

Neosys AG
Privatstrasse 10
CH-4563 Gerlafingen
www.neosys.ch



MARTI GENERALUNTERNEHMUNG AG

HR. THOMAS WILHELM
LAGERHAUSWEG 10
3000 BERN 5

Areal Meilen, Baufeld 3 Zollikofen

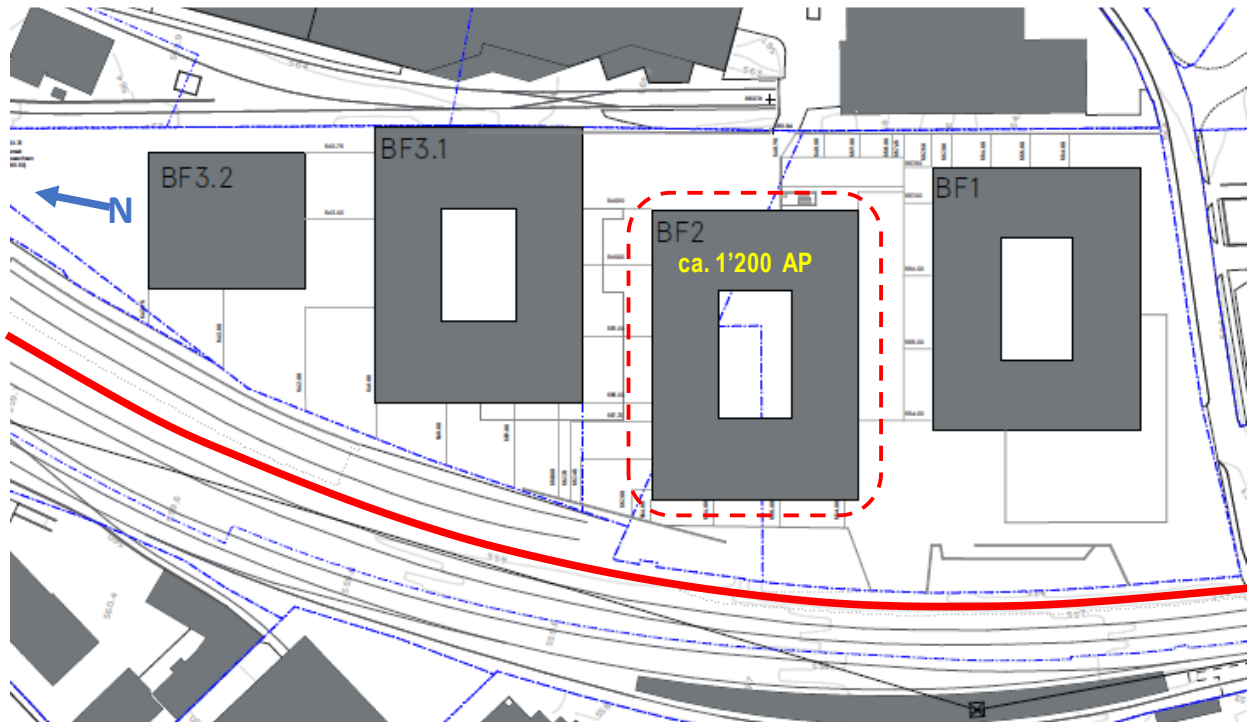
Raumplanerische Risikoabklärung

Inhalt

1	Ausgangszustand und Zielsetzung	3
2	Grundlagen	4
3	Basisdaten	5
3.1	Areal und Gebäudehülle	5
3.2	Personenaufkommen in den Gebäuden	5
4	Wirkungsanalyse der relevanten Störfallszenarien (Bahn)	6
4.1	Szenario 1: Brand, Leitstoff Benzin	6
4.2	Szenario 2: Giftgaswolke, Leitstoff Chlorgas	6
4.3	Szenario 3: Explosion, Leitstoff Propan	7
5	Risikoanalyse	8
5.1	Szenario Brand mit Benzin	8
5.2	Szenario Chlorgaswolke	8
5.3	Szenarien mit Propan	8
5.3.1	Wirkungsweise	8
5.3.2	Involvierte Stoffmengen	8
5.3.3	Belegung der Gebäude im Tagesverlauf und Unfallorte	8
5.3.4	Zur Wahrscheinlichkeitsberechnung	9
5.3.5	Zur Schadensausmassberechnung	10
5.3.6	Wirkungsberechnung	11
5.4	Relevante Szenarien im W/A-Diagramm	12
6	Diskussion und Massnahmenvorschläge	13
7	Unterlagen und Literatur	14

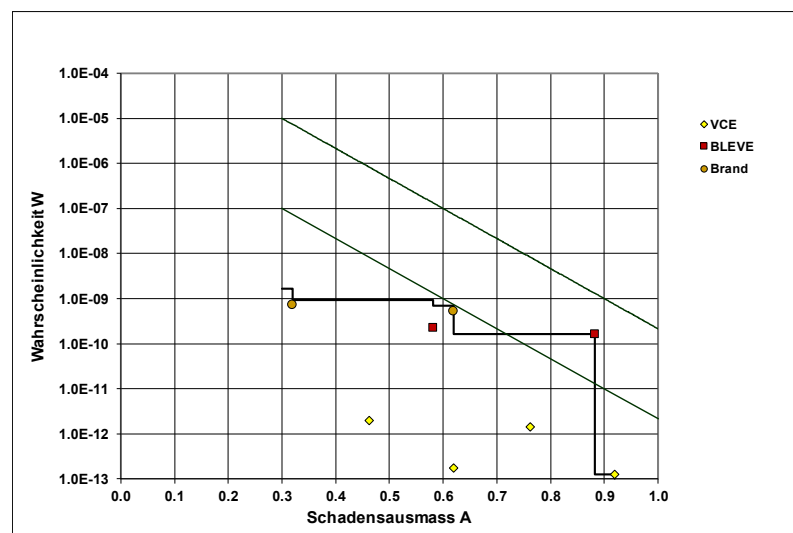
1 Ausgangszustand und Zielsetzung

Neosys hat im Auftrag der Marti Generalunternehmung eine Raumplanerische Risikoanalyse für das Baufeld 2 im Areal Meilen (Eichenweg) Zollikofen erstellt. Das Areal grenzt an die Trasse der SBB Bern-Olten, auf welcher auch Gefahrguttransporte stattfinden. Da die Ansiedlung von ca. 1'200 Arbeitsplätzen in unmittelbarer Nähe einer bestehenden Risikoquelle (Gefahrgut-Bahntransport) zu einer nach Störfallverordnung unzulässigen Erhöhung des Risikos führen kann, musste diese Risikoerhöhung abgeklärt werden.



Figur 1: Situationsplan gesamtes Areal

Als Resultat der Analyse konnte festgestellt werden, dass die Erhöhung des Risikos durch die Überbauung des Baufelds 2 gegenüber der Situation zuvor noch tragbar ist. Es gibt zwar Risiken, welche im Übergangsbereich des W/A-Diagramms liegen (→ Massnahmen müssen geprüft werden), aber die zuständigen Behörden verzichten auf eine Massnahmenumsetzung.



Figur 2: Resultat vorhergehende Studie

Die Behörde merkte aber bereits an, dass die Risikosituation bei einem weiteren Zubau von Personenintensiven Nutzungen auf dem Areal erneut überprüft werden müsse, weil das Risiko natürlich in Abhängigkeit von der Anzahl Betroffener weiter ansteigen wird.

Diese Zusatzabklärung wird im Folgenden für 2 weitere Gebäude mit insgesamt ca. 1500 zusätzlichen Arbeitsplätzen (Baufeld 3) erstellt.

2 Grundlagen

- Bericht Neosys vom 20.9.2017 [Lit. 6] und darin zitierte Grundlagen
- Volumenstudien BBL und Bauart Architekten
- Weitere Grundlagen gemäss Literaturverzeichnis

3 Basisdaten

Es werden dieselben Grunddaten wie für die Risikostudie der Neosys vom 20.9.2017 [Lit. 6] verwendet.

3.1 Areal und Gebäudehülle

Das Areal ist begrenzt durch die Bahngleise der Linie Bern-Olten im Westen und Norden, durch das Bürogebäude des Bundesamtes für Informatik und Telekommunikation im Süden, durch den Eichenweg und das Fenaco Areal im Osten. Die dicke rote Linie bezeichnet das angenommene Fahrgeleise eines Unfall-Güterzuges. (siehe Kapitel 5).

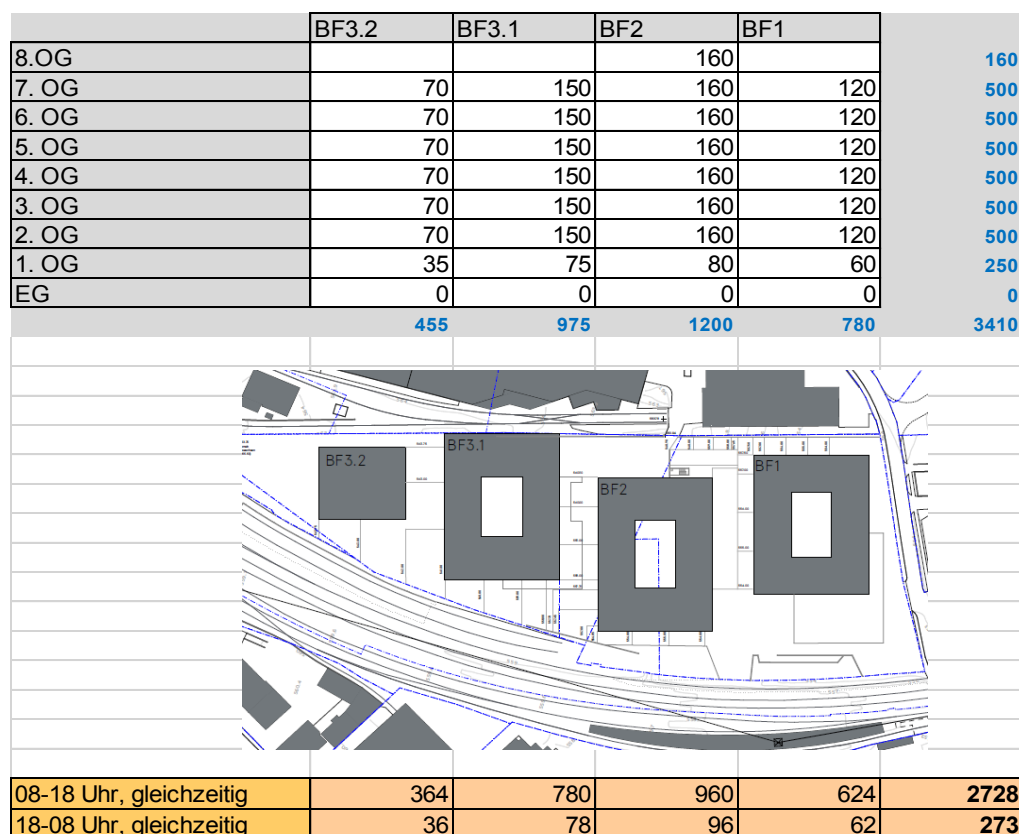
Für die Fassaden gehen wir in Analogie zu dem bereits gebauten und dem bereits geplanten Gebäude (Baufelder 1 und 2) von Aluminium-Elementkonstruktionen mit grossen Glasflächen und Sonnenschutz aus. Die Gebäude genügen dem Minergiestandard und verfügen über gesteuerte Lüftungssysteme. Die Gebäude sind über verschiedene Zugänge erschlossen.

3.2 Personenaufkommen in den Gebäuden

Es handelt sich um Bürogebäude mit folgenden Nutzungen:

- Allgemeine Räume/Begegnungszonen
- Cafeteria
- Büros und Sitzungszimmer
- Fahrzeugeinstellhalle

Figur 3 zeigt die Volumenstudie für alle 4 Gebäude und daraus die angenommenen Belegungsdichten. Gemäss bundesinternen Untersuchungen und Erfahrungszahlen aus dem bereits erstellten Gebäude kann davon ausgegangen werden, dass für die effektive gleichzeitige Belegung der Gebäude von maximal 80% der maximalen Belegung ausgegangen werden darf. Schichtarbeit ist nicht geplant. Wir schätzen konservativ, dass die Belegung in der Nacht ca. 10% jener vom Tag beträgt.



Figur 3: Belegungen der Gebäude

4 Wirkungsanalyse der relevanten Störfallszenarien (Bahn)

In diesem Kapitel werden die drei für die Bahn relevanten Grund-Szenarien auf ihre Schadenswirkung im Gebäudeperimeter hin untersucht.

4.1 Szenario 1: Brand, Leitstoff Benzin

Gegenüber der Situation beim Gebäude 'BitandBytes' ist das Brand-Szenario nicht mehr von zusätzlicher Bedeutung: Das Szenario beinhaltet das Leckschlagen und den Brand von 1-4 Bahnkesselwagen mit je 60'000 kg Benzin (typische Transportmenge gemäss Screeningbericht). Der Wirkungsradius des Brandes beschränkt sich zunächst auf den Gleisbereich. Es wurde aber auch abgeklärt, inwiefern ein Ausströmen von noch nicht oder bereits brennenden Benzinmengen zum Gebäude hin, weitere Gefahren bringt.

Für die Gebäude des Baufelds 3 ist das Brandszenario nicht mehr relevant weil

- erstens die Neigung des Geländes umgekehrt verläuft (vom Gebäude hin zu den Geleisen) und somit nichts anströmen kann
- zweitens das Gelände selber die Gebäude abschattet, dh. die Sichtlinie und damit die potenzielle Strahleneinwirkung des Brandes unterbricht.

Diese gegenüber dem Baufeld 2 veränderte Ausgangslage kann den folgenden Fotografien entnommen werden.



Situation Geländeneigung (Blick zum Gebäude)



Situation Abschattung Geleise

Für die Beurteilung der Situation des ganzen Gebäudekomplexes (G1, G2, G3.1, G3.2) verweisen wir deshalb auf die im Bericht der Neosys AG vom 20.9.2017 [Lit. 6] gemachten Aussagen.

4.2 Szenario 2: Giftgaswolke, Leitstoff Chlorgas

In Giftgaswolken-Szenarien weisen Gebäude immer einen gewissen Schutzfaktor für Personen auf, die sich im Inneren des Gebäudes befinden. Während eine Person im Freien gezwungen ist, die Giftgaskonzentration einzusatmen, die durch die Anwesenheit der Wolke gegeben ist, atmen Personen im Gebäudeinneren die Gebäudeinnenluft ein. Erst durch den Luftwechsel im Gebäude reichert sich die Innenluft ebenfalls langsam mit Giftgas an, solange das Gebäude in der Giftgaswolke steht. Wenn die Lüftung (natürlich oder gesteuert) also zB. einen vollständigen Luftwechsel pro 4h vorsieht, dann beträgt die Giftgaskonzentration nach einer Stunde innen 25% von aussen, nach 2 Stunden 50%, etc. Die Giftgaswolke wird aber, je nach ausgetretener Menge und nach Windverhältnissen selber wegverfrachtet und das Gebäude steht nicht beliebig lange darin.

Wenn jegliche Lüftung unmittelbar nach dem Austritt der Chlorgaswolke abgeschaltet werden kann, bietet das Gebäude deshalb einen sehr guten Schutz, denn die im Gebäude vorhandene Innenluft reicht genügend lange aus, bis die Chlorgas-Wolke sich verzogen hat. Es ist dafür nicht nötig, das Gebäude „gasdicht“ zu machen. Es muss bloss die Luftwechselrate minimiert werden, was technisch einfach möglich ist, indem man die Zwangslüftung abschaltet und alle Fenster schliesst.

Damit diese Voraussetzung erfüllt werden kann, empfehlen wir seitens Neosys, in den Lufterlässen der Lüftungsanlagen Sensoren für alle Gase zu installieren, von denen eine Gesundheitsgefährdung ausgeht und welche auf diesem Streckenabschnitt in relevanten Mengen transportiert werden¹, und die Lüftungssteuerung so anzupassen, dass die Gebäudelüftung bei einem Ansprechen der Sensoren sofort abgeschaltet wird. Anlässlich der Besprechung vom 20.9.2017 mit dem kantonalen Labor und weiteren Behördenvertretern wurde für das Baufeld 2 entgegen dieser Empfehlung entschieden, auf den Einbau von Sensoren zu verzichten. Wir führen diese Massnahme hier deshalb nicht weiter auf.

Die W/A-Diagramme des BAV für den untersuchten Streckenabschnitt zeigen, dass Unfälle mit Chlorgas auf diesem Streckenabschnitt sehr unwahrscheinlich sind und dass die Störfallrisiken deshalb sowohl für den Ausgangszustand als auch für die Situation nach der Inbetriebnahme weiterer Gebäude im akzeptierbaren Bereich liegen.

Die Nutzer des Gebäudes sind betreffend des Szenario-angepassten Verhaltens im Notfall, inklusive des richtigen Fluchtverhaltens, zwingend zu instruieren. Sie sollen angewiesen werden, bei Freisetzungen von Gasen aus Bahnkesselwagen in die oberen Stockwerke zu flüchten und dort zu warten, bis sich das Giftgas verflüchtigt hat und Entwarnung gegeben werden kann. Unterstützend dafür können Lautsprecher-Durchsagen verwendet werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass das Funktionieren der entsprechenden Systeme bei einem solchen Störfall nicht beeinträchtigt ist.

4.3 Szenario 3: Explosion, Leitstoff Propan

Bei einem Unfall eines Eisenbahnzuges mit Propantanks können Personen und Objekte durch eine Druckwelle, Trümmerwurf oder durch Hitzestrahlung zu Schaden kommen:

a) Druckwelle der Gaswolkenexplosion

Das Szenario beinhaltet das Leckschlagen von 1 oder 4 Eisenbahnwaggons mit je 42'000 kg Propangas. Das freiwerdende Gas strömt aus und bildet eine mit Luft vermischte Gaswolke, die schliesslich durch eine Zündquelle zur Explosion gebracht wird (VCE = vapour cloud explosion). Durch die Druckwelle werden Fassaden und Fensterscheiben der nahestehenden Gebäude beschädigt oder Gebäude stürzen sogar ein.

b) Hitzestrahlung des BLEVE

Wenn der Unfall, in den die Propantankwagen verwickelt sind, mit Feuer einhergeht, so kann das freiwerdende Propangas einen BLEVE (= boiling liquid expanding vapor explosion) verursachen. Dabei entsteht ein Feuerball mit einem Radius von 95-150 m (1 bzw. 4 Kesselwagen), welcher das Gebäude durch seine Hitzestrahlung unmittelbar in Brand setzen kann.

In diesen Fällen **ist mit Todesopfern zu rechnen**. Die Szenarien werden näher abgeschätzt. Vgl. dazu Kapitel 5.

¹ Dabei handelt es sich um Chlorgas Cl₂, Chlorwasserstoffgas HCl und Schwefeldioxid SO₂.

5 Risikoanalyse

5.1 Szenario Brand mit Benzin

Unverändert gegenüber der Situation im Bericht der Neosys AG vom 20.9.2017 [Lit. 6] da die zwei Gebäude auf Baufeld 3 nicht betroffen sind.

Betrachtet man die Situation mit allen 4 neuen Gebäuden (inklusive dem bereits gebauten auf Baufeld 1, so liegen die Wahrscheinlichkeiten der Brand-Szenarien im WA-Diagramm unwesentlich höher als in Figur 2 oben, da das Gebäude 1 von den Brand-Szenarien gleichermassen betroffen ist, wie das Gebäude 2. Im WA-Diagramm des BAV (vgl. Bericht der Neosys AG vom 20.9.2017 [Lit. 6], Kapitel 6, Figur 2) kommt dies gut zum Ausdruck ('Ecke' bei 90 Todesopfern und $W = \text{ca. } 5 \cdot 10^9$). Die Beurteilung der Situation mit Gebäude 1 und 2 wurde aber im Bericht der Neosys AG vom 20.9.2017 [Lit. 6] bereits vorgenommen. Für die Beurteilung der Situation inklusive den Gebäuden 3.1 und 3.2 ergeben sich keine zusätzlichen Aspekte.

5.2 Szenario Chlorgaswolke

Wegen der sehr tiefen Wahrscheinlichkeit von Unfällen mit Chlorgas auf diesem Streckenabschnitt (Grössenordnung $1 \cdot 10^{-11}$ Unfälle pro 100m und Jahr) wären auch Szenarien mit einigen 10 Toten kein übermässiges Risiko. Das Szenario ist für die Risikoanalyse nicht relevant.

5.3 Szenarien mit Propan

5.3.1 Wirkungsweise

Durch die Explosion von Propan-Tankwagen kann das Gebäude auf die folgenden drei Arten beschädigt werden:

- a) Einsturz des Gebäudes durch Druckwelle
- b) Bruch der Fenster durch Druckwelle
- c) Entzündung des Gebäudes durch BLEVE-Hitzestrahlung

5.3.2 Involvierte Stoffmengen

Im Handbuch III zur StFV wird festgehalten, dass Zugsunfälle mit 1 oder mit 4 involvierten Waggons berechnet werden sollen. Ein Propantankwagen enthält typisch 42'000 kg Propangas (Screeningbericht). Es wird daher eine Fallunterscheidung für 1 und 4 Kesselwagen gemacht.

5.3.3 Belegung der Gebäude im Tagesverlauf und Unfallorte

Die zwei neuen Bürogebäude des Baufelds 3 sind zusammen für ca. 1500 Arbeitsplätze konzipiert. Um eine Beurteilung dieser Neubauten im Rahmen der Störfallverordnung vorzunehmen, ist es aber notwendig, den gesamten Gebäudekomplex inklusive das geplante Gebäude 2 und das bereits erstellte Gebäude 1 zu betrachten. Zusammen umfassen die vier Gebäude etwas über 3'400 Arbeitsplätze. Entsprechend einer konservativen Annahme zur maximalen gleichzeitigen Belegung (80%) kommt man auf eine gleichzeitige Anwesenheit von 2'728 Personen am Tag (Arbeitszeit 08 – 18 Uhr). Da einschichtig gearbeitet wird (Bürobetrieb), gehen wir von einer Belegung von 10%, dh. 273 Personen in der Nacht aus. Vgl. dazu die Figur 3 in Kapitel 3.2. oben.

Der Ort eines möglichen, schädigenden Unfalles liegt auf den Geleisen in der Nähe der Gebäude, von rund 250 m nördlich des Gebäudes 3.2. bis rund 250 m südlich des Gebäudes 1. Vgl. dazu Figur 4 unten.

Da die Wahrscheinlichkeit eines Bahnunfalls pro 100m Streckenlänge definiert ist, wird die absolute Wahrscheinlichkeit eines relevanten Unfalls umso grösser, je grösser die Strecke ist, auf

welcher er mit relevanten Folgen passieren kann. Für die Szenarien wurden die Unfallorte wie folgt angenommen:

- Als Startpunkt wurde der Ort auf dem nächstliegenden Geleise angenommen, von dem aus die Wahrscheinlichkeit für ein Fensterbersten an der zugewandten Gebäudefassade nach einer Gaswolkenexplosion nach einem Unfall mit 4 involvierten Waggons 10% erreicht.
- Von diesem Startpunkt an wurden weitere Unfallorte im Abstand von immer 45 m evaluiert. Von jedem Unfallort aus wurden die Wirkungen eines BLEVE und einer Gaswolkenexplosion auf alle 4 Gebäude berechnet, je für Szenarien mit 1 oder mit 4 Bahnkesselwagen.
- Die Auswertung der auf Druckwellen basierenden Szenarien erfolgte unter Berücksichtigung der Abschattungs-Effekte (Gebäude absorbieren und reflektieren die Druckwelle und schützen im Druckschatten liegende andere Gebäude).
- Für BLEVE-Szenarien spielt die Abschattung keine Rolle, da sich das Zentrum des Feuerballs auf ca. 100 m Höhe befindet.
- Die Wirkungen der Szenarien an den verschiedenen Unfallorten wurden sodann, gewichtet mit den jeweiligen Wahrscheinlichkeiten, zusammengezählt.



Figur 4: Belegung und Situation der Unfallorte

Bei einem Fensterbersten infolge einer Druckwelle auf die den Schienen zugewandte Glasfassade werden Personen betroffen sein, die sich in unmittelbarer Umgebung dieser Fenster aufhalten. Die Belegung von Arbeitsplätzen in unmittelbarer Nähe von Fenstern auf der bahnzugewandten Seite wird analog zur Raumaufteilung im Gebäude BitandBytes abgeschätzt:

5.3.4 Zur Wahrscheinlichkeitsberechnung

Die Daten für die Unfallwahrscheinlichkeit auf dem Gleisabschnitt in der Nähe des Gebäudes wurden aus den W/A-Diagrammen des Screening-Berichts 2006 entnommen. Diese wurden vom BAV zur Verfügung gestellt. Die Unfallwahrscheinlichkeiten [pro 100m x Jahr] betragen:
 Für Leitstoff Propan, Explosion mit 1 Tankkesselwagen (VCE oder BLEVE): 8×10^{-11}
 Für Leitstoff Propan, Explosion mit 4 Tankkesselwagen (VCE oder BLEVE): 4×10^{-11}

Die Wahrscheinlichkeit, dass sich wegen des Unfalls eine VCE ereignet, wurde mit 10%, die Wahrscheinlichkeit, dass sich eine BLEVE ereignet, wurde mit 90% angenommen.

Die empirisch gefitteten PROBIT-Funktionen für die Wahrscheinlichkeit der eintretenden Schadenwirkung wurden für den BLEVE dem „Yellow Book“ (TNO) entnommen. Für die analogen PROBIT-Funktionen für das Einstürzen des Gebäudes bzw. das Bersten der Glasfassade nach einer Gaswolkenexplosion wurden die Formeln (5) und (4) aus der Publikation [7] verwendet (siehe Figur 5).

Type of damage	PROBIT equations
Minor damage (broken windows, displacement of doors and window frames, tile displacement, etc.)	$Y = 5 - 0.26 \ln \left[\left(\frac{4600}{P_s} \right)^{3.9} + \left(\frac{110}{I} \right)^5 \right] \quad (3)$
Major structural damage (cracks in walls, collapse of some walls)	$Y = 5 - 0.26 \ln \left[\left(\frac{17500}{P_s} \right)^{8.4} + \left(\frac{290}{I} \right)^{9.3} \right] \quad (4)$
Collapse (building partially or totally demolished)	$Y = 5 - 0.22 \ln \left[\left(\frac{40000}{P_s} \right)^{7.4} + \left(\frac{460}{I} \right)^{11.3} \right] \quad (5)$

Figur 5: Probit-Funktionen für die Wirkungen der Gaswolkenexplosion gemäss Quelle [7]

Die Wahrscheinlichkeiten für die Tag- respektive Nacht-Szenarien wurden als das lineare Verhältnis der Dauern der Tagperiode (10h/24h = 0.417) bzw. der Nachtperiode (14h/24h = 0.583) angenommen. Es ist zu bemerken, dass dies ein konservativer Ansatz ist, da die SBB weitaus mehr Gefahrgüter während der Nacht transportieren als am Tag. Da die Schadensausmasse bei Nacht wesentlich kleiner sind als am Tag, werden die Risiken dadurch eher überschätzt.

Die Wahrscheinlichkeiten für einen Gebäude-Einsturz bzw. für einen Fensterbruch auf der Geleisezugewandten Seite wurden in Abhängigkeit vom jeweiligen Standort der Explosion berechnet.

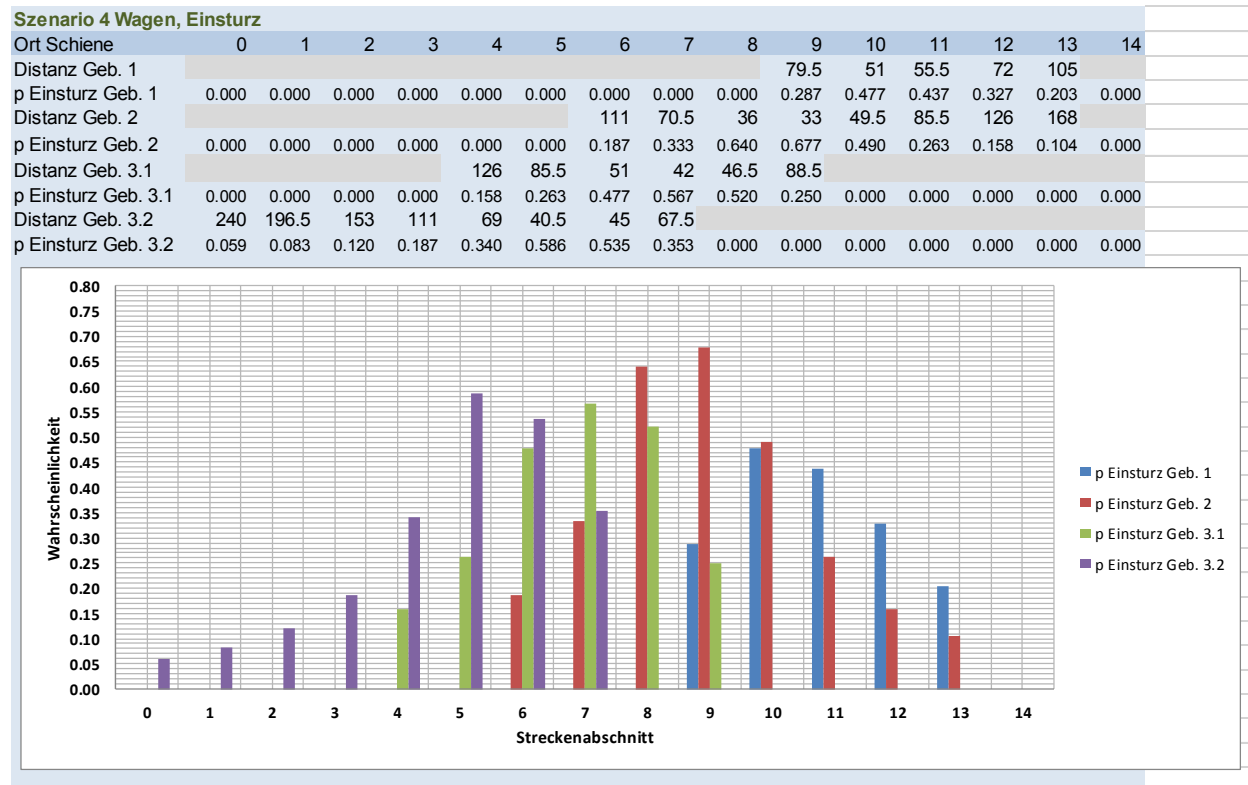
5.3.5 Zur Schadensausmassberechnung

Die Berechnung des Schadensausmasses basiert auf den folgenden Annahmen:

- Stürzt ein Gebäude ein, so gibt es keine Überlebenden (100% Opfer unter den anwesenden Personen).
- Bei einem Bruch der Fenster erleiden diejenigen Personen, welche ihren Arbeitsplatz direkt am Fenster auf der bahnzugewandten Seite des Gebäudes haben, tödliche Verletzungen durch Druck und Splitter. Annahme 15%. Ein Bruch der Fenster wird dann angenommen, wenn nach der Schadendefinition der Quelle [7] ein „major structural damage“ erfolgt. Dies ist konsistent mit Publikationen zum Verhalten von Glasfassadenfenstern bei Explosionen und trägt der Art der grossflächigen Fassaden-Fenster Rechnung.
- Wenn sich das Gebäude nach einem BLEVE unmittelbar entzündet, gehen wir davon aus, dass 25% der Personen die Flucht gelingt und dass 75% umkommen. Dies ist eine grobe Schätzung, welche einbezieht, dass nach einem BLEVE auch in der Umgebung des Gebäudes grossräumig Brände bestehen. Die unmittelbare Wirkung des BLEVE dauert nur ca. 30 Sekunden. Danach ist die Gefährdung im Aussenbereich durch die entstandenen Sekundärbrände bestimmt und nicht durch den Standort der Risikoquelle (Bahnwagen).
- Für die Berechnung der Gaswolkenexplosionen wurde davon ausgegangen, dass nach der Leckage von Propan eine Verdampfung und Vermischung mit Luft erfolgt. Beim Erreichen einer explosionsfähigen Verdünnung sei die Gaswolke ausserdem genügend verdämmt (zB. zwischen Bahnwaggons), dass eine Detonation möglich wird. Dies ist einerseits konservativ, da so kräftigere Druckwellen entstehen. Andererseits ergibt sich dadurch eine natürliche Begrenzung der involvierten Propanmengen, durch die Annahme eines begrenzten Volumens der detonierenden Gaswolke (ca. Halbkugel von 10m Radius).

5.3.6 Wirkungsberechnung

Für die Wirkung der Druckwellen-basierenden Szenarien wurde somit so vorgegangen, wie es Figur 6 illustriert. Für jeden der 45m auseinanderliegenden Unfallorte wurde die Wahrscheinlichkeit von Einsturz bzw. Fensterbruch aller 4 Gebäude berechnet. Abschattungseffekte wurden berücksichtigt (graue Balken in der Tabelle). Die summierten Wahrscheinlichkeiten pro Gebäude wurden sodann zusammen mit den pro Gebäude definierten Opferzahlen zur Berechnung der Risikopunkte verwendet.



Figur 6: Wahrscheinlichkeitsverteilungen für Gebäudeeinsturz entlang der unfallrelevanten Bahnstrecke

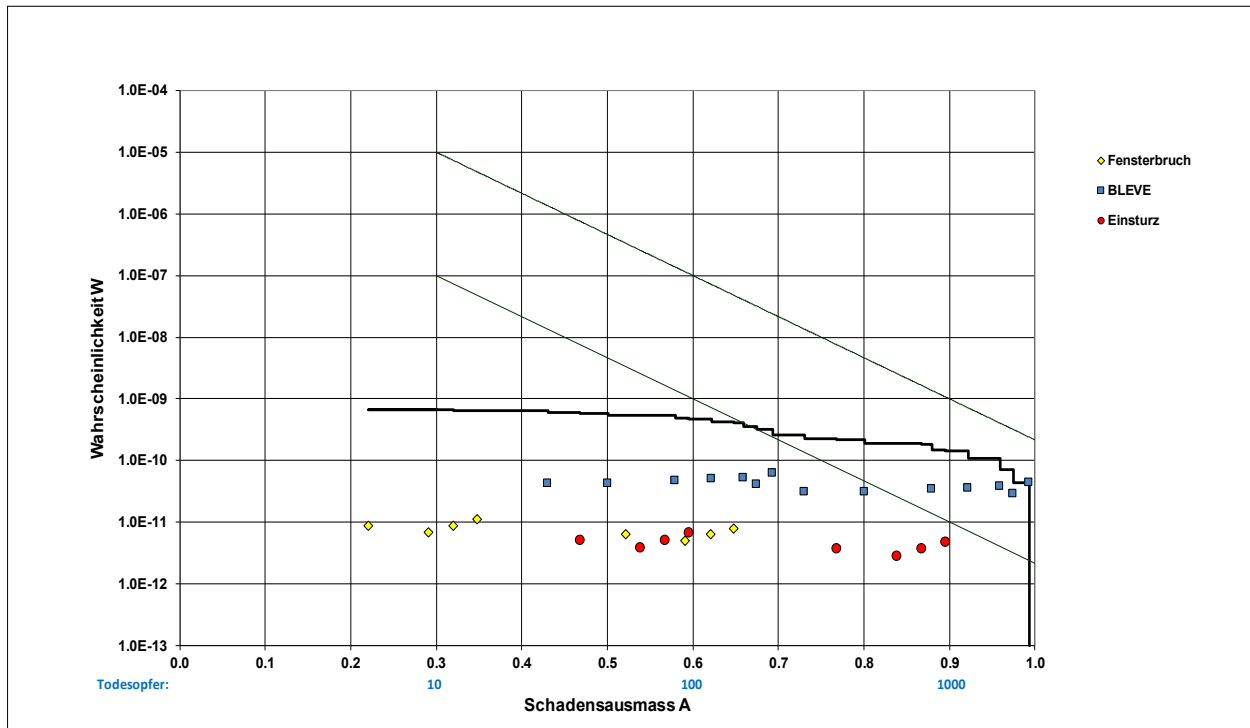
Für die Wirkung der BLEVE-Szenarien wurde im Prinzip gleich vorgegangen. Da die Inbrandsetzung eines Gebäudes digital (ja oder nein) parametrisiert ist, ergeben sich aber sinnvollerweise nur 7 Unfallorte entlang der Bahnstrecke. Diese haben aber nicht konstante Abstände bzw. zugehörige Streckenlängen, sondern die Streckenlänge wurde berechnet. Die Wahrscheinlichkeit des Sub-Szenarios ist proportional zur Streckenlänge. Figur 7 illustriert die Berechnung.

Szenario 4 Tanks (voll)																
Abstand des BLEVE sodass G. brennt		235 m (am Boden)														
Betroffene Gebäude		G3.2		G3.2+G3.1		G3.2+G3.1+G2		Alle 4		G3.1+G2+G1		G2+G1		G1		
Strecke ab Start längs Schiene		0	61	134		210		483		549		622		689		
Strecke für das Szenario			61	73		77		273		66		73		67		
UnfallWVK [pro 100m * Jahr]		3.60E-11														
UnfallWVK			2.19E-11	2.62E-11		2.75E-11		9.83E-11		2.38E-11		2.62E-11		2.40E-11		
Ausmass Feuerball / Brand																
			Tote	A-Skala	Tote	A-Skala	Tote	A-Skala	Tote	A-Skala	Tote	A-Skala	Tote	A-Skala	Tote	A-Skala
Tag 08-18			273	0.731	858	0.880	1578	0.959	2046	0.993	1773	0.975	1188	0.922	468	0.801
Nacht 18-08			27	0.431	86	0.580	158	0.659	205	0.693	177	0.675	119	0.622	47	0.501
WVK Fak.				WVK		WVK		WVK		WVK		WVK		WVK		WVK
Tag 08-18		0.417		9.11E-12		1.09E-11		1.15E-11		4.10E-11		9.90E-12		1.09E-11		1.00E-11
Nacht 18-08		0.583		1.28E-11		1.53E-11		1.61E-11		5.73E-11		1.39E-11		1.53E-11		1.40E-11

Figur 7: Berechnung BLEVE-Szenarien entlang der unfallrelevanten Bahnstrecke

5.4 Relevante Szenarien im W/A-Diagramm

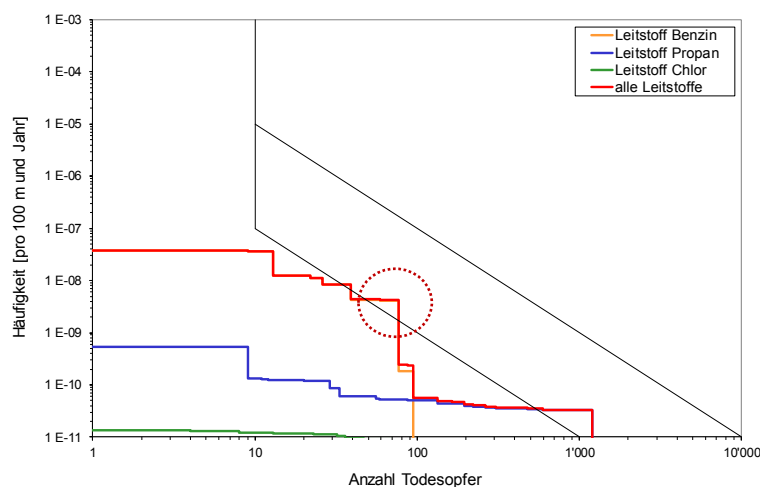
Aus der Risikoanalyse resultieren folgende Szenarien mit Wahrscheinlichkeiten und Ausmassen. Sie sind zusammen mit der resultierenden Summenkurve grafisch im W/A-Diagramm (Figur 8) dargestellt. Zur Beurteilung wichtig ist allein die Summenkurve, da die Anzahl und Position der einzelnen Szenario-Punkte von der Wahl der Unfallstandorte abhängig ist.



Figur 8: W/A-Diagramm für die berechneten Szenarien (4 Gebäude, Leitstoff Propan).

Diese Auswertung bezieht sich auf das Summierte Risiko aller vier Gebäude, aber nur für den Leitstoff Propan. Die Summenkurve liegt tief im Übergangsbereich, kommt aber nirgendwo in den verbotenen Bereich zu liegen.

Für eine Beurteilung des Leitstoffs Benzin (→ Brand), kann auf das WA-Diagramm des BAV für das Gebäude 1 zurückgegriffen werden (vgl. Bericht der Neosys AG vom 20.9.2017 [Lit. 6]). An dem dort konstatierten Überschreiten der unteren Akzeptanzgrenze im Bereich $A = 90$ Tote / $W = 5 \cdot E-09$ (markiert mit punktiertem Kreis) ändert durch die Neubauten im Bau Feld 3 nichts.



Figur 9: W/A-Diagramm des BAV für die Situation nur mit Gebäude 1, orange = Leitstoff Benzin).

6 Diskussion und Massnahmenvorschläge

Das massgebliche Risiko auf dem SBB-Streckenabschnitt hat sich bereits durch den Neubau des Gebäudes G1 auf dem Baufeld 1 vom tolerierbaren Bereich in den (unteren) Übergangsbereich des WA-Diagramms verlagert. Mit dem zusätzlichen Bau des BIT-Gebäudes (G2 auf dem Baufeld 2) hat sich daran grundsätzlich nichts geändert. Die maximalen Risiken sind aber bis in den mittleren Übergangsbereich vergrössert worden, wie im Bericht der Neosys AG vom 20.9.2017 [Lit. 6] gezeigt wurde. Ein zusätzlicher Bau der Gebäude G3.1 und G3.2 auf dem Baufeld 3 würde die maximalen Risiken weiter erhöhen. Die Summenkurve reicht bis in den oberen Übergangsbereich des WA-Diagramms (vgl. Figur 8 oben). Die Summenkurve erreicht den intolerierbaren Bereich aber nicht.

Somit bleibt die Risikosituation qualitativ dieselbe, wie nach dem Bau des Gebäudes 2: Es sind keine Risikominderungsmaßnahmen absolut zwingend. Der Gebäudekomplex kann – nach störfallrechtlicher Genehmigung durch die zuständige Behörde – wie geplant realisiert werden. Flankierende Massnahmen im Sinne der ARE-Richtlinie 'Koordination Raumplanung und Störfallvorsorge' [Lit. 2] müssen indessen geplant und ihre wirtschaftliche Tragbarkeit muss abgeschätzt werden. Die Behörde kann Risiken im Übergangsbereich tolerieren, wenn diese mit wirtschaftlich vertretbaren Massnahmen nicht weiter gesenkt werden können.

Wir gehen wie in der Vorläuferstudie (und wie in diesem Zusammenhang von den Parteien bestätigt wurde) davon aus, dass Massnahmen auf der Seite des Risikoeigners (SBB) nicht in Frage kommen bzw. nicht wirtschaftlich vertretbar sind. Solche Massnahmen wären beispielsweise:

- Verlagern der Gefahrguttransporte auf andere Streckenabschnitte
- Zeitliches Eingrenzen der Gefahrguttransporte strikte auf Nachtzeiten
- Verlegung der Geleise in einen Tunnel im Bereich der gefährdeten Gebäude

Wir gehen ebenfalls davon aus, dass Massnahmen seitens der Bauherrschaft, welche die Nutzung des Gebäudes beschränken (zB. weniger Arbeitsplätze vorsehen) nicht opportun sind bzw. ebenfalls zu unverhältnismässigen wirtschaftlichen Konsequenzen führen würden.

Damit verbleiben technische und feinplanerische Massnahmen an den Gebäuden und im Raum zwischen den Gebäuden und der Bahntrasse. Andere, dh. zusätzliche Massnahmen zu den im Bericht der Neosys AG vom 20.9.2017 [Lit. 6] genannten, stehen nicht zur Diskussion. Nicht alle dort genannten Massnahmen machen für die Gebäude 3.1 und 3.2 Sinn. Insbesondere die genannten Massnahmen gegen das Brand-Szenario sind für diese Gebäude nutzlos. Massnahmen, welche die Risikosituation für die Gebäude auf dem Baufeld 3 positiv beeinflussen, sind

1. Erdbebensichere Bauweise des Gebäudes

Die Nützlichkeit dieser Massnahme wurde im Kapitel 7.1. des Berichts der Neosys AG vom 20.9.2017 [Lit. 6] dargelegt. In einem frühen Planungsstadium ist diese Massnahme eventuell einfacher umzusetzen, als dies beim Gebäude 2 möglich war.

2. Ausrüsten der gleiszugewandten Fassaden mit Verbundglas-Fenstern

Bezogen auf das W/A-Diagramm können durch diese Massnahme die Szenarien «Fensterbruch» (gelbe Rauten) eliminiert werden. Die Summenkurve der Risiken ändert dadurch wenig, da sie vom stärkeren Szenario «BLEVE» dominiert wird. Die Verbundglas-Fenster schützen nicht vor einer BLEVE.

3. Konzeption des Leitsystems (Alarmierung über Lautsprecher), der Evakuationsanlagen, der Fluchtwege und der Sammelplätze

Wie im Kapitel 7.7 von [Lit. 6] dargelegt kann dadurch die Opferzahl in den BLEVE Szenarien gesenkt werden, was substanziell für die Summenkurve wäre.

4. Sorgfältige Instruktion des Fluchtverhaltens

7 Unterlagen und Literatur

- [1] W/A-Diagramme des benachbarten Streckenabschnitts beim Bahnhof Zollikofen
- [2] Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), 2013: Koordination Raumplanung und Störfallvorsorge entlang von risikorelevanten Bahnanlagen, Bern
- [3] Personenrisiken beim Transport gefährlicher Güter auf der Bahn „Screening 2006“, SBB, BLS AG, BAV, BAFU, 2007
- [4] Grundrisspläne des Gebäudes, Informationen zum Brandschutzkonzept und zum Fassadenbau, Bauart Architekten und Planer AG
- [5] Handbuch zur Störfallverordnung (StFV), Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern 2008
- [6] Bericht Neosys «BITANDBYTES, Zollikofen, Raumplanerische Risikostudie: Gefährdung durch Bahnlinie» vom 20.9.2017 [Lit. 6]
- [7] Volumenstudien BBL und Bauart Architekten

Gerlafingen, 4.5.2018

Neosys AG, Bereich RisCare



Dr. Jürg Liechti