



Störfall C-Betrieb/-Anlage



Definition

Ein C-Störfall ist ein ausserordentliches Ereignis in einem stationären Betrieb oder in einer stationären Anlage, bei dem aufgrund des Austritts chemischer Substanzen erhebliche Einwirkungen ausserhalb des Betriebsareals auftreten. Chemische Stoffe gelangen in solchen Mengen bzw. unter solchen Umständen ins Freie, dass eine Schädigung von Mensch, Tier, Umwelt oder Sachwerten auftritt bzw. auftreten könnte(Sinngemäss aus: Art. 2 Abs. 4 StFV, SR 814.012).



Ereignisbeispiele

1. November 1986

Basel (Schweizerhalle)

Brand Chemielager

Im November 1986 brannte in Basel eine Lagerhalle des Chemiekonzerns Sandoz, in welcher 1 350 Tonnen Chemikalien gelagert waren. Es wurden keine gravierenden Personenschäden verzeichnet, dennoch waren die Auswirkungen katastrophal. Verseuchtes Löschwasser gelangte in den Rhein und löste ein grosses Fischsterben aus. Die Giftwelle im Wasser, bestehend aus 15 bis 40 Tonnen Chemikalien (insbesondere Pestiziden), schädigte das Ökosystem auf einer Länge von bis zu 500 km sehr stark. Im Rahmen eines Bodensanierungsprojektes wurden 45 670 Tonnen Untergrundmaterial ausgehoben. Davon mussten 13 300 Tonnen in einer Bodenwaschanlage gereinigt und 8 470 Tonnen deponiert werden. Das gereinigte, sowie das restliche unversehrte Material wurde am Unfallstandort wieder verfüllt. Trotz der Sanierung diffundieren immer noch gefährliche Substanzen ins Grundwasser. Eine 200 m vom Brandplatz entfernte Grundwasserfassung für die Gemeinde Muttenz (BL) kann seither nur noch beschränkt genutzt werden.

3. Dezember 1984

Bophal (Indien)

Giftgaswolke

Aufgrund technischer Pannen wurden im Dezember 1984 in Bophal aus einem Chemiewerk rund 40 Tonnen Methylisocyanat (MIC) in die Atmosphäre freigesetzt. Die dadurch entstandene Giftgaswolke trieb dicht über dem Boden durch ein angrenzendes Elendsviertel mit ungefähr einer halben Million Einwohnern. Zwar sind genaue Opferzahlen nicht bekannt, aber Schätzungen zur Folge starben rund 1 600 Menschen sofort und rund 6 000 weitere an den unmittelbaren Nachwirkungen. Man geht davon aus, dass die Zahl der Opfer bis heute auf mindestens 20 000 Personen anstieg. Tausende erblindeten, unzählige erlitten Hirnschäden, Lähmungen, Lungenödeme, Herz-, Magen-, Nieren-, Leberleiden oder Unfruchtbarkeit. Heute noch leiden rund 100 000 Menschen unter chronischen und unheilbaren Krankheiten, die sich offensichtlich zum Teil weitervererben können.

10. Juli 1976

Seveso (Italien)

Dioxin-Freisetzung

Am 10. Juli 1976 kam es in einer Fabrik bei Seveso zu einer chemischen Kettenreaktion, die zu einer Explosion innerhalb eines Reaktionskessels führte. Zwischen ein und drei Kilogramm des hochgiftigen Dioxins wurde in die Umgebung freigesetzt. Die sich ausbreitende Giftwolke vergiftete 18 km² Land in dicht bevölkertem Gebiet. Wegen der katastrophalen Krisenkommunikation blieben die betroffenen Bevölkerungsteile tagelang in Unkenntnis, was zur Folge hatte, dass insgesamt 200 Menschen an schwerer Chlorakne erkrankt sind. Erst am 17. Juli schlossen die Behörden aufgrund des wachsenden öffentlichen Drucks die Fabrik. Nachdem umfassendere Analyseergebnisse vorlagen, mussten Ende Juli und Anfang August insgesamt 700 Personen das verseuchte Gebiet dauerhaft verlassen. Ob Todesopfer im direkten Zusammenhang zum Seveso-Unglück zu verzeichnen sind, konnte nie genau eruiert werden. Untersuchungen dokumentieren allerdings einen regionalen Anstieg verschiedener Krebsarten.

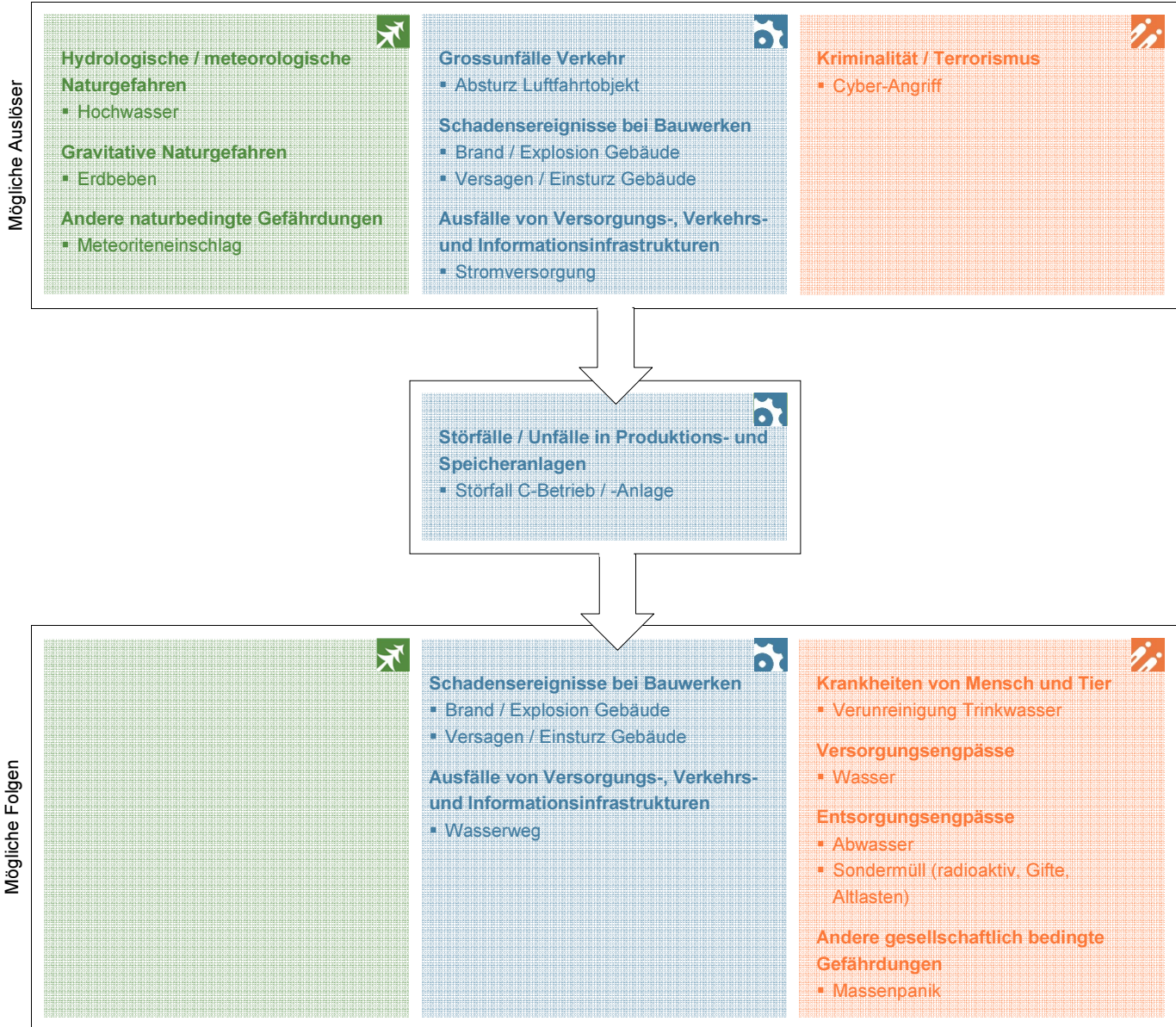
Einflussfaktoren

Diese Faktoren können Einfluss auf die Entstehung, Entwicklung und die Auswirkungen der Gefährdung haben.

Gefahrenquelle	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Menge der involvierten chemischen Stoffe ▪ Eigenschaften der involvierten chemischen Stoffe (Toxizität, Brennbarkeit, Explosivität, Aggregatzustände, Interaktion untereinander, etc.)
Zeitpunkt	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wochentag und Tageszeit (Personenexposition, Verfügbarkeit Einsatzkräfte, Berufsverkehr, Erreichbarkeit bei Warnungen, etc.) ▪ Jahreszeit (Personenexposition im Freien)
Ort / Ausdehnung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grossräumigkeit des Phänomens (regional oder lokal begrenzt) ▪ Merkmale des betroffenen Gebiets (Bevölkerungsdichte, Anteil Oberflächengewässer und Grundwasserträger, Landwirtschaftsanteil, Exposition von Sachwerten, usw.) ▪ Beschaffenheit Betrieb / Anlage und Gelände: <ul style="list-style-type: none"> - Fluchtmöglichkeiten für Betroffene und Zugänglichkeit für Rettung - eingebaute Sicherheitsmassnahmen (Rückhaltebecken, Detektionsanlagen, Sprinkler etc.) - Ansammlung von Stoffen in Senken
Ereignisablauf	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Freisetzungsmenge ▪ Ausbreitungs- und Wirkverhalten: <ul style="list-style-type: none"> - Freisetzung: spontan oder kontinuierlich (Grösse der Lecks / Dauer der Freisetzung) - Windstärke und -richtung - Zündung: keine / verzögert / sofort - spezielle Abläufe: z. B. Eindringen in Kanalisation, Bildung explosiver Dämpfe/Gase, Übertragung auf andere chemische Stoffe bzw. Gefahrgüter ▪ Fluchtmöglichkeiten und Verhalten der Betroffenen ▪ Verhalten von betroffenen Organisationen, Einsatzkräften und verantwortlichen Behörden ▪ Reaktion der Bevölkerung und der Politik

Abhängigkeiten

Dargestellt sind Ereignisse und Entwicklungen aus dem «Katalog möglicher Gefährdungen» des Bundesamts für Bevölkerungsschutz (BABS), die Auslöser oder Folge eines Störfalls in einem C-Betrieb oder -Anlage sein können.



Szenario

Intensität

In Abhängigkeit der Einflussfaktoren können sich verschiedene Ereignisse mit verschiedenen Intensitäten entwickeln. Die unten aufgeführten Szenarien stellen eine Auswahl von vielen möglichen Abläufen dar und sind keine Vorhersage. Mit diesen Szenarien werden mögliche Auswirkungen antizipiert, um sich auf die Gefährdung vorzubereiten.

1 - erheblich

- lokal begrenzt
- Rauchentwicklung mit geruchsbelästigenden Gasen
- spät am Abend
- ländliches Gebiet
- Kontrolle der Freisetzung nach wenigen Stunden
- windstill

2 - gross

- Brand mit Entwicklung von toxischen Gasen, Dämpfen und Aerosolen
- Lokal begrenzt
- Eintrag von Löschwasser in Gewässer
- Nahe städtischem Gebiet
- Morgen
- Kontrolle der Freisetzung nach einem Tag
- Leichter Wind

3 - extrem

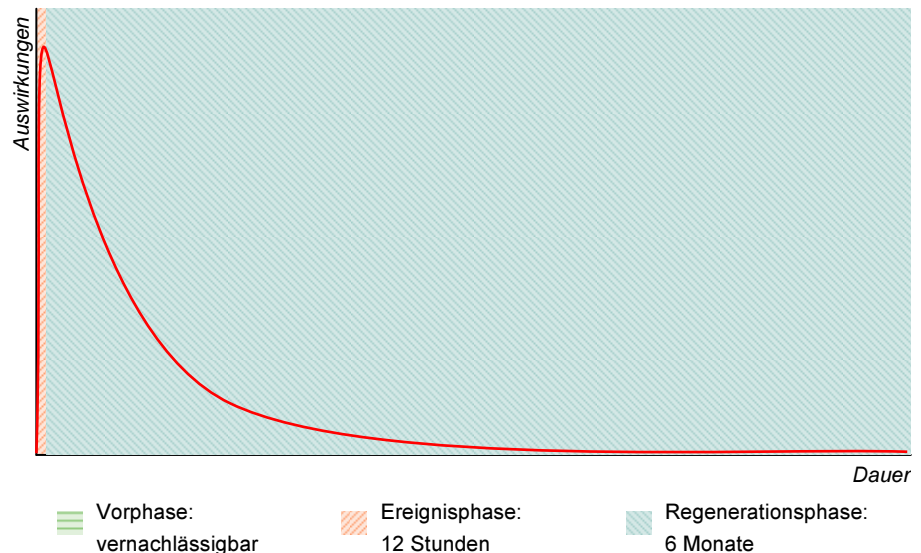
- regionale Dimension
- Brand mit Entwicklung von sehr toxischen Gasen, Dämpfen und Aerosolen
- Freisetzung karzinogener Substanzen
- Eintrag von toxischen Substanzen in Gewässer und Grundwasser
- Nahe städtischem Gebiet
- Nachmittag
- Kontrolle der Freisetzung nach drei Tagen
- leichter Wind

Wahl des Szenarios

Für dieses Beispiel ist das Szenario «gross» gewählt worden. Dieses Szenario ist in der Schweiz grundsätzlich vorstellbar, aber doch selten zu erwarten.

Ereignis

Ausgangslage / Vorphase	In einem Chemiebetrieb in städtischer Umgebung werden in einer Anlage Pestizide produziert. Die Produktion läuft im Dreischichtbetrieb.
Ereignisphase	<p>Während den frühen Morgenstunden (Rushhour) kommt es in der Pestizidproduktionsanlage zu einem Unfall. Dabei werden bei der Produktion eines 2-Tonnen-Batches irrtümlicherweise zwei Chemikalien verwechselt. Die Überhitzung der Reaktionslösung führt zum Bersten des Reaktors und zur Freisetzung von brennbaren Gasen mit einer nachfolgenden Explosion. Es kommt zur Ausbreitung von toxischen und geruchsbelästigenden Gasen, Dämpfen und Aerosolen, jedoch zu keiner Freisetzung von Dioxin.</p> <p>Durch herumfliegende Trümmer wird ein Tank mit Schwefelsäure stark beschädigt und leckgeschlagen. Auf dem Fabrikgelände entsteht zudem ein Folgebrand. Die starke Zerstörung des Fabrikareals behindert die Brandbekämpfung. Erst nach zwölf Stunden kann der Brand unter Kontrolle gebracht und eine weitere Emission von Schadstoffen unterbunden werden.</p>
Regenerationsphase	Die Behebung der Schäden des Betriebs und der umliegenden Wohnhäuser dauert sechs Monate.
Zeitlicher Verlauf	Die Ereignisphase dauert zwölf Stunden. Die Auswirkungen sind über ungefähr 6 Monate festzustellen (vgl. Abbildung).



Räumliche Ausdehnung	<p>Innerhalb des Fabrikareals, sowie in dessen unmittelbarer Nähe, entstehen grosse Schäden durch die Explosion und den nachfolgenden Brand.</p> <p>Die beim Brand entstehende starke Thermik sorgt dafür, dass die Brandgase grösstenteils in höher gelegene Luftschichten verfrachtet und dabei stark ver-</p>
----------------------	--

dünnt werden. Die benachbarte Autobahn und die angrenzende dicht besiedelte Wohnzone sind von toxischen Gasen (Stickoxide [NO_x], Blausäure [HCN], Schwefeldioxid [SO₂], Schwefelwasserstoff [H₂S], Chlorwasserstoff [HCl], Phosgen [COCl₂]), Rauch und Brandruss sowie von übel riechenden Chemikalien betroffen. Das durch die Immission der Brandgase betroffene Gebiet ausserhalb des Fabrikareals umfasst eine Fläche von ca. 2 km².

Auswirkungen

Personen

Im Gebäude, in dem sich der Reaktor befindet, ist durch die Explosion mit drei Todesopfer zu rechnen sowie einige Schwerverletzte zu beklagen. Etwa 60 Belegschafts-angehörige und Anwohner erleiden leichte bis mittelschwere Verletzungen durch Glassplitter, Mauerwerktrümmer und Verbrennungen.

Es entsteht eine Geruchsbelästigung über mehrere km², vorerst ist jedoch unklar, ob dabei auch eine Gefährdung für die Bevölkerung besteht. Der Geruch und Rauch bewirkt, dass die Anwohner die Umgebung so schnell wie möglich verlassen wollen. Dies führt lokal zu einem Verkehrschaos, in welchem sich mehrere Unfälle ereignen.

Die Polizei, als erstes am Unglücksort eingetroffen, sperrt grossräumig ab, beurteilt die Lage und versucht die Menschen zu beruhigen. Zufahrtswege werden gesperrt und der Verkehr umgeleitet. Weiterführende Rettungsmassnahmen können durch die Polizei nicht eingeleitet werden, da die Massgabe des Eigenschutzes gilt.

Die Notrufzentrale, welche die Alarmmeldung entgegengenommen hat, löst nach Bekanntwerden der Dimension des Unglücks umgehend die notwendigen weiteren Aufgebote aus und wenige Minuten nach Eintreffen der Polizei sind auch Sanität, Feuerwehr und Chemiewehr am Ereignisort. Angesichts der Grösse des Ereignisses werden auch Kräfte aus den umliegenden Gemeinden aufgeboten.

Angehörige der Chemie- und Feuerwehr begeben sich im Vollschutz auf das Gelände und beginnen, das Feuer zu löschen. Gleichzeitig werden die Verletzten geborgen und versorgt. Nach der Triage und nach einer medizinischen Erstversorgung werden die Verletzten auf verschiedene Spitäler in der ganzen Schweiz verteilt.

Auch eine Messgruppe ist angekommen und beginnt damit, an verschiedenen Orten die freigesetzten Stoffe und deren Konzentration zu bestimmen. Bis zur Feststellung deren Art und Menge gilt ein Radius von 50 m als hochgradig lebensgefährlich. Zusätzlich werden die Einwohner in der Abwindrichtung über Lautsprecherwagen und Radio aufgefordert, Fenster und Türen geschlossen zu halten, dies betrifft etwa 100 Personen. Trotzdem klagen mehrere Mitarbeiter und Anwohner über Atemprobleme. Sie werden ärztlich betreut.

Rund zwei Stunden nach der Explosion wird von der Messgruppe festgestellt, dass das Gas sich soweit verflüchtigt hat, dass die Konzentration nicht mehr gesundheitsgefährdend ist. Die Einsatzkräfte bleiben jedoch den ganzen Tag

vor Ort, an der Unglücksstelle kehrt langsam Ruhe und Ordnung ein.

Einige Angehörige der Einsatzkräfte benötigen im Anschluss an die Ereignisbewältigung psychologische Betreuung, um das Erlebte zu verarbeiten.

Umwelt

Im engeren Abwindgebiet setzt sich Russ auf dem Boden und den Pflanzen ab. Daneben gelangt Löschwasser mit ökotoxischen Chemikalien in die Kanalisation und fliesst zum Teil durch den Überlauf der Abwasserreinigungsanlage direkt in die Gewässer. Die betroffenen Ökosysteme können sich schnell wieder regenerieren.

Wirtschaft

Innerhalb des Fabrikareals entstehen grosse Schäden durch die Explosion und den nachfolgenden Brand. Durch die Druckwelle der Explosion bersten die Verglasungen der umliegenden Gebäude. Mauerwerkswände werden teilweise eingedrückt. Die Trümmerwirkung und der Russ führen zu weiteren Schäden an Gebäuden, Infrastruktur und Fahrzeugen.

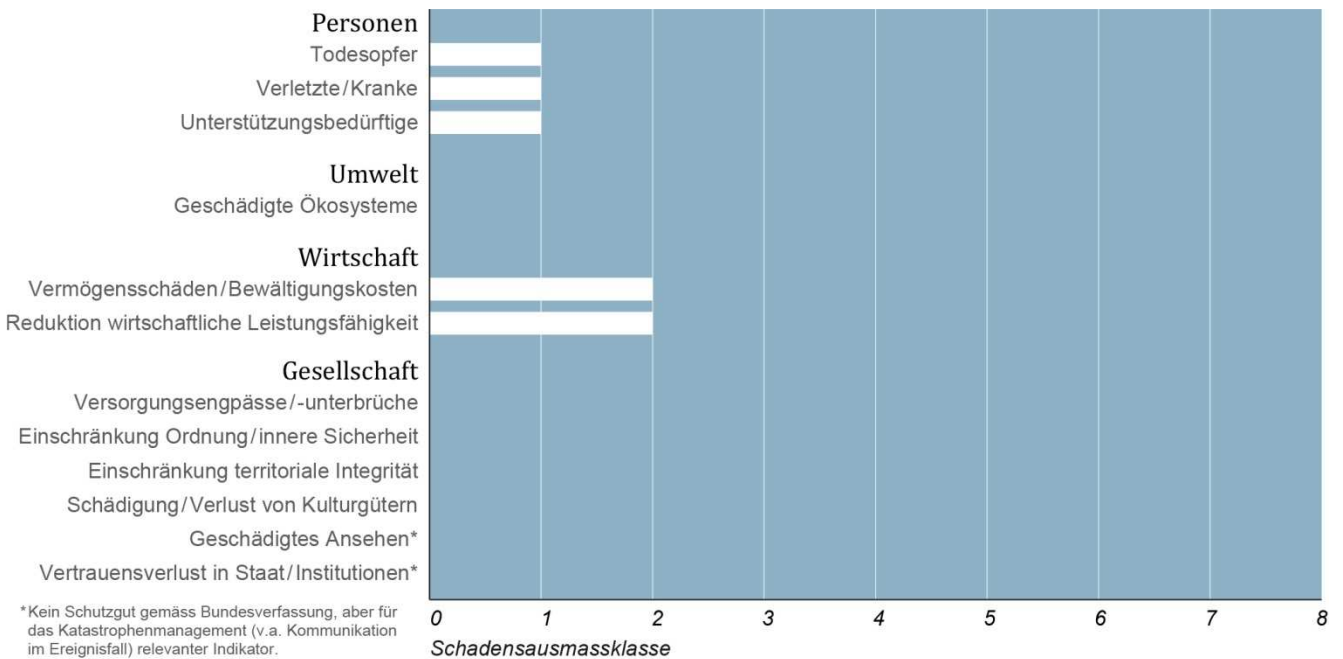
Die Kosten der Bewältigung (Kosten der Einsatzkräfte, Dekontamination, Entsorgung von Sondermüll usw.) und die Vermögensschäden belaufen sich auf etwa 70 Mio. CHF. Die indirekten wirtschaftlichen Auswirkungen betragen weitere 120 Mio. CHF.

Gesellschaft

Aufgrund der Explosion, der Rauchentwicklung und der Dekontaminationsarbeiten wird die benachbarte Autobahn vorübergehend geschlossen. Der Verkehr wird lokal umgeleitet.

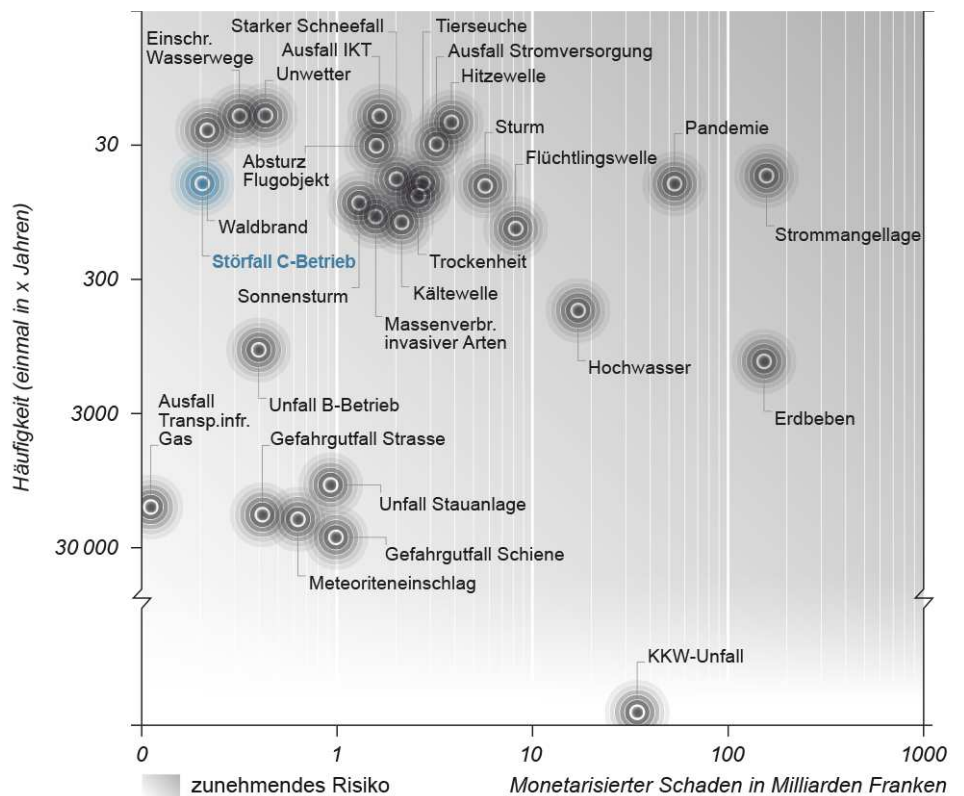
Auswirkungsdiagramm

Dargestellt ist das erwartete Ausmass pro Schadensindikator im beschriebenen Szenario. Pro Ausmassklasse nimmt der Schaden um den Faktor 3 zu.



Risikodiagramm

Dargestellt ist das Risiko des beschriebenen Szenarios zusammen mit den anderen Gefährdungsszenarien, die analysiert wurden. Je weiter rechts und oben ein Szenario liegt, desto grösser ist dessen Risiko. Mutwillig herbeigeführte Ereignisse sind den Plausibilitätsklassen zugeordnet, die anderen den Häufigkeitsklassen. Die Schäden sind aggregiert und monetarisiert dargestellt.



Grundlagen und Referenzen

Verfassung	▪
Gesetz	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bundesgesetz vom 7. Oktober 1983 über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG); SR 814.01. ▪ Bundesgesetz vom 24. Januar 1991 über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG); SR 814.20. ▪ Bundesgesetz vom 4. Oktober 1963 über Rohrleitungsanlagen zur Beförderung flüssiger oder gasförmiger Brenn- oder Treibstoffe (Rohrleitungsgesetz, RLG); SR 746.1.
Verordnung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verordnung 27. Februar 1991 über den Schutz vor Störfällen (Störfallverordnung, StFV); SR 814.012. ▪ Verordnung vom 18. August 2010 über die Warnung und Alarmierung (Alarmierungsverordnung, AV); SR 520.12. ▪ Rohrleitungsverordnung (RLV) vom 2. Februar 2000; SR 746.11.
weitere rechtliche Grundlagen	▪
sonstige Quellen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), 1992, Handbuch III zur Störfallverordnung, StFV, Richtlinien für Verkehrswege. ▪ Eidgenössische Kommission für ABC-Schutz (Hrsg.), 2009, Szenario 11: Unfall in stationärer Anlage eines chemischen Betriebs. Technisches ABC-Schutzkonzept, Broschüre Nr. 5. ▪ Gebäudeversicherung Kanton Zürich, 2005, ABC-Einsatzunterlagen für die Oel-, Chemiewehr, Feuerwehr und Strahlenwehr. Ausgabe Februar 2002, Ergänzungen April 2005. ▪ Hommel, G. (Hrsg.), 2009, Handbuch der gefährlichen Güter. Gesamtwerk: Erläuterungen I und Synonymliste. Erläuterungen II. Merkblätter 1-2708. Transport- und Gefahrenklassen. 23., neu bearb. Aufl., Springer. ▪ Kantonaler Führungsstab Aargau, Abteilung für Militär und Bevölkerungsschutz (AMB), 2007, Szenario T7: Chemieunfall Werk. Gefährdungsanalyse Kanton Aargau.
Bildquelle	▪ Keystone