGW G 07/15 verwiesen, welches die Einhaltung von Mindestabständen empfiehlt. Diese Mindestabstände von 35 m werden eingehalten.

In Kapitel 5.1.8 des DVGW-Arbeitsblattes G 463 findet sich zusätzlich der Hinweis, dass ggf. Abstände zu Windenergieanlagen hinsichtlich der möglichen mechanischen Gefährdung der Leitung und in Bezug auf mögliche elektrische Beeinflussungen festzulegen sind. Hier sind insbesondere die Anforderungen des DVGW-Arbeitsblatts GW 22 zu beachten.

#### **5.2.1.4 Baugrunduntersuchung, Auftriebssicherung**

Die Untersuchung des Baugrunds der Rohrleitungstrasse erfolgt im Rahmen der Trassenplanung. In bekannten sensiblen Gebieten wird die Dichte der Bodenuntersuchungen erhöht. Hierdurch können Maßnahmen konzipiert werden, die eine Gefährdung der Leitung durch Bodenbewegungen weitestgehend ausschließen.

Im Bereich von Gewässerquerungen und Überschwemmungsgebieten, wo es eventuell zu einem Aufschwimmen der Leitung kommen kann, werden geeignete Maßnahmen zur Sicherung der Rohrleitung gegen Auftrieb vorgenommen.

#### **5.2.1.5 Erdbebengefährdung**

Ein weiterer Aspekt, der bei der Trassenwahl berücksichtigt wird, ist die mögliche Gefährdung der Erdgastransportleitung durch Erdbeben. Angaben über die Erdbebengefährdung in Deutschland sind in der DIN EN 1998-1/NA zu finden. In dieser Norm findet sich im Bild NA.1 die Darstellung der Erdbebenzonen der Bundesrepublik Deutschland. Entsprechend der potentiellen Erdbebengefährdung wird das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in die Erdbebenzonen 0 bis 3 eingeteilt. Dabei zählen die Erdbebenzonen 1 bis 3 als Gebiete geringer Seismizität, die Erdbebenzone 0 ist sogar als Gebiet sehr geringer Seismizität einzustufen.

Einzelheiten zur Beurteilung der Gefährdung von eingerdeten Gashochdruckleitungen durch Erdbeben in deutschen Erdbebengebieten sind in /16/ erläutert. Dort wird dargelegt, dass bei Verwendung der von Werkstoffen mit Streckgrenzen von mehr als 360 N/mm<sup>2</sup> innerhalb der Bundesrepublik Deutschland die Grenzbelastbarkeit einer Gashochdruckleitung auch in der Erdbebenzone 3 unter der Annahme von

sehr konservativen Randbedingungen nicht überschritten würde.

Die Trasse der EUGAL verläuft ausschließlich durch Gebiete, die keiner Gefährdung durch Erdbeben unterliegen (außerhalb Zone 0). In der Erdbebenzone 0 und außerhalb dieser Zone ist gemäß DIN EN 1998-1 keine Betrachtung der Gefährdung erforderlich.

Stahlrohrleitungen sind durch die unterirdische Verlegung wenig empfindlich gegen Erdbebeneinwirkungen, da sie nicht, wie Hochhäuser, zu Eigenschwingungen angeregt werden können. Außerdem ist eine Rohrleitung aus verschweißten Stahlrohren sehr viel elastischer, als ein Gebäude aus Beton oder Stein. Bisher sind in Deutschland keine Schäden an Gastransportleitungen bekannt, die durch Erdbeben verursacht sind. Diverse von uns und anderen Sachverständigen durchgeführte Abschätzungen /16/ zeigen, dass selbst in den Erdbebenzonen 2 und 3 eine unmittelbare erdbebenbedingte Beschädigung der Erdgastransportleitung bei ordnungsgemäßer Verlegung der Leitung nicht eintreten kann.

## **5.2.2 Konstruktion, Rohrmaterial, Berechnung, Prüfung, Sicherheitseinrichtungen, Korrosionsschutz**

Im Kapitel 5 des DVGW-Arbeitsblattes G 463 sind die grundsätzlichen Anforderungen für Planung und Konstruktion von Gashochdruckleitungen aufgeführt. Diese werden in den folgenden Kapiteln ausführlich beschrieben.

### **5.2.2.1 Konstruktion und Sicherheitseinrichtungen**

Gasleitungen sind gemäß Kap. 5.2.1 des DVGW-Arbeitsblattes G 463 mindestens für den maximal zulässigen Betriebsüberdruck (MOP) auszulegen. Im Falle der EUGAL betragen sowohl der MOP wie auch der Auslegungsdruck DP 100 bar.

Besondere Sicherheitseinrichtungen wie z.B. Sicherheitsabsperrventile (SAV) der Erdgastransportleitung sprechen bei Erreichen des MOP an und sorgen dafür, dass der Druck nicht weiter ansteigt und somit keine unzulässigen Betriebszustände auftreten.

Die EUGAL ist in Übereinstimmung mit Kap. 5.2.1 des DVGW-Arbeitsblattes so konstruiert, dass sie mit Molchen z.B. für spätere Integritätsprüfungen befahren werden kann. Mit sogenannten intelligenten Prüfmolchen können die Erdgasleitungen während des Betriebs auf geometrische Verformungen wie z.B. Beulen, mögliche Korrosionsstellen und andere Wanddickenschwächungen untersucht werden.

In regelmäßigen Abständen werden fernbetätigte Absperrarmaturen in die Gas-transportleitung eingebaut, mit denen die Austrittsmengen im Schadensfall reduziert werden können. Für die EUGAL sind 32 Absperrstationen geplant. Der Abstand zwischen diesen Stationen beträgt zwischen 6,5 km und 17,6 km und entspricht somit den Anforderungen des DVGW-Arbeitsblattes G 463. Zwischen den Stationen Paseswalk und Schenkenberg wird der größte im DVGW Arbeitsblatt genannte Wert von 18 km aufgrund regionaler Gegebenheiten um ca. 0,5 km überschritten. Dieser Fall wurde durch einen anerkannten Sachverständigen gesondert bewertet.

#### **5.2.2.2 Rohrmaterial, Berechnung, Prüfung**

Die Anforderungen für Rohre, Rohrbögen und sonstige Rohrleitungsteile, aus denen die Gastransportleitung gebaut wird, sind unter Kap. 3.2.1.1 bis 3.2.1.7 des DVGW-Arbeitsblattes genannt.

Für Rohre und Rohrbögen dürfen demnach nur besonders verformungsfähige (zähe) Werkstoffe mit definierter Zusammensetzung und festgelegten mechanischen Eigenschaften verwendet werden. Diese Eigenschaften sind für Stahlrohre in der DIN EN ISO 3183, Anhang M, den technischen Lieferbedingungen für Stahlrohre für brennbare Medien, festgelegt. Die zum Einsatz kommenden Werkstoffe für Rohre, Rohrbögen und sonstige Komponenten haben sich seit vielen Jahrzehnten im Rohrleitungsbau bewährt.

Bei der EUGAL kommt als Werkstoff für Rohre und Rohrbögen ein L 485 ME gemäß DIN EN ISO 3183, Anhang M zum Einsatz. Dieser Werkstoff zeichnet sich durch eine hohe Festigkeit bei gleichzeitig guter Zähigkeit aus. Zusätzlich gilt für das Rohrmaterial der EUGAL die Spezifikation der GASCADE, in der weitere besondere An-

forderungen festgelegt worden sind, die über die Anforderungen der DIN EN ISO 3183, Anhang M hinausgehen.

Die Herstellerfirmen von Rohren, Rohrbögen und sonstigen Bauteilen müssen besondere Qualifikationen nachweisen und werden regelmäßig durch unabhängige Sachverständige überprüft.

Auch die Berechnungsgleichungen zur Bestimmung der Wanddicke der Rohre und Rohrkomponenten sind seit Jahrzehnten bewährt. Die Auslegung der Erdgastransportleitung für den Auslegungsdruck von 100 bar erfolgt gemäß den Vorgaben der DIN EN 1594 und des DVGW-Arbeitsblattes G 463. Alle Berechnungen werden durch unabhängige Sachverständige im Rahmen des Anzeigeverfahrens nach GasHDrLtgV überprüft.

Bei der Berechnung der Wanddicken wird gemäß den Vorgaben des DVGW-Arbeitsblattes G 463 ein Sicherheitsbeiwert  $S^1$  von 1,6 verwendet. Der Sicherheitsbeiwert von 1,6 bedeutet, dass die Wanddicke der Leitung um 60% dicker ist, als dies für den Auslegungsdruck erforderlich wäre. Konkret bedeutet das für die EUGAL, dass die Wanddicke so groß ist, dass die Leitung einen Druck von mindestens 160 bar aushält, obwohl der Auslegungsdruck nur 100 bar beträgt.

In der Europäischen Norm für Erdgastransportleitungen, der DIN EN 1594, ist lediglich ein Sicherheitsbeiwert von mindestens 1,39 vorgeschrieben. Der in Deutschland anzuwendende Sicherheitsbeiwert ist also erheblich höher, was dazu führt, dass die Rohre eine größere Wanddicke haben, wodurch später auftretende Zusatzbeanspruchungen unbeschadet aufgenommen werden können und ein höherer Widerstand gegen mechanische Beschädigung gegeben ist. Die Gefahr einer Beschädigung von Rohrleitungen mit größeren Wanddicken ist deutlich verringert (vgl. 3.2).

Die für Erdgastransportleitungen zulässigen Rohre und Rohrleitungsteile werden

---

<sup>1</sup> In der DIN EN 1594 wird für die Berechnung anstelle des Sicherheitsbeiwerts  $S$ , dessen Kehrwert, der Nutzungsgrad  $f_0$  verwendet.

schon im Herstellerwerk umfangreichen zerstörenden Prüfungen zur Ermittlung der Materialeigenschaften und zerstörungsfreien Prüfungen zur Feststellung der Fehlerfreiheit unterzogen. Die Anforderungen sind in der DIN EN ISO 3183, Anhang M festgelegt. Die Prüfungen werden durch einen unabhängigen Sachverständigen begleitet und in einem sogenannten Abnahmeprüfzeugnis bescheinigt.

### **5.2.2.3 Korrosionsschutz**

Wie in Kapitel 5.1.11 des DVGW-Arbeitsblattes G 463 festgelegt, müssen Gashochdruckleitungen einen den zu erwartenden mechanischen oder anderen korrosionsverursachenden Beanspruchungen entsprechenden, dauerhaft wirksamen Korrosionsschutz erhalten. Der Korrosionsschutz für Erdgasleitungen ist immer zweistufig aufgebaut und besteht aus einem passiven Schutz durch eine widerstandsfähige Kunststoffumhüllung aus PE (Polyethylen) oder, bei größerer Beanspruchung, PP (Polypropylen), die fest auf der Rohraußenwand verklebt ist und einem aktiven Korrosionsschutz mit Fremdstrom (kathodischer Korrosionsschutz), damit eventuelle kleinste Fehler in der Rohrumhüllung nicht zu Korrosionsschäden führen. Bei besonders beanspruchten Leitungsbauwerken wie z.B. Durchpressungen oder Horizontalbohrungen (HDD – Horizontal Directional Drilling) wird das Rohr zusätzlich zur Kunststoffumhüllung mit GFK-Binden umwickelt. Diese zusätzliche GFK-Umhüllung hält auch härtesten Belastungen stand.

Gemäß dem uns vorliegenden Korrosionsschutzkonzept für die EUGAL wird der gesamte Leitungsabschnitt, mit einem kathodischen Korrosionsschutzsystem versehen. Bei der Planung wurden mögliche Hochspannungsbeeinflussungen durch Hochspannungsfreileitungen und Bahnstromleitungen untersucht. Die Vorzugstrasse verläuft in mehreren Teilabschnitten in Parallellage zu Hochspannungsfreileitungen, hier sind ggf. Maßnahmen zur Verhinderung von Hochspannungsbeeinflussungen zu ergreifen. In Mecklenburg-Vorpommern sind dies längere Abschnitte bei Wrangelsburg/Kühlenhagen (MV 12 bis MV17) und Ducherow (MV 52 bis MV 58), in Brandenburg südlich von Ludwigsburg bis Polßen (BB 11 bis BB 14 und BB 21 bis BB 30), bei Oderberg (BB 68 bis BB 70,5), Radeland bis Dornswalde (BB 184 bis BB 190) und in Sachsen SN16 bis SN 21, SN 26 bis SN 27, SN 29 bis SN 30.

Im restlichen Leitungsverlauf erfolgt keine Parallelführung mit Hochspannungsfreileitungen und Bahnstromleitungen, dort sind keine Hochspannungsbeeinflussungen zu befürchten.

Der endgültige Nachweis der Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzsystems einschließlich der Erdungsanlagen erfolgt nach einer ausreichenden Polarisationszeit (ca. 1 Jahr). Die laufende Überwachung des KKS-Systems erfolgt durch regelmäßige Überprüfung der Schutzstromein Speiseanlagen durch Messung des Einspeisestroms und der Einspeisespannung und Überwachungsmessungen der Schutzpotentiale und Rohrströme in den Absperrstationen mit Fernüberwachung. Umhüllungsbeschädigungen werden dadurch sehr schnell erkannt. Die geplante kathodische Korrosionsschutzanlage der EUGAL entspricht dem aktuellen Stand der Technik.

Da das Erdgas vor der Einspeisung in die Transportnetze soweit getrocknet wird, dass keine Feuchtigkeit (Kondensat) ausfällt, ist ein Schutz gegen Innenkorrosion bei Erdgastransportleitungen nicht erforderlich. Bei trockenen Gasen kann es nicht zu Korrosionserscheinungen auf der Rohrinne seite kommen.

### **5.2.3 Bauausführung – Rohrdeckung, Schweißnähte, Dokumentation, Prüfungen, Kennzeichnung**

Anforderungen an die Bauausführung von Gasleitungen sind unter Kapitel 6 des DVGW-Arbeitsblatts G 463 beschrieben.

Gemäß Kapitel 6.4 des DVGW-Arbeitsblatts G 463 werden die Rohre und sonstigen Rohrleitungsteile wie Rohrbögen, Armaturen, Flansche durch Schweißverbindungen verbunden. Die schweißtechnischen Anforderungen sowie die Anforderungen an die Prüfung und Bewertung der Schweißnähte wurden in einem eigenen DVGW-Arbeitsblatt (GW 350) festgelegt. Danach dürfen die Schweißarbeiten nur von besonders qualifizierten Unternehmen mit geprüften Schweißern durchgeführt werden. Zur Überprüfung der Schweißnahtqualität werden Testnähte aus der Rohrleitung entnommen, die zerstörend geprüft werden und darüber hinaus alle Schweißnähte mit Röntgenstrahlen (RT – Radiographic Testing) oder mittels Ultraschall (UT –

Ultrasonic Testing) auf Fehler geprüft. Die Überprüfung der Schweißnähte erfolgt nach dem Mehraugenprinzip durch die Fachfirma, die Bauaufsicht und durch den unabhängigen Sachverständigen. Hierdurch kann eine hohe Qualität der auf der Baustelle gefertigten Schweißnähte gewährleistet werden. Durch die 100%ige zerstörungsfreie Prüfung der Schweißnähte erreicht die EUGAL ein sehr hohes technisches Sicherheitsniveau.

Angaben über die eingebauten Rohre und Rohrleitungsteile, die Prüfung der Schweißnähte, die eingesetzten Schweißer, die erforderlichen Zulassungen der Unternehmer, des Schweiß-, Prüf- und Umhüllungspersonals und vieles mehr werden in einer technischen Dokumentation festgehalten, damit eine einwandfreie Rückverfolgbarkeit gewährleistet ist.

Nach Fertigstellung der Rohrumhüllung und nochmals, unmittelbar vor dem Absenken der Rohrleitung in den Rohrgraben wird die Rohrumhüllung mit Hochspannung auf Fehlerfreiheit getestet. Zusätzlich wird durch die Bauaufsicht und durch den Sachverständigen kontrolliert, ob die Rohrgrabensohle frei von Steinen oder sonstigen Fremdkörpern ist und dann die Leitung mit steinfreiem Verfüllmaterial umgeben.

#### **5.2.4 Druckprüfung**

Nach der Verlegung und vor der Inbetriebnahme wird die Gastransportleitung einer Wasserdruckprüfung unterzogen. Die Wasserdruckprüfung ist eine integrale Prüfung der Rohrleitung, mit der festgestellt werden kann, ob die Leitung fachgerecht konstruiert, verlegt und geprüft worden ist. Die Prüfung wird bei der EUGAL aufgrund des Betriebsdrucks, der Länge und des Durchmessers gemäß der Empfehlung des DVGW-Arbeitsblatts G 463 als sogenannte Stressdruckprüfung durchgeführt. Bei der Stressdruckprüfung werden die Rohre und Rohrbögen bis an ihre tatsächliche Streckgrenze belastet. Der bei der Stressdruckprüfung erreichte Prüfdruck stellt den höchstmöglichen Druck dar, der bei einer Druckprüfung erreicht werden kann, ohne die Rohrleitung zu schädigen. Hierdurch können auch kleinste Fehler in der Rohrwand festgestellt und eliminiert werden, darüber hinaus werden durch die Stressdruckprüfung Formabweichungen und Spannungen in der Rohrleitung abgebaut,

was zu einer Verringerung der Spannungen im späteren Betriebszustand führt.

Nach der Druckprüfung wird die Leitung mit einem Geometriemolch auf eventuelle Verformungen wie z.B. Ovalitäten, Beulen, Knicke untersucht. Eine Inbetriebnahme kann nur nach dem Nachweis der Beulenzfreiheit erfolgen.

Nach der erfolgreich absolvierten Druckprüfung und der Molchuntersuchung wird das Wasser aus der Rohrleitung entfernt. Dazu wird das Wasser mit Scheibenmolchen und/oder Schaumstoffmolchen aus der Leitung gedrückt. Die noch in der Rohrleitung verbliebene Restfeuchte wird durch das Durchblasen mit trockener Luft entfernt. Die ausreichende Trockenheit der Rohrwand wird durch eine Taupunktmessung gewährleistet.

#### **5.2.5 Betrieb und Instandhaltung**

Der Betrieb von Erdgastransportleitungen erfolgt gemäß § 4 der GasHDrLtgV von einer ständig besetzten Dispatchingzentrale aus. In dieser Dispatchingzentrale werden alle relevanten Betriebsgrößen, wie Drücke und Durchflüsse angezeigt und ständig überwacht. Die Dispatchingzentrale ist über entsprechende Kommunikationseinrichtungen jederzeit erreichbar.

Wesentliche Betriebsvorgänge, die laufende Überwachung und Instandhaltung der Leitung werden dokumentiert.

Zur Beseitigung von Störungen und zur Schadensbekämpfung wird ein ständig erreichbarer Bereitschaftsdienst eingerichtet. Dieser Bereitschaftsdienst verfügt über ausreichend geeignetes Personal, Fahrzeuge und Werkzeuge, um Folgeschäden zu verhindern oder zu beseitigen und notwendige Reparaturen sofort vornehmen zu können. Der Bereitschaftsdienst wird durch andere Gasnetzbetreiber unterstützt.

Die Gasleitung wird mindestens alle 3 Wochen befliegen. Einmal jährlich wird in bebauten Gebieten eine Dichtheitsprüfung nach dem DVGW-Arbeitsblatt G 465-1 unter Verwendung von Gasspürgeräten durchgeführt. Hierdurch kann gewährleistet werden, dass in bebauten Gebieten Leckagen festgestellt werden können bevor es zu

einer Gefährdung kommt. Darüber hinaus werden Veränderungen in der Umgebung der Gastransportleitung festgestellt, wie z.B. Bauarbeiten, Grabungen, und es können umgehend Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

### **5.2.6 Integrität**

GASCADE wendet als Betreiber eines Gastransportfernleitungsnetzes die DIN EN 16348 an, um den integeren Zustand der Pipelines für einen sicheren und zuverlässigen Transport zu bewahren. Durch verschiedene Inspektionsverfahren werden zustandsbeschreibende Daten ermittelt. Die Ergebnisse der Inspektionsverfahren werden gemeinsam mit anderen für die Leitungsintegrität relevanten Daten in Datenbanken gehalten und für die Integritätsbewertung georeferenziert. Das ermöglicht die Bewertung des technischen Zustandes und damit den Nachweis der technischen Integrität an jeder Position des Pipelinenetzes.

### **5.3 Schadensfallbetrachtung**

Aus den vorliegenden Schadensstatistiken für Rohrleitungen (vgl. Kapitel 3.2) ist ersichtlich, dass die Hauptursache für Unfälle die Einwirkung von außen mit ca. 50% aller Schäden ist. Diese Beschädigungen können auch zu Unfällen mit größeren Auswirkungen führen.

Wie bereits in Kapitel 3.2 dargelegt, ist eine Beschädigung der EUGAL durch äußere Einwirkungen aufgrund des Außendurchmessers von 1420 mm, einer Mindestwanddicke von 22,3 mm sowie einer Regelüberdeckung von mindestens 1 m allerdings als höchst unwahrscheinlich einzustufen. Da eine Beschädigung nicht mit 100% iger Sicherheit auszuschließen ist, wurden wir zur Ermittlung und Bewertung der Gefahren infolge einer Beschädigung der Erdgastransportleitung von Außen verschiedene Berechnungen durchgeführt, deren Ergebnisse nachfolgend zusammengefasst sind.

Für die Berechnungen wird unterstellt, dass die Leitung durch äußere Einwirkung beschädigt wird. Aufgrund der Wanddicke der Rohrleitung ist eine Beschädigung durch landwirtschaftliche Tätigkeiten oder übliche Bautätigkeiten (z. B. Bagger) nicht zu unterstellen, jedoch können Beschädigungen durch spezielle Tätigkeiten (z. B.

Bohrungen) nicht vollständig ausgeschlossen werden. Konservativ wird eine Leckgröße mit einer Austrittsfläche von 4 cm x 5 cm angenommen, die abdeckend für mögliche Beschädigungen durch Tätigkeiten im Umfeld der Leitung ist. Diese Leckgröße ist aufgrund der unter Kapitel 5.2 beschriebenen Maßnahmen als worst-case-Betrachtung zu sehen. Das Auftreten größerer Leckagen ist aufgrund der getroffenen Gegenmaßnahmen sowie in Übereinstimmung mit der Feststellung im EGIG-Report (siehe Kap.3.2.1), dass bei Leitungen mit einer Wanddicke > 15 mm bislang keine Schäden aufgetreten sind, als praktisch ausgeschlossen einzustufen und wird deshalb nicht untersucht.

Bei der angenommenen Austrittsfläche von 20 cm<sup>2</sup> und einem Betriebsdruck von 100 bar beträgt der Freisetzungsmassenstrom 23,8 kg/s. Es bildet sich ein Freistrahls aus, in dem durch Lufteinmischung die Gaskonzentration in den Bereich der Explosionsgrenzen (UEG / OEG) verdünnt wird. Unsere Berechnungen mit dem Programm ProNuSs Version 8.13 zeigen, dass sich ein zündfähiges Erdgas-Luft-Gemisch nur in einem sehr eng begrenzten Bereich des Freistrahls ausbildet. Die Berechnung des vertikalen Freistrahls bei einem Austrittswinkel von 90° mit der Begrenzung der Isokonzentrationslinie von 4,4 Vol% entsprechend der unteren Explosionsgrenze (UEG) von Erdgas ergibt eine Höhe von ca. 11 m und eine maximale Breite von ca. 1 m bei konservativen Bedingungen (Windstille). Außerhalb dieses Bereichs tritt keine explosionsfähige Atmosphäre auf, da die Erdgaskonzentration zu gering ist.

Durch Windeinwirkung kann sich durch seitliche Ablenkung des Freistrahls eine horizontale Verschiebung der Kontur ergeben. Diese beträgt bei einer Windgeschwindigkeit von 10 m/s etwa 2 m. Die Masse an Methan innerhalb der Explosionsgrenzen von 4,4 Vol% (UEG) und 16,5 % (OEG) (explosionsfähige Masse) innerhalb des Freistrahls beträgt weniger als 1 kg.

Nach /2/ und /14/ ist die Wahrscheinlichkeit für die Zündung des austretenden Erdgases von der Leckgröße und den Umgebungsbedingungen abhängig. Sie beträgt im Falle einer großen Leckage für Leitungsdurchmesser von mehr als 400 mm etwa 32-33 %. Wir haben deshalb konservativ angenommen, dass es zu einem Brand

und zur Explosion kommt. Für die nachfolgende Betrachtung der Auswirkungen eines Freistrahls-Feuers und einer Explosion werden die in den Störfallbetrachtungen gemäß Bundes-Immissionsschutzgesetz üblichen Grenzwerte einer Strahlungsbelastung von  $1,6 \text{ kW/m}^2$  und eines Spitzenüberdrucks von 100 mbar verwendet. Die Strahlungsbelastung von  $1,6 \text{ kW/m}^2$  stellt für den Menschen die Grenze für den Beginn nachteiliger Auswirkung dar. Die maximale Sonneneinstrahlung auf der Erdoberfläche beträgt zum Vergleich  $1,3 \text{ kW/m}^2$ . Ein Spitzenüberdruck von 100 mbar kann zur Zerstörung gemauerter Wände führen, unmittelbare Personenschäden treten nicht ein.

Bei einer Entzündung des horizontalen Freistrahls beträgt die Flammenlänge ca. 50 m und der mittlere Flammendurchmesser ca. 9,5 m. Eine Strahlungsbelastung von  $1,6 \text{ kW/m}^2$  wird in einer seitlichen Entfernung von weniger als 80 m in Bodenhöhe unterschritten.

Die Explosionsauswirkungen bei Zündung des Freistrahls sind vergleichsweise gering. Ein maximaler Explosionsüberdruck von 100 mbar wird nur im unmittelbaren Umfeld des Freistrahls ( $< 10 \text{ m}$ ) überschritten.

Die Auswirkungen der angenommenen Leckage sind örtlich sehr begrenzt und führen nur im unmittelbaren Nahbereich der Leckstelle zu negativen Auswirkungen. Aufgrund der Trassenwahl existieren nur wenige, sehr kurze Leitungsabschnitte, mit Wohnbebauung, in denen eine mögliche Leckage zu negativen Auswirkungen führen kann.

Im Leckagefall werden schnellstmöglich Maßnahmen gemäß dem Informations- und Krisenmanagementhandbuch der GASCADE Gastransport GmbH ergriffen. Diese sind im Einzelnen im Kapitel 5.5 beschrieben.

#### **5.4 Systematische Gefahrenbetrachtung**

Im Anhang 1 haben wir für die EUGAL eine systematische Gefahrenbetrachtung durchgeführt, in der die möglichen Gefahren für die Erdgastransportleitung berücksichtigt und die konkret realisierten Gegenmaßnahmen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit bewertet werden.

In die systematische Gefahrenbetrachtung sind die aus den Schadensstatistiken der EGIG ermittelten Hauptschadensursachen eingeflossen.

- Mechanisches Versagen
  - Konstruktionsfehler
  - Materialfehler
  
- Betrieblich bedingtes Versagen
  - Betriebsstörung
  - Fehlbedienung
  
- Korrosion
  - Äußere Korrosion
  - Innere Korrosion
  - Spannungsrisskorrosion
  
- Erdbewegungen, Naturkatastrophen
  - Bodensenkungen / Erdrutsche/ Erdbeben
  - Überflutung
  - Andere
  
- Beschädigung durch Dritte
  - Versehentlich, Leck unmittelbar
  - Vorsätzlich, Leck unmittelbar
  - Leck als Folgeschaden aus Beschädigung durch Dritte (z.B. Beule)
  
- Beschädigung durch umgebungsbedingte Faktoren
  - Windenergieanlagen
  - Flugzeuge

Die möglichen Schadensursachen wurden hinsichtlich der getroffenen Gegenmaßnahmen, die bereits durch das DVGW-Regelwerk vorgeschrieben sind bzw. zusätz-

lich bei der EUGAL angewendet werden, bewertet.

Im Ergebnis zeigt die Gefahrenbetrachtung, dass die EUGAL aufgrund der technischen Parameter, der vorherrschenden äußeren Bedingungen und der zusätzlich getroffenen Maßnahmen gemäß dem geltenden technischen Regeln einen hohen sicherheitstechnischen Standard aufweist und dadurch ein sicherer Betrieb gewährleistet ist.

## **5.5 Alarm- und Gefahrenabwehrplanung**

Trotz des in den vorangegangenen Kapiteln dargelegten hohen Sicherheitsstandards ist zum Betrieb der EUGAL Vorsorge getroffen, um im Falle eines „Dennoch-Szenarios“ das potentielle Schadensausmaß zu minimieren.

Vor Inbetriebnahme wird die EUGAL in den bestehenden Alarmplan der GASCADE Gastransport GmbH integriert. Dieser ist Bestandteil des Informations- und Krisenmanagementhandbuchs der GASCADE Gastransport GmbH und sieht gemäß den Vorgaben in den geltenden Gesetzen und Verordnungen Regelungen bzw. Handlungsanweisungen zu folgenden Sachverhalten vor:

- Regelungen zu Kommunikations- und Meldewegen im Falle einer Betriebsstörung oder eines Schadensereignisses (Bereitschaftsdienst, öffentliche Stellen wie Polizei und Feuerwehr)
- Handlungsanweisungen, wie im Falle einer Betriebsstörung oder eines Schadensereignisses vorzugehen ist (z. B. Druckabsenkung in der Leitung, gezieltes Absperren oder Entleeren von Anlageteilen bzw. Rohrleitungsabschnitten)

Darüber hinaus ist im Informations- und Krisenmanagementhandbuch und im Alarmplan der GASCADE Gastransport GmbH festgelegt, welches Personal und welche Geräte zur Schadensminderung erforderlich sind und wo diese bereitgehalten werden. Auch die Zusammenarbeit mit öffentlichen Stellen wie Polizei und Feu-

erwehr wird im Alarmplan geregelt, um den größtmöglichen Schutz der Bevölkerung und der Umwelt zu gewährleisten.

## 6. Fazit

Mit Pipelines können große Energiemengen sicher, umweltschonend und wirtschaftlich über lange Strecken transportiert werden. Dabei schneiden Pipelines im Vergleich mit anderen Transportmitteln wie Straßentankwagen, Eisenbahnen und Schiffe bei der Anzahl der Unfälle mit großem Abstand am besten ab. Dies wird durch verschiedenste Schadensstatistiken wie z.B. der EGIG und des DVGW seit Anfang der 70er Jahre belegt und auch durch andere Studien, wie z.B. den BAM-Forschungsbericht bestätigt.

Die große Transportsicherheit und hohe Verfügbarkeit bei Pipelines wird durch hohe Sicherheitsstandards sowohl bei Planung und Trassenwahl als auch bei Bau und Betrieb erreicht. So kommen nur zertifizierte Komponenten und Materialien zum Einsatz, die hinsichtlich ihrer Eignung und Zuverlässigkeit besonderen Anforderungen genügen. Es werden besondere Schutzvorkehrungen und Sicherheitseinrichtungen zum Erkennen und Verhindern von Störungen und zur Begrenzung des Schadensausmaßes eingesetzt. Weiterhin werden Pipelines hinsichtlich ihres Zustands und ihrer Dichtheit regelmäßig besonders überwacht. Darüber hinaus erfolgen Prüfungen durch Eigen- und Fremdüberwachung zur dauerhaften Sicherung der Funktionsfähigkeit und des Zustands.

Die jahrzehntelangen Erfahrungen über die Eigenschaften und das Verhalten von Gastransportleitungen sind Bestandteil der aktuell geltenden Regelwerke für die Konstruktion, den Bau und den Betrieb von Erdgastransportleitungen. Bei konsequenter Anwendung der in Deutschland geltenden technischen Regeln für Gas-hochdruckleitungen kann grundsätzlich ein sicherer Betrieb von Erdgastransportleitungen garantiert werden.

Dies gilt auch für die geplante EUGAL der GASCADE Gastransport GmbH, was wir anhand einer systematischen Gefahrenbetrachtung überprüft haben. Die systematische Betrachtung der möglichen Gefahren zeigt, dass die gemäß dem geltenden Regelwerk vorgesehenen Maßnahmen einen sicheren Betrieb der EUGAL gewährleisten.

Durch die für die Dauer des Betriebs der EUGAL festgelegten Maßnahmen kann die Integrität der Gashochdruckleitung dauerhaft garantiert werden und die Wahrscheinlichkeit für eine mögliche Beschädigung durch äußere Einwirkungen äußerst gering gehalten werden.

Der Sachverständige  
der TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Engel".

Dipl.-Ing. Christian Engel



## 7. Abkürzungen

DVGW	-	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches
EGIG	-	European Gas Pipeline Incident Data Group
CONCAWE	-	Conservation of clean air and water in Europe
HDD	-	Horizontal Directional Drilling (Horizontalbohrung)
EnWG	-	Energiewirtschaftsgesetz
UVPG	-	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
GasHDrLtgV	-	Verordnung über Gashochdruckleitungen
VdTÜV	-	Verband der Technischen Überwachungsvereine
QRA	-	Quantitative Risk Analysis
DP	-	Design Pressure (Auslegungsdruck)
MOP	-	Maximum Operating Pressure (Maximal zulässiger Betriebsüberdruck)
PE	-	Poly-Ethylen
PP	-	Poly-Propylen
GFK	-	Glasfaserverstärkter-Kunststoff
RT	-	Radiographic Testing (Durchstrahlungsprüfung)
UT	-	Ultrasonic Testing (Ultraschallprüfung)
UEG	-	Untere Explosionsgrenze
OEG	-	Obere Explosionsgrenze
EKI	-	Europäische kritische Infrastrukturen
SKI	-	Schutz kritischer Infrastrukturen
BSI	-	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik

Anhang 1 zur Sicherheitsstudie zur Erdgastransportleitung EUGAL der GASCADE Gastransport GmbH

Erdgasleitung: Europäische Gas-Anbindungsleitung EUGAL

Medium: Erdgas

### Systematische Gefahrenbetrachtung

#### Technische Daten der Rohrleitung:

Länge:	ca. 480 km
Nennweite:	2 x DN 1400 (1420 mm) parallel
max. zulässiger Betriebsdruck (MOP):	100 bar
Auslegungsdruck (DP):	100 bar
Material:	hochfester Stahl (L 485 ME gemäß DIN EN ISO 3183 Anhang M) nach besonderer Spezifikation der GASCADE
Rohrart:	geschweißtes Stahlrohr
Mindestwanddicke:	22,3 mm
Sicherheitsbeiwert:	1,6
Korrosionsschutz	PE-Umhüllung und KKS (Kathodischer Korrosionsschutz) zusätzlich bei Pressungen, HDD, Micro-Tunnel GFK-Umhüllung
Regelüberdeckungshöhe:	1,0 m, bei Straßen- oder Gewässerquerungen mindestens 1,5 m

Anhang 1 zur Sicherheitsstudie zur Erdgastransportleitung EUGAL der GASCADE Gastransport GmbH

Erdgasleitung: Europäische Gas-Anbindungsleitung EUGAL

Medium: Erdgas

Lfd. Nr.	Störung	Mögliche Ursachen	Auswirkungen / potentielles Schadensausmaß	Gegenmaßnahme / Forderung aus Regelwerk	Weitergehende Maßnahmen / Bemerkungen
1	<b>Mechanisches Versagen</b>	Konstruktionsfehler	Zumeist Kleinleckagen mit geringem Gefahrenpotential, da Erdgas in geringer Menge austritt und aufgrund des Dichteunterschieds zur Luft nach oben aufsteigt und verdünnt wird, selten größere Leckagen, noch seltener Rohrbruch (Quelle EIG-Report)	Konstruktion und Auslegung gemäß DVGW G 463 / EN 1594 mit engen Vorgaben. Berechnung mit einem gegenüber der EN 1594 erhöhten Sicherheitsbeiwert von 1,6. Einsatz besonders verformungsfähiger (zäher), langjährig bewährter Werkstoffe und Schweißverfahren. Prüfung der Konstruktion durch unabhängige Sachverständige.  100% ZiP der Rundnähte	Wasserdruckprüfung vor der Inbetriebnahme als Stresstestprüfung mit Belastung der Rohre bis an die Streckgrenze des Werkstoffs. Konstruktions- und Materialfehler würden sich vor Inbetriebnahme der Erdgasleitung offenbaren. Formabweichungen und Spannungen in der Leitung werden abgebaut, was zu einer Verringerung der Spannungen im späteren Betriebszustand der Leitung führt.  Geometriemolchung nach Wasserdruckprüfung mit Multi-Channel-Molch.
1.1					
1.2		Materialfehler	siehe 1.1	Fertigung der Rohre, Rohrbögen und sonstigen Komponenten nur in geprüften Herstellerwerken gemäß DVGW G 463. Überprüfung der laufenden Fertigung durch umfangreiche zerstörende und zerstörungsfreie Prüfungen der Rohre, Rohrbögen und sonstigen Komponenten im Herstellerwerk gemäß DIN EN ISO 3183, Anhang M.	Zusätzliche Anforderungen an die Rohre gemäß GASCADE-Spezifikation.  Zusätzliche Qualitätsüberprüfung der Rohre und Rohrleitungsteile in Stichproben.

Anhang 1 zur Sicherheitsstudie zur Erdgastransportleitung EUGAL der GASCADE Gastransport GmbH

Erdgasleitung: Europäische Gas-Anbindungsleitung EUGAL

Medium: Erdgas

Lfd. Nr.	Störung	Mögliche Ursachen	Auswirkungen / potentielles Schadensausmaß	Gegenmaßnahme / Forderung aus Regelwerk	Weitergehende Maßnahmen / Bemerkungen
1.3		Fehler bei Errichtung	siehe 1.1	Bauausführung durch qualifizierte Rohrleitungsbauunternehmen. Einsatz geprüfter Schweißer. Überwachung der Bauausführung und Schweißnahtqualität durch unabhängige Sachverständige. Wasserdruckprüfung (Stressdruckprüfung) der fertigen Leitung vor Inbetriebnahme.	s.o.
2 2.1	<b>Betrieblich bedingtes Versagen</b>	Betriebsstörung	Leistungsversagen aufgrund einer Überschreitung des zulässigen Betriebsdrucks, Totalversagen der Leitung nicht auszuschließen	<p>GasHDrLtgV §3: Gashochdruckleitungen müssen mit Sicherheitseinrichtungen ausgerüstet sein, die unzulässig hohe Drücke während des Betriebs und der Förderpausen verhindern.</p> <p>Prüfung des Druckabsicherungskonzepts und der Funktion der Druckabsicherung durch unabhängige Sachverständige.</p> <p>Leitung verfügt aufgrund der Auslegungsprinzipien und der durchgeführten Stressdruckprüfung über ausreichende Sicherheitsreserven (Sicherheitsbeiwert 1,6).</p>	Druckabsicherung erfolgt in den vorgeschalteten Leitungssystemen über geeignete und durch unabhängige Sachverständige geprüfte Schutzeinrichtungen.

Anhang 1 zur Sicherheitsstudie zur Erdgastransportleitung EUGAL der GASCADE Gastransport GmbH

Erdgasleitung: Europäische Gas-Anbindungsleitung EUGAL

Medium: Erdgas

Lfd. Nr.	Störung	Mögliche Ursachen	Auswirkungen / potientielles Schadensausmaß	Gegenmaßnahme / Forderung aus Regelwerk	Weitergehende Maßnahmen / Bemerkungen
2.2		Fehlbedienung in Betriebszentrale bei Standardbetrieb	Keine, da Leitung aufgrund der Druckabsicherung inhärent sicher ist. Fehlbedienungen können nicht zu unzulässigen Betriebszuständen führen.	Die Auslegung erfolgt für den maximal möglichen Betriebsüberdruck. Betriebsstörungen, Fehlbedienungen werden dabei berücksichtigt	
2.3		Fehlbedienung bei besonderen Betriebsfällen z.B. Entleerung, Wiederbefüllung	Freisetzung begrenzter Mengen Erdgas an definierter Stelle, z. B. infolge ungewollter Entspannung der Leitung mit geringem Gefahrenpotential, da Erdgas in geringer Menge Austritt und aufgrund des Dichteunterschieds zur Luft nach oben aufsteigt und verdünnt wird	Bei Öffnung der Leitung muss doppelte Absperreinrichtung zu erdgasgefüllten Leitungsabschnitten vorhanden sein. Betriebspersonal ist besonders geschult. Für besondere Betriebsvorgänge werden Arbeitsanweisungen erstellt. Einsatz DVGW-zertifizierter Fachbetriebe.	

Lfd. Nr.	Störung	Mögliche Ursachen	Auswirkungen / potentielles Schadensausmaß	Gegenmaßnahme / Forderung aus Regelwerk	Weitergehende Maßnahmen / Bemerkungen
3.1	<b>Korrosion</b>	Äußere Korrosion	Sehr kleine Anfangsleckage mit langsam fortschreitender Schadensausweitung, geringes Gefahrenpotential, da Erdgas in geringer Menge Austritt und aufgrund des Dichteunterschieds zur Luft nach oben aufsteigt und verdünnt wird. Rohrbruch vernünftigerweise auszuschließen.	<p>GasHDrLtGV §3: Gashochdruckleitungen sind gegen Außenkorrosion und – soweit erforderlich – auch gegen Innenkorrosion zu schützen.</p> <p>Die Trasse der Gashochdruckleitung ist in regelmäßigen Abständen zu Begehen oder zu Befliegen. Regelmäßige Begehung in bebauten Gebieten.</p> <p>Leckagen werden in sehr frühem Stadium durch Vegetationsveränderungen erkannt</p>	<p>Umhüllung der Leitung mit Polyethylen (PE), Prüfung der Rohrumhüllung beim Bau durch unabhängige Sachverständige.</p> <p>Durchführung einer Intensivmessung nach Errichtung zur Feststellung von Umhüllungsschäden.</p> <p>Kathodischer Korrosionsschutz mit regelmäßiger Prüfung der Funktion, fernüberwacht.</p> <p>Untersuchung mit intelligentem Prüfmolch gemäß Prüfkonzept der GASCADE</p> <p>In bebauten Gebieten erfolgt die Erkennung von schleichenden Undichtheiten durch jährliche Überprüfung mit Gasspürgeräten.</p>
3.2		Innere Korrosion	siehe 3.1	Siehe 3.1 Eigenschaften des Erdgases sind im DVGW-Arbeitsblatt G 260 festgelegt (Wassergehalt <50 mg/Norm-m <sup>3</sup> )	Aufgrund der Eigenschaften des transportierten Erdgases (Wassergefreiheit) auszuschließen.
3.3		Spannungsrissskorrosion innen	Aufgrund der Risslänge kleine Anfangsleckage. Rohrbruch vernünftigerweise auszuschließen.	Siehe 3.1	Aufgrund der Eigenschaften des transportierten Erdgases (Wassergefreiheit) auszuschließen.
3.4		Spannungsrissskorrosion außen	siehe 3.3	Siehe 3.1	Besondere Anforderungen an die Umhüllung. Besondere Überwachung der Nachumhüllungsarbeiten .

Anhang 1 zur Sicherheitsstudie zur Erdgastransportleitung EUGAL der GASCADE Gastransport GmbH

Erdgasleitung: Europäische Gas-Anbindungsleitung EUGAL

Medium: Erdgas

Lfd. Nr.	Störung	Mögliche Ursachen	Auswirkungen / potentielles Schadensausmaß	Gegenmaßnahme / Forderung aus Regelwerk	Weitergehende Maßnahmen / Bemerkungen
4	<b>Erdbewegungen/ Naturkatastrophen</b>				
4.1		Senkungen in Bergbaugebieten	Überwiegend größere Leckagen und Rohrbruch	GasHDrLtgV §3: Auf die Gefahr von Absenkungen in Bergbaugebieten ist Rücksicht zu nehmen. Bergbausicherungskonzept in Abstimmung mit unabhängigen Sachverständigen	Die EUGAL wird weitestgehend nicht durch Gebiete geführt, in denen Bergbau betrieben wurde oder wird. Bergbauliche Aktivitäten im Erzgebirge und in Braunkohletagebaugebieten wurden bei der Auslegung berücksichtigt.
4.2		Abbau von Bodenschätzen (hier Ton):	siehe 4.1		Sicherung über Schutzstreifen gemäß Regelwerk, ggf. zusätzliche vertragliche Vereinbarungen mit dem Betreiber, je nach Tätigkeiten im Abbaugbiet.
4.3		Bautätigkeiten im Umfeld der Leitung	Größere Leckagen	GasHDrLtgV §3: Verlegung in einem Schutzstreifen, Markierung des Verlaufs durch Schilderpfähle. Erkennung durch regelmäßige Befliegung mit Hubschrauber.	Trassierung weitgehend durch unbebautes Gebiet, Ausweisung eines Schutzstreifens von 12 m Breite. Befliegung mindestens alle 3 Wochen
4.4		Erdbeben	siehe 4.1	Berücksichtigung bei Trassenwahl, Prüfung durch unabhängige Sachverständige in Planungsphase.	Keine Leitungsführung in rutschgefährdeten Gebieten. Abstand zu Parallelleitungen 10m.

Anhang 1 zur Sicherheitsstudie zur Erdgastransportleitung EUGAL der GASCADE Gastransport GmbH

Erdgasleitung: Europäische Gas-Anbindungsleitung EUGAL

Medium: Erdgas

Lfd. Nr.	Störung	Mögliche Ursachen	Auswirkungen / potentielles Schadensausmaß	Gegenmaßnahme / Forderung aus Regelwerk	Weitergehende Maßnahmen / Bemerkungen
4.5		Erdbeben	Aufgrund der geringen Erdbebenaktivität sind in Deutschland bislang keine Schäden an Gas-hochdruckleitungen und anderen Rohrfernleitungen aufgetreten.	Aufgrund der Erfahrungen keine Gegenmaßnahmen erforderlich.	Die Trassenführung erfolgt außerhalb der Erdbebenzone 0 gemäß DIN EN 1998 N/A. Gebiete der Gefährdungszonen 0,1, 2 und 3 werden nicht berührt. Aufgrund der Deckung von mindestens 1m mit homogenem Schüttgut ist die Leitung ausreichend elastisch eingebettet, so dass möglicherweise auftretende Schwingungen aufgenommen werden können.
4.6		Überflutung	Überwiegend Rohrbruch infolge von Auftrieb im Wasser	<p>DVGW G 463 Nr. 4.3 Leitung ist in Überschwemmungsgebieten gegen Auftrieb zu sichern.</p> <p>Prüfung durch unabhängige Sachverständige in Planungsphase (Auftriebsberechnung).</p>	Sicherung der Leitung in Überschwemmungsgebieten hier: Trassenführung z.B. im Bereich der Gewässerkreuzungen mit Auftriebssicherung

Anhang 1 zur Sicherheitsstudie zur Erdgastransportleitung EUGAL der GASCADE Gastransport GmbH

Erdgasleitung: Europäische Gas-Anbindungsleitung EUGAL

Medium: Erdgas

Lfd. Nr.	Störung	Mögliche Ursachen	Auswirkungen / potentielles Schadensausmaß	Gegenmaßnahme / Forderung aus Regelwerk	Weitergehende Maßnahmen / Bemerkungen
5	<b>Beschädigung durch Dritte</b>	Versehentlich infolge Bauarbeiten, landwirtschaftliche Tätigkeiten etc.	Überwiegend größere Leckagen bis hin zum Rohrbruch	DVGW G 463 Nr. 4.2: Rohrdeckung mindestens 100 cm	Regelüberdeckung der Leitung bei Straßen- oder Gewässerkreuzungen mind. 1,5 m
5.1				DVGW G 463 Nr. 4.12: Deutlich sichtbare Kennzeichnung des Leitungsverlaufs durch Schilderpfähle	Kennzeichnung des Trassenverlaufs durch Schilder, bei bekannten Baumaßnahmen (Mitteilungsverpflichtung des Bauherrn) gezielte gesonderte Kennzeichnung der Lage der Rohrleitung im Baubereich
5.1.1				DVGW G 463 Nr. 3.1.2 Verbot einer Bebauung im Schutzstreifen, Baumaßnahmen Dritter im Schutzstreifen müssen mit dem Betreiber der Rohrleitung abgestimmt werden und werden von diesem überwacht	BIL (Bundesweites Informationssystem für Leitungsrecherche)  Regelmäßige Untersuchung der Leitung mit intelligenten Prüfmolchen.  Schnelle Erkennung einer größeren Leckage durch kontinuierliche Drucküberwachung.
		Leck unmittelbar		Dimensionierung der Leitung: Mindestwanddicke von 22,3 mm	Durch die hohe Wanddicke ist eine Beschädigung durch übliche Bodenbearbeitungsmaschinen auszuschließen.

Anhang 1 zur Sicherheitsstudie zur Erdgastransportleitung EUGAL der GASCADE Gastransport GmbH

Erdgasleitung: Europäische Gas-Anbindungsleitung EUGAL

Medium: Erdgas

Lfd. Nr.	Störung	Mögliche Ursachen	Auswirkungen / potentielles Schadensausmaß	Gegenmaßnahme / Forderung aus Regelwerk	Weitergehende Maßnahmen / Bemerkungen
5.1.2		Leck als zeitverzögerter Folgeschaden		Beschädigung der Rohrisolierung wird im Rahmen der regelmäßigen KKS-Messungen mit Fernüberwachung erkannt und entsprechend saniert.	Beulen, Dellen, Riefen aufgrund von Beschädigung von außen sind mit intelligenten Prüfmolchen erkennbar.
5.3		Eingriff Unbefugter (insbesondere im Bereich oberirdischer Anlagenteile)	Nicht absehbar, größere Leckagen nicht auszuschließen	Stationen sind mit Zuananlagen gegen Eingriff Unbefugter gesichert.	
6	<b>Beschädigung durch umgebungsbedingte Faktoren</b>				
6.1		Rotorabriss/ Umsturz/ Absturz des Generators einer benachbarten Windenergieanlage	Nicht absehbar, größere Leckagen nicht auszuschließen	Gemäß 3.1.4 des DVGW-Arbeitsblatts G 463 sind Abstände zu Windkraftanlagen sowohl in Bezug auf eine mögliche mechanische Gefährdung der Leitung als auch in Bezug auf mögliche elektrische Beeinflussungen festzulegen.	Beachtung des DVGW-Rundschreibens 07/15 zu Abständen von Windenergieanlagen zu Gashochdruckleitungen.
6.2		Absturz/ Fehllandung von Segelflugzeugen/ Sportflugzeugen (Flugplatz Anklam)	Nicht absehbar, größere Leckagen nicht auszuschließen		Erddeckung mindestens 1 m und Wanddicke mindestens 22,3 mm