



Explosionsschutzkonzept

Errichtung und Betrieb einer
H2-Ready Gasmotorenanlage („Peakeranlage“)
am Standort Knapsacker Hügel

für die

RWE Generation SE

RWE Platz 3

45141 Essen

Projektnummer WY 25 D0038

Stand: 28.10.2025

horst weyer und partner gmbh

Schillingsstraße 329

52355 Düren

Tel.: +49 (0) 24 21 - 69 09 1 - 145

Fax: +49 (0) 24 21 - 69 09 1 - 201

E-Mail: f.kipshagen@weyer-gruppe.com

Web: www.weyer-gruppe.com

Ralf Schiffel

Leiter Explosionsschutz, Sachverständiger nach § 29b BImSchG und AwSV

Franz-Josef Kipshagen

Fachkundige Person nach § 2 (16) GefStoffV



Inhaltsverzeichnis

1	Angaben zum Betriebsbereich	4
1.1	Allgemeine Angaben	4
1.2	Verantwortlichkeit für den Betriebsbereich	4
1.3	Angaben zur Erstellung des Explosionsschutzdokumentes	5
2	Kurzbeschreibung der Anlagen	6
2.1	Angaben zum Standort.....	6
2.2	Angaben zu den Anlagen	7
2.3	Angaben zur Bautechnik	9
2.4	Abgrenzung	9
3	Verfahrenstechnik	10
3.1	Verfahrensdarstellung mit Angaben zum Explosionsschutz.....	10
3.2	Verriegelung / Überwachung / Kontrolle	11
4	Stoffdaten und sicherheitstechnische Kennzahlen	12
5	Gefährdungsbeurteilung.....	12
5.1	Zoneneinteilung / Explosionsschutzmaßnahmen.....	12
5.2	Organisatorische Maßnahmen	14
5.3	Prüfungen Explosionssicherheit	16
5.4	Einsatz von MSR-Einrichtungen zur Überwachung von Explosionsschutzmaßnahmen...	17
5.5	Cybersicherheit	18
5.6	Dichtheitsprüfungen	18
6	Fazit.....	18
Anhang 1		19
Tabelle 1 TRGS 722 - (Zoneneinteilung).....		20
Tabelle 2 (Zündquellenbewertung).....		28
Tabelle 3 TRGS 724 (Konstruktiver Explosionsschutz)		37
Anhang 2 Unterlagen.....		39



Revision			
Erstausgabe / Aktualisierung:	Ersteller / Revisor: Prüfer: Freigegeben durch:	Rev. - Index:	Gültig ab:
<p><u>erstellt</u></p> <p>Dipl. Ing. Franz-Josef Kipshagen (Fachkundige Person nach § 2 Abs 5 BetrSichV)</p> <p>Ralf Schiffel (Leiter Explosionsschutz, Sachverständiger nach § 29b BImSchG und AwSV)</p> <p>horst weyer und partner gmbh Schillingsstraße 329 52355 Düren</p> <p>Tel.: 0 24 21 / 69 09 1 - 145 Fax: 0 24 21 / 69 09 1 - 201</p> <p>E-Mail: info@weyer-gruppe.com http://www.weyer-gruppe.com</p> <p>Freigegeben:</p> <p>Fabian Pülmanns Teamleiter Brand- und Explosionsschutz</p>	<p>Gez.: Franz-Josef Kipshagen</p> <p>Gez.: Ralf Schiffel</p> <p>Gez.: Fabian Pülmanns</p>	0	24.10.2025
<p><u>überarbeitet:</u></p> <p>Freigegeben:</p>	<p>Gez.</p> <p>Gez.:</p> <p>Gez.</p>		



1 Angaben zum Betriebsbereich

1.1 Allgemeine Angaben

Die RWE Generation SE plant auf dem Standort Knapsacker Hügel in Hürth eine H₂-Ready Gasmotorenanlage zu errichten und zu betreiben. Die Gasmotorenanlage ist als Spitzenlastanlage („Peakeranlage“) konzipiert, um insbesondere bei Dunkelflauten flexibel reagieren zu können und die Netzstabilität und Versorgungssicherheit in Deutschland zu gewährleisten. Die geplante Anlage hat eine Feuerungswärmeleistung (FWL) von 278 MW_{th} und soll aus insgesamt 28 Gasmotoren bestehen. Als Brennstoff soll für alle Gasmotoren zunächst Erdgas eingesetzt werden. Die Gasmotorenanlage wird allerdings bereits so geplant und beantragt, dass ein späterer Betrieb mit Wasserstoff möglich ist (H₂-Ready).

Für den Gasmotorenbetrieb werden diverse Stoffe eingesetzt, bei denen mit dem Entstehen von gefährlichen explosionsfähigen Gemischen (g.e.G.) zu rechnen ist; insofern sind gemäß BetrSichV § 3 Gefährdungen zu ermitteln, indem ein Explosionsschutzkonzept nach § 6 (9) GefStoffV zu erstellen ist und die Prüfungen gemäß Anhang 2 Abschnitt 3 der BetrSichV durchzuführen sind.

Soweit g.e.G. unter atmosphärischen Bedingungen auftreten, werden sie im Weiteren als gefährliche explosionsfähige Atmosphäre (g.e.A.) bezeichnet. Die atmosphärischen Bedingungen sind nach § 2 (13) GefStoffV wie folgt definiert: Luft als Oxidationsmittel (O₂ ≤ 21 %), Temperatur -20 °C bis 60 °C und Druck von 0,8 bar bis 1,1 bar.

Bei der Erstellung des Explosionsschutzkonzeptes werden die Explosionsschutzregeln (EX-RL) DGUV 113-001 und eine Veröffentlichung der DGUV Fachbereich AKTUELL FBRCI-02 „Ausbläser – Berechnung von Ex-Bereichen“ zugrunde gelegt. Hauptbestandteil des Explosionsschutzkonzeptes ist eine detaillierte und eindeutig nachvollziehbare Gefährdungsbeurteilung nach § 6 (4) GefStoffV für die o. g. Anlagenbereiche, aus der sich die einzurichtenden Zonen sowie die zu treffenden Schutzmaßnahmen ergeben.

1.2 Verantwortlichkeit für den Betriebsbereich

Verantwortlich für den Betrieb der Gasmotorenanlage ist der Betriebsleiter der Anlage.

Hinsichtlich der Einhaltung der besonderen Schutzmaßnahmen gemäß § 12 in Verbindung mit Anhang I Nummer 1 GefStoffV wird auf die nachfolgenden Kapitel im Explosionsschutzkonzept verwiesen.



1.3 Angaben zur Erstellung des Explosionsschutzdokumentes

Zur Erstellung des Explosionsschutzdokumentes mit den unter Pkt. 2.4 genannten Abgrenzungen der Anlage wurde die horst weyer und partner gmbh mit der Maßgabe der Bearbeitung durch ihre fachkundigen Personen für den Explosionsschutz beauftragt. Die Beurteilung erfolgte nach den für die Anlage wesentlichen gültigen Vorschriften, Normen und technischen Regeln. Im Rahmen der Erstellung erfolgte die Einsichtnahmen in die technische Dokumentation durch eine fachkundige Person.

Die von der horst weyer und partner gmbh erstellte Gefährdungsbeurteilung bezieht sich nach § 6 (4) GefStoffV ausschließlich auf die dort genannten Aspekte zum Explosionsschutz. Die Zoneneinteilung in den explosionsgefährdeten Bereichen mit atmosphärischen Bedingungen erfolgt nach Anhang I Nummer 1.7 GefStoffV.

Alle im Explosionsschutzkonzept verwerteten Angaben zu

- Maschinen und Apparate,
- MSR-Technik sowie
- Anlagenverriegelungen

wurden durch die Fa. ATEMIS GmbH als Planer für die RWE Generation SE als zukünftigen Betreiber beigestellt.

Für die hier betrachteten Anlagen ist zusätzlich zu beachten, dass die Ausführungen in diesem Explosionsschutzkonzept dem Soll-Zustand der Anlagen sowie den zukünftigen organisatorischen Erfordernissen entsprechen.



Für die Bearbeitung des Explosionsschutzkonzeptes werden im Wesentlichen die folgenden Richtlinien, Vorschriften und technische Regeln in der zum Zeitpunkt der Erstellung des Explosionsschutzdokumentes gültigen Fassung herangezogen:

- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) - Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) - Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln
- DGUV-R 113-001 - Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)
- TRGS 720 - Gefährliche explosionsfähige Gemische - Allgemeines
- TRGS 721 - Gefährliche explosionsfähige Gemische - Beurteilung der Explosionsgefährdung
- TRGS 722 - Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Gemische
- TRGS 723 - Gefährliche explosionsfähige Gemische - Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Gemische
- TRGS 724 - Gefährliche explosionsfähige Gemische - Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken
- TRGS 725 - Gefährliche, explosionsfähige Atmosphäre - Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen im Rahmen von Explosionsschutzmaßnahmen
- TRGS 727 - Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen
- TRBS 1112 Teil 1 - Explosionsgefährdungen bei und durch Instandhaltungsarbeiten - Beurteilung und Schutzmaßnahmen
- DIN EN 1127 Teil 1 – Explosionsfähige Atmosphären – Explosionsschutz – Teil 1: Grundlagen und Methodik
- DIN EN IEC 60079-10-1: 2022-02, Einteilung der Bereiche - Gasexplosionsgefährdete Bereiche

2 Kurzbeschreibung der Anlagen

2.1 Angaben zum Standort

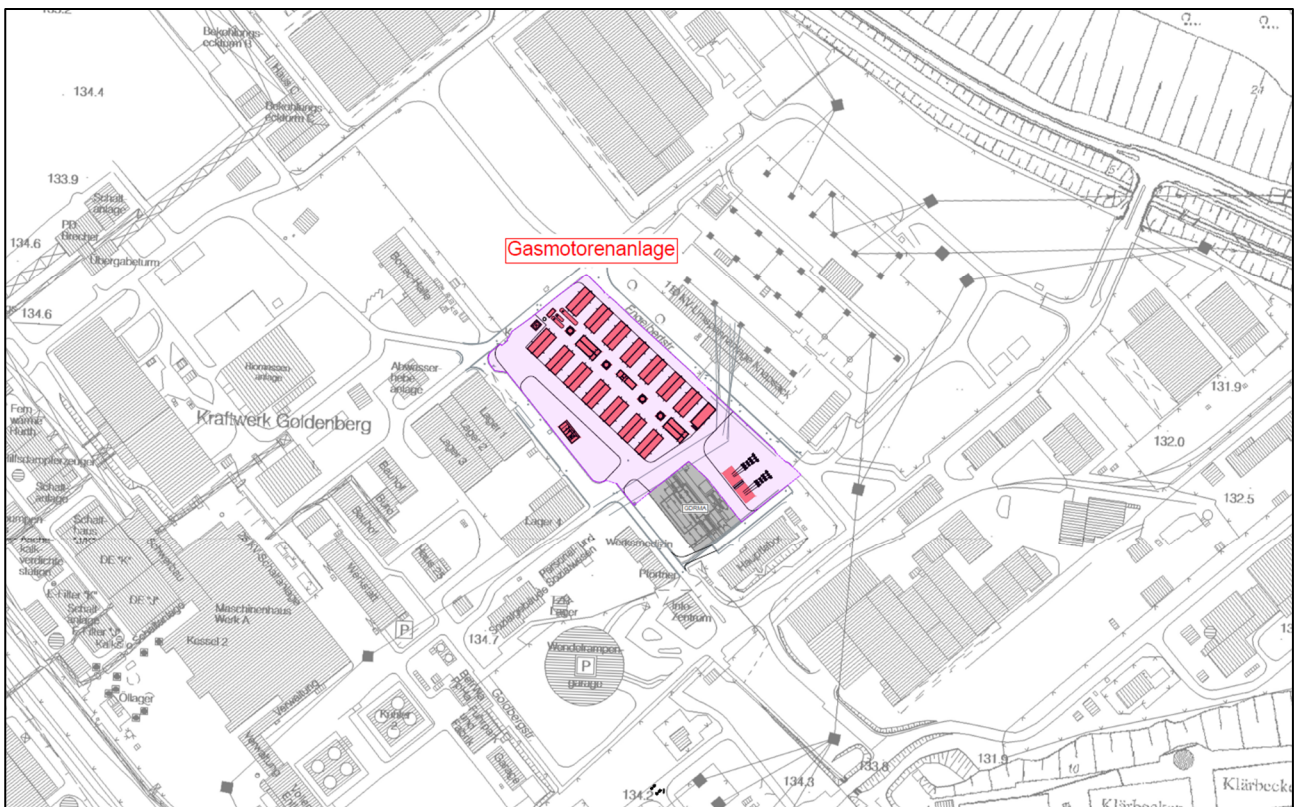
Die geplante Gasmotorenanlage soll im Betriebsteil Goldenberg des Standorts Knapsacker Hügel in Hürth auf einer derzeit unbebauten Fläche errichtet werden. Die Fläche liegt im Geltungsbereich des Bebauungsplanes Nr. 515 (1. Änderung) der Stadt Hürth, welcher für diesen Bereich ein Industriegebiet festsetzt. Die Fläche liegt an der Hauptzufahrt des Werksgeländes der RWE Power AG zum Betriebsteil Goldenberg (Goldenbergstraße 2, 50354 Hürth) und weist eine Gesamtgröße von etwa 2 ha auf.



Nordöstlich grenzt die Fläche an die benachbarte Umspannanlage Knapsack der Westnetz GmbH. Von der Westnetz GmbH verlaufen außerdem oberirdische 110 kV Freileitungen in einer Höhe von ca. 37, 41 und 45 m über der Vorhabenfläche. Auf südöstlicher Seite grenzt die Fläche an das RWE-Hauptlabor. Die Gesamtanlage wird mittels eines umlaufenden Zauns gegen Zutritt unbefugter Personen gesichert.

Die nachfolgende Abbildung 1 gibt eine Übersicht des Standorts Knapsacker Hügel mit der vorgesehenen Fläche für die geplante Peakeranlage sowie zugehöriger Nebensysteme.

Abb. 1: Übersicht des Standorts Knapsacker Hügel mit vorgesehener Fläche (pink) für die geplante Gasmotorenanlage (rot)



2.2 Angaben zu den Anlagen

Die Peakeranlage besteht aus den folgenden Hauptkomponenten:

- 28 Gasmotoren mit einer Feuerungswärmeleistung (FWL) von insgesamt 278 MW

Jedes Modul wird u. a. aus den folgenden Teilen bestehen:

- Gasmotor/Generator
- Lufteinlasskanal inklusive Filter



- SCR-Katalysator und Oxidationskatalysator
- Abgasschalldämpfer
- Ventilatoren

Dazu kommen Baugruppen, die jeweils von mehreren Gasmotoreinheiten genutzt werden:

- Schaltanlagen, Prozessleittechnik und Leitwarte vor Ort
- Vier Schornsteine (jeweils 4-zügig für acht Motoren bzw. 2-zügig für 4 Motoren) Bauhöhe bis ca. 64 m, Durchmesser ca. 3,5 m.
- Zwei Transformatoren (ölgekühlt) mit zugehöriger Schaltanlage
- Abfüllplatz nach WHG/AwSV für Frisch-/Altöl und Harnstofflösung
- Erdverlegte Tanks für Frischöl, Altöl sowie Harnstofflösung

Es ist geplant, jeweils zwei Motoren nebeneinander anzuordnen, die in einer sog. Betonschallhaube aufgestellt sind, welche als Wetterschutz sowie Schallminderungsmaßnahme dienen. Die Abgase von 2 Motoren werden in einem Zug zusammengeführt. Bis zu vier Züge werden über je einen gemeinsamen Schornstein abgeleitet. Es sind insgesamt vier Schornsteine geplant.

Wegen der Nähe zu einer 110 KV-Freileitung und einer 110 kV-Umspannanlage sind Mindestabstände der Ableitungen von Gasen bzw. ermittelte Zonenbereiche zu berücksichtigen.

Im Zuge des Gesamtprojektes wird neben der Gasmotorenanlage eine Gasübergabestation inkl. einer Gasdruckregel- und Messanlage (GDRMA) errichtet. Der gesamte Gasanschluss (GDRMA inkl. Anschlussleitung) ist eine zentrale Infrastrukturanlage, über welche neben der Peakeranlage zudem weitere Projekte/Anlagen am Standort künftig mit Erdgas versorgt werden. Sie ist so geplant, dass sie für die Versorgung mit Wasserstoff erweitert werden kann. Diese Anlage ist nicht Bestandteil der Peakeranlage und deren Antragsstellung und somit auch nicht Bestandteil des vorliegenden Explosionsschutzkonzeptes. Die GDRMA wird in einem separaten Genehmigungsverfahren beantragt, Bestandteil der dortigen Antragsunterlagen ist ebenfalls ein Explosionsschutzkonzept; Betreiber ist hier die RWE Power AG. Unabhängig vom Genehmigungsverfahren wurden beide Anlagen so geplant, dass sie sich hinsichtlich des Explosionsschutzes nicht gegenseitig beeinflussen.



2.3 Angaben zur Bautechnik

Die Peakeranlage wird errichtet mit:

- Betonfertigteilstationen für die Gasmotoren
- Stahlbrücken/-bühnen auf und zwischen den Betoncontainer zur Aufnahme der Kühler, Katalysatoren und Schalldämpfer etc.
- Betonfertigteilstationen für die Schaltanlagen, Prozessleittechnik und Leitwarte vor Ort

2.4 Abgrenzung

Das vorliegende Explosionsschutzkonzept umfasst die unter Punkt 2.2 genannten Anlagenteile der Peakeranlage.



3 Verfahrenstechnik

3.1 Verfahrensdarstellung mit Angaben zum Explosionsschutz

Die Gasmotorenanlage hat eine Feuerungswärmeleistung von 278 MW und ist als flexible Spitzenlastanlage („Peakeranlage“) konzipiert. Bei schwankender Einspeisung aus erneuerbaren Energien soll ein schneller Ausgleich der Lastschwankungen ermöglicht werden. Die spezifischen Betriebszeiten der Peakeranlage ergeben sich aus den Einspeiseanforderungen der Netzbetreiber. Es wird eine maximale Betriebsdauer von 1.500 h/a (je Feuerungsanlage gemäß §4 der 44. BImSchV) erwartet.

Für die Peakeranlage ist zunächst die Verwendung von Erdgas aus dem öffentlichen Netz als Brennstoff vorgesehen. Sowohl die Gasmotoren als auch das Brenngasverteilungssystem sind so konzipiert, um eine spätere Umstellung auf Wasserstoff als Energieträger zu ermöglichen, sobald dieser in ausreichenden Mengen zur Verfügung steht. Es müssen dann einzelne Komponenten am Brennstoffverteilungssystem und Motor ausgetauscht werden. Genehmigungsrechtlich werden beide Brennstoffe beantragt. Für die Betrachtung des Explosionsschutzes ist der Wasserstoff der kritischere Fall. Alle Angaben und Maßnahmen beziehen sich daher im Weiteren auf Wasserstoff.

Explosionstechnisch relevant sind das gaszuführende System einschl. den Ableitungen bei Undichtigkeiten oder Überdruck je Zufuhr. Die Gasmotoren selber sind bauartbedingt technisch dicht und haben im Abgasstrom auf Grund der sicheren Verbrennung und der Spülzeiten keine g.e.A..

In der Gaszufuhr jeden Motors sind bauartzugelassene Druckhalteventile zur Überwachung des max. und min. Gasdruckes eingebaut, die durch Membranen angesteuert werden. Diese Armaturensteuerungen werden druckentlastet und das entweichende Gas nach außen abgeführt. Der Austritt von Gas und damit die Entstehung einer g.e.A. ist als sehr selten einzustufen.

Nach den Druckhalteventilen ist ein Sicherheitsabblaseventil vorhanden, das bei einem möglichen Überdruck ebenfalls nach außen abbläst. Das Gas wird über eine Abblaseleitung in einen sicheren Bereich abgeleitet. Der Austritt von Gas und damit die Entstehung einer g.e.A. ist ebenfalls als sehr selten einzustufen.

Der Gasregelstrecke am Motor wird mit zwei sicherheitsgerichteten Schnellschlussventilen abgesperrt. Zur Überprüfung der Dichtigkeit der beiden Ventile im geschlossenen Zustand ist an der Gasleitung vor dem 1. Ventil ein Bypass vorhanden, der über ein Magnetventil und einem Gebläse einen erhöhten Druck in dem Zwischenraum der beiden Ventile aufbauen kann. Der Druck wird überwacht. Ein zu niedriger Druck ist ein Anzeichen für eine Undichtigkeit.

Im Bereich Luftansaugung ist Gasaustritt bei der Motorausführung mit einer Gas-Luft-Mischkammer vor dem Kolbeneintritt theoretisch denkbar. Bei Gaszufuhr in die Gasmischkammer ohne drehenden Motor / fehlende Ansaugung könnte eine g.e.A. in der Ansaugung theoretisch vorhanden sein. Dies wird verhindert durch eine Motorraumventilation, die mit Überdruck ausgelegt ist und vor jedem Motorstart in Betrieb geht. So wird abgesichert, dass unverbranntes Gas-Luft-Gemisch durch die in geöffneter Position stehenden Ein- und Auslassventile in den Zylinderköpfen immer in Richtung Kamin aus dem Abgassystem gedrückt wird und nicht in den Motorraum strömen kann.



Zur Reduzierung der Abgasemissionen wird in den heißen Abgasstrom „Adblue“ eingedüst. Durch den nachgeschalteten Katalysator wird NO_2 in N_2 und O_2 aufgespalten. Adblue ist im Hinblick auf Explosionseigenschaften unkritisch. Daher wird der Anlagenteil mit zentraler Lagerung und Eindüsung je Motor im Folgenden nicht weiter betrachtet.

Im Abgas des Motors ist ebenfalls keine g.e.A. durch unverbrannte Gase möglich. Der Abgasweg wird nach einem Stop oder Fehlstart mit Luft gespült.

Die Versorgung der Motoren mit Frischöl und das Sammeln von Altöl ist explosionstechnisch nicht relevant. Die Temperaturen beim Umpumpen und Lagern entsprechend den Umgebungstemperaturen. Während des Motorbetriebes wird das Öl gekühlt und erreicht im Normalbetrieb Temperaturen im Inneren bis max. 85°C . Die Dämpfe haben einen Flammpunkt von $> 220^\circ\text{C}$.

Das Kühlwasser wird mit einem Frostschutzmittel ergänzt. Es wird Ethylenglykol verwendet. Die Kühlwassertemperaturen erreichen im normalen Betrieb max. 90°C . Die Temperatur wird überwacht. Bei zu geringer Kühlflüssigkeitsmenge, zu geringer Umwälzung oder zu geringer Abkühlung in den Kühlern kann die Temperatur weiter ansteigen. Der Motor wird bei Erreichen einer max. Temperatur abgeschaltet. Das reine Frostschutzmittel hat eine Selbstentzündungstemperatur von 398°C . Die Temperatur wird bei weitem nicht erreicht.

Die Ableitung des in den Motoranlagen erzeugten Stromes erfolgt über Transformatoren in das Hochvoltnetz vor Ort. Die Transformatoren leiten die entstehende Verlustwärme über die metallische Außenfläche an die Umgebungsluft ab. Die innere Kühlung erfolgt durch Transformatorenöl. Das Öl wird bei max. Belastung max. 100°C erreichen. Der Flammpunkt der Öldämpfe liegt bei $> 140^\circ\text{C}$.

Bei einem Stromausfall kann auf dem Betriebsgelände eine ständig vorhandene Notstromversorgung für die Steuerung und Überwachung gewährleistet werden. Die Anlagenteile können dadurch fortlaufend kontrolliert werden und ein Stillsetzen im Gefahrenfalle ist jederzeit sichergestellt.

3.2 Verriegelung / Überwachung / Kontrolle

Alle Anlagenbereiche werden durch ein Prozessleitsystem kontinuierlich überwacht und durch Mitarbeiter begangen. Das Intervall der Begehung, z.B. arbeits-, werk- oder kalendertäglich, wird auf Grundlage einer Gefährdungsbeurteilung durch den Arbeitgeber festgelegt.



4 Stoffdaten und sicherheitstechnische Kennzahlen

Die verwendeten Gase und Dämpfe der Einsatzstoffe können zum Teil in Verbindung mit Luft g.e.A bilden. Die sicherheitstechnischen Kennzahlen der Stoffe sind unten aufgeführt.

Soweit von atmosphärischen Bedingungen abgewichen wird, ist der hierdurch entstehende Einfluss auf die sicherheitstechnischen Kennzahlen berücksichtigt.

Tabelle 0-1: Sicherheitstechnische Kennzahlen von entzündbaren Gasen und Dämpfen

Stoffbezeichnung	Flamm- punkt	UEG	OEG	Zündtempe- ratur	Temperatur- klasse	Explosions- gruppe
	°C	Vol %	Vol %	°C		
Wasserstoff	-	4,0	77,0	560	T1	IIC
Erdgas	-	4,0	17,0	575 - 640	T1	IIA
Frischöl	> 220	0,9	7,0	k.A.	-	-
Transformatoröl	> 140	k.A.	k.A.	> 200	-	-

Ex-Kennzeichnung an Bauteilen für Bereiche der Zone 2: Ex II 3 G IIC T1

5 Gefährdungsbeurteilung

5.1 Zoneneinteilung / Explosionsschutzmaßnahmen

Nach Abschnitt 3, § 6 (4) GefStoffV hat der Arbeitgeber

- die Wahrscheinlichkeit und die Dauer des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Gemische (g.e.G.),
- die Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins, der Aktivierung und des Wirksamwerdens von Zündquellen sowie
- das Ausmaß der zu erwartenden Auswirkungen von Explosionen zu beurteilen.

Bei der Beurteilung der Explosionsgefahr von Gasen ist nach TRGS 721 / Nr. 3.2 davon auszugehen, dass mit Explosionsgefahr zu rechnen ist, wenn die Konzentration des ausreichend dispergierten Stoffes in Luft einen Mindestwert (Untere Explosionsgrenze UEG) überschreitet und einen Maximalwert (Obere Explosionsgrenze OEG) unterschreitet.

Für Bereiche, die durch Gase, Dämpfe oder Nebel explosionsgefährdet sind, gelten gemäß Anhang I Nummer 1 - 1.7 GefStoffV:



- **Zone 0**

ist ein Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.

- **Zone 1**

ist ein Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln bilden kann.

- **Zone 2**

ist ein Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine gefährlich explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gase, Dämpfen oder Nebeln normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt und wenn doch, dann nur selten und für kurze Zeit.

- **Bezeichnung Zonen mit Zusatz NE (gemäß DIN EN IEC 60079-10-1: 2022-02)**

Zonen von vernachlässigbarer Ausdehnung werden in der internationalen Norm als Zone O NE, Zone 1 NE oder Zone 2 NE bezeichnet- Eine Zone von vernachlässigbarer Ausdehnung bedeutet, dass eine Zündung, wenn sie auftritt, vernachlässigbare Folgen hat. Die Beurteilung erfolgt als „sekundäre Quelle der Freisetzung“ mit „starker Verdünnung“ und „guter Verfügbarkeit der Lüftung“. Diese Einstufung und Bezeichnung ist gleichzusetzen mit der Einstufung gemäß EX-RL Beispielsammlung DGUV-Regel 113-001 als zonenfrei.

Für die Bemessung der Zonenausbreitungen sind beide Einsatzstoffe (Erdgas und Wasserstoff) zu berücksichtigen. Die Anforderungen an die Abstände sind in der Tabelle 1 eingetragen. Die beiden Ausbläser je Motor sind nach DGUV Merkblatt G 442 und deren Faktoren gemäß den Tabellen für Erdgas berechnet. Bei Umstellung auf Wasserstoff werden die Zonenausbreitungen überprüft.

Die Gefährdungsbeurteilung in Verbindung mit dem Schutzkonzept für die in Kapitel 2.2 aufgeführten Teilanlagen erfolgt in Tabellen 1 bis 3, in der folgende, explosionsschutztechnische Aspekte untersucht werden:

- **Tabelle 1: TRGS 722 - Vermeidung oder Einschränkung explosionsfähiger Gemische**

Hier wird die Zoneneinteilung aufgrund der ermittelten Gefährdungen und Schutzmaßnahmen unter Hinweis auf die relevanten Vorschriften für alle Teilanlagen festgelegt.

Soweit die relevanten Vorschriften (wie z. B. in der Beispielsammlung der EX-RL) die Schutzmaßnahmen unter Berücksichtigung aller Gefährdungen eindeutig vorgeben, erfolgt nur die Angabe der relevanten Vorschrift sowie der erforderlichen Zone.



- **Tabelle 2: TRGS 723 – Gefährliche explosionsfähige Gemische - Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Gemische**

Hier werden alle 13 Arten der möglichen Zündquellen in den in Tabelle 1 festgelegten Zonen auf ihre Wirksamkeit hin untersucht und die erforderlichen Schutzmaßnahmen zur Vermeidung der Wirksamkeit dargestellt.

Im Wesentlichen bezieht sich die Untersuchung zur Vermeidung wirksamer Zündquelle auf heiße Oberflächen, mechanisch erzeugte Funken, elektrische Ausgleichsströme, statische Elektrizität und Eignung elektrischer und nicht-elektrischer Geräte. Bei den elektrischen und nicht-elektrischen Geräten, die in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden, in den g.e.G. vorherrscht, sind die Abweichungen in Bezug auf die sicherheitstechnischen Kennzahlen berücksichtigt.

- **Tabelle 3: TRGS 724 – Gefährliche explosionsfähige Gemische – Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken**

Hier werden alle Maßnahmen dargestellt und untersucht, die der Einschränkung der Auswirkung von Explosionen dienen. Dies wird z. B. dann erforderlich, wenn der Einsatz von Schutzmaßnahmen entsprechend den Tabellen 1 und 2 aus technischen oder produktspezifischen Gründen nicht sinnvoll möglich oder nicht ausreichend ist.

Die Maßnahmen zur Einschränkung der Auswirkungen einer Explosion beziehen sich auf die:

- Anforderungen an die explosionsfeste Bauweise (Nr. 4)
- Anforderungen an eine Explosionsdruckentlastung (Nr. 5)
- Anforderungen an die Explosionsunterdrückung (Nr. 6)
- Explosionstechnische Entkopplung bei Gasen, Dämpfen und Nebel (Nr. 7)
- Entkopplungseinrichtungen für Stäube (Nr. 8)
- Explosionstechnische Entkopplung bei hybriden Gemischen (Nr. 9)

5.2 Organisatorische Maßnahmen

Gemäß § 12 BetrSichV und § 11 in Verbindung mit Anhang I Nummer 1 GefStoffV werden in den unter Kap. 2.2 genannten Anlagen sind folgende organisatorische Maßnahmen durchzuführen:

- **Anforderungen an die Beschäftigten**

Der Arbeitgeber darf Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, die zu Explosionsgefährdungen führen können, nur zuverlässigen, mit den Tätigkeiten, den dabei auftretenden Gefährdungen und den erforderlichen Schutzmaßnahmen vertrauten und entsprechend unterwiesenen Beschäftigten übertragen.



Die Unterweisung der Beschäftigten zum Explosionsschutz hat regelmäßig in maximal jährlichen Abständen gemäß § 14 (2) GefStoffV zu erfolgen. Die Dokumentation der Unterweisung ist bei der Betriebsleitung zu hinterlegen.

Verantwortlich für die Unterweisungen ist der Betriebsleiter.

- **Schriftliche Anweisungen, Arbeitsfreigaben, Aufsicht**

Neben den vorhandenen Anweisungen sind alle erforderlichen organisatorischen Schutzmaßnahmen in Form von eindeutigen Betriebs-/Arbeitsanweisungen schriftlich zu formulieren und den Mitarbeitern zur Kenntnis zu geben. Die Einhaltung der Betriebs-/Arbeitsanweisungen ist stichprobenartig zu überprüfen.

Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, die zu einer Explosionsgefährdung führen können, sind nur an zuverlässige, mit den Tätigkeiten, den dabei auftretenden Gefährdungen und den erforderlichen Schutzmaßnahmen vertrauten und entsprechend unterwiesenen Beschäftigten zu übertragen.

In Arbeitsbereichen, in denen Tätigkeiten mit Gefahrstoffen ausgeübt werden, die zu einer Explosionsgefährdung führen können, sind zuverlässige, mit den Tätigkeiten, den dabei auftretenden Gefährdungen und den erforderlichen Schutzmaßnahmen vertraute Personen mit der Aufsichtsführung zu beauftragen. Die aufsichtsführende Person muss insbesondere dafür sorgen, dass

- mit den Tätigkeiten erst begonnen wird, wenn die in der Gefährdungsbeurteilung nach § 6 GefStoffV festgelegten Maßnahmen ergriffen sind und ihre Wirksamkeit nachgewiesen ist, und
- ein schnelles Verlassen des Arbeitsbereichs jederzeit möglich ist.

Zu den schriftlichen Anweisungen gehört auch die Darstellung des Arbeitsfreigabeverfahrens für gefährliche Tätigkeiten, die durch Wechselwirkungen mit anderen Arbeiten gefährlich werden können. Das Arbeitsscheinfreigabeverfahren ist in den Betriebsanweisungen darzustellen. Für Arbeiten mit Arbeitsmitteln in explosionsgefährdeten Bereichen, die als Zündquelle wirksam werden können, ist ein Feuererlaubnisschein erforderlich. Die Arbeitsfreigabe muss vor Beginn der Tätigkeiten von dem Betriebsverantwortlichen oder seiner Vertretung als der hierfür verantwortlichen Person erteilt werden.

In der Zoneneinteilung (Tabelle 1) sind alle Zustände erfasst, bei denen im Normalbetrieb der Anlage g.e.G. auftreten kann. Nicht erfasst ist das Auftreten von g.e.G. im Reparaturfall oder bei Demontage von Anlagenteilen im Rahmen einer Revision oder eines Umbaus. Hierfür sind gesonderte, speziell auf die jeweilige Situation bezogene Maßnahmen zu treffen und Anweisungen zu geben (z. B. Öffnungserlaubnis). Dies muss nach Bedarf bezogen auf die bevorstehende Einzelaktion erfolgen. Die erforderlichen Arbeiterlaubnisscheine hierzu müssen vorliegen.

Alle Betriebs- und Arbeitsanweisungen etc. müssen bei der Betriebsleitung hinterlegt werden.

Verantwortlich für die Betriebs- und Arbeitsanweisungen ist die Betriebsleitung.



- **Kennzeichnung explosionsgefährdeter Bereiche**

Die explosionsgefährdeten Bereiche sind vor Ort an ihren Zugängen mit Warnzeichen nach Anhang 3 der Richtlinie 1999/92/EG zu kennzeichnen.

- **Verbot von Zündquellen**

In explosionsgefährdeten Bereichen, d. h. Bereiche, in denen gefährliche explosionsfähige Atmosphäre auftreten kann, sind Zündquellen, wie z. B. das Rauchen und die Verwendung von offenem Feuer und offenem Licht, zu verbieten. Ferner ist das Betreten von explosionsgefährdeten Bereichen durch Unbefugte zu verbieten.

Auf das Verbot von Zündquellen in explosionsgefährdeten Bereichen muss deutlich erkennbar und dauerhaft durch Beschilderung hingewiesen werden.

- **Warnung im Gefahrenfall**

Durch geeignete Maßnahmen ist zu gewährleisten, dass Personen im Gefahrenfall rechtzeitig, angemessen, leicht wahrnehmbar und unmissverständlich gewarnt werden können.

- **Zusammenarbeit verschiedener Firmen**

Die Maßnahmen zur Zusammenarbeit verschiedener Firmen auf dem Werkgelände in explosionsgefährdeten Bereichen sind gemäß § 15 GefStoffV eindeutig zu regeln und zu dokumentieren. Die Dokumentation ist bei der Betriebsleitung zu hinterlegen.

Verantwortlich für die Unterlagen ist der Betriebsverantwortliche oder dessen Vertretung

5.3 Prüfungen Explosionssicherheit

Prüfung der Explosionssicherheit

Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen sind gemäß Anhang 2 Abschnitt 3 Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) vor der erstmaligen Inbetriebnahme, nach prüfpflichtigen Änderungen und wiederkehrend auf Explosionssicherheit zu prüfen. Hierbei sind das im Explosionsschutzdokument nach § 6 Absatz 9 der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) dargelegte Explosionsschutzkonzept und die Zoneneinteilung zu berücksichtigen. Bei der Prüfung ist festzustellen, ob

- die für die Prüfung benötigten technischen Unterlagen vollständig vorhanden sind,
- die Anlage entsprechend den Vorgaben der Betriebssicherheitsverordnung errichtet und in einem sicheren Zustand ist und
- die festgelegten technischen und organisatorischen Maßnahmen wirksam sind.

Wiederkehrende Prüfung

Bei der wiederkehrenden Prüfung werden die Unterlagen, die bei der Prüfung vor erstmaliger Inbetriebnahme, nach einer wesentlichen Veränderung oder Änderung der Geräte und



Einrichtungen vorlagen, nur in dem Umfang herangezogen, wie es für die Durchführung der technischen Prüfung erforderlich ist. Die Ordnungsprüfung beschränkt sich bei wiederkehrenden Prüfungen auf die Vollständigkeit der Prüfungen der Anlagenteile und auf Änderungen im Vergleich zur Prüfung vor Inbetriebnahme.

Prüffristen

Prüfung nach § 15 BetrSichV, Anhang 2 Abschnitt 3:

- Nr. 4.1: Vor erstmaliger Inbetriebnahme und nach prüfpflichtigen Änderungen:
Explosionssicherheit
(Explosionsschutzkonzept, Zoneneinteilung u.a.)
Prüfung durch zur Prüfung befähigte Person nach Nummer 3.3

Prüffristen nach §16 BetrSichV, Anhang 2 Abschnitt 3:

- Nr. 5.1: Sechsjährlich wiederkehrend: Explosionssicherheit
(Explosionsschutzdokument, Zoneneinteilung u.a.)
Prüfung durch zur Prüfung befähigte Person nach Nummer 3.3
- Nr. 5.2: Dreijährlich wiederkehrend: Prüfung der Geräte, Schutzsysteme, Kontroll-, Sicherheits- und Regelvorrichtungen
Prüfung durch zur Prüfung befähigte Person nach Nummer 3.1
- Nr. 5.3: Jährlich wiederkehrend: Funktion der Lüftungsanlagen,
Gaswarneinrichtungen u.a.
Prüfung durch zur Prüfung befähigte Person nach Nummer 3.1

5.4 Einsatz von MSR-Einrichtungen zur Überwachung von Explosionsschutzmaßnahmen

Bei der Umsetzung und Überwachung von Schutzmaßnahmen im Sinne des Explosionsschutzes ist die Technische Regel für Gefahrstoffe TRGS 725 zu berücksichtigen. Die TRGS konkretisiert die Anforderungen an die Zuverlässigkeit von Mess-, Steuer-, und Regelungseinrichtungen (MSR-Einrichtungen) als Teil der in der TRGS 722, TRGS 723 und TRGS 724 genannten Maßnahmen. Sie gilt für mechanische, pneumatische, hydraulische, elektrische, elektronische als auch programmierbare elektronische MSR-Einrichtungen. Organisatorische Maßnahmen können in Ergänzung zu einer technischen Maßnahme mit herangezogen werden.

Für die zu errichtende Anlage sind die erforderlichen Klassifizierungsstufen K1 bis K3 von MSR- und Nicht-MSR-Einrichtungen festzulegen und entsprechend Nr. 4 TRGS 725 umzusetzen. Alternativ kann bezogen auf die Wirksamkeit der vorhandenen Schutz- bzw. Überwachungsmaßnahmen die gleichwertige Sicherheit in Anlehnung an die o. g. technischen Regeln nachgewiesen werden. Soweit erforderlich, ist eine Anpassung der Maßnahmen durchzuführen.

Die Prüfung der MSR-Einrichtungen mit Sicherheitsfunktion erfolgt nach Nr. 5 TRGS 725.



5.5 Cybersicherheit

Nach TRBS 1115 Teil 1 müssen Sicherheitsrelevante MSR-Einrichtungen, ihre Integration in das Arbeitsmittel und ihre Anwendung nach dem Stand der Technik vor Cyberbedrohungen derart geschützt sein, dass Gefährdungen für Beschäftigte und bei überwachungsbedürftigen Anlagen auch anderer Personen in deren Gefahrenbereich vermieden werden. Die Gefahr von Cyberbedrohungen besteht darin, dass sicherheitsrelevante MSR-Einrichtungen derart manipuliert werden, dass sie ihre Sicherheitsfunktion nicht mehr ausführen können oder sogar zusätzliche Gefährdungen herbeigeführt werden.

Die Steuerungstechnik der Produktionsbereiche (OT) sollte keine direkten Verbindungen zu anderen Netzwerken, z.B. zur Datenverarbeitung in IT-Systemen, oder ins Internet besitzen. Eine Kommunikation ist ausschließlich über segmentierte und abgesicherte Strukturen wie DMZs zulässig. Drahtlose Schnittstellen zur OT, z.B. Bluetooth, WLAN, GSM, sollten ebenfalls nicht vorhanden sein (erlaubt nur nach Risikoanalyse und anschließender Genehmigung; Betrieb nur in abgeschotteten Segmenten mit Firewalls).

Das Herstellen temporärer Verbindungen zur OT, z.B. zu Programmiergeräten oder zur Fernwartung, und dabei erteilte Zugriffsrechte sind in einer Betriebsanweisung zu regeln.

Eine Cyberbedrohung der betrieblichen und sicherheitsrelevanten Einrichtungen ist dann nicht zu erwarten.

5.6 Dichtheitsprüfungen

Gemäß DVGW-Arbeitsblatt DVGW G 614-2 (Tabelle 1) ist die Dichtheit aller gasbeaufschlagten Anlagenteile, einschließlich der Funktionsfähigkeit von Absperrarmaturen, durch eine geeignete Person vor Inbetriebnahme und wiederkehrend zu prüfen und zu bewerten, soweit keine ständige Überwachung erfolgt. Dies erfolgt in der Regel alle zwei Jahre. Bei konstruktiv auf Dauer technisch dichten Anlagenteilen kann die wiederkehrende Dichtheitsprüfung mindesten nach zwölf Jahren erfolgen. Eine Dichtheitsprüfung der betroffenen gasbeaufschlagten Anlagenteile ist auch vor Wiederinbetriebnahme, nach wesentlichen Änderungen nach § 16 BImSchG, nach Instandsetzung oder nach Betriebsunterbrechung für mehr als ein Jahr erforderlich. Soweit es die Prüfung ermöglicht, sind hierbei als Prüfgas Luft oder inerte Gase zu verwenden. Die Dichtheitsprüfung kann durch gleichwertige Prüfungen nach BetrSichV oder GefStoffV ersetzt werden.

6 Fazit

Werden die vorgegeben Maßnahmen entsprechend umgesetzt, erfüllt die Anlage die Anforderungen der GefStoffV und der heranzuziehenden technischen Regeln und Normen. Somit ist aus explosionsschutztechnischer Sicht ein sicherer Anlagenbetrieb gewährleistet.

R. Schiffel

F.-J. Kirschhagen



Anhang 1

Tabelle Gefährdungsbeurteilung nach § 6 (4) GefStoffV

- Tabelle 1, TRGS 722 - Vermeidung oder Einschränkung explosionsfähiger Gemische (Zoneneinteilung),
- Tabelle 2, TRGS 723 – Gefährliche explosionsfähige Gemische - Vermeidung der Entzündung explosionsfähiger Gemische (Zündquellenbewertung)
- Tabelle 3, TRGS 724 – Gefährliche explosionsfähige Gemische – Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes.

Tabelle 1 TRGS 722 - (Zoneneinteilung)

Gefährdungsbeurteilung / Schutzmaßnahmen nach TRGS 722 (Vermeidung oder Einschränkung explosionsfähiger Gemische)

Anlagenteil	Stoff / Gemische	Gefährdungsbeurteilung / Schutzmaßnahmen	Zoneneinteilung
1. Gaszufuhr Gasmotor			
1.1 Gasrohrleitung bis zum Motoreintritt	Erdgas oder Wasserstoff	<p><u>Innerhalb</u></p> <p>Die Rohrleitung ist permanent gefüllt und wird im Überdruck betrieben. Die Bildung einer g.e.A. ist im Normalbetrieb nicht zu erwarten.</p> <p>Ex-RL Beispielsammlung Pkt. 4.2.5.3.1 (Ausgabe 04/2025)</p> <p><u>Außerhalb</u></p> <p>Die Rohrleitungen und Armaturen sind technisch dicht, gewartet und instandgehalten. Der max. Druck nach der SAV-Station ist > 5 bar.</p> <p>Im Freien: Ex-RL Beispielsammlung Pkt. 4.2.5.3.3 (Ausgabe 04/2025)</p> <p>Innerhalb von Gebäuden:</p> <p>In Räumen ergibt sich gemäß Ex-RL Beispielsammlung Pkt. 4.2.5.2 b) (Ausgabe 04/2025) eine Zone 2 ohne weitere Maßnahmen. Eine Belüftung des Raumes ist geplant. Durch Überwachung einer Mindestluftmenge gemäß TRGS 725, Gas-Sensorik und Erhöhung der Durchlüftungsrate sowie Frischluftfrate bei Vor- Und Hauptalarm ist die Zone 2 ohne Ausbreitung möglich. Der Raum kann damit als zonenfrei eingestuft werden.</p>	<p><u>Innerhalb</u></p> <p>Keine Zone</p> <p><u>Außerhalb</u></p> <p>Im Freien: Keine Zone</p> <p>In Räumen: Zone 2 NE an gasführenden Anlagenteilen, keine Zonenausdehnung im Raum</p>

Anlagenteil	Stoff / Gemische	Gefährdungsbeurteilung / Schutzmaßnahmen	Zoneneinteilung
1.2 Abblaseleitung von den Sicherheitsabsperrenventilen (SAV) - Antrieben bis Austritt Ausbläser	Erdgas oder Wasserstoff	<p><u>Innerhalb</u></p> <p>Die Rohrleitung ist nur bei Undichtigkeit an den beiden Stellantrieben der SAV und dem Steuerteil der Überdruckfeder mit Gas gefüllt. Die Bildung einer g.e.A. ist im Normalbetrieb nur selten zu erwarten.</p> <p>Ex-RL Beispielsammlung Pkt. 4.2.5.3.1 (Ausgabe 04/2025)</p> <p><u>Außerhalb</u></p> <p>Die <u>Rohrleitungen und Armaturen bis Ausbläser</u> sind technisch dicht, gewartet und instandzuhalten. Der max. Druck nach der SAV-Station ist > 5 bar.</p> <p>Ex-RL Beispielsammlung Pkt. 4.2.5.3.1 (Ausgabe 04/2025) und DIN EN IEC 60079-10-1: 2022-02, Anhang D.2</p> <p><u>In und um den Ausbläser</u> ist nur selten eine g.e.A. vorhanden.</p> <p>Ex-RL Beispielsammlung Pkt. 4.2.5.5 (Ausgabe 04/2025). Die Zonenausbreitung ergeben sich mittels der Berechnung über ein Freistrahlmittel des Programms DVGW Merkblatt G442.</p> <p>Die Zonenbemessung erfolgt in einer anschaulichen Dimensionierung.</p>	<p><u>Innerhalb</u></p> <p>Zone 2</p> <p><u>Außerhalb</u></p> <p>Keine Zone um die abführende Entspannungsleitung bis zum Ausbläser</p> <p>Zone2 ab 0,5 m unterhalb des Ausbläsert bis 18 m oberhalb als Zylinderform mit Radius 3 m</p>

Anlagenteil	Stoff / Gemische	Gefährdungsbeurteilung / Schutzmaßnahmen	Zoneneinteilung
1.3 Abblaseleitung ab Sicherheitsüberdruckventil bis Austritt Ausbläser	Erdgas oder Wasserstoff	<p><u>Innerhalb</u></p> <p>Die Rohrleitung ist nur beim Ansprechen der Überdruckfeder oder beim Entlüften mit Gas gefüllt. Die Bildung einer g.e.A. ist im Normalbetrieb nur selten zu erwarten. Ex-RL Beispielsammlung Pkt. 4.2.5.3.1 (Ausgabe 04/2025)</p> <p><u>Außerhalb</u></p> <p>Die <u>Rohrleitungen und Armaturen bis Ausbläser</u> sind technisch dicht, gewartet und instandgehalten. Der max. Druck nach der Druckfeder und dem Entlüftungsventil ist < 5 bar. Ex-RL Beispielsammlung Pkt. 4.2.5.3.2 (Ausgabe 04/2025) und DIN EN IEC 60079-10-1: 2022-02, Anhang D.2</p> <p><u>In und um den Ausbläser</u> ist nur selten eine g.e.A. vorhanden. Ex-RL Beispielsammlung Pkt. 4.2.5.5 (Ausgabe 04/2025). Die Zonenausbreitung ergibt sich mittels der Berechnung über ein Freistrahlmmodell des Programms DVGW Merkblatt G442. Die Zonenbemessung erfolgt in einer anschaulichen Dimensionierung.</p>	<p><u>Innerhalb</u></p> <p>Zone 2</p> <p><u>Außerhalb</u></p> <p>Keine Zone um die abführende Entspannungsleitung bis zum Ausbläser</p> <p>Zone2 ab 0,5 m unterhalb des Ausbläsert bis 21 m oberhalb als Zylinderform mit Radius 3 m</p>

Anlagenteil	Stoff / Gemische	Gefährdungsbeurteilung / Schutzmaßnahmen	Zoneneinteilung
2. Gasregelstrecke mit direkter Gaseindüsung in den Motor			
2.1 Gasrohrleitung bis in den Motor	Erdgas oder Wasserstoff	<p><u>Innerhalb</u> Die Rohrleitung ist permanent gefüllt. Die Bildung einer g.e.A. ist im Normalbetrieb nicht zu erwarten. Ex-RL Beispielsammlung Pkt. 4.2.5.3.1 (Ausgabe 04/2025)</p> <p><u>Außerhalb</u> Die Rohrleitungen und Armaturen sind technisch dicht, gewartet und instandgehalten. Der max. Druck nach der SAV-Station ist > 5 bar. Im Freien: Ex-RL Beispielsammlung Pkt. 4.2.5.3.3 (Ausgabe 04/2025) Innerhalb von Gebäuden: Ex-RL Beispielsammlung Pkt. 4.2.5.2 c) (Ausgabe 04/2025) und Einstufung nach DIN EN IEC 60079-10-1: 2022-02, Anhand D.2</p>	<p><u>Innerhalb</u> Keine Zone</p> <p><u>Außerhalb</u> Im Freien: keine Zone Im Raum: Zone 2 NE an gasführenden Anlagenteilen, keine Zonenausdehnung im Raum</p>

Anlagenteil	Stoff / Gemische	Gefährdungsbeurteilung / Schutzmaßnahmen	Zoneneinteilung
3. Gasmotor			
3.1. Ausführung Gasmotor mit Gas-Luft-Mischkammer bis Kolbeneintritt	Erdgas oder Wasserstoff	<p><u>Innerhalb</u></p> <p>In der <u>Gasmotorenausführung mit einer Gas-Luft-Mischkammer</u> wird das Gas mit angesaugter Verbrennungsluft gemischt und dann vom Kolben angesaugt. In der Mischkammer ist im Betrieb auf Grund der geringen Gasmenge keine g.e.A. vorhanden. Die Mischkammer und Anschluß bis Motorgehäuse (Eintritt zum Kolben) haben im Betrieb einen leichten Unterdruck. Die Temperaturen entsprechen der Umgebungstemperatur. Zündquellen sind nicht vorhanden. Sollte es bei einer Undichtigkeit der vorgelagerten Absperrventile kommen, dann wird der Druck in der Vorkammerngasleitung auf einen Wert steigen, der größer ist als der definierte Grenzwert von < 100 mbar. Ist dies für einen Zeitraum von 5 Sek. der Fall, erfolgt eine zusätzliche Abgasspülung vor dem Motorstart.</p> <p>Größere Systemundichtigkeiten hinter dem Gaseinlassventil werden von der Motorsteuerung erkannt. Die Differenz zwischen aktueller Gaszufuhrmenge zum Motor und Gasanforderung wird überwacht. Abweichungen von einem festgelegten Sollwertbereich führen zu einer Abschaltung. Nach Motorabstellung werden die im System noch gespeicherten Restvolumina durch Zündungsnachlauf kontrolliert nachverbrannt.</p> <p>In Anlehnung an Ex-RL Beispielsammlung Pkt. 4.2.5.4 (Ausgabe 04/2025)</p> <p>In der Ansaugleitung der Verbrennungsluft ist keine g,e,A, vorhanden, weil die Gaszufuhr bei einem plötzlichem Stillsetzen des Motors direkt geschlossen wird.</p> <p><u>Außerhalb</u></p> <p>Die Mischkammer und die Anschlüsse bis an den Motorblock sind technisch dicht. Der Maschinenraum wird nach IEC 60079-10-1 zwangsbelüftet und mit Gassensoren überwacht. Leckage ist nur selten und dann kurzzeitig nur unmittelbar an einer Austrittsstelle vorhanden ohne Ausbreitung (sekundäre Quelle der Freisetzung). Der Raum ist auf Grund der o. g. Maßnahmen zonenfrei. Kennzeichnung ist daher Zone 2 NE.</p> <p>Innerhalb von Gebäuden: Ex-RL Beispielsammlung Pkt. 4.2.5.2 c) (Ausgabe 04/2025) und Einstufung nach DIN EN IEC 60079-10-1: 2022-02, Anhand D.2</p>	<p><u>Innerhalb</u></p> <p>Keine Zone in der Mischkammer und der Ansaugleitung</p> <p><u>Außerhalb</u></p> <p>Zone 2 NE an gasführenden Anlagenteilen, keine Zonenausdehnung im Raum</p>

Anlagenteil	Stoff / Gemische	Gefährdungsbeurteilung / Schutzmaßnahmen	Zoneneinteilung
3.3. Umgebung von Starterbatterien bei Blei-Säure-Batterien in Räumen	Wasserstoff	<p>Während der Auf- und Unterhaltungsladung von Starterbatterien kann bei Blei-Säure-Batterien Wasserstoff entstehen.</p> <p><u>Bei Motorstillstand</u> muss eine ausreichende Durchlüftung sichergestellt werden. Die Mindestluftmenge ist sicher zu überwachen. Bei Unterschreitung ist die Aufladung zu stoppen, Die Dimensionierung nach DIN 62485 ist zu berücksichtigen.</p> <p><u>Bei Motorbetrieb</u> ist eine ausreichende Verdünnung durch den Betrieb der Maschinenraumlüftung sichergestellt.</p>	<p><u>Im Aufstellraum:</u> Keine Zone</p>
3.4. Bedingungen bei Schnellstartfähigkeit	Wasserstoff	<p>Die Maschinenraumlüftung muss parallel zur Startanforderung des Motors mit angefordert werden. Die Bedingungen für eine ausreichende Durchlüftung im Sinne des Explosionsschutzes müssen deshalb bereits innerhalb von 30 Sekunden nach Startanforderung vorliegen, Anforderungen an Antrieb für Zuluftjalousien und Abluftjalousien (AUF/ZU sowie stetig geregelte Antriebe):</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) Allgemein darf die maximale Laufzeit zwischen Geschlossenstellung und Offenstellung 30 Sekunden nicht überschreiten. Dies ist durch geeignete Maßnahmen sicherzustellen. (2) Kann dies über den Standard-Antrieb nicht gewährleistet werden, sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen, um diese Anforderungen zu erfüllen, wie z. B. Verwendung von Antrieben mit Notstellfunktion, Schnellläuferantrieb oder Super-Schnellläufer-Antriebe. <p>Anforderungen an Frequenzumrichter für die Maschinenraumlüftung:</p> <p>Als sicherheitsbezogenes Teil einer Steuerung müssen Frequenzumrichter die Anforderungen der ISO 13849-1 bis einschließlich Kategorie 2 erfüllen.</p>	<p><u>Im Aufstellraum:</u> Keine Zone</p>

Anlagenteil	Stoff / Gemische	Gefährdungsbeurteilung / Schutzmaßnahmen	Zoneneinteilung
3.5. Schwarzstartfähigkeit	Wasserstoff	<p>Der Motor startet zunächst ohne Maschinenraumlüftung. Die Bedingungen für eine ausreichende Durchlüftung im Sinne des Explosionsschutzes müssen spätestens innerhalb von 60 Sekunden nach Wiederkehr der Energieversorgung auf der Hilfsbetriebe-Sammelschiene vorliegen.</p> <p>Anforderungen an die Antriebe für Zuluftjalousien und Abluftjalousie:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) Allgemein darf die maximale Laufzeit zwischen Geschlossenstellung und Offenstellung 60 Sekunden nicht überschreiten. Dies ist durch geeignete Maßnahmen sicherzustellen. (2) Bei Verwendung von AC-Antrieben, sind diese stromlos offen zu konzipieren. (3) DC-Antriebe (AUF/ZU sowie stetig geregelte) müssen die Offenstellung innerhalb von maximal 60 Sekunden ab Wiederkehr der Energieversorgung auf der Hilfsbetriebe-Sammelschiene erreichen. Kann dies über den Standard-Antrieb nicht gewährleistet werden, sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen, um die Anforderungen zu erfüllen, wie z.B. Verwendung von Antrieben mit Notstellfunktion, Schnellläuferantriebe, oder Super-Schnellläufer-Antriebe. <p>Anforderungen an Frequenzumrichter für die Maschinenraumlüftung: Diese müssen mit automatischem Reset und Wiederanlauf nach Wiederkehr der Energieversorgung parametrierbar werden.</p> <p>Als sicherheitsbezogenes Teil einer Steuerung müssen Frequenzumrichter die Anforderungen der ISO 13849-1 bis einschließlich Kategorie 2 erfüllen</p>	<p><u>Im Aufstellraum:</u> Keine Zone</p>



Tabelle 2 (Zündquellenbewertung)

Gefährdungsbeurteilung / Schutzmaßnahmen TRGS 723 (Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Gemische)

Wirksame Zündquelle	Gefährdungsbeurteilung / Schutzmaßnahmen	Bemerkungen
Heiße Oberflächen (Nr. 5.2)		
Elektrische und nicht-elektrische Geräte (z. B. Antriebe, MSR-Technik)	<p>Alle Konformitätserklärungen und Nachweise für die in den genannten Zonenbereichen eingesetzten elektrischen und nicht-elektrischen Geräte sind im Sinne der ATEX-Richtlinie 2014/34/EU und befinden sich in der Anlagendokumentation.</p> <p>Bei Geräten, Komponenten und Schutzsystemen wird gemäß ATEX-Richtlinie 2014/34/EU die maximale Oberflächentemperatur vom Hersteller bei einer Zündgefahrenbewertung ermittelt und findet sich in der ATEX-Kennzeichnung wieder.</p> <p>TRGS 723 5.2.2 (4)</p> <p>Die Eignung gemäß GefStoffV § 11 Abs. 3 und Anhang 1 Nr. 1.8 für diese Geräte ist nachzuweisen.</p>	
Dampfleitungen / Produktleitungen / Wärmeträgerleitungen / elektrisch bzw. dampf-beheizte Leitungen oder andere beheizte Oberflächen	<p><u>Allgemein gilt:</u></p> <p>In explosionsgefährdeten Anlagenbereichen der Zonen 0 und 1 darf die Oberflächentemperatur von Leitungen 80 % der Zündtemperatur der eingesetzten Stoffe nicht überschreiten. In explosionsgefährdeten Anlagenbereichen der Zone 2 darf die Oberflächentemperatur von Leitungen 100 % der Zündtemperatur der eingesetzten Stoffe nicht überschreiten. TRGS 723 5.2.3 (1), 5.2.4 (1), 5.2.5 (1)</p> <p><u>Für die in Tabelle 1 genannten Zonenbereiche gilt:</u></p>	



Wirksame Zündquelle	Gefährdungsbeurteilung / Schutzmaßnahmen	Bemerkungen
	Es gibt keine relevanten Leitungen im Sinne von heißen Oberflächen. Die Abgasleitungen ab Motorblock einschl. Turbolader liegen nicht im Nahbereich von gasführenden Leitungen und sind thermisch gedämmt.	



Wirksame Zündquelle	Gefährdungsbeurteilung / Schutzmaßnahmen	Bemerkungen
Handeingriff (z. B. mit Schweiß- und Schleifgeräten oder Schlagwerkzeugen)	<p>Bei Arbeiten in den in Tabelle 1 genannten Zonenbereichen sind ausschließlich geeignete Arbeitsmittel (z.B. funkenfreie Werkzeuge) gemäß schriftlicher Anweisungen einzusetzen.</p> <p>Bei sachgemäßer Handhabung der Arbeitsmittel sind keine Zündfunken, die als wirksame Zündquelle wirken können, zu erwarten.</p> <p>Bei der Auswahl der Werkzeuge sind die Schutzmaßnahmen nach TRGS 723 Nr. 5.4 zu beachten.</p> <p>Schutzmaßnahmen zu mechanischen Reib-, Schlag- und Abriebvorgängen beim Einsatz von Werkzeugen gemäß TRGS 723 5.15.</p> <p>Arbeiten mit Schweiß- und Schleifgeräten oder Schlagwerkzeugen dürfen erst nach erfolgter Arbeitsfreigabe begonnen werden.</p> <p>Die erforderlichen Betriebsanweisungen sind abzulegen. Arbeitsfreigabeformulare haben beim Betriebsleiter bereitzuliegen.</p> <p>Die erforderlichen Betriebsanweisungen und Arbeitsfreigaben sind bei der Betriebsleitung abzulegen.</p>	
Flammen und heiße Gase (Nr. 5.3)		
Flammen und heiße Gase	Einrichtungen mit offenen Flammen und das Vorhandensein von heißen Gasen in den in Tabelle 1 genannten Zonenbereichen sind nicht geplant.	



Wirksame Zündquelle	Gefährdungsbeurteilung / Schutzmaßnahmen	Bemerkungen
Mechanische Reib-, Schlag- und Abriebvorgänge (Nr. 5.4)		
Mechanische Geräte (z. B. Pumpen)	<p>Alle Konformitätserklärungen und Nachweise für die in den genannten Zonenbereichen eingesetzten elektrischen und nicht-elektrischen Geräte sind im Sinne der ATEX-Richtlinie 2014/34/EU zu erstellen und in der Anlagendokumentation abzulegen.</p> <p>Bei Geräten, Komponenten und Schutzsystemen sind gemäß ATEX-Richtlinie 2014/34/EU die maximale Oberflächentemperatur vom Hersteller bei einer Zündgefahrenbewertung zu ermitteln und müssen sich in der ATEX-Kennzeichnung wiederfinden.</p> <p>Die Eignung gemäß GefStoffV § 11 Abs. 3 und Anhang 1 Nr. 1.8 für diese Geräte ist vorzulegen.</p>	
Werkzeuge (z. B. Schweiß- und Schleifgeräte, Schlagwerkzeugen)	s. Heiße Oberflächen (Nr. 5.2), Handeingriff.	
Elektrische Anlagen (Nr. 5.5)		
Elektrische Anlagen als einzelne oder zusammenschaltete Anlagen	<p>Für die elektrischen Anlagen sind die Bestimmungen der BetrSichV und GefStoffV zu erfüllen.</p> <p>Alle Konformitätserklärungen, Errichterklärungen und Nachweise für die in den genannten Zonenbereichen installierten elektrischen Anlagen müssen in der Anlagendokumentation enthalten sein.</p> <p>Kabel- und Leitungseinführungen müssen für die Zündschutzart der Geräte geeignet sein. TRGS 723 5.5.2.1 (4)</p>	Elektrische Schutzmaßnahmen TRGS 723 5.5.2.4 Freischalten TRGS 723 5.5.2.5.



Wirksame Zündquelle	Gefährdungsbeurteilung / Schutzmaßnahmen	Bemerkungen
	<p>Elektrische Anlagen und die montierten / installierten Geräte haben einen leichten Zugang für Prüfung und Instandhaltung TRGS 723 5.5.2.1 (5).</p> <p>Bei drehenden elektrischen Maschinen in senkrechter Anordnung sind Vorkehrungen getroffen, die das Hineinfallen von Fremdkörpern in die Lüftungsöffnungen verhindern (z.B. E-Motore) TRGS 723 5.5.2.2</p> <p>Alle leitfähigen Anlagenteile sind in den Potentialausgleich einbezogen und die Verbindungen sind gegen selbsttätiges Lockern zu sichern. (gefährliche Potentialverschiebungen oder –verschleppungen). TRGS 723 5.5.2.3.2</p> <p>Für jeden Stromkreis oder jede Stromkreisgruppe sind geeignete Einrichtungen zum Freischalten vorgesehen, die alle aktiven Leiter einschließlich Neutralleiter erfassen. TRGS 723 5.5.2.5</p> <p>Unbenutzte Aderleitungen sind am Ende entweder mit der Erde verbunden oder durch geeignete Abschlussmittel isoliert (Ausnahme eigensichere Stromkreise) TRGS 723 5.5.2.6.9</p>	



Wirksame Zündquelle	Gefährdungsbeurteilung / Schutzmaßnahmen	Bemerkungen
Elektrische Ausgleichsströme (Nr. 5.6)		
Elektrische Funken infolge von Potentialdifferenzen	<p>In den in Tabelle 1 genannten Zonenbereichen sind ausschließlich elektrisch leitende Verbindungen bei Anlagenteilen aus elektrisch leitfähigen Werkstoffen, z. B. Flansche von Rohrleitungen und Apparaten, einzusetzen. Bei der Ausführung des Potentialausgleichs sind die Schutzmaßnahmen nach Nr. 5.6 zu berücksichtigen.</p> <p>Die Erdung von elektrisch leitenden Anlagen/Anlagenteilen ist vorzunehmen und zu dokumentieren. Die zugehörigen Unterlagen sind in der Anlagendokumentation abzulegen</p>	Siehe auch wirksame Zündquelle „elektrische Anlagen“ (TRGS 723 Nr. 5.5)
Statische Elektrizität (Nr. 5.7)		
Statische Elektrizität	<p>In den in Tabelle 1 genannten Zonenbereichen sind ausschließlich leitfähige und ausschließlich leitfähige und ableitfähige Materialien einzusetzen. Die Begrenzung der Abmessungen von Oberflächen isolierender Gegenstände und Einrichtungen gem. TRGS 727 sind einzuhalten.</p>	
Blitzschlag (Nr. 5.8)		
Blitzschlag	<p>Blitzschutzanlagen für die in Tabelle 1 genannten Zonenbereichen mit der Einstufung Zone 2 sind nicht erforderlich. Der Potentialausgleich sowie Anschlüsse und Verbindungen mit Anlagenteilen aus Metall sind so ausgebildet, dass beim Blitzstromdurchgang keine Funken bzw. unzulässig hohe Erwärmungen entstehen.</p> <p>Die Zone 0 und Zone 1 sind durch die Zündquelle Blitzschlag nicht betroffen.</p> <p>TRGS 723 5.8.2 (1)</p>	



Wirksame Zündquelle	Gefährdungsbeurteilung / Schutzmaßnahmen	Bemerkungen
Elektromagnetische Felder (Nr. 5.9)		
Elektromagnetische Felder	Einrichtungen, die hochfrequente elektrische Energie (9 KHz - 300 GHz) erzeugen und benutzen, z. B. Mobiltelefone oder Hochfrequenzgeneratoren, sind in den in Tabelle 1 genannten Zonenbereichen nicht zulässig.	
Elektromagnetische Strahlung (Nr. 5.10)		
Elektromagnetische Strahlung	<p>Einrichtungen, z. B. Laserstrahlung, die im optischen Spektralbereich (Frequenzen 3×10^{11} Hz - 3×10^{15} Hz, bzw. Wellenlängen von $1.000 \mu\text{m}$ - $0,1 \mu\text{m}$) arbeiten, sind in den in Tabelle 1 genannten Zonenbereichen nicht zulässig.</p> <p>Elektrische Betriebsmittel zu Messzwecken, die elektromagnetische Strahlung erzeugen, entsprechen den Anforderungen gemäß Nr. 5.10.2 (vgl. auch ATEX-Richtlinie 2014/34/EU).</p>	
Ionisierende Strahlung (Nr. 5.11)		
Ionisierende Strahlung	<p>Ionisierende Strahlung, erzeugt durch z. B. UV-Strahler, Röntgenröhren oder Kernreaktoren, sind in den in Tabelle 1 genannten Zonenbereichen nicht zulässig.</p> <p>Elektrische Betriebsmittel zu Messzwecken, die ionisierende Strahlung erzeugen, haben den Anforderungen gemäß Nr. 5.11.2 (vgl. auch ATEX-Richtlinie 2014/34/EU) zu entsprechen.</p>	



Wirksame Zündquelle	Gefährdungsbeurteilung / Schutzmaßnahmen	Bemerkungen
Ultraschall (Nr. 5.12)		
Ultraschall	<p>Einrichtungen, die Ultraschall mit einer Frequenz von > 10 MHz oder einer Leistungsdichte von > 1 mW/mm² abstrahlen, sind in den in Tabelle 1 genannten Zonenbereichen nicht zulässig.</p> <p>Elektrische Betriebsmittel zu Messzwecken, die Ultraschall erzeugen, müssen den Anforderungen gemäß Nr. 5.12.2 (vgl. auch ATEX-Richtlinie 2014/34/EU) entsprechen.</p>	
Adiabatische Kompression, Stoßwellen, strömende Gase (Nr. 5.13)		
Adiabatische Kompression, Stoßwellen, strömende Gase	<p>Einrichtungen, in denen sich Stoßwellen bilden können, z. B. beim plötzlichen Entspannen von Hochdruckgasen in Rohrleitungen, sind in den in Tabelle 1 genannten Zonenbereichen nur an den Ausblaseleitungen und Ausbläsern vorhanden.</p> <p>Wasserstoff neigt aufgrund des sehr geringen Zündenergiebedarfs zur Selbstentzündung, auch bei augenscheinlich fehlender Zündquelle. Die gelegentliche Entzündung an Ausblaseöffnungen ist erwartbar. Diesbezüglich wird der Einbau von Flammensperren in die Abblaseleitung nicht empfohlen. Weder kann dadurch die Entzündung zuverlässig verhindert werden, noch gestattet dies eine ungehinderte Ausströmung.</p> <p>Zur Verringerung der Wahrscheinlichkeit einer Selbstentzündung sind Ausbläser und Ausblaseleitung in Edelstahl auszuführen</p> <p>Das Ausblasesystem ist explosionsdruckstoßfest auszuführen. Der bei Detonation auftretende Überdruck darf nicht zu einem Bersten des Leitungssystems führen. Der empfohlene Auslegungsdruck für das Ausblasesystem ist durch geeignete Berechnungsmethoden durch den Anlagenplaner zu ermitteln. Ein Auslegen auf mindestens 40 bar!</p>	



Wirksame Zündquelle	Gefährdungsbeurteilung / Schutzmaßnahmen	Bemerkungen
	wird empfohlen.	
Chemische Reaktionen (Nr. 5.14)		
Chemische Reaktionen	Starke exotherme Reaktionen, die durch Selbsterhitzung Zündquellen werden können, können in den in Tabelle 1 genannten Zonenbereichen ausgeschlossen werden.	

Tabelle 3 TRGS 724 (Konstruktiver Explosionsschutz)

Gefährdungsbeurteilung / Schutzmaßnahmen nach TRGS 724 (Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes)

Schutzmaßnahme	Gefährdungsbeurteilung / Schutzmaßnahmen	Bemerkungen
Explosionsfeste Bauweise (Nr. 4)	Weitere Schutzmaßnahmen nach Nr. 4 sind nicht erforderlich, da die bereits getroffenen Schutzmaßnahmen nach TRGS 722 (Tabelle 1) und TRGS 723 (Tabelle 2) ausreichend sind.	
Explosionsdruckentlastung (Nr. 5)	<p>Im Normalbetrieb kann im Kurbelgehäuse (KGH) und KGH-Entlüftungssystem bei wasserstoffreichen Brennstoffen eine g.e.A. ständig, langfristig oder häufig im Inneren auftreten. Da betriebsmäßige Zündquellen oder deren Wirksamkeit nicht hinreichend vermieden werden können, ist das Kurbelgehäuse von Wasserstoffmotoren (in Anlehnung an die IACS Richtlinie UR M9) zur Begrenzung von Explosionen mit geeigneten Explosionsdruckentlastungseinrichtungen ausgestattet.</p> <p>Im Bereich vom Übertritt des Entlüftungssystems in den Ansaugtrakt ist verfahrensbedingt keine g,e,A, zu erwarten. Das im Ansaugtrakt rückgeführte Blow-By-Gas wird mit der zugeführten Verbrennungsluft sicher unter die UEG verdünnt.</p> <p>Weitere Schutzmaßnahmen nach Nr. 5 sind nicht erforderlich, da die bereits getroffenen Schutzmaßnahmen nach TRGS 722 (Tabelle 1) und TRGS 723 (Tabelle 2) ausreichend sind.</p>	
Explosionsunterdrückung (Nr. 6)	Weitere Schutzmaßnahmen nach Nr. 6 sind nicht erforderlich, da die bereits getroffenen Schutzmaßnahmen nach TRGS 722 (Tabelle 1) und TRGS 723 (Tabelle 2) ausreichend sind.	

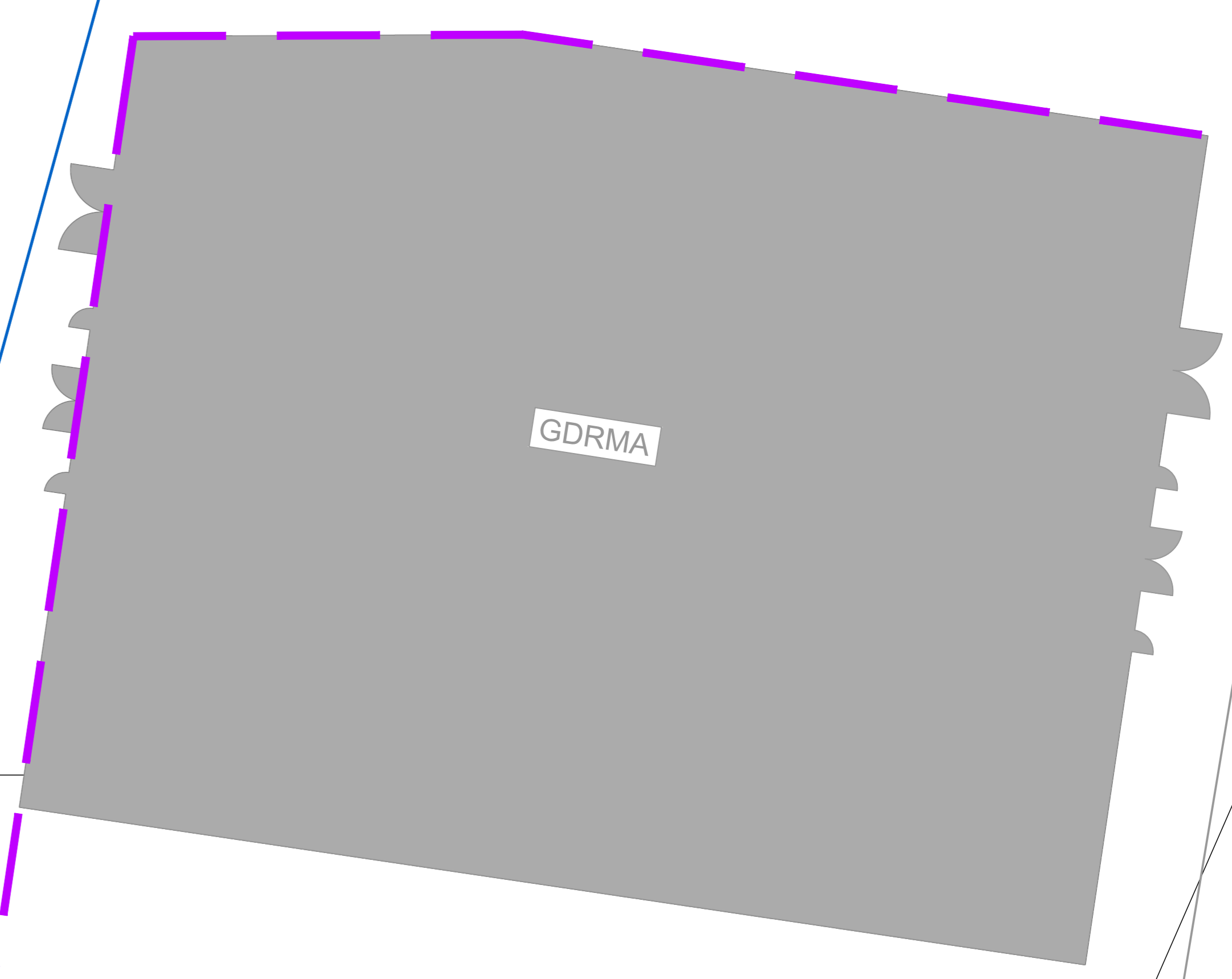
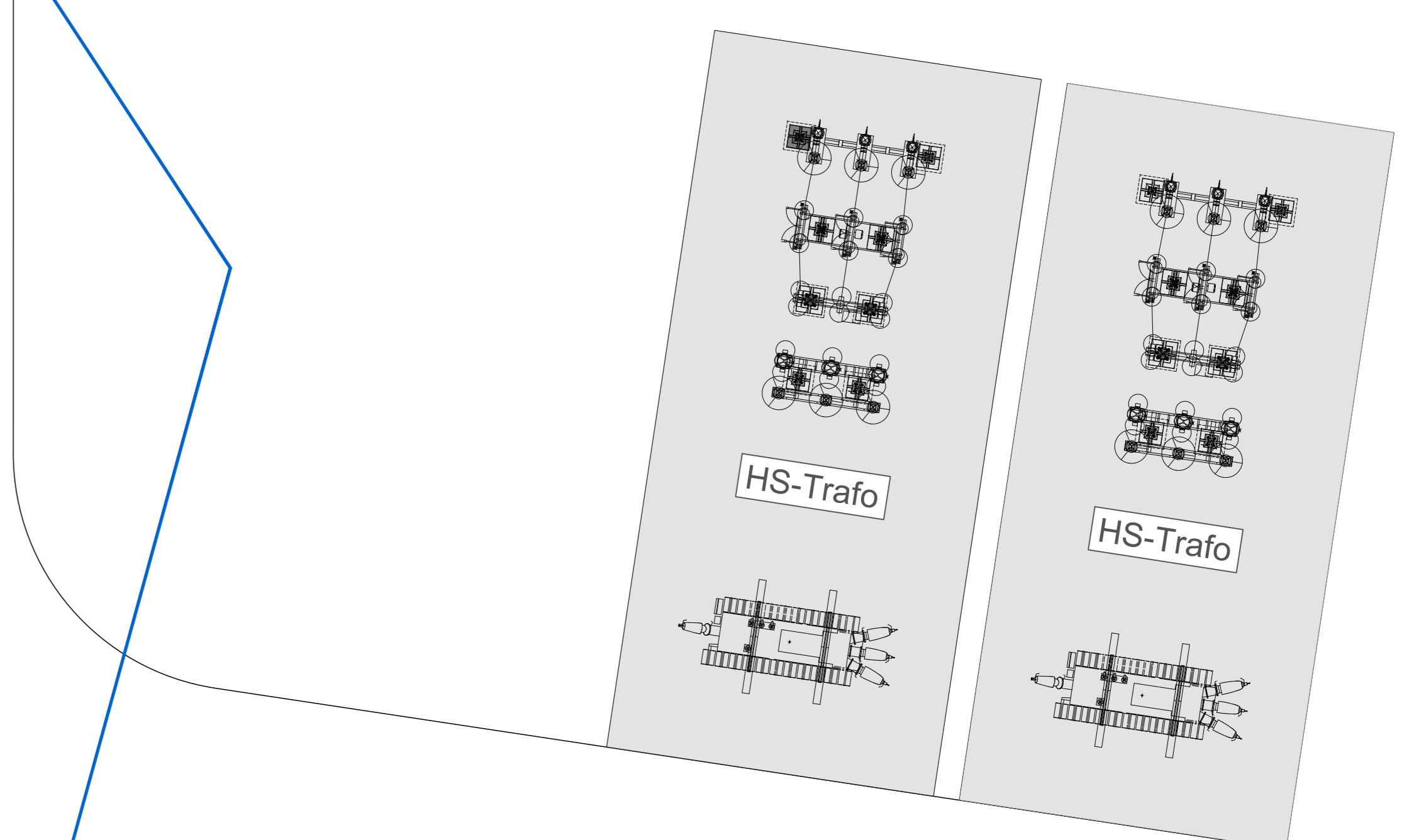
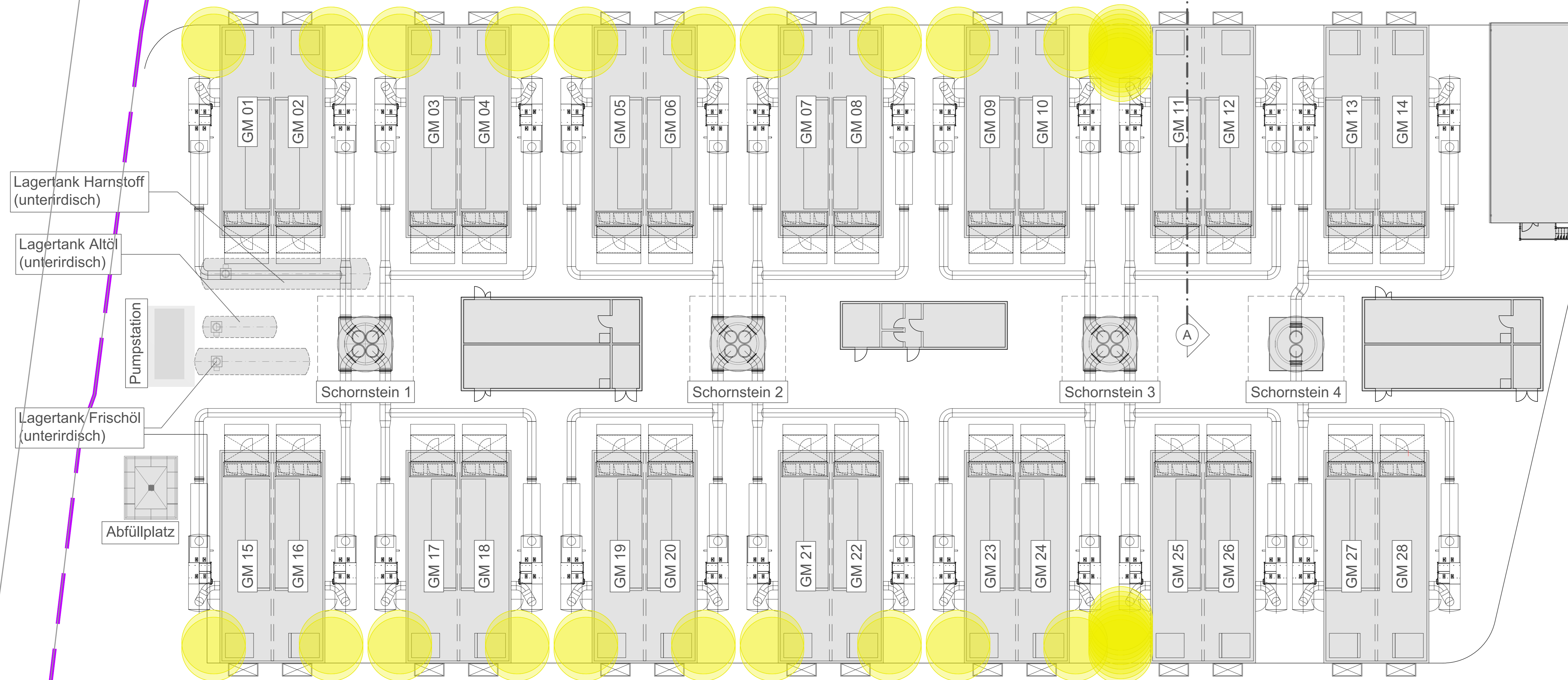
Schutzmaßnahme	Gefährdungsbeurteilung / Schutzmaßnahmen	Bemerkungen
Explosionstechnische Entkopplung bei Gasen, Dämpfen und Nebeln (Nr. 7)	Schutzmaßnahmen nach Nr. 7 sind nicht erforderlich, da die Leitungen zum Abblasen über Ausbläser jeweils einzeln angeschlossen und verlegt sind. Die bereits getroffenen Schutzmaßnahmen nach TRGS 722 (Tabelle 1) und TRGS 723 (Tabelle 2) sind ausreichend	



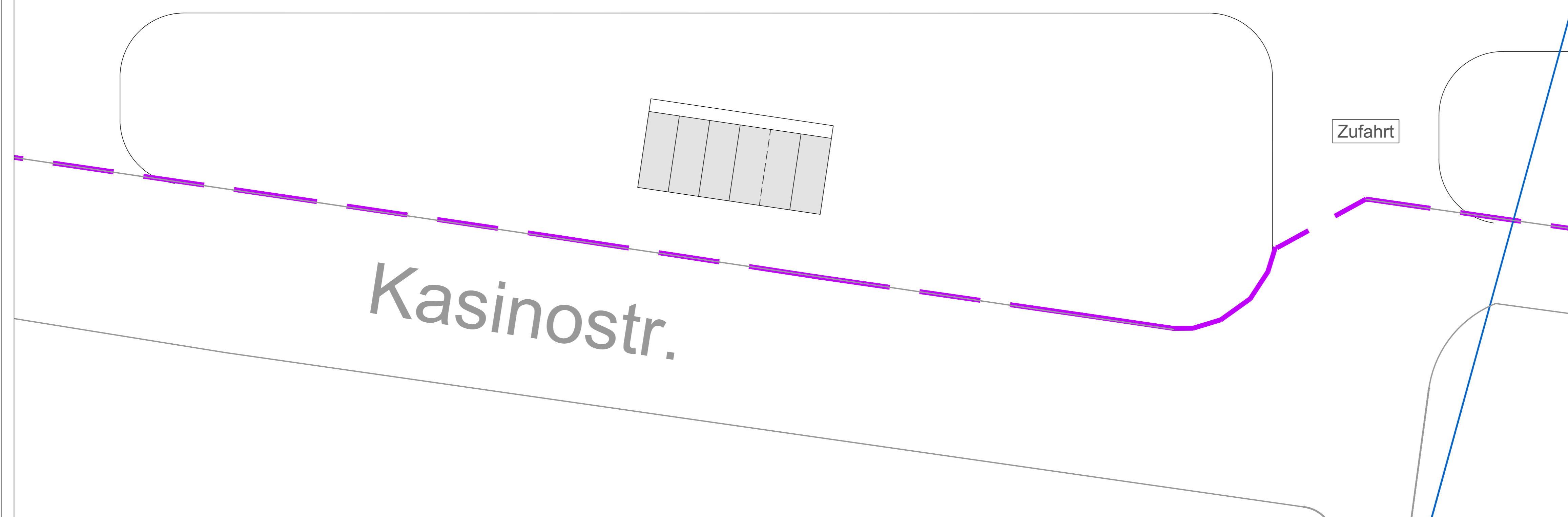
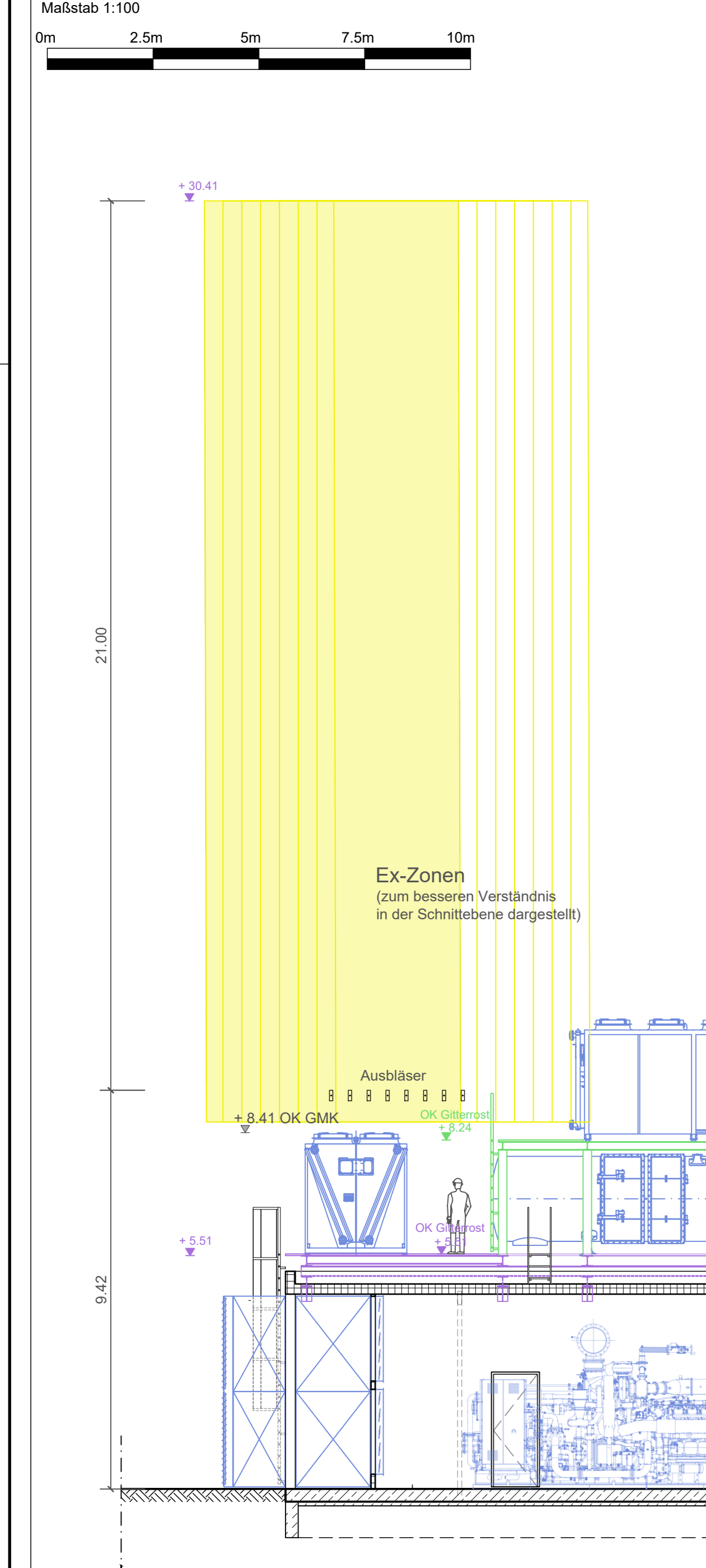
Anhang 2 Unterlagen

- 1) Lageplan H2-Ready Gasmotorenanlage Knapsacker Hügel
Genehmigungsplanung, Ex-Zonen-Plan (Grundriss)
Plannr.: 4-LPUB-002
Stand: 24.10.2025
- 2) R&I Erdgassystem, Vorabzug mit Eintrag Exzone 2, Stand: 12.08.2025
- 3) Projekt 06_Knapsack_DVGW-G-442_Berechnung-ExZone-15m_rev00,
Stand 01.07.2025
- 4) Projekt J6_Knapsack_DVGW-G-442_Berechnung-ExZone-40m_rev00,
Stand 01.07.2025

Engelbertstr.

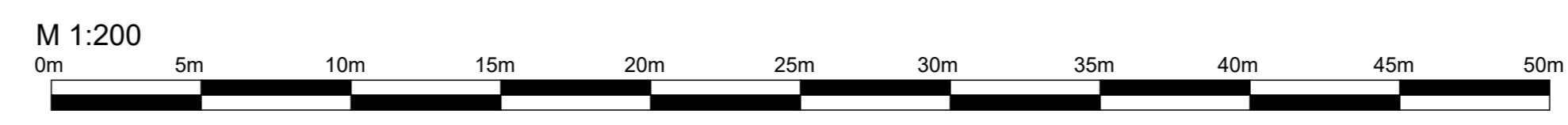


SCHEMATISCHE SEITEANSICHT SCHNITT A-A
Maßstab 1:100

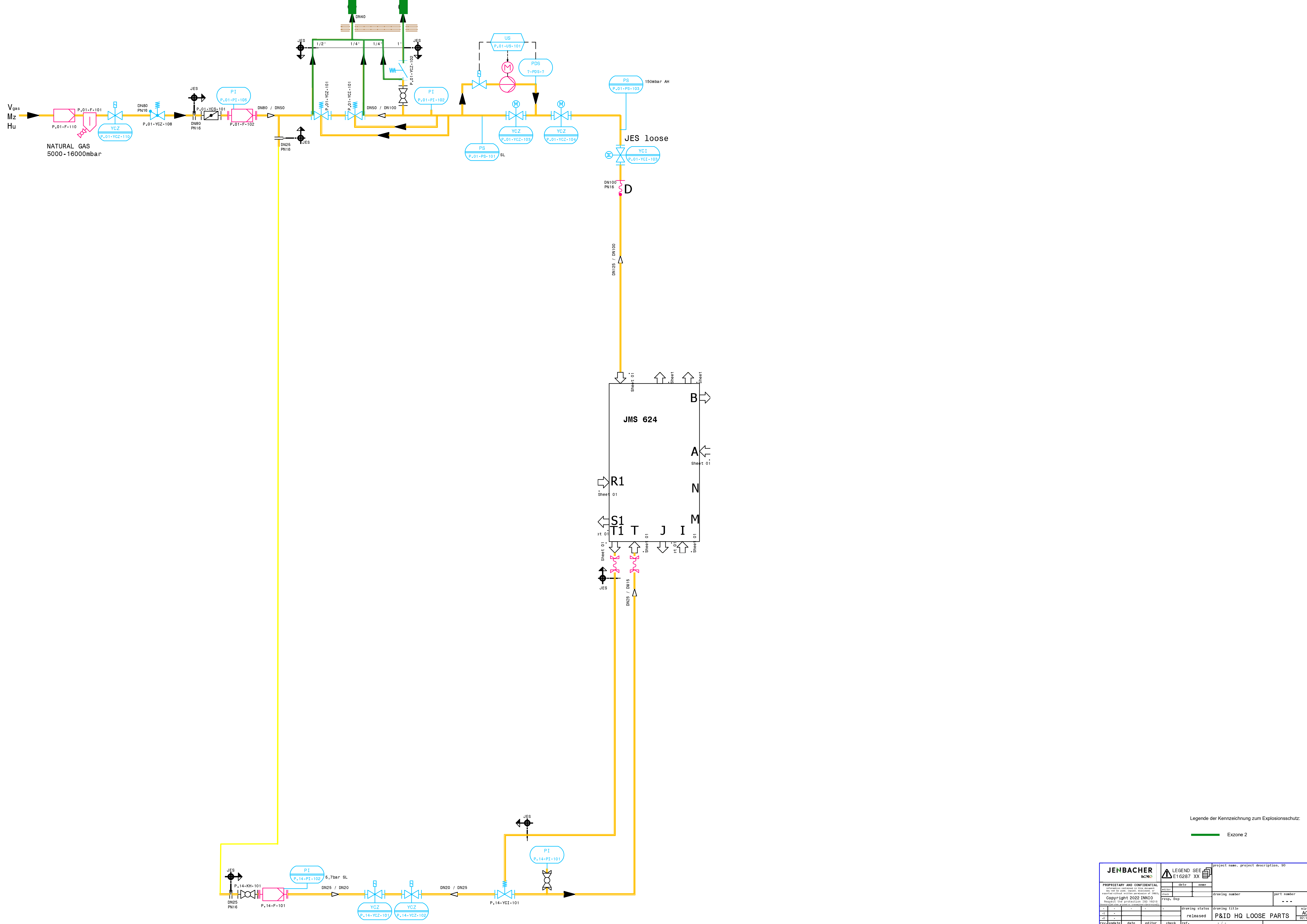


- LEGENDE**
- Vorhabensfläche
 - Planung Gasmotorenanlage
 - Gasmotor
 - Westnetz 110kV Freileitung

- EXPLOSIONSZONEN**
- Zone 0** Umfasst Bereiche, in denen eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln ständig, langfristig oder häufig vorhanden ist.
 - Zone 1** Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln bilden kann.
 - Zone 2** Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.



H2-Ready Gasmotorenanlage Knapsacker Hügel Genehmigungsplanung			
Ex-Zonen-Plan Plannr.: 03560-05-13-TMI-0300-ACB010-0027			
Plannr.: 4-LPUB-002	Maßstab: 1:200 / 1:100	Format: A0	
		gez.: Real Datum: 24.10.2025 geprüft: Datum:	RWE Generation SE • RWE Platz 3 • 45141 Essen



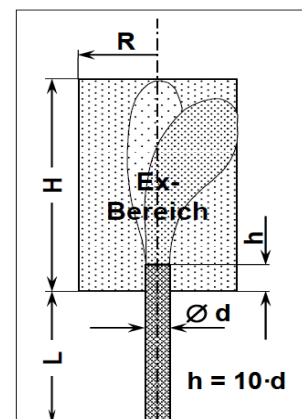
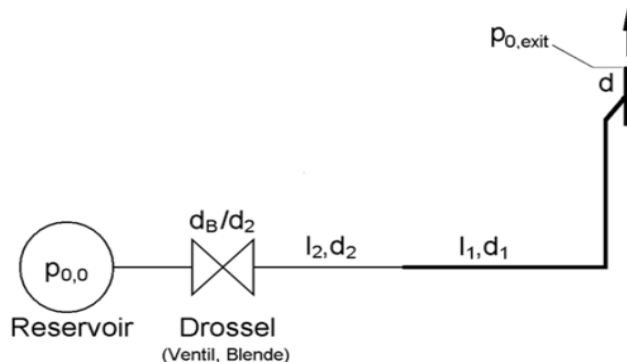
Legende der Kennzeichnung zum Explosionsschutz:
— Exzone 2

JENBACHER INCM		LEGEND SEE E16287 XX		project name, project description, SO	
PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL	date	name	drawing number	part number	size
Copyright 2022 INCM	date	name	drawing status	released	AD
Responsible	date	editor	check	ref.	100
21	22	23			

Zonen-Berechnung nach DVGW Merkblatt G 442

Projektdaten		
Kunde	RWE Knapsack	
Anlage	Knapsacker Hügel	
Standort		
Aggregartyp	J6 ???	
Zusatzinformationen	?? / ??	
Freisetzungskarakteristik		
Medium (Festlegung in Kraftstoff)		
Betriebsdruck max. im Rail nach dem Druckregler (absolut)	P0,0	CH4(100%) 15 bar(a)
Betriebstemperatur (für Berechnung nach DVGW G442 nicht relevant)	T	-20 bis +60 ° C
Untere Explosionsschutzgrenze	LFL	4,400 % vol.
Zündtemperatur	AIT	595 ° C
Gasdichte (für Berechnung nach DVGW G442 nicht relevant)	ρg	0,718 kg/m³
Spezifische Wärmekapazität (für Berechnung nach DVGW G442 nicht relevant)	cp	2,207 kJ/kg K
Luftdruck	pATM	1,01325
Charakteristik des Ausblasens über		
Abblaseleitung		
15m		
Durchmesser Sicherheitsventil (Blende/Drossel)	d _b	25 mm
Nominaler Durchmesser	d ₂	25 mm
Länge	l ₂	5 m
Nominal Durchmesser (DN1)	d ₁	32 mm
Länge	l ₁	60 m
Nominaler Durchmesser Ventil Auslass (DN)	d	50 mm
Höhe der Dachkante vom Boden aus gemessen	L	60 m
Ausbläser typ		A
Explosionsschutzzone Abblaseleitung		
Zonendefinition		Zone 2
Gerätegruppe und Temperaturklasse		IIA T1
Kennung Ausbläser typ nach Tabelle A.1	keine Blende	
	Ausbläser Typ A	A1
		4
	d1/d2	1,28
	l2/d2	200
	l1/d1	1875
	p0,max	10,100
	m	0,0984
	K	G
	P	13,804
	X	1,358
	Y	0,920
	P0,exit (absolut)	1,46
P = (P0,0 - pATM)/pATM		
X = P * m		
nach Bild A.2 bzw. A.2a		
p0,exit = P0,0 / (1 + Y * p0,max)		
Bewertung nach Bild A.4, A.4a, bzw. A.4b		
Horizontale Zone Distanz (Radius)	R	3,0 m
Vertikale Zone Distanz (Höhe)	H	21 m
Abwärtsstreuung (Höhe)	h	0,5 m
untere Begrenzung des Ex-Bereiches über Grund (vom Boden gemessen)	L	60 m
Höhe über Dachoberkante	H _D	0,75 m

[Tabelle A.2](#)



Zonen-Berechnung nach DVGW Merkblatt G 442

Projektdaten	
Kunde	RWE Knapsack
Anlage	Knapsacker Hügel
Standort	
Aggregartyp	J6 ???
Zusatzinformationen	?? / ??

Freisetzungskarakteristik	
<u>Medium (Festlegung in Kraftstoff)</u>	
Betriebsdruck max. im Rail nach dem Druckregler (absolut)	P0,0 CH4(100%)
Betriebstemperatur (für Berechnung nach DVGW G442 nicht relevant)	T 15 bar(a)
Untere Explosionsschutzgrenze	LFL -20 bis +60 ° C
Zündtemperatur	AIT 4,400 % vol.
Gasdichte (für Berechnung nach DVGW G442 nicht relevant)	ρg 595 ° C
Spezifische Wärmekapazität (für Berechnung nach DVGW G442 nicht relevant)	cp 0,718 kg/m³
Luftdruck	pATM 2,207 kJ/kg K
	1,01325

Charakteristik des Ausblasens über		Abblaseleitung	
		40m	
Durchmesser Sicherheitsventil (Blende/Drossel)	d _b		25 mm
Nominaler Durchmesser	d ₂		25 mm
Länge	l ₂		30 m
Nominal Durchmesser (DN1)	d ₁		32 mm
Länge	l ₁		60 m
Nominaler Durchmesser Ventil Auslass (DN)	d		50 mm
Höhe der Dachkannte vom Boden aus gemessen	L		60 m
Ausbläser typ			A

Explosionsschutzzone Abblaseleitung	
Zonendefinition	Zone 2
Gerätegruppe und Temperaturklasse	IIA T1
<u>Kennung Ausbläser typ nach Tabelle A.1</u>	keine Blende
	Ausbläser Typ A
	A1
	4
	d1/d2 1,28
	l2/d2 1200
	l1/d1 1875
	p0,max 23,770
	m 0,0420
	K G
	P 13,804
	X 0,580
	Y 0,520
	P0,exit (absolut) 1,12

$P = (P_{0,0} - p_{ATM}) / p_{ATM}$

$X = P * m$

nach Bild A.2 bzw. A.2a

$p_{0,exit} = P_{0,0} / (1 + Y * p_{0,max})$

Bewertung nach Bild A.4, A.4a, bzw. A.4b

Horizontale Zone Distanz (Radius)

Vertikale Zone Distanz (Höhe)

Abwärtsstreuung (Höhe)

untere Begrenzung des Ex-Bereiches über Grund (vom Boden gemessen)

Höhe über Dachoberkante

R	3,1 m
H	18 m
h	0,5 m
L	60 m
H _D	0,75 m

