



Anlage Unterlage 01.03.03
Anlage Sicherheitsstudie



Industrie Service

**Mehr Wert.
Mehr Vertrauen.**

Sicherheitsstudie

zur Verlegung einer Wasserstoffleitung DN 400 zwischen dem Industriestandort Leuna und dem Kraftwerk der Netz Leipzig in Kulkwitz

Gashochdruckleitung: Wasserstoffleitung DN 400 PN 63 Leuna - Kulkwitz

Auftraggeber: Netz Leipzig GmbH

Auftragsnummer: 3704507

Datum: 25.01.2023

Erstellt am: 25.01.2023

Unsere Zeichen:
IS-AN1-LEI/MR

Umfang: 18 Seiten

Das Dokument besteht aus
18 Seiten.

Seite 1 von 18

Die auszugsweise Wiedergabe
des Dokumentes und die
Verwendung zu Werbezwecken
bedürfen der schriftlichen
Genehmigung der

TÜV SÜD Industrie Service
GmbH.

Die Prüfergebnisse beziehen
sich ausschließlich auf die
untersuchten Prüfgegenstände.



Inhalt

1	Einführung und Aufgabenstellung	4
2	Fördermedium	4
3	Energiewirtschaftsgesetz EnWG und Gashochdruckleitungsverordnung GasHDrLtGv	5
4	Grundlage der Bewertung.....	6
5	Trassenverlauf	8
6	Eingereichte Unterlagen	9
7	Prüfgrundlagen	9
8	Anzuwendende Technische Regeln und erforderliche Prüfungen	11
8.1.	Grundlegende Anforderungen	11
8.2.	Anforderungen an die Planung	11
8.3.	Konstruktive Anforderungen an Rohrleitungsteile	12
8.4.	Bauausführung	13
8.5.	Druckprüfung	13
8.6.	Betrieb und Instandhaltung.....	13
9	Beurteilung der Sicherheit der Gashochdruckleitung	14
9.1.	Technische Daten.....	14
9.2.	Nennwanddicken und Material	14
9.3.	Sicherheitsbeiwert	14
9.4.	Verlegetiefe.....	14
9.5.	Schutzstreifen	15
9.6.	Mindestabstände	15
9.7.	Verlegetechnologie	15
9.8.	Schweißverfahren.....	15
9.9.	Umfang der zerstörungsfreien Prüfung	16
9.10.	Druckprüfung	16
9.11.	Geometriemolchung	16
9.12.	Kathodischer Korrosionsschutz	16
9.13.	Betrieb und Instandhaltung.....	17
10	Gefährdungen der Wasserstoffleitung durch die Fernwärmeleitung	17
11	Zusammenfassung	18



Industrie Service

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Primäre Fehlerhäufigkeit in Abhängigkeit von der Zeit 6

Abbildung 2: Fehlerhäufigkeit von Ereignissen an Gasleitungen nach Ursachen 7



1 Einführung und Aufgabenstellung

Um das Ziel der Klimaneutralität zu erreichen, soll die unvermeidbare Wärme aus den verschiedenen industriellen Prozessanlagen der Total-Raffinerie und der Methanolanlage in Leuna zur Wärmegewinnung genutzt werden. Bereits jetzt ist in den dortigen Anlagen industrielle Abwärme mit bis zu 83 MW Leistung auf dem FW-Temperaturniveau ganzjährig verfügbar. Zur Nutzung dieser Wärme, soll eine ca. 19 km lange Verbindungstrasse vom Industriestandort Leuna bis nach Kulkwitz bei Leipzig errichtet werden. Durch den geplanten Ausbau der Wasserstoffproduktion am Standort Leuna soll zusätzliche eine Wasserstoffleitung DN 400 nach Leipzig errichtet werden, welche weiteres Abnahmepotenzial im Mobilitätsbereich (ÖPNV) und Kraftwerksbereich (LSW) bietet.

Der TÜV SÜD wurde damit beauftragt, eine Sicherheitsbetrachtung der Wasserstoffleitung DN 400 durchzuführen.

2 Fördermedium

Bei dem für den Betrieb vorgesehenen Fördermedium handelt es sich um trockenen Wasserstoff gemäß DVGW-Arbeitsblatt G 260, 5. Gasfamilie.

Gemäß uns vorliegenden Sicherheitsdatenblättern ist Wasserstoff hochentzündlich (H-Sätze H 220 und H 280). Wasserstoff ist farb- und geruchlos und nicht als wassergefährdender Stoff eingestuft. Diesbezüglich ergeben sich gegenüber dem bisherigen Fördermedium Erdgas keine wesentlichen Unterschiede.

Die Zündgrenzen von Wasserstoff liegen zwischen 4 und 77 Vol. % in Luft (Erdgas: 4 bis 17 Vol. %), die Zündtemperatur beträgt 560°C (Erdgas: 575°C bis 640 °C). Die relative Dichte zu Luft beträgt im gasförmigen Zustand 0,07 (Erdgas 0,55 bis 0,75), Wasserstoff ist somit erheblich leichter als Luft und auch erheblich leichter als Erdgas. Während die Zündtemperatur in gleicher Größenordnung wie bei Erdgas liegt, weist Wasserstoff hinsichtlich der Konzentration einen sehr breiten Zündbereich auf.



3 Energiewirtschaftsgesetz EnWG und Gashochdruckleitungsverordnung GasHDrLtgV

Mit der Anpassung des Geltungsbereiches des Energiewirtschaftsgesetzes im Juli 2021 sind Rohrleitungen und Rohrleitungsnetze zum Transport von Wasserstoff in diesem Gesetz einbezogen. Entsprechend ist die Gashochdruckleitungsverordnung anzuwenden, was zugleich bedeutet, dass als technische Regeln für Wasserstoffleitungen die technischen Regeln des DVGW gelten bzw. unter Berücksichtigung der spezifischen Eigenschaften von Wasserstoff, diese sinngemäß anzuwenden sind. Im Verlauf dieser Sicherheitsstudie wird die Wasserstoffleitung als Gashochdruckleitung bezeichnet.

Einzelheiten zur Festlegung des öffentlich-rechtlichen Verfahrens sind mit der zuständigen Behörde vorab zu klären. Für das Bundesland Sachsen-Anhalt ist das Landesverwaltungsamt für die Durchführung von Planfeststellungs-, Plangenehmigungs- sowie Anzeigeverfahren für die Errichtung und Änderung von Energieanlagen in Sachsen-Anhalt zuständige Behörde. Das Ministerium für Wissenschaft, Energie, Klimaschutz und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt ist Energieaufsichtsbehörde des Landes Sachsen-Anhalt und damit für den Betrieb der zukünftigen Wasserstoffleitung zuständig.

Für das Bundesland Sachsen ist die Landesdirektion für die Durchführung von Planfeststellungs-, Plangenehmigungs- sowie Anzeigeverfahren für die Errichtung und Änderung von Energieanlagen in Sachsen zuständige Behörde. Das Sächsische Staatsministerium für Wissenschaft, Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft ist Energieaufsichtsbehörde des Landes Sachsen und damit für den Betrieb der zukünftigen Wasserstoffleitung zuständig.

4 Grundlage der Bewertung

Bewertungsgrundlage der Sicherheitsstudie ist das DVGW-Regelwerk. Wasserstoff wurde 2021 in das DVGW-Arbeitsblatt G 260 als 5. Gasfamilie aufgenommen. Das DVGW-Regelwerk wird seitdem entsprechend um das neue Medium Wasserstoff ergänzt.

Das Herangehen in dieser Studie ist deterministisch. Durch die Betrachtung des kausalen Zusammenhangs zwischen dem Schaden und seiner möglichen Ursachen für den Schadenseintritt werden Maßnahmen festgelegt, die eine hinreichend geringe Eintrittswahrscheinlichkeit des Schadens bedingen.

Aus statistischen Auswertungen von Schadenereignissen an Gastransportleitungen für Erdgas leitet sich ab, dass durch die umgesetzten Maßnahmen eine Abnahme von Schadensfällen an diesen sowohl im europäischen als auch im deutschen Maßstab (EGIG-Report 2019, DVGW-Schadensstatistik) zu verzeichnen ist.

Dies wird durch nachfolgende Abbildung aus dem EGIG-Report 2019 deutlich, in der die Häufigkeit von primären Fehlern (Leckagen) als Funktion der Zeit dargestellt ist.

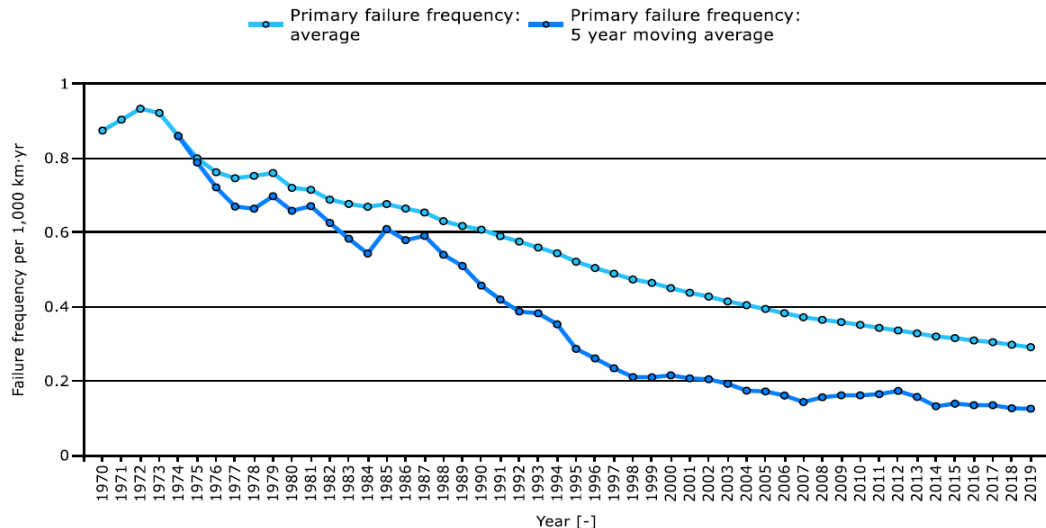


Abbildung 1: Primäre Fehlerhäufigkeit in Abhängigkeit von der Zeit (EGIG-Report, 2019)

Die primäre Ausfallhäufigkeit über den gesamten Zeitraum sank von 0,87 pro 1.000 km-Jahr im Jahr 1970 auf 0,29 pro 1.000 km-Jahr im Jahr 2019 (EGIG-Report, 2019).

Grund für die Abnahme der Fehlerhäufigkeit sind die hohen Standards bei der Auslegung und der Prüfung vor Inbetriebnahme beim Neubau von Gastransportleitungen auf Basis des Regelwerks. Aber auch die wiederkehrend durchgeführten Prüfungen an Bestandsleitungen, die Bewertung der Leitungen sowohl deterministisch als auch mit



probabilistischen Methoden und die beim Erkennen von Abweichungen ergriffenen Maßnahmen haben zur Abnahme der Fehlerhäufigkeit beigetragen.

Im EGIG-Report werden die Ursachen für Ereignisse an Gastransportleitungen angegeben. Aus nachfolgender Abbildung ist ersichtlich, dass über 50 % der Ereignisse durch Korrosion und durch externe Einwirkung verursacht sind. Die Fehlerhäufigkeit hat in den letzten Jahren kontinuierlich abgenommen. Der Rückgang kann durch technologische Entwicklungen erklärt werden, wie z. B. Schweißen, Inspektion, Zustandsüberwachung durch In-Line-Inspektion und verbesserte Verfahren zur Schadensverhütung und -erkennung.

Die Verringerung von Störungen von außen lässt sich durch die Verpflichtung zur Meldung von Schachtarbeiten erklären. Die Unternehmen haben geeignete Maßnahmen ergriffen, wie z. B. die Überwachung oder Markierung der Pipeline in unmittelbarer Nähe der Schachtarbeiten.

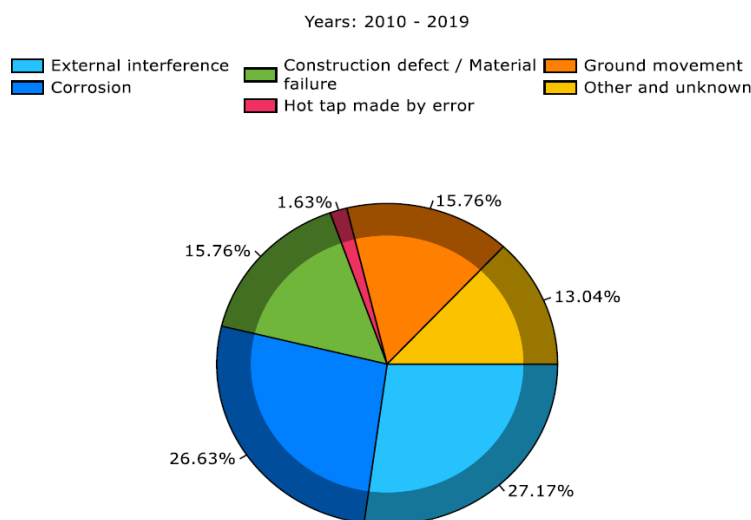


Abbildung 2: Fehlerhäufigkeit von Ereignissen an Gasleitungen nach Ursachen (EGIG-Report, 2019)

Bei dem Transport von Wasserstoff ist die Spannungsriss-Korrosion im Material der Leitungen als ein wesentlicher Aspekt zu beachten. Im Forschungsbericht 285 der BAM (Bundesanstalt für Materialforschung) zu den Risiken des Transports flüssiger und gasförmiger Energieträger in Pipelines aus dem Jahr 2009, werden Pipelineunfälle der Jahre 1965 - 2007 aufgelistet. Aus dieser Auflistung ist ersichtlich, dass nur wenige der ausgewerteten Pipelineunfälle auf Wasserstoff induzierte Spannungsriss-Korrosion zurückzuführen sind. Dabei ist aber zu beachten, dass das Leitungsnetz für Erdgas deutlich größer ist als das für Wasserstoff.



Im Vergleich zum Risswachstum unter Erdgas oder Luft ist ein um den Faktor 10 bis 30 größeres Risswachstum, in Abhängigkeit von der Spannungsintensität, unter Wasserstoff zu erwarten¹.

Auf Basis verschiedener Erkenntnisse² ist das DVGW-Arbeitsblatt G 463 um Anforderungen ergänzt worden, die beim Transport von Wasserstoff in Leitungen zu beachten sind.

Bei Einhaltung der im Regelwerk vorgeschriebenen sicherheitstechnischen Maßnahmen ist von einem hohen Sicherheitsstandard auszugehen.

5 Trassenverlauf

Die gemeinsame Trasse der Fernwärme- und Wasserstoffleitung beginnt im südlichen Teil der TOTAL-Raffinerie in Leuna in Sachsen-Anhalt und quert hinter dem Werksge­lände die Landesstraße L 182. Von dort aus verläuft die Trasse überwiegend auf unbe­festigten Flächen parallel der L 182 vorbei an der Hochhalde Leuna bis zum Spergauer Graben in offener Bauweise. Nach dem Spergauer Graben verläuft die Trasse weiter Richtung Süden über Ackerflächen bis zur Querung der L 187 zwischen Spergau und Bad Dürrenberg. Diese wird in geschlossener Bauweise realisiert. Über Ackerflächen ver­laufend wird in Richtung Süden das Gelände der Deutschen Bahn AG erreicht und die Kreuzung der Bahntrasse Großkorbetha - Bad Dürrenberg in geschlossener Bauweise ausgeführt. Danach verläuft die Trasse südöstlich über Ackerflächen bis zur Saale bei Goddula. Dabei wird die Querung der Kreisstraße K 2175 nördlich von Wengelsdorf, der westliche Hochwasserschutzdamm und die Saale in geschlossener Bauweise durchör­tert. Im weiteren Verlauf wird der östliche Hochwasserschutzdamm der Saale in offener Bauweise gequert. Nach dem Hochwasserschutzdamm führt die Leitung innerhalb der Ortschaft Goddula von West nach Ost weiter. Dabei wird die Kreisstraße K 2181 in ge­schlossener Bauweise gekreuzt. Von dort aus verläuft die Trasse überwiegend über Acker- und Wiesenflächen bis zur Bundesautobahn BAB 9 südlich der Ortschaft Nempitz, welche in geschlossener Bauweise gequert wird. Danach verläuft die Trasse südlich an Nempitz vorbei und quert den Elsterfloßgraben und die anschließende Landesstraße L 187, wobei klassifizierte Straßen in geschlossener Bauweise gequert werden. Über Acker- und Wiesenflächen weiterführend kreuzt die Trasse der Fernwärme- und Wasser­stoffleitung die Bundesstraße B 87, welche ebenfalls in geschlossener Bauweise gequert wird. Bis zum Grundstück der Stadtwerke Leipzig in Kulkwitz zur Einbindung in das

¹ Ulrich Marewski, Umstellung von bestehenden Erdgasleitungen zum Transport von Wasserstoff, 3R, 2020, Vulkan-Verlag-GmbH

² TÜV SÜD Industrie Service GmbH, HYPOS H2-PIMS „Entwicklung von innovativen Bewertungssystemen (Pipeline Integrity Management System, PIMS), die die Betriebssicherheit von Leitungen zum Transport von wasserstoffreichen Gasen (Erdgas-Wasserstoff-Gemische) gewährleisten, TP5, Juni 2020; ASME B31.12 Hydrogen Piping and Pipelines (2014)



vorhandene Fernwärmesystem der Stadtwerke verläuft die Trasse weitestgehend über Wiesen- und Ackerflächen zwischen den Ortschaften Quesitz und Döhlen.

6 Eingereichte Unterlagen

- Scopingunterlage Sachsen-Anhalt mit Anlagen 1 bis 4 vom 14.01.2022, 55 Seiten
- Scopingunterlage Sachsen mit Anlagen 1 bis 3 vom 10.12.2021, 41 Seiten
- Kurzzusammenfassung Fernwärme vom 21.09.2022, 13 Seiten
- Trassenpläne Stand September 2022

7 Prüfgrundlagen

- DVGW-Arbeitsblatt G 463, Ausgabe Oktober 2021
Gashochdruckleitungen aus Stahlrohren für einen Auslegungsdruck von mehr als 16 bar Betriebsdruck – Planung und Errichtung
- DVGW-Arbeitsblatt GW 350, Ausgabe Juni 2015
Schweißverbindungen an Rohrleitungen aus Stahl in der Gas- und Wasserversorgung; Herstellung, Prüfung und Bewertung
- DVGW-Arbeitsblatt G 469, Ausgabe Juli 2019
Druckprüfverfahren Gastransport / Gasverteilung
- VdTÜV Merkblatt 1060, Ausgabe April 2018
Richtlinien für die Durchführung des Stresstests
- VdTÜV Merkblatt 1051, Ausgabe Juni 2014
Wasserdruckprüfung von erdverlegten Rohrleitungen nach dem Druck-Temperatur-Messverfahren
- DVGW-Arbeitsblatt GW 10, Ausgabe Juni 2018
Kathodischer Korrosionsschutz (KKS) erdüberdeckter Rohrleitungen, Rohrleitungen in komplexen Anlagen und Lagerbehälter aus Stahl; Planung, Errichtung, Inbetriebnahme, Betrieb und Instandhaltung
- DVGW-Arbeitsblatt GW 24, Ausgabe Februar 2014
Kathodischer Korrosionsschutz in Verbindung mit explosionsgefährdeten Bereichen
- DVGW-Arbeitsblatt GW 304, Ausgabe Dezember 2008
Rohrvortrieb und verwandte Verfahren
- DVGW-Arbeitsblatt G 491, Ausgabe Juli 2022
Gas-Druckregelanlagen für Eingangsdrücken bis einschließlich 100 bar



Industrie Service

- DVGW-Arbeitsblatt G 265-3, Ausgabe Mai 2014
Anlagen für die Einspeisung von Wasserstoff in Gasversorgungsnetze; Planung, Fertigung, Errichtung, Prüfung, Inbetriebnahme und Betrieb
- DVGW-Merkblatt G 479, Ausgabe Februar 2017
Planung, Errichtung und Betrieb von Gasanlagen in Hochwassergefährdungsbereichen
- DVGW-Arbeitsblatt G 466-1, Ausgabe Dezember 2021
Gashochdruckleitungen aus Stahlrohren für einen Auslegungsdruck von mehr als 16 bar – Betrieb und Instandhaltung
- Gas- und Wasserleitungskreuzungsrichtlinien (07/2017)
- DIN 30690-1 (05/2019)
Bauteile in Anlagen der Gasversorgung – Teil 1: Anforderungen an Bauteile in Gasversorgungsanlagen
- DIN EN 1594 (12/2013)
Rohrleitungen für einen maximal zulässigen Betriebsdruck größer 16 bar – Funktionale Anforderungen



8 Anzuwendende Technische Regeln und erforderliche Prüfungen

Für die Errichtung von Gashochdruckleitungen mit einem Betriebsdruck von mehr als 16 bar für den Transport von Wasserstoff ist als maßgebliches Regelwerk das DVGW-Arbeitsblatt G 463 anzuwenden. In den folgenden Kapiteln werden die Anforderungen näher erläutert.

8.1. Grundlegende Anforderungen

Gemäß Kapitel 4 des DVGW-Arbeitsblatts G 463 sind Gashochdruckleitungen gemäß den Vorschriften der Gashochdruckleitungsverordnung (GasHDRLtgV) und nach dem Stand der Technik zu errichten. Die Einhaltung des Standes der Technik wird vermutet, wenn die technischen Regeln des DVGW eingehalten worden sind. Hierbei ist insbesondere darauf zu achten, dass bei Verlegung von Gashochdruckleitungen in Hochwassergefährdungsbereichen das DVGW Merkblatt G 479 anzuwenden ist.

Das beauftragte Rohrleitungsbauunternehmen hat eine gültige Zertifizierung der Gruppe G1 nach dem DVGW-Arbeitsblatt G 301 als Nachweis seiner Befähigung vorzulegen. Weiterhin hat der Bauherr eine sachkundige Bauaufsicht zur Beaufsichtigung der ordnungsgemäßen Ausführungsarbeiten zu stellen.

8.2. Anforderungen an die Planung

Bei der Planung der Rohrleitungstrasse sind gesetzliche Bestimmungen wie Raumordnungsgesetze, Naturschutz, Denkmalschutz, Wasserhaushaltsgesetz sowie Technische Regelwerke und Arbeitsschutzvorschriften zu beachten.

Hinsichtlich der Auswahl des Verlaufs der Rohrleitungstrasse sind insbesondere die in dem DVGW-Arbeitsblatt G 463 (Kapitel 5.2 bis 5.3) aufgeführten Aspekte zu beachten.

Die Rohrüberdeckung der Gashochdruckleitung sollte 1,00 m nicht unterschreiten und 2,00 m ohne besonderen Grund nicht überschreiten.

Zur Sicherung des Bestandes, des Betriebs, der Instandhaltung sowie gegen Einwirkung Dritte ist die Gashochdruckleitung für den Betrieb mit Wasserstoff in einem Schutzstreifen zu verlegen. Dieser ist dauerhaft rechtlich zu sichern. In diesen Bereichen sind für die Dauer des Betriebs keine Gebäude und bauliche Anlagen zu errichten. Zudem ist der Schutzstreifen frei von Pflanzenbewuchs zu halten, welcher die Sicherheit des Betriebs der Gashochdruckleitung gefährden kann. Hierbei sind insbesondere die Anforderungen an die Parallelverlegung sowie die Kreuzung zu unterirdischen Anlagen zu berücksichtigen.



Abstände bei Kreuzungen und Parallelverlegungen von Hochspannungsanlagen sowie Maßnahmen zur Vermeidung von unzulässigen Berührungsspannungen sind dem DVGW-Arbeitsblatt GW 22 zu entnehmen.

Bei möglichen mechanischen Gefährdungen der Gashochdruckleitung durch Windenergieanlagen ist das DVGW-Rundschreiben G 07/15 – Abstände von Windenergieanlagen zu Gashochdruckleitungen zu beachten.

Für die Festlegung des Einbaus von Streckenarmaturen ist das DVGW-Arbeitsblatt G 463 (Kapitel 5.10) zu beachten, insbesondere in Verbindung mit dem DVGW-Merkblatt G 479.

Zur Druckabsicherung von Gashochdruckleitungen sind Sicherheitseinrichtungen gegen unzulässige Drucküberschreitung erforderlich. Ist diese Leitung an ein Netz gleicher Druckstufe angeschlossen, welches über die nötigen Sicherheitseinrichtungen verfügt, ist der Einbau nicht erforderlich.

Die Gashochdruckleitung ist dauerhaft durch passiven und aktiven Korrosionsschutz zu schützen. Das Umhüllungssystem muss für die Auslegungsparameter der Rohrleitung geeignet sein.

Gashochdruckleitungen unterliegen einem besonderen Schutzbedürfnis in Bereichen von bebauten Gebieten, Kreuzungen von Verkehrswegen etc. Schutzmaßnahmen können u.a. die Erhöhung des Sicherheitsbeiwertes, eine erhöhte Anforderung an die Druckprüfung, Errichtung zusätzlicher KKS-Messstellen, usw. sein.

8.3. Konstruktive Anforderungen an Rohrleitungsteile

Für Gashochdruckleitungen sind Rohre nach DIN EN ISO 3183 (Anhang A) zu verwenden. Die Güteeigenschaften sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.2 gemäß DIN EN 10204 nachzuweisen. Rohrbögen sind nach DIN EN 1594, Abzweigstücke nach AD 2000-Merkblatt B9, gewölbte Böden nach AD 2000-Merkblatt B3 und Reduzierstücke nach AD 2000-Merkblatt B2 zu berechnen. Der Sicherheitsbeiwert für Bögen, Reduzierstücke und Rohre beträgt mindestens 1,6. Nach DVGW-Arbeitsblatt G 463 erfolgt die Berechnung anderer Formstücke (z.B. T-Stücke und Böden) mit einem Sicherheitsbeiwert von $S \geq 1,8$.

Sind die Rohre für die Verwendung mit Wasserstoff vorgesehen, sind diese nach dem DVGW-Arbeitsblatt G 463 (Anhang C) einer bruchmechanischen Bewertung zu unterziehen. Hierbei ist zu zeigen, dass für die vorgesehene Betriebszeit eine ausreichende Sicherheit gegeben ist. Auf die bruchmechanische Bewertung kann verzichtet werden, wenn die Gashochdruckleitung einer vorwiegend ruhenden Beanspruchung unterliegt und die Mindeststreckgrenze des Werkstoffs $\leq 360 \text{ N/mm}^2$ sowie einen Sicherheitsbeiwert



$S \geq 2$ aufweist. Diese Voraussetzungen gelten unabhängig von der Wasserstoffkonzentration.

Für Flanschverbindungen, Armaturen und Isolierverbindungen sind die Abschnitte 6.4 bis 6.6 des DVGW-Arbeitsblatt G 463 zu beachten.

Bei Querungen von Einflussbereichen bergbaulicher Tätigkeiten ist das DVGW-Arbeitsblatt G 474 zu beachten.

8.4. Bauausführung

Die Rohrüberdeckung der Gashochdruckleitung soll 1,00 m nicht unterschreiten und 2,00 m ohne besonderen Grund nicht überschreiten.

Die Durchführung der Schweißarbeiten sowie deren Prüfung und Bewertung sind nach DVGW-Arbeitsblatt GW 350 in Verbindung mit DIN EN 12732 auszuführen. Die Ergebnisse der zerstörungsfreien Schweißnahtprüfungen sind vom Sachverständigen stichprobenartig zu prüfen.

Bei der Verlegung der Gashochdruckleitung sind elastische Biegungen zulässig, wenn der Biegeradius gemäß DVGW Arbeitsblatt G 463 Abschnitt 7.5 nicht unterschritten wird.

Rohrvortriebsarbeiten sind nach einem im DVGW-Arbeitsblatt GW 304 geeigneten Verfahren durchzuführen. Die Auslegung der Rohre für das entsprechende Verfahren erfolgt nach dem DVGW-Arbeitsblatt GW 312. Für Bahnquerungen sind zusätzlich die Gas- und Wasserleitungskreuzungsrichtlinien 2012, Ril 877 zu beachten.

8.5. Druckprüfung

Nach Verlegung und vor Inbetriebnahme der Gashochdruckleitung ist eine Druckprüfung in Anwesenheit des nach GasHDrLtgV anerkannten Sachverständigen durchzuführen. Die Druckprüfung ist nach einem im DVGW-Arbeitsblatt G 469 genannten Verfahren mit Wasser anzuwenden. Sonderbauwerke wie Düker oder grabenlos verlegte Abschnitte sollten vor Verlegung einer separaten Druckprüfung unterzogen werden. Schweißnähte, die keiner Druckprüfung unterzogen worden sind, sind 200 % zerstörungsfrei zu prüfen.

8.6. Betrieb und Instandhaltung

Der Betrieb und die Instandhaltung der Wasserstoffleitung erfolgt nach dem DVGW-Arbeitsblatt G 466-1 unter Berücksichtigung der wasserstoffspezifischen Anforderungen. Der Gasnetzbetreiber hat dafür Sorge zu tragen, dass der Betrieb und die Instandhaltung durch sachkundiges Personal geplant, überwacht und ausgeführt wird. Dabei kann der Betreiber auch Fachfirmen mit den erforderlichen Befähigungen, z. B. zertifiziert nach DVGW-Arbeitsblatt G1000, GW301-G1, 468-1, GW11 beauftragen.



9 Beurteilung der Sicherheit der Gashochdruckleitung

9.1. Technische Daten

Medium:	5. Gasfamilie nach DVGW-Arbeitsblatt G 260 / Wasserstoff der Gruppe A
Rohrmaterial:	L 360 ME, Geschweißtes Stahlrohr nach DIN EN ISO 3183
Abmessungen:	406,4 mm x 7,1 mm (DN 400)
Länge:	ca. 19 km
Auslegungsdruck:	DP 63 bar
Auslegungstemperatur:	-20 °C bis 60 °C nach DIN EN 1594
Umhüllung:	PE-N-v nach DIN 30670 PE-N-v und GFK-Verstärkt für Bauwerkskreuzungen
Sicherheitsbeiwert:	1,8
Molchbarkeit:	erforderlich

9.2. Nennwanddicken und Material

Sowohl Materialgüte als auch die für den Rohrdurchmesser gemäß DVGW-Arbeitsblatt G 463 empfohlenen Mindestnennwanddicken sind mit den Materialkenndaten 406,4 mm x 7,1 mm (L 360 ME) eingehalten worden. Es ist eine Bescheinigung des Rohrherstellers für die Eignung des Transports von 100 % Wasserstoff einzuholen.

Für Sonderbauwerke wie Düker oder grabenlos verlegte Teilabschnitte empfehlen wir die Verwendung von Rohren mit den Abmaßen 406,4 mm x 8,0 mm, L 360 NE.

9.3. Sicherheitsbeiwert

Der Sicherheitsbeiwert der Rohre der Wasserstoffleitung ist laut übergebenen Unterlagen mit 1,8 angegeben. Damit sind die Mindestanforderungen hinsichtlich der Konstruktion aus dem DVGW-Arbeitsblatt G 463 erfüllt. Die Leitung wird für den Transport von Wasserstoff genutzt. Somit ist, wie bereits beschrieben, der Anhang C des DVGW-Arbeitsblattes G 463 anzuwenden und eine bruchmechanische Bewertung zum Nachweis der Integrität der Leitung durchzuführen (siehe Abschnitt 9.10 Druckprüfung).

9.4. Verlegetiefe

Die Überdeckungshöhe einer Gashochdruckleitung beträgt nach DVGW-Regelwerk G 463 mindestens 1,00 m. Die laut eingereichten Unterlagen geforderte Mindestdeckung



der Wasserstoffleitung nach Verlegung und Geländewiederherstellung beträgt 1,20 m. Dadurch wird eine erhöhte Sicherheit gegenüber Fremdeinwirkung geschaffen.

9.5. Schutzstreifen

Die angegebene Schutzstreifenbreite für die Wasserstoff- und Fernwärmeleitung beträgt 12,00 m (siehe Anlage 1 des Scoping-Berichts für das Land Sachsen-Anhalt: „Grabenprofil“), wobei die äußere Begrenzung des Schutzstreifens zur Rohrachse der Wasserstoffleitung mit 4,00 m angegeben ist. Die Breite des Schutzstreifens ist gemäß DVGW-Arbeitsblatt G 463, Kapitel 5.5 nennweitenabhängig. Die Nennweite der zu errichtenden Wasserstoffleitung beträgt DN 400. Damit ist eine Mindestbreite des Schutzstreifens von 8,00 m, also 4,00 m zu jeder Seite von der Rohrachse aus, gefordert. Dieses Mindestmaß wird entsprechend den eingereichten Unterlagen eingehalten.

9.6. Mindestabstände

Die einzuhaltenden lichten Mindestabstände gemäß DVGW-Arbeitsblatt G 463 betragen bei einer Parallelverlegung einer Leitung mit einem Nenndurchmesser DN 400 mindestens 1,50 m. Dieser Abstand wird laut eingereichten Unterlagen eingehalten.

9.7. Verlegetechnologie

Die Wasserstoffleitung soll überwiegend in offener Bauweise verlegt werden. Ausnahmen stellen laut den eingereichten Unterlagen die Querung von sensiblen Verkehrswegen, wie Gewässer- und Bahnkreuzungen, klassifizierte Straßen sowie die Querung der Bundesautobahn 9, dar. Rohrvortriebsarbeiten sind nach einem im DVGW-Arbeitsblatt GW 304 geeignetem Verfahren durchzuführen.

9.8. Schweißverfahren

Angaben zu den Schweißverfahren sind den Unterlagen nicht zu entnehmen. Auf Grund des kritischen Verhaltens von Wasserstoff an Kerben und Rissen, wird die Anwendung eines kerbarmen Schweißverfahrens, wie das Wolfram Inertgas Schweißen (141) empfohlen. Alternativ kann ein automatisches Schweißverfahren (135/136) zum Einsatz kommen.

Eingesetztes Schweißpersonal ist nach EN ISO 9606-1 zu qualifizieren.

Zur Qualitätssicherung und Verifizierung der mechanisch technologischen Eigenschaften sind, in Abstimmung mit dem Sachverständigen, Testnähte zu entnehmen und zerstörend zu prüfen.

Zur Überwachung der Schweißarbeiten ist ein zertifizierter Schweißfachingenieur nach DVS IIW/EFW 1170 einzusetzen.



9.9. Umfang der zerstörungsfreien Prüfung

Der Umfang der zerstörungsfreien Prüfung beträgt 100 %. Das Prüfverfahren ist in Abhängigkeit des Schweißverfahrens mit dem Sachverständigen abzustimmen.

Für Sonderbauwerke und Abschnitte, welche durch bebaute Gebiete verlaufen sowie Schweißnähte, die keiner Druckprüfung unterzogen worden sind, beträgt der Prüfumfang 200 %, also die Kombination von Durchstrahlungs- und Ultraschallprüfung (RT und UT).

9.10. Druckprüfung

Nach Verlegung wird die Gashochdruckleitung einer Druckprüfung unterzogen. Da es sich bei der Wasserstoffleitung um eine Leitung mit besonderer Qualitätsanforderung handelt, wird das Druckprüfverfahren D 2 nach dem DVGW-Arbeitsblatt G 469 empfohlen. Die Stresdruckprüfung ist eine Wasserdruckprüfung, bei der die Rohre und Feldbögen bis an den Bereich der tatsächlichen Streckgrenze, unter Beachtung der zulässigen integralen plastischen Verformung, beansprucht wird. Somit werden die Qualität, Integrität und Sicherheit der Rohrleitung nachgewiesen. Verlegespannungen, Spannungen durch Formabweichungen, Eigenspannungen und Spannungsspitzen werden vermindert bzw. beseitigt. Weiterhin ermöglicht die Stresdruckprüfung die Erhöhung des tatsächlichen Sicherheitsbeiwertes gegenüber dem berechneten Sicherheitsbeiwert. Bei dieser Druckprüfung ist es anzustreben, einen tatsächlichen Sicherheitsbeiwert von $S \geq 2,0$ zu erreichen. Damit kann, wie bereits beschrieben, auf eine bruchmechanische Bewertung der Wasserstoffleitung verzichtet werden.

Sonderbauwerke wie Düker oder grabenlos verlegte Abschnitte sollten vor Verlegung einer separaten Druckprüfung D2/A2 unterzogen werden. Schweißnähte, die keiner Druckprüfung unterzogen worden sind (Garantienähte), sind mittels dem Druckprüfverfahren A4 zu prüfen. Alternativ kann das Verfahren E3 angewendet werden.

9.11. Geometriemolchung

Nach Fertigstellung der Wasserstoffleitung ist diese mittels Geometriemolch zu prüfen, um den Nachweis der Beulenefreiheit zu erbringen. Weiterhin ist mit dieser Molchung das Vorhandensein von Aufweitungen nach der Stresdruckprüfung zu prüfen. Die Auswertung erfolgt in Anwesenheit eines Sachverständigen.

9.12. Kathodischer Korrosionsschutz

Zur Sicherstellung einer fehlerstellenfreien Umhüllung, wird empfohlen den spezifischen Umhüllungswiderstand der Rohrleitung abschnittsweise unter den Vorgaben des DVGW-Arbeitsblattes GW 10 nachzuweisen. Die Abschnitte sollten nicht länger als 3 km sein. Sonderbauwerke wie Düker, Querungen von Verkehrswegen etc. ist der spezifische



Umhüllungswiderstand gesondert nachzuweisen. Der Nachweis kann auch mittels IFO-Messung (intensive Fehlstellenortung) gemäß DVGW-Arbeitsblatt GW 28 erbracht werden.

Bei der Verwendung von Mantelrohren ist für den Nachweis der fehlerfreien Umhüllung das DVGW-Arbeitsblatt GW 28 zu beachten.

9.13. Betrieb und Instandhaltung

Grundsätzlich ist jede Gasleitung einer Wartung und Inspektion in bestimmten Abständen zu unterziehen. Art und Umfang dieser Inspektions- und Wartungsmaßnahmen werden unter sicherheitsrelevanten Gesichtspunkten, betrieblicher Erfahrungen, den örtlichen Verhältnissen etc. festgelegt.

Bei dem Betrieb der Wasserstoffleitung ist der Druckverlauf aufzuzeichnen und für mindestens 10 Jahre zu archivieren. Damit können die Betriebsbedingungen der Rohrleitung nachvollzogen und für eine mögliche bruchmechanische Bewertung auf Grund möglicher Lastwechsel genutzt werden.

Veränderte äußere Einflüsse auf die Wasserstoffleitung sind zu beachten und durch den Betreiber und gegebenenfalls durch einen Sachverständigen zu bewerten.

10 Gefährdungen der Wasserstoffleitung durch die Fernwärmeleitung

Vom Betrieb der Fernwärmeleitung geht ein hinreichend geringes Gefährdungspotential aus. Es handelt sich um eine Versorgungseinrichtung, die keine wassergefährdenden Stoffe im Sinne des Wasserhaushaltsgesetzes § 62 enthält. Ein plötzlich auftretender Schaden kann, bei regelwerkskonformer Bauausführung, ausgeschlossen werden, sofern keine äußere Einwirkung vorliegt. Bei einer Leckage der Fernwärmeleitung tritt Wasser oder Wasserdampf in geringen Mengen aus. Die Betriebssicherheit der Fernwärmeleitung wird durch einen erhöhten Prüfumfang der Schweißverbindungen sowie der Festigkeitsprüfung mit Wasser enorm erhöht. Weiterhin wurden durch Erhöhung der Verlegetiefe und der Abstände der Leitungen zueinander zusätzliche Sicherheiten geschaffen. Die Fernwärmeleitung verfügt über eine Lecküberwachung, welche frühzeitig Betriebsstörungen erkennen und orten lässt, so dass keine Beeinflussung der Wasserstoffleitung durch den Betrieb der Fernwärmeleitungen zu unterstellen ist.



Industrie Service

11 Zusammenfassung

Wie aus verschiedensten Schadensstatistiken wie dem EGIG Report 2019, dem Forschungsbericht 285 der BAM (Bundesanstalt für Materialforschung) sowie der DVGW Schadensstatistik seit Anfang der siebziger Jahre hervorgeht, nehmen die Schäden an Gashochdruckleitungen auf Grund der erhöhten Prüfumfänge bei Bau und Betrieb stetig ab.

Die große Transportsicherheit 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. Zusätzlich wird die Sicherheit der Wasserstoffleitung durch die Überdeckung von 1,20 m anstatt der regulär geforderten 1,00 m gegen Fremdeinwirkungen, wie zum Beispiel Baggerarbeiten, erhöht. Weiterhin werden Gashochdruckleitungen hinsichtlich ihres Zustands und ihrer Dichtheit regelmäßig mit geeigneten Verfahren überwacht.


Unter Berücksichtigung der in dieser Studie aufgezeigten Faktoren bei der Planung und Verlegung der Leitungen bestehen keine sicherheitstechnischen Bedenken gegen die Errichtung der Wasserstoffleitung.

Die erforderlichen Prüfungen der Wasserstoffleitung durch einen Sachverständigen sind gemäß EnWG und GasHDrLtgV wie folgt vorzusehen: Vorprüfung der Anzeigeunterlagen und Erstellung der Gutachterlichen Äußerung, Bauprüfung, Druckprüfung und Prüfung der Sicherheitseinrichtungen (Abnahmeprüfung). Wiederkehrende Prüfungen durch Sachverständige der akkreditierten Inspektionsstellen sind gemäß EnWG nicht vorgesehen.

Leipzig, den 25.01.2023


Der Sachverständige^{*)}

Martin Rauer


Anlagensicherheit: Risiko & Zuverlässigkeit
Dr. Hartmut Neumann

^{*)} der akkreditierten Inspektionsstelle Typ A (Urkunde D-IS-14153-02-05), anerkannt gem. § 11 Abs. 1 GasHDrLtgV durch das Land Sachsen.