



Open Grid Europe
The Gas Wheel

Sicherheitsanalyse der Gasanschlussleitung des Helmholtz-Zentrums Geesthacht

06.02.2019

Auftraggeber:

Helmholtz-Zentrum Geesthacht
Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH
Max-Planck-Straße 1
21502 Geesthacht

Erstellt durch:

Open Grid Europe GmbH
Integrität
Gastechnik/Sicherheit
Gladbecker Straße 404
D-45326 Essen

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

Abteilungsleiter
Gastechnik/Sicherheit

[Redacted]

[Redacted]

Datum: 06.02.2019

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
1 Einleitung	5
2 Lage der Leitungen	9
2.1 Leitungsverlauf	9
2.2 Abstände der kerntechnisch relevanten Gebäude von den nächstgelegenen Gasleitungen	12
2.3 Kreuzende oder parallel verlaufende Bodeninfrastruktur.....	13
3 Eigenschaften der Gasanschlussleitung	13
4 Gefährdungsanalyse	14
4.1 Fehlerhaftes Design	14
4.2 Fehler bei der Herstellung.....	15
4.3 Zu hoher Druck, plötzlicher Druckabfall oder ungeeignete Temperatur	16
4.4 Korrosion	17
4.5 Bodenbewegungen	17
4.6 Brand in freiliegenden Leitungsbereichen.....	17
4.7 Aufschwimmen der Leitung in Überflutungsgebieten oder in Bereichen mit hohem Grundwasserstand.	17
4.8 Eingriff Dritter (z. B. Bagger, Bodenbohrungen)	18
4.9 Wechselwirkung mit vorhandener Bodeninfrastruktur	18
4.10 Beschädigung der Leitung durch Verkehrslasten	18
4.11 Beschädigung der Leitung durch Chemikalien	19
5 Effektberechnungen	19
5.1 Freisetzungsszenario 1 – Bruch der 1,1 bar _g Gasversorgungsleitung	21
5.2 Freisetzungsszenario 2 – Bruch der 16 bar _g Gasversorgungsleitung	24
5.3 Freisetzungsszenario 3 – Bruch der 0,065 bar _g Ortsgasversorgungsleitung	26
5.4 Fazit der Effektberechnung	29
6 Sicherheitsmanagement	30
7 Zusammenfassende Bewertung	31
8 Quellen	32
9 Normenwerk	33

Zusammenfassung

Auf dem Gelände des Helmholtz-Zentrums Geesthacht werden Erdgasleitungen mit einem minimalen Abstand von 100 m zu kerntechnischen Einrichtungen betrieben. Im folgenden Bericht werden mögliche Auswirkungen von Störfällen an diesen Gasleitungen untersucht.

Nach einer Beschreibung der Leitungen sowie deren Ausführung und näherer Umgebung werden durch konservative Annahmen drei Freisetzungsszenarien identifiziert und auf Auswirkungen auf die kerntechnischen Anlagen untersucht.

Infolge von regelwerkskonformer Herstellung und Betrieb des Leitungsnetzes auf dem Gelände des HZG ist vernünftigerweise auszuschließen, dass von dieser Einrichtung Gefahren für die Öffentlichkeit und speziell die kerntechnischen Einrichtungen ausgehen.

Die trotz dieser Beurteilung an kritischen Stellen des Leitungsnetzes mit Hilfe numerische Simulation angestellten Auswirkungsbetrachtungen ergaben, dass Beschädigungen von kerntechnischen Einrichtungen durch die Gasinfrastruktur auch bei einem Leitungsbruch ausgeschlossen werden können.

1 Einleitung

Die Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH mit Hauptsitz in Geesthacht und einem Standort in Teltow gehört zu den 18 nationalen Einrichtungen der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren. Etwa 920 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter betreiben naturwissenschaftlich-technische Grundlagenforschung und Entwicklungsarbeiten in Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen, forschungsorientierten Kliniken, der Wirtschaft und öffentlichen Einrichtungen sowohl auf nationaler als auch internationaler Ebene.

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten des Helmholtz-Zentrums Geesthacht werden in Instituten mit folgenden Schwerpunkten geleistet:

- Institut für Küstenforschung
- Institut für Werkstoffforschung
- Institut für Polymerforschung
- Institut für Biomaterialforschung

Weitere Informationen sind der Unternehmenspräsentation im Internet unter www.hzg.de zu entnehmen.

Der Hauptsitz des Helmholtz-Zentrums Geesthacht (HZG) ist südöstlich der Ortschaft Krümmel am Geesthang angrenzend an das hier nördliche Elbufer angesiedelt. Das HZG-Gelände liegt in wesentlichen Teilen etwa 50 m oberhalb der Elbe, erstreckt sich allerdings bis zur Elbe hinunter und wird von dem Fluss durch einen Grünstreifen und die Elbuferstraße getrennt. Im Westen grenzt das HZG an das Gebiet des KKW Krümmel, dessen Stromproduktion im Jahr 2011 eingestellt wurde. Im Osten schließen sich an das HZG-Gelände die Geesthachter Ortsteile Grünhof und Tesperhude an. Das weitläufige Gelände des HZG weist ausgedehnte Waldflächen auf und ist vollständig eingefriedet. Für Fahrzeuge gibt es einen regulären Zugang zu dem Gelände über die im Norden gelegene Pforte. Die Pforte ist über eine Stichstraße von etwa 1,3 km Länge mit der in ostwestlicher Richtung verlaufenden Bundesstraße 5 verbunden.

Die HZG GmbH ist Betreiber des seit 28. Juni 2010 endgültig abgeschalteten Forschungsreaktors FRG-1 (5 MW, erstmalig kritisch Oktober 1958) und des Heißen Labors (seit 1967) sowie seit 1963 Verwalter der Landessammelstelle für die Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle. In der Zuständigkeit der HZG GmbH befinden sich außerdem Teile des im Frühjahr 1995 stillgelegten Forschungsreaktors FRG-2 (20 MW, erstmalig kritisch März 1963) sowie die in der Zwischenlagerung befindlichen radioaktiven Komponenten des stillgelegten Kernergieschiffes „NS Otto Hahn“ (38 MW, Betrieb von 1968 bis 1979).

Nach planmäßiger Beendigung des FRG-1-Leistungsbetriebs am 28. Juni 2010 erfolgte der Übergang in die Nachbetriebsphase. Diese umfasst den Zeitraum zwischen der endgültigen Abschaltung der Anlage und der Erteilung einer vollziehbaren Genehmigung zur Stilllegung und zum Abbau der kerntechnischen Einrichtungen [1]. Die letzten bestrahlten Brennelemente des Forschungsreaktors FRG-1 wurden am 24. Juli 2012 zum US Department of Energy in die Vereinigten Staaten abtransportiert. Entsprechend der Empfehlung der Entsorgungskommission vom 11. November 2010 sind die Forschungsreaktoranlage und das Heiße Labor kernbrennstofffrei. Alle Versuchsanordnungen und Abschirmeinrichtungen in der Experimentierhalle wur-

den vollständig abgebaut und an andere Forschungseinrichtungen zur Weiternutzung abgegeben.

Das Heiße Labor (HL) wurde 1971 für die Durchführung technischer, metallografischer und chemischer Nachuntersuchungen an Bestrahlungseinsätzen aus beiden Forschungsreaktoren in Betrieb genommen. Für die Zerlegung von Bestrahlungskapseln und Loop-Einsätzen wurden drei Betonzellen errichtet, zugehörige Materialuntersuchungen erfolgten in zehn Bleizellen. Bis Ende 1992 wurden überwiegend bestrahlte Druckbehälterwerkstoffe und Versuchsbrennstäbe zerstörend untersucht.

Der Reaktordruckbehälter mit Schildtank des „NS Otto Hahn“ lagert seit 1981 in einem eigens dafür errichteten Betonschacht für wissenschaftliche Nachuntersuchungen. Für die Zerlegung des Reaktordruckbehälters soll ein Zerlegehaus (Geb. 74) über dem Betonschacht errichtet werden.

In der HAKONA/Bereitstellungshalle (Geb. 44) und in der Sammelstelle (Geb. 15) werden radioaktive Abfälle bis zur Abgabe an ein Bundesendlager gelagert [2]. Ein Teil der Sammelstelle wird darüber hinaus als Landessammelstelle für radioaktive Abfälle der norddeutschen Küstenländer genutzt.

Bild 1 gibt einen Überblick über die im HZG vorhandenen Einrichtungen. Die Forschungsreaktoranlage (FRG), das Heiße Labor (HL) und die beantragte Transportbereitstellungshalle (TBH) sind im Gebäudekomplex Nr. 3 untergebracht.

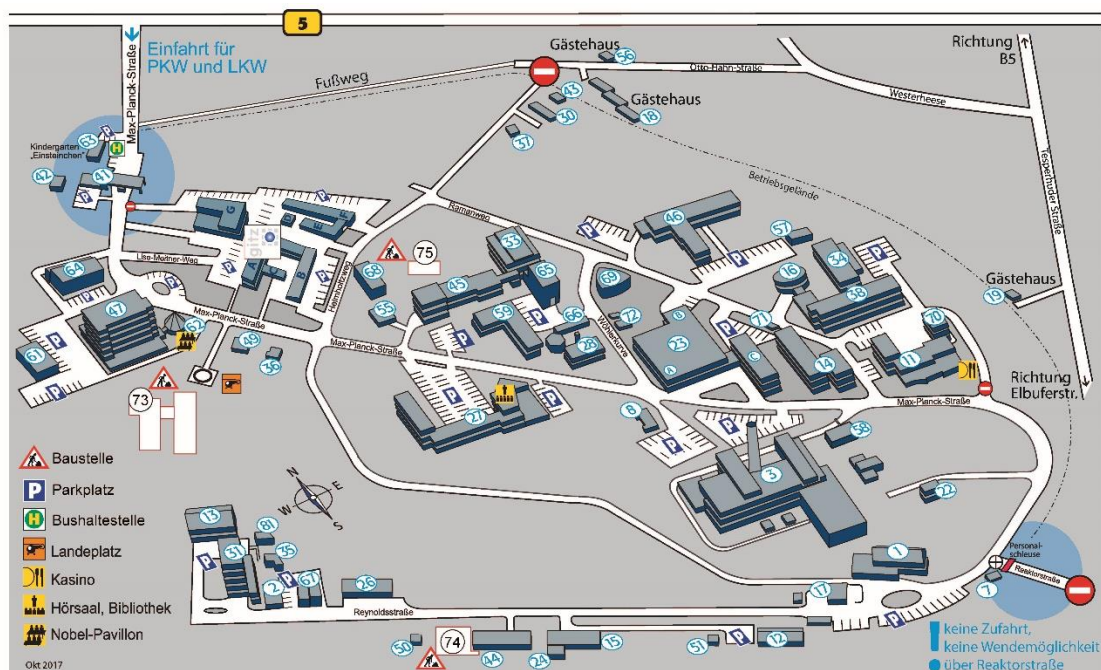


Bild 1: Gebäude des Helmholtz-Zentrums Geesthacht

In Bild 2 sind die kerntechnisch relevanten Gebäude in einer Luftaufnahme zu sehen.

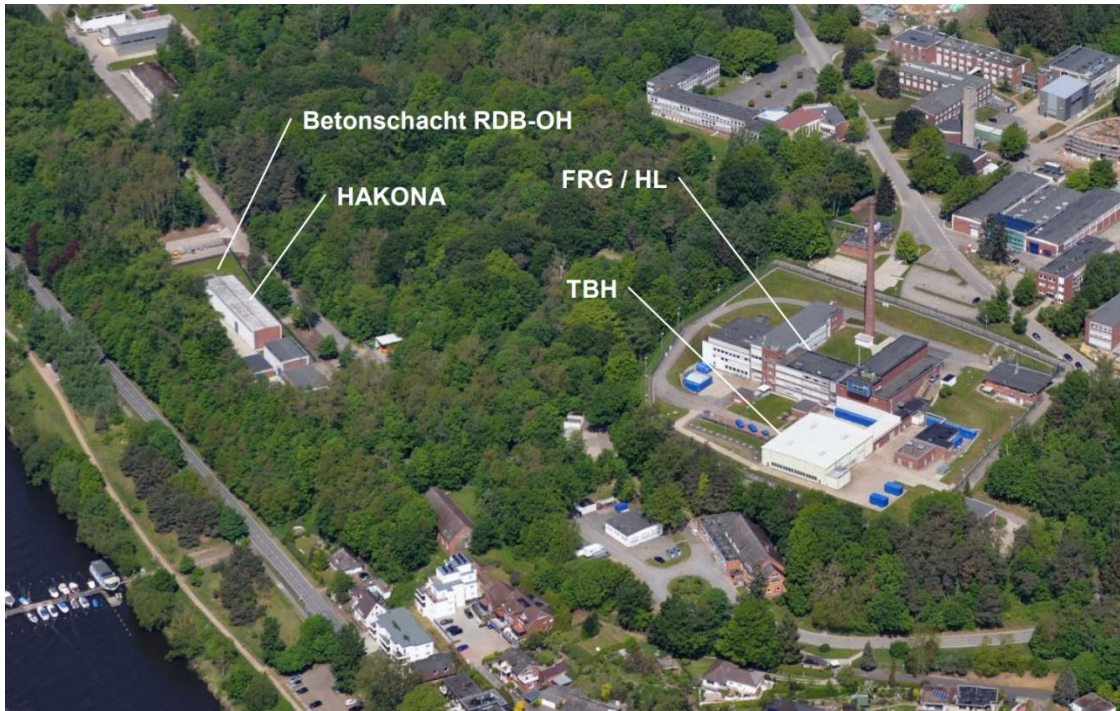


Bild 2: Luftbild der kerntechnischen Einrichtungen des HZG [1]

Die Gebäude der kerntechnischen Einrichtungen sind nicht gegenüber den Auswirkungen von Druckwellen ausgelegt, wie sie sich z.B. aus Explosionen mit nicht näher bestimmter Ursache ergeben können.

Die Wärmeversorgung mehrerer Gebäude des HZG erfolgt über ein zentrales Heizwerk, das in Bild 1 mit der Nummer 28 gekennzeichnet ist. Als Brennstoff wird Erdgas verwendet, das über eine Verteilung der Stadtwerke Geesthacht (STWG) und ein HZG-eigenes, allerdings von den STWG betriebenes Leitungsnetz bezogen wird. Die Gasleitung der STWG überquert die Außengrenze des Betriebsgeländes im Bereich der Pforte. Eine weitere Gasleitung, die der Versorgung des Ortsteils Tesperhude dient, nähert sich dem HZG-Gelände von Südosten. Die Lage der für die Sicherheitsbetrachtung relevanten Gasleitungen ist Bild 3 zu entnehmen.

Der Bau und der Betrieb von Gasleitungen bis zum letzten Absperrorgan vor der Verbrauchsstelle unterliegen insbesondere auch auf Werksgeländen dem Energiewirtschaftsgesetz und sind dem DVGW-Regelwerk (DVGW – Deutscher Verband des Gas und Wasserfachs) entsprechend auszuführen. Sofern die Anlagen und Leitungen der Gasversorgung nicht durch den Eingriff Dritter beschädigt werden, sind Gefährdungen, die von dieser Technik ausgehen, vernünftigerweise ausgeschlossen. Dies wird im Verlauf des Gutachtens dokumentiert.

In Anbetracht der für kerntechnische Anlagen geltenden besonderen Sorgfaltspflicht werden in dieser Betrachtung jedoch für beide Gasleitungen massive Schäden (Vollabriss) unterstellt und diskutiert, welche Auswirkungen sich daraus auf die kerntechnischen Anlagen ergeben können.

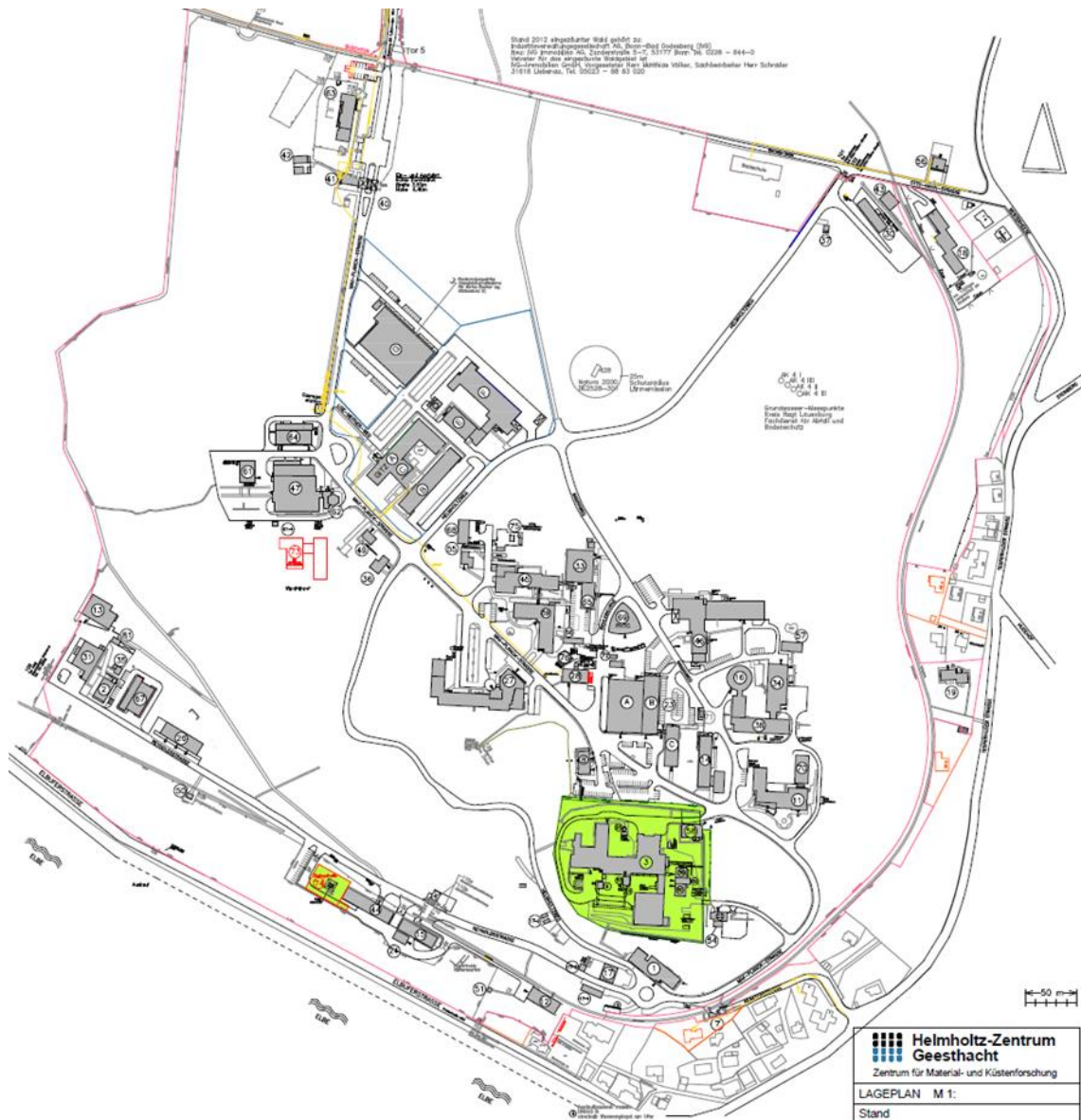


Bild 3: Lageplan des HZG mit umfriedeter Grundstücksgrenze (rot), Gasinfrastruktur (gelb) und kerntechnischen Anlagen (grün)

Im Folgenden werden die Leitungen näher beschrieben und beurteilt, ob weitere Maßnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit zu treffen sind. Gefährdungen der kerntechnischen Anlagen können nur durch eine Freisetzung von Erdgas und dessen anschließende Zündung verursacht werden. Insbesondere ist in diesen Fällen mit direkter oder indirekter Feuerübertragung durch Wärmestrahlung sowie in geringerem Maße mit Explosionsüberdrücken zu rechnen. Die Auswirkungen solcher Ereignisse lassen sich mit numerischen Werkzeugen in ausreichender Genauigkeit berechnen. Für diese Auswirkungsbetrachtungen wurde die kommerziell verfügbare, validierte Software PHAST 7.11 des Herstellers DNV GL eingesetzt.

2 Lage der Leitungen

2.1 Leitungsverlauf

Für die Sicherheitsbetrachtung sind prinzipiell zwei Erdgasleitungen von Bedeutung. Eine der Leitungen dient der unmittelbaren Versorgung des HZG, während sich die zweite dem Gelände von Süden nähert und dort Gas in der außerhalb des HZG-Geländes liegenden Wohnbebauung verteilt.

Die Gasversorgung des HZG erfolgt über eine Stahlleitung der STWG mit der Nennweite DN100 und einem maximalen Betriebsdruck von 16 bar_g. Die Trasse dieser Leitung führt von der Bundesstraße 5 aus entlang der Max-Planck-Straße bis zur Pforte des HZG. Vor der Pforte zweigt eine Leitung der Dimension DN100 in Richtung Westen ab, die der Versorgung des nahegelegenen Kernkraftwerks Krümmel dient. Der Hauptstrang der Versorgungsleitung des HZG überquert einen Parkplatz vor der Pforte und verläuft östlich an der dort gelegenen Kindertagesstätte vorbei bis zum Empfangsgebäude des HZG. An dessen westlicher Seite befindet sich eine Gasdruckregel- und Messanlage (GDRM), über die Erdgas aus der Hauptleitung zur Versorgung der Kindertagesstätte entnommen wird.

Die Hauptleitung selbst nähert sich im weiteren Verlauf hinter der Pforte wieder der Max-Planck-Straße und verläuft dann in einem Grünstreifen zwischen dieser Straße und einem Radweg bis zu einer weiteren GDRM-Anlage der Stadtwerke Geesthacht (siehe Bild 4). In dieser Anlage wird der Gasdruck auf den Versorgungsdruck des HZG reduziert. Der Versorgungsdruck beträgt für alle abgehenden Leitungen maximal 1,1 bar_g.



Bild 4: Leitungsverlauf entlang der Max-Planck-Straße vom Eingangsbereich des HZG (Hintergrund rechts) bis zur GDRM-Station der Stadtwerke Geesthacht

Eine der von der GDRM-Anlage ausgehenden Versorgungsleitungen verläuft über eine kurze Distanz entgegengesetzt zum bereits beschriebenen Trassenverlauf, zweigt darauf nach Osten ab und unterquert die Max-Planck-Straße zur Versorgung des Geesthachter Innovations- und Technologiezentrums (GITZ). Die Gebäude G, E, F und B dieses Instituts weisen separate Gasanschlüsse auf. Die Versorgungsleitung des GITZ wurde in Polyethylen der Qualität PE 100 ausgeführt. Der Außendurchmesser der Leitungen beträgt abschnittsweise 110 mm oder 63 mm mit Innendurchmessern von etwa 100 mm bzw. 55 mm. Der Übergang von Stahl auf PE findet in der GDRM-Anlage statt.

Neben der Versorgungsleitung des GITZ verlässt eine zweite in Stahl und der Nennweite DN100 ausgeführte Leitung die GDRM-Anlage. Die Leitung unterquert die Max-Planck-Straße und verläuft parallel zum kurzen Lise-Meitner-Weg. Nach rund 40 m (Alter GDRM-Anlagenstandort) weitet sich die Leitung auf DN200 und verläuft von hier parallel zur Max-Planck-Straße, jetzt auf deren nördlicher Seite (siehe Bild 5). Etwa 140 m hinter der GDRM-Anlage weist die Leitung einen Abzweig auf, der ehemals zur Versorgung des GITZ diente, aber nachträglich stillgelegt wurde. Der Abzweig wurde dichtgeschweißt und ist daher auf Dauer technisch dicht.



Bild 5: Leitungsverlauf entlang der Max-Planck-Straße von der GDRM-Anlage (roter Pfeil) bis zum Gebäude A des Geesthachter Innovations- und Technologie-Zentrums (GITZ, rechts)

Hinter dem stillgelegten Abzweig liegt die Leitung weiter parallel zur Max-Planck-Straße und unterquert die Helmholtz-Straße sowie mehrere Zufahrten zu Gebäuden des HZG (siehe Bild 6). Nach rund 200 m im Leitungsverlauf hinter der GDRM-Anlage verjüngt sich die Leitung auf DN150.



Bild 6: Leitungsverlauf entlang der Max-Planck-Straße von der Höhe des Gebäude B des GITZ (linke Straßenseite, nicht im Bild) bis zum zentralen Heizgebäude des HZG (linke Straßenseite, hinter den Bäumen)

Zwischen den Gebäuden 27 und 28 des HZG passiert die Hauptleitung eine Tankfüllstation, die zur Befüllung eines im Freien aufgestellten Lagerbehälters für Heizöl dient. In geringer Entfernung von der Füllstation tritt die Gasleitung mit einer oberirdisch gekennzeichneten Mauerdurchführung in die gemeinsame Heizzentrale der Gebäude des HZG ein und endet dort in einer weiteren Druckregelanlage (siehe Bild 7).



Bild 7: Zentrales Heizgebäude des HZG (Mitte, mit Kamin)

Ursprünglich zweigte weiter vorne im beschriebenen Leitungsverlauf, unmittelbar nach der Unterquerung der Helmholtzstraße, ein weiterer Leitungsstrang ab.

In älteren Lageplänen unterquert die abzweigende Leitung die Max-Planck-Straße in südwestlicher Richtung und folgt dem Helmholtzweg nach Süden. Der Leitungsabschnitt wurde allerdings im Sommer 2018 von der Hauptleitung getrennt, entgast, mit Stickstoff inertisiert und endgültig stillgelegt. Der Nachweis hierfür ist der Leitungsdokumentation des HZG und des Betreibers STWG zu entnehmen. Im Zuge der Trennung des Abzweigs an der Helmholtzstraße wurde der verbleibende aktive Leitungsteil durch einen nach § 11 Gashochdruckleitungsverordnung zugelassenen Sachverständigen geprüft und wieder in Betrieb genommen.

Der Teil der Gasversorgung vor der Druckreduzierung von 16 bar_g auf 1,1 bar_g, der sich im Eigentum der STWG befindet, besitzt eine kathodische Schutzanlage und ist daher zusätzlich aktiv gegen Außenkorrosion geschützt. Die letzte Messstelle für den KKS (kathodischen Korrosionsschutz) liegt an der Ostseite der GDRM-Anlage. Im Sommer 2018 wurde der in Stahl ausgeführte Teil des HZG-Gasnetzes, der regelwerksgemäß durch eine PE-Umhüllung gegen Außenkorrosion geschützt ist, in den aktiven kathodischen Schutz des Betreibers STWG einbezogen. Die letzte Trennstelle für den KKS der 1,1 bar_g Leitung befindet sich vor dem Schieber am Heizwerk und soll im Jahr 2019 mit einem Messpfahl versehen werden.

2.2 Abstände der kerntechnisch relevanten Gebäude von den nächstgelegenen Gasleitungen

Die Bebauung des HZG-Geländes weist verschiedene Schwerpunkte auf, die teilweise über eine eigene Gasversorgung verfügen. Der nördlichste Schwerpunkt wird im Wesentlichen von den Einrichtungen des GITZ gebildet, die individuell mit Gas versorgt werden. Die Gasversorgung erfolgt hier direkt über die GDRM-Station an der Max-Planck-Straße mit einem Druck von maximal 1,1 bar_g. Die Gebäude des GITZ sind mit eigenen Reglern ausgestattet, die den Betriebsdruck der Verteilleitungen auf den für die Gasanwendungen erforderlichen bzw. zulässigen Druck herabsetzen. Aufgrund der vergleichsweise hohen Entfernung des GITZ von den kerntechnisch relevanten Standorten in Kombination mit dem relativ geringen Betriebsdruck der Gasverteilungen wären die Auswirkungen einer Gasfreisetzung in diesem Bereich verglichen mit denen an anderen möglichen Freisetzungstellen geringer. Ähnliches gilt, wenn es zu einer Gasfreisetzung in dem Gasnetz käme, das die Wohnbebauung in der außerhalb des Betriebsgeländes liegenden Reaktorstraße versorgt (vgl. Tabelle 1)

Südöstlich des GITZ liegt ein weiterer baulicher Schwerpunkt mit den Forschungseinrichtungen des HZG, u. a. auch dem kerntechnisch relevanten Gebäude 3. In diesen Gebäudekomplex führt nur eine Gasleitung und zwar zum Heizwerk (Gebäude 28). Die anderen Gebäude dieses Bereichs werden nicht mit Gas versorgt.

Tabelle 1: Abstände der kerntechnisch relevanten Gebäude von den nächstgelegenen Gasleitungen

Ort	Abstand zum Reaktorgebäude in m
Gasregelstation – 16 bar _g	480
Heizwerk – 1,1 bar _g	135
Reaktorstraße – 65 mbar _g	100

2.3 Kreuzende oder parallel verlaufende Bodeninfrastruktur

Auf dem Gelände des HZG gibt es neben dem Gasnetz eine Stromversorgung über Erdkabel auf der Niederspannungsebene sowie ein Wärmenetz zur Versorgung verschiedener Institutsgebäude mit Heizwärme. Das Wärmenetz kreuzt die Gasleitung an vier Stellen mit einem minimalen Abstand von minimal 0,4 m. Eine Karte der Bodeninfrastruktur ist beim technischen Facility-Management des HZG einzusehen.

3 Eigenschaften der Gasanschlussleitung

Die Erdgasleitungen auf dem Gelände des HZG wurden zum Teil aus Stahlrohren und zum Teil aus Kunststoffrohren errichtet. Kunststoffrohre finden sich laut dem vom HZG zur Verfügung gestellten Leitungsplan ausschließlich im Bereich des GITZ.

Der übrige Teil des Gasnetzes auf dem Gelände des HZG besteht aus Stahlrohren. Dem zur Verfügung gestellten Leitungsplan lassen sich für die verschiedenen Leitungsabschnitte die in Tabelle 2 zusammengefassten Spezifikationen entnehmen:

Tabelle 2: Eigenschaften der Gasleitungen in der Umgebung der kerntechnischen Anlagen

Abschnitt	Überdruck in bar	Durchmesser	Material	Baujahr
Pforte / GDRM-Anlage	16	DN 100	Stahl	1980
GDRM / Heizwerk	1,1	DN 100/150/200	Stahl	1980
Reaktorstraße (extern)	0,065	DA 90	PE80	Unbekannt

Die Stahlleitungen bestehen aus längsgeschweißten Rohren der Qualität RSt 37-2 mit den im DVGW-Arbeitsblatt G462/II, Ausgabe September 1976, geforderten Eigenschaften. Sie wurde aus Rohren mit Längen zwischen zwischen 10 m und 12 m durch Stumpfschweißen hergestellt. Die Stahlleitung besitzt eine für den passiven Korrosionsschutz in der G462/II geforderte Umhüllung, die bereits in PE ausgeführt wurde und damit auch modernen Ansprüchen genügt.

Das DVGW Arbeitsblatt G462/II regelt die Errichtung von Gasleitungen mit Betriebsüberdrücken von mehr als 4 bar bis 16 bar aus Stahlrohren. Dem Abnahmeprüfzeugnis zufolge wurde die Leitung zwischen GDRM-Anlage und Heizwerk auch für einen maximalen Druck von 16 bar_g in Betrieb genommen, d.h. für einen Druck, der um eine Größenordnung über dem aktuellen Betriebsdruck liegt.

4 Gefährdungsanalyse

Die Gefährdungsanalyse soll dazu dienen, mögliche Gefahren für die kerntechnisch relevanten Gebäude als Folge einer schwerwiegenden Störung des Leitungsbetriebs zu identifizieren und zu analysieren, ob die getroffenen sicherheitstechnischen Vorkehrungen ausreichen, um das Auftreten der Gefahren vernünftigerweise ausschließen zu können. Im Fokus der Gefährdungsbeurteilung steht die Integrität der Leitung, d. h. die Frage unter welchen Bedingungen es zu einem Versagen der Leitung mit Gasfreisetzung kommen kann.

Mögliche Gründe für ein solches Versagen sind:

1. Fehlerhaftes Design
2. Fehler bei der Herstellung der Leitung und der Materialwahl
3. Zu hoher Druck oder zu hohe Temperatur
4. Korrosion
5. Bodenbewegungen
6. Brand in freiliegenden Leitungsbereichen
7. Aufschwimmen der Leitung in Überflutungsgebieten oder in Bereichen mit hohem Grundwasserstand.
8. Eingriff Dritter (Bagger, Bodenbohrungen)
9. Wechselwirkungen mit vorhandener Bodeninfrastruktur
10. Beschädigung der Leitung durch Verkehrslasten
11. Beschädigung der Leitung durch Chemikalien

Im Folgenden werden die Bedingungen für das Auftreten von Versagensgründen und ggf. die Maßnahmen diskutiert, die zu deren Vermeidung dienen.

4.1 Fehlerhaftes Design

Die Gasleitung wurde 1981 von der Nordwest Rohrleitungs- und Anlagenbau GmbH & Co. KG nach den damals geltenden Vorschriften des DVGW Regelwerks konstruiert und errichtet. Nach § 49 Energiewirtschaftsgesetz wird vermutet, dass die allgemein anerkannten Regeln der Technik für die Erzeugung, Fortleitung und Abgabe von Gas unter dieser Voraussetzung eingehalten sind. Nach Ansicht des Bund-Länderausschusses Gaswirtschaft gilt diese Vermutung, solange kein atypischer Fall vorliegt, der vom DVGW Regelwerk erkennbar nicht erfasst ist. Der beschriebene Netzabschnitt besitzt einen für den Bereich der Gasverteilung typischen Verlauf, stellt an die Konstruktion keine außergewöhnlichen Herausforderungen und weist keine ungewöhnlichen Betriebsparameter auf.

Die grundlegende Norm für die Konstruktion und die Inbetriebnahme der Gasleitung war die DVGW Technische Regel G 422-2 Errichtung von Gasleitungen mit Betriebsüberdrücken von

mehr als 4 bar bis 16 bar aus Stahlrohren. Dieser Regel sind die erforderlichen Richtlinien für Konstruktion und Bau, auch durch Querverweis auf mitgeltende Normen zu entnehmen. Die Regel deckt alle Aspekte der Konstruktion und des Baus von Stahlleitungen für den angegebenen Druckbereich ab:

- die Materialauswahl,
- die Verbindungstechnik der Rohre und Komponenten,
- die Verlegetiefe,
- die Ausführung der Rohrbettung,
- die Auswahl von Rohrbauteilen,
- die Gestaltung von Sicherheitseinrichtungen,
- die Kriterien für die Abnahme der Rohrleitung.

Was die Materialauswahl anbetrifft, kann die erforderliche Stahlqualität der mitgeltenden Norm DIN 2470 Teil 1 „Gasleitungen aus Stahlrohren mit Betriebsüberdrücken bis 16 bar - Anforderungen an die Rohrleitungsteile“ (Stand September 1976) entnommen werden. Die Norm lässt z.B. die Verwendung von Rohrstählen der Güte ST 37-2 zu, die nach den Lieferunterlagen des Rohrherstellers auch verwendet wurde. Diese Unterlagen können beim Betreiber der Leitung eingesehen werden.

Die genannte DIN-Norm regelt darüber hinaus die Anforderungen an die werksseitige Prüfung der Rohre und an die Eigenschaften aller verwendeten Rohrbauteile. Hier ist noch anzumerken, dass die Gasleitung zwar für einen Betriebsdruck von 16 bar ausgelegt wurde, später aber und bis heute nur mit einem maximalen Betriebsdruck von 1,1 bar gefahren wird. Die Begrenzung auf den niedrigeren Druck erfolgt in der Gasdruckregel- und Messanlage der Stadtwerke Geesthacht an der Max-Planck-Straße gegenüber dem Lise-Meitner-Weg.

Die Übergabestation wurde im Jahr 1981 von den Stadtwerken Geesthacht an einem Standort östlich der Max-Planck-Straße errichtet und im Jahr 2003 50 m in nordwestlicher Richtung auf die andere Straßenseite verlegt. Die Auslegung und Errichtung der GDRM-Anlage erfolgte nach den Vorgaben des DVGW-Arbeitsblatts G 491 *Technische Regeln für Bau und Ausrüstung von Gas-Druckregelanlagen mit Eingangsdrücken über 4 bar bis einschließlich 100 bar* (Ausgabe 1974) und der Betrieb nach der aktuellen Version dieses Dokuments, der DVGW Technischen Regel G 491 (2010 und 2014) „Gas-Druckregelanlagen für Eingangsdrücke bis einschließlich 100 bar; Planung, Fertigung, Errichtung, Prüfung, Inbetriebnahme und Betrieb“ sowie nach der G 492 (2004) „Gas-Messanlagen für einen Betriebsdruck bis einschließlich 100 bar; Planung, Fertigung, Errichtung, Prüfung, Inbetriebnahme, Betrieb und Instandhaltung“. Was die sicherheitstechnischen Fragestellungen anbetrifft verweist die G 492 im Wesentlichen auf die in der technischen Regel G 491 formulierten Anforderungen. Diese Anforderungen legen fest, wie die Anlagen aufgebaut sein müssen, welche Materialien und Bauteile eingesetzt werden dürfen, welche Qualität mechanische (Armaturen, Durchflussmessgeräte, Filter, Rohrleitungen) und elektrotechnische Komponenten besitzen müssen und wie die erforderlichen Eigenschaften der Komponenten von den Herstellern nachzuweisen sind.

Aufgrund der detaillierten Vorgaben des Regelwerks und der verpflichtenden Qualitätsanforderungen aller eingesetzten Komponenten sind Fehler bei der Auslegung und Konstruktion der Anlage vernünftigerweise auszuschließen.

4.2 Fehler bei der Herstellung

Die verwendeten Rohrbauteile sind eindeutig gekennzeichnet und werden vor dem Einbau auf ihre Eignung und den einwandfreien Zustand zu prüfen. Entsprechend der Anforderung der DVGW Regel G 462-2 waren die Schweißverbindungen von Schweißern vorzunehmen, die

nach DIN 8560 Rohrschweißergruppe II geprüft waren. Nach den Vorgaben des Regelwerks werden die Schweißarbeiten von einer sachkundigen Schweißaufsicht, geleitet und planmäßig überprüft. Außerdem wird der Name des Schweißers registriert.

Nach Fertigstellung wurde die Leitung vom TÜV Norddeutschland e. V. einer Druckprüfung nach der Regel DVGW G 469 unterzogen und zwar für den ursprünglich vorgesehenen Betriebsdruck von 16 bar. Die Prüfung erfolgte mit einem Druck von 19 bar entsprechend den spezifischen Anforderungen für das gewählte Prüfverfahren. Alle Protokolle und sonstigen Aufzeichnungen werden vom Betreiber der Leitung archiviert.

Die Anschlussleitung wird, wie im Bereich der Ortsgasversorgung üblich, entsprechend dem DVGW-Arbeitsblatt G 465 begangen. Das Arbeitsblatt legt den Rhythmus der Begehung in Abhängigkeit von einer möglichen Leckstellenhäufigkeit fest. Mit der Begehung sollen eventuell auftretende Leckstellen erkannt werden, wie sie z. B. an Schweißnähten trotz Prüfung bei der Herstellung während des Lebensalters einer Leitung nicht vollständig auszuschließen sind. Durch die regelmäßige Begehung werden kleinste Leckagen erkannt, lange bevor sie zu einer Betriebsstörung führen können.

Was die GDRM-Anlagen anbetrifft, ist vor Inbetriebnahme von einem Sachkundigen unter anderem zu prüfen, ob die die sicherheitstechnischen Anforderungen des Regelwerks erfüllt sind. Hierzu gehört auch die Prüfung aller verwendeten Komponenten, gegebenenfalls anhand der von den Herstellern zur Verfügung gestellten Nachweise.

4.3 Zu hoher Druck, plötzlicher Druckabfall oder ungeeignete Temperatur

Die Gasleitung ist an das lokale Netz der Stadtwerke Geesthacht angeschlossen, das aus dem vorgelagerten, überregionalen Hochdrucknetz der Hansewerk AG gespeist wird. In der beschriebenen Gasdruckregel- und Messanlage wird der Vordruck von maximal 16 bar_g auf den Betriebsdruck der Versorgungsleitung des Heizwerks von maximal 1,1 bar_g herabgesetzt. Der Druckabbau erfolgt über eine Gasdruckregelarmatur, deren Funktion jährlich im Rahmen von im Wechsel stattfindenden Inspektionen oder Wartungen geprüft wird. Zusätzlich sind Gasdruckregelanlagen mit Sicherheitseinrichtungen ausgerüstet, die ein unzulässiges Überschreiten des maximal zulässigen Betriebsdruckes in den nachgeschalteten Anlagenteilen und Leitungen sicher verhindern. Diese Sicherheitseinrichtungen, sogenannte Sicherheitsabsperrentile (SAV), schließen üblicherweise schlagartig, wenn der Druck in der nachgelagerten Leitung den MIP (Maximum Incidental Pressure) von $1,1 \times \text{MOP}$ (Maximum Operating Pressure) überschreitet, was nur bei einer Fehlfunktion des Druckregelgeräts auftreten kann. Da die Leitung zum Heizwerk ausgangsseitig der GDRM-Anlage auf dem HZG-Gelände für einen Nenndruck von 16 bar_g ausgelegt wurde, jedoch mit einem MOP von 1,1 bar_g betrieben wird, wurden hier aber deutlich niedrigere Grenzwerte von 1,7 bar_g bzw. 2,0 bar_g für die beiden parallel installierten SAV definiert. Die Überschreitung des Drucks in der Leitung zum Heizwerk ist damit aller Erfahrung nach vernünftigerweise auszuschließen.

Die GDRM-Anlage wird über ein Leitsystem der STWG überwacht. Ein Auslösen eines SAVs wird übertragen und führt zum Einsatz eines Entstörtrupps.

Durch die Drosselung vom Transportdruck auf den Druck in der Gasverteilung kommt es aufgrund von Realgaseffekten zu einem Temperaturrückgang von etwa 0,4 °C/bar. Auf der Eingangsseite der GDRM-Anlage kann von einer Gastemperatur ausgegangen werden, die bei ca. 10 °C liegt. Bei der Drosselung von 16 bar_g auf 1,1 bar_g kommt es daher maximal zu einem

Temperaturrückgang von 6 °C. Bei der daraus resultierenden Gastemperatur von etwa 4°C sind Gefährdungen der Stahlrohrleitung oder anderer Anlagenteile nicht möglich.

4.4 Korrosion

Die Stahlleitung ist mit einer Umhüllung passiv gegen Korrosion geschützt, da dies eine notwendige Voraussetzung für den aktiven kathodischen Korrosionsschutz darstellt. Um die Leitungsintegrität sicherzustellen, sind regelmäßige Dichtheitsüberprüfungen erdverlegter Leitungen mit Gasspürgeräten erforderlich. Methoden hierzu und Überprüfungszyklen legt die DVGW Technische Regel G 465/1 *Überprüfen von Gasrohrnetzen mit einem Betriebsdruck bis 4 bar* fest.

Das HZG wird als bebauter Bereich aufgefasst, für den regelmäßig wiederkehrende Prüfungen im Abstand von 1 Jahr sicherzustellen sind. Die Zeitintervalle sind so gewählt, dass ein trotz der Umhüllung nicht auszuschließender punktueller Korrosionsangriff (Korrosionsgeschwindigkeit 0,1 mm/Jahr), der zu einer leichten Gasfreisetzung führt, erkannt wird, bevor sich daraus eine Gefährdung ergeben kann. Die Überprüfungen werden von Betreiber der Leitung, den Stadtwerken Geesthacht organisiert. Die Leitungsintegrität wurde zuletzt im Juni 2018 bestätigt.

Neben dem passiven Korrosionsschutz können Stahlleitungen auch aktiv gegen Korrosion geschützt werden. Die Leitung der Stadtwerke Geesthacht, die das HZG über die beschriebene Gasdruckregel- und Messanlage versorgt, besitzt einen derartigen kathodischen Korrosionsschutz (KKS). Die Leitung zwischen GDRM-Anlage und Heizwerk wurde 2018 bis um Absperrorgan vor dem Heizwerk in den kathodischen KKS der STWG einbezogen. Sofern es hier an möglichen kleinen Umhüllungsfehlstellen zu Korrosion gekommen sein sollte, wird diese durch den aktiven Korrosionsschutz gestoppt.

4.5 Bodenbewegungen

Die Gasleitung verläuft im Wesentlichen entlang der Max-Planck-Straße auf dem Plateau oberhalb des Geesthangs. Zwischen der Gasdruckregel- und Messanlage und dem Heizwerk beträgt das Gefälle der Leitung nur etwa 4 m auf einer Länge von ca. 350 m. Beiderseits der Max-Planck Straße sind Gebäude errichtet worden, an denen nach Auskunft des HZG bisher keine Schäden durch Bodensenkungen aufgetreten sind. In einem Bodengutachten, das für einen Neubau unweit der Max-Planck-Straße (Gebäude 68) angefertigt wurde, wird von einem tragfähigen Boden gesprochen [2].

Aufgrund der Lage der Leitung und der Betriebserfahrung des HZG können Leitungsbeschädigungen durch Bodensenkungen vernünftigerweise ausgeschlossen werden.

4.6 Brand in freiliegenden Leitungsbereichen

Die Leitung ist zwischen der GDRM-Anlage und dem Heizwerk komplett erdverlegt. Damit der Einfluss von Bränden an Gebäuden oder anderen Einrichtungen im Leitungsbereich vernünftigerweise auszuschließen

4.7 Aufschwimmen der Leitung in Überflutungsgebieten oder in Bereichen mit hohem Grundwasserstand.

Das genannte Bodengutachten für den Neubau des Gebäudes 68 [2] gibt für die durchgeführten Sondierungsbohrungen an, dass bis zu einer Tiefe von 12 m keine Staunässe und kein Grundwasser gefunden wurden. Ein Aufschwimmen der Leitung und die damit möglicherweise verbun-

denen Belastungen können hier nicht auftreten. Ein solches Phänomen wurde auch seit dem Bau der Leitung niemals beobachtet.

4.8 Eingriff Dritter (z. B. Bagger, Bodenbohrungen)

Der Eingriff Dritter kann bei geringen Durchmessern, wie im hier betrachteten Fall zu einem Integritätsverlust der Leitung, d.h. zu einer Beschädigung mit Gasfreisetzung bis zum Vollabriss führen. Die Ursache für diese Unfälle besteht in der Regel darin, dass Tiefbauunternehmen ihre Pflicht zur Baugrundvorerkundung vernachlässigen und daher ohne Kenntnis über die vorhandene Bodeninfrastruktur Arbeiten durchführen. Schäden dieser Art sind auf dem Gelände des HZG auszuschließen, da es vollständig eingefriedet und daher unbefugte Dritte unzugänglich ist.

Tiefbauarbeiten werden nur über die Bauabteilung des HZG beauftragt und auch von dieser überwacht. Vor Beginn der Arbeiten werden die Pläne der Baumaßnahme und der vorhandenen Bodeninfrastruktur abgeglichen. Sofern in den Bereich der Gasleitung eingegriffen werden muss, sollten die Stadtwerke Geesthacht mit der temporären Kennzeichnung des Leitungsverlaufs im betroffenen Bereich, z.B. durch Auspflocken, beauftragt werden. Die bauausführenden Firmen werden durch diese Maßnahme auf die Lage der Leitung hingewiesen.

Bei Erdarbeiten im unmittelbaren Leitungsbereich wird, um Beschädigungen zu vermeiden, Handschachtung gefordert.

Durch die getroffenen Vorkehrungen ist eine Beschädigung der Leitung durch den Eingriff Dritter auszuschließen. Um die für heutige Planwerke übliche Genauigkeit zu erreichen, werden die STWG im Lauf des 2019 eine Leitungssondierung durchführen.

4.9 Wechselwirkung mit vorhandener Bodeninfrastruktur

Das DVGW-Arbeitsblatt G 462/II, Stand 1976, fordert als Mindestabstand zwischen der Gasleitung und einer parallel verlaufenden Infrastruktur 0,4 m in Engpässen ohne zusätzliche Schutzmaßnahmen, mindestens aber 0,2 m. Die Gasleitung wird nach Auskunft des HZG streckenweise von einem Niederspannungskabel sowie von isolierten Leitungen des Nahwärmenetzes begleitet. Das Wärmenetz wird mit einer maximalen Vorlauftemperatur von 90°C betrieben, besitzt jedoch eine wirkungsvolle Wärmeisolierung, so dass es nicht zur Überhitzung des passiven Korrosionsschutzes der Gaspipeline (PE-Umhüllung) kommen kann. Das HZG hat an Engpässen Suchschachtungen vornehmen lassen und konnte dort einen Mindestabstand zwischen der Gasleitung und einem parallel verlaufenden Niederspannungskabel von >0,2 m bestätigen. Kreuzende Bodeninfrastrukturen zeigten Mindestabstände zwischen 0,25 m und 0,4 m.

4.10 Beschädigung der Leitung durch Verkehrslasten

Die Anschlussleitung verläuft im Wesentlichen unterhalb von Grünflächen und ist dort keinen Verkehrslasten ausgesetzt. Einige Straßenunterquerungen sind jedoch vorhanden. Die Straßen auf dem Gelände des HZG sind für Schwerlastverkehr (Angabe HZG) ausgelegt und besitzen damit tragfähige Decken. Üblicherweise liegen Gasrohrleitungen in einer Tiefe von 0,8 bis 1 m unterhalb der Bodenoberfläche. Auf dem Gelände des HZG beträgt die Sohltiefe der Gasleitungen nach Auskunft des Eigentümers 1,3 m. Bei einem maximalen Rohrdurchmesser von 200 mm wird die Vorgabe des Regelwerks übertroffen. Eine Schädigung der Leitung durch Verkehrslasten ist daher auszuschließen.

4.11 Beschädigung der Leitung durch Chemikalien

Im Bereich der Leitungstrasse werden keine Chemikalien gelagert. Damit ist eine mögliche Schädigung der unterirdisch verlegten Gasleitung durch Chemikalien auszuschließen.

5 Effektberechnungen

Die Gefährdungsanalyse hat gezeigt, dass eine Gefährdung der kerntechnisch relevanten Gebäude des HZG durch eine nach dem DVGW-Regelwerk errichtete und betriebene Gasanschlussleitung vernünftigerweise auszuschließen ist.

Bei den folgenden Effektberechnungen wird jedoch davon ausgegangen, dass an jeder Stelle des Leitungsverlaufs mit einem Vollabriss der Gasleitungen zu rechnen ist. Es wird des Weiteren angenommen, dass es bei diesem Ereignis zu den Szenarien „Verdämmte Explosion“ – evtl. durch Vegetation und Turbulenzanregung verstärkt – „Feuerball“ und „Strahlfeuer“ kommen kann. Keines dieser Ereignisse sollte in der Lage sein, die Integrität der kerntechnisch relevanten Gebäude des HZG zu verletzen. Maßgeblich für die Bewertung der Integrität der kerntechnisch relevanten Gebäude des HZG infolge von Gasleitungsschäden ist der Bruch der 1,1 bar_g Leitung am Heizwerk, der Bruch der 16 bar_g Anschlussleitung eingangsseitig der Gasdruckregelanlage, sowie der Bruch der 0,065 bar_g Ortsgasversorgungsleitung in der Reaktorstraße. Im Folgenden werden diese Szenarien näher diskutiert (siehe Bild 8).

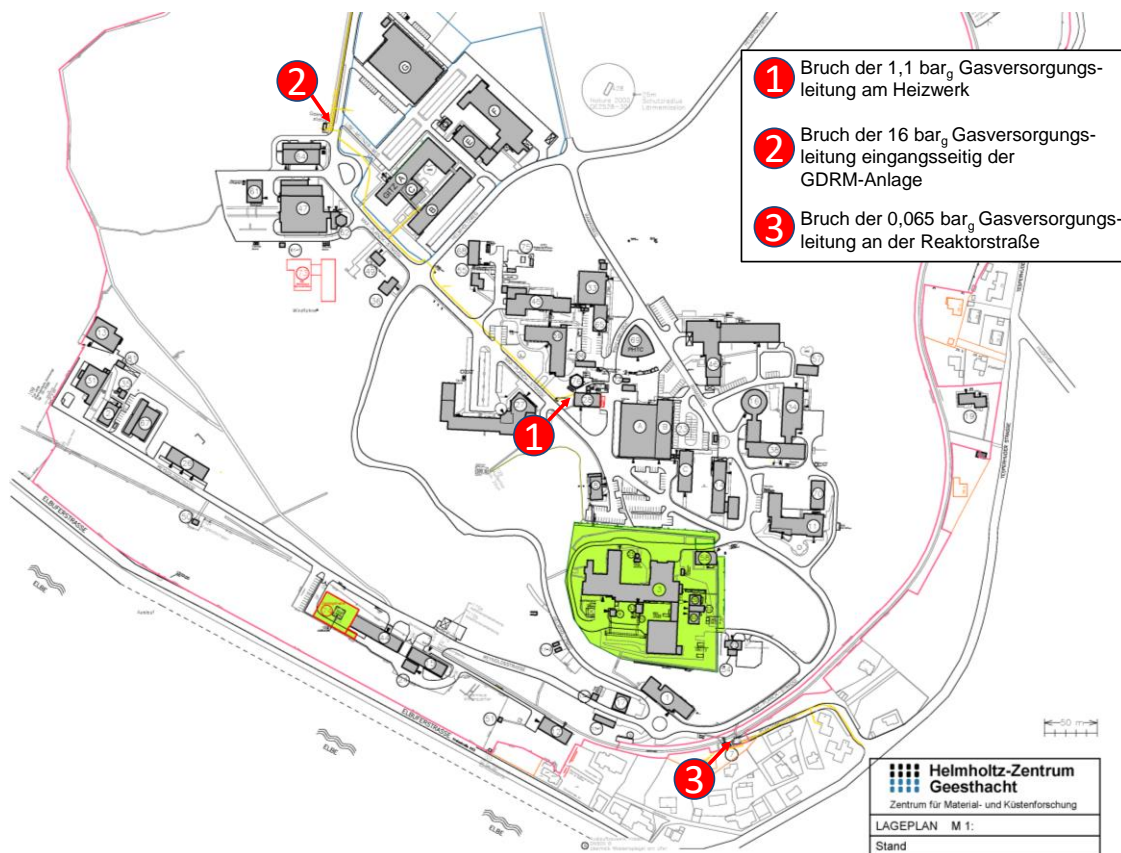


Bild 8: Freisetzungsszenarien

Für die Simulation der untersuchten Gefährdungsszenarien wurde die Software PHAST 7.11 der Fa. DNV GL eingesetzt. Die aus dem Leitungsschaden resultierende Dispersion des Gases, d. h. die Gasausbreitung infolge des Bruches wurde mit dem in PHAST implementierten „Pressure Vessel Model“ berechnet, welches speziell zur Simulation von Druckbehälter-Defekten dient. Die Berechnungen basieren auf der Annahme, dass der Druck in den Anschlussleitungen dem Wert entspricht bei dem die Sicherheitsabsperrentile (SAV) in der jeweilig vorgelagerten Gasdruckregelanlage ansprechen. Das „Pressure Vessel Model“ des Effekt-Berechnungsprogramm PHAST lässt die Simulation von zeitlich veränderlichen Vorgängen nicht zu. Eine Berechnung solcher instationären Vorgänge ist zwar mit anderen Modellen und Mitteln möglich, allerdings dann nur mit erheblichem Aufwand und mit genauer Kenntnis des Leitungsnetzes. Aus diesem Grund wurde die Effektberechnung quasistationär, d. h. mit fester Freisetzungsrates berechnet, wobei diese konservativ als der maximale Massenstrom zu Beginn der Freisetzung gewählt wurde.

Die Ausdehnung des explosionsgefährdeten Bereiches hängt außer von der freiwerdenden Menge auch von den Windbedingungen und der atmosphärischen Stabilität ab (Sonneneinstrahlung und Dichte der Bewölkung). Die größte radiale Ausdehnung, gemessen vom Ort der Freisetzung, tritt bei der höchsten sinnvollerweise anzunehmenden Windgeschwindigkeit auf. Für das Gelände des HZG wurde ein Wert von 15 m/s angesetzt. Für die größte vertikale Ausdehnung der Gaswolke wurde eine Windgeschwindigkeit von 0,1 m/s zugrunde gelegt und für die atmosphärische Stabilität die Eigenschaft „Neutral“ gewählt.

Für die Untersuchung von Explosionsvorgängen wurden die in der Software Phast implementierten Modell nach Baker-Strehlow-Tang [3] und das Multi-Energy-Modell [4] herangezogen. Relevante Faktoren für den bei einer Explosion auftretenden Überdruck sind neben Art und Menge des zündfähigen Stoffes auch die räumliche Umgebung. Folgende Faktoren können hier Einfluss nehmen:

- Dichte Vegetation (Baumkronen) oder komplex strukturierte Prozessanlagen verursachen bei Durchströmung eine Verstärkung der Turbulenz (Verblockung) und können so die Verbrennung durch Verlängerung der Flammenfront (Auffaltung) stark beschleunigen, was zur Verstärkung der bei der Explosion entstehenden Druckwelle führt.
- Abhängig von den Wetterbedingungen (Windgeschwindigkeit, Windrichtung, atmosphärische Stabilität) kann sich ein zündfähiges Gemisch z.B. in Nischen zwischen Gebäuden bilden. Die Gebäude würden im Fall einer Zündung die Expansion der heißen Gase verzögern (Verdämmung) und so einen zusätzlichen Druckaufbau bewirken.
- Der Strahl des austretenden Gases stellt ebenfalls eine Turbulenzquelle dar, die die Verbrennung in der Gaswolke beschleunigen und damit einen erhöhten Explosionsdruck bewirken kann.

Wenn eine Gasfahne zündet, nachdem sie eine größere Ausdehnung erreicht, aber bevor sich ein stabiler Strahl eingestellt hat, führt die Deflagration der Wolke unter gewissen Umständen zu einer Druckwelle, die Schäden an Gebäuden verursachen kann. Dieser Fall wird als „Late Explosion“ bezeichnet und wurde mithilfe der beiden verwendeten Modelle unter Berücksichtigung der oben genannten Faktoren untersucht.

Für die Berechnung des Phänomens „Feuerball“ wurde das in PHAST implementierte Modell nach Roberts [5] herangezogen, für die Berechnung der Strahlflamme das „Cone Model“ nach Chamberlain [6]. Die Auswirkungen des Szenarios „Feuerball“ sind, wie die Berechnungen gezeigt haben, verglichen mit denen des Szenarios Strahlflamme deutlich geringer, so dass hier nur das zuletzt genannte Phänomen näher diskutiert wird.

5.1 Freisetzungsszenario 1 – Bruch der 1,1 bar_g Gasversorgungsleitung

5.1.1 Gasfreisetzung und Dispersion

Für die Berechnungen der Gasfreisetzung wurde angenommen, dass die Pipelinelänge zwischen der Gasdruckregelanlage der STWG und dem Anschluss ans Heizwerk etwa 380 m beträgt und dass der minimale Innendurchmesser der Anschlussleitung gemäß Abnahmebescheinigung einen Wert von 150 mm besitzt. Als Szenario wurde der Bruch der Leitung (Vollabriss durch Baggereingriff) im unmittelbaren Bereich vor dem Heizwerk und somit im minimalen Abstand zu den kerntechnisch relevanten Gebäuden des HZG unterstellt.

Auf Basis der Dimensionen und der Längen des 1,1 bar_g Leitungsnetzes von der GDRM zum Heizwerk wurde zur Bestimmung der maximalen Freisetzungsrates zu Beginn des betrachteten Ereignisses (Vollabriss der Leitung) das Netz mithilfe des Strömungsberechnungsprogrammes Flowmaster 8.1 nachgebildet und ein maximaler Massenstrom von 1,98 kg/s ermittelt.

Bild 9 gibt die Konzentrationsverteilung in der Gasfahne bei den angegebenen Parametern wieder. Die Abbildung enthält in einem vertikalen Schnitt, der in Windrichtung verläuft, Isokonturen für die Konzentrationen halbe unteren Explosionsgrenze (UEG/2, ca. 20.000 ppm Erdgas in Luft), untere Explosionsgrenze (UEG, 40.000 ppm) und obere Explosionsgrenze (OEG; ca. 16.500 ppm). Bei der Berechnung wurde entsprechend der Literatur unterstellt, dass das Gas aus einem durch die Freisetzung ausgeworfenen Krater, nahezu vertikal austritt. Die Grenze des explosionsgefährdeten Bereiches wird konservativ bei der halben unteren Explosionsgrenze (UEG) erreicht [7]. Für den hier betrachteten Fall würde sich der explosionsgefährdete Bereich auf einen Streifen von rd. 3,5 m Breite beiderseits der Trasse beschränken.

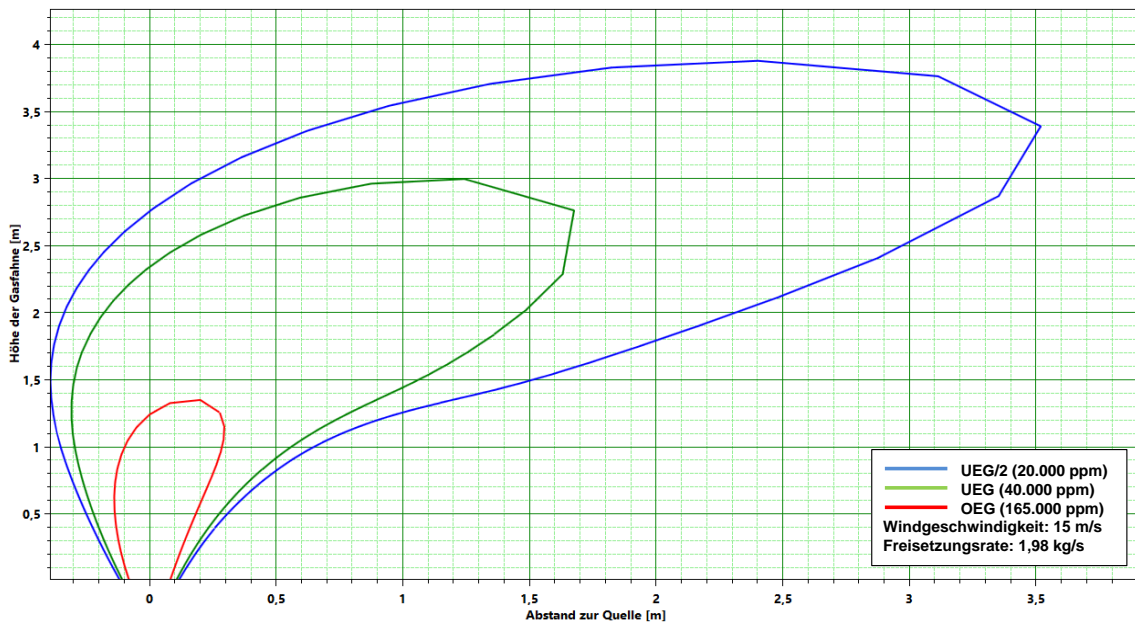


Bild 9: Konzentrationsverteilung in der freigesetzten Gaswolke bei einem Seitenwind von 15 m/s (ohne Berücksichtigung von Gebäuden; Darstellung nicht maßstabsgetreu mit unterschiedlichen Maßstäben auf Abszisse und Ordinate)

Die größte Höhe des explosionsgefährdeten Bereiches stellt sich bei quasi Windstille ein. Hier muss mit einem Wert von rund 31 m gerechnet werden, während die radiale Ausdehnung des explosionsgefährdeten Bereichs auf < 1,8 m sinkt.

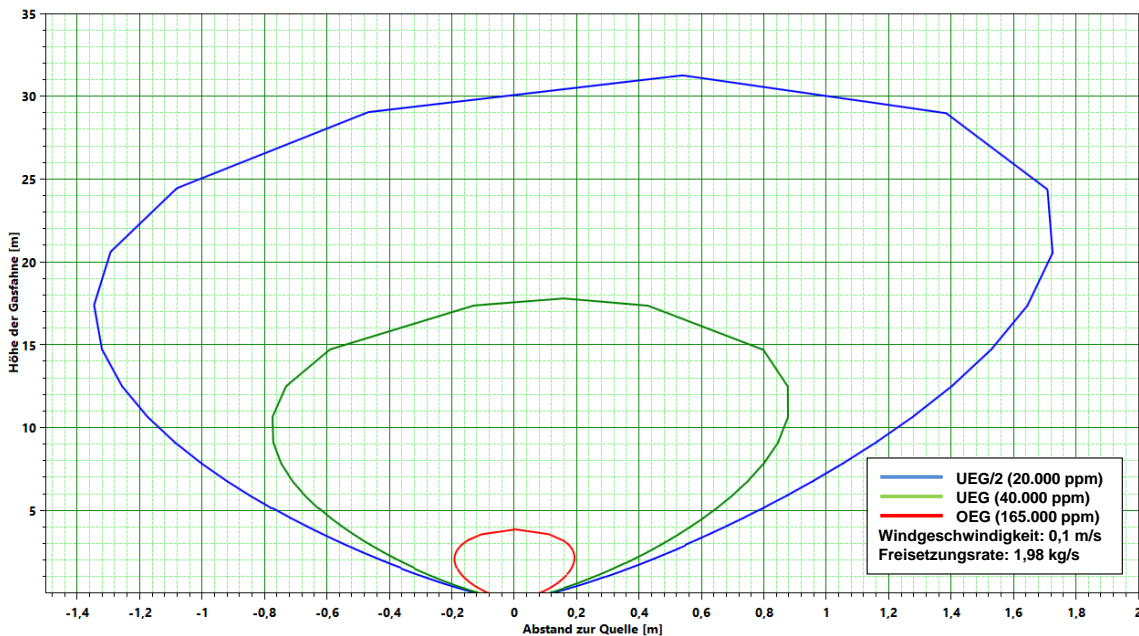


Bild 10: Konzentrationsverteilung in der freigesetzten Gaswolke bei einem Seitenwind von 0,1 m/s (Darstellung nicht maßstabsgetreu mit unterschiedlichen Maßstäben auf Abszisse und Ordinate)

5.1.2 Strahlflamme

Unter dem Einfluss der Wärmestrahlung die von gezündeten Strahlen ausgeht, kann es zur Entstehung von Bränden kommen. Gebäudebrände könnten auftreten, wenn die Wärmestrahlungsimmission einen Wert von ca. 12 kW/m^2 überschreitet, oder wenn Bauwerke unmittelbar von der Flamme getroffen werden. Hierzu reicht eine kurzfristige Einwirkung nicht aus. Die Gebäude müssen zumindest der Wärmestrahlung vielmehr für einen gewissen Zeitraum ausgesetzt sein.

Im Folgenden wird eine Strahlflamme betrachtet, die sich konservativ aus der maximalen Freisetzungsrate von $1,98 \text{ kg/s}$ ergibt. Bei vertikaler Ausströmung und bei vernachlässigbarem Seitenwind von $0,1 \text{ m/s}$ wird der genannte Grenzwert von 12 kW/m^2 selbst in Flammennähe am Boden nicht überschritten. Setzt man jedoch einen maximalen Seitenwind von 15 m/s an, so wird dieser Grenzwert erst bei einem Abstand von rund 18 m von der Freisetzungsstelle unterschritten. Beide Fälle sind in Bild 11 dargestellt.

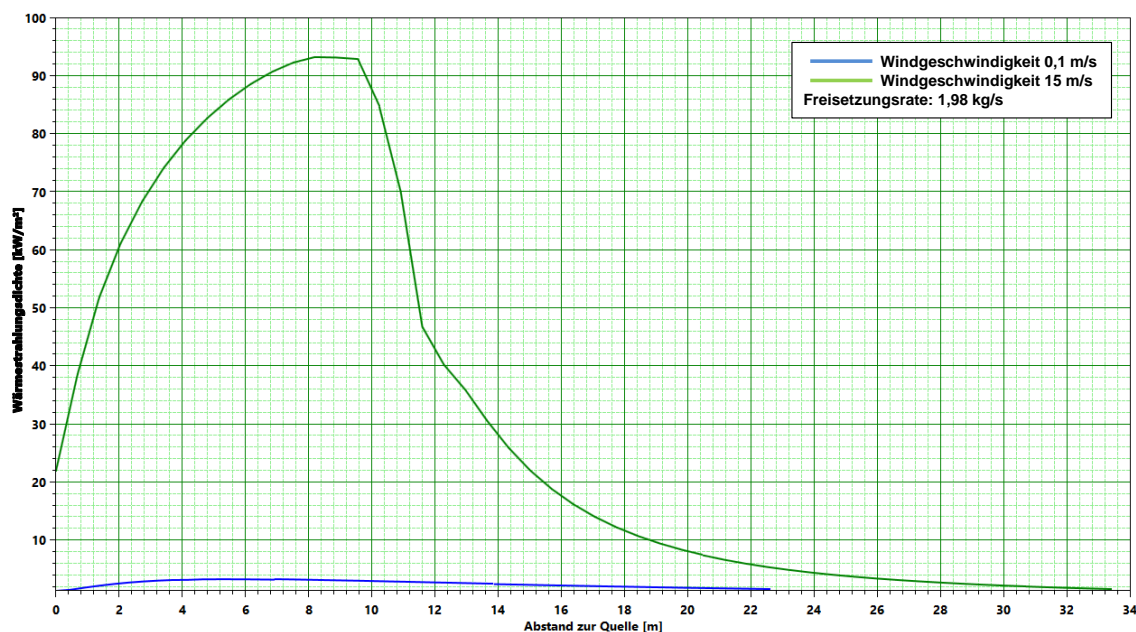


Bild 11: Wärmestrahlungsdichte in kW/m^2 als Funktion des Abstands von der Freisetzungsquelle für eine max. Freisetzungsrate von $1,98 \text{ kg/s}$ (Darstellung nicht maßstabsgetreu mit unterschiedlichen Maßstäben auf Abszisse und Ordinate)

Sicherheitstechnisch relevante Gebäude des HZG sind aufgrund der Entfernung (minimaler Abstand zu kerntechnisch relevanten Anlagen ca. 135 m) unabhängig von den Windverhältnissen nicht gefährdet. In ca. 18 m Abstand von der Leitung befinden sich jedoch mehrere Gebäude des HZG sowie ein 30 m^3 fassender Heizöltank. Die Gefährdung dieser Einrichtungen durch die Gasleitung ist allerdings aufgrund von Bauweise und Betrieb der Gasleitung vernünftigerweise auszuschließen und geht in keinem Fall darüber hinaus, was im öffentlichen Bereich akzeptiert und üblich ist. Aller Erfahrung nach gehen von solchen baulichen Situationen keine Gefahren aus.

Wenn es an einer Stelle der Gasleitung zu einem unterstellten Bruch kommt, tritt Gas in der in diesem Abschnitt zugrunde liegenden Größenordnung aus, bis die Absperrarmatur in der Gasdruckregel- und-messanlage geschlossen wird. Die Strömungsberechnungen haben gezeigt,

dass das 1,1 bar_g Leitungsnetz nach erfolgter Unterbrechung der Gaszufuhr bereits nach 6 Sekunden auf Umgebungsdruck entspannt ist und die Gasfreisetzung zum Erliegen kommt.

5.1.3 Explosion

Die Leitung verläuft ab der Gasdruckregelanlage durch einen nicht verdämmten Bereich mit wenigen Gegenständen die zur turbulenten Anregung einer Deflagration führen würden. Hier wäre auch für den konservativen Fall, dass sich bei einer kontinuierlichen Freisetzungsrate von 1,98 kg/s eine große Gaswolke ansammelt und zu einem späten Zeitpunkt zündet (Late Explosion) mit keiner Druckwelle zu rechnen. Dies wird durch die Berechnungen mit dem Programm PHAST bestätigt.

Explosionen infolge eines des vollständigen Bruches der 1,1 bar_g Leitung zum Heizwerk führen somit insgesamt zu keiner Gefährdung der kerntechnisch relevanten Anlagen oder auch der übrigen Gebäude auf dem HZG-Gelände.

5.1.4 Trümmerflug

Beim Zerbersten der 1,1 bar_g Leitung in Fragmente ergeben sich nach empirischer Korrelation [8] maximale Flugweiten von 20 m. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Überdeckung der Leitung mit Erdreich konservativ außer Acht gelassen wurde. Eine Beschädigung der kerntechnischen Anlagen durch Trümmerflug kann somit ausgeschlossen werden.

5.2 Freisetzungsszenario 2 – Bruch der 16 bar_g Gasversorgungsleitung

5.2.1 Gasfreisetzung und Dispersion

Aufgrund fehlender Kenntnis des vorgelagerten Netzes ist die Bestimmung der maximalen Freisetzungsrates analog zum Freisetzungsszenario 1 bei einem vollständigen Bruch der 16 bar_g Gasversorgungsleitung eingangsseitig der Gasdruckregelanlage nicht möglich. Zur Bestimmung wurde daher das in PHAST implementierte „Pressure vessel Model“ verwendet. Bei diesem Modell wurde ein unendlich großer Behälter mit einem zum Vollabriss der DN100 Leitung äquivalenten Leckagedurchmesser sowie einem inneren Druck von 17,6 bar_g (Ansprechdruck der SAV's im vorgelagerten Netz; 1,1 x maximal zulässiger Betriebsdruck (MOP)) unterstellt. Die Berechnungen zeigen, dass sich unter diesen Bedingungen eine maximale Freisetzungsrates von 27,78 kg/s ergibt.

Die aus dem Vollabriss resultierende Konzentrationsverteilung der freigesetzten Gaswolke ist in Bild 12 dargestellt. Die Grenze des explosionsgefährdeten Bereichs bei der halben unteren Explosionsgrenze (UEG) liegt beiderseits der Leitungstrasse bei 9,25 m.

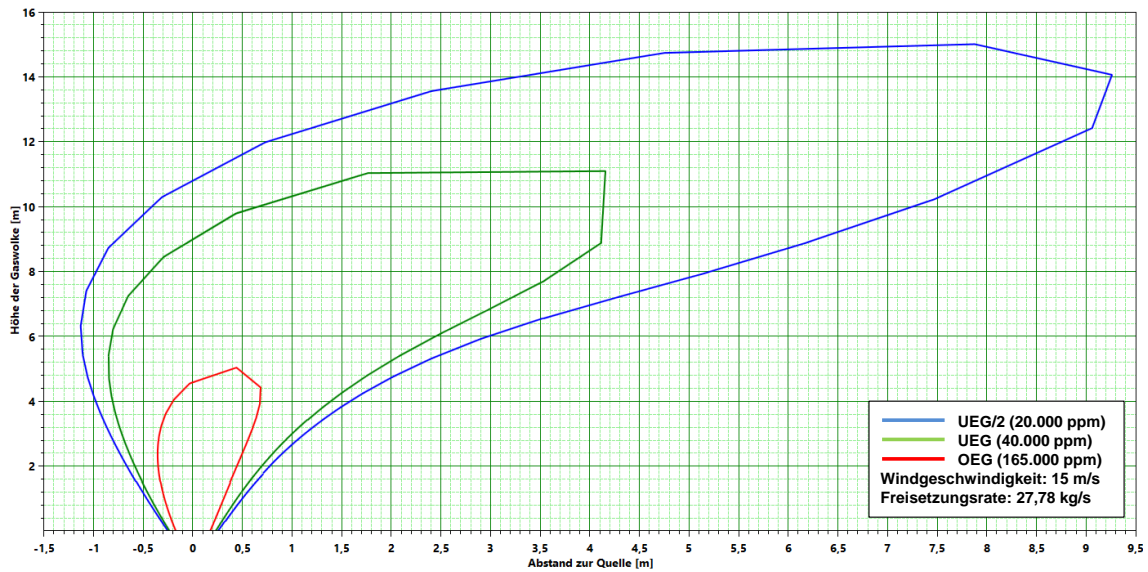


Bild 12: Konzentrationsverteilung in der freigesetzten Gaswolke bei einem Seitenwind von 15 m/s (ohne Berücksichtigung von Gebäuden; Darstellung nicht maßstabsgetreu mit unterschiedlichen Maßstäben auf Abszisse und Ordinate)

Die größte Höhe des explosionsgefährdeten Bereiches stellt sich bei quasi Windstille ein. Hier muss mit einem Wert von rund 85 m gerechnet werden (siehe Bild 13).

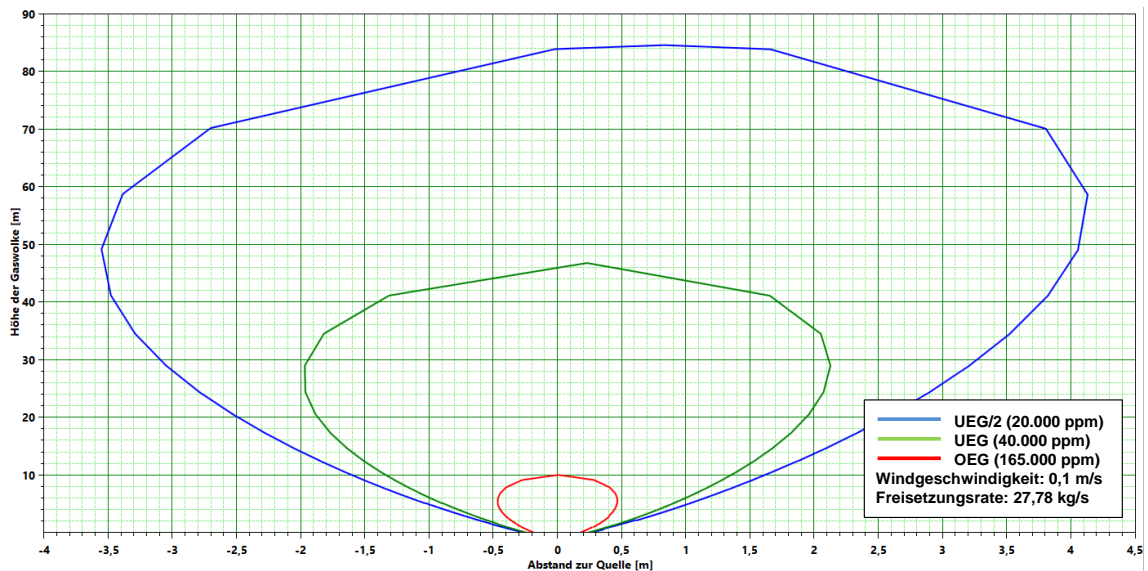


Bild 13: Konzentrationsverteilung in der freigesetzten Gaswolke bei einem Seitenwind von 0,1 m/s (Darstellung nicht maßstabsgetreu)

5.2.2 Strahlflamme

Im Folgenden wird eine Strahlflamme betrachtet, die sich aus der maximalen Freisetzungsrate von 27,78 kg/s ergibt. Bei vertikaler Ausströmung und vernachlässigbarem Seitenwind von 0,1 m/s wird der Wärmestrahlungsgrenzwert bei dem nach einem längerem Zeitraum die Gefahr von Gebäudebränden besteht (12 kW/m²) selbst in Flammennähe am Boden nicht über-

schritten. Bei maximalen Seitenwind von 15 m/s wird dieser Grenzwert hingegen erst bei einem Abstand von rund 39 m von der Freisetzungsstelle unterschritten. Beide Fälle sind in Bild 14 dargestellt.

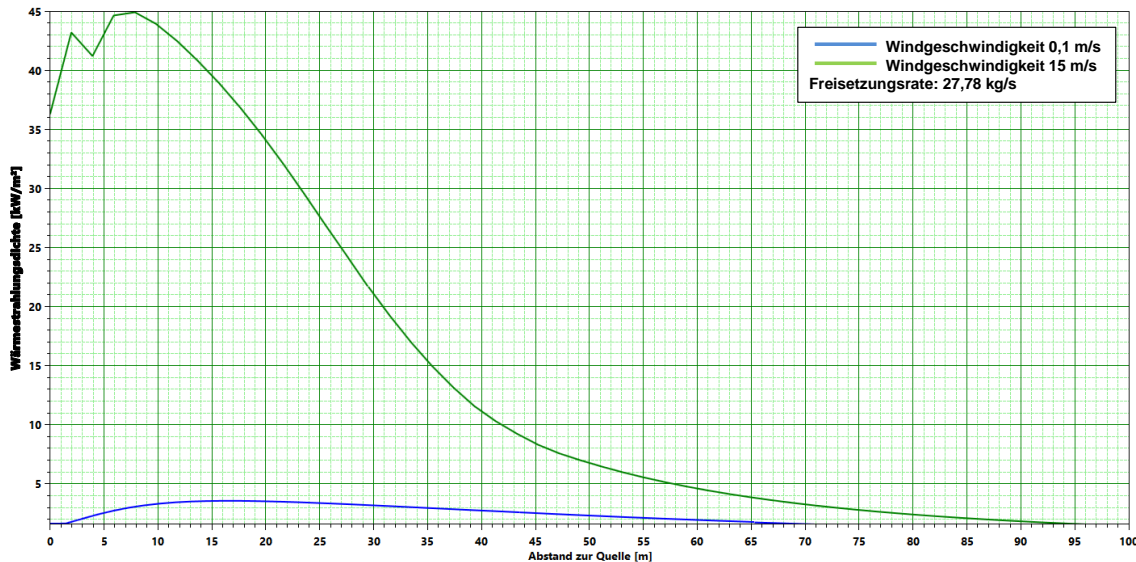


Bild 14: Wärmestrahlungsdichte in kW/m² als Funktion des Abstands von der Freisetzungsstelle für eine mittlere Freisetzungsrate von 27,78 kg/s (Darstellung nicht maßstabsgetreu mit unterschiedlichen Maßstäben auf Abszisse und Ordinate)

5.2.3 Explosion

Die Leitung verläuft auf dem Gelände des HZG vom Kindergarten entlang der Max-Plank-Straße zur Gasdruckregelanlage und ist durch eine parallel verlaufende Bewaldung einseitig verdämmt. Neben der Bewaldung sind keine Gegenstände die zur turbulenten Anregung einer Deflagration im Bereich der Trassenführung vorhanden. Wie die Berechnungen bestätigt haben, wäre auch für den konservativen Fall, dass sich bei einer kontinuierlichen Freisetzungsrate von 27,78 kg/s eine große Gaswolke ansammelt und zu einem späten Zeitpunkt zündet (Late Explosion) mit keiner Druckwelle zu rechnen.

Explosionen infolge eines vollständigen Bruches der 16 bar_g Leitung eingangsseitig der Gasdruckregelanlage führen somit insgesamt zu keiner Gefährdung der kerntechnisch relevanten Anlagen oder auch der übrigen Gebäude auf dem HZG-Gelände.

5.2.4 Trümmerflug

Beim Zerbersten der 16 bar_g Leitung in Fragmente ergeben sich nach empirischer Korrelation [8] maximale Flugweiten von 122,5 m. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Überdeckung der Leitung mit Erdreich konservativ außer Acht gelassen wurde. Eine Beschädigung der kerntechnischen Anlagen durch Trümmerflug kann infolge ihrer Entfernungen von der unterstellten Bruchstelle ausgeschlossen werden.

5.3 Freisetzungsszenario 3 – Bruch der 0,065 bar_g Ortsgasversorgungsleitung

5.3.1 Gasfreisetzung und Dispersion

Analog zum Freisetzungsszenario 2 liegen keine genauen Kenntnisse des Ortsgasversorgungsnetzes vor und die maximalen Freisetzungsraten bei einem vollständigen Bruch der

0,065 bar_g Ortsgasversorgungsleitung wird daher ebenfalls mit dem in PHAST implementierten „Pressure vessel Model“ und einem unterstellten Ansprechdruck des SAV im vorgelagertem Netz von 1,1 x 0,065 bar_g ermittelt. Die Berechnungen zeigen, dass sich unter diesen Bedingungen eine maximale Freisetzungsrate zu Beginn der Freisetzung von 0,271 kg/s ergibt.

Die aus dem Vollabrisse resultierende Konzentrationsverteilung der freigesetzten Gaswolke ist in Bild 15 dargestellt. Die Grenze des explosionsgefährdeten Bereichs bei der halben unteren Explosionsgrenze (UEG) liegt beiderseits der Leitungstrasse bei 1,55 m.

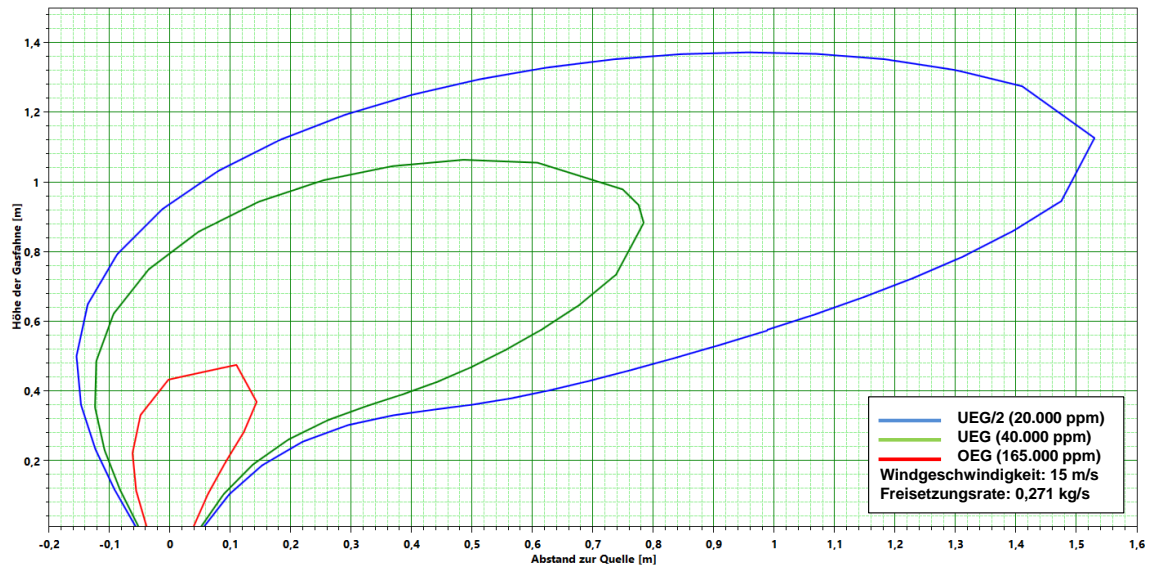


Bild 15: Konzentrationsverteilung in der freigesetzten Gaswolke bei einem Seitenwind von 15 m/s (ohne Berücksichtigung von Gebäuden; Darstellung nicht maßstabsgetreu mit unterschiedlichen Maßstäben auf Abszisse und Ordinate)

Die größte Höhe des explosionsgefährdeten Bereiches stellt sich bei quasi Windstille ein. Hier muss mit einem Wert von rund 14 m gerechnet werden (siehe Bild 16).

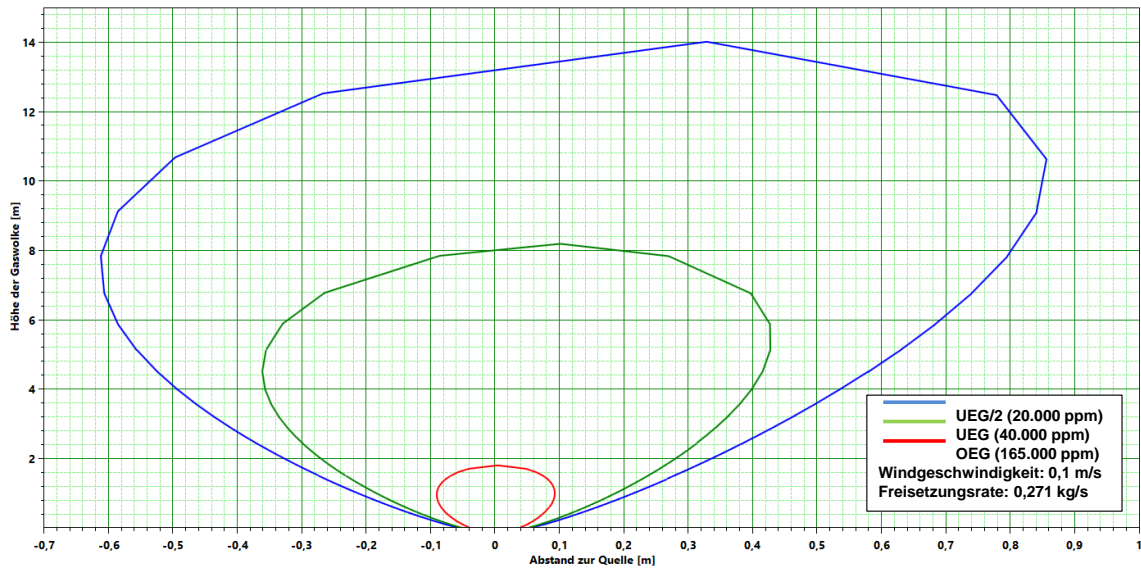


Bild 16: Konzentrationsverteilung in der freigesetzten Gaswolke bei einem Seitenwind von 0,1 m/s (Darstellung nicht maßstabsgetreu mit unterschiedlichen Maßstäben auf Abszisse und Ordinate)

5.3.2 Strahlflamme

Im Folgenden wird eine Strahlflamme betrachtet, die sich aus der maximalen Freisetzungsrate von 0,271 kg/s ergibt. Bei vertikaler Ausströmung und vernachlässigbarem Seitenwind von 0,1 m/s wird der Wärmestrahlungsgrenzwert bei dem nach einem längerem Zeitraum die Gefahr von Gebäudebränden besteht (12 kW/m^2) selbst in Flammennähe am Boden nicht überschritten. Bei maximalem Seitenwind von 15 m/s befindet sich die Gaswolke und die bei einer Zündung resultierende Flamme in unmittelbarer Nähe zum Erdreich und der 12 kW/m^2 Grenzwert wird ab einem Abstand von rund 8,6 m von der Freisetzungsstelle unterschritten. Beide Fälle sind in Bild 17 dargestellt.

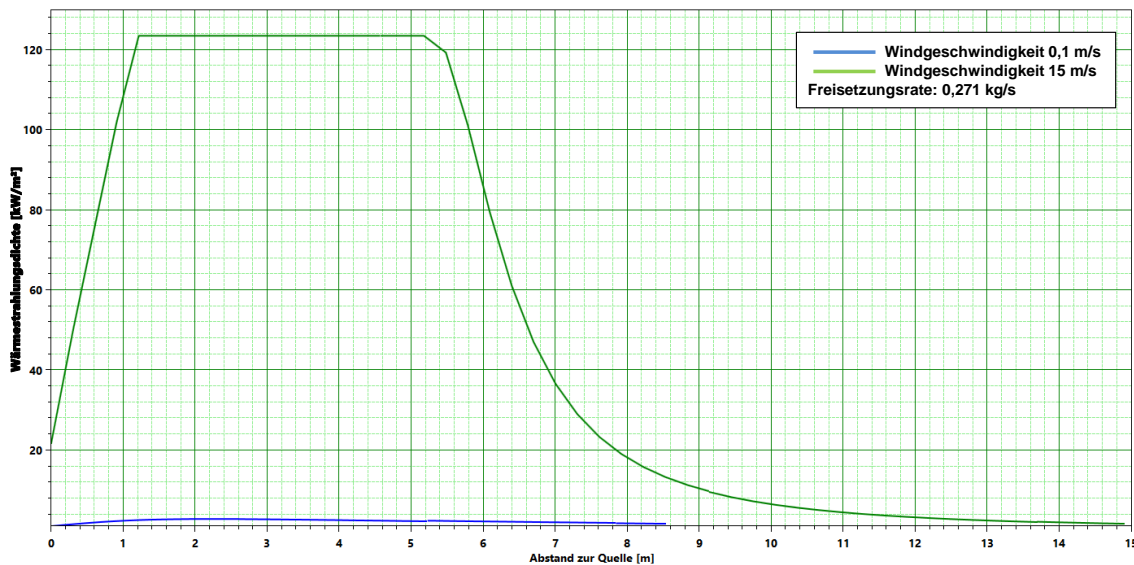


Bild 17: Wärmestrahlungsdichte in kW/m² als Funktion des Abstands von der Freisetzungsquelle für eine mittlere Freisetzungsrate von 0,271 kg/s (Darstellung nicht maßstabsgetreu mit unterschiedlichen Maßstäben auf Abszisse und Ordinate)

5.3.3 Explosion

Die Leitung verläuft entlang der Reaktorstraße und ist sowohl durch einzelnen Baumbestand als auch durch Gebäude geringfügig verdämmt. Die Berechnungen zeigen, dass auch bei Unterstellung einer starken Verdämmung und einer kontinuierlichen Freisetzungsrate von 0,271 kg/s mit keiner Druckwelle zu rechnen ist.

5.3.4 Trümmerflug

Die hier betrachtete 0,065 bar_g Leitung besteht im Gegensatz zu den vorher betrachteten Gasleitungen aus Polyethylen (PE) und nicht aus Stahl. Beim Zerbersten dieser Leitung in Fragmente ergeben sich nach empirischer Korrelation [8] aufgrund des Materials und des geringen Leitungsdrucks maximale Flugweiten von nur 2,5 m. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Überdeckung der Leitung mit Erdreich konservativ außer Acht gelassen wurde. Eine Beschädigung der kerntechnischen Anlagen durch Trümmerflug kann somit ausgeschlossen werden.

5.4 Fazit der Effektberechnung

Auf Grundlage der durchgeführten Effektberechnungen lässt sich festhalten:

- Nach einem Leitungsbruch liegen im Freisetzungsszenario 1 bis zu 7,5 m von der Bruchstelle entfernt zündfähige Gaswolken vor. Im Freisetzungsszenario 2 in einer Entfernung von 9,25 m und im dritten Freisetzungsszenario von 1,55 m.
- Bezüglich des Auftretens von Wärmestrahlung geht die größte Gefahr von einer Strahlflamme aus. In allen Freisetzungsszenarien ist eine unmittelbare Gefährdung der kerntechnisch relevanten Gebäude, auch unter sehr ungünstigen meteorologischen Bedingungen nicht gegeben.

- Explosionen von Gaswolken, die infolge eines Leitungsabrisses auftreten können, stellen keine Gefahr für die kerntechnisch relevanten Gebäude des HZG da.
- Eine Beschädigung der kerntechnischen Anlagen durch Trümmerflug kann ausgeschlossen werden.

6 Sicherheitsmanagement

Erdgasanlagen, d. h. Rohrleitungen und Gasdruckregel- und -messenanlagen bis einschließlich der letzten Absperrrichtung vor der Verbrauchsanlage, unterliegen dem Energiewirtschaftsgesetz. Das Gesetz verlangt von dem Betreiber, die Anlagen nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik zu betreiben um, vorbehaltlich weitergehender spezieller Regelungen, die technische Sicherheit zu gewährleisten. Das EnWG unterstellt, dass diese Forderung erfüllt ist, wenn die Gasanlage nach den Vorgaben des DVGW-Regelwerkes errichtet und betrieben wird.

Das Helmholtzzentrum Geesthacht ist Betreiber der Gasanlage auf dem Gelände des HZG. Die Anforderungen an den Betreiber einer solchen Anlage sind in der DVGW Technischen Regel Arbeitsblatt G 1010 „Anforderungen an die Qualifikation und die Organisation von Betreibern von Erdgasanlagen auf Werksgelände“ formuliert.

Nach diesem Arbeitsblatt gilt folgende Forderung (DVGW-Arbeitsblatt G 1010, S. 6):

„Die Verantwortung für den Betrieb von Erdgasanlagen auf Werksgelände trägt die Unternehmensleitung“.

„Betreiber von Erdgasanlagen auf Werksgelände müssen selbst oder durch qualifizierte Dienstleister über eine personelle, technische und wirtschaftliche Ausstattung sowie eine Organisation verfügen, die die sichere Planung, den Bau, den Betrieb und die Instandhaltung der erforderlichen Verteilungsanlagen und technischen Betriebsmittel gewährleistet.“ Die Maßnahmen und notwendigen Randbedingungen, die sich aus diesen Forderungen ergeben, sind im DVGW Arbeitsblatt G1010 detailliert dargestellt.

Das Helmholtzzentrum Geesthacht besitzt selbst nicht die Qualifikation, die für den Leitungsbetrieb erforderlichen Tätigkeiten nach den Anforderungen des DVGW Regelwerkes zu verrichten. Es ist allerdings berechtigt und dazu verpflichtet einen qualifizierten Dienstleister mit der Wartung und dem Betrieb der Gasanlagen zu beauftragen.

Sofern ein Dienstleister einen solchen Auftrag erhält, muss er dem Leitungsbetreiber die erforderlichen Qualifikationen nachweisen. Die Anforderungen an die Qualifikation und die Organisation von Unternehmen für den Betrieb von Anlagen zur leitungsgebundenen Versorgung der Allgemeinheit mit Gas (Gasversorgungsanlagen) sind der Technischen DVGW Regel G 1000 zu entnehmen.

Als Dienstleister für den Betrieb der Gasleitungen auf dem Gelände des HZG wurden die Stadtwerke Geesthacht GmbH beauftragt, die das Gasnetz der Stadt Geesthacht betreibt und damit über die Kompetenzen verfügt, die vom DVGW-Regelwerk gefordert werden.

Organisatorische Maßnahmen für den sicheren Betrieb von Gasanlagen sind in den DVGW technischen Regeln G 495 „Gasanlagen – Instandhaltung“ und GW 1200 „Grundsätze und Organisation des Bereitschaftsdienstes für Gas- und Wasserversorgungsunternehmen“ formuliert.

Diesen beiden Regeln entsprechend verfügt die Stadtwerke Geesthacht GmbH über einen Ent­störungsdienst, der 24 h erreichbar ist, Störungsmeldungen entgegen nimmt und Ent­störungs­maßnahmen sicher einleiten kann. Der Ent­störungsdienst ist so organisiert und technisch aus­gestattet, dass er 30 min nach Eingehen einer Störungsmeldung den Ort der Störung innerhalb einer geschlossenen Bebauung erreichen und Arbeiten zur Behebung der Störung einleiten kann. Die Frist von 30 min gilt nach dem DVGW-Rundschreiben G 2001/05 nur für geschlosse­ne Bebauung, wird aus Sicherheitsgründen aber auch für das Gelände des HZG Anwendung finden.

7 Zusammenfassende Bewertung

Die Anschlussleitung und die Gasdruckregel- und -messstation wurde von zertifizierten Unter­nehmen errichtet, die die Planung und Ausführung nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik durchgeführt haben. Ein Sachverständiger des TÜV Norddeutschland e. V. hat durch eine Abnahmebescheinigung bestätigt, dass die Leitung entsprechend den Anforderungen des DVGW-Regelwerkes für Planung und Errichtung erstellt worden ist und dass gegen die Inbe­triebnahme der Leitung keine Einwände bestanden. Diese Bescheinigung liegt vor. Für den kürzlich vorgenommenen Umbau, die Trennung des Abzweigs zu Anlagen auf dem südlichen Teil des Geländes, liegt ebenfalls die gutachterliche Abnahmebescheinigung vor.

Da die Leitung auf einem umfriedeten Gelände betrieben wird, kann eine Beschädigung durch Dritte ausgeschlossen werden. Andere Gründe, die zu einem typischen Leitungsschaden führen könnten, sind nicht erkennbar. Durch die regelmäßig geplante, jährliche Dichtheitsüberprüfung der Leitung durch geschultes Personal entweder von der Stadtwerke Geesthacht GmbH oder von einem durch die Stadtwerke beauftragten zertifizierten Unternehmen ist sichergestellt, dass eine aufgrund der getroffenen Vorkehrungen vernünftigerweise auszuschließende Beschädi­gung der Leitung, die zur Freisetzung von Schleimengen führt, erkannt wird. Durch die re­gelmäßige Überprüfung der Gasdruckregel- und -messstation entsprechend dem DVGW-Regelwerk sind Schäden an dieser Anlage, die zu einer Gasfreisetzung führen könnten, eben­falls vernünftigerweise ausgeschlossen.

Der Betrieb der Gasanlagen ist den Sicherheitsanforderungen des geltenden Regelwerks ent­sprechend organisiert. Ein von der Stadtwerke Geesthacht GmbH eingerichteter Ent­störungsdienst ist 24 h täglich erreichbar, nimmt Störungsmeldungen entgegen und kann bei Bedarf sofort Ent­störungsmaßnahmen durch geeignetes Personal einleiten, so dass dieses innerhalb von 30 min am Ort der Störung eintrifft.

Sollte es trotz aller Vorkehrungen zu einem hypothetischen Bruch der Leitung kommen, so wä­ren die kerntechnischen Anlagen auf dem HZG-Gelände nicht gefährdet. Dies liegt an dem verhältnismäßig geringen Leitungsquerschnitt und dem mit maximal 1,1 bar_g niedrigen Be­triebsdruck der Leitung sowie an der vorhandenen räumlichen Distanz.

Wenn ein Ereignis eintritt, das es erforderlich macht, die Gaszufuhr zum Heizwerk des HZG rasch zu unterbrechen, so werden die dazu notwendigen Maßnahmen vor Ort vom Ent­stör­dienst der STWG nach spätestens 30 min eingeleitet.

Aufgrund der Eigenschaften der Leitung und der Vorkehrungen, die zum qualitätsgesicherten Bau und zum sicheren Betrieb der Gasanlagen von einem DVGW-zertifizierten Unternehmen zu treffen sind, ist auszuschließen, dass die Gasversorgung eine Gefahr für die kerntechnischen Einrichtungen des HZG darstellt.

8 Quellen

- [1] Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Zentralabteilung Forschungsreaktor: „Kurzbeschreibung – Stilllegung des Forschungsreaktors FRG-1 und Abbau der Forschungsreaktoranlage und des Heißen Labors sowie die Zerlegung des Reaktorbehälters des Nuklearschiffs Otto Hahn“, https://www.hzg.de/imperia/md/content/hzg/presse/d/2016/unterlagen/kurzbeschreibung_frg_hl_rdb-oh_rev_2_db.pdf
- [2] P. Bahsen, A Deckers: „HELMHOLTZ-ZENTRUM ATTRITORMÜHLE GEESTHACHT - Geotechnisches Gutachten“, BBI Geo- und Umwelttechnik Ingenieur-Gesellschaft mbH, 12.12.2014
- [3] M. J. Tang, Q. A. Baker, „A New Set of Blast Curves from Vapour Cloud Explosion“, Process Safety Progress, Vol. 18, 235-240, 1999
- [4] A. C. van den Berg: „The Multi-Energy Method – A Framework for Vapor Cloud Explosion Blast Prediction“, Journal of Hazardous Materials, Vol. 12, 1-10, 1985
- [5] A. F. Roberts: „Thermal Radiation Hazards from Releases of LPG from Pressurised Storage“, Journal of Fire Safety Studies, Vol. 4, 197-212, 1982
- [6] G. A. Chamberlain: „Developments in Design Methods for Predicting Thermal Radiation from Flares“, Chemical Engineering Research and Design, Vol. 65, 299-309, 1987
- [7] S. Mannan: „Lee’s Loss Prevention in the Process Industries“, 3rd Edition, Elsevier Butterworth-Heinemann, Amsterdam, 2005
- [8] M. R. Baum, „Disruptive Failure of Pressure Vessels: Preliminary Design Guidelines for Fragment Velocity and the Extent of the Hazard Zone“, Advances in Impact, Blast Ballistics and Dynamic Analysis of Structures, American Society of Mechanical Engineers, New York, 1987, zitiert in „Lees’ Loss Prevention in the Process Industries“, 3rd Edition, S. Mannan (Ed.), Elsevier, 2005

9 Normenwerk

DIN 2470-1	Gasleitungen aus Stahlrohren mit Betriebsüberdrücken bis 16 bar - Anforderungen an die Rohrleitungsteile (Stand September 1976)
DIN 4069	Orts-Gasverteilungsleitungen; Hinweisschilder
DIN 8560	Prüfung von Stahlschweißern (Stand September 1976)
DIN EN ISO 9001	Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen (ISO 9001:2008)

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW):

G 422-2	Errichtung von Gasleitungen mit Betriebsüberdrücken von mehr als 4 bar bis 16 bar aus Stahlrohren (Stand September 1976)
G 459-1	Gas-Hausanschlüsse für Betriebsdrücke bis 4 bar - Planung und Errichtung
G 459-2	Gas-Druckregelung mit Eingangsdrücken bis 5 bar in Anschlussleitungen
G 462-1	Errichtung von Gasleitungen bis 4 bar Betriebsüberdruck aus Stahlrohren
G 462-2	Gasleitungen aus Stahlrohren bis 16 bar Betriebsdruck - Errichtung
G 465-1	Überprüfen von Gasrohrnetzen mit einem Betriebsüberdruck bis 4 bar
G 465-2	Gasleitungen mit einem Betriebsdruck bis 5 bar Instandsetzung
G 469	Druckprüfverfahren Gastransport / Gasverteilung
G491	Technische Regeln für Bau und Ausrüstung von Gas-Druckregelanlagen mit Eingangsdrücken über 4 bar bis einschließlich 100 bar (Ausgabe 1974)
G 491	Gas-Druckregelanlagen für Eingangsdrücke bis einschließlich 100 bar; Planung, Fertigung, Errichtung, Prüfung, Inbetriebnahme und Betrieb
G 492	Gas-Messanlagen für einen Betriebsdruck bis einschließlich 100 bar; Planung, Fertigung, Errichtung, Prüfung, Inbetriebnahme und Betrieb und Instandhaltung
G 495	Gasanlagen - Instandhaltung
G 600	Technische Regel für Gasinstallationen
G 1000	Anforderungen an die Qualifikation und die Organisation von Unternehmen für den Betrieb von Anlagen zur leitungsgebundenen Versorgung der Allgemeinheit mit Gas (Gasversorgungsanlagen).
G 1002	Sicherheit in der Gasversorgung - Organisation und Management im Krisenfall Regelwerk.

- G 1010 Anforderungen an die Qualifikation und die Organisation von Betreibern von Erdgasanlagen auf Werksgelände
- G 1020 Qualitätssicherung für Planung, Erstellung, Änderung, Instandhaltung und Betrieb von Gasinstallationen
- G 1200 Grundsätze und Organisation des Bereitschaftsdienstes für Gas- und Wasserversorgungsunternehmen
- DVGW RS 2001/05 Entwurf der Technischen Regel GW 200; Grundsätze und Organisation des Bereitschafts- und Entstörungsdienstes in Gas- und Wasserversorgungsunternehmen