

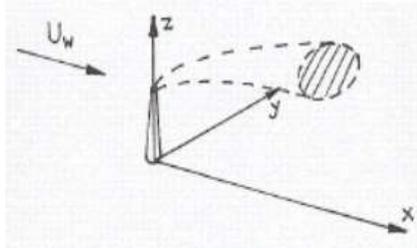


Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

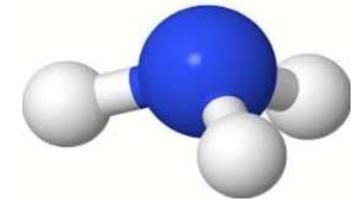
Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Umwelt BAFU
Abteilung Gefahrenprävention

Störfallvorsorge bei Ammoniakkälteanlagen



**GSK Managementtagung
Kloten, 15. August 2024**



Michael Hösli
Bundesamt für Umwelt,
Sektion Störfall- und Erdbebenvorsorge

Peter Christen
EBP Schweiz AG
Geschäftsbereich Sicherheit

«Geburtsstunde» der Störfallvorsorge in der Schweiz

Schweizerhalle 1. November 1986

13 Der Bund Bern, Dienstag 25. November 1986

SCHWEIZ

137. Jahrgang Nr. 276 Der Bund 1

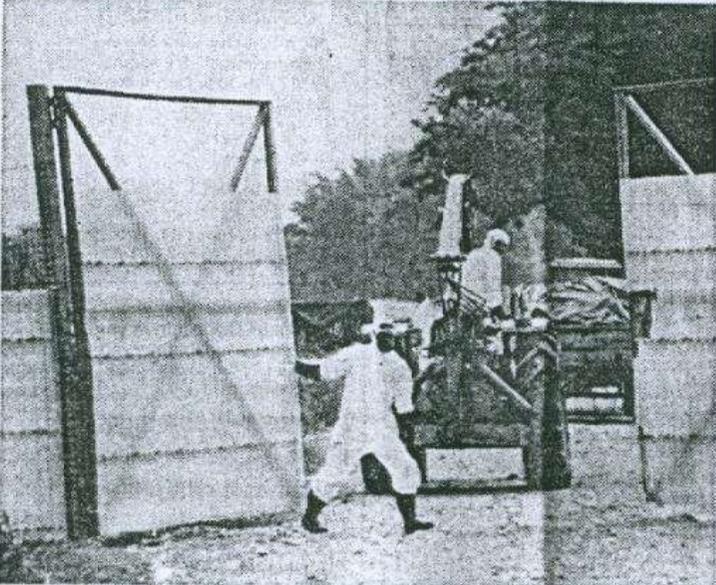
Betreffend Vorschriften zur Verhütung von Industriekatastrophen befindet sich unser Land im Hintertreffen: Seveso-Richtlinien der EG könnten ein Vorbild sein

Seveso bis Schweizerhalle: Die Schweiz hat geschlafen

Die Schweiz ist – im Vergleich zu andern europäischen Staaten – mit ihren staatlichen Vorschriften zur Verhütung von Industriekatastrophen und zur Verminderung von deren Folgen im Hintertreffen. Die EG-Staaten unterliegen seit der Einführung der «Seveso-Richtlinie» von Brüssel aus einem bedeutend strengeren Regime.

Im Oktober 1985 fand bei der Internationalen Arbeits-Organisation ein Expertentreffen über die Verhütung grosser Industriekatastrophen statt. Die Überraschung unter den Fachleuten war damals, dass bisher nirgends in der Welt ein Katastrophenschutzsystem aufgebaut worden war, wie es durch die «Seveso-Richtlinien» der EG angestrebt wird – auch nicht in der Schweiz. Die Schweiz hatte nicht einmal einen Experten an die Tagung entsandt. Das Bundesamt für Umweltschutz erklärte, in der Schweiz könne noch nicht mit der Ausarbeitung von Vorschriften nach dem Muster der «Seveso-Richtlinien» begonnen werden, und die Kompetenz für den Fall industrieller Katastrophen liegt

Von unserem Mitarbeiter Jörg Thalmann, Brüssel



In zehn Jahren – von Seveso (links) bis Schweizerhalle (rechts) – nichts gelernt? Ist die Schweiz punkto Katastrophenverhinderung ins Hintertreffen geraten? (k)

gehen. Der Ministerrat diskutiert an einer der Umweltpolitik gewidmeten Tagung unter anderem über die Sandoz-Katastrophe und die Befolgen der EG

1980 im EG-Mitgliedland Italien, als – schon damals in der Filiale einer Schweizer Firma, nämlich der von Hoffmann-La Roche, die Produktion

schritten wird und die Vorschriften der Direktive angewendet werden müssen; das geht von 1000 Tonnen beim Schwe-

ten zu entgehen. Dann definierten sie noch, was ein «schwerer Unfall» ist und bestimmten die Minimalanforderungen



Die Störfallverordnung (StFV)

Inkraftsetzung am 1. April 1991 - Geltungsbereich



153 Anlagen mit ≥ 2 t NH₃

Quelle: ERKAS 2021



1'400 km Eisenbahnlinien



7'800 km Strassen



2'500 km Gas- und Ölleitungen



Störfallvorsorge

Was und wie ...

Ziel

Schutz der Bevölkerung und Umwelt vor schweren Schädigungen infolge von Störfällen.

Störfall = Ein ausserordentliches Ereignis, bei dem erhebliche Einwirkungen ausserhalb des Betriebsareals auftreten.

Erhebliche Einwirkungen = Freisetzung von Stoffen, die ausserhalb der Anlage sichtbar (z.B. Rauchentwicklung) und wahrnehmbar sind (z.B. starke Geruchsbelästigung) und die Bevölkerung oder die Umwelt beeinträchtigen. Zudem können der Einsatz der Ereignisdienste und die Erteilung von Verhaltensanweisungen die Bevölkerung in der Umgebung beunruhigen.

Schwere Schädigung = Eine schwere Schädigung liegt vor, wenn der Störfallwert eines Szenarios grösser oder gleich 0.3 ist; dies bedeutet beispielsweise ≥ 10 Todesopfer oder ≥ 1 Mio m³ verunreinigtes oberirdisches Gewässer.

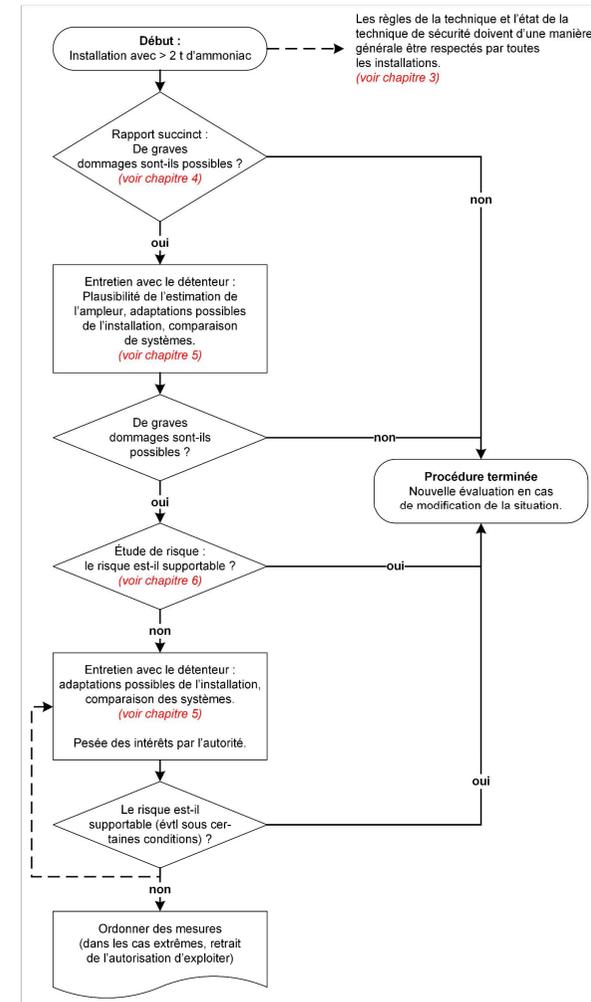


Störfallvorsorge

Was und wie ...

Grundsätze

- Stand der Sicherheitstechnik;
- Tragbarkeit des Risikos;
- Kontrollierte Eigenverantwortung.





Ein Blick zurück.....

SRF Tagesschau vom 1. November 1996



Bezugsquelle; <https://www.srf.ch/play/tv/tagesschau/video/erlassung-der-stoerfall-verordnung-fuer-alle-chem---?urn=urn:srf:video:a001b377-f300-475f-927c-db84030b4537>



Störfallvorsorge bei Kälteanlagen

Bericht im Auftrag des BAFU, Mai 2015

Wie ermittle ich das Schadenspotential?

- Stufe Unterstellungskriterien
- Stufe Kurzbericht (worst case)
- Stufe Risikoermittlung (W x A)

Sicherheitsmassnahmen

Übersicht zu den Regeln der Technik, dem Stand der Sicherheitstechnik und zu weiterführenden Massnahmen

Systemvergleich

Hinweise für eine einfache Nutzwertanalyse





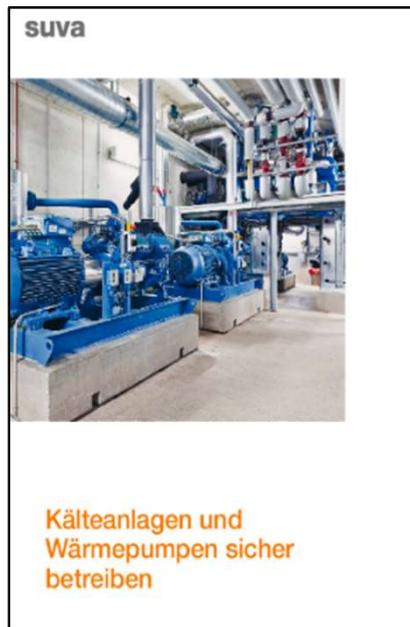
Störfallvorsorge bei Kälteanlagen

Aktualisierung Bericht, Juli 2023

+ Inputs aus der Vollzugspraxis



TRAS 110, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, September 2021



Kälteanlagen und Wärmepumpen sicher betreiben, SUVA, August 2018 → Juli 2023



DIN EN 378, Kälteanlagen und Wärmepumpen, Januar 2020

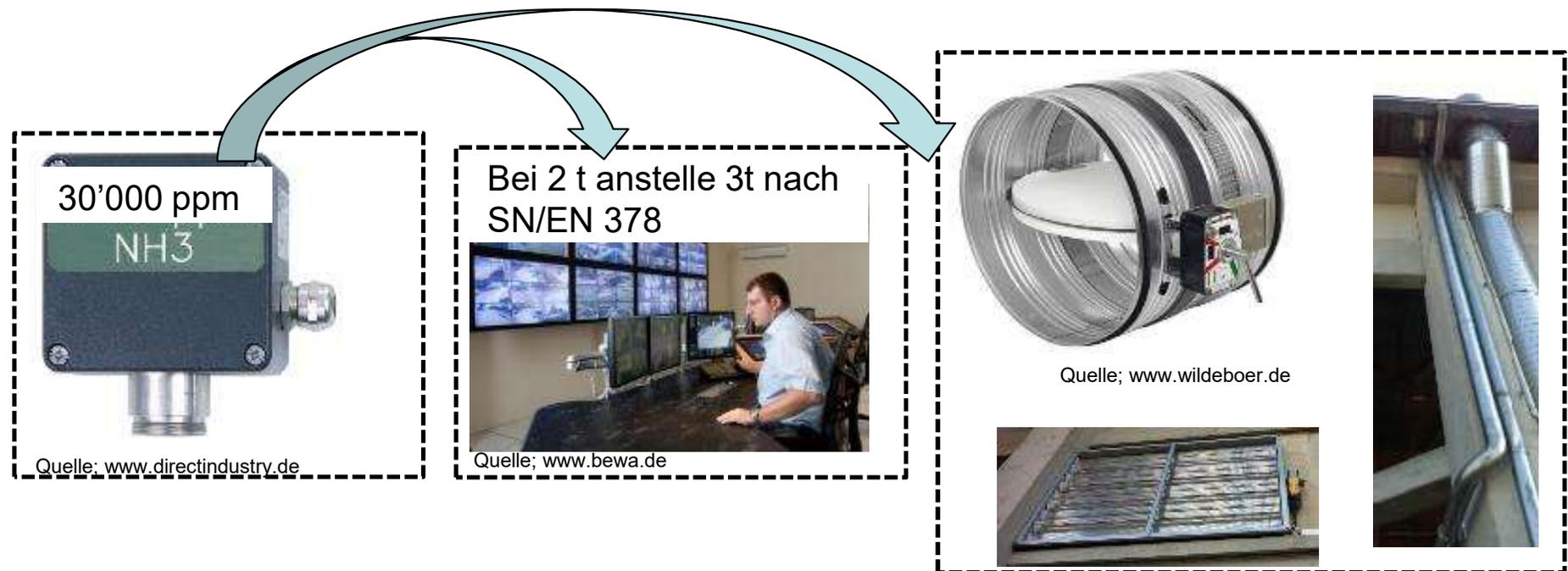


Störfallvorsorge bei Kälteanlagen

Aktualisierung Bericht

Beispiel Testen der Sicherheitskette

«Gemäss den Vorgaben des Inverkehrbringers bzw. des Betreibers, wird das Zusammenspiel aller sicherheitsrelevanten Systeme von Sensoren über Aktoren bis hin zur Alarmierung, welche im Störfall relevant sind, auf deren Funktionsfähigkeit getestet.»





Störfallvorsorge ist eine Daueraufgabe

Beispiele von Ereignissen (i)



27. März 2019: Beschädigung Leitung des Kollektors bei Fräsarbeiten im Straubinger Eisstadion (DE)

Quelle: [Straubing: Ammoniak-Austritt: Wer trägt die Verantwortung? - Stadt Straubing - idowa](#)



Störfallvorsorge ist eine Daueraufgabe

Beispiele von Ereignissen (ii)



Ammoniak-Unfall in der Eishalle Herrenried in Hohenems (09.10.2023)

Ursache: undichter Absperrhahn führt bei Wartungsarbeiten zu einem NH_3 -Austritt (Flüssigphase)

Quelle: rheintaler.ch (<https://www.rheintaler.ch/artikel/ammoniak-unfall-in-der-eishalle-herrenried-in-hohenems/>)



Störfallvorsorge ist eine Daueraufgabe

Beispiele von Ereignissen (iii)

Que s'est-il passé aux patinoires?

NEUCHÂTEL Des travaux pour préparer la glace de la patinoire principale ont causé une fuite de gaz toxique. On fait le point.

Le pire a été évité, mardi, aux patinoires du Littoral, à Neuchâtel. Le percement d'un tuyau a entraîné une fuite d'ammoniac, un gaz qui peut être mortel en cas d'exposition à une forte concentration.

«L'incident s'est produit sur une bordure de la piste principale», explique le Service de communication de la Ville. Une conduite dans laquelle est injectée de l'ammoniac a été endommagée lors de travaux pour la réouverture de la saison de glace, dans le courant du mois d'août.

Valeurs en dessous des capteurs

Les agents d'exploitation ont immédiatement alerté les pompiers. Ceci, avant même

de molécules du gaz réfrigérant dans un million de molécules d'air. «Durant l'intervention de mardi, les mesures sur site n'ont pas dépassé 200 ppm», précise la Ville.

Le personnel des patinoires a aussi prévenu le restaurant et le minigolf, qui se trouvent juste à côté des patinoires. L'ensemble des occupants des lieux, entre douze et quinze personnes, ont été évacués.

Les patinoires et leurs alentours ont été fermés entre 11h et 17h environ pour garantir la sécurité de toutes et tous. L'opération, comprenant une ventilation, a duré près de quatre heures.

Exposés à la fuite d'ammoniac, deux ouvriers s'étaient rendus à l'hôpital pour un contrôle. «L'incident s'est ré-

déjà produite le 11 avril dernier. C'était quelques jours avant l'ouverture du Salon de l'immobilier neuchâtelois. Un exposant avait pris l'initiative de percer la dalle pour installer un stand. Cela est pourtant formellement interdit, selon les conditions contractuelles émises par le Service communal des sports.

Risques analysés

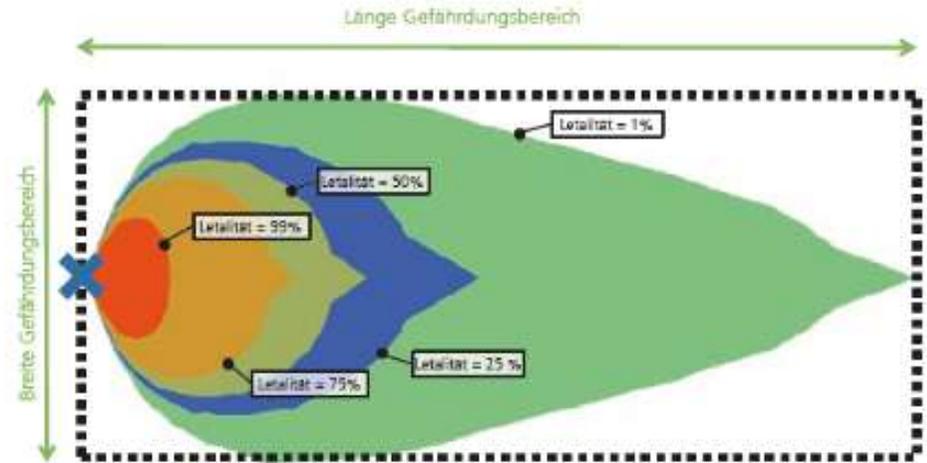
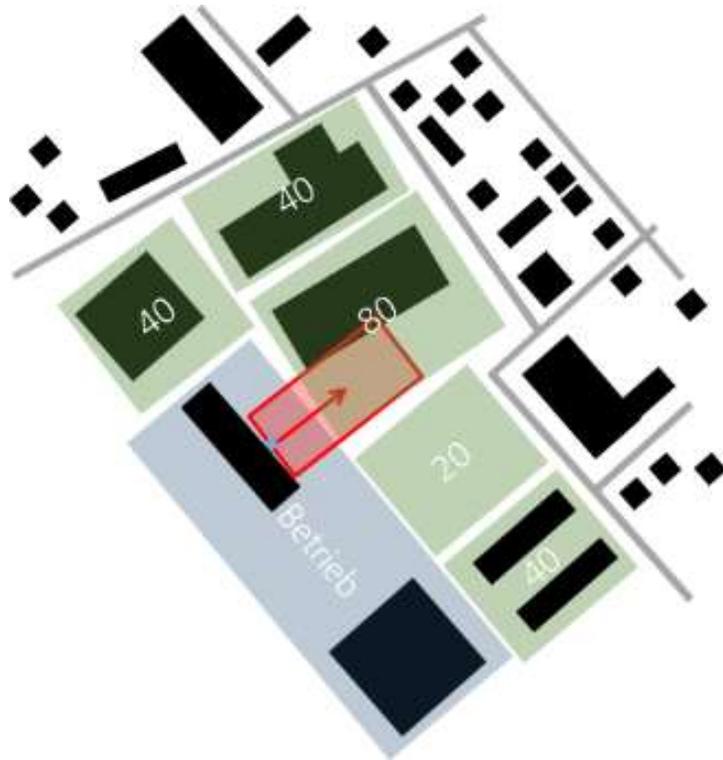
Le système de refroidissement date de la construction des patinoires, en 1986. La Ville informe qu'un service annuel est effectué par une entreprise spécialisée dans l'entretien des compresseurs. «Des investissements sont réalisés régulièrement afin d'assurer le bon fonctionnement des installations et de maintenir la sécurité.»

Le Service cantonal de l'envi-

16. Juli, 2024: Austritt von Ammoniak in den Patinoires du Littoral

Quelle: L'Express Neuchâtel

Der Bericht «Störfallvorsorge bei Kälteanlagen»



Der Bericht «Störfallvorsorge bei Kälteanlagen»

Autoren und Expertengruppe

- Expertengruppe

- suva
 - Dr. M. Juch
- Schweizerische Gesellschaft für Kunsteisbahnen (GSK)
 - M. Bertozzi
- Association Suisse du Froid (ASF) / Schweizerischer Verband für Kältetechnik
 - P. Chatelan
 - P.-A. Giroud
- SSP Kälteplaner AG, Vertretung Schweizerischer Verein für Kältetechnik (SVK)
 - M. Bernhofen
 - B. Schmutz
- Roche AG
 - C. Stirnimann
- Amt für Umwelt und Energie des Kantons Luzern, Risikovorvorsorge und Tankanlagen
 - D. Burkart
- Kantonales Laboratorium Basel-Stadt, Chemie- und Biosicherheit
 - T. Christen
- Amt für Natur und Umwelt des Kantons Graubünden
 - A. Degonda
- Amt für Verbraucherschutz des Kantons Aargau, Chemiesicherheit
 - A. Feurer
- Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich (AWEL)
 - Dr. D. Huber
- Kantonales Laboratorium Bern, Umweltsicherheit
 - Dr. Ph. Kindler



Aufbau des Berichts

Hauptteil

Einleitung

- Zielsetzung und Aufgabenstellung
- Verschiedene Kältemittel
- Fokus
- Vollzug der StFV bei Ammoniak-Kälteanlagen und -Wärmepumpen: genereller Ablauf

1. Anlagenbeschreibung

2. Unterstellung unterhalb der Mengenschwelle

3. Regeln der Technik / Stand der Sicherheitstechnik

4. Kurzbericht: Schadensausmass einschätzen

5. Systemvergleich von Kälteanlagen

6. Risikoermittlung

Glossar

Literaturverzeichnis

Weitere relevante Quellen



Aufbau des Dokuments

Anhänge

A1 Auswertungen von Störungen und Störfällen

A2 Auswertung bestehender Risikoermittlungen und Kurzberichte

A3 Herleitung der Unterstellungskriterien

A4 Gebäudeschutz

A5 Ausbreitung toxische Wolke: Annahmen auf Stufe Kurzbericht

A6 Personenaufkommen bei Spezialsituationen



Sicherheitsmassnahmen

Grundsätze

- Die Regeln der Technik sind sowohl bei Neuanlagen als auch bei bestehenden Anlagen umzusetzen.
- Für Neuanlagen sind zudem alle Massnahmen nach dem Stand der Sicherheitstechnik gemäss Kapitel 3.2.2 umzusetzen. Die aufgeführten Massnahmen werden als wirtschaftlich tragbar erachtet.
- Bei bestehenden Anlagen legt der Inhaber eigenverantwortlich fest, welche der aufgeführten Massnahmen zum Stand der Sicherheitstechnik wirtschaftlich tragbar sind.



Sicherheitsmassnahmen

Zusätzliche Sicherheitsmassnahmen

Grundsätze

- Zusätzliche Sicherheitsmassnahmen gelten für Anlagen, deren Risikosummenkurve im W/A-Diagramm im Übergangsbereich oder im nicht akzeptablen Bereich liegt.
- Es ist situativ zu prüfen, ob diese Massnahmen auch für die Risikoreduktion bei der betrachteten Anlage zielführend sind.

Beispiele

- Aussenluftbeimischung;
- Thermische Isolation der Auffangwanne unter dem Abscheider;
- Installation eines Luftwäschers;
- Schleuse beim Zugang zum Maschinenraum;
- Interventionsanschluss am Maschinenraum (Auer-Anschluss);
- Kunsteisbahnen: Aktive Medienkühlung für den Sommerbetrieb.



Vorschlag für Alarmwerte

Warnwert	
<ul style="list-style-type: none">– 50 ppm– optischer / akustischer Alarm– nur intern (mindestens Pikettorganisation)	
Voralarm	
<ul style="list-style-type: none">– 200 ppm– optischer / akustischer Alarm– nur intern (mindestens Pikettorganisation)– Notlüftung wird aktiviert	
Hauptalarm	
<ul style="list-style-type: none">– 1'000 ppm– optischer / akustischer Alarm– nur intern (mindestens Pikettorganisation)– Notlüftung läuft weiter (Hinweis: Bei empfindlichen Einrichtungen in der nahen Umgebung ist die technische Ausgestaltung der Lüftung darauf abzustimmen, bspw. mit einer Aussenluftbeimischung)	
Prozesskälteanlagen	Übrige Kälteanlagen u. Wärmepumpen
<ul style="list-style-type: none">– Kälteanlage läuft weiter (Sicherheitskonzept zeigt Vorgehen bei der Prozessanlage auf, z.B. kontrolliertes Herunterfahren).	<ul style="list-style-type: none">– Kälteanlage wird heruntergefahren und ausgeschaltet.– Schnellschlussventile werden geschlossen, die Entlastung wird mittels Überströmventilen sichergestellt.
Interventionsalarm	
<ul style="list-style-type: none">– 30'000 ppm– optischer / akustischer Alarm– interne und ständig besetzte Stelle (Werkschutz/Pförtner oder externe Einsatzkräfte): automatische Alarmierung. <i>Während der Arbeitszeit ist von entsprechend geschultem Personal eine Erkundungsverzögerung zulässig.</i>– Lüftung wird ausgeschaltet (Nachströmöffnungen werden geschlossen, die Entlüftungsklappe bleibt zur Druckentlastung offen)	
Prozesskälteanlagen	Übrige Kälteanlagen u. Wärmepumpen
<ul style="list-style-type: none">– Kälteanlage wird gesichert heruntergefahren und ausgeschaltet (Schnellschlussventile werden geschlossen, die Entlastung wird mittels Überströmventile sichergestellt)– Maschinenraum wird spannungsfrei geschaltet	<ul style="list-style-type: none">– Der Maschinenraum wird spannungsfrei geschaltet.



Ausmassabschätzung auf Stufe Kurzbericht

Verteilung des Ammoniaks in der Anlage

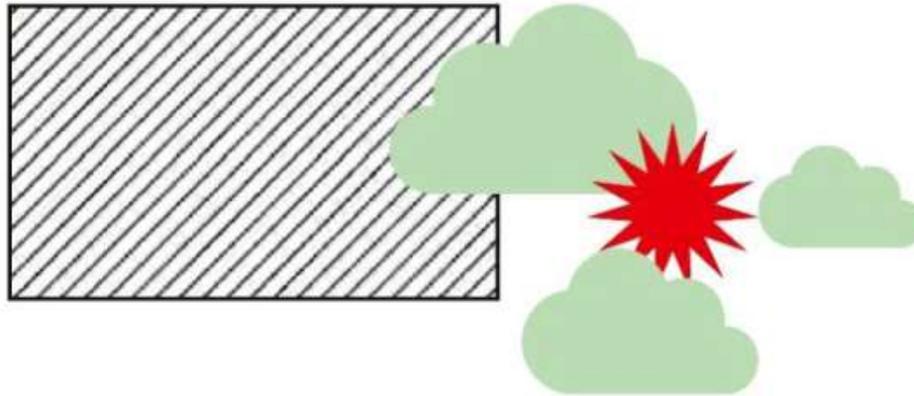
Relative Verteilung des Ammoniaks	K_A Abscheider und Kondensatleitung	K_K Kondensator	K_V Verdampfer
<i>Kreislaufotyp</i>			
Typ 1: Direktverdampfung / Direktverflüssigung	0.2	0.4	0.4
Typ 2: Kälteträger / Direktverflüssigung	0.15	0.6	0.25
Typ 3: Direktverdampfung / Wärmeträger	0.2	0.2	0.6
Typ 4: Kälteträger/ Wärmeträger	0.1	0.3	0.6
Typ 5: Direktverflüssigung / Direktverdampfung CO ₂	0.15	0.6	0.25
Typ 6: Wärmeträger / Direktverdampfung CO ₂	0.1	0.3	0.6
Typ 7: Luftgekühlte Kälteträgeranlage, vollständig im Freien aufgestellt		1.0 ⁶	
Quelle: Expertenschätzung			



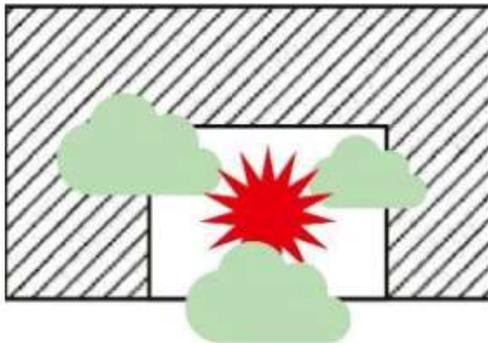
Ausmassabschätzung auf Stufe Kurzbericht

Freisetzungsort

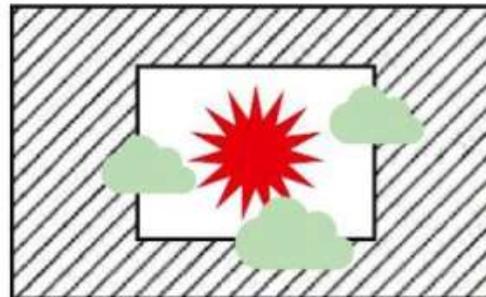
FREISETZUNG
IM FREIEN



FREISETZUNG IN AN DER
FASSADE GELEGENEM RAUM



FREISETZUNG
IN GEFANGENEM RAUM





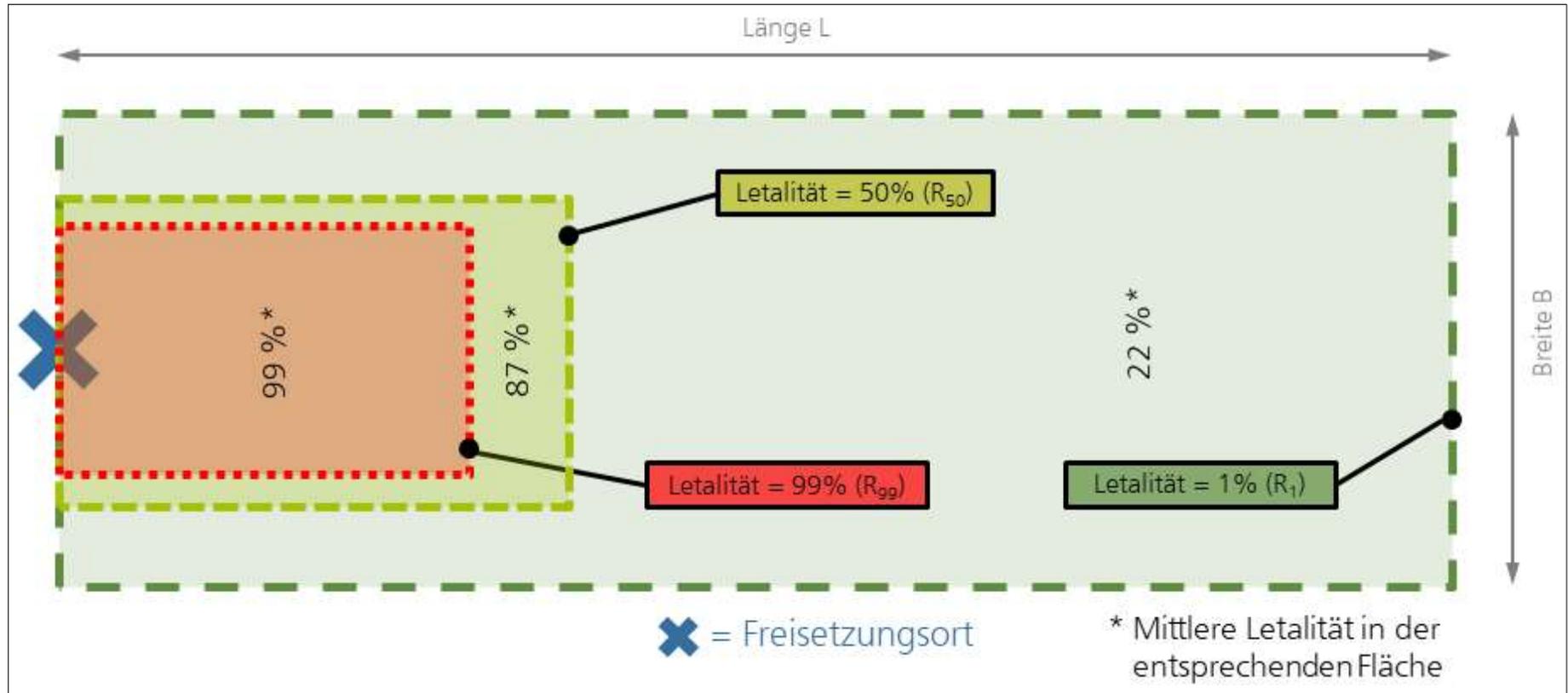
Ausmassabschätzung auf Stufe Kurzbericht

Korrekturfaktor für den Freisetzungsort

Freisetzungsort	Im Freien		Im Gebäude, angrenzend an Fassade		via Lüftung		Im Gebäude, gefangener Raum	
	KA	WP	KA	WP	KA	WP	KA	WP
Weg ins Freie			via Fassaden- (Ausnahme)		via Lüftung (Regelhaft)		via Lüftung	
$\text{Freisetzungsrate} = \text{Gesamtmenge} \times \text{Verteilfaktor} \times \text{Ortsfaktor} / 600$								
Quellterm	Kontinuierlich		Kontinuierlich		Kontinuierlich		Kontinuierlich	
	KA	WP	KA	WP	KA	WP	KA	WP
Gas	20 %	40 %	20 %	40 %	20 %	40 %	20 %	40 %
Aerosol	80 %	60 %	40 %	60 %	40 %	60 %	40 %	60 %
Lache	0 %	0 %	40 %	0 %	40 %	0 %	40 %	0 %
Wolken- teil ⁴⁴	100 %	100 %	60 %	100 %	20 %	40 %	20 %	40 %
	(Gas + Aerosol)		(Gas + Aerosol)		(nur Gas)		(nur Gas)	
K_{Ort}	1.0	1.0	0.6	1.0	0.2	0.4	0.2	0.4

Ausmassabschätzung auf Stufe Kurzbericht

Vereinfachte Letalitätsbereiche





Ausmassabschätzung auf Stufe Kurzbericht

Spezialsituationen (i)

Bestimmen des Gefährdungsbereichs

Gefährdungsbereich							
Freisetzungsrate	0.5 kg/s	1 kg/s	2 kg/s	3 kg/s	4 kg/s	5 kg/s	6 kg/s
Länge [m]	45	48	75	100	120	130	140
Breite [m]	10	25	35	50	50	60	60

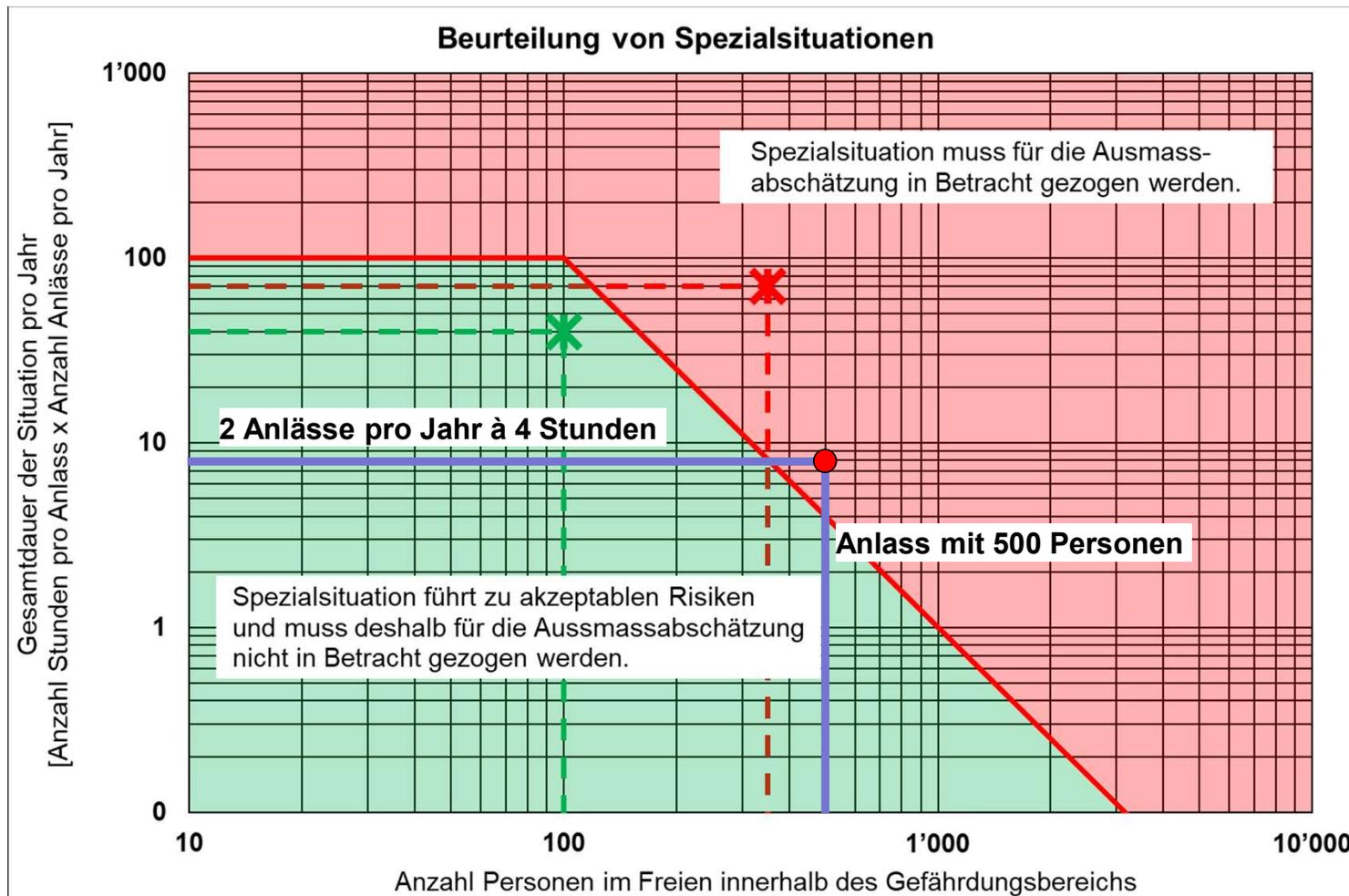




Ausmassabschätzung auf Stufe Kurzbericht

Spezialsituationen (ii)

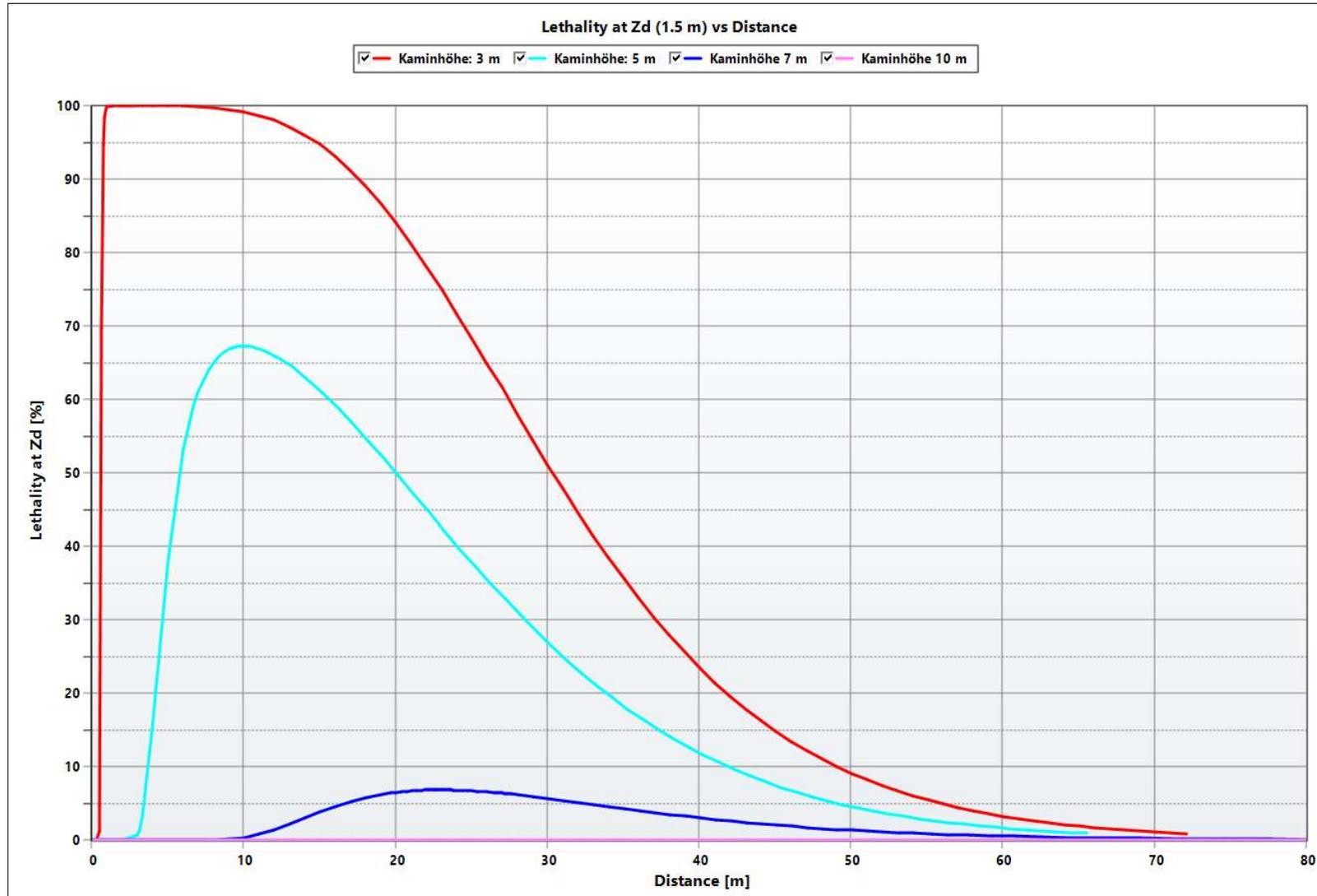
Entscheidungsdiagramm





Ausmassabschätzung auf Stufe Kurzbericht

Einfluss der Freisetzungshöhe





Systemvergleich (i)

Situative Randbedingungen

- Anwendungsgebiet;
- Temperaturbereich;
- Notwendige Kühlleistung;
- Verfügbarer bzw. notwendiger Platz für die vorgesehenen Anlagenteile (insbesondere bei Umbauten innerhalb bestehender Gebäudestrukturen).

Kriterien für einen einfache Systemvergleich

- Störfallvorsorge (Schadensausmass);
- Arbeitssicherheit;
- Investitions- und Betriebskosten;
- Energieeffizienz.



Systemvergleich (ii)

Vereinfachtes Beurteilungsschema

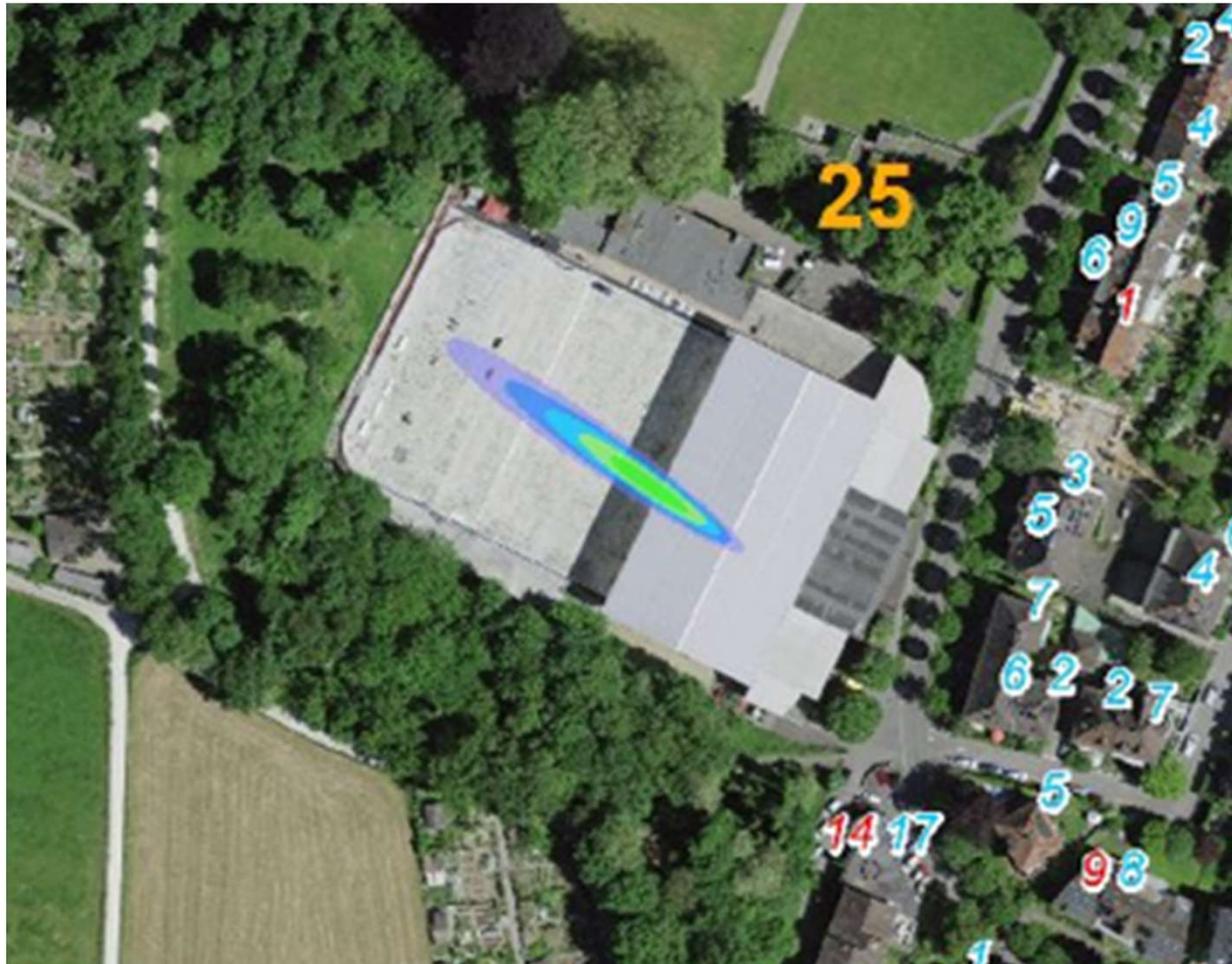
Aspekte	Vorschlag Inhaber	Variante A	Variante B
	<i>Feldkühlung direkt mit NH₃</i>	<i>Feldkühlung indirekt mit Glykol 35%</i>	<i>Feldkühlung indirekt mit CO₂</i>
Störfallvorsorge (Schadensaumass)	(Qualitative Angabe)		
Arbeitssicherheit			
Erstellungskosten je Piste [CHF]	(Quantitative Angabe)		
Erstellungskosten insgesamt [CHF]			
* Gesamtinvestitionskosten laufendes Projekt [CHF]			
* Jahresumsatz am Standort [CHF]			
* Anzahl Arbeitsplätze am Standort			
Energiebedarf [MWh/Jahr]			
Energiekosten [CHF/Jahr] (Basis: x Rp/kWh)			
Wirkungsgrad [%] ³²			
Relativer Energieverbrauch offenes Eisfeld	100 %	X %	Y %



Spezielle Abklärungen

Beispiel KEB St. Margarethen

Berücksichtigung der Freisetzungshöhe

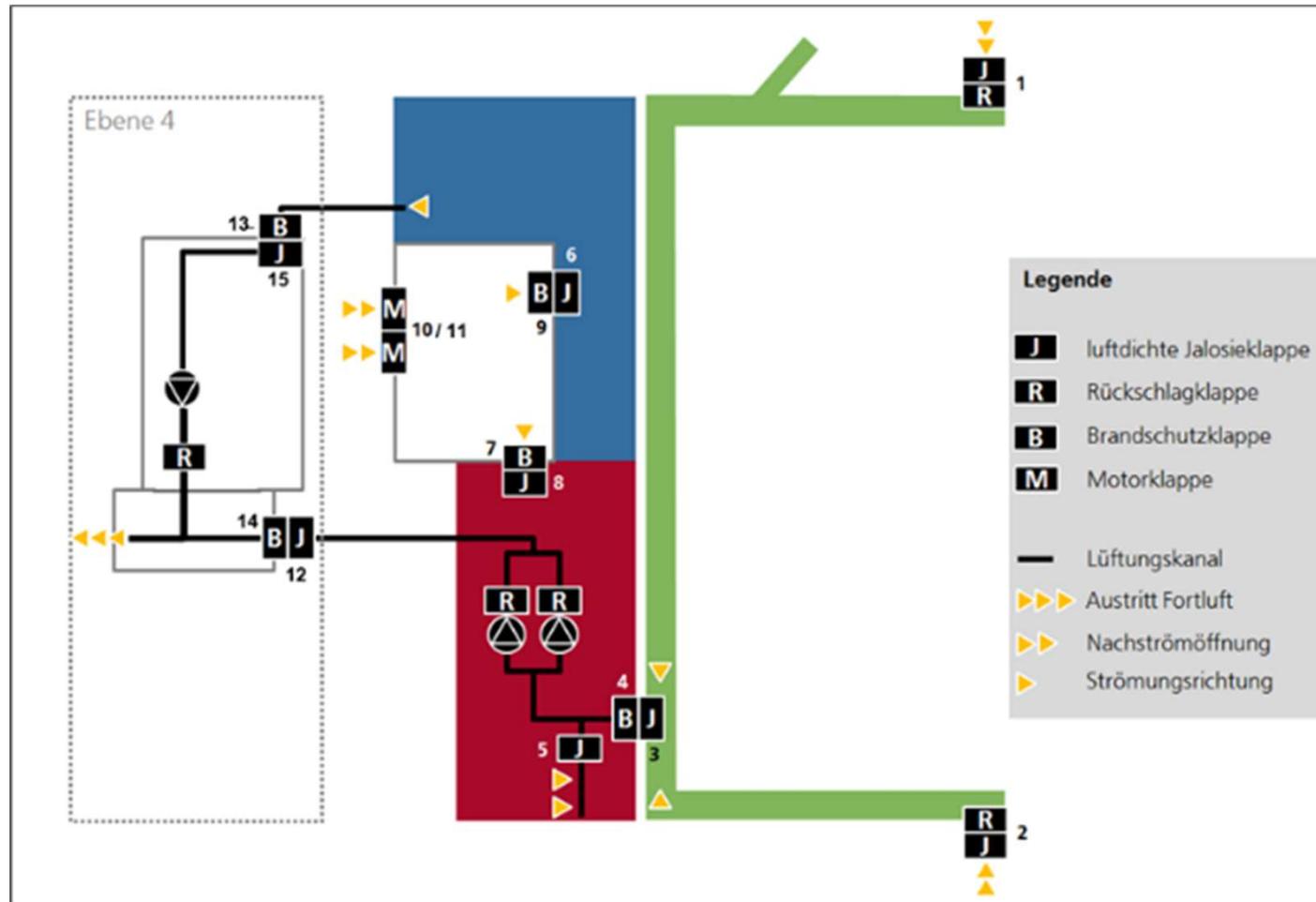




Spezielle Abklärungen

Beispiel KEB St. Margarethen

Entlüftung des Kollektorkanals

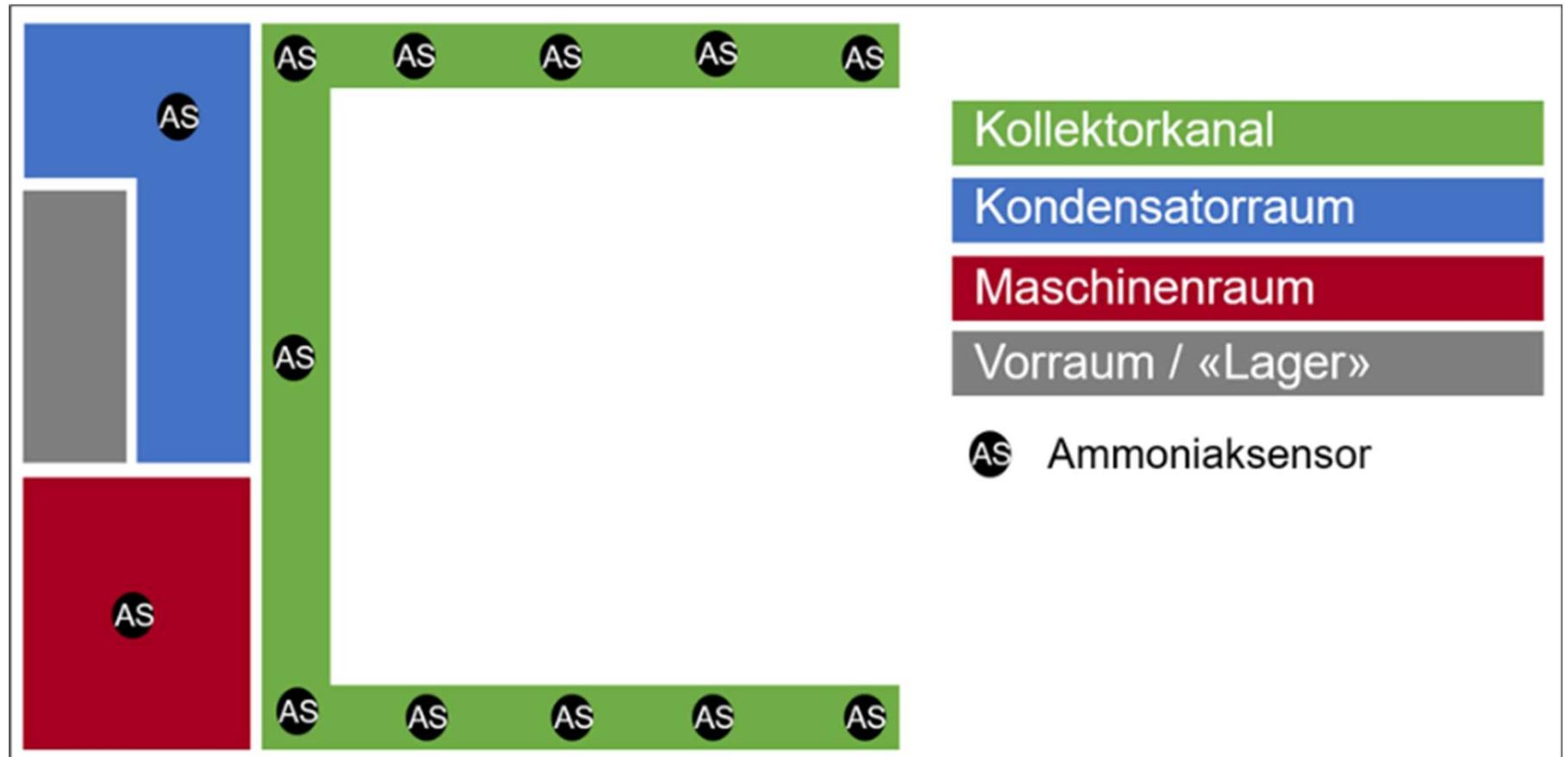




Spezielle Abklärungen

Beispiel KEB St. Margarethen

NH₃-Überwachung

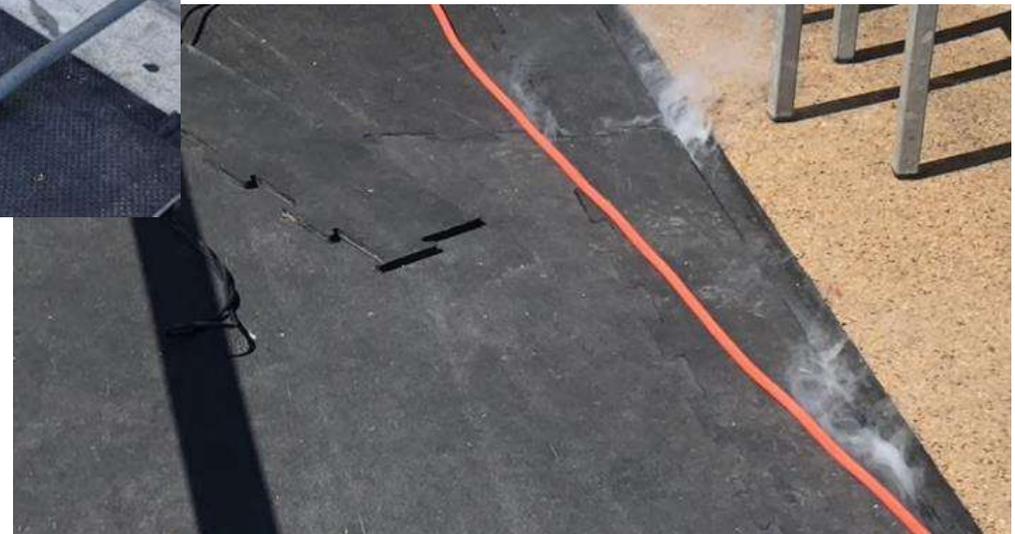




Spezielle Abklärungen

Beispiel KEB St. Margarethen

Kontrolle der Kaltrauchdichtheit des Kollektorkanals





Hinweise für Kunsteisbahnen

- Kollektorkanäle einbetonieren oder kaltrauchdicht ausgestalten, mit NH_3 -Sensoren überwachen und via Maschinenraum entlüften.
- Kaltrauchdichter Maschinenraum, so dass keine Freisetzung direkt ins Freie erfolgen kann (auch wenn es eine Zugangstüre und Montageöffnungen gibt).
- Abluftkamin so hoch wie möglich.
- Im Maschinenraum immer mindestens einen NH_3 -Sensor für den Bereich 0 – 2'000 ppm und einen UEG-Sensor (30'000 ppm, im Bereich der Fortluftkappe).
- Im Rückkühlkreislauf mit einem Wärmeträger (Wasser, Glykol usw.) NH_4 -Sensor vorsehen.
- Lüftungsventilator immer ex-geschützt ausführen.
- Erdbebensicherheit: BAFU wird 2024 (?) ein Hilfsmittel herausgeben.

Fazit

- Ja, die Störfallverordnung hat höhere Auflagen für Kälteanlagen zur Folge; sie sind jedoch auch bei Bestandsanlagen mit vernünftigem Aufwand realisierbar.
- Systemvergleich durchführen und Nachweisverfahren (Nachweis gleicher Sicherheit) anwenden.
- Organisatorische Sicherheitsmassnahmen sind (auch) wichtig:
 - Ausbildung des Betriebspersonals;
 - Regelmässige Wartung der sicherheitsrelevanten Anlagenteile und Testen der Sicherheitskette;
 - Aktuell Halten der technischen Dokumentation, insbesondere diejenige für die sicherheitsrelevanten Systeme, der Alarm- und Feuerwehrpläne und der Abläufe für die Einsatzplanung;
 - Übungen mit den Ereignisdiensten.