



Gutachten zur Ermittlung von angemessenen Abständen zur Umsetzung von § 50 BImSchG für den Betriebsbereich des Vorhabens „Bau eines Stückgutlagers mit Gefahrstoffbereich“ der BAT Agrar GmbH & Co. KG

Auftraggeber BAT Agrar GmbH & Co. KG
Anschrift Bahnhofsallee 44
D-23909 Ratzeburg

Standort der Anlage BAT Agrar GmbH & Co. KG
Anschrift Gemeinde Ulm, Gemarkung Jungingen, Flur 0,
Flurstücke 598 und 599

Auftragnehmer ISC Inspection GmbH
Bemeroder Straße 71
30559 Hannover
Telefon: +49 511 807659 0
E-Mail: info@inherent-solutions.net

Sachverständige Dipl.-Ing Maik Bäumer
Telefon: +49 171 298 1975
E-Mail: maik.baeumer@inherent-solutions.net

M. Sc. Christoph Seibt
Telefon: +49 160 6189 734
E-Mail: christoph.seibt@inherent-solutions.net

M. Sc. Lina-Marie Artt
Telefon: +49 160 6189 733
E-Mail: lina-marie.artt@inherent-solutions.net

Auftrags-Nr. 2023-652-0914

Hannover, den 07.06.2024

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	4
2	Grundlagen für die Ermittlung angemessener Abstände	5
2.1	Prüfgrundlagen	5
2.2	Anforderungen aus § 50 Bundes-Immissionsschutzgesetz	6
2.3	Anforderungen aus der Störfall-Verordnung	6
2.4	Anforderungen aus dem Leitfaden KAS-18	7
2.5	Anforderungen aus der Arbeitshilfe KAS-43	8
2.6	Erläuterung der Beurteilungswerte	9
2.7	Programm zur Ermittlung angemessener Abstände	11
3	Beschreibung des Standortes und Betriebsbereiches	12
3.1	Kurzbeschreibung des Standortes	12
3.2	Kurzbeschreibung des Betriebsbereiches	14
3.3	Art und Menge der gefährlichen Stoffe	16
3.4	Brandprodukte	17
4	Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes	20
4.1	Szenario 1: Freisetzung eines toxischen Stoffes während des Ladevorgangs	22
4.2	Szenario 2: Freisetzung und Brand eines flüssigen Stoffes während des Ladevorgangs	24
5	Empfehlung eines angemessenen Sicherheitsabstandes	27
6	Zusammenfassung	30
	Anhang: Detaillierte Angaben zu den Auswirkungsbetrachtungen	31

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1: Karte des Standortes (Quelle: Daten- und Kartendienst der LUBW, bearbeitet durch ISC Inspection)	13
Abbildung 3-2: Naturschutzgebiete in der Umgebung des geplanten Standortes (Quelle: Daten- und Kartendienst der LUBW www.udo.lubw.baden-wuerttemberg.de)	14
Abbildung 3-3: Räumliche Aufteilung des Lagers	15
Abbildung 4-1: Aufpunktkonzentration von 37 prozentiger Formaldehydlösung in Abhängigkeit von der Entfernung	24
Abbildung 4-2: Wärmestrahlung beim Abbrand von 2-Propanol	26
Abbildung 5-1: Abstandskarte, nicht exakt eingemessen	29

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Lage und Entfernungen benachbarter Objekte	13
Tabelle 3-2: Lagerbereiche	16
Tabelle 3-3: Art und Menge der gefährlichen Stoffe	16
Tabelle 4-1: Beispiele für toxische Produkte	22
Tabelle 4-2: Randbedingungen zur Berechnung des Verdunstungsmassenstroms	23
Tabelle 5-1: Ergebnisse der Ausbreitungsberechnungen	27

1 Aufgabenstellung

Die BAT Agrar GmbH & Co. KG (BAT) beabsichtigt den Neubau eines Stückgutlagers mit Gefahrstofflagerbereich am Standort Ulm, Gemarkung Jungingen, Flur 0, Flurstücke 598 und 599.

Das Vorhaben ist genehmigungsbedürftig nach § 4 BImSchG i. V. m. Nr. 9.3.2 (V) des Anhangs 1 und Nr. 30 des Anhangs 2 der 4. BImSchV. Der Betrieb wird aufgrund der vorhandenen Mengen an gefährlichen Stoffen dem Geltungsbereich der Störfall-Verordnung unterliegen und einen Betriebsbereich der oberen Klasse bilden.

Nach § 50 Bundes-Immissionsschutzgesetz soll zwischen Betriebsbereichen, die der Störfall-Verordnung unterliegen und schutzbedürftigen Nutzungen in der Nachbarschaft ein angemessener Sicherheitsabstand eingehalten werden, um die Auswirkungen eines Störfalles zu minimieren. Schutzbedürftige Nutzungen können insbesondere bei Störungen an Anlagen innerhalb des Betriebsbereiches durch die Einwirkung toxischer Gase, Explosionsüberdrücke und Wärmestrahlung beeinträchtigt werden.

Vor diesem Hintergrund wurde die ISC Inspection GmbH von der BAT Agrar GmbH & Co. KG mit der Erstellung des vorliegenden Gutachtens zur Ermittlung von angemessenen Sicherheitsabständen beauftragt.

2 Grundlagen für die Ermittlung angemessener Abstände

Abstände sind ein probates Mittel, um die Nachbarschaft von Betriebsbereichen vor schädlichen Umwelteinwirkungen und den Auswirkungen von Störfällen wirksam zu schützen. Daher verfolgen verschiedene Vorschriften diesen Ansatz. Allerdings ist das Vorgehen nicht einheitlich und kann je nach Ansatz, Adressat und Schutzziel erheblich voneinander abweichen. Im Folgenden werden die wichtigsten Aspekte zur Ermittlung angemessener Abstände für den Betriebsbereich der BAT in Ulm aus den entsprechenden Vorschriften und Arbeitshilfen abgeleitet und als Grundlage für das Abstandsgutachten verwendet.

2.1 Prüfgrundlagen

Das Gutachten wurde auf Grundlage folgender Vorschriften und Regelwerke erstellt (jeweils in der zum Zeitpunkt der Erstellung des Gutachtens aktuellen Fassung):

- Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)
- Störfall-Verordnung (StörfallV)
- Baugesetzbuch (BauGB)
- Leitfaden KAS-18: Empfehlungen für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung – Umsetzung § 50 BImSchG
- Leitfaden für die Erstellung eines Gutachtens zur Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes des AISV im Auftrag des LAI, nicht offiziell eingeführt
- Arbeitshilfe KAS-32: Szenarienspezifische Fragestellungen zum Leitfaden KAS-18
- Empfehlung KAS-43: Empfehlung zur Ermittlung der Mengen gefährlicher Stoffe bei außer Kontrolle geratenen Prozessen

Für die Erstellung des Gutachtens wurden die folgenden Unterlagen des Auftraggebers verwendet, in denen u. a. die Anlagen, Verfahren und Stoffe beschrieben sind. Darüber hinaus erfolgten mit dem Auftraggeber Absprachen. Folgende Unterlagen wurden u. a. verwendet:

- /U1/ Mengen nach LGK und H-Sätzen
- /U2/ Unterlagen zur Vorantragskonferenz

Eine Begehung des geplanten Standortes des Vorhabens durch die Sachverständigen erfolgte nicht. Der Standort ist zz. noch nicht bebaut. Die Lage und Anordnung des geplanten Lagers sind noch nicht festgelegt worden. Mit dem Gutachten wird daher die Eignung des Standortes für die geplante Nutzung im Sinne von §50 BImSchG bewertet.

Für die Erstellung des Gutachtens wurden außerdem folgende Erkenntnisquellen verwendet:

- /E1/ Leitfaden für die Erstellung eines Gutachtens zur Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes des AISV im Auftrag des LAI, nicht offiziell eingeführt
- /E2/ www.umweltbundesamt.de/aegl-stoerfallbeurteilungswerte-die-werte, letzte Überprüfung am 24.03.2022
- /E3/ Industrieverband Agrar e.V. Auswirkungen von Bränden in Pflanzenschutzmittellägern
- /E4/ U. Cabelka, Brände in Pflanzenschutzmittellägern. TÜ Bd. 34 (1993) Nr. 11



/E5/ Bundesdrucksache 237/16 (Beschluss), Stellungnahme des Bundesrates, Entwurf eines Gesetzes zur Umsetzung der Richtlinie 2012/18/EU zur Beherrschung der Gefahren schwerer Unfälle mit gefährlichen Stoffen, zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinie 96/82/EG des Rates, 17.06.2016

Darüber hinaus erfolgten mit dem Auftraggeber Besprechungen zur Abstimmung. Aus den zur Verfügung gestellten Informationen konnten Erkenntnisse über die Lagerbedingungen und die Handhabung der gefährlichen Stoffe sowie die Umgebungssituation für die Ausbreitungsrechnungen abgeleitet werden.

2.2 Anforderungen aus § 50 Bundes-Immissionsschutzgesetz

Der § 50 BImSchG resultiert aus der direkten Umsetzung von Artikel 13 der Seveso-III-Richtlinie und lautet (nur Satz 1):

„Bei raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen sind die für eine bestimmte Nutzung vorgesehenen Flächen einander so zuzuordnen, dass schädliche Umwelteinwirkungen und von schweren Unfällen im Sinne des Artikels 3 Nummer 13 der Richtlinie 2012/18/EU in Betriebsbereichen hervorgerufene Auswirkungen auf die ausschließlich oder überwiegend dem Wohnen dienenden Gebiete sowie auf sonstige schutzbedürftige Gebiete, insbesondere öffentlich genutzte Gebiete, wichtige Verkehrswege, Freizeitgebiete und unter dem Gesichtspunkt des Naturschutzes besonders wertvolle oder besonders empfindliche Gebiete und öffentlich genutzte Gebäude, so weit wie möglich vermieden werden.“

Der § 50 BImSchG folgt damit einem planerischen, flächenbezogenen Ansatz ohne Anlagenbezug und somit dem Vorsorgegrundsatz des BImSchG, nachdem Menschen, Tiere und Pflanzen, der Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen sind und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorgebeugt werden soll. Die Vorschrift bezieht sich damit gleichermaßen auf den bestimmungsgemäßen Betrieb wie auch auf Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebs, insbesondere Störfälle, um die Auswirkungen zu begrenzen. Da der Gegenstand des § 50 BImSchG die Anordnung von Flächen unterschiedlicher Nutzung ist, kommen als Maßnahme im Wesentlichen nur ausreichende Abstände zwischen Betriebsbereichen und Schutzobjekten in Frage.

Im Allgemeinen werden Achtungsabstände pauschal und unabhängig von der konkreten Anlagenkonfiguration festgelegt, da den Planungsbehörden grundsätzlich nicht die notwendigen Informationen zur Ermittlung eines anlagenbezogenen Abstands zur Verfügung stehen. Darüber hinaus soll es sich um einen planerischen und vorausschauenden Abstand handeln, der auch dem Betreiber des Betriebsbereiches zukünftige Entwicklungen ermöglicht.

In § 3 Abs. 5c und 5d BImSchG werden die Begriffe „angemessener Sicherheitsabstand“ und „benachbarte Schutzobjekte“ für den Fall konkretisiert, dass störfallrelevante Änderungen an den Anlagen innerhalb des Betriebsbereiches geplant sind. Dies ist im vorliegenden Fall nicht gegeben.

2.3 Anforderungen aus der Störfall-Verordnung

Die Störfall-Verordnung enthält Anforderungen an den anlagenbezogenen Immissionsschutz unter besonderer Berücksichtigung von Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebes. In



Gutachten zur Ermittlung von angemessenen Abständen
für den geplanten Betriebsbereich der
BAT Agrar GmbH & Co. KG am Standort Ulm

ihr werden Anforderungen zur Verhinderung von Störfällen und zur Begrenzung von Störfallauswirkungen formuliert. Auch wenn in §3 Abs. 5 StörfallV noch einmal darauf hingewiesen wird, dass die Wahrung angemessener Sicherheitsabstände zwischen Betriebsbereich und benachbarten Schutzobjekten keine Betreiberpflicht ist, entspricht es der allgemeinen Auffassung und der gelebten Praxis, dass Abstände eine der wirksamsten Maßnahme zur Begrenzung von Störfallauswirkungen sind. Verschiedene Vorschriften berücksichtigen daher anlagenbezogene Abstände bei der Definition des Standes der Technik bzw. der Sicherheitstechnik.

Anders als im § 50 BImSchG können bei der Ermittlung der Sicherheitsabstände entsprechend StörfallV auch die konkrete Anlagenkonfiguration und insbesondere die vorgesehenen bzw. realisierten Maßnahmen zur Verhinderung von Störfällen bzw. zur Begrenzung von Störfallauswirkungen berücksichtigt werden. Daher können bei der Umsetzung entsprechender technischer oder organisatorischer Maßnahmen die Auswirkungen eines Störfalles so begrenzt werden, dass eine Reduzierung der erforderlichen Sicherheitsabstände möglich ist.

Grundsätzlich gilt, dass das Sicherheitsniveau einer Anlage adäquat zu den vorhandenen Abständen zur schutzbedürftigen Nachbarschaft sein muss.

2.4 Anforderungen aus dem Leitfaden KAS-18

Der Leitfaden „Empfehlungen für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung - Umsetzung § 50 BImSchG“ der Kommission für Anlagensicherheit (KAS-18) soll den für die Bauleitplanung verantwortlichen Planungs- und Immissionsschutzbehörden eine Arbeitshilfe für die Beurteilung angemessener Abstände zwischen Betriebsbereichen einerseits und schutzbedürftigen Gebieten andererseits geben.

Ursprünglich war der Leitfaden nur für die Flächennutzungsplanung (Land-Use-Planning) vor Realisierung von Vorhaben („Green Field Approach“) entwickelt worden. In dieser Phase können nur Vorsorgeabstände auf Basis allgemeiner und anlagenunabhängiger Annahmen und Szenarien festgelegt werden. Allerdings hat die Planungs- und Vollzugspraxis gezeigt, dass dieser Ansatz für bestehende Betriebsbereiche und Gemengelagen nicht ausreichend ist. Daher wurde der Leitfaden in den vergangenen Jahren mehrfach überarbeitet und erweitert, so dass er aktuell auch Vorgaben für die Ermittlung angemessener Abstände um bestehende Betriebsbereiche enthält. Da hier im Allgemeinen die Anlagenkonfiguration und das realisierte Sicherheitsniveau bekannt sind, kann ein weniger pauschalisiertes Vorgehen zur Abstandsermittlung gewählt werden. Allerdings sollen auch in diesem Fall die Abstände grundsätzlich ereignisunabhängig ermittelt werden. Hierzu wurden entsprechende Randbedingungen im Sinne von Konventionen formuliert.

Durch die im Leitfaden getroffenen Konventionen soll gewährleistet werden, dass die Abstände nach einheitlichen und bundesweit akzeptierten Kriterien und Vorgehensweisen ermittelt werden und somit den Behörden eine nachvollziehbare Entscheidungsgrundlage bieten. Dies betrifft insbesondere die Quantifizierung der Leckgröße und Festlegung der Ausbreitungsbedingungen.

Die im KAS-18 empfohlene Leckgröße ist unabhängig von der Anlagengröße bzw. von der Größe der Komponenten. So ist im Anhang 1, Abschnitt 2.1 – Quellterm – ausgeführt, dass die Leckfläche von 490 mm² aus der jahrzehntelangen Betriebserfahrung und aus der Analyse

des deutschen Störfallgeschehens abgeleitet wurde und die errechneten Mengen durchweg über den Mengen, die aufgrund der Erfahrungen bei Freisetzung, Brand oder Explosion beobachtet wurden, lagen.

Der Leitfaden definiert in Abschnitt 3.2 - Planungen im Umfeld von Betriebsbereichen - folgende Randbedingungen für die der Abstandsermittlung zugrunde liegenden Ausbreitungsrechnungen:

- Möglichkeit zur Einzelfallbetrachtung der Leckgröße unter besonderer Berücksichtigung der tatsächlich vorhandenen Technik
- Möglichkeit zur Berücksichtigung von auswirkungsbegrenzenden Maßnahmen, sofern sie durch das zugrunde gelegte Ereignis nicht beeinträchtigt werden
- Umgebungstemperatur: 20°C
- Indifferenter Temperaturschichtung ohne Inversion
- Beurteilungswerte:
 - ERPG-2-Wert / AEGL-2-Werte
 - kritische Bestrahlungsstärke: 1,6 kW/m²
 - max. Explosionsdruck: 0,1 bar (ü)

Die Nutzung anderer geeigneter Störfallbeurteilungswerte ist möglich, wenn ERPG- bzw. AEGL-Werte nicht vorliegen.

Darüber hinaus werden im Anhang III des Leitfadens Berechnungsgrundlagen angegeben, die als allgemein akzeptierte Grundlage für die Abstandsermittlung zugrunde gelegt werden sollen und im Programmsystem ProNuSs umgesetzt wurden (siehe Abschnitt 2.7).

Zu beachten ist, dass der Leitfaden KAS-18 keine verbindliche Vorschrift, sondern eine Arbeitshilfe ist. Andere Vorgehensweisen sind im Einzelfall durchaus möglich oder erforderlich.

So enthält der Leitfaden die erforderlichen Rahmenbedingungen nur für solche Szenarien, die auf eine direkte Freisetzung eines Gases oder einer Flüssigkeit zurückgehen. Nicht berücksichtigt werden z. B. Szenarien, die auf Brände von Feststoffen, Staubfreisetzungen oder Entstehungsbränden mit nur geringer Wärmefreisetzung beruhen. Für solche Fälle muss ein geeignetes Szenario für die Anlagen und Einrichtungen im Betriebsbereich individuell abgeleitet werden.

Ebenso handelt es sich bei den Beurteilungswerten nicht um verbindlich einzuhaltende Grenzwerte, sondern um Orientierungswerte, bei deren Einhaltung grundsätzlich davon ausgegangen werden kann, dass bestimmte nachteilige Effekte für Personen nicht auftreten. Das bedeutet aber auch, dass bei bestimmten Expositionsszenarien eine Einzelfallbetrachtung möglich ist oder sogar notwendig wird. Hierzu gehören Szenarien mit sehr kurzen Einwirkzeiten oder der gleichzeitigen Einwirkung verschiedener Stoffe oder Gemische.

Die Arbeitshilfe KAS-32 enthält anlagenspezifische Anforderungen für bestimmte Anlagenarten und stellt somit eine Konkretisierung des Leitfadens KAS-18 dar.

2.5 Anforderungen aus der Arbeitshilfe KAS-43

Der Leitfaden KAS-43 enthält Empfehlungen zur Ermittlung der Mengen gefährlicher Stoffe bei außer Kontrolle geratenen Prozessen. Hintergrund ist, dass insbesondere bei Bränden aufgrund der sehr unterschiedlichen Brandbedingungen, wie vorhandene Stoffe und Produkte,

Gebindearten, Lagerbedingungen, Sauerstoffzufuhr, Wärmeentwicklung, Rauchgasableitung usw. eine Vorhersage, der sich bildenden Brandprodukte und insbesondere der Bildungsraten sehr schwer möglich ist. Daher werden in Abschnitt 4.3.1 des Leitfadens Angaben zur konservativen Abschätzung der Brandgaszusammensetzung für Pflanzenschutzmittelläger angegeben.

2.6 Erläuterung der Beurteilungswerte

Für die Beurteilung von Störfallauswirkungen sind andere Grenzwerte maßgeblich als für die Beurteilung von Arbeitsplatzbelastungen oder kontinuierlichen Emissionsquellen. Die Begründung liegt in der Zeitdauer einer Einwirkung im Störfall. Grundsätzlich wird bei einem Störfall davon ausgegangen, dass eine große Menge eines oder mehrerer gefährlicher Stoffe in kurzer Zeit freigesetzt wird. Zum Schutz werden Menschen den Gefahrenbereich so schnell wie möglich verlassen, so dass die Stoffeinwirkung in der Regel nur kurzzeitig ist. Da nicht nur die Konzentration, sondern auch die Dosis für die gesundheitlichen Auswirkungen entscheidend sein kann, können im Einzelfall höhere Stoffkonzentrationen bei einer kurzzeitigen, störfallbedingten Freisetzung akzeptiert werden als für Dauerbelastungen am Arbeitsplatz. Diesen Grundgedanken folgen verschiedene Konzepte wie die ERPG-Werte, die auch von der Kommission für Anlagensicherheit für die Beurteilung von Störfallauswirkungen u. a. im KAS-18 empfohlen werden. Alternativ können als Beurteilungswerte auch die AEGL-Werte und die PAC-Werte verwendet werden.

ERPG-Werte

ERPG-Werte werden vom Emergency Response Planning (ERP) Committee der AIHA Guideline Foundation der American Industrial Hygiene Association (AIHA) veröffentlicht. Bei den **Emergency Response Planning Guidelines (ERPG)** handelt es sich um Kurzzeitwerte. Die aus wissenschaftlichen Studien abgeleiteten ERPG-Werte geben für den jeweiligen Stoff die Konzentration an, bei der ein bestimmter, nachteiliger Effekt gerade nicht zu befürchten ist.

Der ERPG-2-Wert beschreibt die maximale luftgetragene Konzentration unterhalb derer angenommen wird, dass Individuen diese eine Stunde ausgesetzt werden können, ohne dass ihnen irreversible oder andere gravierende Gesundheitseffekte widerfahren, die ihre Fähigkeit beeinträchtigen, Schutzmaßnahmen zu ergreifen.

Der ERPG 3-Wert beschreibt die maximale luftgetragene Konzentration unterhalb derer angenommen wird, dass Individuen dieser eine Stunde ausgesetzt werden können, ohne dass lebensbedrohende Gesundheitseffekte auftreten oder sich entwickeln können.

AEGL-Werte

AEGL-Werte werden vom National Advisory Committee for Acute Guideline Levels for Hazardous Substances des National Research Council für Stoffe als Kurzzeitwerte zur Anwendung bei einem Störfall aus wissenschaftlichen Studien abgeleitet. Diese **Acute Exposure Guideline Level (AEGL)** werden dem Schutzziel nach in 3 Gruppen (Level) eingeordnet. Für jedes Level werden Werte für verschiedene Expositionszeiträume (10 Minuten, 30 Minuten, 60 Minuten, 4 Stunden, 8 Stunden) abgeleitet.

Der AEGL 2-Wert ist die Konzentration einer Substanz in Luft, bei der angenommen wird, dass die Bevölkerung einschließlich empfindlicher Personen exponiert sein kann,



Gutachten zur Ermittlung von angemessenen Abständen
für den geplanten Betriebsbereich der
BAT Agrar GmbH & Co. KG am Standort Ulm

ohne dass irreversible oder andere ernste Gesundheitsbeeinträchtigungen auftreten oder dass die Fähigkeit zur Flucht beeinträchtigt wird.

Der AEGL 3-Wert ist die Konzentration einer Substanz in Luft, bei der angenommen wird, dass die Bevölkerung einschließlich empfindlicher Personen exponiert sein kann, ohne dass lebensbedrohende Effekte oder der Tod eintreten.

Weitere Beurteilungswerte

Darüber hinaus gibt es noch weitere Beurteilungswerte wie TEEL, auf die hier nicht eingegangen wird, da für nahezu alle relevanten Stoffe ERPG- bzw. AEGL-Werte vorliegen und die Kommission für Anlagensicherheit im Rahmen des KAS-18 die Anwendung von ERPG-Werte und alternativ der AEGL-Werte empfohlen hat.

Da für einige Stoffe bisher keine ERPG- oder AEGL-Werte abgeleitet worden sind, werden im Einzelfall in diesem Gutachten die vom U.S. Department of Energy eingeführten PAC-Toxizitätswerte verwendet. PAC-Werte sind keine neuen Toxizitätswerte, sondern bieten den jeweils geeignetsten oder verfügbaren Wert aus der Gruppe der AEGL-, ERPG- und TEEL-Werte an.

PAC-Werte sind für eine Stunde ausgelegt. Der **PAC-2-Wert** entspricht dem:

- AEGL 2-Wert für 1 Stunde, wenn ein AEGL-2-Wert für die Substanz definiert ist, sonst entspricht der PAC-2-Wert dem
- ERPG 2-Wert für 1 Stunde, wenn ein ERPG-2-Wert für die Substanz definiert ist, sonst entspricht der PAC-2-Wert dem
- TEEL 2-Wert für 1 Stunde, wenn der TEEL-2-Wert für die Substanz definiert ist.

Die Sachverständigen weisen darauf hin, dass die TEEL-Werte nur verwendet werden, wenn keine AEGL- oder ERPG-Werte vorliegen. Das Umweltbundesamt rät darüber hinaus, dass die TEEL-Werte aufgrund ungenauer Ermittlungsverfahren kritisch zu betrachten sind /E2/. Die Anwendung der TEEL-Wert sollte im Einzelfall durch eine Fachberatung überprüft werden. Langzeitbeurteilungswerte wie AGW (Arbeitsplatzgrenzwert) oder MAK (Maximale Arbeitsplatzkonzentration) sind für die Beurteilung von störungsbedingten Kurzzeitexpositionen grundsätzlich nicht geeignet. Als Beurteilungswert für die Wärmestrahlung wird gemäß KAS-18 1,6 kW/m² als Grenze des Beginns nachteiliger Wirkungen für Menschen angenommen. Weitere Bestrahlungsstärken können bei der Betrachtung der Selbstentzündung von Materialien bzw. Gebäuden herangezogen werden. Die Wirkung ist hierbei immer auch abhängig von der Einwirkungsdauer der Wärmestrahlung.

Für die Wirkungen von Explosionen empfiehlt der KAS-18 einen Grenzwert des Explosionsüberdrucks von 0,1 bar. Es gilt zu beachten, dass Schäden durch z. B. zersplittertes Glas bereits ab 0,05 bar grundsätzlich auftreten können.

Es handelt sich bei den Beurteilungswerten nicht um verbindlich einzuhaltende Grenzwerte, sondern um Orientierungswerte, bei deren Einhaltung grundsätzlich davon ausgegangen werden kann, dass bestimmte nachteilige Effekte für Personen nicht auftreten. Das bedeutet aber auch, dass bei bestimmten Expositionsszenarien eine Einzelfallbetrachtung möglich ist oder sogar notwendig wird. Hierzu gehören Szenarien mit sehr kurzen Einwirkzeiten oder der gleichzeitigen Einwirkung verschiedener Stoffe oder Gemische.

2.7 Programm zur Ermittlung angemessener Abstände

Für die Berechnungen wurde das Programmsystem ProNuSs 9 in seiner zum Zeitpunkt der Berechnungen aktuellen Version 9.42.3 eingesetzt. ProNuSs 9 bietet die Möglichkeit, alle erforderlichen Berechnungen mit den in den vorgenannten Leitfäden angegebenen Methoden zu berechnen. Bei Bedarf können Randbedingungen und Ausgangsparameter variiert werden, um die tatsächliche Anlagensituation und die vorhandenen Umgebungsbedingungen ausreichend zu berücksichtigen.

Für die Berechnungen wurde ein DELL-Computer mit folgenden Parametern eingesetzt:

- Prozessor: 11th Gen Intel(R) Core(TM) i7-1185G7 @ 3.00GHz 1.80 GHz
- Anzahl der Kerne: 4
- Arbeitsspeicher: 16 GB
- Betriebssystem: Windows 10 Business (64-Bit-Betriebssystem)

3 Beschreibung des Standortes und Betriebsbereiches

Im Folgenden werden die Standortbedingungen sowie die Anlagen und gefährlichen Stoffe beschrieben. Dabei handelt es sich um eine Kurzbeschreibung, die für das Verständnis und die Nachvollziehbarkeit der Ausführungen dieses Gutachtens hilfreich bzw. erforderlich sind. Ausführlichere Beschreibungen sind in den Unterlagen des Betreibers enthalten.

3.1 Kurzbeschreibung des Standortes

Die Firma BAT Agrar GmbH & Co. KG beabsichtigt den Neubau eines Stückgutlagers mit Gefahrstofflagerbereich für Pflanzenschutzmittel am Standort Ulm, Gemarkung Jungingen, Flur 0, Flurstücke 598 und 599. Aufgrund der im Lager vorhandenen Stoffe bzw. Stoffgemische unterliegt der Betrieb dem Geltungsbereich der Störfall-Verordnung und bildet einen Betriebsbereich der oberen Klasse.

Der Standort des Vorhabens befindet sich im Norden von Ulm im Gewerbegebiet Ulm-Nord, nordwestlich von Jungingen. Zum Vorhaben gehören ein Stückgutlager mit Gefahrstoffbereich, sowie eine Kommissionierfläche und ein Bürogebäude.

Die Lage des Standortes und die geplante Bebauung kann Abbildung 3-1 entnommen werden. Die exakte Lage des Betriebsgrundstückes sowie der Gebäude innerhalb des Grundstücks werden im Zuge der weiteren Planungen mit der Stadt Ulm abgestimmt und festgelegt. Der B-Plan soll entsprechend angepasst werden.

Das Grundstück im Gewerbegebiet hat eine Größe von ca. 21.500 m². Die Ausdehnung der Bebauung beträgt in Nord-Süd-Richtung etwa 80 m und in Ost-West-Richtung etwa 70 m. Die Halle soll etwa 14 m hoch werden.

Auf dem Betriebsgelände der BAT Agrar GmbH & Co. KG befinden sich insbesondere folgende Gebäude und Einrichtungen:

- Lagerhalle
- Gefahrstofflager
- Vier Kleinlager (zwei Lagerräume für entzündliche, ein Raum für oxidierend wirkende Stoffe und ein Raum für toxische Stoffe)
- Kommissionierbereich
- Bürogebäude

Gefährliche Stoffe im Sinne der StörfallV werden nur im Gefahrstofflager und in den Kleinlagern gelagert, nicht in der Lagerhalle. Für die Ermittlung des Sicherheitsabstandes sind daher nur die vorgenannten Lager und die gefährlichen Stoffe, die dort vorhanden sind, relevant.

Gutachten zur Ermittlung von angemessenen Abständen
 für den geplanten Betriebsbereich der
 BAT Agrar GmbH & Co. KG am Standort Ulm



Abbildung 3-1: Karte des Standortes (Quelle: Daten- und Kartendienst der LUBW, bearbeitet durch ISC Inspection)

In der näheren Umgebung des Vorhabenstandortes befinden sich folgende Objekte und Gebiete:

Tabelle 3-1: Lage und Entfernungen benachbarter Objekte

in ... Richtung	Objekt	Entfernung
nördlicher	Autobahn A8	mehr als 100 m
	Seifert Logistik	mehr als 180 m
	Müller Logistik	mehr als 480 m
	DB Intermodal Services	mehr als 350 m
östlicher	Landstraße	mehr als 170 m
	Landwirtschaftlich genutzte Flächen	mehr als 200 m
südlicher	Landstraße	mehr als 190 m
	Landwirtschaftlich genutzte Flächen	mehr als 210 m
westlicher	Gleisanlage	mehr als 120 m
	Gewerbegebiet	mehr als 160 m

Die genannten Entfernungen beziehen sich auf die jeweils nächstgelegene Grenze des Gebäudekomplexes zum genannten Objekt.

Die mittlere Windgeschwindigkeit bei Ulm beträgt nach Auskunft des DWD etwa 3,4 - 3,7 m/s. Konservativ wird für die Abstandsermittlung eine Windgeschwindigkeit von 3,4 m/s angenommen.

Gutachten zur Ermittlung von angemessenen Abständen
für den geplanten Betriebsbereich der
BAT Agrar GmbH & Co. KG am Standort Ulm

Nördlich der Autobahn A8 befindet sich ein Wasserschutzgebiet. Im näheren Umkreis des Betriebsbereiches liegen keine Schutzgebiete im Sinne des Natur- und Landschaftsschutzes. Die nächstgelegenen FFH-Gebiete „Blau und kleine Lauer“ und „Kuppenalb bei Laichingen und Lonetal“ befinden sich in mehr als 2.200 m in westlicher bzw. mehr als 2.500 m in nordöstlicher Richtung vom Betriebsbereich entfernt (Quelle <https://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de>, letzte Überprüfung am 21.09.2023).

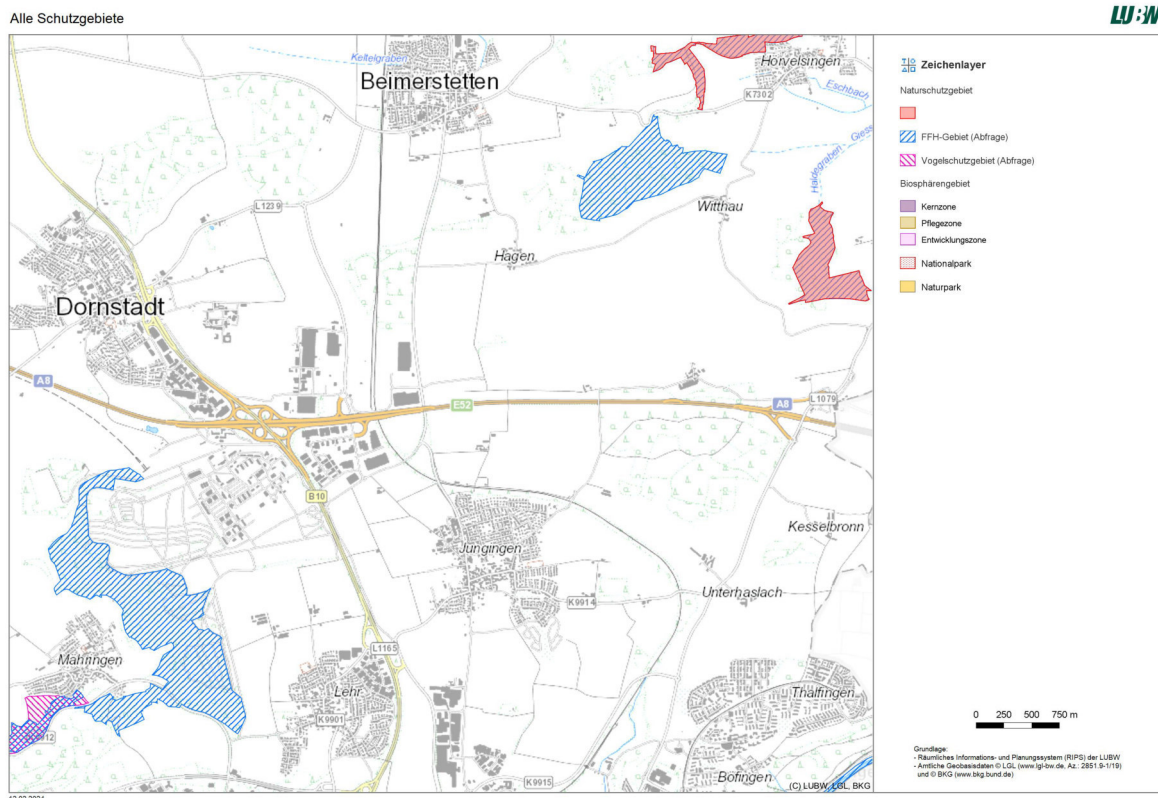


Abbildung 3-2: Naturschutzgebiete in der Umgebung des geplanten Standortes (Quelle: Daten- und Kartendienst der LUBW www.udo.lubw.baden-wuerttemberg.de)

3.2 Kurzbeschreibung des Betriebsbereiches

BAT beabsichtigt gefährliche Stoffe ausschließlich innerhalb des neu zu errichtenden Lagergebäudes aufzubewahren. Dabei wird nur eine passive Lagerung vorgenommen.

Die Gebäudeabschlusswände sowie die tragenden und aussteifenden Wände und Stützen des Lagergebäudes sind mindestens feuerbeständig. Das Hallendach ist widerstandsfähig gegen Flugfeuer und strahlende Wärme (harte Bedachung). Weiterhin ist die Halle durch innere Brandwände in Brandabschnitte bzw. Lagerbereiche unterteilt.

Das Lagergebäude wird voraussichtlich mit einer Höhe von max. 14 m errichtet. Die allgemeine Lagerhalle soll eine Fläche von ca. 1.850 m² und das Gefahrstofflager eine Fläche von 1.200 m² haben. Beide sind als Schmalganglager mit einer Einlagerungshöhe bis 12 m geplant. Sie sind jeweils durch Brandschutzwände voneinander getrennt. Für diese Lagerbereiche soll eine Wassersprinkleranlage installiert werden.



Gutachten zur Ermittlung von angemessenen Abständen
 für den geplanten Betriebsbereich der
 BAT Agrar GmbH & Co. KG am Standort Ulm

Die Ware wird ausschließlich in ortsbeweglichen, gefahrstoffrechtlich zugelassenen Gebinden gelagert und umgeschlagen. Die Lagerung erfolgt passiv in Paletten-Regalanlagen. Überwiegend wird die Ware in Gebinden mit einem Fassungsvermögen zwischen 1 Liter (Kunststoffflaschen) und 1.000 Litern (IBC) gelagert. Big Bags oder Säcke haben einen geringeren Anteil am Lagerbestand. Umfüll- oder Abfüllvorgänge sind ebenso wenig vorgesehen wie Mischen oder Verarbeitung von Stoffen. Die Ware wird per LKW auf Transportpaletten an- und ausgeliefert. Der innerbetriebliche Transport erfolgt mit Flurförderzeugen.

Tabelle 3-2: Lagerbereiche

Bereich des Lagers	Lagerart	Stoffe	Feuerlöscheinrichtungen
Lagerhalle	Palettenlager, Schmalgang	Nicht Störfall relevante Stoffe	Wassersprinkler
Gefahrstofflager	Palettenlager Schmalgang	Toxische Stoffe Umweltgefährliche Stoffe	Wassersprinkler
Kleinlager	Palettenlager Breitgang	Entzündliche Stoffe	CO ₂ -Löschanlage

Das gesamte Lagergebäude wird mit einer automatischen Brandmeldeanlage (BMA) ausgerüstet. Brandmeldungen werden unmittelbar zur zuständigen Feuerwehralarmierungsstelle übertragen.

Im gesamten Lager werden Wassersprinkler eingesetzt und im Bereich für hochentzündliche Stoffe wird eine CO₂-Löschanlage, eine Gaswarnanlage und eine technische Lüftung zur Ableitung von entzündlichen Gasen betrieben.

3.3 Art und Menge der gefährlichen Stoffe

BAT sieht vor, Produkte (Stoffe und Stoffgemische) zu lagern, die bestimmten Gefahrenkategorien nach StörfallV zuzuordnen sind. Tabelle 3-3 enthält einen zusammenfassenden Überblick über die Art und Menge der gefährlichen Stoffe, die in den verschiedenen Bereichen des Lagers vorhanden sein könnten.

Neben gefährlichen Stoffen nach StörfallV sind innerhalb des Betriebsbereiches Stoffe und Stoffgemische vorhanden, die nicht unter den Geltungsbereich der StörfallV fallen. Die folgende Tabelle enthält nur störfallrelevante Stoffe.

Tabelle 3-3: Art und Menge der gefährlichen Stoffe

Menge [kg]	Nr. Anhang I StörfallV	Gefahrenkategorie nach StörfallV	Relevanter Gefahrenhinweis
5.000	1.1.2	H2 – Akut toxisch, Kategorie 2 (alle Expositionsweg) und Kategorie 3 (inhalativer Expositionsweg, oraler Expositionsweg)	H301, H330, H331
600.000	1.3.1	E1 – Gewässergefährdend, Kategorie Akut 1 oder Chronisch 1	H400, H410
450.000	1.3.2	E2 – Gewässergefährdend, Kategorie Chronisch 2	H411



Gutachten zur Ermittlung von angemessenen Abständen
 für den geplanten Betriebsbereich der
 BAT Agrar GmbH & Co. KG am Standort Ulm

Menge [kg]	Nr. Anhang I StörfallV	Gefahrenkategorie nach StörfallV	Relevanter Gefahrenhinweis
35.000	1.2.5.1 1.2.5.2 1.2.5.3	P5 a,b,c – entzündbare Flüssigkeiten der Kategorie 3	H226
55.000	1.2.8	P8 Oxidierende Flüssigkeiten, Kategorie 1,2 oder 3 oder oxidierende Feststoffe, Kategorie 1,2 oder 3	H272

Erläuterung der Gefahrenhinweise

- H226: Flüssigkeit und Dampf entzündbar
- H272: Kann Brand verstärken; Oxidationsmittel
- H301: Giftig bei Verschlucken
- H330: Lebensgefahr beim Einatmen
- H331: Giftig bei Einatmen
- H400: Sehr giftig für Wasserorganismen
- H410: Sehr giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung
- H411: Giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung

Die Auswertung einer typischen Stoffliste für Gefahrstofflager für Agrarprodukte, wie Pflanzenschutz- und Düngemittel, hat ergeben, dass nur sehr wenige Produkte Inhaltsstoffe mit dem Gefahrensatz H330 enthalten. Bei diesen Inhaltsstoffen handelt es sich in der Regel um Stoffe, die unter normalen Bedingungen im kristallinen Zustand vorliegen. Der Dampfdruck für diese Stoffe ist gleich 0 bar. Für die Verwendung werden die Stoffe in Lösung transportiert und gelagert. Produkte mit einer Gefahrenkennzeichnung H330 werden daher nicht weiter berücksichtigt.

Es können jedoch Stoffe mit einer Gefahrenkennzeichnung H331 vorhanden sein, die über einen Dampfdruck verfügen und daher Gefahrenbereiche bilden können. Im Abschnitt 4.1 werden diese Produkte weitergehend untersucht.

3.4 Brandprodukte

Bei einem Brand handelt es sich um einen außer Kontrolle geratenen Prozess, bei dem zahlreiche gefährliche Stoffe gebildet werden können. Die Mengenermittlung dieser gefährlichen Stoffe gestaltet sich schwierig, da zahlreiche Rahmenbedingungen die Bildungsraten von gefährlichen Stoffen beeinflussen können, z.B. beteiligte Stoffe und Mengen, Konzentrationen von Elementen, die zur Bildung der gefährlichen Brandprodukte führen, Intensität der Luftzufuhr, Wärme- und Stoffableitung, Branddetektion und Löschmittel. In der Literatur sind nur wenige Quellen vorhanden, die eine einfache Abschätzung von Bildungsraten ermöglichen.

Grundsätzlich verläuft ein Brand in mehreren Phasen. Bei einem Anfangs- oder Kleinbrand sind die Abbrandraten und Brandtemperaturen gering, die Sauerstoffzufuhr begrenzt, so dass eine unvollständige Verbrennung vorliegt. Wird dieser Anfangs- oder Kleinbrand nicht wirksam bekämpft, entwickelt sich ein Vollbrand mit dem Abbrand großer Stoffmengen, einer hohen Wärmefreisetzung und aufgrund der ausreichenden Sauerstoffzufuhr auch einer fast vollständigen Verbrennung.



Gutachten zur Ermittlung von angemessenen Abständen
für den geplanten Betriebsbereich der
BAT Agrar GmbH & Co. KG am Standort Ulm

Die Kommission für Anlagensicherheit hat mit dem Leitfaden KAS-43 eine Zusammenstellung von Hinweisen vorgenommen, die für die Ermittlung der Mengen gefährlicher Stoffe bei außer Kontrolle geratenen Prozessen berücksichtigt werden können. Für einen Brand in einem Lager für Pflanzenschutzmitteln, Schädlingsbekämpfungsmitteln, Bioziden und Düngemitteln sind Ausbeuten von Brandgaskomponenten in Tabelle 6 im Abschnitt 4.3.1 zusammengefasst. Die Angaben gehen im Wesentlichen auf Untersuchungen des TÜV Bayern e.V. aus dem Jahr 1990 und des Industrieverbandes Agrar (IVA) aus dem Jahr 1993 zurück. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass sich die Zusammensetzung der Agrarchemikalien wie Pflanzenschutz- oder Düngemittel in den letzten Jahren erheblich verändert hat. So wurden die gefährlichen Bestandteile weitgehend substituiert oder reduziert. Dabei sind insbesondere die Reduzierungen der Schwefel- oder auch Stickstoffanteile hervorzuheben. Daher führen die im KAS-43 zusammengefassten Annahmen, nach denen beispielsweise 800 mg SO₂ beim Abbrand von 1 mg Stoffgemisch gebildet werden können, zu einer erheblichen Überschätzung des Gefahrenpotentials und der Bildungsraten für Ausbreitungsrechnungen. Für die aktuell gehandhabten Agrarchemikalien sind keine Untersuchungen zu den Bildungsraten der gefährlichen Stoffe bekannt. Theoretische Abschätzungen auf Grundlage stöchiometrischer Verhältnisse führen ebenfalls zu Überschätzungen des Gefahrenpotentials, da die zahlreichen Einflussfaktoren auf die Bildung der Stoffe bei einem Brand nicht berücksichtigt werden.

Wie bereits erwähnt, entwickelt sich ein Brand in mehreren Phasen. Dabei muss ein Anfangs- oder Kleinbrand als ein vernünftigerweise nicht auszuschließendes Ereignis betrachtet werden. Entsprechend § 3(1) Störfall-Verordnung muss der Betreiber für solche Ereignisse geeignete Maßnahmen zur Verhinderung von Störfällen vorsehen und umsetzen. Durch technisch-bauliche Maßnahmen kann die Menge möglicherweise entstehender gefährlicher Stoffe wirksam begrenzt werden, so dass der Eintritt eines Störfalls vernünftigerweise ausgeschlossen werden kann. Als Beispiel wird im KAS-43 hierzu ausgeführt, dass die Menge möglicherweise entstehender gefährlicher Stoffe wirksam begrenzt werden kann, wenn ein Lager über einen entsprechenden baulichen und abwehrenden Brandschutz (z.B. durch F90- bzw. Brandwände abgetrennte Brandabschnitte, automatische Löschanlagen mit VdS-Zertifizierung etc.) verfügt. Für das geplante Lager sind insbesondere folgende Maßnahmen hervorzuheben:

- Abtrennung der einzelnen Lagerbereiche durch Brandwände
- Nur passive Lagerung in transportrechtlich zugelassenen Transportgebinden
- VdS-konforme Brandmeldeanlage in allen Lagerbereichen
- VdS-konforme CO₂-Löschanlage bzw. Sprinkleranlage (je nach Lagerklassen)

Der Anfangs- oder Kleinbrand wird im Rahmen dieses Abstandsgutachtens daher nicht weiter untersucht.

Sollten die vorhandenen Sicherheitseinrichtungen und Brandschutzeinrichtungen versagen bzw. unwirksam sein oder andere unvorhersehbare Umstände zu einer unkontrollierten Brandausbreitung führen, so wird sich ein Vollbrand mit hohen Brandtemperaturen und hoher Wärmefreisetzung führen. Im Sinne der Störfall-Verordnung handelt es sich um ein vernünftigerweise auszuschließendes Ereignis. Die gebildeten Brandgase werden über die Dachöffnungen der RWA-Anlagen ins Freie abgeleitet und aufgrund der hohen Temperaturen hoch in der Atmosphäre aufsteigen. Erst wenn sich die Brandgase ausreichend abgekühlt haben, werden sie sich wie ein dichtneutrales Gas mit dem Windfeld ausbreiten. Bevor die Brandgase wieder Bodennähe erreichen, werden sie so weit verdünnt, dass keine gefährlichen Konzentrationen mehr auftreten. Vor diesem Hintergrund ist in Abschnitt 2.3, Buchstabe a), 1. Absatz im



Gutachten zur Ermittlung von angemessenen Abständen
für den geplanten Betriebsbereich der
BAT Agrar GmbH & Co. KG am Standort Ulm

Anhang 1 des KAS-18 angegeben, dass toxische Effekte aus großen Bränden vernachlässigt werden können. Auch wenn die Begriffe Vollbrand und großer Brand im Sinne der Störfall-Verordnung nicht eindeutig definiert sind, kann von einer weitgehenden Analogie der beiden Begriffe ausgegangen werden. Im Rahmen dieses Gutachtens werden daher keine Vollbrände untersucht.

Netzschwefel

Eine Besonderheit stellt Netzschwefel dar, der im allgemeinen Gefahrstofflager in einer Menge von bis zu 40 t gelagert werden soll. Netzschwefel ist kein gefährlicher Stoff im Sinne der Seveso-III-Richtlinie und liegt in kristalliner Form vor. Schwefel bildet beim Abbrand Schwefeldioxid als Schadgas. Als Abbrandrate für den Netzschwefel wird mangels anderer Daten ein Wert von 20 kg/m² h angenommen, wie er ursprünglich für flüssigen Netzschwefel aus Untersuchungen des TÜV Nord vorliegt. Dabei wird angenommen, dass kristalliner Netzschwefel im Zuge eines Brandes durch den Wärmeeinfluss schmilzt und flüssig wird. Nach Angaben des TÜV Nord wird die angenommene Abbrandrate durch Erkenntnisse aus einem Großschadensereignis in Südafrika größenordnungsmäßig bestätigt. Der Wert liegt erwartungsgemäß merklich unterhalb der Werte für Flüssigkeiten¹². Aufgrund der molaren Masse setzt sich 1 Gramm Schwefel zu 2 Gramm Schwefeldioxid bei vollständiger Umsetzung um. Folglich entstehen ca. 0,011 kg Schwefeldioxid pro Sekunde und Quadratmeter Brandfläche.

Netzschwefel wird in Säcken von 25 kg auf Paletten gelagert. Die Paletten sind üblicherweise mit Folie umwickelt. Die Folie wird im Brandfall sehr schnell abbrennen und voraussichtlich das Papier von mehreren Säcken innerhalb kurzer Zeit entzünden. Erfahrungsgemäß brennt Papier als Verpackungsmaterial langsamer ab. Der Literatur kann eine Brandausbreitungsgeschwindigkeit von etwa 5 mm bis 8 mm entnommen werden. Demzufolge hat sich ein Brand nach etwa 3 Minuten auf eine Fläche von 3 bis etwa 8,5 m ausgeweitet. Die Bildungsrate von SO₂ beträgt zu diesem Zeitpunkt zwischen 0,033 kg/s und 0,090 kg/s. Es wird davon ausgegangen, dass der Brand spätestens nach 3 Minuten erkannt und die Sprinkleranlage ausgelöst wird. In dieser Zeit werden weniger als 0,3 kg SO₂ gebildet. Durch die Sprinkleranlage werden dann entweder der Brand gelöscht oder die Brandausbreitung und die Abbrandrate eingeschränkt. Die Freisetzung solcher geringen Menge SO₂ ist nicht in der Lage, einen Störfall innerhalb oder außerhalb des Betriebsbereiches auszulösen.

Die vorgesehenen 40 Palettenstellplätze für Netzschwefel werden zusätzlich mit einer Regalsprinklerung abgesichert.

Vor diesem Hintergrund wird auf eine weitergehende Untersuchung von Brandszenarien und von Brandprodukten verzichtet.

¹ Gutachten zur Verträglichkeit von Störfall-Betriebsbereichen im Stadtgebiet Wesseling unter dem Gesichtspunkt des § 50 BImSchG bzw. des Art. 13 der Seveso-III-Richtlinie

² Gutachten zur Verträglichkeit des Projekts „Rheinblick“ mit den benachbarten Betriebsbereichen innerhalb des CHEMPARKS Krefeld-Uerdingen – Umsetzung des § 50 BImSchG bzw. des Art. 13 der Seveso-III-Richtlinie

4 Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes

Im Folgendem werden für den Betriebsbereich der BAT Agrar GmbH & Co. KG Szenarien zur Ermittlung des angemessenen Abstandes auf Basis des Leitfadens KAS-18 unter Zuhilfenahme des KAS-43 abgeleitet. Die Quellterme werden an die Betriebs- und Umgebungsbedingungen angepasst.

Der angemessene Abstand entspricht dem Abstand, bei dem der für das jeweilige Szenario relevante Störfallbeurteilungswert unterschritten wird.

Zur Ableitung der Szenarien sind insbesondere folgende Aspekte von besonderer Bedeutung:

- Größte zusammenhängende Menge eines Stoffes
- Aggregatzustand
- Trennung der Lagerbereiche
- Transportbedingungen (Flurförderzeug)
- Brand- und Explosionsgefahren
- Zusammensetzung der Brandprodukte in Verbindung mit den Beurteilungswerten
- Installierte Sicherheitstechnik zur Verhinderung von Störfällen bzw. zur Begrenzung von Störfallauswirkungen (Brandmeldeanlage, Löschanlage)

Bei der Abstandsermittlung wird wie folgt vorgegangen:

- Bewertung des Stoffinventars bezüglich der Rahmenbedingungen (Aggregatzustand, freisetzbare Menge, Leckgröße und -höhe)
- Ableitung anlagenbezogener Referenzszenarien unter Berücksichtigung der Randbedingungen des Leitfadens KAS-18
- Rechnerische Ermittlung der Freisetzungen unter Berücksichtigung des Leitfadens KAS-43
- Durchführung der Ausbreitungsrechnungen
- Bewertung und Aufbereitung der Ergebnisse
- Ableitung des angemessenen Abstandes aus den Ergebnissen der Ausbreitungsrechnungen

Aufgrund der im Lager vorhandenen Stoffe bzw. Stoffgemische sowie der Betriebsbedingungen und Verfahren werden folgende Szenarien betrachtet:

- Szenario 1: Freisetzung eines toxischen Stoffes während des Ladevorgangs
- Szenario 2: Freisetzung und Brand eines flüssigen Stoffes während des Ladevorgangs
- Szenario 3: Brand im Bereich des Lagers für entzündbare Flüssigkeiten

Für alle Ausbreitungsrechnungen werden folgende Randbedingungen gemäß KAS-18 gewählt:

- Umgebungstemperatur: 20°C
- Wetterlage: indifferent und ohne Inversion

Die Parameter werden jeweils so gewählt, dass räumlich abdeckende Szenarien identifiziert werden, aus denen für alle Richtungen der jeweils notwendige angemessene Abstand abgeleitet werden kann.

Innerhalb des Lagers befinden sich Stoffe, die mit Luft explosionsfähige Gemische bilden können. Bei einer Freisetzung bilden diese Stoffe durch Lachenverdunstung entzündbare Dampfwolken mit geringem Volumen, sodass die Auswirkungen einer Explosion auf das Lager beschränkt bleiben und keine Auswirkungen auf die Nachbarschaft zu erwarten sind. Die Auswirkungen von Explosionen werden daher nicht betrachtet.

Szenario 1: Freisetzung eines toxischen Stoffes während des Ladevorgangs

Innerhalb des Lagers sind verschiedene akut toxische Stoffe vorhanden. Aufgrund der großen Anzahl an gefährlichen Stoffen wird für die Berechnungen ein Referenzstoff aus der vom Betreiber bereitgestellten Artikelliste ausgewählt und untersucht. Die Gefahr einer möglichen Freisetzung außerhalb des Gebäudekomplexes besteht nur während der Anlieferung oder dem Versand, wenn ein Behältnis auf einem LKW beschädigt wird.

Szenario 2: Freisetzung und Brand eines flüssigen Stoffes während des Ladevorgangs

In diesem Szenario wird die Freisetzung des Inhaltes eines IBC während des Ladevorgangs durch Beschädigung durch das Flurförderzeug mit anschließendem Brand im Freien untersucht. Auch dieses Szenario ist nur denkbar, wenn ein Gebinde auf einem LKW beschädigt wird.

Szenario 3: Brand im Bereich des Lagers für entzündbare Flüssigkeiten

Bei Beschädigung eines Gebindes mit einer entzündbaren Flüssigkeit kann ein Entstehungsbrand nicht ausgeschlossen werden. Durch die vorgesehenen technischen und baulichen Maßnahmen, u.a. baulicher Brandschutz, Gaswarnanlage und Lüftungsanlage, Brandmeldeanlage und CO₂-Löschanlage, ist eine erfolgreiche Brandbekämpfung bereits in der Entstehungsphase zu erwarten, so dass der Eintritt eines Störfalls vernünftigerweise ausgeschlossen werden kann.

Sollte es wider Erwarten durch Störungen bzw. Unwirksamkeit von Sicherheitseinrichtungen oder unvorhersehbaren Umständen zu einer Brandausweitung und damit zu einem großen Brand kommen, so muss aufgrund der hohen Brandtemperaturen eine thermische Überhöhung bei der Ausbreitung der Brandgase berücksichtigt werden. Hierdurch werden die Brandgase in der Atmosphäre hoch aufsteigen und ausreichend verdünnt, bevor sie wieder Bodennähe erreichen. Es wird auf Nr. 2.3, Buchstabe a, 1. Absatz im Anhang I des KAS-18 verwiesen.

Das Szenario wird im Rahmen dieses Abstandsgutachtens nicht weiter untersucht.

Szenario 4: Brand von Netzschwefel im Lagerbereich

Wie in Abschnitt 3.4 dargelegt, ist die Bildungsrate von SO₂ beim Abbrand von Netzschwefel so gering, dass der Eintritt eines Störfalls in der Anfangsphase vernünftigerweise ausgeschlossen werden kann. Sollte sich der Brand trotz der Sprinkleranlage unkontrolliert ausbreiten, so muss aufgrund der hohen Brandtemperaturen eine thermische Überhöhung bei der Ausbreitung der Brandgase berücksichtigt werden. Hierdurch werden die Brandgase in der Atmosphäre hoch aufsteigen und ausreichend verdünnt, bevor sie wieder Bodennähe erreichen. Es wird auf Nr. 2.3, Buchstabe a, 1. Absatz im Anhang I des KAS-18 verwiesen.



Darüber hinaus sollen die vorgesehenen Palettenstellplätze für Netzschwefel mit einer Regalsprinklerung ausgerüstet werden, so dass bereits ein Entstehungsbrand wirksam bekämpft und die Ausweitung zu einem größeren Brand verhindert werden können.

Das Szenario wird im Rahmen dieses Abstandsgutachtens nicht weiter untersucht.

4.1 Szenario 1: Freisetzung eines toxischen Stoffes während des Ladevorgangs

Im Gefahrstofflager befinden sich verschiedene Produkte, die den H-Sätzen H330 und H331 zugeordnet werden. In Tabelle 4-1 sind hierfür exemplarisch Produkte und die zugehörigen toxischen Inhaltsstoffe aufgeführt.

Tabelle 4-1: Beispiele für toxische Produkte

Produkt	Gefahrbestimmender Stoff	CAS-Nummer	H-Satz (Produkt)	Kategorie (Akute Toxizität)	Gebindegröße
Ameisensäure 85 %	Ameisensäure	64-18-6	H331	2	-
Formaldehyd 37 % DesinfectF	Formaldehyd	50-00-0	H331	3	200 l
Jaguar LS	Lambda-Cyhalothrin	91465-08-6	H330	2	3 l
LS Lambda-Cyhalothrin / 3					3 l
Tarak					3 l

Aufgrund der Gebindegröße wird Formaldehyd als Referenzstoff für die Untersuchungen gewählt. Formaldehyd wird in einer 37%igen Lösung in 200 Liter Fässern aufbewahrt. Es wird die Beschädigung eines Fasses beim Ladevorgang angenommen, wodurch der komplette Inhalt freigesetzt wird und sich eine Lache bildet. Formaldehyd soll aus der Lache verdunsten und sich gasförmig ausbreiten.

Für die Ermittlung der Lachenbildung und Gasausbreitung von Formaldehyd werden folgende Annahmen getroffen:

- Referenzstoff: Formaldehyd (37 % Lösung)
- Temperatur: 20°C
- Modell: VDI 3783 Blatt 1
- Zeitdauer: 3600 s
- Windgeschwindigkeit: 3,4 m/s
- Bodenrauigkeit: mäßig rau
- Temperaturschichtung: indifferent

Lachenbildung

Unter der Annahme, dass der komplette Inhalt (0,2 m³) des Fasses freigesetzt wird und sich eine Lache mit einer Schichtdicke von 0,005 m auf dem Betonboden bildet, ergibt sich eine



Gutachten zur Ermittlung von angemessenen Abständen
 für den geplanten Betriebsbereich der
 BAT Agrar GmbH & Co. KG am Standort Ulm

größtmögliche Lachenfläche von ~40 m². Der Radius dieser als kreisrund angenommenen Lache ohne Begrenzung beträgt ~3,57 m.

Der Verdunstungsmassenstrom aus der Lache kann mit der nachstehenden Gleichung der TÜV Anlagentechnik GmbH aus der Veröffentlichung „Ermittlung und Berechnung von Störfallablaufszenerarien nach Maßgabe der 3. Störfallverwaltungsvorschrift“, veröffentlicht vom Umweltbundesamt aus dem Jahr 2000, abgeschätzt werden. Für die Berechnung des Verdunstungsmassenstroms wird abweichend eine Umgebungs- bzw. Flüssigkeitstemperatur von 25 °C angenommen. Dies stellt eine konservative Annahme dar, da der berechnete Massenstrom größer ausfällt, als bei 20 °C. Die Ausbreitungsrechnung wird anschließend unter der ursprünglichen Annahme einer Umgebungstemperatur von 20 °C durchgeführt.

Tabelle 4-2: Randbedingungen zur Berechnung des Verdunstungsmassenstroms

Bezeichnung	Zeichen	Wert
Verdunstungsmassenstrom	\dot{m}_{VD}	in kg/s
Windgeschwindigkeit	u	3,7 m/s (konservative Annahme: vergrößert Verdunstungsmassenstrom in Gleichung für \dot{m}_{VD})
Molare Masse	M	23 g/mol
Fläche der Lache	A_{La}	40 m ²
Radius der Lache	r	3,57 m
Temperatur	T	298 K
Dampfdruck bei 25 °C	p_D	520 Pa

Unter Berücksichtigung der in Tabelle 4-2 angegebenen Randbedingungen wird der Verdunstungsmassenstrom gemäß nachstehender Gleichung berechnet/abgeschätzt.

$$\dot{m}_{VD} = -0,024 \frac{u^{0,78} M A_{La}}{r^{0,11} T} \ln \left(1 - \frac{p_D}{1,01235 \cdot 10^5} \right)$$

Der Verdunstungsmassenstrom beträgt ~0,920 g/s.

Ausbreitungsrechnung

Der Verdunstungsmassenstrom wird in ProNuSs als Quellrate unmittelbar in die Ausbreitungsberechnungen nach VDI 3783 Blatt 1 übernommen. Die Anwendung der VDI-Richtlinie erfolgt aufgrund der örtlichen Bebauungssituation auch für Entfernungen von weniger als 100 m, obwohl die Ergebnisse in diesem Bereich nicht validiert sind. Darüber hinaus werden folgende Annahmen getroffen:

- Stoff: Formaldehyd
- Massenstrom: 0,000920 kg/s
- Zeitdauer: 1800 s
- Windgeschwindigkeit: 3,4 m/s
- Bodenrauigkeit: mäßig rau
- Temperaturschichtung: indifferent, ohne Inversion
- Quellgeometrie: Punktquelle

- Freisetzungshöhe: 0 m

Das Ergebnis der Ausbreitungsberechnung ist in Abbildung 4-1 dargestellt. Der Abbildung kann entnommen werden, dass der ERPG 2-Wert für 37 prozentige Formaldehydlösung nach ca. 6 m unterschritten wird.

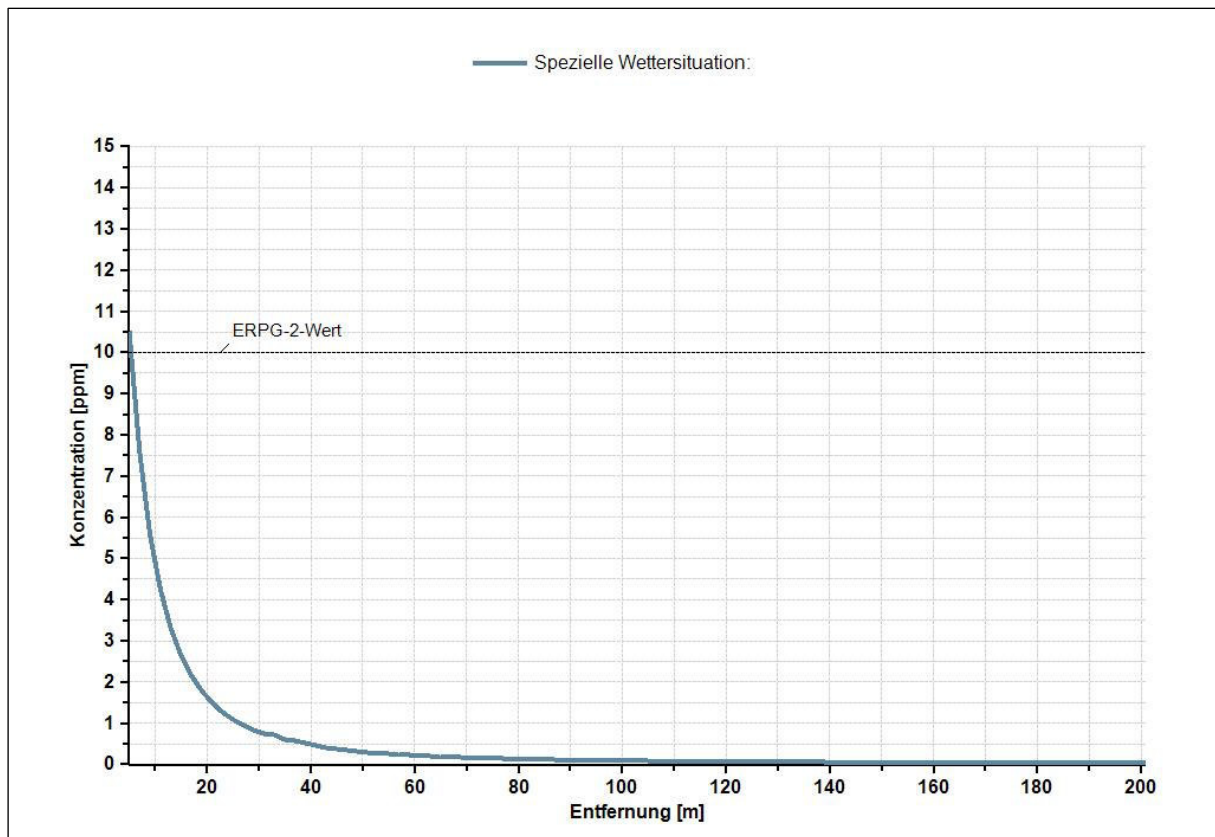


Abbildung 4-1: Aufpunktkonzentration von 37 prozentiger Formaldehydlösung in Abhängigkeit von der Entfernung

4.2 Szenario 2: Freisetzung und Brand eines flüssigen Stoffes während des Ladevorgangs

Im Szenario 2 wird unterstellt, dass ein Gebinde, das ein flüssiges brennbares Produkt enthält, bei der Verladung auf einem LKW durch das Flurförderzeug beschädigt wird. In der Folge wird der gesamte Inhalt des IBC (1000 l) freigesetzt und bildet auf dem Boden außerhalb des Gebäudes eine Lache, ohne dass die Ausbreitung der Lache durch bauliche Einrichtungen beschränkt wird. Die maximale Lachenfläche ergibt sich durch den Mindestwert der Lachenhöhe. Für Beton- oder vergleichbare Böden beträgt dieser Mindestwert 5 mm. Dementsprechend beträgt die maximale Lachenfläche ca. 200 m². Die Lache soll entzündet werden.



Gutachten zur Ermittlung von angemessenen Abständen
für den geplanten Betriebsbereich der
BAT Agrar GmbH & Co. KG am Standort Ulm

Die flüssigen brennbaren Produkte enthalten entzündbare Kohlenwasserstoffe verschiedener Art und Konzentration. Folgende Produkte enthalten z. B. entzündbare Flüssigkeiten:

- Menno Florades
- Neopredisan
- Cyperkill Max
- Ambarac
- K Obiol EC 25 / 1
- Plexeo
- Silolack

Für das Szenario wird ein konservativer Ansatz gewählt und angenommen, dass ein IBC beschädigt wird, der vollständig (zu 100 %) mit einem entzündbaren Kohlenwasserstoff gefüllt ist. Als Referenzstoff wird 2-Propanol gewählt, das als leicht entzündbar eingestuft ist. Die gewählte Gebindegröße ist größer als die Vor-Ort geplanten Gebindegrößen. Der gewählte Referenzstoff ist leichter entzündlich als die Vor-Ort geplanten Stoffe.

Für die Ermittlung der Abbrandrate wurden folgende Annahmen getroffen:

- Referenzstoff: 2-Propanol (Isopropanol)
- Durchmesser Lache: 16 m (entsprechend 200 m²)
- Temperatur: 20 °C
- Windgeschwindigkeit: 3,4 m/s
- Modell Einstrahlzahl: Mudan
- Modell Abbrandgeschwindigkeit: Burges
- Strahlungsmodell: Zylinderstrahlungsmodell
- Strahlungsintensität: 100 kW/m²
- Modell Flammenlänge: Thomas/Moorhouse KAS-18

Unter diesen Bedingungen werden für einen Lachenbrand von 2-Propanol die in Abbildung 4-2-dargestellten Wärmestrahlungen ermittelt. Die Berechnungen führen zu folgenden Ergebnissen:

- Abbrandgeschwindigkeit: $4,1721 \cdot 10^{-5}$ m/s
- Abbrandrate: $3,2855 \cdot 10^{-2}$ kg/(s m²)
- Flammenhöhe: 20,93 m

Es werden jeweils die Bestrahlungsstärken in Abhängigkeit der Windrichtung ermittelt. Abbildung 4-2 kann entnommen werden, dass die kritische Bestrahlungsstärke von 1,6 kW/m² in ca. 83 m Entfernung vom Flammenmittelpunkt unterschritten wird.



Gutachten zur Ermittlung von angemessenen Abständen
für den geplanten Betriebsbereich der
BAT Agrar GmbH & Co. KG am Standort Ulm

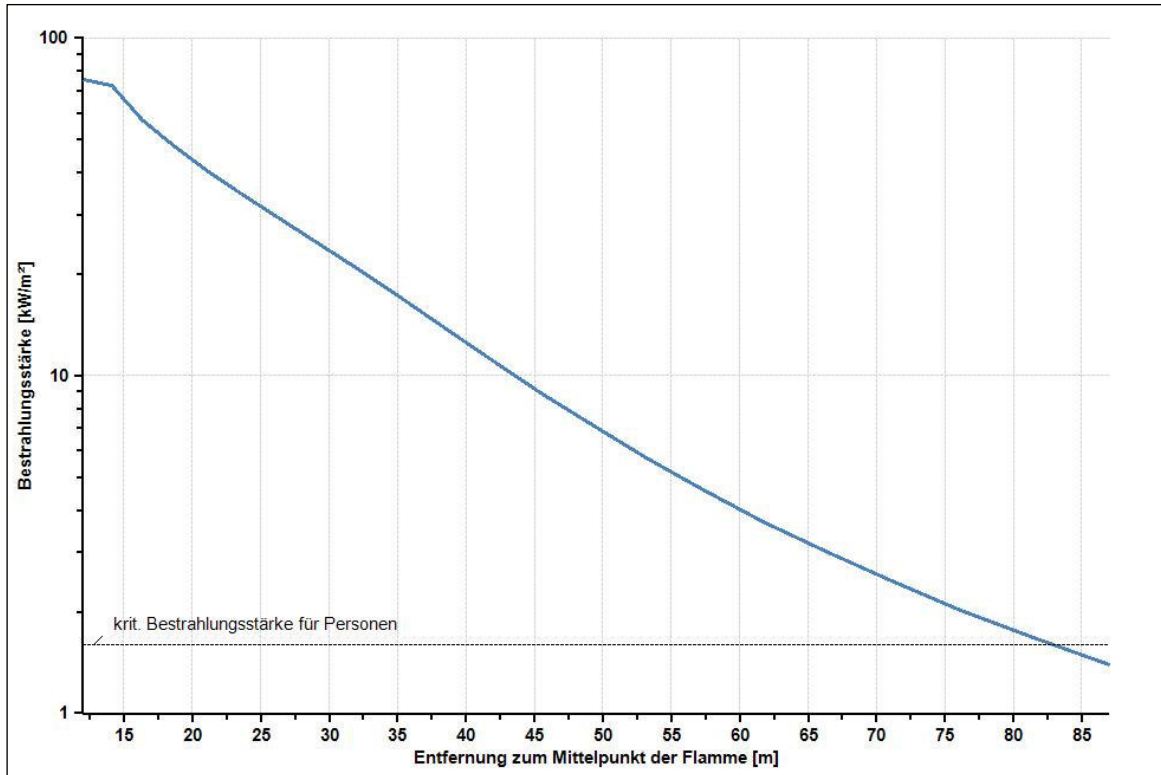


Abbildung 4-2: Wärmestrahlung beim Abbrand von 2-Propanol



5 Empfehlung eines angemessenen Sicherheitsabstandes

Die Ergebnisse der Berechnungen für die einzelnen Szenarien aus Abschnitt 4 sind in Tabelle 5-1 zusammengefasst. Die Ergebnisse zeigen, dass alle betrachteten Szenarien abstandsrelevant sind. Abstandsbestimmend ist jedoch die Wärmestrahlung beim Lachenbrand in der Ladezone im Freien, da hier der ermittelte sichere Abstand mit ca. 83 m am größten ist.

Tabelle 5-1: Ergebnisse der Ausbreitungsberechnungen

Nr.	Szenario	Beurteilungswert	Entfernung bis zum Unterschreiten des Beurteilungswertes
1	Freisetzung von Formaldehyd im Bereich der Lieferzone	10 ppm	6 m
2	Lachenbrand in der Ladezone	1,6 kW/m ²	83 m
3	Brand im Lager entzündbare Flüssigkeiten		Nicht untersucht / nicht relevant
4	Brand von Netzschwefel		Nicht untersucht / nicht relevant

Bei der Festlegung angemessener Sicherheitsabstände muss berücksichtigt werden, dass die Ausbreitungsberechnungen modellbedingt mit Unsicherheiten behaftet sind. Daher sind Entfernungsangaben nur rein rechnerisch ermittelte Werte, die für einzelne und spezielle, frei gewählte Szenarien gelten. Abweichungen in den Annahmen und Randbedingungen werden direkt zu Veränderungen in den berechneten Entfernungen führen. Beispiele für mögliche Abweichungen sind: Form und Ausbildung der Lache, Dauer bis Branddetektion erfolgt, Störungen des Windfeldes, Veränderungen in den Temperaturfeldern. In der Praxis wird es immer solche Abweichungen vom gewählten Szenario geben. Wichtig ist daher, dass im Sinne einer zuverlässigen Prognose die getroffenen Annahmen ausreichend konservativ sind, sodass die wahrscheinlichsten Szenarien abgedeckt werden. Daher sollten die einzuhaltenden Abstände

- ohne Scheingenauigkeiten,
- angemessen für das gewählte Szenario,
- abdeckend für einen breiten Szenarienrahmen und
- angepasst auf die Umgebungssituation
- festgelegt werden.

Die Kommission für Anlagensicherheit hat keine Rundungsregeln vorgegeben.

Die Sachverständigen empfehlen daher einen Sicherheitsabstand von 100 m.

Dieser Abstand ist geeignet, um die Auswirkungen von Störfällen auf Menschen und andere Schutzobjekte zu minimieren.

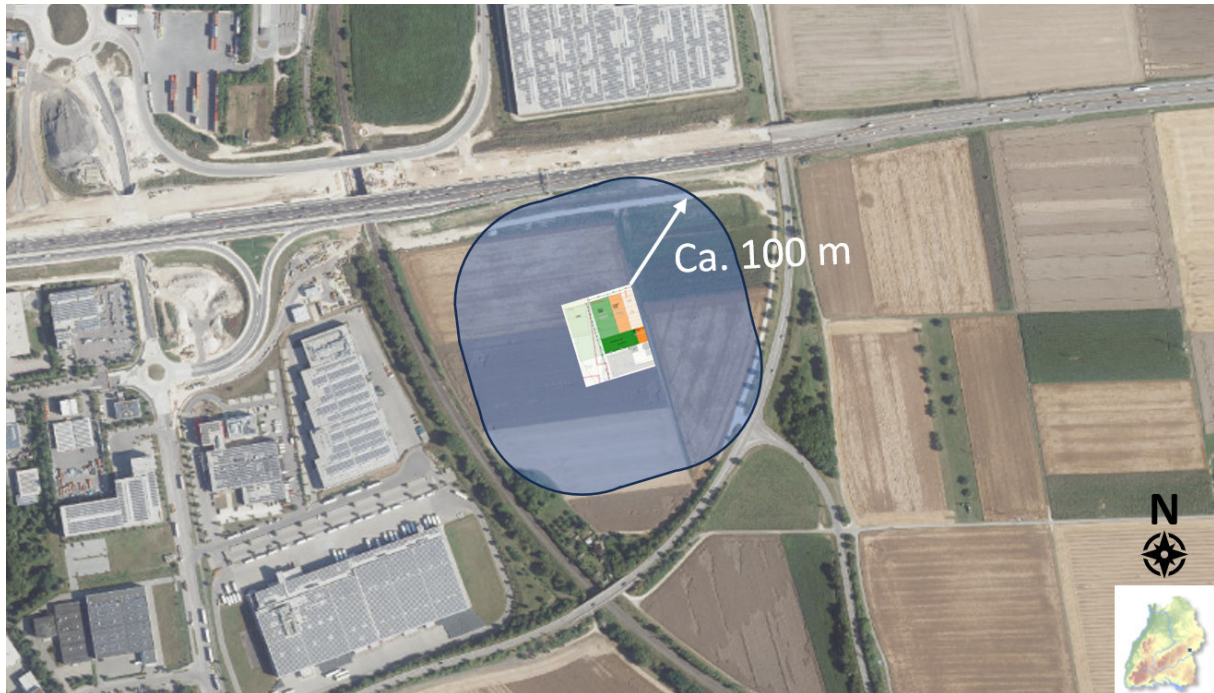


Abbildung 5-1: Abstandskarte, nicht exakt eingemessen

zeigt eine Abstandskarte, in der der empfohlene Abstand als Näherung dargestellt ist.

Da die Szenarien auf Grundlage des Leitfadens KAS-18 abgeleitet wurden, können diese als abdeckend für die Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes betrachtet werden. Darüber hinaus wurde durch die Wahl der jeweils ungünstigsten Annahmen eine konservative Abschätzung der möglichen Auswirkungen vorgenommen.

Der ermittelte Abstand setzt voraus, dass die Anlage jederzeit dem Stand der Technik und der Sicherheitstechnik entspricht. Bei Änderungen an der Anlage oder neuen Erkenntnisse zur Beurteilung von Störfallauswirkungen sollten die Szenarien und die Abstände überprüft und fortgeschrieben werden.

Schutzobjekte im Sinne § 3 Abs. 5c BImSchG sind z. B. Schutzgebiete im Sinne des Natur- und Landschaftsschutzes, überwiegend dem Wohnen dienenden Gebiete, öffentlich genutzte Gebäude, Anlagen mit Publikumsverkehr und wichtige Verkehrswege (siehe § 50 Satz 1 BImSchG und Nr. 2.1.2 KAS-18).

Es befindet sich kein überwiegend dem Wohnen dienendes Gebiet und damit kein derartiges Schutzobjekt im Sinne des § 3 (5d) BImSchG (siehe auch /E5/) im empfohlenen Sicherheitsabstand.

Die in der Umgebung liegenden Betriebsstätten sind ebenfalls keine Schutzobjekte im Sinne des § 50 BImSchG. Die Sachverständigen empfehlen jedoch, dass zwischen der BAT Agrar GmbH & Co. KG und den Betreibern in der Nachbarschaft Alarm- und Gefahrenabwehrmaßnahmen abgestimmt werden. Neben der Alarmierung sollten auch das Verhalten im Gefahrenfall und gegebenenfalls die Räumung von gefährdeten Bereichen abgestimmt werden.

Verkehrswege befinden sich nicht innerhalb des empfohlenen Sicherheitsabstandes. Sowohl die Bundesautobahn als auch die Bahnanlage sind mehr als 100 m vom Lagergebäude entfernt, wenn der Standort wie in der folgenden Abbildung dargestellt, gewählt wird. Sollte sich

Gutachten zur Ermittlung von angemessenen Abständen
für den geplanten Betriebsbereich der
BAT Agrar GmbH & Co. KG am Standort Ulm

der Standort noch verändern, so muss die Bewertung bzgl. der Bundesautobahn und der
Bahnanlage überprüft werden.

Eine Darstellung des empfohlenen angemessenen Sicherheitsabstandes ist Abbildung 5-1 zu
entnehmen.

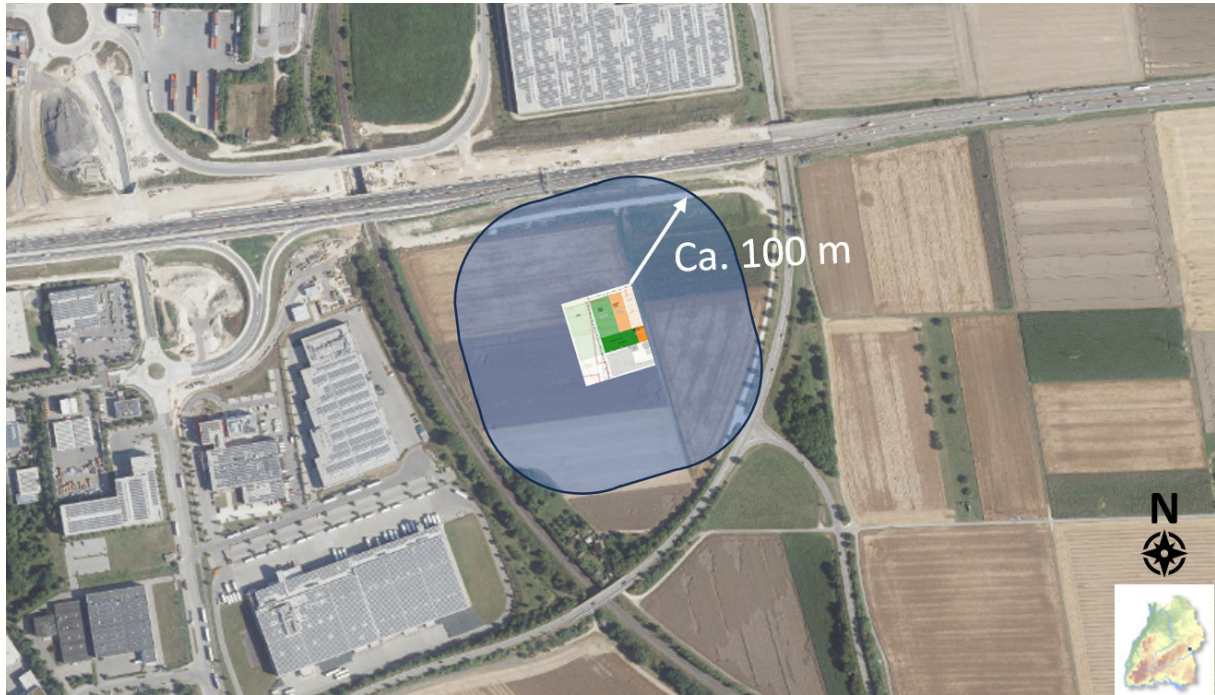


Abbildung 5-1: Abstandskarte, nicht exakt eingemessen



Gutachten zur Ermittlung von angemessenen Abständen
für den geplanten Betriebsbereich der
BAT Agrar GmbH & Co. KG am Standort Ulm

6 Zusammenfassung

Die BAT Agrar GmbH & Co. KG beabsichtigt den Neubau eines Stückgutlagers mit Gefahrstofflagerbereich am Standort Ulm.

Die ISC Inspection GmbH wurde von der BAT Agrar GmbH & Co. KG mit der Erstellung eines Gutachtens zur Ermittlung von angemessenen Abständen zur Umsetzung von § 50 BImSchG für den geplanten Betriebsbereich beauftragt.

In diesem Zusammenhang haben die Sachverständigen die Stoffe, Anlagen und Verfahren sowie die Handhabung der Stoffe im Betriebsbereich untersucht, um abdeckende Szenarien abzuleiten. Für die abgeleiteten Szenarien wurden Ausbreitungsrechnungen zur Ermittlung der Immissionskonzentrationen vorgenommen und mit den im KAS-18 benannten Beurteilungswerten verglichen.

Als Ergebnis der Berechnungen wird empfohlen, dass der

angemessene Sicherheitsabstand auf 100 m

festgelegt wird.

Die Sachverständigen empfehlen, dass der vorgenannte Abstand gemeinsam mit der Genehmigungsbehörde und den regionalen Planungsbehörden besprochen und als maßgeblich für die künftige Bauleitplanung vereinbart werden. Dabei sollte auch ein gemeinsames Verständnis über die Bedeutung der Abstände erzielt werden.

Hannover, 07.06.2024

Maik Bäumer
bekannt gegeben als Sachverständiger
nach § 29b Bundes-Immissionsschutzgesetz



Christoph Seibt
Sachverständiger für Anlagensicherheit

Lina-Marie Arlt
Sachverständige für Anlagensicherheit

Anhang: Detaillierte Angaben zu den Auswirkungsbetrachtungen

Szenario 1: Freisetzung eines toxischen Stoffes während des Ladevorgangs

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff:	Formaldehyd
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]:	30,03
Temperatur [K]:	293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]:	4,4165
Gasdichte [kg/m ³]:	5,8580
Flüssigkeitsdichte [kg/m ³]:	744,52

Eingabedaten der Lachenverdampfung:

Windgeschwindigkeit [m/s]:	3,70
Lachendurchmesser [m]:	7,14
Umgebungstemperatur [K]:	298,15
Verdunstungsmodell:	TÜV Anlagentechnik

Ergebnisse der Lachenverdampfung:

Verdunstungsmassenstrom [kg/s]:	0,920E-03
---------------------------------	-----------

Eingabeparameter der Ausbreitungsrechnung:

Modell:	VDI 3783 Blatt 1
Standortparameter:	
Rauhigkeitsklasse [-]:	4,00
Rauhigkeitshöhe [m]:	0,80
mittlere Bebauungshöhe [m]:	2,0000E+01
Punktquelle	
Quellhöhe [m]:	8,0000E-01
Emissionsdauer [s]:	3,6000E+03
Quellstärke [g/s]:	0,920
Freigesetzte Masse [g]:	3310,20
Aufpunktkoordinaten:	
XA [m]=	5,0000E+01
YA [m]=	0,0000E+00
ZA [m]=	2,0000E+00
Ausbreitungsklasse [-]:	2,0
Schichtung:	indifferent
keine Inversion	

Szenario 2: Freisetzung und Brand eines flüssigen Stoffes während des Ladevorgangs

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff:	Isopropanol
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]:	60,1
Temperatur [K]:	293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]:	1,0



Gutachten zur Ermittlung von angemessenen Abständen
 für den geplanten Betriebsbereich der
 BAT Agrar GmbH & Co. KG am Standort Ulm

Gasdichte [kg/m ³]:	2,5000
Flüssigkeitsdichte [kg/m ³]:	787,48

Eingabeparameter Lachenbrand:

Windgeschwindigkeit [m/s]:	3,40
Exponent des Geschwindigkeitsprofils [-]:	0,28
Umgebungstemperatur [°C]:	20,00
relative Luftfeuchtigkeit [%]:	75,00
Emissionsverhältnis des Strahlers [-]:	0,90
Emissionsverhältnis des Empfängers [-]:	0,90
Höhe (Mittelpunkt) des Empfängers [m]:	1,00
Bestrahlungsstärke in sicherer Entfernung [kW/m ²]:	1,60
Ausgewähltes Modell Einstrahlzahl:	Mudan
Wärmeabsorption durch die Luft wird berücksichtigt.	
Ausgewähltes Modell Abbrandgeschwindigkeit:	Burges
Fester Lachendurchmesser	
Durchmesser der Lache [m]:	16,00
Strahlungsmodell:	Zylinderstrahlungsmodell
Strahlungsintensität [kW/m ²]:	100,00
Modell Flammenlänge:	Thomas/Moorhouse KAS-18

Ergebnisse Lachenbrand:

Abbrandgeschwindigkeit [m/s]:	4,1721E-05
Abbrandrate [kg/(s m ²)]:	3,2855E-02
Brandfläche [m ²]:	2,0106E+02
Vergrößerter Durchmesser durch Wind [m]:	20,05
Winkel der Flamme gegenüber der Horizontalen[°]:	48,44
Flammenlänge [m]:	17,71