



# Gutachten

zur Ermittlung angemessener  
Abstände gemäß Artikel 13 der  
Seveso-III-Richtlinie

für den

Betriebsbereich

der

team agrar GmbH

Projektnummer WY 21 K0048 Rev. 2

Stand: 09. Juli 2025

## **horst weyer und partner gmbh**

Schillingsstraße 329

52355 Düren

**Tel.:** +49 (0) 4106 - 64 04 -203

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

**E-Mail:** [b.michelsen@weyer-gruppe.com](mailto:b.michelsen@weyer-gruppe.com)

**Web:** [www.weyer-gruppe.com](http://www.weyer-gruppe.com)

Dr. Klaus Wörsdörfer

Sachverständiger nach

§ 29b BImSchG

Britt Michelsen

Sachverständige nach

§ 29b BImSchG



Auftraggeber	<p>Stadt Sulingen FB III Bauen, Planung und Ordnung Galtener Straße 12 27232 Sulingen</p> <p>Ansprechpartner: Herr Andreas Nordloh ✉ <a href="mailto:andreas.nordloh@sulingen.de">andreas.nordloh@sulingen.de</a> ☎ +49 (0) 42 71 / 88 – 60</p>
Standort	<p>Team agrar GmbH Leipziger Str.7 27232 Sulingen</p> <p>Ansprechpartner: Herr Carsten Rohde ✉ <a href="mailto:C.Rohde@bsl-online.de">C.Rohde@bsl-online.de</a> ☎ +49 (0) 42 71 / 93 46 16</p>
Auftragnehmer	<p>horst weyer &amp; partner gmbh Schillingsstraße 329 52355 Düren</p>
Beteiligte Sachverständige	<p>Herr Dr. Klaus Wörsdörfer (horst weyer und partner gmbh) Sachverständiger nach § 29b BImSchG (Fachgebiete: 1, 2.1, 2.2, 3, 11, 12.1, 13, 15 und 16.1)</p> <p>Frau Britt Michelsen (horst weyer und partner gmbh) Sachverständige nach § 29b BImSchG (Fachgebiete: 1, 3 und 13)</p>



# Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Aufgabenstellung</b> .....	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>Unterlagen</b> .....	<b>7</b>
<b>3.1</b>	<b>Prüfgrundlagen, Betreiberunterlagen</b> .....	<b>7</b>
<b>3.2</b>	<b>Rechtsgrundlagen, Regelwerke, Programme, Quellen</b> .....	<b>7</b>
<b>4.</b>	<b>Bearbeitungsschritte</b> .....	<b>9</b>
<b>5.</b>	<b>Rechtliche Grundlagen</b> .....	<b>10</b>
<b>5.1</b>	<b>Bauleitplanung</b> .....	<b>10</b>
<b>5.2</b>	<b>Beurteilungswerte</b> .....	<b>10</b>
<b>5.2.1</b>	<b>Freisetzung von toxischen Stoffen</b> .....	<b>10</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Brand</b> .....	<b>11</b>
<b>5.2.3</b>	<b>Explosion</b> .....	<b>11</b>
<b>6.</b>	<b>Beschreibung des Betriebsbereichs</b> .....	<b>12</b>
<b>6.1</b>	<b>Lage</b> .....	<b>12</b>
<b>6.2</b>	<b>Gehandhabte Stoffe</b> .....	<b>14</b>
<b>6.3</b>	<b>Beschreibung der Verfahrensabläufe</b> .....	<b>16</b>
<b>7.</b>	<b>Ermittlung der angemessenen Sicherheitsabstände</b> .....	<b>17</b>
<b>7.1</b>	<b>Auswirkung von Brandgasen</b> .....	<b>17</b>
<b>7.1.1</b>	<b>Brand mit einer Wärmeemission &lt; 6 MW in den Hallen I und V</b> .....	<b>18</b>
<b>7.1.2</b>	<b>Brand mit einer Wärmeemission &lt; 6 MW in der Halle III</b> .....	<b>23</b>
<b>7.1.3</b>	<b>Brand mit einer Wärmeemission &lt; 6 MW in der Halle II</b> .....	<b>27</b>
<b>7.1.4</b>	<b>Brandgase bei einem Vollbrand</b> .....	<b>31</b>
<b>7.1.5</b>	<b>Schwelbrand Ammoniumnitrat</b> .....	<b>31</b>



<b>7.1.6</b>	<b>Schwelbrand Kaliumnitrat .....</b>	<b>34</b>
<b>7.2</b>	<b>Toxische Auswirkungen von Flüssigkeiten .....</b>	<b>36</b>
<b>7.2.1</b>	<b>Ausbreitung von Cyanwasserstoff.....</b>	<b>38</b>
<b>7.2.2</b>	<b>Ausbreitung von Glutaraldehyd .....</b>	<b>42</b>
<b>7.2.3</b>	<b>Ausbreitung von Ameisensäure.....</b>	<b>45</b>
<b>7.3</b>	<b>Wasserreaktive Stoffe .....</b>	<b>48</b>
<b>7.4</b>	<b>Wärmestrahlung eines Vollbrandes.....</b>	<b>49</b>
<b>7.5</b>	<b>Wärmestrahlung eines Brandes im Lagerraum II.....</b>	<b>51</b>
<b>7.6</b>	<b>Explosionsauswirkung .....</b>	<b>51</b>
<b>8.</b>	<b>Abschlussformel .....</b>	<b>52</b>



## 1. Aufgabenstellung

Die Stadt Sulingen beabsichtigt, weitere Wohnbebauungen im Anschluss an ein dörfliches Gebiet sowie an ein vorhandenes Gewerbe- und Industriegebiet zu entwickeln. Innerhalb dieses Industrie- und Gewerbegebiets befindet sich der Störfallbetrieb team agrar GmbH (team agrar), Leipziger Straße 7, 27232 Sulingen.

Mit Hilfe des vorliegenden Gutachtens soll geprüft werden, ob die Abstandsempfehlungen gemäß dem Leitfaden KAS 18 für das Pflanzenschutzmittellager in Bezug auf das Planungsgebiet eingehalten werden können. Hierbei ist zu ermitteln, welcher angemessene Sicherheitsabstand sich unter Berücksichtigung der Detailkenntnisse ergibt.

Rev. Nr.	Datum	Art der Änderung
00	27.06.2022	Erstellung
01	26.11.2024	Berücksichtigung von Acrolein Neuberechnung mit der ProNuSs Version 9.48.5 Umbenennung des Betriebsbereichs
02	09.07.2025	Ausschließliche Berücksichtigung von Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmitteln

## 2. Zusammenfassung

Für den Betriebsbereich in Sulingen der Fa. team agrar GmbH wurden unter Berücksichtigung der örtlichen und prozesstechnischen Detailkenntnisse verschiedene Störfallszenarien betrachtet.

### Freisetzung toxischer Stoffe

Auf dem Betriebsgelände der Fa. team agrar kann es aufgrund der gelagerten Stoffe (Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel) zur Entstehung von toxischen Brandgasen kommen. Dabei hat sich herausgestellt, dass das Brandereignis „Brand mit einer Wärmeemission < 6 MW in der Halle III“ abstandsbestimmend ist. Der ermittelte angemessene Sicherheitsabstand beträgt 155 m.

Aus einer Leckage einer toxischen Flüssigkeit resultiert ein maximaler Sicherheitsabstand von 50 m. Das Brandgasereignis ist somit abstandsbestimmend.

### Brand

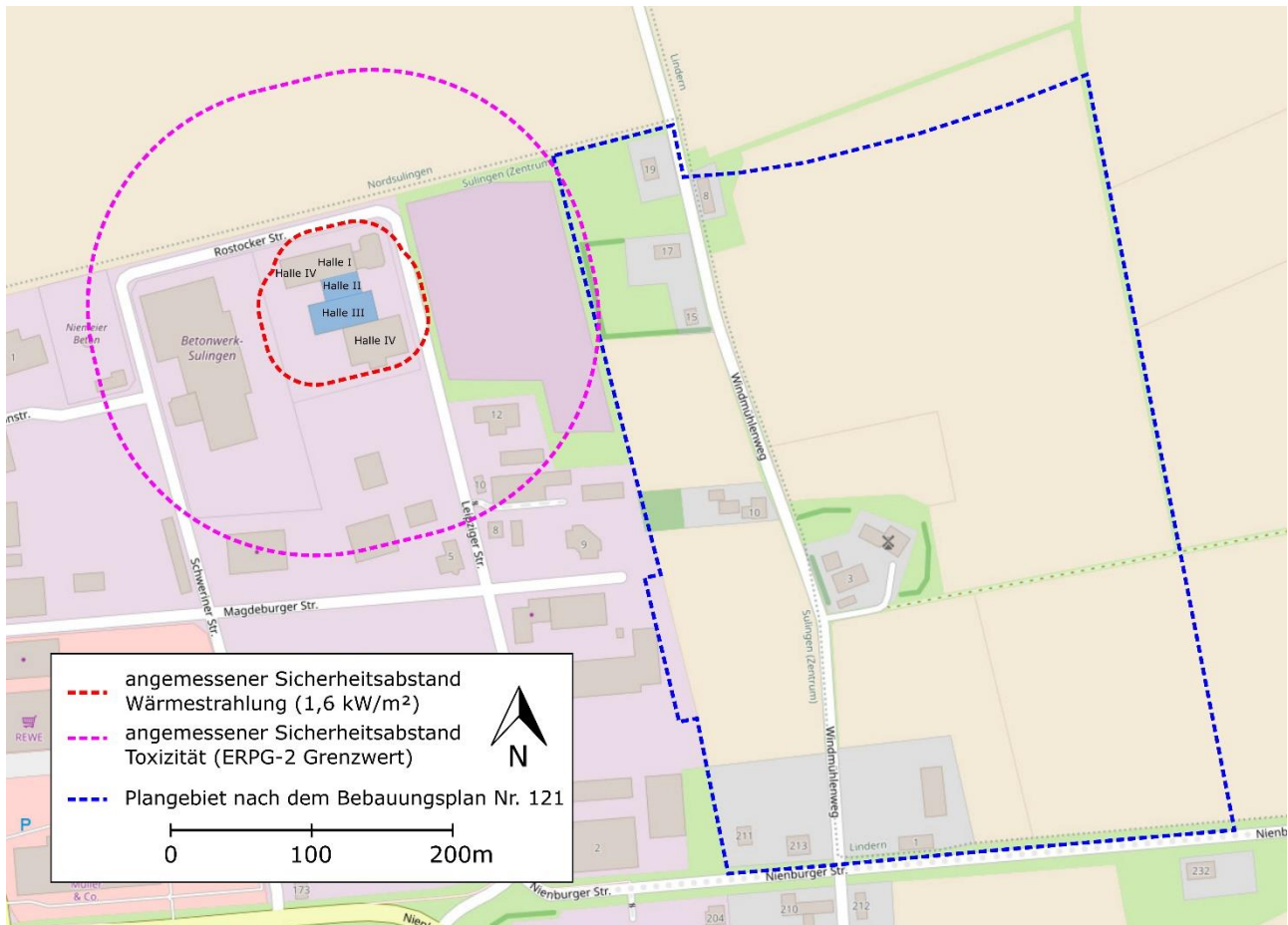
Bei der (konservativen) Betrachtung der Wärmestrahlung infolge eines Vollbrandes, wird die Grenze der nachteiligen Wirkung auf Menschen nach ca. 35 m um die Halle III unterschritten. Konservativ wurde dieser Wert auch für die Halle II angesetzt.

### Explosion

Explosionsereignisse führen zu keinen Explosionsdrücken, die als ernste Gefahr einzustufen sind.



Wie man der Abbildung 1 entnehmen kann, liegt ein kleiner Teil des Planungsgebiets innerhalb des ermittelten angemessenen Sicherheitsabstandes. Dies sollte bei der Planung berücksichtigt werden, um einen Konflikt zu vermeiden.



**Abbildung 1: Darstellung des angemessenen Sicherheitsabstands**



### 3. Unterlagen

#### 3.1 Prüfgrundlagen, Betreiberunterlagen

Die folgenden Unterlagen des Betreibers wurden für die Beurteilung herangezogen:

- [U1] Feuerwehrplan Übersicht, LANDWEHR & PARTNER Architekten & Ingenieure, April 2017
- [U2] Sicherheitsbericht BSL Sulingen, SIS – Sachverständigen- und Ingenieurbüro Simnacher, S. 69 - S. 77, ohne Datum
- [U3] Immissionsschutzrechtliche Genehmigung zur Erhöhung der Lagerkapazität von 130 t auf max. 195 t sehr giftiger, giftiger oder brandfördender Stoffe und Gemische, Staatli. Gewerbeaufsichtsamt Hannover, 22.12.2024

#### 3.2 Rechtsgrundlagen, Regelwerke, Programme, Quellen

Die folgenden Rechtsgrundlagen und Quellen wurden für die Beurteilung herangezogen:

- [R1] BImSchG - Bundes Immissionsschutzgesetz; Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge
- [R2] 12. BImSchV – Störfallverordnung
- [R3] KAS-1, Sicherheitsrelevante Teile eines Betriebsbereichs und Richtwerte für sicherheitsrelevante Anlagenteile (SRA), Kommission für Anlagensicherheit
- [R4] KAS-18, Leitfaden - Empfehlungen für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung - Umsetzung § 50 BImSchG, Kommission für Anlagensicherheit
- [R5] KAS-32 Arbeitshilfe, Szenarienspezifische Fragestellungen zum Leitfaden KAS-18
- [R6] KAS-43 Empfehlungen zur Ermittlung der Mengen gefährlicher Stoffe bei außer Kontrolle geratenen Prozessen
- [R7] Richtlinie 2012/18/EU des Europäischen Parlaments und Rates zur Beherrschung der Gefahren schwerer Unfälle mit gefährlichen Stoffen
- [R8] Statuspapier, Quelltermberechnung bei störungsbedingten Stoff- und Energiefreisetzungen in der Prozessindustrie – Methodenübersicht und industrielle Anwendung, ProcessNet-Fachgemeinschaft „Anlagen- und Prozesssicherheit“
- [R9] GESTIS Stoffdatenbank, online, Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
- [R10] Brandschutz in Chemikalienlagern – Experimentelle und theoretische Untersuchungen zur Optimierung von Nachweismethoden und Schutzkonzepten -Heft 151, iBMB, 2000
- [R11] Störfallvorsorge bei Lager für ammoniumnitrat-haltige Dünger, Bundesamt für Umwelt (Schweiz), 2011



- [R12] ProNuSs 9.48.5, Programm zur Berechnung der Auswirkungen von Stoff- und Energiefreisetzungen, ProNuSs Engineering GmbH
- [R13] ProNuSs Dokumentation – Kapitel 5 Brand, Dr. Schalau, 14.08.2024
- [R14] Anlage zur Bekanntmachung der Neufassung der Anlagen A und B des Europäischen Übereinkommens vom 30. September 1957 über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR), 2021
- [R15] UBA Forschungsbericht 104 09 213 UBA-FB 90-112: Ermittlung und Bewertung des Standes der Sicherheitstechnik bei Pflanzenschutzmittellägern anhand einer Sicherheitsanalyse, 1990
- [R16] EPA United States Environmental Protection Agency, Nitric oxide – AEGL Program, Abrufdatum 26.04.2022, <https://www.epa.gov/aeql/nitric-oxide-aeql-program>
- [R17] Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR), United Nations, Januar 2021
- [R18] VDI 6019 Teil 1: Ingenieurverfahren zur Bemessung der Rauchableitung aus Gebäuden – Brandverläufe, Mai 2006
- [R19] CCPS (Center for Chemical Process Safety), *Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosions, Flash Fires, and BLEVEs*. John Wiley & Sons, 2010.
- [R20] Brandschutz in Chemikalienlagern - Experimentelle und theoretische Untersuchungen zur Optimierung von Nachweismethoden und Schutzkonzepten. Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz; Materialprüfanstalt für das Bauwesen – MPA Braunschweig. Heft 151, ISBN 3-89288-130-8, (2000)
- [R21] Verzeichnis zugelassener Pflanzenschutzmittel, Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, <https://psm-zulassung.bvl.bund.de/psm/jsp/index.jsp?modul=form>, Abrufdatum 02.06.2025
- [R22] Information on biocides, European Chemical Agency, <https://echa.europa.eu/de/information-on-chemicals/biocidal-active-substances>, Abrufdatum 02.06.2025
- [R23] Health Effects of Cyanide, <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp8-c2.pdf>, Abrufdatum 10.06.2025
- [R24] Consequence modelling software for safety: EFFECTS 12.5.2, Gexcon
- [R25] International Civil Service Commission, [https://chemicalsafety.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p\\_card\\_id=0158](https://chemicalsafety.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_card_id=0158), Abrufdatum 30.06.2025



#### **4. Bearbeitungsschritte**

Im Rahmen des Gutachtens werden folgende Bearbeitungsschritte durchgeführt:

- Ermittlung der in den Betriebsbereichen gehandhabten Stoffe nach Anhang I der Störfall-Verordnung, die aufgrund ihrer Menge, ihrer Stoffeigenschaften und ihrer Verwendung im Prozess einen Störfall verursachen könnten.
- Vor-Ort-Termin bei der Fa. Betriebsmittel Service Logistik BSL (jetzt team agrar) mit Frau Blohm (Stadt Sulingen), Herrn Nordloh (Stadt Sulingen) und Frau Michelsen am 23.02.2022
- Durchführung der Ausbreitungsrechnungen
- Abgleich der ermittelten angemessenen Abstände mit den vorhandenen Abständen zwischen dem Freisetzungsort und der angrenzenden schutzbedürftigen Nutzung



## 5. Rechtliche Grundlagen

### 5.1 Bauleitplanung

Um in den Mitgliedstaaten der Europäischen Union Wohngebiete, öffentlich genutzte Gebäude und Gebiete, wichtige Verkehrswege, Freizeitgebiete sowie unter dem Gesichtspunkt des Naturschutzes besonders wertvolle bzw. empfindliche Gebiete besser vor den Gefahren schwerer Unfälle (Störfälle) zu schützen, sieht die Seveso-III-Richtlinie (2012/18/EU) in Artikel 13 Anforderungen zur „Überwachung der Ansiedlung“ vor. Die Richtlinie ist am 13.08.2012 in Kraft getreten und ersetzt die Seveso-II-Richtlinie (96/82/EG).

Die Festlegungen nach Art. 13 Abs. 1 der Seveso-III-Richtlinie sind in Deutschland im Baugesetzbuch (BauGB), in der dazu erlassenen Baunutzungsverordnung (BauNVO) sowie in § 50 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) niedergelegt. Die Bauleitplanung, die in die Planungshoheit der Gemeinden fällt, trifft mit dem Flächennutzungsplan vorbereitende und mit dem Bebauungsplan konkrete und rechtsverbindliche Vorgaben für die Bodennutzung innerhalb der Gemeinde.

Der Leitfaden KAS-18 (Stand 2010) konkretisiert die Anforderungen aus § 50 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG). Eine Überarbeitung des KAS-18 unter Berücksichtigung der Seveso-III-Richtlinie liegt bisher nicht vor. Daher wird der in KAS-18 enthaltene Bezug zur Seveso-II-Richtlinie hier weiterhin mit aufgeführt.

Die Berücksichtigung angemessener Sicherheitsabstände soll dazu beitragen, die von schweren Unfällen in Betriebsbereichen hervorgerufenen Auswirkungen auf benachbarte schutzbedürftige Gebiete so weit wie möglich zu vermeiden.

### 5.2 Beurteilungswerte

Der Leitfaden KAS-18 schließt aus der Analyse der Begriffsdefinitionen der Störfall-Verordnung vom 08.06.2006, dass eine Beeinträchtigung einer großen Anzahl von Menschen im Sinne des § 2 Nr. 4b für die Auswahl der relevanten Toleranzwerte maßgeblich ist. Daraus ergeben sich die im Folgenden dargestellten Beurteilungswerte.

#### 5.2.1 Freisetzung von toxischen Stoffen

Für die Ermittlung von Sicherheitsabständen in der Bauleitplanung gemäß dem Leitfaden KAS-18 der Störfall-Kommission wurde für das Szenario „Freisetzung von toxischen Stoffen“ als Konzentrationsleitwert der **ERPG-2-Wert** (Emergency Response Planning Guideline) ausgewählt.

Der ERPG-2-Wert ist die maximale luftgetragene Konzentration, bei der davon ausgegangen wird, dass nahezu alle Personen bis zu einer Stunde exponiert werden könnten, ohne dass sie unter irreversiblen oder sonstigen schwerwiegenden gesundheitlichen Auswirkungen oder unter Symptomen leiden bzw. solche entwickeln, die ihre Fähigkeit beeinträchtigen könnten, Schutzmaßnahmen zu ergreifen.



Der Leitfaden KAS-18 empfiehlt die Anwendung der ERPG-2-Werte und vermerkt, dass auf die AEGL-2-Werte für das 60-Minuten-Zeitintervall zurückgegriffen werden soll, falls keine ERPG-2-Werte vorliegen.

Dennoch werden aus informativen Gründen auch die angemessenen Sicherheitsabstände angegeben, die sich bei Berücksichtigung des AEGL-2-Wertes ergeben.

Die AEGL-Werte (Acute Exposure Guideline Levels) werden von der United States Environmental Protection Agency (US EPA) veröffentlicht. Sie sind für drei unterschiedlich starke Auswirkungsstufen und verschiedene Zeitintervalle definiert. Die AEGL-2-Werte geben Auskunft über Schwellenkonzentrationen, bei deren Überschreitung schwerwiegende, lang andauernde oder fluchtbehindernde Wirkungen auftreten können.

### 5.2.2 Brand

Große Brände werden gemäß dem Leitfaden KAS-18 unter dem Aspekt der Wärmestrahlungsbelastung betrachtet.

Im Anhang 4 des Leitfadens sind hinsichtlich der Zulässigkeit kritischer Bestrahlungsstärken beliebiger Dauer verschiedene Grenzwerte angegeben, z. B. 2,0 kW/m<sup>2</sup> für empfindliche Gebäude wie Krankenhäuser, Altenheime, Schulen oder Wohnhäuser sowie 4,5 kW/m<sup>2</sup> für öffentliche Straßen. Die Grenze für eine wahrscheinliche Feuerübertragung wird mit 8,0 kW/m<sup>2</sup> abgeschätzt.

Für die Wärmestrahlung ist ein Grenzwert von **1,6 kW/m<sup>2</sup>** festgelegt. Unterhalb dieses Wertes ist in keinem Fall mit nachteiligen Wirkungen für Menschen im Freien zu rechnen.

Erfahrungswerte zeigen, dass toxische Effekte durch Brandgase für die Bauleitplanung in der Regel vernachlässigbar sind.

Die Abhängigkeit der Zeitdauer bis zum Erreichen der Schmerzgrenze in Abhängigkeit von der Bestrahlungsstärke ist in Tabelle 1 dargestellt.

**Tabelle 1: Schmerzgrenze in Abhängigkeit der Bestrahlungsdauer**

Bestrahlungsstärke [kW/m <sup>2</sup> ]	1,7	2,3	2,9	4,7	6,9	9,5	11,7	19,9
Dauer Erreichen Schmerzgrenze [s]	60	40	30	16	9	6	4	2

### 5.2.3 Explosion

Bei den Wirkungen von Explosionen ist eine Grenze zu irreversiblen Gesundheitsschäden bei einem Spitzenüberdruck von 0,175 bar erreicht – dies entspricht dem Schwellenwert für einen Trommelfellriss. Schäden, z. B. durch zersplittertes Glas, sind bereits ab 0,05 bar (bei 100 % Bruch) zu erwarten.



Als mittlerer Grenzwert wurde gemäß dem Leitfaden KAS-18 für die Bauleitplanung ein Wert von **0,1 bar** festgelegt.

## 6. Beschreibung des Betriebsbereichs

Die Firma team agrar mit Unternehmenssitz in Kiel ist ein Fachunternehmen des Agrar- und Gartenbedarf-Großhandels mit einer Vielzahl von Standorten im gesamten Bundesgebiet. Geschäftszweck ist der Großhandel mit landwirtschaftlichen Betriebsmitteln aller Art.

Am Standort Sulingen werden Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel (max. 1.250 t) sowie Saatgut, Düngemittel und sonstige landwirtschaftliche Betriebsmittel zum Verkauf und Transport bereitgehalten und passiv in geprüften sowie transportrechtlich zugelassenen Fertigverpackungen gelagert. Produktions-, Abfüll- oder Umfüllanlagen sind nicht vorhanden.

Der Betriebsbereich unterliegt den erweiterten Pflichten der Störfall-Verordnung (obere Klasse).

### 6.1 Lage

Das Betriebsgelände liegt im Bundesland Niedersachsen, im Landkreis Diepholz, in der der Stadt Sulingen. Die Adresse des Betriebsbereichs lautet:

Leipziger Str. 7  
27232 Sulingen

Auf dem Firmengelände befinden sich folgende Einrichtungen:

- Lagerhallen (I–V)
- Zwei Lagerräume für die Gaslöschanlagen (CO<sub>2</sub>)
- Laderaum für Gabelstapler
- Lagerplätze westlich der Hallen III und V
- Ein Gebäude mit Büro-, Sozial- und Besprechungsräumen
- Parkplätze für Kunden und Beschäftigte

Für eine Erweiterung des Lagers liegen aktuell keine konkreten Pläne vor. Team agrar verfügt jedoch im südlichen Teil des Betriebsgeländes über Flächen, die für eine Erweiterung der Lagerkapazitäten für Agrarchemikalien in Betracht kommen.

Die Gefahrstoffe werden auf direktem Weg durch das östlich gelegene Tor zum Umschlag- und Ladebereich gebracht. Dieser befindet sich in Halle II. Eine Lagerung erfolgt ausschließlich in den Gefahrstoffhallen I, III und V.

Ein Übersichtslageplan kann der Abbildung 2 entnommen werden.

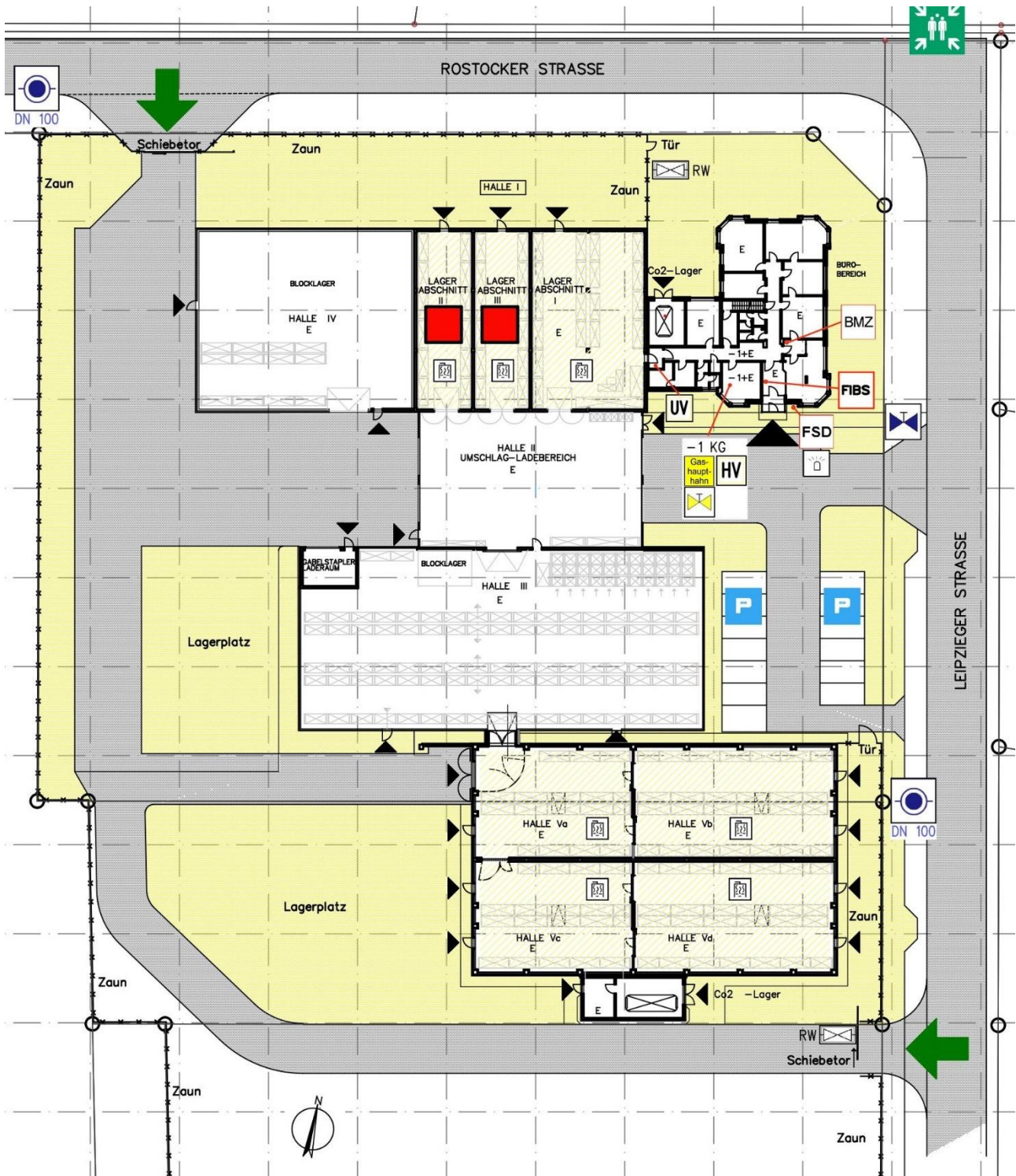


Abbildung 2: Lageplan aus [U1]



## 6.2 Gehandhabte Stoffe

Bei team agrar handelt es sich um einen Betriebsbereich der oberen Klasse nach der Störfall-Verordnung. In Tabelle 2 sind die maximalen Mengen der Stoffe angegeben, die sich im bestimmungsmäßigen Betrieb im Lager befinden können.

**Tabelle 2: Darstellung der maximal genehmigten Stoffmengen**

Nr.	Gefahrenkategorien gemäß Verordnung (EG) Nr. 1272/2008, namentlich genannte gefährliche Stoffe	Max. Menge im Betriebsbereich [t]	Lagerort
<b>1</b>	<b>Gefahrenkategorien</b>		
<b>1.1</b>	<b>H Gesundheitsgefahren</b>		
1.1.1	H1 Akut toxisch, Kategorie 1 (alle Expositionswege)	15	Einlagerung in der Halle I, Lager III sofern die Produkte nicht gleichzeitig entzündliche Flüssigkeiten sind
1.1.2	H2 Akut toxisch, – Kategorie 2 (alle Expositionswege), – Kategorie 3 (inhalativer Expositionsweg, oraler Expositionsweg)	85	
1.1.3	H3 Spezifische Zielorgan-Toxizität nach einmaliger Exposition (STOT SE), Kategorie 1		
<b>1.2</b>	<b>P Physikalische Gefahren</b>		
1.2.3	P3 Aerosole  P3a Aerosole der Kategorie 1 oder 2, die entzündbare Gase der Kategorie 1 oder 2 oder entzündbare Flüssigkeiten der Kategorie 1 enthalten	3	Einlagerung in Halle I, Lager II
1.2.5	P5 Entzündbare Flüssigkeiten	7	
1.2.5.1	P5a Entzündbare Flüssigkeiten, – entzündbare Flüssigkeiten der Kategorie 1, – entzündbare Flüssigkeiten der Kategorie 2 oder 3, die auf einer Temperatur oberhalb ihres Siedepunktes gehalten werden, – andere Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt von ≤ 60 °C, die auf einer Temperatur oberhalb ihres		



Nr.	Gefahrenkategorien gemäß Verordnung (EG) Nr. 1272/2008, namentlich genannte gefährliche Stoffe	Max. Menge im Betriebsbereich [t]	Lagerort
	Siedepunktes gehalten werden		
1.2.5.3	P5c Entzündbare Flüssigkeiten der Kategorien 2 oder 3, nicht erfasst unter P5a und P5b	90	
1.2.8	P8 Oxidierende Flüssigkeiten, Kategorie 1, 2 oder 3, oder oxidierende Feststoffe, Kategorie 1, 2 oder 3	95	Einlagerung Halle V
<b>1.3</b>	<b>E Umweltgefahren</b>		
1.3.1	E1 Gewässergefährdend, Kategorie Akut 1 oder chronisch 1	900	Einlagerung in allen Lagerräumen der Halle I und V
1.3.2	E2 Gewässergefährdend, Kategorie Chronisch 2	450	
<b>1.4</b>	<b>O Andere Gefahren</b>		
1.4.1	O1 Stoffe oder Gemische mit dem Gefahrenhinweis EUH014	0,5	Einlagerung in spritzwassergeschütztem Schrank in Halle I Lager I
1.4.2	O2 Stoffe oder Gemische, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln, Kategorie 1	0,5	
1.4.3	O3 Stoffe oder Gemische mit dem Gefahrenhinweis EUH029	0,5	
<b>2</b>	<b>Namentlich genannte gefährliche Stoffe</b>		
2.6.1	Ammoniumnitrat	20	Einlagerung in Halle III
2.23.1	Kaliumnitrat granuliert/ geprillt	50	
2.23.2	Kaliumnitratkristallin	25	

Neben den im bestimmungsgemäßen Betrieb gelagerten Stoffen kann es durch Brände oder Reaktionen mit Wasser zur Entstehung weiterer toxischer bzw. explosionsfähiger Stoffe kommen. Die Stoffe werden ausschließlich in geschlossenen, dichten Originalverpackungen umgeschlagen und gelagert, die ausnahmslos für den Transport von Gefahrgütern nach der Gefahrgutverordnung zugelassen sind. Ein Umfüllen oder Öffnen der Verpackungen der gehandhabten Gefahrstoffe findet auf dem Betriebsgelände nicht statt.



Die Verpackungsart hängt von der Produktart (z. B. Feststoff oder Flüssigkeit), dem Anwendungsgebiet (z. B. Portionspackungen bei Gartenprodukten) und der Gefährlichkeit (entsprechend den gesetzlichen Vorgaben) ab. Es wird unterschieden zwischen:

- zusammengesetzten Verpackungen, wie z. B. Flüssigkeiten in Flaschen und Feststoffen in Beuteln oder Dosen, die jeweils zu mehreren in Wellpappkisten verpackt sind, und
- freitragenden Verpackungen für Flüssigkeiten (z. B. Kanister oder Fässer) und Feststoffe (z. B. Eimer, Trommeln oder Säcke).

Die größte auf dem Betriebsgelände gehandhabte Verpackungseinheit sind 1.000-l-Palettentanks für Flüssigkeiten.

Die Lagerung in den Hallen kann folgender Auflistung entnommen werden:

- Halle I
  - Lagerraum I (Lager für Agrarchemikalien, die weder dem Lagerraum II noch III zuzuordnen sind)
  - Lagerraum II (Lager für entzündbare Flüssigkeiten/Aerosole)
  - Lagerraum III (Lager für toxische Stoffe)
- Halle II (Umschlag/Kommissionierung und Bereitstellung von Ware)
- Halle III (Lager für Düngemittel)
- Halle IV (Lager für Nicht-Gefahrstoffe, z. B. Saatgut)
- Halle V (Lager für Pflanzenschutzmittel/Agrarchemieprodukte, die nicht der Halle I zuzuordnen sind)

### 6.3 Beschreibung der Verfahrensabläufe

Am Wareneingang wird das Lagergut durch sachkundiges Personal überprüft. Die Prüfkriterien sind:

- Transportsicherung
- Produktidentität (bei original verschlossenen Behältern über die Kennzeichnung)
- angelieferte Menge
- Unversehrtheit der Verpackung (Originalverschluss)
- korrekte Verpackungsart

Die Eingangsprüfung wird dokumentiert. Produkte, die nicht auf dem Lieferschein aufgeführt sind, sowie beschädigte Gebinde werden nicht angenommen. Abweichungen bei den Liefermengen werden umgehend geklärt. Beschädigte Paletten werden beim Umpalettieren im Lager ersetzt.



Die Waren werden ausschließlich per Lkw angeliefert und auch wieder abgeholt. Die angelieferten Pflanzenschutzmittel werden im überdachten Be- und Entladebereich abgeladen und per Elektrostapler in das Lager gebracht. In Halle II erfolgt die Sortierung und Verteilung der Waren auf die dafür vorgesehenen Räume entsprechend ihrer Gefahrstoffmerkmale. Alle Produkte werden in einem Einlagerungsplan erfasst und eindeutig einem Lagerbereich zugeordnet.

Die Auslagerung erfolgt ebenfalls mittels Elektrostapler auf Paletten, meist direkt auf das abholende Fahrzeug. Dem Kraftfahrer wird eine Ladeliste zur Verfügung gestellt, in der die Ladepositionen einzeln aufgeführt sind. Die Waren werden zum Teil kommissioniert. Dabei werden die Stoffe je nach Bedarf im Abwicklungsbereich der Kommissionierungszone zusammengestellt und direkt in die Fahrzeuge verladen. Bereits kommissionierte Ware wird am selben Tag abgeholt. Die Kommissionierung erfolgt ausschließlich durch geschulte Mitarbeiter von team agrar.

## **7. Ermittlung der angemessenen Sicherheitsabstände**

Laut § 3 Absatz 5a BImSchG liegt ein Betriebsbereich vor, sofern in dem unter Aufsicht eines Betreibers stehenden Bereich gefährliche Stoffe im Sinne der Seveso-III-Richtlinie tatsächlich vorhanden sind, vorgesehen sind oder vorhanden sein werden, soweit vernünftigerweise vorhersehbar ist, dass die genannten gefährlichen Stoffe bei außer Kontrolle geratenen Prozessen anfallen.

Neben der Vielzahl an Stoffen, die aufgrund der Genehmigungssituation im Betriebsbereich gelagert werden dürfen, muss auch damit gerechnet werden, dass im Störfall weitere Stoffe entstehen können. Hierunter fallen bei team agrar Stoffe, die bei einer möglichen Folgereaktion mit Wasser toxische oder explosionsfähige Gase bilden können und die infolge eines Feuers toxische Brandgase freisetzen können.

Eine Handhabung von toxischen Gasen ist auf dem Betriebsgelände nicht genehmigt und wird dementsprechend auch nicht vorgenommen.

Hinweis: In dem in der VDI-Richtlinie 3783 dargestellten Gauß-Modell, welches in diesem Gutachten zur Berechnung der Ausbreitung toxischer Gase verwendet wurde, wird die Turbulenz der Strömung durch experimentell ermittelte Streuungen erfasst. Die Experimente wurden für Quellentfernungen zwischen 100 m und 10.000 m durchgeführt. Bei kleineren Entfernungen werden die Streuungen interpoliert.

### **7.1 Auswirkung von Brandgasen**

Im UBA-Forschungsbericht [R15] wird zwischen Schwelbränden, Bränden mit einer Wärmefreisetzung unter 6 MW und Vollbränden unterschieden. Brände mit einer Wärmefreisetzung von knapp 6 MW stellen im Hinblick auf die Ausbreitungsberechnung toxischer Gase den ungünstigsten Fall dar, da gerade noch keine thermische Überhöhung wirksam wird.



Im Folgenden werden ausschließlich die mengenmäßig relevanten Brandgaskomponenten betrachtet. Stoffe, die nur in geringen Mengen entstehen, werden den Leitkomponenten zugerechnet. Die Bildung von Wasser und Kohlendioxid erfolgt zwar stets, ist im vorliegenden Zusammenhang jedoch nicht relevant.

Basierend auf Brandversuchen der BASF mit verschiedenen Pflanzenschutzmitteln kann angenommen werden, dass die in der Muster-Sicherheitsanalyse verwendeten Abbrandgeschwindigkeiten deutlich zu konservativ sind [R13]. In den Versuchen wurde bei gut durchlüfteten Räumen eine maximale Abbrandrate von 420 g/s gemessen. Die Muster-Sicherheitsanalyse hingegen geht von Abbrandraten von bis zu 65 kg/s aus.

Auf Grundlage dieser Erkenntnisse, weiterer Fachveröffentlichungen sowie unter Berücksichtigung realer Rahmenbedingungen (z. B. tatsächliche Lagerbedingungen und Vorhandensein einer Brandmeldeanlage) wurde ein eigenes Modell [R13] entwickelt und in ProNuSs implementiert. Dieses Modell wird in den weiteren Berechnungen verwendet.

### 7.1.1 Brand mit einer Wärmeemission < 6 MW in den Hallen I und V

Während bei Schwel- und Kleinbränden lediglich eine unvollständige Verbrennung stattfindet bzw. maximal eine Palette betroffen ist, können bei einem Brand mit einer Wärmefreisetzung von bis zu 6 MW bereits mehrere Paletten erfasst sein [R15]. Aus diesem Grund wird in der Berechnung die im KAS-43 genannte Brandgaszusammensetzung für Pflanzenschutzmittelläger verwendet, die in Tabelle 3 dargestellt ist.

**Tabelle 3: Erwartete Brandgas-Zusammensetzung [R6]**

Brandgaskomponente	Ausbeute des Brandprodukts [mg/g]	Anteil [Gew.-%]
Kohlenmonoxid	490	26,7
Cyanwasserstoff	25	1,4
Stickstoffdioxid	5	0,3
Chlorwasserstoff	257	14,0
Bromwasserstoff	177	9,6
Fluorwasserstoff	52	2,8
Schwefeldioxid	800	43,6
Methylisocyanat	30	1,6



Es wird davon ausgegangen, dass sich in einem der Brandabschnitte der Gefahrstoffhalle V ein lokal begrenztes Feuer entwickelt. Die Brandabschnitte sind mit einer automatischen Brandmeldeanlage gemäß DIN VDE 0833 ausgestattet, die Brandmelder mit der Kenngröße „Rauch“ verwendet. Der Zeitpunkt der Brandmeldung wird daher mit 120 Sekunden abgeschätzt. Zusätzlich ist eine manuelle Auslösung der CO<sub>2</sub>-Löschanlage über Druckknopf möglich.

Für die Abschätzung des Heizwerts eines Gemischs aus Pflanzenschutzmitteln liegen unterschiedliche Literaturwerte vor. In diesem Gutachten wird konservativ ein hoher Heizwert von 20 MJ/kg [R10] zugrunde gelegt.

Die Lagerung erfolgt grundsätzlich in Palettenregallagern mit offenen Böden. Die Berechnung erfolgt daher mit einem Brandintensitätskoeffizienten von 0,0165 kW/s<sup>2</sup> [R13].

In Halle V erfolgt die Öffnung der Rauch- und Wärmeabzugsanlage (RWA) ausschließlich manuell durch die Feuerwehr. Dieser Vorgang wird in der Berechnung nicht berücksichtigt, da der Brand gemäß Annahme bereits vor Eintreffen der Feuerwehr durch die CO<sub>2</sub>-Löschanlage gelöscht wird. Der Abzug von Wärme- und Rauchgasen erfolgt ausschließlich natürlich; eine zusätzliche mechanische Entlüftung ist nicht vorhanden. Die Verzögerungszeit der Löschanlage beträgt 30 Sekunden.

Die Größe der Hallenabschnitte sowie die Parameter der Löschanlage sind in Tabelle 4 dargestellt.

**Tabelle 4: Darstellung der Löschanlagenparameter der Halle V**

	Hallenteil Va	Hallenteil Vb	Hallenteil Vc	Hallenteil Vd
Länge [m]	17,5	22,3	17,5	22,3
Breite [m]	12,3	12,3	12,3	12,3
Höhe [m]	9,4			
Verzögerungszeit [s]	30			
Flutzeit [s]	180	189	175	178
Einsatzmenge [kg]	4074	5131	4074	5131
Freigesetzter Massenstrom [kg/s]	22,6	27,1	23,3	28,8

In der Berechnung werden die genannten Parameter der Löschanlage als Haupt-Flutungsmassenstrom und Freisetzungsdauer verwendet.

Aufgrund der Bauweise des Lagers erfolgt die Berechnung unter der Annahme eines „geschlossenen, nahezu dichten Lagers“. Beispielhaft wird sie für den Hallenteil Vb durchgeführt. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse auf die übrigen Hallenteile übertragbar sind.



Die Brandgasmenge wird anhand der in Tabelle 5 aufgeführten Werte mit dem Modell „Brand von Feststoffen in einem Gefahrstofflager“ im Programm ProNuSs ermittelt.

**Tabelle 5: Darstellung der Rechenparameter**

Parameter	Wert	Kommentar
Freigesetzter Stoff	Stoffgemisch	Siehe Tabelle 3
Höhe des Lagerraums [m]	9,4	
Breite des Lagerraums [m]	12,3	
Länge des Lagerraums [m]	22,3	
Heizwert [MJ/kg]	20	[R10]
Brandintensität [kW/s <sup>2</sup> ]	0,0165	Regale mit offenen Böden [R13]
Zeitpunkt der Brandmeldung [s]	120	Automatische Brandmeldung durch Brandmeldeanlage mit Rauchmelder [R13]
Löschanlage	CO <sub>2</sub> -Löschanlage	
Auslösezeitpunkt der Löschanlage [s]	120	Mit dem Zeitpunkt der Brandmeldung
Vorwarnzeit der Löschanlage [s]	30	
CO <sub>2</sub> -Temperatur [°C]	- 20	
Freigesetzter Massenstrom [kg/s]	27,1	
Freisetzungsdauer [s]	189	

Die maximale äquivalente Wärmefreisetzung des Brandes beträgt lediglich etwa 0,019 MW. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die CO<sub>2</sub>-Löschanlage den Brand sehr schnell erstickt.

Es wird davon ausgegangen, dass spätestens zum Zeitpunkt der Flutung (nach ca. 150 Sekunden) alle Türen der Halle geschlossen sind. Bei den Türen zwischen den einzelnen Hallen und Brandabschnitten handelt es sich ausschließlich um Feuerschutztüren.

Dennoch wird in der Berechnung sehr konservativ angenommen, dass sämtliche Brandgase über den gesamten zeitlichen Verlauf des Brandes ins Freie gelangen können. Als Austrittshöhe wird die Oberkante der Tür angesetzt. Die Berechnung erfolgt über die gesamte Branddauer hinweg.



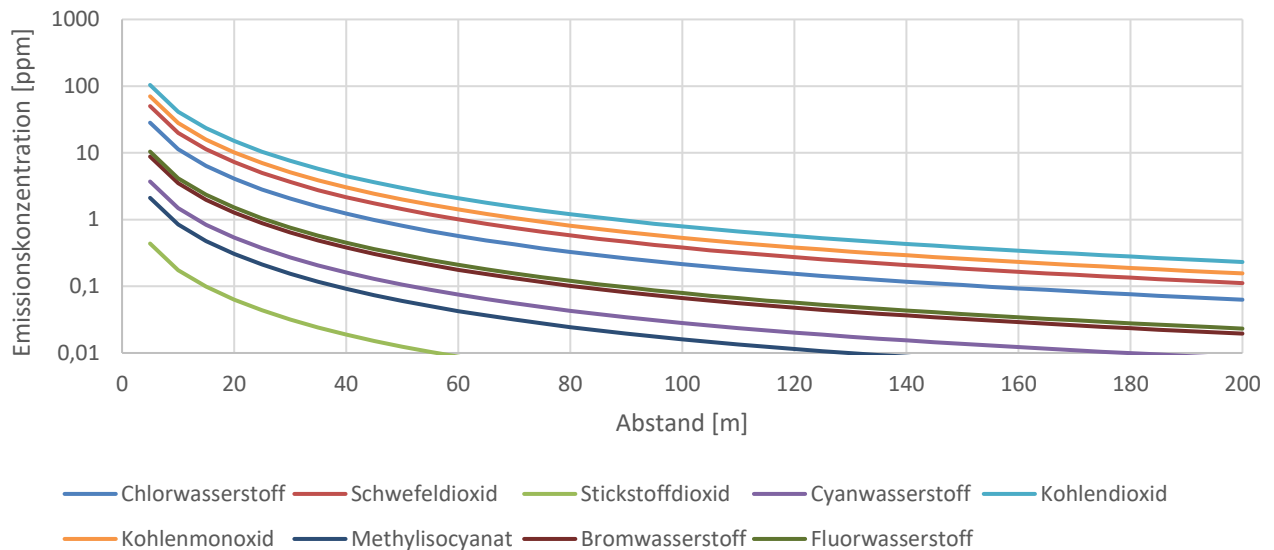
**Tabelle 6: Ausbreitung Brandgase, verwendeten Ausgangsparameter**

Parameter	Wert	Kommentar
Windgeschwindigkeit [m/s]	3	Mit indifferenter Temperaturschichtung ohne Inversion
Freisetzungshöhe [m]	2	
Aufpunkthöhe [m]	2	
Bodenrauigkeit [m]	0,8	mäßig rau

Die Ergebnisse der Ausbreitungsberechnung sind in Tabelle 7 sowie in Abbildung 3 dargestellt.

**Tabelle 7: Darstellung der Abstände der einzelnen Brandgaskomponenten**

Stoff	Grenzwert [ppm]	Unterschritten in [m]
Chlorwasserstoff	20	10
Schwefeldioxid	3	35
Stickstoffdioxid	15	< 5
Cyanwasserstoff	10	< 5
Kohlendioxid	50	10
Kohlenmonoxid	350	< 5
Methylisocyanat	0,25	25
Bromwasserstoff	40	< 5
Fluorwasserstoff	20	< 5



**Abbildung 3: Darstellung der Emissionskonzentrationen in Abhängigkeit des Freisetzungsortes**

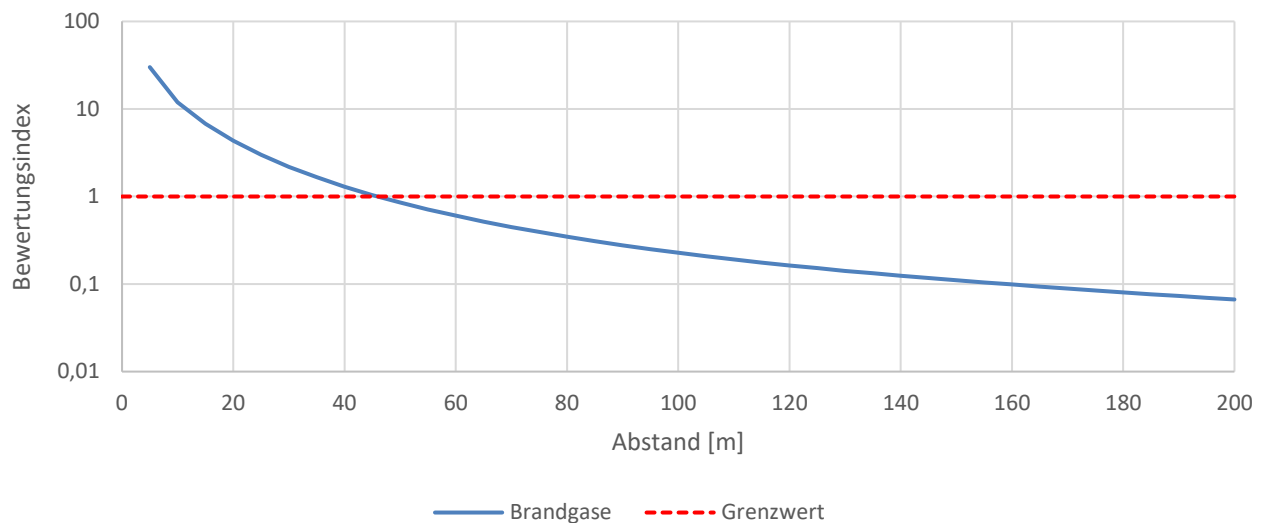
Zur Auswertung werden die Emissionskonzentrationen der Brandgase – gewichtet anhand des ERPG-2- bzw. AEGL-2-Werts für 60 Minuten – addiert (entsprechend den Vorgaben der TRGS 402). Da für Bromwasserstoff kein ERPG-2-Wert vorliegt, wird hierfür der AEGL-2-Wert für 60 Minuten verwendet. Alle anderen Stoffe werden auf Basis des jeweiligen ERPG-2-Werts bewertet.

Als Grenzwert gilt ein Bewertungsindex (BI) von 1. Dieser ergibt sich aus der Summe der Einzelstoff-Indizes  $I$  der Brandgase, wobei  $I$  jeweils durch das Verhältnis der Konzentration  $C$  zum zugehörigen Grenzwert  $GW$  bestimmt wird:

$$I_i = \frac{C}{GW}$$

$$BI = \sum I_i = \frac{C_1}{GW_1} + \frac{C_2}{GW_2} + \dots + \frac{C_n}{GW_n}$$

Abbildung 4 zeigt den Verlauf des Bewertungsindex in Abhängigkeit des Abstandes vom Freisetzungsort.



**Abbildung 4: Darstellung des Bewertungsindex**

Wie Abbildung 4 zu entnehmen ist, wird der Grenzwert des Bewertungsindex in einer Entfernung von etwa 47 Metern unterschritten.

Daraus ergibt sich ein angemessener Sicherheitsabstand von rund 50 Metern.

Auch in Halle I ist eine CO<sub>2</sub>-Löschanlage mit vergleichbaren Auslegungsparametern installiert. Der ermittelte Sicherheitsabstand wird daher ebenfalls auf Halle I übertragen – zumal davon auszugehen ist, dass die Abstände der Hallen II und III maßgeblich für die Ausbreitung der Brandgase sind.

### 7.1.2 Brand mit einer Wärmeemission < 6 MW in der Halle III

In Lagerhalle III werden neben ungefährlichen Agrarhandelsprodukten auch Düngemittel gelagert. Daher wird auch für diese Halle eine Berechnung mit der im KAS 43 angegebenen Brandgaszusammensetzung für Pflanzenschutzmittelläger durchgeführt (siehe Tabelle 3).

Im Gegensatz zu den Hallen I und V verfügt Halle III über keine CO<sub>2</sub>-Löschanlage. Ein Brand würde sich daher bis zum Beginn der Löschmaßnahmen durch die Feuerwehr ungehindert ausbreiten. Die Branderkennung erfolgt – wie auch in den anderen Hallen – über eine automatische Brandmeldeanlage gemäß DIN VDE 0833 mit Rauchmeldern als Kenngröße.

Da es sich in Sulingen um eine Freiwillige Feuerwehr handelt, kann entsprechend der VDI-Richtlinie 6019 von einer Interventionszeit von 1.080 Sekunden ausgegangen werden.

Im Mustersicherheitsbericht [R15] wird angenommen, dass der maximale Emissionsmassenstrom für drei Minuten anhält. Anschließend sinkt er innerhalb weiterer drei Minuten auf zwei Drittel des Maximalwerts ab und klingt nach weiteren sechs Minuten auf ein Drittel aus. Insgesamt ergibt sich so eine Branddauer von zwölf Minuten, die der folgenden Berechnung zugrunde gelegt wird.

Halle III verfügt über keine Rauch- und Wärmeabzugsanlage (RWA).



Wie im vorherigen Kapitel wird ein Heizwert von 20 MJ/kg [R10] angesetzt. Die Lagerung erfolgt grundsätzlich in Palettenregallagern mit offenen Böden, weshalb für die Berechnung ein Brandintensitätskoeffizient von 0,0165 kW/s<sup>2</sup> [R13] verwendet wird.

Basierend auf der Konstruktionsart der Halle erfolgt die Berechnung unter der Annahme eines „geschlossenen, nahezu dichten Lagers“. Die Brandgasmenge wird anhand der in Tabelle 8 dargestellten Werte mithilfe des Modells „Brand von Feststoffen in einem Gefahrstofflager“ im Programm ProNuSs ermittelt.

**Tabelle 8: Darstellung der Rechenparameter**

Parameter	Wert	Kommentar
Freigesetzter Stoff	Stoffgemisch	Siehe Tabelle 3
Höhe des Lagerraums [m]	9,4	
Breite des Lagerraums [m]	20	
Länge des Lagerraums [m]	45	
Heizwert [MJ/kg]	20	[R10]
Brandintensität [kW/s <sup>2</sup> ]	0,0165	Regale mit offenen Böden [R13]
Zeitpunkt der Brandmeldung [s]	120	Automatische Brandmeldung durch Brandmeldeanlage mit Rauchmelder [R13]
Löschanlage	Keine Löschanlage vorhanden	
Interventionszeit der Feuerwehr [s]	1080	[R18][R18]
Löschdauer der Feuerwehr [s]	720	[R15]

Nach etwa 950 Sekunden steigt die Temperatur im Raum auf über 700 °C. Ab diesem Punkt ist mit einem Flashover und anschließendem Vollbrand zu rechnen, womit die Grenzen des Modells überschritten werden.

Dennoch wird konservativ angenommen, dass sämtliche Brandgase über den gesamten zeitlichen Verlauf nach außen gelangen können. Als Austrittshöhe wird die Oberkante der Tür angesetzt. Die Berechnung erstreckt sich über die gesamte Branddauer.



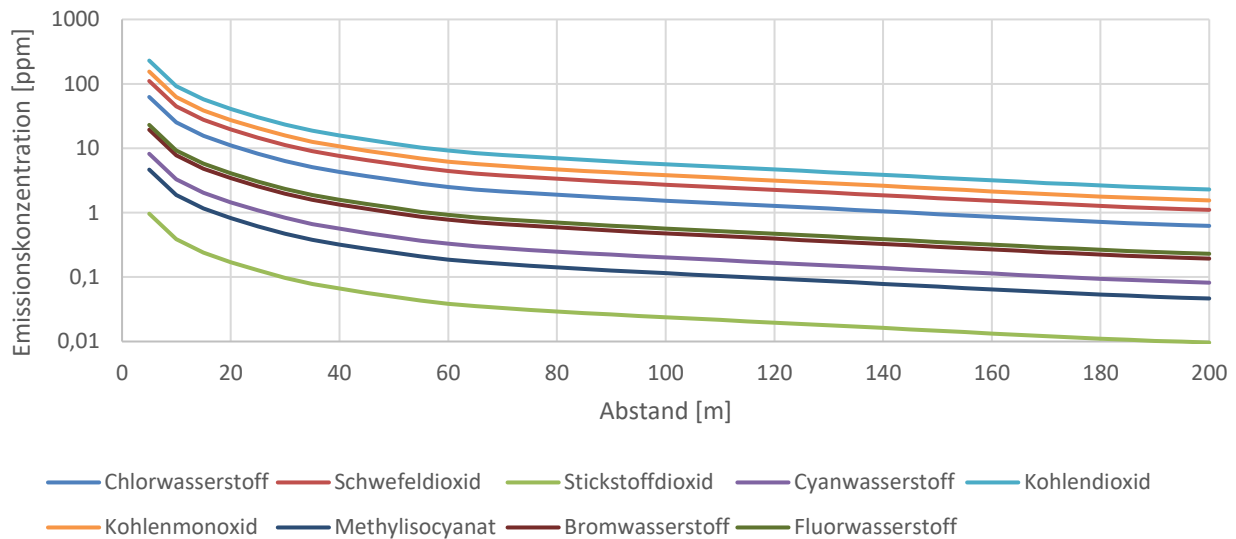
**Tabelle 9: Ausbreitung Brandgase, verwendeten Ausgangsparameter**

Parameter	Wert	Kommentar
Windgeschwindigkeit [m/s]	3	Mit indifferenter Temperaturschichtung ohne Inversion
Freisetzungshöhe [m]	2	
Aufpunkthöhe [m]	2	
Bodenrauigkeit [m]	0,8	mäßig rau

Die Ergebnisse der Ausbreitungsberechnung sind in Tabelle 10 sowie in Abbildung 5 dargestellt. Hinweis: Abstandswerte kleiner als 5 m wurden nicht ermittelt.

**Tabelle 10: Darstellung der Abstände der einzelnen Brandgaskomponenten**

Stoff	Grenzwert [ppm]	Unterschriften in [m]
Chlorwasserstoff	20	15
Schwefeldioxid	3	95
Stickstoffdioxid	15	< 5
Cyanwasserstoff	10	< 5
Kohlendioxid	50	20
Kohlenmonoxid	350	< 5
Methylisocyanat	0,25	50
Bromwasserstoff	40	< 5
Fluorwasserstoff	20	10



**Abbildung 5: Darstellung der Emissionskonzentrationen in Abhängigkeit des Freisetzungsortes**

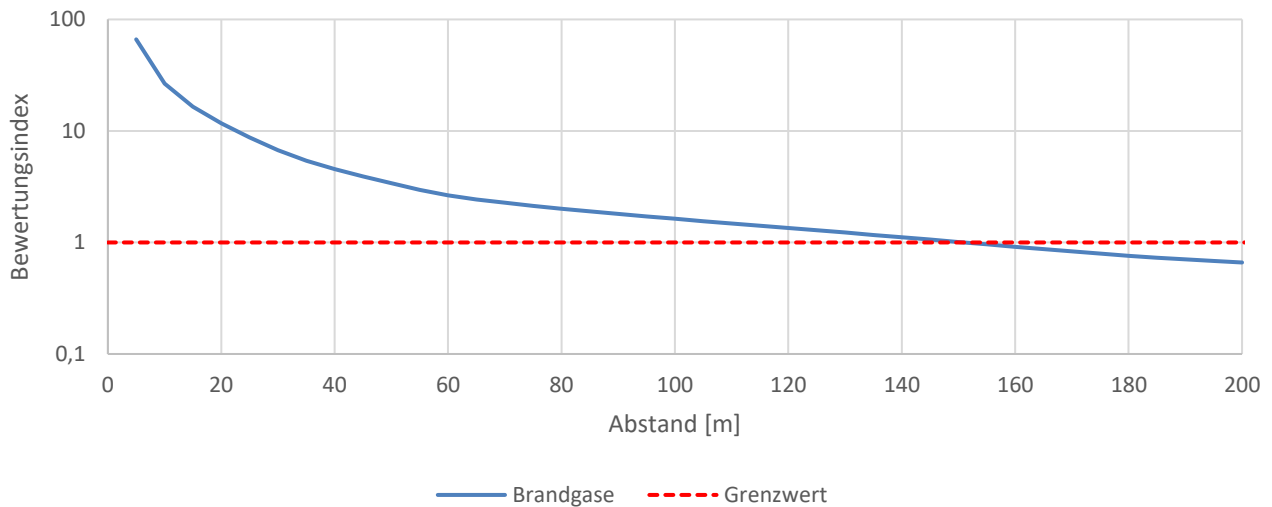
Zur Auswertung werden die Emissionskonzentrationen der Brandgase – gewichtet anhand des ERPG-2- bzw. AEGL-2-Werts für 60 Minuten – addiert (entsprechend den Vorgaben der TRGS 402). Da für Bromwasserstoff kein ERPG-2-Wert vorliegt, wird hierfür der AEGL-2-Wert für 60 Minuten verwendet. Alle anderen Stoffe werden auf Basis des jeweiligen ERPG-2-Werts bewertet.

Als Grenzwert gilt ein Bewertungsindex (BI) von 1. Dieser ergibt sich aus der Summe der Einzelstoff-Indizes  $I$  der Brandgase, wobei  $I$  jeweils durch das Verhältnis der Konzentration  $C$  zum zugehörigen Grenzwert  $GW$  bestimmt wird:

$$I_i = \frac{C}{GW}$$

$$BI = \sum I_i = \frac{C_1}{GW_1} + \frac{C_2}{GW_2} + \dots + \frac{C_n}{GW_n}$$

Abbildung 6 zeigt den Verlauf des Bewertungsindex in Abhängigkeit des Abstandes vom Freisetzungsort.



**Abbildung 6: Darstellung des Bewertungsindex**

Wie man der Abbildung 6 entnehmen kann, wird der Grenzwert des Bewertungsindex in einer Entfernung von ca. 152 m unterschritten.

Es ergibt sich somit ein angemessener Sicherheitsabstand von ca. 155 m.

Hinweis: In der ersten Version dieses Gutachtens ergab sich ein angemessener Abstand von 165 m. Im ursprünglichen Bericht wurde die ProNuSs-Version 9.37.5 verwendet. Seitdem wurde die Berechnung der Stoffdaten von Brandgasen angepasst. Hierdurch ergibt sich der etwas kleinere Wert.

### 7.1.3 Brand mit einer Wärmeemission < 6 MW in der Halle II

In Halle II erfolgt die Sortierung und Verteilung der Waren auf die dafür vorgesehenen Räume entsprechend ihrer Gefahrstoffmerkmale. Sämtliche Produkte werden in einem Einlagerungsplan erfasst und eindeutig einem Lagerbereich zugeordnet. Auch für diese Halle wird eine Berechnung mit der im KAS 43 genannten Brandgaszusammensetzung für Pflanzenschutzmittelläger durchgeführt.

Wie bereits Halle III verfügt auch Halle II über keine CO<sub>2</sub>-Löschanlage. Ein Brand würde sich daher bis zum Eintreffen der Feuerwehr ungehindert ausbreiten. Die Branderkennung erfolgt – wie in den anderen Hallen – über eine automatische Brandmeldeanlage gemäß DIN VDE 0833 mit Rauchmeldern als Detektionsgröße.

Da in Sulingen eine Freiwillige Feuerwehr zuständig ist, kann gemäß VDI-Richtlinie 6019 von einer Interventionszeit von 1.080 Sekunden ausgegangen werden.



Im Mustersicherheitsbericht [R15] wird angenommen, dass der maximale Emissionsmassenstrom für drei Minuten vorliegt. Anschließend reduziert sich dieser innerhalb von drei Minuten auf zwei Drittel des Maximalwerts und klingt nach weiteren sechs Minuten auf ein Drittel ab. Insgesamt ergibt sich somit eine Branddauer von zwölf Minuten, die in der weiteren Berechnung berücksichtigt wird.

Halle II verfügt über keine Rauch- und Wärmeabzugsanlage (RWA). Es wird – wie im vorherigen Kapitel – ein Heizwert von 20 MJ/kg [R10] verwendet.

Die Berechnungen im Programm ProNuSs beziehen sich auf Brände in Gefahrstofflagern. In Halle II werden jedoch lediglich einzelne Paletten kommissioniert. Für diese Art der Lagerung ist in den Quellen [R20] und [R13] kein spezifischer Brandintensitätskoeffizient angegeben.

Um die Konsistenz mit den Berechnungen für die übrigen Lagerhallen zu wahren, wird daher auch für Halle II ein Brandintensitätskoeffizient von 0,0165 kW/s<sup>2</sup> verwendet.

Aufgrund der Bauweise erfolgt die Berechnung unter der Annahme eines „geschlossenen, nahezu dichten Lagers“. Die Entstehung der Brandgasmenge wird anhand der in Tabelle 11 dargestellten Werte mit dem Modell „Brand von Feststoffen in einem Gefahrstofflager“ im Programm ProNuSs ermittelt.

**Tabelle 11: Darstellung der Rechenparameter**

Parameter	Wert	Kommentar
Freigesetzter Stoff	Stoffgemisch	Siehe Tabelle 3
Höhe des Lagerraums [m]	9,4	
Breite des Lagerraums [m]	15	
Länge des Lagerraums [m]	25	
Heizwert [MJ/kg]	20	[R10]
Brandintensität [kW/s <sup>2</sup> ]	0,0165	
Zeitpunkt der Brandmeldung [s]	120	Automatische Brandmeldung durch Brandmeldeanlage mit Rauchmelder [R13]
Löschanlage	Keine Löschanlage vorhanden	
Interventionszeit der Feuerwehr [s]	1080	[R18][R18]
Löschdauer der Feuerwehr [s]	720	[R15]



Nach etwa 700 Sekunden steigt die Temperatur im Raum auf über 700 °C. Ab diesem Punkt ist mit einem Flashover und anschließendem Vollbrand zu rechnen, wodurch die Grenzen des Modells überschritten werden.

Es wird konservativ dennoch angenommen, dass sämtliche Brandgase ins Freie entweichen können. Als Austrittshöhe wird die Oberkante des Hallentors angesetzt. Die Berechnung erfolgt über den gesamten zeitlichen Verlauf.

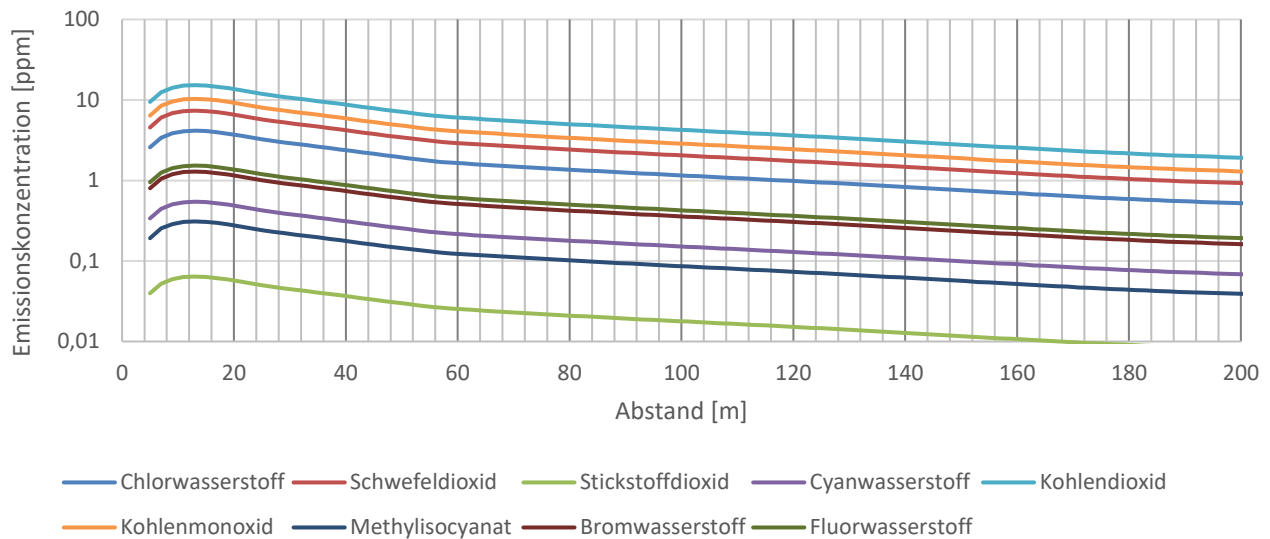
**Tabelle 12: Ausbreitung Brandgase, verwendeten Ausgangsparameter**

Parameter	Wert	Kommentar
Windgeschwindigkeit [m/s]	3	Mit indifferenter Temperaturschichtung ohne Inversion
Freisetzungshöhe [m]	4,25	Oberkante Hallentor
Aufpunkthöhe [m]	2	
Bodenrauigkeit [m]	0,8	mäßig rau

Die Ergebnisse der Ausbreitungsberechnung sind in Tabelle 13 sowie in Abbildung 7 dargestellt. Hinweis: Abstandswerte kleiner als 5 m wurden nicht ermittelt.

**Tabelle 13: Darstellung der Abstände der einzelnen Brandgaskomponenten**

Stoff	Grenzwert [ppm]	Unterschritten in [m]
Chlorwasserstoff	20	< 5
Schwefeldioxid	3	60
Stickstoffdioxid	15	< 5
Cyanwasserstoff	10	< 5
Kohlendioxid	50	< 5
Kohlenmonoxid	350	< 5
Methylisocyanat	0,25	25
Bromwasserstoff	40	< 5
Fluorwasserstoff	20	< 5



**Abbildung 7: Darstellung der Emissionskonzentrationen in Abhängigkeit des Freisetzungsortes**

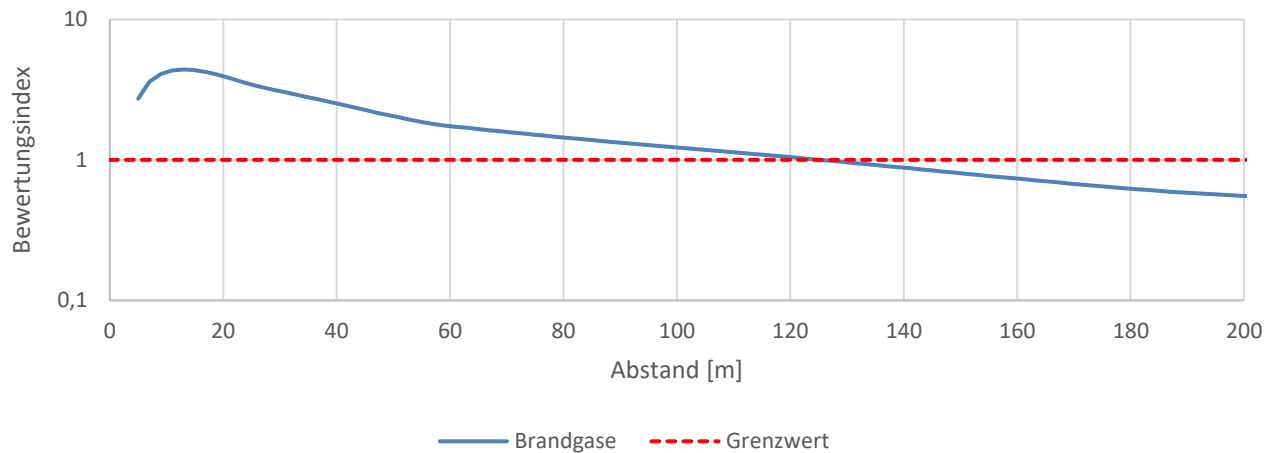
Zur Auswertung werden die Emissionskonzentrationen der Brandgase – gewichtet anhand des ERPG-2- bzw. AEGL-2-Werts für 60 Minuten – addiert (entsprechend den Vorgaben der TRGS 402). Da für Bromwasserstoff kein ERPG-2-Wert vorliegt, wird hierfür der AEGL-2-Wert für 60 Minuten verwendet. Alle anderen Stoffe werden auf Basis des jeweiligen ERPG-2-Werts bewertet.

Als Grenzwert gilt ein Bewertungsindex (BI) von 1. Dieser ergibt sich aus der Summe der Einzelstoff-Indizes  $I$  der Brandgase, wobei  $I$  jeweils durch das Verhältnis der Konzentration  $C$  zum zugehörigen Grenzwert  $GW$  bestimmt wird:

$$I_i = \frac{C}{GW}$$

$$BI = \sum I_i = \frac{C_1}{GW_1} + \frac{C_2}{GW_2} + \dots + \frac{C_n}{GW_n}$$

Abbildung 8 zeigt den Verlauf des Bewertungsindex in Abhängigkeit des Abstandes vom Freisetzungsort.



**Abbildung 8: Darstellung des Bewertungsindex**

Wie Abbildung 6 zu entnehmen ist, wird der Grenzwert des Bewertungsindex in einer Entfernung von ca. 125 m unterschritten.

Daraus ergibt sich ein angemessener Sicherheitsabstand von etwa 125 m. Da dieser innerhalb des angemessenen Sicherheitsabstands von Halle II liegt, kann davon ausgegangen werden, dass es sich bei den 155 m um den abstandbestimmenden Wert handelt.

#### 7.1.4 Brandgase bei einem Vollbrand

Auf den Brand mit einer Wärmefreisetzung von weniger als 6 MW folgt ein Vollbrand. Dabei kommt es zu einer stärkeren Thermik und somit Überhöhung der entstehenden Brandgase- Hierdurch verringern sich die Emissionskonzentrationen in Bodennähe.

Es kann daher davon ausgegangen werden, dass der Brand mit einer Wärmefreisetzung von weniger als 6 MW im Hinblick auf die Emission von Brandgasen abstandbestimmend ist.

#### 7.1.5 Schwelbrand Ammoniumnitrat

Für den Spezialfall der Lagerung von Ammonium- oder Kaliumnitrat sieht die KAS-43 vor, dass im Brandfall mit einer Zersetzungsreaktion zu rechnen ist.

Für Ammoniumnitrat bedeutet dies:



In der Lagerhalle III werden überwiegend Düngemittel gelagert, darunter feste und flüssige ammoniumnitrathaltige Produkte. Dazu zählen unter anderem Spezialdünger der Gruppe C (ammoniumnitrathaltige Gemische, die weder zu einer selbstunterhaltenden, fortschreitenden thermischen Zersetzung noch zu einer detonativen Reaktion fähig sind, jedoch beim Erhitzen Stickoxide freiset-



zen) sowie bis zu 20 t Düngemittel der Gruppe B (ammoniumnitrathaltige Gemische, die zu einer selbstunterhaltenden, fortschreitenden thermischen Zersetzung fähig sind).

Der Handel mit ammoniumnitrathaltigem Dünger ist in der EU durch die REACH-Verordnung (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) eingeschränkt. Demnach darf in EU-Mitgliedsstaaten kein ammoniumnitrathaltiger Dünger in Verkehr gebracht werden, dessen Stickstoffgehalt 28 Gewichtsprozent überschreitet. Ammoniumnitrat wird in der Regel mit Kalkamonsalpeter (KAS) versetzt. Durch den enthaltenen Kalk, der eine brandhemmende Wirkung hat, sind die in Deutschland verwendeten Handelsdünger weder brennbar noch explosiv.

Im Falle einer Havarie kann es höchstens zu einem Schwelbrand kommen, nicht jedoch zu einer Explosion oder einem großflächigen Brand. Ein Stickstoffgehalt von 28 Gewichtsprozent, bezogen auf Ammoniumnitrat (AN), entspricht einem Ammoniumnitratanteil von etwa 80 %.

In Tabelle 14 sind die Annahmen für die Berechnung der Freisetzungsrates von  $\text{NO}_2$  dargestellt. Da Stickstoffmonoxid ( $\text{NO}$ ) in Luft weiter zu Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) oxidiert, wird  $\text{NO}_x$  – in Anlehnung an die Empfehlung KAS-43 – vereinfachend vollständig als  $\text{NO}_2$  betrachtet.

Der Schwelbrand weist eine sehr geringe Abbrandgeschwindigkeit von etwa 1 m/h auf [R11]. Die maximale Schüttdichte beträgt ca.  $1,2 \text{ g/cm}^3$ .

Im Gegensatz zu den Hallen I und V befinden sich in den Hallen II und III keine automatischen  $\text{CO}_2$ -Löschanlagen. Ein Brand würde sich daher bis zum Eintreffen der Feuerwehr ungehindert ausbreiten. Da es sich in Sulingen um eine Freiwillige Feuerwehr handelt, ist gemäß VDI-Richtlinie 6019 von einer Interventionszeit von 1080 s auszugehen [R18].

Laut Mustersicherheitsbericht liegt der maximale Emissionsmassenstrom für einen Zeitraum von drei Minuten an. Anschließend reduziert er sich innerhalb weiterer drei Minuten auf zwei Drittel dieses Maximalwerts und klingt in den folgenden sechs Minuten auf ein Drittel ab. Insgesamt ergibt sich damit eine angenommene Löschdauer von 12 Minuten. Unter Berücksichtigung von 120 s Detektionszeit (durch Rauchwarnmelder), 1080 s Interventionszeit und 720 s Löschzeit ergibt sich eine Gesamtzeit bis zur vollständigen Brandbekämpfung von ca. 1920 s.

Bei einer Brandgeschwindigkeit von 1 m/h ergibt sich in dieser Zeit ein Brandradius von ca. 0,533 m. Dieser Wert ist als konservative Maximalabschätzung zu verstehen, da angenommen wird, dass sich der Brand auch während der Löschmaßnahmen mit konstanter Geschwindigkeit weiter ausbreitet.

Die Lagerdichte in der Gefahrstoffhalle III beträgt etwa  $0,7 \text{ t/m}^2$ . Die maximale Länge des Brandabschnitts in Halle III beträgt 44 m. Aufgrund der geringen Ausbreitungsgeschwindigkeit ist nicht davon auszugehen, dass der gesamte Abschnitt betroffen ist. Es wird konservativ angenommen, dass ein maximal 1,1 m langer Bereich ( $0,533 \text{ m} \times 2$ ) betroffen ist. Weiterhin wird unterstellt, dass der gesamte Dünger in diesem Abschnitt abbrennt. Laut [R11] sind dies 60 % des enthaltenen Materials.



Ausgehend von einer molaren Masse von 80 g/mol für Ammoniumnitrat und 46 g/mol für Stickstoffdioxid ergibt sich, dass pro Gramm Ammoniumnitrat etwa 0,144 g Stickstoffdioxid freigesetzt werden. Zusätzlich wird der Anteil an Stickstoffmonoxid berücksichtigt, der – wie bereits erwähnt – in der Atmosphäre zu NO<sub>2</sub> oxidiert.

Da in Halle II üblicherweise eine geringere Lagerdichte herrscht und auch der potenzielle Brandabschnitt kürzer ist, können die ermittelten Ergebnisse konservativ auch auf Halle II übertragen werden.

**Tabelle 14: Darstellung der Werte zur Schwelbrandberechnung von ammoniumnitrat-haltigem Dünger**

Parameter	Wert	Kommentar
Anteil an Stickstoff im AN [%]	28	Max. nach REACH-Verordnung
Ammoniumnitrat im Dünger [%]	80	Max. nach REACH-Verordnung
Lagerdichte [t/m <sup>2</sup> ]	0,7	Konservative Annahme
Schwel- bzw. Abbrandgeschwindigkeit [m/h]	1	[R11]
Umsetzung von AN in NO <sub>2</sub> [%]	14,4	Errechnet aus den molaren Massen
Umsetzung von AN in NO [%]	18,8	Errechnet aus den molaren Massen, reagiert in der Luft weiter zu NO <sub>2</sub>
Gesamte Umsetzung [%]	33,2	14,4 % + 18,8 %
Maximale Düngermenge, die verschwelt / abbrennt [kg/s]	0,21	1,1 m · 0,7 t/m <sup>2</sup> · 1 m/h
Freisetzungsrate an NO <sub>2</sub> [kg/s]	0,056	0,21 kg/s · 0,8 (Anteil-AN) · 0,332 (Anteil-NO <sub>2</sub> )

Die in der Ausbreitungsberechnung verwendeten Parameter sind in Tabelle 15 dargestellt. Die Berechnung erfolgt gemäß VDI-Richtlinie 3783 Blatt 1 unter Annahme einer mittleren Wettersituation.

Da die Konzentrationen im Nahbereich bei einer Freisetzung in geringerer Höhe (z. B. aus Hallentoren oder Türen) höher ausfallen als bei einer Freisetzung in größerer Höhe (z. B. über Rauch- und Wärmeabzugsanlagen [RWA]) oder bei bodennaher Freisetzung, wird in der Berechnung konservativ von einer Freisetzungshöhe von 2 m ausgegangen.

Der errechnete Massenstrom wird konservativ als stationär in die Berechnung übernommen. Die Wärmefreisetzung des Brandes wird aufgrund fehlender Stoffdaten vernachlässigt.

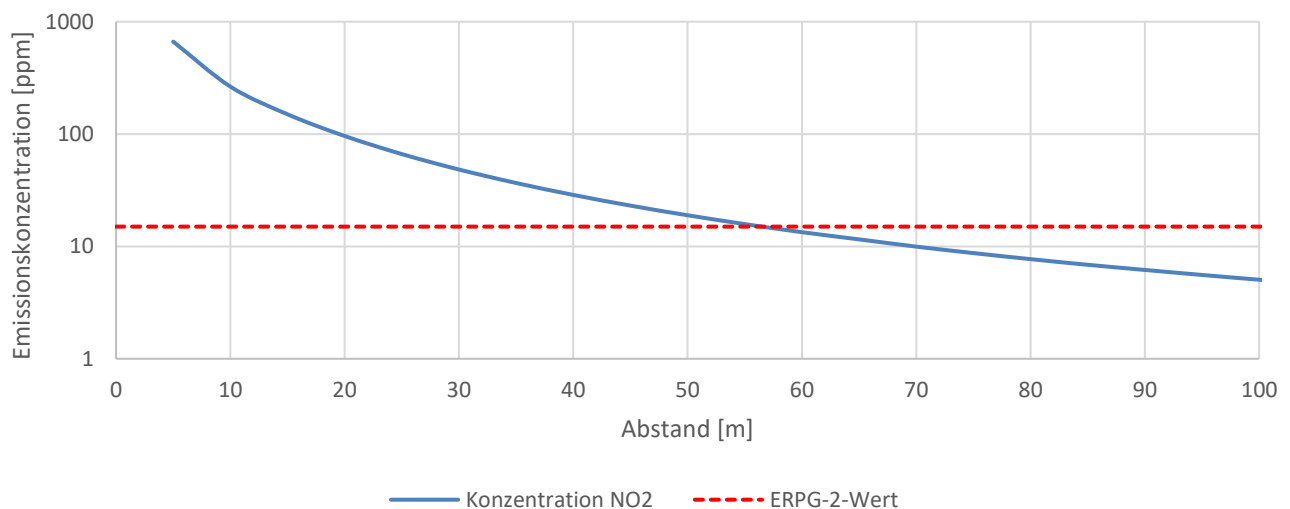


**Tabelle 15: Ausbreitung Stickstoffdioxid, verwendeten Ausgangsparameter**

Parameter	Wert	Kommentar
Windgeschwindigkeit [m/s]	3	Mit indifferenter Temperaturschichtung ohne Inversion
Freisetzungshöhe [m]	2	
Aufpunkthöhe [m]	2	
Bodenrauigkeit [m]	0,8	mäßig rau; entsprechend [U2]

In Abbildung 9 ist das Ergebnis der Ausbreitungsberechnung dargestellt. Wie dem Graphen zu entnehmen ist, wird der ERPG-2-Wert für NO<sub>2</sub> von 15 ppm ab einer Entfernung von etwa 57 Metern unterschritten.

Daraus ergibt sich ein angemessener, aufgerundeter Sicherheitsabstand von 60 Metern.

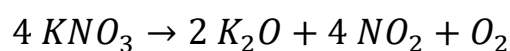


**Abbildung 9: Darstellung der NO<sub>2</sub>-Emissionskonzentration**

### 7.1.6 Schwelbrand Kaliumnitrat

Kaliumnitrat kann auf dem Betriebsgelände in reiner Form umgeschlagen werden. In der Tabelle 16 sind die Annahmen für die Berechnung der Freisetzungsrates an NO<sub>2</sub> dargestellt.

Reines Kaliumnitrat ist nicht brennbar, aber brandfördernd. Im KAS-43 ist keine Gleichung für die Zersetzungsreaktion angegeben. Konservativ wird von folgender Gleichung ausgegangen:





Aufgrund fehlender Daten zur Schwelbrandgeschwindigkeit von Kaliumnitrat wird in der Berechnung die Abbrandgeschwindigkeit von Ammoniumnitrat mit 1 m/h [R11] verwendet. Wie bereits im vorherigen Kapitel beschrieben, ergibt sich daraus ein Brandradius von etwa 0,533 m. Für die Berechnung wird – wie beim Ammoniumnitratbrand – eine Lagerdichte von 0,7 t/m<sup>2</sup> angenommen.

Ausgehend von einer molaren Masse von 101 g/mol für Kaliumnitrat und 46 g/mol für Stickstoffdioxid ergibt sich, dass pro Gramm Kaliumnitrat etwa 0,455 g Stickstoffdioxid freigesetzt werden.

**Tabelle 16: Darstellung der Werte zur Schwelbrandberechnung von kaliumnitrat-haltigem Dünger**

Parameter	Wert	Kommentar
Maximale Konzentrationen an Kaliumnitrat im Dünger [%]	100	
Lagerdichte [t/m <sup>2</sup> ]	0,7	Konservative Annahme
Schwel- bzw. Abbrandgeschwindigkeit	1 m/h	Entsprechend Ammoniumnitrat [R11]
Umsetzung von AN in NO [Gew.-%]	45,5	Errechnet aus den molaren Massen
Maximalen Düngermenge, welche pro h verschwelt / abbrennt [kg/h]	0,21	$1,1 \text{ m} \cdot 0,7 \text{ t/m}^2 \cdot 1 \text{ m/h}$
Freisetzungsrate an NO <sub>2</sub> [kg/s]	0,096	$0,21 \text{ kg/s} \cdot 0,455 \text{ (Anteil-NO}_2\text{)}$

Die in der Ausbreitungsberechnung verwendeten Parameter sind in Tabelle 17 dargestellt. Die Berechnung erfolgt gemäß der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 1 für eine mittlere Wettersituation.

Da bei einer Freisetzung in geringerer Höhe (z. B. aus Hallentoren oder Türen) im Nahbereich höhere Konzentrationen auftreten als bei einer Freisetzung in größerer Höhe (z. B. über Rauch- und Wärmeabzüge) oder in Bodenhöhe, wird in der Berechnung konservativ eine Freisetzungshöhe von 2 Metern angenommen. Der berechnete Massenstrom wird konservativ als stationär in die Modellierung übernommen. Die Wärmefreisetzung des Brandes bleibt aufgrund fehlender Stoffdaten unberücksichtigt.

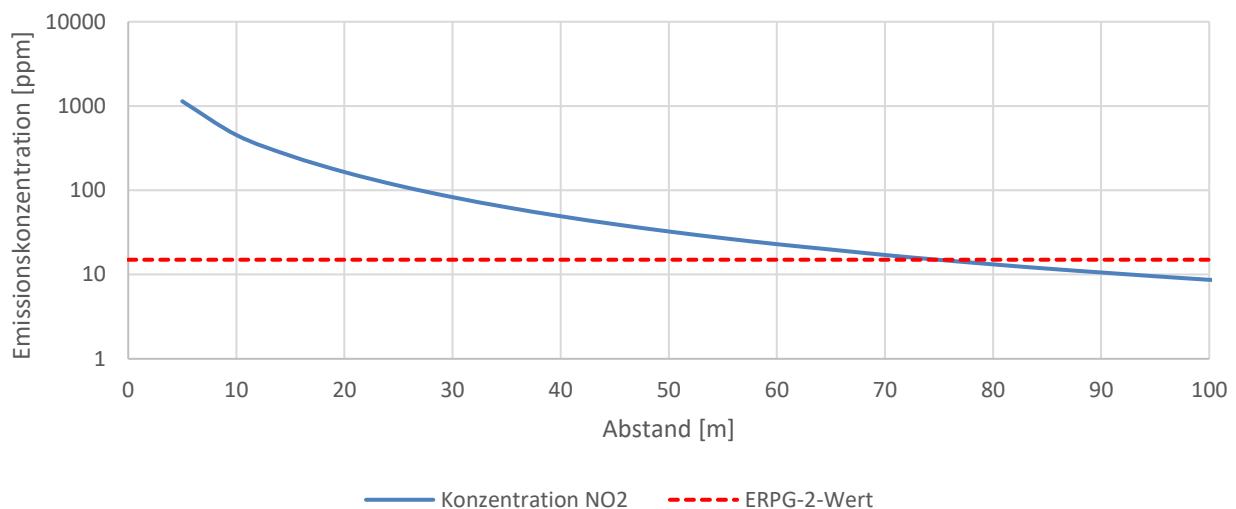
**Tabelle 17: Ausbreitung Stickstoffdioxid, verwendeten Ausgangsparameter**

Parameter	Wert	Kommentar
Windgeschwindigkeit [m/s]	3	Mit indifferenter Temperaturschichtung ohne Inversion
Freisetzungshöhe [m]	2	
Aufpunkthöhe [m]	2	
Bodenrauigkeit [m]	0,8	mäßig rau



In Abbildung 10 ist das Ergebnis der Ausbreitungsberechnung dargestellt. Wie man dem Graphen entnehmen kann, wird der ERPG-2-Wert von NO<sub>2</sub> von 15 ppm ab einer Entfernung von ca. 75 m unterschritten.

Es ergibt sich somit aufgerundet ein angemessener Sicherheitsabstand von 75 m.



**Abbildung 10: Darstellung der NO<sub>2</sub>-Emissionskonzentration**

## 7.2 Toxische Auswirkungen von Flüssigkeiten

Entsprechend dem UBA-Forschungsbericht 104 09 213 [R15] sind die toxischen Auswirkungen von Bränden in Bezug auf Pflanzenschutzmittelläger das wahrscheinlichste und bezogen auf mögliche Auswirkungen der größte Störfall. Es kann davon ausgegangen werden, dass durch andere Störfallszenarien keine größeren angemessenen Sicherheitsabstände erforderlich sind. Auf dem Betriebsgelände werden zwar ebenfalls akut toxische Stoffe der Gefahrenkategorie H1 umgeschlagen und gelagert, aber durch die handelsüblichen geringen Packungsmaße und die Handhabung der Produkte in der Landwirtschaft kann eine Fernwirkung, welche über die der Brandgase hinausgeht, ausgeschlossen werden. Konservativ wird in diesem Kapitel trotzdem die Leckage eines toxischen Stoffes betrachtet.

Das Gefährdungspotential eines Stoffes bezüglich der Toxizität wird in der TRGS 510 und in der 12. BImSchV ausschließlich basierend auf den Gefahrenhinweisen bewertet. Diese Einschätzung bildet jedoch nur eingeschränkt ab, inwiefern die Leckage eines Stoffes eine luftgetragene Gefährdung in der Umgebung hervorrufen kann. So kann zum Beispiel ein Stoff mit geringer Toxizität, aber hohem Dampfdruck (z. B. Furan) ein höheres Gefahrenpotential haben als ein Stoff mit hoher Toxizität und geringem Dampfdruck (z. B. Quecksilber).



Der Gefahrenindex eines Stoffes wird durch die Toxizität und einen Parameter für die Flüchtigkeit, wie den Dampfdruck, bestimmt. Die Toxizität lässt sich durch entsprechende Beurteilungswerte, zum Beispiel die AEGL-2-Werte für 60 Minuten oder den ERPG-2-Wert, ausdrücken. Das bedeutet, dass das Gefahrenpotential umso höher ist, je höher der Dampfdruck und je niedriger der Beurteilungswert ist. Laut den Leitfäden KAS-18 und KAS-32 sollen die angemessenen Sicherheitsabstände anhand der ERPG-2-Werte bestimmt werden. Der Gefahrenindex kann somit mit der Formel (1) berechnet werden.

$$Q_{tox} = \frac{p_d}{ERPG-2} \quad (1)$$

Um die abstandsbestimmende Flüssigkeit zu ermitteln, wurde entsprechend der Vorgabe des KAS-32 der Gefahrenindex aller Flüssigkeiten, für die ein ERPG-2-Wert vorliegt, berechnet.

Die Zulassung von Schädlingsbekämpfungsmitteln in der Europäischen Union erfolgt auf Grundlage der Verordnung (EU) Nr. 528/2012 über die Bereitstellung auf dem Markt und die Verwendung von Biozidprodukten (Biozidprodukteverordnung – BPR). Biozidprodukte, die zur Bekämpfung von Schadorganismen wie Insekten (PT 18), Nagetieren (PT 14) oder Vögeln (PT 15) eingesetzt werden, dürfen nur dann in Verkehr gebracht und verwendet werden, wenn der enthaltene Wirkstoff für die jeweilige Produktart genehmigt ist und das Produkt selbst eine entsprechende Zulassung besitzt.

Die zuständige Behörde für die Bewertung und Zulassung auf europäischer Ebene ist die Europäische Chemikalienagentur (ECHA). Die ECHA stellt ein zentrales, öffentlich zugängliches Verzeichnis zugelassener Biozid-Wirkstoffe und -Produkte bereit. Dieses enthält Informationen zum Zulassungsstatus, zu den Produktarten und zu den zugelassenen Verwendungszwecken.

Die Datenbank ermöglicht eine transparente Überprüfung, ob ein bestimmtes Schädlingsbekämpfungsmittel oder ein darin enthaltener Wirkstoff in der EU für den vorgesehenen Einsatz zulässig ist.

In Tabelle 18 sind die gefährlichsten Stoffe dargestellt, basierend auf dem Gefahrenindex unter Anwendung des ERPG-2-Wertes. Für die Auswertung wurden die Dampfdrücke bei 20 °C der GESTIS-Stoffdatenbank (Gefahrstoffinformationssystem der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung) entnommen. Da für Bis(chlormethyl)ether kein Wert bei 20 °C vorlag, wurde der Dampfdruck aus der Datenbank APV88.PURE32 (enthält Daten des Design Institute for Physical Property Data (DIPPR) und AspenTech) übernommen.



**Tabelle 18: Darstellung der Stoffe für die ein ERPG-2 Wert vorliegt sortiert nach dem Gefahrenindex**

Stoffname	CAS-Nr.	UN NR	Gefahrenindex [mbar/ppm]	Verpackungsanweisung laut ADR-Code
Acrolein	107-02-8	1092	1967	601
Methylisocyanat	624-83-9	2480	1856	601
Brom	7726-95-6	1744	440	804
Bis(chlormethyl)ether	542-88-1	2249	300	Transport verboten
Butylisocyanat	111-36-4	2485	280	602
Trichlorsilan	10025-78-2	1295	220	401
Methylchlormethylether	107-30-2	1239	213	602
Oleum	8014-95-7	1831	187	602
Trichlornitromethan	76-06-2	1580	150	602
Cyanwasserstoff	74-90-8	1051	82	200

Der Tabelle ist zu entnehmen, dass Acrolein mit einem Gefahrenindex von 1.967 mbar/ppm den höchsten Wert aufweist, gefolgt von Methylisocyanat (1.856 mbar/ppm). An dritter Stelle folgt Brom mit einem deutlich geringeren Gefahrenindex von 440 mbar/ppm, gefolgt von Bis(chlormethyl)ether mit 300 mbar/ppm.

Acrolein wird hauptsächlich als Zwischenprodukt bei der Synthese chemischer Verbindungen eingesetzt. Es kann auch als Biozid verwendet werden. Die Genehmigung für die Verwendung von Acrolein in Biozidprodukten der Produktart 12 wurde jedoch zum 27.07.2023 im EU-Recht nicht verlängert. Die Produktart 12 umfasst Mittel zur Verhinderung oder Bekämpfung von Schleimbildung auf Materialien, Einrichtungen und Gegenständen, die in industriellen Verfahren eingesetzt werden – beispielsweise auf Holz, Papiermasse oder porösen Sandschichten bei der Ölförderung. Eine Verwendung als Pflanzenschutz- oder Schädlingsbekämpfungsmittel ist somit generell auszuschließen und wird daher im weiteren Verlauf nicht berücksichtigt.

### 7.2.1 Ausbreitung von Cyanwasserstoff

Cyanwasserstoff stellt den Stoff mit dem höchsten Gefahrenindex dar, für den eine Zulassung als Biozid besteht. Er kann zur Bekämpfung von Insekten (Produktart 18) und Nagetieren (Produktart 14) eingesetzt werden. Das Vorhandensein von Cyanwasserstoff in Reinform wird vom Betreiber ausdrücklich ausgeschlossen. Da jedoch kein rechtsverbindlicher Verzicht vorliegt, wird der Stoff in diesem Gutachten dennoch berücksichtigt.



Die Zulassung von Pflanzenschutzmitteln in der Europäischen Union erfolgt auf Grundlage der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln. Demnach dürfen Pflanzenschutzmittel nur in Verkehr gebracht und verwendet werden, wenn der darin enthaltene Wirkstoff auf europäischer Ebene genehmigt ist und das Produkt auf nationaler Ebene zugelassen wurde.

Die Bewertung der Wirkstoffe erfolgt durch die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) in Zusammenarbeit mit den Mitgliedstaaten. Die Zulassung der konkreten Pflanzenschutzmittelprodukte erfolgt in Deutschland durch das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL).

Ein zentral geführtes Pflanzenschutzmittelverzeichnis ermöglicht die Überprüfung, welche Mittel in Deutschland zugelassen sind. Das Verzeichnis enthält unter anderem Angaben zu Wirkstoffen, Anwendungsgebieten, Anwendergruppen, Auflagen und Zulassungszeitraum. Nur zugelassene Mittel dürfen angewendet werden, um die Sicherheit für Mensch, Tier und Umwelt zu gewährleisten.

Ein Abgleich aller Stoffe, für die ein ERPG-2-Wert vorliegt, mit den in Deutschland zugelassenen Pflanzenschutzmitteln ergab, dass Essigsäure den höchsten Gefahrenindex aufweist. Dieser beträgt 0,45 mbar/ppm. Essigsäure kann als Herbizid zur Unkrautbekämpfung eingesetzt werden.

Da der Gefahrenindex von Cyanwasserstoff mit 82 mbar/ppm deutlich höher ist als der von Essigsäure, wird Cyanwasserstoff in den Berechnungen als Substitutionsstoff verwendet.

Cyanwasserstoff (UN 1051) gehört zur Lagerklasse 2A – Gase, entzündbar und darf gemäß TRGS 510 nur unter bestimmten Bedingungen mit Flüssigkeiten zusammen gelagert werden. Eine Zusammenlagerung ist grundsätzlich nicht zulässig, wenn durch Wechselwirkungen zwischen den Stoffen erhöhte Gefahren entstehen könnten, etwa durch:

- exotherme Reaktionen
- Zünd- oder Explosionsgefahr
- Bildung giftiger Zersetzungsprodukte

Eine gemeinsame Lagerung von Cyanwasserstoff mit entzündbaren oder reaktionsfähigen Flüssigkeiten ist gemäß TRGS 510 grundsätzlich unzulässig. Ausgenommen hiervon sind nur spezifisch geprüfte Fälle mit Flüssigkeiten der Lagerklasse 12, sofern durch technische Maßnahmen eine gegenseitige Gefährdung zweifelsfrei ausgeschlossen werden kann.

Es wird empfohlen, Cyanwasserstoff ausschließlich in abgetrennten, belüfteten Bereichen oder Gasschränken zu lagern, die organisatorisch, baulich oder technisch von flüssigen Gefahrstoffen getrennt sind (vgl. TRGS 510, Abschnitt 7.3).



Cyanwasserstoff darf ausschließlich in Flaschen transportiert werden. Ein Transport in Großflaschen (> 150 l bis 3.000 l) oder Fässern ist gemäß ADR untersagt. Flaschen gelten laut ADR-Code als „ortsbewegliche Druckgefäße mit einem Fassungsraum von höchstens 150 Litern“. Flaschenbündel sind zwar zugelassen, doch gemäß den Vorgaben der KAS-18 wird im Störfall-Szenario die Leckage einer einzelnen Druckgasflasche betrachtet. Dabei ist von einem Abriss des Ventils mit einer angenommenen Leckgröße von 80 mm<sup>2</sup> auszugehen. Es wird die völlige Entleerung mit anschließender Lachenverdunstung zu unterstellen.

Entsprechend der Verpackungsanweisung P200 des ADR-Codes darf der Fassungsraum von Flaschen bei giftigen Stoffen mit einem LC<sub>50</sub>-Wert von höchstens 200 ml/m<sup>3</sup> maximal 85 Liter betragen. Der LC<sub>50</sub>-Wert ist im ADR für die akute Toxizität beim Einatmen definiert als diejenige Konzentration eines Dampfes, Nebels oder Staubs, die bei kontinuierlicher Einatmung über einen Zeitraum von einer Stunde mit größter Wahrscheinlichkeit zum Tod von 50 Prozent einer Versuchstiergruppe aus jungen, erwachsenen, männlichen und weiblichen Albino-Ratten innerhalb von 14 Tagen führt. Der entsprechend definierte LC<sub>50</sub>-Wert für Cyanwasserstoff beträgt laut der Agency for Toxic Substances and Disease Registry [R23] 143 ml/m<sup>3</sup> und ist somit kleiner als 200 ml/m<sup>3</sup>.

Unter Berücksichtigung der gesetzlichen Begrenzung des Fassungsraums für Gasflaschen mit Cyanwasserstoff und den Vorgaben aus dem Leitfaden KAS-18 wurde eine Berechnung auf Basis der in Tabelle 19 dargestellten Parameter durchgeführt. Der Füllungsgrad der Gasflasche beträgt laut Verpackungsanweisung P200 maximal 55 Prozent. Für Druckgasflaschen mit einem maximalen Fassungsvermögen von 85 Litern sind ein Außendurchmesser von ca. 250 mm und eine Gesamthöhe von ca. 1.240 mm (ohne Ventil) typisch. Die Mindestwanddicke beträgt laut ADR 2 mm, wodurch sich ein Innendurchmesser von ca. 246 mm ergibt.

**Tabelle 19: Parameter und Ergebnisse der Verdunstungsberechnung von Cyanwasserstoff**

Parameter	Wert	Kommentar
Stoff	Cyanwasserstoff	
Temperatur [°C]	20	
Behälterdurchmesser [m]	0,246	Betrachtet wird ein stehender zylindrischer Behälter.
Behältervolumen [m <sup>3</sup> ]	0,085	Füllgrad 55 %
Leckfläche [mm <sup>2</sup> ]	80	DN10
Ausflussziffer	0,62	
Höhe des Lecks über Behälterunterkante [m]	0	
Zeitdauer	Bis zur Entleerung	Instationäre Berechnung



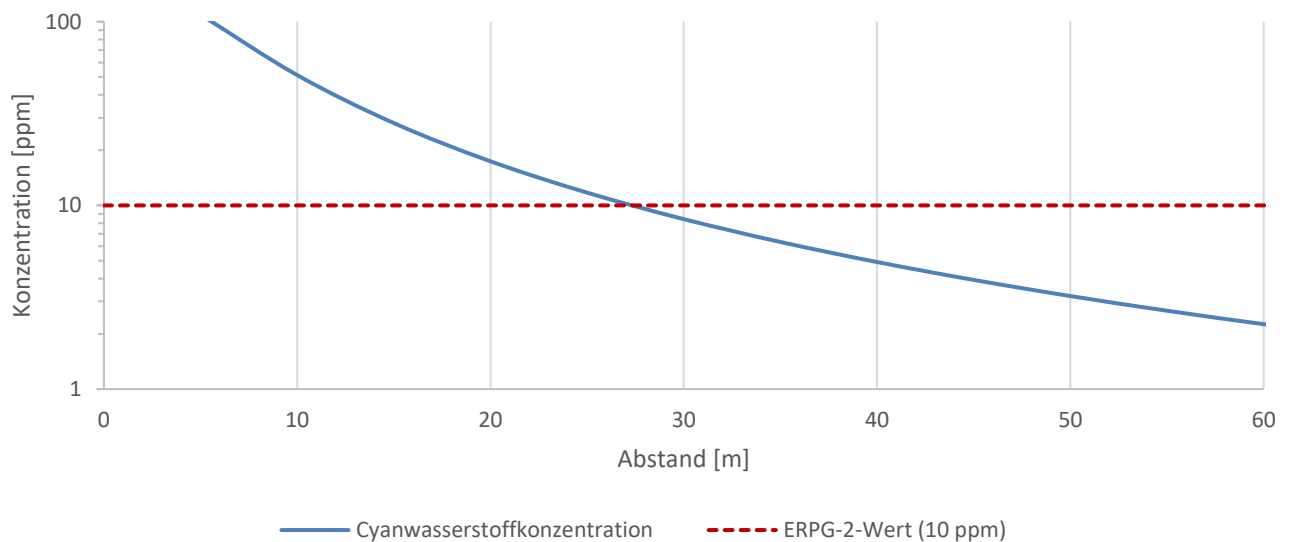
Parameter	Wert	Kommentar
Resultierender <u>maximaler</u> flüssiger Massenstrom [kg/s]	0,145	Für die weitere Berechnung wird der instationäre Verlauf verwendet
Verdunstungsmodell	Mackay/Matsugu	Laut KAS-18 [R4]
Windgeschwindigkeitsprofil	Potenzprofil nach VDI 3783 Blatt 1	
Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe (Anemometerhöhe) bei der Verdunstung [m/s]	1	Da die Leckage ausschließlich in den Hallen stattfinden kann, wurde eine reduzierte Windgeschwindigkeit bei der Verdunstung verwendet.
Exponent des Geschwindigkeitsprofils	0,28	indifferente Temperaturschichtung; ohne Inversion
Strahlungswärmestrom [kW/m <sup>2</sup> ]	1	
Bodenmaterial; Schichtdicke [mm]	5	Beton, Stein
Lachenausbreitungsmodell	Webber	Freisetzung auf dem Land
Zeitdauer der Verdunstungsberechnung [s]	1800	
Resultierender <u>maximaler</u> Verdunstungsstrom [g/s]	7,07	für die weitere Berechnung wird der instationäre Verlauf verwendet
Bodenrauigkeit [m]	0,8	Mäßig rau
Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe (Anemometerhöhe) bei der Ausbreitung [m/s]	3	Standardwert laut KAS-18
Höhe des Aufschlagpunktes [m]	2	
ERPG-2-Wert von Cyanwasserstoff [ppm]	10 ppm	

Aufgrund des geringen Verdunstungsstroms von ca. 7 g/s würde sich das Gas laut VDI-RL 3783 Blatt 2 nicht als Schwergas ausbreiten. Die Berechnung wird somit nach VDI-RL 3783 Blatt 1 durchgeführt.



Wie in Abbildung 11 dargestellt, wird der ERPG-2-Wert für Cyanwasserstoff ab einer Entfernung von ca. 28 m unterschritten. Als Austrittshöhe wurde 2 m gewählt. Eine Vergleichsberechnung mit einer Höhe von 1 m zeigt, dass sich der Abstand ebenfalls auf 28 m beläuft.

Daraus ergibt sich ein aufgerundeter, angemessener Sicherheitsabstand von 30 m.



**Abbildung 11: Darstellung des angemessenen Sicherheitsabstandes von Cyanwasserstoff unter Berücksichtigung der gesetzlichen Limitierung und den Vorgaben des KAS-18**

### 7.2.2 Ausbreitung von Glutaraldehyd

Basierend auf den gesetzlichen Einschränkungen hinsichtlich Lagerung und Transport ist der ermittelte angemessene Sicherheitsabstand für Cyanwasserstoff mit 28 m vergleichsweise gering. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass ein Stoff mit geringerer Toxizität einen höheren angemessenen Sicherheitsabstand aufweist.

Glutaraldehyd (CAS-Nr. 111-30-8) ist der nächstplatzierte Stoff mit dem höchsten Gefahrenindex, für den eine Zulassung als Biozid besteht. Er ist für die Biozid-Produktarten 2, 3, 4, 11 und 12 zugelassen. Die Produktart 4 erlaubt eine Verwendung im Lebens- und Futtermittelbereich, beispielsweise zur Desinfektion von Melkmaschinen. Eine Anwendung in der Landwirtschaft kann daher nicht ausgeschlossen werden.

Der Gefahrenindex von Glutaraldehyd beträgt 22 mbar/ppm. Laut GESTIS-Stoffdatenbank fällt der Stoff unter die Gefahrgutbezeichnung „giftiger organischer flüssiger Stoff, ätzend, n.a.g.“ mit der UN-Nummer 2927, der Verpackungsgruppe II und der Verpackungsanweisung P001. Diese erlaubt ein maximales Fassungsvermögen von 450 Litern für Fässer.



450-Liter-Stahlfässer (entsprechen 120 US-Gallonen) sind im Gefahrguttransport eher unüblich, werden in der Berechnung jedoch konservativ trotzdem zugrunde gelegt. Ein typisches Fass dieser Größe hat einen Innendurchmesser von 762 mm.

Da Glutaraldehyd nicht in der ProNuSs-Stoffdatenbank enthalten ist, wurden die für die Berechnung erforderlichen Stoffdaten der DIPPR-Datenbank entnommen.

Hinweis: Bei einer Berechnung des Dampfdrucks mit den in der DIPPR Datenbank angegebenen Werten (entnommen aus EFFECTS [R24]), ergibt sich ein Dampfdruck bei 20°C von ca. 0,05 kPa. Während er laut ICSC 2,7 kPa [R25] betragen müsste. Da 2,7 kPa deutlich besser mit dem in der GESTIS Stoffdatenbank angegebenen Wert für eine 50 %ige wässrige Lösung von 2...2,2 kPa übereinstimmt, wird dieser Wert in der Berechnung der Verdunstungsrate verwendet.

**Tabelle 20: Parameter und Ergebnisse der Verdunstungsberechnung von Glutaraldehyd**

Parameter	Wert	Kommentar
Stoff	Glutaraldehyd	
Temperatur [°C]	20	
Behälterdurchmesser [m]	0,762	Betrachtet wird ein stehender zylindrischer Behälter.
Behältervolumen [m³]	0,45	Füllgrad 100 %
Leckfläche [mm²]	490	DN25
Ausflussziffer	0,62	
Höhe des Lecks über Behälterunterkante [m]	0	
Zeitdauer	Bis zur Entleerung	Instationäre Berechnung
Resultierender <u>maximaler</u> flüssiger Massenstrom [kg/s]	1,32	Für die weitere Berechnung wird der instationäre Verlauf verwendet
Verdunstungsmodell	Mackay/Matsugu	Laut KAS-18 [R4]
Windgeschwindigkeitsprofil	Potenzprofil nach VDI 3783 Blatt 1	
Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe (Anemometerhöhe) bei der Verdunstung [m/s]	1	Da die Leckage ausschließlich in den Hallen stattfinden kann, wurde eine reduzierte Windgeschwindigkeit bei der Verdunstung verwendet.

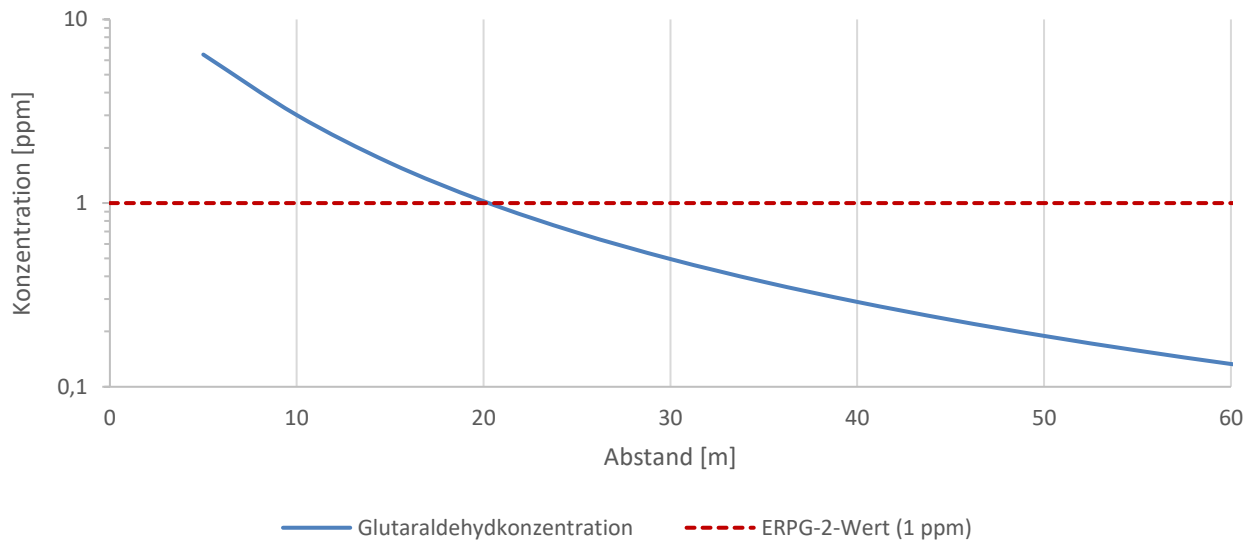


Parameter	Wert	Kommentar
Exponent des Geschwindigkeitsprofils	0,28	indifferente Temperaturschichtung; ohne Inversion
Strahlungswärmestrom [kW/m <sup>2</sup> ]	1	
Bodenmaterial; Schichtdicke [mm]	5	Beton, Stein
Lachenausbreitungsmodell	Webber	Freisetzung auf dem Land
Zeitdauer der Verdunstungsberechnung [s]	1800	
Resultierender <u>maximaler</u> Verdunstungsstrom [g/s]	1,5	für die weitere Berechnung wird der instationäre Verlauf verwendet
Bodenrauigkeit [m]	0,8	Mäßig rau
Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe (Anemometerhöhe) bei der Ausbreitung [m/s]	3	Standardwert laut KAS-18
Höhe des Aufschlagpunktes [m]	2	
ERPG-2-Wert von Glutaraldehyd [ppm]	1 ppm	

Aufgrund des geringen Verdunstungsstroms von ca. 1,5 g/s würde sich das Gas laut VDI-RL 3783 Blatt 2 nicht als Schwergas ausbreiten. Die Berechnung wird somit nach VDI-RL 3783 Blatt 1 durchgeführt.

Wie in Abbildung 12 dargestellt, wird der ERPG-2-Wert für Glutaraldehyd ab einer Entfernung von ca. 20 m unterschritten. Als Austrittshöhe wurde 2 m gewählt. Eine Vergleichsberechnung mit einer Höhe von 1 m zeigt, dass sich der Abstand auf 21 m beläuft.

Daraus ergibt sich ein aufgerundeter, angemessener Sicherheitsabstand von 25 m. Er ist somit kleiner als der angemessene Sicherheitsabstand von Cyanwasserstoff.



**Abbildung 12: Darstellung des angemessenen Sicherheitsabstandes von Glutaraldehyd unter Berücksichtigung der gesetzlichen Limitierung und den Vorgaben des KAS-18**

### 7.2.3 Ausbreitung von Ameisensäure

Der Stoff mit dem nächsthöchsten Gefahrenindex, der als Biozid verwendet werden darf, ist Ameisensäure (CAS-Nr. 64-18-6). Ihr Gefahrenindex beträgt 1,78 mbar/ppm und liegt damit deutlich unter dem von Glutaraldehyd (22 mbar/ppm) und Cyanwasserstoff (81,7 mbar/ppm).

Es hat die UN-Nummer 1779 und die Verpackungsgruppe: II (mittlere Gefährlichkeit). Im Gegensatz zu den anderen beiden Stoffen darf Ameisensäure auch in IBC transportiert werden. Die in der Berechnung verwendeten Daten sind in der Tabelle 21 dargestellt.

**Tabelle 21: Parameter und Ergebnisse der Verdunstungsberechnung von Ameisensäure**

Parameter	Wert	Kommentar
Stoff	Ameisensäure	
Temperatur [°C]	20	
Behälterbreite und -höhe [m]	1	Betrachtet wird ein kubischer Tank
Behältervolumen [m³]	1	Füllgrad 100 %
Leckfläche [mm²]	490	DN25
Ausflussziffer	0,62	
Höhe des Lecks über Behälterunterkante [m]	0	

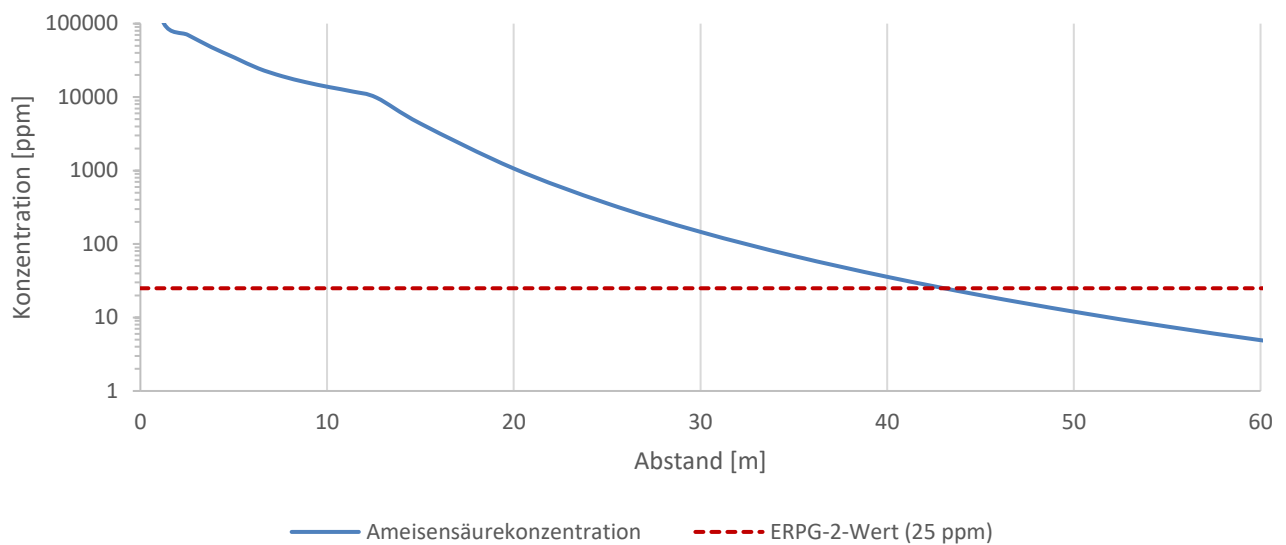


Parameter	Wert	Kommentar
Zeitdauer [s]	1800	Instationäre Berechnung
Resultierender <u>maximaler</u> flüssiger Massenstrom [kg/s]	1,63	Für die weitere Berechnung wird der instationäre Verlauf verwendet
Verdunstungsmodell	Mackay/Matsugu	Laut KAS-18 [R4]
Windgeschwindigkeitsprofil	Potenzprofil nach VDI 3783 Blatt 1	
Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe (Anemometerhöhe) bei der Verdunstung [m/s]	1	Da die Leckage ausschließlich in den Hallen stattfinden kann, wurde eine reduzierte Windgeschwindigkeit bei der Verdunstung verwendet.
Exponent des Geschwindigkeitsprofils	0,28	indifferente Temperaturschichtung; ohne Inversion
Strahlungswärmestrom [kW/m <sup>2</sup> ]	1	
Bodenmaterial; Schichtdicke [mm]	5	Beton, Stein
Lachenausbreitungsmodell	Webber	Freisetzung auf dem Land
Zeitdauer der Verdunstungsberechnung [s]	1800	
Resultierender <u>maximaler</u> Verdunstungsstrom [g/s]	3	für die weitere Berechnung wird der instationäre Verlauf verwendet
Bodenrauigkeit [m]	0,8	Mäßig rau
Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe (Anemometerhöhe) bei der Ausbreitung [m/s]	3	Standardwert laut KAS-18
Höhe des Aufschlagpunktes [m]	2	
Form der Freisetzung	Schwergas	Gasförmig, ebenes Gelände ohne Hindernisse
ERPG-2-Wert von Ameisensäure [ppm]	25 ppm	



Wie in Abbildung 13 dargestellt, wird der ERPG-2-Wert für Ameisensäure ab einer Entfernung von ca. 47 m unterschritten. Als Austrittshöhe wurde 2 m gewählt. Eine Vergleichsberechnung mit einer Höhe von 1 m zeigt, dass sich der Abstand ebenfalls auf 47 m beläuft.

Daraus ergibt sich ein aufgerundeter, angemessener Sicherheitsabstand von 50 m. Er ist somit größer als die angemessene Sicherheitsabstände von Cyanwasserstoff und Glutaraldehyd.



**Abbildung 13: Darstellung des angemessenen Sicherheitsabstandes von Ameisensäure unter Berücksichtigung der gesetzlichen Limitierung und den Vorgaben des KAS-18**



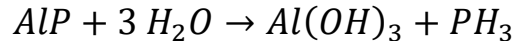
### 7.3 Wasserreaktive Stoffe

Bei wasserreaktiven Stoffen ist nicht immer der Stoff selbst abstandsbestimmend, sondern vielmehr die bei einer möglichen Freisetzung durch Reaktion mit Wasser entstehenden giftigen Gase.

Im vorliegenden Fall ist durch technische und organisatorische Maßnahmen sichergestellt, dass ein Vorhandensein von flüssigem Wasser auszuschließen ist. Lagerung und Umschlag erfolgen ausschließlich in geschlossenen Bereichen. Die Stoffe werden in Halle II umgeschlagen und anschließend in einem separaten Stahlschrank im Lagerbereich I der Halle I aufbewahrt. Halle I ist mit einer CO<sub>2</sub>-Löschanlage ausgestattet, wodurch ein Kontakt mit Löschwasser ausgeschlossen ist.

Wasserreaktive Stoffe sind auf dem Betriebsgelände nur in sehr geringen Mengen vorhanden, da die meisten Produkte in der Landwirtschaft mit Wasser als Trägermedium ausgebracht werden.

Wühlmausköder enthalten bis zu 75 % Aluminiumphosphid. Dieser Stoff wird als Begasungsmittel gegen Nagetiere sowie als Insektizid in der Landwirtschaft eingesetzt. In Kontakt mit Wasser zersetzt sich Aluminiumphosphid langsam zu Aluminiumhydroxid und Phosphorwasserstoff (Phosphin).



Phosphorwasserstoff (Phosphin) ist ein entzündbares Gas der Kategorie 1 und weist zudem eine akute Toxizität der Kategorie 1 beim Einatmen auf.

Neben Aluminiumphosphid enthalten die eingesetzten Wühlmausköder zwischen 10 % und 25 % Ammoniumcarbamat. Dieses stabilisiert das entstehende Phosphin und verhindert dessen Entzündung.

Der Transport von Gefahrstoffen unterliegt dem ADR-Code [R17]. Dieser schreibt für die Handhabung sowie die Be- und Entladung aluminiumphosphidhaltiger und anderer wasserreaktiver Stoffe vor, dass besondere Maßnahmen zu treffen sind, um einen Kontakt mit Wasser zu verhindern (Sondervorschrift CV23). Da team agrar diese Vorschriften umsetzt, kann davon ausgegangen werden, dass ein Wasserkontakt nach einer Leckage ausgeschlossen ist.

Die KAS-32 gibt vor, dass bei Feststoffen eine Einzelfallbetrachtung hinsichtlich des Ausfluss- und Ausbreitungsverhaltens, der Reaktionsgeschwindigkeit mit Wasser sowie der Möglichkeit eines Wasserkontakts erforderlich ist. Im vorliegenden Fall kann das Vorhandensein von Wasser ausgeschlossen werden. Zwar reagiert Aluminiumphosphid auch mit Luftfeuchtigkeit, doch durch die Stabilisierung mit Ammoniumcarbamat kann eine Fernwirkung nach einer Leckage ausgeschlossen werden. Dies gilt auch für andere potenziell wasserreaktive Stoffe, die in der Landwirtschaft zum Einsatz kommen.



## 7.4 Wärmestrahlung eines Vollbrandes

Für die Berechnung eines Vollbrandes innerhalb einer Halle existieren keine analytischen Rechenmodelle, die eine zuverlässige Ermittlung der Wärmestrahlung außerhalb der Halle ermöglichen. Daher kann lediglich eine grobe Abschätzung der resultierenden Wärmestrahlung vorgenommen werden.

Wie bereits im Kapitel „Auswirkung von Brandgasen“ dargestellt, liegen für die Abschätzung des Heizwertes eines Gemischs aus Pflanzenschutzmitteln unterschiedliche Literaturwerte vor. Es wird konservativ ein hoher Heizwert von 20 MJ/kg angesetzt. In der Berechnung wird Methanol als Ersatzstoff verwendet (unterer Heizwert: 22,6 MJ/kg [R12]).

Da die CO<sub>2</sub>-Löschanlagen in den Hallen I und V zuverlässig in der Lage sind, einen Vollbrand zu verhindern, wird die Berechnung der Wärmestrahlung für einen hypothetischen Vollbrand exemplarisch für Halle III durchgeführt.

Die Strahlungsberechnung erfolgt gemäß den Vorgaben der KAS-18 unter Anwendung des Zylinderstrahlmodells. Die Flammenhöhe wird mit dem Thomas/Moorhouse-Modell bestimmt, während zur Ermittlung der Einstrahlzahl das Mudan-Modell verwendet wird.

**Tabelle 22: Darstellung der Berechnungsparameter (eine Regalreihe)**

Parameter	Wert	Kommentar
Ersatzstoff	Methanol	
Windgeschwindigkeit [m/s]	0	
Breite des Brandes [m]	44	Länge der Regalreihe
Tiefe des Brandes [m]	2,5	Eine Regalreihe
Höhe Mittelpunkt über Erdboden [m]	1	
Strahlungsintensität [kW/m <sup>2</sup> ]	100	

Mit den in Tabelle 22 dargestellten Inputdaten ergibt sich eine Distanz für eine mögliche Feuerübertragung von knapp 10 m. Da die Regalreihen ca. 3 m auseinander stehen, kann nicht ausgeschlossen werden, dass auch Produkte in den anderen Regalreihen zu brennen beginnen. Die Ausbreitung des Brandes erstreckt sich daher auch auf die benachbarten Regale. Für die Regale, die die gesamte Hallenlänge einnehmen, ergibt sich eine Breite von ca. 6,3 m. Für die nördlich gelegenen Regalreihen ergibt sich eine zusätzliche Brandfläche von ca. 61 m<sup>2</sup> (ca. 16 m · ca. 3,8 m). Insgesamt ergibt sich somit eine Brandfläche von ca. 338 m<sup>2</sup> (6,3 m · 44 m + 16 m · 3,8 m). Da im Zylinderstrahlmodell von einem kreisrunden Brand ausgegangen wird, wird in der Berechnung ein Ersatzflächendurchmesser von ca. 20,77 m verwendet.



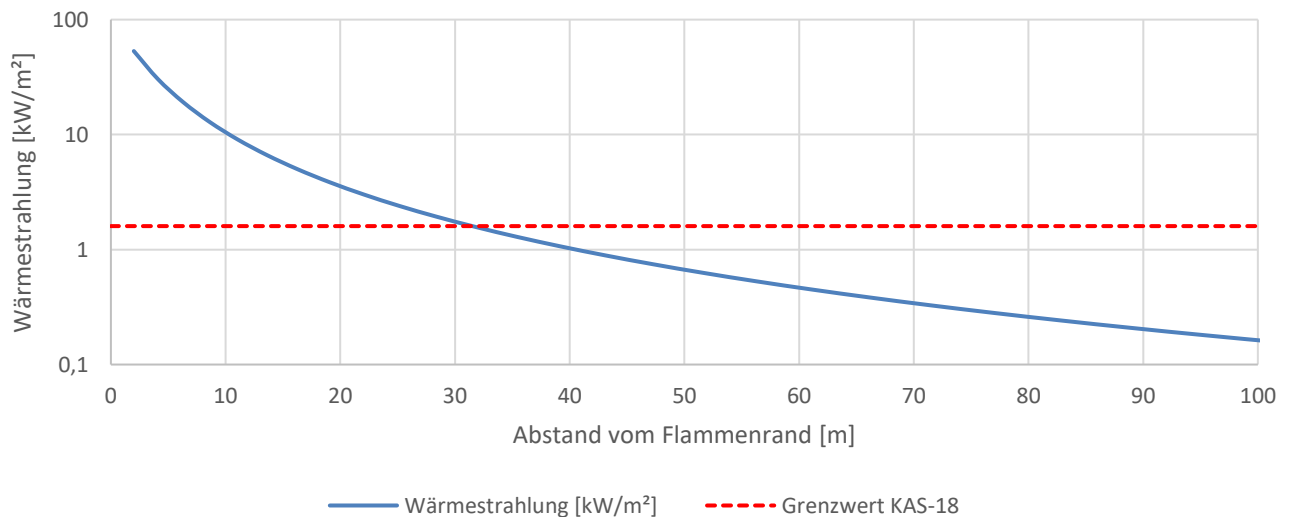
Ein Überschlagen des Feuers auf die Produkte der anderen Hallen wird durch die vorhandenen Brandschutztüren und -wände ausgeschlossen.

**Tabelle 23: Darstellung der Berechnungsparameter (mehrere Regalreihe)**

Parameter	Wert	Kommentar
Ersatzstoff	Methanol	
Windgeschwindigkeit [m/s]	0	
Ersatzdurchmesser der Lachenfläche [m]	20,77	
Höhe Mittelpunkt über Erdboden [m]	1	
Strahlungsintensität [kW/m <sup>2</sup> ]	100	

Mit den in Tabelle 23 dargestellten Inputdaten ergibt sich der in Abbildung 14 dargestellte Verlauf der Wärmestrahlung. Dieser ist vom Rand der Flamme dargestellt. Wie man der Abbildung entnehmen kann, wird die Grenze der nachteiligen Wirkung auf Menschen nach ca. 32 m unterschritten. Dadurch, dass die maximale Brandlachenfläche in der Halle II geringer wäre, können die ermittelten Ergebnisse konservativ auch auf die Halle II übertragen werden.

Es ergibt sich somit ein angemessener Sicherheitsabstand von 35 m.



**Abbildung 14: Darstellung der Wärmestrahlung**

Hinweis: In der ersten Version dieses Gutachtens ergab sich ein angemessener Sicherheitsabstand von 70 m. Obwohl sämtliche Inputparameter identisch sind, hat sich der Abstand auf 35 m reduziert. Im ursprünglichen Bericht wurde die ProNuSs-Version 9.37.5 verwendet. Seitdem wurde das Wärmestrahlungsmodell mehrfach überarbeitet. U. a. wurde eine Korrektur der Flammenhöhe



implementiert, wenn das Verhältnis der Wärmestrahlung zur Verbrennungsenergie größer als 0,5 ist, was bei dieser Berechnung der Fall ist.

## 7.5 Wärmestrahlung eines Brandes im Lagerraum II

Im Lagerraum II der Halle I werden sowohl entzündbare Flüssigkeiten als auch Aerosole gelagert.

Laut KAS-32 kommt es im Brandfall in Lagern mit Aerosolpackungen innerhalb kurzer Zeit zur Beteiligung einer großen Anzahl von Gebinden und damit zur (nahezu) gleichzeitigen Freisetzung ihres Inhalts. Dies kann zu größeren, ausgedehnten Bränden führen.

Da der Lagerraum mit einer CO<sub>2</sub>-Löschanlage ausgestattet ist, kann jedoch ausgeschlossen werden, dass es zu einem ausgedehnten Vollbrand kommt. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass das in Kapitel 7.4 beschriebene Brandszenario abstandsbestimmend ist.

## 7.6 Explosionsauswirkung

Die Lagerung von explosiven Stoffen oder Gemischen sowie entzündbaren Gasen ist auf dem Betriebsgelände nicht genehmigt.

Entzündbare Flüssigkeiten und Aerosole werden in Halle I im Lagerraum II gelagert.

Grundsätzlich muss nach dem Austreten entzündbarer Flüssigkeiten mit der Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre gerechnet werden. Laut KAS-18 sind die Auswirkungen möglicher Explosionen jedoch vernachlässigbar.

Große explosionsfähige Gaswolken sind nur bei der Freisetzung von Gasen mit höherer Dichte als Luft zu erwarten, wie etwa bei druckverflüssigten Gasen (z. B. Propan, Butan) oder tiefkalt gelagerten Gasen (z. B. Wasserstoff). Bei Lachenverdunstung ist hingegen nicht mit größeren explosionsfähigen Wolken zu rechnen.

Allgemein ist es sehr unwahrscheinlich, dass Brennstoff-Luft-Gemische detonieren. Aufgrund der Inhomogenität der Mischung infolge turbulenter Dispersion in der Atmosphäre ist eine Detonationsausbreitung in der Regel nicht möglich [R4]. Sollte es dennoch zu einer Explosion kommen, würden sich keine erheblichen Druckwellen aufbauen, und der in KAS-18 genannte Grenzwert von 0,1 bar würde nicht überschritten.

Aerosolpackungen (Druckgaspackungen, „Spraydosen“) werden im Leitfaden KAS-18 nicht ausdrücklich behandelt. Bei Anwendung der dort beschriebenen Konventionen zur Bestimmung angemessener Abstände hinsichtlich der Gefährdung durch Brand oder Explosion – insbesondere unter der Annahme der Freisetzung des Inhalts nur eines Behälters – ergeben sich sehr geringe Abstände. Dies spiegelt nach KAS-32 jedoch nicht das tatsächliche Gefährdungspotenzial wider.

Laut KAS-32 können explosionsfähige Dampf-Luft-Gemische in kritischer Größe bei Einhaltung des Standes der Technik nicht entstehen. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass von den am Standort gelagerten Produkten keine Explosionsgefahr für die Umgebung ausgeht.



## 8. Abschlussformel

Abschließend weisen die Sachverständigen darauf hin, dass die im vorliegenden Sachverständigen-gutachten getroffenen Aussagen eigenständig, unparteiisch und ohne Ergebnisweisung nach bestem Wissen und Gewissen vorgenommen worden sind.

Die numerischen Ergebnisse sind wegen der notwendigen Reproduzier- und Vergleichbarkeit exakt angegeben. Es ist zu beachten, dass es sich um Näherungswerte handelt, die auf konservativen Annahmen beruhen.

Die Darstellung des angemessenen Sicherheitsabstands dient nur der. Im Zweifelsfalle sind die Flächen, die in die angemessenen Abstände fallen, jeweils anhand einer genauen Kartengrundlage zu ermitteln

Düren, den 09. Juli 2025

Dr. Klaus Wörsdörfer  
Sachverständiger nach § 29b BImSchG

Britt Michelsen  
Sachverständige nach § 29b BImSchG