



GUTACHTEN (Rev-1c)
Einzelfallbetrachtung
für den
Betriebsbereich der Gerling, Holz & Co. GmbH
am Standort in Hanau im Lichte des Verzichts
bestimmter stoffspezifischer Anlagen und
Tätigkeiten und der
Schutzziele nach § 50 BImSchG
im Auftrag der
Heraeus Site Operations GmbH & Co. KG /
Stadt Hanau

Auftragsnummer: 2021-500
Datum: 12. März 2024
Enovas Ingenieurbüro für Anlagensicherheit, Explosionsschutz
und Funktionale Sicherheit
Telefon: +49 (0) 6151 6064956
E-Mail: emil.ninov@enovas.de



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Aufgabenstellung	1
1.2	Angaben zu dem Sachverständigen	2
1.3	Bewertungsmaßstab und Methodik	2
2	Einzelfallbetrachtung	4
2.1	Beschreibung des Standortes und seines Umfeldes	4
2.2	Meteorologische Situation	6
2.3	Identifikation der raumplanungsrelevanten Störfallszenarien	8
2.4	Auswirkungsbetrachtungen und Abstandsbestimmung	13
2.4.1	Anlagentechnische Beschaffenheit und Ausrüstung	13
2.4.1.1	Lagerung ortsbeweglicher Transportbehälter	13
2.4.1.2	Schwefeldioxid-Anlage	16
2.4.1.3	Füllanlagen für korrosive Gase (HBr, HCl, BCl ₃ , BF ₃)	16
2.4.1.4	Ammoniak-Anlage	17
2.4.1.5	Füllanlagen für gefährliche Flüssigkeiten sowie die Anlage zur Aufreinigung von Hydrazin.....	17
2.4.1.6	Füllanlage mit destillativer Reinigung von Distickstofftetroxid	18
2.4.1.7	Lagerraum für bestimmte giftige Stoff.....	18
2.4.1.8	Methylbromid-Anlage.....	18
2.4.2	Sachstand und Randbedingungen zu den Szenarien	19
2.4.3	Auswirkungen der Stofffreisetzung	20
2.4.3.1	Freisetzungsrates bei Flüssigkeiten und druckverflüssigten Gasen sowie Verdampfungsrates aus einer Lache.....	20
2.4.3.2	Freisetzungsrates bei Gasen.....	23
2.4.3.3	Ausbreitung der Schadstoff/Luft-Wolke	24
2.4.4	Abstandsberechnung.....	26
2.4.4.1	Anlagen und Tätigkeiten mit Ammoniak	26
2.4.4.2	Anlagen und Tätigkeiten mit Chlor und Chlorwasserstoff.....	33
2.4.4.3	Anlagen und Tätigkeiten mit Schwefeldioxid	36
2.4.4.4	Anlagen und Tätigkeiten mit Schwefelwasserstoff	38
2.4.4.5	Anlagen und Tätigkeiten mit Phosgen	39
2.4.4.6	Anlagen und Tätigkeiten mit Bortrichlorid	42



2.4.4.7 Anlagen und Tätigkeiten mit Bromwasserstoff	43
2.4.4.8 Anlagen und Tätigkeiten mit Methylhydrazin und Hydrazin.....	44
2.4.4.9 Anlagen und Tätigkeiten mit Bortrifluorid.....	48
2.4.4.10 Anlagen und Tätigkeiten mit Stickstoffmonoxid.....	50
2.4.4.11 Anlagen und Tätigkeiten mit Distickstofftetroxid	51
2.4.4.12 Anlagen und Tätigkeiten mit Oxalylchlorid.....	53
2.4.4.13 Anlagen und Tätigkeiten mit Fluorwasserstoff.....	56
2.4.4.14 Anlagen und Tätigkeiten mit Methylbromid.....	57
2.4.4.15 Anlagen und Tätigkeiten mit Kohlenmonoxid	59
2.4.4.16 Anlagen und Tätigkeiten mit Dichlorsilan.....	60
2.4.4.17 Anlagen und Tätigkeiten mit (verflüssigten) entzündbaren Gase inkl. Ethylenoxid, Acetylen und Wasserstoff sowie AK I-Flüssigkeiten.....	62
3 Zusammenfassung.....	63

Anhang I: Abkürzungen

Anhang II: Quellen / Unterlagen

Anhang III: Räumliche Situation und Anlagenbereiche mit gefährlichen Stoffen

Anhang IV: Gefährdungsbereiche/-radien der „Dennoch“-Szenarien des Einzelfalls mit Detailkenntnissen

Anhang V: Angemessener Sicherheitsabstandsbereich im Sinne von § 50 BImSchG für den Betriebsbereich am Standort in Hanau

Anhang VI: Werksübersicht für den GHC-Standort in Hanau (Stand: Juni 2015, betriebsgeheim)

Anhang VII: Betrachtung zu ADR/RID-Druckgefäßen mit Restmengen an Chlor, Schwefeldioxid, Chlorwasserstoff und Phosgen im Falle eines 390 m-Abstandsbereichs im Sinne von § 50 BImSchG um die GHC-Standortgrenze



1 Einleitung

1.1 Aufgabenstellung

Die Heraeus Holding GmbH bzw. deren Tochtergesellschaften Heraeus Quarzglas GmbH & Co. KG (kurz: HQS) und Heraeus Site Operations GmbH & Co. KG (kurz: HSO, im Folgenden mit Auftraggeberin bezeichnet) betreiben in Hanau am Standort in der Quarzstraße verfahrenstechnische Anlagen und Lageranlagen, welche Betriebsbereiche im Sinne von § 3 Abs. 5a des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) bilden und somit in den Anwendungsbereich der Störfall-Verordnung (StörfallV / 12. BImSchV) fallen. Die Anlagen inkl. der störfallrelevanten Anlagen am Standort in der Quarzstraße werden in naher Zukunft an den Standort in Kleinostheim verlagert.

Es soll geprüft werden, ob und unter welchen Voraussetzungen der Standort in der Quarzstraße für andere Nutzungen (u. a. auch für Wohngebäude) entwickelt werden kann, wobei der Standort derzeit innerhalb des angemessenen Sicherheitsabstandsbereichs nach § 50 BImSchG für den Betriebsbereich der GHC Gerling, Holz & Co. Handels GmbH (kurz: GHC, im Folgenden mit Anlagenbetreiberin bezeichnet) liegt. Bei den Entwicklungsabsichten der Stadt Hanau im „*Umfeld des Hauptbahnhofs*“ stellt sich ebenfalls die Frage, ob und unter welchen Randbedingungen welche Nutzungen realisiert werden können.

Die langfristige Sicherung des GHC-Standortes ist als Ziel vorgesehen. Gleichzeitig ist die Vereinbarkeit zwischen dem GHC-Betriebsbereich und den schutzbedürftigen Nachbarschaftsnutzungen zu verbessern. GHC ist unter bestimmten Randbedingungen bereit, auf bestimmte störfallrelevante Tätigkeiten am Standort Hanau zu verzichten bzw. diese an andere Standorte zu verlagern. Die detaillierte Bestimmung der zu verlagernden Stoffe bzw. Tätigkeiten wird im weiteren Projektlauf mit GHC festgelegt. Insbesondere sollen die Auswirkungen der Verlagerung der nachfolgenden Stoffe bzw. Tätigkeiten überprüft werden: „*Lagerung von Schwefeldioxid in einem ortsfesten Lagerbehälter und Abfüllen in ortsbewegliche Druckgefäße*“, „*Lagerung von Chlorwasserstoff in ortsbeweglichen Druckgefäßen (Druckfässer) und Umfüllung in ortsbewegliche Druckgefäße*“ sowie „*Lagerung von Chlor in ortsbeweglichen Druckgefäßen (Druckfässer)*“.

Darüber hinaus soll für alle gefährlichen Stoffe im GHC-Betriebsbereich eine Ist-Analyse durchgeführt werden, um – unter Berücksichtigung von standort- und anlagenspezifischen Detailkenntnissen – deren Auswirkungen auf den angemessenen Sicherheitsabstand bewerten zu können. Diese Bewertung soll als Basis für die Festlegung eines reduzierten Sicherheitsabstands und die dazu erforderlichen Verlagerungsmaßnahmen bzw. zusätzlichen standortspezifischen Schutzmaßnahmen dienen.

In diesem Zusammenhang haben die Auftraggeberin und die Stadt Hanau Herrn Ninov (Enovas) als externe befähigte Person zu einer sachverständigen Beurteilung des obigen Sachverhalts beauftragt. Grundlagen und Ergebnisse der Einzelfallbetrachtung sind in dem vorliegenden Gutachten dokumentiert. Diese basiert auf den bereitgestellten Unterlagen (siehe Anhang II) sowie auf Anlagenkenntnissen aus vorangegangenen Projekten und einer Vor-Ort-Besichtigung der Anlagen am 20.09.2021 (zusammen mit Herr Dr. Plitzko (GHC)). Im Rahmen des Vor-Ort-Termins wurde auch Einsicht in die stoffbestimmende immissionsschutzrechtliche Genehmigung [39] gewährt, woraus insbesondere eine abschließende Aufzählung aller gelagerten/umgefüllten giftigen und sehr giftigen Gase hervorgeht (→ stofflich – für eine Berechnung nach KAS-18 – hinreichend bestimmte Genehmigung).



1.2 Angaben zu dem Sachverständigen

Emil Ninov ist durch die in Hessen zuständige Behörde (Regierungspräsidium Darmstadt, Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Frankfurt) als Sachverständiger nach § 29b BImSchG bekanntgegeben. Die Bekanntgabe gilt bundesweit und erstreckt sich auf alle im Rahmen des § 29a BImSchG anfallenden sicherheitstechnischen Prüfungen und Prüfungen von sicherheitstechnischen Unterlagen für die Anlagen 1.2, 1.4, 3.10, 4.1, 4.4 - 4.6, 4.8 - 4.10, 5.1, 5.2, 8.1, 8.6, 9.1 - 9.3, 9.37, 10.20 und 10.25 nach den Nummern des Anhangs der 4. BImSchV in den persönlich vertretenen Fachgebieten 2, 3, 6.2, 7, 10, 11, 12.1, 13, 14, 16.1, 17 und 18 (Sonstiges - Raumplanerische Beurteilung i.S. v. § 50 BImSchG). Weitere Details finden sich unter dem Internet-Link: <http://www.resymesa.de>.

1.3 Bewertungsmaßstab und Methodik

Auf Basis der betreibereigenen Dokumentation zur Anlagen-, Betriebs- und Störfallsicherheit wird der Standort im Lichte der Schutzziele des § 50 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) bzw. von Artikel 13 der Seveso III-Richtlinie 2012/18/EU (→ Überwachung der Ansiedlung / Land-use Planning (LUP)) betrachtet und beurteilt.

Im Absatz 1 und 2 des Artikels 13 der Seveso III-Richtlinie (2012/18/EU) sind folgende Schutzziele in Bezug auf die Ansiedlung um und in störfallrelevanten Betriebsbereichen formuliert:

„Die Mitgliedstaaten sorgen dafür, dass in ihren Politiken der Flächenausweisung oder Flächennutzung oder anderen einschlägigen Politiken das Ziel, schwere Unfälle zu verhüten und ihre Folgen für die menschliche Gesundheit und die Umwelt zu begrenzen, Berücksichtigung findet. Dazu überwachen sie

a) die Ansiedlung neuer Betriebe;

b) Änderungen von Betrieben im Sinne des Artikels 11;

c) neue Entwicklungen in der Nachbarschaft von Betrieben, einschließlich Verkehrswegen, öffentlich genutzten Örtlichkeiten und Wohngebieten, wenn diese Ansiedlungen oder Entwicklungen Ursache von schweren Unfällen sein oder das Risiko eines schweren Unfalls vergrößern oder die Folgen eines solchen Unfalls verschlimmern können.

Die Mitgliedstaaten sorgen dafür, dass in ihrer Politik der Flächenausweisung oder Flächennutzung oder anderen einschlägigen Politiken sowie den Verfahren für die Durchführung dieser Politiken langfristig dem Erfordernis Rechnung getragen wird,

a) dass zwischen den unter diese Richtlinie fallenden Betrieben einerseits und Wohngebieten, öffentlich genutzten Gebäuden und Gebieten, Erholungsgebieten und - soweit möglich - Hauptverkehrswegen andererseits ein angemessener Sicherheitsabstand gewahrt bleibt;

b) dass unter dem Gesichtspunkt des Naturschutzes besonders wertvolle bzw. besonders empfindliche Gebiete in der Nachbarschaft von Betrieben erforderlichenfalls durch angemessene Sicherheitsabstände oder durch andere relevante Maßnahmen geschützt werden;



c) dass bei bestehenden Betrieben zusätzliche technische Maßnahmen nach Artikel 5 ergriffen werden, damit es zu keiner Zunahme der Gefährdung der menschlichen Gesundheit und der Umwelt kommt.“

Diese Maßgaben wurden in § 50 BImSchG [7] wie folgt national umgesetzt:

„Bei raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen sind die für eine bestimmte Nutzung vorgesehenen Flächen einander so zuzuordnen, dass schädliche Umwelteinwirkungen und von schweren Unfällen im Sinne des Artikels 3 Nummer 13 der Richtlinie 2012/18/EU in Betriebsbereichen hervorgerufene Auswirkungen auf die ausschließlich oder überwiegend dem Wohnen dienenden Gebiete sowie auf sonstige schutzbedürftige Gebiete, insbesondere öffentlich genutzte Gebiete, wichtige Verkehrswege, Freizeitgebiete und unter dem Gesichtspunkt des Naturschutzes besonders wertvolle oder besonders empfindliche Gebiete und öffentlich genutzte Gebäude, so weit wie möglich vermieden werden. Bei raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen in Gebieten, in denen die in Rechtsverordnungen nach § 48a Absatz 1 festgelegten Immissionsgrenzwerte und Zielwerte nicht überschritten werden, ist bei der Abwägung der betroffenen Belange die Erhaltung der bestmöglichen Luftqualität als Belang zu berücksichtigen.“

Für die Einschätzung und Beurteilung der Gefährdungslage als Folge von schweren Unfällen bzw. Störfällen hat sich in der nationalen Vollzugspraxis der KAS-Leitfaden KAS-18 [32] „Empfehlungen für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung - Umsetzung § 50 BImSchG, Kommission für Anlagensicherheit, 2010“ etabliert. Ergänzt wird der KAS-18-Leitfaden durch die KAS-32-Arbeitshilfe [33], woraus szenarienspezifische Hinweise und Konventionen zu bestimmten gefährlichen Stoffen und Anlagen hervorgehen. Abweichungen vom KAS-18-Leitfaden werden im Einzelfall und aufgrund von Detailkenntnissen nachvollziehbar begründet.

Die Einzelfallbetrachtung beschränkt sich ausschließlich auf die Analyse und Beurteilung von störfallrelevanten Folgen außerhalb des Betriebsbereichs. Die Abstandsbeurteilung bezieht sich ausschließlich auf die Schutzziele gemäß § 50 BImSchG und auf das Schutzgut „Mensch“. Zur Beurteilung der Gefährdung werden die Toleranzwerte im Leitfaden KAS-18 [32] herangezogen.

Die Gefährdung durch toxische Brandgase bleibt für die Ermittlung von Abständen im Sinne von § 50 BImSchG unberücksichtigt, insbesondere weil die Thermik im Brandfall zu einer Quellüberhöhung und die anschließende Schadstoff-Ausbreitung in höheren, in der Regel windstärkeren Lagen zu einer zügigen Konzentrationsverdünnung führt (→ Kamineffekt). Damit ist im Bodenbereich mit keinen gesundheitsgefährdenden Immissionen im Brandfall zu rechnen. Diese Vorgehensweise deckt sich auch mit dem KAS-18-Leitfaden [32]; darin heißt es unter Nr. 2.3 im Anhang 1: „Die Erfahrung zeigt, dass bei Bränden toxische Effekte durch die Brandgase für die Bauleitplanung i. d. R. vernachlässigbar sind.“



2 Einzelfallbetrachtung

2.1 Beschreibung des Standortes und seines Umfeldes

Die Anlagenbetreiberin (GHC Gerling, Holz & Co. Handels GmbH) betreibt am Standort in Hanau (Kinzigheimer Weg 109) Anlagen zum Lagern und Umfüllen von gefährlichen Fluiden (→ Druckgase und Flüssigkeiten). Die Anlagen bilden einen Betriebsbereich im Sinne von § 3 Abs. 5a des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG). Dieser Betriebsbereich stellt einen „Betriebsbereich der oberen Klasse“ im Sinne der Störfall-Verordnung (12. BImSchV) dar, da die in Anhang I Spalte 5 genannten Mengenschwellen für bestimmte gefährliche Stoffe überschritten werden. Weiterhin stellen die Lager- und Umfüllanlagen in der Regel überwachungsbedürftige Druck- und/oder Ex-Anlagen im Sinne der Betriebssicherheitsverordnung dar (→ Anlagen nach Abschnitt 3 und/oder 4 in Anhang 2 der BetrSichV [3]).

Aus der Anlagendokumentation, insbesondere dem Sicherheitsbericht [26], gehen Zweck, die Anlagen- und Verfahrensbedingungen sowie Art und Menge der vorhandenen gefährlichen Stoffe hervor; diese sind dem Sachverständigen aufgrund vorangegangener Projekte ebenfalls bekannt.

Die hierbei im Betriebsbereich eingesetzten gefährlichen Stoffe sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1: Gefährliche Stoffe im GHC-Betriebsbereich am Standort in Hanau – Status-quo, Quelle: Sicherheitsbericht [26] sowie GHC-Informationen [24], [25]

Nr. und Bezeichnung nach Anhang I StörfallIV [8] / [9]	Zustand	Bemerkung
1 1.1.1 / H1 Sehr giftige / akut toxische Stoffe (Kat. 1), im Einzelnen: Distickstofftetroxid, Fluorwasserstoff, Stickstoffmonoxid und Methylhydrazin.	flüssig / gasförmig	GZM ≤ 1000 l (ADR/RID-Druckgefäß)
2 1.1.2 / H2 Giftige / akut toxische Stoffe (ausgenommen Kat. 4), im Einzelnen: Bortrichlorid, Bortrifluorid, Brommethan, Bromwasserstoff, Dichlorsilan, Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid. ¹	flüssig / gasförmig	GZM (SO ₂): 28 t (Lagerbehälter), ansonsten GZM ≤ 1000 l (ADR/RID-Druckgefäß)
3 1.2.4 / P4 Oxidierende Gase, z. B. Distickstoffmonoxid, Sauerstoff.	gasförmig	GZM ≤ 1000 l (ADR/RID-Druckgefäß/Druckgefäß)
8 1.2.2 / P2 Entzündbare Gase, z. B. Ethan, Ethen, Kohlenmonoxid.	gasförmig	GZM ≤ 1000 l (ADR/RID-Druckgefäß)
6 / 7a 1.2.5 / P5 (Hoch/Extrem / Leicht) entzündliche / entzündbare Flüssigkeiten, z. B. wässrige Lösungen von Aminen, Methylhydrazin.	flüssig	GZM ≤ 1000 l (ADR/RID-Druckgefäß)
9a/b 1.3.1/2 / E1/2 Gewässergefährdende Stoffe, z. B. Methylhydrazin, Natriumhypochlorit-Lösung (13 %)	flüssig / gasförmig	GZM ≤ 1000 l (IBC, ADR/RID-Druckgefäß), keine (in Bezug auf die Wassergefährdung) sicherheitsrelevante GZM im Sinne von KAS-1 [31]
10a/b 1.4.1/3 / O1/3 Wasserreaktive Stoffe, im Einzelnen: Oxalyldichlorid, Bortrichlorid.	flüssig / gasförmig	GZM ≤ 1000 l (ADR/RID-Druckgefäß)

¹ Der akut toxische Stoff Methanthiol (CAS-Nr.: 74-93-1) ist im Sicherheitsbericht [26] im Anhang 2.1 „Zuordnung der Stoffe zum Anhang I der Störfallverordnung“ irrtümlich bezeichnet, da dieser laut GHC-Genehmigungsbestand und -Angaben ([24], [25]) nicht im Betriebsbereich eingesetzt wird.



Nr. und Bezeichnung nach Anhang I StörfallIV [8] / [9]			Zustand	Bemerkung
11	2.1	Verflüssigte entzündbare Gase, Kategorie 1 oder 2, (einschließlich Flüssiggas) und Erdgas, z. B. Butadien, Butan, Chlormethan, Dimethylether	flüssig / gasförmig	GZM (MeCl): 20 t (Lagerbehälter), ansonsten GZM ≤ 1000 l (ADR/RID-Druckgefäß)
12.14	2.2.14	Hydrazin	flüssig / gasförmig	GZM ≤ 1000 l (ADR/RID-Druckgefäß)
14	2.4	Acetylen	flüssig / gasförmig	GZM ≤ 1000 l (ADR/RID-Druckgefäß)
(2)	2.5	Ammoniak	flüssig / gasförmig	GZM: 20 t (Lagerbehälter), ansonsten GZM ≤ 1000 l (ADR/RID-Druckgefäß)
(1)	2.12	Bortrifluorid	gasförmig	GZM < 150 l (ADR/RID-Druckgefäß), GZM _{typisch} (Flasche): 43 kg
20	2.16	Chlor	flüssig / gasförmig	GZM ≤ 1000 l (ADR/RID-Druckgefäß), GZM _{typisch} (Flasche): 65 kg
21	2.17	Chlorwasserstoff	flüssig / gasförmig	GZM ≤ 1000 l (ADR/RID-Druckgefäß), GZM _{typisch} (Flasche): 50 kg
23	2.19	Ethylenoxid	flüssig / gasförmig	GZM: 48,6 t (Lagerbehälter), ansonsten GZM ≤ 1000 l (ADR/RID-Druckgefäß)
30	2.32	Carbonyldichlorid (Phosgen)	flüssig / gasförmig	GZM _{typisch} (Flasche): 60 kg lt. Betreiberaussage, genehmigt sind formal auch: GZM ≤ 1000 l (ADR/RID-Druckgefäß).
33	2.37	Propylenoxid	flüssig / gasförmig	GZM: 15,5 t (Lagerbehälter), ansonsten GZM ≤ 1000 l (ADR/RID-Druckgefäß)
34	2.38	Sauerstoff	gasförmig	GZM ≤ 1000 l (ADR/RID-Druckgefäß), keine sicherheitsrelevante GZM im Sinne von KAS-1 [31]
(1)	2.41	Schwefelwasserstoff	flüssig / gasförmig	GZM ≤ 1000 l (ADR/RID-Druckgefäß)
38	2.44	Wasserstoff	gasförmig	GZM ≤ 1000 l (ADR/RID-Druckgefäß), keine sicherheitsrelevante GZM im Sinne von KAS-1 [31]

Der Betriebsbereich der Gerling, Holz & Co. GmbH befindet sich in einem durch Gewerbe geprägtes Gebiet südlich Gleisanlage der Deutschen Bahn und der Auheimer Straße (Adresse: Kinzigheimer Weg 109, 63450 Hanau). Der Standort liegt in keinem ausgewiesenen Bebauungsplan.

Die Anlagen im Betriebsbereich dienen der Lagerung, Behandlung und Umfüllung gefährlicher Stoffe (→ Gase und Flüssigkeiten) in industriellem Umfang.

In Bild 1 werden die räumliche Situation des Standortes sowie die Anlagenbereiche mit gefährlichen Stoffen dargestellt. Im Anhang III ist diese Situation zusätzlich im größeren Querformat dargestellt.

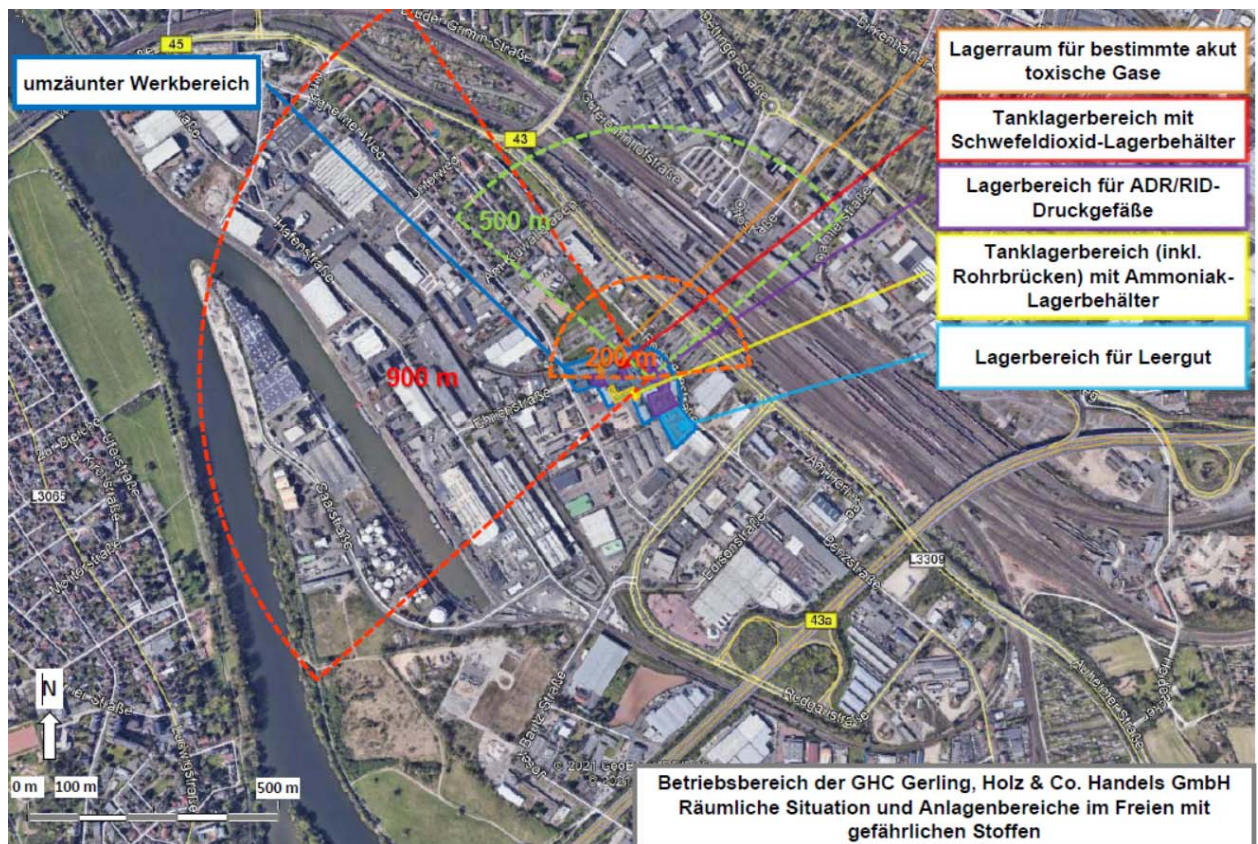


Bild 1: Betriebsbereich und Standort der Gerling, Holz & Co. GmbH in Hanau - Räumliche Situation und Anlagenbereiche mit gefährlichen Stoffen, im Anhang VI findet sich auch eine Werksübersicht für den GHC-Standort (betriebsgeheim)

2.2 Meteorologische Situation

Für raumplanungsrelevante Auswirkungsbetrachtungen kommt im Einzelfall nach KAS-18-Leitfaden der Windgeschwindigkeit eine maßgebliche Bedeutung zu. Hingegen wird die Umgebungstemperatur im Sinne einer Konvention zu 20 °C angenommen.

Aus dem statistischen Windfeldmodell (SWM) des Deutschen Wetterdienstes wurde - auf Basis der Zeiträume 1981-1990 und 1981-2000 - für das Hanauer Stadtgebiet ein Bereich der mittleren Windgeschwindigkeit von 2,0 m/s bis 3,0 m/s (10 m über Grund, über alle TA-Luft-Ausbreitungsklassen) ermittelt, siehe [28] und [27]. Bauvorhaben sowie Betriebsbereiche befinden sich dabei in Rasterzellen, in denen die mittlere Windgeschwindigkeit im Bereich 2,3...2,5 m/s (10-Jahresmittel, siehe Bild 2) bzw. 2,0...2,5 m/s (20-Jahresmittel, siehe Bild 3) liegt.

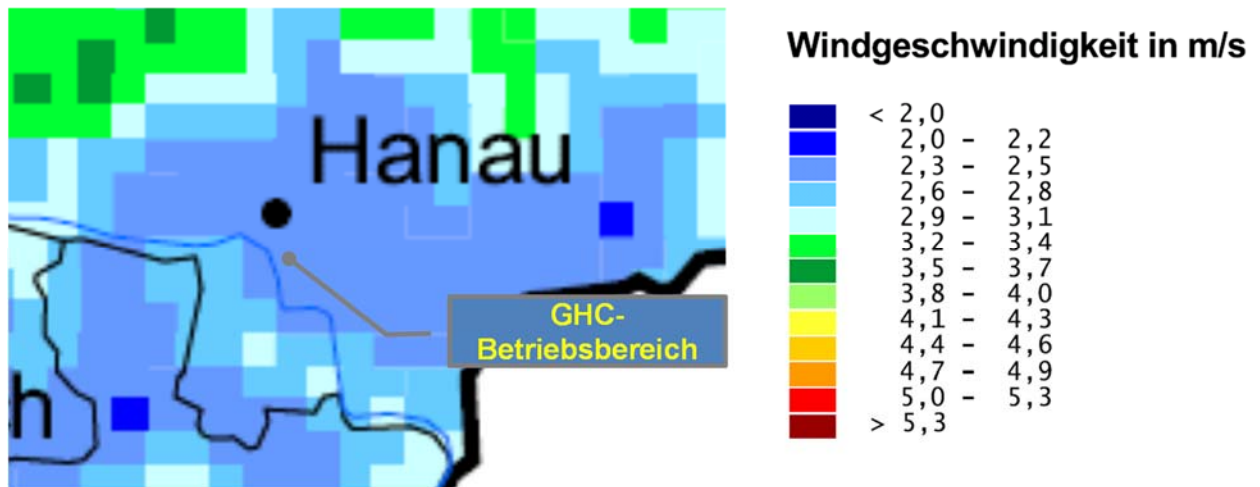


Bild 2: Mittlere Windgeschwindigkeit in Hessen in den Jahren 1981 bis 1990, statistisches Windfeldmodell (SWM), Ausschnitt Hanau, siehe [28]

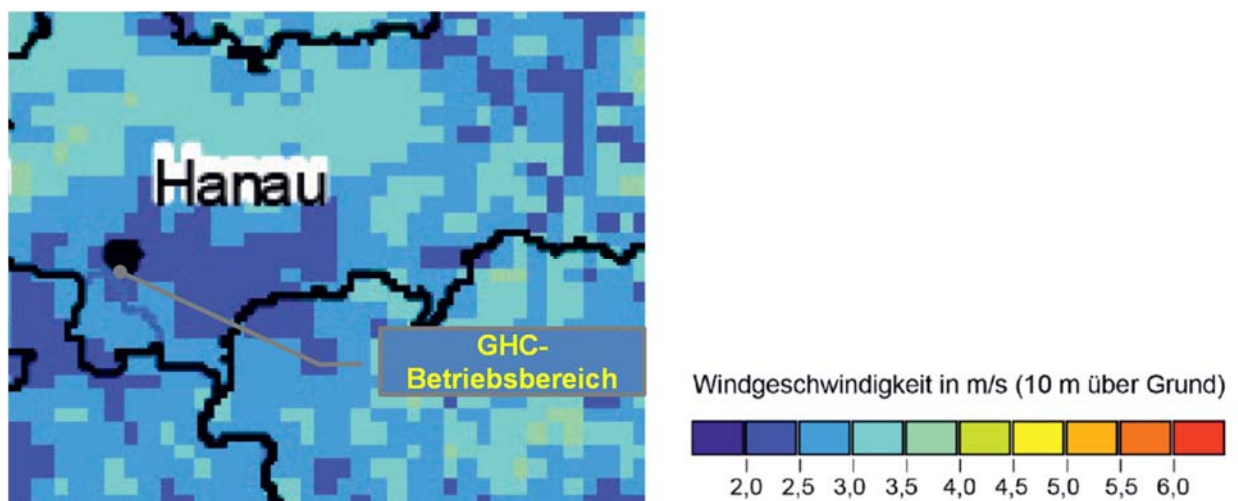


Bild 3: Jahresmittel Windgeschwindigkeit 1981 – 2000 als 20-Jahresmittel in Hessen, Ausschnitt Hanau, siehe [27]

In dem TÜV-Nord-Gutachten [45] wird eine niedrigere Windgeschwindigkeit von 1,5 m/s zugrunde gelegt, wobei dieses auf dem Leitfaden SFK/TAA-GS-1 [44] – dem Vorgänger-Leitfaden zum KAS-18 [32] - fußt. In Bezug auf die Windgeschwindigkeit wird unter Nr. 3.2 im KAS-18-Leitfaden folgende konkrete Konvention festgelegt:

„Es ist eine mittlere Wetterlage nach VDI-Richtlinie 3783 mit einer indifferenten Temperaturschichtung und ohne Inversion zu betrachten. Es ist für den Betriebsbereich die häufigste Windgeschwindigkeit für eine indifferente Temperaturschichtung zu ermitteln (z.B. DWD) und für die Berechnungen zu verwenden.“



Somit ist nicht die mittlere Windgeschwindigkeit über alle Ausbreitungsklassen, sondern die mittlere / häufigste Windgeschwindigkeit für eine indifferente Temperaturschichtung (→ TA-Luft-Ausbreitungsklassen: III/1, III/2) zugrunde zu legen. Diese liegt im Allgemeinen um einen Faktor von etwa 1,5 höher als die mittlere Jahreswindgeschwindigkeit (über alle Ausbreitungsklassen). Dies ergibt sich aus der AKTERM-Analyse diverser Messstationen im Rhein-Main-Gebiet, siehe Tabelle 2.

Tabelle 2: Verhältnis der mittleren Windgeschwindigkeiten für mehrere Messstationen im Rhein-Main-Gebiet

	Messstation			
	Frankfurt-Flughafen	Offenbach-Kaiserlei	Kahl am Main	Mainz-Mombach
AKTERM-Reihe	2002 [19]	1995 [18]	2001 [35]	2001-2004 [36]
Mittlere Windgeschwindigkeit über alle Ausbreitungsklassen	3,6 m/s	3,6 m/s	2,9 m/s	1,6 m/s
Mittlere Windgeschwindigkeit über die TA Luft Klassen III/1 und III/2	5,4 m/s	5,4 m/s	4,1 m/s	2,6 m/s
Verhältnis der Windgeschwindigkeiten	1,5	1,5	1,4	1,6

Vor obigem Hintergrund wird für eine indifferente Temperaturschichtung eine mittlere Windgeschwindigkeit von 3 m/s (= 1,5 x 2 m/s) als im Mittel repräsentativ angesehen (mittlere Windgeschwindigkeit über alle Ausbreitungsklassen gemäß [28] und [27]: 2...2,5 m/s). Diese Windgeschwindigkeit entspricht darüber hinaus auch der Windgeschwindigkeit für eine mittlere Ausbreitungssituation im KAS-18-Leitfaden [32].

Zwischenzeitlich hat die Detailanalyse nach der Richtlinie VDI 3783, Blatt 20 für den Standort „Ehrensäule mit Kreisverkehr“ in Hanau ergeben,² dass die häufigste Windgeschwindigkeit für eine indifferente Temperaturschichtung zu 2,2 m/s bestimmt werden kann (anhand der Daten der DWD-Station Offenbach für das repräsentative Jahr 2019), siehe IfU-Gutachten [30].

2.3 Identifikation der raumplanungsrelevanten Störfallszenarien

Die Anwendung der Störfallverordnung auf den Standort resultiert insbesondere aus dem Umgang mit gefährlichen, akut toxischen Gasen wie Chlorwasserstoff, Chlor, Schwefeldioxid, Phosgen und Ammoniak. Die Anlagen/Einrichtungen mit gefährlichen Stoffen sind in der betreibereigenen Dokumentation zur Anlagen-, Betriebs- und Störfallsicherheit genannt und beschrieben, insbesondere im Sicherheitsbericht [26] nach § 9 StörfallV. Aus den darin enthaltenen Beschreibungen gehen Zweck, die Anlagen- und Verfahrensbedingungen sowie Art und Menge der vorhandenen gefährlichen Stoffe hervor.

² Entfernung der Ehrensäule zum GHC-Betriebsbereich ca. 850 m.



Die Analyse der in der betreibereigenen Dokumentation zur Anlagen-, Betriebs- und Störfallsicherheit beschriebenen sicherheitsrelevanten Anlagen/Einrichtungen (SRB/SRA) ergibt, dass das raumplanungsrelevante Störfallpotenzial am Standort durch den Einsatz von akut toxischen Gasen bestimmt wird.

Tabelle 3 stellt die relevanten, abstandsauslösenden Leitstoffe im GHC-Betriebsbereich zusammen, wobei die Ergebnisse aus der bereits durchgeführten LUP-Einzelfallbetrachtung mit Detailkenntnissen (TÜV Nord-Gutachten [45]) aufgeführt werden. Die gewässergefährdenden Stoffe werden a priori als nicht abstandsbestimmend ausgenommen.³

Tabelle 3: GHC-Betriebsbereich - relevante, abstandsauslösende Leitstoffe

Gefährlicher Leitstoff (Nr. n. Anhang I StörfallIV)	Achtungsabstand / Abstandsklasse nach KAS-18/KAS-32 (Gefährdungsart)	Achtungsgrenze / Angemessener Sicherheitsabstand mit Detailkenntnissen (gemäß [45])	Bemerkung / Bewertung
Acetylen (2.4)	AK: n. b. (Brand- und Explosionspotenzial)	200 m	Schlussfolgerung aus Kap. 4.3.5 im TÜV Nord-Gutachten [45]
Ammoniak (2.5 / 1.1.2)	398 m / AK II: 500 m (toxische Einwirkung)	450 m	
Bortrichlorid (1.1.2)	AK III: 900 m	nicht bestimmt	AK III-Einstufung in Orientierung an KAS-18-Gefahrenindex ⁴ (GI)
Bortrifluorid (2.12 / 1.1.2)	AK: n. b. (toxische Einwirkung)	250 m	
Brommethan (1.1.2)	AK I: 200 m	nicht bestimmt	AK I-Einstufung in Orientierung an KAS-18-Gefahrenindex ⁴ (GI)
Bromwasserstoff (1.1.2)	AK III: 900 m	nicht bestimmt ⁵	AK III-Einstufung in Orientierung an KAS-18-Gefahrenindex ⁴ (GI)
Chlor (2.16 / 1.1.2)	1343 m / AK VI: 1500 m (toxische Einwirkung)	800 m	Für die Freisetzung wurde nach TÜV-Nord-Gutachten [45] ein Ventildurchgang von 12 mm am ADR/RID-Druckgefäß zugrunde gelegt.
Chlorwasserstoff (2.17 / 1.1.2)	1411 m / AK VI: 1500 m (toxische Einwirkung)	500 m	Für die Freisetzung wurde nach TÜV-Nord-Gutachten [45] ein Ventildurchgang von 7 mm am ADR/RID-Druckgefäß zugrunde gelegt.
Dichlorsilan (1.1.2)	AK III: 900 m (toxische Einwirkung)	nicht bestimmt	AK III-Einstufung in Orientierung an KAS-18-Gefahrenindex ⁴ (GI)

³ Anmerkung: Der gewässergefährdende Stoff „Natriumhypochlorit-Lösung (13 %)“ (CAS-Nr. 7681-52-9) wird in der Hydrazin-Anlage als Hilfsstoff eingesetzt (→ Waschflüssigkeit im Abluftwäscher). Im Allgemeinen besteht beim Einsatz von Natriumhypochlorit das Potenzial, dass sich bei störungsbedingtem Kontakt mit Säuren akut toxisches Chlorgas entwickelt. Aufgrund der Handhabung in nicht sicherheitsrelevanten Mengen (IBC mit max. 1000 l) sowie der Anlagen- und Verfahrensbedingungen (in der Hydrazin-Anlage erfolgt kein bestimmungsgemäßer Einsatz von Säuren) ist ein raumplanungsrelevantes „Dennoch“-Szenario beim Einsatz von Natriumhypochlorit im GHC-Betriebsbereich nicht vorstellbar.

⁴ siehe Kap. 3 im KAS-18-Leitfaden [32]

⁵ Bromwasserstoff war zum Zeitpunkt der Erstellung des TUV Nord-Gutachtens [45] kein Störfallstoff im Sinne von Anhang I der StörfallIV und somit nicht raumplanungsrelevant.

Aufgabe: Einzelfallbetrachtung (Rev-1c) für den GHC-Betriebsbereich in Hanau im Lichte des Verzichts bestimmter stoffspezifischer Anlagen / Tätigkeiten und der Schutzziele nach § 50 BImSchG
 Auftraggeber: Heraeus Site Operations GmbH & Co. KG / Stadt Hanau
 Projekt: 2021-500



Gefährlicher Leitstoff (Nr. n. Anhang I StörfallIV)	Achtungsabstand / Abstandsklasse nach KAS-18/KAS-32 (Gefährdungsart)	Achtungsgrenze / Angemessener Sicherheitsabstand mit Detailkenntnissen (gemäß [45])	Bemerkung / Bewertung
Distickstofftetroxid (1.1.1)	AK III: 900 m (toxische Einwirkung)	nicht bestimmt	AK III-Einstufung in Orientierung an KAS-18-Gefahrenindex ⁴ (GI): N ₄ O ₂ weist einen Gefahrenindex von GI = 0,13...0,16 bar/ppm auf (→ AK III)
Entzündbare Gase (1.2.2), z. B. Ethan und Ethen	AK: n. b. (Brand- und Explosionspotenzial)	200 m	siehe Kap. 4.3.5 in TÜV Nord-Gutachten [45]
(Extrem / Leicht) entzündbare Flüssigkeiten (1.2.5)	129 m (Methanol) / 89 m (Benzol) / AK I: 200 m (Brand- und Explosionspotenzial)	nicht bestimmt	
Ethylenoxid (2.19 / 1.1.2)	179 m / 55 m / AK I: 200 m (toxische Einwirkung sowie Brand- und Explosionspotenzial)	200 m	siehe Kap. 4.3.5 in TÜV Nord-Gutachten [45]
Fluorwasserstoff (1.1.1)	315 m / AK II: 500 m (toxische Einwirkung)	nicht bestimmt	
Hydrazin (2.2.14 / 1.1.2)	AK I: 200 m (toxische Einwirkung)	nicht bestimmt	AK II-Einstufung in Orientierung an KAS-18-Gefahrenindex ⁴ (GI): GI < 0,05 bar/ppm auf (→ AK I)
Kohlenmonoxid (1.1.2, 1.2.2)	AK: n. b. (toxische Einwirkung)	nicht bestimmt	
Methylhydrazin (1.1.1)	AK II: 500 m	nicht bestimmt	AK II-Einstufung in Orientierung an KAS-18-Gefahrenindex ⁴ (GI)
Oxalylchlorid (1.1.2)	AK I: 200 m (bei Freisetzung <u>ohne</u> Wasserkontakt) AK III: 900 m (bei Freisetzung <u>mit</u> Wasserkontakt)	nicht bestimmt	AK I-Einstufung (ohne Wasserkontakt) in Orientierung an KAS-18-Gefahrenindex ⁴ (GI); AK III-Einstufung (mit Wasserkontakt) in Orientierung an KAS-32-Einstufung für Thionylchlorid
Oxidierende Gase (1.2.4), z. B. Distickstoffmonoxid	AK: n. b. (Brandpotenzial)	nicht bestimmt	Der raumplanungsrelevante Auswirkungsradius von oxidierenden Gasen im GHC-Betriebsbereich wird auf deutlich kleiner als 200 m (→ AK I) eingeschätzt, insbesondere aufgrund der nicht sicherheitsrelevanten GZM
Phosgen (2.32 / 1.1.1)	1440 m / AK IV: 1500 m (toxische Einwirkung)	400 m	Für die Freisetzung wurde nach TÜV-Nord-Gutachten [45] ein Ventildurchgang von 7 mm am ADR/RID-Druckgefäß zugrunde gelegt.
Propylenoxid (2.37 / 1.1.2)	AK I: 200 m (toxische Einwirkung)	200 m	AK I-Einstufung in Orientierung an KAS-18-Gefahrenindex ⁴ (GI): GI < 0,05 bar/ppm auf (→ AK I); siehe auch Kap. 4.3.5 in TÜV Nord-Gutachten [45]



Gefährlicher Leitstoff (Nr. n. Anhang I StörfallIV)	Achtungsabstand / Abstandsklasse nach KAS-18/KAS-32 (Gefährdungsart)	Achtungsgrenze / Angemessener Sicherheitsabstand mit Detailkenntnissen (gemäß [45])	Bemerkung / Bewertung
Sauerstoff (2.38)	AK: n. b. (Brandpotenzial)	nicht bestimmt	Der raumplanungsrelevante Auswirkungsradius von Sauerstoff im GHC-Betriebsbereich wird auf deutlich kleiner als 200 m (→ AK I) eingeschätzt, insbesondere aufgrund der nicht sicherheitsrelevanten GZM
Schwefeldioxid (1.1.2)	826 m / AK III: 900 m (toxische Einwirkung)	1100 m	
Schwefelwasserstoff (2.41 / 1.1.2)	797 m / AK III: 900 m (toxische Einwirkung)	300 m	Für die Freisetzung wurde nach TÜV-Nord-Gutachten [45] ein Ventildurchgang von 7 mm am ADR/RID-Druckgefäß zugrunde gelegt.
Stickstoffmonoxid (1.1.1)	AK: n. b. (toxische Einwirkung)	nicht bestimmt	
Verflüssigte entzündbare Gase (2.1), z. B. Chlormethan, Butadien, Butan, Isobutan, Methylamine, Propan, Vinylchlorid, und	126 m (Propan) / AK I: 200 m (Brand- und Explosionspotenzial)	200 m	siehe Kap. 4.3.5 in TÜV Nord-Gutachten [45]
Wasserstoff (2.44)	AK: n. b. (Brand- und Explosionspotenzial)	200 m	Schlussfolgerung aus Kap. 4.3.5 in TÜV Nord-Gutachten [45]

Aus Tabelle 3 geht zunächst hervor, dass – unter Berücksichtigung der Detailkenntnisse und -betrachtungen im TÜV Nord-Gutachten [45] – das maßgebliche raumplanungsrelevante Störfallpotenzials des GHC-Betriebsbereichs aus dem Umgang und den Tätigkeiten mit den Stoffen Schwefeldioxid (1.100 m), Chlor (800 m) und Chlorwasserstoff (500 m) resultiert. Die abstandbestimmenden Tätigkeiten sind im Einzelnen:

- Lagerung von druckverflüssigtem Schwefeldioxid in einem ortsfesten Lagerbehälter und Abfüllung in ortsbewegliche ADR/RID-Druckgefäße.
- Lagerung von druckverflüssigtem Chlorwasserstoff in ortsbeweglichen ADR/RID-Druckgefäßen (Druckfässer).
- Lagerung von druckverflüssigtem Chlor in ortsbeweglichen ADR/RID-Druckgefäßen (Druckfässer).

Werden obige stoffspezifische Anlagen und Tätigkeiten von der Anlagenbetreiberin stillgelegt bzw. verlagert, so sind die Anlagen, Tätigkeiten und Stoffe in Tabelle 4 abstandsbestimmend im Sinne von § 50 BImSchG.



Tabelle 4: Weitere abstandsauslösende Anlagen, Tätigkeiten und Stoffe im Sinne von § 50 BImSchG

Nr.	Stoff	Störfallrelevante Anlage / Tätigkeiten
1	NH ₃	Lagerung von druckverflüssigtem Ammoniak in einem ortsfesten Lagerbehälter im Freien und Abfüllung in ortsbewegliche ADR/RID-Druckgefäße (Druckfässer, Volumen ≤ 1000 l).
2	Cl ₂ / HCl	Lagerung von druckverflüssigtem Chlor und Chlorwasserstoff in ortsbeweglichen ADR/RID-Druckgefäßen <u>mit reduziertem Volumen</u> (→ Gasflaschen oder Gefäße, Volumen ≤ 75 l) ⁶ im Freien.
3	SO ₂ / H ₂ S	Lagerung von druckverflüssigtem Schwefeldioxid und Schwefelwasserstoff in ortsbeweglichen ADR/RID-Druckgefäßen (Druckfässer oder Gefäße, Volumen ≤ 1000 l) im Freien.
4	Phosgen	Lagerung von druckverflüssigtem Phosgen in ortsbeweglichen ADR/RID-Druckgefäßen (→ Gasflaschen, Volumen < 150 l und 1000 l-Druckfass) ⁷ im Lagerraum und Umschlag / Verladung im Freien.
5	HBr	Lagerung von druckverflüssigtem Bromwasserstoff ortsbeweglichen ADR/RID-Druckgefäßen (→ Gasflaschen, 1000 l-Druckfass) im Freien.
6	Cl ₂ H ₂ Si	Lagerung von druckverflüssigtem Dichlorsilan in ortsbeweglichen ADR/RID-Druckgefäßen <u>mit reduziertem Volumen</u> (→ Gasflaschen, Volumen ≤ 150 l) im Freien.
7	BCl ₃	Lagerung von druckverflüssigtem Bortrichlorid in ortsbeweglichen ADR/RID-Druckgefäßen (→ Gasflaschen, 1000 l-Druckfass) im Freien.
8	BF ₃	Lagerung von verdichtetem Bortrifluorid in ortsbeweglichen ADR/RID-Druckgefäßen <u>mit reduziertem Volumen</u> (→ Gasflaschen, Volumen ≤ 60 l. Füllmasse: 43 kg) ⁸ im Lagerraum und Umschlag / Verladung im Freien.

⁶ Laut GHC-Lieferprogramm haben nahtlose Stahlflaschen bis zu 75 l Inhalt (→ Einsatz für HCl) und geschweißte Stahlflaschen bis 127 l Inhalt (→ Einsatz für Chlor). Gemäß ADR/RID-Begriffsbestimmung ist eine Flasche ein „*ortsbewegliches Druckgefäß mit einem mit Wasser ausgeliterten Fassungsraum von höchstens 150 Liter.*“ Laut GHC-Aussage werden Gasflaschen mit einem Volumen > 75 l nicht für Chlor und Chlorwasserstoff eingesetzt, so dass sie nicht für die Einzelfallbetrachtung im Sinne von § 50 BImSchG berücksichtigt werden.

⁷ Das Volumen bestimmt sich aus der im TÜV Nord-Gutachten [45] genannten Füllmasse von 60 kg, darin heißt es in Kap. 4.3.4: „*Phosgen wird in Flaschen von bis zu 60 kg Inhalt gelagert;...*“.

⁸ Das Volumen bestimmt sich aus der im TÜV Nord-Gutachten [45] genannten Füllmasse von 43 kg, darin heißt es in Kap. 4.3.4: „*Bortrifluorid wird in Flaschen von bis zu 43 kg Inhalt gelagert;...*“. Diese Masse kann nach ADR/RID entweder in einer 50 l-Gasflasche mit einem Prüfdruck von 300 barü oder einer 60 l-Gasflasche mit einem Prüfdruck von 225 barü vorliegen.



Nr.	Stoff	Störfallrelevante Anlage / Tätigkeiten
9	CO	Lagerung von gasförmigem Kohlenmonoxid in ortsbeweglichen ADR/RID-Druckgefäßen (Druckfässer, Flaschenbündel, Volumen ≤ 1000 l) im Freien.
10	NO	Lagerung von gasförmigem Stickstoffmonoxid in ortsbeweglichen ADR/RID-Druckgefäßen (Druckfässer, Flaschenbündel, Volumen ≤ 1000 l) im Freien.
11	N ₂ O ₄	Lagerung (inkl. Aufreinigung) von flüssigem Distickstofftetroxid in ortsbeweglichen ADR/RID-Druckgefäßen (Druckfässer, Volumen ≤ 1000 l, 2...10 barü-Überdruck mit Inertgas und NO) im Freien.
12	HF	Lagerung von flüssigem Fluorwasserstoff in ortsbeweglichen ADR/RID-Druckgefäßen (Druckfässer, Flaschenbündel, Volumen ≤ 1000 l) im Freien.
13	MeBr	Lagerung von druckverflüssigtem Methylbromid (Brommethan) in ortsbeweglichen ADR/RID-Druckgefäßen (→ Gasflaschen, 1000 l-Druckfass, Füllmasse: 1070 kg) im Freien.
14	(Verflüssigte) entzündbare Gase inkl. EO, C ₂ H ₂ und H ₂	Lagerung von und Umgang mit (verflüssigten) entzündbaren Gasen inkl. Ethylenoxid, Acetylen und Wasserstoff.
15	AK I/AK II-Flüssigkeiten	Lagerung von und Umgang mit Flüssigkeiten, welche in die KAS-18-Abstandsklasse AK I (200 m) oder AK II (500 m) fallen, z. B. Methylhydrazin, Oxalylchlorid, Propylenoxid und Hydrazin.

2.4 Auswirkungsbetrachtungen und Abstandsbestimmung

2.4.1 Anlagentechnische Beschaffenheit und Ausrüstung

2.4.1.1 Lagerung ortsbeweglicher Transportbehälter

Die Lagerung ortsbeweglicher Transportbehälter (→ in der Regel in ADR/RID-Druckgefäßen) erfolgt entweder auf versiegelten Freiflächen (gepflasterte Flächen nördlich von Halle 3, östlich von Halle 2 und östlich der Hallen 5 und 6, im Werklageplan mit der Nr. 20 bezeichnete Flächen, siehe Anhang VI) und/oder in Lagerräumen (Raum 22, Halle 9 (überdachter Lagerbereich mit einer vollständig offenen Längsseite). Die Lagerung in ortsbeweglichen Transportbehältern umfasst im Einzelnen die gefährlichen Stoffe in Tabelle 5.



Tabelle 5: Gefährliche Stoffe,⁹ welche in Transportbehältern (→ ADR/RID-Druckgefäße) im GHC-Betriebsbereich gelagert werden; GZM-Angaben aus GHC-Informationen [25] und dem ADR/RID-Regelwerk

Nr.	Stoffbezeichnung (CAS-Nr.)	Summenformel	Nr. im Anhang I der StörfallV ⁹	Bemerkung
1	Ammoniak (7664-41-7)	NH ₃	2.5 / 1.1.2	GZM _{typisch} : Druckfass mit 530 kg, GZM _{1000 l} : 540 kg, GHC-Ventildurchgang: 12 mm
2	Bortrichlorid (10294-34-5)	BrCl ₃	1.1.2	GZM _{typisch} : Druckfass mit 1070 kg, GZM _{1000 l} : 1190 kg, GHC-Ventildurchgang: 7/12 mm
3	Bortrifluorid (7637-07-2)	BrF ₃	2.12 / 1.1.2	GZM _{typisch} : Gasflasche mit 43 kg, GZM _{150 l} : 129 kg, GHC-GHC-Ventildurchgang: 7 mm
4	Brommethan (74-83-9)	CH ₃ Br	1.1.2	GZM _{typisch} : Druckfass mit 1300 kg, GZM _{1000 l} : 1510 kg, GHC-Ventildurchgang: 12 mm
5	Bromwasserstoff (10035-10-6)	HBr	1.1.2	GZM _{typisch} : Druckfass mit 1500 kg, GZM _{1000 l} : 1510 kg, GHC-Ventildurchgang: 7 mm
6	Carbonyldichlorid (75-44-5)	CCl ₂ O	2.23 / 1.1.1	GZM _{typisch} : Druckfass mit 1000 kg, GZM _{1000 l} : 1230 kg, GHC-Ventildurchgang: 7 mm
7	Chlor (7782-50-5)	Cl ₂	2.16 / 1.1.2	GZM _{typisch} : Druckfass mit 1000 kg, GZM _{1000 l} : 1250 kg, GHC-Ventildurchgang: 12 mm
8	Chlorwasserstoff (7647-01-0)	HCl	1.1.2	GZM _{typisch} : Druckfass mit 670 kg, GZM _{1000 l} : 740 kg, GHC-Ventildurchgang: 7 mm
9	Dichlorsilan (4109-96-0)	SiH ₂ Cl ₂	1.1.2	GZM _{typisch} : Gasflasche mit 54 kg, GZM _{150 l} : 162 kg, GHC-Ventildurchgang: 7 mm
10	Distickstoff-tetroxid (10544-72-6)	N ₂ O ₄	1.1.1	GZM _{typisch} = GZM _{1000 l} : Druckfass mit 1300 kg und 2 bar N ₂ -Überdruck oder 1000 kg und 10 bar N ₂ -Überdruck, GHC-Ventildurchgang: 7 mm

⁹ in Bezug auf Gesundheitsgefahren durch luftgetragene Schadstoff-Wolken im Freisetzungsfall



Nr.	Stoff-bezeichnung (CAS-Nr.)	Summen-formel	Nr. im Anhang I der StörfallV ⁹	Bemerkung
11	Ethylenoxid (75-21-8)	C ₂ H ₄ O	2.19 / 1.1.2	GZM ₁₀₀₀ I: 780 kg
12	Fluorwasserstoff (7664-39-3)	HF	1.1.1	GZM _{typisch} : Druckfass mit 330 kg, GZM ₁₀₀₀ I: 840 kg, GHC-Ventildurchgang: 7 mm
13	Hydrazin (302-01-2)	N ₂ H ₂	2.2.14 / 1.1.2	GZM _{typisch} = GZM ₁₀₀₀ I: Druckfass mit 930 kg und 2 bar N ₂ -Überdruck, GHC-Ventildurchgang: 7 mm
14	Kohlenmonoxid (630-08-0)	CO	1.1.2	GZM _{typisch} : Flaschenbündel mit 12 50 Liter-Gasflaschen (Fülldruck: 200 barü), GHC-Ventildurchgang: 7 mm
15	Methylhydrazin (60-34-4)	CH ₆ N ₂	1.1.1	GZM _{typisch} = GZM ₁₀₀₀ I: Druckfass mit 800 kg und 2 bar N ₂ -Überdruck oder 700 kg und 10 bar N ₂ -Überdruck, GHC-Ventildurchgang: 7 mm
16	Oxalylchlorid (79-37-8)	C ₂ Cl ₂ O ₂	1.1.2	GZM _{typisch} : Druckfass mit 1200 kg, GZM ₁₀₀₀ I: 1360 kg
17	Propylenoxid (75-56-9)	C ₃ H ₆ O	2.37 / 1.1.2	GZM ₁₀₀₀ I: 747 kg
18	Schwefeldioxid (7446-09-5)	SO ₂	1.1.2	GZM _{typisch} : Druckfass mit 1070 kg und 3-4 bar N ₂ -Überdruck, GZM ₁₀₀₀ I: 1230 kg, GHC-Ventildurchgang: 12 mm
19	Schwefelwasserstoff (7783-06-4)	H ₂ S	2.41 / 1.1.2	GZM _{typisch} : Druckfass mit 600 kg, GZM ₁₀₀₀ I: 670 kg, GHC-Ventildurchgang: 12 mm
20	Stickstoffmonoxid (10102-43-9)	NO	1.1.1	GZM: Flaschenbündel mit 12 50 Liter-Gasflaschen (Fülldruck: 30 barü), GHC-Ventildurchgang: 7 mm

Einige der in Tabelle 5 aufgeführten Stoffe werden nur in speziell dafür vorgesehenen Bereichen gelagert werden (gemäß Kap. 3.1.1.5 im allgemeinen Teil des Sicherheitsberichts [26] (Teil 1 – Modul 0)):

- Phosgen, Bortrifluorid und Fluorwasserstoff in einem separaten Lagerraum (siehe Abschnitt 2.4.1.7).
- Ethylenoxid im Lager in Halle 3 oder auf Freiflächen.



- Methylbromid (Brommethan), Bortrichlorid und Distickstofftetroxid in Halle 6.
- Propylenoxid in Halle 9.
- Hydrazin und Monomethylhydrazin in Halle 9 oder in Brandschutzcontainern.
- Oxalylchlorid in Wasserschutzcontainern oder Halle 9.

Die Lagerflächen für alle weiteren (Störfall-)Stoffe, denen kein separater Bereich zugewiesen ist, sind:

- Lager in Halle 1,
- Freilager bei Halle 3,
- überdachtes Freilager Halle 6,
- Freilager bei Halle 7,
- Freilager zwischen Halle 6 und Halle 8.

2.4.1.2 Schwefeldioxid-Anlage

Die Schwefeldioxid-Anlage besteht aus den nachfolgende Betriebseinheiten:

- EKW-Entleerungsstation (eingehauste Anlage) nördlich von Halle 7,
- Schwefeldioxid-Lagerbehälter (Druckbehälter, Nr. 13 im Lageplan im Anhang VI) im Tanklager 2 (Freianlage),
- Füllraum für Schwefeldioxid (inkl. Restgasentleerung) für Druckgasfässer und -flaschen in Halle 7.

Schwefeldioxid (SO_2) wird über Eisenbahnkesselwagen (EKW) angeliefert. Dabei wird ein EKW über eine DN 40-Schlauch- und Entladeleitung an die stationäre Lageranlage angeschlossen und mittels komprimiertem, gasförmigem SO_2 in den Lagerbehälter gedrückt (Kompressionsdruck: auf 3,7 barü). Die Entleerung des Lagerbehälters zu der Füllanlage (Halle 7) geschieht mittels einer dauerhaft technisch dichten Pumpe über eine DN 50/DN40-Rohrleitung (Teilverlauf auf Rohrbrücke im Freien).

2.4.1.3 Füllanlagen für korrosive Gase (HBr, HCl, BCl_3 , BF_3)

Brom- und Chlorwasserstoff werden in Halle 7 aus ortsbeweglichen Druckfässern (HCl: max. 670 kg je Druckfass ($\text{GZM}_{\text{typisch}}$), HBr: 1500 kg je Druckfass ($\text{GZM}_{\text{typisch}}$)) in ortsbewegliche Gasflaschen umgefüllt, wobei die Druckdifferenz für die Umfüllung über einen Kältegradienten oder durch Kompressoren erzeugt wird.

Bortrichlorid und Bortrifluorid werden in separaten Füllräumen in Halle 7 aus ortsbeweglichen Druckgefäßen (BCl_3 : max. 1070 kg je Druckfass ($\text{GZM}_{\text{typisch}}$), BF_3 : 43 kg je Gasflasche ($\text{GZM}_{\text{typisch}}$)) in ortsbewegliche Druckgefäße umgefüllt. Bortrichlorid (druckverflüssigt) wird nach dem gravimetrischen Füllprinzip durch Umdrücken mit Stickstoff umgefüllt, während Bortrifluorid (gasförmig verdichtet) manometrisch umgefüllt wird.



Die Umfüllleitungen für korrosive Gase bestehen aus mehreren Leitungsabschnitten und weisen die maximale Nennweite von DN 25 auf. Zur Lagerung der ortsbeweglichen Transportbehälter (ADR/RID-Druckgefäße) siehe Abschnitt 2.4.1.1.

2.4.1.4 Ammoniak-Anlage

Die Ammoniak-Anlage besteht aus den nachfolgende Betriebseinheiten:

- EKW/TKW/STZ/TC-Entleerungsstation (Freianlage) vor Halle 3,
- Ammoniak-Lagerbehälter (Druckbehälter, Lagerkapazität: 28 t, Nr. 9 im Lageplan im Anhang VI) im Tanklager 1 (Freianlage),
- Füllraum für Ammoniak (inkl. Restgasentleerung) für Druckgasfässer und -flaschen in Halle 5.

Ammoniak wird über Eisenbahnkesselwagen (EKW) angeliefert. Dabei wird ein EKW über eine DN 40-Schlauch- und Entladeleitung an die stationäre Lageranlage angeschlossen und über eine dauerhaft technisch dichte Pumpe in den Lagerbehälter gepumpt. Um einer Kavitation in der Entladepumpe vorzubeugen, wird der Druck im Kesselwagen mittels eines Kompressors auf 2 barü erhöht.

Die Ammoniak-Lagerung in dem Lagerbehälter erfolgt im Überdruck (Sattdampfdruck) unter Luftausschluss. Die Entnahme aus dem Lagerbehälter geschieht über eine dauerhaft technisch dichte Pumpe. Die Transfervorgänge zwischen EKW-Entleerungsstation, Lagerbehälter und Halle 5 geschieht über Rohrleitungen und Rohrbrücke.

2.4.1.5 Füllanlagen für gefährliche Flüssigkeiten sowie die Anlage zur Aufreinigung von Hydrazin

Die Füllanlagen für gefährliche Flüssigkeiten Oxalylchlorid, Hydrazin und Methylhydrazin werden in der Halle 2 bzw. Halle 5 betrieben und sind somit eingehaust. Die Umfüllvorgänge erfolgen aus ortsbeweglichen Transportbehältern (z. B. Stahlfass mit Spundloch) in andere, in der Regel größere ortsbewegliche Transportbehälter (→ ADR/RID-Druckgefäß). Die Druckdifferenz für die Umfüllung wird über eine dauerhaft technisch dichte Pumpe erreicht. Die Umfüllleitungen für Oxalylchlorid und Methylhydrazin haben die maximale Nennweite von DN 15. Zu den größten zusammenhängenden Mengen (GZM) der ortsbeweglichen Transportbehälter siehe Tabelle 5.

Im östlichen Teil der Halle 5 ist weiterhin die Anlage zur Aufreinigung und Umfüllung von Hydrazin errichtet. Die Prozesse zur Hydrazin-Aufreinigung erfolgen bei Normal- oder Unterdruckbedingungen. Die in der Anlage gehandhabte Hydrazin-Menge beträgt ca. 3.000 kg, wobei die GZM ca. 500 kg beträgt; Leitungen, die Hydrazin führen, haben die maximale Nennweite von DN 25. Störungsbedingte Stofffreisetzungen können gemäß AwSV/TRwS-Anforderungen vollständig im Raum zurückgehalten werden.



2.4.1.6 Füllanlage mit destillativer Reinigung von Distickstofftetroxid

Die Füllanlage mit destillativer Reinigung von Distickstofftetroxid wird am nördlichen Ende der Halle 1 betrieben und ist somit eingehaust. Die Reinigung von Distickstofftetroxid (N₂O₄) erfolgt mittels einer Normaldruck-Destillation, wobei das Distickstofftetroxid aus einem ortsbeweglichen Transportbehälter (Druckfass) mittels Stickstoff-Überdruck in die Destillationskolonne gedrückt wird. Das gereinigte Distickstofftetroxid wird nach der Kondensation gravimetrisch in einen ortsbeweglichen Transportbehälter (→ ADR/RID-Druckgefäß) gefüllt. Die N₂O₄-führenden Rohrleitungen haben die maximale Nennweite von DN 25. Zu den größten zusammenhängenden Mengen (GZM) der ortsbeweglichen Transportbehälter siehe Tabelle 5.

Störungsbedingte Stofffreisetzungen können gemäß AwSV/TRwS-Anforderungen vollständig im Raum zurückgehalten werden.

2.4.1.7 Lagerraum für bestimmte giftige Stoff

Die akut toxischen Stoffe „Phosgen“, „Bortrifluorid“ und „Fluorwasserstoff“ werden laut Sicherheitsbericht [26] in ortsbeweglichen Transportbehältern in einem separaten Lagerraum in Halle 1 gelagert (Nr. 22 im Lageplan im Anhang VI), es finden hierbei keine Umfüllvorgänge statt. Der Umschlag / Verladung der ortsbeweglichen Transportbehälter findet im Freien statt (durch innerbetrieblichen Transport vom Lagerraum zum LKW oder umgekehrt). Die Lagerung im Lagerraum umfasst die ortsbeweglichen Transportbehälter in Tabelle 6.

Tabelle 6: Akut toxische Stoffe, welche in Transportbehältern (→ ADR/RID-Druckgefäße) in einem separaten Lagerraum in Halle 1 gelagert werden, GZM-Angaben aus GHC-Informationen [25] und dem ADR/RID-Regelwerk

Stoffbezeichnung (CAS-Nr.)	Summenformel	Nr. im Anhang I der StörfallIV	Bemerkung
Carbonyldichlorid / Phosgen (7664-41-7)	CCl ₂ O	2.32 / 1.1.1	GZM _{typisch} : Druckfass mit 1000 kg, GZM _{1000 l} : 540 kg, GHC-Ventildurchgang: 7 mm
Bortrifluorid (7637-07-2)	BF ₃	2.12 / 1.1.2	GZM _{typisch} : Gasflasche mit 43 kg, GZM _{150 l} : 129 kg, GHC-Ventildurchgang: 7 mm
Fluorwasserstoff (7664-39-3)	HF	1.1.1	GZM _{typisch} : Druckfass mit 330 kg, GZM _{1000 l} : 840 kg, GHC-Ventildurchgang: 7 mm

2.4.1.8 Methylbromid-Anlage

Die Methylbromid-Anlage besteht aus den nachfolgende Betriebseinheiten:

- EKW/TKW/STZ/TC-Entleerungsstation (eingehauste Anlage) nördlich von Halle 7,



- Füllraum für Methylbromid (inkl. Restgasentleerung) für Druckgasfässer und –flaschen in Halle 7.

Methylbromid (MeBr) wird über Eisenbahnkesselwagen (EKW), Tankkraftwagen (TKW), Straßentankzüge (STZ) oder Tankcontainer (TC) angeliefert. Dabei wird ein EKW/TKW/STZ/TC über eine DN 40-Schlauch- und Entladeleitung an die stationäre Füllanlage in Halle 7 angeschlossen. Die Entleerung erfolgt direkt in ortsbewegliche Transportbehälter (ADR/RID-Druckgefäße) mittels Stickstoffdruck (bis zu 7 barü) und einer dauerhaft technisch dichten Pumpe (Arbeitsdruck: bis zu 6 barü). Ein Teil der DN 40-Entladeleitung verläuft im Freien (Teilverlauf auf Rohrbrücke im Freien).

2.4.2 Sachstand und Randbedingungen zu den Szenarien

Es werden dieselben anlagentechnischen Randbedingungen wie im TÜV Nord-Gutachten [45] zugrunde gelegt. Im Einzelnen heißt dies:

- Die Stofffreisetzung wird – mit Ausnahme des Lagerraums in Halle 1 für Phosgen, Flurwasserstoff und Bortrifluorid – im Freien angenommen.
- Außerhalb von versiegelten Lagerflächen wird der Ansatz einer größeren Lachenhöhe (konkret: 30 mm) verwendet, die durch die starke Strukturierung des Geländes (→ geneigte befestigte Flächen, viele Bodeneinläufe, teilweise Kiesbetten) begründet werden kann.
- Auf den befestigten Lagerflächen für ADR/RID-Druckgefäßen liegen dieselben Randbedingungen wie im KAS-18-Leitfaden [32] ohne Detailkenntnisse vor, insbesondere ebener gepflasterter Untergrund (→ Lachenhöhe: 5 mm, Betonsteinpflaster) sowie Windgeschwindigkeit von 3 m/s bzw. 2,2 m/s. Damit kann – bei im KAS-18-Leitfaden untersuchten Stoffen – teilweise auch der Achtungsabstand ohne Detailkenntnisse als angemessener Sicherheitsabstand (mit Detailkenntnissen) herangezogen werden.
- Bei der Übernahme von Ammoniak aus einem Eisenbahnkesselwagen liegt der Druck durch Aufdrücken des Eisenbahnkesselwagens mittels eines Kompressors um ca. 2 bar höher als der Dampfdruck.
- Leckflächen > 490 mm² an Anlagenteilen, welche akut toxische Stoffe (Kat. 1...3) führen, bzw. das Versagen von Rohrleitungen, welche akut toxische Stoffe (Kat. 1...3) führen und eine Nennweite größer DN 25 aufweisen, werden als zu unwahrscheinlich für die Raumplanung erachtet (Konvention nach SFK/TAA-GS-1-Leitfaden [44] und nach KAS-18-Leitfaden [32]).



Aufgrund der eingehausten Errichtung der Füllanlagen für die gefährlichen Gase und Flüssigkeiten sowie für Aufreinigungsanlagen (z. B. für Distickstofftetroxid und Hydrazin) sowie der oben beschriebenen Verfahrensbedingungen (→ Unter- oder Normaldruck-Prozesse) sind Stofffreisetzungen im Freien in Bezug auf die Raumplanung gefahrenabdeckend, z. B. Freisetzungsszenarien beim innerbetrieblichen Transport im Freien oder auf den Lagerfreiflächen. Im Einzelnen kann dies wie folgt begründet werden: Bei einem Stoffaustritt im Raum erfolgt keine unmittelbare Schadstoffdampf-Freisetzung in die Atmosphäre, und es tritt auch keine sofortige Nachbarschaftsgefährdung ein. Zum einen liegen im Gebäude keine Bedingungen vor, welche eine Lachenverdunstung (bei druckverflüssigten Gasen und Flüssigkeiten) begünstigen (→ Schutz vor Wind- und Sonneneinwirkung). Zum anderen tritt der Schadstoffdampf erst verzögert durch den Raumlufwechsel ins Freie aus (→ Retentionswirkung von Gebäuden).

Das Auftreten eines 490 mm²-Lecks an der flüssigkeitsführenden Wandung von passiv gelagerten ADR/RID-Druckgefäßen (→ Gasflaschen, Druckfässer, Flaschenbündel) wird als zu unwahrscheinlich für die Raumplanung erachtet (insbesondere im Freien):

- Hohe mechanische Stabilität des Druckgefäßes gemäß Anforderungen aus dem Gefahrgutrecht / ADR/RID.
- Es befinden sich keine DN 25-Anschlüsse am Druckgefäß, die im Falle einer mechanischen Einwirkung einen 490 mm²-Querschnitt freigeben würden.
- Die Druckgefäß-Ventile/-anschlüsse sind während der Anlieferung, der Einlagerung und des innerbetrieblichen Transports zu/von den Füllanlagen durch eine Schutzhaube geschützt. Diese wird erst entfernt, wenn die Druckgefäße in den Anlagenräumen angeschlossen werden. Das heißt, beim Handling der Druckgefäße im Freien sind diese gegen mechanische Einwirkungen geschützt. Selbst bei einem dennoch unterstellten, sehr unwahrscheinlichen Ventilabriss im Freien bewegen sich die dabei zu erwartenden Leckflächen im Bereich zwischen 38,5 mm² (Ventil-Durchgangsbohrung: 7 mm) und 113 mm² (Ventil-Durchgangsbohrung: 12 mm, z. B. Druckgefäße für Chlor und SO₂) und somit weit unterhalb der 490 mm²-Leckfläche gemäß KAS-18-Konvention.

Vor diesem Hintergrund werden die Minimalleck-Annahme von 80 mm² und die daraus resultierende Gefährdungssituation als angemessen und ausreichend konservativ für die Raumplanung erachtet.

Ungeachtet dessen wird für die beiden besonders abstandbestimmenden Stoffe „Schwefeldioxid“ und „Chlor“ zusätzlich die Leckfläche von 113 mm² (Ventil-Durchgangsbohrung: 12 mm) ergänzend betrachtet.

2.4.3 Auswirkungen der Stofffreisetzung

2.4.3.1 Freisetzungsrates von Flüssigkeiten und druckverflüssigten Gasen sowie Verdampfungsrates aus einer Lache

Die Freisetzungsrates von Flüssigkeiten (Flüssigphase) aus einem Leck kann mit Hilfe der Bernoulli-Gleichung ermittelt werden:

$$\dot{m}_f = C_D \cdot A \cdot \sqrt{2 \rho (p_0 - p_u)} \quad (1)$$



Dabei sind:

- C_D : 0,62 bei scharfkantiger, runder Öffnung, gemäß Kap. 3.2 in KAS-18 [32]
- A : Leckfläche / Fläche der Austrittsöffnung: z. B. 490 mm² (Konventionsleck nach KAS-18) bzw. 80 mm² (KAS-18-Mindestleck)
- ρ : Dichte der Flüssigphase im stoffumschließenden Anlagenteil bei Prozesstemperatur
- p_u : Umgebungsdruck: 1013,25 mbar, abs.
- p_0 : Prozessdruck vor dem Leck (Dampfdruck bei einem verflüssigten Gas, KAS-18-Konvention: $p_u + \text{mind. } 2 \text{ bar}$)

Wird ein druckverflüssigtes Gas über die Lecköffnung als Freistrahл entspannt, so wird ein Teil der Flüssigkeit infolge der latenten Verdampfungswärme spontan verdampfen (→ Flash-Anteil). Dieser Anteil f_v lässt sich über folgende Formel berechnen:

$$f_v = 1 - \exp\left(-\frac{c_{p,l}}{\Delta h_v} (T_{Pr} - T_s)\right) \quad (2)$$

Dabei sind:

- T_{Pr} : Prozesstemperatur, 20 °C nach KAS-18-Konvention
- T_s : Siedepunkt des Gases, z. B. bei Ammoniak: -33 °C
- $c_{p,l}$: mittlere spezifische Wärmekapazität des flüssigen Gases über den Temperaturbereich T_s bis T_{Pr} , z. B. bei Ammoniak: $\approx 4,6 \text{ kJ}/(\text{kg K})$
- Δh_v : mittlere spezifische Verdampfungsenthalpie des flüssigen Gases über den Temperaturbereich T_s bis T_{Pr} , z. B. bei Ammoniak: $\approx 1.264 \text{ kJ}/(\text{kg K})$

Für die hier betrachteten abstands-auslösenden, druckverflüssigten Gase errechnen sich die Flash-Anteile in Tabelle 3.

Tabelle 7: Flash-Anteile für abstands-auslösende druckverflüssigte Gase im GHC-Betriebsbereich, Berechnung mit dem Programm ProNuSs [41], Referenztemperatur: 20 °C

Druckverflüssigtes Gas (CAS-Nr.)	Flash-Anteil bei Freisetzung	Bemerkung
Ammoniak (7664-41-7)	17,2 %	17,4 % (eigene Berechnung nach Gl. (2))
Bortrichlorid (10294-34-5)	3,6 %	
Brommethan (74-83-9)	5,2 %	
Bromwasserstoff (10035-10-6)	28,5 %	
Chlor (7782-50-5)	16,8 %	
Chlorwasserstoff (7647-01-0)	42,1 %	



Druckverflüssigtes Gas (CAS-Nr.)	Flash-Anteil bei Freisetzung	Bemerkung
Dichlorsilan (4109-96-0)	4,6 %	
Ethylenoxid (75-21-8)	3,2 %	
Carbonyldichlorid / Phosgen (75-44-5)	5,0 %	
Schwefeldioxid (7446-09-5)	10,2 %	
Schwefelwasserstoff (7783-06-4)	28,9 %	

Neben der Spontanverdampfung wird die Flüssigphase aufgrund der mechanischen Wechselwirkung zwischen Flüssigphase und schlagartig entstehenden Dampfblasen sowie zwischen bewegtem Freistrahler und Atmosphäre in Tröpfchen zerstäubt / versprüht. Im Rahmen des Gutachtens wird davon ausgegangen, dass der Freistrahlerimpuls frühzeitig abgebremst wird und keine Zerstäubung und (Freistrahler-)Nachverdampfung von Flüssigphase erfolgt. Dies entspricht auch der KAS-18-Konvention: Danach wird als Emissionsmassenstrom der Flash-Anteil zuzüglich der Verdampfungsrate aus der Lache, die sich aus der auf den Boden niedergegangenen Flüssigphase gebildet hat, zugrunde gelegt. Das heißt, dass:

- der Flash-Anteil des Freisetzungsmassenstromes spontan als Dampf emittiert und
- der restliche Massenstrom eine tiefkalte Lache auf dem Boden bildet, woraus zeitversetzt weiterer Schadstoff nachverdampft.

Die Emissionsrate aus einer verdunstenden Lache (→ Lachentemperatur unterhalb des Siedepunkts) bzw. aus der tiefkalten, am Siedepunkt befindlichen Lache wird mittels der Methodik in Kap.1.1 im Anhang 3 des KAS-18-Leitfadens bzw. mit dem Programm ProNuSs [41] / [42] berechnet. Tabelle 8 fasst die zugrunde gelegten Randbedingungen und Eingangsparameter zusammen.

Tabelle 8: Parameter für die Ausbreitung und die Verdunstung aus einer sich ausbreitenden LUP-relevanten Flüssigkeit

Parameter	Wert	Bemerkung
Produkt-/Umgebungs-/ Bodentemperatur	20°C	KAS-18-Konvention
Lachenausbreitung / Maximale Lachenfläche	ungehindert	
Bodenuntergrund	Beton	
minimale Lachenhöhe	innerhalb der Lagerflächen: 5 mm (Beton/Pflastersteine) außerhalb der Lagerflächen: 30...50 mm (Erdreich – grobkiesig)	zur Lachenausbreitung auf stark strukturiertem Gelände siehe Kap. 4.3.1 und 4.3.2 des TÜV Nord-Gutachtens [32]
Windgeschwindigkeit	3 m/s / 2,2 m/s	siehe Abschnitt 2.2



Parameter	Wert	Bemerkung
Stoffübergangsmodell	Mackay / Matsugu	KAS-18-Konvention
Lachenausbreitungsmodell	Briscoe / Shaw	KAS-18-Konvention für eine transiente Betrachtung
Sonneneinstrahlung	1 kW/m ²	KAS-18-Konvention; im TÜV Nord-Gutachtens [32] wurde als statistischer Mittelwert 0,125 kW/m ² zugrunde gelegt.

2.4.3.2 Freisetzungsrate bei Gasen

Bei der Gasentspannung aus einem ADR/RID-Druckgefäß bzw. einem Druckbehälter kann der Freisetzungsmassenstrom q_m unter Zugrundelegung der Gesetzmäßigkeiten einer adiabatisierten Gasexpansion mit folgender Gleichung berechnet werden (siehe u. a. Kap. 3.1 im DECHEMA-Statuspapier [12]):

$$q_m = C_D \cdot A \cdot \Psi_0 \sqrt{2 \cdot p_0 \cdot \rho_0} \quad (3)$$

mit der Ausflussfunktion Ψ_0 :

$$\Psi_0 = \sqrt{\frac{\kappa}{\kappa-1}} \sqrt{\left(\frac{p_a}{p_0}\right)^{\frac{2}{\kappa}} - \left(\frac{p_a}{p_0}\right)^{\frac{\kappa+1}{\kappa}}}, \text{ für unterkritische Druckverhältnisse: } \frac{p_0}{p_a} < \left(\frac{\kappa+1}{2}\right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} \quad (4)$$

$$\Psi_0 = \sqrt{\frac{\kappa}{\kappa+1}} \left(\frac{2}{\kappa+1}\right)^{\frac{1}{\kappa-1}}, \text{ für kritische Druckverhältnisse: } \frac{p_0}{p_a} \geq \left(\frac{\kappa+1}{2}\right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} \quad (5)$$

Dabei sind:

- C_D : Ausflussziffer (discharge coefficient): typischerweise 0,7
- A : Leckfläche / Fläche der Austrittsöffnung, z. B. 38,5 mm² (für $d_0 = 7$ mm)
- p_0 : Druck im Druckgerät/Druckbehälter/Druckgefäß
- p_a : Umgebungsdruck: 1,013 bar, abs.
- ρ_0 : Gasdichte im Druckgerät/Druckbehälter/Druckgefäß
- κ : Isentropenexponent: z. B. 1,4 bei NO, siehe z. B. Anhang D in DIN EN 60534-2-1 [14]

Der Freisetzungsmassenstrom ist anfangs am höchsten und sinkt aufgrund des Druckabbaus sowie aufgrund der expansionsbedingten Gasabkühlung mit der Zeit ab. Für die adiabatisierte Entspannung eines vollen ADR/RID-Druckgefäßes (1000 l, Fülldruck: 33 barü) mit Stickstoffmonoxid (NO) ist beispielhaft der zeitliche Verlauf in Bild 4 dargestellt.

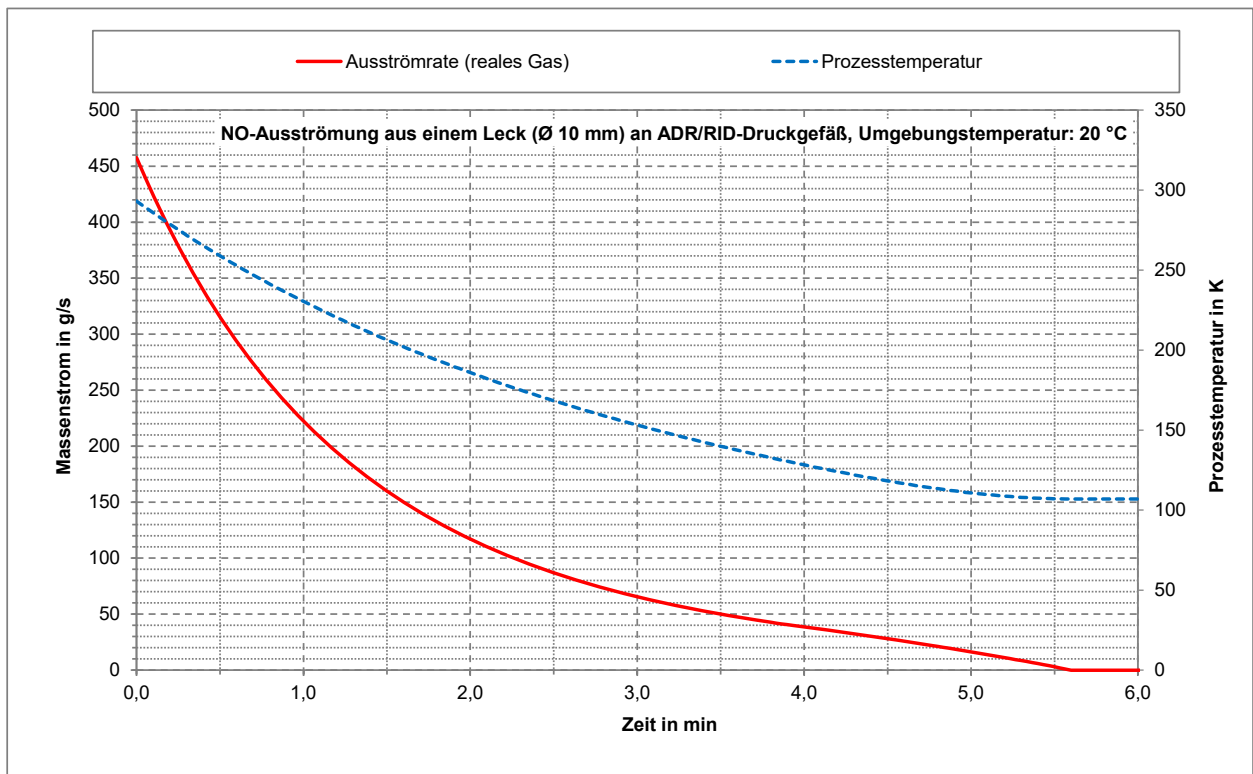


Bild 4: Zeitlicher Verlauf der Entspannung eines ADR/RID-Druckgefäßes (1000 l, Fülldruck: 33 barü) mit Stickstoffmonoxid, Entspannungsquerschnitt: 80 mm²

2.4.3.3 Ausbreitung der Schadstoff/Luft-Wolke

Die aus einer Lache verdampfenden bzw. verdunstenden Dämpfe weisen in der Regel Molekulargewichte größer als 30 kg/kmol auf, so dass sich ausbreitende Dämpfe Schwergas-Charakter haben (Molekulargewicht von Luft: ca. 29 kg/kmol). In diesem Zusammenhang heißt es auf Seite 33/34 der VDI 3783, Blatt 2 [48]: „So sind laut Abschnitt 2 alle Freisetzungen, bei denen $\Delta\rho/\rho_a > 0,16$ und gleichzeitig $V_0 > 0,1 \text{ m}^3$ bzw. $\dot{V}_0 > 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ ist, als schwere Gase zu behandeln. Alle Gase mit $0 < \Delta\rho/\rho_a \leq 0,16$ werden deshalb nicht als schwere Gase behandelt, da ihre Eigendynamik gering ist. Störfälle mit diesen Gasen sind daher nach Richtlinie VDI 3783 Blatt 1 zu berechnen...

Bei Störfällen mit kleinen Mengen schwerer Gase mit $\Delta\rho/\rho_a > 0,16$ wird die Ausbreitung nur bis zu einer relativ geringen Entfernung von der Quelle durch Schwereeffekte geprägt. Approximativ werden deshalb alle Störfälle, bei denen bereits 10 bis 20 m von der Quelle entfernt die Gaskonzentrationen unter 1% ihrer Anfangskonzentrationen abgefallen sind, nach der Richtlinie VDI 3783 Blatt 1 berechnet. Durch diese Vereinfachung wird sichergestellt, daß zum einen nur relevante Schwergasmengen als solche behandelt werden und zum anderen die Konzentrationen in Fällen, die gerade noch nach Blatt 1 gerechnet werden müssen, ähnlich liegen wie bei Fällen, die gerade schon nach Blatt 2 zu berechnen sind.“



Vor diesem Hintergrund wird – konservativ und sofern $\dot{V}_0 > 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ – eine Schwergasausbreitung im Nahfeld der Lache mit Hilfe der VDI 3783, Blatt 2 [48] (impulsfreie Freisetzung) berücksichtigt bzw. berechnet. Hierfür werden nachfolgende Parameter zugrunde gelegt:

- Die Umgebungstemperatur beträgt 20 °C.
- Als Freisetzungsform wird im Programm die Option „gasförmig“ gewählt.
- Ausbreitungsgebiet (AG): „AG 19 - lockere Bebauung Typ I“ (KAS-18-Konvention).

Die Auswirkungen der weiteren Ausbreitung der Schadstoff/Luft-Wolke werden anhand von Ausbreitungsrechnungen mit Hilfe des Modells nach VDI 3783, Blatt 1 [47] (passive Neutralgas-Ausbreitung, KAS-18-Standardmodell) ermittelt.¹⁰ Alle für die Ausbreitungsrechnung verwendeten Parameter sind in Tabelle 9 zusammengestellt.

Tabelle 9: Parameter für die Ausbreitungsrechnung nach VDI 3783, Blatt 1 [47]

Parameter	Werte	Bemerkung
Leckstelle	im Freien	
Emissionsdauer	1800 s (30 min)	KAS-18-Konvention
Quellgeometrie	Flächenquelle oder Punktquelle (Schwergasausbreitung)	
Quellhöhe	1,2 m	bodennah
Aufpunkthöhe	2 m	bodennah
Rauhigkeitsklasse / Rauhigkeitslänge z_0	5 / 1,2 m	industrielle Bebauung, urbanes Gelände, KAS-18-Konvention
Aufpunkthöhe	2 m	
Ausbreitungsklasse (TA Luft)	III/1 / III/2	KAS-18-Konvention
Windgeschwindigkeit	3 m/s / 2,2 m/s	siehe Abschnitt 2.2
Inversion	nein	KAS-18-Konvention

¹⁰ Das VDI 3873-1-Modell ist - streng genommen - erst ab 100 m anwendbar. Nach Ansicht der VDI-Arbeitsgruppe „Ausbreitung von störfallbedingten Freisetzungen“ stellt die lineare Interpolation der Streuungen nach Gleichung 14 in VDI 3783, Teil 1 [47] jedoch eine vernünftige Möglichkeit zur Konzentrationsberechnung in Bereichen kleiner 100 m dar.



2.4.4 Abstandsberechnung

2.4.4.1 Anlagen und Tätigkeiten mit Ammoniak

Die Freisetzungsrate von Flüssigphase aus einem Leck wird mit Hilfe der Bernoulli-Gleichung (1) (reine Flüssigfreisetzung) berechnet, wobei zusätzlich noch der Reibungsbeiwert (ξ) nach Kap. 1.1.1 im Anhang 3 des KAS-18-Leitfadens berücksichtigt wird.¹¹ Die Freisetzungsrate aus einem 490 mm²-Leck errechnet sich zu 8,84 kg/s (Prozessdruck: 8,5 bar, abs. + 2 bar). Der Flash-Anteil beträgt ca. 1,52 kg/s (17,2 %) bzw. 1,54 kg (17,4 %, eigene Berechnung, siehe Tabelle 7). Wie bereits in Abschnitt 2.4.2 dargelegt, wird das Versagen von Rohrleitungen, welche flüssiges Ammoniak führen und eine Nennweite größer DN 25 aufweisen, als zu unwahrscheinlich für die Raumplanung erachtet (Konvention nach KAS-18-Leitfaden [32]).

Die Lachenausbreitung auf dem strukturierten Gelände ist – wie im Kap. 4.3.2 des TÜV Nord-Gutachtens [45] bereits dargelegt – behindert (\rightarrow minimale Lachenhöhe: 30 mm), hier ergibt die Berechnung für ein 490 mm²-Leck eine maximale Lachenfläche von rund 187 m² (3 m/s) bzw. 190 m² (2,2 m/s). Die Zeitverläufe der berechneten Verdampfungsraten für den Zeitraum der Stofffreisetzung sind in Bild 5 dargestellt.

¹¹ Dies erfolgt in Analogie zum KAS-18-Leitfaden und dem TÜV Nord-Gutachten [45], wengleich die physikalische Richtigkeit dieses Ansatzes zweifelhaft ist. Dies äußert sich auch im Anhang 3 im KAS-18-Leitfaden [32], darin heißt es im Einzelnen: „Für die vorliegenden Berechnungen wird eine Ausflusszahl von 0,62 angenommen und eine mögliche Flüssigkeitssäule oberhalb der Freisetzungsstelle nicht berücksichtigt. Nach Sichtung weiterer Literatur ist bei den neuen Berechnungen für Acrolein und Chlorwasserstoff der Reibungsbeiwert nicht mehr berücksichtigt worden ($\xi = 0$).“ Ungeachtet dessen ist die Gleichung für den Reibungsbeiwert nach wie vor im Abschnitt 1.1.1 „Freisetzung einer Flüssigkeit“ im Anhang 3 des KAS-18-Leitfadens aufgeführt und kann auch als Konvention für die Berechnung des Austrittsmassenstroms angesehen werden, u. a. auch für Ammoniak.

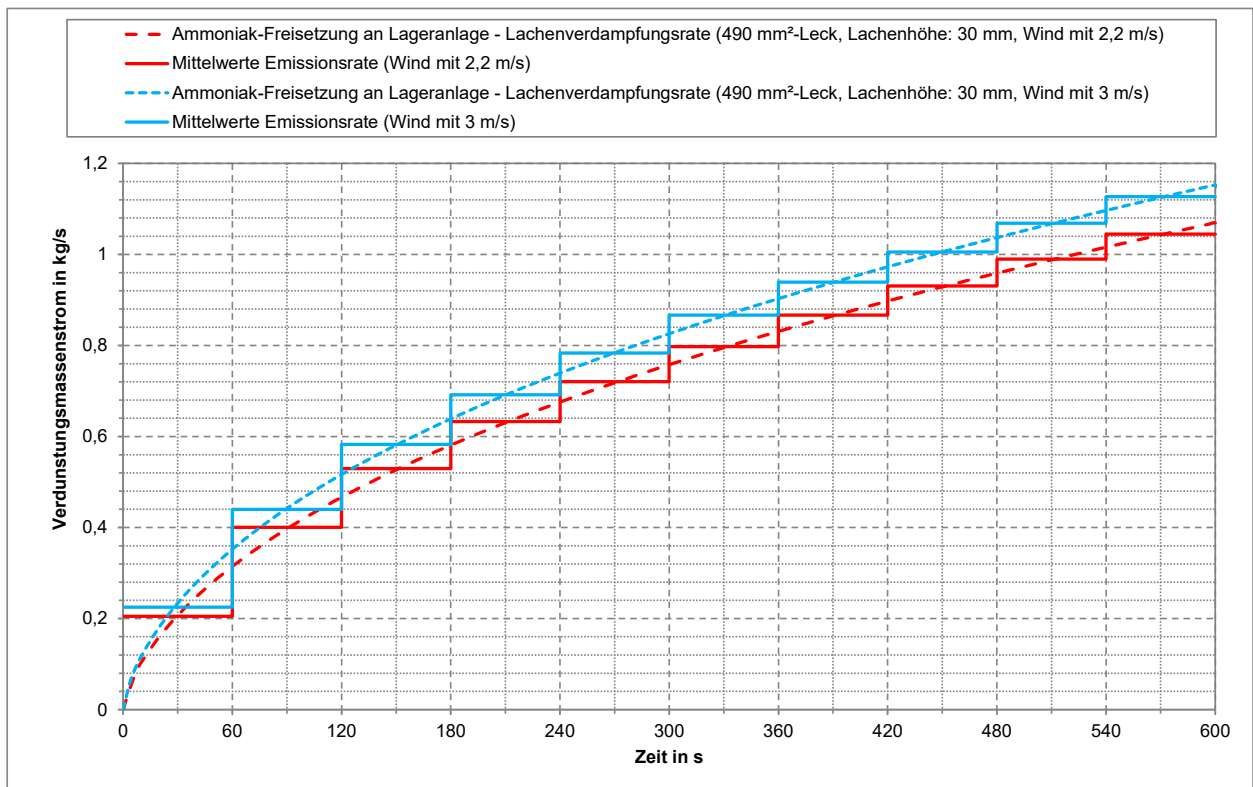


Bild 5: Verdunstungsrate aus einer tiefkalten Ammoniak-Lache im Bereich der Lageranlage (Leckgröße: 490 mm²)

Im Sinne einer ganzheitlichen Beurteilung werden zusätzlich zu der obigen Betrachtung nachfolgende „Dennoch“-Szenarien betrachtet:

- Freisetzungsszenario ohne Berücksichtigung des Reibungsbeiwert (ξ) nach Kap. 1.1.1 im Anhang 3 des KAS-18-Leitfadens. Gemäß Gleichung (1) errechnet sich für ein 490 mm²-Leck die Austrittsrate zu 10,4 kg/s und der Flash-Anteil zu 1,8 kg/s (Berechnung nach Gl. (2)). Weiterhin wird angenommen, dass die maximale Lachenfläche – aufgrund der örtlichen Situation – auf 200 m² begrenzt ist und die minimale Lachenhöhe 10 mm beträgt.¹²
- Freisetzungsszenario ohne Berücksichtigung des Reibungsbeiwert (ξ) und ohne zusätzlichen Kompressor-Überdruck von 2 barü (d. h. Austritt beim Ammoniak-Dampfdruck bei 20 °C). Gemäß Gleichung (1) errechnet sich für ein 490 mm²-Leck die Austrittsrate zu 9,27 kg/s und der Flash-Anteil zu 1,61 kg/s (Berechnung nach Gl. (2)). Weiterhin wird angenommen, dass die maximale Lachenfläche – aufgrund der örtlichen Situation – auf 200 m² begrenzt ist und die minimale Lachenhöhe 10 mm beträgt.¹² Daneben wird bei der Lachenverdampfung eine realistischere Sonneneinstrahlung von 0,2 kW/m² zugrunde gelegt (siehe dazu auch Fachartikel [37]).

Insgesamt ergeben sich die Emissionsverläufe in Tabelle 10 für die szenarienbezogenen Ausbreitungsrechnungen.

¹² konservativere Annahme, da bei dieser Lachenhöhe die Lache im Zuge des Stoffaustritts schneller wächst.



Tabelle 10: Ammoniak-Emissionsverlauf für die szenarienbezogenen Ausbreitungsrechnungen – Flüssigfreisetzung an Lageranlage

Freisetzungsszenario	Emission		Bemerkung
	Dauer	Rate	
Freisetzung aus 490 mm ² -Leck <u>mit</u> Reibungsbeiwert gemäß KAS-18 und Kompressor-Druck, Wind mit 3 m/s	0 – 1 min	1,75 kg/s	Spontanverdampfung im Freisetungszeitraum: 1,52 kg/s, Mittel der Lachenverdampfung für den Freisetungszeitraum: 0,75 kg/s
	1 – 2 min	1,96 kg/s	
	2 – 3 min	2,10 kg/s	
	3 – 4 min	2,21 kg/s	
	4 – 5 min	2,30 kg/s	
	5 – 6 min	2,39 kg/s	
	6 – 7 min	2,46 kg/s	
	7 – 8 min	2,53 kg/s	
	8 – 9 min	2,59 kg/s	
	9 – 10 min	2,65 kg/s	
	10 – 30 min	0,54 kg/s	
Freisetzung aus 490 mm ² -Leck <u>mit</u> Reibungsbeiwert gemäß KAS-18 und mit Kompressor-Druck, Wind mit 2,2 m/s	0 – 1 min	1,73 kg/s	Spontanverdampfung im Freisetungszeitraum: 1,52 kg/s, Mittel der Lachenverdampfung für den Freisetungszeitraum: 0,69 kg/s
	1 – 2 min	1,92 kg/s	
	2 – 3 min	2,05 kg/s	
	3 – 4 min	2,15 kg/s	
	4 – 5 min	2,24 kg/s	
	5 – 6 min	2,32 kg/s	
	6 – 7 min	2,39 kg/s	
	7 – 8 min	2,45 kg/s	
	8 – 9 min	2,51 kg/s	
	9 – 10 min	2,56 kg/s	
	10 – 30 min	0,51 kg/s	
Freisetzung aus 490 mm ² -Leck <u>ohne</u> Reibungsbeiwert gemäß KAS-18 und <u>mit</u> Kompressor-Druck, Wind mit 3 m/s	0 – 1 min	2,29 kg/s	Spontanverdampfung im Freisetungszeitraum: 1,8 kg/s, Mittel der Lachenverdampfung für den Freisetungszeitraum: 1,1 kg/s
	1 – 2 min	2,76 kg/s	
	2 – 3 min	3,05 kg/s	
	3 – 4 min	3,27 kg/s	
	4 – 5 min	3,17 kg/s	
	5 – 6 min	3,05 kg/s	
	6 – 7 min	2,98 kg/s	
	7 – 8 min	2,93 kg/s	
	8 – 9 min	2,90 kg/s	
	9 – 10 min	2,88 kg/s	
	10 – 30 min	0,67 kg/s	
Freisetzung aus 490 mm ² -Leck <u>ohne</u> Reibungsbeiwert gemäß KAS-18 und <u>mit</u> Kompressor-Druck, Wind mit 2,2 m/s	0 – 1 min	2,22 kg/s	Spontanverdampfung im Freisetungszeitraum: 1,8 kg/s, Mittel der Lachenverdampfung für den Freisetungszeitraum: 1,0 kg/s
	1 – 2 min	2,67 kg/s	
	2 – 3 min	2,95 kg/s	
	3 – 4 min	3,15 kg/s	
	4 – 5 min	3,05 kg/s	
	5 – 6 min	2,94 kg/s	
	6 – 7 min	2,87 kg/s	
	7 – 8 min	2,83 kg/s	
	8 – 9 min	2,80 kg/s	
	9 – 10 min	2,78 kg/s	
	10 – 30 min	0,61 kg/s	
Freisetzung aus 490 mm ² -Leck <u>ohne</u> Reibungsbeiwert gemäß KAS-18 und Kompressor-Druck, Sonneneinstrahlung: 0,2 kW/m ² , Wind mit 3 m/s	0 – 1 min	2,03 kg/s	Spontanverdampfung im Freisetungszeitraum: 1,61 kg/s, Mittel der Lachenverdampfung für den Freisetungszeitraum: 1,0 kg/s
	1 – 2 min	2,44 kg/s	
	2 – 3 min	2,69 kg/s	
	3 – 4 min	2,88 kg/s	
	4 – 5 min	2,93 kg/s	
	5 – 6 min	2,79 kg/s	
	6 – 7 min	2,70 kg/s	
	7 – 8 min	2,65 kg/s	
	8 – 9 min	2,61 kg/s	
	9 – 10 min	2,59 kg/s	
	10 – 30 min	0,52 kg/s	



Freisetzungsszenario	Emission		Bemerkung
	Dauer	Rate	
Freisetzung aus 490 mm ² -Leck <u>ohne</u> Reibungsbeiwert gemäß KAS-18 und Kompressor-Druck, Sonneneinstrahlung: 0,2 kW/m ² , Wind mit 2,2 m/s	0 – 1 min	1,98 kg/s	Spontanverdampfung im Freisetzungszeitraum: 1,61 kg/s, Mittel der Lachenverdampfung für den Freisetzungszeitraum: 0,9 kg/s
	1 – 2 min	2,36 kg/s	
	2 – 3 min	2,60 kg/s	
	3 – 4 min	2,78 kg/s	
	4 – 5 min	2,82 kg/s	
	5 – 6 min	2,68 kg/s	
	6 – 7 min	2,60 kg/s	
	7 – 8 min	2,55 kg/s	
	8 – 9 min	2,52 kg/s	
	9 – 10 min	2,49 kg/s	
10 – 30 min	0,49 kg/s		

Zur Berechnung der Schwergasausbreitung wird das Modell in der VDI 3783, Blatt 2 [48] herangezogen werden. Dabei wird gemäß KAS-18-Konvention die Schwergas-Driftweite nach VDI 3783-2 für das Ausbreitungsgebiet IXX „lockere Bebauung Typ I“ (KAS-18-Konvention) betrachtet: Es wird der Kopplungspunkt, den das Berechnungsprogramm STOER [46] bei der höchsten Emissionsrate berechnet, zugrunde gelegt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 11 zusammengestellt.

Tabelle 11: Kopplungspunkte zwischen Schwergas- und Neutralgasausbreitung für das für das VDI 3783-2-Ausbreitungsgebiet IXX „lockere Bebauung Typ I“

Freisetzungsszenario	Kopplungspunkt (mittlere Ausbreitungssituation)	
	Wind mit 3 m/s	Wind mit 2,2 m/s
Freisetzung aus 490 mm ² -Leck <u>mit</u> Reibungsbeiwert gemäß KAS-18 und mit Kompressor-Druck	114 m	112 m
Freisetzung aus 490 mm ² -Leck <u>ohne</u> Reibungsbeiwert gemäß KAS-18 und <u>mit</u> Kompressor-Druck	124 m	122 m
Freisetzung aus 490 mm ² -Leck <u>ohne</u> Reibungsbeiwert gemäß KAS-18 und <u>ohne</u> Kompressor-Druck, Sonneneinstrahlung: 0,2 kW/m ²	119 m	117 m

Die Auswirkungen der weiteren NH₃-Ausbreitung werden anhand von Ausbreitungsrechnungen mit Hilfe des Modells nach VDI 3783-1 [47] (→ passive Neutralgas-Ausbreitung) ermittelt. Bild 6, Bild 7 und Bild 8 zeigen die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnung nach VDI 3783, Blatt 1 in Abhängigkeit von der Entfernung zwischen Freisetzungsort und Aufpunkt. Die Gefährdungsbereiche sind zusätzlich im Anhang IV in Luftaufnahmen dargestellt (siehe Seiten AIV-2, AIV-3 und AIV-4).

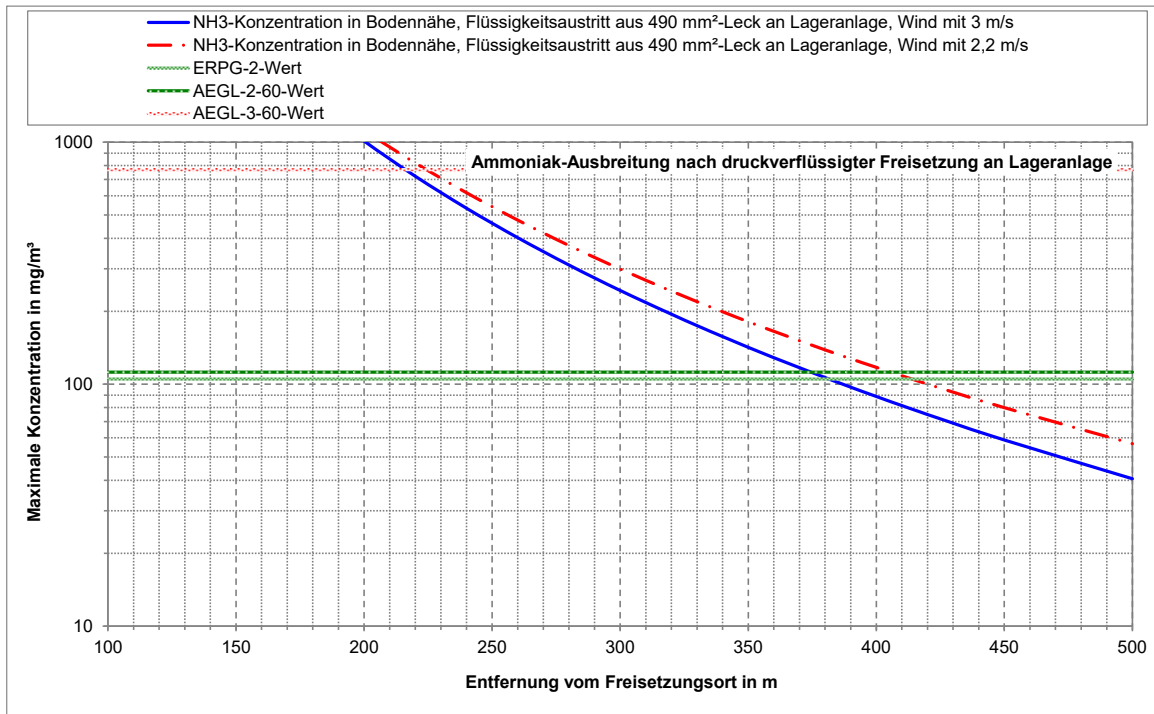


Bild 6: Maximale Ammoniak-Konzentration in Abhängigkeit von der Entfernung (Abstand vom Freisetzungsort) – Berechnung auf Basis der VDI 3783-Richtlinie mit Hilfe des Programms STOER [46] mit Reibungsbeiwert gemäß KAS-18 und Kompressor-Druck (Freisetzungsbedingungen wie im TÜV Nord-Gutachten [45])

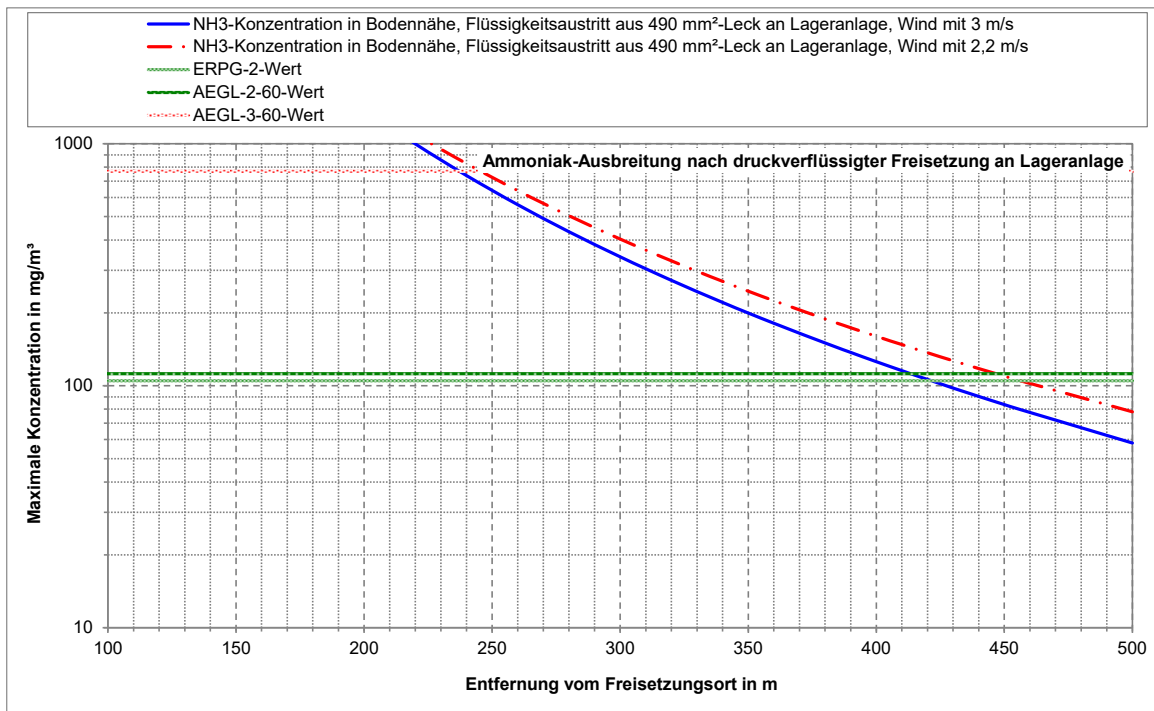


Bild 7: Maximale Ammoniak-Konzentration in Abhängigkeit von der Entfernung (Abstand vom Freisetzungsort) – Berechnung auf Basis der VDI 3783-Richtlinie mit Hilfe des Programms STOER [46] ohne Reibungsbeiwert und mit Kompressor-Druck

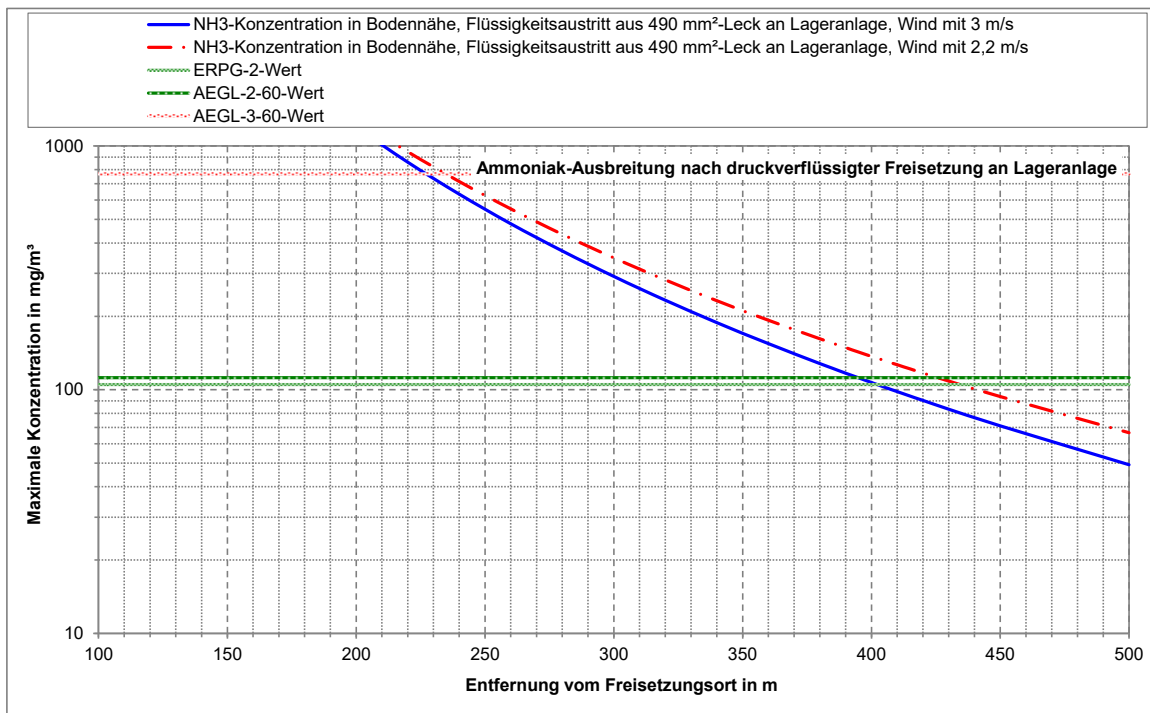


Bild 8: Maximale Ammoniak-Konzentration in Abhängigkeit von der Entfernung (Abstand vom Freisetzungsort) – Berechnung auf Basis der VDI 3783-Richtlinie mit Hilfe des Programms STOER [46] ohne Reibungsbeiwert gemäß KAS-18 und Kompressor-Druck, Sonneneinstrahlung: 0,2 kW/m²

Zunächst folgt aus Bild 6, Bild 7 und Bild 8, dass in Bezug auf evtl. letale Konzentrationen die Gefährdungsradien grundsätzlich auf Entfernungen < 240 m (3 m/s) bzw. < 250 m (2,2 m/s) beschränkt bleiben. Die raumplanungsrelevanten Gefährdungsradien in Bezug auf bleibende bzw. irreversible Gesundheitsschäden (ERPG-2-Wert, AEGL-2-60 min-Wert), die sich aus Bild 6, Bild 7 und Bild 8 herleiten lassen, sind in Tabelle 12 zusammengestellt.

Tabelle 12: Gefährdungsradien aus den betrachteten „Dennoch“-Szenarien an der Ammoniak-Lageranlage (gerundet auf ganze Zehnerstelle oder auf 5 m nach der Zehnerstelle)

Freisetzungsszenario	ERPG-2-Radius		AEGL-2-60 min-Radius		Bemerkung
	3 m/s	2,2 m/s	3 m/s	2,2 m/s	
Freisetzung aus 490 mm ² -Leck mit Reibungsbeiwert gemäß KAS-18 und mit Kompressor-Druck	380 m	415 m ¹³	375 m	405 m	Die Vergleichsrechnung mit ProNuSs [41] / [42] liefert bzgl. des ERPG-2-Radius: 380 m bzw. 410 m
Freisetzung aus 490 mm ² -Leck ohne Reibungsbeiwert gemäß KAS-18 und mit Kompressor-Druck	420 m ¹⁴	455 m ¹⁵	415 m	450 m	Werte gerundet; Die Vergleichsrechnung mit ProNuSs [42] liefert bzgl. des ERPG-2-Radius: 410 m bzw. 443 m

¹³ rechnerische Unterschreitung des ERPG-2-Wertes: 414 m

¹⁴ rechnerische Unterschreitung des ERPG-2-Wertes: 422 m

¹⁵ rechnerische Unterschreitung des ERPG-2-Wertes: 456 m



Freisetzungsszenario	ERPG-2-Radius		AEGL-2-60 min-Radius		Bemerkung	
	Wind	3 m/s	2,2 m/s	3 m/s		2,2 m/s
Freisetzung aus 490 mm ² -Leck ohne Reibungsbeiwert gemäß KAS-18 und ohne Kompressor-Druck (d. h. ausschließlich dampfdruckbedingter Überdruck)		405 m ¹⁶	435 m	395 m	425 m	Die Vergleichsrechnung mit ProNuSs [42] liefert bzgl. des ERPG-2-Radius: 392 m bzw. 423 m

Aus der Mittelung der Gefährdungsradien in Tabelle 12 wird nachfolgender Sicherheitsabstand als angemessen hergeleitet: 400 m (3 m/s) bzw. 430 m (2,2 m/s), siehe Luftaufnahme auf Seite AIV-5 im Anhang IV. Dieser Sicherheitsabstand ist hinreichend konservativ und konsistent zum TÜV Nord-Gutachten [45].

Für die passive Lagerung von abgefüllten ADR/RID-Druckgefäßen (≤ 1000 l / 540 kg) mit druckverflüssigtem Ammoniak kann als angemessener Sicherheitsabstand – wegen der vergleichbaren Randbedingungen (siehe Abschnitt 2.4.2) – zunächst der KAS-18-Achtungsabstand herangezogen werden: 180 m (aufgerundeter Wert (175 m) aus Anhang 2 im KAS-18-Leitfaden). Grundlage hiervon ist die gerechtfertigte Annahme, dass an einem passiv gelagerten Ammoniak-Druckgefäß (Druckfass) allenfalls ein Leck in der Größenordnung von 38,5...80 mm² im „Dennoch“-Störfall vorstellbar ist. Die ergänzende Detailbetrachtung zu dem „Dennoch“-Szenario „80 mm²-Leck an NH₃-Druckfass mit GZM_{max} (540 kg, Austrittsrate: 1,5 kg/s,¹⁷ Freisetzungsdauer: 360 s)“ ergibt für eine Windgeschwindigkeit von 2,2 m/s einen ERPG-2-Gefährdungsradius von 225 m.

Zusammenfassend können für die Anlagen und Tätigkeiten mit Ammoniak nachfolgende angemessene Sicherheitsabstände im Sinne von § 50 BImSchG abgeleitet werden:

Tätigkeit / Anlage	Angemessener Sicherheitsabstand im Sinne von § 50 BImSchG	
	Wind mit 3 m/s	Wind mit 2,2 m/s
Lageranlage mit ortsfestem Druckbehälter inkl. Versorgungsleitungen	400 m	430 m
Umgang mit Druckfässern mit GZM_{max} (max. 1000 l / 540 kg)	180 m	230 m

¹⁶ rechnerische Unterschreitung des ERPG-2-Wertes: 403 m

¹⁷ berechnet nach Gl. (1) in Abschnitt 2.4.3.1 (ausschließlich dampfdruckbedingter Überdruck).



2.4.4.2 Anlagen und Tätigkeiten mit Chlor und Chlorwasserstoff

Im Folgenden wird der Einfluss der passiven Lagerung von druckverflüssigtem Chlorwasserstoff oder Chlor in ortsbeweglichen ADR/RID-Druckgefäßen (→ Gasflaschen ≤ 75 l, Druckfässer bis zu mit 1000 l)¹⁸ auf den Sicherheitsabstand im Sinne von § 50 BImSchG betrachtet. Wie bereits in Abschnitt 2.4.2 dargelegt, decken diese Betrachtungen auch das Auswirkungspotenzial durch Stofffreisetzungen in der eingehausten Füllanlage für Chlorwasserstoff in Halle 7 ab (→ Retentionswirkung von Gebäuden, Schutz vor Wind- und Sonneneinwirkung mindert die Emissionsraten). Zudem werden innerhalb der Füllhalle keine anderen Druckbehälter/-gefäße eingesetzt wie auf den Freilagerflächen, d. h. die GZM ist dieselbe.

Aufgrund der begrenzten Volumina von Druckfässern und Gasflaschen ergeben sich im Allgemeinen Freisetzungszeiten, die unterhalb der KAS-18-Konvention „10-minütige Stofffreisetzung“ liegen. Dies zeigt nachfolgende Tabelle 13, wobei wieder die gerechtfertigte Annahme getroffen wird, dass an einem passiv gelagerten Druckgefäß (→ u. a. nahtlose Gasflasche, Druckfass) allenfalls ein Leck in der Größenordnung von 38,5...80 mm² im „Dennoch“-Störfall vorstellbar ist (siehe dazu Darlegungen in Abschnitt 2.4.2).

Tabelle 13: Freisetzungsraten und -zeiten bei einem Leck an einem Druckfass (mit GZM_{typisch}) und an einer 75 l-Gasflasche¹⁸ mit Chlor oder Chlorwasserstoff

Freisetzungsszenario	Werte		Bemerkung
	Chlor	HCl	
Freisetzungsraten und -dauer bei 38,5 mm ² -Leck an 1000 l-Druckfass mit GZM _{typisch} (siehe Tabelle 5)	0,97 kg/s / 600 s	1,96 kg/s / 342 s	berechnet nach Gl. (1) in Abschnitt 2.4.3.1
Freisetzungsraten und -dauer bei 80 mm ² -Leck an 1000 l-Druckfass mit GZM _{typisch} (siehe Tabelle 5)	1,7 kg/s / 588 s	4,09 kg/s / 164 s	Freisetzungsraten aus Anhang 2 im KAS-18-Leitfaden übernommen ¹⁹
Freisetzungsraten und -dauer bei 38,5 mm ² -Leck an 75 l-Gasflasche	0,97 kg/s / 97 s	1,96 kg/s / 28 s	berechnet nach Gl. (1) in Abschnitt 2.4.3.1
Freisetzungsraten und -dauer bei 80 mm ² -Leck an 75 l-Gasflasche	1,7 kg/s / 55 s	4,09 kg/s / 12 s	Freisetzungsraten aus Anhang 2 im KAS-18-Leitfaden übernommen ¹⁹
	2,0 kg/s / 47 s	-	berechnet nach Gl. (1) in Abschnitt 2.4.3.1
Freisetzungsraten und -dauer bei 80 mm ² -Leck an 150 l-Gasflasche	1,7 kg/s / 110 s	4,09 kg/s / 25 s	Freisetzungsraten aus Anhang 2 im KAS-18-Leitfaden übernommen ¹⁹

¹⁸ Das Volumen von 75 l wurde gewählt, weil dies die obere GHC-Liefergrenze für nahtlose Stahlflaschen darstellt.

¹⁹ Anmerkung: HCl-Austrittsraten sind im KAS-18-Leitfaden ohne Reibungsbeiwert berechnet.



Freisetzungsszenario	Werte		Bemerkung
	Chlor	HCl	
Freisetzungsrate und -dauer bei 113 mm ² -Leck an 1000 l-Druckfass mit GZM _{typisch} (siehe Tabelle 5)	2,83 kg/s / 353 s	-	Zusatzbetrachtung für Chlor, die über die 80 mm ² -Leckfläche hinaus geht (vgl. Argumentation in Abschnitt 2.4.2), berechnet nach Gl. (1) in Abschnitt 2.4.3.1

In Tabelle 14 sind die ERPG-2-Gefährdungsradien für ADR/RID-Druckgefäße mit Chlor oder Chlorwasserstoff zusammengestellt, die mit Hilfe des Programms ProNuSs [41] / [42] auf Basis der VDI 3783-Richtlinien und der KAS-18-Konventionen berechnet wurden.

Tabelle 14: ERPG-2-Gefährdungsradien für ADR/RID-Druckgefäße mit Chlor oder Chlorwasserstoff für verschiedene Leckgrößen, Berechnung mit Hilfe des Programms ProNuSs [41] / [42] auf Basis der VDI 3783-Richtlinien

Freisetzungsszenario	ERPG-2-Gefährdungsradius				Bemerkung
	38,5 mm ² -Leck		80 mm ² -Leck		
Windgeschwindigkeit	3 m/s	2,2 m/s	3 m/s	2,2 m/s	
Chlor-Freisetzung aus Druckfass mit GZM _{typisch}	419 m	508 m	571 m	690 m	Der 571 m-Gefährdungsradius liegt deutlich höher als der Radius für das vergleichbare Szenario im KAS-18-Leitfaden: 503 m (Freisetzungsdauer: 600 s).
HCl-Freisetzung aus Druckfass mit GZM _{typisch}	384 m	423 m	493 m	556 m	
Chlor-Freisetzung aus 75 l-Gasflasche mit 94 kg	-	-	300 m	318 m	Freisetzungsrate aus Anhang 2 im KAS-18-Leitfaden übernommen (d. h. mit Reibungsbeiwert)
	282 m	313 m	295 m	325 m	Freisetzungsrate berechnet nach Gl. (1) in Abschnitt 2.4.3.1 (d. h. ohne Reibungsbeiwert)
HCl-Freisetzung aus 75 l-Gasflasche mit 50 kg	198 m	217 m	231 m	268 m	



Freisetzungsszenario	ERPG-2-Gefährdungsradius				Bemerkung
	38,5 mm ² -Leck		80 mm ² -Leck		
Chlor-Freisetzung aus 150 l-Gasflasche mit 188 kg	-	-	385 m	418 m	
HCl-Freisetzung aus 150 l-Gasflasche mit 100 kg	-	-	267 m	305 m	

Aus Tabelle 14 geht hervor, dass der LUP-relevante Gefährdungsbereich sich zwischen 282 m und 690 m (Chlor) bzw. 198 m und 537 m (HCl) bewegt. Insgesamt lassen sich für ADR/RID-Druckgefäße mit Chlor und Chlorwasserstoff nachfolgende angemessene Sicherheitsabstände im Sinne von § 50 BImSchG ableiten:

Tätigkeit / Anlage	Angemessener Sicherheitsabstand im Sinne von § 50 BImSchG	
	Wind mit 3 m/s	Wind mit 2,2 m/s
Umgang mit Chlor-Druckfässern mit GZM_{typisch} (max. 1000 kg)	570 m ²⁰	690 m
Umgang mit HCl-Druckfässern mit GZM_{typisch} (max. 670 kg)	490 m	540 m
Umgang mit 75 l Chlor-Gasflaschen mit 94 kg	300 m	330 m
Umgang mit 75 l HCl-Gasflaschen mit 50 kg	230 m	240 m
Umgang mit 150 l Chlor-Gasflaschen mit 188 kg	390 m	420 m
Umgang mit 150 l HCl-Gasflaschen mit 100 kg	270 m	290 m

Die Gefährdungsbereiche, die aus dem Umgang mit 75 l/94 kg und 150 l/188 kg Chlor-Gasflaschen resultieren können, sind zusätzlich im Anhang IV in Luftaufnahmen dargestellt (siehe Seite AIV-6 und AIV-7).

Aus der Zusatzbetrachtung „113 mm²-Leck an Druckfass mit 1000 kg Chlor (GZM_{typisch})“ resultiert ein ERPG-2-Gefährdungsradius von 803 m (Wind mit 2,2 m, berechnet mit ProNuSs [43]).

²⁰ Im SFK/TAA-GS-1-Leitfaden [44] bzw. KAS-18-Leitfaden [32] wird für ein 80 mm²-Leck ein niedrigerer ERPG-2-Gefährdungsradius von 503 m angegeben (obwohl das Szenario de facto identisch ist).



2.4.4.3 Anlagen und Tätigkeiten mit Schwefeldioxid

Die Lagerung von druckverflüssigtem Schwefeldioxid (SO₂) in einem ortsfesten Lagerbehälter und die SO₂-Abfüllung in ortsbewegliche ADR/RID-Druckgefäße wird keiner erneuten Detailbetrachtung unterzogen werden. In der LUP-Stellungnahme [20] wurde auf Basis des TÜV Nord-Gutachtens [45] und durch Rückrechnen der angemessene Sicherheitsabstand an die KAS-18-Konventionen angepasst. Aufgrund der geltenden KAS-18-Konvention „*mittlere Windgeschwindigkeit bei indifferenter Temperaturschichtung*“ reduziert sich jedoch der angemessene Sicherheitsabstand – bei ansonsten gleichen/vergleichbaren Randbedingungen wie im TÜV-Nord-Gutachten [45] – von 1.100 m auf 790 m (Wind mit 3 m/s) bzw. 970 m (Wind mit 2,2 m/s). Wendet man strikt die Randbedingungen in Abschnitt 2.4.3.1 an (insbesondere KAS-18-Konvention „*Wärmestrahlung = 1 kW/m²*“ und unbehinderte Lachenausbreitung in stark strukturiertem Gelände mit einer Lachenhöhe von 50 mm), so errechnet sich ein größerer angemessener Sicherheitsabstand von 840 m (Wind mit 3 m/s) bzw. 1000 m (Wind mit 2,2 m/s).

Für die passive Lagerung von ADR/RID-Druckgefäßen (≤ 1000 l / 1230 kg) mit druckverflüssigtem Schwefeldioxid kann für die Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstands – wegen der vergleichbaren Randbedingungen (siehe Abschnitt 2.4.2) – zunächst der KAS-18-Achtungsabstand herangezogen werden: 307 m (siehe Anhang 2 im KAS-18-Leitfaden für ein 80 mm²-Leck). Wie bereits in Abschnitt 2.4.2 dargelegt, decken diese Betrachtungen auch das Auswirkungspotenzial durch Stofffreisetzungen in der eingehausten Füllanlage für Schwefeldioxid in Halle 7 ab (→ Retentionswirkung von Gebäuden, Schutz vor Wind- und Sonneneinwirkung mindert die Emissionsraten). Zudem werden innerhalb der Füllhalle keine anderen Druckbehälter/-gefäße eingesetzt wie bzw. als auf den Freilagerflächen, d. h. die GZM ist dieselbe.

Die nachfolgende Kontrollrechnung für Schwefeldioxid zeigt jedoch, dass die Werte im KAS-18-Leitfaden die Gefährdung unterschätzen. Zudem sind die Schwefeldioxid-Druckfässer mit einem Stickstoff-Überdruck von 3...4 bar überlagert. Weiterhin werden auch Gasflaschen (max. 150 l / 185 kg)²¹ einer Einzelfallbetrachtung unterzogen. Es wird wieder die gerechtfertigte Annahme getroffen, dass an einem passiv gelagerten Druckgefäß (Gasflasche, Druckfass) allenfalls ein Leck in der Größenordnung von 38,5...80 mm² im „Dennoch“-Störfall vorstellbar ist (siehe dazu Darlegungen in Abschnitt 2.4.2), wobei an den Druckfässern der Ventildurchgang 12 mm beträgt (→ Wegfall des 38,5 mm²-Lecks). In Tabelle 15 sind die berechneten Freisetzungsraten und -zeiten zusammengestellt.

²¹ gemäß Begriffsbestimmung im ADR/RID [5] / [6] sind 150 Liter (Inhalt) die Obergrenze für eine Gasflasche.



Tabelle 15: Freisetzungsraten und -zeiten bei einem Leck an einem ADR/RID-Druckgefäß (Druckfass mit max. 1070 kg,²² Gasflasche mit 150 l / 185 kg) mit Schwefeldioxid

Freisetzungsszenario	Werte	Bemerkung
Freisetzungsraten und -dauern bei 80 mm ² -Leck an Druckfass ²² mit 1070 kg	2,07 kg/s / 517 s	berechnet nach Gl. (1) in Abschnitt 2.4.3.1 (mit zusätzlichem N ₂ -Überdruck von bis zu 4 bar)
Freisetzungsraten und -dauern bei 38,5 mm ² -Leck an 150 l-Gasflasche ²² mit 185 kg	1,0 kg/s / 185 s	berechnet nach Gl. (1) in Abschnitt 2.4.3.1 (mit zusätzlichem N ₂ -Überdruck von bis zu 4 bar)
Freisetzungsraten und -dauern bei 80 mm ² -Leck an 150 l-Gasflasche ²¹ mit 185 kg	2,07 kg/s / 89 s	berechnet nach Gl. (1) in Abschnitt 2.4.3.1 (mit zusätzlichem N ₂ -Überdruck von bis zu 4 bar)
Freisetzungsraten und -dauern bei 80 mm ² -Leck an 75 l-Gasflasche ²³ mit 92 kg	2,07 kg/s / 45 s	berechnet nach Gl. (1) in Abschnitt 2.4.3.1 (mit zusätzlichem N ₂ -Überdruck von bis zu 4 bar)
Freisetzungsraten und -dauern bei 113 mm ² -Leck an Druckfass mit GZM _{typisch} (siehe Tabelle 5)	2,92 kg/s / 366 s	Zusatzbetrachtung, die über die 80 mm ² -Leckfläche hinaus geht (vgl. Argumentation in Abschnitt 2.4.2), berechnet nach Gl. (1) in Abschnitt 2.4.3.1 (mit zusätzlichem N ₂ -Überdruck von bis zu 4 bar)

In Tabelle 16 sind die ERPG-2-Gefährdungsradien für ADR/RID-Druckgefäße mit Schwefeldioxid zusammengestellt, die mit Hilfe des Programms ProNuSs [41] / [42] auf Basis der VDI 3783-Richtlinien und der KAS-18-Konventionen berechnet wurden.

Tabelle 16: ERPG-2-Gefährdungsradien für ADR/RID-Druckgefäße (Druckfass, Gasflasche) mit Schwefeldioxid für verschiedene Leckgrößen, Berechnung mit Hilfe des Programms ProNuSs [41] / [42] auf Basis der VDI 3783-Richtlinien

Freisetzungsszenario	ERPG-2-Gefährdungsradius				Bemerkung
	38,5 mm ² -Leck		80 mm ² -Leck		
Windgeschwindigkeit	3 m/s	2,2 m/s	3 m/s	2,2 m/s	
SO ₂ -Freisetzung aus Druckfass ²² 1070 kg im Freien	-	-	566 m	678 m	Lachenverdampfung im Freien auf Lagerfläche.

²² GHC-typische Größe eines Druckfasses für Schwefeldioxid mit 3...4 barü-N₂-Überlagerung gemäß Detailangaben [25]

²³ Das Volumen von 75 l wurde gewählt, weil dies die obere GHC-Liefergrenze für nahtlose Stahlflaschen darstellt (Analogie zur Auswahl der Chlor-Gasflaschen, siehe Abschnitt 2.4.4.2).



Freisetzungsszenario	ERPG-2-Gefährdungsradius				Bemerkung
	38,5 mm ² -Leck		80 mm ² -Leck		
SO ₂ -Freisetzung aus 150 l-Gasflasche ²¹ mit 185 kg im Freien	299 m	346 m	340 m	379 m	
SO ₂ -Freisetzung aus 75 l-Gasflasche ²¹ mit 92 kg im Freien	-	-	258 m	284 m	

Aus Tabelle 16 geht hervor, dass der LUP-relevante Gefährdungsbereich sich zwischen 300 m und 685 m bewegt.

Zusammenfassend können für die Anlagen und Tätigkeiten mit Schwefeldioxid nachfolgende angemessene Sicherheitsabstände im Sinne von § 50 BImSchG abgeleitet werden:

Tätigkeit / Anlage	Angemessener Sicherheitsabstand im Sinne von § 50 BImSchG	
	Wind mit 3 m/s	Wind mit 2,2 m/s
Lageranlage mit ortsfestem Druckbehälter inkl. Versorgungsleitungen	790...840 m	970...1000 m
Umgang mit Druckfässern mit $GZM_{typisch}$ (max. 1070 kg) ²²	570 m	680 m
Umgang mit Gasflaschen mit GZM_{max} (150 l / 185 kg)	340 m	380 m
Umgang mit 75 l SO ₂ -Gasflaschen (Inhalt: 92 kg)	260 m	280 m

Die Gefährdungsbereiche, die aus dem Umgang mit 150 l/185 kg SO₂-Gasflaschen resultieren können, sind zusätzlich im Anhang IV in einer Luftaufnahme dargestellt (siehe Seite AIV-8).

Aus der Zusatzbetrachtung „113 mm²-Leck an Druckfass mit 1070 kg SO₂ ($GZM_{typisch}$)“ resultiert ein ERPG-2-Gefährdungsradius von 743 m (Wind mit 2,2 m, berechnet mit ProNuSs [43]).

2.4.4.4 Anlagen und Tätigkeiten mit Schwefelwasserstoff

Für die passive Lagerung von ADR/RID-Druckgefäßen (≤ 1000 l) mit druckverflüssigtem Schwefelwasserstoff kann für die Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstands – wegen der vergleichbaren Randbedingungen (siehe Abschnitt 2.4.2) – der KAS-18-Achtungsabstand herangezogen werden: 310 m (siehe Anhang 2 im KAS-18-Leitfaden). Grundlage hiervon ist die gerechtfertigte Annahme, dass an einem passiv gelagerten Druckgefäß (→ Gasflasche, Druckfass) allenfalls ein Leck in Größenordnung von 38,5...80 mm² im „Dennoch“-Störfall vorstellbar ist. Insbesondere ergeben sich im Freisetzungsfall geringere Freisetzungsdauern als die KAS-18-Konvention „Freisetzungsdauer = 10 min“, so dass der KAS-18-Achtungsabstand als gefahrenabdeckend erachtet werden kann.



Die ergänzende Detailbetrachtung zu dem „Dennoch“-Szenario „80 mm²-Leck an H₂S-Druckfass mit GZM_{max} (670 kg, Austrittsrate: 2,07 kg/s,²⁴ Freisetzungsdauer: 324 s)“ ergibt für eine Windgeschwindigkeit von 2,2 m/s einen ERPG-2-Gefährdungsradius von 339 m.

Zusammenfassend wird für die in diesem Abschnitt betrachteten Tätigkeiten mit Schwefelwasserstoff (→ Umgang mit Druckgefäßen wie Druckfässer mit GZM_{max}) ein angemessener Sicherheitsabstand von 310 m (Wind mit 3 m/s) bzw. 340 m (Wind mit 2,2 m/s) im Sinne von § 50 BImSchG abgeleitet.

Die Gefährdungsbereiche, die aus dem Umgang mit einem 1000 l/670 kg H₂S-Druckfass resultieren können, sind zusätzlich im Anhang IV in einer Luftaufnahme dargestellt (siehe Seite AIV-9).

2.4.4.5 Anlagen und Tätigkeiten mit Phosgen

Die passive Lagerung von druckverflüssigtem Phosgen in ortsbeweglichen ADR/RID-Druckgefäßen mit 1000 l/1230 kg (→ Druckfässer) wurde im TÜV Nord-Gutachten [45] nicht betrachtet, obwohl die Anlagenbetreiberin eine formale Genehmigung für diese Tätigkeit aufweist. Vor diesem Hintergrund wird die Lagerung von Phosgen in Druckfässern nachfolgend berücksichtigt, wobei das GHC-typische Volumen der für den Phosgen-Transport einsetzbaren Druckfässer zugrunde gelegt wird (→ 820 l, GZM_{typisch}: 1000 kg).

Weiterhin wird der Einfluss der passiven Lagerung von druckverflüssigtem Phosgen in ortsbeweglichen ADR/RID-Druckgefäßen mit reduziertem Volumen (→ Gasflaschen, GZM_{typisch}: 60 kg) auf den Sicherheitsabstand im Sinne von § 50 BImSchG betrachtet. Aufgrund der niedrigen Volumina der Gasflaschen ergeben sich im Allgemeinen Freisetzungsdauern, die unterhalb der KAS-18-Konvention „10-minütige Stofffreisetzung“ liegen. Dies zeigt nachfolgende Tabelle 17, wobei wieder die gerechtfertigte Annahme getroffen wird, dass an einem passiv gelagerten Druckgefäß allenfalls ein Leck in der Größenordnung von 38,5...80 mm² im „Dennoch“-Störfall vorstellbar ist (siehe dazu Darlegungen in Abschnitt 2.4.2).

²⁴ Austrittsrate aus Anhang 2 im KAS-18-Leitfaden [32] für eine Leckfläche von 80 mm² bzw. eine äquivalente Rohrnennweite von DN 80 übernommen.



Tabelle 17: Freisetzungsraten und -zeiten bei einem Leck an einem ADR/RID-Druckgefäß (Druckfass mit max. 1000 kg, Gasflasche mit max. 60 kg)²⁵ mit Phosgen

Freisetzungsszenario	Werte	Bemerkung
Freisetzungsraten und -dauern bei 38,5 mm ² -Leck an Druckfass ²⁵ mit 1000 kg	0,3 kg/s / 600 s	berechnet nach Gl. (1) in Abschnitt 2.4.3.1 (ausschließlich dampfdruckbedingter Überdruck)
Freisetzungsraten und -dauern bei 80 mm ² -Leck an Druckfass ²⁵ mit 1000 kg	0,62 kg/s / 600 s	
Freisetzungsraten und -dauern bei 38,5 mm ² -Leck an Gasflasche ²⁵ mit 60 kg	0,3 kg/s / 200 s	
Freisetzungsraten und -dauern bei 80 mm ² -Leck an Gasflasche ²⁵ mit 60 kg	0,62 kg/s / 97 s	

Für die Freisetzung im Lagerraum werden nachfolgende, situationsangepasste Randbedingungen und Annahmen für die Lachenverdunstung und die anschließende Schadstoffausbreitung zugrunde gelegt:

- Keine Sonneneinwirkung.
- Reduzierte Luftgeschwindigkeit oberhalb der Lache (max. 5 m x 10 m = 50 m²): 0,25 m/s in Orientierung an DIN EN IEC 60079-10-1 [15] (anstatt der sehr konservativen und wenig realistischen 1 m/s nach Kap. 4.3.4 im TÜV Nord-Gutachten [45]).
- keine Schwergasausbreitung aufgrund der Retentionswirkung des Gebäudes.
- Austritt der insgesamt verdampften und verdunsteten Phosgen-Masse innerhalb von 30 min aus dem Lagerraum (aufgrund der Retentionswirkung des Gebäudes).

In Tabelle 18 sind die insgesamt verdampften und verdunsteten Phosgen-Mengen, die mit Hilfe des Programms ProNuSs [42] für die abdeckenden 80 mm²-Lecks berechnet wurden, sowie die sich daraus ergebenden mittleren Emissionsraten zusammengestellt.

²⁵ GHC-typische Größe eines Druckfasses und einer Gasflasche für Phosgen gemäß Detailangaben [25]



Tabelle 18: Verdampfte und verdunstete Menge an Phosgen im Lagerraum (Berechnung mit Hilfe des Programms ProNuSs [42]) sowie mittlere Emissionsraten

Freisetzungsszenario	Menge an dampfförmigem Phosgen	mittlere Emissionsrate (im Zeitraum von 30 min)
Phosgen-Freisetzung aus Druckfass ²⁵ mit 1000 kg im Lagerraum	193 kg	107 g/s
Phosgen-Freisetzung aus Gasflasche ²⁵ mit 60 kg im Lagerraum	35 kg	19 g/s

In Tabelle 19 sind die ERPG-2-Gefährdungsradien für ADR/RID-Druckgefäße mit Phosgen zusammengestellt, die mit Hilfe des Programms ProNuSs [41] / [42] auf Basis der VDI 3783-Richtlinien und der KAS-18-Konventionen berechnet wurden.

Tabelle 19: ERPG-2-Gefährdungsradien für ADR/RID-Druckgefäße (Druckfass, Gasflasche) mit Phosgen für verschiedene Leckgrößen, Berechnung mit Hilfe des Programms ProNuSs [41] / [42] auf Basis der VDI 3783-Richtlinien

Freisetzungsszenario	ERPG-2-Gefährdungsradius				Bemerkung
	38,5 mm ² -Leck		80 mm ² -Leck		
Windgeschwindigkeit	3 m/s	2,2 m/s	3 m/s	2,2 m/s	
Phosgen-Freisetzung aus Druckfass ²⁵ mit 1000 kg im Freien	268 m	318 m	400 m	475 m	Lachenverdampfung im Freien auf stark strukturiertem Gelände (Lachentiefe: mindestens 30 mm)
Phosgen-Freisetzung aus Gasflasche ²⁵ mit 60 kg im Freien	200 m	233 m	238 m	267 m	
Phosgen-Freisetzung aus Druckfass ²⁵ mit 1000 kg im Lagerraum	-	-	314 m	393 m	Berechnung mit mittleren Emissionsraten aus Tabelle 18, keine Schwergasausbreitung, ERPG-2-Wert: 0,5 ppm
Phosgen-Freisetzung aus Gasflasche ²⁵ mit 60 kg im Lagerraum	-	-	117 m	144 m	



Aus Tabelle 19 geht hervor, dass der LUP-relevante Gefährdungsbereich – je nach Szenario – zwischen 200 m und 480 m schwankt. Zusammenfassend lassen sich für die Tätigkeiten mit Phosgen nachfolgende angemessene Sicherheitsabstände im Sinne von § 50 BImSchG ableiten:

Tätigkeit / Anlage	Angemessener Sicherheitsabstand im Sinne von § 50 BImSchG	
	Wind mit 3 m/s	Wind mit 2,2 m/s
Umgang mit Druckfässern mit GZM_{typisch} (max. 1000 kg) ²⁵	400 m	480 m
Umgang mit Gasflaschen mit GZM_{typisch} (max. 60 kg) ²⁵	240 m	270 m

Die Gefährdungsbereiche für die Freisetzungsszenarien im Freien sind zusätzlich im Anhang IV in Luftaufnahmen dargestellt (siehe Seite AIV-10 und AIV-11).

2.4.4.6 Anlagen und Tätigkeiten mit Bortrichlorid

Im Folgenden wird der Einfluss der passiven Lagerung von druckverflüssigtem Bortrichlorid in ortsbeweglichen ADR/RID-Druckgefäßen (→ Gasflaschen, Druckfässer mit bis zu 1000 l / 1190 kg) auf den Sicherheitsabstand im Sinne von § 50 BImSchG betrachtet, wobei sich die Betrachtung auf Druckfässer beschränkt. Wie bereits in Abschnitt 2.4.2 dargelegt, decken diese Betrachtungen auch das Auswirkungspotenzial durch Stofffreisetzungen in der eingehausten Füllanlage für Bortrichlorid in Halle 7 ab (→ Retentionswirkung von Gebäuden, Schutz vor Wind- und Sonneneinwirkung mindert die Emissionsraten). Zudem werden innerhalb der Füllhalle keine anderen Druckbehälter/-gefäße eingesetzt wie auf den Freilagerflächen, d. h. die GZM ist dieselbe.

Tabelle 20 stellt die ermittelten Freisetzungsraten und -zeiten zusammen, wobei wieder die gerechtfertigte Annahme getroffen wird, dass an einem passiv gelagerten ADR/RID-Druckgefäß allenfalls ein Leck in der Größenordnung von 38,5...80 mm² im „Dennoch“-Störfall vorstellbar ist (siehe dazu Darlegungen in Abschnitt 2.4.2).

Tabelle 20: Freisetzungsraten und -zeiten bei einem Leck an einem ADR/RID-Druckgefäß (Druckfass mit 1000 l / 1190 kg) mit Bortrichlorid

Freisetzungsszenario	Werte	Bemerkung
Freisetzungsraten und -dauern bei 38,5 mm ² -Leck an 1000 l-Druckfass mit 1190 kg	0,22 kg/s / 600 s	berechnet nach Gl. (1) in Abschnitt 2.4.3.1 (ausschließlich dampfdruckbedingter Überdruck)
Freisetzungsraten und -dauern bei 80 mm ² -Leck an 1000 l-Druckfass mit 1190 kg	0,45 kg/s / 600 s	

In Tabelle 21 sind die ERPG-2-Gefährdungsradien für ADR/RID-Druckgefäße mit Bortrichlorid zusammengestellt, die mit Hilfe des Programms ProNuSs [41] / [42] auf Basis der VDI 3783-Richtlinien und der KAS-18-Konventionen berechnet wurden.



Tabelle 21: ERPG-2-Gefährdungsradien für ADR/RID-Druckgefäße (Druckfass mit 1000 l / 1190 kg) mit Bortrichlorid für verschiedene Leckgrößen, Berechnung mit Hilfe des Programms ProNuSs [41] / [42] auf Basis der VDI 3783-Richtlinien

Freisetzungsszenario	ERPG-2-Gefährdungsradius				Bemerkung
	38,5 mm ² -Leck		80 mm ² -Leck		
Windgeschwindigkeit	3 m/s	2,2 m/s	3 m/s	2,2 m/s	
Bortrichlorid-Freisetzung aus 1000 l-Druckfass mit 1190 kg im Freien	158 m	189 m	237 m	283 m	Lachenverdampfung auf Freilagerfläche.

Aus Tabelle 21 geht hervor, dass der LUP-relevante Gefährdungsbereich – je nach Szenario – sich zwischen 158 m und 283 m bewegt. Zusammenfassend wird für die Tätigkeiten mit Bortrichlorid (→ Umgang mit Druckfässern mit 1000 l / 1190 kg) ein angemessener Sicherheitsabstand von 240 m (Wind mit 3 m/s) bzw. 280 m (Wind mit 2,2 m/s) im Sinne von § 50 BImSchG abgeleitet.

2.4.4.7 Anlagen und Tätigkeiten mit Bromwasserstoff

Im Folgenden wird der Einfluss der passiven Lagerung von druckverflüssigtem Bromwasserstoff in ortsbeweglichen ADR/RID-Druckgefäßen (→ Gasflaschen, Druckfässer bis zu mit 1000 l / 1510 kg) auf den Sicherheitsabstand im Sinne von § 50 BImSchG betrachtet, wobei sich die Betrachtung auf Druckfässer beschränkt. Wie bereits in Abschnitt 2.4.2 dargelegt, decken diese Betrachtungen auch das Auswirkungspotenzial durch Stofffreisetzungen in der eingehausten Füllanlage für Bromwasserstoff in Halle 7 ab (→ Retentionswirkung von Gebäuden, Schutz vor Wind- und Sonneneinwirkung mindert die Emissionsraten). Zudem werden innerhalb der Füllhalle keine anderen Druckbehälter/-gefäße eingesetzt wie auf den Freilagerflächen, d. h. die GZM ist dieselbe.

Tabelle 22 stellt die ermittelten Freisetzungsraten und -zeiten zusammen, wobei wieder die gerechtfertigte Annahme getroffen wird, dass an einem passiv gelagerten ADR/RID-Druckgefäß allenfalls ein Leck in der Größenordnung von 38,5...80 mm² im „Dennoch“-Störfall vorstellbar ist (siehe Darlegungen in Abschnitt 2.4.2).



Tabelle 22: Freisetzungsraten und -zeiten bei einem Leck an einem ADR/RID-Druckgefäß (Druckfass mit 1000 l / 1510 kg) mit Bromwasserstoff

Freisetzungsszenario	Werte	Bemerkung
Freisetzungsraten und -dauern bei 38,5 mm ² -Leck an 1000 l-Druckfass mit 1510 kg	2,1 kg/s / 600 s	berechnet nach Gl. (1) in Abschnitt 2.4.3.1 (ausschließlich dampfdruckbedingter Überdruck)
Freisetzungsraten und -dauern bei 80 mm ² -Leck an 1000 l-Druckfass mit 1510 kg	4,3 kg/s / 351 s	

In Tabelle 23 sind die ERPG-2-Gefährdungsradien für ADR/RID-Druckgefäße mit Bromwasserstoff zusammengestellt, die mit Hilfe des Programms ProNuSs [41] / [42] auf Basis der VDI 3783-Richtlinien und der KAS-18-Konventionen berechnet wurden.

Tabelle 23: ERPG-2-Gefährdungsradien für ADR/RID-Druckgefäße (Druckfass mit 1000 l / 1510 kg) mit Bromwasserstoff für verschiedene Leckgrößen. Berechnung mit Hilfe des Programms ProNuSs [41] / [42] auf Basis der VDI 3783-Richtlinien

Freisetzungsszenario	ERPG-2-Gefährdungsradius				Bemerkung
	38,5 mm ² -Leck		80 mm ² -Leck		
Windgeschwindigkeit	3 m/s	2,2 m/s	3 m/s	2,2 m/s	
Bromwasserstoff-Freisetzung aus 1000 l-Druckfass mit 1510 kg im Freien	166 m	197 m	234 m	277 m	Lachenverdampfung Freilagerfläche.

Aus Tabelle 23 geht hervor, dass der LUP-relevante Gefährdungsbereich – je nach Szenario – zwischen 166 m und 277 m schwankt. Zusammenfassend wird für die Tätigkeiten mit Bromwasserstoff (→ Umgang mit Druckfässern mit 1000 l / 1510 kg) ein angemessener Sicherheitsabstand von 230 m (Wind mit 3 m/s) bzw. 280 m (Wind mit 2,2 m/s) im Sinne von § 50 BImSchG abgeleitet.

2.4.4.8 Anlagen und Tätigkeiten mit Methylhydrazin und Hydrazin

Für das raumplanerische Gefährdungspotenzial ist Methylhydrazin gefahrenabdeckend: Hydrazin fällt aufgrund seines Gefahrenindex in die Abstandsklasse AK I (200 m), während Methylhydrazin der Abstandsklasse AK II (500 m) zuzuordnen ist. Aufgrund der vergleichbaren Verfahrensbedingungen und zusammenhängenden Mengen (GZM) wird nachfolgend ausschließlich für Methylhydrazin eine Detailbetrachtung durchgeführt.



Es wird wiederum die gerechtfertigte Annahme getroffen, dass an einem passiv gelagerten Druckgefäß (→ Druckfass) allenfalls ein Leck in der Größenordnung von 38,5...80 mm² im „Dennoch“-Störfall vorstellbar ist (siehe dazu Darlegungen in Abschnitt 2.4.2). Methylhydrazin ist bei der KAS-18-Konventionstemperatur von 20 °C unterhalb seines Siedepunkts. Ungeachtet dessen ist das Druckgefäß – gemäß GHC-Detailinformationen [24] – mit einem zusätzlichen Gaspolster (N₂) überlagert (→ Überdruck von bis zu 10 bar). Weiterhin wird maximal eine 10-minütige Freisetzungsdauer zugrunde gelegt (→ KAS-18-Konvention). Wie bereits in Abschnitt 2.4.2 dargelegt, decken die Auswirkungsbetrachtungen für eine Freisetzung im Freien auch das Auswirkungspotenzial durch Stofffreisetzungen in der eingehausten Füllanlage für Methylhydrazin in Halle 5 ab (→ Retentionswirkung von Gebäuden, Schutz vor Wind- und Sonneneinwirkung mindert die Emissionsraten). Zudem werden innerhalb der Füllhalle keine anderen Druckbehälter/-gefäße eingesetzt wie auf den Freilagerflächen, d. h. die GZM ist dieselbe.

Tabelle 24 stellt die berechneten Freisetzungsraten und -zeiten zusammen.

Tabelle 24: Freisetzungsraten und -zeiten bei einem Leck an einem ADR/RID-Druckgefäß (Druckfass mit 1000 l) mit Methylhydrazin

Freisetzungsszenario	Werte	Bemerkung
Freisetzungsraten und -dauer bei 38,5 mm ² -Leck an 1000 l-Druckfass mit 700 kg und 10 bar-Inertgas-Überlagerung	1,0 kg/s / 600 s	berechnet nach Gl. (1) in Abschnitt 2.4.3.1 (Überdruck: 10 bar); es wird ein Füllungsgrad von 0,7 kg/l angesetzt (gemäß GHC-Detailangaben [25]), so dass sich eine GZM von 700 kg ergibt.
Freisetzungsraten und -dauer bei 80 mm ² -Leck an 1000 l-Druckfass mit 700 kg und 10 bar-Inertgas-Überlagerung	2,0 kg/s / 345 s	
Freisetzungsraten und -dauer bei 38,5 mm ² -Leck an 1000 l-Druckfass mit 800 kg und 2 bar-Inertgas-Überlagerung	0,3 kg/s / 600 s	berechnet nach Gl. (1) in Abschnitt 2.4.3.1 (Überdruck: 2 bar); es wird ein Füllungsgrad von 0,8 kg/l angesetzt (gemäß GHC-Detailangaben [25]), so dass sich eine GZM von 800 kg ergibt.
Freisetzungsraten und -dauer bei 80 mm ² -Leck an 1000 l-Druckfass mit 800 kg und 2 bar-Inertgas-Überlagerung	0,7 kg/s / 600 s	



Die Emissionsrate aus der sich ausbreitenden Methylhydrazin-Lache wird mittels der Methodik in Kap.1.1 im Anhang 3 des KAS-18-Leitfadens berechnet.²⁶ Dabei werden nur die ersten beiden Szenarien in Tabelle 24 betrachtet, da die 1000 I-Druckfässer mit 800 kg und 2 bar-Inertgas-Überlagerung – wegen der geringeren Freisetzungsraten – geringere Lachenflächen und damit Emissionsraten ergeben. Die Zeitverläufe der berechneten Verdunstungsraten für den Emissions-Zeitraum von 30 min sind in Bild 9 (Wind mit 3 m/s) und Bild 10 (Wind mit 2,2 m/s) dargestellt.

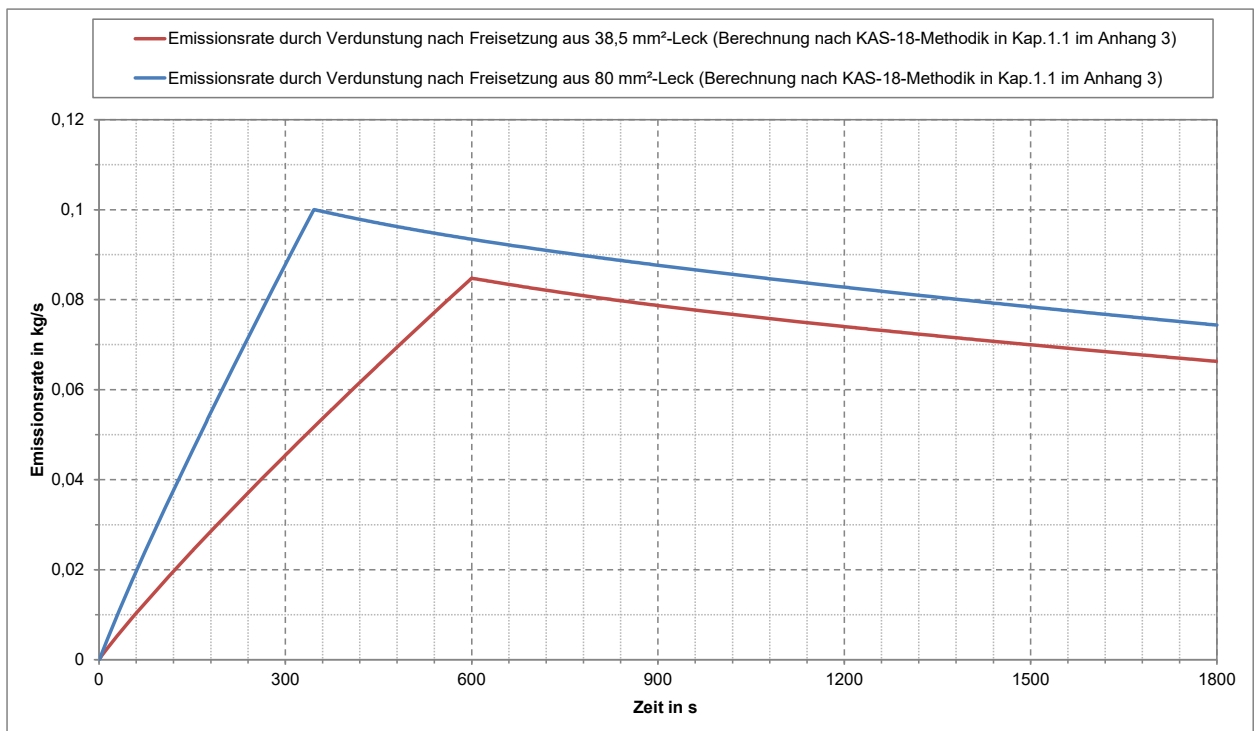


Bild 9: Verdunstungsrate aus einer sich auf der Freilagerfläche ausbreitenden Methylhydrazin-Lache bei einer Windgeschwindigkeit von 3 m/s

²⁶ Für die Stoffübergangmodell nach Mackay / Matsugu wird der Diffusionskoeffizienten des Dampfes in Luft (D_a) benötigt, um die dimensionslose Schmidt-Zahl (Sc) berechnen zu können. Der Diffusionskoeffizient wird mittels der Korrelationsgleichung von Wilke / Lee (siehe Kap. 11-4 in [38]) zu $0,115 \text{ cm}^2/\text{s}$ (20 °C) bestimmt, so dass sich gemäß KAS-18-Methodik im Anhang 3 die Schmidt-Zahl zu $Sc = 1,3$ berechnet.

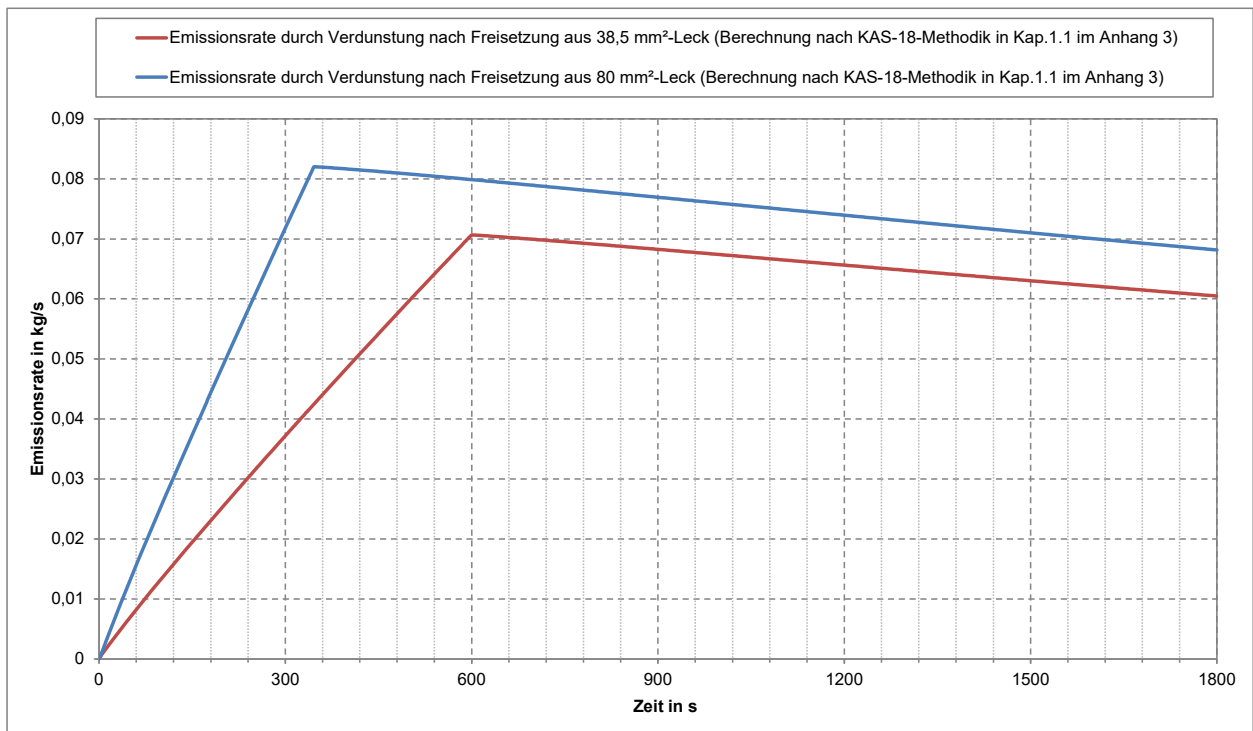


Bild 10: Verdunstungsrate aus einer sich auf der Freilagerfläche ausbreitenden Methylhydrazin-Lache bei einer Windgeschwindigkeit von 2,2 m/s

Aus der Berechnung ergeben sich im Zeitraum 0...1800 s mittlere Emissionsraten von 0,06 kg/s und 0,08 kg/s. Für die Ausbreitungsrechnung werden die höchsten 10 min-Mittelwerte zugrunde gelegt, nämlich: 0,08 kg/s (600...1200 s) und 0,09 kg/s (400...1000 s) bei einer Windgeschwindigkeit von 3 m/s. Für eine Windgeschwindigkeit von 2,2 m/s reduzieren sich diese Mittelwerte auf 0,07 kg/s (600...1200 s) und 0,08 kg/s (400...1000 s).

Bild 11 stellt die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnung für die hier betrachteten Szenarien in Abhängigkeit von der Entfernung zwischen Freisetzungsstelle und Aufpunkt in Ausbreitungsrichtung dar (Berechnung auf Basis der VDI 3783 mit Hilfe des Programms STOER [46]). Eine Schwergasausbreitung wird hierbei vernachlässigt, da bei 20 °C die Satttdampf/Luft-Dichte für Methylhydrazin ca. 1,24 kg/m³ beträgt und damit unterhalb des Schwergas-VDI 3783-2-Schwellenwertes von 1,4 kg/m³ liegt (siehe dazu auch Erläuterungen unter Abschnitt 2.4.3.3).

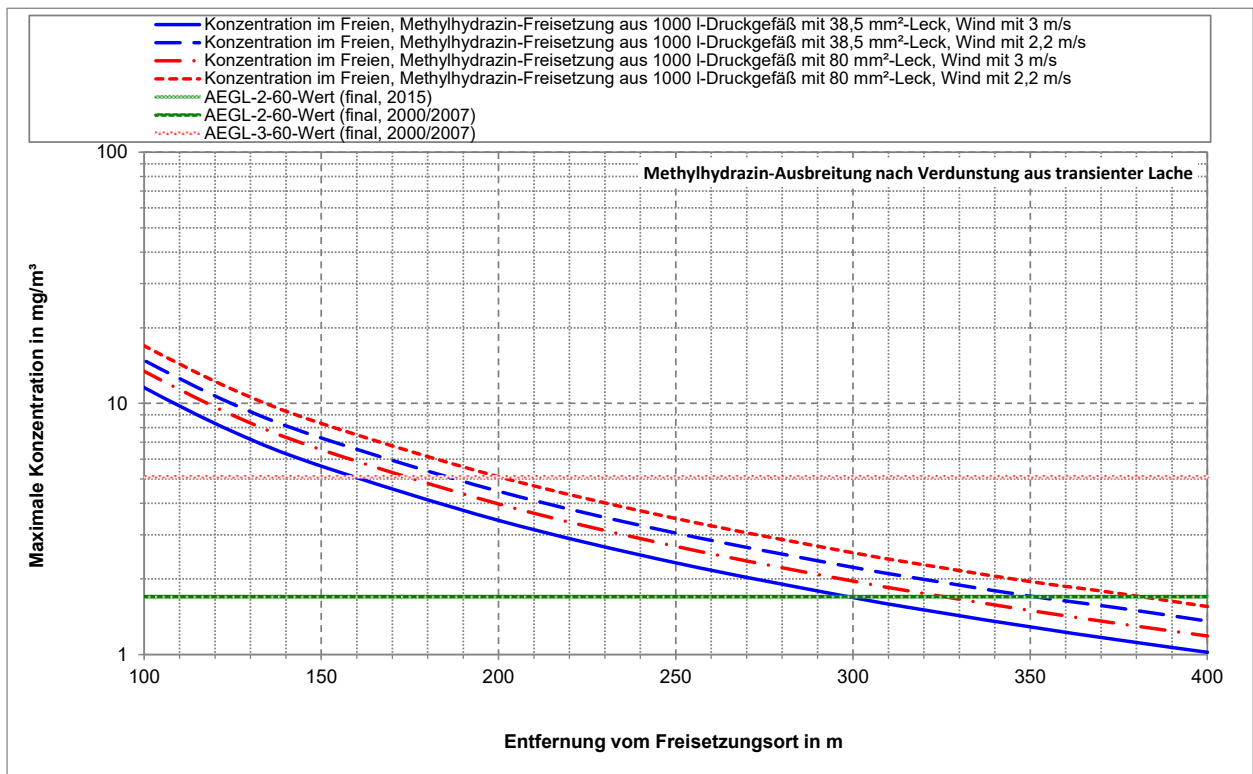


Bild 11: Maximale Methylhydrazin-Konzentration in Abhängigkeit von der Entfernung, Berechnung auf Basis der VDI 3783 mit Hilfe des Programms STOER [46]

Aus Bild 11 geht hervor, dass der LUP-relevante Gefährdungsbereich – je nach Szenario – zwischen 300 m und 325 m (Wind mit 3 m/s) bzw. 350 m und 380 m (Wind mit 2,2 m/s) schwankt. Die maximalen Gefährdungsbereiche sind zusätzlich im Anhang IV in einer Luftaufnahme dargestellt (siehe Seite AIV-14). Zusammenfassend wird für die Tätigkeiten mit Methylhydrazin (→ Umgang mit Stahlfässern und ADR/RID-Druckgefäßen mit 1000 l) ein angemessener Sicherheitsabstand von 330 m (Wind mit 3 m/s) bzw. 380 m (Wind mit 2,2 m/s) im Sinne von § 50 BImSchG abgeleitet.

2.4.4.9 Anlagen und Tätigkeiten mit Bortrifluorid

Wie Bild 4 exemplarisch zeigt, ergibt sich bei der Entspannung eines verdichteten Gases ein zeitabhängiger Austrittsmassenstrom. Dies gilt auch für Bortrifluorid. Aus der zeitabhängigen Berechnung auf Basis der Gleichung (3) in Abschnitt 2.4.3.2 folgt, dass eine 50 l-Gasflasche mit 43 kg Bortrifluorid (→ GZM_{typisch}) und einem Fülldruck von 300 bar_ü über ein 80 mm²-Leck²⁷ nach ca. 30 s vollständig entspannt und entleert ist. Wie bereits in Abschnitt 2.4.2 dargelegt, decken die Auswirkungsbetrachtungen für eine Freisetzung im Freien auch das Auswirkungspotenzial durch Stofffreisetzungen in der eingehausten Füllanlage für Bortrifluorid in Halle 7 ab (→ Retentionswirkung von Gebäuden, Schutz vor Wind- und Sonneneinwirkung mindert die Emissionsraten). Zudem werden innerhalb der Füllhalle keine anderen Druckbehälter/-gefäße eingesetzt als auf den Freilagerflächen, d. h. die GZM ist dieselbe.

²⁷ KAS-18-Minimal-Leckannahme, siehe dazu Darlegungen in Abschnitt 2.4.2



Mit einem durchschnittlichen Massenstrom von 1,43 kg/s ergibt sich nach VDI 3783, Blatt 2 [48] ein Schwergas-Neutralgas-Kopplungspunkt von 34 m (Ausbreitungsgebiet IXX „lockere Bebauung Typ I“). Bild 12 zeigt die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnung nach VDI 3783, Blatt 1 in Abhängigkeit von der Entfernung zwischen Freisetzungsort und Aufpunkt. Die Gefährdungsbereiche sind zusätzlich im Anhang IV in einer Luftaufnahme dargestellt (siehe Seite AIV-12).

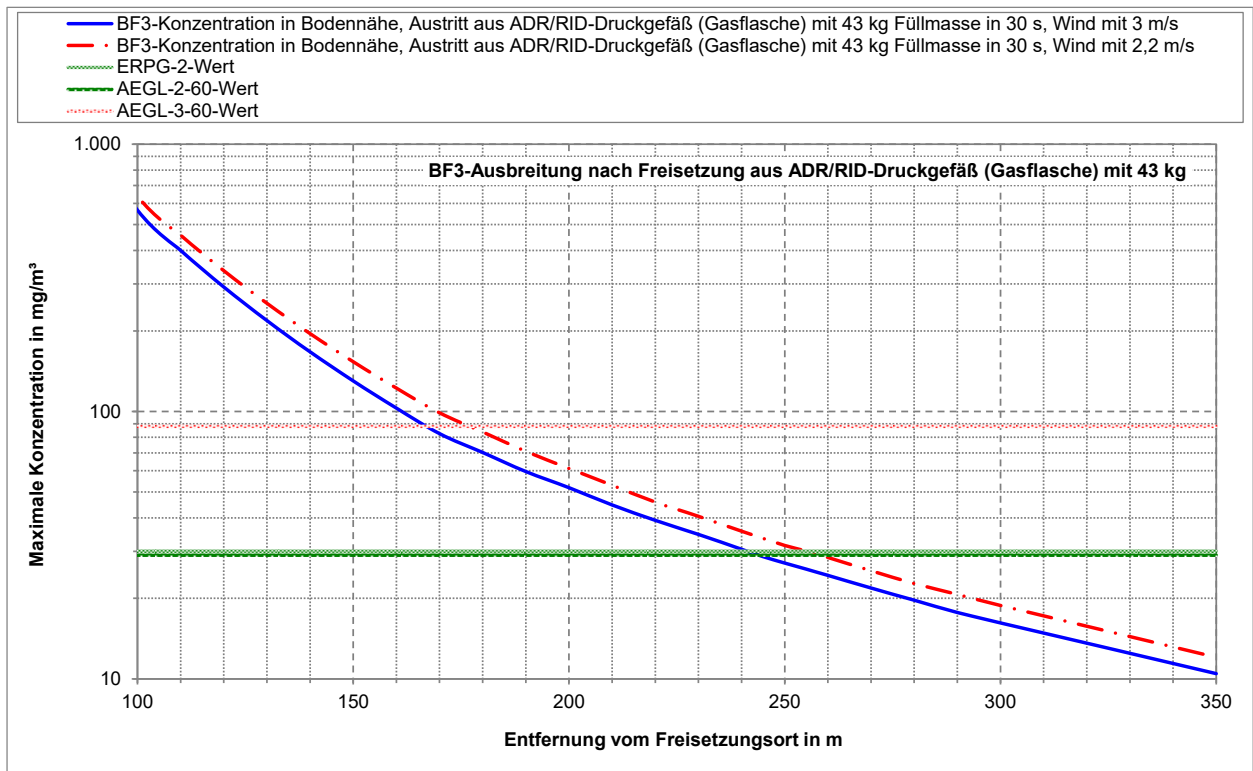


Bild 12: Maximale Bortrifluorid-Konzentration in Abhängigkeit von der Entfernung (Abstand vom Freisetzungsort) – Berechnung auf Basis der VDI 3783-Richtlinie mit Hilfe des Programms STOER [46]

Aus Bild 12 folgt, dass der ERPG-2-Wert (LUP-Beurteilungswert) spätestens nach 245 m (Wind mit 3 m/s) bzw. 260 m (Wind mit 2,2 m/s) unterschritten wird. Zusammenfassend können 250 m (Wind mit 3 m/s) bzw. 260 m (Wind mit 2,2 m/s) als angemessener Sicherheitsabstand im Sinne von § 3 Abs. 5c BImSchG für die Anlagen und Tätigkeiten mit Bortrifluorid (→ Umgang mit Gasflaschen mit GZM_{typisch}) abgeleitet werden. Die Gefährdungsbereiche sind zusätzlich im Anhang IV in einer Luftaufnahme dargestellt (siehe Seite AIV-12).



2.4.4.10 Anlagen und Tätigkeiten mit Stickstoffmonoxid

Wie Bild 4 zeigt, ergibt sich bei der Entspannung eines verdichteten Gases ein zeitabhängiger Austrittsmassenstrom. Ein ADR/RID-Druckgefäß mit einem Volumen von 1000 l und einem Fülldruck von 33 barü enthält ca. 43 kg Stickstoffmonoxid (NO). Bei einem 80 mm²-Leck²⁸ entspannt sich das Druckgefäß in ca. 5,5 min vollständig (siehe Bild 4), und Stickstoffmonoxid wird zügig von Luft zu braunrotem, akut toxischem Stickstoffdioxid (NO₂) oxidiert. Es entsteht die äquimolare Menge bzw. insgesamt 40 kg an NO₂. Mit einem durchschnittlichen Massenstrom von 0,12 kg/s ergibt sich nach VDI 3783, Blatt 2 ein Schwergas-Neutralgas-Kopplungspunkt von 17 m (Ausbreitungsgebiet IXX „lockere Bebauung Typ I“).

Bild 13 zeigt die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnung nach VDI 3783, Blatt 1 in Abhängigkeit von der Entfernung zwischen Freisetzungsort und Aufpunkt, wobei ein transienter Entspannungsverlauf 30 s-Abschnitten angenommen wurde.

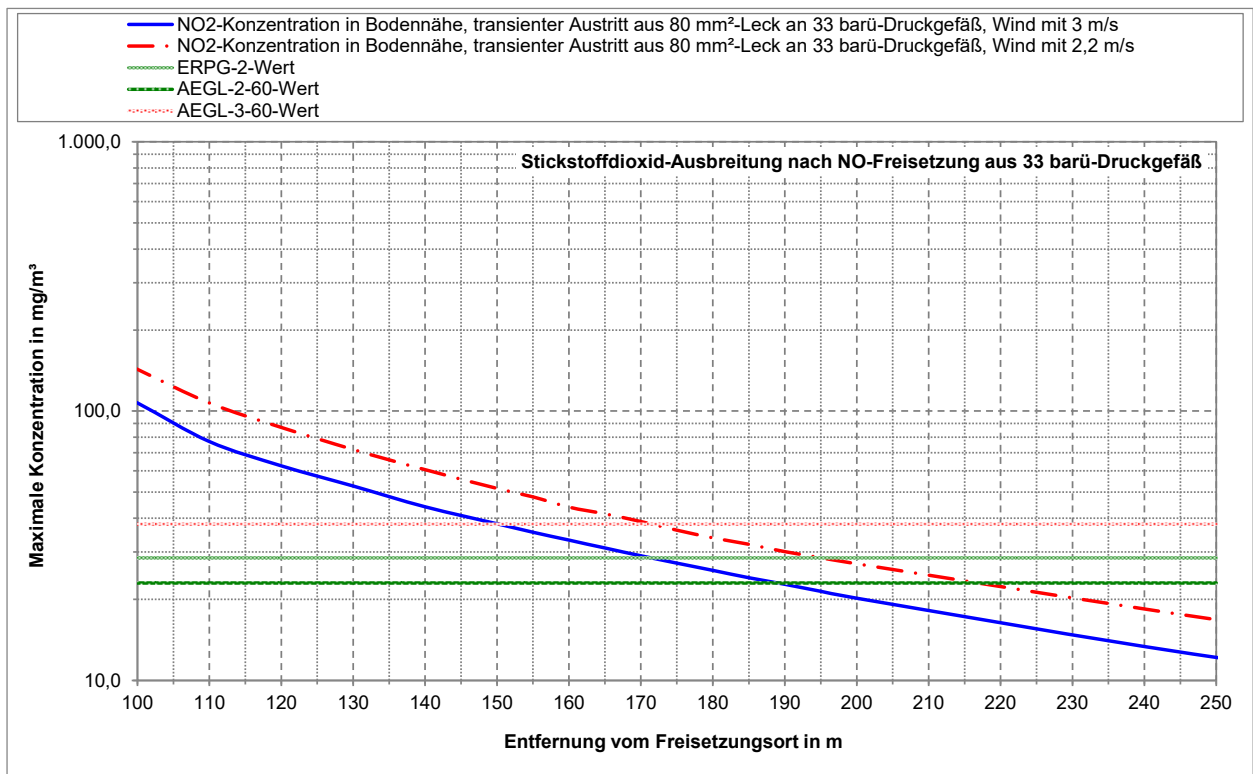


Bild 13: Maximale Stickstoffdioxid-Konzentration in Abhängigkeit von der Entfernung (Abstand vom Freisetzungsort) – Berechnung auf Basis der VDI 3783-Richtlinie mit Hilfe des Programms STOER [46]



Aus Bild 13 folgt, dass eine Gesundheitsgefährdung spätestens nach 190 m (Wind mit 3 m/s) bzw. 225 m (Wind mit 2,2 m/s) nicht mehr zu befürchten ist (→ Unterschreitung des AEGL-2-60 min-Wertes); der LUP-Beurteilungswert (ERPG-2-Wert) wird nach rund 170 m (Wind mit 3 m/s) bzw. 195 m (Wind mit 2,2 m/s) unterschritten. Es werden – vor dem Hintergrund des etwas niedrigeren AEGL-2-Wertes – 180 m (Wind mit 3 m/s) bzw. 210 m (Wind mit 2,2 m/s) als angemessener Sicherheitsabstand im Sinne von § 3 Abs. 5c BImSchG für die Anlagen und Tätigkeiten mit Stickstoffmonoxid (→ Umgang mit ADR/RID-Druckgefäßen mit 1000 l und Fülldrücken bis zu 33 bar) abgeleitet.

2.4.4.11 Anlagen und Tätigkeiten mit Distickstofftetroxid

Im Folgenden wird für die passive Lagerung von Distickstofftetroxid in ortsbeweglichen ADR/RID-Druckgefäßen mit 1000 l (→ Druckfässer) der angemessene Sicherheitsabstand ermittelt. Es wird wiederum die gerechtfertigte Annahme getroffen, dass an einem passiv gelagerten Druckgefäß (→ Druckfass) allenfalls ein Leck in der Größenordnung von 38,5...80 mm² im „Dennoch“-Störfall vorstellbar ist (siehe dazu Darlegungen in Abschnitt 2.4.2). Wie bereits in Abschnitt 2.4.2 dargelegt, decken die Auswirkungsbetrachtungen für eine Freisetzung im Freien auch das Auswirkungspotenzial durch Stofffreisetzungen in der eingehausten Füllanlage für Distickstofftetroxid in Halle 1 ab (→ Retentionswirkung von Gebäuden, Schutz vor Wind- und Sonneneinwirkung mindert die Emissionsraten). Zudem werden innerhalb der Füllhalle keine anderen Druckbehälter/-gefäße eingesetzt wie bzw. als auf den Freilagerflächen, d. h. die GZM ist dieselbe.

Distickstofftetroxid ist bei der KAS-18-Konventionstemperatur von 20 °C unterhalb seines Siedepunkts. Ungeachtet dessen ist das Druckgefäß – gemäß GHC-Detailinformationen [24] – mit einem zusätzlichen Gaspolster (N₂) überlagert (→ Überdruck von 2 bar bzw. 10 bar). Weiterhin wird maximal eine 10-minütige Freisetzungsdauer zugrunde gelegt (→ KAS-18-Konvention). Tabelle 25 stellt die berechneten Freisetzungsraten und -zeiten zusammen.



Tabelle 25: Freisetzungsraten und -zeiten bei einem Leck an einem ADR/RID-Druckgefäß (Druckfass mit 1000 l) mit Distickstofftetroxid

Freisetzungsszenario	Werte	Bemerkung
Freisetzungsraten und -dauern bei 38,5 mm ² -Leck an 1000 l-Druckfass mit 1300 kg	0,58 kg/s / 600 s	berechnet nach Gl. (1) in Abschnitt 2.4.3.1 (Überdruck: <u>2 bar</u>), Füllmasse: 1300 kg (GZM _{typisch} , siehe Tabelle 5)
Freisetzungsraten und -dauern bei 80 mm ² -Leck an 1000 l-Druckfass mit 1300 kg	1,19 kg/s / 600 s	
Freisetzungsraten und -dauern bei 38,5 mm ² -Leck an 1000 l-Druckfass mit 1000 kg	1,29 kg/s / 600 s	berechnet nach Gl. (1) in Abschnitt 2.4.3.1 (Überdruck: <u>10 bar</u>), Füllmasse: 1000 kg (GZM _{typisch} , siehe Tabelle 5)
Freisetzungsraten und -dauern bei 80 mm ² -Leck an 1000 l-Druckfass mit 1000 kg	2,67 kg/s / 379 s	

In Tabelle 26 sind die ERPG-2-Gefährdungsradien für ADR/RID-Druckgefäße mit Distickstofftetroxid zusammengestellt, die mit Hilfe des Programms ProNuSs [41] / [42] auf Basis der VDI 3783-Richtlinien und der KAS-18-Konventionen berechnet wurden.

Tabelle 26: ERPG-2-Gefährdungsradien für ADR/RID-Druckgefäße mit Distickstofftetroxid für verschiedene Leckgrößen, Berechnung mit Hilfe des Programms ProNuSs [41] / [42] auf Basis der VDI 3783-Richtlinien

Freisetzungsszenario	ERPG-2-Gefährdungsradius				Bemerkung
	38,5 mm ² -Leck		80 mm ² -Leck		
Windgeschwindigkeit	3 m/s	2,2 m/s	3 m/s	2,2 m/s	
Distickstofftetroxid-Freisetzung aus 1000 l-Druckfass mit 1300 kg	133 m	154 m	196 m	230 m	Überdruck: 2 bar, Füllmasse: 1300 kg
Distickstofftetroxid-Freisetzung aus 1000 l-Druckfass mit 1000 kg	204 m	239 m	266 m	308 m	Überdruck: 10 bar, Füllmasse: 1000 kg

Aus Tabelle 26 geht hervor, dass der LUP-relevante Gefährdungsbereich – je nach Szenario – sich zwischen 133 m und 308 m bewegt. Zusammenfassend wird für die in diesem Abschnitt betrachteten Anlagen und Tätigkeiten mit Distickstofftetroxid ein angemessener Sicherheitsabstand von 270 m (Wind mit 3 m/s) bzw. 310 m (Wind mit 2,2 m/s) im Sinne von § 50 BImSchG abgeleitet. Die Gefährdungsbereiche sind zusätzlich im Anhang IV in einer Luftaufnahme dargestellt (siehe Seite AIV-13).



2.4.4.12 Anlagen und Tätigkeiten mit Oxalylchlorid

Im Folgenden wird für Oxalylchlorid eine Auswirkungsbetrachtung durchgeführt, wobei der Fokus ausschließlich auf einen störungsbedingten Wasserkontakt gemäß KAS-32 [33] gelegt wird. Ohne störungsbedingten Wasserkontakt beträgt der KAS-18-Achtungsabstand 200 m (gemäß KAS-18-Gefahrenindex). Es werden folgende Leck-Annahmen gemäß KAS-18-Leitfaden getroffen:

- 490 mm²-Leck (→ KAS-18-Konventionsleck) an einem 250 l-Stahlfass (keine N₂-Drucküberlagerung),
- 80 mm²-Leck (→KAS-18-Minimalleck) an einem ADR/RID-Druckgefäß (N₂-Drucküberlagerung: 4 barü).²⁹

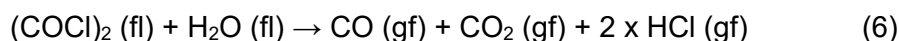
Wie bereits in Abschnitt 2.4.2 dargelegt, decken die Betrachtungen im Freien auch das Auswirkungspotenzial durch Stofffreisetzungen in der eingehausten Füllanlage für Oxalylchlorid in Halle 2 ab (→ Retentionswirkung von Gebäuden, Schutz vor Wind- und Sonneneinwirkung mindert die Emissionsraten, Schutzwirkung vor Kontakt mit Regenwasser).

Tabelle 27 stellt die berechneten Freisetzungsraten und -zeiten zusammen.

Tabelle 27: Freisetzungsraten und -zeiten bei einem Leck an einem ADR/RID-Druckgefäß (Druckfass mit 1000 l / max. 1360 kg) und an einem 250 l-Spundloch-Fass mit Oxalylchlorid

Freisetzungsszenario	Werte	Bemerkung
Freisetzungsraten und -dauer bei 490 mm ² -Leck an 250 l-Stahlfass	1,0 kg/s / 380 s	berechnet nach Gl. (1), Mittelwert für eine kontinuierlich abnehmende Füllhöhe (im Bereich 1 m bis 0 m)
Freisetzungsraten und -dauer bei 80 mm ² -Leck an 1000 l-Druckfass mit max. 1360 kg	1,5 kg/s / 600 s	berechnet nach Gl. (1) in Abschnitt 2.4.3.1 (mit zusätzlichem N ₂ -Überdruck von bis zu 4 bar)

Oxalylchlorid und Wasser reagieren unter Wärmeentwicklung nach der folgenden Reaktionsgleichung:



Die Reaktion ist exotherm; es lässt sich aus der Bilanzierung der Bildungsenergien der Einzelkomponenten eine Reaktionsenthalpie von ca. $\Delta H_r = -79 \text{ kJ/mol}$ abschätzen.

²⁹ Das Auftreten eines 490 mm²-Leck an der flüssigkeitsführenden Wandung eines ADR-Druckgefäßes wird als zu unwahrscheinlich für die Raumplanung erachtet, siehe hierzu Darlegungen in Abschnitt 2.4.2.



Die Oxalylchlorid-Lagerung erfolgt in Wasserschutzcontainern, so dass im Freisetzungsfall nicht von einem raumplanungsrelevanten Kontakt mit Wasser auszugehen ist. Gleichwohl kann ein störungsbedingter Kontakt mit Wasser im Außenbereich des GHC-Betriebsbereichs nicht ausgeschlossen werden (z. B. beim innerbetrieblichen Transport), so dass - gemäß KAS-32-Konvention - das freigesetzte Oxalylchlorid zu 50 % mit Wasser zu Chlorwasserstoff, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid umgesetzt wird. Hierbei ist die Exothermie so hoch, dass die Wärmefreisetzung ausreicht, um das nicht umgesetzte Oxalylchlorid vollständig zu verdampfen. Insgesamt werden die Schadstoffmengen in Tabelle 28 innerhalb von 10 min in die Atmosphäre emittiert (unter Vernachlässigung des nicht akut toxischen Kohlendioxids).

Tabelle 28: Schadgasmengen und Emissionsraten für „Dennoch“-Lecks an einem Transportbehälter für Oxalylchlorid

Parameter	Wert		Bemerkung
Leckgröße	490 mm ² (Spundloch-Fass)	80 mm ² (ADR/RID- Druckgefäß)	
Oxalylchlorid- Austrittsrate	1,0 kg/s	1,5 kg/s	
Austrittsdauer	380 s	600 s	1. Wert: Auslaufdauer eines 250 l-Stahlfasses, 2. Wert: KAS-18- Konvention
Freigesetzte Masse	380 kg	900 kg	
Emittierte Schadstoff-Massen			Verdampfung infolge der Exothermie der 50 % Umsetzung mit Wasser gebildete Schadgas- Massen
Oxalylchlorid	190 kg	450 kg	
Chlorwasserstoff	109 kg	259 kg	
Kohlenmonoxid	42 kg	99 kg	
<u>Gesamt</u>	341 kg	808 kg	
Emissionsraten			
Oxalylchlorid	0,50 kg/s	0,75 kg/s	
Chlorwasserstoff	0,29 kg/s	0,43 kg/s	
Kohlenmonoxid	0,11 kg/s	0,17 kg/s	
<u>Gesamt</u>	0,95 kg/s	1,35 kg/s	



Bei der Reaktion zwischen Oxalyldichlorid und Wasser bildet sich das Schadstoff-Gemisch „Kohlenmonoxid / Chlorwasserstoff / Oxalyldichlorid“. Um die Gefährdung bei Inhalation durch dieses Schadstoff-Gemisch als Ganzes abschätzen zu können, werden Gemisch-Beurteilungswerte nach der Methode gemäß Nr. 5.2 der TRGS 402 [4] abgeleitet. Es wird angenommen, dass das Gemisch den gleichen Bewertungsindex B_I wie die Summe der Einzelindizes aufweist und die Schadstoff-Zusammensetzung während der Ausbreitung konstant bleibt. Die Berechnung wird im Folgenden anhand des PAC-Wertes demonstriert:

$$B_I = \frac{C_i}{PAC_{Gemisch}} = \frac{C_{i,CO}}{PAC_{CO}} + \frac{C_{i,HCl}}{PAC_{HCl}} + \frac{C_{i,OC}}{PAC_{OC}} = C_i \cdot \left(\frac{g_{CO}}{PAC_{CO}} + \frac{g_{HCl}}{PAC_{HCl}} + \frac{g_{OC}}{PAC_{OC}} \right)$$

$$\Rightarrow PAC_{Gemisch} = \frac{1}{\left(\frac{g_{CO}}{PAC_{CO}} + \frac{g_{HCl}}{PAC_{HCl}} + \frac{g_{OC}}{PAC_{OC}} \right)}$$

Dabei sind:

- C_i : Massen-Konzentration am Immissionsort
 g : Gewichtsanteil der Einzelkomponente im Schadgas-Gemisch

Auf Basis oben ermittelter Zusammensetzung und der PAC-Werte für die Einzelstoffe nach [40] ergeben sich nach der TRGS 402-Methodik die Beurteilungswerte in Tabelle 29 für das Schadstoff-Gemisch.

Tabelle 29: Beurteilungswerte für das Schadstoff-Gemisch „Oxalyldichlorid / Chlorwasserstoff / Kohlenmonoxid (55,7 Gew.-% / 32,0 Gew.-% / 12,3 Gew.-%)“

Parameter	Einheit	Wert	Bemerkung
PAC-2-Wert – Gemisch „OC/HCl/CO“	mg/m ³	42,3	
PAC-3-Wert – Gemisch „OC/HCl/CO“	mg/m ³	174,1	

Das Ausbreitungsverhalten der emittierten Schadstoffdämpfe und -gase stellt einen komplexen Vorgang dar, insbesondere weil Oxalyldichlorid aufgrund seiner Reaktivität sich in der Luft nicht chemisch inert verhält: Das verdampfte Oxalyldichlorid reagiert mit der Luftfeuchtigkeit weiter zu Chlorwasserstoff und Kohlenmonoxid und bildet Aerosole bestehend aus Schadgasen (→ HCl, CO, Oxalyldichlorid-Dämpfe) und flüssigen Tröpfchen aus Salzsäure. Die Aerosole weisen einen Schwergascharakter auf, wobei ein Teil der Flüssigkeitstropfen in Ausbreitungsrichtung wieder zu Boden sinkt (→ Deposition). Dem Schwergasverhalten wird im Folgenden konservativ durch Anwendung des Modells nach VDI 3783-2 [48] Rechnung getragen. Die Schwergas-Ausbreitungsrechnung nach STOER [46] in einer locker bebauten Umgebung (→ AG 19, gemäß KAS-18-Konvention) liefert bei mittlerer Ausbreitungssituation eine Schwergas-Driftweite von 33 m (Szenario mit 250 l-Stahlfass) bzw. 38 m (Szenario mit 1000 l-Druckfass).

Bild 14 stellt die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnungen für die Freisetzungsszenarien in Abhängigkeit von der Entfernung zwischen Freisetzungsort und Aufpunkt in Ausbreitungsrichtung dar (Berechnung auf Basis der VDI 3783-Richtlinie, Blatt 1 mit Hilfe des Programms STOER [46]).

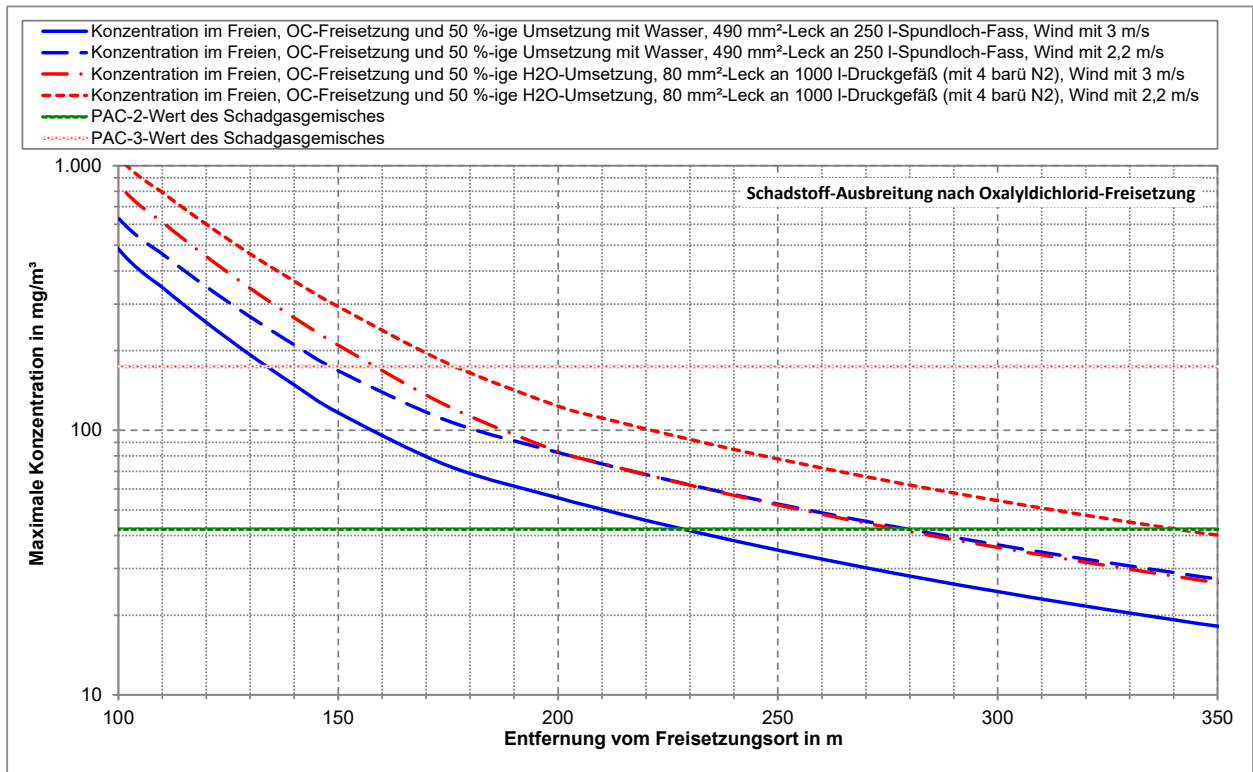


Bild 14: Maximale Schadstoff-Konzentration in Abhängigkeit von der Entfernung, Berechnung auf Basis der VDI 3783-Richtlinie mit Hilfe des Programms STOER [46]

Aus Bild 14 ist ersichtlich, dass bei einer mittleren Ausbreitungssituation spätestens nach 280 m (Wind mit 3 m/s) bzw. 340 m (Wind mit 2,2 m/s) vom Freisetzungsort mit keiner Personengefährdung mehr zu rechnen ist (→ Unterschreitung des PAC-2-Wertes für 60 min für das OC/HCl/CO₂-Gemisch). Zusammenfassend wird für die Tätigkeiten mit Oxalyldichlorid (→ Umgang mit Stahlfässern und ADR/RID-Druckgefäßen mit 1000 l / 1360 kg) ein angemessener Sicherheitsabstand von 280 m (Wind mit 3 m/s) bzw. 340 m (Wind mit 2,2 m/s) im Sinne von § 50 BImSchG abgeleitet.

2.4.4.13 Anlagen und Tätigkeiten mit Fluorwasserstoff

Für die passive Lagerung von abgefüllten ADR/RID-Druckgefäßen (≤ 1000 l / 840 kg) mit flüssigem Fluorwasserstoff kann als angemessener Sicherheitsabstand – wegen der vergleichbaren Randbedingungen (siehe Abschnitt 2.4.2) – zunächst der KAS-18-Achtungsabstand herangezogen werden: 110 m (abgerundeter Wert (112 m) aus Anhang 2 im KAS-18-Leitfaden). Grundlage hiervon ist die gerechtfertigte Annahme, dass an einem passiv gelagerten HF-Druckgefäß (Druckfass) allenfalls ein Leck in der Größenordnung von 38,5...80 mm² im „Dennoch“-Störfall vorstellbar ist (siehe Darlegungen in Abschnitt 2.4.2).



Die ergänzenden Detailbetrachtungen zu dem „Dennoch“-Szenario „80 mm²-Leck an einem ADR/RID-Druckgefäß mit 2 barü-Überlagerung und GZM_{max} (840 kg, Austrittsrate: 0,97 kg/s, Freisetzungsdauer: 600 s)“ ergeben mit Hilfe des Programms ProNuSs [42] einen ERPG-2-Gefährdungsradius von 228 m (Wind mit 3 m/s) und 269 m (Wind mit 2,2 m/s). Diese Detailbetrachtungen offenbaren somit, dass die Berechnungsergebnisse im KAS-18-Leitfaden [32] in Bezug auf Fluorwasserstoff offensichtlich fehlerbehaftet sind und die Auswirkungen unterschätzen.

Zusammenfassend wird für die Tätigkeiten mit Fluorwasserstoff (→ Umgang mit ADR/RID-Druckgefäßen mit 1000 l / 840 kg (GZM_{max})) ein angemessener Sicherheitsabstand von 230 m (Wind mit 3 m/s) bzw. 270 m (Wind mit 2,2 m/s) im Sinne von § 50 BImSchG abgeleitet.

2.4.4.14 Anlagen und Tätigkeiten mit Methylbromid

Für das akut toxische, entzündbare Methylbromid gibt der KAS-18-Leitfaden keinen stoffspezifischen Achtungsabstand; nach dem KAS-18-Gefahrenindex (GI) lässt sich Methylbromid der Abstandklasse AK I (200 m) zuordnen. Da die Einstufung nach dem KAS-18-Gefahrenindex streng genommen nur für Flüssigkeiten gilt (und nicht für druckverflüssigte Gase),³⁰ wird nachfolgend für die stoffspezifischen Tätigkeiten im GHC-Betriebsbereich eine Detailbetrachtung durchgeführt. Es werden folgende Leck-Annahmen gemäß KAS-18-Leitfaden getroffen:

- 490 mm²-Leck (→ KAS-18-Konventionsleck) an der DN 40-Leitung zur Füllanlage (Pumpenarbeitsdruck: 3 barü),
- 80 mm²-Leck (→KAS-18-Minimalleck) an einem passiv gelagerten ADR/RID-Druckgefäß (bis zu 1000 l / 1510 kg).³¹

Wie bereits in Abschnitt 2.4.2 dargelegt, decken die Betrachtungen im Freien auch das Auswirkungspotenzial durch Stofffreisetzungen in der eingehausten Füllanlage für Methylbromid in Halle 7 ab (→ Retentionswirkung von Gebäuden, Schutz vor Wind- und Sonneneinwirkung mindert die Emissionsraten).

Tabelle 30 stellt die berechneten Freisetzungsraten und -zeiten zusammen.

³⁰ Dazu heißt es unter Nr. 3 im Anhang 1 des KAS-18-Leitfadens: „Es ist allerdings darauf hinzuweisen, dass diese Zuordnung nur für verdunstende Flüssigkeiten gilt. Für den Fall einer exakten Zuordnung ist eine stoffspezifische Ermittlung des angemessenen Abstandes im Einzelfall unerlässlich!“

³¹ Das GHC-typische Volumen der für den MeBr-Transport einsetzbaren Druckfässer beträgt ca. 860 l (→ GZM: 1300 kg); gleichwohl werden konservativerweise nachfolgend die genehmigungsrechtlich zulässigen 1000 l zugrunde gelegt.



Tabelle 30: Freisetzungsraten und -zeiten bei einem Leck an der DN 40-Entleerleitung zur Füllanlage sowie an einem ADR/RID-Druckgefäß (Druckfass mit max. 1000 l / 1510 kg) mit Methylbromid

Freisetzungsszenario	Werte	Bemerkung
Freisetzungsraten und -dauern bei 490 mm ² -Leck an DN 40-Entladeleitung zur Füllanlage	10,9 kg/s / 600 s	berechnet nach Gl. (1) mit zusätzlichem Pumpendruck von 3 barü
Freisetzungsraten und -dauern bei 80 mm ² -Leck an 1000 l-Druckfass mit 1510 kg	0,83 kg/s / 600 s	berechnet nach Gl. (1) in Abschnitt 2.4.3.1 (ausschließlich dampfdruckbedingter Überdruck)

In Tabelle 31 sind die ERPG-2-Gefährdungsradien für ADR/RID-Druckgefäße mit Methylbromid zusammengestellt, die mit Hilfe des Programms ProNuSs [41] / [42] auf Basis der VDI 3783-Richtlinien und der KAS-18-Konventionen berechnet wurden.

Tabelle 31: ERPG-2-Gefährdungsradien für die Methylbromid-Füllanlage sowie für ADR/RID-Druckgefäße (Druckfass, Gasflasche) mit Methylbromid. Berechnung mit Hilfe des Programms ProNuSs [41] / [42] auf Basis der VDI 3783-Richtlinien

Freisetzungsszenario	ERPG-2-Gefährdungsradius				Bemerkung
	80 mm ² -Leck		490 mm ² -Leck		
Windgeschwindigkeit	3 m/s	2,2 m/s	3 m/s	2,2 m/s	
Methylbromid aus DN 40-Leitung zur Füllanlage im Freien	-	-	172 m	194 m	Lachenverdampfung im Freien auf stark strukturiertem Gelände (Lachentiefe: mindestens 30 mm).
Methylbromid-Freisetzung aus 1000 l-Druckfass mit 1510 kg im Freien	87 m	94 m	-	-	Lachenverdampfung Freilagerfläche.

Aus Tabelle 31 geht hervor, dass der LUP-relevante Gefährdungsbereich – je nach Szenario – zwischen 100 m und 171 m schwankt, so dass die KAS-18-GI-Zuordnung in die Abstandsklasse AK I (200 m) insgesamt bestätigt wird. Zusammenfassend wird für die in diesem Abschnitt betrachteten Tätigkeiten mit Methylbromid ein angemessener Sicherheitsabstand von 170 m bzw. 190 m (Füllanlage) und 90 m (Druckfass, 1000 l / mit 1510 kg) im Sinne von § 50 BImSchG abgeleitet.



2.4.4.15 Anlagen und Tätigkeiten mit Kohlenmonoxid

Das größte zusammenhängende Volumen an verdichtetem Kohlenmonoxid sind – nach GHC-Detailinformationen [25] – 600 Liter (= 12 x 50 Liter-Flaschen). Da nach den Regelungen des ADR/RID [5] / [6] und anlagentechnisch auch 1000 Liter denkbar sind, wird nachfolgend ein ADR/RID-Druckgefäß mit 1000 l und einem Fülldruck von 200 barü betrachtet (Stoffinventar: ca. 230 kg). Für die adiabatisch-entropische Entspannung eines vollen ADR/RID-Druckgefäßes ergibt sich der zeitliche Verlauf in Bild 15 dargestellt.

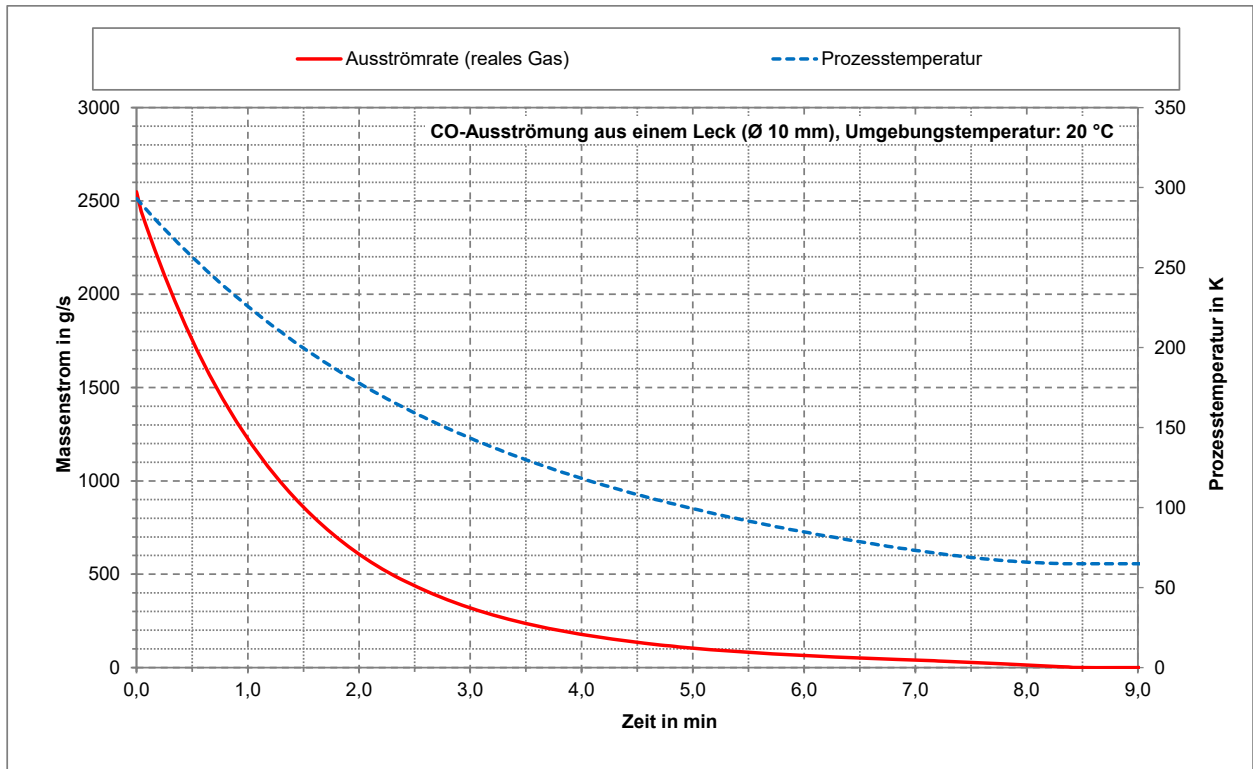


Bild 15: Zeitlicher Verlauf der Entspannung eines ADR/RID-Druckgefäßes (1000 l, Fülldruck: 200 barü) mit Kohlenmonoxid, Entspannungsquerschnitt: 80 mm²

Aus Bild 15 geht hervor, dass bei einem 80 mm²-Leck sich das Druckgefäß in ca. 8,5 min vollständig entspannt hat.

Bild 16 zeigt die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnung nach VDI 3783, Blatt 1 in Abhängigkeit von der Entfernung zwischen Freisetzungsort und Aufpunkt, wobei ein transienter Emissionsverlauf in 30 s-Abschnitten angenommen wurde.³²

³² Eine Schwergasausbreitung tritt hierbei nicht auf, da Kohlenmonoxid sich aufgrund des Molgewichts dichteneutral verhält.

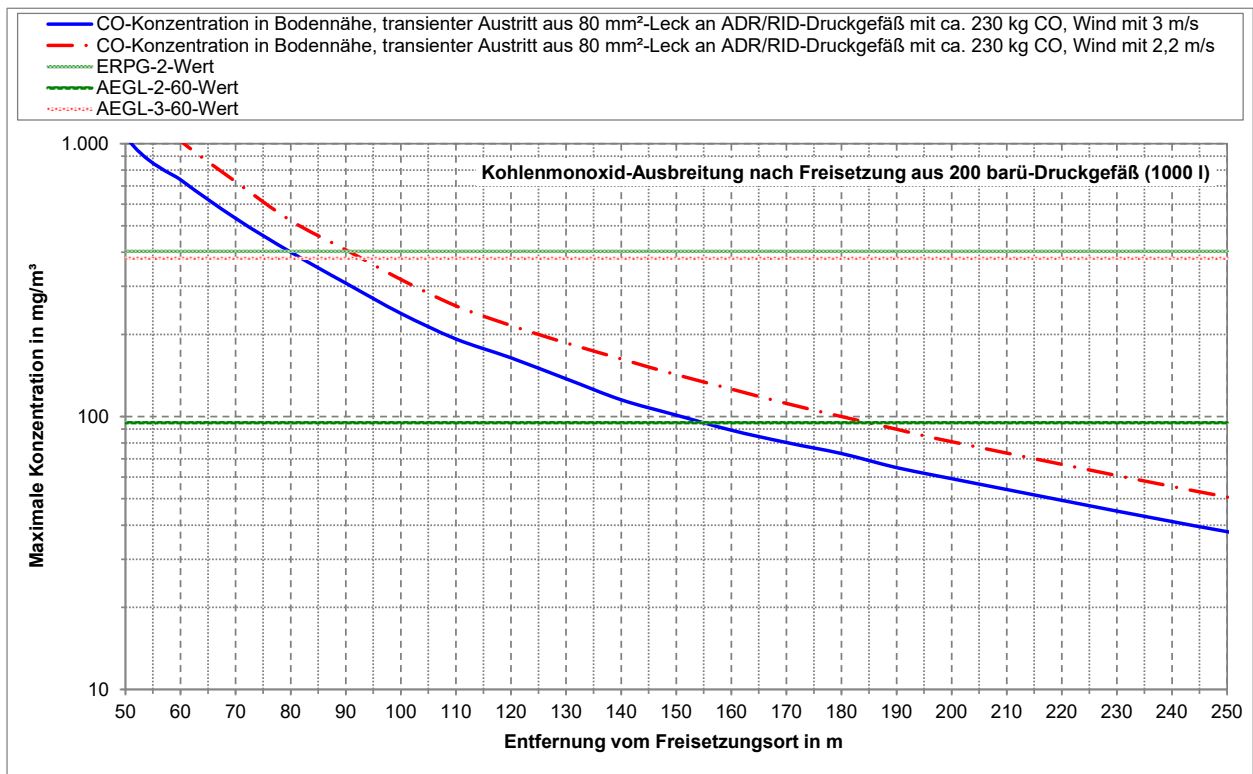


Bild 16: Maximale Kohlenmonoxid-Konzentration in Abhängigkeit von der Entfernung (Abstand vom Freisetzungsort) – Berechnung auf Basis der VDI 3783-Richtlinie mit Hilfe des Programms STOER [46]

Aus Bild 16 folgt, dass eine Gesundheitsgefährdung spätestens nach 155 m (Wind mit 3 m/s) bzw. 185 m (Wind mit 2,2 m/s) nicht mehr zu befürchten ist (→ Unterschreitung des AEGL-2-60 min-Wertes); der LUP-Beurteilungswert (ERPG-2-Wert) wird nach rund 80 m (Wind mit 3 m/s) bzw. 90 m (Wind mit 2,2 m/s) unterschritten. Es werden – vor dem Hintergrund des etwas niedrigeren AEGL-2-Wertes – 150 m (Wind mit 3 m/s) bzw. 180 m (Wind mit 2,2 m/s) als angemessener Sicherheitsabstand im Sinne von § 3 Abs. 5c BImSchG für die Anlagen und Tätigkeiten mit Kohlenmonoxid (→ Umgang mit ADR/RID-Druckgefäßen mit 1000 l und Fülldruck 200 bar) abgeleitet.

2.4.4.16 Anlagen und Tätigkeiten mit Dichlorsilan

Im Folgenden wird der Einfluss der passiven Lagerung von druckverflüssigtem Dichlorsilan in ortsbeweglichen ADR/RID-Druckgefäßen (→ Gasflaschen bis zu 150 l) auf den Sicherheitsabstand im Sinne von § 50 BImSchG betrachtet, wobei das GHC-typische Volumen der für den Dichlorsilan-Transport eingesetzten Gasflaschen kleiner ist (→ 60 l, GZM: 54 kg).

Aufgrund der niedrigen Volumina der Gasflaschen ergeben sich im Allgemeinen Freisetzungzeiten, die unterhalb der KAS-18-Konvention „10-minütige Stofffreisetzung“ liegen. Dies zeigt nachfolgende Tabelle 32, wobei wieder die gerechtfertigte Annahme getroffen wird, dass an einem passiv gelagerten Druckgefäß allenfalls ein Leck in der Größenordnung von 38,5...80 mm² im „Dennoch“-Störfall vorstellbar ist (siehe dazu Darlegungen in Abschnitt 2.4.2).



Tabelle 32: Freisetzungsraten und -zeiten bei einem Leck an einem ADR/RID-Druckgefäß (Gasflaschen) mit Dichlorsilan

Freisetzungsszenario	Werte	Bemerkung
Freisetzungsraten und -dauern bei 38,5 mm ² -Leck an 150 l-Gasflasche ²¹ mit 162 kg	0,59 kg/s / 275 s	berechnet nach Gl. (1) in Abschnitt 2.4.3.1 (dampfdruckbedingter Überdruck + 2 barü N ₂ -Überlagerung)
Freisetzungsraten und -dauern bei 80 mm ² -Leck an 150 l-Gasflasche ²¹ mit 162 kg	1,22 kg/s / 133 s	

In Tabelle 33 sind die ERPG-2-Gefährdungsradien für ADR/RID-Druckgefäße (Gasflasche) mit Dichlorsilan zusammengestellt, die mit Hilfe des Programms ProNuSs [41] / [42] auf Basis der VDI 3783-Richtlinien und der KAS-18-Konventionen berechnet wurden.

Tabelle 33: ERPG-2-Gefährdungsradien für ADR/RID-Druckgefäße (Gasflaschen) mit Dichlorsilan für verschiedene Leckgrößen. Berechnung mit Hilfe des Programms ProNuSs [41] / [42] auf Basis der VDI 3783-Richtlinien

Freisetzungsszenario	ERPG-2-Gefährdungsradius				Bemerkung
	38,5 mm ² -Leck		80 mm ² -Leck		
Windgeschwindigkeit	3 m/s	2,2 m/s	3 m/s	2,2 m/s	
Dichlorsilan-Freisetzung aus 150 l-Gasflasche mit 162 kg im Freien	117 m	125 m	124 m	142 m	

Aus Tabelle 33 geht hervor, dass der LUP-relevante Gefährdungsbereich – je nach Szenario – zwischen 117 m und 142 m schwankt. Zusammenfassend wird für die Tätigkeiten mit Dichlorsilan (→ Umgang mit Gasflaschen) ein angemessener Sicherheitsabstand von 120 m (Wind mit 3 m/s) bzw. 140 m (Wind mit 2,2 m/s) im Sinne von § 50 BImSchG abgeleitet.



2.4.4.17 Anlagen und Tätigkeiten mit (verflüssigten) entzündbaren Gase inkl. Ethylenoxid, Acetylen und Wasserstoff sowie AK I-Flüssigkeiten

Den Tätigkeiten mit (verflüssigten) entzündbaren Gase inkl. Ethylenoxid, Acetylen und Wasserstoff sowie AK I-Flüssigkeiten wird ohne weitere Detailbetrachtungen ein angemessener Sicherheitsabstand von 200 m zugewiesen. Detailbetrachtungen machen erst Sinn, wenn die in den Abschnitten 2.4.4.1, 2.4.4.2, 2.4.4.3, 2.4.4.4, 2.4.4.5, 2.4.4.6, 2.4.4.7, 2.4.4.8, 2.4.4.9, 2.4.4.11 und 2.4.4.12 hergeleiteten angemessenen Sicherheitsabstände größer als 200 m nicht mehr relevant sind. Diese Einschätzung deckt sich auch mit dem TÜV Nord-Gutachten [45]. Darin heißt es in Kap. 4.3.5: *„Aufgrund der teilweise gegenüber den "Standardachtungsgrenzen" für Brände und Explosionen (200 Meter) weit größeren Achtungsgrenzen der in den vorstehenden Abschnitten 4.3.1 bis 4.3.4 behandelten Gefahrenpotentiale erübrigt sich im vorliegenden Falle eine weitere Untersuchung, stattdessen wird hier die Standardachtungsgrenze von 200 Metern gesetzt.“*



3 Zusammenfassung

Die Analyse der stofflichen Gefahrenpotenziale des Betriebsbereichs der Gerling, Holz & Co. GmbH am Standort in Hanau ergibt für die Ist-Situation, dass das raumplanungsrelevante Störfallpotenzial durch den Einsatz der druckverflüssigten, akut toxischen Gase „Schwefeldioxid“, „Chlor“, „Chlorwasserstoff“, „Phosgen“ und „Ammoniak“ gefahrenabdeckend repräsentiert bzw. charakterisiert wird. Dies geht bereits aus der bereits durchgeführten LUP-Einzelfallbetrachtung mit Detailkenntnissen im TÜV Nord-Gutachten [45] hervor, wobei der maximale stoff- und anlagebezogene ERPG-2-Gefährdungsradius für die Schwefeldioxid-Lageranlage inkl. ortsfesten Lagerbehälter im Freien zu 1100 m bestimmt wurde (→ „Achtungsgrenze“ in [45]). Insgesamt ergibt sich für die Ist-Situation eine relativ schlechte bzw. eingeschränkte Vereinbarkeit zwischen dem GHC-Betriebsbereich und möglichen raumplanerischen Entwicklungen im Umfeld im Sinne von § 50 BImSchG.

Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen des vorliegenden Gutachtens untersucht, wie sich der Verzicht bzw. die Verlagerung der stoffspezifischen Tätigkeiten „Lagerung von druckverflüssigtem Schwefeldioxid in einem ortsfesten Lagerbehälter und Abfüllen in ortsbewegliche Druckgeräte“, „Lagerung von druckverflüssigtem Chlorwasserstoff in ortsbeweglichen Druckgeräten (Druckfässer) und Umfüllen in ortsbewegliche Druckgeräte“ sowie „Lagerung von druckverflüssigtem Chlor in ortsbeweglichen Druckgeräten (Druckfässer)“ auf die Abstandssituation auswirkt und welche weiteren stoffspezifischen Tätigkeiten für den angemessenen Sicherheitsabstandsbereich im Falle der Verlagerung bestimmend sein werden.

Die Analyse in Abschnitt 2.3 ergibt die weiteren, abstandsauslösenden Anlagen, Tätigkeiten und Stoffe Tabelle 4, insbesondere:

- Lagerung von druckverflüssigtem Ammoniak in einem ortsfesten Lagerbehälter inkl. Versorgungsleitungen im Freien und Abfüllen in ortsbewegliche ADR/RID-Druckgefäße, siehe Nr. 1 in Tabelle 4.
- Lagerung von druckverflüssigten akut toxischen Gasen in ortsbeweglichen ADR/RID-Druckgefäßen im Freien mit teilweise reduziertem Füllvolumen (≤ 150 l), siehe Nrn. 2 und 3 in Tabelle 4.

In Abschnitt 2.4 wurden für den GHC-Betriebsbereich Auswirkungsbetrachtungen zu stoffspezifischen Anlagen und Tätigkeiten durchgeführt und darauf aufbauend angemessene Sicherheitsabstände abgeleitet. Tabelle 34 fasst die ermittelten angemessenen Sicherheitsabstände nach § 3 Abs. 5c BImSchG bzw. im Sinne von § 50 BImSchG zu den Anlagenbereichen bzw. zum Freisetzungsort zusammen, die aus der Betrachtung der Störfallszenarien resultieren. Hierbei wird teilweise differenziert zwischen der Leck-Annahme „Abriss des Ventils am ADR/RID-Druckgefäß mit einem Durchgangsdurchmesser von 7 mm (Leckfläche: $38,5 \text{ mm}^2$)“ und der im KAS-18-Leitfaden empfohlenen Mindest-Leckfläche von 80 mm^2 . Der Vollständigkeit halber werden in Tabelle 34 auch die oben genannten, zu verlagernden Tätigkeiten und Stoffe aufgeführt.



Tabelle 34: Angemessene Sicherheitsabstände nach § 3 Abs. 5c BImSchG bzw. im Sinne von § 50 BImSchG, die aus den betrachteten „Dennoch“-Szenarien im GHC-Betriebsbereich resultieren

Szenario / Anlage	Gefährdungsart	Angemessener Sicherheitsabstand bei Wind mit		Bemerkung
		3 m/s	2,2 m/s	
Freisetzung von Schwefeldioxid an ortsfesten Lagerbehälter oder an Versorgungsleitung (Leck-Annahme: 490 mm ²) im Freien	toxische Einwirkung	790...840 m	970...1000 m	Achtungsgrenze TÜV-Nord (2008): 1.100 m, siehe weiter Abschnitt 2.4.4.3
Freisetzung von Chlor aus Druckfass (GZM _{typisch} : 1000 kg, Leck-Annahme: 80 mm ²) im Freien	toxische Einwirkung	570 m ³³	690 m	Achtungsgrenze TÜV-Nord (2008): 800 m, siehe weiter Abschnitt 2.4.4.2
Freisetzung von Schwefeldioxid aus Druckfass (GZM _{typisch} : 1070 kg, Leck-Annahme: 80 mm ²) im Freien	toxische Einwirkung	570 m	680 m	Detailbetrachtung mit 4 barü-N ₂ -Überlagerung, siehe weiter Abschnitt 2.4.4.3
Freisetzung von Chlorwasserstoff aus Druckfass (GZM _{typisch} : 670 kg, Leck-Annahme: 38,5/80 mm ²) im Freien	toxische Einwirkung	490 m (384 m / 491 m)	560 m (493 m / 556 m)	Achtungsgrenze TÜV-Nord (2008): 500 m, Werte in Klammern: berechnete ERPG-2-Gefährdungsradien, siehe weiter Abschnitt 2.4.4.2
Freisetzung von Phosgen aus Druckfass (GZM _{typisch} : 1000 kg, Leck-Annahme: 38,5/80 mm ²) im Freien	toxische Einwirkung	400 m (268 m / 400 m)	480 m (318 m / 475 m)	Werte in Klammern: berechnete ERPG-2-Gefährdungsradien, siehe weiter Abschnitt 2.4.4.5
Freisetzung von Ammoniak an ortsfesten Lagerbehälter, TKW/EKW oder an Versorgungsleitung (Leck-Annahme: 490 mm ²) im Freien (ohne Reibungsbeiwert)	toxische Einwirkung	420 m (422 m)	460 m (456 m)	Werte in Klammern: berechnete ERPG-2-Gefährdungsradien, siehe weiter Abschnitt 2.4.4.1
Freisetzung von Ammoniak an ortsfesten Lagerbehälter, TKW/EKW oder an Versorgungsleitung (Leck-Annahme: 490 mm ²) im Freien (ohne Reibungsbeiwert und ohne Kompressor-Druck (d. h. ausschließlich dampfdruckbedingter Überdruck), Sonneneinstrahlung: 0,2 kW/m ²)	toxische Einwirkung	400 m (403 m)	440 m (435 m)	Werte in Klammern: berechnete ERPG-2-Gefährdungsradien, siehe weiter Abschnitt 2.4.4.1
Freisetzung von Chlor aus Gasflasche (max. 150 l/188 kg, Leck-Annahme: 80 mm ²) im Freien (mit Reibungsbeiwert, gemäß Anhang 2 im KAS-18-Leitfaden)	toxische Einwirkung	390 m (385 m)	420 m (418 m)	Wert in Klammern: berechneter ERPG-2-Gefährdungsradius, siehe weiter Abschnitt 2.4.4.2

³³ Im SFK/TAA-GS-1-Leitfaden [44] bzw. KAS-18-Leitfaden [32] wird für ein 80 mm²-Leck ein niedrigerer ERPG-2-Gefährdungsradius von 503 m angegeben.



Szenario / Anlage	Gefährdungsart	Angemessener Sicherheitsabstand bei Wind mit		Bemerkung
		3 m/s	2,2 m/s	
Freisetzung von Ammoniak an ortsfesten Lagerbehälter, TKW/EKW oder an Versorgungsleitung (Leck-Annahme: 490 mm ²) im Freien (mit Reibungsbeiwert gemäß Anhang 2 im KAS-18-Leitfaden, d. h. Freisetzungsbedingungen wie im TÜV Nord-Gutachten)	toxische Einwirkung	380 m	410 m	Achtungsgrenze TÜV-Nord (2008): 450 m, siehe weiter Abschnitt 2.4.4.1
Freisetzung von Methylhydrazin ADR/RID-Druckgefäß (1000 l, Leck-Annahme: 38,5/80 mm ²) im Freien	toxische Einwirkung	330 m (300 m / 325 m)	380 m (350 m / 380 m)	Werte in Klammern: berechnete ERPG-2-Gefährdungsradien siehe weiter Abschnitt 2.4.4.8
Freisetzung von Chlor aus Gasflasche (max. 75 l/94 kg, Leck-Annahme: 38,5/80 mm ²) im Freien (ohne Reibungsbeiwert nach Anhang 2 im KAS-18-Leitfaden)	toxische Einwirkung	300 m (277 m / 300 m)	330 m (313 m / 325 m)	Werte in Klammern: berechnete ERPG-2-Gefährdungsradien, siehe weiter Abschnitt 2.4.4.2
Freisetzung von Schwefeldioxid aus Gasflasche (150 l/185 kg, Leck-Annahme: 38,5/80 mm ²) im Freien	toxische Einwirkung	340 m (299 m / 340 m)	380 m (346 m / 379 m)	Detailbetrachtung mit 4 barü-N ₂ -Überlagerung, Werte in Klammern: berechnete ERPG-2-Gefährdungsradien, siehe weiter Abschnitt 2.4.4.3
Freisetzung von Schwefelwasserstoff aus Druckfass (1000 l/670 kg, Leck-Annahme: 38,5/80 mm ²) im Freien	toxische Einwirkung	310 m	340 m	1. Wert ohne Detailbetrachtung aus Anhang 2 im KAS-18-Leitfaden abgeleitet, 2. Wert auf Basis der Austrittsrate im Anhang 2 im KAS-18-Leitfaden berechnet, siehe weiter Abschnitt 2.4.4.4
Freisetzung von Oxalylchlorid aus ADR/RID-Druckgefäß (1000 l/1360 kg, Leck-Annahme: 80 mm ²) im Freien mit anschließendem Wasserkontakt	toxische Einwirkung	280 m	340 m	siehe weiter Abschnitt 2.4.4.12
Freisetzung von Chlorwasserstoff aus Gasflasche (max. 150 l/100 kg, Leck-Annahme: 80 mm ²) im Freien	toxische Einwirkung	270 m (267 m)	310 m (305 m)	Wert in Klammern: berechneter ERPG-2-Gefährdungsradius, siehe weiter Abschnitt 2.4.4.2
Freisetzung von Distickstoffdioxid aus Druckfass (1000 l, Leck-Annahme: 80 mm ² , Überlagerungsdruck: 2...10 barü) im Freien	toxische Einwirkung	270 m (204...266 m)	310 m (239...308 m)	Werte in Klammern: berechnete ERPG-2-Gefährdungsradien, siehe weiter Abschnitt 2.4.4.11
Freisetzung von Schwefeldioxid aus Gasflasche (75 l/92 kg, Leck-Annahme: 80 mm ²) im Freien	toxische Einwirkung	260 m (258 m)	280 m (284 m)	Detailbetrachtung mit 4 barü-N ₂ -Überlagerung, Wert in Klammern: berechneter ERPG-2-Gefährdungsradius, siehe weiter Abschnitt 2.4.4.3



Szenario / Anlage	Gefährdungsart	Angemessener Sicherheitsabstand bei Wind mit		Bemerkung
		3 m/s	2,2 m/s	
Freisetzung von Bortrifluorid aus Gasflasche (50...60 l, GZM _{typisch} : 43 kg, Leck-Annahme: 80 mm ²) im Freien	toxische Einwirkung	250 m	260 m	Achtungsgrenze TÜV-Nord (2008): 250 m, siehe weiter Abschnitt 2.4.4.9
Freisetzung von Phosgen aus Gasflasche (GZM _{typisch} : 60 kg, Leck-Annahme: 38,5/80 mm ²) im Freien	toxische Einwirkung	240 m (200 m / 235 m)	270 m (234 m / 267 m)	Werte in Klammern: berechnete ERPG-2-Gefährdungsradien siehe weiter Abschnitt 2.4.4.5
Freisetzung von Bortrichlorid aus ADR/RID-Druckgefäß (1000 l/1190 kg, Leck-Annahme: 38,5/80 mm ²) im Freien	toxische Einwirkung	240 m (158 m / 237 m)	280 m (189 m / 283 m)	Werte in Klammern: berechnete ERPG-2-Gefährdungsradien siehe weiter Abschnitt 2.4.4.6
Freisetzung von Chlorwasserstoff aus Gasflasche (max. 75 l/50 kg, Leck-Annahme: 38,5/80 mm ²) im Freien	toxische Einwirkung	230 m (198 m / 233 m)	270 m (258 m / 268 m)	Werte in Klammern: berechnete ERPG-2-Gefährdungsradien, siehe weiter Abschnitt 2.4.4.2
Freisetzung von Bromwasserstoff aus ADR/RID-Druckgefäß (1000 l/1510 kg, Leck-Annahme: 38,5/80 mm ²) im Freien	toxische Einwirkung	230 m (166 m / 234 m)	280 m (197 m / 277 m)	Werte in Klammern: berechnete ERPG-2-Gefährdungsradien siehe weiter Abschnitt 2.4.4.7
Freisetzung von Fluorwasserstoff aus ADR/RID-Druckgefäß (1000 l/840 kg, Überlagerungsdruck: 2 barü)	toxische Einwirkung	230 m	270 m	siehe weiter Abschnitt 2.4.4.13
Freisetzung von Stickstoffmonoxid aus ADR/RID-Druckgefäß (1000 l/Fülldruck: 33 bar, Leck-Annahme: 80 mm ²) im Freien	toxische Einwirkung	180 m	210 m	Die Gefährdung geht von Stickstoffdioxid (NO ₂) aus, siehe weiter Abschnitt 2.4.4.10
Freisetzung von Ammoniak aus ADR/RID-Druckgefäß (1000 l/540 kg, Leck-Annahme: 80 mm ²) im Freien	toxische Einwirkung	180 m	230 m	1. Wert ohne Detailbetrachtung aus Anhang 2 im KAS-18-Leitfaden abgeleitet, siehe weiter Abschnitt 2.4.4.1
Freisetzung von Methylbromid aus DN 40-Leitung zur Füllanlage (Leck-Annahme: 490 mm ² , Pumpendruck: 3 barü) im Freien	toxische Einwirkung	170 m	190 m	siehe weiter Abschnitt 2.4.4.14
Freisetzung von Kohlenmonoxid aus ADR/RID-Druckgefäß (1000 l/Fülldruck: 200 bar, Leck-Annahme: 80 mm ²) im Freien	toxische Einwirkung	150 m	180 m	siehe weiter Abschnitt 2.4.4.15
Freisetzung von Dichlorsilan aus Gasflasche (150 l/162 kg, Leck-Annahme: 80 mm ² , Überlagerungsdruck: 2 barü) im Freien	toxische Einwirkung	120 m (117...124 m)	140 m (125...142 m)	Werte in Klammern: berechnete AEGL-2-60-Gefährdungsradien, siehe weiter Abschnitt 2.4.4.16
Freisetzung von Methylbromid aus ADR/RID-Druckgefäß (1000 l/1510 kg, Leck-Annahme: 80 mm ²) im Freien	toxische Einwirkung	90 m (87 m)	90 m (94 m)	Werte in Klammern: berechnete ERPG-2-Gefährdungsradien, siehe weiter Abschnitt 2.4.4.14



Szenario / Anlage	Gefährdungsart	Angemessener Sicherheitsabstand bei Wind mit		Bemerkung
		3 m/s	2,2 m/s	
(Verflüssigte) Entzündbare Gase inkl. Ethylenoxid, C ₂ H ₂ und H ₂	Brand und/oder Explosion, tlw. toxische Einwirkung	≤ 200 m		ohne Detailbetrachtung aus KAS-18-Leitfaden und Kap. 4.3.5 im TÜV Nord-Gutachten [45] abgeleitet, siehe weiter Abschnitt 2.4.4.17
Umgang mit Flüssigkeiten, welche in die KAS-18-Abstandsklasse AK I (200 m) fallen, z. B. Oxalylchlorid (ohne Wasserkontakt), Propylenoxid und Hydrazin	toxische Einwirkung, tlw. Brand und/oder Explosion	≤ 200 m		ohne Detailbetrachtung aus KAS-18-Leitfaden und Kap. 4.3.5 im TÜV Nord-Gutachten [45] abgeleitet, siehe weiter Abschnitt 2.4.4.17

Im Anhang IV sind die Gefährdungsbereiche einiger LUP-relevanter Szenarien zusätzlich in Luftaufnahmen dargestellt.

Aus Tabelle 34 sowie aufgrund der räumlichen Situation lässt sich schlussfolgern, dass für den GHC-Standort in Hanau das „Dennoch“-Szenario mit druckverflüssigtem Ammoniak maßgeblich abstandsbestimmend ist, sofern folgende Tätigkeiten und Stoffe stillgelegt bzw. verlagert werden:

- Lagerung von druckverflüssigtem Schwefeldioxid in einem ortsfesten Lagerbehälter inkl. Versorgungsleitungen im Freien,
- Lagerung und Umschlag / Verladung von druckverflüssigtem Schwefeldioxid in ortsbeweglichen Druckfässern (oder in Großflaschen bzw. Flaschenbündeln, sofern nicht alle Gasflaschen einzeln abgesperrt sind) oder Gasflaschen mit einer Füllmenge größer als 92 kg im Freien,
- Lagerung und Umschlag / Verladung von druckverflüssigtem Chlor in ortsbeweglichen Druckfässern (oder in Großflaschen bzw. Flaschenbündeln, sofern nicht alle Gasflaschen einzeln abgesperrt sind) oder Gasflaschen mit einer Füllmenge größer als 94 kg im Freien,
- Lagerung und Umschlag / Verladung von druckverflüssigtem Chlorwasserstoff in ortsbeweglichen Druckfässern (oder in Großflaschen bzw. Flaschenbündeln, sofern nicht alle Gasflaschen einzeln abgesperrt sind) im Freien,
- Lagerung und Umschlag / Verladung von druckverflüssigtem Phosgen in ortsbeweglichen Druckfässern (oder in Großflaschen bzw. Flaschenbündeln, sofern nicht alle Gasflaschen einzeln abgesperrt sind) oder in ortsbeweglichen Gasflaschen mit einer Füllmenge größer als 60 kg im Freien oder im Raum.

Maßgeblicher Einflussfaktor auf den angemessenen Sicherheitsabstand ist die größte zusammenhängende Menge (GZM) eines gefährlichen Stoffs. Vor diesem Hintergrund können insbesondere größere ADR/RID-Druckgefäße wie Druckfässer mit Restmengen von der Verlagerung ausgenommen werden, sofern die jeweilige Restmenge nicht die maximal zulässige Menge für GHC-typischen Gasflaschen übersteigt. Stoffspezifisch heißt das im Einzelnen: Schwefeldioxid: 92 kg, Chlor: 94 kg, Chlorwasserstoff: 100 kg, Phosgen: 60 kg (bei Umgang im Raum oder auf stark strukturiertem Gelände). Wird um die Werksgrenze des GHC-Standortes ein 390 m-Abstandsbereich im Sinne von § 50 BImSchG festgesetzt, so lassen sich diese Restmengen noch erhöhen (siehe dazu Ausführungen in Anhang VII).



Für die abstandsbestimmende Ammoniak-Lageranlage wird aus der Mittelung der drei betrachteten „Dennoch“-Szenarien und unter Berücksichtigung der AEGL-2-60 min-Gefährdungsradien für diese Szenarien nachfolgender angemessener Sicherheitsabstand hergeleitet: 400 m (Wind mit 3 m/s) bzw. 430 m (Wind mit 2,2 m/s), siehe Luftaufnahme auf Seite AIV-5 im Anhang IV. Dieser Sicherheitsabstand ist hinreichend konservativ, risikoangemessen und konsistent zum TÜV Nord-Gutachten [45].

Vor dem Hintergrund der im meteorologischen Gutachten durchgeführten Detailanalyse nach VDI 3783, Bl. 20 und der hieraus ermittelten häufigsten Windgeschwindigkeit für eine indifferente Temperaturschichtung wird die Verwendung der Abstandswerte, welche mit einer Windgeschwindigkeit von 2,2 m/s berechnet wurden, empfohlen. Das heißt im Falle der abstandsbestimmenden Ammoniak-Lageranlage: 430 m (→ Empfehlung für den angemessenen Sicherheitsabstand im Sinne von § 3, Abs. 5c BImSchG).

Im Anhang V ist in Luftaufnahmen der gesamte angemessene Sicherheitsabstandsbereich im Sinne von § 50 BImSchG für den Standort – nach Verlagerung / Stilllegung der oben aufgeführten Tätigkeiten und Stoffe – dargestellt, wobei zwischen einer Windgeschwindigkeit von 3 m/s und 2,2 m/s differenziert wird.

Darmstadt, den 12. März 2024

Dipl.-Ing. Emil Ninov
(Sachverständiger nach § 29b BImSchG)



Anhang I – Abkürzungen

ADR	: Accord européen relatifs au transport des marchandises dangereuses par route (Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße)
AEGL	: Acute Exposure Guideline Level (USA)
AG	: Ausbreitungsgebiet
AIChE	: American Institute of Chemical Engineers (USA)
AIHA	: American Industrial Hygiene Association (USA)
AK	: Abstandsklasse
BCl ₃	: Bortrichlorid
BF ₃	: Bortrifluorid
BGRCl	: Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie
BImSchG	: Bundes-Immissionsschutzgesetz
BMAS	: Bundesministerium für Arbeit und Soziales
BMDV	: Bundesministerium für Digitales und Verkehr (vormals BMVI - Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur)
BMUV	: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (vormals: BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit)
C ₂ H ₄	: Acetylen (Ethin)
CAS	: Chemical Abstracts Service
CH ₆ N ₂	: Methylhydrazin
CO	: Kohlenmonoxid
CPD	: Committee for the Prevention of Disasters (NL)
CPR	: Commissie Preventie en Rampen door gevaarlijke stoffen (NL)
DIN	: Deutsches Institut für Normung
DIPPR	: Design Institute for Physical Properties (USA)
DN	: Nennweite
EO	: Ethylenoxid
EPA	: Environmental Protection Agency (USA)
ERPG	: Emergency Response Planning Guideline (USA)
EU	: Europäische Union
GefStoffV	: Gefahrstoff-Verordnung
GHS	: Globally Harmonized System



GI	: Gefahrindex, nach Nr. 3 im Anhang 1 im KAS-18-Leitfaden [32], Einheit: bar/ppm
GZM	: Größte Zusammenhängende Masse / Menge
GZM _{1000 l}	: Größte Zusammenhängende Masse / Menge, die in einem ADR/RID-Druckgefäß mit 1000 Liter Inhalt zulässig ist (bestimmt über den Füllungsgrad in der Verpackungsanweisung P 200 im ADR/RID)
GZM _{150 l}	: Größte Zusammenhängende Masse / Menge, die in einer Gasflasche mit 150 Liter Inhalt zulässig ist (bestimmt über den Füllungsgrad in der Verpackungsanweisung P 200 im ADR/RID)
GZM _{typisch}	: Größte Zusammenhängende Masse / Menge, die typischer- bzw. üblicherweise in ortsbeweglichen Transportbehältern im GHC-Betriebsbereich vorhanden ist
H ₂	: Wasserstoff
H ₂ S	: Schwefelwasserstoff
H ₄ N ₂	: Hydrazin
HBr	: Bromwasserstoff
HCl	: Chlorwasserstoff
HF	: Fluorwasserstoff
IBC	: Intermediate Bulk Container
KAS	: Kommission für Anlagensicherheit
LfUWG	: Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht
LUP	: Land-use Planning
m. A.	: mittlere Ausbreitungssituation
MeBr	: Methylbromid (Brommethan)
MeCl	: Methylchlorid (Chlormethan)
MSR	: Mess-, Steuer- und Regelungstechnik
n. b.	: nicht bestimmt / nicht bekannt
N ₂ O ₄	: Distickstofftetroxid
NH ₃	: Ammoniak
NO	: Stickstoffmonoxid
NO ₂	: Stickstoffdioxid
NRC	: National Research Council (USA)
OC	: Oxalylchlorid
PAC	: Protective Action Criteria (Basis: AEGL-, ERPG- und TEEL-Werte)
PO	: Propylenoxid



RID	: Règlement concernant le transport international ferroviaire des matières dangereuses (Regelung für die internationale Beförderung gefährlicher Güter mit der Eisenbahn)
SCAPA	: Subcommittee for Consequence Assessment and Protective Action (USA)
SFK	: Störfall-Kommission (November 2005 in die KAS überführt)
SiH ₂ Cl ₂	: Dichlorsilan
SO ₂	: Schwefeldioxid
SRA	: sicherheitsrelevantes Anlageteil
SRB	: sicherheitsrelevanter Teil des Betriebsbereichs
StörfallV	: Störfall-Verordnung
STZ	: Straßentankzug
TC	: Tankcontainer
TEEL	: Temporary Emergency Exposure Limit (USA)
TKW	: Tankkraftwagen
TRGS	: Technische Regeln für Gefahrstoffe
VDI	: Verein Deutscher Ingenieure



Anhang II – Quellen / Unterlagen

- [1] AIHA Current ERPG® Values (2016), AIHA Guideline Foundation, <http://www.aiha.org>, 2016
- [2] AIHA ERPG/WEEL Handbook, AIHA, 2020
- [3] BMAS Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) vom 3. Februar 2015 (BGBl. I S. 49), die zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 27. Juli 2021 (BGBl. I S. 3146) geändert worden ist
- [4] BMAS TRGS 402: Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition, Ausgabe: Januar 2010, zuletzt geändert und ergänzt: GMBI 2016 S. 843-846 vom 21.10.2016 [Nr. 43]
- [5] BMDV Anlagen A und B des Europäischen Übereinkommens vom 30.09.1957 über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR 2023): Allgemeine Vorschriften und Vorschriften für gefährliche Stoffe und Gegenstände, gültig ab vom 1. Januar 2023 (Anlageband vom 16. November 2021 (BGBl. II Nr. 24 vom 25.11.2021 S. 1184))
- [6] BMDV / OTIF Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter (RID 2023), gültig ab vom 1. Januar 2023 (Anlageband vom 22. April 2022 (BGBl. II Nr. 9 vom 03.05.2022 S. 279; 03.06.2022 S. 386 Ber 22; 03.11.2022 S. 555 22a; 15.12.2022 S. 845 Ber.))
- [7] BMUV Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) 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 I Nr. 202) geändert worden ist
- [8] BMUV 12. BImSchV (StörfallV): Zwölfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Störfall-Verordnung) in der Fassung der Bekanntmachung vom 8. Juni 2005, ersetzt durch StörfallV:2017
- [9] BMUV Störfall-Verordnung (12. BImSchV) 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
- [10] BMUV Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen (4. BImSchV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. Mai 2017 (BGBl. I S. 1440), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 12. Januar 2021 (BGBl. I S. 69) geändert worden ist
- [11] CPR / CPD Methods for the calculation of physical effects, resulting from releases of hazardous materials (liquids and gases) - Yellow Book, Committee for the Prevention of Disasters, Directorate-General of Labour, The Hague, third edition, revised print 2005
- [12] DECHEMA Auswirkungsbetrachtungen bei störungsbedingten Stoff- und Energiefreisetzungen in der Prozessindustrie - Methodenübersicht und industrielle Anwendung, Statuspapier, ProcessNet, 3. Auflage, Januar 2017



- [13] DIN DIN 477-1: Gasflaschenventile für Flaschenprüfdrücke bis einschließlich 300 bar - Teil 1: Ventileingangs- und Ventilausgangsanschlüsse, Juni 2012
- [14] DIN / CENELEC / IEC DIN EN 60534-2-1: Stellventile für die Prozessregelung - Teil 2-1: Durchflusskapazität, Bemessungsgleichungen für Fluide unter Einbaubedingungen, März 2000, Norm ersetzt durch DIN EN 60534-2-1:2012
- [15] DIN VDE / CENELEC / IEC DIN EN IEC 60079-10-1 (VDE 0165-101): Explosionsgefährdete Bereiche - Teil 10-1: Einteilung der Bereiche - Gasexplosionsgefährdete Bereiche (IEC 60079-10-1:2020 + COR1:2021); Deutsche Fassung EN IEC 60079-10-1:2021, Februar 2022
- [16] DIPPR / AIChE DIPPR online database evaluated thermo-physical and environmental property data, <https://dippr.aiche.org/FullDb>
- [17] DWD Karte mit mittlerer Windgeschwindigkeit in Rheinland-Pfalz, Statistisches Windfeldmodell (SWM), Zeitraum 1981–2000, Bezugshöhe: 10 m über Grund, <https://www.dwd.de/DE/leistungen/windkarten/windkarten.html>, Deutscher Wetterdienst, 2004
- [18] DWD Repräsentative Zeitreihe AKTERM 1995 des Deutschen Wetterdienstes – Station Offenbach/Main Kaiserlei
- [19] DWD Repräsentative Zeitreihe AKTERM 2002 des Deutschen Wetterdienstes – Station Flughafen Frankfurt
- [20] Enovas Bauvorhaben „Wohnpark, Brüder-Grimm-Straße 32-34, 63450 Hanau“ - Beurteilung im Sinne von § 50 BImSchG bzw. Art. 13 der Seveso III-Richtlinie (2012/18/EU), Auftragsnr.: 2017-294, Enovas - Ingenieurbüro für Anlagensicherheit, Explosionsschutz und Funktionale Sicherheit, März 2020
- [21] EPA Acute Exposure Guideline Levels (AEGLs) - Compiled AEGL values, July 27, 2018
- [22] EU Richtlinie 2012/18/EU (Seveso III-Richtlinie) des europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Juli 2012 zur Beherrschung der Gefahren schwerer Unfälle mit gefährlichen Stoffen, EU-Amtsblatt L 197/1-37, 24.7.2012
- [23] EU Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen
- [24] GHC Auflistung der Tätigkeiten des Werkes GHC Hanau nach Gefahrstoffen, Gerling, Holz & Co. Handels GmbH, Stand: November 2021
- [25] GHC Ergänzende Informationen zu diversen giftigen Stoffen - Angaben zu gefahrstoffführenden Lagerbehältern und Transportbehältern (Druckgeräte wie Flaschen und Fässer), Füllmassen/-volumina und Durchgangsbohrungen von Absperrventilen, Gerling, Holz & Co. Handels GmbH, Stand: November 2021



- [26] GHC Sicherheitsbericht für den Betriebsbereich in Hanau - Allgemeiner Teil + anlagenbezogene Module, Gerling, Holz & Co. Handels GmbH, Stand: Juli 2015, inkl. Ergänzungen Februar 2016
- [27] HLUG / Karte mit Jahresmittel Windgeschwindigkeit 1981 – 2000 als 20-
DWD Jahresmittel in Hessen, Bezugshöhe: 10 m über Grund,
<http://atlas.umwelt.hessen.de/atlas/index-ie.html>
- [28] HLUG / Karte mit mittlerer Windgeschwindigkeit in Hessen, Statistisches
DWD Windfeldmodell (SWM), Zeitraum 1981–1990, Bezugshöhe: 10 m über Grund
- [29] IFA / DGUV GESTIS: Stoffdatenbank – Gefahrstoffinformationssystem der
gewerblichen Berufsgenossenschaften, Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Online-Nutzung:
<https://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-stoffdatenbank/index.jsp>
- [30] IfU Detaillierte Prüfung der Repräsentativität meteorologischer Daten nach VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 für Ausbreitungsrechnungen nach KAS-18 für Anlagenstandorte in Hanau, Aktenzeichen: DPR.20220728.01, IfU GmbH, August 2022
- [31] KAS KAS-1: Sicherheitsrelevante Teile eines Betriebsbereiches und Richtwerte für sicherheitsrelevante Anlagenteile (SRA), verabschiedet auf der 33. KAS-Sitzung am 02.06.2015, redaktionell angepasst auf der 39. Sitzung des Ausschuss Seveso-Richtlinie am 05.10.2017
- [32] KAS KAS-18: Leitfaden - Empfehlungen für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung - Umsetzung § 50 BImSchG, Kommission für Anlagensicherheit, November 2010
- [33] KAS KAS-32: Arbeitshilfe - Szenarienspezifische Fragestellungen zum Leitfaden KAS-18, 2. überarbeitete Fassung, November 2015
- [34] KAS Korrekturen des Leitfadens KAS-18, Kommission für Anlagensicherheit, Stand: 16.12.2020
- [35] LfU Repräsentative Zeitreihe AKTERM 2001, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Kahl am Main
- [36] LfUWG-RLP Repräsentative Zeitreihe AKTERM 2001 bis 2004, Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht – Rheinland-Pfalz, Station Mainz-Mombach
- [37] Ninov, E. Lager für Transportbehälter für gefährliche Flüssigkeiten - Statistischer Ansatz zur Abschätzung und Einhaltung des KAS-18-Achtungsabstands, Technische Sicherheit Bd. 9 (2019) Nr. 5 - Mai
- [38] Reid, R.C. et al. The Properties of Gases & Liquids, 4th edition, McGraw-Hill, 1987



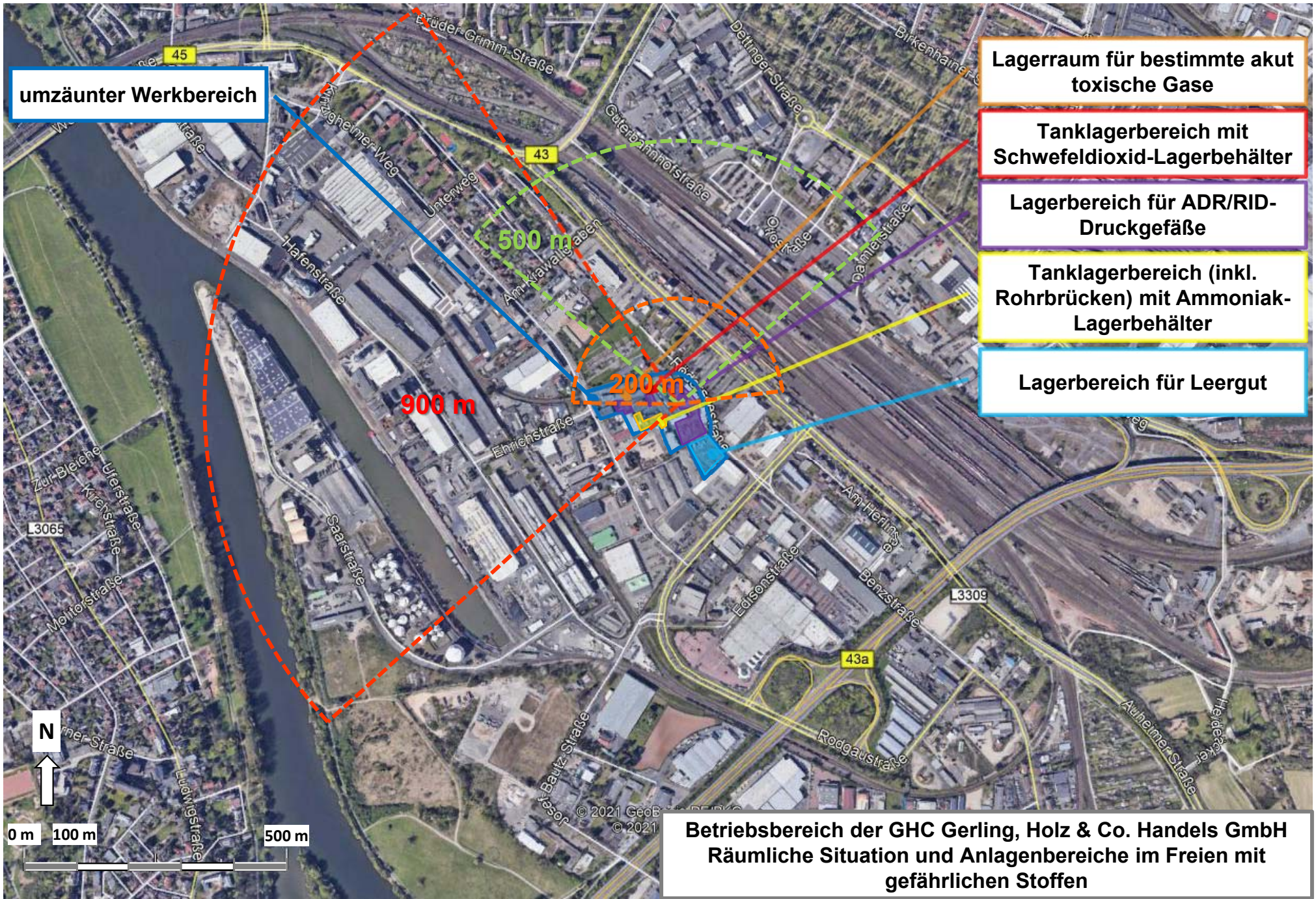
- [39] RP Darmstadt Genehmigungsbefehl nach § 16 BImSchG zum Antrag „Kapazitätserhöhung einer vorhandenen Lageranlage, Aufnahme weiterer Stoffe“ der GHC Gerling Holz & Co. Handels GmbH, Regierungspräsidium Darmstadt - Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Frankfurt, Az.: IV/F IV 43.3-177/12 Gen 19/09, Februar 2010
- [40] SCAPA Chemicals of Concern and Associated Chemical Information - PACs Rev. 29a, Subcommittee for Consequence Assessment and Protective Action (SCAPA), June 2018
- [41] Schalau ProNuSs 9.35.2 - Programm zur Numerischen Störfallsimulation, Sachverständigenbüro für Anlagensicherheit - Dr.-Ing. Schalau, September 2021
- [42] Schalau ProNuSs 9.39.2 - Programm zur Numerischen Störfallsimulation, Sachverständigenbüro für Anlagensicherheit - Dr.-Ing. Schalau, August 2022
- [43] Schalau ProNuSs 9.44.4 - Programm zur Numerischen Störfallsimulation, Sachverständigenbüro für Anlagensicherheit - Dr.-Ing. Schalau, Juli 2023
- [44] SFK/TAA SFK/TAA-GS-1: Leitfaden - Empfehlungen für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung - Umsetzung § 50 BImSchG der SFK/TAA-Arbeitsgruppe "Überwachung der Ansiedlung", 2005 (ersetzt durch KAS-18:2010)
- [45] TÜV Nord Gutachten zur Verträglichkeit der Störfall-Betriebsbereiche innerhalb des Stadtgebiets Hanau mit zukünftigen städtischen Planungen unter dem Gesichtspunkt des § 50 BImSchG bzw. des Art. 12 der Seveso-II-Richtlinie, TÜV Nord Systems GmbH & Co. KG, Juli 2008
- [46] VDI Berechnungsprogramm STOER auf Grundlage der VDI 3783 Blatt 1 und 2, Version 2.23
- [47] VDI VDI 3783, Blatt 1: Ausbreitung von Luftverunreinigungen in der Atmosphäre - Ausbreitung von störfallbedingten Freisetzungen – Sicherheitsanalyse, Mai 1987
- [48] VDI VDI 3783, Blatt 2: Umweltmeteorologie – Ausbreitung von störfallbedingten Freisetzungen schwerer Gase – Sicherheitsanalyse, Juli 1990
- [49] VDI VDI 3783, Blatt 4: Umweltmeteorologie - Akute Stofffreisetzungen in die Atmosphäre - Anforderungen an ein optimales System zur Bestimmung und Bewertung der Schadstoffbelastung in der Atmosphäre, Oktober 2004

Aufgabe: Einzelfallbetrachtung (Rev-1c) für den GHC-Betriebsbereich in Hanau im Lichte des Verzichts bestimmter stoffspezifischer Anlagen / Tätigkeiten und der Schutzziele nach § 50 BImSchG
Auftraggeber: Heraeus Site Operations GmbH & Co. KG / Stadt Hanau
Projekt: 2021-500



Anhang III – Räumliche Situation und Anlagenbereiche mit gefährlichen Stoffen¹

¹ Die in der Luftaufnahme dargestellten Abstandssektoren entsprechen den KAS-18-Abstandsklassen AK I (200 m), AK II (500 m) und AK III (900 m).



umzäunter Werkbereich

Lagerraum für bestimmte akut toxische Gase

Tanklagerbereich mit Schwefeldioxid-Lagerbehälter

Lagerbereich für ADR/RID-Druckgefäße

Tanklagerbereich (inkl. Rohrbrücken) mit Ammoniak-Lagerbehälter

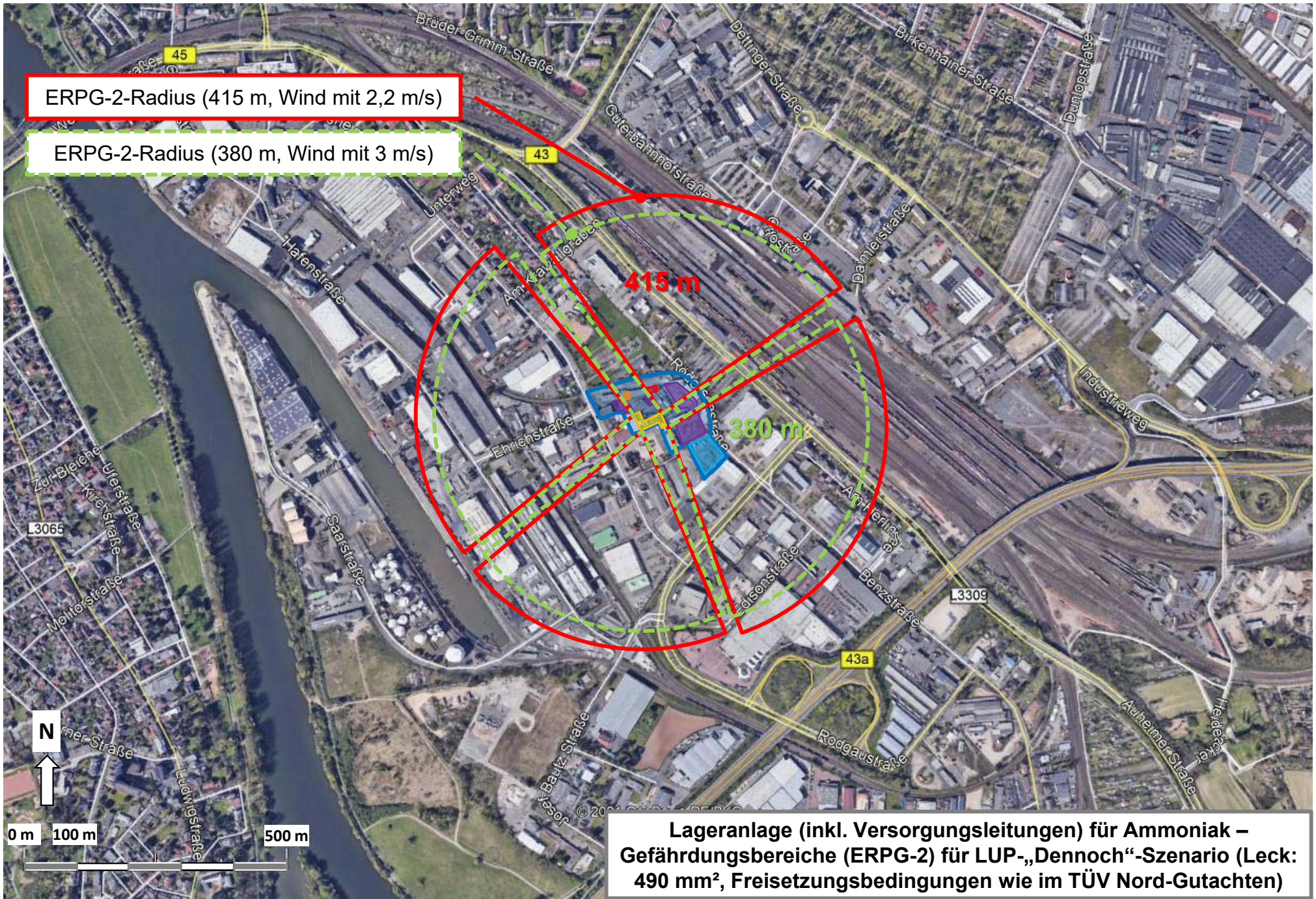
Lagerbereich für Leergut

Betriebsbereich der GHC Gerling, Holz & Co. Handels GmbH
Räumliche Situation und Anlagenbereiche im Freien mit gefährlichen Stoffen

Aufgabe: Einzelfallbetrachtung (Rev-1c) für den GHC-Betriebsbereich in Hanau im Lichte des Verzichts bestimmter stoffspezifischer Anlagen / Tätigkeiten und der Schutzziele nach § 50 BImSchG
Auftraggeber: Heraeus Site Operations GmbH & Co. KG / Stadt Hanau
Projekt: 2021-500



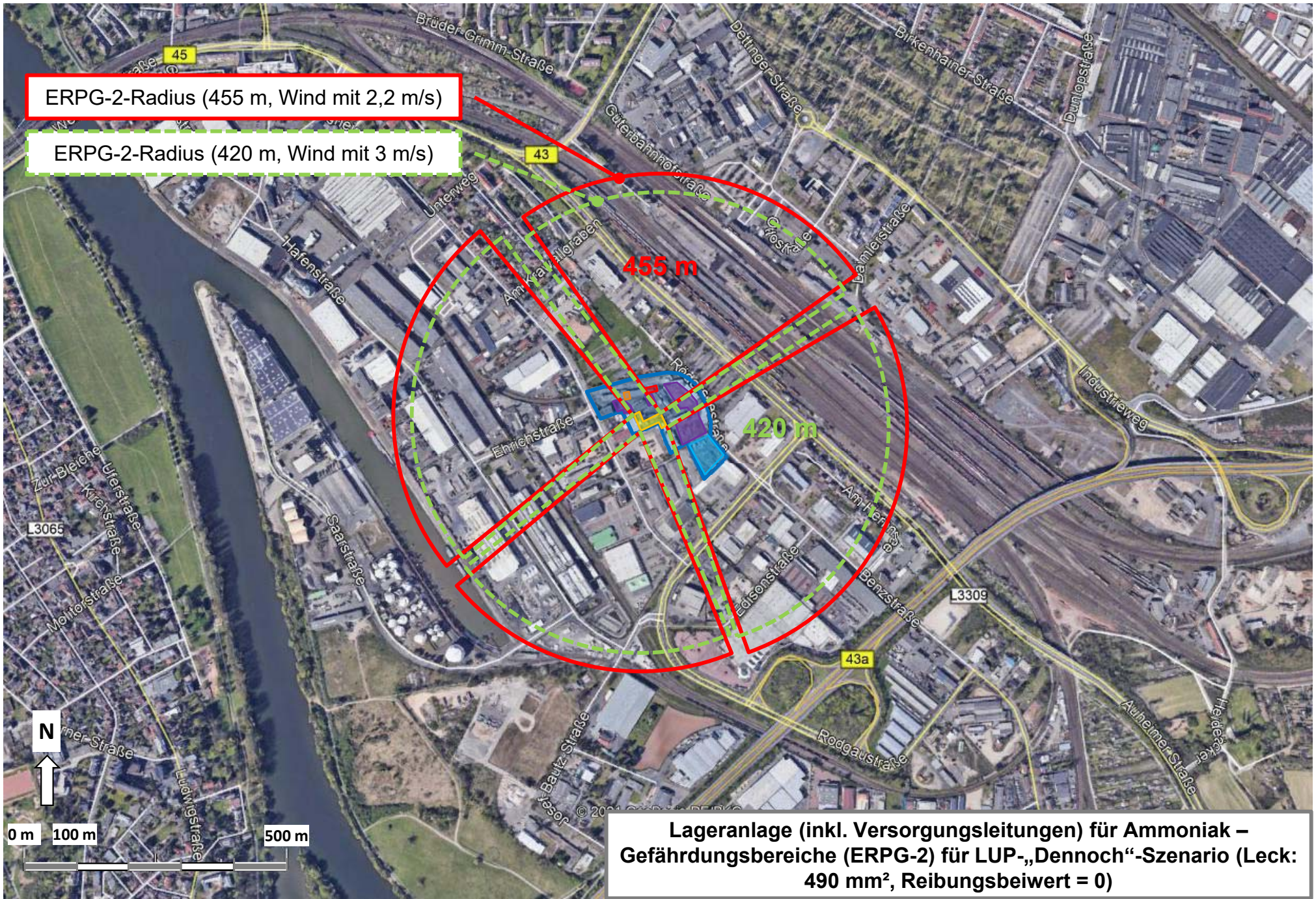
Anhang IV – Gefährdungsbereiche/-radien der „Dennoch“-Szenarien des Einzelfalls mit Detailkenntnissen



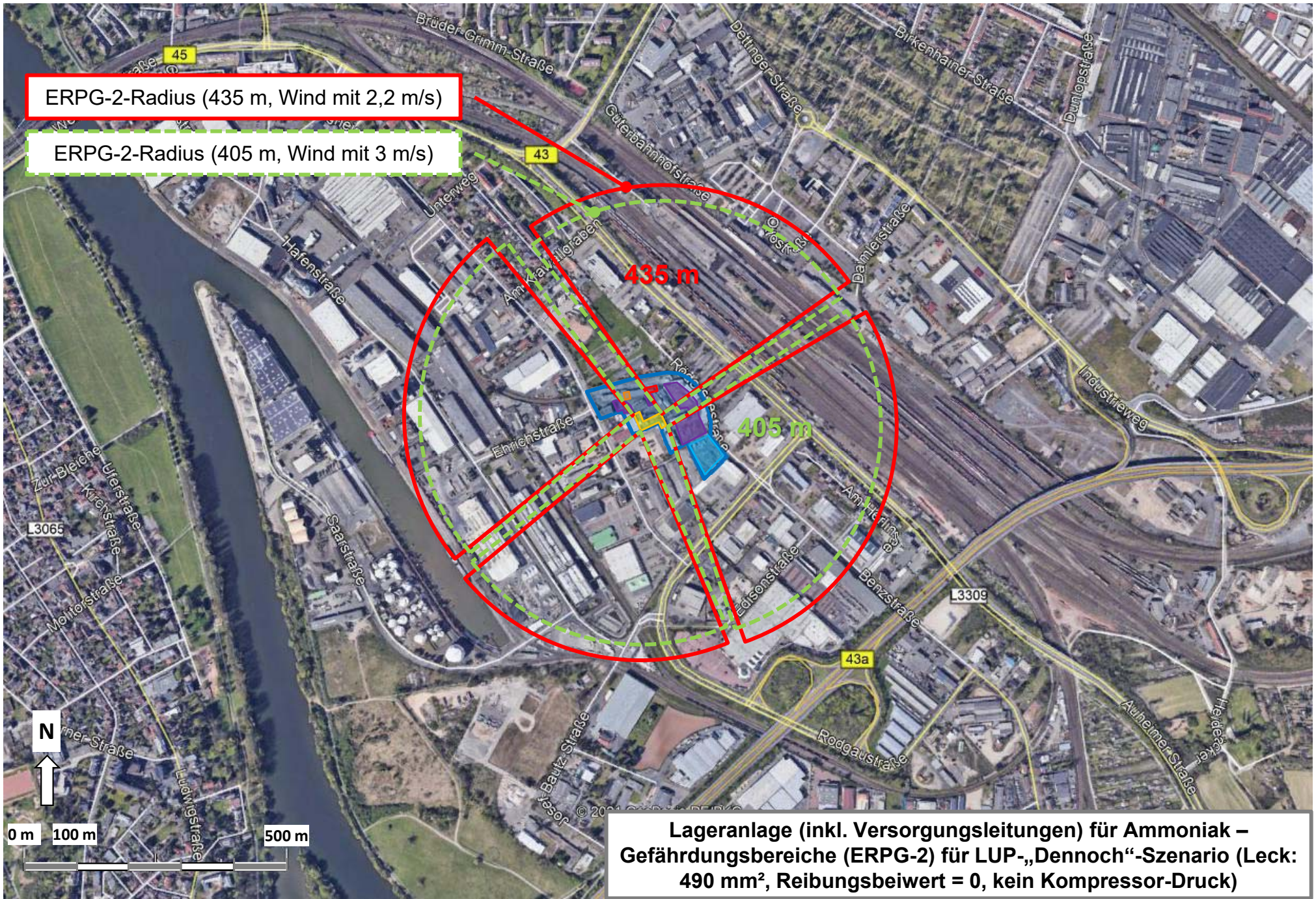
ERP-G-2-Radius (415 m, Wind mit 2,2 m/s)

ERP-G-2-Radius (380 m, Wind mit 3 m/s)

Lageranlage (inkl. Versorgungsleitungen) für Ammoniak –
Gefährdungsbereiche (ERP-G-2) für LUP-„Dennoch“-Szenario (Leck:
490 mm², Freisetzungsbedingungen wie im TÜV Nord-Gutachten)



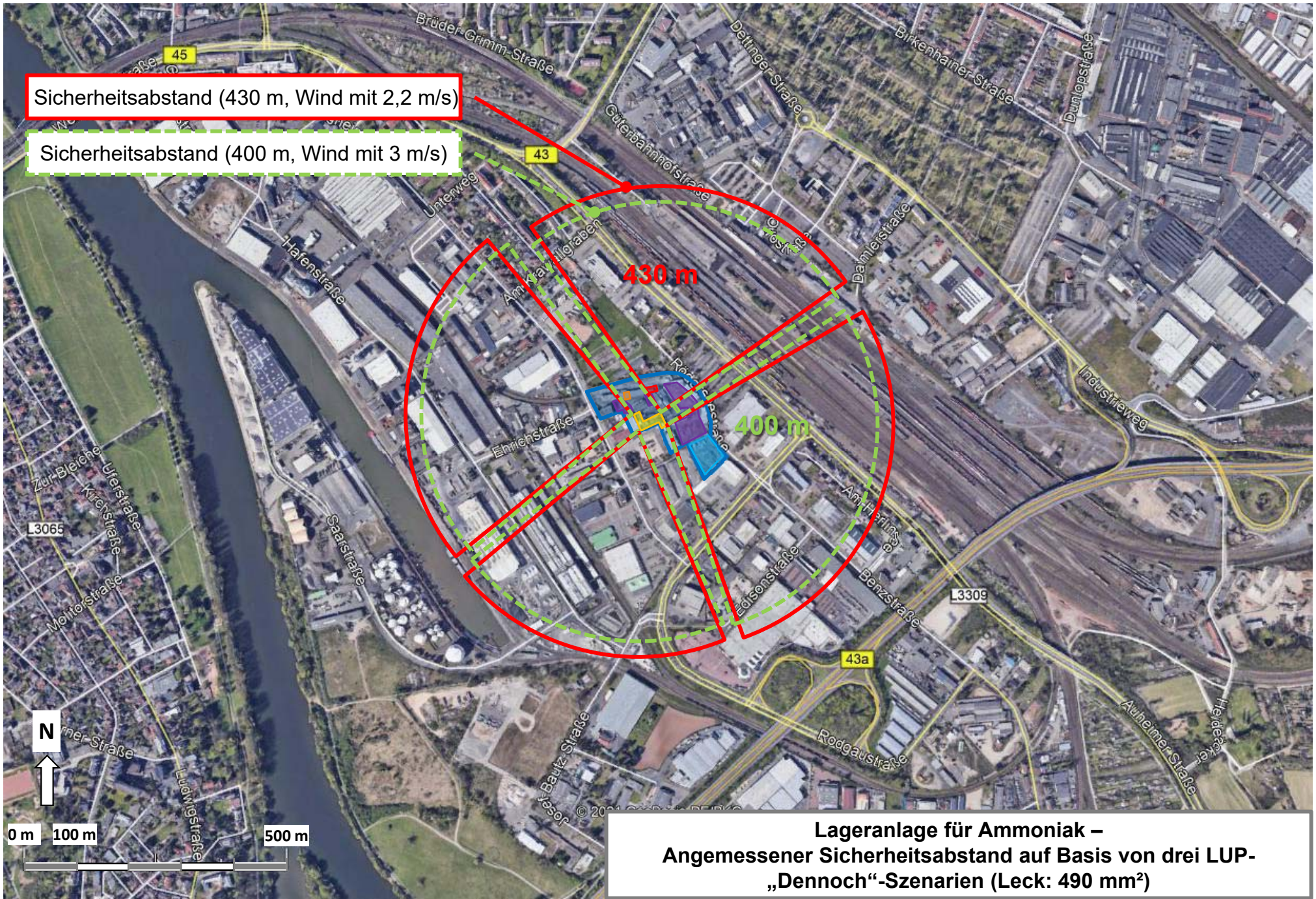
Lageranlage (inkl. Versorgungsleitungen) für Ammoniak – Gefährdungsbereiche (ERPG-2) für LUP-„Dennoch“-Szenario (Leck: 490 mm², Reibungsbeiwert = 0)



ERPG-2-Radius (435 m, Wind mit 2,2 m/s)

ERPG-2-Radius (405 m, Wind mit 3 m/s)

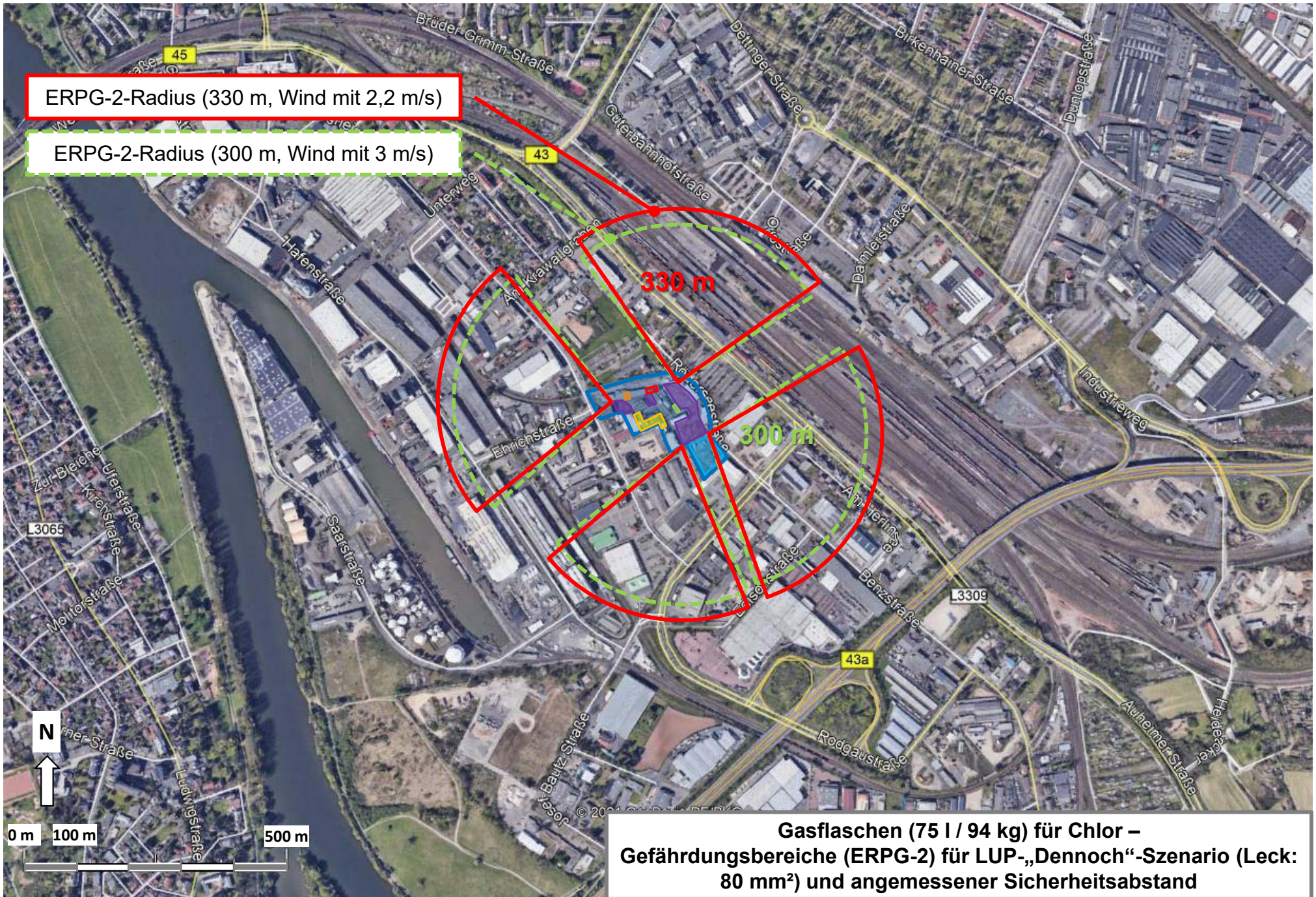
Lageranlage (inkl. Versorgungsleitungen) für Ammoniak –
 Gefährdungsbereiche (ERPG-2) für LUP-„Dennoch“-Szenario (Leck:
 490 mm², Reibungsbeiwert = 0, kein Kompressor-Druck)

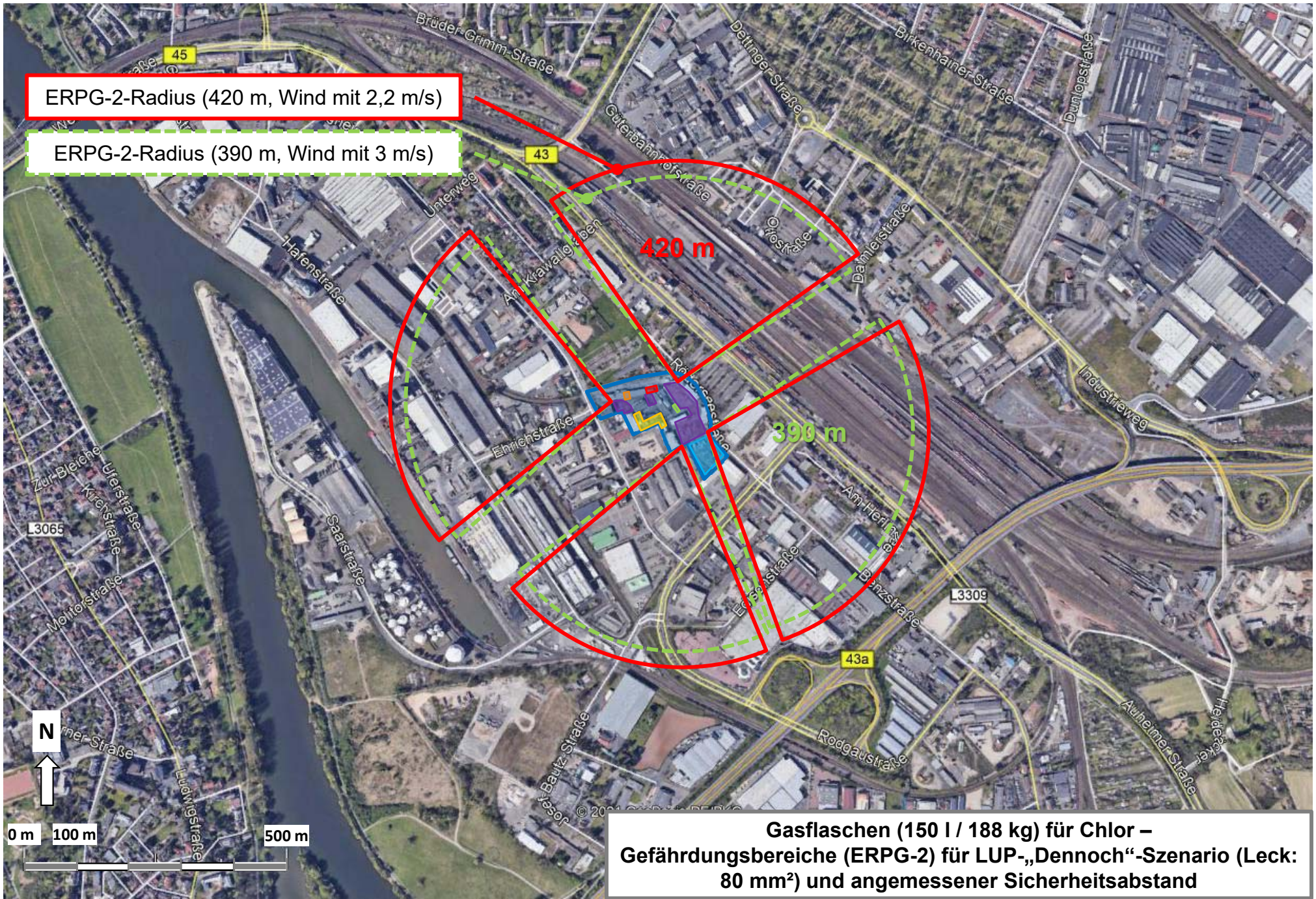


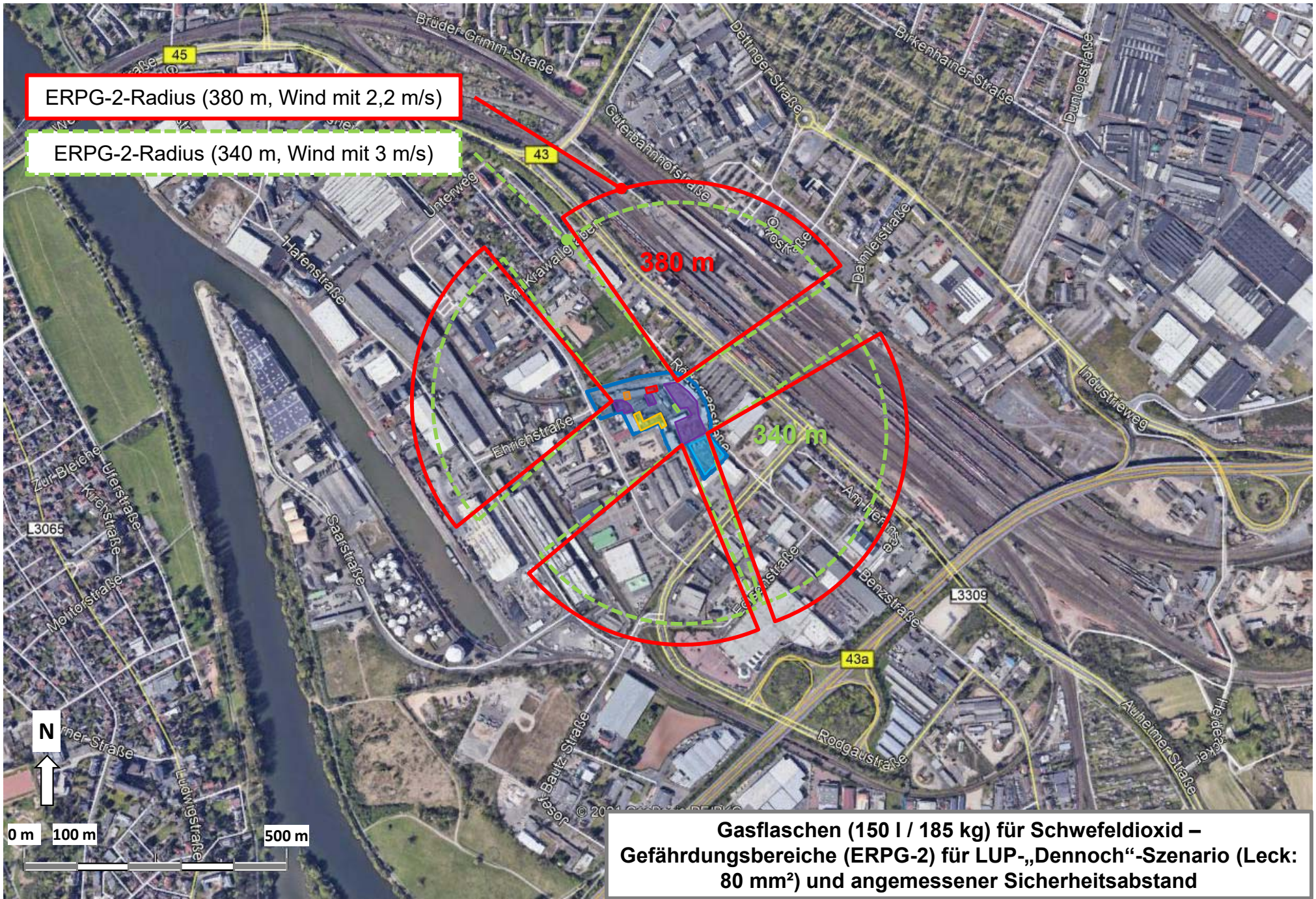
Sicherheitsabstand (430 m, Wind mit 2,2 m/s)

Sicherheitsabstand (400 m, Wind mit 3 m/s)

**Lageranlage für Ammoniak –
Angemessener Sicherheitsabstand auf Basis von drei LUP-
„Dennoch“-Szenarien (Leck: 490 mm²)**



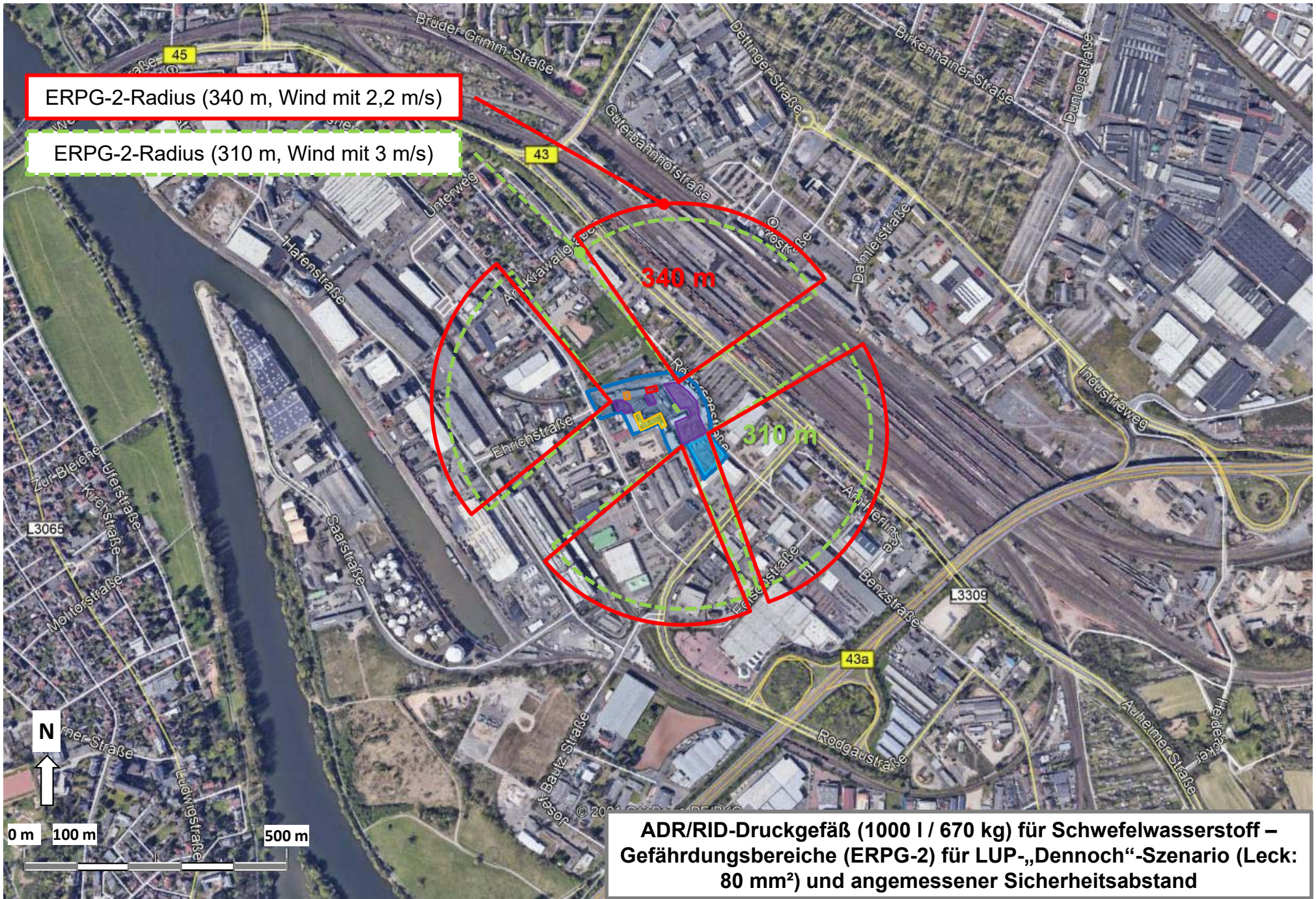


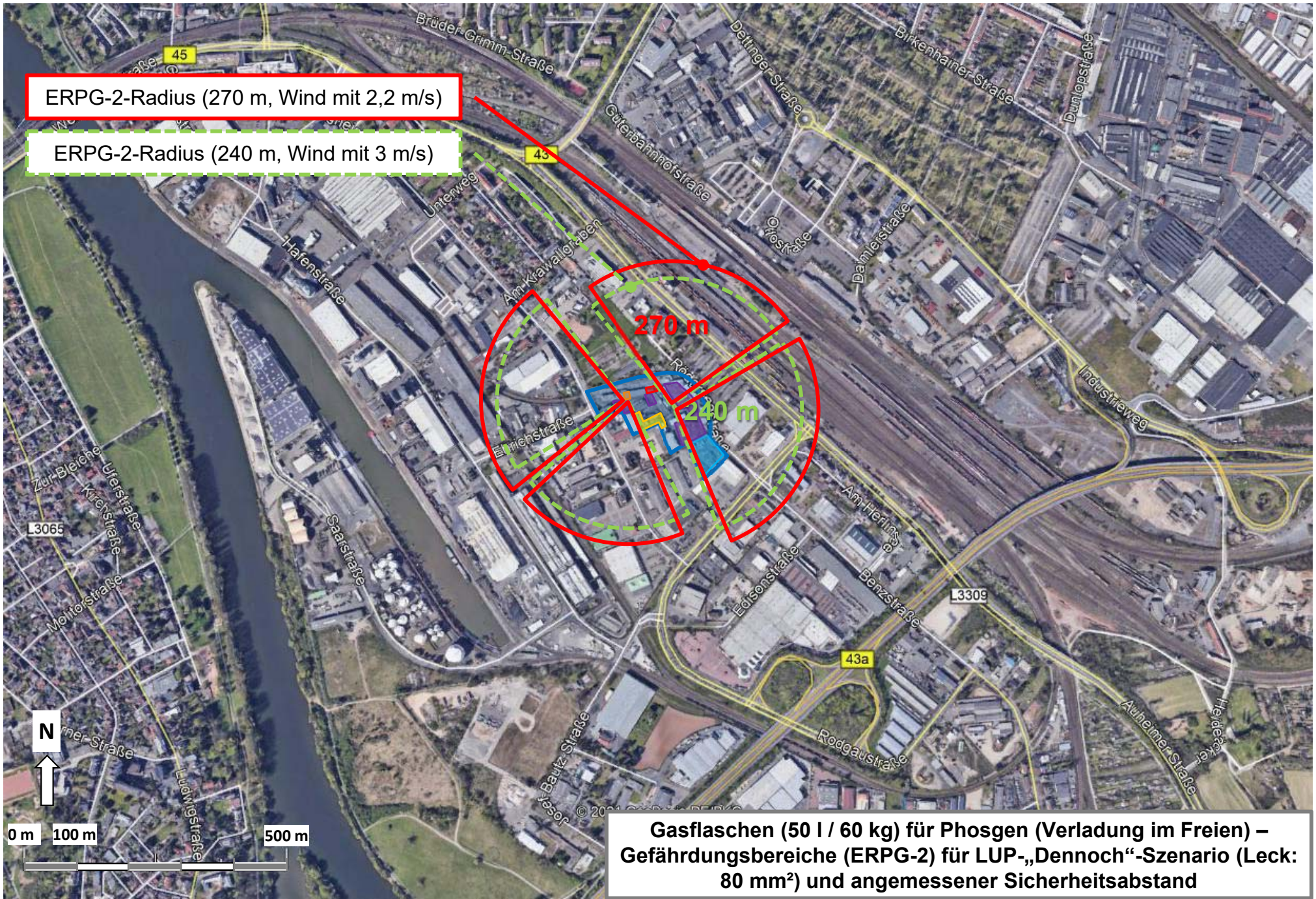


ERPG-2-Radius (380 m, Wind mit 2,2 m/s)

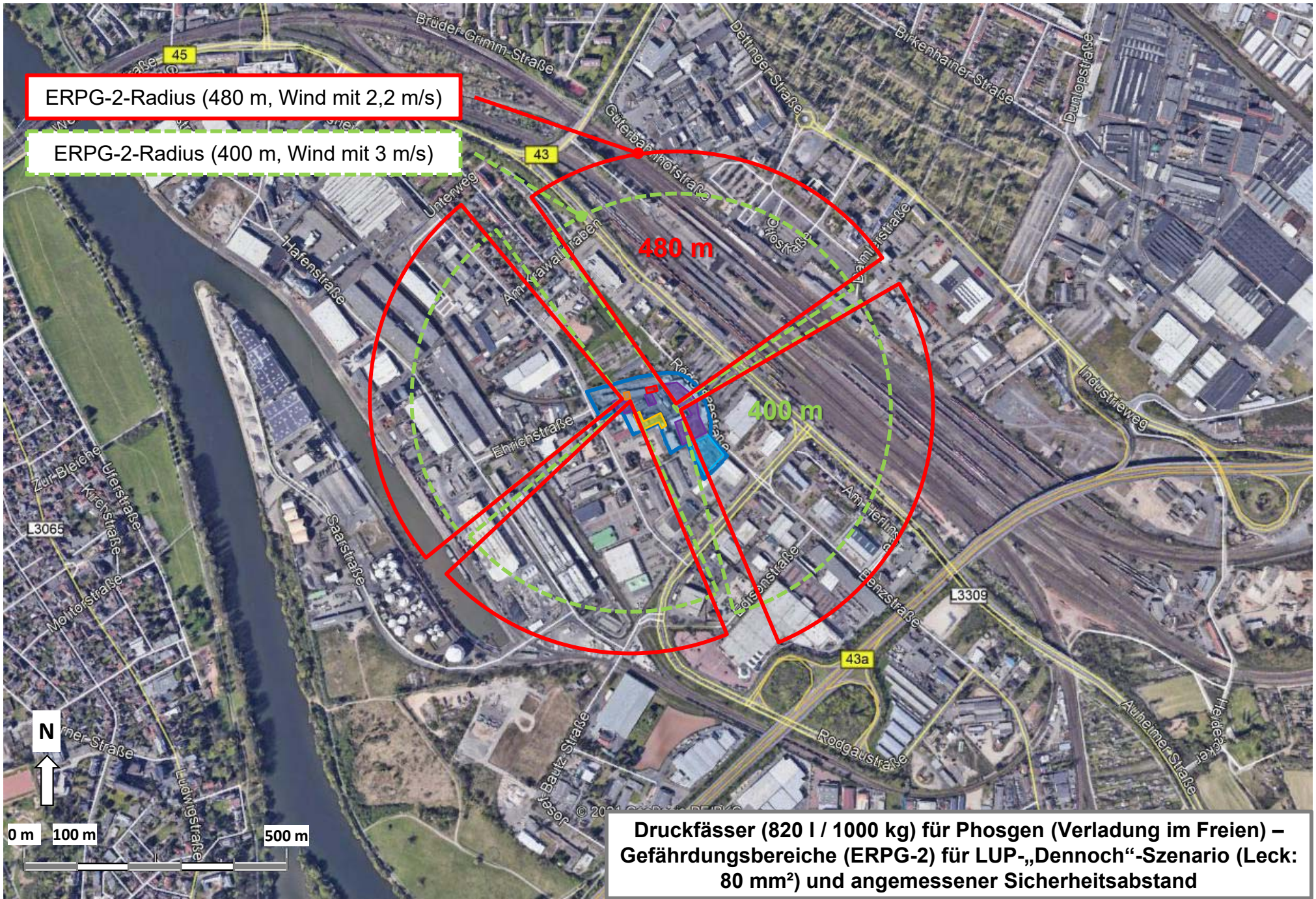
ERPG-2-Radius (340 m, Wind mit 3 m/s)

Gasflaschen (150 l / 185 kg) für Schwefeldioxid –
Gefährdungsbereiche (ERPG-2) für LUP-„Dennoch“-Szenario (Leck:
80 mm²) und angemessener Sicherheitsabstand

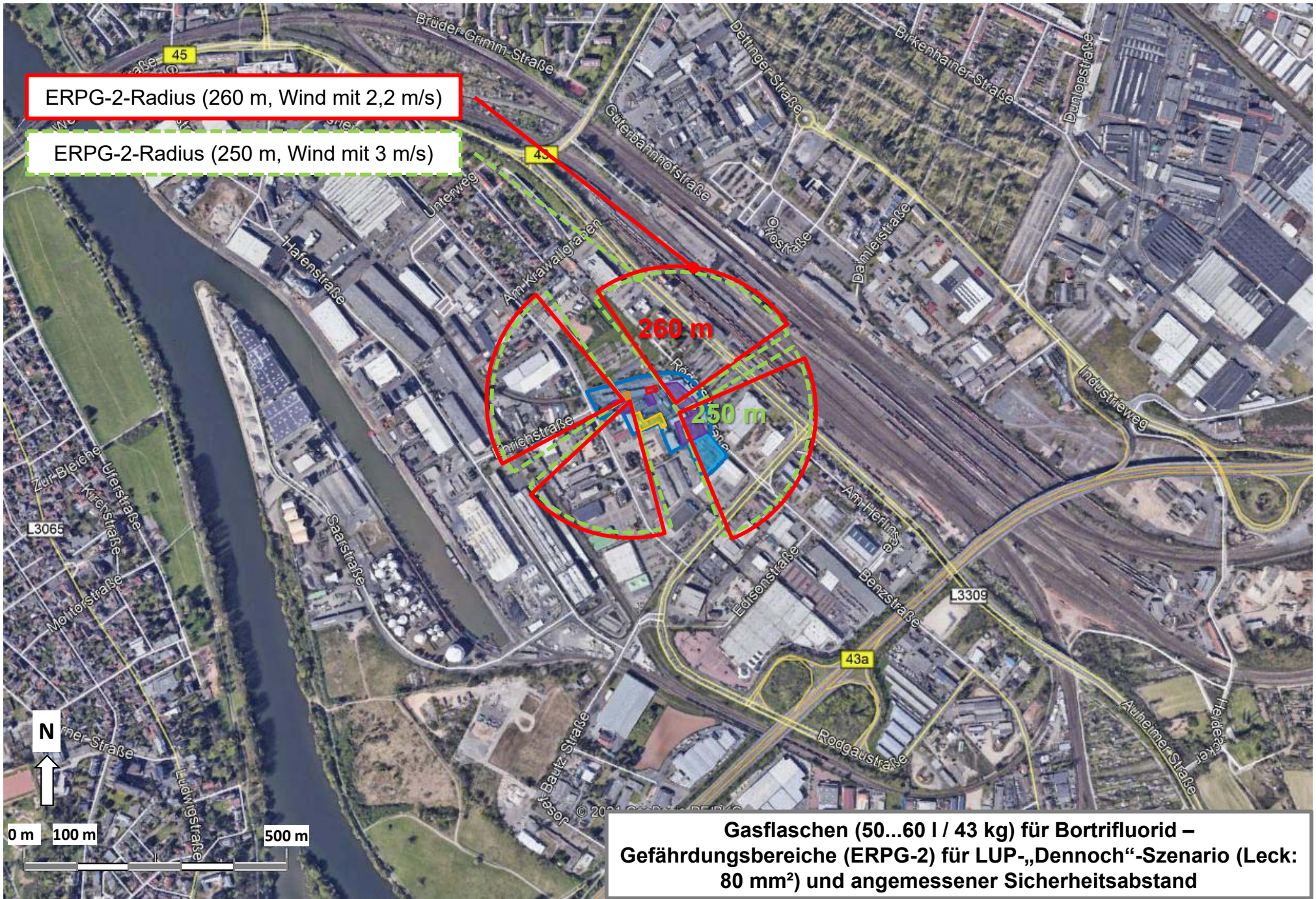


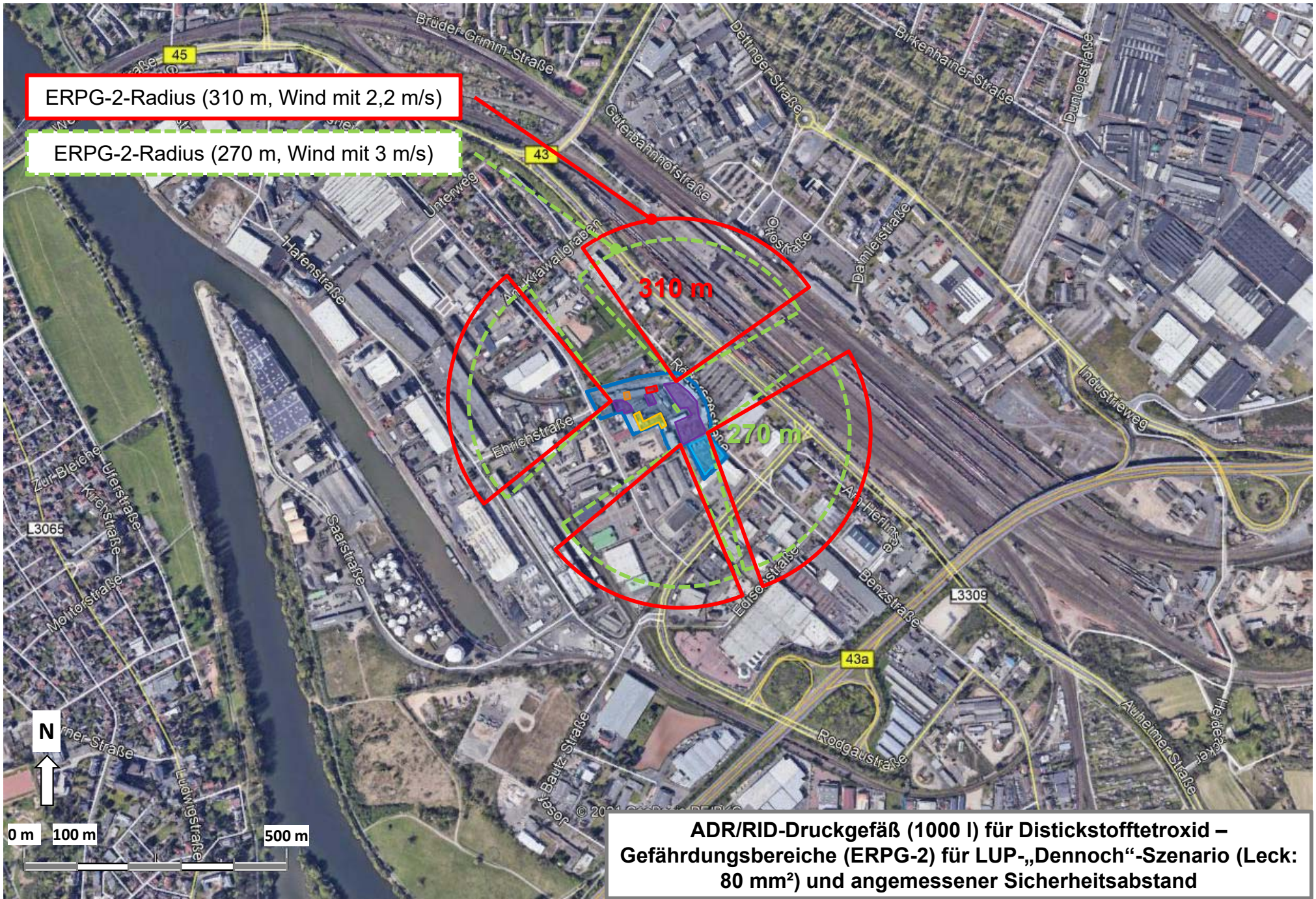


Gasflaschen (50 l / 60 kg) für Phosgen (Verladung im Freien) – Gefährdungsbereiche (ERPG-2) für LUP-„Dennoch“-Szenario (Leck: 80 mm²) und angemessener Sicherheitsabstand



Druckfässer (820 l / 1000 kg) für Phosgen (Verladung im Freien) – Gefährdungsbereiche (ERPG-2) für LUP-„Dennoch“-Szenario (Leck: 80 mm²) und angemessener Sicherheitsabstand

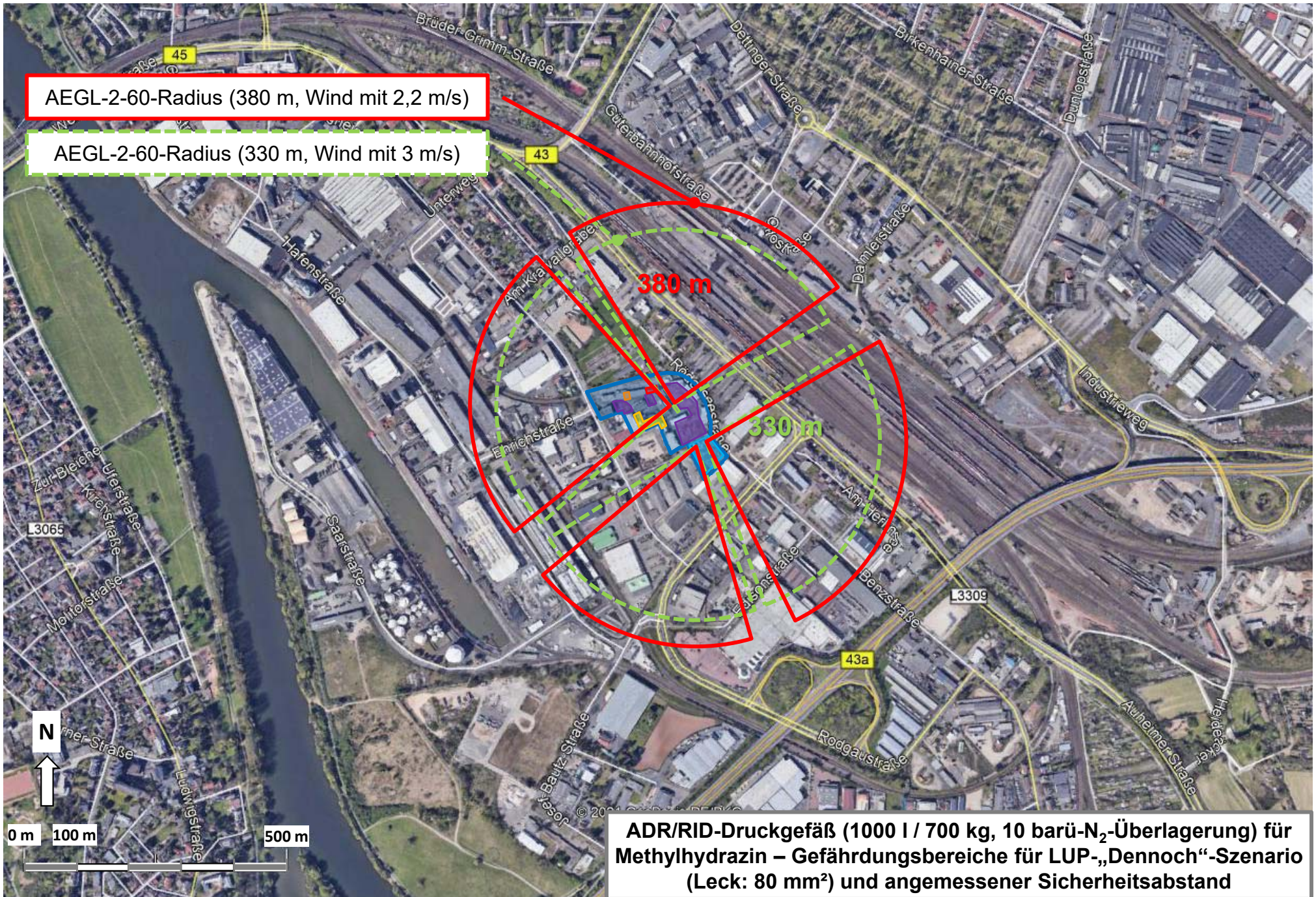


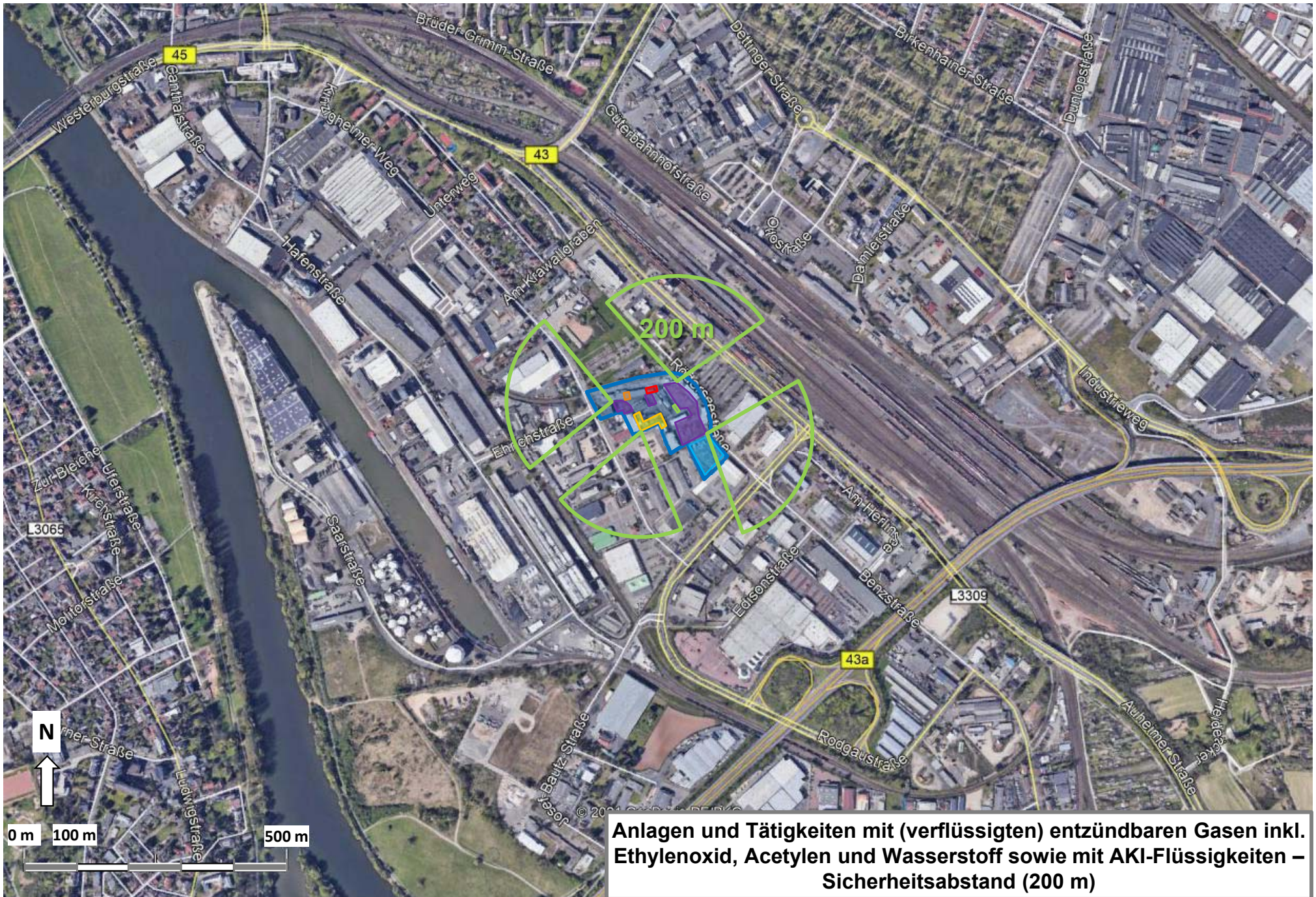


ERPG-2-Radius (310 m, Wind mit 2,2 m/s)

ERPG-2-Radius (270 m, Wind mit 3 m/s)

**ADR/RID-Druckgefäß (1000 l) für Distickstofftetroxid –
Gefährdungsbereiche (ERPG-2) für LUP-„Dennoch“-Szenario (Leck:
80 mm²) und angemessener Sicherheitsabstand**



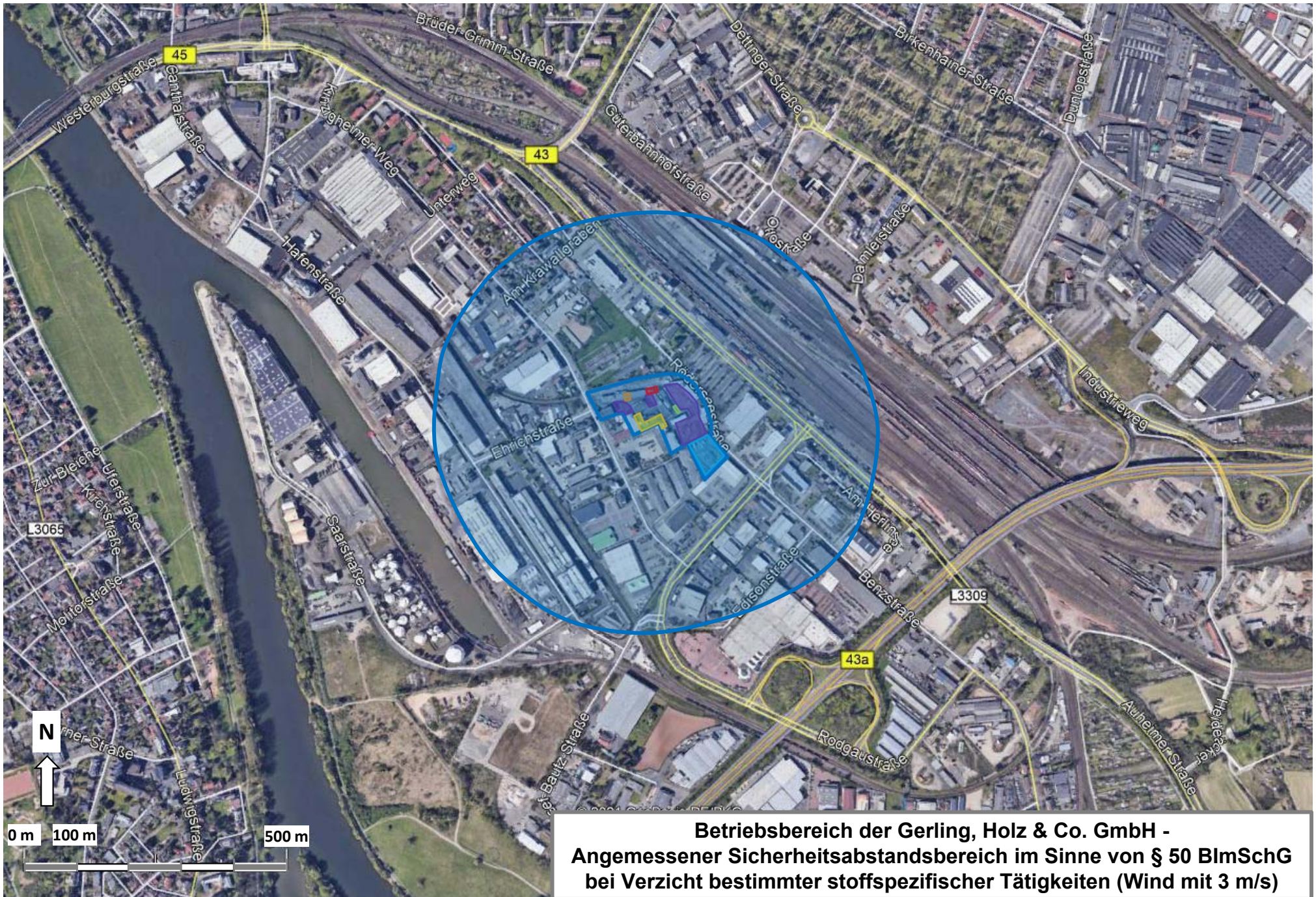


Anlagen und Tätigkeiten mit (verflüssigten) entzündbaren Gasen inkl. Ethylenoxid, Acetylen und Wasserstoff sowie mit AKI-Flüssigkeiten – Sicherheitsabstand (200 m)

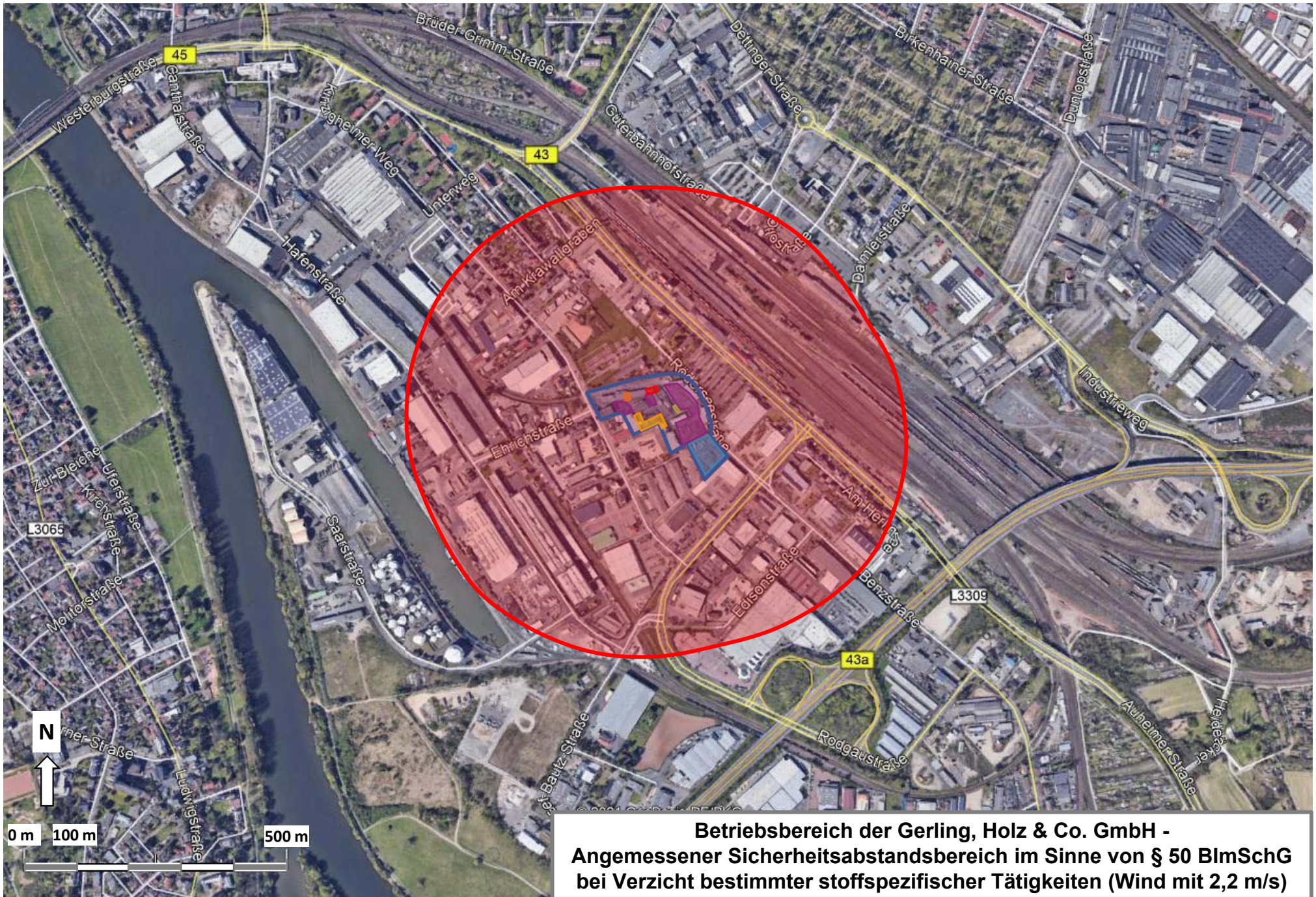
Aufgabe: Einzelfallbetrachtung (Rev-1c) für den GHC-Betriebsbereich in Hanau im Lichte des Verzichts bestimmter stoffspezifischer Anlagen / Tätigkeiten und der Schutzziele nach § 50 BImSchG
Auftraggeber: Heraeus Site Operations GmbH & Co. KG / Stadt Hanau
Projekt: 2021-500



Anhang V – Angemessener Sicherheitsabstandsbereich im Sinne von § 50 BImSchG für den Betriebsbereich am Standort in Hanau



**Betriebsbereich der Gerling, Holz & Co. GmbH -
 Angemessener Sicherheitsabstandsbereich im Sinne von § 50 BImSchG
 bei Verzicht bestimmter stoffspezifischer Tätigkeiten (Wind mit 3 m/s)**



Aufgabe: Einzelfallbetrachtung (Rev-1c) für den GHC-Betriebsbereich in Hanau im Lichte des Verzichts bestimmter stoffspezifischer Anlagen / Tätigkeiten und der Schutzziele nach § 50 BImSchG
Auftraggeber: Heraeus Site Operations GmbH & Co. KG / Stadt Hanau
Projekt: 2021-500



Anhang VI – Werksübersicht für den GHC-Standort in Hanau (Stand: Juni 2015, betriebsgeheim)





Anhang VII – Betrachtung zu ADR/RID-Druckgefäßen mit Restmengen an Chlor, Schwefeldioxid, Chlorwasserstoff und Phosgen im Falle eines 390 m-Abstandsbereichs im Sinne von § 50 BImSchG um die GHC-Standortgrenze

Auf Basis der Erkenntnisse und Schlussfolgerungen, die sich im Rahmen der Erstellung des vorliegenden LUP-Gutachtens ergaben, haben sich die Stadt Hanau und die Gerling, Holz & Co. GmbH zwischenzeitlich auf einen 390 m-Abstandsbereich um die Werksgrenze des GHC-Betriebsbereichs geeinigt. Innerhalb dieses Bereichs sollen zukünftig die Schutzziele nach § 50 BImSchG berücksichtigt werden. Zur Veranschaulichung ist der 390 m-Abstandsbereich in Bild 17 dargestellt.



Bild 17: 390 m-Abstandsbereich im Sinne von § 50 BImSchG um die Werksgrenze des GHC-Betriebsbereichs



Im Folgenden soll hergeleitet werden, welche Restmengen in leeren ADR/RID-Druckgefäßen wie Druckfässer für Chlor, Schwefeldioxid, Chlorwasserstoff und Phosgen möglich sind, ohne dass der festgesetzte 390 m-Abstandsbereich im Falle eines „Dennoch“-Lecks von 80 mm² (→ KAS-18-Minimalleck) durch störfallrelevante Auswirkungen (→ Überschreitung des ERPG-2-Wertes) überschritten wird.

Schwefeldioxid

Für Schwefeldioxid kann in guter Näherung das Szenario „Freisetzung von Schwefeldioxid aus einem 80 mm²-Leck an einer 150 Liter-Gasflasche“ herangezogen werden. Hier ergibt sich nach Abschnitt 2.4.4.3 ein ERPG-2-Gefährdungsradius von 379 m. Damit können ADR/RID-Druckgefäße wie Druckfässer mit Restmengen bis zu 185 kg an Schwefeldioxid am Standort vorhanden sein, ohne dass hierdurch der 390 m-Abstandsbereich beeinträchtigt wird.

Chlor

Für Chlor ergibt sich nach Abschnitt 2.4.4.2 für das Szenario „Freisetzung von Chlor aus einem 80 mm²-Leck an einer 150 Liter-Gasflasche“ ein ERPG-2-Gefährdungsradius von 420 m, wobei hier die Austrittsrate mit Reibungsbeiwert berechnet wurde. Insgesamt ist eine GZM von 188 kg an Chlor nicht mit dem 390 m-Abstandsbereich vereinbar.

Wird konservativ die Stofffreisetzung ohne Reibungsbeiwert nach Gl. (1) in Abschnitt 2.4.3.1 berechnet, so erhält man für ein 80 mm²-Leck die Austrittsrate in Tabelle 35.

Tabelle 35: Freisetzungsrates bei einem 80 mm²-Leck an einem ADR/RID-Druckgefäß mit Restmengen an Chlor

Freisetzungsszenario	Wert	Bemerkung
Chlor-Freisetzungsrates bei 80 mm ² -Leck an ADR/RID-Druckgefäß (z. B. Druckfass) mit Restmengen	2,0 kg/s	berechnet nach Gl. (1) in Abschnitt 2.4.3.1 (ohne Reibungsbeiwert nach Anhang 3 im KAS-18-Leitfaden)

Die Rechnung mit dem Programm ProNuSs [43] zeigt, dass mit der Austrittsrate aus Tabelle 35 ab einer Austrittsdauer von mehr als 70 s mit Auswirkungen zu rechnen ist, welche über den 390 m-Abstandsbereich hinaus gehen. Bei einer Austrittsdauer von 70 s werden insgesamt 140 kg Chlor freigesetzt und die VDI 3783-Ausbreitungsrechnung ergibt einen ERPG-2-Gefährdungsradius von 387 m.

Zusammenfassend können ADR/RID-Druckgefäße wie Druckfässer mit Restmengen bis zu 140 kg an Chlor am Standort vorhanden sein, ohne dass hierdurch der 390 m-Abstandsbereich beeinträchtigt wird.



Chlorwasserstoff

Für Chlorwasserstoff ergibt sich für das Szenario „Freisetzung von Chlorwasserstoff aus einem 80 mm²-Leck an einer 150 Liter-Gasflasche“ nach Abschnitt 2.4.4.2 ein ERPG-2-Gefährdungsradius von 305 m. Damit ist eine GZM von mehr als 100 kg an Chlorwasserstoff mit dem 390 m-Abstandsbereich vereinbar. Die Rechnung mit dem Programm ProNuSs [43] zeigt, dass mit der Austrittsrate aus Tabelle 13 auf Seite 33 ab einer Austrittsdauer von mehr als 50 s (→ Verdopplung der Austrittsdauer) mit Auswirkungen zu rechnen ist, welche über den 390 m-Abstandsbereich hinaus gehen. Bei einer Austrittsdauer von 50 s werden insgesamt 205 kg Chlorwasserstoff freigesetzt und die VDI 3783-Ausbreitungsrechnung ergibt einen ERPG-2-Gefährdungsradius von 380 m.

Zusammenfassend können ADR/RID-Druckgefäße wie Druckfässer mit Restmengen bis zu 205 kg an Chlorwasserstoff am Standort vorhanden sein, ohne dass hierdurch der 390 m-Abstandsbereich beeinträchtigt wird.

Phosgen

Für Phosgen ergibt sich für das Szenario „Freisetzung von Phosgen aus einem 80 mm²-Leck an einer 60 kg-Gasflasche“ nach Abschnitt 2.4.4.5 ein ERPG-2-Gefährdungsradius von 267 m, wobei die Flasche ausschließlich im Raum gelagert (d. h. keine Lagerung auf den Lagerflächen im Freien) und ansonsten auf stark strukturiertem Gelände verladen wird.

Vor diesem Hintergrund wird für Phosgen das Szenario „Freisetzung von Phosgen aus einem 80 mm²-Leck an einem ADR/RID-Druckgefäß mit Restmengen“ betrachtet, wobei unterschieden wird, dass sich das (überwiegend) leere Druckgefäß zum einen auf einem stark strukturierten Gelände (Lachentiefe: mindestens 30 mm), zum anderen auf einer ebenen Lagerfläche (Lachentiefe: 5 mm) im Freien befindet. Die Rechnung mit dem Programm ProNuSs [43] (→ transiente Lachenverdampfung nach Abschnitt 2.4.3.1 und VDI 3783-Ausbreitungsrechnung gemäß Abschnitt 2.4.3.3) liefert folgende Ergebnisse in Bezug auf einen ERPG-Gefährdungsradius ≤ 390 m:

	stark strukturierter Untergrund im Freien	ebene Lagerfläche im Freien
Austrittsdauer	300 s	89 s
freigesetzte Menge	186 kg	55 kg

Zusammenfassend können ADR/RID-Druckgefäße wie Druckfässer mit Phosgen-Restmengen bis zu 186 kg (Aufbewahrung im Raum oder auf stark strukturiertem Untergrund) bzw. 55 kg (Aufbewahrung auf ebener Lagerfläche) am Standort im Freien vorhanden sein, ohne dass hierdurch der 390 m-Abstandsbereich beeinträchtigt wird.