

Stadt Winterthur
Amt für Städtebau
Pionierstrasse 7
8403 Winterthur

Privater Gestaltungsplan
Oberer Deutweg Nord-Ost
Erweiterung Sportpark

Risikoabschätzung



Winterthur, 5. Oktober 2023, revidiert 27. November 2024

Bericht

Auftraggeberin: Stadt Winterthur
Amt für Städtebau, Raumentwicklung
Tanja Geuggis, Projektleiterin
Pionierstrasse 7
8403 Winterthur

Betreiberin: Stadt Winterthur
Sportamt, Sportanlagen
René Engel, Betriebsleiter
Grüzefeldstrasse 30
8400 Winterthur

Projekt / Titel: **Privater Gestaltungsplan
Oberer Deutweg Nord-Ost / Erweiterung Sportpark
Risikoabschätzung**

Bericht: Deut_20241127_GP_Risiko_rev.pdf / 2344-02

Anzahl Seiten: 10 +2 (Anhang)

Zusammenfassung: Um den Sportpark Deutweg weiterzuentwickeln wird im nord-westlichen Teil eine Umzonung vorgenommen und ein neuer Gestaltungsplan eingereicht, welcher den bestehenden nach Erlangung der Rechtskraft ersetzt.
Im Nahbereich des Gestaltungsplangebietes liegt die Kunsteisbahn Deutweg. Ihre Kälteanlage wird mit Ammoniak betrieben und untersteht der Störfallverordnung. Gemäss der Vorprüfung des Gestaltungsplans ist für den Perimeter eine Risikoabschätzung vorzunehmen. Es wird empfohlen, an allen künstlich belüfteten Gebäuden eine Ammoniak-Detektion zu installieren.

Ort, Datum: Winterthur, 5. Oktober 2023, revidiert 27. November 2024

Verfasser: Martin Stauber
Dipl. Kulturing. ETH SIA
Gutachter SIA

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage	3
2	Vorhaben	4
2.1	Umzonung	4
2.2	Revision des Gestaltungsplans	4
2.3	Richtprojekt	5
2.4	Personenbelegungen	6
3	Risikoermittlung Kunsteisbahn Deutweg	7
3.1	Grundsatz	7
3.2	Szenarien	7
3.3	Ausbreitung im Freien und Schadenausmasse	8
4	Schlussfolgerung	10
5	Quellenverzeichnis	10
6	Anhang	10

1 Ausgangslage

Die Entwicklung des Sportparks Winterthur schreitet mit einem markanten Gebäude für weitere Sportnutzungen und der Ergänzung von Sport- und Schulunterkünften westlich des Oberen Deutwegs weiter voran. Das Schlossereigebäude und die bestehenden Freizeitnutzungen bleiben erhalten.

Der Gestaltungsplan [1] schafft die Rechtsgrundlage, um Bauprojekte im Sinne des Nutzungskonzepts und der städtebaulichen Idee bewilligen zu können. Er sichert eine qualitativ hochwertige und aufeinander abgestimmte Entwicklung am Oberen Deutweg.

Das kantonale Amt für Raumentwicklung ARE hat eine Vorprüfung [2] durchgeführt. Darin stellt es fest, dass das Gestaltungsplangebiet teilweise im Konsultationsbereich der Eishalle Deutweg liegt, die der Störfallverordnung StFV unterstellt ist. In der Erarbeitung des Gestaltungsplans wurde die Störfallvorsorge nicht berücksichtigt. Es fehlen die Abklärung der Risikorelevanz sowie ggf. die Massnahmenevaluation und die Risikoabschätzung. Die Vorlage ist entsprechend zu ergänzen.

Das Büro BBS Ingenieure hat im Rahmen der Sanierung gewisser Anlageteile der Kunsteisbahn Deutweg im Auftrag des Sportamtes der Stadt Winterthur die Risikoermittlung für die Ammoniak-Kälteanlage aktualisiert [3]. Das Amt für Städtebau beauftragte BBS Ingenieure, aufgrund dieser Risikoermittlung eine Risikoabschätzung für die geplanten neuen Nutzungen im Sportpark Deutweg zu verfassen.

Das AWEL, Abteilung Störfallvorsorge, hat im Rahmen der Prüfung einen Ergänzungsbericht zur Risikoermittlung für die Kunsteisbahn [4] verlangt. Die vorliegende revidierte Version der Risikoabschätzung berücksichtigt die Erkenntnisse des Ergänzungsberichtes.

2 Vorhaben

2.1 Umzonung

Die drei Parzellen nordwestlich des oberen Deutwegs (ehem. Schmirlgelscheibenfabrik, heute mit verschiedenen Publikumsnutzungen belegt) befindet sich in privatem Eigentum und sollen von der Gewerbezone G in die Zentrumszone Z3 umgezont werden, damit zukünftig auf diesen Parzellen eine wohnähnliche Nutzung (Unterkünfte für Sportler:innen, Internatszimmer) möglich ist.

Auf den Parzellen südöstlich des oberen Deutwegs, die sich im Eigentum der Stadt Winterthur befinden, bleiben die Nutzungszonen (G und Oe) unverändert. Der Perimeter mit Gestaltungsplanpflicht wird auf das an die Eishalle angrenzende Gebiet, auf dem sich heute ein Parkplatz befindet, ausgedehnt.

Das Verfahren für die Umzonung und die Genehmigung des Gestaltungsplans (beide in der Kompetenz des Winterthurer Stadtparlaments) laufen gleichzeitig.

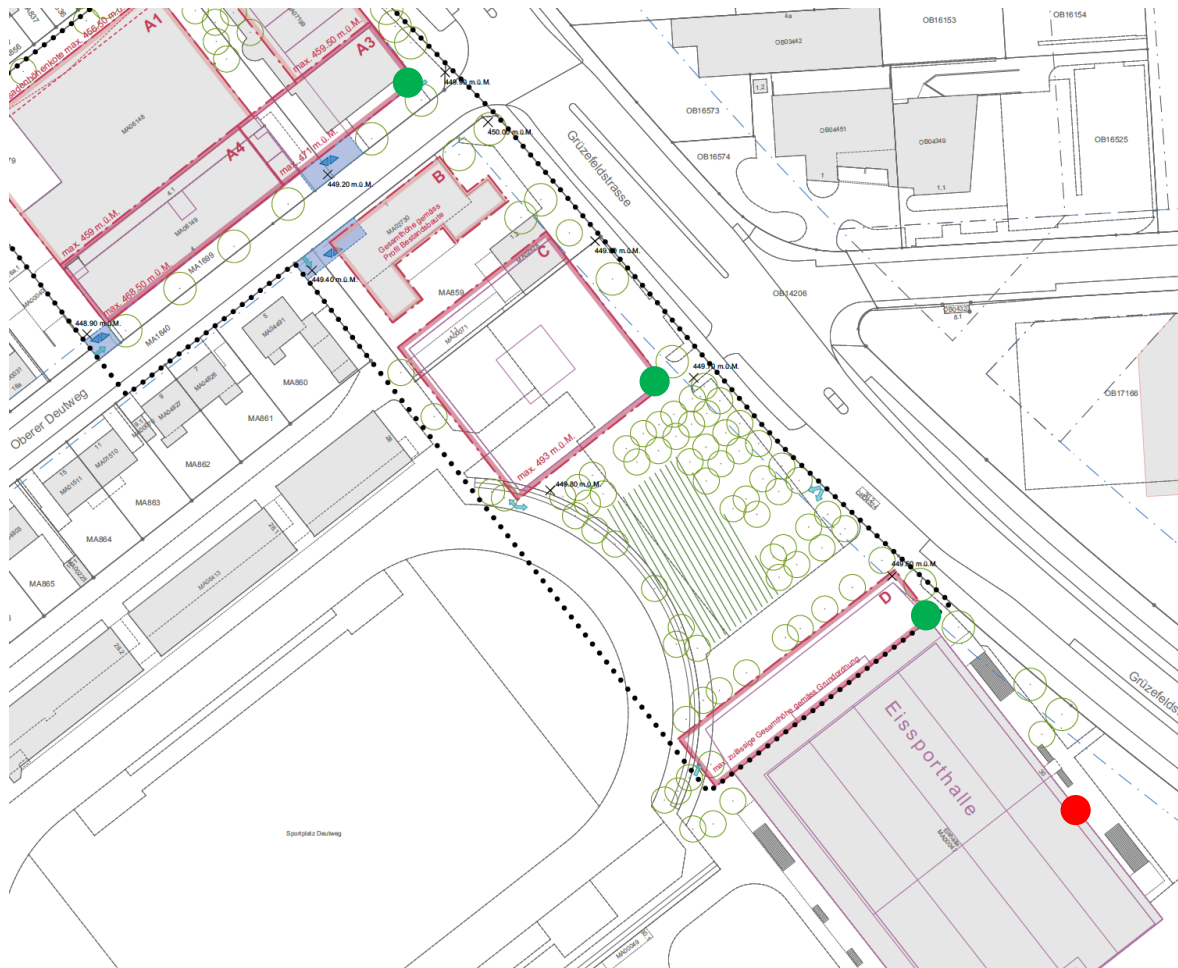
2.2 Revision des Gestaltungsplans

Es besteht ein Gestaltungsplan aus dem Jahre 1999. Dieser umfasst die bebauten Parzellen nordwestlich und südöstlich des Oberen Deutwegs. Dieser Gestaltungsplan wird ersetzt. Im neuen Gestaltungsplan sind im Nahbereich der Eishalle folgende Festlegungen vorgesehen (Bild 1):

- Vorbemerkung: Alle Gebäudehöhen beziehen sich auf die Nullkote der Risikoermittlung von 450 m ü. M. Weil das Gelände im betrachteten Umkreis eben ist, ergibt sich eine Abweichung von maximal 1 m.
- Der Gestaltungsplan-Perimeter wird auf das Gebiet zwischen der Gewerbezone und der Eishalle ausgedehnt.
- Nordwestlich des Oberen Deutwegs in der neuen Zentrumszone Z3 stehen die Baubereiche A1 bis A4. Die Höhenbegrenzung der an der Strasse stehenden Baubereiche A3 und A4 ist bei 21 bzw. 18.5 m, jene der dahinter liegenden Baubereiche A1 und A2 um 9 bis 11 m niedriger.
- Südöstlich des Oberen Deutwegs in der bestehenden Gewerbezone G steht der Baubereich B. Die Maximalhöhe richtet sich nach den Bestandesbauten und beträgt rund 6 m.
- Südöstlich des Baubereichs B wird ein neuer Baubereich C ausgeschieden, der grösstenteils in der Zone für öffentliche Bauten Oe liegt. In diesem Baubereich darf ein Gebäude von maximal 43 m Höhe erstellt werden. Im Erdgeschoss, das 10 bis 12 m hoch sein muss, sind Sport-, öffentliche oder publikumsorientierte Nutzungen vorzusehen.
- Angrenzend an die Nordwestfassade der Eishalle wird ein neuer Baubereich D ausgeschieden. In diesem darf eine Erweiterung der Eishalle erstellt werden. Bezüglich Maximalhöhe ist die Bauordnung der Stadt Winterthur bzw. das kantonale Planungs- und Baugesetz PBG massgebend, somit beträgt diese 25 m.

- In den Freiräumen sind grosskronige, schattenspendende Bäume in ausreichender Anzahl anzupflanzen. Der Raum zwischen den Baubereichen C und D ist – soweit er nicht als Sportanlage genutzt wird – als öffentlicher Freiraum zu erhalten. Eine zusammenhängende Platzfläche von rund 800 m² ist baumfrei zu gestalten.

Bild 1: Erweiterter Gestaltungsplan (Auszug Situationsplan) nordwestlich der Eishalle



Legende: rot = Abluftkamin Eishalle, grün = Empfangspunkte für Berechnung in Ziffer 3.3

2.3 Richtprojekt

Das Gebäude im Baubereich C wird als "Haus des Sports" bezeichnet". Über einem hohen Erdgeschoss mit 2 Niveaus sind 8 Obergeschosse skizziert. Die gesamte Geschossfläche beträgt rund 14'000 m².

Im Baubereich D können Nutzungen für die Eishalle angeordnet werden, für die im bestehenden Volumen zu wenig Platz vorhanden ist. Bezüglich Baumasse und Nutzungen wird nichts ausgesagt.

Unter dem Freiraum zwischen den Baubereichen C und D sind eine 7.5 m schmale und 80 m lange Indoor-Laufbahn, eine Einstellhalle mit Veloabstellplätzen und eine Tiefgarage für Motorfahrzeuge vorgesehen.

Im Freiraum darüber sind grosszügige Bepflanzungen möglich. Der Platz kann für Veranstaltungen genutzt werden.

2.4 Personenbelegungen

Die zukünftigen Personenbelegungen werden wie folgt abgeschätzt:

- Im "Haus des Sports" (Baubereich C) werden sich im Normalbetrieb bei Tag 200 bis 400 Personen aufhalten.
- Im Anbau der Eishalle werden je nach Nutzung im Normalbetrieb voraussichtlich 20 bis 100 Personen gleichzeitig anwesend sein.
- Im Freiraum werden im Normalbetrieb 20 bis 50 Personen verkehren, bei Veranstaltungen können es auch 300 bis 500 Personen sein.

3 Risikoermittlung Kunsteisbahn Deutweg

3.1 Grundsatz

Die Risikoermittlung [3] [4] betrachtet verschiedene Szenarien, bei denen Ammoniak (NH_3) im Maschinenraum der Kälteanlage freigesetzt wird, teilweise verdampft und in gasförmigem Zustand durch den Abluftkamin auf der Nordostseite der Eishalle ins Freie entweicht. Ammoniakhaltige Luft, die von Menschen eingeatmet wird, kann je nach Konzentration gesundheitliche Schäden verursachen und im Extremfall zum Tod führen.

Das Risiko ist eine Kombination der Eintretenswahrscheinlichkeit (W) der Szenarien und des Schadenausmasses (A, ausgedrückt mit dem Störfallwert, der die Anzahl Todesopfer berücksichtigt). Die verschiedenen Szenarien werden in ein W/A-Diagramm eingetragen, das anzeigt, ob das Risiko akzeptierbar ist oder nicht.

3.2 Szenarien

Im Maschinenraum stehen drei Abscheider mit insgesamt 4'060 kg Ammoniak, welche Eis für die drei Eisfelder produzieren. Im Sommer, wenn alle Eisfelder ausser Betrieb sind, befindet sich die gesamte Menge in den drei Abscheidern. In Winter, wenn alle drei Eisfelder in Betrieb sind, sind nur knapp 1'000 kg in den Abscheidern, der Rest in den Zuleitungen und in den Eispisten.

Die Anlage ist so gestaltet, dass relevante Mengen Ammoniak nur im Maschinenraum austreten können und gasförmiges Ammoniak nur über den Abluftkamin ins Freie entweichen kann. Zudem wird mit einer sog. Sommerkühlung das Ammoniak in den Abscheidern – auch wenn sie ausser Betrieb sind – dauerhaft auf einer Temperatur von -10°C gehalten.

Ammoniak hat einen Siedepunkt von -33°C . In den Abscheidern ist es unter Druck und deshalb auch bei einer höheren Temperatur grösstenteils flüssig. Wenn es wegen eines Lecks aus einem oder mehreren Abscheidern freigesetzt wird, kühlt es auf -33°C ab, gibt dabei Energie ab, welche zur Verdampfung eines Teil der freigesetzten Menge führt. Auch der Boden und die Wände des Maschinenraums sowie Einbauten, die Raumtemperatur haben, geben Energie ab, wenn sie mit flüssigem Ammoniak in Berührung kommen.

Betrachtet werden grosse spontane Freisetzungen, bei denen der grösste Teil des Ammoniaks im Maschinenraum (Raumvolumen 600 m^3) freigesetzt wird. Das Szenario mit dem grössten Schadenpotenzial ist, wenn im Sommer alle 3 Abscheider gleichzeitig ein grosses Leck aufweisen. Dann werden (theoretisch) 4'060 kg Ammoniak im Maschinenraum freigesetzt. Ein Teil davon verdampft, mischt sich mit der Raumluft und das überschüssige Volumen entweicht über den Abluftkamin ins Freie.

3.3 Ausbreitung im Freien und Schadenausmasse

In der Risikoermittlung [3] wurde die Verdampfung mit einer energetischen Betrachtung und die Ausbreitung im Freien mit dem Ansatz «ImmProg» berechnet. In Absprache mit dem AWEL, Abteilung Störfallvorsorge, wurden die Parameter im Ergänzungsbericht [4] wie folgt angepasst:

- Die Freisetzungszeit wurde mit 600 s und die verdampfte Ammoniakmasse mit 60% der freigesetzten Masse angenommen.
- Die Ammoniak-Ausbreitung wurde mit dem Ansatz «YellowBook» berechnet. Die Überhöhung durch die Austrittsgeschwindigkeit wurde nur zur Hälfte berücksichtigt. Hinweis: Die in der Vertikalverteilung grösste Konzentration tritt in der Höhe = Kaminhöhe + Überhöhung auf. Im Ansatz «ImmProg» ist die Überhöhung nur von der Austrittsgeschwindigkeit abhängig und somit unabhängig von der Horizontalabstand zur Quelle. Im Ansatz «YellowBook» nimmt diese Höhe mit der Entfernung zur Quelle zu (z.B. auf 33.6 m in 221 m Entfernung, siehe Anhang Seite 1). Der Einfachheit halber wird die Höhe der grössten Konzentration nachfolgend als «Quellenhöhe» bezeichnet.
- Für die Berechnungen wurden verschiedene Annahmen auf der sicheren Seite getroffen, so dass die effektiv auftretenden Konzentrationen tendenziell geringer sind als die berechneten.

Der Abluftkamin ist 15 m hoch. Die ungünstigste Ausbreitungssituation ist Windstille, weil sich dabei das Ammoniak nach allen Seiten ausbreitet und nicht durch Turbulenzen verdünnt wird. Gemäss dem oben beschriebenen Ausbreitungsmodell ist die Konzentration in Quellenhöhe am grössten und nimmt nach oben und unten ab.

Eine Ammoniak-Konzentration von weniger als 4'150 ppm hat keine letale Wirkung auf Personen. Bei höheren Konzentrationen hängt das Todesfallrisiko auch davon ab, wie schnell Personen vom entsprechenden Ort flüchten können. Beim Szenario mit dem grössten Schadenpotenzial beträgt die Ammoniak-Konzentration in Quellenhöhe 4'150 ppm in einer Entfernung von 154 m vom Abluftkamin (siehe Anhang Seite 1). Ausserhalb dieser Entfernung muss in keinem Fall mit Todesopfern gerechnet werden. Die Baubereiche C und D des Gestaltungsplans liegen in diesem Umkreis. Das Risiko für Personen in den Baubereichen und Freiräumen wird nachfolgend beschrieben.

- Es wird das Szenario mit der grössten Freisetzungsmenge aus allen 3 Abscheidern im Sommer betrachtet (siehe Ziffer 3.2).
- Die Ammoniak-Freisetzungen werden ohne Zusatzmassnahmen und mit der Zusatzmassnahme 2 (Sommerkühlung der Abscheider auf -10°C), die in der Risikoermittlung zur Realisierung empfohlen wird, berechnet.
- Die Ammoniak-Konzentrationen werden an den der Eishalle zugewandten Fassaden (Südost) der Baubereiche D, C und A3 auf drei verschiedenen Höhen berechnet: 2 m über dem Gelände, in Quellenhöhe und in der maximal zulässigen Höhe der Baubereiche (siehe Anhang).
- Die Konzentrationen für Personen im Freien (2 m über dem Gelände) betragen maximal gut 1'000 ppm, liegen also klar unter der Letalitätsschwelle. Zudem ist im Freien die Flucht problemlos möglich.

- Am exponiertesten Punkt des Baubereichs D beträgt die Ammoniak-Konzentration ausserhalb des Gebäudes mit der Zusatzmassnahme 2 rund 17'700 ppm, was einer Letalitätsrate von 62% entspricht. Beim Baubereich C beträgt sie rund 4'200 ppm (Letalitätsrate 1%), beim Baubereich A3 1'700 ppm (Letalitätsrate 0%). An den quellenabgewandten Fassaden (Nordwest) sind die Konzentrationen geringer.
- In Gebäuden ohne künstliche Lüftung beträgt die Letalitätsrate 0 % gemäss den Grundlagen für die Risikoermittlung, weil beim Auftreten der Geruchsschwelle die Fenster geschlossen werden und keine wesentlichen Ammoniakmengen ins Gebäude eindringen.
- In Gebäuden mit künstlicher Lüftung kann Ammoniak aus der Aussenluft eingetragen werden. Die Zeitdauer, in der die gesamte Innenluft einmal ausgetauscht wird, ist im Folgenden mit T bezeichnet. In der Regel finden in künstlich belüfteten Innenräumen 0 bis 4 Luftwechsel pro Stunde statt, somit beträgt T mindestens 15 Minuten = 900 s. Wenn die Aussenluft mit einer bestimmten Schadstoff-Konzentration $c(\text{aussen})$ [ppm] über die Lüftung ins Gebäude eingeleitet wird, steigt die Schadstoff-Konzentration in den Innenräumen $c(\text{innen})$ an und erreicht theoretisch nach der Zeitdauer T den Wert von $c(\text{aussen})$, danach bleibt $c(\text{innen})$ konstant, bis $c(\text{aussen})$ wieder sinkt. Wenn $c(\text{aussen})$ vor Ablauf der Zeitdauer T sinkt, erreicht $c(\text{innen})$ nie den Wert von $c(\text{aussen})$. Je kürzer die Dauer von $c(\text{aussen})$ desto geringer wird $c(\text{innen})$. Weil die Freisetzungsdauer mit 600 s kürzer ist als die minimale Luftwechseldauer von 900 s, wird in künstlich belüfteten Gebäuden die Ammoniak-Konzentration der Aussenluft nicht erreicht.
- Ammoniak-Konzentrationen unter 4'150 ppm sind nicht tödlich, aber die Geruchsschwelle ist bereits bei 5 ppm. Das kann dazu führen, dass gasförmiges Ammoniak, das in geringen Mengen über Lüftungen in Gebäude gelangt, in ungünstigen Fällen zu Panikreaktionen führen kann. Es ist deshalb sinnvoll, bei benachbarten Gebäuden mit künstlicher Lüftung in den Zuluftöffnungen Ammoniak-Detektoren zu installieren und die Lüftung so zu steuern, dass bei einer Detektion ein Alarm ausgelöst wird und/oder die Lüftung automatisch ausschaltet. In der Eishalle ist ein solcher Mechanismus installiert.

4 Schlussfolgerung

Aus den Überlegungen in Ziffer 3 ergibt sich, dass für Personen, welche sich im Gestaltungsplan-Perimeter im Freien aufhalten, in keinem Fall ein Todesfall-Risiko besteht.

Wenn das zukünftige Gebäude im Baubereich D künstlich belüftet wird, ist die Wahrscheinlichkeit gross, dass in den Innenräumen während über 10 Minuten Ammoniak-Konzentrationen über der Letalitätsschwelle auftreten. Eine Detektion mit Alarmauslösung und Lüftungsabschaltung wie in der bestehenden Eishalle ist zu installieren. Die Zuluftöffnungen müssen an der Nordwestfassade angeordnet werden.

Es wird empfohlen, auch in den Neubauten auf den Baufeldern A3, A4 und C die Zuluftöffnungen an der Nordwestfassade anzuordnen und mit Ammoniak-Detektoren auszustatten, die beim Ansprechen einen Alarm auslösen und/oder die Lüftung automatisch ausschalten.

Die Funktionsfähigkeit der Detektion mit Alarmauslösung und/oder Lüftungsausschaltung ist regelmässig zu überprüfen.

Mit diesen Massnahmen wird sichergestellt, dass im gesamten Gestaltungsplan-Gebiet kein Todesfallrisiko für Personen besteht.

5 Quellenverzeichnis

- [1] Privater Gestaltungsplan Oberer Deutweg Nord-Ost/Erweiterung Sportpark (Situationsplan 1:500, Gestaltungsplan-Vorschriften GPV, Erläuterungsbericht), Stand vom 16. Mai 2023 (Vorprüfung/Mitwirkung)
- [2] Winterthur. Privater Gestaltungsplan «Oberer Deutweg Nord-Ost/Erweiterung Sportpark» – Vorprüfung, Amt für Raumentwicklung ARE Kanton Zürich, 29. August 2023
- [3] Kunsteisbahn Deutweg Winterthur, Risikoermittlung Kälteanlage (Version für die Prüfbehörde), 14. August 2023
- [4] Kunsteisbahn Deutweg Winterthur, Risikoermittlung Kälteanlage, Ergänzungsbericht, 10. Juli 2024

6 Anhang

Ammoniak-Ausbreitung im Freien
(Freisetzungszeit 600 s, Verdampfung 60%, Ansatz YellowBook, Windstille, 1/2 Überhöhung)

- | | |
|-------------------------|---------|
| – Ohne Zusatzmassnahmen | 1 Seite |
| – Mit Zusatzmassnahme 2 | 1 Seite |

Anhang: Ammoniak-Ausbreitung im Freien											
(Freisetungszeit 600 s, Verdampfung 60%, Ansatz YellowBook, Windstille, 1/2 Überhöhung)											
GS3A - Aussersaison (120 T. Grosse spontane Freisetzung aus 3 Abscheidern Ohne Zusatzmassnahmen)											
Parameter	Einheit	Schadstofffahne (Windstille)			Empfangspunkte (Windstille)			Empfangspunkte (Windstille)			Bemerkung
Freisetzungsmenge	[kg]	1'992	1'992	1'992	1'992	1'992	1'992	1'992	1'992	1'992	Siehe Risikoermittlung
Freisetzungsdauer	[s]	600	600	600	600	600	600	600	600	600	
Emission Q	[kg/s]	3.320	3.320	3.320	3.320	3.320	3.320	3.320	3.320	3.320	
Austrittsgeschwindigkeit v	[m/s]	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	
Überhöhung Δh	[m]	10.3	13.0	16.5	11.8	15.7	18.6	11.8	15.7	18.6	
Quellenhöhe H	[m]	25.3	28.0	31.5	26.8	30.7	33.6	26.8	30.7	33.6	
Empfangspunkt		in Quellenhöhe H+Δh			2 m über Boden			max. Höhe Gebäude, Fass. SE			
					D	C	A3	D	C	A3	
Koordinate x	[m]	38.1	76.4	154.0	56.5	134.0	221.0	56.5	134.0	221.0	
Koordinate y	[m]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Koordinate z	[m]	25.3	28.0	31.5	2.0	2.0	2.0	25.0	43.0	21.0	
Ausbreitungsparameter		Kl. 4	Kl. 4	Kl. 4	Kl. 4	Kl. 4	Kl. 4	Kl. 4	Kl. 4	Kl. 4	
sy(x)	[m]	3.451	6.478	12.216	4.930	10.771	16.939	4.930	10.771	16.939	
sz(x)	[m]	5.089	8.636	14.712	6.866	13.236	19.359	6.866	13.236	19.359	
Windgeschwindigkeit u	[m/s]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Konzentration c (x,y,z)	[kg/m3]	0.030	0.009	0.003	0.000	0.001	0.001	0.015	0.002	0.001	
Dichte NH3 (20°C)	[kg/m3]	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710	
Konzentration c (x,y,z)	[m3/m3]	0.042	0.013	0.004	0.000	0.001	0.001	0.021	0.003	0.002	
Konzentration c (x,y,z)	[ppm]	42'374	13'304	4'142	36	740	1'019	21'248	3'397	1'880	
Letalität		99%	50%	1%	0%	0%	0%	70%	0%	0%	
Plume-Ausbreitung (YellowBook)											
Δh = 2.1*rh*(x/rh)^1/3*(v/u)^2/3	rh [m]	0.3	A [m2]	0.28	v = Q/0.71/A			c [ppm]		LetR [%]	
H = h + Δh (h = Kaminhöhe)	h [m]	15.0	Höhe 0.0 = OK Boden EG						42'500	99%	
c = Q / (2π*sy*sz*u) * EXP(-(y^2)/(2*sy^2)) * [EXP(-(z-H)^2)/(2*sz^2)) + EXP(-(z+H)^2)/(2*sz^2))]									13'300	50%	
sy(x) = 0.128*x^0.905	Stabilitätsklasse D, urbane Umgebung				Windstille: Berechnung mit Wind				4'150	1%	
sz(x) = (1.6*0.20)*x^0.76	Stabilitätsklasse D, urbane Umgebung				1 m/s in Richtung Empfangspunkt				LetR = 0.4224*ln(c) - 3.51		

Anhang: Ammoniak-Ausbreitung im Freien											
(Freisetungszeit 600 s, Verdampfung 60%, Ansatz YellowBook, Windstille, 1/2 Überhöhung)											
GS3A - Aussersaison (120 T. Grosse spontane Freisetzung aus 3 Abscheidern)						Mit Zusatzmassnahme 2					
Parameter	Einheit	Schadstofffahne (Windstille)			Empfangspunkte (Windstille)			Empfangspunkte (Windstille)			Bemerkung
Freisetzungsmenge	[kg]	1'601	1'601	1'601	1'601	1'601	1'601	1'601	1'601	1'601	Siehe Risikoermittlung
Freisetzungsdauer	[s]	600	600	600	600	600	600	600	600	600	
Emission Q	[kg/s]	2.668	2.668	2.668	2.668	2.668	2.668	2.668	2.668	2.668	
Austrittsgeschwindigkeit v	[m/s]	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	
Überhöhung Δh	[m]	8.5	10.8	13.6	10.2	13.6	16.0	10.2	13.6	16.0	
Quellenhöhe H	[m]	23.5	25.8	28.6	25.2	28.6	31.0	25.2	28.6	31.0	
					max. Höhe Gebäude, Fass. SE			Quellenhöhe, Fass. SE			
Empfangspunkt	in Quellenhöhe H+Δh				D	C	A3	D	C	A3	
Koordinate x	[m]	33.4	67.0	135.0	56.5	134.0	221.0	56.5	134.0	221.0	
Koordinate y	[m]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Koordinate z	[m]	23.5	25.8	28.6	25.0	43.0	21.0	25.2	28.6	31.0	
Ausbreitungsparameter		Kl. 4	Kl. 4	Kl. 4	Kl. 4	Kl. 4	Kl. 4	Kl. 4	Kl. 4	Kl. 4	
sy(x)	[m]	3.063	5.752	10.843	4.930	10.771	16.939	4.930	10.771	16.939	
sz(x)	[m]	4.605	7.816	13.311	6.866	13.236	19.359	6.866	13.236	19.359	
Windgeschwindigkeit u	[m/s]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Konzentration c (x,y,z)	[kg/m3]	0.030	0.009	0.003	0.013	0.002	0.001	0.013	0.003	0.001	
Dichte NH3 (20°C)	[kg/m3]	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710	
Konzentration c (x,y,z)	[m3/m3]	0.042	0.013	0.004	0.018	0.002	0.002	0.018	0.004	0.002	
Konzentration c (x,y,z)	[ppm]	42'404	13'305	4'145	17'665	2'319	1'643	17'672	4'196	1'835	
Letalität		99%	50%	1%	62%	0%	0%	62%	1%	0%	
Plume-Ausbreitung (YellowBook)								Letalitätsraten LetR			
$\Delta h = 2.1 \cdot rh \cdot (x/rh)^{1/3} \cdot (v/u)^{2/3}$	rh [m]	0.3	A [m2]	0.28	v = Q/0.71/A			c [ppm]		LetR [%]	
H = h + Δh (h = Kaminhöhe)	h [m]	15.0	Höhe 0.0 = OK Boden EG						42'500	99%	
$c = Q / (2\pi \cdot sy \cdot sz \cdot u) \cdot \text{EXP}(-(y^2)/(2 \cdot sy^2)) \cdot [\text{EXP}(-(z-H)^2)/(2 \cdot sz^2)) + \text{EXP}(-(z+H)^2)/(2 \cdot sz^2))]$								13'300		50%	
sy(x) = 0.128·x^0.905	Stabilitätsklasse D, urbane Umgebung				Windstille: Berechnung mit Wind			4'150		1%	
sz(x) = (1.6·0.20)·x^0.76	Stabilitätsklasse D, urbane Umgebung				1 m/s in Richtung Empfangspunkt			LetR = 0.4224·ln(c) - 3.51			