

Gutachtliche Stellungnahme

zur Ermittlung und Bewertung des angemessenen Sicherheitsabstan- des nach KAS-18 für die DRI-An- lage am Standort der Aktiengesell- schaft der Dillinger Hüttenwerke in Dillingen

Auftragsnummer: 23-AB-0421

Dieses Gutachten darf ohne schriftliche Genehmigung der proTerra Umweltschutz- und Managementberatung GmbH Umweltgutachter auch auszugsweise nicht vervielfältigt oder veröffentlicht werden. Kopien für behörden- und/oder betriebsinterne Zwecke sowie Kopien, die zur Durchführung des Genehmigungsverfahrens erforderlich sind, bedürfen keiner Genehmigung.

Die in diesem Gutachten enthaltenen gutachtlichen Aussagen sind grundsätzlich nicht auf andere Anlagen bzw. Anlagenstandorte übertragbar. Dieses Gutachten wurde nach den allgemein geltenden Kriterien für Sachverständigengutachten nach bestem Wissen und Gewissen erstellt. Der Sachverständige haftet jedoch ausschließlich gegenüber dem Auftraggeber und im Rahmen des vom Auftraggeber genannten Zwecks.

Auftraggeber:

Aktiengesellschaft der Dillinger Hüttenwerke
Werkstraße 1
66763 Dillingen

Standort:

Werksgelände der Dillinger Hütte
Werkstraße 1
66763 Dillingen

Bearbeiter:

Dipl.-Ing. (FH) Manfred Mateiko
Bekannt gegebener Sachverständiger
nach § 29b BImSchG (Sicherheitstechnische Prüfungen)

Dipl.-Chem. David Hafner

Sulzbach, den 08. April 2024

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Aufgabenstellung	4
2	Beurteilungsgrundlage und Vorgehensweise	4
3	Beschreibung der Umgebung des Betriebsbereiches	7
4	Beschreibung des Betriebsbereiches	9
5	Einstufung nach Störfall-Verordnung	9
6	Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes	10
6.1	Ausbreitungsbetrachtung von Erdgas und Wasserstoff	10
6.2	Ausbreitungsbetrachtung Freistrahlf Flamme	11
6.3	Ausbreitungsbetrachtung Gaswolkenexplosion	11
6.3.1	Ausbreitungsbetrachtung Explosion – Methan	12
6.3.2	Ausbreitungsbetrachtung Explosion – Wasserstoff	12
6.4	Ausbreitungsbetrachtung – Reduktionsgas	12
6.5	Vorschlag zur Festlegung eines angemessenen Sicherheitsabstandes	14
6.6	Beurteilung hinsichtlich der nächstgelegenen Schutzobjekte	15
7	Beurteilung hinsichtlich des Domino-Effekts	15
8	Zusammenfassung	16
9	Rechtsvorschriften, Literatur	18

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die GreenSteel DRI Dillingen GmbH beabsichtigt im Zuge des Transformationsprozesses der Stahlindustrie im östlichen Bereich des Werksgeländes der Aktiengesellschaft der Dillinger Hüttenwerke in Dillingen die Errichtung und den Betrieb einer Direktreduktionsanlage (DRI-Anlage) einschließlich der zugehörigen Nebenanlagen.

Bei dem Investitionsvorhaben handelt es sich um eine schrittweise Konvertierung der bestehenden Hochofen-Konverterroute am Standort Dillingen zu einer alternativen Produktionsroute mittels DRI-Produktion und Schrott- sowie DRI-Einsatz in einem EAF der GreenSteel EAF Dillingen GmbH, um gesamtheitlich den CO₂-Fußabdruck der Stahlherstellung signifikant zu minimieren.

Die am Standort bestehende Hochofen-Route, die derzeit von der Roheisengesellschaft Saar mbH – ROGESA (Hochöfen) und der AG der Dillinger Hüttenwerke (Konverter) betrieben wird, soll nach Abschluss der Transformationsphase außer Betrieb genommen werden. Weitere Behandlungs- und Produktionsschritte werden in der bestehenden Sekundärmetallurgie und den Stranggießanlagen des Stahlwerks der AG der Dillinger Hüttenwerke durchgeführt.

Im Zuge des erforderlichen immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahrens für die DRI-Anlage soll eine Prüfung, ob der Betriebsbereich zukünftig in den Anwendungsbereich der Störfall-Verordnung [2] fällt, erfolgen und gegebenenfalls für den Betriebsbereich ein angemessener Sicherheitsabstand ermittelt und durch einen gemäß § 29b BImSchG bekannt gegeben Sachverständigen vorgeschlagen und bewertet werden.

Die proTerra Umweltschutz- und Managementberatung GmbH Umweltgutachter wurde von der Aktiengesellschaft der Dillinger Hüttenwerke mit der Erstellung eines entsprechenden Gutachtens beauftragt. Die Bekanntgabe des ausführenden Sachverständigen, Manfred Mateiko, beinhaltet sowohl das Fachgebiet 13 als auch die relevante vorliegende Anlagenart Nr. 3 nach Anhang 1 zur 4. BImSchV [1].

2 Beurteilungsgrundlage und Vorgehensweise

Zur Begrenzung von Unfallfolgen für Mensch und Umwelt aufgrund schwerer Unfälle mit gefährlichen Stoffen fordert Artikel 13 der Richtlinie 2012/18/EU (Seveso III-Richtlinie) [3] sowie § 50 BImSchG [4], angemessene Abstände zwischen Betriebsbereichen und schutzbedürftigen Gebieten mit den Mitteln der Raum- und Flächenplanung langfristig sicherzustellen.

Um den für die Bauleitplanung und Genehmigungsverfahren zuständigen Behörden eine Grundlage zur Beurteilung von zukünftigen Planungen und Genehmigungen zu geben, ist die Bestimmung sogenannter „angemessener Sicherheitsabstände“ erforderlich.

In § 3 Abs. 5c) BImSchG ist der angemessene Sicherheitsabstand wie folgt definiert:

Der angemessene Sicherheitsabstand im Sinne dieses Gesetzes ist der Abstand zwischen einem Betriebsbereich oder einer Anlage, die Betriebsbereich oder Bestandteil eines Betriebsbereichs ist, und einem benachbarten Schutzobjekt, der zur gebotenen Begrenzung der Auswirkungen auf das benachbarte Schutzobjekt, welche durch schwere Unfälle im Sinne des Artikels 3 Nummer 13 der Richtlinie 2012/18/EU

hervorgerufen werden können, beiträgt. Der angemessene Sicherheitsabstand ist anhand störfallspezifischer Faktoren zu ermitteln.

Und weiter heißt es in § 3 Abs. 5d) BImSchG zu der Definition von Schutzobjekten:

Benachbarte Schutzobjekte im Sinne dieses Gesetzes sind ausschließlich oder überwiegend dem Wohnen dienende Gebiete, öffentlich genutzte Gebäude und Gebiete, Freizeitgebiete, wichtige Verkehrswege und unter dem Gesichtspunkt des Naturschutzes besonders wertvolle oder besonders empfindliche Gebiete.

Die Länderarbeitsgemeinschaft Immissionsschutz hat hierzu Hinweise und Definitionen veröffentlicht [7], die nachfolgend hinsichtlich der Schutzobjekte wiedergegeben werden.

2) Definition der Schutzobjekte nach § 3 Abs. 5d BImSchG

2 a) Definition der ausschließlich oder überwiegend dem Wohnen dienende Gebiete nach § 3 Abs. 5d BImSchG

Ausschließlich oder überwiegend dem Wohnen dienende Gebiete im Sinne des § 3 Absatz 5d BImSchG sind Gebiete, in denen die Größe der dem Wohnen dienenden Nutzungseinheiten insgesamt mehr als 5 000 m² Bruttogrundfläche beträgt, soweit Landesbaurecht nichts anderes bestimmt. Einzelne Wohngebäude werden in der Regel nur dann erfasst, wenn sie einem Wohngebiet vergleichbare Dimensionen aufweisen [4]

2 b) Definition der öffentlich genutzten Gebäude und Gebiete nach § 3 Abs. 5d BImSchG

Öffentlich genutzte Gebäude und Gebiete im Sinne des § 3 Absatz 5d BImSchG sind bauliche Anlagen, die öffentlich zugänglich sind und die für die gleichzeitige Nutzung durch mehr als 100 Besucher bestimmt sind soweit Landesbaurecht nichts anderes bestimmt. Hierzu können Gebäude oder Anlagen zum nicht nur dauerhaften Aufenthalt von Menschen oder sensible Einrichtungen, wie:

- Anlagen für soziale, kirchliche, kulturelle, sportliche und gesundheitliche Zwecke, wie z. B. Schulen, Kindergarten, Altenheime, Krankenhäuser,*
- Öffentlich genutzte Gebäude und Anlagen mit Publikumsverkehr, z. B. Einkaufszentren, Verbrauchermärkte, Schnellrestaurants, Parkanlagen, Flughafenterminals, Bahnhöfe oder Busbahnhöfe gehören.*

Hierzu gehören auch Verwaltungsgebäude, wenn diese nicht nur gelegentlich Besucher (z. B. Geschäftspartner) empfangen. Soweit Besucher der Obhut der zu besuchenden Person in der Weise zuzuordnen sind, dass sie von dieser Person im Alarmierungsfall hinsichtlich ihres richtigen Verhaltens angehalten werden können, handelt es sich nicht um ein öffentliches Gebäude.

2 c) Definition Freizeitgebiete nach § 3 Abs. 5d BImSchG

Freizeitgebiete sind Gebiete, die der Erholung dienen. In Art. 13 Abs. 2 der Seveso-III-Richtlinie wird der Begriff Erholungsgebiete benutzt.

Freizeitgebiete im Sinne des § 3 Absatz 5d BImSchG sind Gebiete, die dazu bestimmt sind, von einer unbestimmten Anzahl von Personen zur Gestaltung ihrer Freizeit genutzt zu werden und in denen sich regelmäßig mehr als 100 Personen gleichzeitig aufhalten. Dazu können unter anderem Flächen für Volksfeste, Jahrmärkte oder Musikkonzerte sowie

- *Gelände für Freilichtveranstaltungen,*
- *Sportplätze,*
- *Autokinos,*
- *Freizeitparks,*
- *Vergnügungsparks,*
- *Abenteuer-Spielplätze (Robinson-Spielplätze, Aktiv-Spielplätze),*
- *Kinderspielplätze*
- *Sonderflächen für Freizeitaktivitäten, z.B. Grillplätze,*
- *Campingplätze*
- *Kleingartengebiete*
- *Badeplätze,*
- *Sommerrodelbahn*

(Aufzählung in Anlehnung an Ziffer 1 der Freizeitlärm-Richtlinie der LAI vom 06.03.2015) zählen.

2 d) Definition „wichtige Verkehrswege“ nach § 3 Abs. 5d BImSchG

Der Vorschlag der Kommission (FAQ zu Dir. 2012/18/EC-Seveso-III vom 1.3.2016, No. 5, Ref. 034), an dem die Mitgliedstaaten inklusive Deutschland mitgearbeitet haben, kann herangezogen werden. Der Kommissionsvorschlag lautet:

„Die praktische Bewertung eines Verkehrsweges als „wichtiger Verkehrsweg“ ist immer von den individuellen Gegebenheiten abhängig, da die Verteilung der Verkehrsdichte stark schwanken kann. Verkehrsdichten unterhalb der folgenden Werte sollten nicht als „wichtige Verkehrswege“ betrachtet werden.

- *Straßen mit weniger als 10.000 PKW in 24 Stunden,*
- *Schienenwege mit weniger als 50 Personenzügen in 24 Stunden*

Verkehrswege mit Verkehrsdichten oberhalb der folgenden Werte sollten jedenfalls als „wichtige Verkehrswege“ betrachtet werden:

- *Autobahnen (zulässige Höchstgeschwindigkeit > 100 km/h) mit mehr als 200.000 PKW in 24 Stunden oder mehr als 7.000 PKW in der verkehrsreichsten Stunde,*
- *Andere Straßen (zulässige Höchstgeschwindigkeit < 100 km/h) mit mehr als 100.000 PKW in 24 Stunden oder mehr als 4.000 PKW in der verkehrsreichsten Stunde,*
- *Schienenwege mit mehr als 250 Personenzügen in 24 Stunden oder mehr als 60 Personenzügen in der verkehrsreichsten Stunde (beide Fahrtrichtungen).*

Flughäfen sollten jeweils gesondert bewertet werden.“

Terminals von Flughäfen oder Kreuzfahrtschiffen, Schiffshäfen und Bahnhöfe gelten nicht als wichtige Verkehrswege, sondern ggf. als öffentlich genutzte Gebäude.

Bei der in vielen Fällen erforderlichen Einzelfallbetrachtung ist das Schutzgut Mensch und nicht die allgemeine oder wirtschaftliche Bedeutung des Verkehrswegs maßgeblich.

2 e) Unter dem Gesichtspunkt des Naturschutzes besonders wertvolle bzw. besonders empfindliche Gebiete im Sinne des § 3 Abs. 5d BImSchG

Unter dem Gesichtspunkt des Naturschutzes besonders wertvolle bzw. besonders empfindliche Gebiete im Sinne von § 3 Abs. 5d BImSchG sind folgende Gebiete, sofern sie zu Betriebsbereichen benachbart sind, sich demnach außerhalb des Betriebsbereichs befinden:

1. Natura 2000-Gebiete gemäß §§ 31, 32 BNatSchG,
2. Naturschutzgebiete gemäß § 23 BNatSchG,
3. Nationalparke, nationale Naturmonumente gemäß § 24 BNatSchG,
4. Kern- und Pflegezonen von Biosphärenreservaten gemäß § 25 BNatSchG,
5. gesetzlich geschützte Biotope gemäß § 30 BNatSchG, sofern sie Gebietscharakter besitzen.

Nicht zu den unter dem Gesichtspunkt des Naturschutzes besonders wertvollen bzw. besonders empfindlichen Gebieten im Sinne des § 3 Abs. 5d BImSchG gehören folgende Schutzgebiete des BNatSchG:

6. Naturschutzdenkmäler gemäß § 28 BNatSchG,
7. Landschaftsschutzgebiete gemäß § 26 BNatSchG,
8. Naturparke gemäß § 27 BNatSchG,
9. Geschützte Landschaftsbestandteile gemäß § 29 BNatSchG,
10. Gebiete, die gemäß Landesbiotopkataster als naturschutzwürdig eingestuft sind, sofern sie nicht zu 5. zählen,
11. Schutzgebiete, die aufgrund regionaler oder internationaler Abkommen und Programme ausgewiesen wurden.

Die Kommission für Anlagensicherheit – KAS hat einen Leitfaden (KAS-18) [5] erstellt, der die notwendigen Randbedingungen zur Ermittlung solcher angemessener Abstände festlegt. Die vorliegende Stellungnahme ist in Anlehnung an diesen Leitfaden KAS-18 und an den Leitfaden des LAI vom Juni 2018 [6] aufgebaut.

Der Auftraggeber hat folgende Unterlagen zur Bearbeitung zur Verfügung gestellt:

- Vorhabenbeschreibung
- Lagepläne
- Auflistung verwendeter Stoffgruppen/Stoffe inklusive Mengen

3 Beschreibung der Umgebung des Betriebsbereiches

Die Errichtung und der Betrieb der DRI-Anlagen (lila) einschließlich des CDRI-Lagers (braun), der Erdgasübergabestation (grün) sowie der Wasserstoffzuleitung (blau) sind für den östlichen Bereich des Betriebsgeländes der Aktiengesellschaft der Dillinger Hüttenwerke am Standort Dillingen geplant (vgl. Abbildung 1, weiß umrandet). Der gesamte Aufstellungsbereich reicht im Norden bis an das Primsufer heran bzw. bis auf das gegenüberliegende Ufer, auf dem sich die Betriebsgelände eines Zementherstellers, einer

Sand- und Kiesgrube sowie einer chemischen und mechanischen Granulatverarbeitung (vgl. Abbildung 1 „Betriebsgelände 1“) befinden. Dahinter verläuft die L143 gefolgt vom Wohngebiet des Stadtteils Diefflen. Im Osten grenzt das Betriebsgelände an eine Waldfläche, in der ein Weiher des ansässigen Angelsportvereins gelegen ist. Südlich und südöstlich befindet sich die Halde der Dillinger Hütte sowie das Betriebsgelände eines Bauunternehmens (Abbildung 1: „Betriebsgelände 2“), eine VSE- Umspannstation und die Bundesstraße B269. Weiter südlich folgen gewerblich genutzte Flächen einschließlich dem Betriebsgelände der Ford-Werke GmbH.

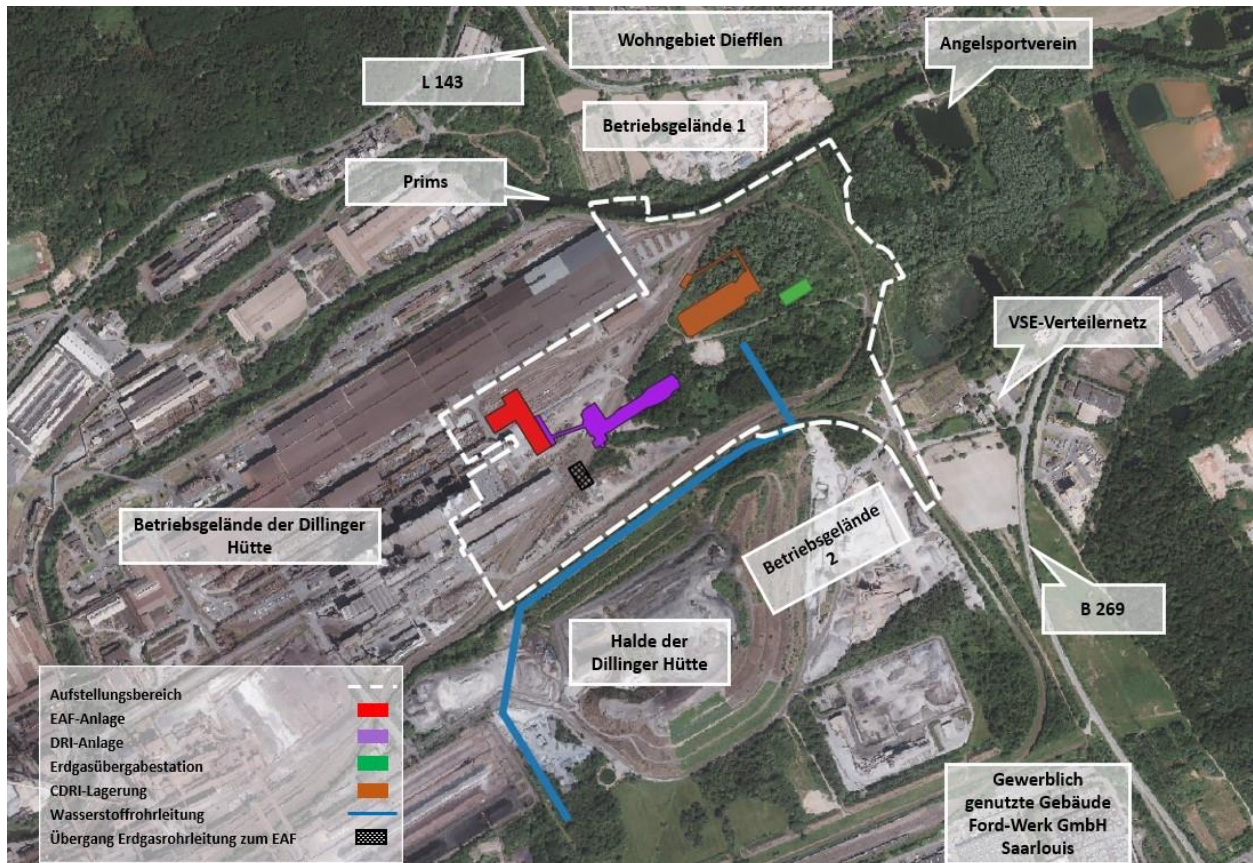


Abbildung 1: Lage der Betriebserweiterung (weiße Linie) inklusive der DRI-Anlage (lila), der zugehörigen Nebenanlagen einschließlich der Wasserstoffzuleitung sowie des in unmittelbarer Nachbarschaft befindlichen geplanten EAF auf dem Gelände der Aktiengesellschaft der Dillinger Hüttenwerke (Hintergrund: www.geoportalsaarland.de, modifiziert)

In Abbildung 1 sind neben der vorgesehenen DRI-Anlage (lila) und der zugehörigen Nebenanlagen (CDRI-Lager (braun), Erdgasübergabestation (grün) und Wasserstoffzuleitung (blau)) auch der in unmittelbarer Nähe von der GreenSteel EAF Dillingen GmbH geplante EAF (rot) dargestellt. Der Übergang der projektierten Erdgasleitung von der DRI-Anlage zum EAF ist in schwarz-schraffiert abgebildet. Eine detaillierte Aufstellung der einzelnen Gewerke ist der Abbildung 2 zu entnehmen.

4 Beschreibung des Betriebsbereiches

Im Zuge des Transformationsprozesses der Stahlindustrie plant die GreenSteel DRI Dillingen GmbH auf dem Betriebsgelände der AG der Dillinger Hüttenwerke in Dillingen die Errichtung und den Betrieb einer DRI-Anlage. Hinsichtlich der detaillierten Beschreibung der geplanten Anlage wird auf die ausführliche Anlagen- und Betriebsbeschreibung im immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsantrag verwiesen.

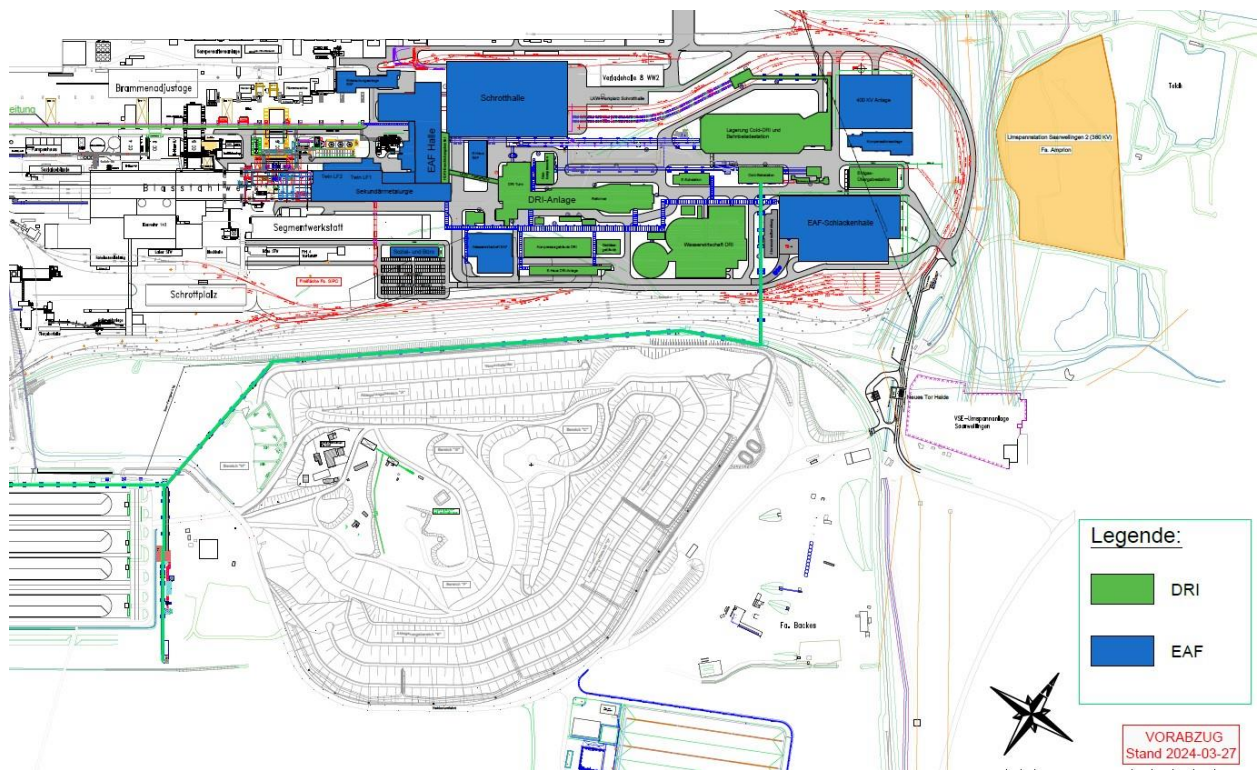


Abbildung 2: Ausschnitt aus dem vereinfachten Gesamt-Layout (Quelle: Dillinger Hütte)

5 Einstufung nach Störfall-Verordnung

Nach Vorlage der Unterlagen der gehandhabten Stoffe und Produkte durch die AG der Dillinger Hüttenwerke können bei der Herstellung von DRI nach Stand jetziger Planung insbesondere folgende Gefahrstoffe in relevanten Mengen vorliegen:

- Wasserstoff als hochentzündliches Gas,
- Erdgas als hochentzündliches Gas,
- Reduktionsgas als hochentzündliches Gas der Kategorie 1 sowie als akut toxisches Gas Kategorie 3 (Einatmen),
- in Betrieben der Stahlerzeugung üblicherweise vorhandene Hilfs- und Betriebsstoffe.

Der in der DRI-Anlage zur Reduktion verwendete Wasserstoff wird gemäß Anhang 1 der Störfall-Verordnung unter Nr. 2.44 mit den Mengenschwellen 5.000 kg/50.000 kg aufgeführt. Zur Versorgung der einzelnen Anlagenteile mit Wasserstoff ergibt sich eine Menge von ca. 2.000 kg.

Erdgas ist der Nr. 2.1 zuzuordnen, mit den Mengenschwellen 50.000 kg/200.000 kg. Es ergibt sich eine Gesamtmenge von ca. 2.500 kg.

Das so genannte Reduktionsgas resultiert aus verbrauchtem Reduktionsgas der DRI-Anlage, welches am oberen Ende des Reduktionsschachts abgezogen wird. Nach Reinigung und Kühlung wird dieses Gas verdichtet und mit Erdgas/Wasserstoff versetzt, bevor es dem Prozess als Feed Gas erneut zugeführt wird.

Aufgrund der Gaszusammensetzung mit bis zu 40 Vol.-% Kohlenstoffmonoxid vor der Zugabe von Erdgas, ist das Reduktionsgas als akut toxisch der Kategorie 3 (Einatmen) sowie als entzündbares Gas der Kategorie 1 [8] den Gefahrenkategorien 1.1.2 und 1.2.2 gemäß Anhang I der Störfall-Verordnung mit den entsprechenden Mengenschwellen von 50.000 kg/200.000 kg bzw. 10.000 kg/50.000 kg zuzuordnen. Anhand der von der Dillinger Hütte bereitgestellten Berechnungen ergibt sich eine Gesamtmenge von ca. 20 t, sodass die DRI-Anlage als Betriebsbereich der unteren Klasse in den Anwendungsbereich der Störfall-Verordnung fällt.

Die übrigen Stoffe, die bei der Stahlherstellung in o.g. Verfahren verwendet werden, sind in der Regel keine Gefahrstoffe, wie z.B. Legierungsmittel, Schrott oder werden in solchen Mengen gehandhabt, wie bspw. Biozide zur Kühlwasserbehandlung, dass sie in der vorliegenden Betrachtung keinen maßgeblichen Einfluss auf den angemessenen Sicherheitsabstand ausüben.

6 Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes

Die Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes erfolgt insbesondere unter der Anwendung der Leitfäden KAS-18 [5] und KAS-63 [11]. Die zugrunde liegenden Szenarien beziehen sich auf sogenannte Dennoch-Störfälle gemäß Leitfaden KAS-18, die aufgrund vorgesehener technischer und organisatorischer Maßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen werden können. In diesen Fällen werden sie konservativ betrachtet, um angemessene Sicherheitsabstände gemäß § 3 Abs. 5c in Verbindung mit § 50 BImSchG zu ermitteln.

Vor diesem Hintergrund werden nachfolgend folgende Szenarien untersucht und bewertet:

- Wärmestrahlung bei einem Brand von austretendem Erdgas bzw. Wasserstoff in Folge einer Leckage einer Rohrleitung,
- Explosion einer Erdgas- bzw. Wasserstoffwolke in Folge einer Leckage einer Rohrleitung.
- Freisetzung von Reduktionsgas in Folge einer Leckage einer Rohrleitung.

6.1 Ausbreitungsbetrachtung von Erdgas und Wasserstoff

In der Ausbreitungsbetrachtung von Erdgas und Wasserstoff wird eine Leckage der Rohrleitung mit einem Druck von 70 bar(ü) betrachtet. Der verwendete Druck bildet dabei den Wert an den Übergabestationen ab. Das bedeutet insoweit einen konservativen Ansatz, da der Gasdruck innerhalb der Anlage deutlich geringer ist.

Der Hauptbestandteil von Erdgas ist Methan. Dieses ist als entzündbares Gas der Kategorie 1 eingestuft und bildet mit Luft explosionsfähige Gemische. Aus diesem Grund

erfolgt auf Grundlage der physikalischen Eigenschaften eine konservative Betrachtung der Szenarien mit Methan anstatt mit Erdgas.

Folgende weitere Randbedingungen werden entsprechend KAS-18 und KAS-63 für die Freisetzung der Gase angesetzt:

Temperatur:	20 °C
Freisetzungsart:	gasförmig
Leckfläche:	490 mm ²
Ausflussziffer am Leck:	1
Ausflussziffer:	0,62 (scharfkantig)
Aufpunkt	2 m
Austrittswinkel gegenüber der Horizontalen	45°

6.2 Ausbreitungsbetrachtung Freistrahlf Flamme

Tritt ein brennbares Gas unter Druck aus einem Leck aus, bildet sich ein Freistrahlf, in dem durch die zugemischte Luft die Bildung eines zündfähigen Bereiches zwischen der oberen und unteren Zündgrenze erfolgt. Wird dieses Gas-Luft-Gemisch mit einer ausreichend starken Zündquelle in Brand gesetzt, brennt dieses in einer Freistrahlf-Flamme ab. Zur Berechnung dieser Szenarien wurde eine Gasfreisetzung in einer Freisetzungshöhe von 1,5 m angenommen. Der sich ausbildende Winkel der Freistrahlf-Flamme wird mit 45° betrachtet.

Gemäß den Leitfäden KAS-18 und KAS-63 wird für die Einschätzung der potenziellen Auswirkungen eine Wärmestrahlung von 1,6 kW/m² angenommen.

Bewertung Methan

Die Berechnung mit den angegebenen Randbedingungen ergibt, dass die nach KAS-18 für die Bewertung der möglichen Auswirkungen anzunehmende Wärmestrahlung von 1,6 kW/m² nach einer Entfernung von ca. **42 m** (Lee) unterschritten ist.

Bewertung Wasserstoff

Die gemäß KAS-63 zu berücksichtigende Wärmestrahlung von 1,6 kW/m² wird ab einer Entfernung von ca. **28 m** (Lee) unterschritten.

6.3 Ausbreitungsbetrachtung Gaswolkenexplosion

In Anhang 3 des Leitfadens KAS-18 wird unter Kapitel 2 „*Störfallauswirkungen zu Gaswolkenexplosionen als Bewertungsgrundlage für angemessene Abstände*“ angeführt, dass bei einer gasförmigen Freisetzung aus einer verfahrenstechnischen Anlage davon ausgegangen werden kann, dass dies unter erhöhtem Druck erfolgt, sodass sich ein Freistrahlf ausbildet und durch die Einmischung von Luft die untere Explosionsgrenze nach relativ kurzer Entfernung unterschritten wird. Aufgrund der dadurch geringen explosionsfähigen Masse innerhalb des Freistrahlf bleiben die Auswirkungen einer Explosion auf die nähere Umgebung der Anlage beschränkt und können im Rahmen der entsprechenden Betrachtung vernachlässigt werden.

Große Gaswolken mit entsprechender explosionsfähiger Masse sind nur bei der Freisetzung von Gasen, die gegenüber Luft eine höhere Dichte haben, zu erwarten.

Im Zuge eines konservativen Ansatzes erfolgt dennoch eine Betrachtung der genannten Szenarien für Methan und Wasserstoff. Dazu wird die Gasausbreitung mit Hilfe des modifizierten Schatzmann-Modells berechnet und die explosionsfähige Masse sowie das explosionsfähige Volumen bei einer Austrittshöhe von 1,5 m bestimmt. Die Gaswolke wird in Form eines stehenden Zylinders modelliert.

Im Rahmen der Bewertung von möglichen Schadensauswirkungen ist im Fall einer Methan-Gaswolkenexplosion gemäß KAS-18 der Explosionsdruck von 0,1 bar und im Fall einer Wasserstoff-Gaswolkenexplosion eines Wasserstofffreistrahls entsprechend KAS-63 der Explosionsdruck von 0,05 bar heranzuziehen.

6.3.1 Ausbreitungsbetrachtung Explosion – Methan

Die Gasausbreitung als Freistrahler ergibt eine explosionsfähige Masse von 0,99 kg und ein explosionsfähiges Volumen von 23,88 m³. Die Länge der Gaswolke beträgt 11,93 m und ergibt sich aus der maximalen Höhe über dem Boden und dem horizontalen Abstand zum Freisetzungsort, an der die untere Explosionskonzentration von 4.4 Vol.% noch nicht unterschritten ist. Der resultierende Durchmesser des Gaswolkenzylinders beträgt 1,60 m.

Der Explosionsdruck wird mit dem Multi Energy Modell ermittelt. Die örtlichen Gegebenheiten in Bezug auf Verdämmung und/oder Verblockung werden mit Hilfe einer Matrix von Kinsella berücksichtigt [9]. Nach dieser ergibt sich eine Kategorie von 6, die in den Berechnungen berücksichtigt wird.

Bewertung

Die Berechnung mit den angegebenen Randbedingungen ergibt, dass ein Explosionsüberdruck von 0,1 bar ab einer Entfernung von **ca. 43 m** ab dem Freisetzungsort unterschritten wird.

6.3.2 Ausbreitungsbetrachtung Explosion – Wasserstoff

Die Gasausbreitung des Wasserstoffs als Freistrahler ergibt eine explosionsfähige Masse von 2,12 kg und ein explosionsfähiges Volumen von 428,86 m³. Die Berechnung einer Wasserstoff-Explosion erfolgt gemäß KAS-63 nach dem Modell Baker-Strehlow-Tang (BST-Modell). Der Mittelpunkt der Gaswolke wird mit einem Abstand von 12,10 m vom Freisetzungsort beziffert und befindet sich in 13,70 m Höhe.

Bewertung

Unter den gegebenen Randbedingungen ergibt die Berechnung, dass der Explosionsüberdruck gemäß KAS-63 von 0,05 bar ab einer Entfernung von **ca. 88 m** ab dem Freisetzungsort unterschritten wird.

6.4 Ausbreitungsbetrachtung – Reduktionsgas

Das Reduktionsgas ist mit einer Gaszusammensetzung von bis zu 40 Vol. % an Kohlenmonoxid als akut toxisch Kategorie 3 (Einatmen) anzusehen.

Im Zuge einer konservativen Betrachtung erfolgt die Ausbreitungsbetrachtung anhand von reinem Kohlenstoffmonoxid gemäß der VDI-Richtlinie 3783 für dichteneutrale Gase.

Für die Freisetzung in 1,5 m Höhe werden gemäß KAS-18 folgende Randbedingungen angesetzt:

Betriebsdruck im System:	2 bar (ü)
Temperatur:	20 °C
Freisetzungsart:	gasförmig
Leckfläche:	490 mm ²
Ausflussziffer am Leck:	1
Ausflussziffer:	0,62 (scharfkantig)
Freisetzungsdauer:	10 min
Windgeschwindigkeit:	3 m/s
Rauigkeit der Umgebung:	1,2 (sehr rau: Stadt- und Waldgebiet)

Eine Bewertung von möglichen Schadensauswirkungen erfolgt entsprechend des Leitfadens KAS-18 anhand des ERPG-2-Wertes (Emergency Response Planning Guideline) bzw. des AEGL-2-Wertes (Acute Exposure Guideline Level) für den Bewertungszeitraum von 60 min.

Der ERPG-2-Wert ist definiert als die maximal luftgetragene Konzentration, bei der davon ausgegangen wird, dass unterhalb dieses Wertes beinahe sämtliche Personen bis zu einer Stunde lang exponiert werden könnten, ohne dass sie unter irreversiblen oder sonstigen schwerwiegenden gesundheitlichen Auswirkungen oder Symptomen leiden bzw. solche entwickeln, die die Fähigkeit einer Person beeinträchtigen könnten, Schutzmaßnahmen zu ergreifen.

Der AEGL-2-Wert ist die luftgetragene Schadstoffkonzentration, ab der vorhergesagt wird, dass die Allgemeinbevölkerung irreversible oder andere schwerwiegende, lang anhaltende Gesundheitseffekte erleiden kann oder bei der die Fähigkeit zur Flucht beeinträchtigt sein kann.

Für Kohlenstoffmonoxid sind die nachfolgenden Konzentrationswerte festgelegt [10]:

	CO-Konzentration	zulässige Einwirkzeit
AEGL-2-Wert	83 ppm	60 min
ERPG-2-Wert	350 ppm	60 min

Tabelle 1: AEGL-2 und ERPG-2 Wert für Kohlenstoffmonoxid einschließlich der zulässigen Einwirkzeit

Bewertung

Die Berechnung unter den angegebenen Randbedingungen führt zu dem Ergebnis, dass eine Unterschreitung des ERPG-2-Wertes ab einer Entfernung von ca. **31 m** erfolgt. Der AEGL-2-Wert wird ab einer Entfernung von ca. **58 m** vom Freisetzungsort unterschritten. Im Zuge der konservativen Betrachtung wird der Abstand gemäß dem AEGL-2-Wert herangezogen.

Die Reduktionsgasrohrleitungen weisen mit 2 bar(ü) einen deutlich geringeren Betriebsdruck auf als die in unmittelbarer Nähe verlaufenden Erd- und/oder Wasserstoffleitung. Somit sind die weiteren Szenarien einer Freistrahlf Flamme und einer Gaswolkenexplosion durch die Betrachtung von Erdgas und Wasserstoff ausreichend abgedeckt.

6.5 Vorschlag zur Festlegung eines angemessenen Sicherheitsabstandes

Aus den betrachteten Szenarien werden folgende angemessenen Sicherheitsabstände für die Anlagenteile der verschiedenen Varianten vorgeschlagen:

Szenario	Gefährlicher Stoff	Angemessener Sicherheitsabstand
Freistrahlf Flamme	Methan	42 m
Freistrahlf Flamme	Wasserstoff	28 m
Gaswolkenexplosion	Methan	43 m
Gaswolkenexplosion	Wasserstoff	88 m
Gasausbreitung	Reduktionsgas	58 m

Tabelle 2: Die betrachteten Szenarien der einzelnen Gefahrstoffe und deren ermittelter angemessener Sicherheitsabstand

Auf Grundlage der bereitgestellten Unterlagen und der angeführten Betrachtungen, wird konservativ ein angemessener Sicherheitsabstand von **100 m** vorgeschlagen.

In Zuge einer konservativen Betrachtung wird neben der DRI-Anlage (lila) auch die Erdgasübergabestation (grün) in diese Betrachtung miteinbezogen. Es wird eine Umhüllende um die angeführten Anlagen sowie den gasführenden Rohrleitungen zwischen ihnen (vgl. Abbildung 3, lila) gebildet. Eine zweite Umhüllende umfasst die Wasserstoffrohrleitung, die von Süden zu den Anlagen führt (orange).

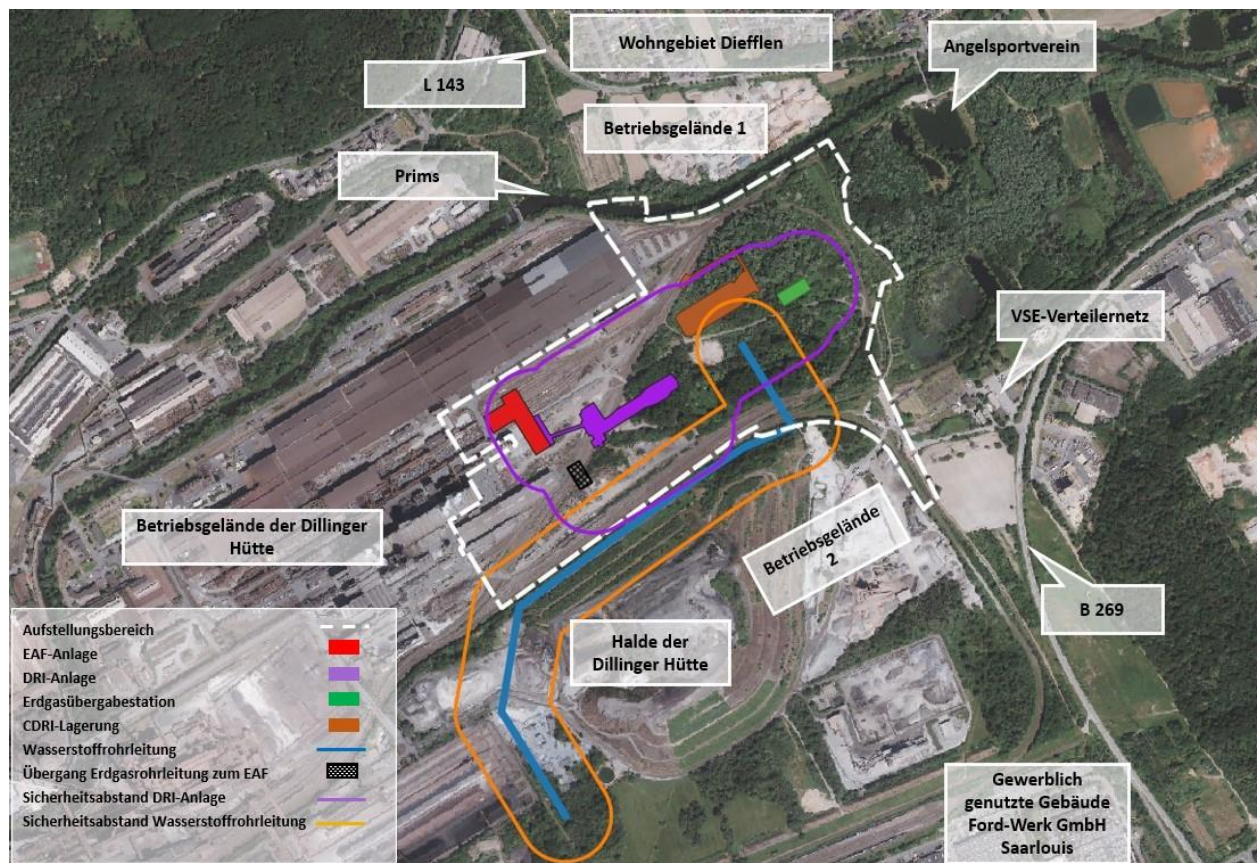


Abbildung 3: Darstellung des angemessenen Sicherheitsabstandes von 100 m (lila) um die DRI-Anlage, die Nebenanlagen sowie der Wasserstoffrohrleitung (orange) (Hintergrund: www.geoportal.saarland.de, modifiziert)

6.6 Beurteilung hinsichtlich der nächstgelegenen Schutzobjekte

Aus Abbildung 3 wird ersichtlich, dass der vorgeschlagene angemessene Sicherheitsabstand der DRI-Anlage sowie der Erdgasübergabestation nicht die Grenzen des geplanten Aufstellungsbereich überschreitet, sondern lediglich Anlagenteile des geplanten EAF (rot) umschließt.

Die Umhüllende der Wasserstoffleitung im südlichen Bereich tangiert das Haldengelände der Dillinger Hütte und einen Teil des Betriebsgeländes des Bauunternehmens („Betriebsgelände 2“), welche i.S.d. § 3 Abs. 5d BImSchG keine Schutzobjekte darstellen.

Das nach § 3 Abs. 5d BImSchG zu den berücksichtigenden Schutzobjekten zählende Wohngebiet des Stadtteils Diefflen im Norden, sowie der Weiher als Freizeitgebiet des Angelsportvereins im Osten, liegen außerhalb des vorgeschlagenen angemessenen Sicherheitsabstandes.

7 Beurteilung hinsichtlich des Domino-Effekts

Aufgrund der Einordnung der DRI-Anlage als Betriebsbereich der unteren Klasse erfolgt eine Betrachtung des Domino-Effekts. Unter dem Domino-Effekt versteht man die gegenseitige störfallrelevante Beeinflussung von Betriebsbereichen aufgrund von Wechselwirkungen zwischen benachbarten oder durch gemeinsame Einrichtungen verbundene Betriebsbereiche (bzw. deren Anlagen) im Sinne des § 15 Störfall-Verordnung [12], die zu einer erhöhten Wahrscheinlichkeit von Störfällen oder die Auswirkungen von Störfällen verstärken können.

Die geplante Errichtung und der Betrieb des EAF in unmittelbarer Nähe innerhalb des vorgeschlagenen angemessenen Sicherheitsabstandes findet in dieser Betrachtung keine Berücksichtigung, da der EAF im Sinne von § 3 Abs. 5a BImSchG [4] keinen Betriebsbereich darstellt, der der Störfall-Verordnung unterliegt. Wechselwirkungen von Anlagen innerhalb eines Betriebsbereiches oder zwischen einem Betriebsbereich und einer sonstigen Anlage außerhalb des Betriebsbereichs stellen i.S. der Verordnung keinen Dominoeffekt dar. [13]

Beeinflussungen durch die bereits derzeit auf dem Betriebsgelände der Dillinger Hütte befindlichen Betriebsbereiche nach Störfall-Verordnung, Roheisengesellschaft Saar mbH (ROGESA) und Zentralkokerei Saar (ZKS) sowie der Betriebsbereich der Nippon Gases Deutschland nord-westlich des projektierten Geländes, können ausgeschlossen werden, da die DRI-Anlage außerhalb der Achtungsabstände dieser Betriebsbereiche liegt und der vorgeschlagene, angemessene Sicherheitsabstand um die DRI-Anlage diese nicht tangiert.

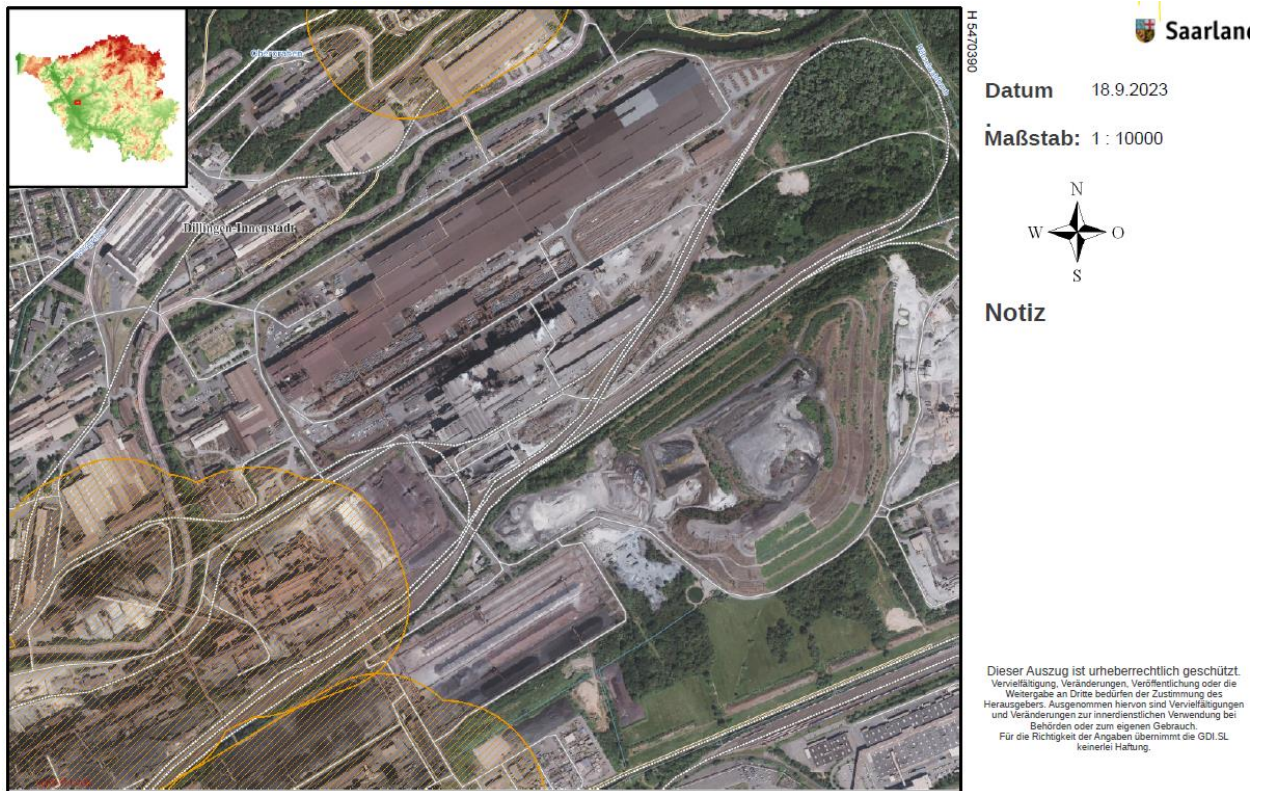


Abbildung 4: Achtungsabstände benachbarter Betriebsbereiche (Quelle: www.geoportal.saarland.de)

8 Zusammenfassung

Die GreenSteel DRI Dillingen GmbH beabsichtigt im Zuge des Transformationsprozesses der Stahlindustrie im östlichen Bereich des Werksgeländes der Aktiengesellschaft der Dillinger Hüttenwerke in Dillingen die Errichtung und den Betrieb einer Direktreduktionsanlage (DRI-Anlage) einschließlich der zugehörigen Nebenanlagen.

Im Rahmen des immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahrens sollte geprüft werden, ob der Betriebsbereich in den Anwendungsbereich der Störfall-Verordnung [2] fällt und wenn ja, der angemessene Sicherheitsabstand durch einen nach § 29b BImSchG [4] bekanntgegebenen Sachverständigen vorgeschlagen und bewertet werden.

Die geplante Anlage bildet nach den vorgelegten Unterlagen einen Betriebsbereich der unteren Klasse der Störfall-Verordnung. Konservativ wurde davon ausgegangen, dass insbesondere die Mengen an Reduktionsgas hier maßgebend sind.

Anhand der von der AG der Dillinger Hüttenwerke zur Verfügung gestellten Pläne und Angaben über die gehandhabten Stoffgruppen/Stoffe wird konservativ ein angemessener Sicherheitsabstand von **100 m** um die entsprechenden Anlagenbereiche vorgeschlagen.

Weiterhin wurde eine Bewertung hinsichtlich der möglichen Auswirkungen auf die gemäß § 3 Abs. 5d BImSchG nächstgelegene Schutzobjekte, das Wohngebiet des Stadtteils Diefflen und den Angelsportverein, vorgenommen. Dabei zeigte sich, dass die Schutzobjekte außerhalb des empfohlenen angemessenen Sicherheitsabstandes liegen. Lediglich Teile des geplanten EAF der GreenSteel EAF Dillingen GmbH befinden sich innerhalb des angemessenen Sicherheitsabstands.

Eine Beeinflussung durch die Betriebsbereiche der ROGESA, der ZKS bzw. der Nippon Gases Deutschland GmbH ist nicht zu erwarten, da die DRI-Anlage außerhalb des jeweiligen Achtungsabstandes errichtet werden soll.

Der geplante EAF der GreenSteel EAF Dillingen GmbH stellt nach derzeitigen Planungen keinen Betriebsbereich dar und muss daher in der Beurteilung des Domino-Effekts nicht berücksichtigt werden.

Sulzbach, den 08. April 2024



Dipl.-Ing. (FH) Manfred Mateiko

Bekannt gegebener Sachverständiger
nach § 29b BImSchG (sicherheitstechnische Prüfungen)



Dipl.-Chem. David Hafner

9 Rechtsvorschriften, Literatur

- [1] 4. BImSchV - Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. Mai 2017 (BGBl. I S. 1440), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 12. Oktober 2022 (BGBl. I S. 1799) geändert worden ist
- [2] Störfall-Verordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. März 2017 (BGBl. I S. 483), die zuletzt durch Artikel 107 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist
- [3] Richtlinie 2012/18/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Juli 2012 zur Beherrschung der Gefahren schwerer Unfälle mit gefährlichen Stoffen, zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinie 96/82/EG des Rates (ABl. Nr. L 197 vom 24.07.12 S. 1)
- [4] BImSchG - Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123), das zuletzt durch Artikel 11 Absatz 3 des Gesetzes vom 26. Juli 2023 (BGBl. 2023 Nr. 202) geändert worden ist
- [5] Leitfaden „Empfehlungen für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung – Umsetzung § 50 BImSchG“ erarbeitet von der Arbeitsgruppe „Fortschreibung des Leitfadens SFK/TAA-GS-1“, 2. Überarbeitete Fassung, KAS-18 vom November 2010 inkl. 2 Korrekturen
- [6] Leitfaden für die Erstellung eines Gutachtens zur Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstands, LAI Juni 2018
- [7] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI), Hinweise und Definitionen zum „angemessenen Sicherheitsabstand“ nach § 3 Absatz 5c BImSchG UMK-Umlaufbeschlüsse 51/2022 (LAI Beschluss TOP 10.1 146. LAI), Fassung vom 13.09.2022
- [8] EG – Sicherheitsdatenblatt Reduktionsgas der AG der Dillinger Hüttenwerke vom 26.09.2023
- [9] K.G. Kinsella. A rapid assessment methodology for the prediction of vapour cloud explosion overpressure. Proceedings of the International Conference and Exhibition on Safety, Health and Loss Prevention in the Oil, Chemical and Process Industries, Singapore
- [10] <https://www.umweltbundesamt.de/aegl-stoerfallbeurteilungswerte-stoffe>
Kohlenmonoxid Technical Support Document (TSD), letzter Aufruf 04.04.2024
- [11] Leitfaden zur Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstands für Anlagen mit gasförmigem Wasserstoff, KAS-63 vom November 2023.
- [12] Arbeitshilfe für die Anwendung der Störfall-Verordnung bei Industrieparks des Arbeitskreises „Industriepark“, SFK-GS-44 vom 24. Juni 2005
- [13] Vollzugshilfe zur Störfall-Verordnung vom März 2004, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)

Anlage I Ergebnisse der Ausbreitungsrechnung zum Vorschlag eines angemessenen Sicherheitsabstands

Ausbreitungsbetrachtung Methan

Berechnung des freigesetzten Massenstroms aus einem Leck oder Sicherheitsventil

Programm Version: 9.46.9

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff:	Methan
Bearbeitungsdatum:	18.11.2020
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]:	16,04
Isentropenexponent [-]:	1,227
Realgasfaktor [-]:	0,857
Temperatur [K]:	293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]:	71,013
Überdruck [bar]:	70,0
Gasdichte [kg/m ³]:	54,5307
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]:	2,8009
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	4,4
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	16,5
KG-Wert [bar m/s]:	75,0
Unterer Heizwert [MJ/kg]:	50,31
Diffusionskoeffizient in Luft [m ² /s]:	2,06e-05
Temperaturklasse:	T1
Explosionsgruppe:	II A

Eingabedaten:

Durchmesser [mm]:	24,98
Leckfläche [mm ²]:	490,00
Ausflußziffer [-]:	0,62
Anzahl der Lecks:	1

Ergebnisse:

Massenstrom [kg/s]:	3,908
---------------------	-------

Auftrag-Nr.: 23-AB-0421

Gutachtliche Stellungnahme – Sicherheitsabstand DRI-Anlage

Freistrahlf Flamme Methan

Berechnung einer Freistrahlf Flamme

Eingabedaten:

Massenstrom [kg/s]:	3,91
Durchmesser [mm]:	25,000
Austrittswinkel [°]:	45,00
Freisetzungshöhe [m]:	1,5
Aufpunkthöhe [m]:	2,0
Emissionsverhältnis des Strahlers: [-]:	1,00
Emissionsverhältnis des Empfängers: [-]:	0,90
Bestrahlungsstärke in sicherer Entfernung [kW/m²]:	1,60
Rußanteil [%]:	0,00
Umgebungsbedingungen:	
Windstille	
Umgebungstemperatur [°C]:	20,00
relative Luftfeuchtigkeit [%]:	75,00

Modellierung: Chamberlain/Johnson für Alkane
 Modellierung für Wasserstoff: Saffer/Molkov 2013 für Wasserstoff
 Strahlungsanteil nach Mogi 2009 Ergebnisse:

adiabate Flammentemperatur [K]:	2203,13
Brennstoffanteil bei stöchiometrischer Verbrennung [Ma.-%]:	5,5
Machzahl am Austritt [-]:	1,0
Effektiver Austrittsdurchmesser Ds [m]:	0,0672
Strahlgeschwindigkeit Uj [m/s]:	914,57
Strahltemperatur Tj [K]:	143,84

Hinweis:

Das Stabilitätskriterium für eine stabil brennende Flamme wird nicht erreicht.
 Es ist nicht zu erwarten, dass die Flamme stabil brennt.

Minimaler Flammendurchmesser [m]:	1,1
Maximaler Flammendurchmesser [m]:	5,2
impulsdominierte Flammenlänge [m]:	7,6
Flammenlänge, gemessen vom Austritt [m]:	29,7
Winkel zwischen Flamme und Horizontaler [°]:	49
max. Strahlungsintensität der Flamme [kW/m²]:	111,7

Abstand [m]	QLee [kW/m²]	QQuer [kW/m²]	QLuv [kW/m²]	W-Lee [%]	W-Quer [%]	W-Luv [%]
0,000e+00	7,317e-01	7,417e+00	7,317e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
5,100e-01	6,895e-01	7,395e+00	8,404e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,030e+00	8,828e-01	7,370e+00	9,319e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,561e+00	1,181e+00	7,305e+00	1,004e+00	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
2,102e+00	1,536e+00	7,226e+00	1,060e+00	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
2,654e+00	1,950e+00	7,120e+00	1,101e+00	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
3,217e+00	2,425e+00	6,990e+00	1,130e+00	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
3,791e+00	2,954e+00	6,846e+00	1,150e+00	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00

4,377e+00	3,525e+00	6,672e+00	1,161e+00	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
4,975e+00	4,117e+00	6,501e+00	1,164e+00	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
5,584e+00	4,708e+00	6,303e+00	1,161e+00	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
6,206e+00	5,272e+00	6,102e+00	1,153e+00	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
6,840e+00	5,785e+00	5,894e+00	1,141e+00	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
7,487e+00	6,231e+00	5,671e+00	1,125e+00	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
8,147e+00	6,601e+00	5,457e+00	1,106e+00	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
8,820e+00	6,894e+00	5,238e+00	1,085e+00	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
9,506e+00	7,113e+00	5,013e+00	1,062e+00	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,021e+01	7,264e+00	4,796e+00	1,037e+00	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,092e+01	7,356e+00	4,584e+00	1,012e+00	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,165e+01	7,416e+00	4,372e+00	9,851e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,239e+01	7,425e+00	4,164e+00	9,580e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,315e+01	7,390e+00	3,962e+00	9,304e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,392e+01	7,316e+00	3,768e+00	9,026e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,471e+01	7,210e+00	3,579e+00	8,748e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,552e+01	7,074e+00	3,395e+00	8,470e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,634e+01	6,914e+00	3,219e+00	8,194e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,717e+01	6,731e+00	3,050e+00	7,921e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,803e+01	6,529e+00	2,887e+00	7,651e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,890e+01	6,309e+00	2,732e+00	7,386e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,978e+01	6,075e+00	2,584e+00	7,126e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
2,069e+01	5,829e+00	2,441e+00	6,870e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
2,161e+01	5,573e+00	2,307e+00	6,621e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
2,256e+01	5,309e+00	2,179e+00	6,377e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
2,352e+01	5,041e+00	2,057e+00	6,139e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
2,450e+01	4,769e+00	1,941e+00	5,908e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
2,550e+01	4,498e+00	1,830e+00	5,683e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
2,652e+01	4,229e+00	1,726e+00	5,465e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
2,756e+01	3,964e+00	1,628e+00	5,253e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
2,862e+01	3,705e+00	1,534e+00	5,047e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
2,970e+01	3,454e+00	1,446e+00	4,848e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
3,081e+01	3,213e+00	1,363e+00	4,656e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
3,193e+01	2,982e+00	1,285e+00	4,470e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
3,308e+01	2,763e+00	1,212e+00	4,290e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
3,425e+01	2,555e+00	1,142e+00	4,116e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
3,545e+01	2,361e+00	1,076e+00	3,949e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
3,667e+01	2,178e+00	1,014e+00	3,787e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
3,791e+01	2,008e+00	9,559e-01	3,631e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
3,918e+01	1,850e+00	9,008e-01	3,481e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
4,047e+01	1,704e+00	8,490e-01	3,337e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
4,179e+01	1,569e+00	8,002e-01	3,197e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
4,314e+01	1,444e+00	7,542e-01	3,064e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
4,451e+01	1,331e+00	7,110e-01	2,935e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
4,591e+01	1,237e+00	6,704e-01	2,811e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
4,734e+01	1,149e+00	6,323e-01	2,692e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
4,879e+01	1,068e+00	5,964e-01	2,578e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
5,028e+01	9,926e-01	5,627e-01	2,468e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
5,179e+01	9,226e-01	5,309e-01	2,363e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
5,334e+01	8,577e-01	5,011e-01	2,261e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
5,492e+01	7,976e-01	4,731e-01	2,164e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
5,653e+01	7,419e-01	4,467e-01	2,071e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
5,817e+01	6,903e-01	4,218e-01	1,982e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00

5,984e+01	6,426e-01	3,983e-01	1,896e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
6,155e+01	5,984e-01	3,763e-01	1,814e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
6,329e+01	5,574e-01	3,555e-01	1,735e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
6,506e+01	5,194e-01	3,359e-01	1,659e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
6,687e+01	4,843e-01	3,174e-01	1,587e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
6,872e+01	4,517e-01	3,000e-01	1,517e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
7,061e+01	4,215e-01	2,836e-01	1,451e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
7,253e+01	3,935e-01	2,681e-01	1,387e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
7,449e+01	3,675e-01	2,535e-01	1,326e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
7,649e+01	3,434e-01	2,397e-01	1,267e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
7,853e+01	3,210e-01	2,268e-01	1,211e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
8,061e+01	3,002e-01	2,145e-01	1,158e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
8,273e+01	2,809e-01	2,030e-01	1,106e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
8,490e+01	2,629e-01	1,920e-01	1,057e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
8,710e+01	2,461e-01	1,818e-01	1,010e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
8,936e+01	2,306e-01	1,720e-01	9,652e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
9,165e+01	2,161e-01	1,629e-01	9,221e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
9,400e+01	2,026e-01	1,542e-01	8,809e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
9,639e+01	1,900e-01	1,460e-01	8,414e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
9,882e+01	1,782e-01	1,382e-01	8,037e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,000e+02	1,729e-01	1,347e-01	7,863e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00

Freistrahlausbreitung Methan

Berechnung eines Freistrahls nach Schatzmann, modifiziert
Eingabedaten:

Massenstrom [kg/s]:	3,9080
Durchmesser Austritt [mm]:	25,0
Austrittswinkel [°]:	45,00
Freisetzungshöhe [m]:	1,50
Umgebungstemperatur [K]:	293,15
Konzentration zum Abbruch der Berechnung [Vol.-%]:	0,50

Windstille

Froude-Zahl am Austritt [-]:	1,00E+06
------------------------------	----------

Ergebnisse:

Startwerte am Ende der Kernzone

Strömungsgeschwindigkeit [m/s]:	679,77
Temperatur [K]:	267,22

Dichte des Freistrahls [kg/m ³]:	0,732
Breite des Freistrahls b ₀ [m]:	0,0768
Länge der Kernzone s ₀ [m]:	0,155
Winkel Theta ₀ [°]:	45,0
Konzentration [Vol.-%]:	87,16

Abstand [m]	Höhe [m]	Winkel [°]	Konzentration [Vol.-%]	Geschwindigkeit [m/s]	Temperatur [K]
1,096e-01	1,610e+00	4,500e+01	8,715e+01	6,798e+02	2,706e+02
1,096e-01	1,610e+00	4,500e+01	8,715e+01	6,797e+02	2,706e+02
1,096e-01	1,610e+00	4,500e+01	8,715e+01	6,797e+02	2,706e+02
1,097e-01	1,610e+00	4,500e+01	8,714e+01	6,796e+02	2,706e+02
1,097e-01	1,610e+00	4,500e+01	8,713e+01	6,795e+02	2,706e+02

.... Aufgrund des Umfangs der Datentabelle wird die restliche Tabelle nicht dargestellt.

Berechnung beendet.

Die gewünschte minimale Konzentration wurde unterschritten.

Höhe der Freistrahlmittellinie [m]:	73,96
Radius des Freistrahls [m]:	23,77
Freisetzungsfläche [m ²]:	1775,02
Höhe der Austrittsfläche (Oberkante) über Freisetzungsort [m]:	73,96
Entfernung der Austrittsfläche vom Freisetzungsort [m]:	60,92
Zeitdauer bis zum Erreichen der kleinsten vorgegebenen Konzentration [s]:	6,2
Explosionsfähige Masse [kg]:	0,994
Explosionsfähiges Volumen [m ³]:	23,8818

Konzentration Max.	Höhe über dem Boden
4,4 Vol.-%	9,2 m
16,5 Vol.-%	3,3 m

Explosion Methan

Berechnung der Explosionsauswirkungen mit dem Multi-Energy-Modell

Eingabedaten:

Explosionsfähige Masse [kg]: 0,99
 Untere Zünddistanz [m]: 1,60
 Explosionsklasse [-]: 6

Abstand Zur Quelle [m]	Überdruck [bar]	refekt. Überdruck [bar]	Impuls+ [Pa s]	Impuls- Reflex [Pa s]	tp [s]
1,800e+00	5,065e-01	1,218e+00	2,810e+02	6,758e+02	1,110e-02
2,830e+00	5,065e-01	1,218e+00	2,810e+02	6,758e+02	1,110e-02
3,891e+00	5,065e-01	1,218e+00	2,429e+02	5,842e+02	9,593e-03
4,984e+00	4,949e-01	1,186e+00	2,096e+02	5,023e+02	8,472e-03
6,109e+00	4,546e-01	1,076e+00	1,898e+02	4,491e+02	8,352e-03
7,268e+00	3,965e-01	9,207e-01	1,683e+02	3,907e+02	8,488e-03
8,462e+00	3,426e-01	7,810e-01	1,482e+02	3,378e+02	8,651e-03
9,692e+00	2,982e-01	6,696e-01	1,311e+02	2,944e+02	8,794e-03
1,096e+01	2,626e-01	5,821e-01	1,175e+02	2,604e+02	8,948e-03
1,226e+01	2,339e-01	5,131e-01	1,065e+02	2,336e+02	9,106e-03
1,361e+01	2,103e-01	4,575e-01	9,749e+01	2,120e+02	9,270e-03
1,499e+01	1,907e-01	4,117e-01	8,998e+01	1,943e+02	9,438e-03
1,642e+01	1,740e-01	3,733e-01	8,361e+01	1,794e+02	9,611e-03
1,789e+01	1,521e-01	3,235e-01	7,345e+01	1,563e+02	9,661e-03
1,940e+01	1,332e-01	2,814e-01	6,457e+01	1,364e+02	9,694e-03
2,096e+01	1,176e-01	2,468e-01	5,720e+01	1,201e+02	9,729e-03
2,256e+01	1,044e-01	2,180e-01	5,098e+01	1,064e+02	9,765e-03
2,421e+01	9,309e-02	1,935e-01	4,562e+01	9,483e+01	9,801e-03
2,592e+01	8,561e-02	1,774e-01	4,198e+01	8,700e+01	9,807e-03
2,767e+01	7,937e-02	1,641e-01	3,892e+01	8,046e+01	9,807e-03
2,948e+01	7,380e-02	1,522e-01	3,619e+01	7,464e+01	9,807e-03
3,134e+01	6,878e-02	1,416e-01	3,373e+01	6,942e+01	9,807e-03
3,325e+01	6,425e-02	1,320e-01	3,150e+01	6,473e+01	9,807e-03
3,523e+01	6,014e-02	1,233e-01	2,949e+01	6,048e+01	9,807e-03
3,726e+01	5,639e-02	1,155e-01	2,765e+01	5,663e+01	9,807e-03
3,935e+01	5,298e-02	1,083e-01	2,598e+01	5,312e+01	9,807e-03
4,151e+01	4,984e-02	1,018e-01	2,444e+01	4,992e+01	9,807e-03
4,373e+01	4,696e-02	9,580e-02	2,303e+01	4,698e+01	9,807e-03
4,602e+01	4,431e-02	9,029e-02	2,173e+01	4,428e+01	9,807e-03
4,838e+01	4,186e-02	8,521e-02	2,053e+01	4,178e+01	9,807e-03
5,080e+01	3,959e-02	8,052e-02	1,941e+01	3,948e+01	9,807e-03
5,330e+01	3,749e-02	7,617e-02	1,838e+01	3,735e+01	9,807e-03
5,588e+01	3,553e-02	7,213e-02	1,742e+01	3,537e+01	9,807e-03
5,853e+01	3,370e-02	6,838e-02	1,653e+01	3,353e+01	9,807e-03
6,126e+01	3,200e-02	6,488e-02	1,569e+01	3,181e+01	9,807e-03
6,408e+01	3,041e-02	6,162e-02	1,491e+01	3,021e+01	9,807e-03
6,697e+01	2,893e-02	5,857e-02	1,418e+01	2,872e+01	9,807e-03
6,996e+01	2,753e-02	5,571e-02	1,350e+01	2,732e+01	9,807e-03
7,303e+01	2,622e-02	5,303e-02	1,286e+01	2,600e+01	9,807e-03

7,620e+01	2,499e-02	5,052e-02	1,225e+01	2,477e+01	9,807e-03
7,946e+01	2,383e-02	4,815e-02	1,169e+01	2,361e+01	9,807e-03
8,282e+01	2,274e-02	4,593e-02	1,115e+01	2,252e+01	9,807e-03
8,628e+01	2,171e-02	4,383e-02	1,065e+01	2,149e+01	9,807e-03
8,985e+01	2,074e-02	4,185e-02	1,017e+01	2,052e+01	9,807e-03
9,352e+01	1,983e-02	3,999e-02	9,722e+00	1,961e+01	9,807e-03
9,730e+01	1,896e-02	3,822e-02	9,296e+00	1,874e+01	9,807e-03
1,012e+02	1,814e-02	3,655e-02	8,893e+00	1,792e+01	9,807e-03
1,052e+02	1,736e-02	3,497e-02	8,511e+00	1,715e+01	9,807e-03
1,093e+02	1,662e-02	3,347e-02	8,149e+00	1,641e+01	9,807e-03
1,136e+02	1,592e-02	3,205e-02	7,805e+00	1,572e+01	9,807e-03
1,180e+02	1,525e-02	3,070e-02	7,479e+00	1,506e+01	9,807e-03
1,225e+02	1,462e-02	2,942e-02	7,169e+00	1,443e+01	9,807e-03
1,271e+02	1,402e-02	2,821e-02	6,874e+00	1,383e+01	9,807e-03
1,319e+02	1,345e-02	2,705e-02	6,594e+00	1,326e+01	9,807e-03
1,369e+02	1,290e-02	2,595e-02	6,326e+00	1,272e+01	9,807e-03
1,420e+02	1,238e-02	2,490e-02	6,072e+00	1,221e+01	9,807e-03
1,472e+02	1,189e-02	2,390e-02	5,829e+00	1,172e+01	9,807e-03
1,526e+02	1,142e-02	2,294e-02	5,598e+00	1,125e+01	9,807e-03
1,581e+02	1,097e-02	2,203e-02	5,377e+00	1,080e+01	9,807e-03
1,639e+02	1,054e-02	2,117e-02	5,166e+00	1,038e+01	9,807e-03
1,697e+02	1,012e-02	2,034e-02	4,965e+00	9,973e+00	9,807e-03
1,758e+02	9,732e-03	1,955e-02	4,772e+00	9,584e+00	9,807e-03
1,821e+02	9,357e-03	1,879e-02	4,588e+00	9,214e+00	9,807e-03
1,885e+02	8,999e-03	1,807e-02	4,413e+00	8,859e+00	9,807e-03
1,951e+02	8,655e-03	1,738e-02	4,244e+00	8,520e+00	9,807e-03
2,020e+02	8,327e-03	1,671e-02	4,083e+00	8,195e+00	9,807e-03
2,090e+02	8,013e-03	1,608e-02	3,929e+00	7,885e+00	9,807e-03
2,162e+02	7,711e-03	1,547e-02	3,781e+00	7,588e+00	9,807e-03
2,237e+02	7,423e-03	1,489e-02	3,640e+00	7,303e+00	9,807e-03
2,314e+02	7,146e-03	1,434e-02	3,504e+00	7,030e+00	9,807e-03
2,393e+02	6,881e-03	1,380e-02	3,374e+00	6,768e+00	9,807e-03
2,475e+02	6,627e-03	1,329e-02	3,249e+00	6,517e+00	9,807e-03
2,559e+02	6,383e-03	1,280e-02	3,130e+00	6,277e+00	9,807e-03
2,645e+02	6,149e-03	1,233e-02	3,015e+00	6,046e+00	9,807e-03
2,734e+02	5,924e-03	1,188e-02	2,905e+00	5,825e+00	9,807e-03
2,826e+02	5,708e-03	1,144e-02	2,799e+00	5,612e+00	9,807e-03
2,921e+02	5,501e-03	1,103e-02	2,698e+00	5,408e+00	9,807e-03
3,018e+02	5,302e-03	1,063e-02	2,600e+00	5,212e+00	9,807e-03
3,118e+02	5,111e-03	1,024e-02	2,506e+00	5,024e+00	9,807e-03
3,222e+02	4,927e-03	9,876e-03	2,416e+00	4,843e+00	9,807e-03
3,328e+02	4,751e-03	9,521e-03	2,330e+00	4,669e+00	9,807e-03
3,438e+02	4,581e-03	9,180e-03	2,246e+00	4,502e+00	9,807e-03
3,551e+02	4,418e-03	8,853e-03	2,166e+00	4,341e+00	9,807e-03
3,667e+02	4,261e-03	8,538e-03	2,089e+00	4,187e+00	9,807e-03
3,787e+02	4,110e-03	8,235e-03	2,015e+00	4,038e+00	9,807e-03
3,910e+02	3,965e-03	7,943e-03	1,944e+00	3,895e+00	9,807e-03
4,037e+02	3,825e-03	7,663e-03	1,876e+00	3,757e+00	9,807e-03
4,168e+02	3,691e-03	7,393e-03	1,810e+00	3,625e+00	9,807e-03
4,303e+02	3,561e-03	7,133e-03	1,746e+00	3,498e+00	9,807e-03
4,441e+02	3,436e-03	6,883e-03	1,685e+00	3,375e+00	9,807e-03
4,584e+02	3,316e-03	6,642e-03	1,626e+00	3,257e+00	9,807e-03
4,732e+02	3,201e-03	6,410e-03	1,570e+00	3,143e+00	9,807e-03

Auftrag-Nr.: 23-AB-0421

Gutachtliche Stellungnahme – Sicherheitsabstand DRI-Anlage

4,884e+02	3,089e-03	6,187e-03	1,515e+00	3,034e+00	9,807e-03
5,040e+02	2,982e-03	5,972e-03	1,462e+00	2,928e+00	9,807e-03
5,201e+02	2,879e-03	5,765e-03	1,412e+00	2,827e+00	9,807e-03
5,367e+02	2,779e-03	5,565e-03	1,363e+00	2,729e+00	9,807e-03
5,537e+02	2,683e-03	5,373e-03	1,316e+00	2,635e+00	9,807e-03
5,713e+02	2,591e-03	5,187e-03	1,270e+00	2,544e+00	9,807e-03
5,894e+02	2,502e-03	5,009e-03	1,227e+00	2,456e+00	9,807e-03
6,081e+02	2,416e-03	4,837e-03	1,185e+00	2,372e+00	9,807e-03

Ausbreitungsbetrachtung Wasserstoff

Berechnung des freigesetzten Massenstroms aus einem Leck oder Sicherheitsventil

Programm Version: 9.46.9

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff:	Wasserstoff
Bearbeitungsdatum:	18.11.2020
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]:	2,02
Isentropenexponent [-]:	1,373
Realgasfaktor [-]:	1,024
Temperatur [K]:	293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]:	71,013
Überdruck [bar]:	70,0
Gasdichte [kg/m ³]:	5,7496
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]:	15,1425
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	4,0
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	77,0
KG-Wert [bar m/s]:	550,0
Unterer Heizwert [MJ/kg]:	120,0
Diffusionskoeffizient in Luft [m ² /s]:	7,446e-05
Temperaturklasse:	T1
Explosionsgruppe:	II C

Eingabedaten:

Durchmesser [mm]:	24,98
Leckfläche [mm ²]:	490,00
Ausflußziffer [-]:	0,62
Anzahl der Lecks:	1

Ergebnisse:

Massenstrom [kg/s]:	1,320
---------------------	-------

Freistrahlf Flamme Wasserstoff

Berechnung einer Freistrahlf Flamme

Eingabedaten:

Massenstrom [kg/s]:	1,32
Durchmesser [mm]:	25,000
Austrittswinkel [°]:	45,00
Freisetzungshöhe [m]:	1,5
Aufpunkthöhe [m]:	2,0
Emissionsverhältnis des Empfängers: [-]:	0,90
Bestrahlungsstärke in sicherer Entfernung [kW/m²]:	1,60
Rußanteil [%]:	0,00

Umgebungsbedingungen:

Windstille	
Umgebungstemperatur [°C]:	20,00
relative Luftfeuchtigkeit [%]:	75,00

Modellierung:

Chamberlain/Johnson für Alkane
 Modellierung für Wasserstoff:
 Saffer/Molkov 2013 für Wasserstoff
 Strahlungsanteil nach Mogi 2009

Ergebnisse:

adiabate Flammentemperatur [K]:	2362,50
Brennstoffanteil bei stöchiometrischer Verbrennung [Ma.-%]:	2,8
Machzahl am Austritt [-]:	1,0
Effektiver Austrittsdurchmesser Ds [m]:	0,0187
Strahlgeschwindigkeit Uj [m/s]:	3985,65
Strahltemperatur Tj [K]:	295,10

Minimaler Flammendurchmesser [m]:	3,0
Maximaler Flammendurchmesser [m]:	3,1
impulsdominierte Flammenlänge [m]:	7,7
Flammenlänge, gemessen vom Austritt [m]:	25,2
Winkel zwischen Flamme und Horizontaler [°]:	45
max. Strahlungsintensität der Flamme [kW/m²]:	53,0

Abstand [m]	QLee [kW/m²]	QQuer [kW/m²]	QLuv [kW/m²]	W-Lee [%]	W-Quer [%]	W-Luv [%]
0,000e+00	1,620e+00	5,092e+00	1,620e+00	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
5,100e-01	1,795e+00	5,069e+00	1,460e+00	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,030e+00	1,986e+00	5,036e+00	1,313e+00	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,561e+00	2,190e+00	4,957e+00	1,179e+00	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
2,102e+00	2,399e+00	4,866e+00	1,098e+00	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
2,654e+00	2,616e+00	4,735e+00	1,042e+00	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
3,217e+00	2,948e+00	4,596e+00	9,939e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
3,791e+00	3,336e+00	4,428e+00	9,504e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00

Auftrag-Nr.: 23-AB-0421

Gutachtliche Stellungnahme – Sicherheitsabstand DRI-Anlage

4,377e+00	3,749e+00	4,253e+00	9,106e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
4,975e+00	4,156e+00	4,064e+00	8,714e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
5,584e+00	4,533e+00	3,869e+00	8,352e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
6,206e+00	4,852e+00	3,672e+00	7,996e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
6,840e+00	5,108e+00	3,476e+00	7,648e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
7,487e+00	5,279e+00	3,278e+00	7,310e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
8,147e+00	5,367e+00	3,091e+00	6,993e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
8,820e+00	5,379e+00	2,907e+00	6,685e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
9,506e+00	5,338e+00	2,726e+00	6,388e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,021e+01	5,243e+00	2,558e+00	6,100e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,092e+01	5,153e+00	2,398e+00	5,823e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,165e+01	5,067e+00	2,243e+00	5,557e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,239e+01	4,927e+00	2,098e+00	5,301e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,315e+01	4,751e+00	1,961e+00	5,055e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,392e+01	4,550e+00	1,832e+00	4,820e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,471e+01	4,333e+00	1,711e+00	4,595e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,552e+01	4,108e+00	1,598e+00	4,381e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,634e+01	3,878e+00	1,492e+00	4,177e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,717e+01	3,648e+00	1,393e+00	3,982e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,803e+01	3,422e+00	1,300e+00	3,796e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,890e+01	3,200e+00	1,213e+00	3,618e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,978e+01	2,983e+00	1,132e+00	3,448e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
2,069e+01	2,773e+00	1,057e+00	3,285e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
2,161e+01	2,570e+00	9,871e-01	3,130e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
2,256e+01	2,376e+00	9,222e-01	2,982e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
2,352e+01	2,192e+00	8,614e-01	2,841e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
2,450e+01	2,017e+00	8,048e-01	2,706e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
2,550e+01	1,853e+00	7,519e-01	2,578e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
2,652e+01	1,700e+00	7,026e-01	2,455e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
2,756e+01	1,557e+00	6,566e-01	2,338e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
2,862e+01	1,424e+00	6,138e-01	2,227e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
2,970e+01	1,302e+00	5,740e-01	2,121e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
3,081e+01	1,189e+00	5,372e-01	2,020e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
3,193e+01	1,086e+00	5,028e-01	1,924e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
3,308e+01	9,919e-01	4,707e-01	1,832e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
3,425e+01	9,058e-01	4,409e-01	1,745e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
3,545e+01	8,273e-01	4,132e-01	1,662e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
3,667e+01	7,584e-01	3,873e-01	1,582e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
3,791e+01	6,970e-01	3,631e-01	1,507e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
3,918e+01	6,407e-01	3,406e-01	1,435e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
4,047e+01	5,893e-01	3,195e-01	1,366e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
4,179e+01	5,422e-01	2,998e-01	1,301e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
4,314e+01	4,992e-01	2,814e-01	1,239e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
4,451e+01	4,598e-01	2,642e-01	1,180e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
4,591e+01	4,239e-01	2,482e-01	1,123e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
4,734e+01	3,910e-01	2,331e-01	1,070e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
4,879e+01	3,609e-01	2,191e-01	1,018e-01	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
5,028e+01	3,333e-01	2,060e-01	9,697e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
5,179e+01	3,081e-01	1,937e-01	9,233e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
5,334e+01	2,849e-01	1,823e-01	8,792e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
5,492e+01	2,637e-01	1,715e-01	8,371e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
5,653e+01	2,443e-01	1,614e-01	7,970e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
5,817e+01	2,264e-01	1,520e-01	7,588e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00

5,984e+01	2,100e-01	1,431e-01	7,225e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
6,155e+01	1,949e-01	1,348e-01	6,879e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
6,329e+01	1,810e-01	1,270e-01	6,549e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
6,506e+01	1,683e-01	1,197e-01	6,235e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
6,687e+01	1,565e-01	1,128e-01	5,935e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
6,872e+01	1,456e-01	1,064e-01	5,650e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
7,061e+01	1,356e-01	1,003e-01	5,379e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
7,253e+01	1,263e-01	9,461e-02	5,120e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
7,449e+01	1,177e-01	8,924e-02	4,874e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
7,649e+01	1,098e-01	8,420e-02	4,639e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
7,853e+01	1,025e-01	7,945e-02	4,416e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
8,061e+01	9,566e-02	7,499e-02	4,203e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
8,273e+01	8,935e-02	7,078e-02	4,000e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
8,490e+01	8,350e-02	6,682e-02	3,807e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
8,710e+01	7,807e-02	6,309e-02	3,623e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
8,936e+01	7,302e-02	5,958e-02	3,447e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
9,165e+01	6,833e-02	5,627e-02	3,280e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
9,400e+01	6,396e-02	5,315e-02	3,121e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
9,639e+01	5,990e-02	5,021e-02	2,969e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
9,882e+01	5,612e-02	4,744e-02	2,825e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00
1,000e+02	5,441e-02	4,617e-02	2,758e-02	0,000e+00	0,000e+00	0,000e+00

Auftrag-Nr.: 23-AB-0421

Gutachtliche Stellungnahme – Sicherheitsabstand DRI-Anlage

Freistrahlausbreitung Wasserstoff

Berechnung eines Freistrahls nach Schatzmann, modifiziert

Eingabedaten:

Massenstrom [kg/s]:	1,3204
Durchmesser Austritt [mm]:	25,0
Austrittswinkel [°]:	45,00
Freisetzungshöhe [m]:	1,50
Umgebungstemperatur [K]:	293,15
Konzentration zum Abbruch der Berechnung [Vol.-%]:	0,50
Windstille	
Froude-Zahl am Austritt [-]:	1,00E+06

Ergebnisse:

Startwerte am Ende der Kernzone	
Strömungsgeschwindigkeit [m/s]:	2044,27
Temperatur [K]:	272,92
Dichte des Freistrahls [kg/m ³]:	0,090
Breite des Freistrahls b ₀ [m]:	0,0646
Länge der Kernzone s ₀ [m]:	0,155
Winkel Theta ₀ [°]:	45,0
Konzentration [Vol.-%]:	87,16

Abstand [m]	Höhe [m]	Winkel [°]	Konzentration [Vol.-%]	Geschwindigkeit [m/s]	Temperatur [K]
1,096e-01	1,610e+00	4,500e+01	8,715e+01	2,044e+03	2,755e+02
1,096e-01	1,610e+00	4,500e+01	8,715e+01	2,044e+03	2,755e+02
1,096e-01	1,610e+00	4,500e+01	8,715e+01	2,044e+03	2,755e+02
1,097e-01	1,610e+00	4,500e+01	8,715e+01	2,043e+03	2,755e+02
1,097e-01	1,610e+00	4,500e+01	8,714e+01	2,043e+03	2,755e+02
1,098e-01	1,610e+00	4,500e+01	8,714e+01	2,042e+03	2,755e+02....

Aufgrund des Umfangs der Datentabelle wird die restliche Tabelle nicht dargestellt.

Berechnung beendet.

Die gewünschte minimale Konzentration wurde unterschritten.

Höhe der Freistrahlmittellinie [m]:	215,76
Radius des Freistrahls [m]:	35,57
Freisetzungsfläche [m ²]:	3975,54
Höhe der Austrittsfläche (Oberkante) über Freisetzungsort [m]:	215,76
Entfernung der Austrittsfläche vom Freisetzungsort [m]:	121,83
Zeitdauer bis zum Erreichen der kleinsten vorgegebenen Konzentration [s]:	13,1
Explosionsfähige Masse [kg]:	2,115
Explosionsfähiges Volumen [m ³]:	428,8642

Konzentration Max.	Höhe über dem Boden
4,0 Vol.%	27,2 m
77 Vol.%	1,7 m

Explosion Wasserstoff

Berechnung der Explosionsauswirkungen mit dem Baker-Strehlow-Tang Modell

Eingabedaten:

Explosionsfähige Masse [kg]:	2,12
Mach-Zahl der Flammengeschwindigkeit [-]:	0,4700
Höhe des Mittelpunktes der Gaswolke [m]:	13,70
horizontaler Abstand Freisetzungsort / Mittelpunkt der Gaswolke [m]:	12,10
Höhe Aufpunkt [m]:	2,00
Umgebungstemperatur [°C]:	20,00

Ergebnisse:

Radius der Gaswolke [m]:	2,7
Reflexionsfaktor des Bodens [-]:	1,00

X-Position [m]	Überdruck [bar]	refekt. Überdruck [bar]	Unterdruck [bar]	Impuls+ [Pa s]	Impuls [Pa s]	Geschwindigkeit [m/s]	Impuls- dauer [s]
0,000e+00	1,060e-01	2,216e-01	5,024e-02	8,164e+01	9,262e+01	3,602e+01	1,540e-02
2,000e+00	1,151e-01	2,413e-01	5,455e-02	8,877e+01	1,008e+02	3,938e+01	1,543e-02
4,000e+00	1,246e-01	2,623e-01	5,909e-02	9,628e+01	1,095e+02	4,293e+01	1,545e-02
6,000e+00	1,340e-01	2,831e-01	6,358e-02	1,037e+02	1,181e+02	4,646e+01	1,548e-02
8,000e+00	1,423e-01	3,015e-01	6,753e-02	1,102e+02	1,256e+02	4,959e+01	1,550e-02
1,000e+01	1,481e-01	3,147e-01	7,033e-02	1,149e+02	1,310e+02	5,182e+01	1,551e-02
1,200e+01	1,504e-01	3,198e-01	7,142e-02	1,167e+02	1,331e+02	5,269e+01	1,552e-02
1,400e+01	1,485e-01	3,156e-01	7,053e-02	1,152e+02	1,314e+02	5,198e+01	1,551e-02
1,600e+01	1,430e-01	3,031e-01	6,787e-02	1,108e+02	1,263e+02	4,987e+01	1,550e-02
1,800e+01	1,349e-01	2,851e-01	6,400e-02	1,044e+02	1,189e+02	4,680e+01	1,548e-02
2,000e+01	1,256e-01	2,644e-01	5,955e-02	9,703e+01	1,104e+02	4,329e+01	1,546e-02
2,200e+01	1,160e-01	2,434e-01	5,500e-02	8,951e+01	1,017e+02	3,972e+01	1,543e-02
2,400e+01	1,069e-01	2,235e-01	5,066e-02	8,233e+01	9,341e+01	3,634e+01	1,540e-02
2,600e+01	9,852e-02	2,052e-01	4,666e-02	7,574e+01	8,582e+01	3,325e+01	1,538e-02
2,800e+01	9,097e-02	1,889e-01	4,307e-02	6,981e+01	7,900e+01	3,049e+01	1,535e-02
3,000e+01	8,423e-02	1,745e-01	3,987e-02	6,454e+01	7,295e+01	2,804e+01	1,532e-02
3,200e+01	7,826e-02	1,617e-01	3,703e-02	5,987e+01	6,759e+01	2,589e+01	1,530e-02
3,400e+01	7,297e-02	1,505e-01	3,451e-02	5,574e+01	6,285e+01	2,399e+01	1,528e-02
3,600e+01	6,827e-02	1,405e-01	3,228e-02	5,207e+01	5,866e+01	2,232e+01	1,525e-02
3,800e+01	6,409e-02	1,317e-01	3,030e-02	4,881e+01	5,493e+01	2,083e+01	1,523e-02
4,000e+01	6,035e-02	1,238e-01	2,852e-02	4,591e+01	5,161e+01	1,952e+01	1,521e-02
4,200e+01	5,699e-02	1,168e-01	2,694e-02	4,330e+01	4,864e+01	1,834e+01	1,520e-02
4,400e+01	5,398e-02	1,104e-01	2,551e-02	4,096e+01	4,597e+01	1,729e+01	1,518e-02
4,600e+01	5,125e-02	1,047e-01	2,421e-02	3,885e+01	4,356e+01	1,634e+01	1,516e-02

Auftrag-Nr.: 23-AB-0421

Gutachtliche Stellungnahme – Sicherheitsabstand DRI-Anlage

4,800e+01	4,877e-02	9,957e-02	2,304e-02	3,693e+01	4,138e+01	1,549e+01	1,514e-02
5,000e+01	4,652e-02	9,488e-02	2,197e-02	3,519e+01	3,939e+01	1,471e+01	1,513e-02
5,200e+01	4,446e-02	9,059e-02	2,100e-02	3,360e+01	3,758e+01	1,400e+01	1,511e-02
5,400e+01	4,257e-02	8,667e-02	2,010e-02	3,214e+01	3,593e+01	1,336e+01	1,510e-02
5,600e+01	4,083e-02	8,307e-02	1,928e-02	3,080e+01	3,441e+01	1,277e+01	1,509e-02
5,800e+01	3,922e-02	7,975e-02	1,852e-02	2,956e+01	3,300e+01	1,222e+01	1,507e-02
6,000e+01	3,774e-02	7,669e-02	1,782e-02	2,842e+01	3,171e+01	1,172e+01	1,506e-02
6,200e+01	3,636e-02	7,385e-02	1,717e-02	2,736e+01	3,051e+01	1,126e+01	1,505e-02
6,400e+01	3,508e-02	7,121e-02	1,657e-02	2,637e+01	2,939e+01	1,083e+01	1,504e-02
6,600e+01	3,388e-02	6,875e-02	1,600e-02	2,546e+01	2,836e+01	1,043e+01	1,503e-02
6,800e+01	3,277e-02	6,645e-02	1,547e-02	2,460e+01	2,739e+01	1,006e+01	1,501e-02
7,000e+01	3,172e-02	6,430e-02	1,498e-02	2,380e+01	2,648e+01	9,709e+00	1,500e-02
7,200e+01	3,074e-02	6,229e-02	1,452e-02	2,305e+01	2,563e+01	9,384e+00	1,499e-02
7,400e+01	2,982e-02	6,040e-02	1,408e-02	2,234e+01	2,484e+01	9,079e+00	1,498e-02
7,600e+01	2,895e-02	5,862e-02	1,367e-02	2,168e+01	2,409e+01	8,793e+00	1,497e-02
7,800e+01	2,813e-02	5,694e-02	1,329e-02	2,105e+01	2,338e+01	8,523e+00	1,496e-02
8,000e+01	2,736e-02	5,536e-02	1,292e-02	2,046e+01	2,271e+01	8,269e+00	1,496e-02
8,200e+01	2,663e-02	5,386e-02	1,258e-02	1,990e+01	2,208e+01	8,030e+00	1,495e-02
8,400e+01	2,594e-02	5,244e-02	1,225e-02	1,937e+01	2,149e+01	7,803e+00	1,494e-02
8,600e+01	2,528e-02	5,110e-02	1,194e-02	1,887e+01	2,092e+01	7,589e+00	1,493e-02
8,800e+01	2,465e-02	4,982e-02	1,164e-02	1,839e+01	2,038e+01	7,385e+00	1,492e-02
9,000e+01	2,406e-02	4,861e-02	1,136e-02	1,794e+01	1,987e+01	7,192e+00	1,491e-02
9,200e+01	2,349e-02	4,745e-02	1,110e-02	1,751e+01	1,939e+01	7,009e+00	1,491e-02
9,400e+01	2,295e-02	4,635e-02	1,084e-02	1,710e+01	1,893e+01	6,834e+00	1,490e-02
9,600e+01	2,243e-02	4,530e-02	1,060e-02	1,670e+01	1,848e+01	6,668e+00	1,489e-02
9,800e+01	2,194e-02	4,429e-02	1,037e-02	1,633e+01	1,806e+01	6,509e+00	1,488e-02
1,000e+02	2,147e-02	4,333e-02	1,014e-02	1,597e+01	1,766e+01	6,358e+00	1,488e-02
1,020e+02	2,102e-02	4,241e-02	9,930e-03	1,563e+01	1,727e+01	6,213e+00	1,487e-02
1,040e+02	2,059e-02	4,153e-02	9,726e-03	1,530e+01	1,691e+01	6,074e+00	1,486e-02
1,060e+02	2,017e-02	4,069e-02	9,530e-03	1,498e+01	1,655e+01	5,942e+00	1,486e-02
1,080e+02	1,977e-02	3,988e-02	9,343e-03	1,468e+01	1,621e+01	5,815e+00	1,485e-02
1,100e+02	1,939e-02	3,910e-02	9,162e-03	1,439e+01	1,589e+01	5,693e+00	1,484e-02
1,120e+02	1,902e-02	3,835e-02	8,989e-03	1,411e+01	1,557e+01	5,576e+00	1,484e-02
1,140e+02	1,867e-02	3,763e-02	8,822e-03	1,384e+01	1,527e+01	5,463e+00	1,483e-02
1,160e+02	1,833e-02	3,694e-02	8,661e-03	1,359e+01	1,498e+01	5,355e+00	1,483e-02
1,180e+02	1,800e-02	3,627e-02	8,506e-03	1,334e+01	1,471e+01	5,251e+00	1,482e-02
1,200e+02	1,768e-02	3,563e-02	8,357e-03	1,310e+01	1,444e+01	5,151e+00	1,481e-02
1,220e+02	1,737e-02	3,501e-02	8,213e-03	1,286e+01	1,418e+01	5,055e+00	1,481e-02
1,240e+02	1,708e-02	3,441e-02	8,074e-03	1,264e+01	1,393e+01	4,962e+00	1,480e-02
1,260e+02	1,679e-02	3,383e-02	7,939e-03	1,243e+01	1,369e+01	4,872e+00	1,480e-02
1,280e+02	1,652e-02	3,327e-02	7,809e-03	1,222e+01	1,345e+01	4,785e+00	1,479e-02
1,300e+02	1,625e-02	3,273e-02	7,684e-03	1,202e+01	1,323e+01	4,702e+00	1,479e-02
1,320e+02	1,599e-02	3,221e-02	7,562e-03	1,182e+01	1,301e+01	4,621e+00	1,478e-02

Auftrag-Nr.: 23-AB-0421

Gutachtliche Stellungnahme – Sicherheitsabstand DRI-Anlage

1,340e+02	1,574e-02	3,170e-02	7,444e-03	1,163e+01	1,280e+01	4,543e+00	1,478e-02
1,360e+02	1,550e-02	3,121e-02	7,330e-03	1,145e+01	1,260e+01	4,467e+00	1,477e-02
1,380e+02	1,527e-02	3,073e-02	7,220e-03	1,127e+01	1,240e+01	4,394e+00	1,477e-02
1,400e+02	1,504e-02	3,027e-02	7,112e-03	1,110e+01	1,221e+01	4,323e+00	1,476e-02
1,420e+02	1,482e-02	2,982e-02	7,008e-03	1,093e+01	1,202e+01	4,254e+00	1,476e-02
1,440e+02	1,460e-02	2,939e-02	6,907e-03	1,077e+01	1,184e+01	4,188e+00	1,475e-02
1,460e+02	1,440e-02	2,897e-02	6,809e-03	1,062e+01	1,166e+01	4,123e+00	1,475e-02
1,480e+02	1,419e-02	2,856e-02	6,714e-03	1,046e+01	1,149e+01	4,061e+00	1,474e-02
1,500e+02	1,400e-02	2,816e-02	6,622e-03	1,032e+01	1,133e+01	4,000e+00	1,474e-02
1,520e+02	1,381e-02	2,778e-02	6,532e-03	1,017e+01	1,117e+01	3,941e+00	1,473e-02
1,540e+02	1,362e-02	2,740e-02	6,444e-03	1,003e+01	1,101e+01	3,883e+00	1,473e-02
1,560e+02	1,344e-02	2,703e-02	6,359e-03	9,896e+00	1,086e+01	3,828e+00	1,473e-02
1,580e+02	1,326e-02	2,668e-02	6,276e-03	9,764e+00	1,071e+01	3,773e+00	1,472e-02
1,600e+02	1,309e-02	2,633e-02	6,195e-03	9,635e+00	1,057e+01	3,721e+00	1,472e-02
1,620e+02	1,293e-02	2,599e-02	6,117e-03	9,509e+00	1,043e+01	3,669e+00	1,471e-02
1,640e+02	1,276e-02	2,567e-02	6,040e-03	9,387e+00	1,029e+01	3,619e+00	1,471e-02
1,660e+02	1,260e-02	2,535e-02	5,965e-03	9,268e+00	1,016e+01	3,571e+00	1,471e-02
1,680e+02	1,245e-02	2,503e-02	5,893e-03	9,152e+00	1,003e+01	3,523e+00	1,470e-02
1,700e+02	1,230e-02	2,473e-02	5,822e-03	9,039e+00	9,906e+00	3,477e+00	1,470e-02
1,720e+02	1,215e-02	2,443e-02	5,752e-03	8,928e+00	9,783e+00	3,432e+00	1,469e-02
1,740e+02	1,201e-02	2,414e-02	5,685e-03	8,821e+00	9,664e+00	3,388e+00	1,469e-02
1,760e+02	1,187e-02	2,386e-02	5,619e-03	8,715e+00	9,547e+00	3,346e+00	1,469e-02
1,780e+02	1,173e-02	2,358e-02	5,554e-03	8,613e+00	9,432e+00	3,304e+00	1,468e-02
1,800e+02	1,160e-02	2,331e-02	5,491e-03	8,512e+00	9,321e+00	3,263e+00	1,468e-02
1,820e+02	1,147e-02	2,305e-02	5,430e-03	8,415e+00	9,212e+00	3,223e+00	1,468e-02
1,840e+02	1,134e-02	2,279e-02	5,370e-03	8,319e+00	9,106e+00	3,185e+00	1,467e-02
1,860e+02	1,122e-02	2,254e-02	5,311e-03	8,225e+00	9,002e+00	3,147e+00	1,467e-02
1,880e+02	1,109e-02	2,229e-02	5,253e-03	8,134e+00	8,900e+00	3,110e+00	1,466e-02
1,900e+02	1,097e-02	2,205e-02	5,197e-03	8,044e+00	8,801e+00	3,073e+00	1,466e-02
1,920e+02	1,086e-02	2,182e-02	5,142e-03	7,957e+00	8,703e+00	3,038e+00	1,466e-02
1,940e+02	1,074e-02	2,158e-02	5,088e-03	7,871e+00	8,608e+00	3,003e+00	1,465e-02
1,960e+02	1,063e-02	2,136e-02	5,036e-03	7,788e+00	8,515e+00	2,970e+00	1,465e-02
1,980e+02	1,052e-02	2,114e-02	4,984e-03	7,706e+00	8,424e+00	2,937e+00	1,465e-02
2,000e+02	1,041e-02	2,092e-02	4,934e-03	7,626e+00	8,335e+00	2,904e+00	1,464e-02

Ausbreitungsbetrachtung Kohlenstoffmonoxid

Berechnung des freigesetzten Massenstroms aus einem Leck oder Sicherheitsventil

Programm Version: 9.46.9

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff:	Kohlenmonoxid
Bearbeitungsdatum:	22.02.2024
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]:	28,01
Isentropenexponent [-]:	1,396
Realgasfaktor [-]:	0,998
Temperatur [K]:	293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]:	3,013
Überdruck [bar]:	2,0
Gasdichte [kg/m ³]:	3,4691
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]:	1,0456
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	10,9
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	76,0
Unterer Heizwert [MJ/kg]:	10,1
Diffusionskoeffizient in Luft [m ² /s]:	1,969e-05
Temperaturklasse:	T1
Explosionsgruppe:	II A

Eingabedaten:

Durchmesser [mm]:	24,98
Leckfläche [mm ²]:	490,00
Ausflußziffer [-]:	0,62
Anzahl der Lecks:	1

Ergebnisse:

Massenstrom [kg/s]:	0,212
---------------------	-------

Gasausbreitung Kohlenstoffmonoxid

VDI-Richtlinie 3783 Blatt 1 und 2

Eingabeparameter

Standortparameter:

Rauhigkeitsklasse [-]: 5,00
 Rauhigkeitshöhe [m]: 1,20
 mittlere Bebauungshöhe [m]: 2,0000E+01
 Quellparameter der Punktquelle:
 Quellabmessungen:
 XQ [m]: 0,0000E+00
 YQ [m]: 0,0000E+00
 ZQ [m]: 0,0000E+00
 Quellhöhe [m]: 1,5000E+00
 Emissionsdauer [s]: 6,0000E+02
 Quellstärke g/s 212,500

Freigesetzte Masse [g]: 127500,00

Berechnung aller Immissionsdaten

Aufpunktkoordinaten:

XA [m]= 2,0000E+01
 YA [m]= 0,0000E+00
 ZA [m]= 2,0000E+00

Berechnungen für Aufpunkte mit Quellentfernungen unter 100 m oder Aufpunkte neben der Fahnenachse (YA<>0) entsprechen nicht der Richtlinie 3783 Blatt 1.

******* Zusammenfassung *******

Mittlere Ausbreitungssituation:

x [m]	y [m]	z [m]	c [mg/m ³]	c [ppm]	Dosis [mg s/m ³]	W [-]
2,0000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	6,4385E+02	5,4365E+02	3,7944E+05	0,0000E+00
4,0000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	2,0108E+02	1,6978E+02	1,0912E+05	0,0000E+00
6,0000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	8,5339E+01	7,2057E+01	5,0059E+04	0,0000E+00
8,0000E+01	0,0000E+00	2,0000E+00	4,9234E+01	4,1572E+01	2,8612E+04	0,0000E+00
1,0000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	3,2090E+01	2,7096E+01	1,8664E+04	0,0000E+00
1,2000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	2,3062E+01	1,9473E+01	1,3826E+04	0,0000E+00
1,4000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	1,7625E+01	1,4882E+01	1,0567E+04	0,0000E+00
1,6000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	1,4013E+01	1,1832E+01	8,4006E+03	0,0000E+00
1,8000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	1,1436E+01	9,6563E+00	6,8535E+03	0,0000E+00
2,0000E+02	0,0000E+00	2,0000E+00	9,5236E+00	8,0414E+00	5,7058E+03	0,0000E+00