



**Gutachten zur Ermittlung *1. Ausfertigung*
des angemessenen Sicherheitsabstands
gem. § 50 BImSchG**


zwischen dem Industriebetrieb Volkswagen AG Nutzfahrzeuge in
Hannover und schutzbedürftiger Nutzung in der Nachbarschaft

Bericht Nr. SV/13186/19

Hamm, 29.03.2021

Informationsseite

Bericht Nr.	SV/13186/19	
Einstufung	Nach Maßgabe des Auftraggebers	
Titel	Gutachten zur Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstands gem. § 50 BImSchG zwischen dem Industriebetrieb Volkswagen AG Nutzfahrzeuge in Hannover und schutzbedürftiger Nutzung in der Nachbarschaft	
Verfasser	Dipl.-Chem. Ing. Raphael Müller, Dipl.-Ing. Stefan Janßen-Weetz, Dr. Natascha Breuer	
Zusammenfassung	<p>Die Landeshauptstadt Hannover betreibt zur Schaffung von neuem Wohnraum Bauleitplanung in den Stadtbezirken. Mehrere dieser Bebauungspläne befinden sich in dem Achtungsabstand nach der Niedersächsischen Bauordnung (NBauO) des in Hannover-Stöcken befindlichen Industriebetriebes Volkswagen AG Nutzfahrzeuge Werk Hannover. Dieser Betrieb unterliegt der Störfall-Verordnung (Betriebsbereich der unteren Klasse).</p> <p>Die INBUREX Consulting GmbH wurde beauftragt durch ihren bekannt gegebenen Sachverständigen nach § 29b BImSchG den angemessenen Sicherheitsabstand für den Betriebsbereich unter Berücksichtigung des Leitfadens KAS-18 der Kommission für Anlagensicherheit zu ermitteln.</p>	
Auftraggeber	Landeshauptstadt Hannover, Fachbereich Planen und Stadtentwicklung, Rudolf-Hillebrecht-Platz 1, 30159 Hannover	
Kontaktperson	Name Frau Fischer Telefon +49 (0) 511 – 168 46571 E-Mail petra.fischer@hannover-stadt.de	
Auftragnehmer	INBUREX Consulting GmbH, Hamm	
Fachbereich	Störfall-Vorsorge	
Ort u. Datum	Hamm, 29.03.2021	
Unterschriften	 Dr.-Ing. Klaus Hermann Geschäftsführung	 Dipl.-Chem. Ing. Raphael Müller Sachverständiger § 29b BImSchG Bereichsleiter Störfall-Vorsorge



INBUREX
CONSULTING
GmbH
August-Thyssen-Strasse 1
59067 Hamm | Germany

Inhaltsverzeichnis

Informationsseite	2
Inhaltsverzeichnis	3
1. Aufgabenstellung	5
2. Beschreibung der Ist-Situation und der Planung	6
2.1. Kurzbeschreibung des Betriebsbereiches	6
2.2. Gefährliche Stoffe im Betriebsbereich	11
2.3. Hotspots aus dem Störfallkonzept	12
2.4. Umfeld des Betriebsbereiches	13
2.5. Planungsrechtliche Einordnung der Lage des Betriebsbereichs	14
2.6. Vorhandene schutzbedürftige Nutzung.....	14
2.7. Zukünftige Standortentwicklung des Betriebsbereiches	21
3. Grundsätzliches Vorgehen zur Ermittlung von Achtungsgrenzen	22
3.1. Achtungsabstand ohne Detailkenntnisse	22
3.2. Sicherheitsabstand als angemessener Abstand mit Detailkenntnissen	22
4. Analyse relevanter Störfallstoffe im Betriebsbereich	25
5. Relevante Gefahrenschwerpunkte im Betriebsbereich	30
5.1. Bereich im Umgang mit ALZ 851 000 FAS	31
5.2. Bereich im Umgang mit Butoxypropanol	31
5.3. Bereich(e) im Umgang mit Isopropanol.....	31
5.4. Bereich im Umgang mit Ameisensäure.....	32
5.5. Bereich im Umgang mit CC-Verdünner.....	32
5.6. Bereich im Umgang mit Scheibenreiniger	33
5.7. Bereich(e) im Umgang mit Ottokraftstoff	33
5.8. Bereich im Umgang mit Heizöl Extra Leicht (HEL).....	35
5.9. Bereich im Umgang mit Propan	35
5.10. Bereich im Umgang mit Acetylen.....	35
5.11. Bereich im Umgang mit dem Kältemittel R1234yf (2,3,3,3-Tetrafluorpropen)	36
5.12. Bereich im Umgang mit Fluorwasserstoff	37
6. Ermittlung der angemessenen Abstandsempfehlung	39
6.1. Szenario 1: Lachenbrand von Butoxypropanol	40
6.2. Szenario 2: Lachenbrand von Isopropanol.....	41
6.3. Szenario 3: Lachenbrand Ottokraftstoff.....	43

6.4.	Szenarien das Kältemittel R1234yf betreffend	45
6.4.1.	Leckagedurchmesser	45
6.4.2.	Szenario 4: Austritt von R1234yf im Bereich des Speichertanks der Kältemittelanlage – gesundheitsschädliche Ausbreitung R1234yf	46
6.4.3.	Szenario 5: Austritt von R1234yf im Bereich des Speichertanks der Kältemittelanlage – Explosion R1234yf / Luft-Gemisch	48
6.4.4.	Szenario 6: Austritt von R1234yf im Bereich des Speichertanks der Kältemittelanlage – Lachenbrand in Tanktasse.....	50
6.4.5.	Szenario 7: Austritt von R1234yf im Bereich des Speichertanks der Kältemittelanlage – Ausbreitung von Brandprodukt Fluorwasserstoff	51
6.5.	Übersicht der ermittelten Auswirkungen.....	53
7.	Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes	54
8.	Bewertung einer Planung hinsichtlich des angemessenen Sicherheitsabstandes	58
8.1.	Gesetzliche Randbedingungen.....	58
8.2.	Schutzbedürftige Nutzung	59
8.3.	Vorhandene schutzbedürftige Nutzung (Bestand)	60
9.	Weitergehende Maßnahmen zur möglichen Reduzierung des angemessenen Sicherheitsabstandes	61
9.1.1.	Automatische Sprinkleranlage	62
9.1.2.	Einhausung – Rückhaltung Fluorwasserstoff.....	63
9.1.3.	Unterirdische Aufstellung des Lagertanks von R1234yf, doppelwandige Tankauführung	64
9.1.4.	Doppelwandige Rohrleitungen auch oberirdisch.....	64
9.1.5.	Zusammenfassung der weitergehenden Maßnahmen.....	65
10.	Erklärung zur Prüfung im Rahmen des § 29a BImSchG	66
Anhang A	Verwendete Unterlagen und Literatur	67
A.1.	Dokumentation und projektbezogene Unterlagen	67
A.2.	Gesetze, Regeln und Verordnungen.....	71
Anhang B	Tabellen und Berechnungsprotokolle	72
B.1.	Tabelle – Anlagensituation im Bereich R1234yf-Speichertank	72
B.2.	Software-Protokolle der Ausbreitungsrechnungen.....	72

1. Aufgabenstellung

Die Landeshauptstadt Hannover betreibt zur Schaffung von neuem Wohnraum Bauleitplanung in den Stadtbezirken. Mehrere dieser Bebauungspläne befinden sich in dem Achtungsabstand nach Niedersächsischer Bauordnung (NBauO) des in Hannover-Stöcken befindlichen Industriebetriebes Volkswagen AG Nutzfahrzeuge Werk Hannover. Der Betrieb unterliegt der Störfall-Verordnung (StörfallV) und bildet einen Betriebsbereich der unteren Klasse. Mit der Änderung des Baugesetzbuchs im Mai 2017 sind die Belange des § 50 BImSchG in den Bauleitplänen zu berücksichtigen.

Ziel ist es, bestehende Gemengelagen zu entzerren und schädliche Umwelteinwirkungen und Auswirkungen von schweren Unfällen (Störfällen) auf Schutzgebiete soweit wie möglich zu vermeiden (§ 1 (6) Nr. 7 BauGB). Darüber hinaus wurde mit der Änderung der NBauO zum 30.07.2017 der gesetzliche Achtungsabstand auf 2.000 m festgesetzt.

Für die Abwägung im Rahmen der Bauleitplanverfahren und für die späteren Baugenehmigungen bzw. für Bauvorhaben, für die bereits Planungsrecht besteht, ist der angemessene Sicherheitsabstand bezogen auf das Schutzgut "Mensch" für die Volkswagen AG Nutzfahrzeuge vorzulegen.

Die INBUREX Consulting GmbH wurde beauftragt durch ihren bekannt gegebenen Sachverständigen nach § 29b BImSchG auf Basis der konkreten Gegebenheiten des Betriebes Volkswagen AG Nutzfahrzeuge Werk Hannover (Genehmigungslage) den angemessenen Sicherheitsabstand, unter Berücksichtigung der getroffenen Vorkehrungen und Maßnahmen zur Verhinderung von Störfällen und zur Begrenzung ihrer Auswirkungen, zu ermitteln.

Für die Empfehlungen zur Ermittlung eines angemessenen Sicherheitsabstandes wird ein Vorgehen unter Berücksichtigung der Kriterien aus KAS-18 Kapitel 3.2 "Planungen im Umfeld von Betriebsbereichen" angewendet, da für die Bestandsanlage und auch für die Standortentwicklung ausreichend detaillierte Angaben vorliegen. Der Leitfaden wird konkretisiert um die Arbeitshilfe KAS-32 bezüglich szenarienspezifischer Fragestellungen. Grundlage dieses Berichtes sind die vom Betreiber bereitgestellten Unterlagen.

Im vorliegenden Gutachten werden dementsprechend der Leitfaden und die Arbeitshilfe der Kommission für Anlagensicherheit KAS-18 und KAS-32 als aktuelle Erkenntnisquellen berücksichtigt und gemäß KAS-18 die Einhaltung des Standes der Sicherheitstechnik für den Betriebsbereich vorausgesetzt. Der vorliegende Bericht dokumentiert das Ergebnis.

2. Beschreibung der Ist-Situation und der Planung

2.1. Kurzbeschreibung des Betriebsbereiches

Die Postadresse des betrachteten Standortes lautet:

Volkswagen AG Nutzfahrzeuge Werk Hannover
Mecklenheidestraße 74
30419 Hannover

Die Volkswagen AG Nutzfahrzeuge Werk Hannover (im Folgenden VWN genannt) betreibt im Werk am Standort Hannover eine Anlage für den Bau und die Montage von Kraftfahrzeugen gemäß Nr. 3.24 Spalte 1 des Anhangs der 4. BImSchV und eine Gießerei für Nichteisenmetalle gemäß Nr. 3.8.1 Spalte 1 des Anhangs der 4. BImSchV.

Die Gießerei ist für die Produktion diverser Gussteile für alle Volkswagenwerke verantwortlich, weswegen die Anlage eine eigenständige Genehmigung besitzt.

Die Anlage für den Bau und die Montage von Kraftfahrzeugen und die Anlage für Gießerei sind Teil eines Betriebsbereiches der unteren Klasse gem. § 3 (5a) BImSchG, welcher unter der Aufsicht der VWN steht. Die Umzäunung des gesamten Standortes stellt die Grenze des Betriebsbereiches dar.

Dabei sind folgende Kapazitäten der Anlagen genehmigt:

- Bau und Montage von Kraftfahrzeugen: 372.000 Fahrzeuge pro Jahr
- Gießerei: 361 Tonnen pro Tag

Die Volkswagen AG Nutzfahrzeuge beschäftigt auf einer Werksfläche von ca. 1,2 Millionen m² (ca. 1,1 Millionen m² versiegelt) etwa 8.600 Mitarbeiter.

Der Betrieb wird von VWN in verschiedenen Organisationseinheiten (OE) eingeteilt. Innerhalb einer OE können mehrere Orte im Betrieb zusammengefasst werden, die ggf. keinen unmittelbaren örtlichen Zusammenhang besitzen.

Im Betriebsbereich befinden sich verschiedene Einrichtungen mit gefährlichen Stoffen gemäß § 2 Ziff. 4 StörfallV. Diese Stoffe werden von VWN intern als "störfallrelevante Stoffe" bezeichnet. Die OE und die dort vorhandenen störfallrelevanten Stoffe werden im Folgenden genauer beschrieben.

1. Pressteilfertigung

Die Pressteilfertigung befindet sich in insgesamt vier Hallen (1, 25, 40, 58). Dort werden aus Blechcoils und Platinen (Eisen und Aluminium) Pressteile gefertigt, die zur Weiterverarbeitung in andere Teile des Werkes befördert werden.

In der OE sind größeren Mengen Schmier- und Betriebsstoffe vorhanden, die für den Betrieb und die Instandhaltung der Pressen verwendet werden. Diese Hydrauliköle, Fette und ähnlichen Stoffe sind nur zu sehr geringem Teil gefährliche Stoffe und werden in Gebinde- und Tanklagern vorgehalten.

2. Karosseriebau

Der Karosseriebau befindet sich in Halle 1. Es werden die Rohkarossen und Anbauteile (Türen und Klappen) gefertigt und zusammen montiert. Diese werden an die Lackiererei weitergegeben.

Es sind hier hauptsächlich Klebstoffe vorhanden, welche in Tagesmengen vor Ort vorgehalten werden. Die gefährlichen Stoffe werden im Kleberlager gelagert und sind der Materialsteuerung zugeordnet.

3. Lackiererei

Die OE Lackiererei befindet sich vorwiegend in den Hallen 1, 2, 29, 30, 31, 37 und 52. Die Karossen durchlaufen in Halle 1 die Vorbehandlungsanlage und die kathodische Tauchlackierung, bevor sie in den Hallen 29 und 52 die Endlackierung durchlaufen.

Bei der Vorbehandlung sind diverse Chemikalien im Einsatz, unter anderem in Form von Säuren und Laugen. Die eingesetzten Medien sind zum Teil gefährliche Stoffe und werden überwiegend vor Ort gelagert und aus Gebinden und Lagertanks dosiert.

Bei der kathodischen Tauchlackierung werden Pigmentpaste, Bindemittel und diverse Einstellzusätze verwendet. Die eingesetzten Medien sind zum Teil gefährliche Stoffe und werden ebenfalls überwiegend vor Ort gelagert und aus Gebinden sowie Lagertanks dosiert.

Bei der Endlackierung werden Beschichtungsstoffe benötigt. Die Beschichtungsstoffe sind zum größten Teil gefährliche Stoffe, werden aber in Farblagern gelagert und sind der Materialsteuerung zugeordnet.

Der anfallende Lackschlamm zählt zu den gefährlichen Stoffen und wird vor Ort abgetrennt, gesammelt und am Ende dem Entsorgungszentrum zugeführt.

4. Montage

Die Montage befindet sich in Halle 2. An die Karossen aus der Lackiererei werden verschiedene Ein- und Anbauteile montiert und komplettiert. Diverse andere Teile an den Fahrzeugen werden zusammengestellt und zusammengefügt.

Bei der Erstbefüllung der Fahrzeuge werden Betriebsmedien (u. a. Kraftstoffe, Frostschutz, Kältemittel (Klimaanlagen)) gehandhabt. Die Betriebsmittel sind zum Teil gefährliche Stoffe und werden über die Materialsteuerung an den Montage- bzw. Befüllstationen zur Verfügung gestellt.

5. Fertigung der Wärmetauscher

Die Fertigung der Wärmetauscher befindet sich in den Hallen 22, 27 und 28. Hier werden verschiedene Kühlereinheiten hergestellt. Die Wärmetauscher werden aus einzelnen Formteilen und Baugruppen mit verschiedenen Fügeverfahren gefertigt.

Es sind Schmierstoffe vorhanden, die für den Betrieb und die Instandhaltung der hydraulischen Pressen benötigt werden. Als Schmierstoffe werden unter anderem Hydrauliköle und Fette verwendet, die in nur sehr geringem Umfang gefährliche Stoffe sind. Diese werden in Gebindelägern vorgehalten.

6. Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung ist in die Bereiche Kaufteile, Fahrzeugbau und Fahrzeuganalyse aufgeteilt. Hier werden die Qualität und Haltbarkeit untersucht und geprüft.

Es sind Kleinstmengen in Gefahrstoffschränken vorhanden, die nur im geringen Umfang gefährliche Stoffe sind.

7. Vertrieb

Der Vertrieb befindet sich in den Hallen 2, 7, 33 und 36 sowie auf dem LKW-Umschlagplatz. Es gibt folgende Bereiche: die Kundendienstwerkstatt (KDW), die KDW Tankstelle, die Waschstraße, die Portalwaschanlage und die jeweiligen Abfallplätze für verunreinigte Handschuhe und Kraftstoffe.

Es sind Kleinstmengen an gefährlichen Stoffen vorhanden, wie Spraydosen und Kraftstoffe zur Fahrzeugbetankung.

8. Pilothe Halle Werk und Pilothe Halle Marke VWN

Die Pilothe Hallen befinden sich in den Hallen 15, 17, 25 und 41 sowie im Zwischenbau-Süd. Hier werden in Fertigungs- und Montagebereichen komplette Fahrzeuge gefertigt, neue Anbauteile in Versuchsträgerfahrzeuge eingebaut oder Montageversuche durchgeführt.

Kleinmengen gefährlicher Stoffe, wie Spraydosen, Kleber und Kfz-Betriebsstoffe.

9. Materialsteuerung

Die Materialsteuerung befindet sich in den Hallen 1 und 2 und umfasst darüber hinaus diverse Außenanlagen. Zu den Aufgaben gehören die Vereinnahmung und die Bestandsführung von Kauf- und Herstellteilen, Materialien im Lieferanten-, Zwischenwerks- und Dienstleistungsverkehr, sowie die Bereitstellung von Kauf-, Herstellteilen und Medien für interne und externe Verbraucher. Wesentlicher Anlagenbestandteil der fertigungsunterstützenden Einrichtung Materialsteuerung sind die Lageranlagen zur Bereitstellung von flüssigen und gasförmigen Betriebsmedien sowie zur Befüllung der Fahrzeuge.

Ebenfalls zur Materialsteuerung gehören ein Gefahrstofflager in Halle 11 und ein Chemikalienlager in Halle 23. Gefahrstofflager und Chemikalienlager sind in F90-Bauweise errichtet und verfügen über eine Brandmeldeanlage (BMA), welche automatisch eine CO₂-Löschanlage im Gefahrstofflager auslöst.

Gelagert werden u. a. Kleber, Kraftstoffe, Lacke und Chemikalien, die eine wesentliche Menge an gefährlichen Stoffen ausmachen.

10. Werktechnik

Die Werktechnik besteht aus der Ver- und Entsorgungseinrichtung.

Entsorgungseinrichtung: Diese setzt sich aus dem Entsorgungszentrum und der Abwasservorbehandlung in den Hallen 2, 29, 39 und 52 zusammen. Die Abwasservorbehandlungsanlagen dienen der Vorbehandlung von Abwässern jeweils aus der Vorbehandlung / kathodische Tauchlackierung und Wärmetauscherfertigung oder aus der Lackierung. Im Entsorgungszentrum werden die anfallenden Abfälle zwischengelagert bis zum Erreichen von wirtschaftlichen Transporteinheiten. Es wird zwischen einem Tanklager für flüssige Abfälle in Halle 39E und einem Zwischenlager für Abfallmulden, Abfallbehälter und Gebinden in Halle 39B unterschieden.

Versorgungseinrichtungen: Diese setzen sich aus dem Kraftwerk, der Kolene-Anlage in Halle 23 mit Abwasserbehälter und in Halle 26 mit Saugwagenwaschplatz sowie Gasversorgungseinrichtungen in Halle 5 zusammen. Das Kraftwerk wird mit Erdgas bzw. im Notfall aus einem Lagertank im Bereich des Kraftwerkes mit Heizöl betrieben. Weitere kleinere Heizöllagertanks befinden sich auf dem MUK-Gelände und in Halle 32.

Als gefährliche Stoffe liegen Heizöl und Kolene Abwässer vor.

11. Indirekte Einrichtungen

Zu den indirekten Einrichtungen gehören Betriebseinheiten, die nicht direkt an der Produktion beteiligt sind. Dazu zählen Coaching (Lehr- und Ausbildungszentrum), Verwaltung, Werkschutz / Brandschutz, Wirtschaftsbetriebe (Kantinen), Park- und Abstellflächen sowie Gleisanlagen.

Es sind nur geringfüge Mengen an gefährlichen Stoffen vorhanden, zu denen Labormengen und Werkstattmengen zählen.

12. Neue Gießerei

Die neue Gießerei befindet sich in den Hallen 3 und 34 und besteht aus Schmelzerei, Zylinderkopf-Gießerei, Rohteilbearbeitung, Versuchsgießerei und Kernmacherei.

In der Kernmacherei werden Kerne für die Gießerei aus verschiedenen Sand- / Bindemittelgemischen hergestellt.

In der Schmelzerei werden Aluminiumbarren in mit Erdgas betriebenen Öfen aufgeschmolzen und an die Gießerei weitergegeben. Die Versorgung mit Erdgas erfolgt ohne Zwischenspeicherung über die Anlandestation in Halle 5 (siehe Werktechnik).

In der Zylinderkopf-Gießerei werden die Leichtmetallschmelzen und Kerne zu entsprechenden Gussteilen gegossen und anschließend in die Rohteilbearbeitung weitergegeben.

In der Rohteilbearbeitung werden die Gussteile durch diverse Prozesse wie z. B. Schleifen nachbearbeitet.

In der Versuchsgießerei werden Versuche zur Optimierung und Entwicklung von neuen Gieß- und Kernformen durchgeführt.

Es sind nur geringfüge Mengen an gefährlichen Stoffen vorhanden, zu denen typische Labormengen und Werkstattmenge zählen.

2.2. Gefährliche Stoffe im Betriebsbereich

Aufgrund der am Standort gehandhabten Mengen an gefährlichen Stoffen im Sinne der Zwölften Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Störfall-Verordnung – 12. BImSchV), stellt der Betrieb der Volkswagen AG Nutzfahrzeuge einen Betriebsbereich der unteren Klasse dar. Für einen entsprechend eingestuften Betrieb gelten die Grundpflichten der StörfallV.

Im Betriebsbereich sind Stoffe vorhanden und vorgesehen, die nach Anhang I unter **Nr. 1** (Gefahrenkategorien) oder **Nr. 2** (namentlich genannte gefährliche Stoffe) der StörfallV wie folgt eingestuft werden (Abfälle sind berücksichtigt):

- | | |
|------------------|---|
| Nr. 1.1.2 | H2, Akut toxisch, Kategorie 3
(inhalativer Expositionsweg, oraler Expositionsweg) |
| Nr. 1.2.5 | P5, entzündbare Flüssigkeiten |
| Nr. 1.2.8 | P8, Oxidierende Flüssigkeiten, Kategorie 1, 2 oder 3, oder
oxidierende Feststoffe, Kategorie 1, 2 oder 3 |
| Nr. 1.3.1 | E1, Gewässergefährdend, Kategorie Akut 1 oder Chronisch 1 |
| Nr. 1.3.2 | E2, Gewässergefährdend, Kategorie Chronisch 2 |
| Nr. 2.1 | Verflüssigte entzündbare Gase, Kategorie 1 oder 2,
(einschließlich Flüssiggas) und Erdgas |
| Nr. 2.3.1 | Ottokraftstoffe und Naphtha |
| Nr. 2.3.3 | Gasöle (einschließlich Dieselmotortreibstoffe, leichtes Heizöl und
Gasölmischströme) |
| Nr. 2.4 | Acetylen |
| Nr. 2.38 | Sauerstoff |

Sicherheitsdatenblätter mit den relevanten sicherheits- und reaktionstechnischen Stoffdaten liegen vor Ort im Betrieb aus.

Die Stoffmengen an gefährlichen Stoffen sind in der "Anzeige zur störfallrelevanten Änderung gem. § 15 (1) BImSchG i. V. m. § 15 (2a) BImSchG der Anlage zum Bau und der Montage von Kraftfahrzeugen (Nr. 3.24G des Anhang 1 der 4. BImSchV) – Reduzierung der störfallrelevanten Mengen (BE 1060, BE 1610, BE 1640, BE 4001)" von VWN vom 13.01.2020 angegeben.

2.3. Hotspots aus dem Störfallkonzept

Im Konzept zur Verhinderung von Störfällen gem. § 8 StörfallV, von VWN als "Störfallkonzept" bezeichnet (Stand: 22.01.2019) wird aufgezeigt, dass nach Berechnung der Störfallquotienten des untersuchten Betriebsbereiches, dieser dem Geltungsbereich der §§ 3 - 8 der StörfallV (untere Klasse) unterliegt. Ausgehend von den Störfallquotienten wurden von VWN sogenannte Hotspots ermittelt. Hierbei werden die Bereiche des Betriebs hervorgehoben, die einen erhöhten Anteil am Gesamtquotienten der entsprechenden Kategorie besitzen. Die Anteile sind im Konzept von VWN wie folgt definiert:

- Gesundheitsgefährdend H: größer als 2 % des Quotienten
- Physikalische Gefahren P: größer als 5 % des Quotienten
- Umweltgefahren E: größer als 5 % des Quotienten

Daraus ergeben sich neun Hotspots, welche in der folgenden Tabelle, zusammen mit den Organisationseinheiten (OE) im Betriebsbereich sowie dem Anteil an den jeweiligen Quotienten, dargestellt sind.

Tabelle 1: Beschreibung der Hotspots mit den Anteilen des jeweiligen Quotienten.

Hotspot	Halle	zugehörige OE	Anteil des Quotienten H	Anteil des Quotienten P	Anteil des Quotienten E
Vorbehandlung Zone 5 + Lager	1	3. Lackiererei	2,00 %	6,11 %	7,60 %
Lager Sandwirtschaft	3	12. Neue Gießerei	2,12 %	-	-
Gasanlagen	5	10. Werktechnik	-	17,67 %	-
Gefahrstofflager (Kleberlager)	11	9. Materialsteuerung	-	-	7,63 %
Chemikalienlager	23	9. Materialsteuerung	47,49 %	-	10,9
Tanklager 7A + R1234yf	38A	9. Materialsteuerung	-	25,35 %	-
Sonderabfalllager	39B	10. Werktechnik	-	6,8 %	19,75 %
Tanklager flüssige Abfälle	39E	10. Werktechnik	47,49 %	-	27,25 %
Kraftwerk, Öllagertank	Kraftwerk	10. Werktechnik	-	28,96 %	13,78 %

2.4. Umfeld des Betriebsbereiches

Der Betriebsbereich der VWN liegt in der Stadt Hannover im Stadtteil Stöcken.

Erreichbar ist die VWN über die Stelinger Straße, HansasträÙe und die Mecklenheidestraße. An der Stelinger Straße befindet sich das Tor 1 zur PKW-Einfahrt und an der HansasträÙe das Tor 2 zur LKW-Einfahrt.

Die Grenzen des Betriebsbereiches werden im Norden durch die HansasträÙe, im Norden und Osten teilweise durch Bahngleise, im Süden durch die Mecklenheidestraße und im Westen durch die Stelinger Straße gebildet.

Hinter den genannten Grenzen schließen sich die folgenden Nachbarn an:

- Norden: HansasträÙe und Bahngleise (unmittelbar), dahinter diverse Industriebetriebe (u. a. DHL, REMONDIS, Schenker) und dahinter der Mittellandkanal sowie ein Landschaftsschutzgebiet (LSG-HS 17 "Mecklenheide / Vinnhorst")
- Westen: Stelinger Straße (unmittelbar), dahinter das Gemeinschaftskraftwerk Stöcken und der Produktionsstandort Werk Stöcken der Continental AG, im weiteren Verlauf, diverse Supermärkte und die Autobahnanbindung an die A2
- Süden: Mecklenheidestraße (unmittelbar), dahinter die Wohngebiete Stöcken und Ledeburg, Kindergärten, eine Grund-, eine Gesamtschule und eine Flüchtlingsunterkunft sowie diverse Supermärkte
- Osten: Bahngleise (unmittelbar), dahinter Industriebetriebe (u. a. Hüttenes-Albertus Chemische Werke GmbH), das Wohngebiet Vinnhorst, die Grundschule Vinnhorst sowie diverse Supermärkte.

Die nächstgelegene Wohnbebauung liegt ca. 50 m in Richtung Süden und Südost von der Grenze des Betriebsbereiches entfernt.

2.5. Planungsrechtliche Einordnung der Lage des Betriebsbereichs

Planungsrechtlich handelt es sich um einen unbeplanten Innenbereich nach § 34 BauGB. Die nähere Umgebung entspricht einem Industriegebiet (GI). Das Industriegebiet setzt sich nach Norden bis zum Mittellandkanal, nach Osten bis zur Schulenburger Landstraße und nach Westen über die B6 hinaus fort.

Mit Bebauungsplan Nr. 1351 besteht Baurecht für eine Verlagerung der nördlich des VW-Werkes gelegenen HansasträÙe. Der Bebauungsplan setzt einen geradlinigen Verlauf nach Westen bis zur Stelinger Straße fest.

Im Süden des Betriebsbereiches besteht eine historisch gewachsene Gemengelage, in der Industrielle Nutzung und Reine Wohngebiete direkt aufeinandertreffen. Hier gilt das Gebot der gegenseitigen Rücksichtnahme.

2.6. Vorhandene schutzbedürftige Nutzung

Das Planungsamt der Stadt Hannover hat "schutzbedürftige Nutzungen in der Umgebung des Betriebsbereiches von VWN" identifiziert und benannt sowie die Entfernungen der genannten Objekte und Einrichtungen zur Betriebsbereichsgrenze ermittelt (s. nachstehende Tabelle).

Für die genannten Objekte und Einrichtungen wird überprüft, ob es sich um schutzbedürftige Nutzung im Sinne des § 50 BImSchG handelt.

Tabelle 2: Objekte und Einrichtungen in der Umgebung des Betriebsbereiches.

Objekt / Einrichtung	Schutzbedürftige Nutzung im Sinne von § 50 BImSchG	Nutzung	Entfernung von der Grenze des Betriebsbereiches [m]
Landschaftsschutzgebiet LSG-HS17 "Mecklenheide / Vinnhorst"	Unklar ¹⁾	Landschaftsschutzgebiet	ca. 200 - 350 (N)
Stadtbahnhaltestelle "Nordhafen"	Ja ²⁾	Stadtbahnhaltestelle	ca. 450 (NO)
Schulenburger Landstraße	Ja ²⁾	Hauptverkehrsstraße	ca. 450 (NO)
Sportanlage "TuS Vinnhorst"	Ja	Sport / Freizeit	ca. 750 (NO)
Schulkinderhaus Aldebaran, Vinnhorster Rathausplatz	Ja	Kita	ca. 900 (NO)
Grundschule Vinnhorst	Ja	Schule	ca. 900 (NO)
St. Hedwig Kirche	Ja	Kirche	ca. 900 (NO)

Objekt / Einrichtung	Schutz- bedürftige Nutzung im Sinne von § 50 BImSchG	Nutzung	Entfernung von der Grenze des Betriebs- bereiches [m]
Flüchtlingsunterkunft Mecklenheidestraße 27 A - C	Ja	Flüchtlingswohnen	ca. 120 (O)
Kita, Friedrich-Klug-Straße 8	Ja	Kita	ca. 450 (O)
Stadtbahnhaltestelle "Mecklenheidestraße"	Ja ²⁾	Stadtbahnhaltestelle	ca. 500 (O)
Wohnhäuser Schulenburger Landstraße	Ja	Wohnen	ca. 500 (O)
Jugendzentrum Vinnhorst, Kurländer Weg 5	Ja	Sport / Freizeit	ca. 500 (O)
Nahversorgung, Kurländer Weg 3-7	Ja	Nahversorgung (REWE)	ca. 500 (O)
Sportanlage BV Werder, Kurländer Weg	Ja	Sport / Freizeit	ca. 550 (O)
Flüchtlingsunterkunft Alt Vinnhorst 82, 84	Ja	Flüchtlingswohnen	ca. 1.700 (O)
Wohnhäuser Mecklenheidestraße	Ja	Wohnen	ca. 50 (SO)
Sportanlage TuS Mecklenheide	Ja	Sport / Freizeit	ca. 250 (SO)
Bahnstrecke	Ja ²⁾	Bahnstrecke	ca. 850 (SO)
S-Bahn-Station "Ledeburg"	Ja ²⁾	S-Bahn-Station	ca. 1.000 (SO)
Nahversorgung, Am Fuhrenkampe	Ja	Nahversorgung (REWE, Aldi)	ca. 1.000 (SO)
Mecklenheidestraße	Ja ²⁾	Hauptverkehrsstraße	ca. 0 - 80 (S)
Wohnhäuser Mecklenheidestraße	Ja	Wohnen	ca. 50 - 100 (S)
Bulli-Kita, Mecklenheidestraße 129	Ja	Kita	ca. 150 (S)
Wohnhäuser Flemmingstraße	Ja	Wohnen	ca. 150 (S)
Stöckener Bad, Hogrefestraße 45	Ja	Sport / Freizeit	ca. 150 (S)
Stadtbahnhaltestelle "Stöcken"	Ja ²⁾	Stadtbahnhaltestelle	ca. 180 (S)
Nahversorgung Köhnsenstraße	Ja	Nahversorgung (Edeka)	ca. 180 (S)
Kita, Hogrefestraße 43 A	Ja	Kita	ca. 200 (S)
Wohnhäuser Hogrefestraße	Ja	Wohnen	ca. 250 - 350 (S)
Bodelschwingh-Kirche	Ja	Kirche	ca. 300 (S)

Objekt / Einrichtung	Schutz- bedürftige Nutzung im Sinne von § 50 BImSchG	Nutzung	Entfernung von der Grenze des Betriebs- bereiches [m]
Wohngebäude Obentrautstraße	Ja	Wohnen	ca. 350 (S)
Familienzentrum, Baldeniusstraße 33 B	Ja	Kita	ca. 380 (S)
Kita Freudenthalstraße 74	Ja	Kita	ca. 450 (S)
Wohnhäuser Süntelstraße	Ja	Wohnen	ca. 450 – 600 (S)
Nahversorgung, Stöckener Markt	Ja	Nahversorgung (Penny)	ca. 650 (S)
Friedrich-Wasmuth-Haus, Pflegeeinrichtung	Ja	Altenpflege	ca. 650 (S)
Kita, Eichsfelder Straße 52	Ja	Kita	ca. 700 (S)
Stadtbahnhaltestelle "Stöckener Markt"	Ja ²⁾	Stadtbahnhaltestelle	ca. 750 (S)
Stadtteilzentrum Stöcken	Ja	Sport / Freizeit	ca. 750 (S)
Bezirkssportanlage Stöcken	Ja	Sport / Freizeit	ca. 750 (S)
IGS Stöcken	Ja	Schule	ca. 750 (S)
Kita, Entenfangweg 25	Ja	Kita	ca. 850 (S)
Jugendzentrum Stöcken	Ja	Sport / Freizeit	ca. 900 (S)
Corvinuskirche	Ja	Kirche, Familienzentrum	ca. 900 (S)
Kita, Moorhoffstraße	Ja	Kita	ca. 900 (S)
Flüchtlingsunterkunft Fuhsestraße 28	Ja	Flüchtlingswohnen	ca. 950 (S)
Grundschule Entenfang	Ja	Schule	ca. 1.000 (S)
Wilhelm-Schade-Schule, Förderschule	Ja	Schule	ca. 1.000 (S)
Wohngebäude Gemeinدهolzstraße	Ja	Wohnen	ca. 250 – 400 (SW)
Grundschule "Am Stöckener Bach"	Ja	Schule	ca. 350 (SW)
Nahversorgung, Alte Stöckener Straße 95	Ja	Nahversorgung (Lidl)	ca. 350 (SW)
Wohngebäude Alte Stöckener Straße	Ja	Wohnen	ca. 350 (SW)

Objekt / Einrichtung	Schutzbedürftige Nutzung im Sinne von § 50 BImSchG	Nutzung	Entfernung von der Grenze des Betriebsbereiches [m]
Seniorenheim, Auf der Klappenburg 8	Ja	Altenpflege	ca. 600 (SW)
Stadtbahnhaltestelle "Auf der Klappenburg"	Ja ²⁾	Stadtbahnhaltestelle	ca. 600 (SW)
Am Leineufer, B 6	Ja ²⁾	Hauptverkehrsstraße, Bundesstraße	ca. 600 (SW)
Stadtbahnhaltestelle "Jädekamp"	Ja ²⁾	Stadtbahnhaltestelle	ca. 650 (SW)
Stadtbahnhaltestelle "Lauckerthof"	Ja ²⁾	Stadtbahnhaltestelle	ca. 750 (SW)
Stelinger Straße	Ja ²⁾	Hauptverkehrsstraße	unmittelbar (W)
Nahversorgung, Alter Damm	Ja	Nahversorgung (Norma)	ca. 850 (NW)
Wohnhäuser Schwarze Heide	Ja	Wohnen	ca. 900 (NW)
Moschee, Alter Damm	Ja	Moschee	ca. 950 (NW)
Bundesautobahn, BAB 2	Ja ²⁾	Hauptverkehrsstraße, Autobahn	ca. 450 (NW, N)

Erläuterungen:

- 1) Gemäß § 50 BImSchG sind bei raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen, 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 (Seveso III-Richtlinie) 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.

Die Einordnung eines Landschaftsschutzgebietes (LSG) als schutzbedürftige Nutzung ist nicht eindeutig möglich.

In der Stellungnahme des staatlichen Gewerbeaufsichtsamtes Hildesheim vom 30.11.2020 heißt es bzgl. der Einordnung eines LSG als schutzbedürftige Nutzung:

"Der rechtliche Status dieser Gebiete im Hinblick auf § 50 BImSchG bzw. Artikel 13 der Seveso-III-Richtlinie ist bis jetzt unklar. In der Verwaltungspraxis in Niedersachsen werden Landschaftsschutzgebiete nicht als "unter dem Gesichtspunkt des Naturschutzes besonders wertvolle oder besonders empfindliche Gebiete" betrachtet, da diese Gebiete keinen europarechtlichen Status haben und es daher zweifelhaft ist, dass eine europäische Richtlinie wie die Seveso-III solche Gebiete im Blickpunkt gehabt haben kann."

- 2) Bzgl. der Einstufung eines Verkehrsweges (öffentliche Straße (Autobahn^{a)} und Stadtstraße^{b)}, Stadtbahn^{c)}, Bahnstrecke^{d)} etc.) als schutzbedürftige Nutzung, wird im KAS-18 Leitfaden Kap. 2.1.2 c) auf die "Fragen und Antworten zur Richtlinie 96/82/EG" Ref. Nr. B-18 verwiesen. Dort sind Angaben zur Frequentierung eines Verkehrsweges angegeben, anhand derer, dieser als "wichtiger Verkehrsweg" eingestuft werden kann. Das genannte Papier dient als Orientierungshilfe.

a) Entsprechend der genannten Erkenntnisquelle gilt für Autobahnen mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von über 100 km/h, dass diese bei weniger als 10.000 PKW in 24 Stunden nicht als "wichtiger Verkehrsweg" und bei mehr als 200.000 PKW in 24 Stunden bzw. mehr als 7.000 PKW in der verkehrsreichsten Stunde als "wichtiger Verkehrsweg" angesehen werden.

Den Karten der Niedersächsischen Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr NLStBV kann ein DTV-Wert (durchschnittliche tägliche Verkehrsmenge) entnommen werden. Weitere Angaben liefert die Verkehrsmengenkarte der LHH Hannover von 2011.

Für die Bundesautobahn, BAB 2 ist ein DTV-Wert für das Jahr 2015 von 125.000 PKW aufgezeigt. In den Jahren 2005 und 2010 sind DTV-Werte von 129.000 PKW und 129.700 PKW angegeben. Die Verkehrsmengenkarte der LHH Hannover nennt eine Verkehrsstärke von ca. 125.000.

Die Auslastung bewegt sich zwischen dem unteren und dem oberen Wert für einen wichtigen Verkehrsweg. Konservativ wird die Bundesautobahn, BAB 2 als wichtiger Verkehrsweg bzw. schutzbedürftige Nutzung im Sinne des § 50 BImSchG betrachtet.

b) Für andere Straßen mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit unter 100 km/h gilt, dass diese bei weniger als 10.000 PKW in 24 Stunden nicht als "wichtiger Verkehrsweg"

und bei mehr als 100.000 PKW in 24 Stunden bzw. mehr als 4.000 PKW in der verkehrsreichsten Stunde als "wichtiger Verkehrsweg" angesehen werden.

Den Karten der NLStBV bzw. der LHH Hannover kann ein DTV-Wert bzw. eine Verkehrsstärke entnommen werden. Auf den Karten sind die "Schulenburg Landstraße" (Landstraße 380) und "Am Leineufer" (Bundesstraße 6) eingezeichnet.

Für die L 380 "Schulenburg Landstraße" ist ein DTV-Wert von 7.700 PKW (2015), 8.800 PKW (2010) bzw. 8.600 PKW (2005) ermittelt worden. Die Verkehrsstärke wird mit max. 18.600 (südlich des Betriebsbereichs) angegeben.

Für die B 6 "Am Leineufer" ist ein DTV-Wert von 47.600 PKW (2015), 46.500 PKW (2010) bzw. 46.000 PKW (2005) ermittelt worden. Die Verkehrsstärke wird mit max. 57.000 angegeben.

Die genannten Werte für beide Straße liegen zwischen dem unteren und dem oberen Wert für einen "wichtigen Verkehrsweg". Konservativ werden die "Schulenburg Landstraße" und die B 6 "Am Leineufer" als wichtiger Verkehrsweg bzw. schutzbedürftige Nutzung im Sinne des § 50 BImSchG betrachtet.

Die "Stelinger Straße" und die "Mecklenheidestraße" sind im Kartenwerk der NLStBV (2005, 2010 und 2015) nicht aufgeführt. Die Verkehrsmengenkarte der LHH Hannover von 2011 führt beide Straßen auf und nennt für die "Stelinger Straße" eine maximale Verkehrsstärke von 22.900 sowie für die "Mecklenheidestraße" eine maximale Verkehrsstärke von 15.800.

Die genannten Werte für beide Straße liegen zwischen dem unteren und dem oberen Wert für einen "wichtigen Verkehrsweg". Konservativ werden die "Stelinger Straße" und die "Mecklenheidestraße" als wichtiger Verkehrsweg bzw. schutzbedürftige Nutzung im Sinne des § 50 BImSchG betrachtet.

c) In den Fragen und Antworten zur Richtlinie 96/82/EG erfolgt keine Differenzierung zwischen einer Stadtbahn und einer Bahnstrecke. Dort heißt es, dass Schienenwege mit weniger als 50 Personenzügen in 24 Stunden nicht als wichtiger Verkehrsweg bewertet werden. Bei mehr als 250 Personenzügen in 24 Stunden bzw. 60 Personenzügen in der verkehrsreichsten Stunde (beide Fahrrichtungen) liegt ein wichtiger Verkehrsweg vor.

Eine Auswertung der Aushangfahrpläne (Stand November 2019) der einzelnen Haltestellen, abrufbar unter <https://www.gvh.de/linien-fahrplaene/haltestellen-info/> – ergibt, dass an den Haltestellen:

"Nordhafen" in 24 h ca. 110 bzw. in der verkehrsreichsten Stunde insgesamt 6 Stadtbahnen

der Linie 6 anfahren,
"Mecklenheidestraße" in 24 h ca. 220 bzw. in der verkehrsreichsten Stunde insgesamt
12 Stadtbahnen der Linie 6 anfahren,
"Stöcken" in 24 h ca. 110 bzw. in der verkehrsreichsten Stunde insgesamt 6 Stadtbahnen
der Linie 5 anfahren,
"Stöckener Markt" in 24 h ca. 220 bzw. in der verkehrsreichsten Stunde insgesamt
12 Stadtbahnen der Linie 5 anfahren,
"Lauckerthof" in 24 h ca. 220 bzw. in der verkehrsreichsten Stunde insgesamt
12 Stadtbahnen der Linie 4 anfahren,
"Auf der Klappenburg" in 24 h ca. 220 bzw. in der verkehrsreichsten Stunde insgesamt
12 Stadtbahnen der Linie 4 anfahren,
"Jädekamp" in 24 h ca. 220 bzw. in der verkehrsreichsten Stunde insgesamt
12 Stadtbahnen der Linie 4 anfahren.

Die Auslastung an den Stadtbahnhaltestellen bewegt sich zwischen dem unteren und dem oberen Wert für einen wichtigen Verkehrsweg. Konservativ werden im vorliegenden Fall die Stadtbahngleise als wichtiger Verkehrsweg eingestuft. Alle aufgelisteten Stadtbahnhaltestellen werden damit als schutzbedürftige Nutzung im Sinne des § 50 BImSchG gewertet.

d) Für die Bahnstrecke (S-Bahn) gelten dieselben Werte bzgl. der Einstufung als wichtiger Verkehrsweg, wie für die Stadtbahn (s. ^{c)}).

Entsprechend den Aushangfahrplänen (Stand November 2019) der S-Bahn-Linien S4 und S5 an der Haltestelle "Hannover, Ledeburg" – ebenfalls abrufbar auf der Seite des Verkehrsverbundes von Hannover – ergeben sich insgesamt ca. 160 Personenzüge in 24 Stunden bzw. 8 Personenzüge in der verkehrsreichsten Stunde. Analog den Ausführungen zur Stadtbahn wird die Bahnstrecke (S-Bahn) konservativ als wichtiger Verkehrsweg und der Haltepunkt "Hannover, Ledeburg" als schutzbedürftige Nutzung im Sinne des § 50 BImSchG gewertet.

2.7. Zukünftige Standortentwicklung des Betriebsbereiches

Angaben zu den Entwicklungsmöglichkeiten des Betriebsbereiches, die sich abstandsbestimmend auswirken können, sind gemäß Kapitel 3.2 des KAS-18-Leitfadens zu berücksichtigen.

Gemäß den Angaben von VWN ist eine Veränderung der Betriebsbereichsgrenzen abzusehen – Vergrößerung des Betriebsbereichs durch zusätzliche Flächen. Konkret betrifft dies eine Fläche im östlichen Teil des Betriebsbereichs zwischen der aktuellen Betriebsbereichsgrenze und den Bahngleisen sowie eine Fläche im nordwestlichen Teil des Betriebsbereichs zwischen der HansasträÙe und der Stelinger Straße.

Durch die Erweiterung im nordwestlichen Teil wird eine Verlegung der in diesem Bereich gelegenen LKW-Zufahrt notwendig. Nach aktuellem Diskussionsstand (VWN-intern) kann die Erweiterung des Betriebsbereichs die Verlegung der LKW-Zufahrt bedeuten, entweder an die Stelinger Straße oder an die HansasträÙe – im Bereich, wo der aktuelle Straßenverlauf der HansasträÙe nach Süden schwenkt.

Die im Betriebsbereich für das 1. Quartal 2021 geplante Errichtung eines CO₂-Kältemitteltanks fällt nicht in den Kontext der hier vorliegenden Fragestellung, da der maßgebliche Stoff Kohlendioxid nicht als gefährlicher Stoff im Sinne § 2 Ziffer 4. der StörfallV eingestuft ist.

3. Grundsätzliches Vorgehen zur Ermittlung von Achtungsgrenzen

3.1. Achtungsabstand ohne Detailkenntnisse

Die Ermittlung eines Achtungsabstandes ohne Detailkenntnisse wird gemäß Kapitel 3.1 des KAS-18-Leitfadens für Neuplanungen von Flächen für Betriebsbereiche sowie deren Erweiterung empfohlen.

Zitat: "Für diesen Planungsfall wird unterstellt, dass die späteren industriellen / gewerblichen Nutzungen auf den geplanten Flächen nicht bekannt sind bzw. aus dem Aufstellungsvorgang zur Bebauung die konkrete Lage und Beschaffenheit der Anlage des geplanten Betriebsbereiches sich noch nicht entnehmen lässt. Demzufolge ist es nicht möglich, schon jetzt sicherheitstechnische Maßnahmen, Schutzflächen oder aktive bzw. passive Schutzmaßnahmen etc. bei der Bewertung der Abstandsermittlung zu berücksichtigen."

Bei diesem Vorgehen wird der im Betriebsbereich vorgesehene und als relevant beurteilte Stoff einem Leitstoff aus Bild 1 im Anhang 1 des KAS-18 zugeordnet und der damit einhergehende Abstand wird als Achtungsabstand ohne Detailkenntnisse definiert. Gemäß dem Leitfaden sind diese "Achtungsabstände" anhand verallgemeinerter Referenzszenarien ohne Detailkenntnisse ermittelt worden.

Für den hier betrachteten Betriebsbereich VWN sind jedoch ausreichende Detailkenntnisse bekannt, so dass ein Vorgehen entsprechend der Ermittlungen eines Achtungsabstandes ohne Detailkenntnisse nicht geboten ist. Die Anlagen im Betriebsbereich sind hinsichtlich Größe, Kapazität und Lage hinreichend bestimmt, um im Einklang mit Kapitel 3.2 des KAS-18 einen angemessenen Sicherheitsabstand mit Detailkenntnissen berechnen zu können.

3.2. Sicherheitsabstand als angemessener Abstand mit Detailkenntnissen

Im Rahmen einer Einzelfallbetrachtung wird bei bestehenden Betriebsbereichen das Vorgehen zur Ermittlung eines angemessenen Abstandes mit Detailkenntnissen entsprechend Kapitel 3.2 der Empfehlung des KAS-18 angewendet.

Zusammenfassend sind dies die Umgebungstemperatur (20 °C), eine mittlere Wetterlage nach VDI-Richtlinie 3783 mit einer indifferenten Temperaturschichtung und ohne Inversion oder die ortsübliche mittlere Wetterlage.

Als Beurteilungswerte des abdeckenden Ereignisses wird für die Stoffausbreitung der ERPG-2-Wert herangezogen.

Der interessierende ERPG-2-Wert (**E**mergency **R**esponse **P**lanning **G**uidelines) bezeichnet die Konzentration, bei der davon ausgegangen wird, dass unterhalb dieses Wertes beinahe sämtliche Personen bis zu einer Stunde lang exponiert werden können, ohne dass sie unter irreversiblen oder sonstigen schwerwiegenden gesundheitlichen Auswirkungen oder Symptomen leiden bzw. diese auch nicht entwickeln. Die Fähigkeit Schutzmaßnahmen zu ergreifen ist nicht beeinträchtigt.

In begründeten Fällen kann auch auf andere Störfallbeurteilungswerte zurückgegriffen werden. Bspw. bietet sich hier der "**A**cute **E**xposure **G**uideline **L**evels" (AEGL)-2-Wert an. Dann jedoch bezogen auf die Expositionszeit von 60 min, analog dem ERPG-2-Wert.

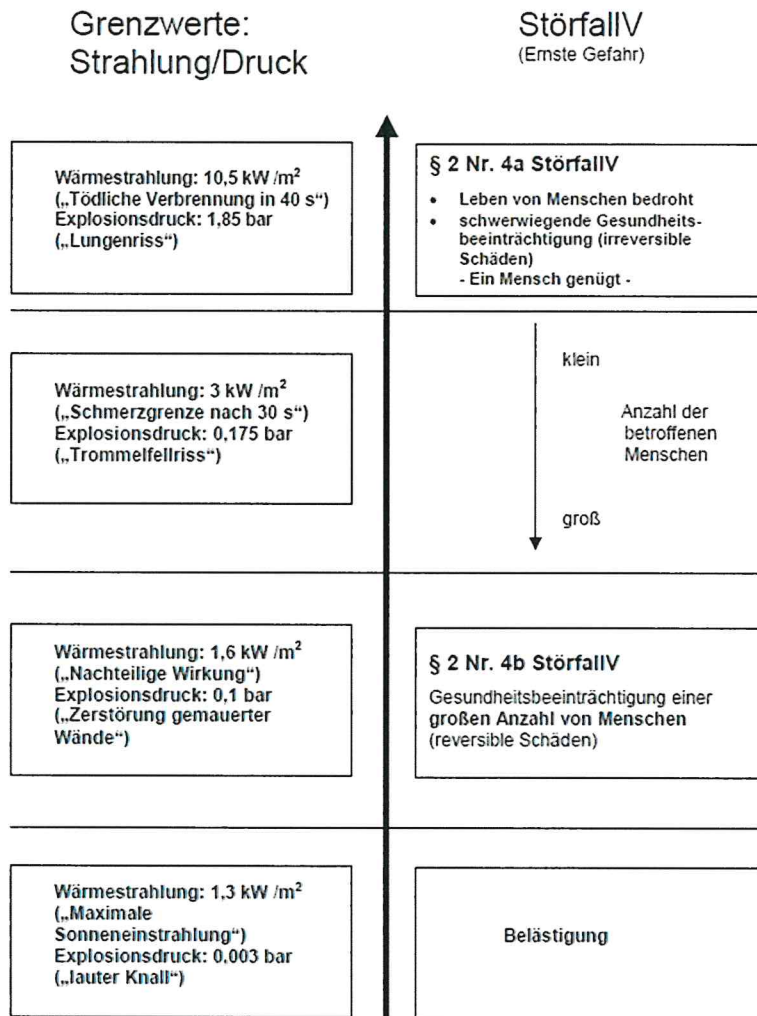
Der AEGL-2-Wert ist die luftgetragene Stoff-Konzentration, ab der die allgemeine Bevölkerung irreversible oder andere schwerwiegende langandauernde Schädigungen oder eingeschränkte Fluchtmöglichkeiten erleiden kann. Konzentrationen unterhalb des AEGL-2-Wertes, aber oberhalb des AEGL-1-Wertes repräsentieren Expositionsschwellen, die spürbares Unwohlsein hervorrufen.

Weiter können die Konzentrationswerte PAC (**P**rotective **A**ction **C**riteria) zur Beurteilung herangezogen werden, wenn die zuvor genannten Werte für einen betrachteten Stoff nicht verfügbar sind.

Nach dem Leitfaden KAS-18 (Anhang 4, Kapitel 2) ist für die Wärmestrahlung ein Grenzwert von $1,6 \text{ kW/m}^2$ (Beginn nachteiliger Wirkungen für Menschen) anzulegen.

Bei den Wirkungen von Explosionen ist eine Grenze zu irreversiblen Gesundheitsschäden bei $0,175 \text{ bar}$ Spitzenüberdruck für den Trommelfellriss gesetzt. Schäden durch z. B. zersplittertes Glas sind schon ab $0,05 \text{ bar}$ (für 100 % Bruch) zu erwarten. Als mittlerer Grenzwert wird für die Flächennutzungsplanung $0,1 \text{ bar}$ gesetzt.

Die folgende Gegenüberstellung der Beurteilungswerte ist dem Leitfaden KAS-18 entnommen.



Der Ausbreitungsradius bis zum Beurteilungswert des abdeckenden Ereignisses entspricht dem angemessenen Abstand des Einzelfalls.

4. Analyse relevanter Störfallstoffe im Betriebsbereich

Bedingt durch das Vorhandensein gefährlicher Stoffe gemäß der StörfallV in größeren Mengen innerhalb des Betriebsbereiches, kann eine Gefährdung außerhalb des Werksgeländes, als Folge einer größeren Betriebsstörung (Stofffreisetzung, Brand, Explosion) generell nicht ausgeschlossen werden.

Das in dem Betriebsbereich von VWN vorhandene Stoffpotential umfasst verschiedene Stoffe unterschiedlicher Eigenschaften (Gesundheitsgefahren, physikalische Gefahren, Umweltgefahren), die teils in Freilagern oder aber in Gebäuden zur Lagerung oder in der Produktion vorliegen.

Als abdeckendes Gefahrenpotential im Betriebsbereich im Sinne der Fragestellung wird ein Ereignis mit der potenziell größten Wirkung außerhalb des Werksgeländes diskutiert und für die weiteren Überlegungen zugrunde gelegt. Dabei werden folgende Punkte berücksichtigt:

- Stoffeigenschaften (Toxizität, Flüchtigkeit (Dampfdruck))
- Besondere Betriebsbedingungen (bspw. Handhabung unter erhöhtem Druck, passive Lagerung etc.)
- Als abdeckend bzgl. der Stoffeigenschaften bei gleichen Randbedingungen werden folgende Aspekte berücksichtigt:
 - Freisetzung eines sehr giftigen Stoffes über Freisetzung eines lediglich giftigen Stoffes
 - Freisetzung eines höher flüchtigen über Freisetzung eines wenig flüchtigen Stoffes

Im Betriebsbereich werden als gefährliche Stoffe gem. StörfallV verschiedenste Stoffe gehandhabt. Vorwiegend handelt sich hierbei um Öle, Fette, Lacke, Farben, Primer, Härter, Verdüner, Lösungsmittel und deren Abwässer oder Abfälle, sowie Kältemittel, entzündbare Gase, Scheibenreiniger und Kraftstoffe.

Gemäß der Stoffliste der VWN weisen die vorhandenen gefährlichen Stoffe toxische, physikalische und / oder wassergefährdende Eigenschaften auf. Physikalische Gefahren resultieren aus entzündbaren und oxidierenden Flüssigkeiten.

Eine Gefährdung von Menschen im Umfeld des Betriebsbereiches durch störungsbedingt ausgetretene umweltgefährliche Stoffe, wird im vorliegenden Fall als nicht relevant eingestuft.

Bei Einhaltung wasserrechtlicher Anforderungen wird allenfalls der Nahbereich beaufschlagt werden. Von einer lokal eng begrenzten Rückhaltung kann im Sinne der Fragestellung ausgegangen werden. Umweltgefährliche Stoffe werden bei der folgenden Diskussion nicht weiter berücksichtigt.

Gefahr durch ausgetretene entzündbare, feste Störfallstoffe

Feste Störfallstoffe sind im Betriebsbereich in Form von Abfällen vorhanden. Diese sind teilweise brennbar.

Die festen Störfallstoffe besitzen eine geringere Flüchtigkeit im Vergleich zu den vorhandenen flüssigen Störfallstoffen und sind oftmals schwer entflammbar. Das Gefahrenpotential durch entzündbare feste Stoffe wird daher im vorliegenden Fall durch die entzündbaren Flüssigkeiten als abgedeckt beurteilt.

Gefahr durch entzündbare, flüssige Störfallstoffe

Im Betriebsbereich werden entzündbare, flüssige Störfallstoffe in Form von Einsatzstoffen, Hilfsstoffen und Betriebsmitteln gehandhabt. Dazu gehören unter anderem diverse Kraftstoffe, Heizöl, Scheibenreiniger sowie diverse Öle, Fette, Lacke, Farben, Primer, Härter, Verdüner, Lösungsmittel und deren Abfälle.

Aufgrund der Stoffeigenschaften werden **Butoxypropanol, Isopropanol, Ameisensäure** und der **CC-Verdüner** als abdeckende Stoffe für die diversen Öle, Fette, Lacke, Farben, Primer, Härter, Verdüner, Lösungsmittel und deren Abfälle betrachtet, da es sich hierbei um Reinstoffe bzw. Stoffe mit definierter Zusammensetzung oder mit einem definierten Dampfdruck handelt und diese eine hohe Fließfähigkeit (niedrige Viskosität) als die vorgenannten Stoffe aufweisen.

ALZ 851 000 FAS (2-Dimethylaminoethanol) besitzt sowohl entzündbare als auch toxische Eigenschaften. Die toxischen Eigenschaften werden hier als abdeckend gegenüber den entzündbaren Eigenschaften beurteilt, daher wird ALZ 851 000 FAS bei den toxischen, entzündbaren Störfallstoffen weiter diskutiert.

Die Kraftstoffe, die sich im Betriebsbereich befinden, sind Ottokraftstoff (Super bleifrei und Super plus), Superkraftstoff, Sonderkraftstoff und Diesellookraftstoff. **Ottokraftstoff** wird auf Grund des höchsten Dampfdruckes als abdeckend gegenüber den restlichen Kraftstoffen betrachtet.

Aufgrund der Stoffeigenschaften können Brand- und Explosionsereignisse bei den angelieferten Kraftstoffen grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden.

Neben den Kraftstoffen liegen die entzündbaren Stoffe **Heizöl Extra Leicht (HEL)** und **Scheibenreiniger** im Betriebsbereich vor. Deren gewässergefährdenden Eigenschaften sind aufgrund vergleichbarer Stoffeigenschaften und Handhabung analog den Kraftstoffen einzuordnen. Auf Grund der vergleichbaren Eigenschaften kann hier keiner der Stoffe als abdeckender Stoff festgelegt werden.

Bei einem Austritt von entzündbaren flüssigen Störfallstoffen in die Umgebung ist das Gefahrenpotential (Lachenbrand) der oben diskutierten Stoffe (**Butoxypropanol, Isopropanol, Ameisensäure, CC-Verdünner, Ottokraftstoff, HEL** und **Scheibenreiniger** sind allesamt Kohlenwasserstoff-Verbindungen) als vergleichbar zu bewerten. Erst durch eine Betrachtung der Stoffmengen und der örtlichen Lage im Betriebsbereich (s. Kapitel 5 "Relevante Gefahrenschwerpunkte im Betriebsbereich") lässt sich ein abdeckender Stoff für austretende entzündbare flüssige Störfallstoffe festlegen.

Gefahr durch ausgetretene gasförmige Störfallstoffe

Im Betriebsbereich von VWN werden Sauerstoff, Acetylen, Propan und das Kältemittel R1234yf (2,3,3,3-Tetrafluorpropen) als gasförmige Störfallstoffe gehandhabt. Diese liegen, mit Ausnahme von Acetylen, als unter Druck verflüssigte Gase vor. Acetylen liegt unter Druck gelöst in einem Lösemittel vor.

Sauerstoff selbst ist nicht brennbar, kann aber einen Brand erheblich verstärken. Per Konvention aus KAS-18 wird bei einem hier zu betrachtenden Störungsereignis mit "mittlerem Ausmaß" eine Verkettung von Störungen ausgeschlossen. Ein Wirksamwerden des Gefahrenpotentials im Sinne der Fragestellung ist für Sauerstoff im vorliegenden Fall deshalb ebenfalls auszuschließen.

Bei einem Austritt von entzündbaren Gasen in die Umgebung ist das Gefahrenpotential (Brand / Explosion) der hier vorliegenden Stoffe **Acetylen, Propan** und **Kältemittel R1234yf** als vergleichbar zu bewerten. Erst durch eine Betrachtung der Stoffmengen und der örtlichen Lage im Betriebsbereich lässt sich ein abdeckender Stoff für austretende gasförmige Störfallstoffe festlegen.

Gefahr durch Austreten von toxischen, flüssigen Störfallstoffen

Die alkalischen Abwässer bzw. Kolene Abwässer, Furesan VW1 (5-Nitro-2-furfuroolsemi-carbazon), FB001 Binder, ALZ 851 000 FAS (2-Dimethylaminoethanol) und Gardobond Additive H 7264 2 besitzen toxische Eigenschaften.

ALZ 851 000 FAS ist giftig beim Einatmen, im Vergleich dazu sind die anderen toxischen Störfallstoffe giftig beim Verschlucken. Störfallstoffe, die giftig beim Einatmen sind, werden außerhalb der Grenze des Betriebsbereiches eine größere Wirkung erzielen. Im Sinne der Fragestellung wird die Gefahr durch luftgetragene Stoffe höher eingeschätzt, als gegenüber Stoffen die giftig beim Verschlucken sind. **ALZ 851 000 FAS** ist der abdeckende Stoff im Kontext einer Gefahr durch Austreten von toxischen, flüssigen Störfallstoffen und besitzt zudem entzündbare Eigenschaften.

Gefahr durch Austreten von toxischen, gasförmigen Störfallstoffen

Im Betriebsbereich liegen keine toxischen, gasförmigen Störfallstoffe vor.

Im vorliegenden Sicherheitsdatenblatt von R1234yf ist der Stoff als nicht toxisch eingestuft. Da jedoch ERPG-Werte definiert sind, wird eine Relevanz als gesundheitsgefährdend im Sinne der vorliegenden Fragestellung nicht vollkommen ausgeschlossen.

Das **Kältemittel R1234yf** ist als extrem entzündbares Gas (H220) eingestuft, so dass im Rahmen eines hier zu unterstellenden Dennoch-Szenarios auch entstehende Brandgase berücksichtigt werden sollten (vgl. KAS-32 "Einleitung" bei Planungen mit Detailkenntnissen). Infolge eines Brandes des Kältemittels R1234yf kann Fluorwasserstoff entstehen, der als Brandprodukt in die Umgebung freigesetzt wird. **Fluorwasserstoff** ist ein toxischer, gasförmiger Störfallstoff, der im Sinne dieser Fragestellung berücksichtigt wird.

Brandgefahr

Große Brände werden entsprechend der Konvention des KAS-18 (Anhang I Kapitel 2.3) nach den Aspekten der Wärmestrahlungsbelastung betrachtet. Die Erfahrung zeigt, dass bei Bränden toxische Effekte durch die Brandgase für die hier thematisierte Fragestellung in der Regel vernachlässigbar sind (mit Ausnahme des Kältemittels R1234yf).

Nicht zu vernachlässigen sind zunächst Stoffe mit einem hohen Anteil an Schwefel (S), Stickstoff (N), Chlor (Cl) und Fluor (F), aus denen sich bei einem Brand toxische Rauchgase entwickeln können. Aus Gründen des Brandschutzes umgesetzte bauliche und technische

Maßnahmen können die Menge von möglicherweise entstehenden Stoffen jedoch wirksam begrenzen.

Im Betriebsbereich Hannover von VWN sind in diesem Zusammenhang, das Gefahrstofflager sowie das Chemikalienlager der OE 9 Materialsteuerung von besonderer Bedeutung. Hier kann nicht mit letzter Sicherheit ausgeschlossen werden, dass Stoffe mit einem höheren Anteil der genannten Elemente vorhanden sind.

Die Entstehung von gefährlichen Stoffen (in größeren Mengen) wird jedoch über die in den Lägern umgesetzten Maßnahmen zum baulichen und technischen Brandschutz – F90-Bauweise, BMA, CO₂-Löschanlage – wirksam begrenzt. Da beide Läger in einer Halle errichtet sind, werden bei einem Brand die Brandgase zunächst in die Halle gelangen und anschließend über die Abluft der Halle verdünnt in die Umgebung ausgetragen.

Eine Relevanz im Sinne der hier thematisierten Fragestellung ist somit vernachlässigbar.

Trümmerwurf

Im vorliegenden Fall ist die Gefahr für eine größere Menschenmenge ausgehend von Trümmerwurf auszuschließen. Dem folgend wird das Zerbersten einer Druckgasflasche (Propan und Acetylen) nicht betrachtet.

5. Relevante Gefahrenschwerpunkte im Betriebsbereich

Im hier zu betrachtenden Sinn (Ermittlung von angemessenen Abständen für raumbedeutsame Planungen) sind die Gefahrenschwerpunkte im Betriebsbereich an das Vorhandensein von Störfallstoffen gem. Anhang I der StörfallV gekoppelt.

Zur Ermittlung von relevanten ortsbezogenen Gefahrenschwerpunkten werden die folgenden Kriterien herangezogen:

- Menge des Stoffinventars an einem Ort sowie die Aufteilung auf mehrere Behältnisse (IBC, Tank, Druckgasflaschen, Bündel etc.)
- Örtliche Lage des Stoffinventars im Betriebsbereich
- Bauliche Randbedingungen und Besonderheiten (bspw. Freianlage, Austrag in die Umgebung, Nähe zum Schutzobjekt / Plangebiet)

Im vorangegangenen Kapitel sind für den Betriebsbereich Stoffe mit abdeckendem Stoffpotential (stoffliche / physikalische Eigenschaften) herausgearbeitet worden. Um das Gefahrenpotential im Betriebsbereich hinsichtlich der Störfallstoffe weiter konkretisieren zu können, sind die Stoffmengen, die örtliche Lage der Störfallstoffe und deren Handhabung im Betriebsbereich zu betrachten.

Neben der insgesamt im Betriebsbereich vorhandenen Stoffmenge wird die maximale Stoffmenge in einer Umschließung (größtes Gebinde: Fass, IBC, Tank etc.) berücksichtigt.

Störfallstoffe:	ALZ 851 000 FAS	Nr. 1.1.2 Akut toxisch (Nr. 1.2.5 Entzündbare Flüssigkeiten)
	Butoxypropanol	Nr. 1.2.5 Entzündbare Flüssigkeiten
	Isopropanol	Nr. 1.2.5 Entzündbare Flüssigkeiten
	Ameisensäure	Nr. 1.2.5 Entzündbare Flüssigkeiten
	CC-Verdünner	Nr. 1.2.5 Entzündbare Flüssigkeiten
	Scheibenreiniger	Nr. 1.2.5 Entzündbare Flüssigkeiten
	Propan	Nr. 2.1 Verflüssigte entzündbare Gase
	Kältemittel R1234yf	Nr. 2.1 Verflüssigte entzündbare Gase
	Ottokraftstoff	Nr. 2.3.1 Ottokraftstoffe und Naphtha
	Heizöl Extra Leicht	Nr. 2.3.3 Gasöl
	Acetylen	Nr. 2.4 Acetylen
Brandprodukt:	Fluorwasserstoff	Nr. 1.1.2 Akut toxisch

5.1. Bereich im Umgang mit ALZ 851 000 FAS

ALZ 851 000 FAS wird im Norden des Betriebsbereiches in Halle 29 in maximal 30 l Gebinden gehandhabt.

Auf Grund der geringen Menge wird ALZ 851 000 FAS als nicht relevant im Rahmen dieser Fragestellung angesehen, da bei einem Austritt lediglich Auswirkungen im Nahbereich zu erwarten sind.

5.2. Bereich im Umgang mit Butoxypropanol

Butoxypropanol ist in einer Menge von insgesamt 1.200 l vorhanden und liegt in 200 l-Fässern vor. Die Fässer werden im Süden des Betriebsbereiches gelagert. Die Lagerung erfolgt in Halle 1, in der die Kathodische Tauchlackierung errichtet ist. Als Gefahrenschwerpunkt wird die Abladefläche für Butoxypropanol-Fässer vor der Halle 1 (kathodische Tauchlackierung) angesetzt.

Butoxypropanol wird als abdeckender Stoff für die entzündbaren, flüssigen Störfallstoffe in ortsbeweglichen Gebinden (Fässer) im Bereich der Halle 1 betrachtet.

5.3. Bereich(e) im Umgang mit Isopropanol

Isopropanol wird im Betriebsbereich in IBCs (1.000 l) gelagert und als abdeckender Stoff für die entzündbaren, flüssigen Störfallstoffe in ortsbeweglichen Gebinden (IBCs) betrachtet.

IBCs werden vor allem im Norden des Betriebsbereiches in den Hallen 29 und 52 und im Sonderabfallzwischenlager (Halle 39B) gelagert, abgefüllt und be-/entladen. Die Be-/Entladeflächen für LKW befinden sich jeweils vor den entsprechenden Hallen.

Halle 29: Die Be-/Entladefläche befindet sich an der Nordwest-Ecke der Halle. Bei einer Leckage erfolgt die Rückhaltung von ausgetretener Flüssigkeit oberirdisch auf der Fläche.

Halle 52: Die Be-/Entladefläche befindet sich an der Nordseite der Halle. Die Fläche verfügt über einen unterirdischen Behälter (Protektor) mit einem Fassungsvermögen von 7.500 l. Bei der Leckage eines IBCs würde das komplette Volumen von dem Protektor aufgefangen werden.

Sonderabfallzwischenlager (Halle 39B): Die Halle ist in Richtung Süden offen und die Umschlagfläche befindet sich südlich vor der Lagerung. Bei der Rückhaltung wird konservativ davon ausgegangen, dass diese oberirdisch auf der Fläche erfolgt.

Isopropanol wird auf den Be-/Entladeflächen vor den Hallen 29, 52 und 39B als abdeckender Stoff für die entzündbaren, flüssigen Störfallstoffe in ortsbeweglichen Gebinden (IBCs) betrachtet.

5.4. Bereich im Umgang mit Ameisensäure

Ameisensäure ist in einer Menge von insgesamt 300 l im Betriebsbereich vorhanden. Ameisensäure wird im Süden des Betriebsbereiches gelagert. Die Lagerung erfolgt in Halle 1, in der die Kathodische Tauchlackierung errichtet ist.

Butoxypropanol wird im Bereich der Halle 1 als abdeckender Stoff beurteilt, da Butoxypropanol am gleichen Ort wie Ameisensäure im Betriebsbereich mit einer größeren Menge vorhanden ist.

5.5. Bereich im Umgang mit CC-Verdünner

Der CC-Verdünner liegt in unterirdischen Lagertanks im Betriebsbereich mit einer Gesamtmenge von 120.000 l vor. Die Anlieferung erfolgt per TKW, die den Verdünner am Abtankplatz in die Lagertanks überführen.

Die Lagertanks befinden sich im Norden des Betriebsbereiches neben Halle 52 (Tanklager 12). Aus diesen erfolgt die Versorgung der Lackiererei mit Verdünner. Eine Abfüllvorrichtung (Tankstelle) zur Überführung von Verdünner in kleinere Gebinde ist nicht vorhanden. Der Abfüllplatz zur Betankung des unterirdischen Lagertanks besitzt einen unterirdischen Auffangraum mit einem Volumen von 5.000 l (Havariebehälter).

Da sich der CC-Verdünner, wie der Ottokraftstoff, aus verschiedenen Kohlenwasserstoffverbindungen zusammensetzt, wird von einem vergleichbaren Verhalten bei einer Entzündung und Ausbildung eines Lachenbrandes ausgegangen.

Daher wird für den CC-Verdünner an dem Tanklager 12 stellvertretend der **Ottokraftstoff** betrachtet.

5.6. Bereich im Umgang mit Scheibenreiniger

Der Scheibenreiniger liegt in unterirdischen Lagertanks im Betriebsbereich vor und umfasst eine Gesamtmenge von über 30.000 l. Die Lagertanks befinden sich im Norden des Betriebsbereiches, in Tanklager 7A. Die Tanks werden über den Abfüllplatz für nicht abscheidbare Medien befüllt. Der Abfüllplatz verfügt über einen unterirdischen Auffangraum (Protektor), der vor dem Abfüllvorgang gegenüber der Kanalisation verschlossen wird.

Das Tanklager 7A liegt in unmittelbarer Nachbarschaft zum Kältemittel R1234yf. Daher wird der Brand des **Kältemittels R1234yf** am Tanklager 14 als abdeckendes Szenario betrachtet.

5.7. Bereich(e) im Umgang mit Ottokraftstoff

In den vorangegangenen Abschnitten ist Ottokraftstoff als abdeckend für die Kraftstoffe (Ottokraftstoff (Super bleifrei und Super plus), Superkraftstoff, Sonderkraftstoff und Dieselloskraftstoff) herausgestellt worden. Dies wird bei der Berechnung der Störfallszenarien berücksichtigt. Für die die Beschreibung der Bereiche im Umgang mit Kraftstoffen werden die tatsächlich gehandhabten / vorhandenen Kraftstoffe benannt.

Die Kraftstoffe von VWN werden per Tankkraftwagen (TKW) in den Betriebsbereich geliefert und an drei verschiedenen Orten im Betrieb gelagert.

Lagerort 1 – Tankstelle West. Diese Kundendiensttankstelle dient zum Betanken von Mitarbeiterfahrzeugen und werksinternen Fahrzeugen mit verschiedenen Kraftstoffen. Die Lagertanks befinden sich hier unterirdisch. Der Abscheider am Abfüllplatz hat einen Ölspeicher von 32 l. Im Falle des Austretens eines Kraftstoffes verschließt sich der Abscheider bei Erreichen des maximalen Speichervolumens selbstständig. Der weitere Zulauf staut sich auf der Fläche des Abfüllplatzes zurück. Auf dem Platz kann ein Volumen von 1.500 l zurückgehalten werden. Die Ottokraftstoffe Super plus und Super bleifrei werden hier gelagert.

Lagerort 2 – Tankstelle Abgasprüflabor. Die Eigenverbrauchstankstelle befindet sich an der östlichen Seite von Halle 61 (Abgaslabor). Die Tankstelle verfügt über einen oberirdischen 5.000 l Dieseltank und Benzin Stahlfässer. An dieser Stelle ist eine Tankstelle zur Betankung von Fahrzeugen vorhanden. Der Dieseltank dient zur Betankung von TKWs und PKWs und die Benzin Stahlfässer zur Betankung von PKWs. Im Falle des Austretens eines Kraftstoffes verfügt der Abfüllplatz über eine Ablaufrinne, die zu einem Abscheider führt. Der Rückhalteraum liegt unterirdisch und fasst ein Volumen von 900 l.

Lagerort 3 – Tanklager 7A. Im Norden des Betriebsbereiches befinden sich weitere Lagertanks von Kraftstoffen. Auch hier sind die Tanks unterirdisch errichtet. Dieses Tanklager dient zur Lagerung von Kraftstoffen für die produzierten Nutzfahrzeuge und dient ausschließlich zur Versorgung der Betankungsanlage in der Montage. An dieser Stelle ist keine Tankstelle zur Betankung von Fahrzeugen vorhanden, sondern ausschließlich ein Abfüllplatz für die Betankung der unterirdischen Lagertanks. Der Abscheider am Abfüllplatz hat einen Ölspeicher von 466 l. Im Falle des Austretens eines Kraftstoffes verschließt sich der Abscheider bei Erreichen des maximalen Speichervolumens selbstständig. Der weitere Zulauf staut sich auf der Fläche des Abfüllplatzes zurück. Hierbei kann ein Volumen von 500 l zurückgehalten werden.

Im Vergleich zum Betanken der unterirdischen Tanks mittels TKW, unabhängig davon, ob diese mittels Schwerkraft erfolgt oder über eine Pumpe unterstützt wird, fällt der Volumenstrom an einer Zapfsäule (PKW oder LKW) deutlich geringer aus. Das Befüllen der unterirdischen Lagertanks wird daher als abdeckend gegenüber dem Betankungsvorgang von PKW oder LKW bewertet.

Ein entsprechendes Ereignis könnte bei der Befüllung des Lagertanks mit Kraftstoff auftreten. Durch einen Schlauchabriss während der Befüllung könnte die brennbare Flüssigkeit austreten und nach Erreichen des maximalen Speichervolumens des entsprechenden Abscheiders in der Auffangwanne des Tanklagers zurückgehalten werden. Anschließend erfolgt eine Entzündung der Lache.

Abhängig vom Stoff und vom Ort reichen die Auswirkungen der Wärmestrahlung unterschiedlich weit. Liegt der Ort eines Lachenbrandes in einer Halle, so werden die Auswirkungen der Wärmestrahlung zu einem gewissen Teil durch die Wände abgeschirmt. Ein entsprechender Brand im Freien besitzt daher die größeren Auswirkungen im Sinne der Fragestellung.

Das Tanklager 7A liegt in unmittelbarer Nähe zum Tanklager 14 für das Kältemittel R1234yf. Im Falle eines Brandes wird das **Kältemittel R1234yf** abdeckend gegenüber den Kraftstoffen an diesem Ort betrachtet.

Ottokraftstoff wird als abdeckender Stoff an den Tankstelle West und Abgasprüflabor betrachtet.

5.8. Bereich im Umgang mit Heizöl Extra Leicht (HEL)

HEL wird in oberirdischen Lagertanks im Betriebsbereich gelagert. Der größte Lagertank mit 1.060.000 l HEL befindet sich im Norden des Betriebsbereiches am Kraftwerk. Dieser Lagertank für HEL dient bei einem Ausfall der Erdgasversorgung im Kraftwerk als Ersatzbrennstoff (Notstrategie) und wird derzeit maximal alle 10 Jahre befüllt. Aufgrund der seltenen Befüllvorgänge wird ein Wirksamwerden des Gefahrenpotentials als vernachlässigbar im Sinne der Fragestellung betrachtet und der Tank als nicht relevant angesehen.

Die übrigen HEL Tanklager sind reine Heizölverbraucheranlagen und besitzen keinen Abfüllplatz.

5.9. Bereich im Umgang mit Propan

Propan liegt in Druckgasflaschen mit einem Füllgewicht von 20 kg vor. Die Druckgasflaschen werden im Norden des Betriebsbereiches in Halle 39B (Gaslager) in einer Gesamtmenge von 630 kg gelagert.

Erfahrungsgemäß bleiben die Auswirkungen (Wärmestrahlung, Explosionsdruck) resultierend aus der Freisetzung von Propan aus Druckgasflaschen lokal eng begrenzt um den Austrittsort. Daher kann auf eine detaillierte Betrachtung im vorliegenden Fall verzichtet werden.

5.10. Bereich im Umgang mit Acetylen

Acetylen liegt in Druckgasflaschen mit einem Füllgewicht von 10 kg vor. Die Druckgasflaschen werden in diversen Hallen in einer Gesamtmenge von 252 kg gelagert.

Erfahrungsgemäß bleiben die Auswirkungen (Wärmestrahlung, Explosionsdruck) resultierend aus der Freisetzung von Acetylen aus Druckgasflaschen lokal eng begrenzt um den Austrittsort. Daher kann auf eine detaillierte Betrachtung im vorliegenden Fall verzichtet werden.

5.11. Bereich im Umgang mit dem Kältemittel R1234yf (2,3,3,3-Tetrafluorpropen)

Das Kältemittel R1234yf wird in einem oberirdischen, doppelwandigen Lagertank mit einem geometrischen Volumen von 15.000 l gelagert (Tanklager 14). Das Kältemittel R1234yf wird per TKW angeliefert und in den Speichertank überführt. Der Tank dient der Bevorratung von Kältemittel, welches in Halle 2 in die Neufahrzeuge eingefüllt wird.

Der Lagerbehälter ist innerhalb einer Tanktasse mit nach Norden geöffneter Umhausung aus Beton (dreiseitig ummauert mit Überdachung) errichtet, die gleichzeitig als Anfahrtschutz fungiert. Der Speichertank befindet sich im Norden des Betriebsbereiches (zwischen Halle 9 und 38). Nördlich vom Lagertank befindet sich die Befüllstation (TKW-Entladestation), Befüllleitung und Gaspendelleitung verlaufen unterirdisch. Der Abfüllplatz hat ein Rückhaltevolumen von 1.660 l bei geschlossenem Regenwasserabsperrschieber. Das Rückhaltevolumen für das Löschwasser am Lagertank beträgt 15.000 l.

Bei einem Austritt des unter Druck verflüssigten Kältemittels, verdampft ein Teil des Gases spontan (sog. Flash-Verdampfung), der Rest bildet eine Lache auf dem Boden, aus der im Laufe der Zeit kontinuierlich Stoff verdampft. Damit wird das Gefahrenpotential (Brand / Explosion) des **Kältemittels R1234yf** an Tanklager 14 als abdeckend gegenüber den anderen Gasen im Betriebsbereich beurteilt.

Transport des Kältemittels im Betriebsbereich

Das Kältemittel wird mit Tanklastwagen in den Betriebsbereich geliefert, die eine maximale Menge von 12 t befördern. Von der LKW-Zufahrt bis zur Befüllstation befährt der anliefernde TKW das Werkstraßennetz. Dort gilt die StVO sowie eine Geschwindigkeitsbegrenzung auf max. 30 km/h für Fahrzeuge aller Art (inkl. Flurförderzeugen).

Die Volkswagen AG hat eine umfangreiche Anweisung zum Arbeitsschutz "CO₂ Anweisungen für Fahrerinnen und Fahrer von Flurförderzeugen" geschaffen und schult das Personal regelmäßig über die Inhalte. Unter anderem wird explizit für den Arbeitsbereich Gabelstapler festgelegt, dass

- Leerfahrten ausschließlich mit abgesenkten Gabelzinken, in einer Höhe von max. 10 – 15 cm über dem Boden durchgeführt werden dürfen;
- bei Fahrten mit aufgenommener Last, diese die Sicht auf die Fahrbahn nicht beeinträchtigt;
- die zulässige Anzahl gestapelter Behälter beim Transport auf den Gabeln eine festgelegte Höhe nicht überschreiten darf;

- die zulässige Anzahl nicht für Be- und Entlade- sowie Bereitstellungsvorgänge (vor Wagons und Lkw) gilt;
- Sonderregelungen für bestimmte Transportvorgänge vom Betreiber in Abstimmung mit der Abteilung Arbeitssicherheit und dem Betriebsrat im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung getroffen werden können, nachdem Fahrversuche durchgeführt und dokumentiert wurden.

Aufgrund der umfangreichen Regelungen der Anweisung C05 kann davon ausgegangen werden, dass ein Gabelstapler auf den Werkstraßen und insbesondere in den für den Kühlmitteltransport relevanten Kreuzungsbereichen nicht mit angehobenen Gabelzinken fährt. Eine Beschädigung des ca. 1,5 m über dem Boden beginnenden Aufsatzes (Tankbehälter) durch die Gabelzinken eines Gabelstaplers ist somit vernünftigerweise auszuschließen.

Darüber hinaus wird ein Ereignis dieser Größenordnung – bei einer Beschädigung des TKW durch einen Gabelstapler ist mit dem vollständigen Verlust des TKW-Aufsatzes (12 t Inhalt) zu rechnen – nicht mehr als ein Ereignis im Sinne des KAS-18 Leitfadens (mittleres Dennoch-Ereignis) angesehen.

5.12. Bereich im Umgang mit Fluorwasserstoff

Gasförmige toxische Stoffe sind im Betriebsbereich von VWN nicht vorhanden. Allerdings kann Fluorwasserstoff als Brandprodukt des Kältemittels entstehen, der im Rahmen der Fragestellung nicht zu vernachlässigen ist.

Die vorhandene Stoffmenge und der Lagerort des Kältemittels sind in Kapitel 5.11 aufgeführt. Die im Brandfall entstehende Stoffmenge an giftigem **Fluorwasserstoff** wird im Rahmen der Szenarien diskutiert.

Tabelle 3: Zusammenfassende Darstellung des abdeckenden Stoffpotentials.

Stoff	Aggregats- zustand	Stoffmenge des größten Gebindes	Beurteilungswert	UEG [Vol.- %]	Gefahr
Butoxypropanol	flüssig	200 l (Fass)	3.400 mg/m ³ (LC ₅₀ Ratte, Inhalation, 4 h)	0,9	Brand
Isopropanol	flüssig	1.000 l (IBC)	30.000 mg/m ³ (LC ₅₀ Ratte, Inhalation, 4 h)	2,0	Brand
Ottokraftstoff (Super bleifrei) / (Super plus)	flüssig	16.000 l (Lagertank)	7.630 mg/m ³ (LC ₅₀ Ratte, Inhalation, 4 h)	0,6	Brand
Kältemittel R1234yf 2,3,3,3-Tetra- fluorpropen	unter Druck verflüssigt	15.000 l (Lagertank)	24.000 ppm (ERPG-2)	6,2	Brand / Explosion
Fluorwasserstoff (Brandprodukt Kältemittel)	gasförmig	Brandprodukt aus R1234yf	20 ppm (ERPG-2)	./.	Toxizität

6. Ermittlung der angemessenen Abstandsempfehlung

Die Menge des betreffenden Störfallstoffes und die maximalen Betriebsbedingungen sind entsprechend der Betreiberangaben bei der Berechnung und Beurteilung der anzulegenden Störfallszenarien berücksichtigt.

Mit dem für den Betriebsbereich im Sinne dieser Fragestellung abdeckenden Stoffpotential, werden im Folgenden Störungsereignisse mit mittleren Ausmaßen im Sinne des KAS-18 diskutiert.

Für die Beurteilung der Störfallauswirkungen ist als Wetter nach KAS-18 eine indifferente Temperaturschichtung ohne Inversion zu wählen. Für den Betriebsbereich ist die häufigste Windgeschwindigkeit für eine indifferente Temperaturschichtung zu ermitteln. Gemäß dem Leitfaden erfolgt die Ermittlung der ortsbezogenen Wetterlage durch Auswertung der entsprechenden Daten des Deutschen Wetterdienstes. Für den Standort Hannover der VWN beträgt diese 3 m/s. Die Umgebungstemperatur wird mit 20 °C gemäß der Konvention angenommen.

Zur Berechnung wird das Programm ProNuSs in der aktuellen Version 9 (9.27.1 / 9.28.0 / 9.30.0 / 9.31.2), unter Verwendung der genannten Randbedingungen, angewandt. Die Szenarien werden im Folgenden kurz vorgestellt und die Auswirkungen ermittelt.

6.1. Szenario 1: Lachenbrand von Butoxypropanol

Im Betriebsbereich Hannover wird Butoxypropanol in 200 l-Fässern gehandhabt. Diese werden in Halle 1 "Kathodische Tauchlackierung" verwendet. Die Fässer werden mittels LKW (Stückgut) an den Standort geliefert und per Gabelstapler abgeladen und in die Halle transportiert.

Es wird die ursachenunabhängige Leckage an einem Fass mit anschließender Entzündung der entstehenden Lache und Ausbildung eines Lachenbrandes unterstellt.

Gemäß der Konvention des KAS-18-Leitfadens ist für ein Transportgebinde mit Flüssigkeit eine Öffnung von 490 mm² und der vollständige Verlust des Inhalts zu unterstellen. Auf dem befestigten Untergrund vor bzw. in der Halle kann sich die Flüssigkeit ungehindert ausbreiten und eine Lache mit maximaler Oberfläche bilden.

Eingangsdaten zur Berechnung

Temperatur:	20 °C (Umgebungstemperatur, entspricht der Stofftemperatur)
Druck:	0 bar _ü
Leckage:	490 mm ² (entspricht einer DN25 Leckage)
Ausflussziffer:	0,62

In der verwendeten Simulationssoftware steht der Stoff Butoxypropanol nicht zur Verfügung, so dass aufgrund vergleichbarer Stoffeigenschaften (Aggregatzustand, Siedepunkt, Dichte, Dampfdruck (20 °C), Flammpunkt, Zündtemperatur, untere Explosionsgrenze) 1-Heptanol als Ersatzstoff verwendet wird.

Berechnungsergebnisse

Durch eine KAS-18 Standard-Leckage für Transportgebinde mit Flüssigkeiten von 490 mm² tritt ein Massenstrom von ca. 0,94 kg/s aus.

Die ausströmende Flüssigkeit wird ursachenunabhängig entzündet und bildet einen Lachenbrand mit einem maximalen Durchmesser von ca. 5,5 m entsprechend einer Brandfläche von ca. 24 m² aus.

Der, gemäß KAS-18 Konvention, zu berücksichtigende Grenzwert der Wärmestrahlung von **1,6 kW/m²** – nachteilige Wirkung auf den Menschen – wird bis in eine Entfernung, gemessen ab dem Rand der Flamme, von **ca. 28 m** erreicht bzw. überschritten.

Graphische Darstellung

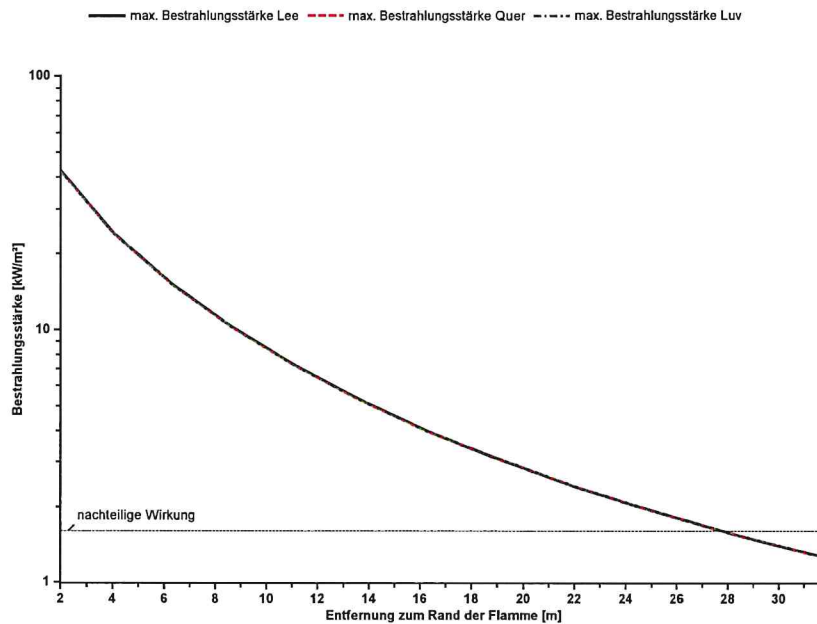


Abbildung 1: Verlauf der Wärmestrahlung bei einem Lachenbrand von 1-Heptanol.

6.2. Szenario 2: Lachenbrand von Isopropanol

IBCs mit Isopropanol werden vor allem im Norden des Betriebsbereiches in den Hallen 29 und 52 und im Sonderabfallzwischenlager (Halle 39B) gelagert, abgefüllt und abgeladen. Die Be- und Entladeflächen für LKW befinden sich jeweils vor den entsprechenden Hallen. Es wird die ursachenunabhängige Leckage an einem IBC mit anschließender Entzündung der entstehenden Lache und Ausbildung eines Lachenbrandes unterstellt.

Gemäß der Konvention des KAS-18-Leitfadens ist für ein Transportgebilde mit Flüssigkeit eine Öffnung von 490 mm² und der vollständige Verlust des Inhalts zu unterstellen. Auf dem befestigten Untergrund der Umschlagfläche vor der Halle kann sich die Flüssigkeit ungehindert ausbreiten und eine Lache mit maximaler Oberfläche bilden.

Eingangsdaten zur Berechnung

Temperatur: 20 °C (Umgebungstemperatur, entspricht der Stofftemperatur)

Druck: 0 bar_ü

Leckage: 490 mm² (entspricht einer DN25 Leckage)

Ausflussziffer: 0,62

Berechnungsergebnisse

Durch eine KAS-18 Standard-Leckage für Transportbinde mit Flüssigkeiten von 490 mm² tritt ein Massenstrom von ca. 0,9 kg/s aus.

Die ausströmende Flüssigkeit wird ursachenunabhängig entzündet und bildet einen Lachenbrand mit einem maximalen Durchmesser von ca. 5,9 m entsprechend einer Brandfläche von ca. 27,5 m² aus.

Der, gemäß KAS-18 Konvention, zu berücksichtigende Grenzwert der Wärmestrahlung von **1,6 kW/m²** – nachteilige Wirkung auf den Menschen – wird bis in eine Entfernung, gemessen ab dem Rand der Flamme, von **ca. 29 m** erreicht bzw. überschritten.

Graphische Darstellung

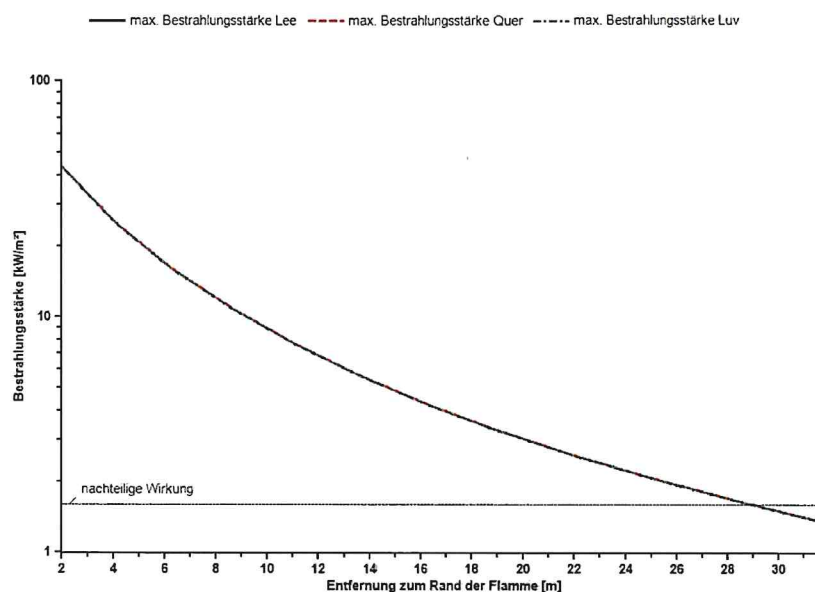


Abbildung 2: Verlauf der Wärmestrahlung bei einem Lachenbrand von Isopropanol.

6.3. Szenario 3: Lachenbrand Ottokraftstoff

Ottokraftstoff wird mit TKWs in den Betriebsbereich von VWN geliefert und an den Tankstellen des Standortes in (unterirdischen) Lagertanks gelagert. Die Überführung des Benzins in die Lagertanks erfolgt im Bereich der Tankstellen auf sog. Rückhalteflächen. Dabei handelt es sich um flüssigkeitsdichte Bereiche mit einem Ölabscheider, die über eine Aufkantung zur Rückhaltung von freigesetzter Flüssigkeit verfügen.

Während des Abtankvorgangs auf dem Abtankplatz (Rückhaltefläche) wird der ursachenunabhängige Abriss des Befüllschlauchs – üblicherweise DN80 – am TKW unterstellt. Die austretende Flüssigkeit soll ursachenunabhängig in Brand geraten und einen Lachenbrand ausbilden.

Im Sinne eines mittleren Ereignisses gem. KAS-18 wird die Unterfeuerung des anliefernden TKW nicht berücksichtigt, sondern lediglich ein unbeeinflusster Lachenbrand der Flüssigkeit auf der Rückhaltefläche.

Eingangsdaten zur Berechnung

Temperatur:	20 °C (Umgebung)
Druck:	Dampfdruck der Flüssigkeit, Hydrostatischer Druck an der Freisetzungsstelle, kein zus. Pumpendruck
Leckage:	DN80 (TKW-Schlauch)
Ausflussziffer:	0,62
Rückhaltevolumen (TS West):	1,15 m ³ (inkl. Ölabscheider)
Aufkantung (Berme):	0,02 m
Rückhaltefläche:	57,5 m ²
ANA-System:	vorhanden

In der verwendeten Simulationssoftware steht der Stoff Ottokraftstoff nicht zur Verfügung, so dass aufgrund vergleichbarer Stoffeigenschaften Benzin als Stoff verwendet wird.

Berechnungsergebnisse

Durch eine ursachenunabhängige Leckage (Schlauch-Abriss) tritt Benzin mit einem Massenstrom von ca. 13 kg/s aus, entsprechend einem Volumenstrom von ca. 17 l/s. Das vorhandene ANA-System begrenzt die maximal austretende Flüssigkeitsmenge über das voreingestellte Zeitintervall (max. 45 Sekunden) zwischen zwei Betätigungen. Der in diesem Zeitraum austretende Volumenstrom – unter der Annahme eines konstanten Volumenstroms können ca. 765 l bzw. 0,8 m³ auslaufen – ist ausreichend groß, um die Rückhaltung inkl. Ölabscheider vollständig mit Flüssigkeit zu bedecken.

Bei einer ursachenunabhängigen Zündung der Flüssigkeit bildet sich ein Lachenbrand auf der rechteckigen Rückhaltefläche aus. Diese Fläche wird simulationsbedingt als Kreisfläche mit einem Durchmesser von ca. 8,5 m angenommen.

Nach KAS-18 ist für die Wärmestrahlung ein Grenzwert von **1,6 kW/m²** (nachteilige Wirkung auf den Menschen) anzusetzen. Dieser wird ab einer Entfernung, gemessen ab dem Rand der Flamme, von **ca. 47 m** unterschritten.

Graphische Darstellung

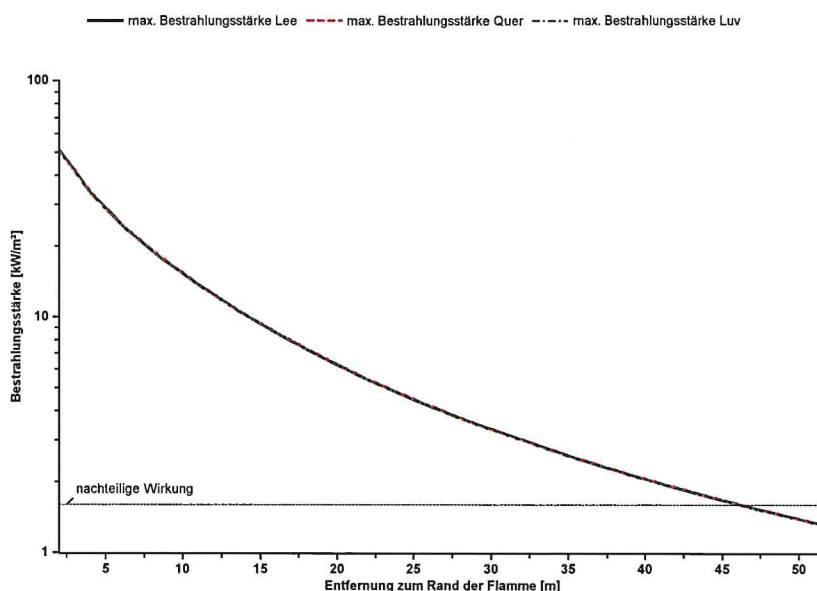


Abbildung 3: Verlauf der Wärmestrahlung bei einem Lachenbrand von Benzin.

Hinweis: Benzin wird als abdeckender Stoff für die anderen Kraftstoffe und den CC-Verdünner angenommen. An der Tankstelle Abgasprüflabor (Dieseltank) und

am Tanklager 12 (CC-Verdünner) sind die Havariebehälter bzw. Auffangräume groß genug, um das Bedecken der oberirdischen Rückhaltefläche zu verhindern.

6.4. Szenarien des Kältemittel R1234yf betreffend

6.4.1. Leckagedurchmesser

Das Kältemittel R1234yf wird als unter Druck verflüssigtes Gas im Speichertank der Kältemittelanlage bevorratet, welcher in einer Tanktasse errichtet ist. Die Tanktasse ist mit einer Einhausung – drei Seiten und Überdachung – versehen, die nach Norden geöffnet ist.

Innerhalb des durch die Einhausung inkl. Überdachung gebildeten Raumes sind verschiedene Rohrleitungen bspw. Befüll- und Entnahmeleitung vorhanden, die für den Betrieb des Speichertanks erforderlich sind. Die Druckerhöhungspumpen zur Versorgung der Halle 2 mit Kältemittel aus dem Tank, sind ebenfalls in der Tanktasse aufgestellt.

Der KAS-18-Leitfaden führt in Kap. 3.2 aus, dass bei Lageranlagen davon auszugehen ist, dass Leckagen aus vorhandenen Rohrleitungen, Behältern und Sicherheitseinrichtungen etc. auftreten können. Als minimale Grundannahme wird empfohlen, dass eine Leckfläche von 80 mm², entsprechend einem Äquivalenzdurchmesser von 10 mm, nicht unterschritten wird. In der Regel wird als Ausgangspunkt der Überlegung von einer Leckfläche von 490 mm² (entspricht einem Äquivalentdurchmesser von 25 mm) ausgegangen. In einer Einzelfallbetrachtung wird, unter Berücksichtigung der tatsächlich vorhandenen Technik, die zugrunde zu legende Leckfläche bestimmt.

Im Anhang dieses Berichtes sind dazu alle Anschlussleitungen bzw. Sicherheitsventile von Tank und Pumpen aufgelistet und die Relevanz für die Fragestellung begründet. Zusammenfassend ist festzustellen:

- Abriss von Leitungen mit Flüssigkeitsaustritt (druckverflüssigtes Gas) führen gegenüber denen mit Gasaustritt zu höheren Massenströmen und Schadensausmaß. Leitungen mit Flüssigprodukt decken das Gefahrenpotential im vorliegenden Fall besser ab.
- Abriss von Leitungen > DN25 mit Flüssigkeitsaustritt führen zu Leckagen analog GZM (gesamte zusammenhängende Masse). Diese sind aber per Konvention zu groß und wären für die Notfallplanung relevant.

Eine größere Leckage (bspw. DN65 – Saugleitung Pumpen) wird im konkreten Fall des R1234yf-Speichertanks als zu konservativ angesehen. Der unter den

Speicherbedingungen aus einer entsprechenden Leckage austretende Massenstrom führt zu einer Freisetzung der gesamten im Tank gespeicherten Masse in einer Zeit, die (deutlich) unterhalb der Konvention des KAS-18-Leitfadens (Freisetzungsdauer: 600 s) liegt.

Bei einer Zersetzung (bspw. Verbrennung) des Kältemittels reagieren die im Kältemittel R1234yf enthaltenen Fluoratome zu giftigem Fluorwasserstoff. Aufgrund der vorliegenden Daten wird eine vollständige stöchiometrische Umsetzung aller im Kältemittel enthaltenen Fluoratome zu Fluorwasserstoff angenommen. Diese Annahme wird als konservativ bewertet ("worst-case"), sodass eine Leckage von 490 mm² im Bereich des Kältemittel-Speichertanks als hinreichend für die Ermittlung angemessener Sicherheitsabstände angenommen wird.

6.4.2. Szenario 4: Austritt von R1234yf im Bereich des Speichertanks der Kältemittelanlage – gesundheitsschädliche Ausbreitung R1234yf

Bei einem Austritt verdampft ein Teil der austretenden Flüssigkeit spontan (sog. Flash-Verdampfung), der übrige flüssige Anteil bildet dabei in der Rückhaltung des Tanks eine Lache, aus der im Laufe der Zeit kontinuierlich Stoff verdampft. Der für die Ausbreitungsrechnung relevante gesamte gasförmige Massenstrom setzt sich aus dem Flash-Anteil und dem Anteil aus der Lachenverdunstung zusammen.

Eingangsdaten zur Berechnung

Temperatur:	20 °C (Umgebung / Speichertank)
Druck:	4,9 bar _ü (Dampfdruck R1234yf bei 20 °C)
Leckage:	490 mm ²
Leckagedauer:	600 s (KAS-18 Konvention Anhang 1)
Simulationsdauer (Verdampfung):	1.800 s (KAS-18 Konvention Anhang 1)
Ausflussziffer:	0,62
Rückhaltefläche:	36 m ² (Grundfläche der Tanktasse)

Berechnungsergebnisse

Durch eine Leckage von 490 mm² tritt ein flüssiger Massenstrom von ca. 8,5 kg/s in die Tanktasse aus. Davon verdampfen ca. 2,6 kg/s spontan (Flash-Anteil). Der Flüssig-Anteil von

ca. 5,9 kg/s bildet einer Lache in der Rückhaltung des Kältemittel-Speichertanks. Die maximale Lachenfläche wird über die Tanktasse begrenzt.

Für die Berechnung der Lachenverdampfung ist die begrenzende rechteckige Grundfläche der Tanktasse als Kreis mit einem Radius von ca. 6,8 m approximiert worden. Der kombinierte Massenstrom aus Flash-Verdampfung und Lachenverdunstung wird als Eingangsgröße der Ausbreitungsrechnung gemäß VDI-Richtlinie 3783-1 verwendet.

Der relevante Grenzwert der toxischen Ausbreitung (**ERPG-2**) von **24.000 ppm** für R1234yf wird bis in eine Entfernung von **ca. 22 m** erreicht bzw. überschritten.

Graphische Darstellung

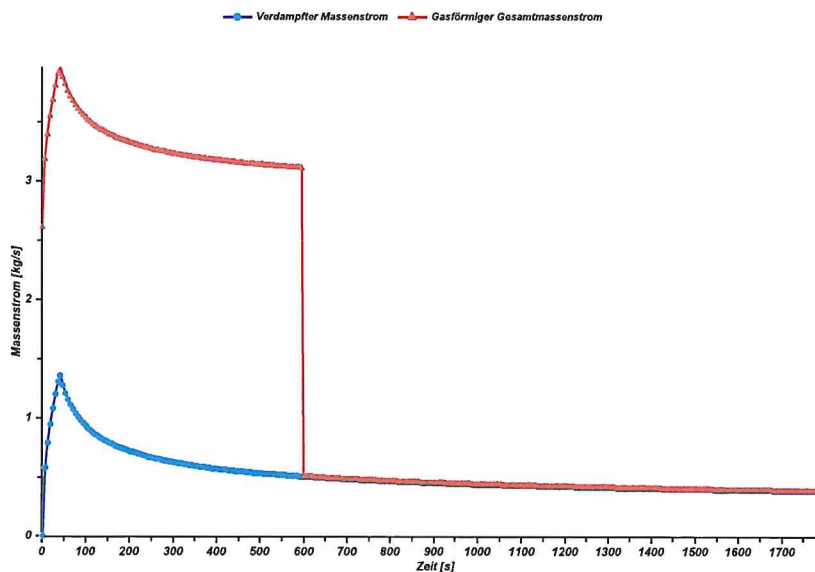


Abbildung 4: Verlauf der Massenströme (Flash & Lache) nach Austritt R1234yf.

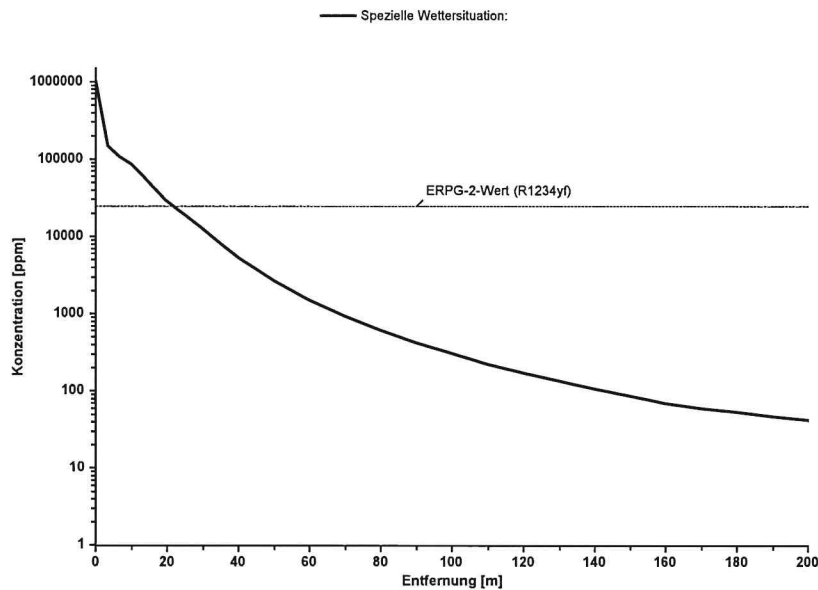


Abbildung 5: Konzentrationsverlauf der Ausbreitung von R1234yf nach Austritt.

6.4.3. Szenario 5: Austritt von R1234yf im Bereich des Speichertanks der Kältemittelanlage – Explosion R1234yf / Luft-Gemisch

Gemäß KAS-18 Anhang 1 Kapitel 2.3 wird eine Gaswolkenexplosion betrachtet. Entsprechend den Konventionen des Leitfadens wird eine Lachenbildung vernachlässigt, d. h. der austretende flüssige Massenstrom wird unmittelbar als Eingangsgröße zur Bestimmung der unteren Zünddistanz sowie der explosionsfähigen Masse für eine mittlere Ausbreitungssituation verwendet.

Eingangsdaten zur Berechnung

Temperatur:	20 °C (Umgebung / Speichertank)
Druck:	4,9 bar _ü (Dampfdruck R1234yf bei 20 °C)
Leckage:	490 mm ²
Leckagedauer:	600 s (KAS-18 Konvention Anhang 1)
Ausflussziffer:	0,62
Rückhaltefläche:	36 m ² (Grundfläche der Tanktasse)

Berechnungsergebnisse

Durch eine Leckage von 490 mm² tritt ein flüssiger Massenstrom von ca. 8,5 kg/s in die Tanktasse aus.

Dieser Massenstrom wird als Eingangsgröße für die Bestimmung der unteren Zünddistanz (UZD) und der explosionsfähigen Masse verwendet. Die Berechnung erfolgt nach der VDI-Richtlinie 3783-2 für ein unter Druck verflüssigtes Gas im Ausbreitungsgebiet XIX (gleichförmige Bebauung Typ 1). Den Konventionen des Leitfadens KAS-18 folgend wird für diesen speziellen Fall die Windgeschwindigkeit am Standort nicht berücksichtigt.

UZD und explosionsfähige Masse ergeben sich zu ca. 18 m und ca. 10 kg. Eine Gaswolkenexplosion gem. KAS-18 Konvention – als Explosionsmodell wird "Wiekema" genutzt – ergibt, dass der relevante Grenzwert für den **Explosionsdruck** von **0,1 bar nicht erreicht** wird. Im vorliegenden Fall wird ein maximaler Druck von ca. 0,05 bar erreicht.

Graphische Darstellung

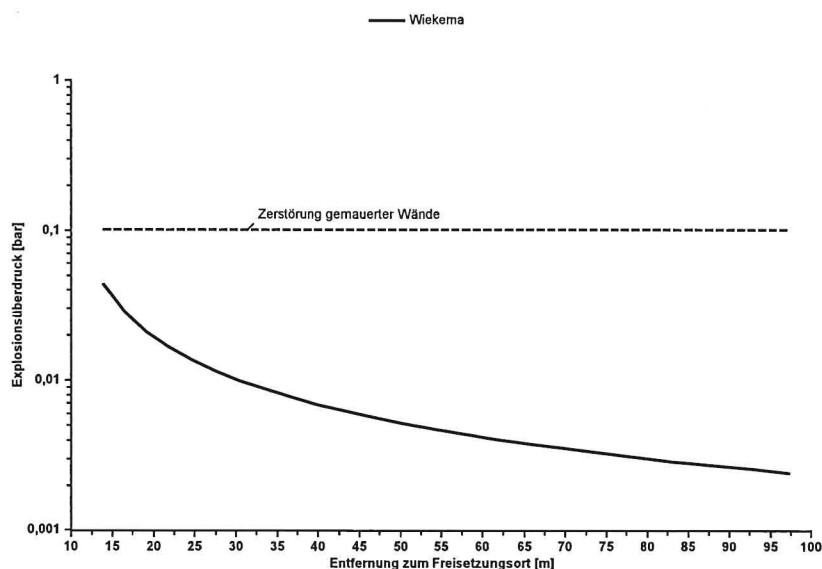


Abbildung 6: Verlauf Explosionsüberdruck für ein R1234yf / Luft-Gemisch nach Austritt aus dem Kältemittel-Speichertank in die Tanktasse.

6.4.4. Szenario 6: Austritt von R1234yf im Bereich des Speichertanks der Kältemittelanlage – Lachenbrand in Tanktasse

Es wird die Ausbildung eines Lachenbrandes von der Größe der gesamten Tanktasse betrachtet. Dabei wird ausschließlich ein vollständig ausgebildeter Lachenbrand berücksichtigt.

Eingangsdaten zur Berechnung

Temperatur:	20 °C (Empfänger)
Wind:	3 m/s (Vergrößerung der Flammenfläche)
Brandfläche:	36 m ² (Grundfläche der Tanktasse)

Berechnungsergebnisse

Simulationsbedingt wird die rechteckige Fläche der Tanktasse als Kreis mit einem Durchmesser von ca. 6,8 m approximiert. Ein Lachenbrand von R1234yf mit diesem Durchmesser besitzt Auswirkungen in Form von Wärmestrahlung auf die Umgebung. Der interessierende Grenzwert von **1,6 kW/m²** für nachteilige Wirkung auf den Menschen wird bis in eine Entfernung von **ca. 37 m** gemessen ab dem Rand der Flamme erreicht bzw. überschritten.

Graphische Darstellung

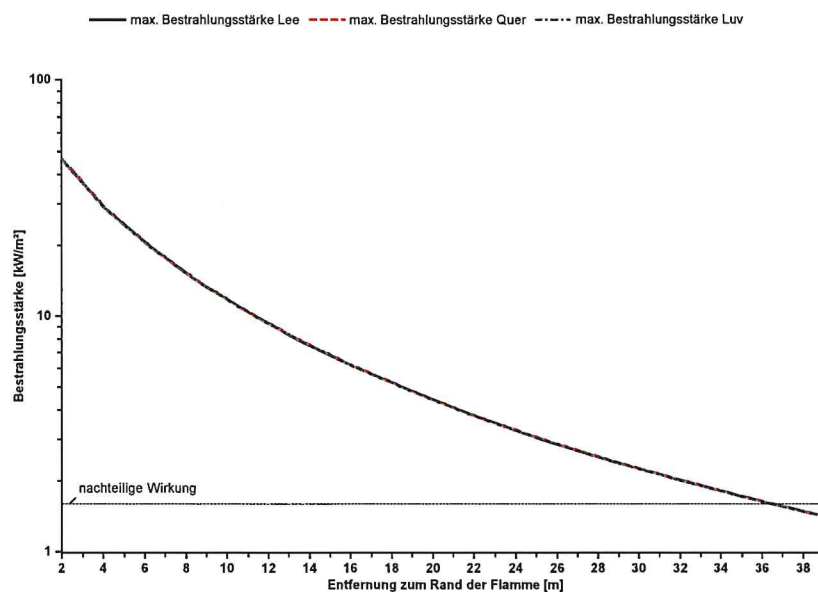


Abbildung 7: Verlauf der Wärmestrahlung eines R1234yf-Lachenbrandes.

6.4.5. Szenario 7: Austritt von R1234yf im Bereich des Speichertanks der Kältemittelanlage – Ausbreitung von Brandprodukt Fluorwasserstoff

Im vorliegenden Szenario wird der Austritt von R1234yf mit unmittelbarer ursachenunabhängiger Entzündung betrachtet. Eine Zündung des extrem entzündbaren Gases der Kategorie 1 ist im Sinne der Fragestellung als Dennoch-Ereignis zu unterstellen. Aufgrund seiner Eigenschaft als extrem entzündbares Gas wird als "worst-case" davon ausgegangen, dass der Fluoranteil im gesamten austretenden flüssigen Massenstrom des Kältemittels vollständig stöchiometrisch zu Fluorwasserstoff umgesetzt wird.

Mit dem als Brandprodukt entstandenen Fluorwasserstoff erfolgt die Ausbreitungsrechnung nach der VDI-Richtlinie 3783-1.

Eingangsdaten zur Berechnung

Temperatur:	20 °C (Umgebung / Speichertank)
Druck:	4,9 bar _ü (Dampfdruck R1234yf bei 20 °C)
Leckage:	490 mm ²
Leckagedauer:	600 s (KAS-18 Konvention Anhang 1)
Ausflussziffer:	0,62

Berechnungsergebnisse

Der Fluoranteil im austretenden flüssigen Massenstrom von R1234yf (ca. 8,5 kg/s) wird vollständig stöchiometrisch zu Fluorwasserstoff (HF) umgesetzt. Als Eingangswert für die Ausbreitungsrechnung ergibt sich ein Massenstrom von ca. 6 kg/s HF.

Unter Anwendung der genannten Randbedingungen wird der relevanten Konzentrationsgrenzwert **ERPG-2** für Fluorwasserstoff von **20 ppm** bis in eine Entfernung von ca. **950 m** erreicht bzw. überschritten.

Graphische Darstellung

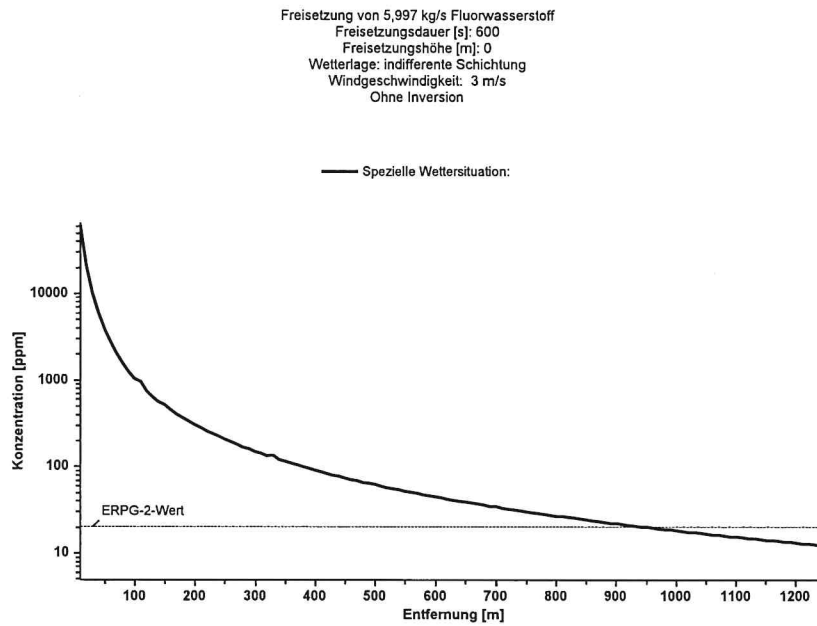


Abbildung 8: Konzentrationsverlauf von Fluorwasserstoff als Brandprodukt des Kältemittels.

6.5. Übersicht der ermittelten Auswirkungen

Tabelle 4: Wirkweiten der berechneten Szenarien.

Szenario Nr.	Stoff Szenario	Beurteilungswert	Leckage	Wirkweite [m]
1	Butoxypropanol - Lachenbrand (1-Heptanol)	Wärmestrahlung 1,6 kW/m ²	490 mm ²	28
2	Isopropanol - Lachenbrand	Wärmestrahlung 1,6 kW/m ²	490 mm ²	29
3	Ottokraftstoff - Lachenbrand (Benzin)	Wärmestrahlung 1,6 kW/m ²	DN80	47
4	Kältemittel R1234yf - tox. Ausbreitung	ERGP-2 24.000 ppm	490 mm ²	22
5	Kältemittel R1234yf - Explosion	Explosionsdruck 0,1 bar	490 mm ²	n. e.
6	Kältemittel R1234yf - Lachenbrand	Wärmestrahlung 1,6 kW/m ²	---	37
7	Kältemittel R1234yf - Brandprodukt HF	ERPG-2 20 ppm	490 mm ²	950

7. Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes

Für den Betriebsbereich von VWN sind Szenarien für insgesamt vier unterschiedliche Stoffe diskutiert worden. In Abhängigkeit vom Szenario ergeben sich unterschiedliche Wirkweiten, anhand derer der angemessene Sicherheitsabstand für das örtliche Gefahrenpotential festgelegt wird. Aus Überschneidungen mehrerer Szenarien ergibt sich eine umhüllende Kontur für den Betriebsbereich.

Aufgrund von systembedingten Annahmen und Ungenauigkeiten der Berechnungsmodelle werden die berechneten Wirkweiten mit einem Aufschlag belegt und als angemessener Sicherheitsabstand ausgewiesen. Der ermittelte angemessene Sicherheitsabstand ist keinesfalls als streng gezogene Grenze zu verstehen.

Bei einem Lachenbrand von Butoxypropanol (berechnet als 1-Heptanol) ist eine Wirkweite bzgl. der Wärmestrahlung von 28 m ermittelt worden (siehe **Szenario 1**). Der **angemessene Sicherheitsabstand** für diesen Fall wird mit **50 m** festgelegt. Der Abstand wird kreisförmig um den potenziellen Schadensort angelegt. Als potenzieller Schadensort wird die Abladefläche für Butoxypropanol-Fässer vor der Halle 1 (kathodische Tauchlackierung) angesetzt.

Bei einem Lachenbrand von Isopropanol ist eine Wirkweite bzgl. der Wärmestrahlung von 29 m berechnet worden (siehe **Szenario 2**). Der **angemessene Sicherheitsabstand** für diesen Fall wird mit **50 m** festgelegt. Der Abstand wird kreisförmig um den potenziellen Schadensort angelegt. Als potenzieller Schadensort werden die Umschlagflächen vor Halle 29 und dem Sonderabfallzwischenlager (Halle 39B) angesetzt.

In **Szenario 3** ist ein Lachenbrand von Ottokraftstoff in der Rückhaltung des Abtankplatzes der Tankstelle West (Kundendiensttankstelle) betrachtet worden. Als Wirkweite der Wärmestrahlung ist eine Entfernung von 47 m berechnet worden. Als **angemessener Sicherheitsabstand** werden in diesem Fall **100 m** festgelegt, der kreisförmig um den potenziellen Schadensort angelegt wird.

In den Szenarien 4 bis 7 wird der Austritt des Kältemittels R1234yf mit unterschiedlichen Folgen diskutiert. Zunächst wird in **Szenario 4** ausschließlich der Austritt des Kältemittels betrachtet, welches in der Tanktasse eine Lache bildet, aus der es im Laufe der Zeit kontinuierlich verdampft. Mit dem kombinierten Massenstrom aus Flash- und Lachen-Verdampfung wird eine Wirkweite bzgl. des ERPG-2-Wertes von 22 m berechnet. Als **angemessener Sicherheitsabstand** werden **50 m** festgelegt.

In **Szenario 5** wird die Explosion einer Gaswolke – Bildung nach Austritt von R1234yf in die Tanktasse – berechnet. Es wird keine Wirkweite ermittelt, da der Grenzwert bzgl. des Explosionsdrucks nicht erreicht wird. Für diesen speziellen Fall wird **kein angemessener Sicherheitsabstand** ausgewiesen.

Das **Szenario 6** beschreibt die Entzündung einer Lache in der Tanktasse mit Ausbildung eines Lachenbrandes. Die Wirkweite der Wärmestrahlung bzgl. des Grenzwertes für nachteilige Wirkung auf den Menschen wird zu 37 m berechnet. Als **angemessener Sicherheitsabstand** werden **50 m** ausgewiesen.

Abschließend wird in **Szenario 7** ("worst-case") die vollständige stöchiometrische Umsetzung des Kältemittels zu Fluorwasserstoff durch Verbrennung betrachtet. Es ergibt sich eine Wirkweite von ca. 950 m. Der **angemessene Sicherheitsabstand** wird in diesem Fall mit **1.000 m** festgelegt.

Die Abstände der einzelnen Szenarien werden kreisförmig um die potenziellen Schadensorte angelegt (siehe Abbildung 9).

Szenario 7 ist dabei das abdeckende Ereignis für die übrigen Szenarien das Kältemittel betreffend. Entsprechend erfolgt in der Skizze lediglich die Darstellung für dieses Ereignis. Die übrigen Ereignisse werden zum Teil mit abgedeckt.

Aufgrund der Lage und Ausdehnung des Betriebsbereiches werden jedoch ausgehend von dem Schadensort nicht alle Bereiche von der Abstandsempfehlung erfasst. Per Definition weisen Betriebsbereiche jedoch ein höheres Gefahrenpotential auf als Anlagen, die nicht im Geltungsbereich des BImSchG liegen. Auch können zusätzliche Gefahren durch Nicht-Störfallstoffe vom Betriebsbereich ausgehen. Gemäß europäischem Regelwerk ist die Einhaltung von Abständen ein probates Mittel zur Vermeidung von gegenseitigen Beeinträchtigungen zwischen Betriebsbereich und schutzbedürftigen Objekten.

Auf Grund des zum Teil geringen Abstandes sicherheitsrelevanter Anlagen von der Betriebsgrenze und der betrieblich erforderlichen Handhabungsfläche für gefährliche Stoffe, zu denen auch innerbetriebliche Transportwege gehören (hauptsächlich im Norden und Westen des Betriebsbereiches), wird aus gutachterlicher Sicht **ein angemessener Sicherheitsabstand von 50 m ausgehend von der Betriebsbereichsgrenze** im Norden und Westen zur Anwendung empfohlen. Es ergibt sich ein, den Betrieb teilweise "umhüllender" angemessener Sicherheitsabstand, dessen Ausdehnung in Abbildung 10 skizziert ist.

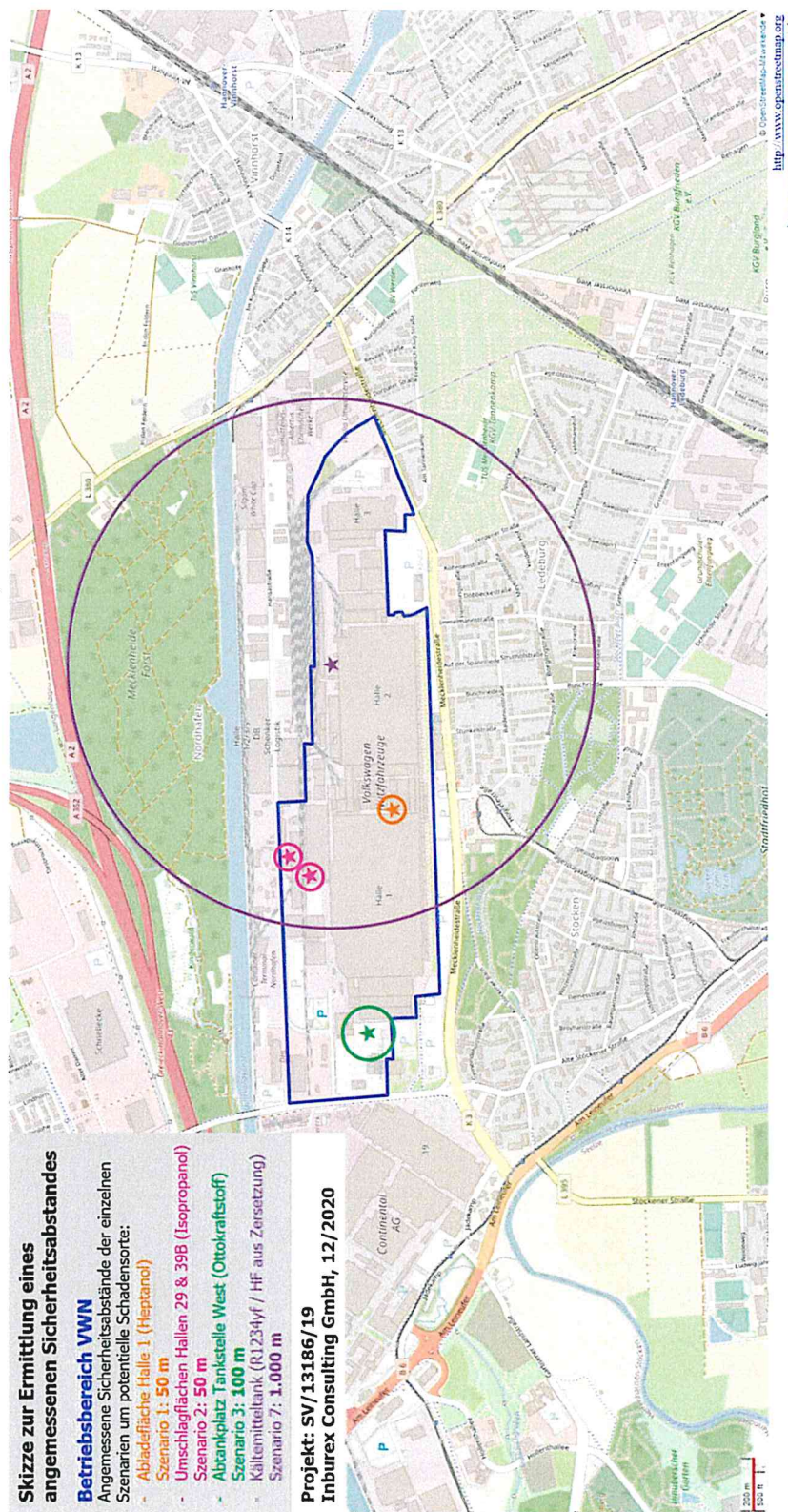


Abbildung 9: Skizze angemessener Sicherheitsabstand.

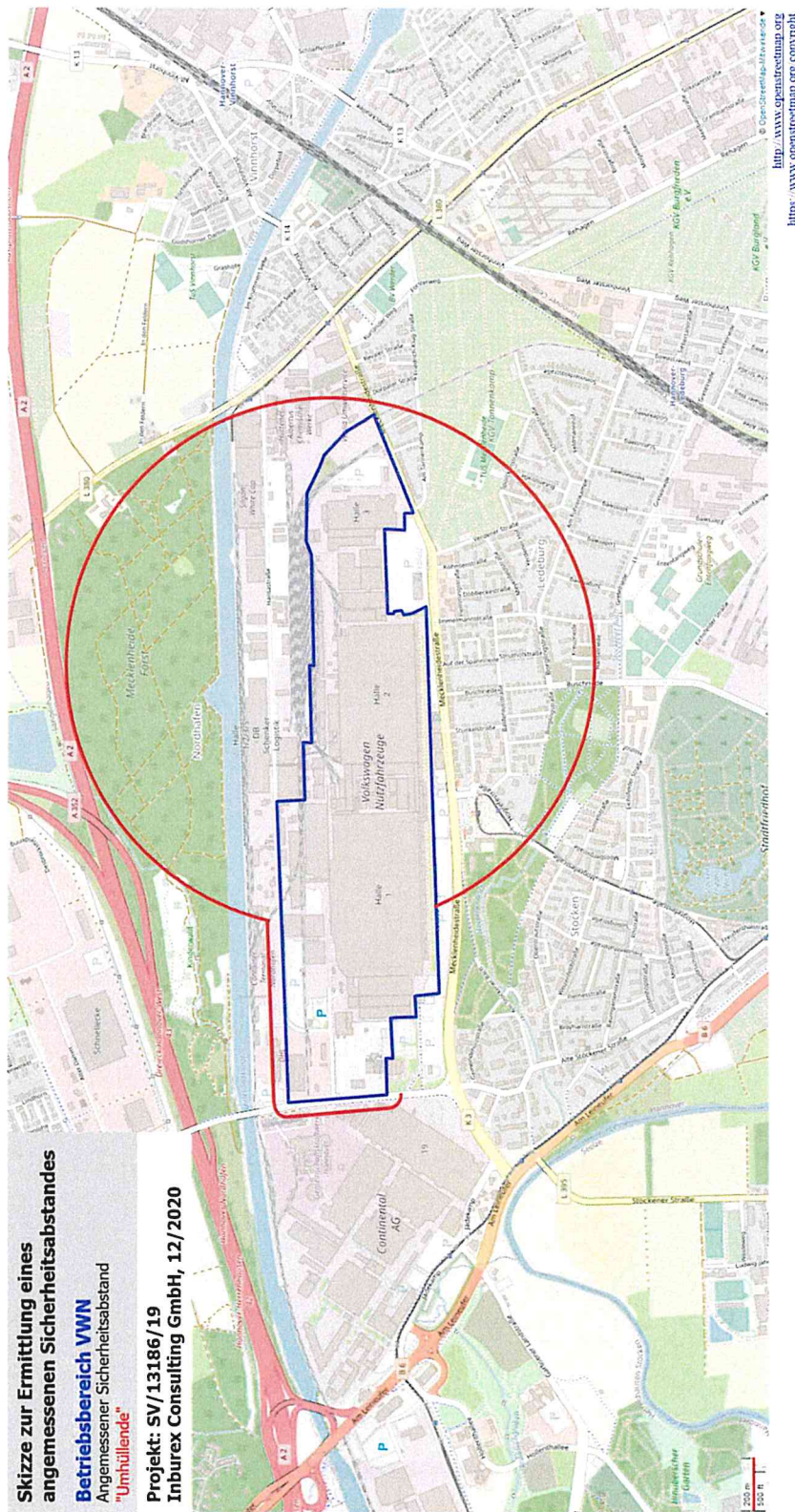


Abbildung 10: Skizze "umhüllender" angemessener Sicherheitsabstand.

8. Bewertung einer Planung hinsichtlich des angemessenen Sicherheitsabstandes

8.1. Gesetzliche Randbedingungen

Im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (§ 3 (5c) BImSchG) ist der ermittelte angemessene Sicherheitsabstand der Abstand zwischen einem Betriebsbereich und einem benachbarten Schutzobjekt, der zur gebotenen Begrenzung der Auswirkungen, welche durch schwere Unfälle hervorgerufen werden können, beiträgt. Der angemessene Sicherheitsabstand ist anhand störfallspezifischer Faktoren zu ermitteln.

Das BImSchG trifft keine konkreten Aussagen darüber, wie im Falle einer Planung von schutzbedürftiger Nutzung innerhalb des angemessenen Sicherheitsabstandes vorzugehen ist. In § 50 BImSchG ist lediglich beschrieben, dass schädliche Umwelteinwirkungen und von schweren Unfällen in Betriebsbereichen hervorgerufene Auswirkungen auf schutzbedürftige Gebiete, so weit wie möglich zu vermeiden sind.

Diese Aussage wird häufig als das alleinige Ausschlusskriterium verstanden, nach dem eine Planung von schutzbedürftiger Nutzung innerhalb des ermittelten angemessenen Sicherheitsabstandes nicht zulässig ist. Dies ist jedoch nichtzutreffend.

Die Ansiedlung eines Schutzobjektes nach § 3 (5d) innerhalb dieses Abstandes sollte nach Möglichkeit vermieden werden, ist jedoch immer möglich, sofern es Faktoren gibt, die dafür streiten. Im Urteil "C 53/10" vom 15.09.2011 im Fall "Mücksch/Merck" stellt der europäische Gerichtshof (EuGH) fest, dass für die Ansiedlung eines Schutzobjektes auch ausschließlich sozioökonomische Faktoren ausschlaggebend sein können.

Insgesamt werden damit den Behörden, die zu entscheiden haben, weitreichende Möglichkeiten an die Hand gegeben. Diese haben dann die Gründe, die zu einer Entscheidung führen, plausibel und nachvollziehbar zu dokumentieren.

Ein Untersuchungsergebnis, welches einen Konflikt der Planung von schutzbedürftiger Nutzung und angemessenem Sicherheitsabstand aufzeigt, d. h. die Planung befindet sich innerhalb des angemessenen Sicherheitsabstandes, ist somit ausdrücklich nicht als Ende – Entscheidung gegen die Planung – sondern immer als Ausgangspunkt in einem Abwägungsprozess zu verstehen.

8.2. Schutzbedürftige Nutzung

Der Begriff der schutzbedürftigen Nutzung im Sinne §§ 3 (5d), 50 BImSchG wird im KAS-18-Leitfaden wie folgt zur Anwendung empfohlen:

- Baugebiete mit dauerhaftem Aufenthalt von Menschen, wie Wohngebiete Mischgebiete (MI) und Kerngebiete (MK). Auch Sondergebiete (SO), sofern der Wohnanteil oder die öffentliche Nutzung überwiegen, wie z. B. Campingplätze, Gebiete für großflächigen Einzelhandel, Messen, Schulen/Hochschulen, Kliniken.
- Gebäude oder Anlagen zum nicht nur dauerhaften Aufenthalt von Menschen oder sensible Einrichtungen, wie Anlagen für soziale, kirchliche, kulturelle, sportliche und gesundheitliche Zwecke, öffentlich genutzte Gebäude und Anlagen mit Publikumsverkehr.
- Wichtige Verkehrswege z. B. Autobahnen, Hauptverkehrsstraßen, ICE-Trassen

Bereits vorhandene Nutzung im Sinne der beschriebenen schutzbedürftigen Nutzung im Umfeld eines Betriebsbereiches ist von den ermittelten Abständen nicht betroffen.

8.3. Vorhandene schutzbedürftige Nutzung (Bestand)

In Kapitel 2.6 "Vorhandene schutzbedürftige Nutzung" sind die im Umfeld des Betriebsbereichs von VWN vorhandenen Objekte und Einrichtungen aufgelistet worden. Von den als schutzbedürftige Nutzung im Sinne des § 50 BImSchG identifizierten Nutzungen befinden sich einige innerhalb des ermittelten angemessenen Sicherheitsabstandes. Die betreffenden Objekte und Einrichtungen sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 5: Objekte und Einrichtungen innerhalb des angemessenen Sicherheitsabstandes von VWN

Objekt / Einrichtung	Schutzbedürftige Nutzung im Sinne von § 50 BImSchG	Nutzung	Entfernung von der Grenze des Betriebsbereiches [m]
Landschaftsschutzgebiet LSG-HS17 "Mecklenheide / Vinnhorst"	Unklar	Landschaftsschutzgebiet	ca. 200 - 350 (N)
Flüchtlingsunterkunft Mecklenheidestraße 27 A - C	Ja	Flüchtlingswohnen	ca. 120 (O)
Wohnhäuser Mecklenheidestraße	Ja	Wohnen	ca. 50 (SO)
Sportanlage TuS Mecklenheide	Ja	Sport / Freizeit	ca. 250 (SO)
Mecklenheidestraße	Ja	Hauptverkehrsstraße	ca. 0 - 80 (S)
Wohnhäuser Mecklenheidestraße	Ja	Wohnen	ca. 50 - 100 (S)
Bulli-Kita, Mecklenheidestraße 29	Ja	Kita	ca. 150 (S)
Wohnhäuser Flemmingstraße	Ja	Wohnen	ca. 150 (S)
Stöckener Bad, Hogrefestraße 45	Ja	Sport / Freizeit	ca. 150 (S)
Stadtbahnhaltestelle "Stöcken"	Ja	Stadtbahnhaltestelle	ca. 180 (S)
Nahversorgung Köhnsenstraße	Ja	Nahversorgung (Edeka)	ca. 180 (S)
Kita, Hogrefestraße 43 A	Ja	Kita	ca. 200 (S)
Wohnhäuser Hogrefestraße	Ja	Wohnen	ca. 200 (S)
Bodelschwingh-Kirche	Ja	Kirche	ca. 300 (S)
Familienzentrum, Baldeniusstraße 33 B	Ja	Kita	ca. 380 (S)
Stelinger Straße	Ja	Hauptverkehrsstraße	unmittelbar (W)

9. Weitergehende Maßnahmen zur möglichen Reduzierung des angemessenen Sicherheitsabstandes

Bei der Bewertung weitergehender Maßnahmen zur möglichen Reduzierung eines angemessenen Sicherheitsabstandes ist zwingend § 3 (5) Störfall-Verordnung zu berücksichtigen, wonach die Wahrung angemessener Sicherheitsabstände zwischen Betriebsbereichen und benachbarten Schutzobjekten keine Betreiberpflicht darstellt.

Für den Betreiber (VWN) besteht also gem. § 3 (5) Störfall-Verordnung kein Umsetzungserfordernis für weitergehende Maßnahmen zur möglichen Reduzierung des angemessenen Sicherheitsabstandes.

Die angenommenen Störungsereignisse sind ohnehin als Dennoch-Störfälle einzustufen. Für das Wirksamwerden des Potenzials wird bereits das Versagen der im Betriebsbereich getroffenen störfallverhindernden Maßnahmen unterstellt. Die relevanten begrenzenden Maßnahmen sind, sofern möglich, bei der Diskussion bereits berücksichtigt.

Aus fachtechnischer Sicht und unbeschadet der rechtlichen Wertung soll auf weitergehende Maßnahmen zur Reduzierung des ermittelten angemessenen Sicherheitsabstandes aus Szenario 7 eingegangen werden. Dieser resultiert aus der Ausbreitung von Fluorwasserstoff, welcher bei der Umsetzung / Verbrennung des Kältemittels R1234yf entsteht.

Ein Verzicht auf den Einsatz des gefährlichen Stoffes oder Reduzierung der relevanten Handhabungsbedingungen wie Druck oder Temperatur hat sicherlich den größten Effekt, da hier das ursächliche Stoffpotential entfernt sein würde. Nach heutigem Kenntnisstand liegen jedoch keine Hinweise vor, dass der Betreiber das Substitutionsgebot nach Gefahrstoffrecht nicht ausreichend beachtet hat.

Entsprechend der Konvention Kapitel 3.2 aus KAS-18 der Kommission für Anlagensicherheit werden zusätzliche Maßnahmen zur Begrenzung der Ausbreitung von Fluorwasserstoff diskutiert, soweit sie durch die zugrunde liegenden Ereignisse nicht gestört sind. Voraussetzung für die Eignung weitergehender Maßnahmen zur möglichen Reduzierung eines angemessenen Sicherheitsabstandes ist die Einhaltung des Standes der Sicherheitstechnik.

Der Stand der Sicherheitstechnik ist gemäß Störfall-Verordnung der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme zur Verhinderung von Störfällen oder zur Begrenzung ihrer Auswirkungen gesichert erscheinen lässt. Bei der Bestimmung des Standes der Sicherheitstechnik sind insbesondere

vergleichbare Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen heranzuziehen, die mit Erfolg im Betrieb erprobt worden sind. Die Ermittlung des Standes der Sicherheitstechnik ist dabei ein komplexer Prozess. Es wird empfohlen die Arbeitshilfe SFK-GS-33 der ehemaligen Störfallkommission heranzuziehen. Im Rahmen dieses Gutachtens kann lediglich ein grober Abriss von Maßnahmen diskutiert werden. Ein Anspruch auf Vollständigkeit kann daraus nicht abgeleitet werden.

Es werden Maßnahmen diskutiert, die unabhängig von organisatorischen Maßnahmen im Ereignisfall automatisch aktiv sind, also nicht erst installiert / aufgestellt werden müssen und die durch die zugrunde liegenden Ereignisse nicht gestört sind.

9.1.1. Automatische Sprinkleranlage

Automatische Sprinklersysteme verhindern als automatische Feuerlöschanlagen die Ausweitung eines Brandereignisses. Als Nebeneffekt zum Löschen von Bränden sind, abhängig von der Art des installierten Systems, auch die Kühlung von Anlagen und Anlagenteilen und unter bestimmten Voraussetzungen das Niederschlagen von toxischen (Brand-) Gasen denkbar.

Im zugrunde liegenden Szenario wird im Brandfall Fluorwasserstoff gebildet. Fluorwasserstoffgas ist gem. GESTIS-Stoffdatenbank vollständig löslich in Wasser, so dass ausgetretenes Gas grundsätzlich durch den Einsatz von Wasser gebunden und niedergeschlagen werden kann. Entsprechend einer Veröffentlichung von Schatz/Koopman (Journal of loss prevention in the process industries, Heft 3 (2)) sind durch den Einsatz von optimal ausgelegten Wasserschleiern "unter Laborbedingungen" bis zu 90 % Fluorwasserstoffgas niedergeschlagen worden. Die Bedingungen dazu sind jedoch nur annähernd mit einem Brandereignis vergleichbar (HF als Brandgaskomponente, thermische Überhöhung, Entstehung "irgendwo" in der Anlage etc.). Es bleibt der detaillierten Planung überlassen die automatische Sprinkleranlage dem Erfordernis der Brandbekämpfung und dem erfolgreichen Niederschlagen von Brandgasen auszulegen. Beide Effekte haben jedoch unstrittig Einfluss auf das hier betrachtete Szenario 7. Dabei ist es zunächst unerheblich, ob das automatische Sprinklersystem in einer Freianlage oder im Gebäude Anwendung finden soll.

9.1.2. Einhausung – Rückhaltung Fluorwasserstoff

In einer ersten Überlegung mag es plausibel klingen, im Ereignisfall aus einer Anlage austretende oder durch Zersetzung entstehende toxische Gase über eine gasdichte Einhausung der Anlage zurückzuhalten. Das innerhalb der Umschließung zurückgehaltene Gas müsste anschließend gezielt an definierten Austrittsöffnungen ungefährlich abgeleitet, abgesaugt und gereinigt (Wäscher, Absorber o. ä.) werden.

Für den vorliegenden Fall des druckverflüssigten, extrem entzündbaren Kältemittels wäre eine Einhausung für den Kältemittel-Speichertank inklusive der hin- und rückführenden Rohrleitung, Pumpen etc. zu bedenken.

Die folgenden Probleme wären mindestens relevant:

- Druckaufbau bei Austritt von druckverflüssigtem Gas
- Explosionsschutzmaßnahmen (technische Lüftung, Vermeidung Zündquellen etc.)
- Weitgehende Gasdichtheit des Gebäudes
- Maßnahmen zum Brandschutz
- Umgang mit ausgetretenem Kältemittel bzw. Brandgas (HF)

Die Errichtung einer Einhausung gegenüber der Aufstellung als Freianlage wird deshalb nicht empfohlen.

9.1.3. Unterirdische Aufstellung des Lagertanks von R1234yf, doppelwandige Tankausführung

Eine unterirdische Aufstellung des Kältemittel-Speichertanks würde zu einem weitgehenden Schutz des Tankbehälters vor mechanischer Beschädigung führen. In diesem Sinne wäre die Verlegung eine störfallverhindernde Maßnahme, die ein Szenario als "Hüllenbruch" des Tanks unwahrscheinlich machen würde (zumal dieser dann aus Gründen des Wasserrechtes doppelwandig ausgelegt sein müsste). Zu betrachten sind dann noch die oberirdisch ausgeführte Peripherie (Rohrleitungen, Flansche, Pumpen etc.).

Ein Leitungsabriss / Leckage oberirdisch analog zu Szenario 7 würde auch hier zu einem Stoffaustritt führen. Aufgrund der unterirdischen Aufstellung (niedrigere Lagertemperatur) und einer oberirdisch angenommenen Leckage (Höhendifferenz, Druckverlust) könnte sich ein geringerer Austrittsmassenstrom ergeben, aus welchem nach Zersetzung zu HF ein etwas kleinerer angemessenen Sicherheitsabstand resultiert.

Mit den heutigen Kenntnissen vom Aufstellungsort (Fläche der bestehenden Rückhaltung) müsste Szenario 7 auch bei unterirdischer Tankaufstellung unverändert angenommen werden.

9.1.4. Doppelwandige Rohrleitungen auch oberirdisch

Unterirdische Rohrleitungen des als schwach wassergefährdend (WGK-1) eingestuften druckverflüssigten Gases R1234yf sind entsprechend der Anforderungen der AwSV doppelwandig ausgeführt. Eine Übertragung dieser Maßnahmen auch auf die oberirdischen Anlagenteile wird zunächst als zusätzliche störfallverhindernde Maßnahme vor einem Stoffaustritt in die Umgebung gewertet. Szenario 7 wird dagegen als "Dennoch-Ereignis", ursachenunabhängig als Versagen von störfallverhindernden Maßnahmen diskutiert. Eine zusätzliche verhindernde Maßnahme entspricht deshalb nicht der Zielrichtung in dieser Fragestellung.

Eine doppelwandige Ausführung könnte theoretisch auch als begrenzende Maßnahme diskutiert werden. Dies würde jedoch nur bei einer Leckage an der Innenleitung und nicht für einen Abriss der Gesamtleitung gelten. Flansche Pumpen etc. blieben dann ohnehin in einwandiger Ausführung. Der Ansatz erscheint nicht zielführend.

Das als Szenario 7 beschriebene Ereignis bleibt von der Installation einer doppelwandigen Rohrleitung unbeeinflusst.

9.1.5. Zusammenfassung der weitergehenden Maßnahmen

Das abstandsbestimmende Gefahrenpotential des Kältemittels R1234yf liegt im Stoffaustritt von R1234yf und Zersetzung zu HF. Szenario 7 berücksichtigt die installierte Technik im Umgang mit R1234yf und quantifiziert unter Berücksichtigung der Konventionen gemäß KAS-18 die Zersetzung zu HF.

Zielführend zur möglichen Reduzierung des angemessenen Sicherheitsabstandes aus Szenario 7 sind demnach störfallbegrenzende Maßnahmen, die ein Zersetzen zu HF (Brandbekämpfung) und / oder die Ausbreitung von HF (Niederschlagen, Rückhalten) reduzieren helfen.

Es bleibt einer detaillierten Planung überlassen hierzu ein geeignetes Vorgehen unter Berücksichtigung der standortbedingten Faktoren festzulegen.

Im Hinblick auf die Menge möglicherweise im Störfall entstehender gefährlicher Stoffe können technisch-bauliche Maßnahmen herangezogen werden, die die Entstehung wirksam begrenzen können. In Anlehnung an Kapitel 3 Ziffer 4 KAS-43 gilt die Entstehung gefährlicher Stoffe als wirksam begrenzt, sofern das Lager über einen entsprechenden baulichen und abwehrenden Brandschutz (durch F90- bzw. Brandwände abgetrennte Brandabschnitte, automatische Löschanlagen mit VdS-Zertifizierung etc.) verfügt. Nichttechnische Maßnahmen bleiben unberücksichtigt.

Aufgrund der guten Löslichkeit von Fluorwasserstoff in Wasser kann, bei fachgerechter Auslegung und Installation einer automatischen Sprinkleranlage zum Niederschlagen von HF, eine 50 %-ige Reduzierung von HF im Brandgas angenommen werden. Der Wert entspricht Kapitel 2 KAS-32 als pauschal angenommene Größe für die Zersetzung wasserreaktiver Stoffe.

Unter Festhalten der Bedingung, die zu Szenario 7 geführt haben, führt eine 50 %-ige Reduzierung des freigesetzten HF-Massenstroms von 6 kg/s auf 3 kg/s, so dass der relevante Konzentrationsgrenzwert ERPG-2 für Fluorwasserstoff von 20 ppm bis in eine Entfernung von ca. 640 m erreicht bzw. überschritten wird. Für diesen Fall wäre ein angemessener Sicherheitsabstand von 700 m festzulegen.

Im Falle einer zertifizierten automatischen Löschanlage wäre die Ausbreitung von HF vermutlich vernachlässigbar, da die Entstehung auf ein Minimum reduziert wäre. Dies bleibt einer Detailplanung vorbehalten. Dann wäre die Ausbreitungskontur für R1234yf (Szenario 4) heranzuziehen, da die Löschanlage voraussichtlich keinen oder nur geringen Einfluss auf die Ausbreitung von R1234yf (Reinstoff) hat.

10. Erklärung zur Prüfung im Rahmen des § 29a BImSchG

Bei Planung, Errichtung oder Änderung der Anlage war der unterzeichnende Sachverständige nicht beratend tätig. Ferner bestehen zum Betreiber keine personen- oder gesellschaftsrechtlichen Verbindungen.

Anhang A Verwendete Unterlagen und Literatur

A.1. Dokumentation und projektbezogene Unterlagen

- [Dok1] Übersicht Störfallmengen Volkswagen AG Nutzfahrzeuge, Mecklenheidestraße, 30405 Hannover
- (1) Störfallmengen Abfälle, Stand: 19.12.2108 [Mail: 14.01.2019]
- [Dok2] Übersicht Störfallmengen Volkswagen AG Nutzfahrzeuge, Mecklenheidestraße, 30405 Hannover
- (2) Störfallmengen Lackiererei ohne Lager, Stand: 19.12.2108 [Mail: 14.01.2019]
- [Dok3] Übersicht Störfallmengen Volkswagen AG Nutzfahrzeuge, Mecklenheidestraße, 30405 Hannover
- (3) Störfallmengen Lagerbereiche, Stand: 19.12.2108 [Mail: 14.01.2019]
- [Dok4] Übersicht Störfallmengen Volkswagen AG Nutzfahrzeuge, Mecklenheidestraße, 30405 Hannover
- Störfallmengen Halle 1 VBH / KTL, Stand: 19.12.2108 [Mail: 14.01.2019]
- [Dok5] Übersicht Störfallmengen Volkswagen AG Nutzfahrzeuge, Mecklenheidestraße, 30405 Hannover
- (5) Störfallmengen Einzelstoffe, Stand: 19.12.2108 [Mail: 14.01.2019]
- [Dok6] Kapitel 2 "Tätigkeiten im Betriebsbereich" – Anzeige gem. § 7 12. BImSchV - Volkswagen AG
Nutzfahrzeuge, Hannover, Stand: 07.05.2018 [Mail: 14.01.2019]
- [Dok7] Aufgabenbeschreibung - Gutachten zur Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstands
gemäß § 50 BImSchG [Mail: 14.01.2019]
- [Dok8] Plan – Volkswagen Nutzfahrzeuge – Werk Hannover [Mail: 31.07.2019]
- [Dok9] Power Point Präsentation: "Lageplan des Betriebsbereiches Volkswagen AG Nutzfahrzeuge Werk
Hannover" Stand: 27.11.2018 [Mail: 31.07.2019]
- [Dok10] Hotspots Störfallmengen (> 2 % des Quotienten) Kategorie H Gesundheitsgefahren, Stand:
07.05.2018 [Mail: 31.07.2019]
- [Dok11] Hotspots Störfallmengen (> 5 % des Quotienten) Kategorie P Physikalische Gefahren, Stand:
07.05.2018 [Mail: 31.07.2019]
- [Dok12] Hotspots Störfallmengen (> 5 % des Quotienten) Kategorie E Umweltgefahren, Stand:
07.05.2018 [Mail: 31.07.2019]
- [Dok13] Wegbeschreibung Volkswagen AG Nutzfahrzeuge Umweltschutz Termin 09.09.2019 [Mail:
03.09.2019]
- [Dok14] Flyer: "Sicherheitshinweise für Besucher – Volkswagen Nutzfahrzeuge Werk Hannover" der
Volkswagen Aktiengesellschaft, Herausgeber: Werkleitung Hannover, Stand: Juli 2019
- [Dok15] Konzept zur Verhinderung von Störfällen gemäß § 8 der 12. BImSchV – Volkswagen AG
Nutzfahrzeuge, Stand: 22.01.2019 [Mail: 10.09.2019]
- [Dok16] Übersicht Störfallmengen Volkswagen AG Nutzfahrzeuge, Mecklenheidestraße, 30405 Hannover
- (1) Störfallmengen Abfälle EZ, Stand: 15.10.2019 [Mail: 15.10.2019]

- [Dok17] Übersicht Störfallmengen Volkswagen AG Nutzfahrzeuge, Mecklenheidestraße, 30405 Hannover - (2) Störfallmengen Lackiererei ohne Lager inkl. Bicolor, Stand: 15.10.2019 [Mail: 15.10.2019]
- [Dok18] Übersicht Störfallmengen Volkswagen AG Nutzfahrzeuge, Mecklenheidestraße, 30405 Hannover - (3) Störfallmengen Lagerbereiche, Stand: 15.10.2019 [Mail: 15.10.2019]
- [Dok19] Übersicht Störfallmengen Volkswagen AG Nutzfahrzeuge, Mecklenheidestraße, 30405 Hannover - Störfallmengen Halle 1 VBH / KTL, Stand: 15.10.2019 [Mail: 15.10.2019]
- [Dok20] Übersicht Störfallmengen Volkswagen AG Nutzfahrzeuge, Mecklenheidestraße, 30405 Hannover - (5) Störfallmengen Einzelstoffe, Stand: 15.10.2019 [Mail: 15.10.2019]
- [Dok21] Genehmigungsbescheid Tankanlage R1234yf, Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hannover, Stand: 29.02.2016 [Mail: 15.10.2019]
- [Dok22] Plan – Position Störfallmengen - Volkswagen Nutzfahrzeuge – Werk Hannover [Mail: 15.10.2019]
- [Dok23] Lageplan oberirdische Tankanlage: R1234yf - Volkswagen Nutzfahrzeuge – Werk Hannover [Mail: 15.10.2019]
- [Dok24] Anlagenschema /- Übersicht: "VWN - Hannover: Neue Kältemittelversorgung mit R1234 yF", Stand: 27.08.2015 [Mail: 15.10.2019]
- [Dok25] Ex-Zonenplan Tanklager 14 Kältemittel R1234yf (BE1876), ibis Umwelttechnik GmbH, Stand: 07.10.2015 [Mail: 15.10.2019]
- [Dok26] VAWS Anzeige VWN "Beschreibung der wassergefährdenden Stoffe, mit denen umgegangen wird", Stand: 07.10.2015 [Mail: 15.10.2019]
- [Dok27] TÜV Ausbreitungsrechnung "Stellungnahme zur Abschätzung der Auswirkungen einer Leckage im Außenbereich der Anlage zur Lagerung von 2,3,3,3-Tetrafluorpropen", Stand: 21.11.2017 [Mail: 15.10.2019]
- [Dok28] Übersichtsplan zum brandschutztechnischen Konzept, Projekt-Nr. 5202 – Volkswagen AG – Neubau Tanklager für Kältemittel – Grundriss EG, Stand: 15.15.2015 [Mail: 15.10.2019]
- [Dok29] Mail: Liste über die Gebindegrößen von bestimmten Störfallstoffen [Mail: 28.10.2019]
- [Dok30] Karte Schutzbedürftige Nutzungen um Betriebsbereich VWN, Stand: 30.10.2019 [Mail: 04.11.2019]
- [Dok31] Liste Schutzbedürftige Nutzungen um Betriebsbereich VWN [Mail: 04.11.2019]
- [Dok32] Sicherheitsdatenblatt "ALZ 851 000 FAS", Stockmeier Chemie GmbH & Co. KG, Stand: 21.02.2014 [Mail: 25.11.2019]
- [Dok33] Deklaration "WO12 110109-01 Schlämme und Filterkuchen, die gefährliche Stoffe enthalten (Salzbadabfälle)", GEO-data GmbH, Stand: 25.10.2017 [Mail: 25.11.2019]
- [Dok34] Deklaration "WO12 06020506 Laugengemisch Kolene (andere Basen)", GEO-data GmbH, Stand: 20.12.2013 [Mail: 25.11.2019]

-
- [Dok35] Deklaration ""waste" (verbrauchte Reinigungsflüssigkeit", GEO-data GmbH, Stand: 29.03.2017 [Mail: 25.11.2019]
- [Dok36] Deklaration "Sonstige Konzentrate", GEO-data GmbH, Stand: 10.08.2017 [Mail: 25.11.2019]
- [Dok37] Deklaration "Ultraschall-Lauge", GEO-data GmbH, Stand: 12.05.2016 [Mail: 25.11.2019]
- [Dok38] Deklaration "Kleber und Dichtungsmassen", GEO-data GmbH, Stand: 24.10.2017 [Mail: 25.11.2019]
- [Dok39] Deklaration "Phosphatierschlamm", GEO-data GmbH, Stand: 08.08.2017 [Mail: 25.11.2019]
- [Dok40] Deklaration von Betriebsabfällen "Phosphatierlösung", GEO-data GmbH, Stand: 25.10.2017 [Mail: 25.11.2019]
- [Dok41] Deklaration "Steinmehl", GEO-data GmbH, Stand: 09.08.2017 [Mail: 25.11.2019]
- [Dok42] Deklaration "Paintflux", GEO-data GmbH, Stand: 09.08.2017 [Mail: 25.11.2019]
- [Dok43] Deklaration "Frostschutz/Glycol", GEO-data GmbH, Stand: 10.08.2017 [Mail: 25.11.2019]
- [Dok44] Deklaration "160708 Ölhaltige Abfälle", GEO-data GmbH, Stand: 24.10.2017 [Mail: 25.11.2019]
- [Dok45] Deklaration "WO12 11011101 Wässrige Spülflüssigkeiten, die gefährliche Stoffe enthalten", GEO-data GmbH, Stand: 03.11.2017 [Mail: 25.11.2019]
- [Dok46] Sicherheitsdatenblatt "ALV 048000", Stockmeier Chemie GmbH & Co. KG, Stand: 24.04.2018 [Mail: 25.11.2019]
- [Dok47] Sicherheitsdatenblatt "APZ883120 - Gardobond-Additive H 7107", Chemetall GmbH, Stand: 24.07.2012 [Mail: 25.11.2019]
- [Dok48] Sicherheitsdatenblatt "APZ883425 - Gardobond-Additive H 7103", Chemetall GmbH, Stand: 30.05.2016 [Mail: 25.11.2019]
- [Dok49] Sicherheitsdatenblatt "APZ883426 - Gardobond Additive H 7264_2", Chemetall GmbH, Stand: 12.06.2017 [Mail: 25.11.2019]
- [Dok50] Sicherheitsdatenblatt "APZ883524 - Gardobond-Additive H 7101", Chemetall GmbH, Stand: 13.05.2016 [Mail: 25.11.2019]
- [Dok51] Deklaration "Filterkuchen Halle 2", GEO-data GmbH, Stand: 24.08.2017 [Mail: 25.11.2019]
- [Dok52] Deklaration von Betriebsabfällen "Filterkuchen Halle 2", GEO-data GmbH, Stand: 24.08.2017 [Mail: 25.11.2019]
- [Dok53] Sicherheitsdatenblatt "Glasreiniger", CG CHEMIKALIEN GmbH & Co. KG, Stand: 18.09.2017 [Mail: 25.11.2019]
- [Dok54] Sicherheitsdatenblatt "Aral Super E5, Aral Super E10, Aral Super Plus 98", Aral Aktiengesellschaft, Stand: 25.05.2017 [Mail: 25.11.2019]
- [Dok55] Sicherheitsdatenblatt "Dieselkraftstoff VW TL 788 X", Shell Deutschland Oil GmbH, Stand: 10.09.2013 [Mail: 25.11.2019]

- [Dok56] Sicherheitsdatenblatt "Aral ASF-Sonderkraftstoff", Aral Aktiengesellschaft, Stand: 12.06.2018 [Mail: 25.11.2019]
- [Dok57] Sicherheitsdatenblatt "Sauerstoff, verdichtet", Linde Gas GmbH, Stand: 17.01.2017 [Mail: 25.11.2018]
- [Dok58] Deklaration von Betriebsabfällen "Phosphatierschlamm", GEO-data GmbH, Stand: 24.08.2017 [Mail: 25.11.2019]
- [Dok59] Sicherheitsdatenblatt "Propan", AIR LIQUIDE Deutschland GmbH, Stand: 18.05.2018 [Mail: 25.11.2019]
- [Dok60] Sicherheitsdatenblatt "Aral Heizöl EL / Aral Heizöl Plus / Aral Heizöl Eco Plus", Aral Aktiengesellschaft, Stand: 29.10.2014 [Mail: 25.11.2019]
- [Dok61] AGS Bescheid "W012-060101-05 Waschkonzentrat", Niedersächsische Gesellschaft zur Endablagerung von Sonderabfall mbH (NGS mbH), Stand: 19.07.2016 [Mail: 25.11.2019]
- [Dok62] Karte Schutzbedürftige Nutzungen um Betriebsbereich VWN (mit Flüchtlingsunterkunft) [Mail: 26.11.2019]
- [Dok63] Mail: Angaben zu den Flüchtlingsunterkünften, Stadt Hannover [Mail: 26.11.2019]
- [Dok64] Sicherheitsdatenblatt "Aral Heizöl EL / Aral Heizöl Plus / Aral Heizöl Eco Plus", Aral Aktiengesellschaft, Stand: 26.04.2018 [Mail: 02.12.2018]
- [Dok65] Mail: Angaben zu den Tanklagern [Mail: 02.12.2019]
- [Dok66] Schreiben: "SV/13186 Bestimmung des Achtungsabstandes gem. KAS-18 Kap. 3.1 für den Industrie-betrieb Volkswagen AG Nutzfahrzeuge in Hannover" vom 04.12.2019
- [Dok67] Sicherheitsdatenblatt "Solstice® yf Refrigerant (R-1234yf)", Honeywell Fluorine Products Europe B.V., Stand: 23.05.2019 [Internetrecherche INBUREX Consulting GmbH: 28.01.2020]
- [Dok68] Anzeige zur störfallrelevanten Änderung gem. § 15 (1) BImSchG i. V. m. § 15 (2a) BImSchG der Anlage zum Bau und der Montage von Kraftfahrzeugen (Nr. 3.24G des Anhang 1 der 4. BImSchV) - Reduzierung der störfallrelevanten Mengen (BE 1060, BE 1610, BE 1640, BE 4001) - Volkswagen AG Nutzfahrzeuge, Stand: 13.01.2020 [Mail: 20.02.2020]
- [Dok69] Mail: Informationen zu den Abfüllflächen und Umschlagplätzen [Mail: 08.07.2020]
- [Dok70] Schematische Darstellung der WHG-Maßnahmen Eigenverbrauchstankstelle, VWN Halle 61, HA 01 Eigenverbrauchstankstelle (5,52 m³, WGK 3, Stufe C), ibis Umwelttechnik GmbH, Stand: 03.05.2019 [Mail: 08.07.2020]
- [Dok71] Stellungnahme VWN Abstandsgutachten, Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim, Frau Dr. Baasner vom 16.09.2020 [Mail: 21.09.2020]
- [Dok72] Zufahrtsweg Kühlmitteltransport aktuell & zukünftig [Mail: 21.09.2020]
- [Dok73] Anweisung zum Arbeitsschutz "C05 Anweisungen für Fahrerinnen und Fahrer von Flurförderzeugen; Volkswagen AG, 28.05.2020 [Mail: 16.10.2020]
- [Dok74] Sicherheitsdatenblatt EFBOND DA 340, EFTEC AG; 13.08.2015 [Mail: 16.10.2020]

- [Dok75] Sicherheitsdatenblatt TEROSON RB 5160 EL bzw. TEROSTAT 5160 EL, Henkel AG & Co. KGaA, 20.05.2014 [Mail: 16.10.2020]
- [Dok76] Sicherheitsdatenblatt SikaPower®-492, Sika Automotive GmbH, 12.02.2015 [Mail: 16.10.2020]
- [Dok77] Sicherheitsdatenblatt BETAMATE™ 1025VG, Dow Deutschland Anlagengesellschaft mbH, 14.03.2016 [16.10.2020]
- [Dok78] Sicherheitsdatenblatt TEROSON RB 3211-2 F bzw. TEROSTAT 3211-2F, Henkel AG & Co. KGaA, 14.01.2016 [Mail: 16.10.2020]
- [Dok79] Landeshauptstadt Hannover Flächennutzungsplanung, Verkehrsmengenkarte Hannover 2011; Stand: 12.12.2011 [Mail: 19.11.2020]
- [Dok80] Stellungnahme VWN Abstandsgutachten, Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim, Frau Dr. Baasner vom 30.11.2020 [Mail: 02.12.2020]
- [Dok81] Schatz, K. W.; Koopman, R. P.: Water spray mitigation of hydrofluoric acid releases (Minderung von HF-Freisetzungen mit Sprühwasser). 1990: Journal of loss prevention in the process industries (Journal über die Schadenverhütung in der Prozessindustrie), Heft 3 (2)
- [Dok82] Erkenntnisse aus dem Abstimmungsgespräch zum Entwurfsgutachten mit Betreiber- und Behördenvertretern Videokonferenz am 27.01.2021
- [Dok83] R&I Fließschema Kältemittelversorgung R1234 yF Versorgungsanlage Volkswagen AG Hannover, Zeichnungs-Nr.: 12501148_01-f, Revision: g; 22.07.16 "nach TÜV-Abnahme" [Mail: 18.03.2021]

A.2. Gesetze, Regeln und Verordnungen

- AwSV Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, Ausfertigungsdatum: 18.04.2017, zuletzt geändert am 19.06.2020
- BImSchG Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luft-verunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge – Bundes-Immissionsschutzgesetz i. d. F. vom 17.05.2013, zuletzt geändert am 09.12.2020
- GESTIS Gefahrstoffinformationssystem des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
- KAS-18 Kommission für Anlagensicherheit: Leitfaden "Empfehlungen für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung – Umsetzung des § 50 BImSchG, Stand 26.11.2010 in der 2. überarbeiteten Fassung
1. Korrektur 06.11.2013, 2. Korrektur
- KAS-32 Kommission für Anlagensicherheit: Arbeitshilfe, Szenarienspezifische Fragestellungen zum Leitfaden KAS-18, Stand November 2015 in der 2. überarbeiteten Fassung
- KAS-43 Kommission für Anlagensicherheit: Empfehlungen zur Ermittlung gefährlicher Stoffe bei außer Kontrolle geratenen Prozessen; Stand: 29.11.2018
- LAI Leitfaden für die Erstellung eines Gutachtens zur Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes, Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI); Stand: Juni 2018
- NBauO Niedersächsische Bauordnung vom 3. April 2012, zuletzt geändert 10.11.2020

-
- SFK-GS-33 Störfallkommission: Leitfaden, Schritte zur Ermittlung des Standes der Sicherheitstechnik, 16. Januar 2002
- Statuspapier Quelltermberechnung bei störungsbedingten Stoff- und Energiefreisetzen in der Prozessindustrie – Methodenübersicht und industrielle Anwendung, Process-Net vom Januar 2017
- StörfallV Zwölfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Störfall-Verordnung – 12. BImSchV), i. d. F. vom 15.03.2017, zuletzt geändert 19.06.2020
- UBA Texte 15/00 Ermittlung und Berechnung von Störfallablaufszzenarien nach Maßgabe der 3. Störfallverwaltungsvorschrift Band 1 und Berechnungsmethoden, aktuelle Modelle und Modellgleichungen Band 2 im Auftrag des Umweltbundesamtes Juni 2000
- VDI-WA VDI-Wärmeatlas, 11. bearbeitete und erweiterte Auflage; Verein Deutscher Ingenieure, VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (GVC), 02/2013

Anhang B Tabellen und Berechnungsprotokolle

B.1. Tabelle – Anlagensituation im Bereich R1234yf-Speichertank

B.2. Software-Protokolle der Ausbreitungsrechnungen

Anhang B.1

**Tabelle – Anlagensituation
im Bereich R1234yf-Speichertank**

Anlagenteil	R1234yf (gasförmig / flüssig)	Rohrleitung	relevant ja / nein	Leckage [mm ²]	Begründung
Sicherheitsventile (SV), diverse	gasförmig	DN15 und DN32 (Sammelleitung) und DN40 (über Dach)	nein		Entspannung in Rohrleitung mit Ableitung an sicherer Stelle (über Dach)
					gasförmiger Austritt untergeordnet ggü. Austritt flüssig (druckverflüssigt)
					Austrittsdauer (Anprehdauer SV) << 600 s, die gem. KAS-18 Konvention zu betrachten wären
Befüllleitung Speichertank	flüssig (druckverflüssigt)	DN50	ja	490	gasförmiger Austritt untergeordnet ggü. Austritt flüssig (druckverflüssigt)
Gaspendelleitung Speichertank	gasförmig	DN25	nein		gasförmiger Austritt untergeordnet ggü. Austritt flüssig (druckverflüssigt)
Speichertank R1234yf	flüssig (druckverflüssigt) / gasförmig		ja	490	Pauschale Leckage gem. KAS-18 Konvention
					Austritt flüssig (druckverflüssigt) deckt gasförmigen Austritt ab
Saugleitung Pumpen	flüssig (druckverflüssigt)	DN65	ja	490	Austrittsdauer (gesamter Tankinhalt durch max. mögliche Leckage von 3.318 mm ²) < 600 s, die gem. KAS-18 Konvention zu betrachten wären
Druckleitung Pumpen (Druckseite)	flüssig (druckverflüssigt)	DN25	nein		Mengenbegrenzung bei Leckage durch Überwachung und Schaltfunktion der Pumpen
Rücklaufleitung (Halle 2)	flüssig (druckverflüssigt)	DN25	ja	490	KAS-18 Standard entspricht in diesem Fall einem totalen Leitungsabriss

Betrachtungsgrundlage:

R&I Fließschema Kältemittelversorgung R1234 yF Versorgungsanlage Volkswagen AG Hannover

Zeichnungs-Nr.: 12501148_01-f / Auftrags-Nr.: 12501148

Revision: g; 22.07.16 "nach TÜV-Abnahme"

Anhang B.2
Berechnungsprotokoll
Szenario 1

Lachenbrand von Butoxypropanol

Berechnung des freigesetzten flüssigen Massenstroms aus einem Leck oder Sicherheitsventil

Datum: 31 Jan 2020 ; 03:30:51

Programm Version: 9.27.1

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff: 1-Heptanol
Bearbeitungsdatum: 18.07.2017
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]: 116,2
Isentropenexponent [-]: 1,032
Realgasfaktor [-]: 1,0
Temperatur [K]: 293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]: 0,0002
Gasdichte [kg/m³]: 4,83
Flüssigkeitsdichte [kg/m³]: 823,241
Wärmekapazität der Flüssigphase [kJ/kg K]: 2,2513
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]: 2,2809
Verdampfungsenthalpie [kJ/kg]: 591,22
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]: 1,0
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]: 7,2
Unterer Heizwert [MJ/kg]: 36,91
Diffusionskoeffizient in Luft [m²/s]: 6,826e-06
Temperaturklasse: Keine Angabe
Explosionsgruppe: Keine Angabe

Eingabedaten:

Leckfläche [mm²]: 490,000
Anzahl der Austrittsöffnungen [-]: 1

Achtung: Berechnung nach KAS-18, Stand 2005
Berechnung der Ausflussziffer nach Geike/Horn
Ausflussziffer [-]: 0,62
Ausflussziffer Geike/Horn [-]: 0,53

Flüssigkeitshöhe über Leckhöhe [m]: 1,00

Modell: Bernoulli

Flash-Verdampfung, kein Spray-Modell

Ergebnisse:

Durchmesser Leckfläche [mm]:	25,0
Gesamtdruckdifferenz [bar]:	0,081
Freigesetzter flüssiger Massenstrom [kg/s]:	0,944
Freigesetzter gasförmiger Massenstrom [kg/s]:	0,000

Berechnung der Wärmestrahlung bei einem Lachenbrand

Datum: 31 Jan 2020 ; 03:34:55

Programm Version: 9.27.1

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff:	1-Heptanol
Bearbeitungsdatum:	18.07.2017
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]:	116,2
Isentropenexponent [-]:	1,032
Realgasfaktor [-]:	1,0
Temperatur [K]:	293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]:	0,0002
Gasdichte [kg/m ³]:	4,83
Flüssigkeitsdichte [kg/m ³]:	823,241
Wärmekapazität der Flüssigphase [kJ/kg K]:	2,2513
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]:	2,2809
Verdampfungsenthalpie [kJ/kg]:	591,22
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	1,0
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	7,2
Unterer Heizwert [MJ/kg]:	36,91
Diffusionskoeffizient in Luft [m ² /s]:	6,826e-06
Temperaturklasse:	Keine Angabe
Explosionsgruppe:	Keine Angabe

Eingabedaten:

Achtung: Berechnung nach KAS-18, Stand 2005

Windgeschwindigkeit [m/s]:	0,00
Umgebungstemperatur [°C]:	20,00

relative Luftfeuchtigkeit [%]: 75,00
 Emissionsverhältnis des Strahlers [-]: 0,95
 Emissionsverhältnis des Empfängers [-]: 1,00
 Höhe des Empfängers [m]: 1,00
 Bestrahlungsstärke in sicherer Entf. [kW/m²]: 1,60

Ausgewähltes Modell Einstrahlzahl: Seeger

Ergebnisse:

Ausgewähltes Modell Abbrandgeschwindigkeit: Burges

Abbrandgeschwindigkeit [m/s]: 4,8041E-05
 Abbrandrate [kg/s m²]: 3,9549E-02
 Berechnung des Lachendurchmessers aus Massenstrom
 Massenstrom [kg/s] Zeitdauer [s]
 9,44E-01 1,74E+02

Berechnung Brandfläche aus Massenstrom:

max. Brandfläche [m²]: 2,3869E+01
 max. Branddurchmesser [m]: 5,5128E+00

Strahlungsmodell: Zylinderstrahlungsmodell

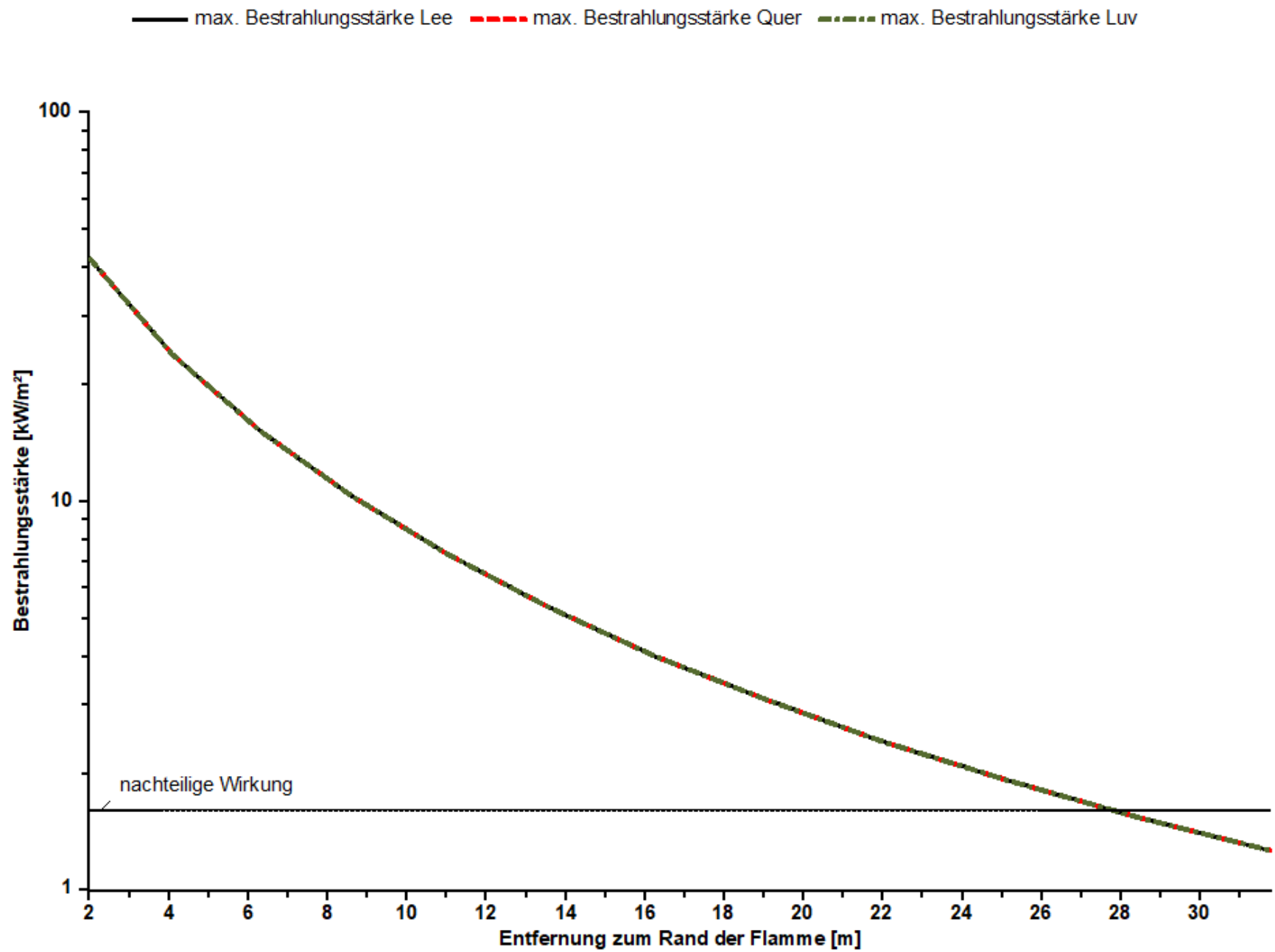
Strahlungsintensität [kW/m²]: 100,00
 dies entspricht einer mittleren Temperatur des Strahlers [K]:
 1168,44

Modell Flammenlänge: Thomas/Moorhouse KAS 18

Flammenlänge [m]: 8,65

Abstand [m]	QLeeMax [kW/m ²]	QQuerMax [kW/m ²]	QLuvMax [kW/m ²]	W-Lee [%]	W-Quer [%]	W-Luv [%]
4,76E+00	4,21E+01	4,21E+01	4,21E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
6,86E+00	2,39E+01	2,39E+01	2,39E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
9,06E+00	1,52E+01	1,52E+01	1,52E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

1,14E+01	1,03E+01	1,03E+01	1,03E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
1,38E+01	7,25E+00	7,25E+00	7,25E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
1,64E+01	5,30E+00	5,30E+00	5,30E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
1,90E+01	3,98E+00	3,98E+00	3,98E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
2,19E+01	3,06E+00	3,06E+00	3,06E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
2,48E+01	2,39E+00	2,39E+00	2,39E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
2,79E+01	1,90E+00	1,90E+00	1,90E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
3,12E+01	1,53E+00	1,53E+00	1,53E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
3,46E+01	1,25E+00	1,25E+00	1,25E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00



Anhang B.2
Berechnungsprotokoll
Szenario 2

Lachenbrand von Isopropanol

Berechnung des freigesetzten flüssigen Massenstroms aus einem Leck oder Sicherheitsventil

Datum: 10 Jul 2020 ; 12:20:50

Programm Version: 9.28.0

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff: Isopropanol
Bearbeitungsdatum: 23.04.2017
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]: 60,1
Isentropenexponent [-]: 1,099
Realgasfaktor [-]: 1,0
Temperatur [K]: 293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]: 0,0445
Gasdichte [kg/m³]: 2,5
Flüssigkeitsdichte [kg/m³]: 787,485
Wärmekapazität der Flüssigphase [kJ/kg K]: 2,8521
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]: 1,5332
Verdampfungsenthalpie [kJ/kg]: 741,53
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]: 2,0
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]: 13,4
KG-Wert [bar m/s]: 83,0
Unterer Heizwert [MJ/kg]: 30,45
Diffusionskoeffizient in Luft [m²/s]: 1,007e-05
Temperaturklasse: T2
Explosionsgruppe: II A

Eingabedaten:

Leckfläche [mm²]: 490,000
Anzahl der Austrittsöffnungen [-]: 1

Achtung: Berechnung nach KAS-18, Stand 2005

Berechnung der Ausflussziffer nach Geike/Horn

Ausflussziffer [-]: 0,62

Ausflussziffer Geike/Horn [-]: 0,53

Flüssigkeitshöhe über Leckhöhe [m]: 1,00

Modell: Bernoulli

Flash-Verdampfung, kein Spray-Modell

Ergebnisse:

Durchmesser Leckfläche [mm]: 25,0

Gesamtdruckdifferenz [bar]: 0,077

Freigesetzter flüssiger Massenstrom [kg/s]: 0,903

Freigesetzter gasförmiger Massenstrom [kg/s]: 0,000

Berechnung der Wärmestrahlung bei einem Lachenbrand

Datum: 10 Jul 2020 ; 12:26:16

Programm Version: 9.28.0

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff:	Isopropanol
Bearbeitungsdatum:	23.04.2017
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]:	60,1
Isentropenexponent [-]:	1,099
Realgasfaktor [-]:	1,0
Temperatur [K]:	293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]:	0,0445
Gasdichte [kg/m ³]:	2,5
Flüssigkeitsdichte [kg/m ³]:	787,485
Wärmekapazität der Flüssigphase [kJ/kg K]:	2,8521
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]:	1,5332
Verdampfungsenthalpie [kJ/kg]:	741,53
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	2,0
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	13,4
KG-Wert [bar m/s]:	83,0
Unterer Heizwert [MJ/kg]:	30,45
Diffusionskoeffizient in Luft [m ² /s]:	1,007e-05
Temperaturklasse:	T2
Explosionsgruppe:	II A

Eingabedaten:

Achtung: Berechnung nach KAS-18, Stand 2005

Windgeschwindigkeit [m/s]: 0,00

Umgebungstemperatur [°C]: 20,00
 relative Luftfeuchtigkeit [%]: 75,00
 Emissionsverhältnis des Strahlers [-]: 0,95
 Emissionsverhältnis des Empfängers [-]: 1,00
 Höhe des Empfängers [m]: 1,00
 Bestrahlungsstärke in sicherer Entf. [kW/m²]: 1,60

Ausgewähltes Modell Einstrahlzahl: Seeger

Ergebnisse:

Ausgewähltes Modell Abbrandgeschwindigkeit: Burges

Abbrandgeschwindigkeit [m/s]: 4,1721E-05
 Abbrandrate [kg/s m²]: 3,2855E-02
 Berechnung des Lachendurchmessers aus Massenstrom
 Massenstrom [kg/s] Zeitdauer [s]
 9,0300E-01 8,7200E+02

Berechnung Brandfläche aus Massenstrom:

max. Brandfläche [m²]: 2,7484E+01
 max. Branddurchmesser [m]: 5,9156E+00

Strahlungsmodell: Zylinderstrahlungsmodell

Strahlungsintensität [kW/m²]: 100,00
 dies entspricht einer mittleren Temperatur des Strahlers [K]:
 1168,44

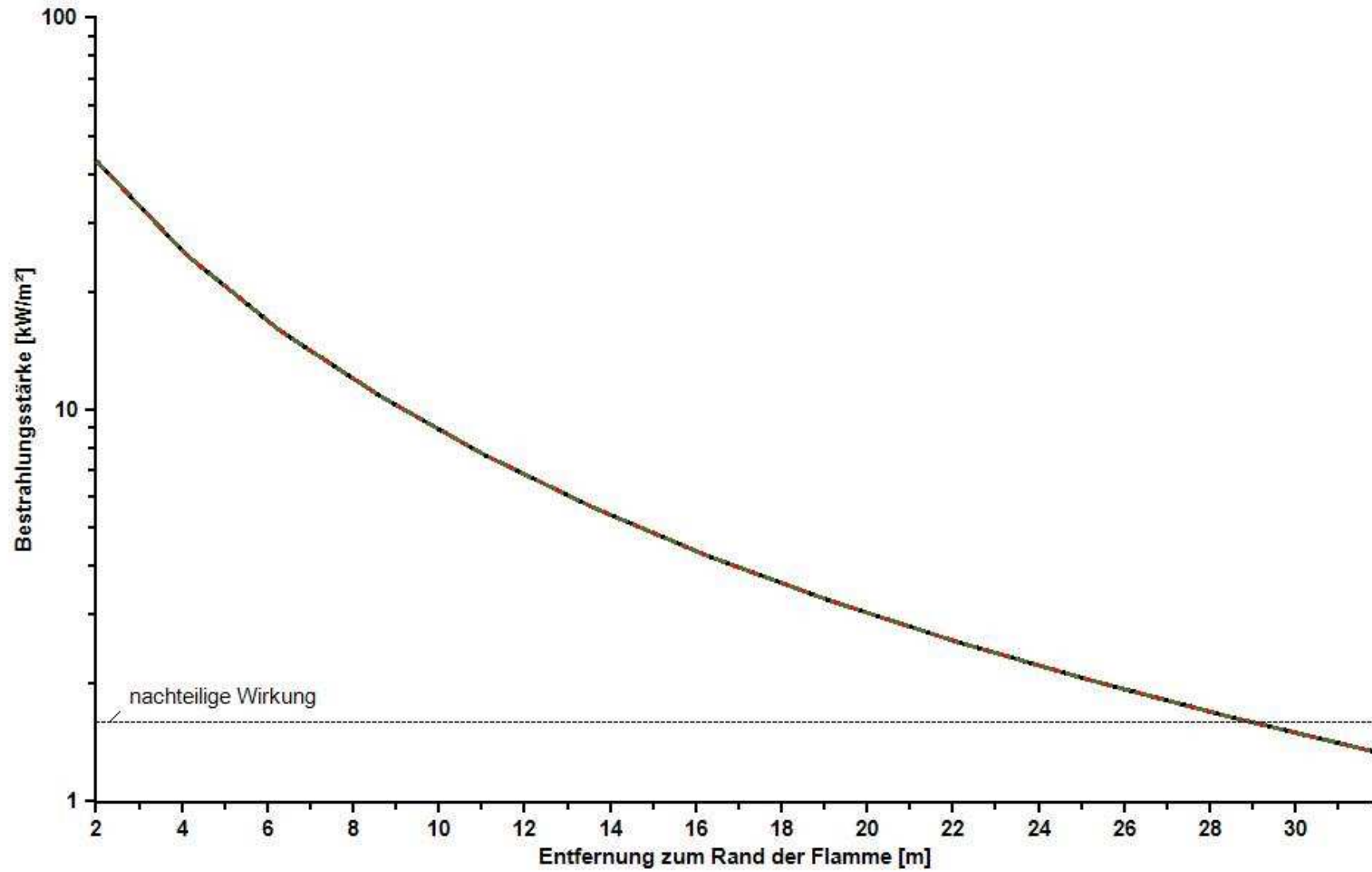
Modell Flammenlänge: Thomas/Moorhouse KAS 18

Flammenlänge [m]: 8,78

Abstand [m]	QLeeMax [kW/m ²]	QQuerMax [kW/m ²]	QLuvMax [kW/m ²]	W-Lee [%]	W-Quer [%]	W-Luv [%]
4,9578E+00	4,3260E+01	4,3260E+01	4,3260E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
7,0578E+00	2,4842E+01	2,4842E+01	2,4842E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00

9,2628E+00	1,5927E+01	1,5927E+01	1,5927E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
1,1578E+01	1,0834E+01	1,0834E+01	1,0834E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
1,4009E+01	7,6881E+00	7,6881E+00	7,6881E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
1,6562E+01	5,6392E+00	5,6392E+00	5,6392E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
1,9242E+01	4,2482E+00	4,2482E+00	4,2482E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
2,2056E+01	3,2712E+00	3,2712E+00	3,2712E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
2,5011E+01	2,5653E+00	2,5653E+00	2,5653E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
2,8114E+01	2,0429E+00	2,0429E+00	2,0429E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
3,1371E+01	1,6482E+00	1,6482E+00	1,6482E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
3,4792E+01	1,3448E+00	1,3448E+00	1,3448E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00

— max. Bestrahlungsstärke Lee - - - max. Bestrahlungsstärke Quer - · - · - max. Bestrahlungsstärke Luv



Anhang B.2
Berechnungsprotokoll
Szenario 3

Lachenbrand Ottokraftstoff

Berechnung der Wärmestrahlung bei einem Lachenbrand

Datum: 31 Jan 2020 ; 04:15:30

Programm Version: 9.27.1

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff: Benzin
Bearbeitungsdatum: 03.10.2017
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]: 69,17
Molare Masse (Flüssigphase) [g/mol]: 88,84
Isentropenexponent [-]: 1,084
Realgasfaktor [-]: 1,0
Temperatur [K]: 293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]: 0,2479
Gasdichte [kg/m³]: 2,88
Flüssigkeitsdichte [kg/m³]: 773,492
Wärmekapazität der Flüssigphase [kJ/kg K]: 1,8922
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]: 1,5563
Verdampfungsenthalpie [kJ/kg]: 400,19
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]: 0,6
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]: 8,0
Unterer Heizwert [MJ/kg]: 41,0
Diffusionskoeffizient in Luft [m²/s]: 8,871e-06
Temperaturklasse: T3
Explosionsgruppe: II A

Flüssigkeitgemisch:

Flüssigphase:

Stoffname	Stoffanteil	Massenanteil	Volumenanteil
	Mol.-%	Masse-%	Vol.-%
Pentan	7,634	6,200	7,632
Butan	3,821	2,500	3,335

Benzol	10,464	9,200	8,125
Hexan	11,752	11,400	13,327
Toluol	15,620	16,200	14,411
Heptan	5,940	6,700	7,547
1.3-Dimethylbenzol (m-Xylol)			
	2,259	2,700	2,415
o-Xylol	10,376	12,400	10,916
Nonan	2,978	4,300	4,633
Decan	1,249	2,000	2,121
Cyclopentan	19,002	15,000	15,366
Ethylbenzol	4,100	4,900	4,363
Mesitylen	4,805	6,500	5,809

Gasphase

Stoffname	Stoffanteil Mol.-%	Massenanteil Masse-%	Volumenanteil Vol.-%
Pentan	19,785	20,638	19,781
Butan	35,240	29,612	35,234
Benzol	4,700	5,308	4,699
Hexan	8,820	10,990	8,819
Toluol	2,061	2,746	2,061
Heptan	1,264	1,831	1,263
1.3-Dimethylbenzol (m-Xylol)			
	0,080	0,123	0,080
o-Xylol	0,286	0,439	0,286
Nonan	0,053	0,098	0,053
Decan	0,006	0,013	0,006
Cyclopentan	27,505	27,889	27,517
Ethylbenzol	0,168	0,257	0,168
Mesitylen	0,032	0,056	0,032

Eingabedaten:

Achtung: Berechnung nach KAS-18, Stand 2005

Windgeschwindigkeit [m/s]: 0,00
Umgebungstemperatur [°C]: 20,00
relative Luftfeuchtigkeit [%]: 75,00
Emissionsverhältnis des Strahlers [-]: 0,95
Emissionsverhältnis des Empfängers [-]: 1,00
Höhe des Empfängers [m]: 1,00
Bestrahlungsstärke in sicherer Entf. [kW/m²]: 1,60

Ausgewähltes Modell Einstrahlzahl: Seeger

Ergebnisse:

Ausgewähltes Modell Abbrandgeschwindigkeit: Burges

Abbrandgeschwindigkeit [m/s]: 1,0787E-04
Abbrandrate [kg/s m²]: 8,3434E-02
Fester Lachendurchmesser
Durchmesser der Lache [m]: 8,56
Brandfläche [m²]: 5,7549E+01

Strahlungsmodell: Zylinderstrahlungsmodell

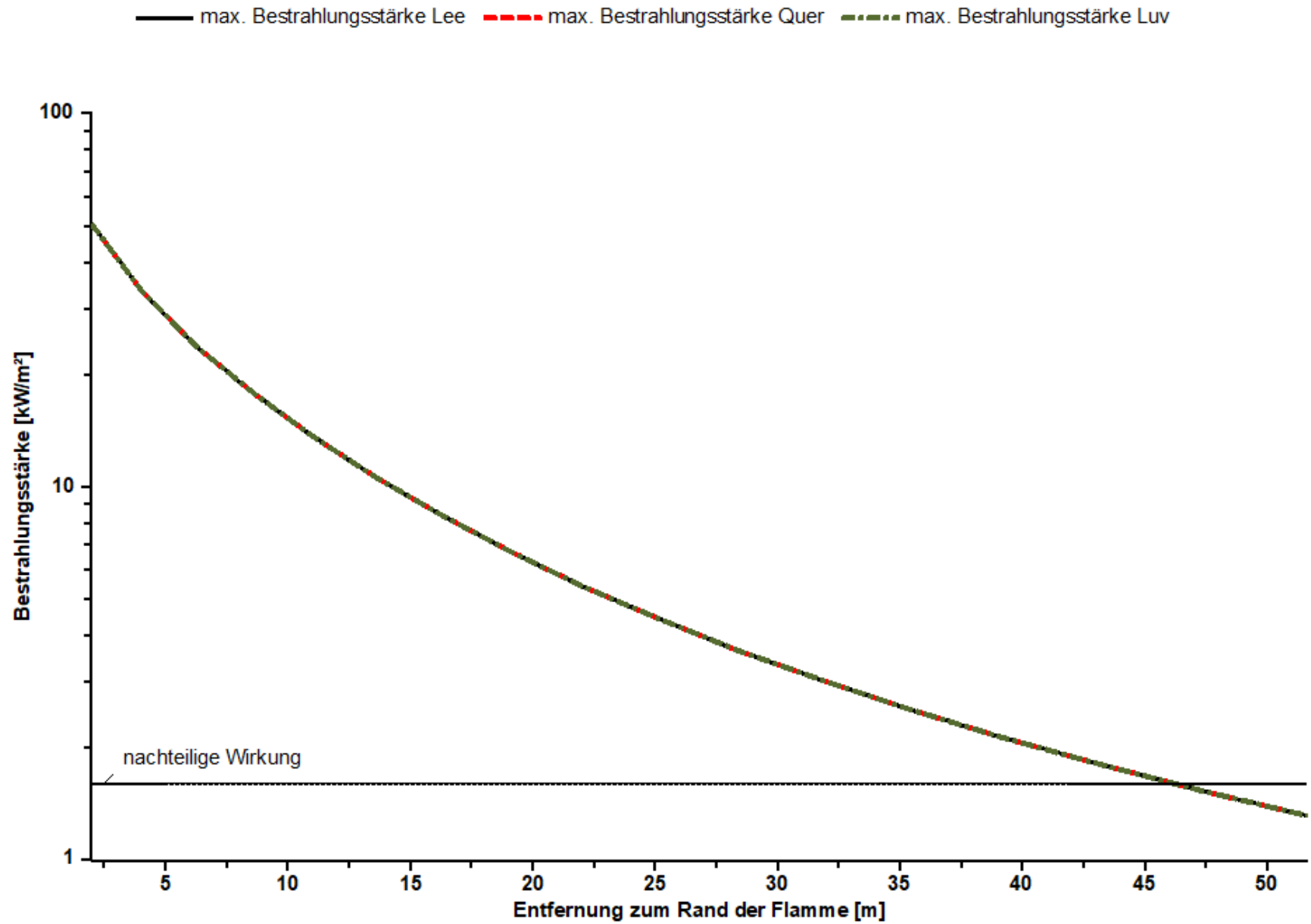
Strahlungsintensität [kW/m²]: 100,00
dies entspricht einer mittleren Temperatur des Strahlers [K]:
1168,44

Modell Flammenlänge: Thomas/Moorhouse KAS 18

Flammenlänge [m]: 15,36

Abstand [m]	QLeeMax [kW/m ²]	QQuerMax [kW/m ²]	QLuvMax [kW/m ²]	W-Lee [%]	W-Quer [%]	W-Luv [%]
6,28E+00	5,04E+01	5,04E+01	5,04E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
8,38E+00	3,30E+01	3,30E+01	3,30E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

1,06E+01	2,37E+01	2,37E+01	2,37E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
1,29E+01	1,77E+01	1,77E+01	1,77E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
1,53E+01	1,36E+01	1,36E+01	1,36E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
1,79E+01	1,06E+01	1,06E+01	1,06E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
2,06E+01	8,35E+00	8,35E+00	8,35E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
2,34E+01	6,69E+00	6,69E+00	6,69E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
2,63E+01	5,41E+00	5,41E+00	5,41E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
2,94E+01	4,42E+00	4,42E+00	4,42E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
3,27E+01	3,64E+00	3,64E+00	3,64E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
3,61E+01	3,02E+00	3,02E+00	3,02E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
3,97E+01	2,52E+00	2,52E+00	2,52E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
4,35E+01	2,12E+00	2,12E+00	2,12E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
4,74E+01	1,79E+00	1,79E+00	1,79E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,16E+01	1,52E+00	1,52E+00	1,52E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,60E+01	1,30E+00	1,30E+00	1,30E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00



Anhang B.2
Berechnungsprotokoll
Szenario 4

Austritt von R1234yf im Bereich des Speichertanks der Kältemittelanlage
– gesundheitsschädliche Ausbreitung R1234yf

Berechnung des freigesetzten flüssigen Massenstroms aus einem Leck oder Sicherheitsventil

Datum: 12 Nov 2020 ; 02:02:41

Programm Version: 9.30.0

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff: 2.3.3.3-Tetrafluorpropen (R1234yf)
Bearbeitungsdatum: 11.11.2020
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]: 114,04
Isentropenexponent [-]: 1,077
Realgasfaktor [-]: 0,854
Temperatur [K]: 293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]: 5,9185
Überdruck [bar]: 4,9055
Gasdichte [kg/m³]: 32,44
Flüssigkeitsdichte [kg/m³]: 1110,366
Wärmekapazität der Flüssigphase [kJ/kg K]: 1,3687
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]: 1,0185
Verdampfungsenthalpie [kJ/kg]: 154,31
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]: 6,2
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]: 12,3
Unterer Heizwert [MJ/kg]: 8,0
Diffusionskoeffizient in Luft [m²/s]: 7,752e-06
Temperaturklasse: T1
Explosionsgruppe: Keine Angabe

Eingabedaten:
Leckfläche [mm²]: 490,000
Anzahl der Austrittsöffnungen [-]: 1
Umgebungstemperatur [°C]: 20,00
relative Luftfeuchtigkeit [%]: 75,000

Achtung: Berechnung nach KAS-18, Stand 2005

Berechnung der Ausflussziffer nach Geike/Horn

Ausflussziffer [-]: 0,62

Ausflussziffer Geike/Horn [-]: 0,53

Modell: Bernoulli

Flash-Verdampfung, kein Spray-Modell

Ergebnisse:

Durchmesser Leckfläche [mm]: 25,0

Gesamtdruckdifferenz [bar]: 4,906

Freigesetzter flüssiger Massenstrom [kg/s]: 8,549

Freigesetzter gasförmiger Massenstrom [kg/s]: 0,000

Flash-Verdampfung [kg/s]: 2,609

Massenstrom für die Lachenbildung [kg/s]: 5,940

Gesamter gasförmiger Massenstrom [kg/s]: 2,609

Instationäre Lachenverdunstung oder -verdampfung (KAS-18)

Datum: 12 Nov 2020 ; 02:04:52

Achtung: Berechnung nach KAS-18, Stand 2005

Dies ist nicht die aktuelle Version des Verdunstungsmodells!

Beachten Sie bitte die Bedienungsanleitung.

Programm Version: 9.30.0

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff:	2.3.3.3-Tetrafluorpropen (R1234yf)
Bearbeitungsdatum:	11.11.2020
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]:	114,04
Isentropenexponent [-]:	1,077
Realgasfaktor [-]:	1,0
Temperatur [K]:	293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]:	5,9185
Überdruck [bar]:	4,9055
Gasdichte [kg/m ³]:	32,44
Flüssigkeitsdichte [kg/m ³]:	1110,366
Wärmekapazität der Flüssigphase [kJ/kg K]:	1,3687
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]:	1,0185
Verdampfungsenthalpie [kJ/kg]:	154,31
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	6,2
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	12,3
Unterer Heizwert [MJ/kg]:	8,0
Diffusionskoeffizient in Luft [m ² /s]:	7,752e-06
Temperaturklasse:	T1
Explosionsgruppe:	Keine Angabe

Eingabedaten:

Berechnung einer instationären Verdampfung / Verdunstung.

6,5000E+01	3,3851E+00	1,1061E+00	3,7152E+00	2,4365E+02	3,6595E+00
7,0900E+01	3,3851E+00	1,0663E+00	3,6754E+00	2,4365E+02	3,6624E+00
7,6800E+01	3,3851E+00	1,0314E+00	3,6405E+00	2,4365E+02	3,6620E+00
8,2700E+01	3,3851E+00	1,0005E+00	3,6096E+00	2,4365E+02	3,6594E+00
8,8600E+01	3,3851E+00	9,7287E-01	3,5820E+00	2,4365E+02	3,6551E+00
9,4500E+01	3,3851E+00	9,4800E-01	3,5571E+00	2,4365E+02	3,6497E+00
1,0040E+02	3,3851E+00	9,2543E-01	3,5345E+00	2,4365E+02	3,6436E+00
1,0630E+02	3,3851E+00	9,0483E-01	3,5139E+00	2,4365E+02	3,6369E+00
1,1220E+02	3,3851E+00	8,8593E-01	3,4950E+00	2,4365E+02	3,6300E+00
1,1810E+02	3,3851E+00	8,6851E-01	3,4776E+00	2,4365E+02	3,6228E+00
1,2400E+02	3,3851E+00	8,5238E-01	3,4615E+00	2,4365E+02	3,6155E+00
1,2990E+02	3,3851E+00	8,3739E-01	3,4465E+00	2,4365E+02	3,6081E+00
1,3580E+02	3,3851E+00	8,2341E-01	3,4325E+00	2,4365E+02	3,6008E+00
1,4170E+02	3,3851E+00	8,1033E-01	3,4194E+00	2,4365E+02	3,5935E+00
1,4760E+02	3,3851E+00	7,9806E-01	3,4072E+00	2,4365E+02	3,5863E+00
1,5350E+02	3,3851E+00	7,8652E-01	3,3956E+00	2,4365E+02	3,5792E+00
1,5940E+02	3,3851E+00	7,7563E-01	3,3847E+00	2,4365E+02	3,5722E+00
1,6530E+02	3,3851E+00	7,6535E-01	3,3744E+00	2,4365E+02	3,5653E+00
1,7120E+02	3,3851E+00	7,5561E-01	3,3647E+00	2,4365E+02	3,5586E+00
1,7710E+02	3,3851E+00	7,4637E-01	3,3555E+00	2,4365E+02	3,5519E+00
1,8300E+02	3,3851E+00	7,3758E-01	3,3467E+00	2,4365E+02	3,5455E+00
1,8890E+02	3,3851E+00	7,2922E-01	3,3383E+00	2,4365E+02	3,5391E+00
1,9480E+02	3,3851E+00	7,2124E-01	3,3303E+00	2,4365E+02	3,5329E+00
2,0070E+02	3,3851E+00	7,1362E-01	3,3227E+00	2,4365E+02	3,5268E+00
2,0660E+02	3,3851E+00	7,0634E-01	3,3154E+00	2,4365E+02	3,5209E+00
2,1250E+02	3,3851E+00	6,9936E-01	3,3085E+00	2,4365E+02	3,5151E+00
2,1840E+02	3,3851E+00	6,9268E-01	3,3018E+00	2,4365E+02	3,5094E+00
2,2430E+02	3,3851E+00	6,8626E-01	3,2954E+00	2,4365E+02	3,5039E+00
2,3020E+02	3,3851E+00	6,8009E-01	3,2892E+00	2,4365E+02	3,4985E+00
2,3610E+02	3,3851E+00	6,7416E-01	3,2833E+00	2,4365E+02	3,4932E+00
2,4200E+02	3,3851E+00	6,6844E-01	3,2775E+00	2,4365E+02	3,4880E+00
2,4790E+02	3,3851E+00	6,6294E-01	3,2720E+00	2,4365E+02	3,4829E+00
2,5380E+02	3,3851E+00	6,5763E-01	3,2667E+00	2,4365E+02	3,4779E+00
2,5970E+02	3,3851E+00	6,5250E-01	3,2616E+00	2,4365E+02	3,4731E+00
2,6560E+02	3,3851E+00	6,4754E-01	3,2566E+00	2,4365E+02	3,4683E+00
2,7150E+02	3,3851E+00	6,4275E-01	3,2519E+00	2,4365E+02	3,4637E+00
2,7740E+02	3,3851E+00	6,3812E-01	3,2472E+00	2,4365E+02	3,4591E+00

2,8330E+02	3,3851E+00	6,3363E-01	3,2427E+00	2,4365E+02	3,4546E+00
2,8920E+02	3,3851E+00	6,2928E-01	3,2384E+00	2,4365E+02	3,4503E+00
2,9510E+02	3,3851E+00	6,2506E-01	3,2342E+00	2,4365E+02	3,4460E+00
3,0100E+02	3,3851E+00	6,2097E-01	3,2301E+00	2,4365E+02	3,4418E+00
3,0690E+02	3,3851E+00	6,1699E-01	3,2261E+00	2,4365E+02	3,4377E+00
3,1280E+02	3,3851E+00	6,1313E-01	3,2222E+00	2,4365E+02	3,4337E+00
3,1870E+02	3,3851E+00	6,0938E-01	3,2185E+00	2,4365E+02	3,4297E+00
3,2460E+02	3,3851E+00	6,0574E-01	3,2148E+00	2,4365E+02	3,4258E+00
3,3050E+02	3,3851E+00	6,0219E-01	3,2113E+00	2,4365E+02	3,4220E+00
3,3640E+02	3,3851E+00	5,9873E-01	3,2078E+00	2,4365E+02	3,4183E+00
3,4230E+02	3,3851E+00	5,9537E-01	3,2045E+00	2,4365E+02	3,4147E+00
3,4820E+02	3,3851E+00	5,9209E-01	3,2012E+00	2,4365E+02	3,4111E+00
3,5410E+02	3,3851E+00	5,8889E-01	3,1980E+00	2,4365E+02	3,4075E+00
3,6000E+02	3,3851E+00	5,8578E-01	3,1949E+00	2,4365E+02	3,4041E+00
3,6590E+02	3,3851E+00	5,8274E-01	3,1918E+00	2,4365E+02	3,4007E+00
3,7180E+02	3,3851E+00	5,7977E-01	3,1889E+00	2,4365E+02	3,3973E+00
3,7770E+02	3,3851E+00	5,7687E-01	3,1860E+00	2,4365E+02	3,3941E+00
3,8360E+02	3,3851E+00	5,7404E-01	3,1831E+00	2,4365E+02	3,3908E+00
3,8950E+02	3,3851E+00	5,7128E-01	3,1804E+00	2,4365E+02	3,3877E+00
3,9540E+02	3,3851E+00	5,6858E-01	3,1777E+00	2,4365E+02	3,3846E+00
4,0130E+02	3,3851E+00	5,6593E-01	3,1750E+00	2,4365E+02	3,3815E+00
4,0720E+02	3,3851E+00	5,6335E-01	3,1724E+00	2,4365E+02	3,3785E+00
4,1310E+02	3,3851E+00	5,6082E-01	3,1699E+00	2,4365E+02	3,3755E+00
4,1900E+02	3,3851E+00	5,5835E-01	3,1674E+00	2,4365E+02	3,3726E+00
4,2490E+02	3,3851E+00	5,5592E-01	3,1650E+00	2,4365E+02	3,3697E+00
4,3080E+02	3,3851E+00	5,5355E-01	3,1627E+00	2,4365E+02	3,3669E+00
4,3670E+02	3,3851E+00	5,5123E-01	3,1603E+00	2,4365E+02	3,3642E+00
4,4260E+02	3,3851E+00	5,4895E-01	3,1580E+00	2,4365E+02	3,3614E+00
4,4850E+02	3,3851E+00	5,4672E-01	3,1558E+00	2,4365E+02	3,3587E+00
4,5440E+02	3,3851E+00	5,4453E-01	3,1536E+00	2,4365E+02	3,3561E+00
4,6030E+02	3,3851E+00	5,4238E-01	3,1515E+00	2,4365E+02	3,3535E+00
4,6620E+02	3,3851E+00	5,4028E-01	3,1494E+00	2,4365E+02	3,3509E+00
4,7210E+02	3,3851E+00	5,3821E-01	3,1473E+00	2,4365E+02	3,3484E+00
4,7800E+02	3,3851E+00	5,3618E-01	3,1453E+00	2,4365E+02	3,3459E+00
4,8390E+02	3,3851E+00	5,3419E-01	3,1433E+00	2,4365E+02	3,3434E+00
4,8980E+02	3,3851E+00	5,3224E-01	3,1413E+00	2,4365E+02	3,3410E+00
4,9570E+02	3,3851E+00	5,3032E-01	3,1394E+00	2,4365E+02	3,3386E+00

5,0160E+02	3,3851E+00	5,2844E-01	3,1375E+00	2,4365E+02	3,3363E+00
5,0750E+02	3,3851E+00	5,2659E-01	3,1357E+00	2,4365E+02	3,3339E+00
5,1340E+02	3,3851E+00	5,2477E-01	3,1339E+00	2,4365E+02	3,3316E+00
5,1930E+02	3,3851E+00	5,2298E-01	3,1321E+00	2,4365E+02	3,3294E+00
5,2520E+02	3,3851E+00	5,2122E-01	3,1303E+00	2,4365E+02	3,3272E+00
5,3110E+02	3,3851E+00	5,1949E-01	3,1286E+00	2,4365E+02	3,3250E+00
5,3700E+02	3,3851E+00	5,1780E-01	3,1269E+00	2,4365E+02	3,3228E+00
5,4290E+02	3,3851E+00	5,1612E-01	3,1252E+00	2,4365E+02	3,3207E+00
5,4880E+02	3,3851E+00	5,1448E-01	3,1236E+00	2,4365E+02	3,3185E+00
5,5470E+02	3,3851E+00	5,1286E-01	3,1220E+00	2,4365E+02	3,3165E+00
5,6060E+02	3,3851E+00	5,1127E-01	3,1204E+00	2,4365E+02	3,3144E+00
5,6650E+02	3,3851E+00	5,0970E-01	3,1188E+00	2,4365E+02	3,3124E+00
5,7240E+02	3,3851E+00	5,0816E-01	3,1173E+00	2,4365E+02	3,3104E+00
5,7830E+02	3,3851E+00	5,0664E-01	3,1157E+00	2,4365E+02	3,3084E+00
5,8420E+02	3,3851E+00	5,0514E-01	3,1142E+00	2,4365E+02	3,3064E+00
5,9010E+02	3,3851E+00	5,0367E-01	3,1128E+00	2,4365E+02	3,3045E+00
5,9600E+02	3,3851E+00	5,0222E-01	3,1113E+00	2,4365E+02	3,3026E+00
6,0010E+02	3,3851E+00	5,0122E-01	5,0122E-01	2,4365E+02	3,3009E+00
6,0600E+02	3,3851E+00	4,9981E-01	4,9981E-01	2,4365E+02	3,2736E+00
6,1190E+02	3,3851E+00	4,9841E-01	4,9841E-01	2,4365E+02	3,2468E+00
6,1780E+02	3,3851E+00	4,9704E-01	4,9704E-01	2,4365E+02	3,2206E+00
6,2370E+02	3,3851E+00	4,9568E-01	4,9568E-01	2,4365E+02	3,1948E+00
6,2960E+02	3,3851E+00	4,9435E-01	4,9435E-01	2,4365E+02	3,1695E+00
6,3550E+02	3,3851E+00	4,9303E-01	4,9303E-01	2,4365E+02	3,1447E+00
6,4140E+02	3,3851E+00	4,9173E-01	4,9173E-01	2,4365E+02	3,1203E+00
6,4730E+02	3,3851E+00	4,9045E-01	4,9045E-01	2,4365E+02	3,0963E+00
6,5320E+02	3,3851E+00	4,8919E-01	4,8919E-01	2,4365E+02	3,0728E+00
6,5910E+02	3,3851E+00	4,8794E-01	4,8794E-01	2,4365E+02	3,0496E+00
6,6500E+02	3,3851E+00	4,8671E-01	4,8671E-01	2,4365E+02	3,0269E+00
6,7090E+02	3,3851E+00	4,8550E-01	4,8550E-01	2,4365E+02	3,0046E+00
6,7680E+02	3,3851E+00	4,8430E-01	4,8430E-01	2,4365E+02	2,9826E+00
6,8270E+02	3,3851E+00	4,8312E-01	4,8312E-01	2,4365E+02	2,9610E+00
6,8860E+02	3,3851E+00	4,8195E-01	4,8195E-01	2,4365E+02	2,9398E+00
6,9450E+02	3,3851E+00	4,8080E-01	4,8080E-01	2,4365E+02	2,9189E+00
7,0040E+02	3,3851E+00	4,7966E-01	4,7966E-01	2,4365E+02	2,8983E+00
7,0630E+02	3,3851E+00	4,7854E-01	4,7854E-01	2,4365E+02	2,8781E+00
7,1220E+02	3,3851E+00	4,7743E-01	4,7743E-01	2,4365E+02	2,8582E+00

7,1810E+02	3,3851E+00	4,7633E-01	4,7633E-01	2,4365E+02	2,8387E+00
7,2400E+02	3,3851E+00	4,7525E-01	4,7525E-01	2,4365E+02	2,8194E+00
7,2990E+02	3,3851E+00	4,7418E-01	4,7418E-01	2,4365E+02	2,8005E+00
7,3580E+02	3,3851E+00	4,7313E-01	4,7313E-01	2,4365E+02	2,7818E+00
7,4170E+02	3,3851E+00	4,7208E-01	4,7208E-01	2,4365E+02	2,7634E+00
7,4760E+02	3,3851E+00	4,7105E-01	4,7105E-01	2,4365E+02	2,7454E+00
7,5350E+02	3,3851E+00	4,7004E-01	4,7004E-01	2,4365E+02	2,7275E+00
7,5940E+02	3,3851E+00	4,6903E-01	4,6903E-01	2,4365E+02	2,7100E+00
7,6530E+02	3,3851E+00	4,6803E-01	4,6803E-01	2,4365E+02	2,6927E+00
7,7120E+02	3,3851E+00	4,6705E-01	4,6705E-01	2,4365E+02	2,6757E+00
7,7710E+02	3,3851E+00	4,6608E-01	4,6608E-01	2,4365E+02	2,6589E+00
7,8300E+02	3,3851E+00	4,6512E-01	4,6512E-01	2,4365E+02	2,6424E+00
7,8890E+02	3,3851E+00	4,6417E-01	4,6417E-01	2,4365E+02	2,6261E+00
7,9480E+02	3,3851E+00	4,6323E-01	4,6323E-01	2,4365E+02	2,6101E+00
8,0070E+02	3,3851E+00	4,6230E-01	4,6230E-01	2,4365E+02	2,5942E+00
8,0660E+02	3,3851E+00	4,6138E-01	4,6138E-01	2,4365E+02	2,5786E+00
8,1250E+02	3,3851E+00	4,6047E-01	4,6047E-01	2,4365E+02	2,5633E+00
8,1840E+02	3,3851E+00	4,5957E-01	4,5957E-01	2,4365E+02	2,5481E+00
8,2430E+02	3,3851E+00	4,5868E-01	4,5868E-01	2,4365E+02	2,5331E+00
8,3020E+02	3,3851E+00	4,5780E-01	4,5780E-01	2,4365E+02	2,5184E+00
8,3610E+02	3,3851E+00	4,5693E-01	4,5693E-01	2,4365E+02	2,5039E+00
8,4200E+02	3,3851E+00	4,5607E-01	4,5607E-01	2,4365E+02	2,4895E+00
8,4790E+02	3,3851E+00	4,5521E-01	4,5521E-01	2,4365E+02	2,4754E+00
8,5380E+02	3,3851E+00	4,5437E-01	4,5437E-01	2,4365E+02	2,4614E+00
8,5970E+02	3,3851E+00	4,5353E-01	4,5353E-01	2,4365E+02	2,4476E+00
8,6560E+02	3,3851E+00	4,5271E-01	4,5271E-01	2,4365E+02	2,4340E+00
8,7150E+02	3,3851E+00	4,5189E-01	4,5189E-01	2,4365E+02	2,4206E+00
8,7740E+02	3,3851E+00	4,5108E-01	4,5108E-01	2,4365E+02	2,4074E+00
8,8330E+02	3,3851E+00	4,5028E-01	4,5028E-01	2,4365E+02	2,3943E+00
8,8920E+02	3,3851E+00	4,4948E-01	4,4948E-01	2,4365E+02	2,3814E+00
8,9510E+02	3,3851E+00	4,4870E-01	4,4870E-01	2,4365E+02	2,3687E+00
9,0100E+02	3,3851E+00	4,4792E-01	4,4792E-01	2,4365E+02	2,3561E+00
9,0690E+02	3,3851E+00	4,4715E-01	4,4715E-01	2,4365E+02	2,3437E+00
9,1280E+02	3,3851E+00	4,4639E-01	4,4639E-01	2,4365E+02	2,3314E+00
9,1870E+02	3,3851E+00	4,4563E-01	4,4563E-01	2,4365E+02	2,3193E+00
9,2460E+02	3,3851E+00	4,4488E-01	4,4488E-01	2,4365E+02	2,3073E+00
9,3050E+02	3,3851E+00	4,4414E-01	4,4414E-01	2,4365E+02	2,2955E+00

9,3640E+02	3,3851E+00	4,4341E-01	4,4341E-01	2,4365E+02	2,2839E+00
9,4230E+02	3,3851E+00	4,4268E-01	4,4268E-01	2,4365E+02	2,2723E+00
9,4820E+02	3,3851E+00	4,4196E-01	4,4196E-01	2,4365E+02	2,2609E+00
9,5410E+02	3,3851E+00	4,4125E-01	4,4125E-01	2,4365E+02	2,2497E+00
9,6000E+02	3,3851E+00	4,4054E-01	4,4054E-01	2,4365E+02	2,2386E+00
9,6590E+02	3,3851E+00	4,3984E-01	4,3984E-01	2,4365E+02	2,2276E+00
9,7180E+02	3,3851E+00	4,3914E-01	4,3914E-01	2,4365E+02	2,2167E+00
9,7770E+02	3,3851E+00	4,3846E-01	4,3846E-01	2,4365E+02	2,2060E+00
9,8360E+02	3,3851E+00	4,3777E-01	4,3777E-01	2,4365E+02	2,1954E+00
9,8950E+02	3,3851E+00	4,3710E-01	4,3710E-01	2,4365E+02	2,1849E+00
9,9540E+02	3,3851E+00	4,3643E-01	4,3643E-01	2,4365E+02	2,1746E+00
1,0013E+03	3,3851E+00	4,3576E-01	4,3576E-01	2,4365E+02	2,1643E+00
1,0072E+03	3,3851E+00	4,3511E-01	4,3511E-01	2,4365E+02	2,1542E+00
1,0131E+03	3,3851E+00	4,3445E-01	4,3445E-01	2,4365E+02	2,1442E+00
1,0190E+03	3,3851E+00	4,3381E-01	4,3381E-01	2,4365E+02	2,1343E+00
1,0249E+03	3,3851E+00	4,3317E-01	4,3317E-01	2,4365E+02	2,1245E+00
1,0308E+03	3,3851E+00	4,3253E-01	4,3253E-01	2,4365E+02	2,1148E+00
1,0367E+03	3,3851E+00	4,3190E-01	4,3190E-01	2,4365E+02	2,1052E+00
1,0426E+03	3,3851E+00	4,3128E-01	4,3128E-01	2,4365E+02	2,0958E+00
1,0485E+03	3,3851E+00	4,3066E-01	4,3066E-01	2,4365E+02	2,0864E+00
1,0544E+03	3,3851E+00	4,3004E-01	4,3004E-01	2,4365E+02	2,0771E+00
1,0603E+03	3,3851E+00	4,2943E-01	4,2943E-01	2,4365E+02	2,0680E+00
1,0662E+03	3,3851E+00	4,2883E-01	4,2883E-01	2,4365E+02	2,0589E+00
1,0721E+03	3,3851E+00	4,2823E-01	4,2823E-01	2,4365E+02	2,0499E+00
1,0780E+03	3,3851E+00	4,2764E-01	4,2764E-01	2,4365E+02	2,0410E+00
1,0839E+03	3,3851E+00	4,2705E-01	4,2705E-01	2,4365E+02	2,0322E+00
1,0898E+03	3,3851E+00	4,2646E-01	4,2646E-01	2,4365E+02	2,0236E+00
1,0957E+03	3,3851E+00	4,2588E-01	4,2588E-01	2,4365E+02	2,0150E+00
1,1016E+03	3,3851E+00	4,2531E-01	4,2531E-01	2,4365E+02	2,0064E+00
1,1075E+03	3,3851E+00	4,2474E-01	4,2474E-01	2,4365E+02	1,9980E+00
1,1134E+03	3,3851E+00	4,2417E-01	4,2417E-01	2,4365E+02	1,9897E+00
1,1193E+03	3,3851E+00	4,2361E-01	4,2361E-01	2,4365E+02	1,9814E+00
1,1252E+03	3,3851E+00	4,2306E-01	4,2306E-01	2,4365E+02	1,9733E+00
1,1311E+03	3,3851E+00	4,2250E-01	4,2250E-01	2,4365E+02	1,9652E+00
1,1370E+03	3,3851E+00	4,2195E-01	4,2195E-01	2,4365E+02	1,9572E+00
1,1429E+03	3,3851E+00	4,2141E-01	4,2141E-01	2,4365E+02	1,9492E+00
1,1488E+03	3,3851E+00	4,2087E-01	4,2087E-01	2,4365E+02	1,9414E+00

1,1547E+03	3,3851E+00	4,2034E-01	4,2034E-01	2,4365E+02	1,9336E+00
1,1606E+03	3,3851E+00	4,1980E-01	4,1980E-01	2,4365E+02	1,9259E+00
1,1665E+03	3,3851E+00	4,1928E-01	4,1928E-01	2,4365E+02	1,9183E+00
1,1724E+03	3,3851E+00	4,1875E-01	4,1875E-01	2,4365E+02	1,9108E+00
1,1783E+03	3,3851E+00	4,1823E-01	4,1823E-01	2,4365E+02	1,9033E+00
1,1842E+03	3,3851E+00	4,1772E-01	4,1772E-01	2,4365E+02	1,8959E+00
1,1901E+03	3,3851E+00	4,1721E-01	4,1721E-01	2,4365E+02	1,8886E+00
1,1960E+03	3,3851E+00	4,1670E-01	4,1670E-01	2,4365E+02	1,8813E+00
1,2011E+03	3,3851E+00	4,1626E-01	4,1626E-01	2,4365E+02	1,8751E+00
1,2070E+03	3,3851E+00	4,1576E-01	4,1576E-01	2,4365E+02	1,8679E+00
1,2129E+03	3,3851E+00	4,1526E-01	4,1526E-01	2,4365E+02	1,8609E+00
1,2188E+03	3,3851E+00	4,1477E-01	4,1477E-01	2,4365E+02	1,8539E+00
1,2247E+03	3,3851E+00	4,1428E-01	4,1428E-01	2,4365E+02	1,8469E+00
1,2306E+03	3,3851E+00	4,1379E-01	4,1379E-01	2,4365E+02	1,8401E+00
1,2365E+03	3,3851E+00	4,1331E-01	4,1331E-01	2,4365E+02	1,8333E+00
1,2424E+03	3,3851E+00	4,1283E-01	4,1283E-01	2,4365E+02	1,8265E+00
1,2483E+03	3,3851E+00	4,1235E-01	4,1235E-01	2,4365E+02	1,8198E+00
1,2542E+03	3,3851E+00	4,1188E-01	4,1188E-01	2,4365E+02	1,8132E+00
1,2601E+03	3,3851E+00	4,1141E-01	4,1141E-01	2,4365E+02	1,8067E+00
1,2660E+03	3,3851E+00	4,1094E-01	4,1094E-01	2,4365E+02	1,8002E+00
1,2719E+03	3,3851E+00	4,1048E-01	4,1048E-01	2,4365E+02	1,7937E+00
1,2778E+03	3,3851E+00	4,1002E-01	4,1002E-01	2,4365E+02	1,7873E+00
1,2837E+03	3,3851E+00	4,0956E-01	4,0956E-01	2,4365E+02	1,7810E+00
1,2896E+03	3,3851E+00	4,0911E-01	4,0911E-01	2,4365E+02	1,7747E+00
1,2955E+03	3,3851E+00	4,0866E-01	4,0866E-01	2,4365E+02	1,7685E+00
1,3014E+03	3,3851E+00	4,0821E-01	4,0821E-01	2,4365E+02	1,7623E+00
1,3073E+03	3,3851E+00	4,0777E-01	4,0777E-01	2,4365E+02	1,7562E+00
1,3132E+03	3,3851E+00	4,0733E-01	4,0733E-01	2,4365E+02	1,7502E+00
1,3191E+03	3,3851E+00	4,0689E-01	4,0689E-01	2,4365E+02	1,7442E+00
1,3250E+03	3,3851E+00	4,0645E-01	4,0645E-01	2,4365E+02	1,7382E+00
1,3309E+03	3,3851E+00	4,0602E-01	4,0602E-01	2,4365E+02	1,7323E+00
1,3368E+03	3,3851E+00	4,0559E-01	4,0559E-01	2,4365E+02	1,7264E+00
1,3427E+03	3,3851E+00	4,0516E-01	4,0516E-01	2,4365E+02	1,7206E+00
1,3486E+03	3,3851E+00	4,0474E-01	4,0474E-01	2,4365E+02	1,7149E+00
1,3545E+03	3,3851E+00	4,0432E-01	4,0432E-01	2,4365E+02	1,7092E+00
1,3604E+03	3,3851E+00	4,0390E-01	4,0390E-01	2,4365E+02	1,7035E+00
1,3663E+03	3,3851E+00	4,0348E-01	4,0348E-01	2,4365E+02	1,6979E+00

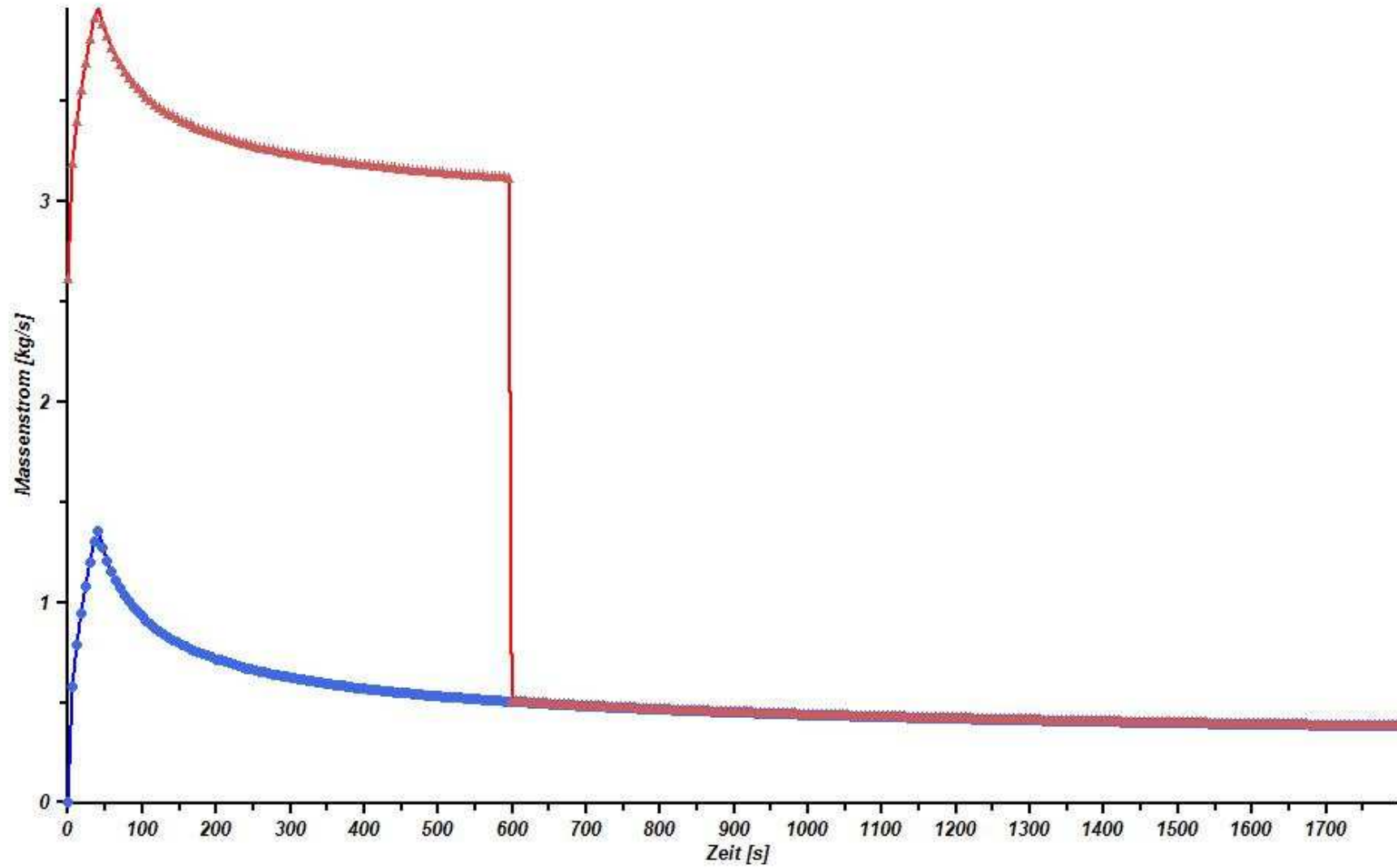
1,3722E+03	3,3851E+00	4,0307E-01	4,0307E-01	2,4365E+02	1,6923E+00
1,3781E+03	3,3851E+00	4,0266E-01	4,0266E-01	2,4365E+02	1,6868E+00
1,3840E+03	3,3851E+00	4,0225E-01	4,0225E-01	2,4365E+02	1,6813E+00
1,3899E+03	3,3851E+00	4,0185E-01	4,0185E-01	2,4365E+02	1,6759E+00
1,3958E+03	3,3851E+00	4,0145E-01	4,0145E-01	2,4365E+02	1,6705E+00
1,4017E+03	3,3851E+00	4,0105E-01	4,0105E-01	2,4365E+02	1,6652E+00
1,4076E+03	3,3851E+00	4,0065E-01	4,0065E-01	2,4365E+02	1,6599E+00
1,4135E+03	3,3851E+00	4,0025E-01	4,0025E-01	2,4365E+02	1,6546E+00
1,4194E+03	3,3851E+00	3,9986E-01	3,9986E-01	2,4365E+02	1,6494E+00
1,4253E+03	3,3851E+00	3,9947E-01	3,9947E-01	2,4365E+02	1,6442E+00
1,4312E+03	3,3851E+00	3,9908E-01	3,9908E-01	2,4365E+02	1,6391E+00
1,4371E+03	3,3851E+00	3,9870E-01	3,9870E-01	2,4365E+02	1,6340E+00
1,4430E+03	3,3851E+00	3,9831E-01	3,9831E-01	2,4365E+02	1,6290E+00
1,4489E+03	3,3851E+00	3,9793E-01	3,9793E-01	2,4365E+02	1,6239E+00
1,4548E+03	3,3851E+00	3,9755E-01	3,9755E-01	2,4365E+02	1,6190E+00
1,4607E+03	3,3851E+00	3,9718E-01	3,9718E-01	2,4365E+02	1,6140E+00
1,4666E+03	3,3851E+00	3,9680E-01	3,9680E-01	2,4365E+02	1,6091E+00
1,4725E+03	3,3851E+00	3,9643E-01	3,9643E-01	2,4365E+02	1,6043E+00
1,4784E+03	3,3851E+00	3,9606E-01	3,9606E-01	2,4365E+02	1,5995E+00
1,4843E+03	3,3851E+00	3,9570E-01	3,9570E-01	2,4365E+02	1,5947E+00
1,4902E+03	3,3851E+00	3,9533E-01	3,9533E-01	2,4365E+02	1,5899E+00
1,4961E+03	3,3851E+00	3,9497E-01	3,9497E-01	2,4365E+02	1,5852E+00
1,5020E+03	3,3851E+00	3,9461E-01	3,9461E-01	2,4365E+02	1,5805E+00
1,5079E+03	3,3851E+00	3,9425E-01	3,9425E-01	2,4365E+02	1,5759E+00
1,5138E+03	3,3851E+00	3,9389E-01	3,9389E-01	2,4365E+02	1,5713E+00
1,5197E+03	3,3851E+00	3,9354E-01	3,9354E-01	2,4365E+02	1,5667E+00
1,5256E+03	3,3851E+00	3,9319E-01	3,9319E-01	2,4365E+02	1,5622E+00
1,5315E+03	3,3851E+00	3,9284E-01	3,9284E-01	2,4365E+02	1,5577E+00
1,5374E+03	3,3851E+00	3,9249E-01	3,9249E-01	2,4365E+02	1,5532E+00
1,5433E+03	3,3851E+00	3,9214E-01	3,9214E-01	2,4365E+02	1,5488E+00
1,5492E+03	3,3851E+00	3,9180E-01	3,9180E-01	2,4365E+02	1,5444E+00
1,5551E+03	3,3851E+00	3,9145E-01	3,9145E-01	2,4365E+02	1,5400E+00
1,5610E+03	3,3851E+00	3,9111E-01	3,9111E-01	2,4365E+02	1,5356E+00
1,5669E+03	3,3851E+00	3,9078E-01	3,9078E-01	2,4365E+02	1,5313E+00
1,5728E+03	3,3851E+00	3,9044E-01	3,9044E-01	2,4365E+02	1,5271E+00
1,5787E+03	3,3851E+00	3,9011E-01	3,9011E-01	2,4365E+02	1,5228E+00
1,5846E+03	3,3851E+00	3,8977E-01	3,8977E-01	2,4365E+02	1,5186E+00

1,5905E+03	3,3851E+00	3,8944E-01	3,8944E-01	2,4365E+02	1,5144E+00
1,5964E+03	3,3851E+00	3,8911E-01	3,8911E-01	2,4365E+02	1,5102E+00
1,6023E+03	3,3851E+00	3,8879E-01	3,8879E-01	2,4365E+02	1,5061E+00
1,6082E+03	3,3851E+00	3,8846E-01	3,8846E-01	2,4365E+02	1,5020E+00
1,6141E+03	3,3851E+00	3,8814E-01	3,8814E-01	2,4365E+02	1,4979E+00
1,6200E+03	3,3851E+00	3,8781E-01	3,8781E-01	2,4365E+02	1,4939E+00
1,6259E+03	3,3851E+00	3,8749E-01	3,8749E-01	2,4365E+02	1,4899E+00
1,6318E+03	3,3851E+00	3,8718E-01	3,8718E-01	2,4365E+02	1,4859E+00
1,6377E+03	3,3851E+00	3,8686E-01	3,8686E-01	2,4365E+02	1,4819E+00
1,6436E+03	3,3851E+00	3,8654E-01	3,8654E-01	2,4365E+02	1,4780E+00
1,6495E+03	3,3851E+00	3,8623E-01	3,8623E-01	2,4365E+02	1,4741E+00
1,6554E+03	3,3851E+00	3,8592E-01	3,8592E-01	2,4365E+02	1,4702E+00
1,6613E+03	3,3851E+00	3,8561E-01	3,8561E-01	2,4365E+02	1,4664E+00
1,6672E+03	3,3851E+00	3,8530E-01	3,8530E-01	2,4365E+02	1,4626E+00
1,6731E+03	3,3851E+00	3,8499E-01	3,8499E-01	2,4365E+02	1,4588E+00
1,6790E+03	3,3851E+00	3,8469E-01	3,8469E-01	2,4365E+02	1,4550E+00
1,6849E+03	3,3851E+00	3,8439E-01	3,8439E-01	2,4365E+02	1,4512E+00
1,6908E+03	3,3851E+00	3,8408E-01	3,8408E-01	2,4365E+02	1,4475E+00
1,6967E+03	3,3851E+00	3,8378E-01	3,8378E-01	2,4365E+02	1,4438E+00
1,7026E+03	3,3851E+00	3,8349E-01	3,8349E-01	2,4365E+02	1,4401E+00
1,7085E+03	3,3851E+00	3,8319E-01	3,8319E-01	2,4365E+02	1,4365E+00
1,7144E+03	3,3851E+00	3,8289E-01	3,8289E-01	2,4365E+02	1,4329E+00
1,7203E+03	3,3851E+00	3,8260E-01	3,8260E-01	2,4365E+02	1,4293E+00
1,7262E+03	3,3851E+00	3,8231E-01	3,8231E-01	2,4365E+02	1,4257E+00
1,7321E+03	3,3851E+00	3,8201E-01	3,8201E-01	2,4365E+02	1,4221E+00
1,7380E+03	3,3851E+00	3,8172E-01	3,8172E-01	2,4365E+02	1,4186E+00
1,7439E+03	3,3851E+00	3,8144E-01	3,8144E-01	2,4365E+02	1,4151E+00
1,7498E+03	3,3851E+00	3,8115E-01	3,8115E-01	2,4365E+02	1,4116E+00
1,7557E+03	3,3851E+00	3,8086E-01	3,8086E-01	2,4365E+02	1,4081E+00
1,7616E+03	3,3851E+00	3,8058E-01	3,8058E-01	2,4365E+02	1,4047E+00
1,7675E+03	3,3851E+00	3,8030E-01	3,8030E-01	2,4365E+02	1,4013E+00
1,7734E+03	3,3851E+00	3,8002E-01	3,8002E-01	2,4365E+02	1,3979E+00
1,7793E+03	3,3851E+00	3,7974E-01	3,7974E-01	2,4365E+02	1,3945E+00
1,7852E+03	3,3851E+00	3,7946E-01	3,7946E-01	2,4365E+02	1,3912E+00
1,7911E+03	3,3851E+00	3,7918E-01	3,7918E-01	2,4365E+02	1,3878E+00
1,7970E+03	3,3851E+00	3,7891E-01	3,7891E-01	2,4365E+02	1,3845E+00

Gesamte gasförmige Masse [kg]:

2489,135

● *Verdampfter Massenstrom* ▲ *Gasförmiger Gesamtmassenstrom*



VDI-Richtlinie 3783 Blatt 1 und 2

Datum: 12 Nov 2020 ; 02:11:19

Programm Version: 9.30.0

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff:	2.3.3.3-Tetrafluorpropen (R1234yf)
Bearbeitungsdatum:	11.11.2020
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]:	114,04
Isentropenexponent [-]:	1,077
Realgasfaktor [-]:	1,0
Temperatur [K]:	293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]:	5,9185
Überdruck [bar]:	4,9055
Gasdichte [kg/m ³]:	32,44
Flüssigkeitsdichte [kg/m ³]:	1110,366
Wärmekapazität der Flüssigphase [kJ/kg K]:	1,3687
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]:	1,0185
Verdampfungsenthalpie [kJ/kg]:	154,31
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	6,2
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	12,3
Unterer Heizwert [MJ/kg]:	8,0
Diffusionskoeffizient in Luft [m ² /s]:	7,752e-06
Temperaturklasse:	T1
Explosionsgruppe:	Keine Angabe

Eingabeparameter

Standortparameter:

Ausbreitungsgebiet:	Ausbreitungsgebiet XIX: Gleichförmige Bebauung Typ 1
Rauhigkeitsklasse [-]:	5,00
Rauhigkeitshöhe [m]:	1,20

mittlere Bebauungshöhe [m]: 2,0000E+01
 Quellparameter der Punktquelle:
 Quellabmessungen:
 XQ [m]: 0,0000E+00
 YQ [m]: 0,0000E+00
 ZQ [m]: 0,0000E+00
 Quellhöhe [m]: 1,2000E+00
 Emissionsdauer [s]: 1,7970E+03

Emissionsverlauf:

Stützstelle	Zeit n. Emissionsbeginn [s]	Quellstärke g/s
-		
1,0000E+00	2,4010E+01	3,1506E+03
2,0000E+00	4,1400E+01	3,1520E+03
3,0000E+00	6,7460E+01	3,1552E+03
4,0000E+00	9,4182E+01	3,6285E+03
5,0000E+00	1,2113E+02	3,5139E+03
6,0000E+00	1,4805E+02	3,4378E+03
7,0000E+00	1,7449E+02	3,3829E+03
8,0000E+00	2,0080E+02	3,3411E+03
9,0000E+00	2,2790E+02	3,3071E+03
1,0000E+01	2,5504E+02	3,2786E+03
1,1000E+01	2,8216E+02	3,2546E+03
1,2000E+01	3,0929E+02	3,2341E+03
1,3000E+01	3,3643E+02	3,2162E+03
1,4000E+01	3,6359E+02	3,2004E+03
1,5000E+01	3,9075E+02	3,1864E+03
1,6000E+01	4,1792E+02	3,1739E+03
1,7000E+01	4,4509E+02	3,1625E+03
1,8000E+01	4,7227E+02	3,1522E+03
1,9000E+01	4,9945E+02	3,1427E+03
2,0000E+01	5,2663E+02	3,1341E+03
2,1000E+01	5,5382E+02	3,1261E+03
2,2000E+01	5,8100E+02	3,1186E+03
2,3000E+01	6,0819E+02	1,8072E+03

2,4000E+01	6,3538E+02	4,9617E+02
2,5000E+01	6,6257E+02	4,9014E+02
2,6000E+01	6,8976E+02	4,8447E+02
2,7000E+01	7,1696E+02	4,7914E+02
2,8000E+01	7,4415E+02	4,7410E+02
2,9000E+01	7,7134E+02	4,6934E+02
3,0000E+01	7,9854E+02	4,6483E+02
3,1000E+01	8,2573E+02	4,6055E+02
3,2000E+01	8,5293E+02	4,5648E+02
3,3000E+01	8,8012E+02	4,5260E+02
3,4000E+01	9,0732E+02	4,4890E+02
3,5000E+01	9,3452E+02	4,4537E+02
3,6000E+01	9,6171E+02	4,4199E+02
3,7000E+01	9,8891E+02	4,3875E+02
3,8000E+01	1,0161E+03	4,3565E+02
3,9000E+01	1,0433E+03	4,3266E+02
4,0000E+01	1,0705E+03	4,2980E+02
4,1000E+01	1,0977E+03	4,2704E+02
4,2000E+01	1,1249E+03	4,2439E+02
4,3000E+01	1,1521E+03	4,2183E+02
4,4000E+01	1,1793E+03	4,1936E+02
4,5000E+01	1,2065E+03	4,1698E+02
4,6000E+01	1,2337E+03	4,1467E+02
4,7000E+01	1,2609E+03	4,1244E+02
4,8000E+01	1,2881E+03	4,1029E+02
4,9000E+01	1,3153E+03	4,0820E+02
5,0000E+01	1,3425E+03	4,0618E+02
5,1000E+01	1,3697E+03	4,0421E+02
5,2000E+01	1,3969E+03	4,0231E+02
5,3000E+01	1,4241E+03	4,0046E+02
5,4000E+01	1,4513E+03	3,9867E+02
5,5000E+01	1,4785E+03	3,9692E+02
5,6000E+01	1,5057E+03	3,9522E+02
5,7000E+01	1,5329E+03	3,9357E+02
5,8000E+01	1,5601E+03	3,9196E+02

5,9000E+01	1,5873E+03	3,9040E+02
6,0000E+01	1,6145E+03	3,8887E+02
6,1000E+01	1,6417E+03	3,8738E+02
6,2000E+01	1,6689E+03	3,8593E+02
6,3000E+01	1,6961E+03	3,8452E+02
6,4000E+01	1,7233E+03	3,8313E+02
6,5000E+01	1,7505E+03	3,8178E+02
6,6000E+01	1,7777E+03	3,8047E+02
6,7000E+01	1,7970E+03	3,7936E+02

Rechnung nach VDI 3783 Blatt 2

Datum: 12 Nov 2020 ; 02:11:19

Ausbreitungsgebiet: Ausbreitungsgebiet XIX: Gleichförmige Bebauung Typ 1

Freigesetzte Masse insgesamt [g]:	2440022,0000
Berechnete Freisetzungsort: kontinuierlich	
Char. Länge Lcc [m]:	0,434
Char. Geschwindigkeit U _c [m/s]:	3,998
Char. Zeitmaß [s]	0,108
Höhe [m]:	4,77
Abstand [m]:	9,11

mittlere Ausbreitungssituation:

Untere Zünddistanz: -

Es soll der Windeinfluss berücksichtigt werden.

Da es sich aber um eine kontinuierliche Freisetzung handelt, ist dies nicht möglich.

Kopplungspunkt [m]:	3,2526E+01
Mindestwert für 1. Aufpunkt [m]:	1,6263E+02

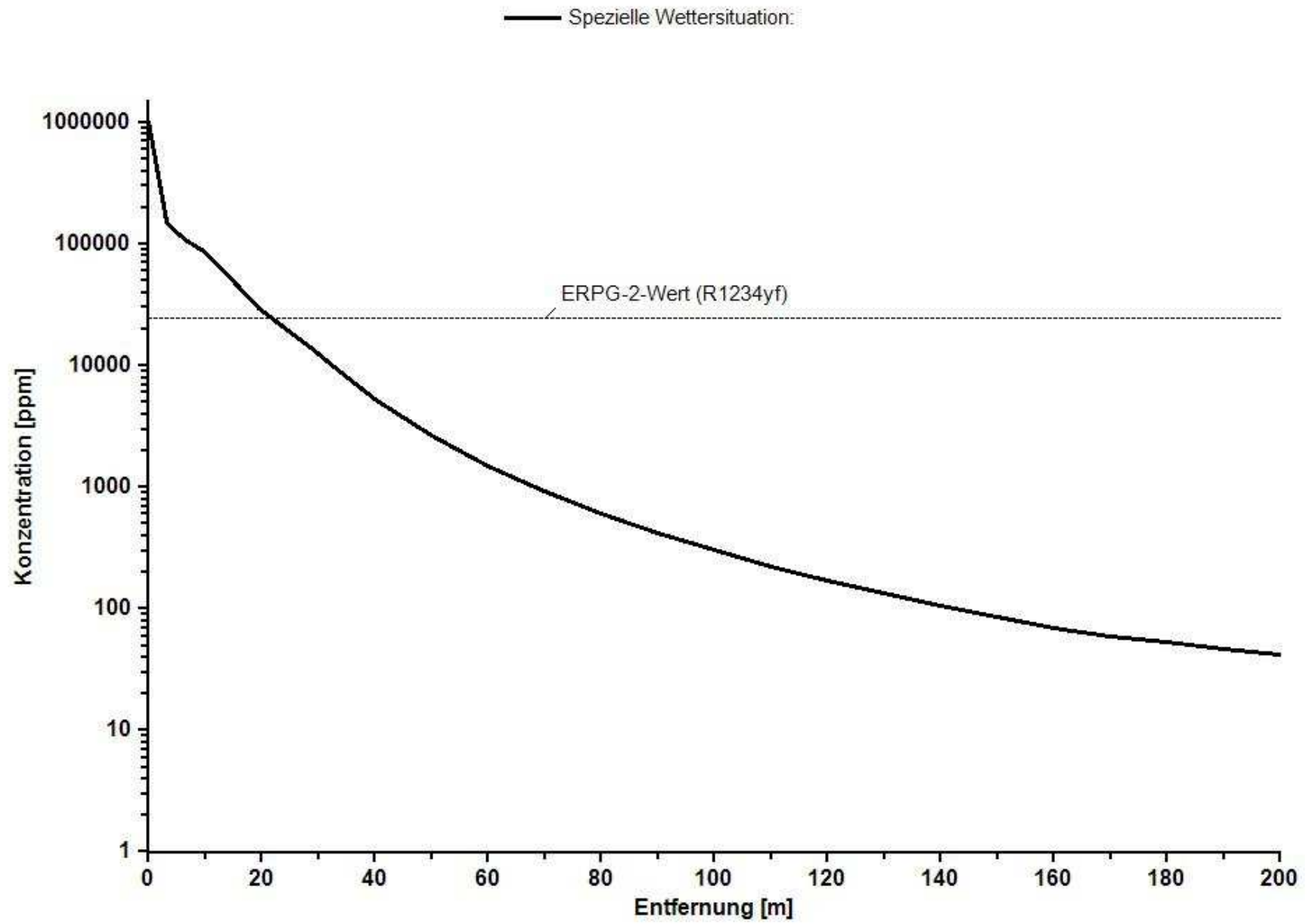
ungünstigste Ausbreitungssituation:

Untere Zünddistanz: -

Kopplungspunkt [m]: 5,1174E+01
Mindestwert für 1. Aufpunkt [m]: 2,5587E+02

Gaskonzentration am Kopplungspunkt: [mg/m**3]: 4,8261E+04

Die weitere Ausbreitung wird nach Blatt 1 berechnet.



Anhang B.2

Berechnungsprotokoll

Szenario 5

Austritt von R1234yf im Bereich des Speichertanks der Kältemittelanlage
– Explosion R1234yf / Luft-Gemisch

Berechnung des freigesetzten flüssigen Massenstroms aus einem Leck oder Sicherheitsventil

Datum: 12 Nov 2020 ; 02:20:52

Programm Version: 9.30.0

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff: 2.3.3.3-Tetrafluorpropen (R1234yf)
Bearbeitungsdatum: 11.11.2020
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]: 114,04
Isentropenexponent [-]: 1,077
Realgasfaktor [-]: 0,854
Temperatur [K]: 293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]: 5,9185
Überdruck [bar]: 4,9055
Gasdichte [kg/m³]: 32,44
Flüssigkeitsdichte [kg/m³]: 1110,366
Wärmekapazität der Flüssigphase [kJ/kg K]: 1,3687
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]: 1,0185
Verdampfungsenthalpie [kJ/kg]: 154,31
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]: 6,2
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]: 12,3
Unterer Heizwert [MJ/kg]: 8,0
Diffusionskoeffizient in Luft [m²/s]: 7,752e-06
Temperaturklasse: T1
Explosionsgruppe: Keine Angabe

Eingabedaten:

Leckfläche [mm²]: 490,000
Anzahl der Austrittsöffnungen [-]: 1
Umgebungstemperatur [°C]: 20,00
relative Luftfeuchtigkeit [%]: 75,000

Achtung: Berechnung nach KAS-18, Stand 2005
Berechnung der Ausflussziffer nach Geike/Horn
Ausflussziffer [-]: 0,62

Ausflussziffer Geike/Horn [-]: 0,53

Modell: Bernoulli

Flash-Verdampfung, kein Spray-Modell

Ergebnisse:

Durchmesser Leckfläche [mm]:	25,0
Gesamtdruckdifferenz [bar]:	4,906
Freigesetzter flüssiger Massenstrom [kg/s]:	8,549
Freigesetzter gasförmiger Massenstrom [kg/s]:	0,000
Flash-Verdampfung [kg/s]:	2,609
Massenstrom für die Lachenbildung [kg/s]:	5,940
Gesamter gasförmiger Massenstrom [kg/s]:	2,609

VDI-Richtlinie 3783 Blatt 2

Datum: 12 Nov 2020 ; 02:21:34

Programm Version: 9.30.0

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff:	2.3.3.3-Tetrafluorpropen (R1234yf)
Bearbeitungsdatum:	11.11.2020
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]:	114,04
Isentropenexponent [-]:	1,077
Realgasfaktor [-]:	1,0
Temperatur [K]:	293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]:	5,9185
Überdruck [bar]:	4,9055
Gasdichte [kg/m ³]:	32,44
Flüssigkeitsdichte [kg/m ³]:	1110,366
Wärmekapazität der Flüssigphase [kJ/kg K]:	1,3687
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]:	1,0185
Verdampfungsenthalpie [kJ/kg]:	154,31
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	6,2
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	12,3
Unterer Heizwert [MJ/kg]:	8,0
Diffusionskoeffizient in Luft [m ² /s]:	7,752e-06
Temperaturklasse:	T1
Explosionsgruppe:	Keine Angabe

Eingabeparameter

Gasart: 2.3.3.3-Tetrafluorpropen (R1234yf)	
Siedepunkt [°C]:	-29,50
Normdichte [kg/m ³]:	5,09
Untere Zündgrenze [Vol.-%]:	6,20

Obere Zündgrenze [Vol.-%]: 12,30
Freisetzungsform: unter Druck verflüssigt
Ausbreitungsgebiet: Ausbreitungsgebiet XIX: Gleichförmige Bebauung Typ 1

Emissionsverlauf:

Stützstelle	Zeit nach Emissionsbeginn	Massenstrom
-	[s]	[kg/s]
1,0000E+00	0,0000E+00	8,5500E+00
2,0000E+00	6,0000E+02	8,5500E+00

Ergebnis

Der Störfall wurde gemäß Abschnitt 3.3 der VDI-Richtlinie 3783 Blatt2
als KONTINUIERLICHER Störfall behandelt

Es ist mit folgenden unteren Zünddistanzen zu rechnen:

Mittlere Ausbreitungssituation [m]:	1,8122E+01
Ungünstige Ausbreitungssituation [m]:	3,0552E+01

Die potentiell zündfähige Masse im Ausbreitungsgebiet beträgt im
mittleren Fall [kg]: 1,0007E+01
ungünstigen Fall [kg]: 4,6804E+01

Die Dimensionen der im Ausbreitungsgebiet stehenden Hindernisse

Berechnen sich mit Hilfe der charakteristischen Länge

LCC [m]:	0,61
Höhe [m]:	6,72
Abstand [m]:	12,83

Char. Geschwindigkeit [m/s]:	4,75
------------------------------	------

Berechnung einer Gasexplosion im Freien

Datum: 12 Nov 2020 ; 02:23:46

Programm Version: 9.30.0

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff:	2.3.3.3-Tetrafluorpropen (R1234yf)
Bearbeitungsdatum:	11.11.2020
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]:	114,04
Isentropenexponent [-]:	1,077
Realgasfaktor [-]:	1,0
Temperatur [K]:	293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]:	5,9185
Überdruck [bar]:	4,9055
Gasdichte [kg/m ³]:	32,44
Flüssigkeitsdichte [kg/m ³]:	1110,366
Wärmekapazität der Flüssigphase [kJ/kg K]:	1,3687
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]:	1,0185
Verdampfungsenthalpie [kJ/kg]:	154,31
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	6,2
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	12,3
Unterer Heizwert [MJ/kg]:	8,0
Diffusionskoeffizient in Luft [m ² /s]:	7,752e-06
Temperaturklasse:	T1
Explosionsgruppe:	Keine Angabe

Eingabedaten:

Gewählte Modelle:

Wiekema

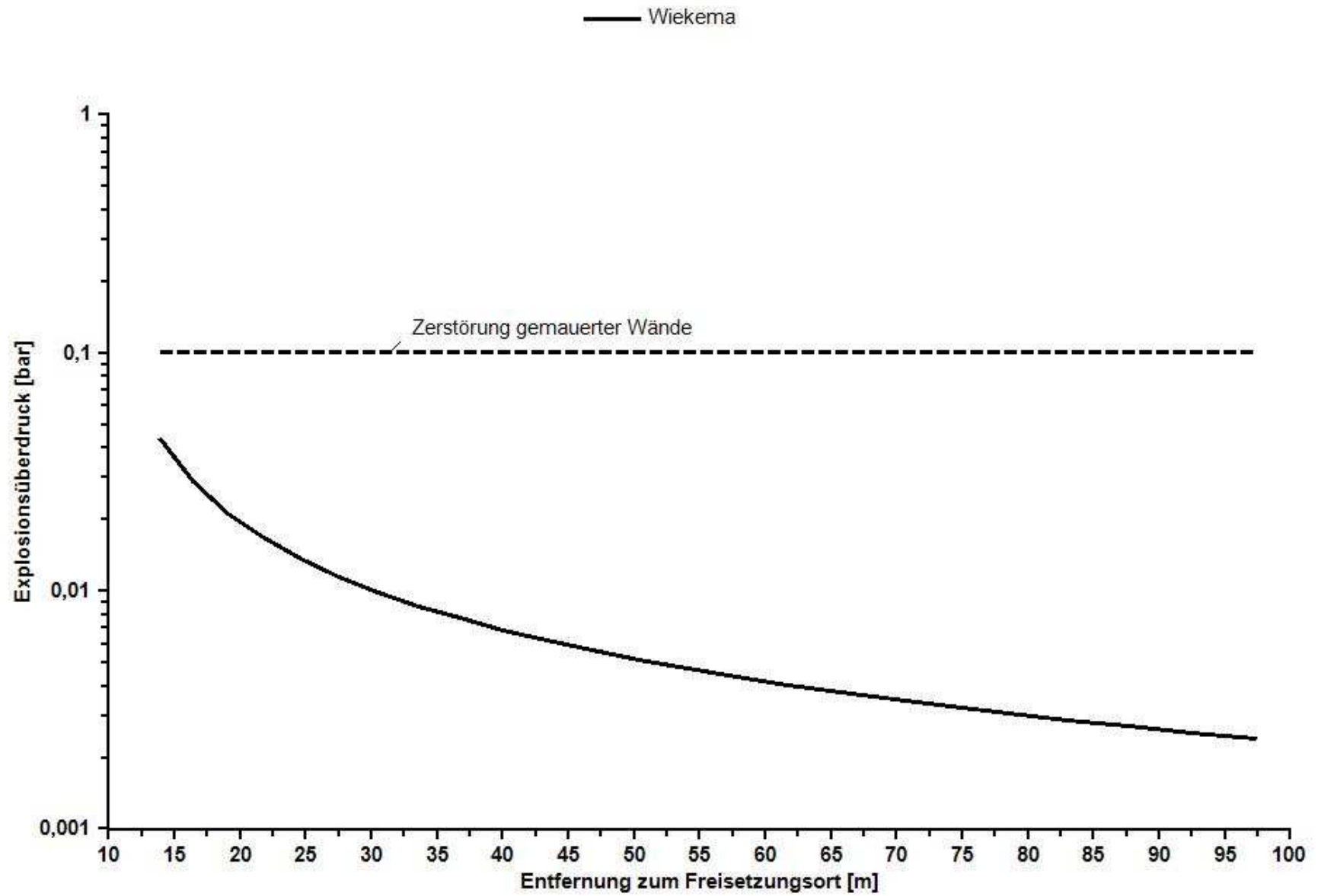
Explosionsfähige Masse [kg]: 10,01

Untere Zünddistanz der Gaswolke [m]: 18,10

Wiekema

Flammengeschwindigkeit [m/s]: 39,80

Abstand [m]	Überdruck [bar]	Impuls [Pa s]	tp [s]
1,3863E+01	4,4009E-02	2,3519E+02	1,0688E-01
1,6438E+01	2,8669E-02	1,5337E+02	1,0699E-01
1,9090E+01	2,1096E-02	1,1294E+02	1,0707E-01
2,1822E+01	1,6583E-02	8,8832E+01	1,0713E-01
2,4635E+01	1,3589E-02	7,2830E+01	1,0719E-01
2,7534E+01	1,1459E-02	6,1436E+01	1,0723E-01
3,0519E+01	9,8653E-03	5,2912E+01	1,0727E-01
3,3593E+01	8,6295E-03	4,6299E+01	1,0730E-01
3,6760E+01	7,6432E-03	4,1020E+01	1,0734E-01
4,0022E+01	6,8383E-03	3,6709E+01	1,0736E-01
4,3382E+01	6,1691E-03	3,3125E+01	1,0739E-01
4,6843E+01	5,6042E-03	3,0099E+01	1,0742E-01
5,0407E+01	5,1212E-03	2,7511E+01	1,0744E-01
5,4078E+01	4,7036E-03	2,5273E+01	1,0746E-01
5,7860E+01	4,3392E-03	2,3320E+01	1,0748E-01
6,1755E+01	4,0185E-03	2,1600E+01	1,0750E-01
6,5767E+01	3,7343E-03	2,0076E+01	1,0752E-01
6,9899E+01	3,4807E-03	1,8716E+01	1,0754E-01
7,4155E+01	3,2532E-03	1,7495E+01	1,0756E-01
7,8539E+01	3,0479E-03	1,6394E+01	1,0758E-01
8,3054E+01	2,8620E-03	1,5396E+01	1,0759E-01
8,7705E+01	2,6927E-03	1,4488E+01	1,0761E-01
9,2495E+01	2,5382E-03	1,3658E+01	1,0762E-01
9,7429E+01	2,3965E-03	1,2898E+01	1,0764E-01



Anhang B.2
Berechnungsprotokoll
Szenario 6

Austritt von R1234yf im Bereich des Speichertanks der Kältemittelanlage
– Lachenbrand in Tanktasse

Berechnung der Wärmestrahlung bei einem Lachenbrand

Datum: 16 Nov 2020 ; 02:31:59

Programm Version: 9.30.0

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff: 2.3.3.3-Tetrafluorpropen (R1234yf)
Bearbeitungsdatum: 11.11.2020
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]: 114,04
Isentropenexponent [-]: 1,077
Realgasfaktor [-]: 0,854
Temperatur [K]: 293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]: 5,9185
Überdruck [bar]: 4,9055
Gasdichte [kg/m³]: 32,44
Flüssigkeitsdichte [kg/m³]: 1110,366
Wärmekapazität der Flüssigphase [kJ/kg K]: 1,3687
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]: 1,0185
Verdampfungsenthalpie [kJ/kg]: 154,31
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]: 6,2
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]: 12,3
Unterer Heizwert [MJ/kg]: 8,0
Diffusionskoeffizient in Luft [m²/s]: 7,752e-06
Temperaturklasse: T1
Explosionsgruppe: Keine Angabe

Eingabedaten:

Achtung: Berechnung nach KAS-18, Stand 2005

Windgeschwindigkeit [m/s]: 0,00

Umgebungstemperatur [°C]: 20,00
 relative Luftfeuchtigkeit [%]: 75,00
 Emissionsverhältnis des Strahlers [-]: 0,95
 Emissionsverhältnis des Empfängers [-]: 1,00
 Höhe des Empfängers [m]: 1,00
 Bestrahlungsstärke in sicherer Entf. [kW/m²]: 1,60

Ausgewähltes Modell Einstrahlzahl: Seeger

Ergebnisse:

Ausgewähltes Modell Abbrandgeschwindigkeit: Burges

Abbrandgeschwindigkeit [m/s]: 6,5841E-05
 Abbrandrate [kg/s m²]: 7,3107E-02
 Fester Lachendurchmesser
 Durchmesser der Lache [m]: 6,77
 Brandfläche [m²]: 3,5997E+01

Strahlungsmodell: Zylinderstrahlungsmodell

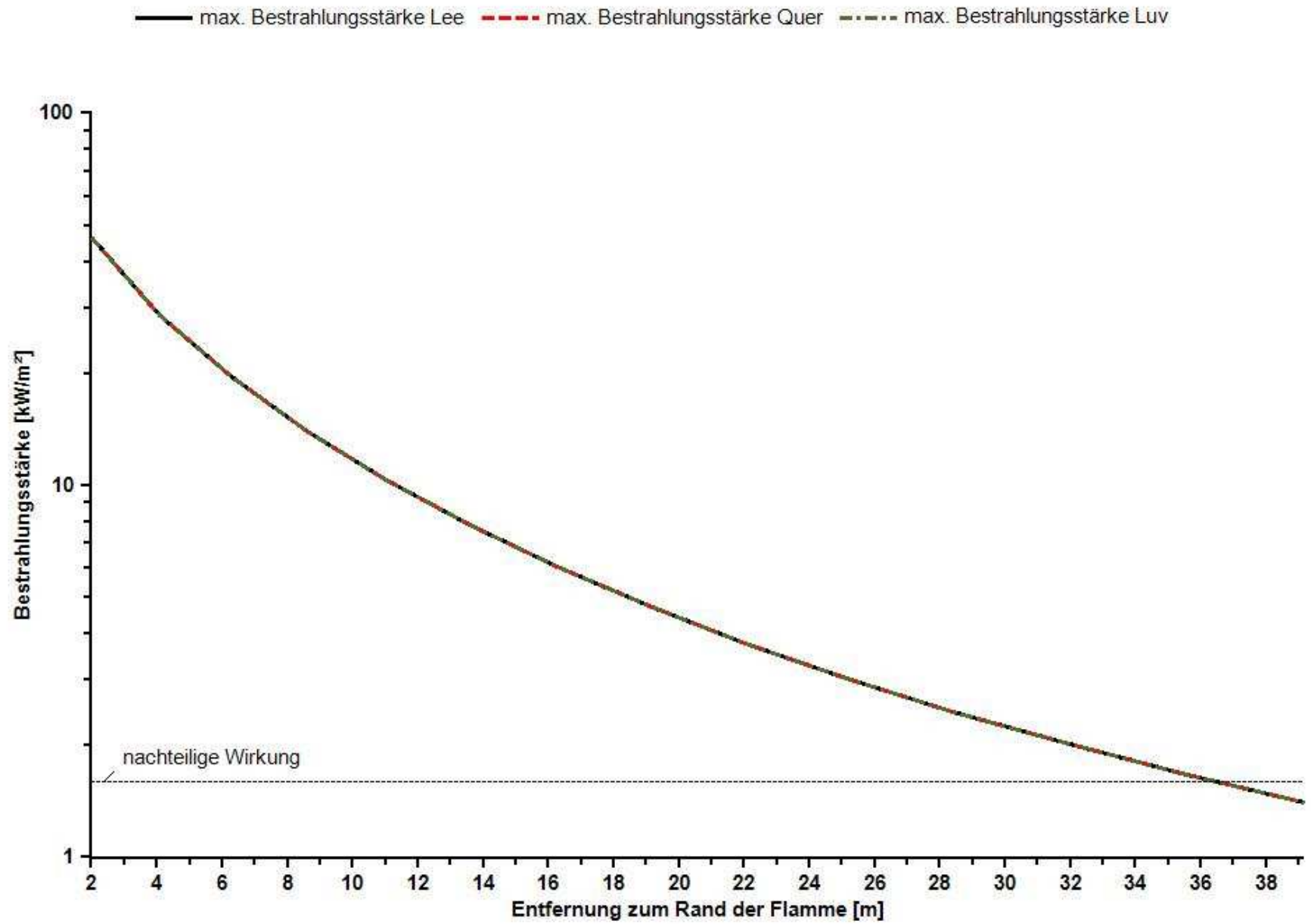
Strahlungsintensität [kW/m²]: 100,00
 dies entspricht einer mittleren Temperatur des Strahlers [K]: 1168,44

Modell Flammenlänge: Thomas/Moorhouse KAS 18

Flammenlänge [m]: 12,10

Abstand [m]	QLeeMax [kW/m ²]	QQuerMax [kW/m ²]	QLuvMax [kW/m ²]	W-Lee [%]	W-Quer [%]	W-Luv [%]
5,3850E+00	4,6379E+01	4,6379E+01	4,6379E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
7,4850E+00	2,8572E+01	2,8572E+01	2,8572E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
9,6900E+00	1,9512E+01	1,9512E+01	1,9512E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
1,2005E+01	1,3977E+01	1,3977E+01	1,3977E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
1,4436E+01	1,0328E+01	1,0328E+01	1,0328E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
1,6989E+01	7,8135E+00	7,8135E+00	7,8135E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00

1,9669E+01	6,0272E+00	6,0272E+00	6,0272E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
2,2483E+01	4,7265E+00	4,7265E+00	4,7265E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
2,5438E+01	3,7597E+00	3,7597E+00	3,7597E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
2,8541E+01	3,0277E+00	3,0277E+00	3,0277E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
3,1799E+01	2,4648E+00	2,4648E+00	2,4648E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
3,5219E+01	2,0257E+00	2,0257E+00	2,0257E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
3,8811E+01	1,6789E+00	1,6789E+00	1,6789E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
4,2582E+01	1,4019E+00	1,4019E+00	1,4019E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00



Anhang B.2
Berechnungsprotokoll
Szenario 7

Austritt von R1234yf im Bereich des Speichertanks der Kältemittelanlage
– Ausbreitung von Brandprodukt Fluorwasserstoff

Berechnung des freigesetzten flüssigen Massenstroms aus einem Leck oder Sicherheitsventil

Datum: 12 Nov 2020 ; 02:38:11

Programm Version: 9.30.0

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff: 2.3.3.3-Tetrafluorpropen (R1234yf)
Bearbeitungsdatum: 11.11.2020
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]: 114,04
Isentropenexponent [-]: 1,077
Realgasfaktor [-]: 0,854
Temperatur [K]: 293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]: 5,9185
Überdruck [bar]: 4,9055
Gasdichte [kg/m³]: 32,44
Flüssigkeitsdichte [kg/m³]: 1110,366
Wärmekapazität der Flüssigphase [kJ/kg K]: 1,3687
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]: 1,0185
Verdampfungsenthalpie [kJ/kg]: 154,31
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]: 6,2
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]: 12,3
Unterer Heizwert [MJ/kg]: 8,0
Diffusionskoeffizient in Luft [m²/s]: 7,752e-06
Temperaturklasse: T1
Explosionsgruppe: Keine Angabe

Eingabedaten:
Leckfläche [mm²]: 490,000
Anzahl der Austrittsöffnungen [-]: 1
Umgebungstemperatur [°C]: 20,00
relative Luftfeuchtigkeit [%]: 75,000

Achtung: Berechnung nach KAS-18, Stand 2005

Berechnung der Ausflussziffer nach Geike/Horn

Ausflussziffer [-]: 0,62

Ausflussziffer Geike/Horn [-]: 0,53

Modell: Bernoulli

Flash-Verdampfung, kein Spray-Modell

Ergebnisse:

Durchmesser Leckfläche [mm]: 25,0

Gesamtdruckdifferenz [bar]: 4,906

Freigesetzter flüssiger Massenstrom [kg/s]: 8,549

Freigesetzter gasförmiger Massenstrom [kg/s]: 0,000

Flash-Verdampfung [kg/s]: 2,609

Massenstrom für die Lachenbildung [kg/s]: 5,940

Gesamter gasförmiger Massenstrom [kg/s]: 2,609

VDI-Richtlinie 3783 Blatt 1 und 2

Datum: 12 Nov 2020 ; 03:02:21

Programm Version: 9.30.0

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff:	Fluorwasserstoff
Bearbeitungsdatum:	02.11.2016
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]:	20,01
Isentropenexponent [-]:	1,325
Realgasfaktor [-]:	0,976
Temperatur [K]:	293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]:	1,0241
Überdruck [bar]:	0,0111
Gasdichte [kg/m ³]:	0,86
Flüssigkeitsdichte [kg/m ³]:	956,064
Wärmekapazität der Flüssigphase [kJ/kg K]:	2,565
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]:	1,693
Verdampfungsenthalpie [kJ/kg]:	364,0
Unterer Heizwert [MJ/kg]:	5,19
Diffusionskoeffizient in Luft [m ² /s]:	2,195e-05
Temperaturklasse:	Keine Angabe
Explosionsgruppe:	Keine Angabe

Eingabeparameter

Standortparameter:

Rauhigkeitsklasse [-]:	5,00
Rauhigkeitshöhe [m]:	1,20
mittlere Bebauungshöhe [m]:	2,0000E+01
Quellparameter der Punktquelle:	
Quellabmessungen:	
XQ [m]:	0,0000E+00
YQ [m]:	0,0000E+00

ZQ [m]: 0,0000E+00
 Quellhöhe [m]: 1,2000E+00
 Emissionsdauer [s]: 6,0000E+02
 Quellstärke g/s 5997,000
 Freigesetzte Masse [g]: 3598200,00

Berechnung aller Immissionsdaten

Aufpunktkoordinaten:

XA [m]= 1,0000E+01
 YA [m]= 0,0000E+00
 ZA [m]= 2,0000E+00

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

vorgegebene Ausbreitungssituation

Ausbreitungsklasse [-]: 2,0
 Schichtung: indifferent
 keine Inversion
 Windgeschwindigkeit in Anemometerhöhe [m/s]: 3,0000E+00
 Transportgeschwindigkeit [m/s]: 2,3438E+00
 Zeit [s] Konzentration [mg/m**3]

2,0	218,52
8,0	48745,36
14,0	50961,40
20,0	51189,71
26,0	51245,26
32,0	51265,60
38,0	51274,99
44,0	51280,01
50,0	51282,79
56,0	51284,39
62,0	51285,37
68,0	51285,99
74,0	51286,41

80,0	51286,69
86,0	51286,88
92,0	51287,02
98,0	51287,13
104,0	51287,20
110,0	51287,26
116,0	51287,31
122,0	51287,34
128,0	51287,37
134,0	51287,39
140,0	51287,41
146,0	51287,42
152,0	51287,43
158,0	51287,44
164,0	51287,45
170,0	51287,46
176,0	51287,46
182,0	51287,46
188,0	51287,47
194,0	51287,47
200,0	51287,48
206,0	51287,48
212,0	51287,48
218,0	51287,48
224,0	51287,48
230,0	51287,48
236,0	51287,48
242,0	51287,49
248,0	51287,49
254,0	51287,49
260,0	51287,49
266,0	51287,49
272,0	51287,49
278,0	51287,49
284,0	51287,49
290,0	51287,49
296,0	51287,49

302,0	51287,49
308,0	51287,49
314,0	51287,49
320,0	51287,49
326,0	51287,49
332,0	51287,49
338,0	51287,49
344,0	51287,49
350,0	51287,49
356,0	51287,49
362,0	51287,49
368,0	51287,49
374,0	51287,49
380,0	51287,49
386,0	51287,49
392,0	51287,49
398,0	51287,49
404,0	51287,49
410,0	51287,49
416,0	51287,49
422,0	51287,49
428,0	51287,50
434,0	51287,50
440,0	51287,50
446,0	51287,50
452,0	51271,99
458,0	51287,50
464,0	51287,50
470,0	51287,50
476,0	51287,50
482,0	51287,50
488,0	51287,50
494,0	51287,50
500,0	51287,50
506,0	51287,50
512,0	51287,50
518,0	51287,50

524,0	51287,50
530,0	51287,50
536,0	51287,50
542,0	51287,50
548,0	51287,50
554,0	51287,50
560,0	51287,50
566,0	51287,50
572,0	51287,50
578,0	51287,50
584,0	51287,50
590,0	51287,50
596,0	51287,50

höchste Konzentration [mg/m**3]:

Zeitpunkt [s]:

Dosis [mg*s/m**3]:

51287,5000

5,7500E+02

3,0448E+07

....

— Spezielle Wettersituation:

