



Österreichischer Bundesländer-Arbeitskreis Seveso

Empfehlung Nr. 1

Grundlage zur Ermittlung von angemessenen Sicherheitsabständen für die Zwecke der Raumordnung

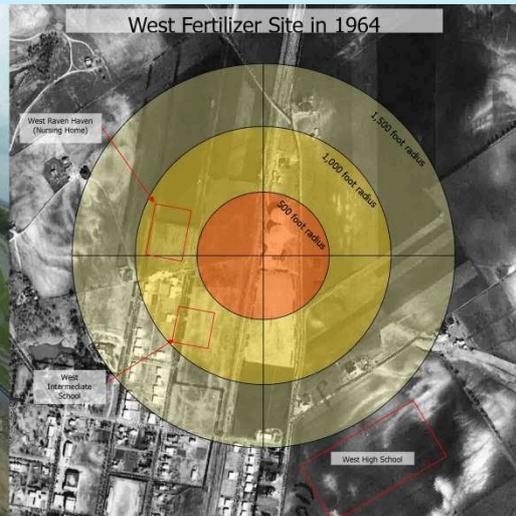
West Fertilizer Explosion and Fire



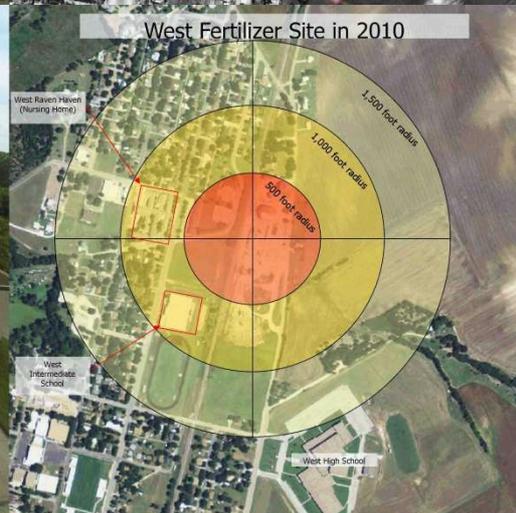
West Facility Following the April 17, 2013, Incident



West Fertilizer Site in 1964



West Fertilizer Site in 2010



Intermediate School Following the April 17, 2013 Incident





Impressum

Herausgeber:

Österreichischer Bundesländer-Arbeitskreis Seveso

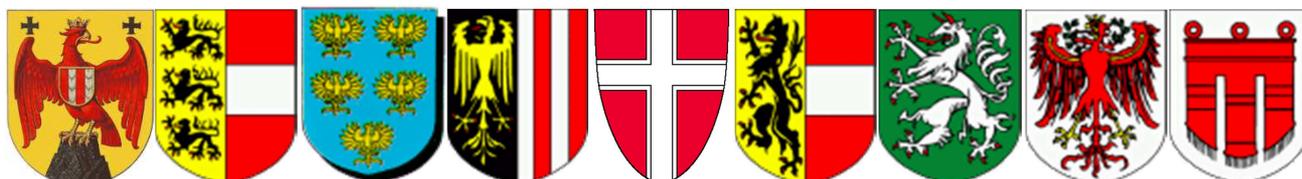
Vorsitz beim Amt der
Steiermärkischen Landesregierung
Abteilung 15
Landhausgasse 7 , 8010 Graz

Redaktion:
Magistrat Linz
Umwelt- und Technik-Center
Hauptstraße 1-5
4041 Linz

Diese Empfehlung wurde erstellt unter Mitwirkung von:

Dr. Gerhard Dolenz	Amt der Kärntner Landesregierung
Dr. Heinz Götz	Magistrat Wien
Dipl.-Ing. Peter Größwagen	Magistrat Linz
Dr. Robert Gross	Amt der Salzburger Landesregierung
Dipl.-Ing. Armin Heidler	BMLFUW
Dr. Josef Hartl	Amt der Salzburger Landesregierung
Dipl.-Ing.(FH) Matthias Hussl	Amt der Tiroler Landesregierung
Dipl.-Ing. Franz Ihm	Amt der NÖ Landesregierung
Dipl.-Ing. Josef Krenn	Amt der Kärntner Landesregierung
Ing. Egon Küng	Amt der Vorarlberger Landesregierung
Dipl.-HTL-Ing. Christoph Lechner	Amt der Tiroler Landesregierung
Ing. Thomas Mayer	Amt der NÖ Landesregierung
Dr. Dieter Schiefer	Amt der OÖ Landesregierung
Dipl.-Ing. Ernst Simon	Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Dipl.-Ing. Martin Sonnleitner	Magistrat Linz
Dipl.-Ing. Gerhard Weigl	Amt der NÖ Landesregierung
Dr. Gernot Wurm	Amt der Kärntner Landesregierung

Diese Empfehlung wurde im Oktober 2014 vom Bundesländerarbeitskreis Seveso freigegeben.



Empfehlung Nr. 1 des Bundesländer-Arbeitskreises Seveso

als Grundlage zur Ermittlung von angemessenen Sicherheitsabständen für die Zwecke der Raumordnung

gemäß der Richtlinie 2012/18/EU
(Seveso-III-Richtlinie)¹

Das vorliegende Dokument ist raumordnungsrechtlich zwar nicht verbindlich, jedoch erachtet die LandesumweltreferentInnenkonferenz *die vom österreichischen Bundesländer-Arbeitskreis Seveso vorgeschlagene Fortschreibung der Empfehlung Nr. 1 „Grundlage zur Ermittlung von angemessenen Abständen für die Zwecke der Raumordnung“ Stand März 2015 als geeignet, um in Österreich weiterhin eine einheitliche und praktikable Vorgangsweise sicherzustellen und empfiehlt deren Berücksichtigung bei den Konsultationsverfahren gemäß Art. 13 Überwachung der Ansiedlung der RL 2012/18/EU „Seveso III-RL“.* Die LandesumweltreferentInnenkonferenz ersucht den Herrn Bundesminister für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft um eine Berücksichtigung und Übernahme dieser Empfehlung für den Bereich des Bundes.

(Beschluss der LURK vom 29. Mai 2015)

Diese Empfehlung wurde mit großer Sorgfalt erstellt. Dennoch übernehmen der Herausgeber und die Verfasser keine Haftung für die Richtigkeit von Angaben, für die Vollständigkeit sowie für eventuelle Druckfehler. Aus etwaigen Folgen können daher keine Ansprüche gegenüber dem Herausgeber und den Verfassern geltend gemacht werden. Dieses Werk darf nur für nicht-kommerzielle Nutzung vervielfältigt werden.

¹ Richtlinie 2012/18/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Juli 2012 zur Beherrschung der Gefahren schwerer Unfälle mit gefährlichen Stoffen, zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinie 96/82/EG des Rates (ABl. L 197 vom 24.7.2012, S.1)

Der Bundesländer-Arbeitskreis Seveso

Der Bundesländer-Arbeitskreis Seveso ist ein ständiges Sachverständigengremium, welches im Jahre 1992 aus Anlass des Inkrafttretens der „Störfallverordnung“ konstituiert wurde. Zu seinen Aufgaben gehört der Erfahrungsaustausch auf ExpertInnenebene in technisch-praktischen Fragen des Vollzuges des Industrieunfallrechts und der Anlagensicherheit. Zu diesem Zweck werden die internationalen Entwicklungen beobachtet, diskutiert und entsprechende Schlussfolgerungen für die österreichische Situation gezogen. Auch die Einladung von internationalen ExpertInnen zu speziellen Themen gehört dazu. Ein weiterer wichtiger Aufgabenbereich ist die Erstellung einheitlicher Richtlinien für den Vollzug, vor allem für die technischen Amtssachverständigen und gegebenenfalls auch die fachliche Beratung einschlägiger Gremien bzw. der zuständigen Ministerien.

Dem Arbeitskreis gehören VertreterInnen von Ministerien, Bundesländern und Landeshauptstädten an. Der Bundesländer-Arbeitskreis Seveso ist das einzige nationale Gremium, das sich umfassend mit Fragen der EU-Richtlinie zur Beherrschung der Gefahren schwerer Unfälle mit gefährlichen Stoffen auseinandersetzt.

Vorsitzender des Bundesländerarbeitskreises:

Dipl.-Ing. Ernst Simon
Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Abteilung 15
Landhausgasse 7, 8010 Graz

Leiter der Arbeitsgruppe „Industrieunfallszenarien“:

Dipl.-Ing. Martin Sonnleitner
Magistrat Linz, Geschäftsbereich Planung, Technik und Umwelt
Hauptstraße 1-5, 4041 Linz

Inhaltsverzeichnis:

1	Die Seveso III - Richtlinie und ihre Auswirkungen auf die Raumordnung	7
1.1	Vorbemerkungen	7
1.2	Die Vorgaben der Richtlinie	7
1.3	Überlegungen zur Ermittlung angemessener Sicherheitsabstände	10
2	Berechnungsmodelle	13
2.1	Mengenschwellenbezogenes Abstandsmodell	13
2.2	Standardisierte Einzelfallbetrachtung.....	17
2.3	Arten von Auswirkungen für die Einzelfallbetrachtung.....	20
2.3.1	Druckwelle	20
2.3.2	Wärmestrahlung	21
2.3.3	Toxische Auswirkungen	22
3	Rechenmodelle und -parameter für die standardisierte Einzelfallbetrachtung, Formelsammlung	25
3.1	Quelltermberechnung	25
3.2	Druckausbreitung	25
3.3	Wärmestrahlung	26
3.3.1	Lachenbrände.....	26
3.3.2	Feuerball und Gaswolkenbrand	26
3.4	Ausbreitung toxischer Gase und Dämpfe.....	26
3.5	Formelsammlung	28
3.5.1	Austritt einer Flüssigkeit ohne Druck	28
3.5.2	Austritt einer Flüssigkeit unter Druck.....	28
3.5.3	Verdunstung aus einer Lache	29
3.5.4	Anteil der Wärmestrahlung an der gesamten Brandleistung - Brand in einer Lache/Auffangwanne	29
3.5.5	Wärmestrahlung für Punktquelle	30
3.5.6	Flammenlänge h nach P. H. Thomas.....	30
3.5.7	Austritt aus der Gasphase	31
3.5.8	Austritt verflüssigtes Gas aus Flüssigphase	32
4	Referenzen.....	34

Abkürzungsverzeichnis:

AEGL	Acute Exposure Guideline Level
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion
BMLFUW	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
BMWFW	Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft
CLP	Classification, Labelling and Packaging (Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Chemikalien)
DN	Durchmesser lichte Weite
EG	Europäische Gemeinschaften
EKW	Eisenbahnkesselwagen
ERPG	Emergency Response Planning Guidelines
EU	Europäische Union
FIW	Flächenwidmung
GHS	Globally Harmonized System
IDLH	Immediately Dangerous to Life or Health
KAS	Kommission Anlagensicherheit (Deutschland)
MS	Mitgliedsstaat
ÖFAS	Österreichisches Forum Anlagensicherheit
PAC	Protective Action Criteria
RHAD	Risk/Hazard Assessment Database
RL	Richtlinie
TDU	Thermal Dose Unit
TEEL	Temporary Emergency Exposure Limits
UVCE	Unconfined Vapour Cloud Explosion (Gaswolkenexplosion)
VO	Verordnung
VCI	Verband der Chemischen Industrie (Deutschland)

1 Die Seveso-III-Richtlinie und ihre Auswirkungen auf die Raumordnung

1.1 Vorbemerkungen

Mit dem Inkrafttreten der Seveso-III-Richtlinie ist eine Fortschreibung der Empfehlung 2005 erforderlich. Es sollen darin die geänderten rechtlichen Rahmenbedingungen und die internationalen Entwicklungen bei der Anwendung von Toxizitätsgrenzwerten berücksichtigt werden.

Folgende Schwerpunkte werden der Überarbeitung zu Grunde gelegt:

1. Aktualisierung des Textes hinsichtlich der geänderten rechtlichen Bestimmungen (Seveso-III-Richtlinie, GHS, CLP²)
2. Berücksichtigung internationaler Entwicklungen bei der Anwendung von Toxizitätsgrenzwerten
3. Beibehaltung des bewährten ‚dualen Modells‘
4. Einfügen einer Formelsammlung
5. Stärkung des Aspektes der Langfristigkeit der Flächenausweisung und -nutzung

Ob bei einer bestehenden Ausweisung eines angemessenen Abstandes eine Neufestlegung eines angemessenen Sicherheitsabstandes auf Basis der neuen Empfehlung erfolgen soll, unterliegt der Entscheidung der Raumordnungsbehörde.

1.2 Die Vorgaben der Richtlinie

Die Richtlinie 2012/18/EU (Seveso-III-Richtlinie) hat wie die Vorgängerrichtlinien³ zum Ziel, „schwere Unfälle mit gefährlichen Stoffen zu verhüten und die Unfallfolgen für die menschliche Gesundheit und die Umwelt zu begrenzen um auf abgestimmte und wirksame Weise ein hohes Schutzniveau in der gesamten Union zu gewährleisten“⁴. Dies insbesondere unter dem Eindruck schwerster Industriekatastrophen vor allem in den 80er-Jahren, etwa in Mexico Stadt 1984⁵ und Bhopal 1984⁶.

Eines dieser Instrumente ist die **Überwachung der Ansiedlung** (Art. 13 der RL).

Bei der Industriekatastrophe am 21.9.2001 in Toulouse kam es durch die Detonation von großen Mengen an Ammoniumnitrat zu großräumigen Schäden vor allem an Wohngebäuden und städtischen Infrastrukturen, wie Schulen und Krankenhäusern, aber auch an Verkehrsinfrastrukturen⁷. Dieser schwere Unfall lenkte die Aufmerksamkeit der internationalen Öffentlichkeit auf die Frage der Raumplanung/-nutzung und der sich aus zu gro-

² Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 i.d.g.F.

³ Richtlinie 82/501/EWG des Rates vom 24. Juni 1982 über die Gefahren schwerer Unfälle bei bestimmten Industrietätigkeiten (Seveso I) und Richtlinie 96/82/EG des Rates vom 9.12.1996 zur Beherrschung der Gefahren bei schweren Unfällen mit gefährlichen Stoffen (Seveso II)

⁴ Art. 1 der Seveso-III-Richtlinie

⁵ Die Explosion eines Flüssiggaslagers mit einer Lagerkapazität von 15 Mio. Liter mit einer Serie von BLEVEs forderte hunderte Todesopfer und tausende Verletzte. Die Angaben über die Opferzahlen schwanken zwischen 600 und weit über tausend.

⁶ Bei dieser Industriekatastrophe in einer Industrieanlage der Union Carbide im indischen Bhopal waren aufgrund des Austrittes größerer Mengen von Methylisocyanat tausende Tote und mehrere tausend Verletzte und bleibend Geschädigte zu beklagen.

⁷ 30 Tote, 2500 Verletzte und Schäden in Höhe von mindestens 1,5 – 2 Mrd. Euro.

ßer Nähe von Industriegebieten zu anderen sensiblen Nutzungen ergebenden Unvereinbarkeiten.

Ereignisse wie die Explosion mit nachfolgendem Brand im Jahr 2005 in einem Tanklager in Buncefield mit 43 Verletzten und weiträumigen Schäden an Wohngebäuden und Industriebetrieben (bis zu einer Entfernung von 8 km kam es zu Brüchen von Glasscheiben und Schäden an Wänden und Decken von Gebäuden) bestärkten die Intention der RL der räumlichen Entflechtung von Industrie und Wohngebieten.

Art. 13 der RL trifft entsprechende Vorgaben für Raumordnungsbestimmungen⁸ im Umfeld von „Seveso-Betrieben“. In Erwägungspunkt 18 der Richtlinie wird ausdrücklich auf die Bedeutung der Einhaltung von angemessenen Abständen zwischen „Seveso-Betrieben“ und Ansiedlungen in der Nähe solcher Betriebe Bezug genommen. Art. 13 verlangt, in den jeweiligen Politiken der Flächenausweisung oder Flächennutzung der MS⁹ das Ziel, schwere Unfälle zu verhüten und ihre Folgen zu begrenzen, zu berücksichtigen.

Dazu ist bei der Ansiedlung neuer Betriebe und bei der Änderung bestehender Betriebe sowie bei neuen Entwicklungen in der Nachbarschaft bestehender Betriebe, wie etwa neuen Verkehrswegen, öffentlich genutzten Örtlichkeiten und Wohngebieten, durch **angemessene Sicherheitsabstände** vorzusorgen, dass das Risiko eines schweren Unfalls nicht vergrößert wird oder die Folgen eines solchen Unfalles nicht verschlimmert werden können¹⁰.

Relevante Bestimmungen der Richtlinie:

Erwägungspunkt 18:

Damit Wohngebiete, öffentlich genutzte Gebiete und die Umwelt, einschließlich unter dem Gesichtspunkt des Naturschutzes besonders wertvoller bzw. besonders empfindlicher Gebiete, besser vor den Gefahren schwerer Unfälle geschützt werden können, müssen die Mitgliedstaaten in ihren Politiken zur Flächennutzungsplanung oder anderen einschlägigen Politiken dafür sorgen, dass zwischen diesen Gebieten und Betrieben, die solche Gefahren bergen, angemessene Abstände eingehalten werden und dass bei bestehenden Betrieben gegebenenfalls ergänzende technische Maßnahmen durchgeführt werden, damit die Gefährdung von Personen bzw. der Umwelt auf einem annehmbaren Niveau bleibt. Ausreichende Informationen über die Risiken und fachliche Beratung zu diesen Risiken sollten bei der Entscheidungsfindung berücksichtigt werden. Um den Verwaltungsaufwand insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen zu verringern, sollten die Verfahren und Maßnahmen so weit wie möglich mit denen im Rahmen anderer einschlägiger Rechtsvorschriften der Union abgestimmt werden.

Artikel 13:

Überwachung der Ansiedlung

(1) Die Mitgliedstaaten sorgen dafür, dass in ihren Politiken der Flächenausweisung oder Flächennutzung oder anderen einschlägigen Politiken das Ziel, schwere Unfälle zu

⁸ Die amtliche deutsche Fassung der Überschrift zu Art. 13 RL "Überwachung der Ansiedlung" ist etwas unglücklich. Im englischen Text heißt es "Land Use Planning", was übersetzt schlicht "Raumordnung" oder "Flächenwidmung" heißt.

⁹ Art 13 Abs 1

¹⁰ Art 13 Abs 1 lit a, b und c

verhüten und ihre Folgen für die menschliche Gesundheit und die Umwelt zu begrenzen, Berücksichtigung findet. Dazu überwachen sie

- a) die Ansiedlung neuer Betriebe;
- b) Änderungen von Betrieben im Sinne des Artikels 11;
- c) neue Entwicklungen in der Nachbarschaft von Betrieben, einschließlich Verkehrswegen, öffentlich genutzten Örtlichkeiten und Wohngebieten, wenn diese Ansiedlungen oder Entwicklungen Ursache von schweren Unfällen sein oder das Risiko eines schweren Unfalls vergrößern oder die Folgen eines solchen Unfalls verschlimmern können.

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

- a) dass zwischen den unter diese Richtlinie fallenden Betrieben einerseits und Wohngebieten, öffentlich genutzten Gebäuden und Gebieten, Erholungsgebieten und – soweit möglich – Hauptverkehrswegen andererseits ein angemessener Sicherheitsabstand gewahrt bleibt;
- b) dass unter dem Gesichtspunkt des Naturschutzes besonders wertvolle bzw. besonders empfindliche Gebiete in der Nachbarschaft von Betrieben erforderlichenfalls durch angemessene Sicherheitsabstände oder durch andere relevante Maßnahmen geschützt werden;
- c) dass bei bestehenden Betrieben zusätzliche technische Maßnahmen nach Artikel 5 ergriffen werden, damit es zu keiner Zunahme der Gefährdung der menschlichen Gesundheit und der Umwelt kommt.

(3) Die Mitgliedstaaten tragen dafür Sorge, dass alle zuständigen Behörden und alle für Entscheidungen in diesem Bereich zuständigen Dienststellen geeignete Konsultationsverfahren einrichten, um die Umsetzung dieser Politiken nach Absatz 1 zu erleichtern. Die Verfahren gewährleisten, dass bei diesbezüglichen Entscheidungen unter Berücksichtigung des Einzelfalls oder nach allgemeinen Kriterien die Betreiber genügend Informationen zu den vom Betrieb ausgehenden Risiken liefern und auf fachliche Beratung über die von dem Betrieb ausgehenden Risiken zurückgegriffen werden kann.

(4) Die Anforderungen der Absätze 1, 2 und 3 dieses Artikels gelten unbeschadet der Vorschriften der Richtlinie 2011/92/EU des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 13. Dezember 2011 über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten ⁽¹⁾, der Richtlinie 2001/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Juni 2001 über die Prüfung der Umweltauswirkungen bestimmter Pläne und Programme ⁽²⁾ sowie sonstiger einschlägiger Rechtsvorschriften der Union. Die Mitgliedstaaten können ein System koordinierter oder gemeinsamer Verfahren vorsehen, um die Anforderungen gemäß diesem Artikel und die Anforderungen dieser Rechtsvorschriften zu erfüllen, u.a. um Mehrfachprüfungen oder -konsultationen zu vermeiden.

⁽¹⁾ABl. L 26 vom 28.1.2012, S. 1.

⁽²⁾ABl. L 197 vom 21.7.2001, S. 30.

1.3 Überlegungen zur Ermittlung angemessener Sicherheitsabstände

In Ermangelung einer verbindlichen Definition des angemessenen Sicherheitsabstandes werden vom Bundesländer-Arbeitskreis folgende Annahmen getroffen:

Ein angemessener Sicherheitsabstand bedeutet **grundsätzlich eine räumliche Distanz zwecks Verringerung der Folgen eines schweren Unfalls**. Der angemessene Sicherheitsabstand im Sinne dieser Empfehlung wird daher wie folgt interpretiert:

Der angemessene Sicherheitsabstand

- ist **ein** Instrument von mehreren, um die Folgen eines schweren Unfalls für die Nachbarschaft zu vermindern,
- kann **nicht** jegliche Folgen von Industrieunfällen in der Nachbarschaft außerhalb des Abstandes verhindern,
- ist **keine** sichere Grenze,
- ist eine Festlegung, um langfristig eine Entflechtung zwischen Industrie und sensiblen Bereichen zu erreichen,
- ist von der zuständigen Behörde für jeden Seveso-Betrieb spezifisch festzulegen,
- sollte letztendlich das Ergebnis der Abwägung von raumordnungspolitischen Interessen, u.a. jener der wirtschaftlichen Entwicklung einerseits und insbesondere dem Schutzbedürfnis der Nachbarn andererseits, sein.

Die nach dieser Empfehlung berechneten Abstände stellen also noch nicht den angemessenen Sicherheitsabstand dar, sondern sollen als Grundlage für den oben angeführten Abwägungsprozess dienen.

Dass eine Abwägung erforderlich ist, wird auch gestützt durch ein Urteil des Gerichtshofes der Europäischen Union, in dem festgestellt wird, dass im gesamten Verwaltungsprozess die praktische Wirksamkeit der Verpflichtung zur Wahrung dieser Abstände zu behandeln ist (Müksch-Urteil¹¹). Das heißt, es sind nicht nur die Risiken und Schäden abzuschätzen, sondern auch sozioökonomische Faktoren zu berücksichtigen. Demnach sind innerhalb des „Achtungsabstandes“¹² um einen Seveso-Betrieb neue Ansiedlungsvorhaben nicht von vornherein zu untersagen.

Anwendungsbereich

Diese Empfehlung dient **ausschließlich** als Grundlage zur Ermittlung von angemessenen Sicherheitsabständen für die Zwecke der **Raumordnung** und ist nicht anzuwenden für

- Dominoeffekte,
- den Katastrophenschutz und
- die Ermittlung der von einem schweren Unfall betroffenen Öffentlichkeit.

¹¹ Rechtssache C-53/10: Urteil des Gerichtshofs (Erste Kammer) vom 15. September 2011 (Vorabentscheidungsersuchen des Bundesverwaltungsgerichts – Deutschland)

¹² Zur Definition des Achtungsabstandes siehe die Ausführungen in KAS-18 - entspricht in der Zielsetzung etwa dem oben definierten angemessenen Sicherheitsabstand.

Weiters trifft diese Empfehlung auch keine Aussage zur Ermittlung der Abstände zu unter dem Gesichtspunkt des Naturschutzes besonders wertvollen bzw. besonders empfindlichen Gebieten.

Grundlagen der Berechnungsmodelle

Die Modellierung von Auswirkungen eines Industrieunfalls wurde und wird von einer Vielzahl von Parametern und Annahmen beeinflusst. Das hatte zur Folge, dass für ein und dieselbe Anlage deutliche Unterschiede bei der Abstandsberechnung zutage getreten sind. Im Rahmen der Technical Working Group 5 "Land Use Planning" der Europäischen Kommission angestellte Vergleiche zeigten EU-weit Unterschiede, z.B. bei einer Flüssiggasanlage von 20 bis 1500 m und bei einer Ammoniakanlage von 200 bis 1000 m. Das korrespondierte auch mit den Erfahrungen der Berechnungen in Österreich, die auf der Empfehlung des BLAK aus dem Jahr 2002 basierten.

Zum Erreichen vergleichbarer Ergebnisse wurde die Empfehlung aus dem Jahr 2002 auf Initiative der Landesumweltreferentenkonferenz im Jahr 2005 fortgeschrieben. Diese Überlegungen führten zur Entwicklung des **dualen Modells**. Um eine einheitliche Grundlage für das Konsultationsverfahren zur Festlegung des angemessenen Abstandes zu erhalten, wurde einerseits ein **mengenschwellenbezogenes Abstandsmodell** (Kapitel 2.1) entwickelt. Der so berechnete Abstand ist dabei ausschließlich eine Funktion der im Betrieb vorhandenen Mengen gefährlicher Stoffe. Andererseits wurde zur konkreten Modellierung von möglichen physikalischen und toxikologischen Auswirkungen eines Industrieunfalles eine **standardisierte Einzelfallbetrachtung** vorgeschlagen (Kapitel 2.2). Für jede Anlage¹³ in einem Seveso-Betrieb wird entweder mit dem mengenschwellenbezogenen Abstandsmodell oder mit einer Einzelfallbetrachtung ein Abstand als Grundlage für das Konsultationsverfahren ermittelt.

Bei der Anwendung des Mengenschwellenmodells ergibt sich ein Auswirkungsbereich ausschließlich auf Grund der vorhandenen Menge und der chemikalienrechtlichen Einstufung. Das auf diese Weise erhaltene Ergebnis bildet das von der EU über die Mengenschwellen vorgegebene Gefährdungspotential der Stoffe ab. Bei der Anwendung der standardisierten Einzelfallbetrachtung wird ein nur auf konkrete Stoffe und bestimmte Szenarien bezogener Auswirkungsbereich errechnet. Beide Berechnungsmodelle beruhen auf einer Konvention und liefern keine technisch-naturwissenschaftlich exakten Ergebnisse hinsichtlich konkreter künftiger Unfallauswirkungen. Vielmehr stellen diese zahlenmäßigen Ergebnisse ausschließlich Anhaltswerte für die Festlegung des angemessenen Sicherheitsabstandes dar.

Der errechnete Abstand geht grundsätzlich von jenen Flächen der Anlage aus, auf denen sich die für die Abstandsbemessung maßgeblichen Anlagenteile befinden.

¹³ Siehe Begriffsbestimmung Artikel 3 Ziffer 2 der Seveso-II-Richtlinie und Artikel 3 Ziffer 8 der Seveso-III-Richtlinie

Festlegung des angemessenen Sicherheitsabstandes im Konsultationsverfahren

Der angemessene Sicherheitsabstand ist von der Raumordnungsbehörde unter Berücksichtigung der spezifischen Gegebenheiten und sonstiger Abwägungsaspekte im Rahmen des Konsultationsverfahrens jeweils im Einzelfall festzulegen. Der letztlich für die praktische Handhabung festgelegte angemessene Sicherheitsabstand kann auch die spezifischen örtlichen Verhältnisse (z.B. Tallagen, Geländekanten etc.) berücksichtigen und kann sich beispielsweise an Straßenzügen, Grundstücksgrenzen oder Landmarken orientieren. Es wird auch sinnvoll sein, bei der Festlegung des angemessenen Sicherheitsabstandes Rundungen vorzunehmen.

Unabhängig von den Ergebnissen der Berechnungen ist im Konsultationsverfahren immer die Anforderung der Seveso-III-Richtlinie zu beachten, durch einen angemessenen Sicherheitsabstand Wohngebiete, öffentlich genutzte Gebiete und die Umwelt besser vor den Gefahren schwerer Unfälle zu schützen. Um den Betrieben weitere Gestaltungs- und Erweiterungsmöglichkeiten einzuräumen, können im Konsultationsverfahren auch größere angemessene Sicherheitsabstände als die errechneten Abstände festgelegt werden.

Bei ausgedehnteren Betriebsanlagen, insbesondere Industrieparks, bei denen oft erhebliche Flächen frei von Anlagen im Sinne der Seveso-III-Richtlinie sind, ist es in der Regel zweckmäßig, den angemessenen Sicherheitsabstand von den einzelnen Anlagengrenzen aus festzulegen.

Bei Betrieben, bei denen die Anlagen im Wesentlichen die gesamte Fläche der Betriebsanlage einnehmen, ist es in der Regel zweckmäßig, den angemessenen Sicherheitsabstand von der Grenze der Betriebsanlage aus festzulegen. Im Sinne der nach den Raumordnungsprinzipien geforderten langfristigen Planung und zukünftiger anlagentechnischer und stofflicher Dispositionsmöglichkeiten der Anlagenbetreiber kann es auch vorteilhaft sein, einen Mindestabstand von z.B. 100 m (bemessen von der Grenze solcher Betriebsanlagen) als angemessenen Sicherheitsabstand nicht zu unterschreiten.

Auch bei Neuanlagen ist es, sofern die konkrete Anlagensituation noch nicht bekannt ist, zweckmäßig, den angemessenen Sicherheitsabstand von der Grenze der Betriebsanlage aus festzulegen.

Sind Flächen der Betriebsanlage dem Konsens entsprechend eindeutig frei von gefährlichen Stoffen, kann dies ebenfalls berücksichtigt werden (z.B. Verwaltungsgebäude, Firmenparkplätze etc.).

Insbesondere im Hinblick auf eine langfristige Raumplanung sollte vermieden werden, dass jede Änderung eines Betriebes oder von Beurteilungswerten zum Anlass für eine Änderung des angemessenen Sicherheitsabstandes genommen wird.

2 Berechnungsmodelle

Um eine einheitliche Grundlage für das Konsultationsverfahren zu erhalten, ist primär das mengenschwellenbezogene Abstandsmodell zu verwenden. Das Abstandsmodell setzt voraus, dass die Anlage dem Stand der Technik entspricht.

Eine Unterschreitung der nach 2.1 berechneten Abstände kann in begründeten Fällen durch die Anwendung einer standardisierten Einzelfallbetrachtung zulässig sein. Dabei können spezifische technische Maßnahmen und örtliche Gegebenheiten berücksichtigt werden.

Für explosive Stoffe sind das mengenschwellenbezogene Abstandsmodell und die standardisierte Einzelfallbetrachtung nicht geeignet¹⁴.

Für die Eigenschaft „gewässergefährdend“ (Abschnitt E, Anhang I der Seveso-III-Richtlinie) ist ebenso keine der angeführten Methoden geeignet, Abstände für das Konsultationsverfahren zu berechnen.

2.1 Mengenschwellenbezogenes Abstandsmodell

Dem Modell wurden folgende Rahmenbedingungen zu Grunde gelegt:

- ein Abstand von mindestens 100 m bei Erreichen der unteren Mengenschwelle
- ein Abstand von mindestens 300 m bei Erreichen der oberen Mengenschwelle und
- ein Abstand von maximal 1000 m bei Erreichen der 1000-fachen oberen Mengenschwelle
- bis zur oberen Mengenschwelle wird jeweils linear interpoliert, darüber ein logarithmischer Ansatz gewählt.

Das Abstandsmodell wird durch folgende Formeln beschrieben:

Für $\sum_{i=1}^n \frac{q_i}{Q_{Li}} < 1$ gilt:

$$\boxed{D_a = r_0 \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{Q_{Li}}} \quad \text{bzw.} \quad \boxed{D_a = 3r_0 \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{Q_{Ui}}}$$

wobei der jeweils größere Abstand maßgebend ist.

¹⁴ Die Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes bei jenen explosiven Stoffen, die Sprengstoffe, Zündmittel oder pyrotechnische Gegenstände sind, ist ein Spezialfall. Für die Lagerung dieser explosiven Stoffe sind unabhängig von der Menge in einem Seveso-Betrieb grundsätzlich die Berechnungsmethoden nach SprengmittellagerVO, BergbausprengmittellagerungsVO, PyrotechniklagerVO oder die Anlage 1 der 2. VO zum deutschen Sprengstoffgesetz geeignet. Die Berücksichtigung von Umschlagstätigkeiten kann auch nach anderen Methoden (z.B. TNT-Modell) erfolgen. Für die Erzeugung der genannten explosiven Stoffe bestehen Regelungen in der Anlage 2 der 2. VO zum deutschen Sprengstoffgesetz, für andere explosive Stoffe in den Anlagen 3 und 4.

Für $\sum_{i=1}^n \frac{q_i}{Q_{Li}} \geq 1$ und $\sum_{i=1}^n \frac{q_i}{Q_{Ui}} < 1$ gilt:

$$D_a = r_0 \left(1 + \frac{2}{9} \left(\sum_{i=1}^n \frac{q_i}{Q_{Li}} - 1 \right) \right) \quad \text{bzw.} \quad D_a = 3r_0 \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{Q_{Ui}},$$

wobei der jeweils größere Abstand maßgebend ist.

Für $\sum_{i=1}^n \frac{q_i}{Q_{Ui}} \geq 1$ gilt:

$$D_a = r_0 \left(3 + \ln \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{Q_{Ui}} \right)$$

D_a vorgeschlagener Abstand für das Konsultationsverfahren zur Festlegung des angemessenen Sicherheitsabstandes [m]

r_0 festgelegt mit 100 m

q_i Stoffmenge [t]

n Anzahl der im Betrieb bzw. der zu betrachtenden Anlage vorhandenen gefährlichen Stoffe und Stoffkategorien. Die Summationsregeln der RL sind zu beachten.

Q_{Li} Mengenschwelle Spalte 2 [t]

Q_{Ui} Mengenschwelle Spalte 3 [t]

Wenn in der Richtlinie keine Q_{Li} vorgegeben ist, so ist $Q_{Li} = Q_{Ui}$ zu setzen.

Zu betrachten sind alle gefährlichen Stoffe – auch Mengen unterhalb der Mengenschwelle Spalte 2 – die in einer Anlage vorhanden sein können, wobei diese Stoffe in Stoffgruppen oder Stoffkategorien unter Anwendung der Summenformel gemäß den Anmerkungen zu Anhang I der RL zusammenzufassen sind. Stoffe, die in Mengen von höchstens 2 % der relevanten Mengenschwelle vorhanden sind, bleiben bei der Berechnung unberücksichtigt, wenn sie sich innerhalb eines Betriebes an einem Ort befinden, an dem sie nicht als Auslöser eines schweren Unfalls an einem anderen Ort des Betriebes wirken können. Für jede dieser Stoffgruppen bzw. -kategorien ist der Abstand für diese Anlage¹⁵ zu berechnen. Maßgebend ist der jeweils größte Abstand.

Die für die Anwendung des Mengenschwellenmodells zu berücksichtigenden Mengen sind die Höchstmengen, die zu irgendeinem Zeitpunkt vorhanden sind oder vorhanden sein können.

¹⁵ Das Modell ist auch auf Anlagen anzuwenden, in denen Stoffe in einer Menge unterhalb der Mengenschwelle Spalte 2 vorhanden sind.

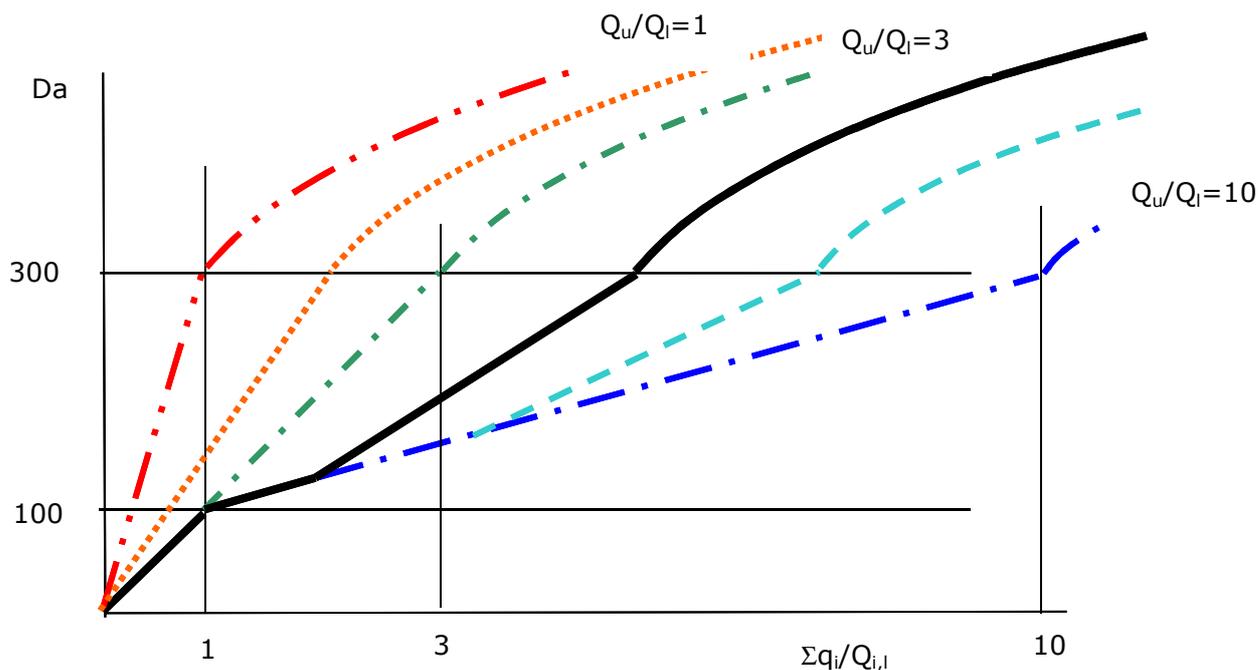


Abbildung 1: Beispiele für mögliche Kurvenverläufe des mengen-schwellenbezogenen Abstandsmodells (für unterschiedliche Verhältnisse von oberer und unterer Mengenschwelle)

Die Formeln basieren allein auf den Mengenschwellen der RL und den im Betrieb vorhandenen Mengen. Sie bilden dadurch das in der RL über die Mengenschwellen festgelegte Gefährdungspotential der Stoffe ab.

In vielen Fällen stimmen die nach der Formel ermittelten Abstände größenordnungsmäßig mit gängigen Abständen in anderen EU-Staaten überein.

Durch die Abstandsformeln werden die Unsicherheiten der bei Einzelfallbetrachtungen (siehe Kap. 2.2) zu wählenden Annahmen und Parameter vermieden. Ein weiterer Vorteil ist, dass sich durch diesen Ansatz österreichweit einheitliche Abstände für Anlagen mit gleichen Stoffmengen ergeben.

Tabelle 1: Berechnungsbeispiele

Stoff oder Gefahrenkategorie	Teil/Nr. Bezeichnung	Mengenschwellen [t]	Menge [t]	Abstand [m]
akut toxisch Gefahrenkategorie 1	1/H1	5 / 20	5 50	100 390
akut toxisch 2	1/H2	50 / 200	100 1000	150 460
entzündbare Flüssigkeiten Gefahrenkategorie 2	1/P5c	5.000 / 50.000	10.000 100.000	120 370
Chlor	2/10	10 / 25	100	440
Flüssiggas/Erdgas	2/18	50 / 200	100 1.000	150 460
Methanol	2/22	500 / 5.000	1.000	120
Erdölerzeugnisse	2/34	2.500 / 25.000	100.000	440
Ammoniak, wasserfrei	2/35	50 / 200	100 10.000	150 690
Flüssiggas und Benzin	2/18 2/34	50 / 200 2.500 / 25.000	20 2000	104

2.2 Standardisierte Einzelfallbetrachtung

Darunter ist eine Einzelfallbetrachtung unter standardisierten Rahmenbedingungen zu verstehen. Diese ist jedenfalls für die in Tabelle 2 genannten Gefahrenklassen möglich.

Diese Einzelfallbetrachtung ist unter den folgenden Voraussetzungen und Berechnungsmodalitäten (siehe auch Kapitel 3) durchzuführen.

Tabelle 2: Szenarien und Immissionsrichtwerte für die standardisierte Einzelfallbetrachtung

Gefahrenklasse (CLP)	Szenario	Auswirkung	Beurteilungswert
entzündbare Gase, die verflüssigt sind; entzündbare Flüssigkeiten	BLEVE eines Behälters, unter Berücksichtigung der Punkte 4 und 5 der unten angeführten Bedingungen	a) Druckwelle b) Wärmestrahlung	a) 0,05 bar b) 500 TDU; bei der dynamischen thermischen Betrachtung wird eine kurzfristige Einwirkung bis 60 s betrachtet und die Dosis (TDU) nach der Formel $TDU=(kW/m^2)^{4/3} \cdot s$ berechnet.
entzündbare Flüssigkeiten; pyrophore Flüssigkeiten; pyrophore Feststoffe	Brand zusammenhängender Brandlasten/ Brand der gesamten Auffangwanne ¹⁶	Wärmestrahlung	3,0 kW/m ²
entzündbare Gase; entzündbare Flüssigkeiten (Dämpfe)	UVCE der gesamten nach einer Minute freigesetzten Masse aus der Leckage mit dem größten Massenstrom (Leckagefläche entsprechend bis DN 25) ^{17,18}	Druckwelle	0,05 bar
akute Toxizität; spezifische Zielorgan-toxizität (SE)	Stoffaustritt über DN 25 über 10 min. Bei Flüssigkeiten und verflüssigten Gasen kann es eine anschließende Freisetzung aus der Lache geben, die nicht notwendigerweise mit 10 min begrenzt ist ^{17,18} .	Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit	AEGL2 30 min (Regelfall); im Einzelfall in Abhängigkeit vom Szenario 10 min oder 60 min ¹⁹

¹⁶ Dies gilt auch für ein Fasslager oder ein Lager mit kleinen Gebindegrößen.

¹⁷ Es ist jenes Rohr anzusetzen, das im Ereignisfall zur größten Austrittsmenge führt. Für Rohre über DN 25 ist ein Totalabriss nicht anzusetzen. Im Einzelfall kann auf Grund von spezifischer Anlagenauslegung eine Abweichung vorgenommen werden.

¹⁸ Die Eingriffszeit kann verringert werden, wenn passive oder aktive Sicherheitseinrichtungen dies rechtfertigen.

¹⁹ Die Werte können u.a. aus folgenden Web-Sites entnommen werden: URL: <http://orise.orau.gov/emi/scapa/chem-pacsteels/default.htm> (19.05.2014) oder URL: <http://www.epa.gov/oppt/aegl/index.htm> (19.05.2014). Für den Fall, dass kein AEGL verfügbar ist, siehe auch Abschnitt 2.3.3

Um möglichst einheitliche Ergebnisse zu erzielen, wurden vom Arbeitskreis folgende Bedingungen festgelegt:

1. Die in der obenstehenden Tabelle genannten Szenarien sind für jene technischen Anlagen, in denen gefährliche Stoffe im Sinne der RL vorhanden sein können, anzusetzen.
2. Trümmerflug hat hinsichtlich der Auswirkungen in der Regel nur punktuellen Charakter (im Gegensatz zu Druckwellen, Wärmestrahlung und toxischen luftgetragenen Stoffen) und bleibt daher im Allgemeinen außer Betracht.

Bei Gasflaschenlagern (z.B. für Acetylen) ist jedoch die Auswirkung des Trümmerflugs anhand bekannter Schadensbilder zu berücksichtigen.

3. Als Begrenzungsmaßnahmen sind grundsätzlich passive Sicherheitsmaßnahmen in Rechnung zu stellen.

Dafür geeignete passive Sicherheitsmaßnahmen sind u.a. Auffangwannen und ähnliche Rückhaltesysteme, druckstoßfeste Ausführungen der Umschließung, Einhausungen, Brandschutzbeschichtungen, Erdwälle und Umwehrungen, Rohrbruchsicherungen, Rückschlagklappen, Berstscheiben.

Begrenzungsmaßnahmen in Form von aktiven Sicherheitsmaßnahmen können dann berücksichtigt werden, wenn eine ausreichende Verfügbarkeit²⁰ nachgewiesen wird (gegeben ist).

4. Die in Tabelle 2 angeführten Szenarien sind für Transportfahrzeuge nur dann von Relevanz, wenn sie in einem betriebskausalen Zusammenhang stehen. Dies ist z.B. bei Be- bzw. Entladevorgängen oder wenn diese Behälter bzw. Fahrzeuge der Lagerung (Art.3 Z.16 Seveso-III-Richtlinie) dienen der Fall, aber nicht der Transport innerhalb des Betriebes bis zur Verladestelle.
5. Das Versagen eines Druckbehälters durch Wärmeeinwirkung ist bei Vorhandensein von einrechenbaren Sicherheitsmaßnahmen (Punkt 3) oder Einhaltung von Schutzabständen, berechnet gemäß Druckbehälteraufstellungsverordnung, nicht anzusetzen, wenn diese Sicherheitsmaßnahmen eine Beaufschlagung der Behälter mit unzulässig hoher Wärmestrahlung oder einen unzulässigen Druckanstieg im Behälter verhindern. Für die Spezialfälle Eisenbahnkesselwagen und Straßentankwagen ist zu berücksichtigen, dass diese Behälter kein Sicherheitsventil besitzen und daher die zulässige Wärmeeinstrahlung auf die Behälter geringer ist. Für temporäre Brandlasten (z.B. Fahrzeuge) ist der entsprechende Abstand durch Berechnung zu ermitteln, wobei gemäß Druckbehälteraufstellungsverordnung mindestens 5 m Abstand erforderlich ist.

Spontanversagen und Selbstbefeuerung von Transportfahrzeugen sind für die Thematik ‚angemessene Sicherheitsabstände‘ nicht anzusetzen.

6. Wenn ein BLEVE aufgrund des Vorhandenseins von Sicherheitsmaßnahmen (Punkt 5) nicht anzunehmen ist, ist ein UVCE wie bei einer explosionsgefährlichen Gas-/Dampf Wolke anzusetzen.
7. Weist die zu betrachtende Rohrleitung einen kleineren Durchmesser als DN 25 auf, so ist dieser für die Berechnung heranzuziehen.

²⁰ z.B. entsprechend ÖVE/ÖNORM EN 61511

8. Für die Auswirkungen des UVCE ist die innerhalb von 60 s ausgetretene Menge zu berücksichtigen, wobei die Zündung an der Austrittsstelle anzunehmen ist. Alternativ dazu kann die zündfähige Masse auch durch ein geeignetes Rechenprogramm ermittelt werden. In diesem Fall ist von einer Austrittszeit von 10 min auszugehen. Der Verdämmungsfaktor ist in beiden Fällen anlagenbezogen festzusetzen.
9. Brandgase werden in der Regel für die Ermittlung angemessener Sicherheitsabstände nicht herangezogen.²¹

Die Betrachtung der Auswirkungen von Brandgasen bleibt gegebenenfalls der Katastrophenschutzplanung überlassen.
10. Für Anlagen mit toxischen oder kanzerogenen Stoffen, für die kein Beurteilungswert vorhanden ist, kann keine standardisierte Einzelfallbetrachtung durchgeführt werden.
11. Bei Einzelgebinden in Zusammenhang mit Lagerungen, Bereitstellungen etc. ist in der Regel der Austritt aus einem Gebinde als Grundlage für Ausbreitungsrechnungen (ausgenommen Wärmestrahlung bei Brandereignissen) heranzuziehen.
12. Abhängig von den konkreten Umständen des Einzelfalles können auch andere Szenarien und andere Gefahrenklassen als die in Tabelle 2 (z.B. für oxidierende Stoffe, selbstzersetzliche Stoffe, Peroxide, Stoffe mit Gefahrenhinweis EUH014 oder EUH029, Stoffe die bei Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln) als Grundlage für die Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes relevant sein.

²¹ Bei Bränden kann neben der Ausbreitung der Wärmestrahlung auch die Ausbreitung von Gefahrstoffen mit den Brandgasen von Interesse sein. Die Ausbreitung von Gefahrstoffen in den Brandgasen kann allerdings bei einem voll entwickelten Brand mit ausreichender Sauerstoffzufuhr vernachlässigt werden, weil durch die hohe Brandleistung ein starker Auftrieb entsteht und die Gefahrstoffe in den Brandgasen in Bodennähe auf ein ungefährliches Maß verdünnt werden. (zitiert aus UFO-Plan, siehe Kapitel 4)

2.3 Arten von Auswirkungen für die Einzelfallbetrachtung

2.3.1 Druckwelle

Für Belange der Raumplanung werden als Beurteilungswerte für die Umgebung international nunmehr 50-100 mbar (irreversible Personenschäden) angegeben. In Österreich wird vom Bundesländer-Arbeitskreis der Beurteilungswert mit 50 mbar vorgeschlagen. Dies vor allem aus der Überlegung heraus, dass derartige Druckwirkungen unmittelbar auftreten und eine Fluchtmöglichkeit daher nicht gegeben ist.

Tabelle 3: Beispiele²²

Überdruck [mbar]	Auswirkungen
	auf Menschen
6	Orkan mit Windstärke 12
10	Windstoß reißt stehende Personen um
30	leichte Verletzungen durch Glassplitter
70	keine Verletzungen im offenen Gelände
80-90	Windstoß reißt liegende Personen mit (360 km/h)
170	1 % Trommelfellriss
300	Tote und Verletzte innerhalb von Bauten durch Einsturz
480	70 % Tote und Verletzte im Freien
2000	99 % Lungenriss
	auf Bauten und Anlagenteile
2	Brechen großer Fensterscheiben möglich
10	Standardwert für Fensterbruch
30	begrenzte, kleine strukturelle Schäden
50	geringe strukturelle Schäden an Häusern
60	99 % aller Fensterscheiben zerbrochen
70	teilweise Zerstörung von Häusern, Einsturzgefahr
170	50 % Zerstörung des Mauerwerks von Häusern
210-280	Zerstörung von Leichtbauten, Aufreißen von leeren Erdöltanks
340-410	totale Zerstörung von Häusern

²² Vgl.: Schadenausmaß-Einschätzung, Direktion des Inneren des Kantons Zürich, Koordinationsstelle für Störfallvorsorge, Zürich, Juni 1992.

2.3.2 Wärmestrahlung

Für Belange der Raumplanung werden als Beurteilungswerte für die Umgebung international 1,6 – 5 kW/m² (irreversible Personenschäden) angegeben. In Österreich werden vom Bundesländer-Arbeitskreis 3,0 kW/m² und für die kurzzeitige Einwirkung 500 TDU vorgeschlagen. Dies mit der Begründung, dass eine Fluchtmöglichkeit nicht für alle Personen gleichermaßen angesetzt werden kann. Die Sonneneinstrahlung bleibt dabei unberücksichtigt.

Tabelle 4: Beispiele²³:

Wärmestrahlung [kW/m²]	Auswirkungen
	auf Menschen
1	maximale Sonneneinstrahlung
1,5	auch bei längerer Exposition keine nachteiligen Auswirkungen
4,5	Blasenbildung nach 20 s
12,5	Verbrennungen 1. Grades nach 10 s
36	Verbrennungen 3. Grades nach 10 s
	auf Einsatzdienste
4,5	Feuerwehreinsatz ohne gekühlte Anzüge
8	Einsatz kurzzeitig in gekühlten Anzügen
12,5	Tanks können durch Kühlung gehalten werden
36	Tanks können trotz Kühlung nicht gehalten werden
	auf Bauten und Anlagenteile
2	Zerstörung von Lackschichten auf Holz nach 30 min
3	Zerstörung der Oberfläche von Kunststoffen nach ca. 30 min
4,5	Zündung von Dachpappe bei Flammenkontakt
12,5	Bersten von Glasscheiben nach 10 min
25	Zündung von Holz ohne Flammenkontakt
30	Verformung von Stahlprofilen nach 30 min
100	Zündung von mit Aluminiumplatten abgedeckter Dachisolation, Versagen tragender Stahlprofile nach 20 min

²³ Vgl.: Schadenausmaß-Einschätzung, Direktion des Inneren des Kantons Zürich, Koordinationsstelle für Störfallvorsorge, Zürich, Juni 1992

2.3.3 Toxische Auswirkungen

Bei der Bewertung der Immissionsbelastung nach einer unfallbedingten Freisetzung von toxischen Stoffen muss durch geeignete Wahl der Beurteilungswerte berücksichtigt werden, dass es sich um eine extrem seltene und dann auch nur kurzzeitig auftretende Immissionsbelastung handelt. Keinesfalls geeignet sind MAK-Werte, die auf häufige und langfristige Exposition abzielen.

IDLH-Wert (Immediately Dangerous to Life or Health)

Jene Konzentration, bei der auch ohne Atemschutzgerät die Flucht innerhalb von 30 Minuten möglich ist, ohne irreversible gesundheitliche Effekte zu verursachen.

ERPG-Werte (Emergency Response Planning Guidelines)

ERPG 1

„Die maximale luftgetragene Konzentration, bei der davon ausgegangen wird, dass innerhalb dieses Wertes beinahe sämtliche Personen bis zu einer Stunde lang exponiert werden könnten, ohne dass sie unter mehr als leichten, vorübergehend nachteiligen gesundheitlichen Auswirkungen leiden bzw. ohne dass sie einen eindeutigen definierten unangenehmen Geruch wahrnehmen.“

ERPG 2

„Die maximale luftgetragene Konzentration, bei der davon ausgegangen wird, dass innerhalb dieses Wertes beinahe sämtliche Personen bis zu einer Stunde lang exponiert werden könnten, ohne dass sie unter irreversiblen oder sonstigen schwerwiegenden gesundheitlichen Auswirkungen oder Symptomen leiden bzw. solche entwickeln, die die Fähigkeit einer Person beeinträchtigen könnte, Schutzmaßnahmen zu ergreifen.“

ERPG 3

„Die maximale luftgetragene Konzentration, bei der davon ausgegangen wird, dass unterhalb dieses Wertes beinahe sämtliche Personen bis zu einer Stunde lang exponiert werden könnten, ohne dass sie unter lebensbedrohenden gesundheitlichen Auswirkungen leiden oder solche entwickeln.“

AEGL-Werte (Acute Exposure Guideline Levels)

AEGL 1

Ist die luftgetragene Stoff-Konzentration, ab der die allgemeine Bevölkerung inklusive empfindlicher aber exklusive hyperempfindlicher Individuen spürbares Unwohlsein erleiden kann. Luftgetragene Stoff-Konzentrationen unterhalb des AEGL-1-Wertes repräsentieren Expositionsschwellen, die leichte Geruchs-, Geschmacks- oder andere sensorische Reizungen hervorrufen können.

AEGL 2

Ist die luftgetragene Stoff-Konzentration, ab der die allgemeine Bevölkerung inklusive empfindlicher aber exklusive hyperempfindlicher Individuen irreversible oder andere schwerwiegende lang andauernde Schädigungen oder eingeschränkte Fluchtmöglichkeiten erleiden kann. Luftgetragene Stoff-Konzentrationen unterhalb des AEGL-2-Wertes aber oberhalb AEGL-1-Wertes repräsentieren Expositionsschwellen, die spürbares Unwohlsein hervorrufen können.

AEGL 3

Ist die luftgetragene Stoff-Konzentration ab der die allgemeine Bevölkerung inklusive empfindlicher aber exklusive hyperempfindlicher Individuen lebensbedrohende Schädigungen oder Tod erleiden kann. Luftgetragene Stoff-Konzentrationen unterhalb des AEGL-3-Wertes aber oberhalb AEGL-2-Wertes repräsentieren Expositionsschwellen, die irreversible oder andere schwerwiegende lang andauernde Schädigungen oder eingeschränkte Fluchtmöglichkeiten hervorrufen können.

TEEL-Werte (Temporary Emergency Exposure Limits)

TEEL 0

Jene Konzentrationsschwelle, unter der die meisten Menschen keine nachteiligen gesundheitlichen Auswirkungen zu erwarten haben

TEEL 1

Die maximale Luftkonzentration, unterhalb der erwartet wird, dass beinahe alle Personen bis zu einer Stunde exponiert werden können ohne mehr als milde, vorübergehende nachteilige gesundheitliche Auswirkungen zu erleiden oder einen klar definierten störenden Geruch wahrzunehmen.

TEEL 2

Die maximale Luftkonzentration, unterhalb der erwartet wird, dass beinahe alle Personen bis zu einer Stunde exponiert werden können ohne irreversible oder andere ernste Gesundheitseffekte oder Symptome zu erleiden oder zu entwickeln, welche die Fähigkeit derselben zum Ergreifen von Schutzmaßnahmen beeinträchtigen.

TEEL 3

Die maximale Luftkonzentration, unterhalb der erwartet wird, dass beinahe alle Personen bis zu einer Stunde exponiert werden können ohne lebensbedrohende Gesundheitseffekte zu erleiden oder zu entwickeln.

Seitens des Bundesländer-Arbeitskreises werden die AEGL-2-Werte favorisiert. Nach dem heutigen Wissensstand werden diese Werte auch laufend aktualisiert. Demgegenüber wurden die in der Empfehlung 2005 empfohlenen IDLH-Werte zuletzt 1995 vom Center for Disease Control and Prevention²⁴ aktualisiert.

Für den Fall, dass für einen Stoff kein AEGL-Wert zur Verfügung steht, wird vorgeschlagen den ERPG-2-Wert, und wenn auch dieser nicht zur Verfügung steht, den TEEL-2-Wert zu verwenden²⁵.

²⁴ URL: <http://www.cdc.gov/niosh/idlh/intrid14.html> (22.05.2014)

²⁵ URL: <http://orise.orau.gov/emi/scapa/chem-pacs-teels/default.htm> (22.05.2014),
AEGL-Werte sind auch unter URL: <http://www.epa.gov/oppt/aegl/index.htm> (22.05.2014) verfügbar

Tabelle 5: Vergleich Toxizitätsdaten

Vergleich Toxizitätsdaten²⁶									
Stoff	IDLH (30')	ERPG (60 min)		AEGL (30 und 60 min)				MAK 2011	
		ERPG 2	ERPG 3	AEGL 2 (30')	AEGL 2 (60')	AEGL 3 (30')	AEGL 3 (60')	MW¹	KW¹
NH ₃	300	150	750	220	160	1600	1100	20	50
SO ₂	100	3	25	0,75	0,75	30	30	2	4
Cl ₂	10	3	20	2,8	2	28	20	0,5	0,5
HF	30	20	50	34	24	62	44	1,8	3
H ₂ S	100	30	100	32	27	59	50	5	5
Acrolein	2	0,15	1,5	0,18	0,1	2,5	1,4	0,1	0,1
Br ₂	3	0,5	5	0,33	0,24	12	8,5	0,1	0,1
POCl ₃	—	0,48 ²	—	—	—	1,1	0,85	0,2	0,8
PCl ₃	25	3	15	2,5	2	7	5,6	0,25	0,5
BF ₃	25	10,6	35,5	13,1	10,3	39	31,2	1	1
CS ₂	500	50	500	200	160	600	480	5	20
TDI	2,5	0,15	0,6	0,17	0,083	0,65	0,51	0,005	0,02
Styrol	700	250	1000	160 ³	130 ³	1900 ³	1100 ³	20	80

Anmerkungen:

alle Werte in ppm

¹ MW = Tagesmittelwert, KW = Kurzzeitwert/Momentanwert

² TEEL 2

³ Status „Interim“ in 2013

Die Tabelle wurde im Jahr 2013 mit Sorgfalt erstellt. Für die Richtigkeit der Angaben kann allerdings keine Gewähr übernommen werden.

²⁶ Stand 2013, sofern nicht gesondert vermerkt

3 Rechenmodelle und -parameter für die standardisierte Einzelfallbetrachtung, Formelsammlung

Wie die bisherige Berechnungspraxis zeigt, streuen die Berechnungsergebnisse für die Auswirkungen von Explosionen, Wärmestrahlung und Freisetzung toxischer Stoffe in einem erheblichen Ausmaß. Um die Aneinanderreihung von Worst-Case-Ansätzen zu vermeiden, erscheint es sinnvoll, die Rechenparameter weitgehend zu standardisieren, um österreichweit vergleichbare Ergebnisse zu erzielen.

Grundlegende Berechnungsformeln finden sich in der Formelsammlung in Abschnitt 3.5.

3.1 Quelltermberechnung

Eine österreichweite Anwendung gleicher Formeln zur Quelltermberechnung ist im Sinne einer einheitlichen Vorgangsweise wichtig. Eine gute brauchbare Formelsammlung ist im UBA-FB 39/1 und 39/2²⁷ enthalten. Eine weitere Möglichkeit der Quelltermberechnung ist mit dem Programmpaket ALOHA gegeben. Vergleichsrechnungen haben eine gute Übereinstimmung ergeben.

Der Berechnung werden folgende Parameter zugrunde gelegt:

- Ausflussziffer: 0,61
- Prozessparameter (p, T etc.): übliche Betriebsparameter oder Durchschnittswerte (z.B. Behälter im Freien 20°C, unterirdischer Behälter 10°C)
- maximal zulässiger Füllgrad von Behältern
- Temperatur von Umgebungsluft und Boden: 20 °C
- Reibungsverluste werden nicht berücksichtigt
- Windgeschwindigkeit als Basis für Lachenverdunstung/-verdampfung: entsprechend Ausbreitungsrechnung

Es werden folgende Mindestlachentiefen angenommen (UBA-FB 39/1, Anhang 4)

unebener Kies	25 mm
ebener Kies	10 mm
Sand	10 mm
Beton/Stein	5 mm
unbekannt	10 mm

Für die Berechnung der Ausströmung von unter Druck verflüssigten Gasen (Flüssigphase) sind geeignete Berechnungsformeln in der Formelsammlung (Kapitel 3.5) enthalten.

3.2 Druckausbreitung

Eine zuverlässige Berechnung von Explosionsdrücken ist auch unter Verwendung aufwändiger numerischer Rechenverfahren nicht möglich. Deshalb sind Methoden zu bevor-

²⁷ Umweltbundesamt Berlin (Hrsg., 2000): Ermittlung und Berechnung von Störfallablaufszenerarien nach Maßgabe der 3. Störfallverwaltungsverfahrensvorschrift Band I und II (UBA-FB 39/1 und 39/2)

zugen, die mit wenigen, möglichst einfach zu bestimmenden Parametern eine Abschätzung ermöglichen.

Empfohlen wird, im Allgemeinen das TNO-Schockwellenmodell anzuwenden (Yellow Book 1992, vgl. auch Koinig-Studie 1999). Soll im Einzelfall der situationsbedingten Verdämmung besondere Bedeutung beigemessen werden, kann auch eine Berechnung mit der multy energy method²⁸ oder nach Pförtner²⁹ vorgenommen werden.

3.3 Wärmestrahlung

3.3.1 Lachenbrände

Nahezu alle Kohlenwasserstoffe verbrennen bei großen Lachen eher stark rußend. Zur Berechnung eignen sich verschiedene am Markt befindliche Programmpakete³⁰, die u.a. auf Modelle wie Schönbacher/Göck zurückgreifen.

Nicht oder nur schwach rußende Brände entstehen bei Methanol, Ethanol, Acetaldehyd und anderen vergleichbaren Flüssigkeiten (C-H-O-Verbindungen). Die Wärmestrahlung dieser Brände ergibt sich aus dem Stefan-Boltzmann-Gesetz. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Flammentemperatur mit der 4. Potenz in die Berechnung eingeht und auch der Emissionsfaktor ε erheblichen Einfluss hat.

Sonstige Parameter:

Transmissionskoeffizient = 1 (konservativ; Abschwächung durch Luftfeuchtigkeit und Kohlendioxid sowie Windeinfluss bleiben unberücksichtigt)

Konvektion soll nur bei direktem Flammenkontakt bei Gebäuden berücksichtigt werden. Konvektion hat einen 20%igen Aufschlag beim Ergebnis der Wärmestrahlung zur Folge.

Hinsichtlich der Berücksichtigung von Brandgasen siehe Punkt 3.4.

3.3.2 Feuerball und Gaswolkenbrand

Die Abschätzung der Wärmestrahlung bei Gaswolkenbränden oder bei einem Feuerball kann nach der Methode von Hymes³¹ erfolgen. Als Strahlungsanteil wird ein Wert von 30–40 % ohne atmosphärische Schwächung empfohlen.

3.4 Ausbreitung toxischer Gase und Dämpfe

Die physikalische Ausbreitung ist bei verschiedenen Stoffen stets unterschiedlich und komplex. Sie hängt von einer Reihe von Faktoren, wie z.B. Dichte, Temperatur, Turbulenz etc., ab. Weiters ist die meteorologische Situation lokal nur schwer erfassbar (Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Temperaturgradient, Bodenwärme, Rauigkeit, Luftfeuchtigkeit, vertikale Durchmischung, Sonneneinstrahlung,). Die Ausbreitung im Nahbereich von Emissionsquellen wird zudem durch die Art der Quelle (Punkt-/Flächenquelle), die Quellhöhe sowie die Topographie und Bebauungsstruktur stark beeinflusst.

²⁸ Yellow Book; third edition 2005, Programmpaket Effects

²⁹ enthalten z.B. im Programmpaket 8feuex

³⁰ z.B. Aloha, 8feuex, ProNuSs oder Effects

³¹ ist in verschiedenen am Markt befindlichen Programmpaketen enthalten.

Die Anwender und die auftraggebenden Behörden müssen sich deshalb darüber klar sein, dass die Rechenmodelle nur eine grobe Schätzung der möglichen Auswirkungen ergeben können und bei den unterschiedlichen meteorologischen Bedingungen erhebliche Schwankungen der Ergebnisse gegeben sind.

Seitens des Bundesländer-Arbeitskreises wird deshalb die Heranziehung von „standardisierten mittleren Ausbreitungsbedingungen“ empfohlen. Standardisierte mittlere Ausbreitungsbedingungen werden auch in anderen europäischen Staaten herangezogen.

Es werden Ausbreitungsbedingungen nach Klasse D nach Pasquill/Gifford bzw. Klasse 5 nach Turner/Reuter ohne Berücksichtigung einer Inversion zu Grunde gelegt.

Die Lufttemperatur wird mit 20 °C, die Windgeschwindigkeit mit 3 m/s in 10 m Höhe ohne Berücksichtigung der Windrichtungsverteilung angenommen. Betreffend Bodenrauigkeiten sind Werte entsprechend den tatsächlichen Gegebenheiten zu verwenden. Als weitere Parameter sind 50 % Bewölkung und 50 % relative Luftfeuchte anzusetzen.

Wesentlich bei der Festlegung von Abständen ist für das Szenario „Ausbreitung toxischer Gase“ die Wahl des verwendeten Rechenmodells. Empfohlen wird das frei verfügbare Programmpaket Aloha³².

³² Download unter: URL: <http://www.epa.gov/osweroe1/content/cameo/aloha.htm> (22.05.2014)

3.5 Formelsammlung

Für die Abschätzung von Auswirkungen eines Industrieunfalles liegt umfangreiche Literatur, wie z.B.

- A. Umweltbundesamt Berlin (Hrsg., 2000): Ermittlung und Berechnung von Störfallaufblauszenarien nach Maßgabe der 3. Störfallverwaltungsvorschrift Band I und II (UBA-FB 39/1 und 39/2), URL: <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/ermittlung-berechnung-von-stoerfallablaufszenarien> (07.03.2014)
- B. Committee for the Prevention of Disasters (Hrsg., 2005): Yellow Book - Methods for the calculation of physical effects CPR 14E, 3. Auflage, URL: https://www.tno.nl/content.cfm?context=thema&content=prop_case&laag1=896&laag2=915&laag3=106&item_id=1663&Taal=2 (07.03.2014)
- C. ProcessNet-Fachgemeinschaft „Anlagen- und Prozesssicherheit“ (Hrsg., 2012): Quelltermberechnung bei störungsbedingten Stoff- und Energiefreisetzungen in der Prozessindustrie – Methodenübersicht und industrielle Anwendung, URL: <http://www.dechema.de/studien-path-1,123212.html> (07.03.2014)

und andere, vor.

Der Bundesländer-Arbeitskreis hat sich entschlossen, einige häufig gebrauchte Formeln in dieser Empfehlung anzuführen.

3.5.1 Austritt einer Flüssigkeit ohne Druck³³

$$\dot{V} = C_d \cdot A_{Leck} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h}$$

- \dot{V} austretendes Volumen [m³/s]
- A_{Leck} Austrittsfläche/Öffnungsquerschnitt [m²]
- Δh Höhendifferenz [m] zwischen Flüssigkeitspegel und Ausströmöffnung
- g Erdbeschleunigung: 9,81 [m/s²]
- C_d Ausflussziffer; diese wird konstant mit dem Faktor 0,61 [-] festgelegt (siehe auch Pkt. 3.1)

3.5.2 Austritt einer Flüssigkeit unter Druck³⁴

Annahme: konstanter Druck oberhalb des Flüssigkeitsspiegels

$$\dot{V} = C_d \cdot A_{Leck} \cdot \sqrt{2 \cdot \left(g \cdot \Delta h + \frac{p_{\ddot{U}}}{\rho_{fl}} \right)}$$

- \dot{V} austretendes Volumen [m³/s]
- $p_{\ddot{U}}$ Überdruck im Behälter [Pa]
- ρ_{fl} Dichte der Flüssigkeit [kg/m³]

³³ Lit.: A, Band II, in Anlehnung an Formel 2.74, S.31

³⁴ Lit.: A, Band II, in Anlehnung an Formel 2.78, S.32

3.5.3 Verdunstung aus einer Lache³⁵

$$\dot{m}_{\text{Ver}} = -0,024 \cdot \frac{u_{a10}^{0,78} \cdot M_{\text{mol}} \cdot A_{\text{La}}}{R_{\text{La}}^{0,11} \cdot (273,15 + \vartheta_{\text{La}})} \cdot \ln\left(1 - \frac{p_v}{1,01325}\right)$$

- \dot{m}_{Ver} Massenstrom [kg/s]
 u_{a10} Windgeschwindigkeit [m/s] in 10 m Höhe über der Lache / dem Boden
 M_{mol} Molmasse der Flüssigkeit [g/mol]
 A_{La} Lachenfläche [m²]
 R_{La} Lachenradius [m]
 ϑ_{La} Temperatur [°C] der Flüssigkeit an der Lachenoberfläche
 p_v Dampfdruck [bar] der Flüssigkeit bei ϑ_{La}

3.5.4 Anteil der Wärmestrahlung an der gesamten Brandleistung - Brand in einer Lache/Auffangwanne

$$Q = \dot{m}_{\text{Ab}} \cdot A_{\text{La}} \cdot f \cdot (-\Delta H_C)$$

- Q Gesamtwärmemenge [W]
 \dot{m}_{Ab} Abbrandrate [kg/(m² s)]; Maximalwerte finden sich in der einschlägigen Literatur.
 A_{La} Lachenfläche [m²]
 f Strahlungsanteil; er beträgt 0,1-0,4 [-], abnehmend mit zunehmendem Durchmesser des Brandes. Bei Flüssigkeitsbränden kann der Wert von 0,4 und bei Feststoffbränden der Wert von 0,35 als konservativ angesehen werden.³⁶
 ΔH_C Verbrennungsenthalpie [J/kg]

Tabelle 6: Beispiele für Abbrandraten³⁷

Stoff	Abbrandrate [mm/min]	Brandflächendurchmesser [m]
n-Pentan	8,23	2,5
Superkraftstoff	4,4	
Dieselmkraftstoff	2,94	
n-Pentan	9,99	8
Superkraftstoff	4,81	
Dieselmkraftstoff	3,33	
n-Pentan	12,2	25
Superkraftstoff	5,21	
Dieselmkraftstoff	3,66	

³⁵ Lit.: A, Band I, Anhang 1, in Anlehnung an Formel 61, S.29

³⁶ Lit.: A, Band I, Anhang 2, S.23f.; Anhang 5, S.84f.

³⁷ H. Koinig, Referenzszenarien zur RL 96/82/EG, Endbericht, Wien 1999, im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, S.41

3.5.5 Wärmestrahlung für Punktquelle³⁸

$$q = \zeta \cdot \frac{P_{\text{Str}}}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

- q Bestrahlungsstärke/Strahlungsleistung einer Punktquelle [W/m²]
 P_{Str} Anteil der Wärmestrahlung an der Gesamtleistung (vgl. 3.5.4) [W]
 r Entfernung/Abstand von der Quelle zum Zielobjekt [m].
 Bei realen Bränden wird sich in Abhängigkeit von der Form der strahlenden Flamme und der Höhe der bestrahlten Fläche eine um den Faktor ζ reduzierte flächenspezifische Strahlungsleistung mit 0,5 bis 1 einstellen.
 ζ halbkugelförmiger Strahler: 0,5
 ζ kugelförmiger Strahler: 1

3.5.6 Flammenlänge h nach P.H. Thomas³⁹

Die unten angeführte Berechnungsmethode kann bei kreisförmigen Lachen für Brandflächendurchmesser (Lachendurchmesser) bis $d = 25$ m verwendet werden. Diese Formel zur Bestimmung der Flammenlänge h berücksichtigt ausschließlich ruhige Wetterverhältnisse.

$$\frac{h}{d} = 42 \cdot \left(\frac{\dot{m}_{\text{Ab}}}{\rho_U \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61}$$

- \dot{m}_{Ab} Abbrandrate [kg/(m² s)]; Maximalwerte finden sich in der einschlägigen Literatur.
 h Flammenlänge [m]
 d Flammendurchmesser/Lachendurchmesser [m]
 g Erdbeschleunigung: 9,81 [m/s²]
 ρ_U Dichte der Umgebungsluft: 1,2 [kg/m³] bei 20 °C

Vereinfachte Annahme⁴⁰:

- Pentan: $h / d = 3,3$
 Vergaserkraftstoff: $h / d = 2,1$
 Diesel: $h / d = 1,7$

Anmerkung: Um den Einfluss von Seitenwind zu berücksichtigen sind Modifizierungen und Korrekturen der oben angeführten Gleichung nach Thomas notwendig:

$$\frac{h^*}{d} = 55 \cdot \left(\frac{\dot{m}_{\text{Ab}}}{\rho_U \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,67} \cdot (u^*)^{-0,21} \quad u^* = \frac{u_W}{u_C} \quad u^* = \frac{u_W}{\left(\frac{g \cdot \dot{m}_{\text{Ab}} \cdot d}{\rho_U} \right)^{\frac{1}{3}}}$$

- h^* Flammenlänge unter Berücksichtigung des Einflusses von Wind⁴¹ [m]
 u^* dimensionslose Windgeschwindigkeit [-]
 u_W Windgeschwindigkeit [m/s]
 u_C charakteristische Geschwindigkeit⁴² [m/s]

³⁸ Lit.: A, Band I, Anhang 2, Formel 49 u. 50, S.25; Anhang 5, S.85

³⁹ Lit.: A, Band II, Formel 5.64, S.133

⁴⁰ Lit.: Richter, B., Anlagensicherheit, Hütter Verlag, Heidelberg

⁴¹ Lit.: A, Band 2, Formel 5.69, S.135

3.5.7 Austritt aus der Gasphase

Berechnung des kritischen Drucks:

$$p_k = p_n \cdot \left(\frac{\kappa_{mix} + 1}{2} \right)^{\frac{\kappa_{mix}}{\kappa_{mix} - 1}}$$

p_k kritischer Druck⁴³ [bar] beim Ausströmen, bei dem der Massestrom sein Maximum erreicht

p_n atmosphärischer Normaldruck 1,01325 [bar]

κ_{mix} Isentropenexponent c_p/c_v [-] des Gemisches bei T_{mix} vor der Freisetzung

Im Fall von $p \leq p_k$ gilt für den Massenstrom⁴⁴:

$$\dot{m}_{mix} = C_d \cdot A_{Leck} \cdot \sqrt{\frac{\rho_n}{V_n}} \cdot \left(\frac{p}{p_n} \right)^{\frac{\kappa_{mix}-1}{\kappa_{mix}}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \kappa_{mix}}{\kappa_{mix} - 1} \left[1 - \left(\frac{p}{p_n} \right)^{-\frac{\kappa_{mix}-1}{\kappa_{mix}}} \right]} \cdot \frac{M_{mol, mix}}{1 + \frac{\vartheta_{mix}}{T_n}}$$

\dot{m}_{mix} Massenstrom [kg/s]

A_{Leck} Leckgröße [mm²]

C_d Ausflussziffer; diese wird konstant mit dem Faktor 0,61 [-] festgelegt (siehe auch Pkt. 3.1)

ρ_n Normaldichte [kg/m³]

V_n Molvolumen idealer Gase bei 0 °C: 22,414 [l/mol]

p Gasdruck [bar] im Behälter

p_n Normaldruck: 1,01325 [bar]

ϑ_{mix} Temperatur im Behälter vor der Freisetzung [°C]

$M_{mol, mix}$ mittlere Molmasse des Gemisches [g/mol]

T_n Normaltemperatur: 273,15 [K]

Im Fall von $p \geq p_k$ gilt für den Massenstrom⁴⁵:

$$\dot{m}_{mix} = C_d \cdot A_{Leck} \cdot \frac{p}{p_n} \cdot \sqrt{\kappa_{mix} \cdot \left(\frac{2}{\kappa_{mix} + 1} \right)^{\frac{\kappa_{mix}+1}{\kappa_{mix}-1}} \cdot \frac{M_{mol, mix}}{1 + \frac{\vartheta_{mix}}{T_n}}}$$

⁴² Anm. des Verf.: In der Literaturquelle „A“ Band II wird in der Formel 5.69 die „Quadratwurzel“ angeführt. In der Literaturquelle „B“, Formel 6.14, S.6.65 und 6.82 und „C“, Formel 7.12c, S.7-18 wird die „Kubikwurzel“ angeführt. Es ist anzunehmen, dass die Kubikwurzel – wie auch hier angeführt – korrekt ist, da sich die Literaturquellen „A“ und „C“ auch auf die ältere Literaturquelle B beziehen.

⁴³ Lit.: A, Band 1, Anhang 1, Formel 3, S.10

⁴⁴ Lit.: A, Band 1, Anhang 1, Formel 4, S.11

⁴⁵ Lit.: A, Band 1, Anhang 1, Formel 5, S.11

Massenströme der im Gemisch enthaltenen Gefahrstoffe⁴⁶:

$$\dot{m}_{\text{Stoff}} = \dot{m}_{\text{mix}} \cdot \frac{V_{\text{Stoff}}}{100} \cdot \frac{M_{\text{mol, Stoff}}}{M_{\text{mol, mix}}}$$

- \dot{m}_{Stoff} Massenströme [kg/s] der im Gemisch enthaltenen Gefahrstoffe
 V_{Stoff} Volumenanteile [%] der enthaltenen Gefahrstoffe
 $M_{\text{mol, Stoff}}$ Molmasse [g/mol] der enthaltenen Gefahrstoffe
 $M_{\text{mol, mix}}$ mittlere Molmasse [g/mol] des Gemisches

3.5.8 Austritt verflüssigtes Gas aus Flüssigphase

$$\dot{m} = 4,472 \cdot 10^{-4} \cdot F \cdot A_{\text{Leck}} \cdot \sqrt{\frac{C_d^2 \cdot (p_0 - 1,01325) \cdot \rho_{\text{Fl0}}}{1 + 200 \cdot L_u \cdot C_d^2 \cdot (p_0 - 1,01325) \cdot \rho_{\text{Fl0}} \cdot \frac{V_{\text{fg}}^2 \cdot (273,15 + \vartheta_0) \cdot c_{\text{Fl0}}}{h_{\text{v0}}^2}}}$$

- \dot{m} Massestrom⁴⁷ [kg/s]
 F Reibungsfaktor [-]
 A_{Leck} Leckquerschnitt⁴⁸ [mm²]
 C_d Ausflussziffer; diese wird konstant mit dem Faktor 0,61 [-] festgelegt (siehe auch Pkt. 3.1)
 p_0 Anfangsdruck / Druck [bar] im Behälter auf Leckhöhe
 L_u Ungleichgewichtsfaktor⁴⁹ [-]
 L_{Dro} Drossellänge⁵⁰ [mm]
Für $L_{\text{Dro}} \leq 100$ [mm] gilt: $L_u = 0,01 \cdot L_{\text{Dro}}$
Für $L_{\text{Dro}} \geq 100$ [mm] gilt: $L_u = 1$
 ϑ_0 Anfangstemperatur der Flüssigphase / Freisetzungstemperatur [°C]
 c_{Fl0} spezifische Wärme c_p [kJ/(kg K)] der Flüssigphase bei Anfangstemperatur der Flüssigphase ϑ_0
 h_{v0} spezifische Verdampfungswärme am Siedepunkt bei Normaldruck [kJ/(kg K)]
 ρ_{Fl0} Dichte der Flüssigphase [kg/m³] bei ϑ_0
 V_{fg} Differenz der spezifischen Volumina / Kehrwerte der Dichte von Gas- und Flüssigphase [m³/kg]

⁴⁶ Lit.: A, Band 1, Anhang 1, Formel 23, S.12

⁴⁷ Lit.: A, Band 1, Anhang 1, Formel 49, S.22

⁴⁸ „Es werden die Fälle rechteckige und kreisförmige Ausströmöffnung unterschieden. Risse oder Spalte wären in den Fall rechteckiger Ausströmquerschnitte einzuordnen.“ (Lit.: A, Band 1, Anhang 1, S.21)

⁴⁹ Lit.: A, Band 1, Anhang 1, Formel 46 u. 47, S.22

⁵⁰ „Die Drossellänge ist die Strömungslänge mit dem verengten Querschnitt. Sie kann beispielsweise die Wanddicke eines Behälters oder die Länge eines Rohrabchnittes sein.“ (Lit.: A, Band 1, Anhang 1, S.21)

Ermittlung des Reibungsfaktors⁵¹:

Für $\frac{L_{\text{Dro}}}{B_{\text{Leck}}} \leq 400$ und $\frac{L_{\text{Dro}}}{D_{\text{Leck}}} \leq 400$ gilt:

$$F = \frac{1}{\sqrt{1 + 0,00804 \cdot \frac{L_{\text{Dro}}}{B_{\text{Leck}}} - 0,00000573 \cdot \left(\frac{L_{\text{Dro}}}{B_{\text{Leck}}}\right)^2}}$$

$$F = \frac{1}{\sqrt{1 + 0,00804 \cdot \frac{L_{\text{Dro}}}{D_{\text{Leck}}} - 0,00000573 \cdot \left(\frac{L_{\text{Dro}}}{D_{\text{Leck}}}\right)^2}}$$

D_{Leck} Leckdurchmesser [mm²]

B_{Leck} Leckbreite [mm]

Für $\frac{L_{\text{Dro}}}{B_{\text{Leck}}} \geq 400$ und $\frac{L_{\text{Dro}}}{D_{\text{Leck}}} \geq 400$ wird ein konstanter Reibungsfaktor⁵² mit $F = 0,55$ [-]

verwendet.

Berechnung der Differenz der spezifischen Volumina⁵³:

$$V_{\text{fg}} = \frac{V_n \cdot p_n \cdot \left(1 + \frac{v_0}{T_n}\right)}{M_{\text{mol}} \cdot p_v(v_0)} - \frac{1}{\rho_{\text{Fl0}}(v_0)} = \frac{22,7 \cdot \left(1 + \frac{v_0}{273,15}\right)}{M_{\text{mol}} \cdot p_v(v_0)} - \frac{1}{\rho_{\text{Fl0}}(v_0)}$$

V_n Molvolumen idealer Gase bei 0 °C: 22,414 [l/mol]

p_n Normaldruck: 1,01325 [bar]

M_{mol} Molmasse [g/mol]

T_n Normaltemperatur: 273,15 [K]

p_v Dampfdruck [bar] bei Anfangstemperatur v_0

⁵¹ Lit.: A, Band 1, Anhang 1, Formel 45, S.21f.

⁵² Lit.: A, Anhang 1, Formel 45, S.22

⁵³ Lit.: A, Anhang 1, Formel 48, S.22

4 Referenzen

Die nachstehenden Referenzen erheben keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit hinsichtlich der internationalen und EU-Fachliteratur zu diesem komplexen Thema. Es werden nur jene Referenzen angegeben, die u.a. auch von der Arbeitsgruppe herangezogen wurden.

EU:

Guidance on Land Use Planning as required by Council Directive 96/82/EC (Seveso II), Institute for Systems Informatics and Safety, Report No EUR 18695 EN, European Commission 1999, URL: <http://ipsc.jrc.ec.europa.eu/index.php/Informationmaterial/503/0/> (26.5.2014)

Land Use Planning Guidelines in the context of Article 12 of the Seveso II Directive 96/82/EC as amended by Directive 105/2003/ECIPSC, Institute for the Protection and Security of the Citizen, Report No EUR 22634 EN, European Commission 2005, URL: <http://ipsc.jrc.ec.europa.eu/index.php/Information-material/503/0/> (26.5.2014)

Österreich:

H. Koinig, Referenzszenarien zur RL 96/82/EG, Endbericht, Wien 1999, im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

Deutschland:

Umweltbundesamt Berlin (Hrsg., 2000): Ermittlung und Berechnung von Störfallaufbau-szenarien nach Maßgabe der 3. Störfallverwaltungsvorschrift Band I und II (UBA-FB 39/1 und 39/2)

KAS-18 – Leitfaden. Empfehlungen für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung; 2. überarbeitete Fassung; Kommission Anlagensicherheit; November 2010

Andere europäische Staaten:

Secrétariat d'État auprès du Premier ministre chargé de l'Environnement et de la Prévention des risques technologiques et naturels majeurs – DEPPR – Service de l'Environnement industriel (Ed), Maîtrise de l'Urbanisation autour des Sites Industriels à Haut Risque, Paris, Octobre 1990

Direktion des Inneren des Kantons Zürich, Koordinationsstelle für Störfallvorsorge, Schadenausmaß-Einschätzung, Zürich, Juni 1992

Committee for the Prevention of Disasters (Hrsg., 2005): Yellow Book - Methods for the calculation of physical effects CPR 14E, 3. Auflage

USA:

Programmpaket CAMEO/ALOHA der United States Environmental Protection Agency, URL: <http://www2.epa.gov/cameo/cameo-downloading-installing-and-running-aloha> (26.05.2014)

Kanada:

Risk Assessment Guidelines for Municipalities and Industries. An Initial Screening Tool. Major Industrial Accidents Council of Canada 1997 (MIACC-Guide)

Empfehlungen des Bundesländer-Arbeitskreises Seveso:

- BLAK-Empfehlung Nr. 1 Grundlage zur Ermittlung von angemessenen Sicherheitsabständen für die Zwecke der Raumordnung
Kurztitel: „BLAK-1 Angemessene Sicherheitsabstände“
Version Oktober 2014
- BLAK-Empfehlung Nr. 2 Technische Ausstattung für den Betrieb von Verladeeinrichtungen für Flüssiggas (LPG)
Kurztitel: „BLAK-2 -Verladeeinrichtungen Flüssiggas“
Version November 2007
- BLAK-Empfehlung Nr. 3 Seveso-Inspektionskatalog für das Sicherheitsmanagementsystem
Kurztitel: „BLAK-3 Inspektionskatalog SMS“
Version November 2007
- BLAK-Empfehlung Nr. 4 Seveso-Inspektionskatalog für das Sicherheitskonzept
Kurztitel: „BLAK-4 Inspektionskatalog SK“
Version November 2008
- BLAK-Empfehlung Nr. 5 Technische Ausstattung für den Betrieb von Verladeeinrichtungen für Säuren und Laugen
Kurztitel: „BLAK-5 Verladeeinrichtungen Säuren-Laugen“
Version April 2009
- BLAK-Empfehlung Nr. 6 Technische Ausstattung für den Betrieb von Verladeeinrichtungen für brennbare Flüssigkeiten
Kurztitel: „BLAK-6 Verladeeinrichtungen brennbare Flüssigkeiten“
Version April 2009
- BLAK-Empfehlung Nr. 7 Checklisten für Gefahrgutlager
Kurztitel: „BLAK-7 Gefahrgutlager“
Version April 2010
- BLAK-Empfehlung Nr. 8 Inspektionskatalog für die Interne Notfallplanung
Kurztitel: „BLAK-8 Inspektionskatalog – Interner Notfallplan“
Version April 2011
- BLAK-Empfehlung Nr. 9 Inspektionskatalog für die Information der Öffentlichkeit
Kurztitel: „BLAK-9 Inspektionskatalog – Öffentlichkeitsinformation“
Version April 2011