

Risikobetrachtungen im angemessenen Sicherheitsabstand von Störfallbetrieben

Teil 1: Vorstellung einer neuen Semi-Quantitativen Risiko-Methode (SQRM)

Edgar Neuhalphen, Peter Gamer, Arizal Arizal

Spätestens seit dem Mücksch-Urteil 2012 [1] ist der angemessene Sicherheitsabstand von Störfallbetrieben ein sehr präsent Thema für Betreiber von Störfallanlagen, Kommunen und potenzielle Bauherren in der Nachbarschaft. Stand in den ersten Jahren die Ermittlung der Abstände im Vordergrund, stellt sich heute immer mehr die Frage, welche Entwicklungen in Betriebsbereichen und innerhalb des ermittelten Sicherheitsabstands möglich sind.

Sicherheitstechnisch fundierte Ansätze zur Lösung eines Abstandskonfliktes zwischen einem bestehenden Störfallbetrieb und schutzbedürftigen Nutzungen in dessen Umfeld sind derzeit nicht etabliert. Bisherige Lösungen sind häufig individuelle Ansätze einzelner Sachverständiger oder erfolgen auf Basis der kommunalen Abwägungsmöglichkeiten, die das o. g. Urteil aufzeigt. So hat z. B. der TÜV Rheinland im Rahmen eines gesamtstädtischen Konzeptes [2] schon früh einen ersten Ansatz entwickelt, um mit dem bestehenden Instrumentarium eine Lösung zu erarbeiten. Grundsätzlich fehlen jedoch bei allen bisherigen Ansätzen wesentliche Aspekte der Bewertung des sicherheitstechnischen Risikos und damit zur Konfliktbewältigung.

Im Rahmen von Ansiedlungen oder wesentlichen Änderungen von schutzbedürftigen Nutzungen im Umfeld von Betriebsbereichen fordert die Seveso-III-Richtlinie [3] nach Rechtsauffassung des Europäischen Gerichtshofes im Kern Risikobetrachtungen (EuGH, C53/10). Diese sind in einigen europäischen Ländern seit langem etabliert, jedoch nicht in Deutschland. Die Flächen im angemessenen Sicherheitsabstand zeichnen sich häufig durch intensive Gemengelage aus, in de-

nen der angemessene Sicherheitsabstand nicht eingehalten bzw. mit verhältnismäßigen Mitteln mittelfristig nicht erreicht werden kann. Die Bewertung des damit verbundenen Risikos bleibt mangels geeignetem Lösungsansatz offen.

Im Rahmen eines Mediationsprozesses unter Leitung von Prof. Dr. Jochum und in enger Abstimmung mit dem Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) als der zuständigen Überwachungsbehörde für die Belange Anlagensicherheit/Störfallvorsorge wurde die nachfolgende Methodik entwickelt. Wesentliche Grundlagen hierzu wurden zusammen mit TÜV Rheinland in [4] erarbeitet. Der nachfolgend vorgestellte sicherheitstechnische Ansatz bewertet die Flächen im angemessenen Sicherheitsabstand unter risikobasierten Aspekten. Insbesondere durch die Bewertung von Maßnahmen zur Risikominderung eröffnen sich neue Entwicklungsperspektiven für alle Beteiligten, wie an einem realen Beispiel im Teil 2 gezeigt werden soll.

Ausgangssituation

Für die Ermittlung eines angemessenen Sicherheitsabstandes steht mit dem Leitfaden KAS-18 [5] ein in der Praxis bewährtes Instrumentarium zu Verfügung. Mit dem durch Ausbreitungsrechnung nach

diesem Leitfaden ermittelten Abstand wird aber „nur“ das mögliche Schadensausmaß ermittelt. Der Leitfaden KAS-18 enthält keine direkten Ansätze einer Risikobewertung. Das Risiko ist aber grundsätzlich das Produkt von Schadensausmaß (S) und Häufigkeit des Schadenseintrittes (H).

Da es keine anerkannten Risikogrenzwerte in Deutschland gibt, wird als Vergleichsmaßstab für ein heute toleriertes und damit allgemein auch weitgehend akzeptiertes Risiko der Bereich angesehen, der sich räumlich gesehen unmittelbar an den angemessenen Sicherheitsabstand anschließt.

Das Umfeld von Betriebsbereichen gliedert sich, ausgehend vom Betriebsbereich, unter idealisierten Bedingungen in nahezu konzentrische Räume mit abnehmendem Risiko. Unmittelbar angrenzend an den Betriebsbereich schließt sich ein Raum an, der durch die gesetzlich vorgegebenen Mindestmaßnahmen nach dem Stand der Sicherheitstechnik gekennzeichnet ist. Seine Umhüllende bildet das sog. „Grenzrisiko“. Das Grenzrisiko stellt somit das gesetzlich zulässige Risiko dar. Durch das Ausschöpfen aller möglichen Maßnahmen zur Risikominimierung, sowohl beim Betriebsbereich als auch bei den schutzbedürftigen Nutzungen, ergibt sich ein sich anschließender Raum mit einem verringerten Risiko, dessen Grenze durch das „verbleibende Restrisiko“ gebil-

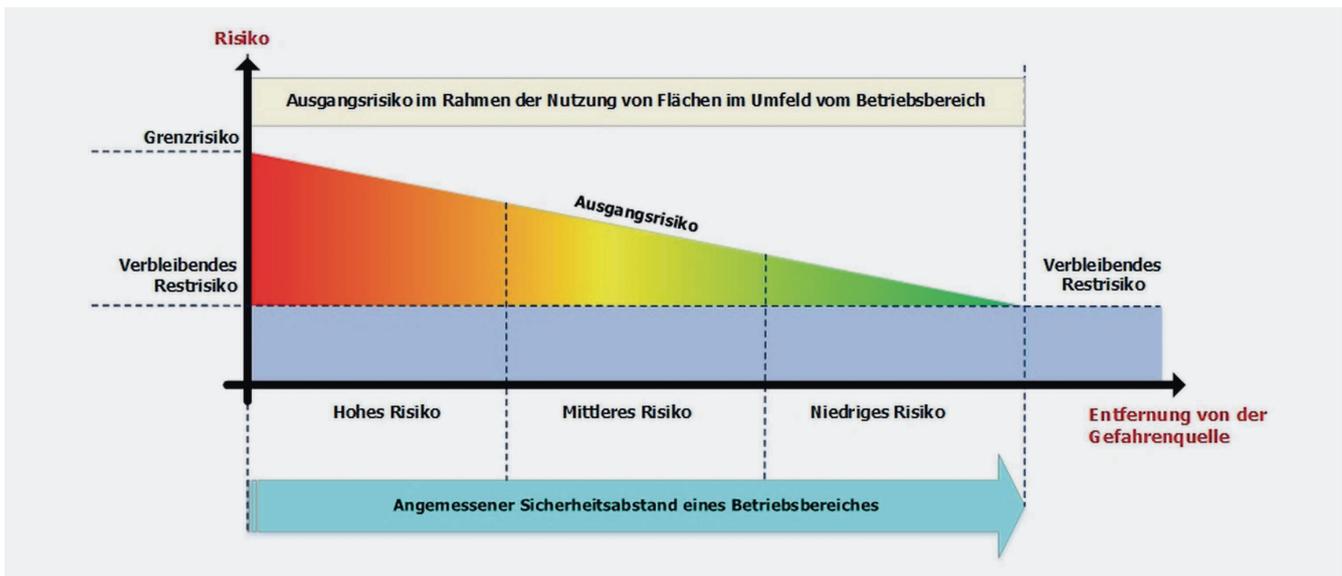


Bild 1 Schematische Illustration der Klassifizierung des Ausgangsrisikos im Rahmen der Nutzung von Flächen im Umfeld vom Betriebsbereich. Grafik: Autoren

det wird. Die Flächennutzung im Umfeld von Betriebsbereichen ist entsprechend dieser Unterteilung mit einem höheren oder niedrigeren Risiko verbunden.

In Bild 1 sind die Zusammenhänge räumlich dargestellt.

Die toxischen Auswirkungen durch Gase sind erfahrungsgemäß für das mit einer Flächennutzung verbundene Risiko maßgeblich. Die Brand- und Explosionsauswirkungen eines Störfalls treten demgegenüber in der Regel zurück und werden deshalb hier nicht weiter dargestellt.

Methodik zur Ermittlung des Risikos

Bei der entwickelten Methodik kommt ein semiquantitatives Verfahren mit Hilfe eines Risikographen zum Einsatz. Der Risikograph ist historisch gesehen im Bereich der Prozessleittechnik entstanden und ist heute ein in der Industrie etabliertes Element, um technische Risiken zu bewerten.

Aus einer Vielzahl möglicher Parameter, die Einfluss auf Sicherheitsanforderungen und auf Schutzmaßnahmen haben, wurden beim Risikographen zwei Hauptparameter ermittelt, die eine sinnvolle Risikoabstufung gestatten und die wesentlichen Aspekte der Risikobetrachtung umfassen, nämlich:

1. **Schadensausmaß (S)**, das durch das betrachtete Ereignis verursacht wird und mittels der Schwere der Verletzungen oder der Gesundheitsschäden bei Personen beschrieben wird

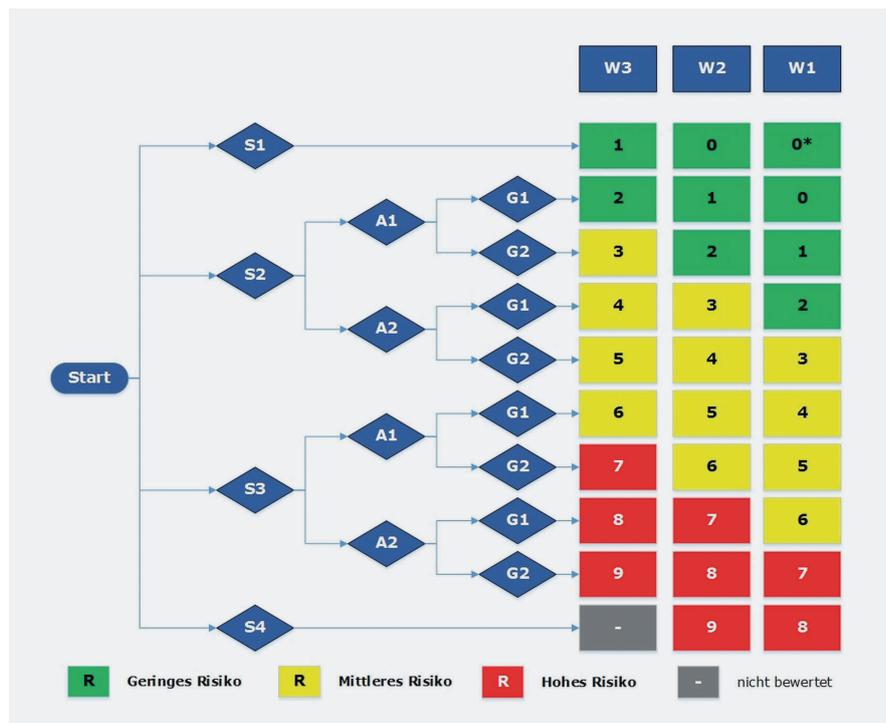


Bild 2 Risikograph mit der Klassifizierung der Risikoklassen. Grafik: Autoren

2. **Häufigkeit (H)** des Schadenseintrittes, unterteilt in drei Parameter:

- A: Häufigkeit bzw. Dauer des Aufenthalts im Gefahrenbereich
- G: Technische und/oder organisatorische Möglichkeiten zur Vermeidung oder Begrenzung des Schadens (Gefahrenabwehr)
- W: Häufigkeit/Eintrittswahrscheinlichkeit des Ereignisses

Die einzelnen Parameter wurden für die hier erforderliche Aufgabenstellung

entsprechend modifiziert. Es ergeben sich zehn Risikozahlen, die mit R0 bis R9 bezeichnet sind. Das so beschriebene Risiko stellt letztendlich die Höhe des Individualrisikos einer Nutzung im angemessenen Sicherheitsabstand dar. Die Bewertung erfolgt differenziert für Gebäude und Freiflächen. Bild 2 zeigt den in der vorliegenden Methodik verwendeten Risikographen, wobei das Risiko mit zunehmender Risikozahl steigt.

Die Risikozahlen R_0 und R_0^* repräsentieren das akzeptierte Risiko, wobei die Risikozahl R_0^* die gleiche Bedeutung hat wie R_0 . Das Niveau von R_0^* liegt aufgrund der geringeren Eintrittswahrscheinlichkeit (W_1 statt W_2) jedoch noch unterhalb von R_0 .

Schadensausmaß S

Bei der Ermittlung des Schadensausmaßes (S) greift die vorliegende Methodik auf den Ansatz des Leitfadens KAS-18 zurück, wobei zur besseren Differenzierung die AEGL-Werte mit den Stufen 2 und 3 und deren zeitlicher Verlauf (10, 30 und 60 Minuten) mit herangezogen werden. Damit ist es möglich, die Risikobewertung anhand unterschiedlicher Expositionszeiten durchzuführen und eine größere Differenzierung vorzunehmen.

Die Ausbreitungsberechnung ermittelt immer die Gaskonzentration im Freien. Für die Bewertung der Nutzung ist deshalb die natürliche Schutzwirkung des Gebäudes mit zu berücksichtigen. In Abhängigkeit von seiner tatsächlichen Ausführung stellt jedes Gebäude eine „Barriere“ im Hinblick auf das Eindringen toxischer Gase dar. Dabei kommt der Luftwechselrate (LWR) eine entscheidende Bedeutung zu. Innerhalb eines Gebäudes ist in Abhängigkeit der Luftwechselrate die Immissionskonzentration der toxischen Stoffe geringer als außerhalb des Gebäudes.

In Abhängigkeit des Verhältnisses von Raumvolumen zu Fensterfläche und je nach Lüftungsverhalten können die in **Tabelle 1** dargestellten Luftwechselraten erreicht werden. Weiterhin enthält die Tabelle aktuelle Empfehlungen typischer technischer Lüftungsanlagen ausgewählter Nutzungen.

Das **Bild 3** zeigt die Illustration des zeitlichen Verlaufs der Konzentration außerhalb und innerhalb eines Gebäudes bei einem KAS-18 Szenario bei verschiedenen Luftwechselraten. Das Beispiel zeigt, dass auch bei einem deutlichen Überschreiten des AEGL-3-Wertes im Freien innerhalb eines Gebäudes bis zu einem zweifachen Luftwechsel pro Stunde noch keine Gefährdung von Personen gegeben ist.

Die Sicherstellung geringer Luftwechselraten im Ereignisfall ist somit die entscheidende Maßnahme zur Abwehr bzw. deutlichen Reduzierung der Gefahr. Die Festlegung des Schadensausmaßes kann somit für den Ausgangszustand und den Zustand nach Maßnahmen unter Berücksichtigung veränderter Konzentrationsbe-

Tabelle 1 Beispiel der typischen Luftwechselrate [6 bis 8].

Lüftungsverhalten	Luftwechselrate [1 / h]
Fenster gekippt (Spaltlüftung)	0,3 bis 1,5-fach
Fenster kurzzeitig ganz geöffnet (Stoßlüftung)	0,3 bis 4-fach
Nutzung	Luftwechselrate [1 / h]
Versammlungsräume	5 bis 10-fach
Krankenhaus	5 bis 8-fach

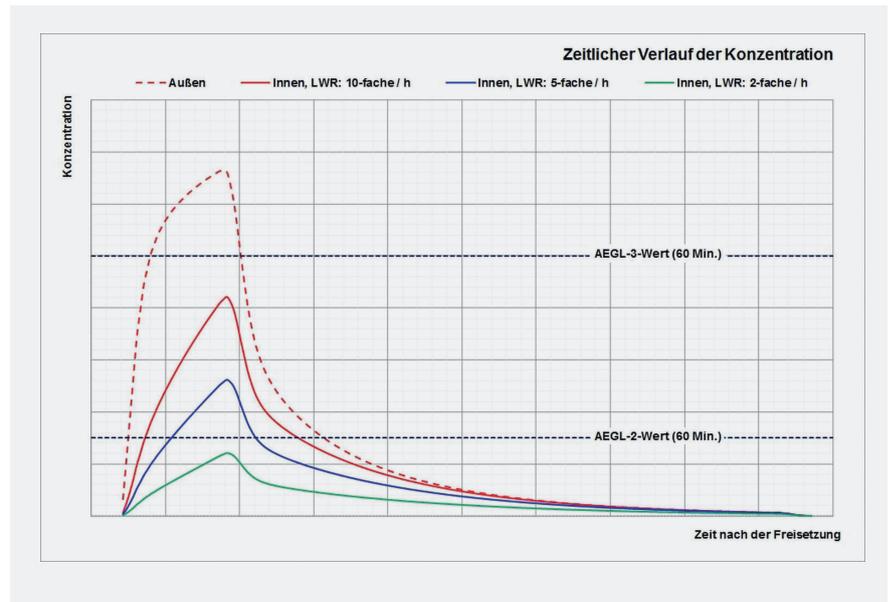


Bild 3 Vergleich des Konzentrationsverlaufs außerhalb und innerhalb des Gebäudes bei verschiedenen LWR. Grafik: Autoren

dingungen ermittelt werden. Personen, die sich auf Freiflächen aufhalten, sind der Exposition gegenüber Luftschadstoffen jedoch ungehindert ausgesetzt.

Im Rahmen der Methodik wird zudem eine differenzierte Bewertung in Abhängigkeit von der Expositionsdauer vorgenommen, was natürlich insbesondere für Freiflächen relevant ist.

Häufigkeit H mittels Parameter A, G und W

Die Referenzzeit zur Bewertung der Dauer des Aufenthalts von Personen, sowohl für Gebäude als auch für Freiflächen, ist 30 Minuten. Bei einem Aufenthalt ≥ 30 Minuten wird der Faktor A2 zugewiesen. Ansonsten gilt der Faktor A1.

Für die Gefahrenabwehr werden die nachfolgenden Kriterien herangezogen:

- Erkennbarkeit der Gefährdung mittels kognitiver Fähigkeiten (sehen, hören, riechen)
- Abwendung der Gefahr (z. B. durch Fluchtmöglichkeit, Schließen der Fens-

ter und/oder Türen, Abschaltung einer raumlüftungstechnischen Anlage)

- Entwicklung bzw. Entstehung der Gefahr (zeitlich)

Ein Faktor G1 kann zugewiesen werden, sofern die Erkennung der Gefahr für Personen sichergestellt ist und damit die Möglichkeit der Einleitung von Maßnahmen der Gefahrenabwehr (z. B. Schließen der Fenster bzw. Türen oder Abschaltung einer raumlüftungstechnischen Anlage) möglich ist. Wenn die Erkennbarkeit der Gefahr für Personen nicht sichergestellt werden kann, wird der Faktor G2 zugewiesen.

Die Eintrittswahrscheinlichkeit des betrachteten Ereignisses wird in drei Kategorien W_1 , W_2 oder W_3 eingeteilt, die der Klassifizierung von Ereignissen in der Vollzugshilfe zur Störfall-Verordnung [9] zugeordnet werden. Gemäß dem Leitfaden KAS-18 wird das zu betrachtende Szenario im Bereich der „Dennoch Störfälle“ angesiedelt. Dabei

handelt es sich um Störfälle, die sich ereignen, obwohl eine Anlage dem Stand der Sicherheitstechnik entspricht und deshalb der Störfall an sich vernünftigerweise auszuschließen ist.

Die **Tabelle 2** fasst die Definitionen der Risikoparameter zusammen.

In **Tabelle 3** ist die allgemeine Definition der oben genannten Risikobereiche dargelegt.

Auf dieser Basis lässt sich jede Nutzung (Gebäude/Freifläche) innerhalb des angemessenen Sicherheitsabstands mit Hilfe des Risikographen bewerten.

Tabelle 2 Definition der Risikoparameter.

Parameter	Klasse	Definition
S	S1	Leichte Verletzung von Personen $C < \text{AEGL-2-Wert (60 Min.)}$
	S2	Schwerwiegende Verletzung von Personen $\text{AEGL-2-Wert (60 Min.)} \leq C < \text{AEGL-3-Wert (60 Min.)}$
	S3	Schwerwiegende Verletzung von sehr vielen Personen oder tödliche Verletzung von Personen $C \geq \text{AEGL-3-Wert (60 Min.)}$
	S4	Tödliche Verletzung von sehr vielen Personen (sehr viele Tote)
A	A1	Personen halten sich selten bis öfter im Gefahrenbereich auf (kurze Exposition)
	A2	Personen halten sich häufig bis andauernd im Gefahrenbereich auf (lange Exposition)
G	G1	Möglichkeiten zur Vermeidung oder Begrenzung des Schadens sind vorhanden
	G2	Möglichkeiten zur Vermeidung oder Begrenzung des Schadens sind nicht vorhanden
W	W1	Dennoch Szenario mit einer sehr geringer Eintrittswahrscheinlichkeit
	W2	Dennoch Szenario mit geringer Eintrittswahrscheinlichkeit
	W3	Denkbares Szenario, relativ hohe Eintrittswahrscheinlichkeit; zu verhindernder Störfall

C: Maximal mögliche Immissionskonzentration am betrachteten Aufschlagpunkt (Objekt) gemäß dem Ergebnis der Ausbreitungsrechnung

S: Schadensausgangsklasse

Wenn der AEGL-3-Wert (60 Min.) und der AEGL-2-Wert (30 Min.) überschritten wird, dann gilt die Schadenausmaßklasse S4. Bei einer ausschließlichen Überschreitung des AEGL-3-Wertes (60 Min.) gilt S3. Falls beide Werte gleichwertig sind, gilt S4.

Tabelle 3 Definition des Risikobereiches (im Sinne der vorliegenden Risikobewertung).

Bereich	Risiko-kategorie	Risiko-zahl	Definition
grün	niedriges Risiko	R0*, R0, R1, R2	Das Risiko für die Flächennutzung ist akzeptabel oder wird mit geringen Maßnahmen akzeptabel.
gelb	mittleres Risiko	R3, R4, R5, R6	Das Risiko für die Flächennutzung ist nur bedingt akzeptabel und sollte durch geeignete Maßnahmen auf ein akzeptables Maß reduziert werden.
rot	hohes Risiko	R7, R8, R9	Das Risiko für die Flächennutzung ist grundsätzlich nicht akzeptabel und sollte durch geeignete Maßnahmen deutlich reduziert werden, bestenfalls auf ein akzeptables Risiko.

Vorstellung des Zonenkonzeptes

Zur Bewertung einer Gemengelage innerhalb des angemessenen Sicherheitsabstands wurde darüber hinaus ein Zonenkonzept entwickelt. Hierdurch werden insbesondere die Bereiche mit hohem Konfliktpotenzial (Zone A) herausgearbeitet und damit der Handlungsbedarf aufgezeigt.

Zur Zonierung der Fläche im Umfeld des Betriebsbereiches werden die Entfernungen bis zur Unterschreitung des AEGL-2-Wertes (60 Min.) und AEGL-3-Wertes (60 Min.) im Freien zugrunde gelegt. Daraus ergeben sich folgende drei Zonen:

- Zone A erstreckt sich vom Freisetzungsort bis zur Entfernung, bei der der AEGL-3-Wert (60 Min.) unterschritten wird. In dieser Zone wird i.d.R. der Einwirkungsbereich einer Wärmestrahlung bei Bränden und von Druckwellen bei Gaswolkenexplosionen mit abgedeckt.
- Zone B erstreckt sich von der Grenze der Zone A bis zur Entfernung, bei der der AEGL-2-Wert (60 Min.) unterschritten wird.
- Zone C schließt sich an Zone B an.

Die Zonierung der Fläche im Umfeld eines Betriebsbereiches wird in **Bild 4** verdeutlicht.

Bewertung des Ausgangsrisikos

Die vorliegende Methodik geht im Ansatz davon aus, dass das Ausgangsrisiko durch die bisher genehmigte bestehende Situation geprägt wird. Um die Ziele der Seveso-III-Richtlinie zu erreichen, darf dieses Ausgangsrisiko durch die Ansiedlung, Erweiterung oder wesentliche Änderung von Nutzungen im angemessenen Sicherheitsabstand bzw. durch Änderungen innerhalb des Betriebsbereiches nicht weiter ansteigen.

Bei einer Erhöhung des Ausgangsrisikos sollen geeignete Maßnahmen festgelegt werden, um diese Erhöhung zu reduzieren, mindestens auf das Niveau des Ausgangsrisikos. Es gilt somit folgende Beziehung bei der Bewertung des Gesamtnutzungsrisikos:

$$R_{\text{Nutzung}} = R_{\text{Ausgang}} + \Delta R \quad (1)$$

$$R'_{\text{Nutzung}} = R_{\text{Nutzung}} - R_{\text{Maßnahmen}} \leq R_{\text{Ausgang}} \quad (2)$$

mit

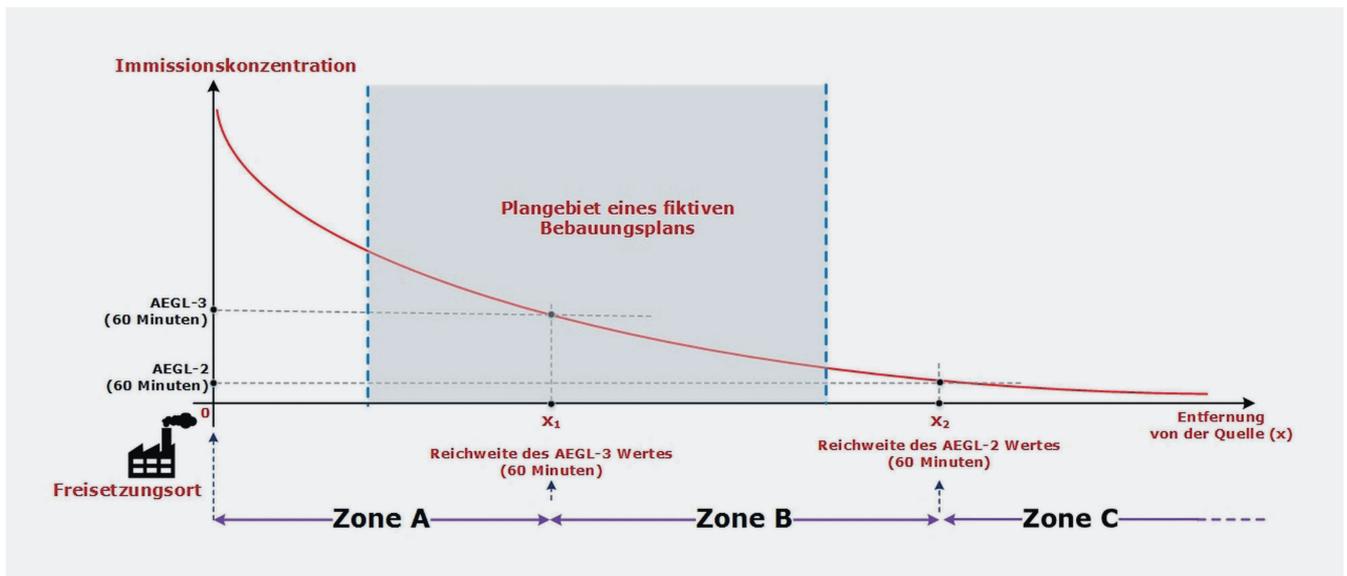


Bild 4 Zonierung der Fläche im Umfeld eines Betriebsbereiches mit Lage eines fiktiven Bebauungsplanes. Grafik: Autoren

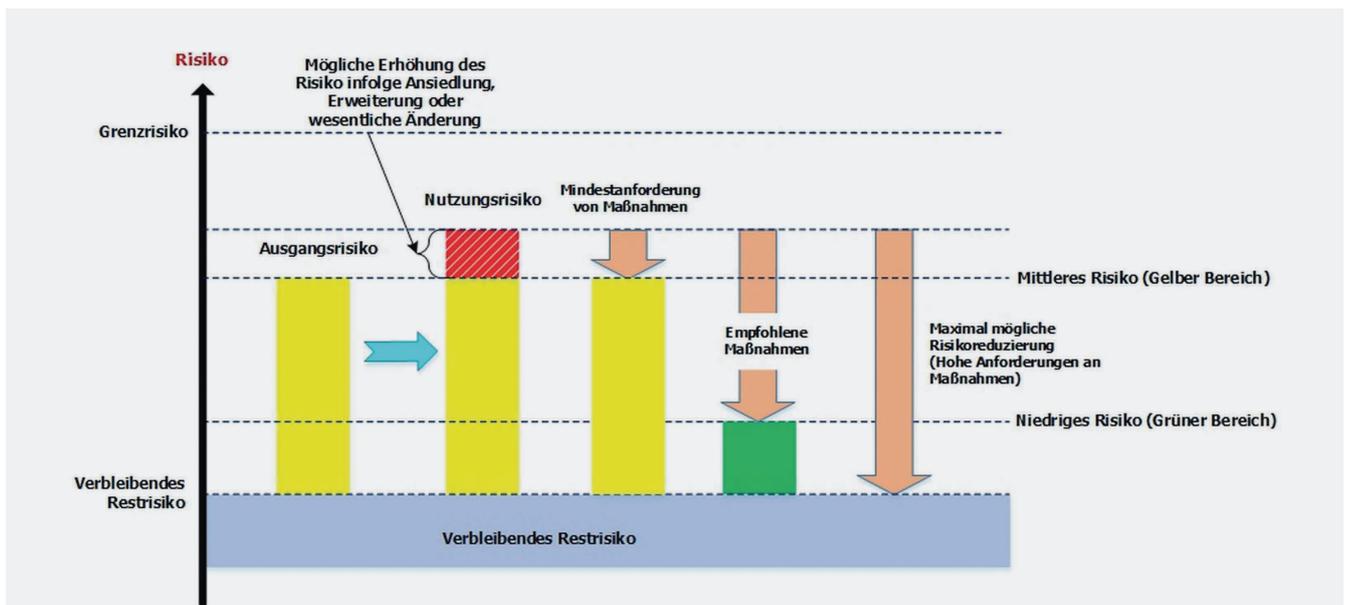


Bild 5 Bewertung der Ausgangsrisiko im gelben Bereich. Grafik: Autoren

- R_{Nutzung} = Nutzungsrisiko für die Fläche im Umfeld von Betriebsbereichen [1]
- R_{Ausgang} = Ausgangsrisiko [1]
- ΔR = Erhöhtes Ausgangsrisiko infolge der Ansiedlung oder wesentlichen Änderung von Nutzungen im Umfeld von Betriebsbereichen bzw. infolge störfallrelevanter Änderung innerhalb des Betriebsbereichs [1]
- R'_{Nutzung} = Gesamtnutzungsrisiko für die Fläche im Umfeld von Betriebsbereichen unter Berücksichtigung von Maßnahmen [1]

- $R_{\text{Maßnahmen}}$ = notwendige Risikominderung durch die Wirksamkeit der Maßnahmen [1]

Abhängig von der Höhe des Nutzungsrisikos können geeignete Maßnahmen zur Reduzierung der möglichen Risikoerhöhung aufgrund der geplanten Ansiedlung oder wesentlichen Änderung einer Nutzung differenziert werden. Allgemein sind bauliche, technische und organisatorische Maßnahmen im Rahmen eines Bebauungsplanverfahrens [1].

Es sind anlagenbezogene (Betriebsbereich) und vorhabenbezogene

(schutzbedürftige Nutzung im Umfeld) Maßnahmen zu unterscheiden. Entsprechen die Betriebsbereiche dem Stand der Sicherheitstechnik, sind die anlagenbezogenen Maßnahmen weitergehend ausgeschöpft. Vorhabenbezogene Maßnahmen sind heute noch nicht Standard bzw. im Regelwerk erfasst. Im Zentrum steht die Sicherstellung des Gebäudes als Barriere gegenüber dem Eindringen toxischer Gase.

Durch die Maßnahmen muss jedenfalls das zukünftige Gesamtnutzungsrisiko mindestens auf das gleiche Niveau wie

das Ausgangsrisiko reduziert werden. Darüber hinaus ist anzustreben und muss es Ziel sein, ein schon vergleichsweise hohes Ausgangsrisiko durch entsprechende bzw. weitergehende Maßnahmen deutlich zu reduzieren. Eine sehr zuverlässige Maßnahme bzw. Maßnahmenkette bedeutet eine geringe Ausfallwahrscheinlichkeit der Maßnahme im Anforderungsfall. Ein praktisches Beispiel dafür ist eine automatische Alarmierung der geplanten Nutzung im Fall eines Ereignisses in der Störfallanlage, verbunden mit einer entsprechenden Ausführung zur schnellen Abschaltung der Lüftungsanlage im Bauobjekt inkl. einer schnellen Alarmierung der betroffenen Personen im Gebäude und auf den betroffenen Freiflächen. Eine solche Maßnahme bzw. Maßnahmenkette kann auch ein hohes Risiko auf ein akzeptables Maß reduzieren.

Dieser Zusammenhang wird in **Bild 5** verdeutlicht.

Gesamtbewertung des Plangebiets anhand des Kollektivrisikos

Zur Bewertung eines Bebauungsplans ist neben der Betrachtung einzelner schutzbedürftiger Nutzungen auch das gesamte Plangebiet in Bezug auf die Risikoänderung zu betrachten. Wenn in Summe das Risiko unverändert bleibt oder sogar reduziert werden kann, z. B. durch umzusetzende Maßnahmen, steht einer entsprechenden Gebietsentwicklung im Sinne der Seveso-III-Richtlinie nichts entgegen.

Die beschriebene Risikobewertung mittels Risikograph zielt auf die Ermittlung des Individualrisikos ab. Das Individualrisiko gibt an, mit welcher Häufigkeit (Wahrscheinlichkeit) ein Mensch einen Schaden bei einem Störfallereignis erleidet. Damit wird das Individualrisiko im Rahmen dieser Methodik in Form von Risikozahlen ausgedrückt, die zwischen R0 bis R9 liegen können.

Zusätzlich ist für die umfassende Bewertung des gesamten Bebauungsplanes bzw. künftiger Planungen bzw. Vorhaben das Kollektivrisiko zu betrachten. So ist eine Betrachtung des Ausgangsrisikos sowie eine Betrachtung neuer Entwicklungen möglich, da die Schutzmaßnahmen in die Bewertung des Kollektivrisikos einfließen. Es wird davon ausgegangen, dass die anzutreffende Personenanzahl direkt mit der Nutzung von Gebäuden i.d.R. korreliert.

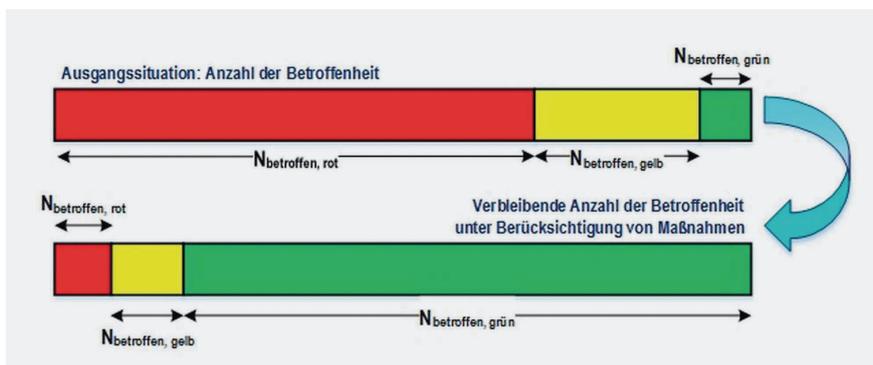


Bild 6 Schematische Illustration für die Anzahl der betroffenen Personen vor und nach der Berücksichtigung von Maßnahmen. Grafik: Autoren

Dieser Betrachtung liegen folgende Annahmen zugrunde:

- Im Sinne eines konservativen Ansatzes wird davon ausgegangen, dass das angenommene Störfallereignis zu gleichen Auswirkungen innerhalb eines Risikobereichs führt. Das heißt, dass sich für Personen, die sich zum Zeitpunkt des betrachteten Ereignisses in einem Gebäude mit gleichem Risikobereich aufhalten, die gleiche Schadenhöhe angenommen wird.

- Die Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen gilt gleichermaßen für alle anwesenden Personen in einem Gebäude.

In diesem Zusammenhang wird eine Normierung der Personen in den Bereichen unterschiedlicher Risiken bzw. Risikozahlen, die auf unterschiedlichen Schadensausmaßklassen basieren, vorgestellt.

Das Kollektivrisiko hängt bei der Betrachtung nicht von der absoluten Zahl der anwesenden Personen in einem Gebäude ab, sondern wird als das Verhältnis zwischen der absoluten Personenanzahl und dem Grad der Betroffenheit von Personen, der sich in den Risikozahlen ausdrückt, definiert.

In dem nachfolgenden **Bild 6** ist diese Vorgehensweise schematisch dargestellt.

Die Anzahl der betroffenen Personen ergibt sich aus

$$N_{\text{betroffen}}(i, j) = N_{\text{anwesend}}(i, j) * F_j$$

$$(j = 0 \dots 9) \quad (3)$$

mit:

- $N_{\text{betroffen}}(i, j)$: Anzahl der betroffenen Personen für Gebäude i , welches eine Risikozahl R_j hat.
- $N_{\text{anwesend}}(i, j)$: Anzahl der anwesenden Personen im Gebäude, welches eine Risikozahl R_j hat.
- F_j : Grad der Betroffenheit entsprechend der Risikozahl R_j

Durch den Faktor F_j soll das Ziel erreicht werden, die Bereiche gleichen Risikos (rot, gelb und grün), aber unterschiedlicher Schadensausmaßklassen und unterschiedlicher Eintrittswahrscheinlichkeiten des Störfallereignisses zu normieren und damit die betroffenen Personen im Rahmen des Kollektivrisikos summieren zu können. Im Rahmen der Ermittlung des Kollektivrisikos wird weiterhin folgende Annahme getroffen:

In der vorliegenden Risikobewertung wird der Grad der Betroffenheit quantifiziert und gewichtet. Im Sinne einer Wahrscheinlichkeitsbetrachtung wird dabei im Rahmen der entwickelten Methodik von den Verfassern unterstellt, dass 100%, 75%, 50% bzw. 25% der anwesenden Personen in Abhängigkeit der jeweiligen Risikoparameter betroffen sind. Hintergrund dieser Überlegung ist, dass erfahrungsgemäß nicht alle Personen in dem jeweiligen Risikobereich in gleicher Weise von dem jeweiligen Schadensausmaß betroffen sein werden. Je höher die Risikoklasse ist und damit die Wahrscheinlichkeit, einen Schaden zu erleiden, desto höher ist der Faktor.

Tabelle 4 gibt einen Überblick über die Zusammenhänge zwischen Individualrisiko und Kollektivrisiko inkl. Quantifizierung und deren Gewichtungsfaktoren.

Die Bewertung des resultierenden Kollektivrisikos erfolgt durch die so sogenannte „Gewichtete Gesamtanzahl der betroffenen Personen“ im betrachteten Gebiet. Um die Gesamtanzahl der betroffenen Personen in den verschiedenen Risikobereichen miteinander vergleichen zu können, wird folgender Zusammenhang zur Normierung unterstellt:

1 betroffene Person im hohen Risikobereich entspricht 10 betroffenen Personen im mittleren Risikobereich bzw. 100 betroffenen Personen im grünen Bereich.

Tabelle 4 Grad der Betroffenheit für jeweilige Risikozahlen mit den entsprechenden Gewichtungsfaktoren nach den entsprechenden Schadensausmaßklassen.

Risikobereich und die verbundene Schadensausmaßklasse	Risikozahl (Individualrisiko)		Grad der Betroffenheit (Kollektivrisiko)				
	R _i	S nach Risikograph	Gewichtungsfaktor nach den entsprechenden Schadensausmaßklassen		F _j		
Hohes Risiko	– ^{a)}						
	R9	S3, S4	0,75	S3		75 %	S3
	R8	S3, S4	0,5	S3		50 %	S3
	R7	S3	0,25	S3		25 %	S3
Mittleres Risiko	R6	S3	0,1	S3	0,1 S3 = S2 ^{b)}	100 %	S2
	R5	S3, S2	0,75	S2		75 %	S2
	R4	S3, S2	0,5	S2		50 %	S2
	R3	S2	0,25	S2		25 %	S2
Niedriges Risiko	R2	S2	0,1	S2	0,1 S2 = S1 ^{c)}	100 %	S1
	R1	S2, S1	0,75	S1		75 %	S1
	R0	S2, S1	0,5	S1		50 %	S1
	R0*	S1	0,25	S1		25 %	S1

^{a)} Dieses Risikoniveau ist grundsätzlich gemäß dem Risikograph nicht zu bewerten.

^{b)} Die **Risikozahl R6** ist nach dem Risikograph mit dem Schadensausmaßklasse S3 verbunden. In diesem Fall wird eine pragmatische Umrechnung zwischen den Schadensausmaßklassen S3/S2 vorgenommen.

^{c)} Die **Risikozahl R2** ist nach dem Risikograph mit dem Schadensausmaßklasse S2 verbunden. In diesem Fall wird eine pragmatische Umrechnung zwischen den Schadensausmaßklassen S2/S1 vorgenommen.

Somit ist diese Normierung vergleichbar mit der Bewertung des Risikos mittels Störfallwert in der Schweiz [10].

Zusammenfassung

Mit der vorgestellten Methodik wird ein sicherheitstechnischer Ansatz zur Bewertung von Risiken im angemessenen Sicherheitsabstand von Störfallbetrieben vorgestellt.

Ein wesentlicher Eckpfeiler ist dabei die Bewertung der Barrierewirkung bzw. die Schutzwirkung des Gebäudes gegenüber dem Eindringen von toxischen Gasen. Durch die Quantifizierung ist es möglich, sowohl das Ausgangsrisiko als auch das Risiko nach Umsetzung von Schutzmaßnahmen bzw. Maßnahmenketten zu bewerten. Ein reales Beispiel wird hierzu in Teil 2 vorgestellt.

Schutzmaßnahmen beginnen immer mit einer schnellen Alarmierung durch den Störfallbetrieb bei einem Ereignis und bedingen die Einleitung geeigneter Maß-

nahmen am Schutzobjekt. Durch die vorgestellte Methodik können somit unmittelbar Handlungen zur Verbesserung der heutigen Situation abgeleitet werden. Hierdurch ist es möglich, auch komplexe Gemengelagen hinsichtlich ihres Risikos bzw. einer Risikoreduzierung zu bewerten. Durch entsprechende Schutzmaßnahmen werden sowohl für den Störfallbetrieb als auch für schutzbedürftige Nutzungen im Umfeld weitere Entwicklung möglich.

Diese praktische und systematische Methodik ergänzt für die verbindliche Bauleitplanung somit in nachvollziehbarer Weise die bisher ausschließlich deterministisch geprägten Verfahren bei der Abschätzung der Störfallauswirkungen. ■ TS911

Literatur

- [1] BVerwG, Urteil vom 20.12.2012 - 4 C 12.11 [ECLI:DE:BVerwG:2012:201212U4C12.11.0].

- [2] Gesamtstädtisches Gutachten der Stadt Leverkusen „Erstellung eines Konzeptes für die Stadtentwicklung unter dem Aspekt des §50 BImSchG und Artikel 12 der Seveso-II-Richtlinie (Seveso-II-Konzept)“; TÜV Rheinland Industrie Service GmbH, Köln, 11.08.2015.
- [3] Richtlinie 2012/18/EU des Europäischen Parlaments und des Rates zur Beherrschung der Gefahren schwerer Unfälle mit gefährlichen Stoffen (Seveso-III-Richtlinie), zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinie 96/82/EG des Rates, Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union, 2012.
- [4] Vallery, H.: „Entwicklung einer praxisorientierten Methodik für die Risikobeurteilung von Flächen und Gebäuden innerhalb des angemessenen Sicherheitsabstands unter Berücksichtigung von Sicherheits- und Schutzmaßnahmen“ Masterarbeit, Institut für Rettungsingenieurwesen und Gefahrenabwehr der Technischen Hochschule Köln, 2020.
- [5] „Leitfaden: Empfehlungen für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung - Umsetzung § 50 BImSchG (KAS-18), 2. überarbeitete Fassung“ Hrsg.: Kommission für Anlagensicherheit, Bonn 2010.
- [6] „ASR A3.6 - Technische Regeln für Arbeitsstätten: Lüftung“, Ausgabe: Januar 2012, zuletzt geändert GMBI 2018, S. 474.
- [7] „VDI Richtlinie 2081: Raumlufttechnik – Geräuscherzeugung und Lärminderung“, VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik (GBG), März 2019.
- [8] Bodenbender, G.; Gersch, D.: Technisches Handbuch: Praxis-Handbuch für die Luft- und Klimatechnik, HTH-Service GmbH, Januar 2009.
- [9] Vollzugshilfe zur Störfall-Verordnung, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Berlin, März 2004.
- [10] Beurteilungskriterien zur Störfallverordnung (StFV) – Ein Modul des Handbuchs zur Störfallverordnung (StFV). Hrsg.: Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, 2018.



**Dipl. Geogr.
Edgar Neuhaufen**
TÜV Rheinland Industrie Service GmbH.
Foto: Autor

Dr. Arizal Arizal
TÜV Rheinland Industrie Service GmbH.

**Dipl.-Ing. (TH)
Peter Gamer**

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie.