



07.10.2022

---

# Ehemaliges Munitionslager Mitholz

## Risikoanalyse VBS 2022

---

### Präambel

Die vorliegende Risikoanalyse VBS 2022 wurde durch das Querschnittsthema Sicherheit erarbeitet und die Ergebnisse von der Expertengruppe VBS beurteilt. Den Resultaten der Risikoanalyse liegen fundierte wissenschaftliche Untersuchungen zu Grunde. Wissenslücken, insbesondere zur ereignisrelevanten Munitionsmenge und zur Munitionsverteilung im verschütteten Bahnstollen, wurden anhand von historischen Untersuchungen, Experimenten, Modellierungen und Simulationen so weit wie möglich geschlossen.

Die Expertengruppe VBS ist überzeugt, dass die vorliegenden Arbeiten korrekt und in der verfügbaren Zeit wissenschaftlich fundiert durchgeführt wurden. Die Expertengruppe VBS beurteilt die bisherigen Untersuchungen als zweckdienlich und die Risikoanalyse von 2022 mit den ermittelten Eintretenswahrscheinlichkeiten als plausibel. Obwohl die Summenkurve in der vorliegenden Risikoanalyse VBS 2022 gegenüber den vorherigen Risikoanalysen deutlich besser fundiert ist, kann das Risiko aus den Risikoanalysen von 2018 und 2020 Stand heute aufgrund der nach wie vor vorhandenen Unsicherheiten nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Anpassungen im Zeitplan und im Ablauf des Projekts «Räumung ehemaliges Munitionslager Mitholz» können auch zukünftig zu Änderungen in der Beurteilung der Risikosituation führen.

## Änderungsverzeichnis

Version	Anpassungen/Änderungen	Verfasser (mit Datum/Visum)	Geprüft/Freigabe: (mit Datum/Visum)
0.10	Erster Entwurf von BK&P	PN / 07.02.2022	
0.11	Versand für Vernehmlassung Expertengruppe / Projektorganisation	PN / 25.02.2022	
0.20	Ergänzungen vom GS VBS	IMH / 1. Hälfte März 2022	
0.21	Ergänzungen des Management Summary	IMH, PN / 18.03.2022	
0.30	Korreferat Expertengruppe / Projektorganisation	Diverse / 18.03.2022	
0.31	Bereinigung nach Vernehmlassung (exkl. Management Summary)	PN / 21.03.2022	
0.40	Version zur Abgabe an BAFU (inkl. Management Summary)	PN / 28.03.22	
0.50	Abgabeverision BAFU/FHI/EMI/KL Bern, Expertengruppe VBS und PL	IMH / 01.04.2022	
0.60	Abgabeverision mit Anpassung Abbau der Fluh ab 2028 BAFU/FHI/EMI/KL Bern, Expertengruppe VBS und PL	IMH / 13.04.2022	
0.65	Kleinere Anpassungen auf Basis Mail BAFU vom 19. April 2022	PN / 20.04.2022 IMH / 26.04.2022	
0.66	Anpassungen an Mgmt Summary aus Zwischenbesprechung mit BAFU, FHI/EMI und KL Bern vom 10. Mai 2022	IMH / 18.05.2022	
0.67	Kleine Anpassungen an Text aus Zwischenbesprechung vom 10. Mai 2022 mit BAFU, FHI/EMI und KL Bern	PN / 22.06.2022	
0.70	Endgültige Fassung Risikoanalyse VBS 2022 zur Abgabe an Projektleitung, BAFU, FHI/EMI, KL Bern und Expertengruppe VBS	IMH / 24.06.2022	
1.0	Ergänzung der W/A-Diagramme mit einem Streubereich der Risikoanalysen VBS 2018 und 2022	PN / 07.10.2022	

## Management Summary

Die Risikoanalyse (was kann passieren) zeigt auf, wie gross die Risiken für die Umgebung sind und in der Risikobewertung (was darf passieren) werden die ermittelten Risiken mit den Beurteilungskriterien der Störfallverordnung (StFV) und den Sicherheitskriterien der Weisungen über das Sicherheitskonzept für Munition und Explosivstoffen (WSUME) auf ihre Zulässigkeit hin beurteilt. Da die Risiken Stand heute zu hoch sind, werden risikosenkende Massnahmen, wie die Vorausmassnahmen, die Schutzbauten Bahn und Strasse sowie die Umsiedelung der Bevölkerung im Sicherheitsperimeter geplant.

Die Risikoanalyse VBS 2022 wurde durch das Querschnittsthema Sicherheit der Projektorganisation Mitholz gestützt auf den Projektauftrag «Räumung ehemaliges Munitionslager Mitholz» vom 16. Februar 2021 erarbeitet und durch die Expertengruppe VBS beurteilt. Das BAFU wurde in die Erarbeitung der vorliegenden Risikoanalyse einbezogen und der Bericht «Beurteilung der Risikoanalyse VBS 2022; Ehemaliges Munitionslager Mitholz», Stand Mai 2022 wurde berücksichtigt.

Die für die Risikoanalyse VBS 2022 relevanten Resultate waren einerseits die Untersuchungen der armasuisse Wissenschaft und Technologie (W+T) zu der Detonationsübertragung zwischen Fliegerbomben und deren möglichen Verteilungen respektive Wahrscheinlichkeiten und andererseits die von der Arbeitsgruppe «Historische Untersuchungen (HU)» aufbereiteten historischen Untersuchungen. Die historischen Untersuchungen müssen durch Sondiergrabungen inner- und ausserhalb der ehemaligen Munitionsanlage Mitholz ergänzt und verifiziert werden. Die Sondiergrabungen werden nach Abgabe der definitiven Risikoanalyse VBS 2022 weiter andauern.

### **Änderungen gegenüber der Risikoanalyse VBS 2020**

Gegenüber den vorherigen Risikoanalysen VBS 2018 und 2020 basiert die Risikoanalyse VBS 2022 auf weiteren Versuchen, sowie Simulationen und einer vertieften historischen Auswertung. Nachfolgend werden themenbezogen die wichtigsten Änderungen gegenüber der Risikoanalyse VBS 2020 aufgeführt:

#### **Ereignisanalyse:**

Die Ereignisanalyse befasst sich mit der Entstehung möglicher Explosionsereignisse mit dem Fokus auf den Ort, die Grösse und die Eintretenswahrscheinlichkeit des Ereignisses.

Die Risikoanalyse VBS 2018 beruhte auf historischen Grundlagen und Abschätzungen ohne technische Untersuchungen. Mit der Risikoanalyse VBS 2022 wurden zusätzliche relevante Erkenntnisse erarbeitet, v.a. mit Versuchen zur Detonationsübertragung von Munitionsstücken, chemischen Analysen zum Zustand verfügbarer Munitionsstücke, numerischen Simulationen zur Munitionsverteilung und Modellversuchen. Die Ergebnisse wurden validiert und wo möglich mit den historischen Untersuchungen abgeglichen. Der Einfluss der Parameter wurde durch eine Sensitivitätsanalyse so weit wie möglich überprüft.

Da eine durchgehende Überprüfung dieser Parameter erst nach dem Abschluss der Räumung vollständig erfolgen kann, werden die Unsicherheiten mittels eines Risiko-Streubereiches ausgewiesen. Szenarien, die zu Risiken, wie in den Analysen 2018 und 2020 führen, können heute nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Die Risikoanalyse VBS 2022 konsolidiert die Erkenntnisse der bisherigen Risikoanalysen VBS 2018 und 2020. Die höheren Eintretenswahrscheinlichkeiten der Risikoanalyse VBS 2018 und 2020 werden in der vorliegenden Risikoanalyse im Sinne eines oberen Streubereiches und im Lichte der nach wie vor vorhandenen Unsicherheiten für die Massnahmenplanung berücksichtigt.

Die durchgeführten Versuche und Modellrechnungen zeigen, dass die Eintretenswahrscheinlichkeiten respektive maximale Ereignisgrössen aber auch geringer als ursprünglich angenommen sein könnten, was in der vorliegenden Risikoanalyse als unterer Streubereich ausgewiesen wird.

#### ***Wirkungsanalyse:***

In der Wirkungsanalyse werden die massgebenden Schadenwirkungen, wie Trümmer-, Splitterwurf und Luftstoss berechnet.

Die Wirkungen des Trümmerwurfs im Falle eines Ereignisses werden in der vorliegenden Risikoanalyse genauer erfasst.

- Beim IST-Zustand wäre mit dem Auswurf von Trümmern aus den Stollen (Stollentrümmerwurf mit Trümmermassen bis zu wenigen Tonnen) zu rechnen. Es ergeben sich dadurch teilweise etwas grössere Letalitätszonen als bei der Risikoanalyse VBS 2020.
- Nach der temporären Verfüllung der Hohlräume würde bei einem Ereignis voraussichtlich ein Krater (Kratertrümmerwurf) entstehen. Die daraus resultierenden Letalitätszonen wären im Vergleich zum Stollentrümmerwurf kleiner.

Aus der Ereignisanalyse und der Wirkungsanalyse leiten sich die Sicherheits- und Evakuationsperimeter ab.

#### ***Risikobewertung:***

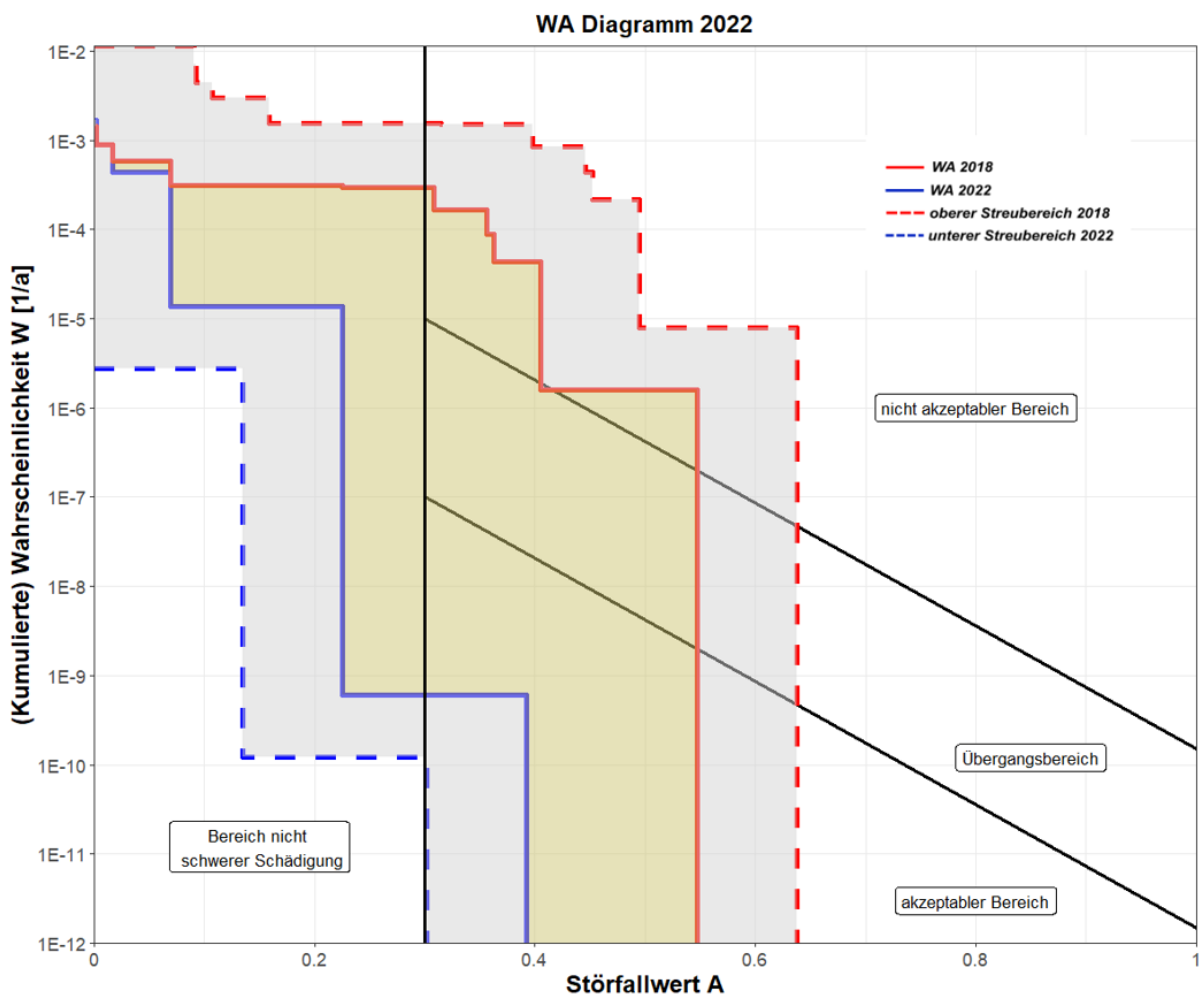
Die Risikobewertung muss aus zwei Blickwinkeln betrachtet werden:

- Störfallverordnung (StFV) für das kollektive Risiko der unbeteiligten Dritten (Bevölkerung inkl. Verkehrsteilnehmende).
- Weisungen über das Sicherheitskonzept für den Umgang mit Munition und Explosivstoffen (WSUME) für individuelle Risiken aller Beteiligten.

#### ***Risikobewertung nach StFV***

Die Streubereiche der Eintretenswahrscheinlichkeiten (siehe Ereignisanalyse oben) widerspiegeln sich im Wahrscheinlichkeits-/Ausmass-Diagramm nach StFV. Die Streubereiche sind gross, da die Inputparameter für die numerischen Simulationen aus der Risikoanalyse VBS 2022 mit Unsicherheiten behaftet sind und nicht vollständig validiert werden können. Geringe Änderungen bei den Inputparametern können bei konservativen Annahmen von Sprengstoffmenge und Übertragungsdistanz zu grossen Änderungen im Risiko führen. Gemäss der Risikoanalyse VBS 2018 liegt die Summenkurve im nicht akzeptablen Bereich. Gemäss den Erkenntnissen aus den Arbeiten zur Risikoanalyse VBS 2022 können die Risiken im akzeptablen Bereich liegen. Aufgrund von verbleibenden Wissenslücken können Risiken im nicht akzeptablen Bereich jedoch nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden. Um dem Vorsorgeprinzip der Störfallverordnung gerecht zu werden und um die Bevölkerung bestmöglich zu schützen, wurde dies in den Vorgaben für das Projekt berücksichtigt und bei den Sicherheitsmassnahmen der Fokus auf die Reduktion der Schadenausmasse gelegt. Deshalb ist der Sanierungsbedarf aus Sicht StFV weiterhin gegeben.





#### *Streubereich der Risikoanalysen VBS 2018 und 2022*

Während den Vorbereitungsarbeiten (inkl. Vorausmassnahmen) von 2022 bis ca. 2030 sind die Summenkurven vergleichbar mit dem IST-Zustand und variieren je nach vorherrschenden Letalitätszonen und Anzahl Arbeitenden im Umfeld. Mit dem Beginn der Räumung liegen die Summenkurven aber, unabhängig von den Eintretenswahrscheinlichkeiten, durchwegs im Bereich der nicht schweren Schädigung, da die Bevölkerung im Sicherheitsperimeter umgesiedelt und die Bahn und Strasse mit entsprechenden Schutzbauten geschützt sein werden.

#### Risikobewertung nach WSUME

Aus Sicht der WSUME sind Risikogrenzwerte für die individuellen Risiken wie in der Risikoanalyse VBS 2018 teilweise massiv überschritten.

Dies gilt auch für den Risikoverlauf während den Vorbereitungsarbeiten. Mit Beginn der Räumung sind die individuellen Risiken von unbeteiligten Dritten aufgrund der Vorgaben des Sicherheitsperimeters im zulässigen Bereich. Direktbeteiligtes Räum- und Entsorgungspersonal wird nicht beurteilt, da diese Personen für Mitholz von den WSUME ausgenommen sind.

Zudem zeigt sich, dass bei Anwesenheit von vielen Arbeitenden im Rahmen der Vorbereitungsarbeiten in der und um die Anlage grosse Ausmasse entstehen können. Darum wurde als risikosenkende Massnahme der Abbau der Fluh auf einen späteren Zeitpunkt verschoben. Mit dem temporär verfüllten Zustand der Klüfte und Hohlräume im verschütteten Bahntollen sind die Arbeiter besser geschützt.

#### **Schutzbauten:**

Weil einerseits im Lichte der vorhandenen Unsicherheiten das Vorsorgeprinzip der StFV zu berücksichtigen ist und von konservativen Annahmen ausgegangen wird und andererseits

auch grosse potentielle Ausmasse wie bei einer Zugsdurchfahrt vermieden werden müssen, werden Schutzbauten für Strasse und Bahn realisiert. Das Schutzniveau wird auf die maximalen Ereignisgrössen und Auswirkungen ausgerichtet.

Bei der Bahn soll zudem mit einem Alarmierungssystem das Auffahren von Zügen auf die Unfallstelle im Fall eines Explosionsereignisses möglichst verhindert werden.

Bei der Strasse werden die Risiken für die beteiligten Arbeiter während der Bauphase mit einer angepassten Bauweise gesenkt. Zwar sind die Ausmasse nicht so gross wie bei der Bahn, damit die Strasse aber auch nach einem Ereignis möglichst ohne Unterbruch genutzt werden kann, wird ebenfalls ein hohes Schutzniveau vorgegeben.

#### ***Mess- und Alarmierungssystem:***

Seit 2019 ist das Mess- und Alarmierungssystem zur Alarmierung der Bevölkerung und Sicherung der Verkehrsträger in Betrieb. Im Verlauf der nächsten Jahre werden, bedingt durch bauliche Veränderungen, wie lokale Schutzmassnahmen Steinschlag im Bahnstollen (LSSB), temporäre Verfüllung und Abbau der Fluh, umfassende Anpassungen am Mess- und Alarmierungssystem notwendig.

#### ***Anlage-, Sicherheits- und Evakuationsperimeter:***

Gestützt auf das Vorsorgeprinzip der StFV und zum bestmöglichen Schutz der Bevölkerung wird von konservativen Annahmen ausgegangen. Für die Planung des Evakuationsperimeters wird von einem 10 t Ereignis sowie für den Sicherheitsperimeter zusätzlich von den Eintrittswahrscheinlichkeiten der Risikoanalyse VBS 2018 ausgegangen.

Die Anlage-, Sicherheits- und Evakuationsperimeter sind mit den Fachstellen des Bundes (BAFU) und des Kantons Bern (Kantonales Laboratorium Bern) sowie dem Kantonalen Führungsorgan (KFO) abgestimmt worden.

#### ***Räumung und Entsorgung:***

Die Risiken bei der Räumung und der Entsorgung der Munitionsrückstände können in der vorliegenden Risikoanalyse VBS 2022 noch nicht beurteilt werden. Die dafür notwendigen Grundlagen werden derzeit erarbeitet. Diese sind insbesondere unter dem Fokus der Arbeitssicherheit zu beurteilen.

#### ***Eventualplanung Überdeckung:***

Falls die Räumung nicht wie vorgesehen durchgeführt werden kann, sollen die Munitionsrückstände überschüttet werden, damit in der Umgebung keine Gefährdung durch Explosionen besteht. Aktuell werden Simulationen zur Schutzwirkung einer möglichen Überdeckung durchgeführt.

# Ehemaliges Munitionslager Mitholz – Risikoanalyse VBS 2022

## Inhaltsverzeichnis

<b>Management Summary .....</b>	<b>3</b>
<b>1 Einleitung / Ausgangslage.....</b>	<b>11</b>
1.1 Ehemaliges Munitionslager Mitholz .....	11
1.2 Risikoanalysen VBS 2018 und 2020 sowie Beurteilungen BAFU / EMI und Bundesratsbeschluss von Ende 2020 .....	12
1.2.1 Risikoanalyse VBS 2018 .....	12
1.2.2 Beurteilung der Risikoanalyse VBS 2018 durch das BAFU .....	12
1.2.3 Risikoanalyse VBS 2020 .....	12
1.2.4 Beurteilung der Risikoanalyse VBS 2020 durch das BAFU .....	13
1.2.5 Bundesratsbeschluss vom Dezember 2020 zur Räumung .....	13
1.3 Zielsetzung .....	13
1.3.1 Risikoanalyse des Projekts.....	13
1.3.2 Adressat .....	14
1.4 Genehmigung der Risikoanalyse VBS 2022 .....	15
<b>2 Grundlagen für die Beurteilung 2022 .....</b>	<b>16</b>
2.1 Ergebnisse der historischen Untersuchung.....	16
2.2 Ergebnisse der Untersuchungen armasuisse W+T .....	17
2.3 Bergung Munitionsstücke zur chemischen Analyse .....	19
2.4 Ergebnisse Geologie .....	19
<b>3 Risikobeurteilung der Ist-Situation .....</b>	<b>21</b>
3.1 Erkenntnisse aus den technischen Untersuchungen .....	21
3.2 Risikoanalyse IST-Zustand (2021/22) .....	25
3.2.1 Ereignisanalyse IST-Zustand (2021/22) .....	25
3.2.2 Wirkungsanalyse IST-Zustand (2021/22) .....	27
3.2.3 Expositionsanalyse IST-Zustand (2021/22).....	32
3.2.4 Risikoberechnung IST-Zustand (2021/22).....	34
3.3 Risikobewertung IST-Zustand (2021/22).....	36
3.3.1 Beurteilungskriterien zur StFV [11] – IST-Zustand (2021/22).....	36
3.3.2 WSUME [9] – IST-Zustand (2021/22).....	37
3.4 Fazit IST-Zustand (2021/22).....	38
<b>4 Geplanter Gesamtablauf und Terminplan .....</b>	<b>39</b>
4.1 Schematische Übersicht und Grobüberblick der Bauphasen .....	39
4.2 Zeitabschnitt 2022 (Sondiergrabungen, Anpassungen Mess- und Alarmierungssystem, Teilrückbau/Stilllegung Anlage, Clusterbohrungen).....	39
4.3 Zeitabschnitt 2023 (Anpassungen Mess- und Alarmierungssystem, Lokale Schutzmassnahmen Steinschlag Bahnstollen, Teilrückbau/Stilllegung Anlage, Vorausmassnahmen, Bohrungen Dreispitz).....	40
4.4 Zeitabschnitt 2024 (Vorausmassnahmen, Temporäre Verfüllung) .....	40
4.5 Zeitabschnitt 2025 (Räumung Installationsplatz / Infrastruktur Flächen, Perimeterschutz, IP BLS) .....	40
4.6 Zeitabschnitt 2026 (Schutzgalerie Strasse, Schutzgalerie Bahn, IP BLS) .....	41
4.7 Zeitabschnitt 2027 (Schutzgalerie Strasse, Schutzgalerie Bahn, IP BLS) .....	41
4.8 Zeitabschnitt 2028 (Rückbau Fluh Schutzgalerie Bahn, Schutzgalerie Strasse / IP BLS) .....	41
4.9 Zeitabschnitt 2029 (Rückbau Fluh, Infrastruktur E/R, Schutzgalerie Bahn, Schutzgalerie Strasse, IP BLS) .....	42
4.10 Zeitabschnitt 2030 (Rückbau Fluh, Infrastruktur E/R, Schutzgalerie Strasse, IP BLS) .....	42
4.11 Zeitabschnitt 2031 (Rückbau Fluh, Halle, Infrastruktur E/R, IP BLS).....	42
4.12 Zeitabschnitt 2032+ (Abschluss Halle, Räumung, Entsorgung, IP BLS).....	43

<b>5</b>	<b>Veränderung der Risikosituation mit dem Gesamtkonzept Räumung</b>	<b>44</b>
5.1	Risikoeentwicklung	44
5.2	Erarbeitung von Letalitätszonen	51
5.3	2022 (Sondiergrabungen, Anpassung M&AS, Teilrückbau/Stilllegung Anlage, Clusterbohrungen)	52
5.3.1	Ereignisanalyse und Beschreibung der geplanten Arbeiten (2022)	52
5.3.2	Wirkungsanalyse (inkl. Letalitätszonen) (2022)	52
5.3.3	Expositionsanalyse (2022)	52
5.3.4	Risikorechnung und Massnahmen (2022)	53
5.4	2023 (Anpassung M&AS, LSSB, Teilrückbau/ Stilllegung Anlage, Vorausmassnahmen, Bohrungen Fluh)	56
5.4.1	Ereignisanalyse und Beschreibung der geplanten Arbeiten (2023)	56
5.4.2	Wirkungsanalyse (inkl. Letalitätszonen) (2023)	56
5.4.3	Expositionsanalyse (2023)	57
5.4.4	Risikorechnung und Massnahmen (2023)	57
5.5	2024 (Wassermonitoring, Vorausmassnahmen, Temporäre Verfüllung)	60
5.5.1	Ereignisanalyse und Beschreibung der geplanten Arbeiten (2024)	60
5.5.2	Wirkungsanalyse (inkl. Letalitätszonen) (2024)	60
5.5.3	Expositionsanalyse (2024)	61
5.5.4	Risikorechnung und Massnahmen (2024)	61
5.6	2025 (, Räumung Installationsplatz / Infrastruktur Flächen, Perimeterschutz, IP BLS)	64
5.6.1	Ereignisanalyse und Beschreibung der geplanten Arbeiten (2025)	64
5.6.2	Wirkungsanalyse (inkl. Letalitätszonen) (2025)	65
5.6.3	Expositionsanalyse (2025)	66
5.6.4	Risikorechnung und Massnahmen (2025)	66
5.7	2026 (Schutzgalerie Bahn, Schutzgalerie Strasse / IP BLS)	69
5.7.1	Ereignisanalyse und Beschreibung der geplanten Arbeiten (2026)	69
5.7.2	Wirkungsanalyse (inkl. Letalitätszonen) (2026)	69
5.7.3	Expositionsanalyse (2026)	69
5.7.4	Risikorechnung und Massnahmen (2026)	69
5.8	2027 (Schutzgalerie Bahn, Schutzgalerie Strasse / IP BLS)	72
5.8.1	Ereignisanalyse und Beschreibung der geplanten Arbeiten (2027)	72
5.8.2	Wirkungsanalyse (inkl. Letalitätszonen) (2027)	72
5.8.3	Expositionsanalyse (2027)	72
5.8.4	Risikorechnung und Massnahmen (2027)	72
5.9	2028 (Rückbau Fluh, Schutzgalerie Bahn, Schutzgalerie Strasse, IP BLS)	75
5.9.1	Ereignisanalyse und Beschreibung der geplanten Arbeiten (2028)	75
5.9.2	Wirkungsanalyse (inkl. Letalitätszonen) (2028)	75
5.9.3	Expositionsanalyse (2028)	75
5.9.4	Risikorechnung und Massnahmen (2028)	75
5.10	2029 (Rückbau Fluh, Schutzgalerie Bahn, Schutzgalerie Strasse, Projektinfrastruktur / IP BLS)	78
5.10.1	Ereignisanalyse und Beschreibung der geplanten Arbeiten (2029)	78
5.10.2	Wirkungsanalyse (inkl. Letalitätszonen) (2029)	78
5.10.3	Expositionsanalyse (2029)	78
5.10.4	Risikorechnung und Massnahmen (2029)	79
5.11	2030 (Rückbau Fluh, Infrastruktur E/R, Schutzgalerie Strasse, IP BLS)	82
5.11.1	Ereignisanalyse und Beschreibung der geplanten Arbeiten (2030)	82
5.11.2	Wirkungsanalyse (inkl. Letalitätszonen) (2030)	82
5.11.3	Expositionsanalyse (2030)	84
5.11.4	Risikorechnung und Massnahmen (2030)	85
5.12	2031 (Rückbau Fluh, Halle, Infrastruktur E/R, IP BLS)	87
5.12.1	Ereignisanalyse und Beschreibung der geplanten Arbeiten (2031)	87
5.12.2	Wirkungsanalyse (inkl. Letalitätszonen) (2031)	87
5.12.3	Expositionsanalyse (2031)	89
5.12.4	Risikorechnung und Massnahmen (2031)	89

5.13	2032+ (Abschluss Halle, Beginn Räumung & Entsorgung).....	92
5.13.1	Ereignisanalyse und Beschreibung der geplanten Arbeiten (2032+) .....	92
5.13.2	Wirkungsanalyse (inkl. Letalitätszonen) (2032+).....	92
5.13.3	Expositionsanalyse (2032+) .....	93
5.13.4	Risikorechnung und Massnahmen (2032+).....	94
5.14	Entsorgung .....	97
5.14.1	Schnittstelle Räumung / Entsorgung .....	97
5.14.2	Anlagen für die Entsorgung der Munitionsrückstände.....	97
<b>6</b>	<b>Veränderung der Risikosituation mit der Eventualplanung Überdeckung ....</b>	<b>99</b>
6.1	Szenarien für Wechsel auf Eventualplanung Überdeckung .....	99
6.2	Nach der Überdeckung (Restrisiko) .....	99
<b>7</b>	<b>Externe Abhängigkeiten .....</b>	<b>100</b>
7.1	Ausbau Lötschberg-Basistunnel.....	100
7.2	«Spitze Stei» (Kandersteg).....	100
<b>8</b>	<b>Festlegung Anlage-, Sicherheits- und Evakuationsperimeter für das Projekt .....</b>	<b>102</b>
8.1	Kriterien und Grundlagen für die Festsetzung der Perimeter .....	102
8.1.1	Grundlage zur Definition des Evakuations- und Sicherheitsperimeters .....	102
8.1.2	Anlageperimeter .....	103
8.1.3	Sicherheitsperimeter.....	103
8.1.4	Evakuationsperimeter.....	104
8.2	Kriterien und Grundlagen einer Gefahrenwarnung/Evakuations .....	106
8.2.1	Mess- und Alarmierungssystem Mitholz.....	106
8.2.2	Anpassungen aktive Messungen zur Erfassung risikoverändernden Faktoren Installationen 2022 .....	110
<b>9</b>	<b>Vorgaben für die einzelnen Lieferobjekte im Projekt.....</b>	<b>111</b>
9.1	Vorausmassnahmen.....	111
9.1.1	Zeitlicher Ablauf der Realisierung der Vorausmassnahmen .....	111
9.1.2	Druckabschluss mittels Hochdrucktor und Stahlbetonpfropfen Notausfahrt und Notausgang Süd.....	111
9.1.3	Schutznetz Explosion ausserhalb der Anlage .....	112
9.2	Schutzmassnahmen Strasse, Bahn und Bevölkerung .....	113
9.2.1	Schutzgalerie Bahn (Geometrie/Länge) .....	114
9.2.2	Geschützte Umfahrungsstrasse (Geometrie/Länge).....	114
9.2.3	Wegzug der Bevölkerung im Anlage- und Sicherheitsperimeter sowie Einschränkungen im Evakuationsperimeter .....	115
9.2.4	Vorgaben für die Bewirtschaftung der Flächen und der Liegenschaften innerhalb des Sicherheitsperimeters .....	116
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>117</b>

## Anhänge

A	Geologische Schnitte und Felsüberdeckung
B	Wirkungen Felsanlage
C	Individuelle & kollektive Risiken
D	W/A-Diagramme
E	Wirkungen Räumung
F	Schutzbauten
G	Einwirkungen auf Pfropfen im Bahnstollen und Auswirkungen auf Wirkungszonen
H	Bestimmung von Ereigniswahrscheinlichkeiten und Abschätzung von Maximaler- eignissen im ehemaligen Munitionslager Blausee-Mitholz
I	Historische Untersuchungen
J	Investigation on Ammunition Summary
K	Korrektur für Masseneffekte
L	Stollentrümmerwurf
M	Entsorgung



# **1            Einleitung / Ausgangslage**

## **1.1        Ehemaliges Munitionslager Mitholz**

Im Zweiten Weltkrieg war in Mitholz (Gemeinde Kandergrund, Kanton Bern) zwischen 1941 und 1945 ein unterirdisches militärisches Munitionslager als Nachschub-Munitionslager der Schweizer Armee gebaut worden. Die Anlage umfasste sechs parallel liegende Lagerkammern von jeweils 150 m Länge. Diese waren am rückwärtigen Ende mit einem kleinen Verbindungsgang und einem vorgelagerten Bahntunnel miteinander verbunden. So konnte die Munition direkt von den Bahnwagen in die Lagerkammern ein- bzw. ausgelagert werden. Diese Zugänglichkeit per Bahn war der Grund, wieso das Lager in Mitholz gebaut worden war.

In der Nacht vom 19. auf den 20. Dezember 1947 ereigneten sich im Munitionslager mehrere Explosionen. Brände wüteten auch noch Tage danach. Vor allem der Trümmerwurf und in geringem Mass der Luftstoss richteten im Dorf Mitholz grosse Schäden an: Insgesamt neun Menschen starben in der Umgebung der Anlage, mehrere Dutzend Häuser wurden beschädigt oder zerstört. Die Explosionen führten zudem zum Einsturz des Bahntunnels und der darüber liegenden Fluh.

Explodiert war ein Teil der eingelagerten rund 7'000 Bruttotonnen Munition. Ein weiterer Teil wurde nach dem Unglück geräumt. Eine vollständige Räumung der Munitionsrückstände im teilverschütteten Bahnstollen wurde vor allem aus geologischen Gründen als zu risikoreich erachtet. Gemäss einer Schätzung befinden sich in den eingestürzten Anlageteilen und im Schuttkegel davor heute noch bis zu 3'500 Bruttotonnen Munition mit mehreren hundert Tonnen Sprengstoff.

Nach dem Unglück setzte der Bundesrat umgehend eine Untersuchungskommission ein, welche die Ursache für die Explosionen finden sollte. Trotz den Untersuchungen der Kommission und der beigezogenen Experten konnte diese aber nicht abschliessend festgestellt werden. Es wird vermutet, dass eine chemisch bedingte Selbstzündung in einem der Munitionsstücke für die Auslösung der Ereignisse verantwortlich war.

Die Risikobeurteilung der Untersuchungskommission aus dem Jahr 1949 und eine weitere Fachbeurteilung von 1986 kamen zum Schluss, dass zwar weitere kleinere Explosionen nicht ausgeschlossen werden können, deren Auswirkungen jedoch vor allem auf den verschütteten Bahnstollen beschränkt wären. Aufgrund dieser Einschätzung wurden die übrigen Anlageteile weiter genutzt und ausgebaut: Ab 1987 nutzte die Armeepothek die Anlage als Pharmaproduktions- und Lagerstandort. Die Armee betrieb zudem darin von 1987 bis 2018 eine Truppenunterkunft.

## **1.2 Risikoanalysen VBS 2018 und 2020 sowie Beurteilungen BAFU / EMI und Bundesratsbeschluss von Ende 2020**

### **1.2.1 Risikoanalyse VBS 2018**

Die Projektierung eines Rechenzentrums 2017 in Mitholz veranlasste das VBS, eine neue Risikobeurteilung durchzuführen. Ein Team aus VBS-internen und externen Experten hat unter externer Leitung am 27. April 2018 seinen Zwischenbericht und am 27. September 2018 den Schlussbericht abgegeben.

Gemäss Expertenbericht waren 2018 die Wahrscheinlichkeit und das mögliche Ausmass einer Explosion deutlich höher als in den bisherigen, qualitativen und sehr einfachen Risikobeurteilungen eingeschätzt. Eine Explosion könnte auch Schäden in der nahen Umgebung verursachen. Die Experten gingen grundsätzlich von zwei Szenarien aus:

- Ein kleineres Ereignis (Explosion von 1 t Sprengstoff) wurde als plausibelste Ereignisgrösse beurteilt mit einer Eintretenswahrscheinlichkeit resp. Häufigkeit von einmal pro rund 300 Jahre.
- Ein grösseres Ereignis (Explosion von 10 t Sprengstoff) mit einer Eintretenswahrscheinlichkeit resp. Häufigkeit von einmal pro rund 3'000 Jahre wurde ebenfalls als möglich erachtet.

Nach Meinung der Experten wären insbesondere der Trümmerwurf von Felsmaterial und sekundär der Luftstoss infolge einer Explosion gefährliche Auswirkungen. In der Anlage selbst würde im Explosionsfall die Gefahr von Kammerdruck, Feuer, toxischen Explosionsgasen und Erdstössen ausgehen. Zudem machten die Experten in ihrer Beurteilung auf sekundäre Wirkungen wie einen möglichen Felssturz aus der Fluh aufmerksam.

Die Risikoanalyse (RA) VBS 2018 wies insgesamt nicht akzeptable Risiken für die Bevölkerung, die Gebäude, die Strasse und die Bahn in der Umgebung des ehemaligen Munitionslagers, die Truppenunterkunft, die Armeeapotheke und allfällige Bauprojekte aus. Gestützt auf diese Erkenntnisse hatte die Expertengruppe als Sofortmassnahmen die Schliessungen der Truppenunterkunft und der Armeeapotheke, den Verzicht auf Bauvorhaben an diesem Standort sowie die Gründung einer Arbeitsgruppe, die sich mit risikosenkenden Massnahmen auseinandersetzt, empfohlen. Diese Empfehlungen wurden alle umgesetzt. Mit den weiteren Arbeiten wurden risikosenkende Massnahmen zum Schutz der lokalen Bevölkerung, der Zufahrtsstrasse nach Kandersteg und der Bergstrecke der BLS geprüft.

### **1.2.2 Beurteilung der Risikoanalyse VBS 2018 durch das BAFU**

Gemäss dem standardisierten Vorgehen beurteilte das BAFU die RA VBS 2018. Das BAFU bestätigte im April 2019 die Einschätzungen des VBS. Es stützte sich dabei auf ein unabhängiges, durch das deutsche Fraunhofer-Institut für Kurzzeiddynamik, Ernst-Mach-Institut (EMI) in Efringen-Kirchen erstelltes Gutachten. Die zusätzlichen Erkenntnisse, dass auch ein Szenario mit 20 t Sprengstoff mit räumlich anders verteilten Gefährdungsbereichen als möglich erachtet wurde, wurden in den weiteren Arbeiten zu den risikosenkenden Massnahmen und zur Notfallplanung des Kantons Bern berücksichtigt.

### **1.2.3 Risikoanalyse VBS 2020**

Aufgrund der Erkenntnisse aus dem internationalen Workshop vom Februar 2020, den Untersuchungen zum Kupferazid, sowie den Übertragungsversuchen an geborgenen Munitionsstücken und den ersten entsprechenden numerischen Simulationen, aktualisierte die Expertengruppe des VBS die Risikoanalyse 2020. Infolge der als kleiner eingeschätzten Übertragungswahrscheinlichkeiten im vorhandenen Munitions- und Gesteinsgemenge stufen die Experten die Wahrscheinlichkeit insbesondere des Ereignisses mit 10 Tonnen Sprengstoff als kleiner ein als 2018, weshalb sie zusätzlich ein Ereignis mit 3 Tonnen Sprengstoff in der



Analyse berücksichtigt haben. Diese Einschätzung führt zu Risiken, die nach der Störfallverordnung an der oberen Grenze des Übergangsbereichs liegen. Damit ändert sich der Handlungsbedarf, die Risiken zu senken, nicht grundlegend.

#### **1.2.4 Beurteilung der Risikoanalyse VBS 2020 durch das BAFU**

Das VBS hat die Risikoanalyse 2020 wiederum dem BAFU zur Beurteilung unterbreitet. Gestützt auf ein zweites Gutachten des Fraunhofer-Instituts, EMI, zur Beurteilung der Massnahmen und der Risikoanalyse 2020 des VBS kommt das BAFU zum Schluss, dass weiterhin Szenarien möglich sind, die für ein Ereignis mit 10 Tonnen Sprengstoff nicht akzeptable Risiken nach Störfallverordnung ergeben. Es erachtet deshalb die Einschätzung der Experten des VBS in der Risikoanalyse 2020 als zu optimistisch. Weiter erachtet es das BAFU als notwendig, dass das Risiko für die störfallrelevanten Szenarien (grosse Explosionsereignisse) vor Beginn der Arbeiten, die zu einer Erhöhung der Wahrscheinlichkeit für eine Ereignisauslösung durch Menschenhand führen können, mit Schutzmassnahmen oder Evakuierungen der Bevölkerung und Sperrungen der Verkehrsträger in den akzeptablen Bereich zu senken ist. Die Durchführung von Arbeiten an den vermuteten Munitions-Hot-Spots ist aus Sicht des BAFU ansonsten nicht verantwortbar. Dies insbesondere im Lichte des Vorsorgeprinzips gemäss Störfallverordnung, der Sorgfaltspflicht bei Arbeiten an den Munitions-Hot-Spots und der immer noch herrschenden grossen Unsicherheiten z.B. bei der Munitionsverteilung, es sei denn, das VBS kann im Rahmen der weiteren Arbeiten nachvollziehbar aufzeigen, dass die geplanten Arbeiten das Risiko für eine Auslösung störfallrelevanter Szenarien nicht erhöhen.

#### **1.2.5 Bundesratsbeschluss vom Dezember 2020 zur Räumung**

Der Bundesrat hat an seiner Sitzung vom 4. Dezember 2020 beschlossen, dass die Munitionsrückstände aus dem ehemaligen Munitionslager Mitholz geräumt werden sollen. Damit bestätigt er den Weg, den das VBS, die betroffenen Kantone und die Gemeinden bisher verfolgt haben. Der Bundesrat hat das VBS beauftragt, die Räumung mit den Schutzmassnahmen zu projektieren und bis im Herbst 2022 eine Botschaft zur Finanzierung zu erarbeiten.

Der Bundesrat stützt seinen Beschluss auf verschiedene Grundlagendokumente:

- Bericht der Arbeitsgruppe Mitholz vom 21. Oktober 2020;
- Bericht zur Variantenevaluation Mitholz vom 4. November 2020;
- Risikoanalyse VBS 2020 vom 4. November 2020;
- Bericht des Bundesamts für Strassen ASTRA zur Evaluation der Varianten für das Projekt Schutzbauten Strasse vom 17. September 2020;
- Bericht des Fraunhofer-Instituts für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, «Unterstützung Massnahmenerarbeitung und -beurteilung ehem. Munitionslager Mitholz, Vorausmassnahmen, Variantenvergleich und VBS-Risikoanalyse 2020» vom September 2020.

### **1.3 Zielsetzung**

#### **1.3.1 Risikoanalyse des Projekts**

Die RA VBS 2018 und die Empfehlungen der Experten darin bildeten eine der Grundlagen für die weiteren Arbeiten seit 2018. So wurden neben der Umsetzung der Sofortmassnahmen zahlreiche weitere Massnahmen realisiert: Ein Mess- und Alarmierungssystem mit insgesamt über 60 Sensoren im Aussen- und Innenbereich des ehemaligen Munitionslagers Mitholz wurde in Betrieb genommen, damit risikobeeinflussende Parameter wie Veränderungen der Temperatur, Gasentwicklungen oder Felsbewegungen frühzeitig detektiert werden können. Zudem wurden die Technischen Untersuchungen insbesondere von Munition in Mitholz sowie in den Bereichen Hydrologie und Geologie vertieft. Im Projekt Variantenevaluation Mitholz wurden Varianten evaluiert, die das vom ehemaligen Munitionslager ausgehende Risiko senken.

Das Ziel der RA VBS 2020 war es, die Betrachtung der Risikosituation, wie sie sich im ehemaligen Munitionslager Mitholz 2020 präsentierte, unter Berücksichtigung der neuen Erkenntnisse und Informationen zu aktualisieren und die künftige Risikoentwicklung über die geplanten Phasen darzulegen.

Abgeleitet aus der Ausgangslage wird das Ziel der aktuellen RA VBS 2022 beschrieben. Das Hauptziel der Aktualisierung der vorliegenden RA VBS 2022 ist die Beurteilung der Risikosituation, unter Berücksichtigung der neuen Erkenntnisse wie

- Historische Untersuchungen,
- Untersuchungen an WTE,
- Bergung Munitionsstücke zur chemischen Analyse und
- Untersuchungen Geologie.

Im Gegensatz zu den bisherigen Risikoanalysen VBS 2018 und VBS 2020 beinhaltet die RA VBS 2022 auch die Risikoanalyse Gesamtprojekt Räumung und Entsorgung und legt die Vorgaben für die Lieferobjekte:

- Vorausmassnahmen (Stahlbetonpfropfen Notausgang/Notausfahrt Süd und Hochdrucktor Nord),
- Schutzmassnahmen Bevölkerung (Anlage-, Sicherheits- und Evakuationsperimeter),
- Bewirtschaftung der Flächen und der Liegenschaften innerhalb des Sicherheitsperimeters,
- Geschützte Umfahrungsstrasse (Geometrie/Länge),
- Schutzgalerie Bahn (Geometrie/Länge)

fest.

Die RA VBS 2022 bildet die Grundlage zur Definition der Anlage-, Sicherheits- und Evakuationsperimeter für die Evakuierung/Umsiedlung der Bevölkerung sowie der Notfallplanung während den Vorbereitungsarbeiten, der Umsetzung der Schutzmassnahmen Bevölkerung, Bahn und Strasse sowie während der Räumung.

Die Umweltrisiken werden mit dem Umweltverträglichkeitsbericht (UVB) ausgewiesen.

Die RA VBS 2022 wurde im Querschnittsthema Sicherheit verfasst und durch die Expertengruppe VBS beurteilt.

### **1.3.2 Adressat**

Gemeinsam mit dem zusammenfassenden «Projektbericht Räumung ehemaliges Munitionslager Mitholz» bildet die «Risikoanalyse VBS 2022» die wesentliche Grundlage für die Erarbeitung der Finanzierungsbotschaft.

Mit der «Risikoanalyse VBS 2022» werden im Kapitel 9 die relevanten Vorgaben an die nachgelagerten Lieferobjekte definiert. Zusätzlich dient die Risikoanalyse als Grundlage für das weitere Monitoring der Risikoentwicklung im Querschnittsthema Sicherheit.

Als Schlüsseldokument wird die Risikoanalyse VBS 2022 (ohne Anhänge) mit in der Projektdokumentation öffentlich publiziert.

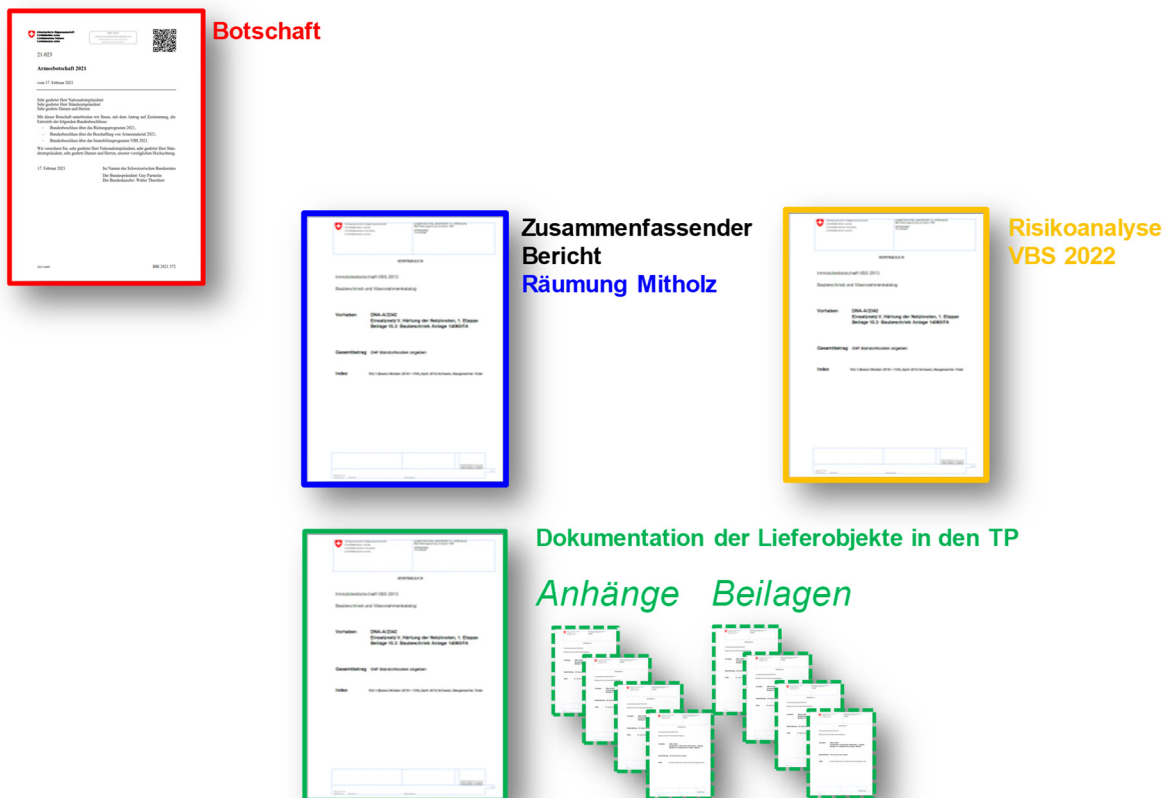


Abbildung 1: Dokumente-Hierarchie mit Risikoanalyse VBS 2022

## 1.4 Genehmigung der Risikoanalyse VBS 2022

Der Bundesrat hat das VBS beauftragt, in Zusammenarbeit mit den betroffenen Stellen des Bundes die Räumung konkret zu projektieren und bis im Herbst 2022 eine Botschaft zu erarbeiten, mit der dem Parlament ein Verpflichtungskredit für die Finanzierung der Massnahmen beantragt werden soll. Als Rückfallposition, wenn eine Räumung aus technischen oder Sicherheitsgründen nicht möglich ist oder abgebrochen werden muss, soll die Option der Überdeckung der Munitionsrückstände vorsorglich ebenfalls projektiert werden. Zum Schutz der Nationalstrasse während der Räumung hat der Bundesrat beschlossen, die Variante «Verlängerung Tunnel Mitholz» weiter zu verfolgen.

Die Risikoanalyse VBS 2022 soll vor der Ämterkonsultation zur Finanzierungsbotschaft Mitholz bis spätestens 24. Juni 2022 durch das BAFU und das VBS verabschiedet werden. Der Bericht des BAFU «Beurteilung der Risikoanalyse VBS 2022; Ehemaliges Munitionslager Mitholz», Stand Mai 2022 [1] wurde berücksichtigt.

## 2 Grundlagen für die Beurteilung 2022

### 2.1 Ergebnisse der historischen Untersuchung

Um die für die Risikoanalyse VBS 2022 relevanten Resultate der historischen Untersuchung (HU) aufzubereiten, wurde eine Arbeitsgruppe «Historische Untersuchungen» bestehend aus Vertretern des GS-VBS, des Kdo KAMIR, von armasuisse W+T und der Militärakademie (MILAK) gebildet.

In einem ersten Schritt hat die Arbeitsgruppe die im Bundesarchiv vorhandenen Unterlagen zum Explosionsunglück von 1947 gesichtet und kurz beschrieben. Unklar bleibt zum aktuellen Zeitpunkt, ob alle damals involvierten Stellen ihre Unterlagen an das Bundesarchiv abgegeben haben. Erschwerend kommt hinzu, dass relevante Unterlagen, insbesondere aktuelle Belegungslisten, beim Unglück 1947 vernichtet worden sind.

Zudem hat die Arbeitsgruppe gemeinsam mit der Expertengruppe VBS Leitfragen (vgl. Anhang I) definiert, entlang diesen die erneuten HU durchgeführt werden sollen.

Mit der vertieften HU wurde versucht, die zentrale Frage zu beantworten, was damals 1947 in Mitholz passiert ist. Dazu sind die damaligen Expertenberichte verglichen und die Übereinstimmungen sowie Differenzen beschrieben worden. Zudem waren dabei weitere gesicherte Angaben zur Munition im verschütteten Bahnstollen und in den Schuttkegeln (Felssturz gross, Felssturz klein und Verschüttung Bereich Stegenbach) von grossem Interesse.

Die detaillierten Erkenntnisse aus der vertieften HU sind der vorliegenden Risikoanalyse VBS 2022 im Anhang I beigefügt. Diese lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **In der ersten Nacht vom 19./20. Dezember 1947 gab es die beiden grössten Ereignisse** (Q > 10 t TNT). Durch den Brand von Treibladungspulver in den Kammern I – III<sup>1</sup> wurde Munition (insbesondere auch die vorne in den Kammern gelagerten 50 kg Fliegerbomben) in den Bahnstollen geschoben, dort mit vergleichsweise hoher Dichte abgelagert. Diese Munition hat zu einem Grossteil in zwei grossen Ereignissen umgesetzt. Nicht umgesetzte Munition wurde im ganzen Bahnstollen verteilt und aus einem neu entstandenen Krater im Süden sowie v.a. aus den nördlichen Portalen ausgestossen. Dabei ereignete sich auch der grosse Felssturz vor den Kammern I – III und es gab massive Wirkungen bis ans Südende des Bahnstollens. Allerdings blieb das Portal SW noch offen.
- **In der zweiten Nacht vom 20./21. Dezember 1947 gab es vier mittelgrosse Ereignisse.** Einesteils hat Munition in der Kammer VI vorne und hinten umgesetzt und dabei zu den grössten Beschädigungen verglichen mit anderen Kammern geführt. Hingegen hat die Munition in den Kammern IV und V nur wenig umgesetzt und wurde nach dem Ereignis in grossen Mengen geborgen. Andernteils hat Munition, welche bei den Ereignissen der ersten Nacht verteilt und deshalb auch schon mit Schutt vermischt war sowie möglicherweise auch Munition aus der Kammer VI, vor dem Maschinenraum (südlich der Kammer VI) umgesetzt. Der Brand im Maschinenraum dürfte eine massgebende Rolle bei der Ereignisauslösung in dieser zweiten Nacht gespielt haben. Dabei ereignete sich der kleine Felssturz bei Kammer VI und beim Maschinenraum, welcher auch das Portal SW verschüttete.
- **In den nachfolgenden Tagen und Nächten gab es zwar noch sehr viele, aber nur noch kleinere Ereignisse.** Dabei entstanden an der Fluh und in der Umgebung keine relevanten Schäden.

---

<sup>1</sup> Da die HU auf den historischen Dokumenten basieren, in welchen die Kammern römisch nummeriert werden, werden hier für die HU auch die römischen Zahlen verwendet. Die Kammer I entspricht heutzutage den Kammern 1 (bergseitiger Teil) und 2 (talseitiger Teil)

Es zeigt sich also klar die Tendenz von grossen zu kleinen Ereignissen. Dies ist plausibel und relevant für die Bedingungen heute. Die ersten grossen Umsetzungen im Bahnstollen vor den Kammern I – III konnten nur dank der grossen Munitionsdichte resp. dem Fehlen von relevanten Mengen an inertem Material (Gesteinsschutt) eintreten. Durch jedes grössere Ereignis wurde die Munition verteilt und mit niederbrechendem Schutt durchmischt. Diese beiden sich verstärkenden Faktoren sorgten dafür, dass davon ausgegangen werden kann, dass die restliche Munition heute im Allgemeinen über die ganze Länge des Bahnstollens verteilt und mit Schutt durchmischt ist. Dieses Bild zeigt sich sowohl aus der bereits bekannten Spalte beim Abort als auch aus den neuen Erkenntnissen der damaligen Sondierung vor der Kammer IV.

## 2.2 Ergebnisse der Untersuchungen armasuisse W+T

Die verschiedenen Untersuchungen sind in 5 Aktivitäten unterteilt, die im Dokument «Erläuterung der Tätigkeiten im Rahmen eines Untersuchungskonzepts für die Erstellung der Risikoanalyse 2022 zugunsten Projekt Mitholz» vom 29. März 2021 [2] beschrieben sind. Folgende Zeilen fassen zusammen, was bis jetzt erreicht wurde.

1. Detonationsübertragung zwischen Fliegerbomben.
  - a. Experimentelle Versuche mit skalierten Sprengladungen im Kaliber 60 mm bis 150 mm wurden durchgeführt und ausgewertet [3]. Die Geometrie der Sprengladungen wurde in Anlehnung auf diejenige der 50 kg-Fliegerbombe definiert. Die Sprengladungen wurden in einem Bodensimulans vergraben und gesprengt. Der Boden wurde so gewählt, dass seine Dichte und Festigkeit ähnlich zum Schutt im Bahnstollen des ehemaligen Munitionslager Mitholz sind.
  - b. Basierend auf diesen Experimenten wurden die Sprengstoffparameter für die numerischen Modelle bestimmt. Zur Kontrolle der Parametersätze wurden alle Sprengversuche nachsimuliert, um sicherzustellen, dass die Simulationsergebnisse den Versuchsergebnissen entsprechen.
  - c. Die Detonationsübertragungsdistanz zwischen 50 kg-Fliegerbomben wurde einerseits auf Basis von Versuchen mit skalierten Sprengladungen und andererseits mit zahlreichen numerischen Simulationen bestimmt. Typische relative Ausrichtungen der Fliegerbomben (Bomben parallel oder senkrecht) wurden analysiert.
  - d. Aus den Experimenten, Simulationen und Skalierungsgesetzen wurde die Detonationsübertragungsdistanz  $d$  zwischen verschiedenen Sprengobjekten bestimmt. Mit konservativen Annahmen resultiert: die Übertragungsdistanz entspricht maximal dem Kaliber der Munition<sup>2</sup>

Diese Daten sind im Bericht «Zusammenfassung der Begründungen der Wahrscheinlichkeit für die Risikoanalyse Mitholz 2022» [4] dargestellt.

2. Bestimmung der Wahrscheinlichkeit der Detonation einer vorgegebenen Anzahl von 50 kg-Fliegerbomben.
  - a. Ein Modell für die Bestimmung der Wahrscheinlichkeit der Detonation von einer vorgegebenen Anzahl 50 kg-Fliegerbomben wurde erstellt; es basiert auf der oben bestimmten Detonationsübertragungsdistanz  $d$ , auf der totalen Sprengstoffmenge resp. -dichte und auf der Bombendichte (Anzahl  $N$  50 kg Fliegerbomben und Stollenvolumen  $V$ , in welchem die Fliegerbomben verteilt sind).
  - b. Zudem wurden Ansätze für die Berücksichtigung von Masseneffekten (vgl. Anhang K) und der restlichen Munition eingeführt.

---

<sup>2</sup> Viele Munitionen, welche in Mitholz noch vorhanden sind, enthalten eine Seele aus gepresstem TNT. Es wurde experimentell beobachtet, dass diese Seele eine entscheidende Rolle für die Übertragungssichere Distanz spielt.

- c. Die Sprengstoffmasse pro Volumeneinheit des Schutts, welche auch den Rahmen für die Bombendichte vorgibt, indem vereinfacht gesagt die Bombendichte und die restliche Munition die vorhandene Sprengstoffmenge ergeben, wurde aus den Angaben im «Bericht Eichenberger» [5] abgeleitet.
- d. Die nachfolgenden Tabellen (vgl. Abbildung 2) zeigen diese Parameter für die untersuchten Szenarien sowie die resultierenden Eintretenswahrscheinlichkeit  $P$  [1/Jahr] in Funktion der Ereignisgrösse:

Variante	Anzahl FlBb $N$	Volumen $V$ [m×m×m]	$N/V$ [m <sup>-3</sup> ]	Sprengstoffmenge $\rho_e$ [kg TNT/m <sup>3</sup> ]	Übertragungsdistanz $d_{trans}$ [m]
Plausibel	500	$78 \times 10 \times 2$	0,32	20	0,14
Konservativ	750	$26 \times 10 \times 2$	1,44	30	0,20
Extrem & RA 2018	1200	$26 \times 10 \times 2$	2,31	70	0,20
RA 2022	1141	$26 \times 10 \times 2$	2,19	60	0,20
1947	1200	$26 \times 10 \times 2$	2,31	100	0,27

Variante	$T_0$	$P_{ini}$ [1/ $T_0$ ]	$P(1t)$ [1/ $T_0$ ]	$P(3t)$ [1/ $T_0$ ]	$P(10t)$ [1/ $T_0$ ]	$P(30t)$ [1/ $T_0$ ]	$\bar{\mu}_{max}$ [t TNT]
Plausibel	1 Jahr	0,01	$\approx 0$	$\approx 0$	$\approx 0$	$\approx 0$	0,12
Konservativ	1 Jahr	0,01	$\approx 0$	$\approx 0$	$\approx 0$	$\approx 0$	0,39
Extrem & RA 2018	1 Jahr	0,01	$2,9 \times 10^{-4}$	$\approx 0$	$\approx 0$	$\approx 0$	1,50
RA 2022	1 Jahr	0,01	$4,0 \times 10^{-4}$	$\approx 0$	$\approx 0$	$\approx 0$	1,39
1947	1 [-]	1,00	$4,3 \times 10^{-2}$	$3,1 \times 10^{-2}$	$1,0 \times 10^{-1}$	$7,2 \times 10^{-1}$	31,2

Abbildung 2 Parameter und Wahrscheinlichkeiten für verschiedene Varianten aus [6]

Diese Ergebnisse zeigen einerseits, dass die Wahrscheinlichkeiten mit zunehmender Ereignisgrösse kleiner werden und für  $Q = 10$  t sogar bei sehr konservativen Annahmen verschwindend klein sind. Andererseits kann mit diesem Modell gezeigt werden, dass bei extremen Verhältnissen, wie sie in der ersten Nacht vom 19./20.1947 anzutreffen waren, - mit sehr hohen Munitionsdichten, thermischen Einwirkungen noch wenig Durchmischung mit Schutt - Ereignisse mit bis zu 30 t möglich sind und sogar grössere Wahrscheinlichkeiten aufweisen als kleinere Ereignisse. Das Modell kann also die Ereignisse von 1947 korrekt abbilden. Die heutige Situation ist aber, wie oben beschrieben, deutlich anders als während der ersten Nacht. [6] (vgl. Anhang I)

3. Simulationen zum Ereignisablauf. Erste Simulationen der Detonation/Deflagration von Treibladungspulver in der Kammer III wurden durchgeführt und ausgewertet. Die Berechnungen zeigen, unter welchen Bedingungen, die aus der Kammer III verschobene Munition im Bahnstollen liegen bleibt oder aus dem Munitionslager Mitholz hinausgeworfen wird. Die Simulation erlaubt auch zu verstehen, inwiefern die Explosion in den Kammern I bis III zur Verlagerung der Munition in den Kammern IV, V und VI geführt hat. Die Ergebnisse werden bis Ende des Jahres in einem Kurzbericht zusammengefasst.
4. Ermittlung der kritischen Sprengstoffmasse für die Zerstörung der SW-Felswand. Dieser Punkt verfolgt zwei Ziele: (i) numerische Abschätzung der Sprengstoffmasse, welche im Jahr 1947 zum Absturz der Felswand geführt hat, um zu kontrollieren, dass die numerische Simulation die korrekten Sprengstoffmassen – zwischen 10 t und 30 t TNT-Äquivalent – erzeugt; (ii) Abschätzung des Gefahrenbereichs im Fall eines Grossereignisses während der Räumungsarbeiten. Erste Berechnungen wurden für das Ereignis von 1947 durchgeführt (Explosion im Bahnstollen vor den Kammern I – III). Weitere Berechnungen sind bis Ende Oktober geplant; Ergebnisse sollten bis Ende des Jahres vorhanden sein.

5. Chemische Aspekte der Hauptexplosivstoffe zusammentragen und beurteilen
  - a. Im Jahr 2019 wurden verschiedene Aktivitäten zur Qualität der in der Altmunition aus Mitholz enthaltenen Energiestoffe durchgeführt, die in dem Dokument "Investigation on Ammunition Summary" [7] (vgl. Anhang J) zusammengefasst sind.
  - b. Die gezielten Sondiergrabungen an geeigneten Stellen im Bahntunnel zur Freilegung der Testobjekte gemeinsam mit dem Kdo KAMIR konnten noch nicht durchgeführt werden. Die Resultate werden bis Ende des Jahres erwartet.
  - c. Ausserdem wurden verschiedene Punkte bezüglich der TNT-Ausflüsse, der Bildung großer Kristalle und der Zustandsänderungen von TNT erörtert.

### **2.3      Bergung Munitionsstücke zur chemischen Analyse**

Mittels chemischer Analysen soll die Wirkung der chemischen und thermischen Zustände von Explosivstoffen (TNT, DNT, Parammon, Nitropenta) weiter geprüft werden. Im Jahr 2019 konnte nur der Hauptsprengstoff TNT ausreichend chemisch analysiert werden. Es ist zwingend notwendig, auch die anderen Sprengstoffe (DNT, Parammon, Nitropenta) analysieren zu können, um deren Einfluss auf die Räumung und Entsorgung zu beurteilen. Die im Jahr 2019 durchgeführten Analysen stellen eine zu kleine Stichprobe dar. Diese Art von Analysen muss ausgeweitet und wiederholt werden.

Um die Kenntnisse über die verschiedenen Munitionstypen zu erhöhen, werden einzelne Munitionsstücke geborgen, zerlegt und chemisch analysiert. Dabei steht die Untersuchung hinsichtlich chemischer und thermischer Stabilität im Fokus.

Mittels gezielten Sondiergrabungen an geeigneten Stellen im verschütteten Bahntunnel sollen Testobjekte freigelegt werden. Die Bergung erfolgt durch die Sprengstoffspezialisten des Kdo KAMIR und von armasuisse W+T. Die Freilegung erfolgt minimal-invasiv von Hand.

Für die vorliegende Risikoanalyse VBS 2022, liegen noch keine Resultate vor. Die Analyse und deren Resultate sind von der Bergung der einzelnen Testobjekte abhängig.

### **2.4      Ergebnisse Geologie**

Die für die vorliegende Risikoanalyse VBS 2022 nachfolgenden relevanten Themen zur Geologie wurden Ende 2021 mit den Geologen von CSD und den Kartographen der swisstopo besprochen:

1. Neue Erkenntnisse zu möglichen Sturzprozessen, welche die bisher angenommenen Wahrscheinlichkeiten von Munitionsauslösungen ändern könnten,
2. Erkenntnisse zu Klüften welche aus dem teilverschütteten Bahnstollen insbesondere vor den Kammern 8, 10 und 12<sup>3</sup> sowie Sackstollen bis an die Oberfläche führen. Diese Erkenntnisse sind insbesondere wichtig, da diese neuen Abgangsrichtungen für den Stollentrümmerwurf liefern können.
3. Neue Erkenntnisse zu den effektiven Distanzen vom Stollen und vom Sackstollen zur Oberfläche.

Die Geologie wird innen und aussen seit Juni 2019 mittels Extensiometer/Telejointmeter, Geosensoren, Kraftdosen und Seismografen aktiv überwacht. Bisher wurden keine grösseren Anomalien festgestellt. Im Abschnitt 8.2.1 wird das Mess- und Alarmierungssystem vorgestellt.

---

<sup>3</sup> Mit Ausnahme der historischen Untersuchung werden in der RA VBS 2022 die Kammern mit dem aktuellen System mit arabischen Zahlen nummeriert, bei welchen die 6 Kammern jeweils in eine bergseitige (ungerade) und talseitige (gerade) Kammer unterteilt sind.

Gemäss den Geologen von CSD gibt es aus Sicht Geologie keine neuen Erkenntnisse zu möglichen Sturzprozessen, welche die Wahrscheinlichkeiten von Munitionsauslösungen ändern könnten.

Die Arbeiten zur Kartierung der Klüfte sind gemäss swisstopo noch nicht ganz abgeschlossen. Allerdings könnten die Hohlräume vor den Kammern 8 und 12 ein vielfach grösseres Volumen aufweisen als bisher angenommen. Da die offizielle Bestätigung durch die swisstopo aber noch nicht erfolgt ist, wird im konservativen Sinn mit den bisherigen, kleinen Volumen gerechnet.

Die Differenz (7 m) bei der Kartierung Beck versus Lüthy ist geklärt. Die swisstopo wird die entsprechenden Schnitte noch liefern. Gemäss Lance Reynolds, swisstopo, stimmt die Kartierung von Lüthy eher als die Kartierung von Beck.



### 3 Risikobeurteilung der Ist-Situation

Mit der Ist-Situation ist der Zustand der Anlage vor baulichen Massnahmen gemeint, die im Jahr 2022 anlaufen werden. Die Ergebnisse aus den Kapiteln 2.1 bis 2.4 werden diskutiert und eingeordnet.

#### 3.1 Erkenntnisse aus den technischen Untersuchungen

Wie im Kapitel 2 gezeigt liegen sowohl bei der historischen Untersuchung als auch bei Untersuchungen von armasuisse W+T und Dynamic Phenomena zur Eintretenswahrscheinlichkeit neue Erkenntnisse vor. Nachfolgend werden die neuen und für die RA VBS 2022 entscheidenden Erkenntnisse zur Detonationsübertragung und der Wahrscheinlichkeit von Grossereignissen von Unterkapiteln 2.1 und 2.2 gewürdigt.

Einleitung zu den neuen Erkenntnissen:

An dieser Stelle soll kurz zusammengefasst werden, welche der bisherigen Risikoanalysen auf welchen Grundlagen und technischen Untersuchungen beruhen (vgl. Abbildung 3).

	RA VBS 2018	RA VBS 2020	RA VBS 2022
Grundlagen	Historische Berichte (erste Sichtung), Erste Begehung	<b>Zusätzlich zu 2018:</b> Internationaler Workshop, Weitere Begehungen	<b>Zusätzlich zu 2020:</b> Historische Berichte (zusätzliche Dokumente), Weitere Begehungen
Technische Untersuchungen	keine	Übertragungsversuche mit geborgener Munition, erste Simulationen zur Übertragung, Untersuchung Explosivstoffe inkl. Blei- resp. Kupferazid bei Zündern	<b>Zusätzlich zu 2020:</b> Modellversuche zur Übertragung, weitere Simulationen zur Übertragung, viele Simulationen zur Verteilung der Munition

Abbildung 3 Erkenntnisse der Risikoanalysen (RA) 2018 / 2020 / 2022

Die RA VBS 2018 beruhte auf sehr einfachen Grundlagen und wurde noch ohne technische Untersuchungen durchgeführt. Mit jeder Risikoanalyse wurden inzwischen zusätzliche, relevante Erkenntnisse erarbeitet, insbesondere im Bereich der Detonationsübertragung mit Versuchen und Simulationen. Es ist darum zu erwarten, dass sich die ausgewiesenen Risiken über diese Zeit massgeblich änderten.

Historische Untersuchung:

Klare Tendenz von Grossereignissen zu Beginn des Ereignisses zu Kleinereignissen nach mehreren Tagen. Dies ist plausibel in Anbetracht der zunehmenden Verteilung der Munition im Bahnstollen, der zunehmenden Vermischung mit niederbrechendem Schutt, sowie der zunehmenden Umsetzung von bezünderter und massenreagierender Munition und der abnehmenden thermischen Belastung.

Grosse Nester resp. Ereignisse scheinen damit heute wenig wahrscheinlich, am ehesten noch am Ende des Sackstollen<sup>4</sup>. Hingegen sind auch mit diesen Erkenntnissen kleinere Nester resp. Ereignisse möglich.

Detonationsübertragung:

<sup>4</sup> Da der Ereignisort dabei im Süden liegen würde, d.h. weiter von Bahn und Anwohnern entfernt wäre, und die Letalitätszonen im Norden nicht über diejenigen des IST-Zustandes resp. des Räumzustandes hinausgehen dürften, kann auf eine detailliertere Betrachtung verzichtet werden.

- Einzelgeschosse: Ein plausibler Mittelwert für die Übertragungssichere Distanz im Schutt beträgt  $d = 14$  cm. Die Übertragungssichere Distanz von  $d = 20$  cm wird darum als konservativ eingestuft:
  - Der Reaktionstyp Explosion (genaue Definition als Typ III)<sup>5</sup> wird auch berücksichtigt, obwohl dabei die Übertragung zwischen den Munitionsstücken abklingt.
  - Von allen möglichen Anordnungen der beiden Geschosse (parallel, T-förmig, schräg in allen Winkeln etc.) wird nur die ungünstigste einbezogen.
  - Weitere Konservatismen bei der Volumenbildung [6] (vgl. Anhang H)
- Masseneffekte bei Munitionsnestern und restliche Munition – diese Einflüsse werden vereinfachend mit einer Vergrößerung der korrigierten Übertragungssicheren Distanz  $d^*$  berücksichtigt:
  - Die Berücksichtigung der Masseneffekte erfolgt mittels der bekannten Skalierungsgesetze und da die Munition verteilt ist und nicht als kompakte Ladung vorliegt wird Ansatz der «mean-field»-Theorie angewandt (vgl. Anhang K).

Die mitdetonierende restliche Munition wird in der berechneten Ereignisgrösse berücksichtigt [6] (vgl. Anhang H).

Erwähnenswert ist auch die Erkenntnis aus den Arbeiten von armasuisse W+T, dass von der Restmunition nur die Kaliber  $> 7$  cm die Bomben initiieren können, und auch nur bei relativ kleinem Abstand.

Sprengstoffmenge resp. -dichte

Aus dem «Bericht Eichenberger» [5] ergeben sich für eine Schichtdicke von ca. 1 m, einer Kammerbreite von ca. 10 m und einem Sprengstoffgehalt von ca. 10% des Bruttogewichts folgende Sprengstoffdichten:

- Mittel über alle Kammern: 2 t brutto pro Laufmeter (Mun und Splitter)  $\rightarrow 20$  kg TNT /  $m^3$
- Maximale Kammer (V): 4.5 t brutto / m (Mun und Splitter)  $\rightarrow 45$  kg TNT /  $m^3$
- Maxima (nur Mitte Kammer V): 9 t brutto / m (Mun und Splitter)  $\rightarrow 90$  kg TNT /  $m^3$

Zudem werden für den Bahnstollen aus der Sondierung vor Kammer IV rund 6 t brutto pro Laufmeter (Mun und Splitter) angegeben, was bei einer Schichthöhe von 2-3 m ebenfalls zu 20 – 30 kg TNT /  $m^3$  führt.

Die für die Szenarien gewählten Sprengstoffmengen resp. -dichten von 20 - 70 kg TNT /  $m^3$  sind realistisch bis (sehr) konservativ. Dabei ist die Relation von Dichte und Volumen wichtig: Verteilt über grosse Volumina werden kleine Dichten beobachtet und umgekehrt – das scheint plausibel. Im Extremfall – welcher aber aus diesem Grund volumenmässig stark eingeschränkt ist (vgl. oben Maxima Mitte Kammer V mit noch gestapelter Munition), aber nur auf etwa 20 m Länge – scheinen auch grössere Sprengstoffdichten möglich.

#### Wahrscheinlichkeit Grossereignisse

Im Hinblick auf die Wahrscheinlichkeiten für die vorliegende Risikoanalyse wird zusammengefasst:

<sup>5</sup> MIL-STD-2105B, Department of Defense Test Method Standard: Hazard Assessment Tests for Non-Nuclear Munitions

Szenario	Sprengstoffmenge [kg TNT/m <sup>3</sup> ]	Bombendichte [Anzahl/m <sup>3</sup> ]	Beispiel Anzahl, Volumen	d trans [m]	Bemerkung
Mittelwerte*	20-30	0.3-1.4	500-750, vor einer K., im Sektor C	0.14-0.2	Realistisch, aber nicht genug konservativ für StFV
Konservativ*	60-70,	2.2-2.3	1141-1200, vor einer K.	0.2	Relevant für StFV
Worst-case <sub>6</sub>	100+	5	RA 2022 nur kleine Volumen: 40, 2 x 2 x 2 m	0.3+	Massenreaktion, RA 2022 max. Q = 1 t
*Namen der Szenarien in den Berichten von Dynamic Phenomena sind anders					

Abbildung 4 Zusammenfassung der Szenarien aus [6] und neues Szenario für Risikoanalyse 2022

Aus der Sensitivitätsanalyse von Dynamic Phenomena resultierte die folgende Figur, mit welcher diese Szenarien eingeordnet werden können:

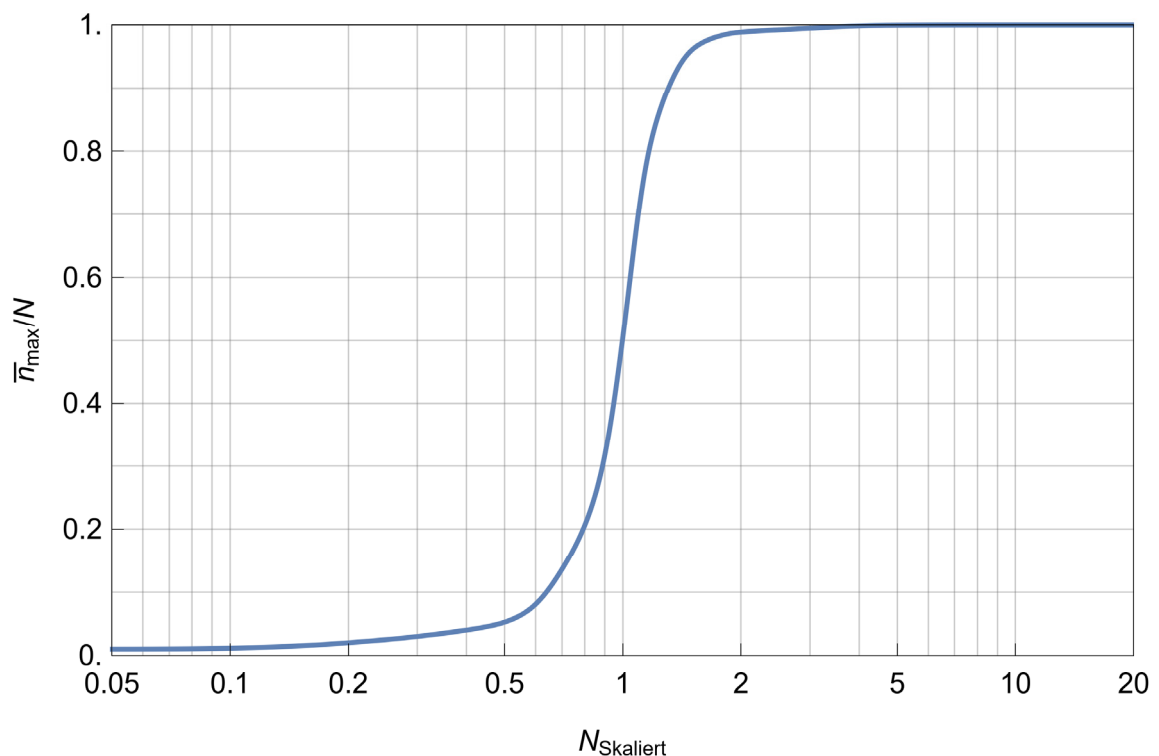


Abbildung 5 Resultat der Sensitivitätsanalyse aus [6] (vgl. letzte Seite Anhang H)

Die Figur zeigt die skalierte Anzahl der gerechneten Fliegerbomben (vereinfacht Anzahl / Volumen x Übertragungsvolumen einer Bombe) gegenüber der skalierten, durchschnittlichen maximalen Anzahl der am Ereignis teilnehmenden Fliegerbomben ( $\bar{n}_{\text{max}}/N$ ).

<sup>6</sup> In den Arbeiten von Dynamic Phenomena [3] [4] (deren Annahmen bzgl. Volumina auf Diskussionen in der Expertengruppe VBS vom Herbst 2021 basieren) werden noch keine kleinen Volumina berücksichtigt.

Für  $N_{\text{skaliert}} < 0.7$  und  $> 1.5$  verläuft die Kurve flach: In diesen Bereichen reagiert die Ereignisgrösse resp. deren Wahrscheinlichkeit nur wenig auf eine Änderung der relevanten Parameter. Für  $N_{\text{skaliert}} < 0.7$  gibt es nur kleine Ereignisse, für  $N_{\text{skaliert}} > 1.5$  nur Massenreaktionen.

Hingegen verläuft die Kurve für  $N_{\text{skaliert}}$  zwischen 0.7 und 1.5 steil: Hier reagiert die Ereignisgrösse sensibel auf Änderungen der Parameter. Aussagen in diesem Bereich sind mit grossen Unsicherheiten behaftet.

Szenario	$N_{\text{skaliert}}$ ca. (Seite 24 in [6])	Max. Ereignis ca. (Unterkapitel 2.2) [t TNT]
Mittelwerte*	0.034-0.25	0.12-0.39
Konservativ*	0.40-0.42	1.39-1.5 (max. 2.1)
Worst-case / -	$> 1$	RA 2022 max. $Q = 1$ t, aber hohe Wahrscheinlichkeit
*Namen der Szenarien in den Berichten von Dynamic Phenomena sind anders		

Abbildung 6 Skalierte N-Werte & max. Ereignis der verschiedenen Szenarien

Das für die Risikoanalyse massgebende Szenario «Konservativ» liegt noch im linken, flachen Bereich. Folglich ist die maximale Ereignisgrösse relativ klein – in bloss einer von 15'000 Simulationen wurde eine max. Ereignisgrösse von 2.1 t TNT beobachtet, was knapp in den Bereich eines 3 t Ereignis fällt und dafür ein  $p$  von  $4 \times 10^{-6}/a$  ergibt (ist noch mit dem  $P_{\text{ini}}$  zu multiplizieren, s. unten). Ein Ereignis von  $Q = 10$  t ist unter diesen Annahmen praktisch nicht mehr möglich. Zudem reagiert die Ereignisgrösse nicht sensitiv auf die Parameter.

Umgekehrt kann abgeschätzt werden, wie die korrigierte Übertragungsdistanz  $d^*$  für die in den RA 2018 und 2020 verwendeten Wahrscheinlichkeiten für ein 10 t Ereignis zunehmen müsste:

Szenario	W [1/a] für $Q = 10$ t in RA 2018 RA 2020	Korrigierte Übertra- gungsdistanz $d^*$ [m]	Basis für $d^*$ nach RA 2022	Zunahme des massge- benden Volu- mens
Mittelwerte*	$3 \times 10^{-4}$ $2 \times 10^{-6}$	Ca. 49 cm Ca. 43 cm	Ca. 20 cm	Faktor 6 Faktor 4.5
Konservativ*	$3 \times 10^{-4}$ $2 \times 10^{-6}$	Ca. 35 cm Ca. 31 cm	Ca. 22 cm	Faktor 2.5 Faktor 2
*Namen der Szenarien in den Berichten von Dynamic Phenomena sind anders				

Abbildung 7 Anpassungen der korrigierten Übertragungsdistanz  $d^*$  für die Wahrscheinlichkeiten 2018/20

Im massgebenden Szenario «Konservativ» - dessen Sprengstoffdichte mit 60 - 70 kg/m<sup>3</sup> in etwa mit einem Munitionslager mit gestapelter Munition vergleichbar ist und damit rund 2-3 x grösser ist als der vermutete Mittelwert im Bahnstollen und dessen Übertragungsdistanz gegenüber dem experimentell und numerisch ermittelten Mittelwert von 14 cm bereits stark erhöht wurde - müsste das Übertragungsvolumen jeder einzelnen Fliegerbombe nochmals mindestens verdoppelt werden, wenn die in den bisherigen Risikoanalysen angenommenen Wahrscheinlichkeiten für ein Ereignis von  $Q = 10$  t erreicht werden sollten. Das Szenario «Worst-case» kann nicht mit der Ereignisgrösse von  $Q = 10$  t verglichen werden, da es volumenmässig stark begrenzt ist und nur für  $Q = 1$  t gilt.

Schliesslich muss noch die Wahrscheinlichkeit für das Initialereignis des Szenario «Worst-case» bestimmt werden, welches für die RA VBS 2022 infolge der gegenläufigen Tendenz

von Sprengstoffdichte und Verteilungsvolumen auf max.  $Q = 1 \text{ t}$  beschränkt ist. In der RA VBS 2018 wurden die auslösenden Momente und die Ereigniskette über Initialereignisse einer beliebigen Munition bis zu den Grossereignissen diskutiert. Zusammenfassend: Auslösende Momente ca. alle 30 Jahre,  $Q = 1 \text{ t}$  ca. alle 300 Jahre, also etwa ein Faktor 3 bis zum Initialereignis (beliebige Munition, mit Zünder) und dann ein Faktor 3 bis zu einem mittelgrossen Ereignis.

In den Berichten von Dynamic Phenomena wird mit einem  $P_{\text{ini}}$  von 0.01 gerechnet, d.h. nach Poisson-Verteilung Auslösung wenigstens eines initialen Ereignisses mit Wahrscheinlichkeit 0.632 pro 100 Jahre. Das deckt sich mit den Annahmen in der RA VBS 2018. Zwar kommt das Initialereignis Fliegerbombe (ohne Zünder) alle 300 Jahre vor, aber im Szenario Worst-case muss mit einer Massenreaktion gerechnet werden, weshalb die 300 Jahre auch für  $Q = 1 \text{ t}$  gelten.

Für die RA VBS 2022 wird deshalb die Wahrscheinlichkeit für  $Q = 1 \text{ t}$  auf  $3 \times 10^{-3}$  pro Jahr festgelegt (wie in der RA VBS 2018, was im Sinne des worst-case noch einmal etwa einen Faktor 10 über der Wahrscheinlichkeit für diese Ereignisgrösse im sonst massgebenden Szenario «Konservativ» liegt (vgl. Abschnitt 2.2).

### **3.2 Risikoanalyse IST-Zustand (2021/22)**

Generell wird für die Risikoanalyse und -bewertung gemäss den Technischen Richtlinien für die Lagerung von Munition [8] resp. den WSUME [9] und der StFV [10] vorgegangen:

- In der Risikoanalyse werden gemäss TLM [8] die folgenden Arbeitsschritte durchgeführt:
  - o Ereignisanalyse (Ereignisgrösse und -wahrscheinlichkeit)
  - o Wirkungsanalyse (Letalitätszonen infolge Trümmerwurf, Luftstoss, etc.)
  - o Expositionsanalyse (Ort/ Anzahl/ Dauer der exponierten Personen)
  - o Risikoberechnung (Risiko = Wahrscheinlichkeit x Schadenausmass)
- In der Risikobewertung werden die berechneten Risiken mit den Sicherheitskriterien verglichen:
  - o Kollektives Risiko im W/A-Diagramm gemäss Beurteilungskriterien zur StFV [11]
  - o Individuelles Risiko pro Risikogruppe gemäss WSUME [9]
  - o Empfundenes kollektives Risiko gemäss WSUME [9]

Die RA VBS 2022 stellt den neuesten Stand des Wissens dar. Die darin berechneten Risiken basieren gemäss Expertengruppe VBS auf konservativen Annahmen, wie auch von der StFV gefordert.

Es bestehen in Anbetracht der mangelhaften Kenntnis v.a. über die Verteilung der Munition und v.a. der 50 kg Fliegerbomben im verschütteten Bahnstollen aber Unsicherheiten insbesondere bei den Wahrscheinlichkeiten der Grossereignisse ( $Q = 10 \text{ t}$ ).

Darum werden in der RA VBS 2022 auch die Risiken mit den Wahrscheinlichkeiten von 2018 und 2020 (gem. Expertengruppe VBS) berechnet. Damit wird gezeigt, wie die Risiken bei extremen Annahmen, v.a. auch der korrigierten Übertragungsdistanz  $d^*$ , liegen würden (vgl. oben).

#### **3.2.1 Ereignisanalyse IST-Zustand (2021/22)**

Die massgebenden Ereignisgrössen  $Q$  (TNT-Ersatzmengen) wurden wie bei der RA VBS 2020 gewählt:

- Q = 1 t (0.5 – 2 t TNT-Ersatzmenge): Repräsentativ für kleinere störfallrelevante Ereignisse. Diese Ereignisgrösse kann auf Grund der neuen Erkenntnisse als selten eingestuft werden (vgl. unten).
- Q = 3 t (3 – 5 t TNT-Ersatzmenge): Zwischenschritt
- Q = 10 t (5 – 20 t TNT-Ersatzmenge): Repräsentativ für grössere störfallrelevante Ereignisse. Diese Ereignisgrösse kann auf Grund der neuen Erkenntnisse als extrem unwahrscheinlich angenommen werden (vgl. unten). Für die RA VBS 2022 wird darum kein Ereignis mit Q = 10 t gerechnet. Da aber in der RA VBS 2022 auch die Ereignisszenarien mit den Wahrscheinlichkeiten der älteren RA von 2018 und 2020 gezeigt werden, kommen dort Ereignisse mit Q = 10 t vor.

Die in der RA VBS 2022 verwendeten Ereignisszenarien resp. Wahrscheinlichkeiten sind:

<b>W (gerundet) [1/a]</b>	<b>Q = 1 t (0.5 – 2 t)</b>	<b>Q = 3 t (2 – 5 t)</b>	<b>Q = 10 t (5 – 20 t)</b>
W RA VBS 2018	$3 \times 10^{-3}$	-	$3 \times 10^{-4}$
W RA VBS 2020 <sup>7</sup>	$2 \times 10^{-3}$ (Expertengruppe VBS)	$2 \times 10^{-4}$ (Expertengruppe VBS)	$2 \times 10^{-6}$ (Expertengruppe VBS)
<b>W RA VBS 2022, IST-Zustand</b>	$3 \times 10^{-3}$ (alle 300 Jahre)	$1 \times 10^{-7}$ (alle 10 Mio. Jahre)	-
<b>Streubereich</b>	Klein	Mittel	Gross

Abbildung 8 Massgebende Ereignisse und Wahrscheinlichkeiten in der RA VBS 2022

Die Ereignisgrösse wird oben mit einem für einen Bereich repräsentativen Wert definiert. Dieser Wert stellt die Basis für die Wirkungsausbreitungen im Abschnitt 3.2.2 dar. Im konservativen Sinne wird darum von der Wahrscheinlichkeitsverteilung (siehe Unterkapitel 3.1) die W (resp. p, welche für Ereignisse mit mehr als X Bomben gelten) für den unteren Rand des Bereichs der Ereignisgrösse, welches grössere W als der repräsentative Wert ergibt, verwendet (Beispiel: Das W von  $3 \times 10^{-3}$  / a gilt für den unteren Grenzwert von Q = 0.5 t. Für Q = 1 t wäre das W noch kleiner).

#### Sensitivität:

In der RA VBS 2020 wurde für die Streuung im W/A-Diagramm ein Faktor 2 bei den Ausmassen und ein Faktor 2 resp. 3 bei der Wahrscheinlichkeit angenommen (auch wenn damals auf die grosse Streuung der W bei Q = 10 t hingewiesen wurde).

Wie erwähnt gibt es Unsicherheiten v.a. bei der Verteilung der Munition im Bahnstollen, was für die definierten Ereignisgrössen v.a. bei Q = 10 t bei extremen Annahmen der Übertragungsdistanz etc. zu grossen Streuungen führt. Hingegen konnte in der Sensitivitätsanalyse gezeigt werden (vgl. 3.1), dass bei den meisten Parameterkombinationen entweder mit kleineren Ereignissen oder dann aber mit einer Massenreaktion (im definierten Volumen) gerechnet werden muss.

Da in der RA VBS 2022 aber die Ereignisszenarien der alten Risikoanalysen ebenfalls gezeigt werden, gilt damit die Streuung resp. Sensitivität der Risiken als ausreichend berücksichtigt. Dies im Wissen, dass alle drei Risikoanalysen jeweils auf konservativen Annahmen basier(t)en und den aktuellen Stand des Wissens widerspiegel(t)en.

<sup>7</sup> In der RA VBS 2020 wurden auch bereits die Wahrscheinlichkeiten von 2018 und 2020 (wie von der Expertengruppe VBS damals neu angenommen) gezeigt.

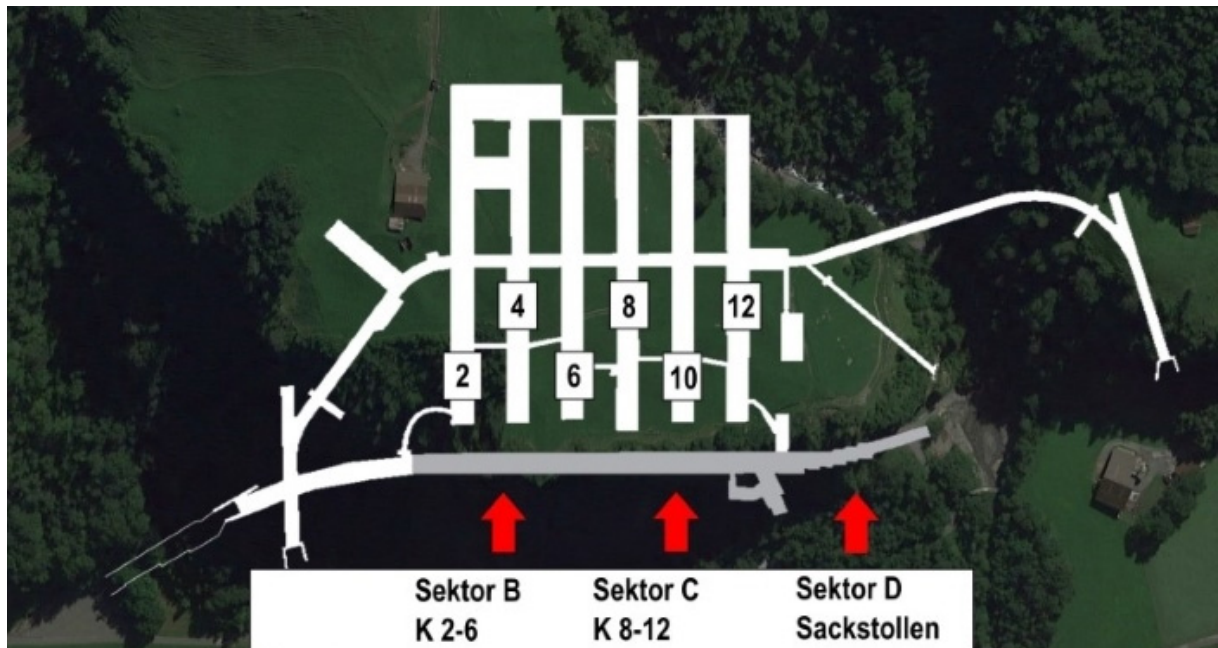


Abbildung 9 Örtliche Verteilung der massgebenden Ereignisse im verschütteten Bahnstollen (grau hinterlegt) und Nummerierung der Kammern (aktuelle Zählweise / der Sektor A (links von B) ist munitionsfrei)

### 3.2.2 Wirkungsanalyse IST-Zustand (2021/22)

Die Munition im teilverschütteten Bahnstollen befindet sich hauptsächlich auf der Sohle mit Schutt vermischt. Darüber gibt es teilweise weiteren Schutt von Niederbrüchen aber auch grössere Hohlräume, wie z.B. vor den Kammern 8 und 12. Deshalb werden zur Berechnung der Wirkungs- resp. Letalitätszonen wiederum soweit möglich die in den TLM [8] enthaltenen Modelle für Felsanlagen verwendet.

Als massgebende Wirkung in der Umgebung der Anlage wird auch in der RA VBS 2022 für den IST-Zustand der Trümmerwurf aus Stollen und Klüften identifiziert. Auch wenn die kratersichere Felsüberdeckung gemäss TLM [8] bei  $Q = 10 \text{ t}$  nicht über den ganzen verschütteten Bahnstollen gegeben ist, sind die Letalitätszonen infolge Kratertrümmerwurf viel kleiner als infolge Stollentrümmerwurf. Auch die Letalität infolge Gasstrahl aus den Stollen und Klüften wurde geprüft und ist kleiner als diejenige des Trümmerwurfs. Allerdings wäre der Glas-scheibenbruch infolge Luftstoss v.a. an der Anlage zugewandten Fenstern hinsichtlich des Verletzungsrisikos respektive für die Notfallplanung zu prüfen.

Zwar wurde seit der letzten Risikoanalyse die Anlage und die geologische Situation noch genauer erfasst. Jedoch stehen noch nicht alle Resultate für diese Risikoanalyse zur Verfügung. Allerdings könnten die Hohlräume vor den Kammern 8 und 12 ein vielfach grösseres Volumen aufweisen als bisher angenommen. Da die offizielle Bestätigung durch die swisstopo aber noch nicht erfolgt ist, wird im konservativen Sinn mit den bisherigen, kleinen Volumen gerechnet. Neu werden aber die Koordinaten der Öffnungen auf Grund des 3D-Modells teilweise leicht angepasst (vgl. Anhang B).

Wie in der RA VBS 2020 werden die einzelnen (potentiellen) Öffnungen zur Oberfläche identifiziert (Abbildung 10) und ihr Beitrag zum Trümmerwurf abgeschätzt (Abbildung 11).



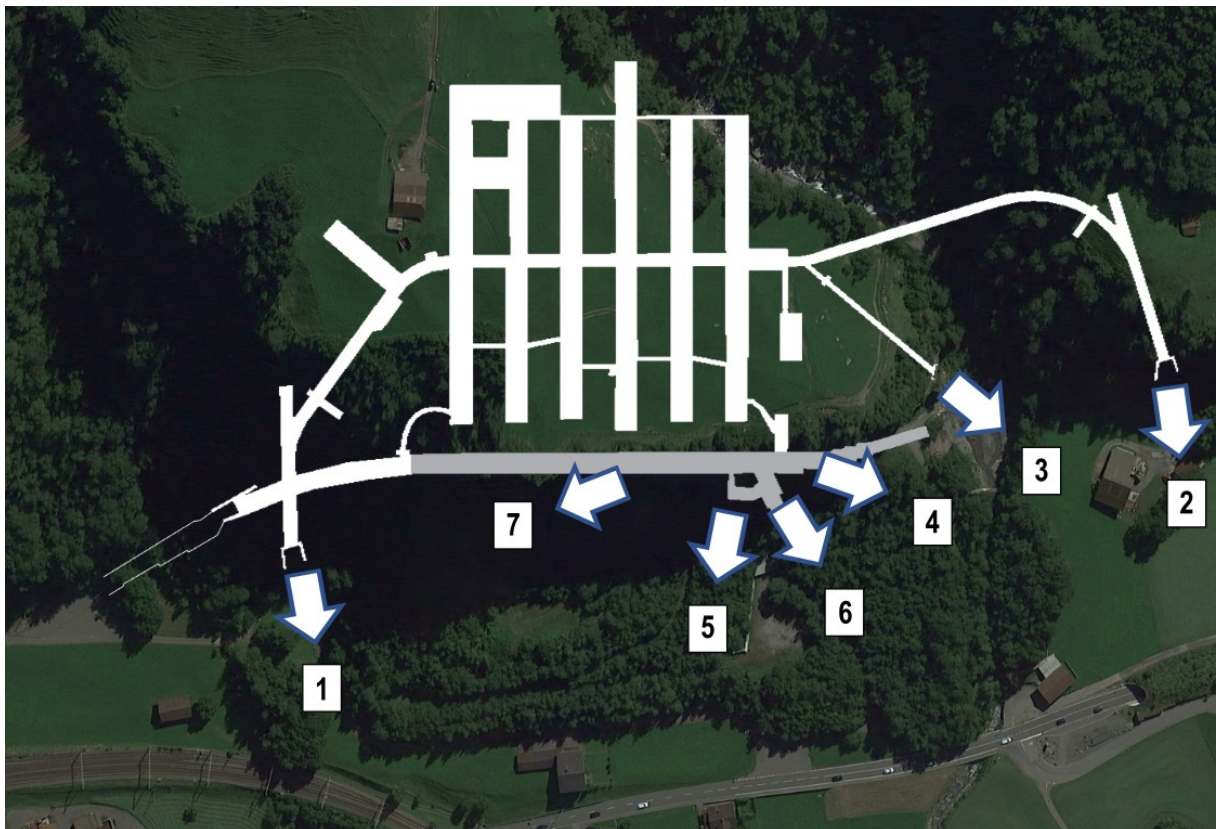


Abbildung 10 Potenzielle Öffnungen in der Anlage für Stollentrümmerwurf (IST-Zustand 2021/22)

Nummer	Bezeichnung	Parameter
1	Neuer LW-Stollen	Grosse Öffnung, untere Ebene Eher breite Zonen, $l_s / d_s = 7.5$
2	Notausfahrt	Mittlere Öffnung, untere Ebene Schmale Zonen, $l_s / d_s > 15$
3	Notausgang	Kleine Öffnung, in der Fluh Höhe ca. 32 m Schmale Zonen, $l_s / d_s > 15$
4	Einstieg Nr. 3	Offene Kluft (Tageslicht sichtbar aus Bahnstollen) Höhe ca. 30 m, Winkel ca. $53^\circ$ Breite Zonen, $l_s / d_s < 5$
5	Schrägstollen Fluh	Kleine Öffnung, in der Fluh Höhe ca. 63 m Breite Zonen, $l_s / d_s < 5$
6	Alter LW-Stollen S	(Stark) verschüttete Öffnung, untere Ebene Breite Zonen, $l_s / d_s < 5$
7	Einstieg Nr. 2	(Leicht) verschüttete Kluft, in der Fluh Höhe ca. 54 m, Winkel ca. $67^\circ$ Breite Zonen, $l_s / d_s < 5$

Abbildung 11 Bezeichnung und Parameter der potenziellen Öffnungen (IST-Zustand 2021/22) ( $l_s/d_s$ : Verhältnis von Länge zu Durchmesser des letzten Stollenabschnitts)

In Ergänzung zu den untenstehenden Ausführungen aus der RA VBS 2020 werden neu die folgenden Überlegungen zum Stollentrümmerwurf gemacht. Tendenziell wird das Modell in den TLM [8] für die Anlage Mitholz als konservativ eingestuft. Gründe dafür sind:

- Die geringe Systemladedichte: Für die Öffnungen 1, 2 und 3 sowie 5 (vgl. Abbildung 10), bei welchen sich die Explosionswirkungen durch die ganze Anlage ausbreiten



müssen, liegt die Systemladedichte am unteren Rand des Geltungsbereichs des Modells und für  $Q = 1 \text{ t}$  und  $3 \text{ t}$  sogar darunter. Der Stollentrümmerwurf dürfte in diesem Fall überschätzt werden.

- Möglicherweise haben auch die folgenden beiden Effekte einen Einfluss:
  - Die mögliche Kraterbildung: Auch wenn im IST-Zustand nicht mit massgeblichem Kratertrümmerwurf gerechnet werden muss, dürfte v.a. bei  $Q = 10 \text{ t}$  ein Teil der Explosionsenergie in das Aufbrechen des Felsens fließen und nicht mehr für die Beschleunigung der Stollentrümmer zur Verfügung stehen.
  - Die Anzahl der Stollen und Klüfte: Das Modell ist primär auf Anlagen mit ein bis wenigen Stollen ausgelegt. Es gibt zwar einen Parameter, der die Anzahl der Portale berücksichtigt, von welchen ein relevanter Teil der Trümmer stammt, aber das ist nicht direkt mit der Anlage Mitholz vergleichbar. Der Stollentrümmerwurf dürfte bei Mitholz darum möglicherweise überschätzt werden.

Andererseits liegen einige der Stollenportale in der Höhe und/oder ist deren letztes Stollenstück nach oben geneigt. Diese Parameter können zwar die Trümmerwurfweite vergrössern. Aber der genaue Zusammenhang zwischen Wurfweite, Trümmerdichte (bei gleicher Anzahl Trümmer) und Letalität ist komplex. Für die RA VBS 2022 wurden folgende Anpassungen vorgenommen:

- 3) Notausgang: Trotz der Höhe wird auf eine Vergrösserung der Zonen verzichtet, da die obigen Argumente wie Systemladedichte dagegensprechen.
- 4) Einstieg Nr. 3: Die Kombination von Höhe und Winkel führt zu grösseren Zonen. Die äusseren drei Zonenradien werden mit dem Faktor 1.5 vergrössert.
- 5) Schrägstollen Fluh: Die Höhe führt zu grösseren Zonen. Die äusseren drei Zonenradien werden mit dem Faktor 1.3 vergrössert.
- 7) Einstieg Nr. 2: Trotz der Höhe werden die äusseren drei Zonen infolge des steilen Winkels um 30% verkleinert. Die zweitinnerste Zone wird um 15% verkleinert.

Die einzelnen Faktoren sind auch im Anhang B ersichtlich. Insbesondere bei Ereignissen  $Q < 10 \text{ t}$  kann der Stollentrümmerwurf je nach Ereignisort im Bahnstollen variieren. Zudem ist zu beachten, dass Ereignisse im Sackstollen i.A. zu kleineren Risiken führen würden, da sich die Zonen nach Süden verschieben und weniger Exponierte betroffen wären. Ereignisse am Ende des Sackstollens könnten infolge der geringeren Felsüberdeckung auch zu Kratertrümmerwurf führen. Die Zonen resp. Risiken wären aber nicht grösser als hier für den Stollentrümmerwurf infolge eines Ereignisses im Sektor C ausgewiesen.

Ein Parameter im Stollentrümmerwurfmodell in den TLM [8] ist die Anzahl der (gleichwertigen) Ausgänge. Diese Anzahl wurde auf Grund der obigen Tabelle (Abbildung 11) mit fünf angenommen. Die Nummer 3 hat einen kleinen Querschnitt und die Nummern 6 und v.a. 7 sind wahrscheinlich eher wenig verschüttet und könnten im Ereignisfall geöffnet werden. Das Modell in den TLM [8] reagiert nicht sensibel auf Änderungen der Anzahl Ausgänge im Bereich um fünf Öffnungen.

Die Ausrichtung dieser Öffnungen ist für die Risiken entscheidend. Hier musste insbesondere für die Nummer 7 eine Annahme getroffen werden, da seitens der Geologen und swisstopo noch keine genaueren Angaben vorliegen. Die gewählte Ausrichtung nach Norden stützt sich auf die Exposition der Mitholz-Störung und dürfte bzgl. Risiken eher konservativ sein.

Eine weitere Annahme betrifft den Beitrag der Öffnungen auf der oberen Ebene (Lüftungsbauwerke, etc.) am Trümmerwurf. Insgesamt kann angenommen werden, dass die obere Ebene nicht massgeblich zum Trümmerwurf beiträgt, da die Stollen verwinkelt sind und die Öffnungen etwa in die gleichen Richtungen zeigen wie diejenigen der unteren Ebene.

Anhang B liefert eine Zusammenfassung aller in diesem Abschnitt erwähnten Parameter.

**Insgesamt soll die Ausprägung der unten dargestellten Letalitätszonen (Abbildung 12) infolge Stollentrümmerwurf nicht überbewertet werden. Für die Risikoanalyse, welche nicht das nächste Ereignis abbildet, sondern als Mittel über viele künftige Ereignisse zu verstehen ist, dürften diese Zonen zu realistischen Risiken führen. Für die Ableitung der Sicherheits- und Evakuationsperimeter wird auf Kapitel 8 verwiesen.**

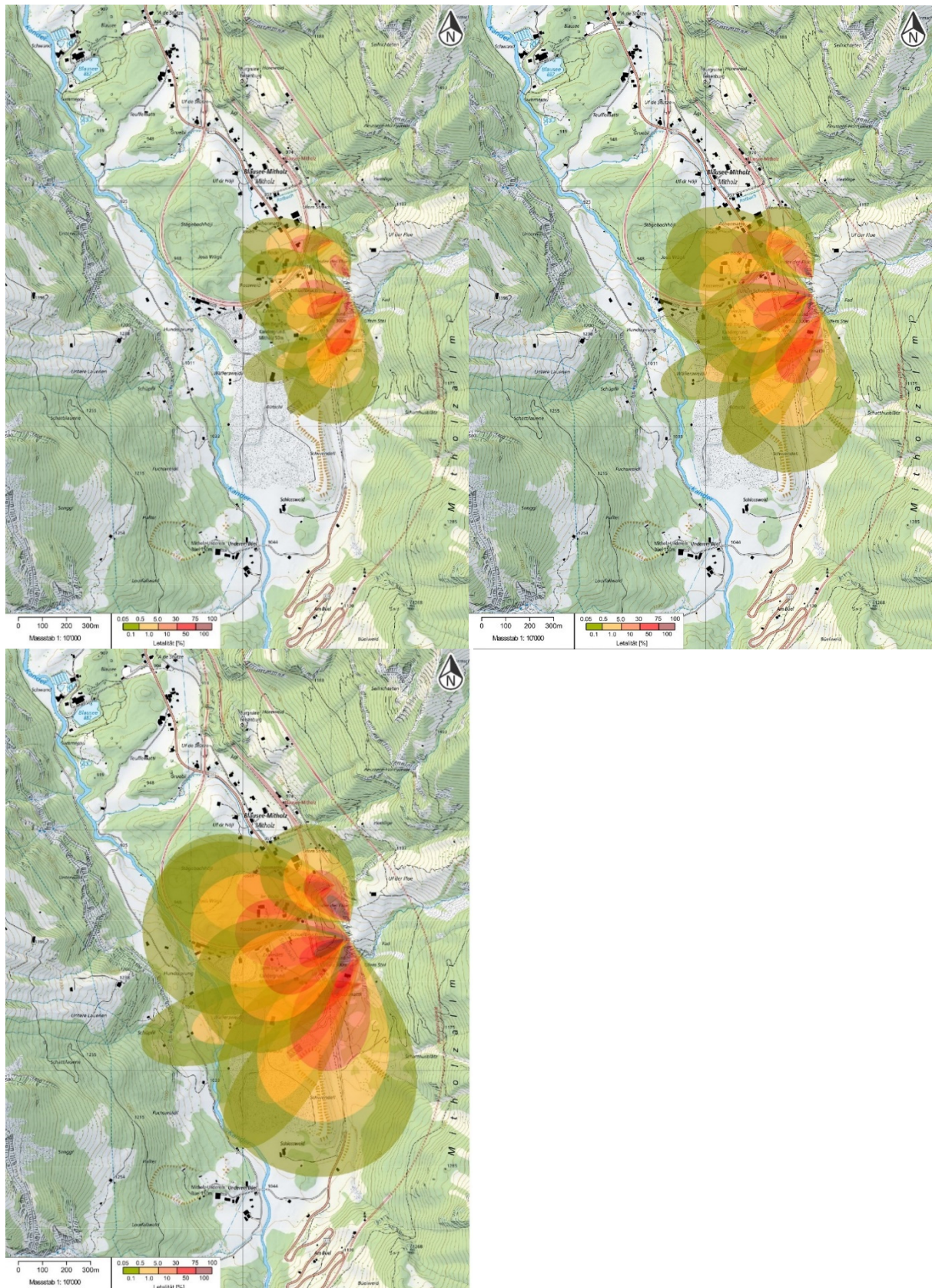


Abbildung 12 Letalitätszonen des Stollentrümmerwurfs für  $Q = 1\text{ t}$  (oben links) /  $3\text{ t}$  (oben rechts) /  $10\text{ t}$  (unten) und Exposition in Gebäuden (IST-Zustand 2021/22)

Die entsprechenden Abbildungen für die Exposition auf freiem Feld, welche etwas grösser sind und als massgebend für die Bahn und die Strasse gelten, sind in Anhang B enthalten.

### 3.2.3 Expositionsanalyse IST-Zustand (2021/22)

Die Expositionsanalyse gemäss TLM [8] deckt mit den Grundsituationen Arbeit, Freizeit & Pendeln, Nacht und Wochenendtag den wiederkehrenden Wochenrhythmus ab.

Objekte, welche potentiell grosse Ausmasse während einer kurzen Zeit aufweisen (z.B. Bahn), sind mit einer Spezialsituation auszuweisen, wobei deren Dauer von der entsprechenden Grundsituation abgezogen werden muss.

Die massgebenden Personenkenzzahlen für Anwohner und Bahn werden von der detaillierten Erhebung des BAFU übernommen, wobei die Anwohner ihren Gebäuden (vgl. Abbildung 14) zugeteilt sind. Die Strasse muss gemäss TLM [8] der durchschnittliche Tagesverkehr (DTV) bei relevantem Anteil von Bussen und Cars um einen Faktor 1.3 – 1.9 erhöht werden. (vgl. Abbildung 13)

Für die Risikoberechnung der Bahn und der Strasse werden die betroffenen Streckenabschnitte in 25 m Segmente unterteilt (vgl. Abbildung 15 und Abbildung 16) und die Letalität jedes Segments berechnet.

Es wird von den gleichen Personenkenzzahlen ausgegangen wie in der RA VBS 2020. Der IST-Zustand (2021/22) widerspiegelt die Ausgangslage vor den Bauarbeiten, d.h. die im Jahre 2022 vorgesehen Arbeiten werden hier nicht miteinbezogen.

Personen-kennzahlen	RA VBS 2018	RA VBS 2020	RA VBS 2022
Anwohner	Ca. 112	Ca. 120	Ca. 117
Strasse	DTV = 10'000 (6500 x 1.5)	DTV = 10'000 (6500 x 1.5)	DTV = 10'000 (6500 x 1.5)
Bahn	50 pro Zug	65 pro Zug	65 pro Zug
Arbeiter	-	-	-

Abbildung 13 Massgebende Personenkenzzahlen (IST-Zustand 2021/22)



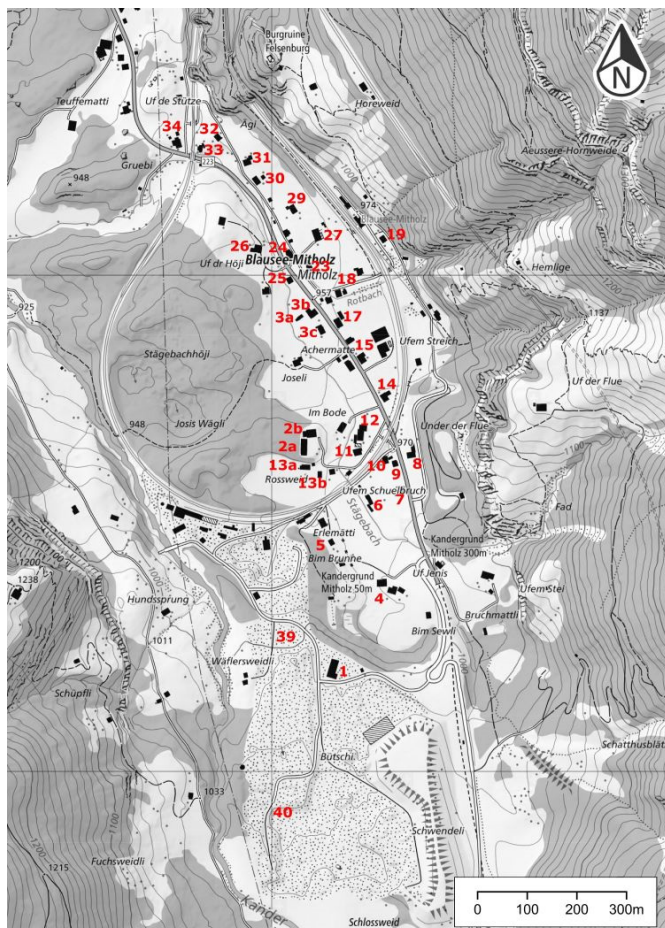


Abbildung 14 Ort und Bezeichnung (Nr.) der bewohnten Gebäude

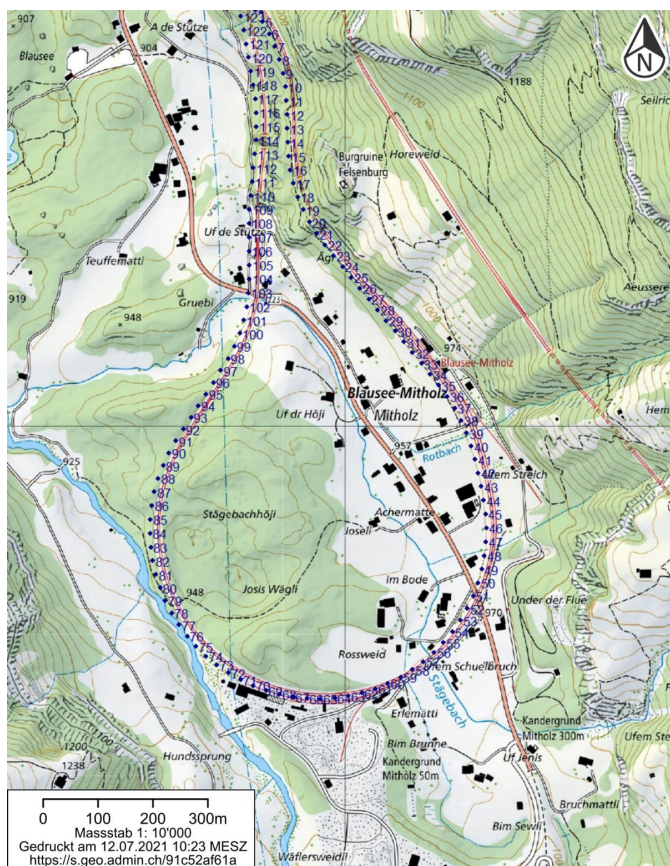


Abbildung 15 Segmentierung der Bahnstrecke

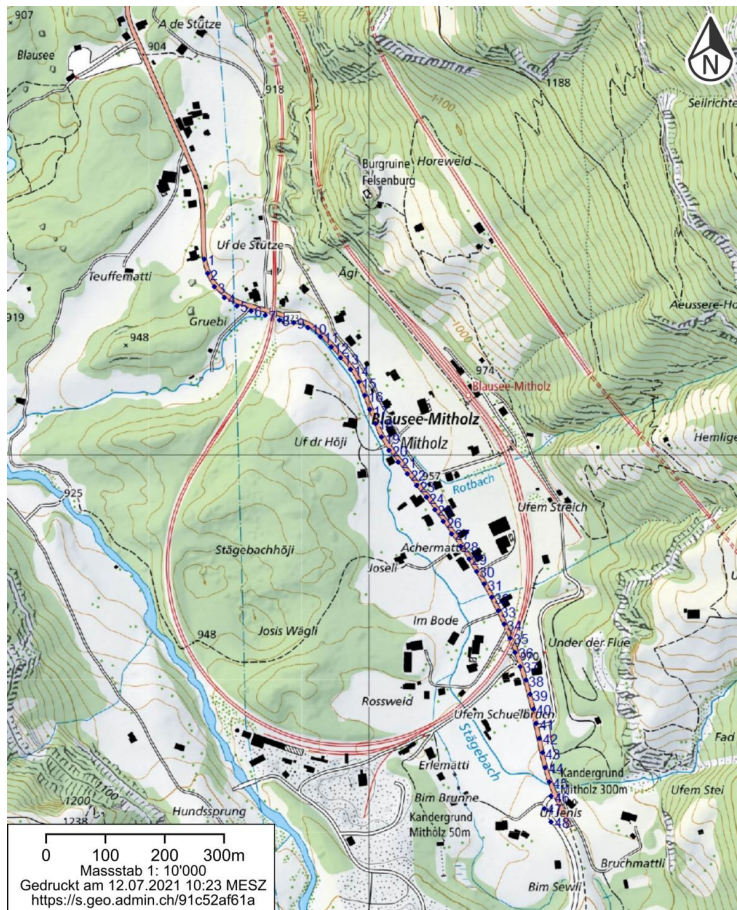


Abbildung 16 Segmentierung der Hauptstrasse

Im Hinblick auf die Risikobewertung (vgl. Kapitel 3.3) müssen verschiedene Personen- resp. Beteiligungsgruppen unterschieden werden:

- WSUME [9]: Alle exponierten Personen werden berücksichtigt, aber es wird zwischen unbeteiligten Dritten (z.B. Anwohner), indirekt Beteiligten (z.B. Arbeiter im Vorgelände der Anlage) und direkt Beteiligten (z.B. Personal zur Kampfmittelräumung) unterschieden.
- StFV [10]: Es werden nur die unbeteiligten Dritten (Anwohner und Arbeiter für Schutzbauten an den Verkehrswegen) berücksichtigt. Arbeiter auf dem Areal des VBS, welche die Vorausmassnahmen, Rückbau Fluh etc. umsetzen, werden nicht berücksichtigt.

### 3.2.4 Risikoberechnung IST-Zustand (2021/22)

In der Risikoberechnung werden die bisherigen Arbeitsschritte 3.2.1 bis 3.2.3 zusammengefasst und entsprechend den Vorgaben in den WSUME [9] und der StFV [10] (resp. den Beurteilungskriterien [11] dazu) aufbereitet.

WSUME [9]:

- Empfundenes kollektives Risiko ( $R_e$ ):  $R_e$  ist mit einer Aversionsfunktion gewichtet. Die Aversionsfunktion basiert auf dem tatsächlichen (Situations-)Ausmass ( $A_t$ ). Siehe Anhang C für die Berechnung und Kapitel 3.3.2 für die Bewertung.
- Individuelles Risiko: Wird mit den Parametern Wahrscheinlichkeit, Letalität und Exposition berechnet. Siehe Anhang C für die Berechnung und Kapitel 3.3.2 für die Bewertung.

StFV [10]:

- W/A-Diagramm: Die kollektiven Risiken der drei Risikoanalysen werden als Summenkurven aus den Risikomatrizen über alle Ereignisse dargestellt (vgl. Abbildung 18). Siehe Anhang C für die Berechnung und Anhang D für das entsprechende Diagramm

für die einzelnen Expositionen Bahn, Strasse und Andere (Anwohner und Arbeiter)  
sowie mit den einzelnen Ereignisgrössen  $Q = 1 \text{ t} / 3 \text{ t} / 10 \text{ t}$ .

Wichtige Erkenntnisse aus der Risikoberechnung, wie die Ausmasse und Risikoanteile, welche nicht in die Risikobewertung einfließen, werden in folgender Tabelle (Abbildung 17) gezeigt:

<b>IST-Zustand 2021/22</b>	<b>Ausmasse At pro Situation</b>	<b>Massg. Risikoanteile Situationen</b>	<b>Massg. Risikoanteile Objekte</b>
<b>Q = 1 t</b>	Bahn At = 6 Wochenende At = 2 Rest At: 1/ 1/ 1	Nacht	Wohnhaus, Strasse
<b>Q = 3 t</b>	Bahn At = 21 Wochenende At = 5 Rest At: 3/ 4/ 2	Bahn, Wochenende, Nacht	Strasse, Bahn
<b>Q = 10 t</b> (nur für RA 18/20)	Bahn At = 67 Wochenende At = 23 Rest At: 15/ 16/ 11	Wochenende	Strasse, Wohnhaus

*Abbildung 17 Massgebende Ausmasse und Risikoanteile (IST-Zustand 2021/22)*

Die grössten Ausmasse (Todesopfer im Ereignisfall) stammen von der Spezialsituation Bahn. Die grössten Risikoanteile werden durch die Strasse bzw. beim 1 t Ereignis durch die Anwohner generiert.



### 3.3 Risikobewertung IST-Zustand (2021/22)

#### 3.3.1 Beurteilungskriterien zur StFV [11] – IST-Zustand (2021/22)

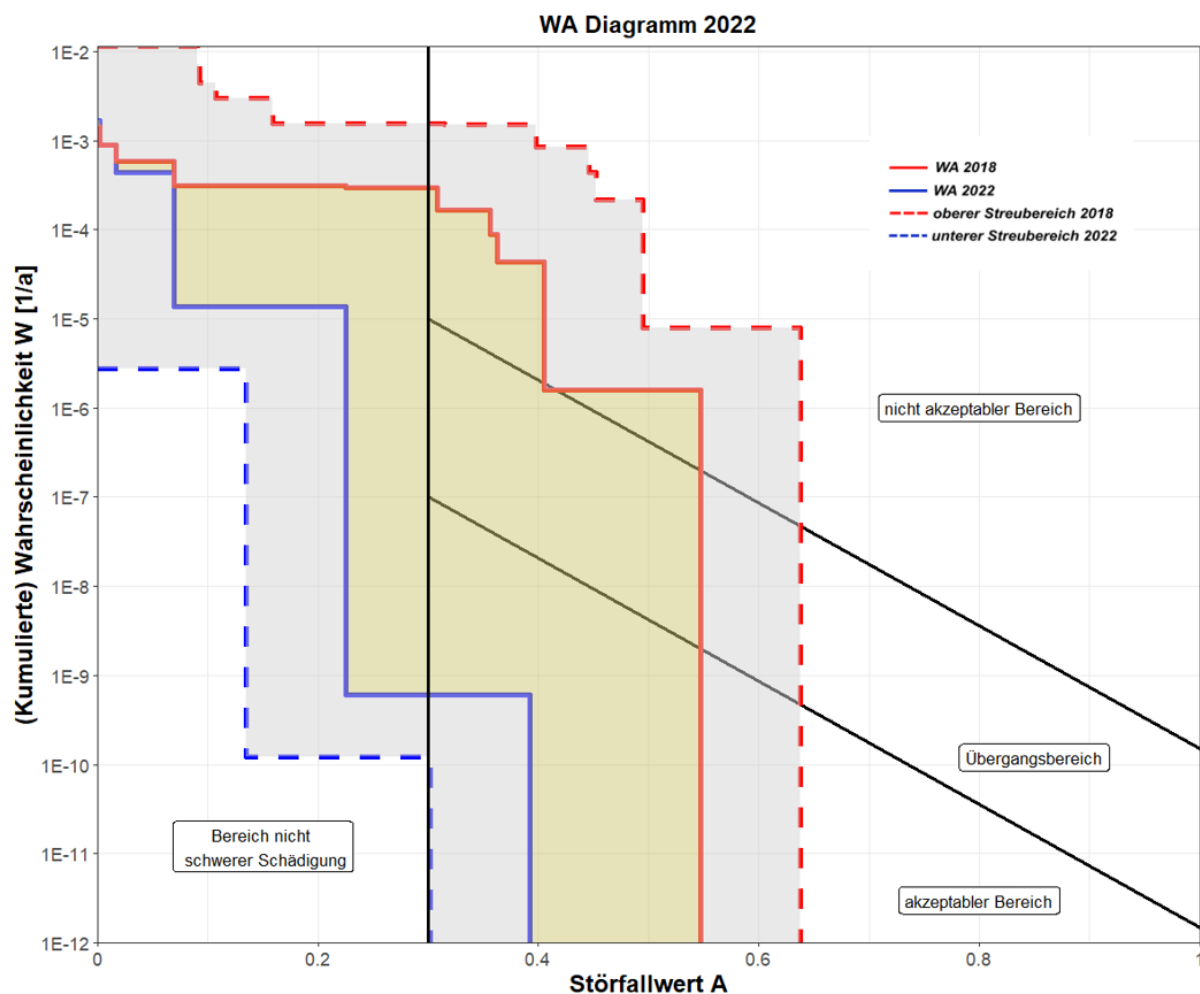


Abbildung 18 W/A-Diagramm (IST-Zustand 2021/22)

Die Summenkurve in Abbildung 18, welche sich aus der Kumulation der Ereignisgrößen ergibt, liegt neu im akzeptablen Bereich. Im Gegensatz zur RA VBS 2020 bzw. RA VBS 2018 wird der Übergangsbereich bzw. der nicht akzeptable Bereich nicht mehr tangiert, weil die Wahrscheinlichkeiten für Grossereignisse (durch die weiterführenden Untersuchungen gem. Kap. 2) viel kleiner eingeschätzt werden.

Anmerkung: Da es v.a. bei der Verteilung der 50 kg Fliegerbomben noch Unsicherheiten gibt, können die Summenkurven der RA VBS 2020 und 2018 nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden. Im Sinne des Vorsorgeprinzips gemäss StFV müssen diese als oberer Streubereich der RA VBS 2022 mit sehr konservativen Inputparametern angesehen werden.

Anmerkung: Die Summenkurven für WA 2020 und v.a. WA 2018 stimmen nicht ganz mit den in der jeweiligen Risikoanalyse gezeigten Summenkurven überein. Dies weil wie bei den Wahrscheinlichkeiten die Wirkungsmodelle und Expositionen immer genauer geworden sind und hier der neueste Stand gezeigt wird. Entscheidend ist, dass die Summenkurve 2018 immer noch im Bereich der nicht akzeptablen Risiken und diejenige von 2020 im Übergangsbereich liegen.

Dem Anhang D können die W/A-Darstellungen separat für die Bahn, die Strasse und Andere (Anwohner) entnommen werden. Diese zeigen folgende Resultate:



Bahn:

Die Spezialsituation Bahn liegt für  $Q = 3 \text{ t}$  bei der Kurve WA 2022 im akzeptablen Bereich. Dabei ist zu berücksichtigen, dass gemäss der Methodik der StFV [10] die Risiken Bahn anders als in der TLM berechnet werden, was zu kleineren Ausmassen, aber längeren Durchfahrtszeiten resp. grösseren Wahrscheinlichkeiten führt<sup>8</sup>.

Strasse:

Die Summenkurve der Strasse liegt für WA 2022 im Bereich der nicht schweren Schädigung.

Andere (Anwohner):

Das Risiko für die Bewohner liegt im akzeptablen Bereich bei WA 2022.

Für die Aufteilung der Summenkurve auf die drei Ereignisgrössen 1/ 3/ 10 t wird auf Anhang D verwiesen.

### 3.3.2 WSUME [9] – IST-Zustand (2021/22)

In folgender Tabelle (Abbildung 19) wird auf die maximalen individuellen Risiken des IST-Zustands 2022 eingegangen. Pro Personengruppe wird jeweils das maximale individuelle Risiko jeder Ereignisgrösse mit jeweils den verwendeten Wahrscheinlichkeiten der Risikoanalysen (RA) 2018, 2020 und 2022 ausgewiesen.

Grenzwert WSUME [9]	W gem. RA	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
<b>Unbeteiligte Dritte</b> $r = 3 \times 10^{-6} / a$	2018	$r_{\max} = 2.7 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 90 zu hoch	-	$r_{\max} = 2.7 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 90 zu hoch
	2020	$r_{\max} = 1.8 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 60 zu hoch	$r_{\max} = 1.9 \times 10^{-5} / a$ → Faktor 6.5 zu hoch	$r_{\max} = 1.8 \times 10^{-6} / a$ → OK
	2022	$r_{\max} = 2.7 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 90 zu hoch	$r_{\max} = 9.7 \times 10^{-9} / a$ → OK	-
	Indiv.	Anwohner	Anwohner	Anwohner
<b>Indirekt Beteiligte</b> $r = 1.5 \times 10^{-5} / a$	18/20/22	-	-	-
<b>Direkt Beteiligte</b> $r = 3 \times 10^{-5} / a$	18/20/22	-	-	-

Abbildung 19 Individuelle Risiken gemäss WSUME [9] (IST-Zustand 2021/22)

Wie bereits in den vorangegangenen Risikoanalysen gezeigt, können bei den nahegelegenen Wohnbauten die Grenzwerte gem. WSUME [9] bei grösseren Wahrscheinlichkeiten, wie es bei  $Q = 1 \text{ t}$  der Fall ist, klar nicht eingehalten werden. Für die Ereignisgrössen von 3 t und 10 t hingegen werden die Grenzwerte gem. WSUME eingehalten oder weniger deutlich überschritten (Ausnahme das Extremereignis  $Q = 10 \text{ t}$  mit W 2018).

In folgender Tabelle (Abbildung 20) wird auf kollektive Risiken des IST-Zustands eingegangen. Pro Ereignisgrösse wird jeweils das tatsächliche sowie das empfundene kollektive Risiko und die gerundeten max. Kosten für Sicherheitsmassnahmen für die verwendeten Wahrscheinlichkeiten der RA VBS 2018, 2020 und 2022 ausgewiesen.

<sup>8</sup> Eine Zugsdurchfahrt durch verschiedene Letalitätszonen beschreibt vereinfachend eine Glockenkurve in einem Ausmass/Zeit-Diagramm. Dabei entspricht das Risiko der Fläche unter der Kurve. In den TLM wird infolge der Aversion das maximale Ausmass mit einer entsprechend verkürzten Durchfahrtszeit kombiniert. Für die StFV wird ein mittleres Ausmass mit der realen Durchfahrtszeit kombiniert.

Kollektives Risiko R	W gem. RA	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
R tatsächlich	2018	$3.2 \times 10^{-3} / a$	-	$4.4 \times 10^{-3} / a$
	2020	$2.1 \times 10^{-3} / a$	$6.4 \times 10^{-4} / a$	$3.0 \times 10^{-5} / a$
	2022	$3.2 \times 10^{-3} / a$	$3.2 \times 10^{-7} / a$	-
R empfunden (mit Aversion)	2018	$3.8 \times 10^{-3} / a$	-	$5.2 \times 10^{-2} / a$
	2020	$2.5 \times 10^{-3} / a$	$1.4 \times 10^{-3} / a$	$3.5 \times 10^{-4} / a$
	2022	$3.8 \times 10^{-3} / a$	$7.0 \times 10^{-7} / a$	-
Max. Kosten für Sicherheitsmassnahmen ca.	2018	114'000 CHF / a	-	1'560'000 CHF / a
	2020	76'100 CHF / a	42'300 CHF / a	10'400 CHF / a
	2022	114'000 CHF / a	21 CHF / a	-

Abbildung 20 Kollektive Risiken gemäss WSUME [9] (IST-Zustand 2021/22)

Beim IST-Zustand ergeben sich für das Ereignis mit  $Q = 1 \text{ t}$ , wegen der grösseren Wahrscheinlichkeiten, die grössten kollektiven Risiken (mit Ausnahme des Extremereignisses  $Q = 10 \text{ t}$  mit W 2018). Auf den ersten Blick sind diese als erhöht einzustufen. Sicherheitsmassnahmen müssen grundsätzlich evaluiert werden. Die mit dem Grenzkostenprinzip ermittelten maximalen Kosten für Sicherheitsmassnahmen werden hier jedoch nicht weiter diskutiert.

### 3.4 Fazit IST-Zustand (2021/22)

	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
<b>RA 2018 IST-Zustand</b>	At Bahn: - At Andere: 1 <b>W/A: nicht schwere Schädigung</b> Re: $1.8 \times 10^{-3} / a$ Objekt: Strasse	-	At Bahn: 40 At Andere: 12-21 <b>W/A: nicht akzeptabler Bereich</b> Re: $4.0 \times 10^{-2} / a$ Objekt: Strasse
<b>RA 2020 IST-Zustand (Expertenmeinung)</b>	At Bahn: 6 At Andere: 1-2 <b>W/A: nicht schwere Schädigung</b> Re: $2.1 \times 10^{-3} / a$ Objekt: Haus	At Bahn: 32 At Andere: 2-5 <b>W/A: Übergangsbereich</b> Re: $1.7 \times 10^{-3} / a$ Objekt: Bahn	At Bahn: 77 At Andere: 9-21 <b>W/A: Übergangsbereich</b> Re: $2.9 \times 10^{-4} / a$ Objekt: Strasse
<b>RA 2022 IST-Zustand</b>	At Bahn: 6 At Andere: 1-2 <b>W/A: nicht schwere Schädigung</b> Re: $3.8 \times 10^{-3} / a$ Objekt: Strasse, Haus	At Bahn: 21 At Andere: 2-5 <b>W/A: akzeptabler Bereich</b> Re: $7.0 \times 10^{-7} / a$ Objekt: Strasse	-
<b>Erkenntnisse</b>	<b>Resultate relativ stabil über die RA 2018/20</b>	<b>R stark reduziert, da kleinere W</b>	<b>R stark reduziert, da kleinere W</b>

Abbildung 21 Zusammenfassung der Resultate für den IST-Zustand 2021/22

Das Fazit vergleicht die Ausmasse und Risiken der unterschiedlichen Risikoanalysen von 2018 bis 2022. Für 2018 und 2020 werden die Werte darum nicht aus den obigen Unterkapiteln übernommen, sondern aus den damaligen Berichten.

Die Grenzwerte des individuellen Risikos für unbeteiligte Dritte (Anwohner) in den WSUME [9] können für  $Q = 1 \text{ t}$  auch gemäss der RA VBS 2022 nicht eingehalten werden.

**Der entscheidende Unterschied zu den früheren Risikoanalysen liegt in den kleineren Eintretenswahrscheinlichkeiten der Grossereignisse ( $Q > 1 \text{ t TNT}$ ).**

## 4 Geplanter Gesamtablauf und Terminplan

### 4.1 Schematische Übersicht und Grobüberblick der Bauphasen

Der geplante Gesamtablauf (Abbildung 22) basiert auf dem Wissenstand vom April 2022. Insbesondere sind bei den Teilprojekten Entsorgung und Räumung noch keine definitiven Konzepte vorhanden, darum wurde beim Aufbau der Entsorgungs- und Räuminfrastruktur (Infrastruktur allgemein) eine Annahme getroffen. Die Farben dienen der Unterscheidung der unterschiedlichen Personengruppen aus den WSUME [9]. Gegenüber den in dieser Risikoanalyse massgebenden Grossereignissen gelten nur die KAMIR als «direkt Beteiligte», weil sie bei der Räumung die Wahrscheinlichkeiten massgeblich beeinflussen können.

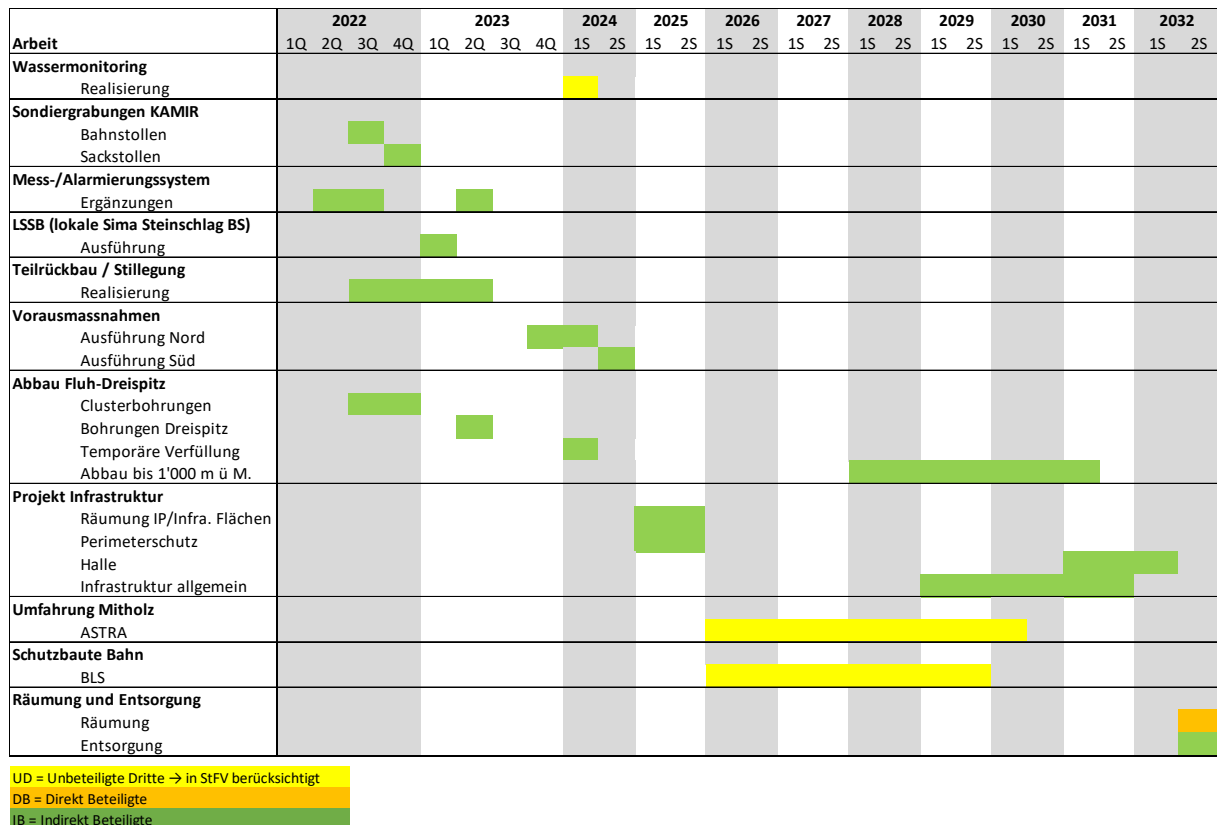


Abbildung 22 Geplanter Gesamtablauf (Stand April 2022)

### 4.2 Zeitabschnitt 2022 (Sondiergrabungen, Anpassungen Mess- und Alarmierungssystem, Teilrückbau/Stilllegung Anlage, Clusterbohrungen)

Für die Periode 2022 sind folgende Bauarbeiten in oder im Nahbereich der Anlage geplant:

- **Sondiergrabungen:**  
Um mehr über den Zustand und die Verteilung der Munition zu erfahren, werden von der KAMIR Sondiergrabungen im Bahnstollen und beim Stegenbach durchgeführt (vgl. Bericht KAMIR [12]). Diese Arbeiten sollen in der 2. Jahreshälfte durchgeführt werden.
- **Anpassungen Mess- und Alarmierungssystem (M&AS):**  
Vor den lokalen Schutzmassnahmen gegen Steinschlag im Bahnstollen muss das MAS angepasst werden. Die Ausführung betrifft nur einzelne Monate des 2. und 3. Quartals und wird mit den Sondiergrabungen koordiniert, damit diese nicht gleichzeitig stattfinden.
- **Teilrückbau/Stilllegung Anlage:**  
Zur Reduktion des Luftstosses auf die Vorausmassnahmen werden gewisse Abschlusswände entfernt. Zudem gibt es bei diversen technischen Anlagen Handlungsbedarf.

- **Clusterbohrungen:**  
Die Clusterbohrungen werden von oberhalb der Fluh schräg nach unten ausgeführt. Sie sollen die Grundlagen für den sicheren Abbau der Fluh liefern. Die Clusterbohrungen führen nicht bis in die Hohlräume über dem Bahnstollen und sollten folglich nicht risikorelevant sein.

#### 4.3 **Zeitabschnitt 2023 (Anpassungen Mess- und Alarmierungssystem, Lokale Schutzmassnahmen Steinschlag Bahnstollen, Teilrückbau/Stillegung Anlage, Vorausmassnahmen, Bohrungen Dreispitz)**

Für die Periode 2023 sind folgende Bauarbeiten in oder im Nahbereich der Anlage geplant:

- **Anpassungen Mess- und Alarmierungssystem:**  
Vor der temporären Verfüllung der Hohlräume im Bahnstollen muss das M&AS nochmals angepasst werden. Die Ausführung dauert nur wenige Wochen.
- **Lokale Schutzmassnahmen gegen Steinschlag im Bahnstollen:**  
Die LSSB umfassen voraussichtlich eine Kiesschicht als Trennlage (und mit den Sensoren des M&AS) und an Orten mit grosser potentieller Fallenergie, insbesondere vor den Kammern 8 und 12 (vgl. Abbildung 9), soll bis zu 1.5 m Misapor o.ä. zur Dämpfung eingebracht werden.
- **Teilrückbau/Stillegung Anlage:**  
Zur Reduktion des Luftstosses auf die Vorausmassnahmen werden gewisse Abschlusswände entfernt. Zudem gibt es bei diversen technischen Anlagen Handlungsbedarf. Der Teilrückbau bzw. die Stillegung der Anlage wird bis ca. Mitte 2023 abgeschlossen sein.
- **Vorausmassnahmen:**  
Der Bau des Hochdrucktors im Norden wird begonnen.
- **Bohrungen Dreispitz:**  
Die Hohlräume hinter Drei- und Zweispitz werden von aussen angebohrt, um Versuche zur Einrieselung der temporären Verfüllung machen zu können. Dadurch kann die Wahrscheinlichkeit für Ereignisse im Bahnstollen ansteigen.

#### 4.4 **Zeitabschnitt 2024 (Vorausmassnahmen, Temporäre Verfüllung)**

Für die Periode 2024 sind folgende Bauarbeiten in oder im Nahbereich der Anlage geplant:

- **Vorausmassnahmen:**  
Das Hochdrucktor im Norden wird in der ersten Hälfte 2024 abgeschlossen. In der zweiten Hälfte werden die beiden Stahlbetonpfropfen im Süden realisiert, um so die Gefährdung vor den betroffenen Ausgängen zu reduzieren.
- **Temporäre Verfüllung Bahnstollen:**  
Bevor mit dem Abbau der Fluh und v.a. des Drei- und Zweispitzes begonnen werden kann, müssen der Bahnstollen und die Klüfte vollständig verfüllt werden, damit keine Niederbrüche und Instabilitäten auftreten können.

#### 4.5 **Zeitabschnitt 2025 (Räumung Installationsplatz / Infrastruktur Flächen, Perimeterschutz, IP BLS)**

Für die Periode 2025 sind folgende Bauarbeiten geplant:

- **Räumung Installationsplatz / Infrastruktur Flächen:**  
Alle von der gesamten Projektinfrastruktur und deren Installationsplätzen tangierten Flächen werden von der KAMIR geräumt.
- **Perimeterschutz:**  
Abgrenzung des Sicherheitsperimeters nach aussen und Sicherstellung der Zugangskontrolle.

- **IP BLS:** Einrichtung und Betriebsaufnahme der Installationsplätze (IP) der BLS für den Ausbau des Lötschberg-Basistunnels (vgl. Abschnitt 5.6.3)

#### 4.6 Zeitabschnitt 2026 (Schutzgalerie Strasse, Schutzgalerie Bahn, IP BLS)

Für die Periode 2026 sind folgende Bauarbeiten geplant:

- **Schutzgalerie Strasse:** Beginn der Arbeiten am Tagbautunnel der Strasse mit der neuen, unmittelbar vor der Anlage liegenden Linienführung. Obwohl die Projektierungsarbeiten erst am Anlaufen sind, können erste Angaben zur örtlichen und zeitlichen Verteilung der Arbeiten gemacht werden.
- **Schutzgalerie Bahn:** Beginn der Arbeiten an der Schutzgalerie der Bahn. Da die Projektierungsarbeiten erst am Anlaufen sind, können noch keine genauen örtlichen und zeitlichen Verteilungen der Arbeiten angegeben werden. Es wird angenommen, dass im Jahr 2026 noch keine relevante Schutzwirkung einberechnet werden kann.
- **IP BLS:** Betrieb des Installationsplatzes (IP) der BLS für den Ausbau des Lötschberg-Basistunnels (vgl. Abschnitt 5.7.3)

#### 4.7 Zeitabschnitt 2027 (Schutzgalerie Strasse, Schutzgalerie Bahn, IP BLS)

Für die Periode 2027 sind folgende Bauarbeiten geplant:

- **Schutzgalerie Strasse:** Fortsetzung der Arbeiten am Tagbautunnel der Strasse mit der neuen Linienführung. Obwohl die Projektierungsarbeiten erst am Anlaufen sind, können erste Angaben zu örtlichen und zeitlichen Verteilungen der Arbeiten gemacht werden.
- **Schutzgalerie Bahn:** Fortsetzung der Arbeiten an der Schutzgalerie der Bahn. Da die Projektierungsarbeiten erst am Anlaufen sind, können noch keine genauen örtlichen und zeitlichen Verteilungen der Arbeiten angegeben werden. Es wird angenommen, dass im Jahr 2027 noch keine relevante Schutzwirkung einberechnet werden kann.
- **IP BLS:** Betrieb des Installationsplatzes (IP) der BLS für den Ausbau des Lötschberg-Basistunnels (vgl. Abschnitt 5.8.3)

#### 4.8 Zeitabschnitt 2028 (Rückbau Fluh Schutzgalerie Bahn, Schutzgalerie Strasse / IP BLS)

Für die Periode 2028 sind folgende Bauarbeiten geplant:

- **Rückbau Fluh:** Beginn des Rückbaus der Fluh auf der ganzen Länge (Sektoren B / C / D, vgl. Abbildung 9), wobei infolge der ungünstigen geologischen Situation die Fluh im oberen Bereich abgetragen und stark gesichert werden muss (vgl. Bericht CSD [13]). Der Rückbau ist notwendig, weil das Räum- bzw. Baupersonal bestmöglich vor den geologischen Gefahren geschützt werden muss [14]. Die Fluh wird vollständig bis etwa auf Scheitelhöhe abgebaut.
- **Schutzgalerie Strasse:** Fortsetzung der Arbeiten am Tagbautunnel der Strasse mit der neuen Linienführung. Obwohl die Projektierungsarbeiten erst am Anlaufen sind, können noch erste Angaben zu örtlichen und zeitlichen Verteilungen der Arbeiten gemacht werden.
- **Schutzgalerie Bahn:** Fortsetzung der Arbeiten an der Schutzgalerie der Bahn. Da die Projektierungsarbeiten erst am Anlaufen sind, können noch keine genauen örtlichen und zeitlichen Verteilungen der Arbeiten angegeben werden. Es wird angenommen, dass im Jahr 2028 erstmals in einem Teilbereich eine Schutzwirkung einberechnet werden kann.
- **IP BLS:** Betrieb des Installationsplatzes (IP) der BLS für den Ausbau des Lötschberg-Basistunnels (vgl. Abschnitt 5.9.3)

#### 4.9      **Zeitabschnitt 2029 (Rückbau Fluh, Infrastruktur E/R, Schutzgalerie Bahn, Schutzgalerie Strasse, IP BLS)**

Für die Periode 2029 sind folgende Bauarbeiten geplant:

- **Rückbau Fluh:** Rückbau der Fluh auf der ganzen Länge (Sektoren B / C / D, vgl. Abbildung 9), wobei infolge der ungünstigen geologischen Situation die Fluh im oberen Bereich abgetragen und stark gesichert werden muss (vgl. Bericht CSD [13]).
- **Infrastruktur Entsorgung und Räumung:** Arbeiten für die Errichtung der Entsorgungsinfrastruktur. Da die Überlegungen in diesem Bereich erst am Anlaufen sind, können noch keine genauen örtlichen und zeitlichen Verteilungen der Arbeiten angegeben werden.
- **Schutzgalerie Strasse:** Fortsetzung der Arbeiten am Tagbautunnel der Strasse mit der neuen Linienführung. Obwohl die Projektierungsarbeiten erst am Anlaufen sind, können erste Angaben zu örtlichen und zeitlichen Verteilungen der Arbeiten gemacht werden.
- **Abschluss Schutzgalerie Bahn:** Abschluss der Arbeiten an der Schutzgalerie der Bahn. Da die Projektierungsarbeiten erst am Anlaufen sind, können noch keine genauen örtlichen und zeitlichen Verteilungen der Arbeiten angegeben werden. Es wird angenommen, dass im Jahr 2029 eine relevante Schutzwirkung einberechnet werden kann.
- **IP BLS:** Betrieb des Installationsplatzes (IP) der BLS für den Ausbau des Lötschberg-Basistunnels (vgl. Abschnitt 5.10.3)

#### 4.10      **Zeitabschnitt 2030 (Rückbau Fluh, Infrastruktur E/R, Schutzgalerie Strasse, IP BLS)**

Für die Periode 2030 sind folgende Arbeiten geplant:

- **Rückbau Fluh:** Rückbau der Fluh auf der ganzen Länge (Sektoren B / C / D, vgl. Abbildung 9), wobei infolge der ungünstigen geologischen Situation die Fluh im oberen Bereich abgetragen und stark gesichert werden muss (vgl. Bericht CSD [13]).
- **Infrastruktur Entsorgung und Räumung:** Arbeiten für die Errichtung der Entsorgungsinfrastruktur.
- **Schutzgalerie Strasse:** Abschluss der Arbeiten am Tagbautunnel der Strasse mit der neuen Linienführung. Obwohl die Projektierungsarbeiten erst am Anlaufen sind, können erste Angaben zu örtlichen und zeitlichen Verteilungen der Arbeiten gemacht werden.
- **IP BLS:** Betrieb des Installationsplatzes (IP) der BLS für den Ausbau des Lötschberg-Basistunnels (vgl. Abschnitt 5.11.3)

#### 4.11      **Zeitabschnitt 2031 (Rückbau Fluh, Halle, Infrastruktur E/R, IP BLS)**

Für die Periode 2031 sind folgende Arbeiten geplant:

- **Abschluss Rückbau Fluh:** Abschluss des Rückbaus der Fluh auf der ganzen Länge (Sektoren B / C / D, vgl. Abbildung 9), wobei infolge der ungünstigen geologischen Situation die Fluh im oberen Bereich abgetragen und stark gesichert werden muss (vgl. Bericht CSD [13]).
- **Halle:** Der Rückbau der Fluh geht in die Vorbereitungen und den Bau der Halle für die Räumung über.
- **Abschluss Infrastruktur Entsorgung und Räumung:** Arbeiten für die Errichtung der Entsorgungsinfrastruktur werden abgeschlossen.
- **IP BLS:** Bei Teilausbau Abschluss der Arbeiten am Lötschberg-Basistunnels (vgl. Abschnitt 5.12.3)

#### 4.12      Zeitabschnitt 2032+ (Abschluss Halle, Räumung, Entsorgung, IP BLS)

- **Abschluss Halle:** Die Halle für die Räumung inkl. der Installationen wie Kranbahn und Lüftung wird abgeschlossen.
- **Beginn Räumung:** Nach Abschluss der Arbeiten an der Entsorgungsinfrastruktur und an den Schutzbauten der Verkehrswege, kann die Räumung beginnen. Es können aber generell keine genaueren Aussagen zum zeitlichen und örtlichen Ablauf der Räumung gemacht werden. Evtl. werden die geplanten Räummethoden im Vorfeld (zeitlich und räumlich) in einem dafür geeigneten Raum getestet werden.
- **Beginn Entsorgung:** Mit Beginn der Räumung müssen auch die entsprechenden Entsorgungsmöglichkeiten bereit sein. Weil das in Arbeit befindliche detailliertere Entsorgungskonzept noch nicht vorliegt, können noch keine genaueren Aussagen zum zeitlichen und örtlichen Ablauf der Entsorgung gemacht werden. Die Umwelt-risiken werden mit dem Umweltverträglichkeitsbericht (UVB) ausgewiesen.

## 5 Veränderung der Risikosituation mit dem Gesamtkonzept Räumung

Im folgenden Kapitel werden die Zeitabschnitte bis 2031 hinsichtlich Risikoentwicklung analysiert. Die jeweiligen Unterkapitel «Risikorechnung und Massnahmen» jedes Zeitabschnitts enthalten die ausschlaggebendsten Werte. Die kompletten Risikorechnungen sind dem Anhang C zu entnehmen. Im Vergleich zu den vorangehenden RA VBS 2020 und 2018 haben sich die Ausmasse und Risiken verändert. Dies ist einerseits durch die Veränderung der Expositionen und andererseits auf die Anpassungen der Wirkungsanalysen zurückzuführen. Diese Anpassungen können den jeweiligen Unterkapiteln «Wirkungsanalyse (inkl. Letalitätszonen)» und «Expositionsanalyse» entnommen werden. Die Expositionsanalysen wurden nach «TLM 75/Teil 2 – Revision technische Anhänge – Grundlagen für die Expositionsanalyse» [15] durchgeführt.

### 5.1 Risikoentwicklung

Nach der Analyse der momentanen Risikosituation in Kapitel 3, wird in diesem Kapitel die jährliche Entwicklung der Risikosituation pro Bauphase (Kapitel 4) resp. pro Jahr für die Variante «Räumung» gezeigt. Die Option «Überdeckung» wird in Kapitel 6 behandelt.

Der geplante Gesamtablauf (Abbildung 22) basiert auf dem Wissenstand vom April 2022 [14]. Insbesondere sind bei den Teilprojekten Entsorgung und Räumung noch keine definitiven Konzepte vorhanden, darum wurde beim Aufbau der Entsorgungs- und Räuminfrastruktur (Infrastruktur allgemein) eine Annahme getroffen. Die Farben dienen der Unterscheidung der unterschiedlichen Personengruppen aus den WSUME [9]. Gegenüber den in dieser Risikoanalyse massgebenden Grossereignissen gelten nur die KAMIR als «direkt Beteiligte», weil sie bei der Räumung die Wahrscheinlichkeiten massgeblich beeinflussen können.

In Abbildung 23 ist auch ersichtlich, wie viele Arbeiter eingesetzt werden.

Arbeit	Anzahl	2022				2023				2024		2025		2026		2027		2028		2029		2030		2031		2032	
		1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1S	2S	1S	2S	1S	2S	1S	2S	1S	2S	1S	2S	1S	2S	1S	2S	1S	2S
Wassermonitoring																											
Realisierung	5 UD									5																	
Sondiergrabungen KAMIR																											
Bahnstollen	5 IB		5																								
Sackstollen	5 IB			5																							
Mess-/Alarmierungssystem																											
Ergänzungen	5 IB		5	5			5																				
LSSB (lokale Sima Steinschlag BS)																											
Ausführung	10 IB				10																						
Teiltrückbau / Stilllegung																											
Realisierung	15 IB		15	15	15	15																					
Vorausmassnahmen																											
Ausführung Nord	15 IB								15	15																	
Ausführung Süd	15 IB									15																	
Abbau Fluh-Dreispez																											
Clusterbohrungen	5 IB		5	5																							
Bohrungen Dreispitz	5 IB					5																					
Temporäre Verfüllung	10 IB								10																		
Abbau bis 1'000 m ü M.	15 IB																	15	15	15	15	15	15	15			
Projekt Infrastruktur																											
Räumung IP/Infra. Flächen	10 IB											10	10														
Perimeterschutz	10 IB											10	10														
Halle	15 IB																							15	15	15	
Infrastruktur allgemein	20 IB																			20	20	20	20	10	10		
Umfahrung Mitholz																											
ASTRA	var. UD													10	10	20	20	20	20	20	20	20					
Schutzbaute Bahn																											
BLS	35 UD													35	35	35	35	35	35	35	35						
Räumung und Entsorgung																											
Räumung	8 DB																									8	
Entsorgung	8 IB																									8	

UD = Unbeteiligte Dritte → in StFV berücksichtigt

DB = Direkt Beteiligte

IB = Indirekt Beteiligte

Abbildung 23 Bauphasen 2022 bis 2032 und dabei beteiligte Arbeiter



Der Risikoverlauf in Form des maximalen tatsächlichen Ausmass  $A_t$  pro Jahr (max. Situationsausmass, klare Korrelation mit der Anzahl der Arbeiter) wird, beginnend 2022 bis zum Beginn der Räumung 2032 dargestellt. Die Jahre der Räumung von 2032 bis 2040 werden mangels belastbarer Angaben zum Räumverlauf und entsprechend zur Risikoentwicklung nicht dargestellt. Dieser Zeitraum ist aber voraussichtlich weder bzgl. StFV [10] noch WSUME [9] kritisch, da im Ereignisfall mehrheitlich die Räum- resp. Entsorgungsequipe betroffen sein sollte und die Ausmasse darum im Bereich der nicht schweren Schädigung liegen sollten resp. das Kdo KAMIR von der WSUME [9] ausgenommen wurde. Grafisch ist der Risikoverlauf in den folgenden Diagrammen (Abbildung 24) aufgezeigt:

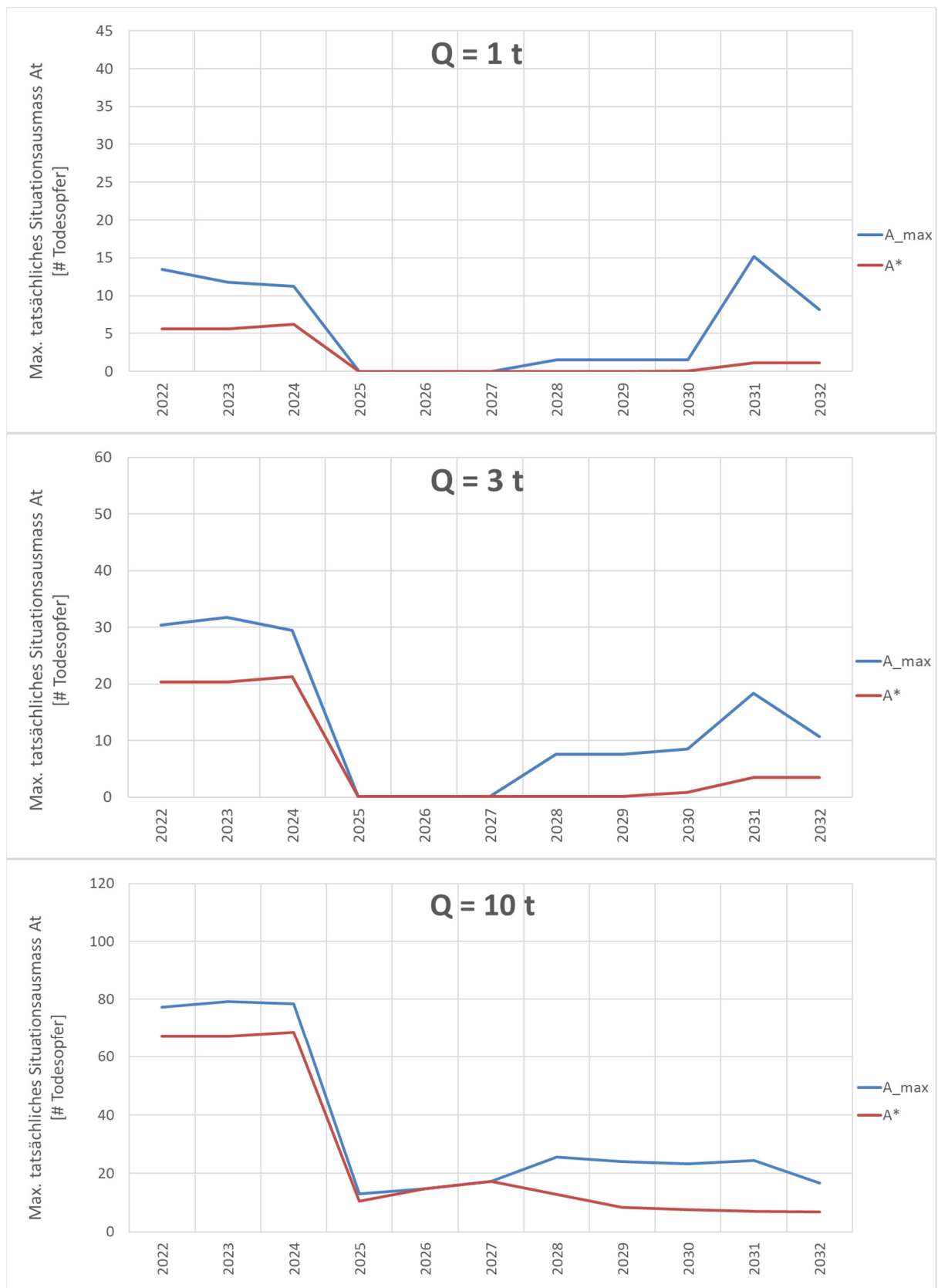


Abbildung 24 Verlauf des maximalen Ausmasses  $A_t$  aller Personengruppen ( $A_{max}$ ) bzw. unbeteiligter Dritter ( $A^*$  gem. StFV [10]) von 2022 bis 2032 der Ereignisgrößen  $Q = 1\text{ t}$  (oben) /  $3\text{ t}$  (Mitte) /  $10\text{ t}$  (unten)

Die maximalen Ausmassen liegen mit zunehmender Ereignisgrösse im Bereich von wenigen bis vielen 10 Todesopfern. Die maximalen Ausmassen werden massgeblich in der Spezialsituation Bahn, d.h. im kurzen Moment der Zugsdurchfahrt, generiert. Ab ca. 2028 werden die

Züge dann durch die Schutzbaute immer besser geschützt. Ab 2028 werden die max. Ausmasse in der Grundsituation Arbeit generiert und stammen v.a. vom Abbau der Fluh. Durch die temporäre Verfüllung geht der Stollen- in den Kratertrümmerwurf über (vgl. Anhang B), wodurch das max. Ausmass 2025 deutlich reduziert ist. Durch den Abschluss des Abbaus der Fluh 2031, gehen die Zonen des Kratertrümmerwurfes in die der Räumung über (vgl. Anhang B). Massgebend für das max. Ausmass sind dann die Arbeiter der Halle.

Der Risikoverlauf in Form des tatsächlichen Risikos  $R_t$  im Ereignisfall (entspricht etwa dem Mittelwert des Ausmasses über die Situationen) wird, beginnend 2022 bis zum Beginn der Räumung 2032, grafisch in folgenden Diagrammen (Abbildung 25) aufgezeigt:

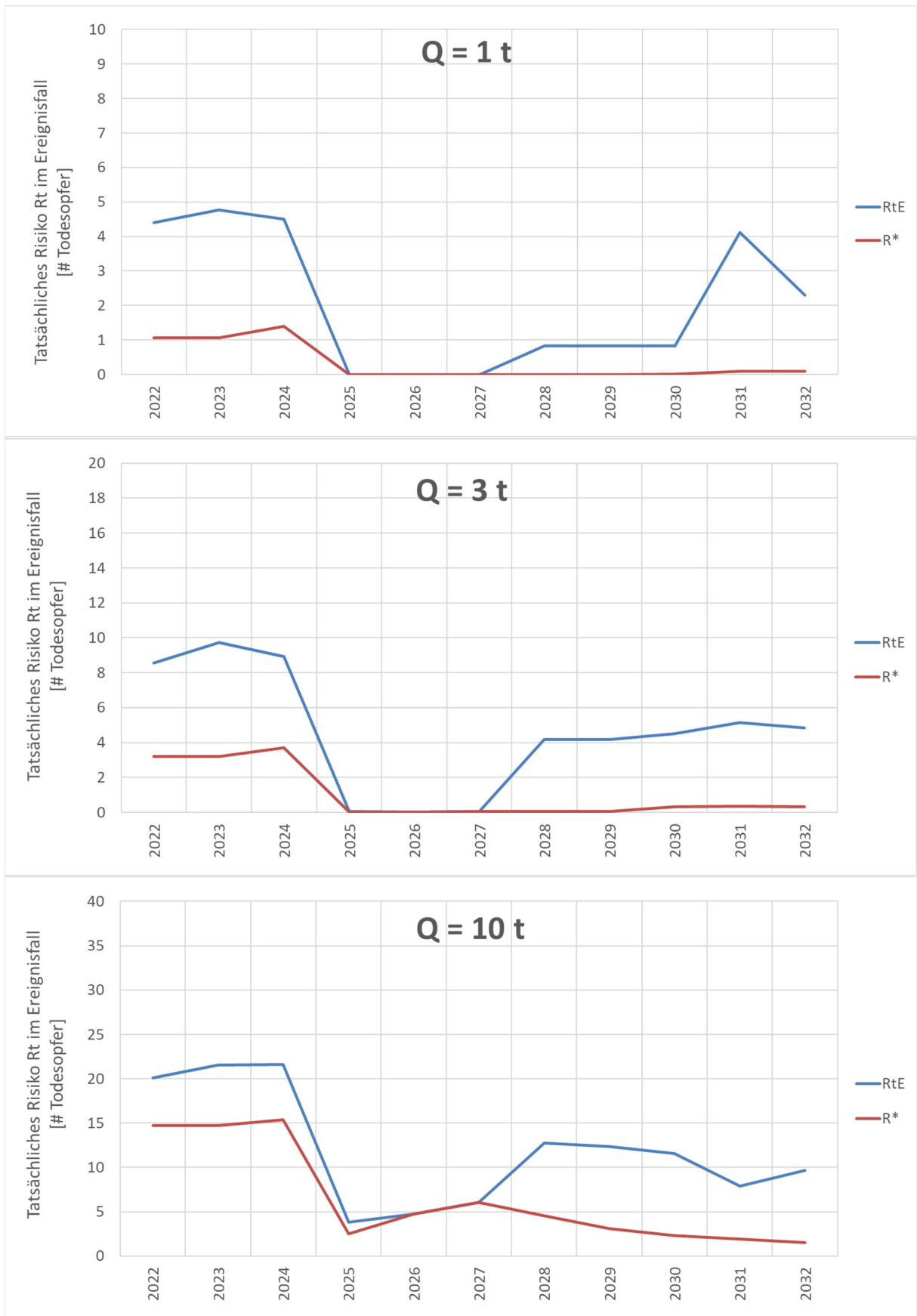


Abbildung 25 Verlauf des tatsächlichen Risikos  $R_t$  aller Personengruppen ( $R_{tE}$ ) im Ereignisfall bzw. unbeteiligter Dritter ( $R^*$  gem. StFV [10]) von 2022 bis 2032 der Ereignisgrößen  $Q = 1 \text{ t}$  (oben) /  $3 \text{ t}$  (Mitte) /  $10 \text{ t}$  (unten)

Das tatsächliche Risiko im Ereignisfall (entspricht etwa dem mittleren Ausmass über alle Situationen) liegt mit zunehmender Ereignisgrösse im Bereich von max. wenigen 10 Todesopfern. Bis 2027 sind jeweils verschiedene Arbeiter massgebend für das tatsächliche Risiko im Ereignisfall. Durch die temporäre Verfüllung geht der Stollen- in den Kratertrümmerwurf über (vgl. Anhang B), wodurch die mittleren Ausmasse 2025 deutlich reduziert sind. Von 2028 bis 2031 sind die Arbeiter des Abbaus der Fluh für das tatsächliche Risiko im Ereignisfall massgebend [14]. Durch den Abschluss des Abbaus der Fluh 2031, gehen die Zonen des Kratertrümmerwurfes in die der Räumung über (vgl. Anhang B). Massgebend für das mittlere Ausmass sind dann die Arbeiter der Halle.

Der Risikoverlauf in Form der maximalen individuellen Risiken unbeteiligter Dritter und indirekt Beteiligter pro Jahr, beginnend 2022 bis zum Beginn der Räumung 2032, wird grafisch in folgenden Diagrammen (Abbildung 26) aufgezeigt:

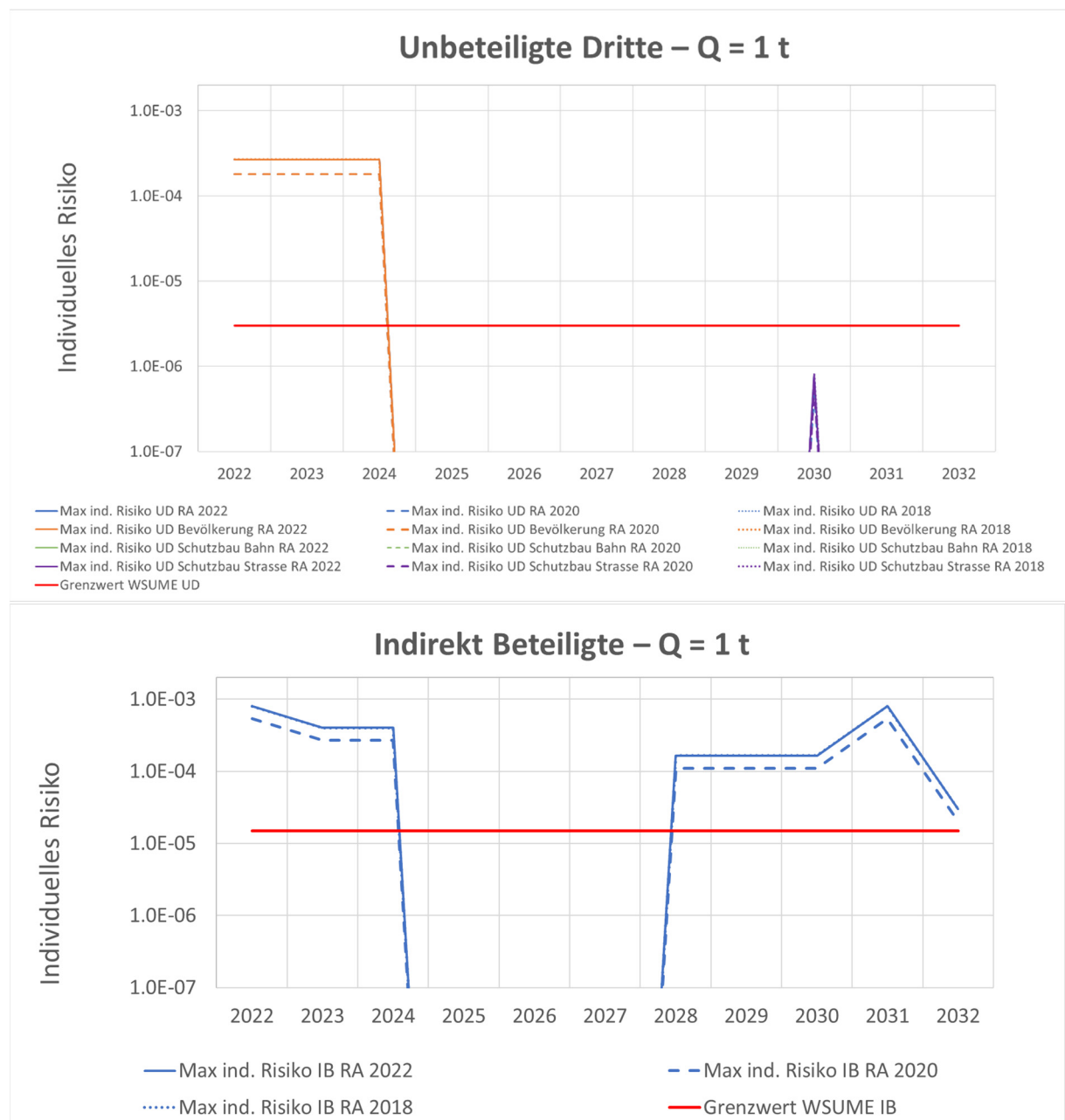


Abbildung 26 Verlauf des maximalen individuellen Risikos [1/a] unbeteiligter Dritte (oben) und indirekt Beteiligter (unten) von 2022 bis 2032 der Ereignisgrösse Q = 1 t im Vgl. zum Grenzwert WSUME [9] der RA 2022, 2020, 2018. Die Kurven der RA 2018 sind deckungsgleich mit denjenigen der RA 2022 (gleiche Wahrscheinlichkeit).

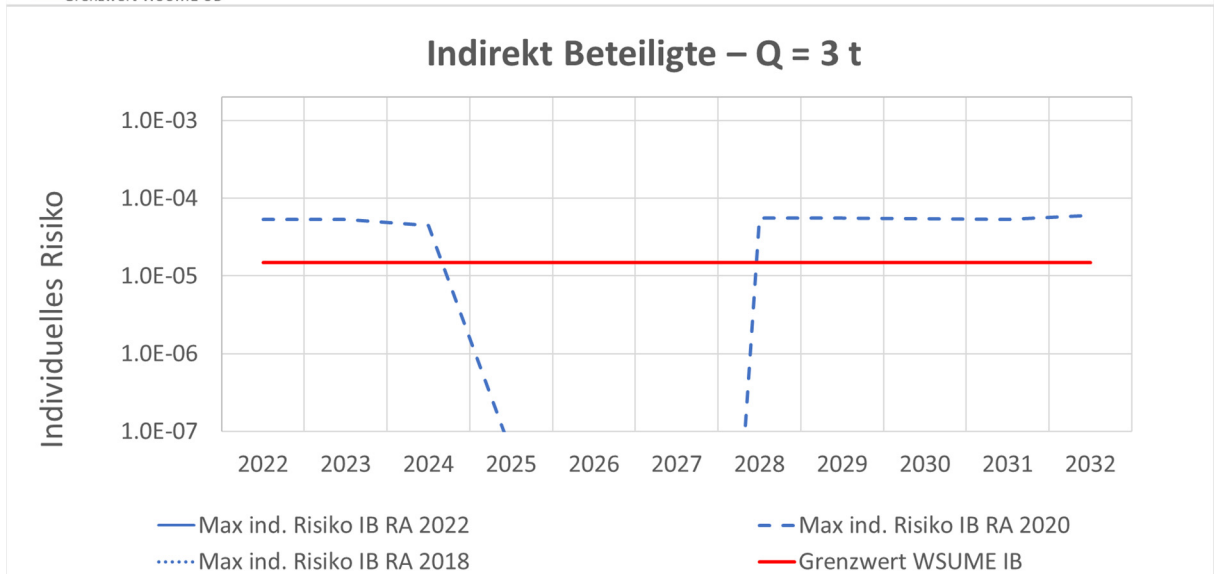
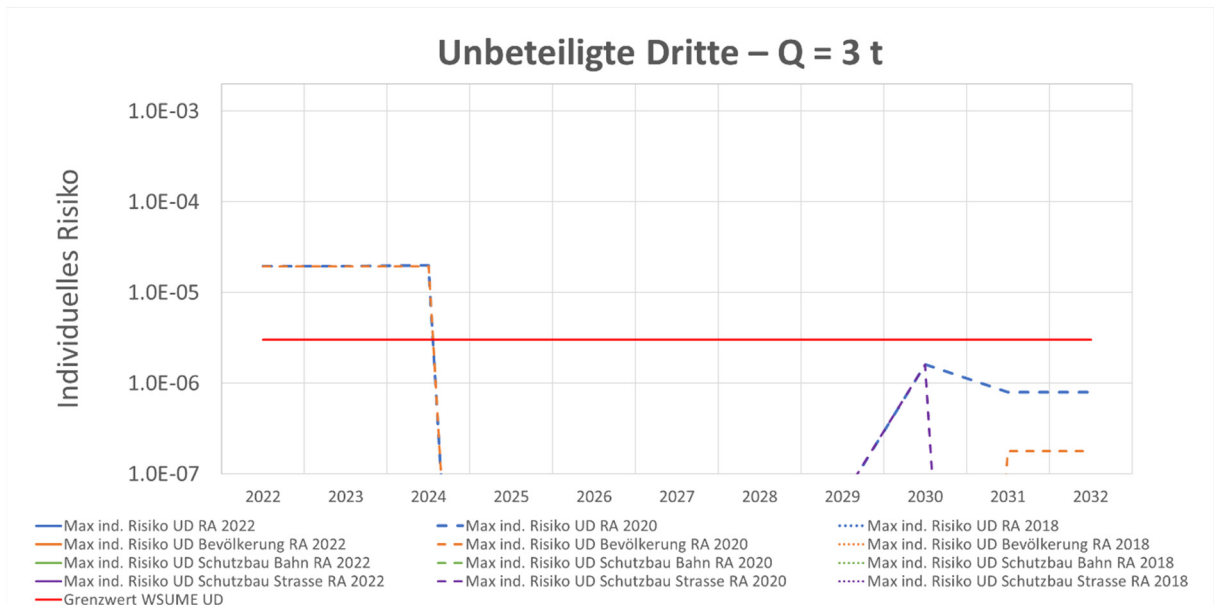
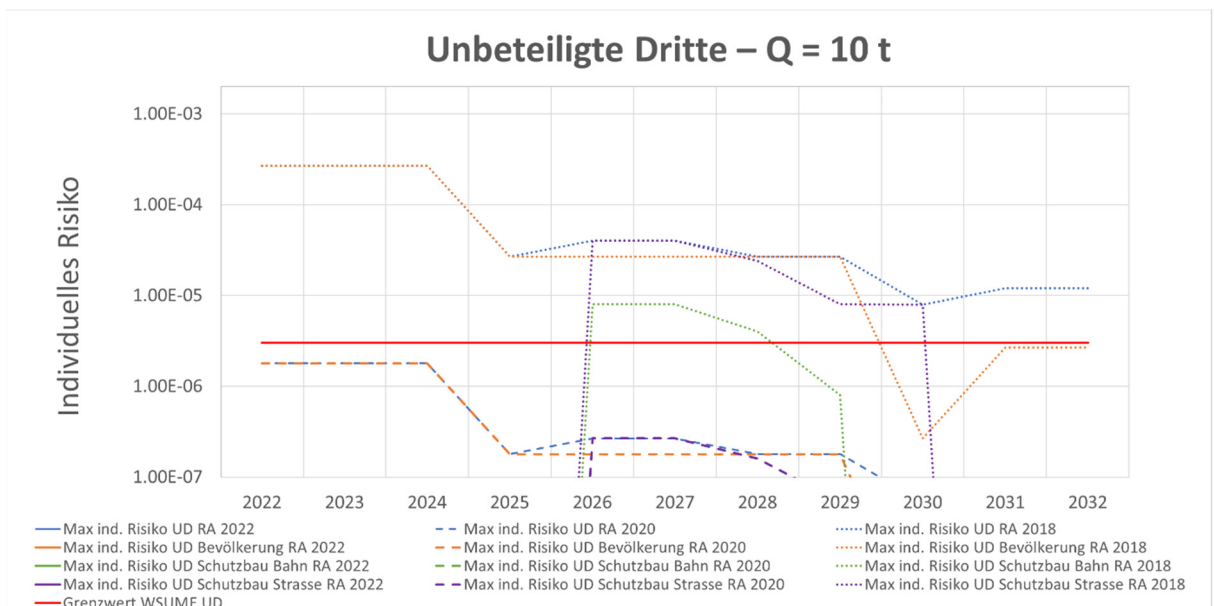


Abbildung 27 Verlauf des maximalen individuellen Risikos [1/a] unbeteiligter Dritter (oben), indirekt Beteiligter (unten) von 2022 bis 2032 der Ereignisgrösse Q = 3 t im Vgl. zum Grenzwert WSUME [9] der RA 2022, 2020, 2018; Q = 3 t in RA 2018 nicht berücksichtigt; Kurven der RA 2022 << Grenzwert WSUME



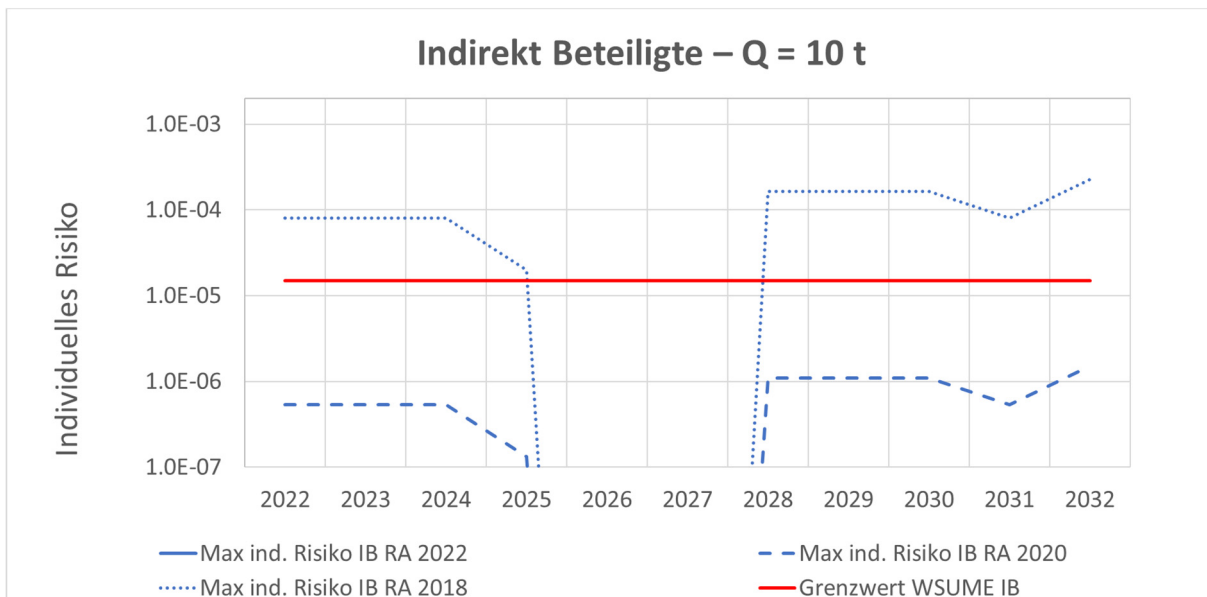


Abbildung 28 Verlauf des maximalen individuellen Risikos [1/a] unbeteiligter Dritter (oben), indirekt Beteiligter (unten) von 2022 bis 2032 der Ereignisgrösse  $Q = 10 \text{ t}$  im Vgl. zum Grenzwert WSUME [9] der RA 2022, 2020, 2018. Kurven der RA 2022 nicht vorhanden (Wahrscheinlichkeit = 0)

Die individuellen Risiken der direkt Beteiligten (KAMIR) werden hier nicht gezeigt.

Bei unbeteiligten Dritten wird der Grenzwert gem. WSUME [9] beim 1 t und 3 t Ereignis nur in den Jahren 2022 bis 2024 (Stollentrümmerwurf) überschritten. Beim 10 t Ereignis gilt dies nur für die 2018 angenommene Eintretenswahrscheinlichkeit, jedoch für die gesamte Zeitspanne 2022-2032.

Bei indirekt Beteiligten wird der Grenzwert gem. WSUME [9] v.a. 2022 bis 2024 und 2028 bis 2032 überschritten, wenn Arbeiten bei der Anlage ausgeführt werden.

Welches Objekt im Einzelnen für die max. individuellen Risiken massgebend ist, kann den nachfolgenden Abschnitten der Risikorechnung der jeweiligen Jahre entnommen werden.

## 5.2 Erarbeitung von Letalitätszonen

Die Letalitätszonen für die Bauphasen basieren wiederum auf den Wirkungsmodellen für Felsanlagen in den TLM [8]. Dabei steht vor der geplanten Vollverfüllung des Bahnstollens der Stollentrümmerwurf und nach der Vollverfüllung der Kratertrümmerwurf im Vordergrund. Während der Räumung müssen dann auch andere Wirkungen wie z.B. der Splitterwurf berücksichtigt werden, da die Munition dann teilweise «offen» liegt.

**Insgesamt soll die Ausprägung der für die folgenden Jahre dargestellten Letalitätszonen nicht überbewertet werden. Für die Risikoanalyse, welche nicht das nächste Ereignis abbildet, sondern als Mittel über viele künftige Ereignisse zu verstehen ist, dürfen diese Zonen zu realistischen Risiken führen. Für die Herleitung des Sicherheits- und Evakuationsperimeters wird auf Kapitel 8 verwiesen.**

Die Topografie des Geländes, insbesondere die Hänge zu beiden Seiten des Tals, kann die Letalitätszonen wie folgt beeinflussen:

- Trümmerwurfzonen: Wenn die Trümmer auf einen Hang auftreffen, anstatt bis zur Grundebene weiterzufliegen, werden die Distanzen kürzer. Allerdings ist dieser Effekt bei steilen Endwinkeln, wie sie bei grossen Reichweiten oder grösseren Abgangswinkeln vorkommen, wenig ausgeprägt.
- Luftstoss: Insbesondere bei kleineren Ereignissen ist die Reflexion an der Fluh zu berücksichtigen. Bei grösseren Ereignissen könnten die Berghänge ebenfalls zu Reflexionen und damit zu einer gewissen Verstärkung des Luftstosses im Tal führen. Allerdings dürfte dieser Effekt unter Berücksichtigung der Talbreite und der Neigung der Berghänge kaum zu massgebenden Vergrösserungen der Zonen führen.

Ausserdem wurde für die Phasen mit Stollentrümmerwurf das Wirkungsmodell des Gasstrahls an jedem Stollenmund in Betracht gezogen. Die Berechnungen mit dem entsprechenden Modell der TLM [8] zeigen, dass die Reichweite des Gasstrahls kleiner ist im Vergleich zum Trümmerwurf. Der Gasstrahl kann damit vernachlässigt werden.

Schliesslich wird als Spezialfall der Bauernhof auf der Fluh, welcher primär durch den Erdstoss gefährdet sein dürfte, berücksichtigt. Die Berechnungen mit den Modellen in den TLM [8] zeigen, dass die Letalitäten infolge Erdstoss sehr klein sind.

### **5.3 2022 (Sondiergrabungen, Anpassung M&AS, Teiltrückbau/Stilllegung Anlage, Clusterbohrungen)**

#### **5.3.1 Ereignisanalyse und Beschreibung der geplanten Arbeiten (2022)**

2022 sind folgende Bauarbeiten in oder im Nahbereich der Anlage geplant:

- Sondiergrabungen: Um mehr über den Zustand und die Verteilung der Munition zu erfahren.
- Anpassungen Mess- und Alarmierungssystem (M&AS): Anpassung an die lokalen Schutzmassnahmen gegen Steinschlag im Bahnstollen. Die Ausführung betrifft nur einzelne Monate und wird mit den Sondiergrabungen koordiniert, damit diese nicht gleichzeitig stattfinden
- Teiltrückbau/Stilllegung Anlage: Zur Reduktion des Luftstosses auf die Vorausmassnahmen werden gewisse Abschlusswände entfernt. Zudem gibt es bei diversen technischen Anlagen Handlungsbedarf.
- Clusterbohrungen: Dienen der Grundlagenbeschaffung für den sicheren Abbau der Fluh. Die Clusterbohrungen von der Fluh führen nicht bis in die Hohlräume über dem Bahnstollen.

Von den 2022 möglichen Arbeiten sind die Sondiergrabungen für die Wahrscheinlichkeiten relevant. Diese werden auf jeden Fall händisch, d.h. so behutsam wie möglich und ohne mechanische Hilfsmittel wie Bagger durchgeführt. Wenn Hochrisikokonstellationen wie Munitionsnester mit Fliegerbomben entdeckt werden, müssen die Arbeiten an diesem Ort abgebrochen werden. Bei diesen Arbeiten sind Kleinereignisse mit max. wenigen kg TNT nicht ganz ausgeschlossen (z.B. bei Zündern). Hingegen wird für die risikorelevanten Grossereignisse nicht von einer zu berücksichtigenden Erhöhung der Wahrscheinlichkeit ausgegangen. 1948 wurden alle Kammern geräumt und auch eine Sondierung im Bahnstollen vor Kammer IV gemacht, ohne dass es Todesopfer gegeben hat.

#### **5.3.2 Wirkungsanalyse (inkl. Letalitätszonen) (2022)**

Die 2022 geplanten Arbeiten haben keine Auswirkung auf die Wirkungs- resp. Letalitätszonen. Es wird auf die Stollentrümmerwurfzonen in Abschnitt 3.2.2 (Abbildung 12) verwiesen.

#### **5.3.3 Expositionsanalyse (2022)**

Die 2022 geplanten Arbeiten verteilen sich wie folgt (allfällige Gleichzeitigkeiten werden in der RA möglichst gemäss Planung in 5.1 berücksichtigt):



<b>Personen-Kennzahlen 2022</b>	<b>In der Anlage</b>	<b>Nahbereich</b>	<b>Umfeld</b>
Sondiergrabungen Bahn-/Sackstollen	5 (IB)	-	-
Mess- und Alarmierungssystem	5 (IB)	-	-
Teiltrückbau / Stilllegung	15 (IB)		
Clusterbohrungen Fluh-Dreispitz	-	5 (IB)	-
<b>Total</b>	<b>25 (IB)</b>	<b>5 (IB)</b>	-

Abbildung 29 Übersicht der 2022 geplanten Arbeiten in der Anlage, im Nahbereich und im Umfeld mit Anzahl indirekt Beteiligter (IB) bzw. unbeteiligter Dritter (UD; störfallrelevant)

### 5.3.4 Risikorechnung und Massnahmen (2022)

Wichtige Erkenntnisse aus der Risikoberechnung, wie die Ausmasse und Risikoanteile werden in der folgenden Tabelle (Abbildung 30) gezeigt:

<b>2022</b>	<b>Ausmasse At pro Situation</b>	<b>Massg. Risikoanteile Situationen</b>	<b>Massg. Risikoanteile Objekte</b>
<b>Q = 1 t</b>	Bahn At = 12 Arbeit At = 14 Rest At: 1/ 1/ 2	Arbeit	Arbeiter
<b>Q = 3 t</b>	Bahn At = 30 Arbeit At = 23 Rest At: 4/ 2/ 5	Arbeit	Arbeiter
<b>Q = 10 t</b>	Bahn At = 77 Wochenende At = 22 Arbeit At = 35 Rest At: 16/ 11	Arbeit	Strasse, Arbeiter, Wohnhaus

Abbildung 30 Massgebende Ausmasse und Risikoanteile (2022); WE = Wochenende

Die grössten Ausmasse (Todesopfer im Ereignisfall) stammen von der Spezialsituation Bahn bzw. von der Grundsituation Arbeit beim 1 t Ereignis.

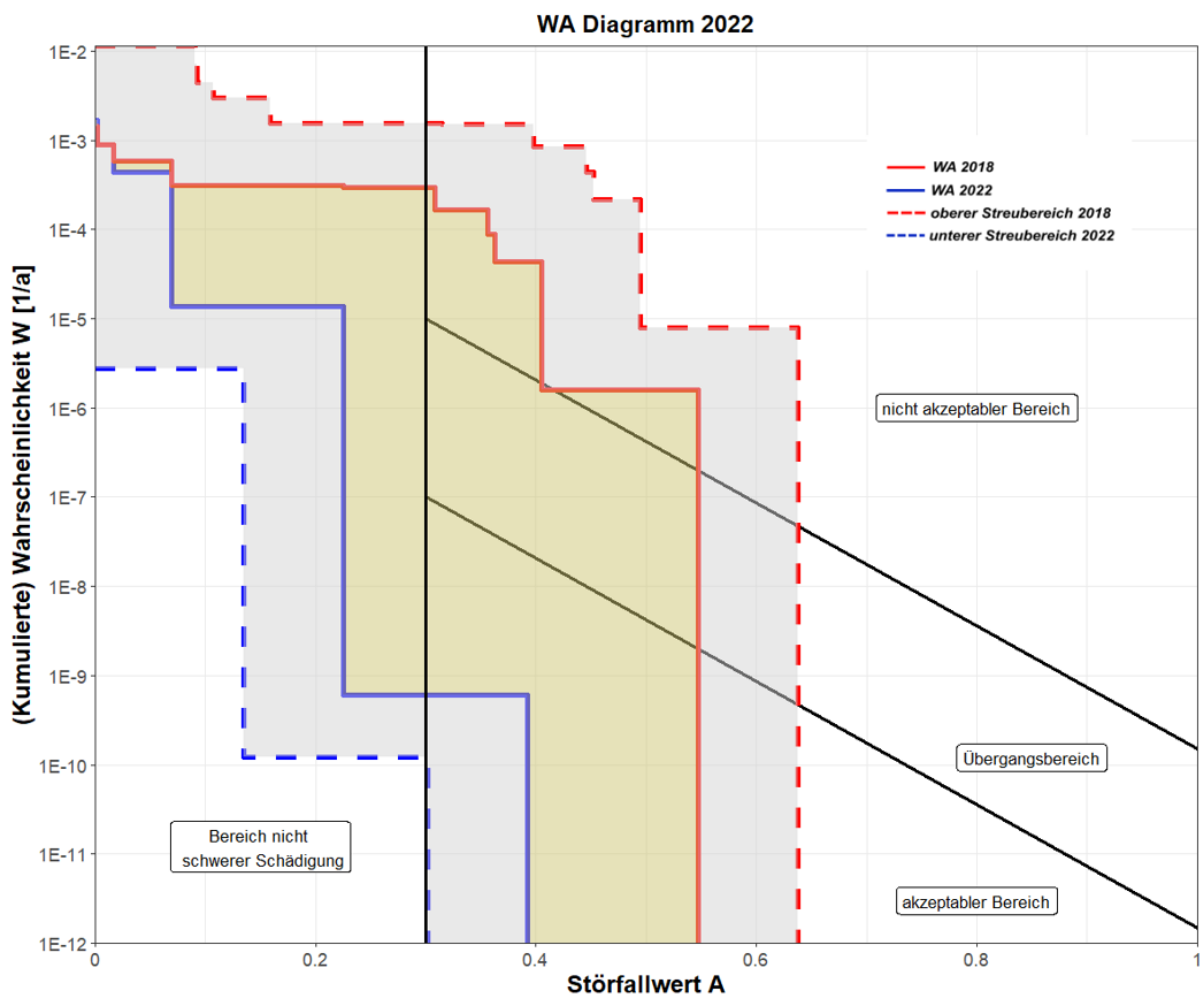


Abbildung 31 W/A-Diagramm (2022)

Die Summenkurve in Abbildung 31, welche sich aus der Kumulation der Ereignisgrössen ergibt, liegt neu im akzeptablen Bereich. Im Gegensatz zur RA VBS 2020 / RA VBS 2018 wird der Übergangsbereich bzw. der nicht akzeptable Bereich nicht mehr tangiert, weil die Wahrscheinlichkeiten für Grossereignisse viel kleiner eingeschätzt werden und das Grossereignis 10t ganz wegfällt.

Dem Anhang D können die W/A-Darstellungen separat für die Bahn, die Strasse und Andere (Anwohner) entnommen werden. Diese zeigen folgende Resultate:

**Bahn:**

Die Spezialesituation Bahn liegt für  $Q = 3 \text{ t}$  bei der Kurve WA 2022 klar im akzeptablen Bereich. Dabei ist zu berücksichtigen, dass gemäss der Methodik der StFV [10] die Risiken Bahn anders berechnet werden, was zu kleineren Ausmassen, aber längeren Durchfahrtszeiten resp. grösseren Wahrscheinlichkeiten führt.

**Strasse:**

Die Summenkurve der Strasse liegt für WA 2022 im Bereich der nicht schweren Schädigung.

**Andere (Anwohner):**

Das Risiko für die Bewohner liegt im akzeptablen Bereich bei WA 2022.

In folgender Tabelle (Abbildung 32) wird auf die maximalen individuellen Risiken der Bau-phase 2022 eingegangen. Pro Personengruppe wird jeweils das maximale individuelle Risiko jeder Ereignisgrösse mit jeweils den verwendeten Wahrscheinlichkeiten der RA VBS 2018, 2020 und 2022 ausgewiesen.

Grenzwert WSUME [9]	W ba- sierend auf RA	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
<b>Unbeteiligte Dritte</b> $r = 3 \times 10^{-6} / a$	2018	$r_{\max} = 2.7 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 90 zu hoch	-	$r_{\max} = 2.7 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 90 zu hoch
	2020	$r_{\max} = 1.8 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 60 zu hoch	$r_{\max} = 1.9 \times 10^{-5} / a$ → Faktor 6.5 zu hoch	$r_{\max} = 1.8 \times 10^{-6} / a$ → OK
	2022	$r_{\max} = 2.7 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 90 zu hoch	$r_{\max} = 9.7 \times 10^{-9} / a$ → OK	-
	Indiv.	Anwohner	Anwohner	Anwohner
<b>Indirekt Beteiligte</b> $r = 1.5 \times 10^{-5} / a$	2018	$r_{\max} = 8.0 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 54 zu hoch	-	$r_{\max} = 8.0 \times 10^{-5} / a$ → 5.3 zu hoch
	2020	$r_{\max} = 5.4 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 36 zu hoch	$r_{\max} = 5.3 \times 10^{-5} / a$ → Faktor 3.6 zu hoch	$r_{\max} = 5.3 \times 10^{-7} / a$ → OK
	2022	$r_{\max} = 8.0 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 54 zu hoch	$r_{\max} = 2.7 \times 10^{-8} / a$ → OK	-
	Indiv.	Mess- & Alarmierungssystem / techn. Untersuchung / Sondiergrabungen		
<b>Direkt Beteiligte</b> $r = 3 \times 10^{-5} / a$	18/20/22	-	-	-

Abbildung 32 Individuelle Risiken gemäss WSUME [9] (2022)

Im Gegensatz zur IST-Situation sind 2022 neben den Anwohnern (unbeteiligte Dritte) auch Arbeiter (indirekt Beteiligte) zu berücksichtigen. Wie bereits in den vorangegangenen Risikoanalysen gezeigt, können bei den nahegelegenen Wohnbauten und auch bei Arbeiten in oder an der Anlage (wenn diese länger als mehrere Wochen dauern) die Grenzwerte gem. WSUME [9] bei grösseren Wahrscheinlichkeiten, wie es bei Q = 1 t der Fall ist, klar nicht eingehalten werden. Für die Ereignisgrössen von 3 t und 10 t hingegen werden die Grenzwerte gem. WSUME eingehalten oder weniger deutlich überschritten (Ausnahme das Extremereignis Q = 10 t mit W 2018).

In folgender Tabelle (Abbildung 33) wird auf die kollektiven Risiken der Projektphase 2022 eingegangen. Pro Ereignisgrösse wird jeweils das tatsächliche sowie das empfundene kollektive Risiko und die gerundeten max. Kosten für Sicherheitsmassnahmen jeder Ereignisgrösse mit jeweils den verwendeten Wahrscheinlichkeiten der RA 2018, 2020 und 2022 ausgewiesen.

Kollektives Risiko R	W gem. RA	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
<b>R tatsächlich</b>	2018	$1.3 \times 10^{-2} / a$	-	$6.0 \times 10^{-3} / a$
	2020	$8.8 \times 10^{-3} / a$	$1.7 \times 10^{-3} / a$	$4.0 \times 10^{-5} / a$
	2022	$1.3 \times 10^{-2} / a$	$8.5 \times 10^{-7} / a$	-
<b>R empfunden (mit Aversion)</b>	2018	$3.5 \times 10^{-2} / a$	-	$1.1 \times 10^{-1} / a$
	2020	$2.3 \times 10^{-2} / a$	$1.5 \times 10^{-2} / a$	$7.3 \times 10^{-4} / a$
	2022	$3.5 \times 10^{-2} / a$	$7.6 \times 10^{-6} / a$	-
<b>Max. Kosten für Sicherheitsmassnahmen ca.</b>	2018	1'034'000 CHF / a	-	3'272'000 CHF / a
	2020	690'000 CHF / a	457'800 CHF / a	21'800 CHF / a
	2022	1'034'000 CHF / a	230 CHF / a	-

Abbildung 33 Kollektive Risiken gemäss WSUME [9] (2022)

2022 ergeben sich für das Ereignis mit Q = 1 t, wegen der grösseren Wahrscheinlichkeiten, die grössten kollektiven Risiken (mit Ausnahme des Extremereignisses Q = 10 t mit W 2018). Auf den ersten Blick sind diese als erhöht einzustufen. Sicherheitsmassnahmen müssen grundsätzlich evaluiert werden. Die mit dem Grenzkostenprinzip ermittelten maximalen Kosten für Sicherheitsmassnahmen werden hier jedoch nicht weiter diskutiert (in einem frühen Projektstadium mit dem BAFU vereinbart).

**Mögliche Massnahmen zur Kontrolle und Reduktion des Risikos sind:**

- **Generell: Möglichst wenig Arbeiter während möglichst kurzer Zeit im Gefahrenbereich**
- **Generell: Anpassung des Mess- und Alarmierungssystem**
- Sondiergrabungen: Arbeiten in der Nacht würden die möglichen Ausmasse auf Bahn und Strasse stark reduzieren.
- Clusterbohrungen: Permanente Überwachung des Monitoringsystems während kritischen (evtl. Auslösung von Sturzprozessen) Bohrphasen.

#### **5.4 2023 (Anpassung M&AS, LSSB, Teilrückbau/ Stilllegung Anlage, Vorausmassnahmen, Bohrungen Fluh)**

##### **5.4.1 Ereignisanalyse und Beschreibung der geplanten Arbeiten (2023)**

2023 sind folgende Bauarbeiten in oder im Nahbereich der Anlage geplant:

- Anpassungen Mess- und Alarmierungssystem: Anpassung erfolgt im Hinblick auf die temporäre Verfüllung der Hohlräume im Bahnstollen. Die Ausführung dauert nur wenige Wochen.
- Lokale Schutzmassnahmen gegen Steinschlag im Bahnstollen (LSSB): Einbringen einer Schutzschicht, insbesondere vor den Kammern 8 und 12, zur Dämpfung von lokalem Steinschlag.
- Teilrückbau/Stilllegung Anlage: Zur Reduktion des Luftstosses auf die Vorausmassnahmen werden Abschlusswände entfernt. Zudem gibt es bei diversen technischen Anlagen Handlungsbedarf. Der Teilrückbau bzw. die Stilllegung der Anlage wird bis ca. Mitte 2023 abgeschlossen sein.
- Vorausmassnahmen: Das Hochdrucktor im Norden wird Ende Jahr geplant, um die Gefährdung vor dem betroffenen Ausgang massiv zu reduzieren.
- Bohrungen Dreispitz: Die Hohlräume hinter Drei- und Zweispitz werden von aussen angebohrt, um Versuche zur Einrieselung der temporären Verfüllung machen zu können.

Von den 2023 geplanten Arbeiten sind die LSSB und die Bohrungen in die Hohlräume für die Wahrscheinlichkeiten relevant. In den Bereichen vor den Kammern 8 und 12 (vgl. Abbildung 9), wo die Munition einerseits nur wenig verschüttet resp. geschützt ist und andererseits aber relativ grosse Sturzintensitäten zu erwarten sind (Bericht CSD Kaverne [16]), soll mit bis zu 1.5 m Leichtmaterialien Misapor (Glasschaum) eine Reduktion der Wahrscheinlichkeit infolge Steinschlags, auch bei den nachfolgenden Bohrungen in die Hohlräume, erreicht werden (vgl. Bericht von Gebrugg [17]).

Die Quantifizierung sowohl der leicht erhöhten Wahrscheinlichkeiten während des Einbringens der LSSB als auch der reduzierten Wahrscheinlichkeiten danach sind aber nur per Expert Judgement abschätzbar. Für die RA VBS 2022 wird darum weder das kurzzeitige Einbringen noch der Endzustand (mit den Bohrungen in die Hohlräume) als wahrscheinlichkeitsverändernd berücksichtigt. Hingegen sind Sicherheitsmassnahmen wie Arbeiten während der Nacht vorgesehen, um bei einem allfälligen Ereignis die Ausmasse im Bereich der nicht schweren Schädigung zu halten (vgl. 5.4.4).

##### **5.4.2 Wirkungsanalyse (inkl. Letalitätszonen) (2023)**

Die 2023 geplanten Arbeiten haben keine Auswirkung auf die Wirkungs- resp. Letalitätszonen. Es wird auf die Stollentrümmerwurfzonen in Abschnitt 3.2.2 (Abbildung 12) verwiesen.

### 5.4.3 Expositionsanalyse (2023)

Die 2023 geplanten Arbeiten verteilen sich wie folgt (allfällige Gleichzeitigkeiten werden in der RA möglichst nach Planung gem. 5.1 berücksichtigt):

Personen-Kennzahlen 2023	In der Anlage	Nahbereich	Umfeld
Mess- und Alarmierungssystem	5 (IB)	-	-
LSSB (lokale Sima Steinschlag BS)	10 (IB)	-	-
Teiltrückbau / Stilllegung	15 (IB)	-	-
Vorausmassnahmen	15 (IB)	-	-
Bohrungen Dreispitz	-	5 (IB)	-
<b>Total</b>	<b>45 (IB)</b>	<b>5 (IB)</b>	-

Abbildung 34 Übersicht der 2023 geplanten Arbeiten in der Anlage, im Nahbereich und im Umfeld mit Anzahl indirekt Beteiligter (IB) bzw. unbeteiligter Dritter (UD; störfallrelevant)

### 5.4.4 Risikorechnung und Massnahmen (2023)

Wichtige Erkenntnisse aus der Risikoberechnung, wie die Ausmasse und Risikoanteile werden in folgender Tabelle (Abbildung 35) gezeigt:

2023	Ausmasse At pro Situation	Massg. Risikoanteile Situationen	Massg. Risikoanteile Objekte
<b>Q = 1 t</b>	Bahn At = 12 Arbeit At = 11 Rest At: 1/ 3/ 2	Arbeit	Arbeiter
<b>Q = 3 t</b>	Bahn At = 32 Arbeit At = 23 Rest At: 4/ 5/ 5	Arbeit	Arbeiter
<b>Q = 10 t</b>	Bahn At = 79 Arbeit At = 37 Wochenende At = 23 Rest At: 16/ 13	Arbeit	Strasse, Arbeiter, Wohnhaus

Abbildung 35 Massgebende Ausmasse und Risikoanteile (2023); WE = Wochenende

Die grössten Ausmasse (Todesopfer im Ereignisfall) stammen von der Spezialsituation Bahn.

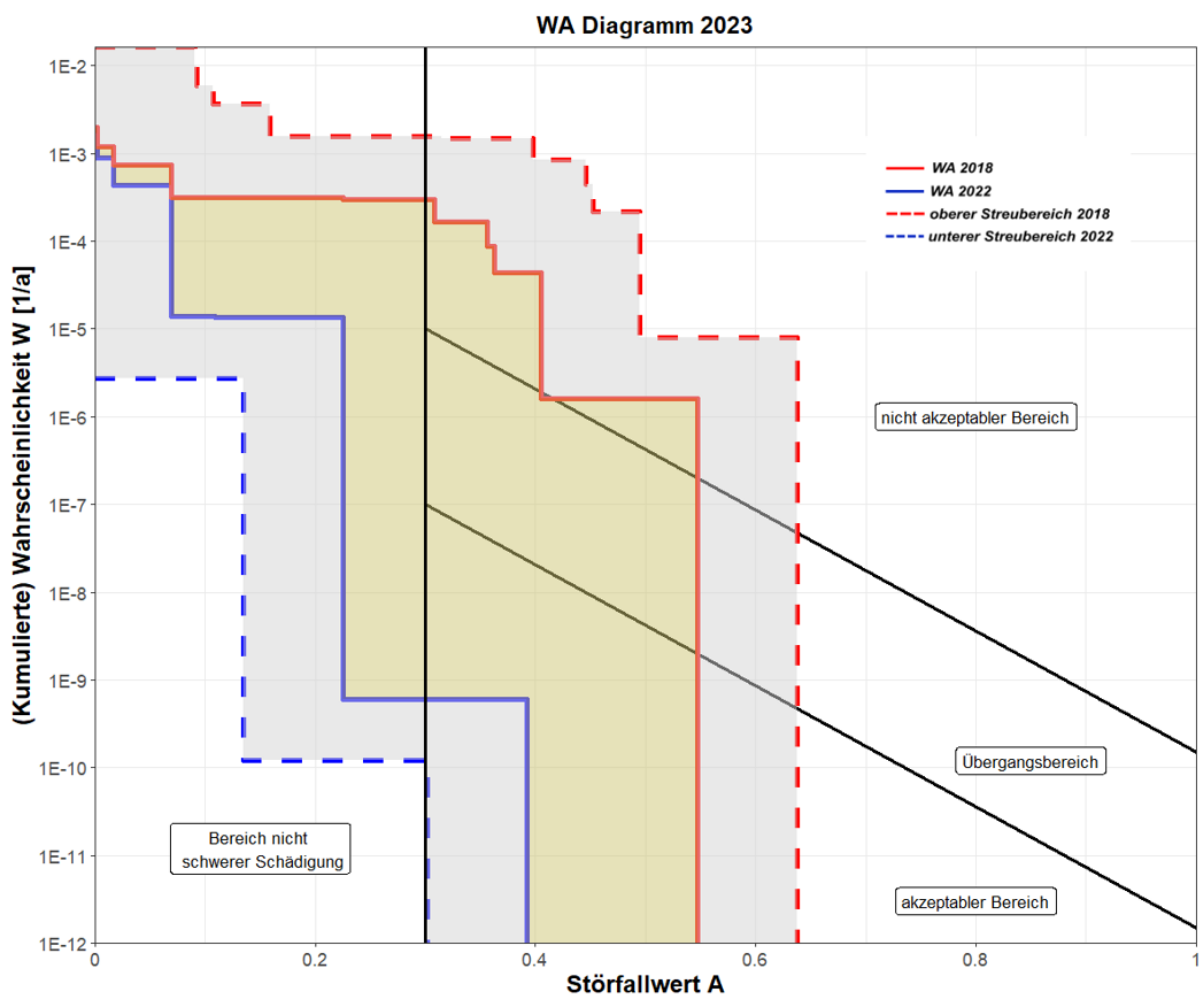


Abbildung 36 W/A-Diagramm (2023)

Im Jahr 2023 ergeben sich keine Veränderungen im W/A-Diagramm (vgl. Abschnitt 5.3.4).

Für die Aufteilung der Summenkurve (Abbildung 36) auf die drei Ereignisgrößen 1/ 3/ 10 t wird auf Anhang D verwiesen. Dem Anhang D können die W/A-Darstellungen separat für die Bahn, die Strasse und Andere (Anwohner) entnommen werden.

In folgender Tabelle (Abbildung 37) wird auf die maximalen individuellen Risiken der Bau-phase 2023 eingegangen. Pro Personengruppe wird jeweils das maximale individuelle Risiko jeder Ereignisgröße mit jeweils den verwendeten Wahrscheinlichkeiten der Risikoanalysen (RA) 2018, 2020 und 2022 ausgewiesen.

Grenzwert WSUME [9]	W gem. auf RA	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
<b>Unbeteiligte Dritte</b> $r = 3 \times 10^{-6} / a$	2018	$r_{\max} = 2.7 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 90 zu hoch	-	$r_{\max} = 2.7 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 90 zu hoch
	2020	$r_{\max} = 1.8 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 60 zu hoch	$r_{\max} = 1.9 \times 10^{-5} / a$ → Faktor 6.5 zu hoch	$r_{\max} = 1.8 \times 10^{-6} / a$ → OK
	2022	$r_{\max} = 2.7 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 90 zu hoch	$r_{\max} = 9.7 \times 10^{-9} / a$ → OK	-
	Inidv.	Anwohner	Anwohner	Anwohner
<b>Indirekt Beteiligte</b> $r = 1.5 \times 10^{-5} / a$	2018	$r_{\max} = 4.0 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 27 zu hoch	-	$r_{\max} = 8.0 \times 10^{-5} / a$ → 5.3 zu hoch
	2020	$r_{\max} = 2.7 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 18 zu hoch	$r_{\max} = 5.3 \times 10^{-5} / a$ → Faktor 3.6 zu hoch	$r_{\max} = 5.3 \times 10^{-7} / a$ → OK
	2022	$r_{\max} = 4.0 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 27 zu hoch	$r_{\max} = 2.7 \times 10^{-8} / a$ → OK	-
	Inidv.	Arbeiten Vorausmassnahmen & Stilllegung der Anlage		
<b>Direkt Beteiligte</b> $r = 3 \times 10^{-5} / a$	18/20/22	-	-	-

Abbildung 37 Individuelle Risiken gemäss WSUME [9] (2023)

Die max. individuellen Risiken unbeteiligter Dritter gem. WSUME [9] bleiben 2023 gleich wie im Vorjahr 2022. Diejenigen der indirekt Beteiligten stammen nicht mehr von denselben Arbeiten, sind jedoch tiefer oder gleich hoch.

Wie bereits in den vorangegangenen Risikoanalysen gezeigt, können bei den nahegelegenen Wohnbauten und auch bei Arbeiten in oder an der Anlage (wenn diese länger als mehrere Wochen dauern) die Grenzwerte gem. WSUME [9] bei grösseren Wahrscheinlichkeiten, wie es bei  $Q = 1 \text{ t}$  der Fall ist, klar nicht eingehalten werden. Für die Ereignisgrössen von  $3 \text{ t}$  und  $10 \text{ t}$  hingegen werden die Grenzwerte gem. WSUME eingehalten oder weniger deutlich überschritten (Ausnahme das Extremereignis  $Q = 10 \text{ t}$  mit W 2018).

In folgender Tabelle (Abbildung 38) wird auf die kollektiven Risiken der Bauphase 2023 eingegangen. Pro Ereignisgrösse wird jeweils das tatsächliche sowie das empfundene kollektive Risiko und die gerundeten max. Kosten für Sicherheitsmassnahmen jeder Ereignisgrösse mit jeweils den verwendeten Wahrscheinlichkeiten der RA 2018, 2020 und 2022 ausgewiesen.

Kollektives Risiko R	W gem. RA	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
<b>R tatsächlich</b>	2018	$1.4 \times 10^{-2} / a$	-	$6.5 \times 10^{-3} / a$
	2020	$9.6 \times 10^{-3} / a$	$1.9 \times 10^{-3} / a$	$4.3 \times 10^{-5} / a$
	2022	$1.4 \times 10^{-2} / a$	$9.7 \times 10^{-7} / a$	-
<b>R empfunden (mit Aversion)</b>	2018	$2.3 \times 10^{-2} / a$	-	$1.2 \times 10^{-1} / a$
	2020	$1.6 \times 10^{-2} / a$	$1.6 \times 10^{-2} / a$	$7.8 \times 10^{-4} / a$
	2022	$2.3 \times 10^{-2} / a$	$7.9 \times 10^{-6} / a$	-
<b>Max. Kosten für Sicherheitsmassnahmen ca.</b>	2018	698'000 CHF / a	-	3'520'000 CHF / a
	2020	465'000 CHF / a	476'000 CHF / a	23'500 CHF / a
	2022	698'000 CHF / a	240 CHF / a	-

Abbildung 38 Kollektive Risiken gemäss WSUME [9] (2023)

Auch 2023 ergeben sich für das Ereignis mit  $Q = 1 \text{ t}$ , wegen der grösseren Wahrscheinlichkeiten, die grössten kollektiven Risiken (mit Ausnahme des Extremereignisses  $Q = 10 \text{ t}$  mit W 2018). Diese sind auf den ersten Blick als erhöht einzustufen. Sicherheitsmassnahmen müssen grundsätzlich evaluiert werden. Die mit dem Grenzkostenprinzip ermittelten maximalen Kosten für Sicherheitsmassnahmen werden hier jedoch nicht weiter diskutiert.



### **Mögliche Massnahmen zur Kontrolle und Reduktion des Risikos sind:**

- **Generell: Möglichst wenig Arbeiter während möglichst kurzer Zeit im Gefahrenbereich**
- Lokale Schutzmassnahmen gegen Steinschlag im Bahnstollen (LSSB): Behutsames Einbringen unter Berücksichtigung von Aspekten wie elektrostatische Entladung, Staubbildung, etc. Permanente Überwachung des Monitoringsystems. Arbeiten während der Nacht senken die möglichen Ausmasse auf Schiene und Strasse markant. Allenfalls könnten infolge der relativ kurzen Dauer dieser Arbeiten die Strasse in der Nacht gesperrt sowie die nächstgelegenen Wohnhäuser evakuiert werden. Mit der Strassensperrung wäre für  $Q = 10 \text{ t}$  bei den Unbeteiligten bereits die nicht schwere Schädigung gemäss StFV erreicht. Mit den Evakuierungen könnte auch das individuelle Risiko gemäss WSUME gesenkt werden. Konzept wird dem BAFU zur Stellungnahme abgegeben.
- Clusterbohrungen: Permanente Überwachung des Monitoringsystems während kritischen Bohrphasen

## **5.5 2024 (Wassermonitoring, Vorausmassnahmen, Temporäre Verfüllung)**

### **5.5.1 Ereignisanalyse und Beschreibung der geplanten Arbeiten (2024)**

2024 sind folgende Bauarbeiten in oder im Nahbereich der Anlage geplant:

- Wassermonitoring: Um allfällige Versickerung von Schadstoffen quantifizieren zu können wird ein Wassermonitoring realisiert.
- Vorausmassnahmen: Das Hochdrucktor im Norden wird in der ersten Hälfte 2024 abgeschlossen. In der zweiten Hälfte werden die beiden Stahlbetonpfropfen im Süden realisiert, um so die Gefährdung vor den betroffenen Ausgängen zu reduzieren.
- Temporäre Verfüllung Bahnstollen: Bevor mit dem Abbau der Fluh und v.a. des Dreispitzes begonnen werden kann, müssen der Bahnstollen und die Klüfte vollständig verfüllt werden, damit keine Niederbrüche und Instabilitäten auftreten können.

Von den 2024 geplanten Arbeiten ist die temporäre Verfüllung des Bahnstollens für die Wahrscheinlichkeiten relevant. In das verbliebene Volumen im Bahnstollen vor den Kammern 8 und 12 sowie im Sackstollen und den Klüften sollen von aussen geeignete Leichtmaterialien wie Blähton oder ähnlich eingerieselt und damit das Steinschlagpotential gegen 0 gesenkt werden. In der RA VBS 2020 wurde angenommen, dass damit die Wahrscheinlichkeiten um einen Faktor 2 gesenkt werden können.

Die Quantifizierung sowohl der erhöhten Wahrscheinlichkeiten während des Einbringens der Verfüllung (Masse führt allenfalls zu Setzungen, welche allenfalls einzelne Munitionen auslösen könnten) als auch der reduzierten Wahrscheinlichkeiten danach sind aber nur per expert judgement abschätzbar. Für die RA VBS 2022 wird darum weder das kurzzeitige Einbringen noch der Endzustand (komplett verfüllt) als wahrscheinlichkeitsverändernd berücksichtigt. Hingegen sind Sicherheitsmassnahmen wie Arbeiten während der Nacht vorgesehen, um bei einem allfälligen Ereignis die Ausmasse im Bereich der nicht schweren Schädigung zu halten (vgl. Abschnitt 5.4.4).

### **5.5.2 Wirkungsanalyse (inkl. Letalitätszonen) (2024)**

Die 2022 geplanten Arbeiten haben keine Auswirkung auf die Wirkungs- resp. Letalitätszonen. Es wird auf die Stollentrümmerwurfzonen in Abschnitt 3.2.2 (Abbildung 12) verwiesen.

### 5.5.3 Expositionsanalyse (2024)

Die 2024 geplanten Arbeiten verteilen sich wie folgt:

Personen-Kennzahlen 2024	In der Anlage	Nahbereich	Umfeld
Wassermonitoring	-	5 (UD)	-
Vorausmassnahmen	15 (IB)		
Temporäre Verfüllung	-	10 (IB)	-
<b>Total</b>	<b>15 (IB)</b>	<b>5 (UD) + 10 (IB)</b>	-

Abbildung 39 Übersicht der 2024 geplanten Arbeiten in der Anlage, im Nahbereich und im Umfeld mit Anzahl indirekt Beteiligter (IB) bzw. unbeteiligter Dritter (UD; störfallrelevant)

### 5.5.4 Risikorechnung und Massnahmen (2024)

Wichtige Erkenntnisse aus der Risikoberechnung, wie die Ausmasse und Risikoanteile werden in Abbildung 40 gezeigt:

2024	Ausmasse At pro Situation	Massg. Risikoanteile Situationen	Massg. Risikoanteile Objekte
<b>Q = 1 t</b>	Bahn At = 11 Arbeit At = 10 Rest At: 1/ 3/ 2	Arbeit	Arbeiter
<b>Q = 3 t</b>	Bahn At = 29 Arbeit At = 16 Rest At: 4/ 7/ 5	Arbeit	Arbeiter
<b>Q = 10 t</b>	Bahn At = 79 Arbeit At = 33 Rest At: 16/ 16/ 23	Arbeit	Arbeiter, Strasse

Abbildung 40 Massgebende Ausmasse und Risikoanteile (2024)

Die grössten Ausmasse (Todesopfer im Ereignisfall) stammen von der Spezialsituation Bahn.

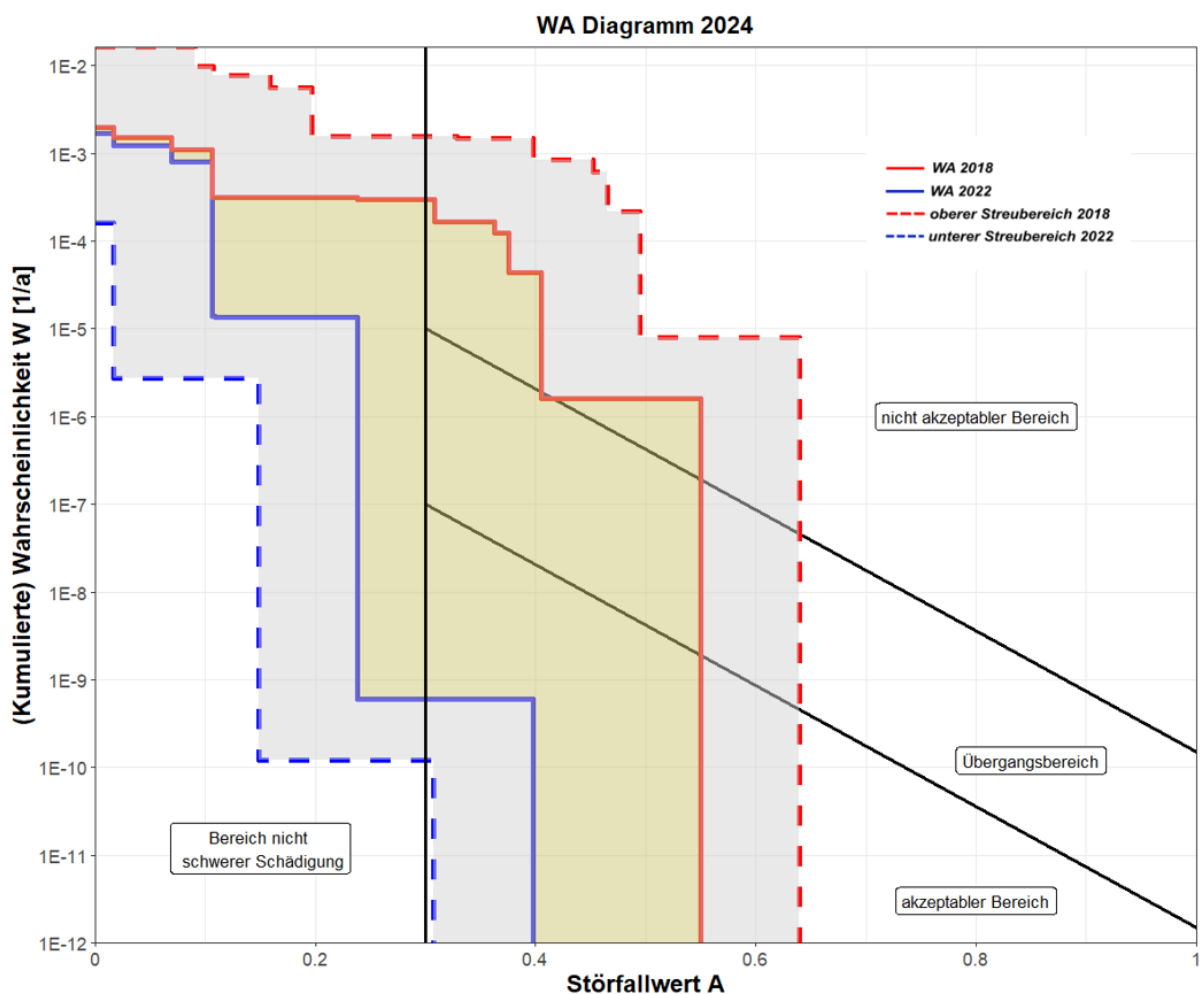


Abbildung 41 W/A-Diagramm (2024)

Die Summenkurve WA 2022 (Abbildung 41), welche sich aus der Kumulation der zwei Ereignisgrößen 1/3 t ergibt, liegt im akzeptablen Bereich und im Bereich nicht schwerer Schädigung.

Dem Anhang D können die W/A-Darstellungen separat für die Bahn, die Strasse und Andere (Anwohner) entnommen werden. Diese zeigen folgende Resultate:

**Bahn:**

Die Spezialesituation Bahn für  $Q = 3 \text{ t}$  liegt im akzeptablen Bereich für die Wahrscheinlichkeit 2022. Dabei ist zu berücksichtigen, dass gemäss der Methodik der StFV [10] die Risiken Bahn anders berechnet werden, was zu kleineren Ausmassen, aber längeren Durchfahrtszeiten resp. grösseren Wahrscheinlichkeiten führt.

**Strasse:**

Das Ausmass der Strasse liegt im Bereich der nicht schweren Schädigung.

**Andere (Anwohner / Arbeiter):**

Das Ausmass der anderen Exponierten liegt im Bereich der nicht schweren Schädigung.

Für die Aufteilung der Summenkurve auf die drei Ereignisgrößen 1/3/10 t wird auf Anhang D verwiesen.

In folgender Tabelle (Abbildung 42) wird auf die maximalen individuellen Risiken der Bauphase 2024 eingegangen. Pro Personengruppe wird jeweils das maximale individuelle Risiko jeder Ereignisgrösse mit jeweils den verwendeten Wahrscheinlichkeiten der Risikoanalysen (RA) 2018, 2020 und 2022 ausgewiesen.

Grenzwert WSUME [9]	W gem. RA	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
<b>Unbeteiligte Dritte</b> $r = 3 \times 10^{-6} / a$	2018	$r_{\max} = 2.7 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 90 zu hoch	-	$r_{\max} = 2.7 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 89 zu hoch
	2020	$r_{\max} = 1.8 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 60 zu hoch	$r_{\max} = 2.0 \times 10^{-5} / a$ → Faktor 6.7 zu hoch	$r_{\max} = 1.8 \times 10^{-6} / a$ → OK
	2022	$r_{\max} = 2.7 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 90 zu hoch	$r_{\max} = 1.0 \times 10^{-8} / a$ → OK	-
	Indiv.	Anwohner	Gewässer-Monitoring	Anwohner
<b>Indirekt Beteiligte</b> $r = 1.5 \times 10^{-5} / a$	2018	$r_{\max} = 4.0 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 27 zu hoch	-	$r_{\max} 8.0 \times 10^{-5} / a$ → 5.3 zu hoch
	2020	$r_{\max} = 2.2 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 15 zu hoch	$r_{\max} = 4.4 \times 10^{-5} / a$ → Faktor 3 zu hoch	$r_{\max} = 5.3 \times 10^{-7} / a$ → OK
	2022	$r_{\max} = 4.0 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 27 zu hoch	$r_{\max} = 2.2 \times 10^{-8} / a$ → OK	-
	Indiv.	Arb. VoMa	Temp. Verfüllung	Arb. VoMa
<b>Direkt Beteiligte</b> $r = 3 \times 10^{-5} / a$	18/20/22	-	-	-

Abbildung 42 Individuelle Risiken gemäss WSUME [9] (2024)

2024 sind zum ersten Mal nicht nur Anwohner massgebend für die max. individuellen Risiken unbeteiligter Dritter gem. WSUME [9]. Beim 3 t Ereignis sind Individuen des Gewässer-Monitorings dafür massgebend.

Die max. individuellen Risiken bleiben in etwa gleich hoch wie im Vorjahr.

Die Grenzwerte gem. WSUME [9] werden bei grösseren Wahrscheinlichkeiten, wie es bei  $Q = 1 \text{ t}$  der Fall ist, nicht eingehalten. Hingegen werden die Grenzwerte bei den kleineren Wahrscheinlichkeiten der Ereignisgrössen 3 & 10 t nicht oder weniger deutlich überschritten (Ausnahme Extremereignis  $Q = 10 \text{ t}$  mit W 2018).

In folgender Tabelle (Abbildung 43) wird auf die kollektiven Risiken der Projektphase 2024 eingegangen. Pro Ereignisgrösse wird jeweils das tatsächliche sowie das empfundene kollektive Risiko und die gerundeten max. Kosten für Sicherheitsmassnahmen jeder Ereignisgrösse mit jeweils den verwendeten Eintrittswahrscheinlichkeiten der RA 2018, 2020 und 2022 ausgewiesen.

Kollektives Risiko R	W gem. RA	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
<b>R tatsächlich</b>	2018	$1.4 \times 10^{-2} / a$	-	$6.5 \times 10^{-3} / a$
	2020	$9.0 \times 10^{-3} / a$	$1.8 \times 10^{-3} / a$	$4.3 \times 10^{-5} / a$
	2022	$1.4 \times 10^{-2} / a$	$8.9 \times 10^{-7} / a$	-
<b>R empfunden (mit Aversion)</b>	2018	$3.9 \times 10^{-2} / a$	-	$1.4 \times 10^{-1} / a$
	2020	$9.2 \times 10^{-3} / a$	$1.2 \times 10^{-2} / a$	$9.5 \times 10^{-4} / a$
	2022	$1.4 \times 10^{-2} / a$	$5.7 \times 10^{-6} / a$	-
<b>Max. Kosten für Sicherheitsmassnahmen ca.</b>	2018	1'178'000 CHF / a	-	4'270'000 CHF / a
	2020	785'000 CHF / a	345'000 CHF / a	28'500 CHF / a
	2022	1'178'000 CHF / a	170 CHF / a	-

Abbildung 43 Kollektive Risiken gemäss WSUME [9] (2024)

Auch 2024 ergeben sich für das Ereignis mit  $Q = 1 \text{ t}$ , wegen der grösseren Wahrscheinlichkeiten, die grössten kollektiven Risiken (mit Ausnahme des Extremereignisses  $Q = 10 \text{ t}$  mit W 2018). Diese sind auf den ersten Blick als erhöht einzustufen. Sicherheitsmassnahmen müssen grundsätzlich evaluiert werden. Die mit dem Grenzkostenprinzip ermittelten maximalen Kosten für Sicherheitsmassnahmen werden hier jedoch nicht weiter diskutiert.

**Mögliche Massnahmen zur Kontrolle und Reduktion des Risikos sind:**

- **Generell: Möglichst wenig Arbeiter während möglichst kurzer Zeit im Gefahrenbereich**

- Temporäre Verfüllung: Behutsames Einrieseln unter Berücksichtigung von Aspekten wie elektrostatische Entladungen, Staubbildung, etc. Permanente Überwachung des Monitoringsystems. Arbeiten während der Nacht senken die möglichen Ausmasse auf Schiene und Strasse markant. Bereits ohne weitere Massnahmen wäre für  $Q = 10\text{ t}$  bei den Unbeteiligten, die nicht schwere Schädigung gemäss StFV erreicht. Allenfalls könnten infolge der relativ kurzen Dauer dieser Arbeiten die Strasse in der Nacht gesperrt sowie die nächstgelegenen Wohnhäuser evakuiert werden. Mit den Evakuierungen könnte auch das individuelle Risiko gemäss WSUME gesenkt werden. Konzept wird dem BAFU zur Stellungnahme abgegeben.

## 5.6 2025 (, Räumung Installationsplatz / Infrastruktur Flächen, Perimeterschutz, IP BLS)

### 5.6.1 Ereignisanalyse und Beschreibung der geplanten Arbeiten (2025)

2025 sind folgende Bauarbeiten geplant:

- Räumung Installationsplatz / Infrastruktur Flächen: Alle von der gesamten Projektinfrastruktur und deren Installationsplätzen tangierten Flächen werden von der KAMIR geräumt.
- Perimeterschutz: Abgrenzung des Sicherheitsperimeters nach aussen und Sicherstellung der Zugangskontrolle.
- IP BLS: Errichtung der Installationsplätze gemäss Abbildung 44 für den Ausbau des Lötschberg-Basistunnels (IP BLS) und Beginn dessen Betrieb.

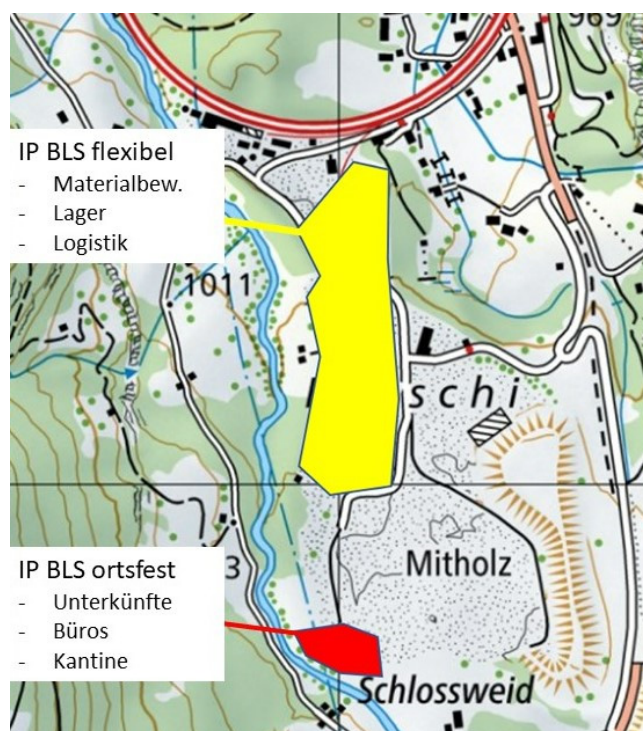


Abbildung 44 Lage Installationsplätze (IP) BLS für den Ausbau des Lötschberg-Basistunnels.

Es wird davon ausgegangen, dass infolge der temporären Verfüllung keine Erhöhung der Wahrscheinlichkeit berücksichtigt werden muss.

### 5.6.2 Wirkungsanalyse (inkl. Letalitätszonen) (2025)

Kammern 8 und 12 (vgl. Abbildung 9) sind nun mit Blähton o.ä. gefüllt. Damit dürfte der Kratertrümmerwurf infolge der verfüllten Öffnungen die dominante Explosionswirkung werden. Ein Auswurf von solchem Leichtmaterial aus den Klüften kann zwar nicht ganz ausgeschlossen werden, aber dessen Reichweite und insbesondere die Letalität wäre klein.

Im Modell für den Kratertrümmerwurf von Felsanlagen gemäss TLM ist der Ladedichteparameter zu bestimmen, was für solche Verfüllungen mit Leichtmaterial nicht einfach ist. Darum wurde mittels Simulationen von Dynamic Phenomena folgende Abschätzungen gemacht:

- IST Zustand – vor Verfüllung: Für  $Q = 10\text{ t}$  und bei einem vorhandenen Luftvolumen von ca.  $2500\text{ m}^3$  ergibt die Simulation eine Partikelgeschwindigkeit in der Felsüberdeckung von ca.  $2\text{ m/s}$  (nur für Relativvergleich). Die entsprechende Ladedichte beträgt ca.  $4\text{ kg / m}^3$  (mit den neuesten Volumina gemäss E-Mail vom 7.2.2022 sogar noch kleiner).
- Voll verschütteter Bahnstollen: Für  $Q = 10\text{ t}$  ergibt die Simulation eine Partikelgeschwindigkeit in der Felsüberdeckung von ca.  $4\text{ m/s}$  (nur für Relativvergleich). Dieser Fall entspricht etwa der in der RA 2020 im konservativen Sinne verwendeten Ladedichte von  $500\text{ kg / m}^3$  (resp. Volumen von nur  $20\text{ m}^3$ ).
- Dazwischen liegt der mit Leichtmaterial verfüllte Bahnstollen: Für  $Q = 10\text{ t}$  ergibt die Simulation eine Partikelgeschwindigkeit in der Felsüberdeckung von ca.  $3\text{ m/s}$  (nur für Relativvergleich). Die Ladedichte im mit Blähton o.ä. verfüllten Bahnstollen dürfte folglich ziemlich genau zwischen den obigen Extrema liegen, d.h. bei rund  $50\text{ kg / m}^3$  (resp. Volumen von  $200\text{ m}^3$  / logarithmischer Massstab)<sup>9</sup>.

Abbildung 45 zeigt die Letalitätszonen für Kratertrümmerwurf von Felsanlagen gem. TLM für die Exposition in Gebäuden. Die entsprechenden Zonen der Exposition auf freiem Felde, welche etwas grösser sind und als massgebend für die Bahn und die Strasse gelten, sind dem Anhang B zu entnehmen. Ebenfalls liefert Anhang B eine Zusammenfassung aller verwendeten Parameter. Für die verwendeten Parameter liegt ein  $Q$  von  $1\text{ t}$  ausserhalb des Geltungsbereiches des Modells.

---

<sup>9</sup> Die dämpfende Wirkung von Blähton o.a. bei dynamischen Prozessen ist allgemein bekannt, z.B. Schutz von Steinschlaggalerien, einschlägige Literatur Explosionswirkungen und sind nicht zuletzt in den Kleinversuchen von armasuisse W+T im Frühjahr 2022 demonstriert worden.



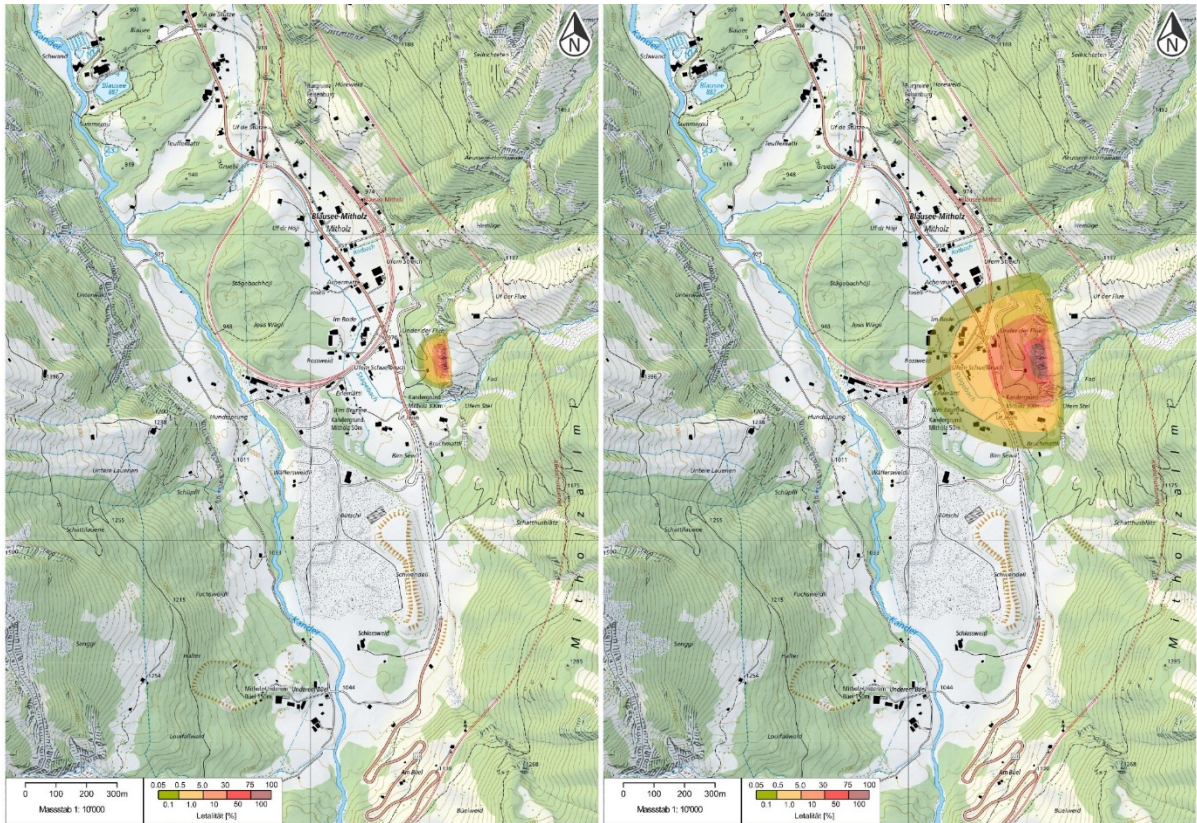


Abbildung 45 Letalitätszonen des Kratertrümmerwurfs für  $Q = 3 \text{ t}$  (links) bzw.  $10 \text{ t}$  (rechts) und Exposition in Gebäuden (2025)

### 5.6.3 Expositionsanalyse (2025)

Die 2025 geplanten Arbeiten verteilen sich wie folgt:

Personen-Kennzahlen 2025	In der Anlage	Nahbereich	Umfeld
Räumung IP / Flächen Infrastruktur			10 (IB)
Perimeterschutz			10 (IB)
IP BLS ortsfest	-	-	50 UD
IP BLS flexibel	-	-	20 UD
<b>Total</b>	-	-	<b>90 UD</b>

Abbildung 46 Übersicht der 2025 geplanten Arbeiten in der Anlage, im Nahbereich und im Umfeld mit Anzahl indirekt Beteiligter (IB) bzw. unbeteiligter Dritter (UD; störfallrelevant)

### 5.6.4 Risikorechnung und Massnahmen (2025)

Für ein Ereignis mit  $Q = 1 \text{ t TNT}$  ist im temporär verfüllten Zustand nicht mit relevanten Letalitätszonen ausserhalb der Anlage zu rechnen.

Wichtige Erkenntnisse aus der Risikoberechnung, wie die Ausmasse und Risikoanteile werden in Abbildung 47 gezeigt:



2025	Ausmasse At pro Situation	Massg. Risikoanteile Situationen	Massg. Risikoanteile Objekte
Q = 1 t	-	-	-
Q = 3 t	<1 in allen Situationen	alle ausser Nacht und Bahn	Freifeld
Q = 10 t	Bahn At = 79 Arbeit At = 33 Wochenende At = 23 Rest At: 16/ 16	Arbeit	Arbeiter, Strasse

Abbildung 47 Massgebende Ausmasse und Risikoanteile (2025)

Die Ausmasse (Todesopfer im Ereignisfall) eines 3 t Ereignis liegen im Jahr 2025 in allen Situationen unter einem Todesopfer. Die grössten Ausmasse stammen beim 10 t Ereignis von der Spezialsituation Bahn.

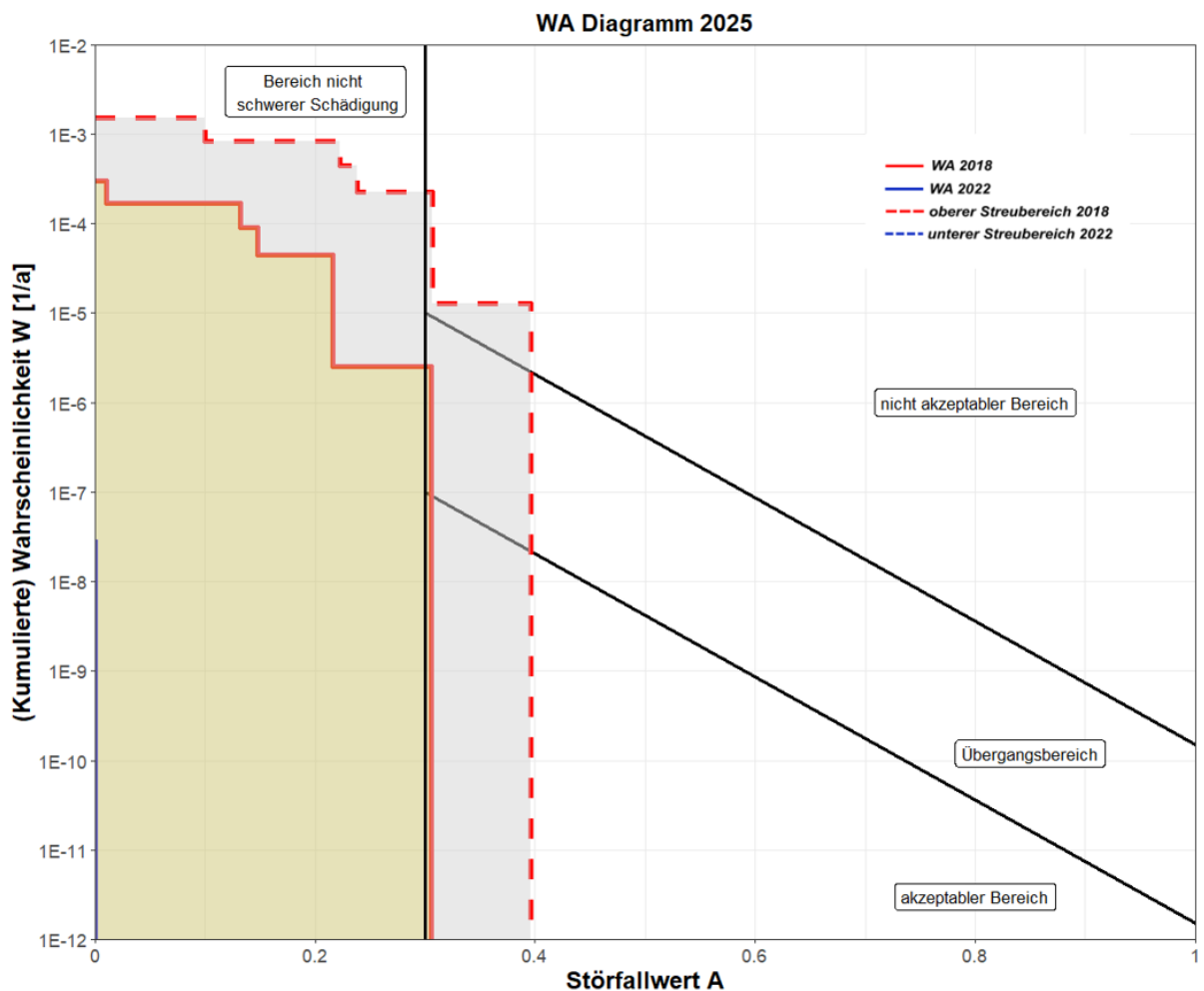


Abbildung 48 W/A-Diagramm (2025)

Die Summenkurve WA 2022 in Abbildung 48, welche sich aus der Kumulation der Ereignisgrössen ergibt, fällt aufgrund der kleineren Kratertrümmerwurfzonen in den Bereich der nicht schweren Schädigung.

Für die Aufteilung der Summenkurve auf die drei Ereignisgrössen 1/ 3/ 10 t wird auf Anhang D verwiesen. Dem Anhang D können die W/A-Darstellungen separat für die Bahn, die Strasse und Andere (Anwohner) entnommen werden.

In folgender Tabelle (Abbildung 49) wird auf die maximalen individuellen Risiken der Bauphase 2025 eingegangen. Pro Personengruppe wird jeweils das maximale individuelle Risiko

jeder Ereignisgrösse mit jeweils den verwendeten Wahrscheinlichkeiten der RA 2018, 2020 und 2022 ausgewiesen.

Grenzwert WSUME [9]	W gem. RA	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
<b>Unbeteiligte Dritte</b> $r = 3 \times 10^{-6} / a$	2018	-	-	$r_{\max} = 2.7 \times 10^{-5} / a$ → Faktor 8.9 zu hoch
	2020	-	$r_{\max} = 0$ → OK	$r_{\max} = 1.8 \times 10^{-7} / a$ → OK
	2022	-	$r_{\max} = 0$ → OK	-
	Indiv.	-	-	Anwohner
<b>Indirekt Beteiligte</b> $r = 1.5 \times 10^{-5} / a$	2018	-	-	$r_{\max} = 2.0 \times 10^{-5} / a$ → Faktor 1.3 zu hoch
	2020	-	$r_{\max} = 5.4 \times 10^{-8} / a$ → OK	$r_{\max} = 1.3 \times 10^{-7} / a$ → OK
	2022	-	$r_{\max} = 2.7 \times 10^{-11} / a$ → OK	-
	Indiv.	-	Arbeiter Perimeterschutz	
<b>Direkt Beteiligte</b> $r = 3 \times 10^{-5} / a$	18/20/22	-	-	-

Abbildung 49 Individuelle Risiken gemäss WSUME [9] (2025)

2025 liegen, bei einem 1 oder 3 t Ereignis, keine unbeteiligten Dritten in den Wirkungszonen. Während im Vorjahr 2024 noch die Arbeiter der temporären Verfüllung und der Vorausmassnahmen das max. ind. Risiko indirekt Beteiligter gem. WSUME [9] begründeten, sind es 2025 die Arbeiter des Perimeterschutzes.

Die Grenzwerte gem. WSUME [9] werden nur bei einem 10 t Ereignis und der W RA 2018 nicht eingehalten.

In folgender Tabelle (Abbildung 50) wird auf die maximalen individuellen Risiken der Projektphase 2025 eingegangen. Pro Ereignisgrösse wird jeweils das tatsächliche sowie das empfundene kollektive Risiko und die gerundeten max. Kosten für Sicherheitsmassnahmen jeder Ereignisgrösse mit jeweils den verwendeten Wahrscheinlichkeiten der RA 2018, 2020 und 2022 ausgewiesen.

Kollektives Risiko R	W gem. RA	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
<b>R tatsächlich</b>	2018	-	-	$1.2 \times 10^{-3} / a$
	2020	-	$7.9 \times 10^{-6} / a$	$7.6 \times 10^{-6} / a$
	2022	-	$3.9 \times 10^{-9} / a$	-
<b>R empfunden (mit Aversion)</b>	2018	-	-	$2.1 \times 10^{-2} / a$
	2020	-	$7.3 \times 10^{-6} / a$	$1.4 \times 10^{-5} / a$
	2022	-	$3.7 \times 10^{-9} / a$	-
<b>Max. Kosten für Sicherheitsmassnahmen ca.</b>	2018	-	-	63'400 CHF / a
	2020	-	220 CHF / a	420 CHF / a
	2022	-	0 CHF / a	-

Abbildung 50 Kollektive Risiken gemäss WSUME [9] (2025)

Nur bei einem 10 t Ereignis und der W RA 2018 sind die kollektiven Risiken als erhöht einzu-stufen. Sicherheitsmassnahmen müssen grundsätzlich geprüft werden. Die mit dem Grenzkostenprinzip ermittelten maximalen Kosten für Sicherheitsmassnahmen werden hier jedoch nicht weiter diskutiert.

**Mögliche Massnahmen zur Kontrolle und Reduktion des Risikos sind:**

- **Generell: Möglichst wenig Arbeiter während möglichst kurzer Zeit im Gefahrenbereich**

- Räumung Installationsplatz / Infrastruktur Flächen: Es dürfen keine Munitionsstücke übersehen werden. Dies würde ein Risiko für die späteren Installationen bedeuten.

## **5.7 2026 (Schutzgalerie Bahn, Schutzgalerie Strasse / IP BLS)**

### **5.7.1 Ereignisanalyse und Beschreibung der geplanten Arbeiten (2026)**

2026 sind folgende Bauarbeiten geplant:

- Schutzgalerie Bahn: Beginn der Arbeiten an der Schutzgalerie der Bahn. Da die Projektierungsarbeiten erst am Anlaufen sind, können noch keine genauen örtlichen und zeitlichen Verteilungen der Arbeiten angegeben werden. Es wird angenommen, dass die Arbeiten «von aussen nach innen» durchgeführt werden und dass darum im Jahr 2026 noch keine relevante Schutzwirkung einberechnet werden kann.
- Schutzgalerie Strasse: Beginn der Arbeiten am Tagbautunnel der Strasse mit der neuen, unmittelbar vor der Anlage liegenden Linienführung. Obwohl die Projektierungsarbeiten erst am Anlaufen sind, können erste Angaben zur örtlichen und zeitlichen Verteilung der Arbeiten gemacht werden.
- IP BLS: Betrieb der Installationsplätze für den Ausbau des Lötschberg-Basistunnels (vgl. Abschnitt 5.6.1).

Es wird davon ausgegangen, dass infolge der temporären Verfüllung keine Erhöhung der Wahrscheinlichkeit berücksichtigt werden muss.

### **5.7.2 Wirkungsanalyse (inkl. Letalitätszonen) (2026)**

Die 2026 geplanten Arbeiten haben keine Auswirkung auf die Wirkungs- resp. Letalitätszonen. Es wird auf die Letalitätszonen des Kratertrümmerwurfes in Abschnitt 5.6.2 (Abbildung 45) verwiesen.

### **5.7.3 Expositionsanalyse (2026)**

Die 2026 geplanten Arbeiten verteilen sich wie folgt:

<b>Personen-Kennzahlen 2026</b>	<b>In der Anlage</b>	<b>Nahbereich</b>	<b>Umfeld</b>
Schutzbau Strasse	-	-	10 (UD)
Schutzbau Bahn	-	-	35 (UD)
IP BLS ortsfest	-	-	180 (UD)
IP BLS flexibel	-	-	40 (UD)
<b>Total</b>	-	-	<b>265 (UD)</b>

*Abbildung 51 Übersicht der 2026 geplanten Arbeiten in der Anlage, im Nahbereich und im Umfeld mit Anzahl indirekt Beteiligter (IB) bzw. unbeteiligter Dritter (UD; störfallrelevant)*

### **5.7.4 Risikorechnung und Massnahmen (2026)**

Für ein Ereignis mit  $Q = 1$  t TNT ist im temporär verfüllten Zustand nicht mit relevanten Letalitätszonen ausserhalb der Anlage zu rechnen.

Wichtige Erkenntnisse aus der Risikoberechnung, wie die Ausmasse und Risikoanteile werden in der folgenden Tabelle (Abbildung 52) gezeigt.

2026	Ausmasse At pro Situation	Massg. Risikoanteile Situationen	Massg. Risikoanteile Objekte
Q = 1 t	-	-	-
Q = 3 t	<1 in allen Situationen	alle ausser Nacht und Bahn	Freifeld
Q = 10 t	Bahn At = 15 Arbeit At = 11 Rest At: 3/ 1/ 5	Arbeit	Schutzbau, Strasse

Abbildung 52 Massgebende Ausmasse und Risikoanteile (2026)

Die Ausmasse (Todesopfer im Ereignisfall) eines 3 t Ereignis liegen im Jahr 2026 in allen Situationen unter einem Todesopfer. Die grössten Ausmasse stammen beim 10 t Ereignis von der Spezialsituation Bahn.

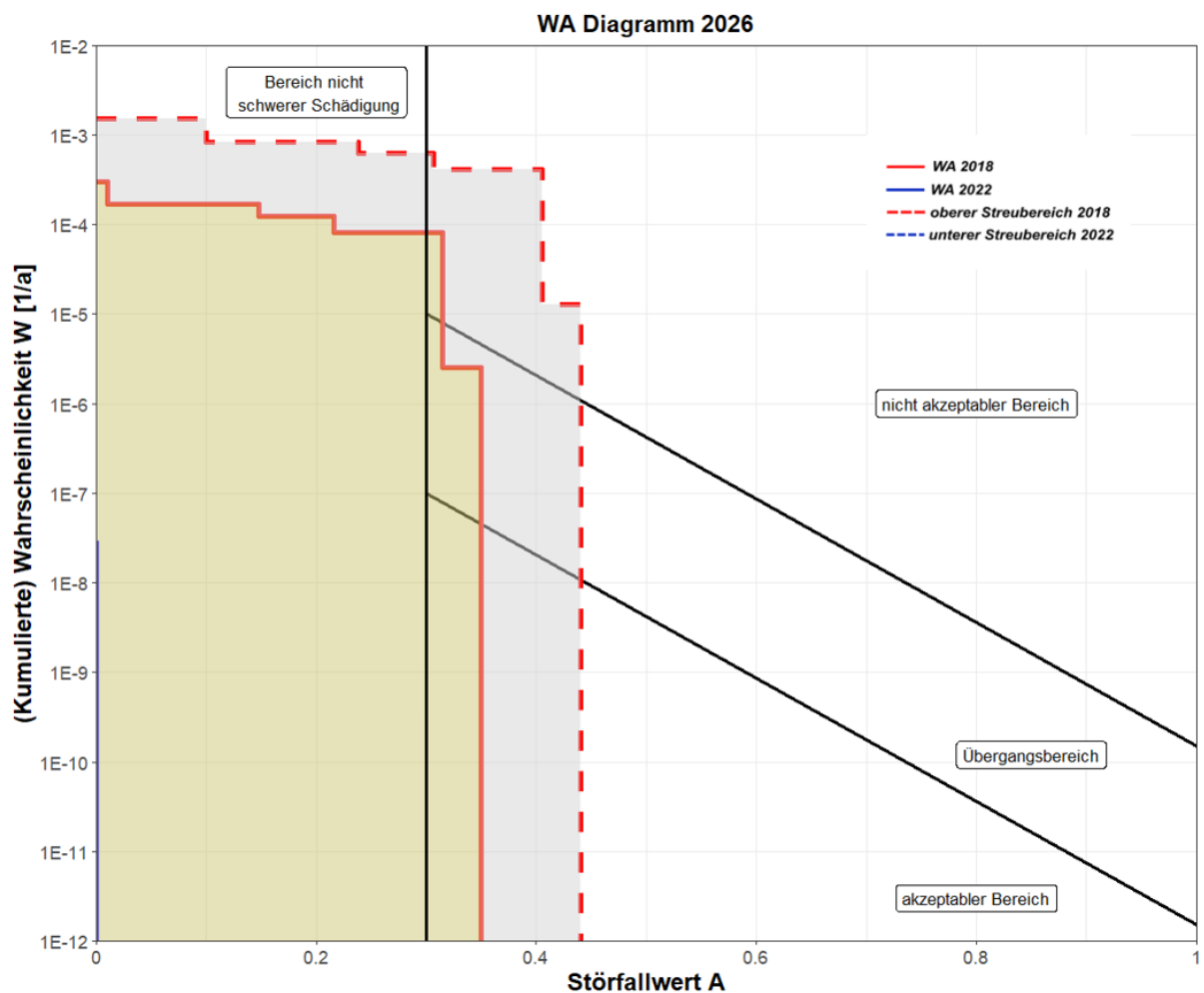


Abbildung 53 W/A-Diagramm (2026)

Die Summenkurve WA 2022, welche sich aus der Kumulation der Ereignisgrössen ergibt, liegt im Bereich der nicht schweren Schädigung (Abbildung 53).

Für die Aufteilung der Summenkurve auf die drei Ereignisgrössen 1/ 3/ 10 t wird auf Anhang D verwiesen. Dem Anhang D können die W/A-Darstellungen separat für die Bahn, die Strasse und Andere (Anwohner) entnommen werden.

In folgender Tabelle (Abbildung 54) wird auf die maximalen individuellen Risiken der Bau-phase 2026 eingegangen. Pro Personengruppe wird jeweils das maximale individuelle Risiko jeder Ereignisgrösse mit jeweils den verwendeten Wahrscheinlichkeiten der Risikoanalysen (RA) 2018, 2020 und 2022 ausgewiesen.

Grenzwert WSUME [9]	W gem. RA	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
<b>Unbeteiligte Dritte</b> $r = 3 \times 10^{-6} / a$	2018	-	-	$r_{\max} = 4.0 \times 10^{-5} / a$ → Faktor 13 zu hoch
	2020	-	$r_{\max} = 5.4 \times 10^{-8} / a$ → OK	$r_{\max} = 2.7 \times 10^{-7} / a$ → OK
	2022	-	$r_{\max} = 2.7 \times 10^{-11} / a$ → OK	-
	Indiv.	-	Schutzbau Strasse	
<b>Indirekt Beteiligte</b> $r = 1.5 \times 10^{-5} / a$	2018	-	-	$r_{\max} = 0$ → OK
	2020	-	$r_{\max} = 0$ → OK	$r_{\max} = 0$ → OK
	2022	-	$r_{\max} = 0$ → OK	-
	Indiv.	-		
<b>Direkt Beteiligte</b> $r = 3 \times 10^{-5} / a$	18/20/22	-	-	-

Abbildung 54 Individuelle Risiken gemäss WSUME [9] (2026)

Im Jahr 2026 liegen keine indirekt Beteiligten gem. WSUME [9] in den Wirkungszonen. Die Grenzwerte gem. WSUME [9] werden nur bei einem 10 t Ereignis und der W RA 2018 überschritten.

In folgender Tabelle (Abbildung 55) wird auf die kollektiven Risiken der Projektphase 2026 eingegangen. Pro Ereignisgrösse wird jeweils das tatsächliche sowie das empfundene kollektive Risiko und die gerundeten max. Kosten für Sicherheitsmassnahmen jeder Ereignisgrösse mit jeweils den verwendeten Wahrscheinlichkeiten der RA 2018, 2020 und 2022 ausgewiesen.

Kollektives Risiko R	W gem. RA	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
<b>R tatsächlich</b>	2018	-	-	$1.4 \times 10^{-3} / a$
	2020	-	$7.3 \times 10^{-6} / a$	$9.5 \times 10^{-6} / a$
	2022	-	$3.7 \times 10^{-9} / a$	-
<b>R empfunden (mit Aversion)</b>	2018	-	-	$5.3 \times 10^{-3} / a$
	2020	-	$7.4 \times 10^{-6} / a$	$3.6 \times 10^{-5} / a$
	2022	-	$3.7 \times 10^{-9} / a$	-
<b>Max. Kosten für Sicherheitsmassnahmen ca.</b>	2018	-	-	160'000 CHF / a
	2020	-	220 CHF / a	1'000 CHF / a
	2022	-	0 CHF / a	-

Abbildung 55 Kollektive Risiken gemäss WSUME [9] (2026)

Nur bei einem 10 t Ereignis und der W RA 2018 sind die kollektiven Risiken als erhöht einzustufen. Sicherheitsmassnahmen müssen grundsätzlich geprüft werden. Die mit dem Grenzkostenprinzip ermittelten maximalen Kosten für Sicherheitsmassnahmen werden hier jedoch nicht weiter diskutiert.

#### Mögliche Massnahmen zur Kontrolle und Reduktion des Risikos sind:

- **Generell: Möglichst wenig Arbeiter während möglichst kurzer Zeit im Gefahrenbereich**
- **Schutzbau Bahn und Strasse:** Die Installationsplätze sollten möglichst weit weg resp. in Zonen möglichst geringer Letalität liegen. Für die Strasse ist ein möglichst grosser Bereich mit angepasster Bauweise (Schutz der Arbeiter) zwingend.

## 5.8 2027 (Schutzgalerie Bahn, Schutzgalerie Strasse / IP BLS)

### 5.8.1 Ereignisanalyse und Beschreibung der geplanten Arbeiten (2027)

2027 sind folgende Bauarbeiten geplant:

- Schutzgalerie Bahn: Fortsetzung der Arbeiten an der Schutzgalerie der Bahn. Da die Projektierungsarbeiten erst am Anlaufen sind, können noch keine genauen örtlichen und zeitlichen Verteilungen der Arbeiten angegeben werden. Es wird angenommen, dass die Arbeiten «von aussen nach innen» durchgeführt werden und dass darum im Jahr 2027 noch keine relevante Schutzwirkung einberechnet werden kann.
- Schutzgalerie Strasse: Fortsetzung der Arbeiten am Tagbautunnel der Strasse mit der neuen Linienführung. Obwohl die Projektierungsarbeiten erst am Anlaufen sind, können erste Angaben zur örtlichen und zeitlichen Verteilung der Arbeiten gemacht werden.
- IP BLS: Betrieb der Installationsplätze für den Ausbau des Lötschberg-Basistunnels.

Es wird davon ausgegangen, dass infolge der temporären Verfüllung keine Erhöhung der Wahrscheinlichkeit berücksichtigt werden muss

### 5.8.2 Wirkungsanalyse (inkl. Letalitätszonen) (2027)

Die 2027 geplanten Arbeiten haben keine Auswirkung auf die Wirkungs- resp. Letalitätszonen. Es wird auf die Letalitätszonen des Kratertrümmerwurfes in Abschnitt 5.6.2 (Abbildung 45) verwiesen.

### 5.8.3 Expositionsanalyse (2027)

Die 2027 geplanten Arbeiten verteilen sich wie folgt:

Personen-Kennzahlen 2027	In der Anlage	Nahbereich	Umfeld
Schutzbau Strasse	-	-	20 (UD)
Schutzbau Bahn	-	-	30 (UD)
IP BLS ortsfest	-	-	180 (UD)
IP BLS flexibel	-	-	40 (UD)
<b>Total</b>	-	-	<b>270 (UD)</b>

Abbildung 56 Übersicht der 2027 geplanten Arbeiten in der Anlage, im Nahbereich und im Umfeld mit Anzahl indirekt Beteiligter (IB) bzw. unbeteiligter Dritter (UD; störfallrelevant)

### 5.8.4 Risikorechnung und Massnahmen (2027)

Für ein Ereignis mit  $Q = 1$  t TNT ist im temporär verfüllten Zustand nicht mit relevanten Letalitätszonen ausserhalb der Anlage zu rechnen.

Wichtige Erkenntnisse aus der Risikoberechnung, wie die Ausmasse und Risikoanteile werden in folgender Tabelle (Abbildung 57) gezeigt.

2027	Ausmasse At pro Situation	Max. Risikoanteile Situationen	Max. Risikoanteile Objekte
<b>Q = 1 t</b>	-	-	-
<b>Q = 3 t</b>	<1 in allen Situationen	alle ausser Nacht und Bahn	Freifeld
<b>Q = 10 t</b>	Bahn At = 17 Arbeit At = 16 Rest At: 3/ 1/ 5	Arbeit	Schutzbau Strasse

Abbildung 57 Massgebende Ausmasse und Risikoanteile (2027)

Die Ausmasse (Todesopfer im Ereignisfall) eines 3 t Ereignis liegen im Jahr 2027 in allen Situationen unter einem Todesopfer. Die grössten Ausmasse stammen beim 10 t Ereignis von der Spezialsituation Bahn.

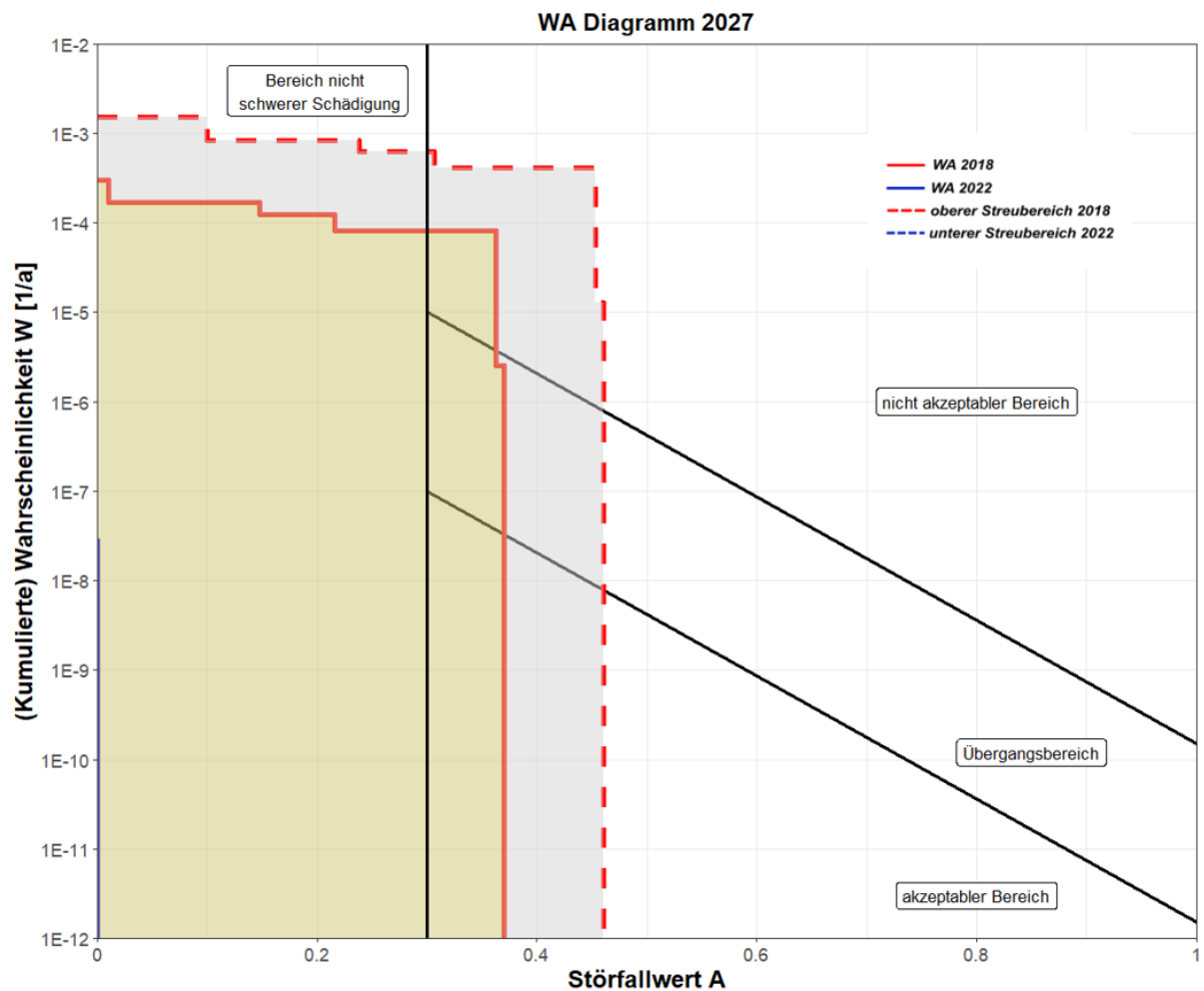


Abbildung 58 W/A-Diagramm (2027)

Alle Summenkurven, welche sich aus der Kumulation der Ereignisgrössen ergeben, liegen im Bereich der nicht schweren Schädigung (Abbildung 58).

Für die Aufteilung der Summenkurve auf die drei Ereignisgrössen 1/ 3/ 10 t wird auf Anhang D verwiesen. Dem Anhang D können die W/A-Darstellungen separat für die Bahn, die Strasse und Andere (Anwohner) entnommen werden.

In folgender Tabelle (Abbildung 59) wird auf die maximalen individuellen Risiken der Bauphase 2027 eingegangen. Pro Ereignisgrösse wird jeweils das maximale individuelle Risiko jeder Ereignisgrösse mit jeweils den verwendeten Wahrscheinlichkeiten der Risikoanalysen (RA) 2018, 2020 und 2022 ausgewiesen.



Grenzwert WSUME [9]	W gem. RA	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
<b>Unbeteiligte Dritte</b> $r = 3 \times 10^{-6} / a$	2018	-	-	$r_{\max} = 4.0 \times 10^{-5} / a$ → Faktor 13 zu hoch
	2020	-	$r_{\max} = 5.4 \times 10^{-8} / a$ → OK	$r_{\max} = 2.7 \times 10^{-7} / a$ → OK
	2022	-	$r_{\max} = 2.7 \times 10^{-11} / a$ → OK	-
	Indiv.	-	Schutzbau Strasse	
<b>Indirekt Beteiligte</b> $r = 1.5 \times 10^{-5} / a$	2018	-	-	$r_{\max} = 0$ → OK
	2020	-	$r_{\max} = 0$ → OK	$r_{\max} = 0$ → OK
	2022	-	$r_{\max} = 0$ → OK	-
	Indiv.	-	-	-
<b>Direkt Beteiligte</b> $r = 3 \times 10^{-5} / a$	18/20/22	-	-	-

Abbildung 59 Individuelle Risiken gemäss WSUME [9] (2027)

Die maximalen individuellen Risiken bleiben 2027 gleich wie im Vorjahr. Die Grenzwerte gem. WSUME [9] werden nur bei einem 10 t Ereignis und der W RA 2018 überschritten (Schutzbau Strasse). Es liegen keine indirekt Beteiligten gem. WSUME [9] in den Wirkungszonen.

In folgender Tabelle (Abbildung 60) wird auf die kollektiven Risiken der Projektphase 2027 eingegangen. Pro Ereignisgrösse wird jeweils das tatsächliche sowie das empfundene kollektive Risiko und die gerundeten max. Kosten für Sicherheitsmassnahmen jeder Ereignisgrösse mit jeweils den verwendeten Wahrscheinlichkeiten der RA 2018, 2020 und 2022 ausgewiesen.

Kollektives Risiko R	W gem. RA	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
<b>R tatsächlich</b>	2018	-	-	$1.8 \times 10^{-3} / a$
	2020	-	$7.9 \times 10^{-6} / a$	$1.2 \times 10^{-5} / a$
	2022	-	$3.9 \times 10^{-9} / a$	-
<b>R empfunden (mit Aversion)</b>	2018	-	-	$1.4 \times 10^{-2} / a$
	2020	-	$8.0 \times 10^{-6} / a$	$9.0 \times 10^{-5} / a$
	2022	-	$4.0 \times 10^{-9} / a$	-
<b>Max. Kosten für Sicherheitsmassnahmen ca.</b>	2018	-	-	405'000 CHF / a
	2020	-	240 CHF / a	2'700 CHF / a
	2022	-	0 CHF / a	-

Abbildung 60 Kollektive Risiken gemäss WSUME [9] (2027)

Nur bei einem 10 t Ereignis und der W RA 2018 sind die kollektiven Risiken als erhöht einzustufen. Sicherheitsmassnahmen müssen grundsätzlich geprüft werden. Die mit dem Grenzkostenprinzip ermittelten maximalen Kosten für Sicherheitsmassnahmen werden hier jedoch nicht weiter diskutiert.

#### Mögliche Massnahmen zur Kontrolle und Reduktion des Risikos sind:

- **Generell: Möglichst wenig Arbeiter während möglichst kurzer Zeit im Gefahrenbereich**
- **Schutzbau Bahn und Strasse:** Die Installationsplätze sollten möglichst weit weg resp. in Zonen möglichst geringer Letalität liegen. Für die Strasse ist ein möglichst grosser Bereich mit angepasster Bauweise (Schutz der Arbeiter) zwingend. Es sollte auch eine bessere Entflechtung dieser grösseren Zonen resp. dem frühen Abbau der Fluh mit den vielen Arbeitern im Vorgelände angestrebt werden.

## 5.9 2028 (Rückbau Fluh, Schutzgalerie Bahn, Schutzgalerie Strasse, IP BLS)

### 5.9.1 Ereignisanalyse und Beschreibung der geplanten Arbeiten (2028)

2028 sind folgende Bauarbeiten geplant:

- Beginn des Rückbaus der Fluh auf der ganzen Länge (Sektoren B / C / D, vgl. Abbildung 9), wobei infolge der ungünstigen geologischen Situation die Fluh im oberen Bereich abgetragen und stark gesichert werden muss (vgl. Bericht CSD [13]). Der Rückbau ist notwendig, weil das Räum- bzw. Baupersonal bestmöglich vor den geologischen Gefahren geschützt werden muss. Die Fluh wird vollständig bis etwa auf Scheithöhe abgebaut.
- Schutzgalerie Bahn: Fortsetzung der Arbeiten an der Schutzgalerie der Bahn. Da die Projektierungsarbeiten erst am Anlaufen sind, können noch keine genauen örtlichen und zeitlichen Verteilungen der Arbeiten angegeben werden. Es wird angenommen, dass die Arbeiten «von aussen nach innen» durchgeführt werden und dass darum im Jahr 2028 erstmals eine relevante Schutzwirkung einberechnet werden kann.
- Schutzgalerie Strasse: Fortsetzung der Arbeiten am Tagbautunnel der Strasse mit der neuen Linienführung. Obwohl die Projektierungsarbeiten erst am Anlaufen sind, können erste Angaben zur örtlichen und zeitlichen Verteilung der Arbeiten gemacht werden.
- IP BLS: Betrieb der Installationsplätze für den Ausbau des Lötschberg-Basistunnels.

Es wird davon ausgegangen, dass durch den Rückbau der Fluh inkl. Dreispitz, infolge der temporären Verfüllung, keine Erhöhung der Wahrscheinlichkeit berücksichtigt werden muss.

### 5.9.2 Wirkungsanalyse (inkl. Letalitätszonen) (2028)

Die 2028 geplanten Arbeiten haben keine Auswirkung auf die Wirkungs- resp. Letalitätszonen. Zwar beginnt in diesem Jahr der Abbau der Fluh, jedoch hat dies auf den Parameter minimale Überdeckung (vgl. Anhang B) noch keinen Einfluss. Es wird auf die Letalitätszonen des Kratertrümmerwurfes in Abschnitt 5.6.2 (Abbildung 45) verwiesen.

### 5.9.3 Expositionsanalyse (2028)

Die 2028 geplanten Arbeiten verteilen sich wie folgt:

Personen-Kennzahlen 2028	In der Anlage	Nahbereich	Umfeld
Abbau Fluh		15 (IB)	
Schutzbau Strasse	-	-	20 (UD)
Schutzbau Bahn	-	-	30 (UD)
IP BLS ortsfest	-	-	180 (UD)
IP BLS flexibel	-	-	40 (UD)
<b>Total</b>	-	<b>15 (IB)</b>	<b>270 (UD)</b>

Abbildung 61 Übersicht der 2028 geplanten Arbeiten in der Anlage, im Nahbereich und im Umfeld mit Anzahl indirekt Beteiligter (IB) bzw. unbeteiligter Dritter (UD; störfallrelevant)

Wie unter Abschnitt 5.9.1 erwähnt, sind im Jahr 2028 folgende Anpassungen angebracht:

- Die Arbeiten am Tagbautunnel der Strasse schreiten in Zonen mit kleinerer Letalität voran, weshalb die Arbeiter weniger gefährdet sind als im Vorjahr.
- Die Schutzgalerie Bahn ist in einem ersten Teil fertig gestellt, weshalb die Bahnpassagiere nun in diesem Teil geschützt sind (vgl. Anhang F für die Schutzwirkungen).

### 5.9.4 Risikorechnung und Massnahmen (2028)

Für ein Ereignis mit  $Q = 1$  t TNT ist im temporär verfüllten Zustand nicht mit relevanten Letalitätszonen ausserhalb der Anlage zu rechnen.

Wichtige Erkenntnisse aus der Risikoberechnung, wie die Ausmasse und Risikoanteile werden in folgender Tabelle (Abbildung 62) gezeigt.

2028	Ausmasse At pro Situation	Max. Risikoanteile Situationen	Max. Risikoanteile Objekte
Q = 1 t	<2 für alle Situationen	Arbeit, Freizeit	Abbau Fluh
Q = 3 t	Arbeit At = 8 Freizeit At = 8 Rest At: 2/ 1/ 4	Arbeit, Freizeit	Abbau Fluh
Q = 10 t	Arbeit At = 26 Bahn At = 20 Rest At: 18/6/ 5	Arbeit	Abbau Fluh, Schutzbau Strasse

Abbildung 62 Massgebende Ausmasse und Risikoanteile (2028)

Die grössten Ausmasse (Todesopfer im Ereignisfall) stammen von der Grundsituation Arbeit.

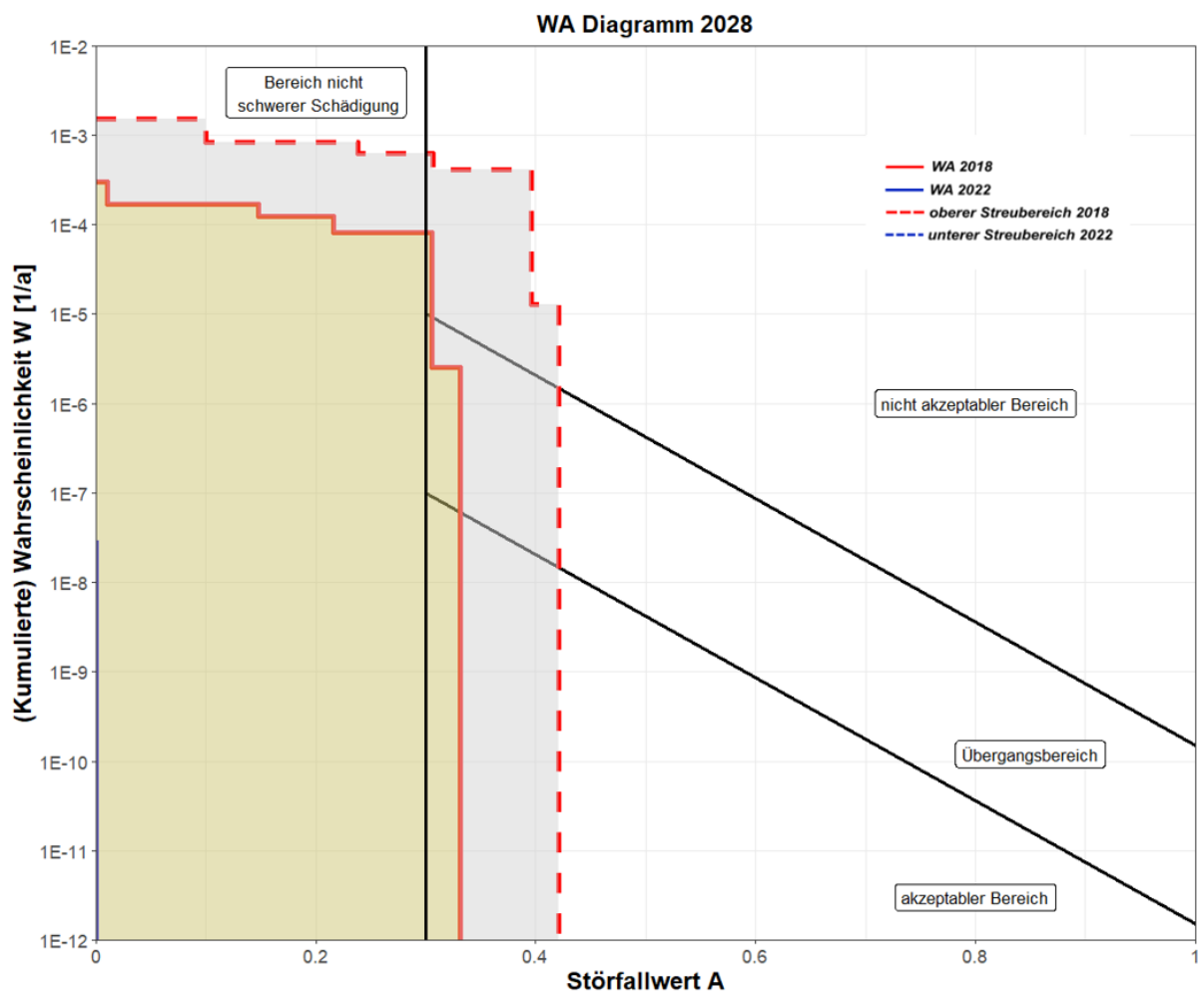


Abbildung 63 W/A-Diagramm (2028)

Alle Summenkurven, welche sich aus der Kumulation der Ereignisgrössen ergeben, liegen im Bereich der nicht schweren Schädigung (Abbildung 63).

Für die Aufteilung der Summenkurve auf die drei Ereignisgrössen 1/ 3/ 10 t wird auf Anhang D verwiesen. Dem Anhang D können die W/A-Darstellungen separat für die Bahn, die Strasse und Andere (Anwohner) entnommen werden.

In folgender Tabelle (Abbildung 64) wird auf die maximalen individuellen Risiken der Projektphase 2028 eingegangen. Pro Ereignisgrösse wird jeweils das maximale individuelle Risiko jeder Ereignisgrösse mit jeweils den verwendeten Wahrscheinlichkeiten der Risikoanalysen (RA) 2018, 2020 und 2022 ausgewiesen.

Grenzwert WSUME [9]	W gem. RA	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
<b>Unbeteiligte Dritte</b> $r = 3 \times 10^{-6} / a$	2018	$r_{\max} = 0$ → OK	-	$r_{\max} = 2.7 \times 10^{-5} / a$ → Faktor 9 zu hoch
	2020	$r_{\max} = 0$ → OK	$r_{\max} = 5.4 \times 10^{-8} / a$ → OK	$r_{\max} = 1.8 \times 10^{-7} / a$ → OK
	2022	$r_{\max} = 0$ → OK	$r_{\max} = 2.7 \times 10^{-11} / a$ → OK	-
	Indiv.	-	Schutzbau Strasse	Anwohner
<b>Indirekt Beteiligte</b> $r = 1.5 \times 10^{-5} / a$	2018	$r_{\max} = 1.7 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 11 zu hoch	-	$r_{\max} = 1.6 \times 10^{-4} / a$ → 11 zu hoch
	2020	$r_{\max} = 1.1 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 7 zu hoch	$r_{\max} = 5.5 \times 10^{-5} / a$ → Faktor 3.7 zu hoch	$r_{\max} = 1.1 \times 10^{-6} / a$ → OK
	2022	$r_{\max} = 1.7 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 11 zu hoch	$r_{\max} = 2.8 \times 10^{-8} / a$ → OK	-
	Indiv.	Abbau Fluh		
<b>Direkt Beteiligte</b> $r = 3 \times 10^{-5} / a$	18/20/22	-	-	-

Abbildung 64 Individuelle Risiken gemäss WSUME [9] (2028)

Die Grenzwerte für unbeteiligte Dritte gemäss WSUME [9] werden nur bei einem 10 t Ereignis und der W RA 2018 überschritten.

Durch den Abbau der Fluh befinden sich ab 2028 wieder indirekt Beteiligte im Nahbereich der Anlage. Ihr Grenzwert gemäss WSUME [9] wird, je nach W und Ereignisgrössen teilweise überschritten.

In folgender Tabelle (Abbildung 65) wird auf die kollektiven Risiken der Projektphase 2028 eingegangen. Pro Ereignisgrösse wird jeweils das tatsächliche sowie das empfundene kollektive Risiko und die gerundeten max. Kosten für Sicherheitsmassnahmen jeder Ereignisgrösse mit jeweils den verwendeten Wahrscheinlichkeiten der RA 2018, 2020 und 2022 ausgewiesen.

Kollektives Risiko R	RA	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
<b>R tatsächlich</b>	2018	$2.5 \times 10^{-3} / a$	-	$3.8 \times 10^{-3} / a$
	2020	$1.7 \times 10^{-3} / a$	$8.4 \times 10^{-4} / a$	$2.6 \times 10^{-5} / a$
	2022	$2.5 \times 10^{-3} / a$	$4.2 \times 10^{-7} / a$	-
<b>R empfunden (mit Aversion)</b>	2018	$1.2 \times 10^{-3} / a$	-	$4.0 \times 10^{-2} / a$
	2020	$7.9 \times 10^{-4} / a$	$8.5 \times 10^{-4} / a$	$2.7 \times 10^{-4} / a$
	2022	$1.3 \times 10^{-1} / a$	$4.2 \times 10^{-7} / a$	-
<b>Max. Kosten für Sicherheitsmassnahmen ca.</b>	2018	35'500 CHF / a	-	1'202'000 CHF / a
	2020	23'700 CHF / a	25'400 CHF / a	8'000 CHF / a
	2022	35'500 CHF / a	13 CHF / a	-

Abbildung 65 Kollektive Risiken gemäss WSUME [9] (2028)

2028 sind die kollektiven Risiken als erhöht einzustufen (mit Ausnahme des Ereignisses Q = 3 t mit W 2022). Sicherheitsmassnahmen müssen grundsätzlich geprüft werden. Die mit dem Grenzkostenprinzip ermittelten maximalen Kosten für Sicherheitsmassnahmen werden hier jedoch nicht weiter diskutiert.

**Mögliche Massnahmen zur Kontrolle und Reduktion des Risikos sind:**

- **Generell: Möglichst wenig Arbeiter während möglichst kurzer Zeit im Gefahrenbereich**

- Rückbau Fluh: Der Rückbau der Fluh hat möglichst behutsam zu erfolgen (keine Schütterung von Felsbrocken in das Vorgelände der Anlage) und ist mit dem Monitoringsystem periodisch und in kritischen Phasen permanent zu überwachen.
- Schutzbau Bahn und Strasse: Die Installationsplätze sollten möglichst weit weg resp. in Zonen möglichst geringer Letalität liegen.

## **5.10 2029 (Rückbau Fluh, Schutzgalerie Bahn, Schutzgalerie Strasse, Projektinfrastruktur / IP BLS)**

### **5.10.1 Ereignisanalyse und Beschreibung der geplanten Arbeiten (2029)**

2029 sind folgende Bauarbeiten geplant:

- Rückbau Fluh: Rückbau der Fluh auf der ganzen Länge (Sektoren B / C / D, vgl. Abbildung 9), wobei infolge der ungünstigen geologischen Situation die Fluh im oberen Bereich abgetragen und stark gesichert werden muss (vgl. Bericht CSD [13]).
- Schutzgalerie Bahn: Abschluss der Arbeiten an der Schutzgalerie der Bahn. Da die Projektierungsarbeiten erst am Anlaufen sind, können noch keine genauen örtlichen und zeitlichen Verteilungen der Arbeiten angegeben werden. Es wird angenommen, dass die Arbeiten «von aussen nach innen» durchgeführt werden und dass darum im Jahr 2029 eine relevante Schutzwirkung einberechnet werden kann.
- Schutzgalerie Strasse: Fortsetzung der Arbeiten am Tagbautunnel der Strasse mit der neuen Linienführung. Obwohl die Projektierungsarbeiten erst am Anlaufen sind, können erste Angaben zur örtlichen und zeitlichen Verteilung der Arbeiten gemacht werden.
- Projektinfrastruktur: Fortsetzen der Arbeiten für die Errichtung der (Entsorgungs-) Infrastruktur. Da die Überlegungen in diesem Bereich erst am Anlaufen sind, können noch keine genauen örtlichen und zeitlichen Verteilungen der Arbeiten angegeben werden.
- IP BLS: Betrieb der Installationsplätze für den Ausbau des Lötschberg-Basistunnels.

Es wird davon ausgegangen, dass durch den Rückbau der Fluh inkl. Dreispitz infolge der temp. Verfüllung keine Erhöhung der Wahrscheinlichkeit berücksichtigt werden muss.

### **5.10.2 Wirkungsanalyse (inkl. Letalitätszonen) (2029)**

Die 2029 geplanten Arbeiten haben keine Auswirkung auf die Wirkungs- resp. Letalitätszonen. Zwar schreitet in diesem Jahr der Abbau der Fluh voran, jedoch hat dies auf den Parameter minimale Überdeckung (vgl. Anhang B) noch keinen Einfluss. Es wird auf die Letalitätszonen des Kratertrümmerwurfes in Abschnitt 5.6.2 (Abbildung 45) verwiesen.

### **5.10.3 Expositionsanalyse (2029)**

Die 2029 geplanten Arbeiten verteilen sich wie folgt:

<b>Personen-Kennzahlen 2029</b>	<b>In der Anlage</b>	<b>Nahbereich</b>	<b>Umfeld</b>
Rückbau Fluh		15 (IB)	
Infrastruktur E/R	-	-	20 (IB)
Schutzbau Strasse	-	-	20 (UD)
Schutzbau Bahn	-	-	30 (UD)
IP BLS ortsfest	-	-	180 (UD)
IP BLS flexibel	-	-	40 (UD)
<b>Total</b>	-	<b>15 (IB)</b>	<b>290 (UD)</b>

*Abbildung 66 Übersicht der 2029 geplanten Arbeiten in der Anlage, im Nahbereich und im Umfeld mit Anzahl indirekt Beteiligter (IB) bzw. unbeteiligter Dritter (UD; störfallrelevant)*

Wie unter Abschnitt 5.10.1 erwähnt, sind im Jahr 2029 folgende Anpassungen angebracht:

- Die Arbeiten am Tagbautunnel der Strasse schreiten in Zonen mit sehr kleiner Letalität vor, weshalb die Arbeiter kaum mehr gefährdet sind.
- Die Schutzgalerie Bahn ist nun zum grösseren Teil fertig, weshalb die Bahnpassagiere nun in diesem Bereich Teil geschützt sind (vgl. Anhang F für die Schutzwirkungen).

#### 5.10.4 Risikorechnung und Massnahmen (2029)

Für ein Ereignis mit  $Q = 1 \text{ t TNT}$  ist im temporär verfüllten Zustand nicht mit relevanten Letalitätszonen ausserhalb der Anlage zu rechnen.

Wichtige Erkenntnisse aus der Risikoberechnung, wie die Ausmasse und Risikoanteile werden in der folgenden Tabelle (Abbildung 67) gezeigt.

2029	Ausmasse At pro Situation	Max. Risikoanteile Situationen	Max. Risikoanteile Objekte
<b>Q = 1 t</b>	<2 für alle Situationen	Arbeit	Abbau Fluh
<b>Q = 3 t</b>	Arbeit At = 8 Freizeit At = 8 Bahn At = 4 Rest At: 2/ 1	Arbeit	Abbau Fluh
<b>Q = 10 t</b>	Arbeit At = 24 Freizeit At = 18 Bahn At = 18 Rest At: 6/ 5	Arbeit	Abbau Fluh

Abbildung 67 Massgebende Ausmasse und Risikoanteile (2029)

Die grössten Ausmasse (Todesopfer im Ereignisfall) stammen von der Grundsituation Arbeit.

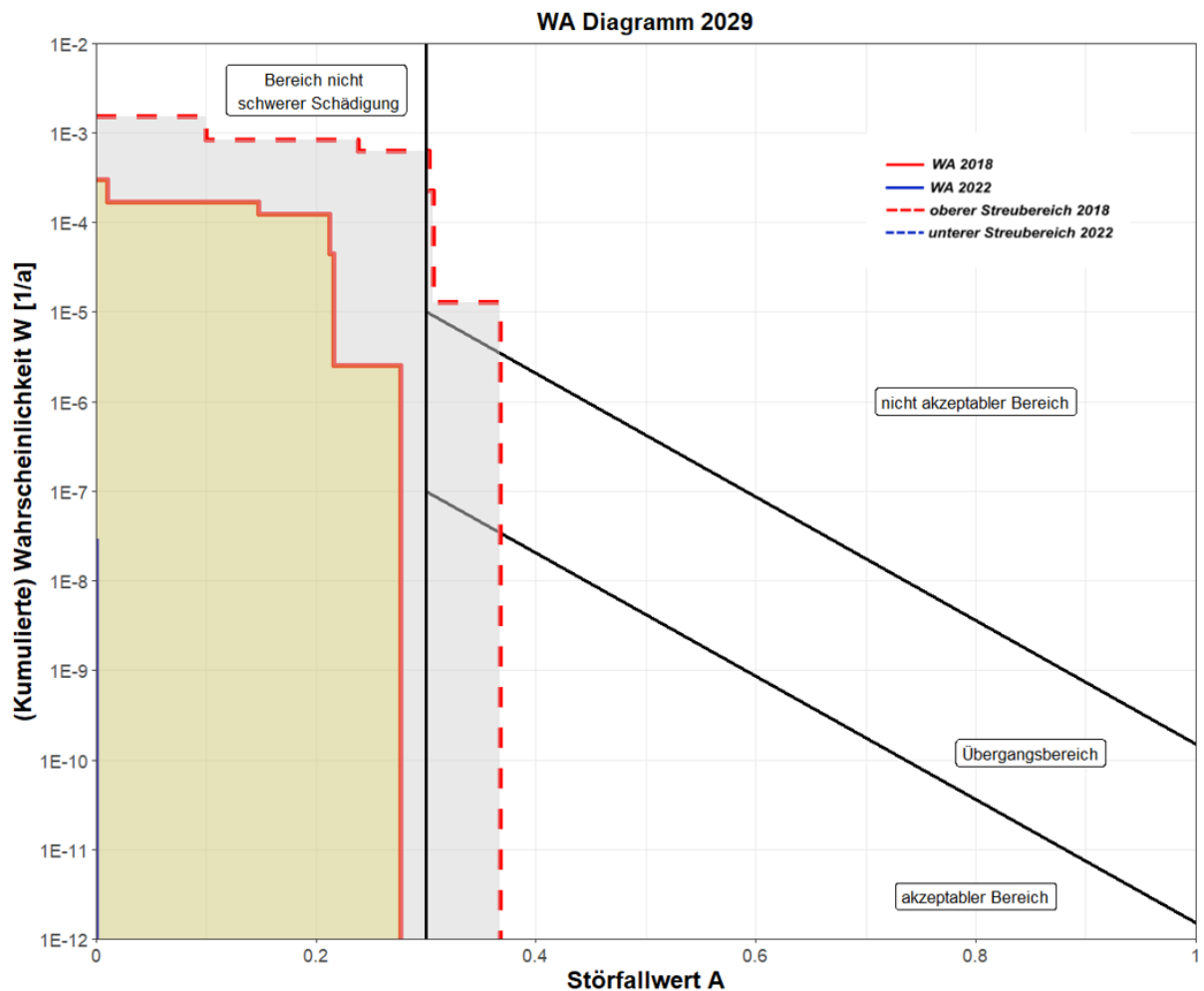


Abbildung 68 W/A-Diagramm (2029)

Alle Summenkurven, welche sich aus der Kumulation der Ereignisgrößen ergeben, liegen im Bereich der nicht schweren Schädigung (Abbildung 68).

Für die Aufteilung der Summenkurve auf die drei Ereignisgrößen 1/ 3/ 10 t wird auf Anhang D verwiesen. Dem Anhang D können die W/A-Darstellungen separat für die Bahn, die Strasse und Andere (Anwohner) entnommen werden.

In folgender Tabelle (Abbildung 69) wird auf die maximalen individuellen Risiken der Bauphase 2029 eingegangen. Pro Personengruppe wird jeweils das maximale individuelle Risiko jeder Ereignisgröße mit jeweils den verwendeten Wahrscheinlichkeiten der Risikoanalysen (RA) 2018, 2020 und 2022 ausgewiesen.

Grenzwert WSUME [9]	W gem. RA	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
<b>Unbeteiligte Dritte</b> $r = 3 \times 10^{-6} / a$	2018	$r_{\max} = 0$ → OK	-	$r_{\max} = 2.7 \times 10^{-5} / a$ → Faktor 9 zu hoch
	2020	$r_{\max} = 0$ → OK	$r_{\max} = 5.4 \times 10^{-8} / a$ → OK	$r_{\max} = 1.8 \times 10^{-7} / a$ → OK
	2022	$r_{\max} = 0$ → OK	$r_{\max} = 2.7 \times 10^{-11} / a$ → OK	-
	Indiv.		Schutzbau Strasse	Anwohner
<b>Indirekt Beteiligte</b> $r = 1.5 \times 10^{-5} / a$	2018	$r_{\max} = 1.7 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 11 zu hoch	-	$r_{\max} = 1.6 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 11 zu hoch
	2020	$r_{\max} = 1.1 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 7.4 zu hoch	$r_{\max} = 5.5 \times 10^{-5} / a$ → Faktor 3.7 zu hoch	$r_{\max} = 1.1 \times 10^{-6} / a$ → OK
	2022	$r_{\max} = 1.7 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 11 zu hoch	$r_{\max} = 2.8 \times 10^{-8} / a$ → OK	-
	Indiv.	Abbau Fluh		
<b>Direkt Beteiligte</b> $r = 3 \times 10^{-5} / a$	18/20/22	-	-	-

Abbildung 69 Individuelle Risiken gemäss WSUME [9] (2029)

Die Grenzwerte unbeteiligter Dritter gemäss WSUME [9] werden nur bei einem 10 t Ereignis und der W RA 2018 überschritten. Der Grenzwert indirekt Beteiligter gemäss WSUME [9] wird, je nach W und Ereignisgrösse, teilweise überschritten.

In folgender Tabelle (Abbildung 70) wird auf die kollektiven Risiken der Projektphase 2029 eingegangen. Pro Ereignisgrösse wird jeweils das tatsächliche sowie das empfundene kollektive Risiko und die gerundeten max. Kosten für Sicherheitsmassnahmen jeder Ereignisgrösse mit jeweils den verwendeten Wahrscheinlichkeiten der RA 2018, 2020 und 2022 ausgewiesen.

Kollektives Risiko R	W gem. RA	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
<b>R tatsächlich</b>	2018	$2.5 \times 10^{-3} / a$	-	$3.7 \times 10^{-3} / a$
	2020	$1.7 \times 10^{-3} / a$	$8.4 \times 10^{-4} / a$	$2.5 \times 10^{-5} / a$
	2022	$2.5 \times 10^{-3} / a$	$4.2 \times 10^{-7} / a$	-
<b>R empfunden (mit Aversion)</b>	2018	$1.2 \times 10^{-3} / a$	-	$3.1 \times 10^{-2} / a$
	2020	$7.9 \times 10^{-4} / a$	$8.5 \times 10^{-4} / a$	$2.1 \times 10^{-4} / a$
	2022	$1.2 \times 10^{-3} / a$	$4.2 \times 10^{-7} / a$	-
<b>Max. Kosten für Sicherheitsmassnahmen ca.</b>	2018	35'500 CHF / a	-	923'000 CHF / a
	2020	24'000 CHF / a	25'500 CHF / a	6'200 CHF / a
	2022	35'500 CHF / a	13 CHF / a	-

Abbildung 70 Kollektive Risiken gemäss WSUME [9] (2029)

Die kollektiven Risiken sind 2029 nur wenig höher als im Vorjahr. Dies ist auf die zusätzlichen Arbeiter der Projektinfrastruktur zurückzuführen, die sich in Zonen mit eher kleinen Letalitäten aufhalten. Die kollektiven Risiken sind als erhöht einzustufen (mit Ausnahme des Ereignisses Q = 3 t mit W 2022). Sicherheitsmassnahmen müssen grundsätzlich geprüft werden. Die mit dem Grenzkostenprinzip ermittelten maximalen Kosten für Sicherheitsmassnahmen werden hier jedoch nicht weiter diskutiert.



**Mögliche Massnahmen zur Kontrolle und Reduktion des Risikos sind:**

- **Generell: Möglichst wenig Arbeiter während möglichst kurzer Zeit im Gefahrenbereich**
- Rückbau Fluh: Der Rückbau der Fluh hat möglichst behutsam zu erfolgen (keine Schutterung von Felsbrocken in das Vorgelände der Anlage) und ist mit dem Monitoringsystem periodisch und in kritischen Phasen permanent zu überwachen.
- Schutzbau Bahn und Strasse: Die Installationsplätze sollten möglichst weit weg resp. in Zonen möglichst geringer Letalität liegen. Für die Strasse ist ein möglichst grosser Bereich mit angepasster Bauweise (Schutz der Arbeiter) zwingend.

**5.11 2030 (Rückbau Fluh, Infrastruktur E/R, Schutzgalerie Strasse, IP BLS)**

**5.11.1 Ereignisanalyse und Beschreibung der geplanten Arbeiten (2030)**

2030 sind folgende Arbeiten geplant:

- Rückbau Fluh: Rückbau der Fluh auf der ganzen Länge (Sektoren B / C / D, vgl. Abbildung 9), wobei infolge der ungünstigen geologischen Situation die Fluh im oberen Bereich abgetragen und stark gesichert werden muss (vgl. Bericht CSD [13]).
- Infrastruktur Entsorgung und Räumung: Arbeiten für die Errichtung der Entsorgungsinfrastruktur.
- Schutzgalerie Strasse: Abschluss der Arbeiten am Tagbautunnel der Strasse mit der neuen Linienführung. Obwohl die Projektierungsarbeiten erst am Anlaufen sind, können erste Angaben zu örtlichen und zeitlichen Verteilungen der Arbeiten gemacht werden. IP BLS: Betrieb des Installationsplatzes (IP) der BLS für den Ausbau des Lötschberg-Basistunnels.

**5.11.2 Wirkungsanalyse (inkl. Letalitätszonen) (2030)**

Der fortlaufende Rückbau der Fluh führt im Jahr 2030 zu einer Reduktion der min. Felsumlagerung gemäss TLM [8], was grössere Kratertrümmerwurfzonen. Eine genaue Zusammenstellung aller dafür verwendeten Parameter sind dem Anhang B zu entnehmen.

Abbildung 71 zeigt die Letalitätszonen jenes Wirkungsmodells für die Exposition in Gebäuden.

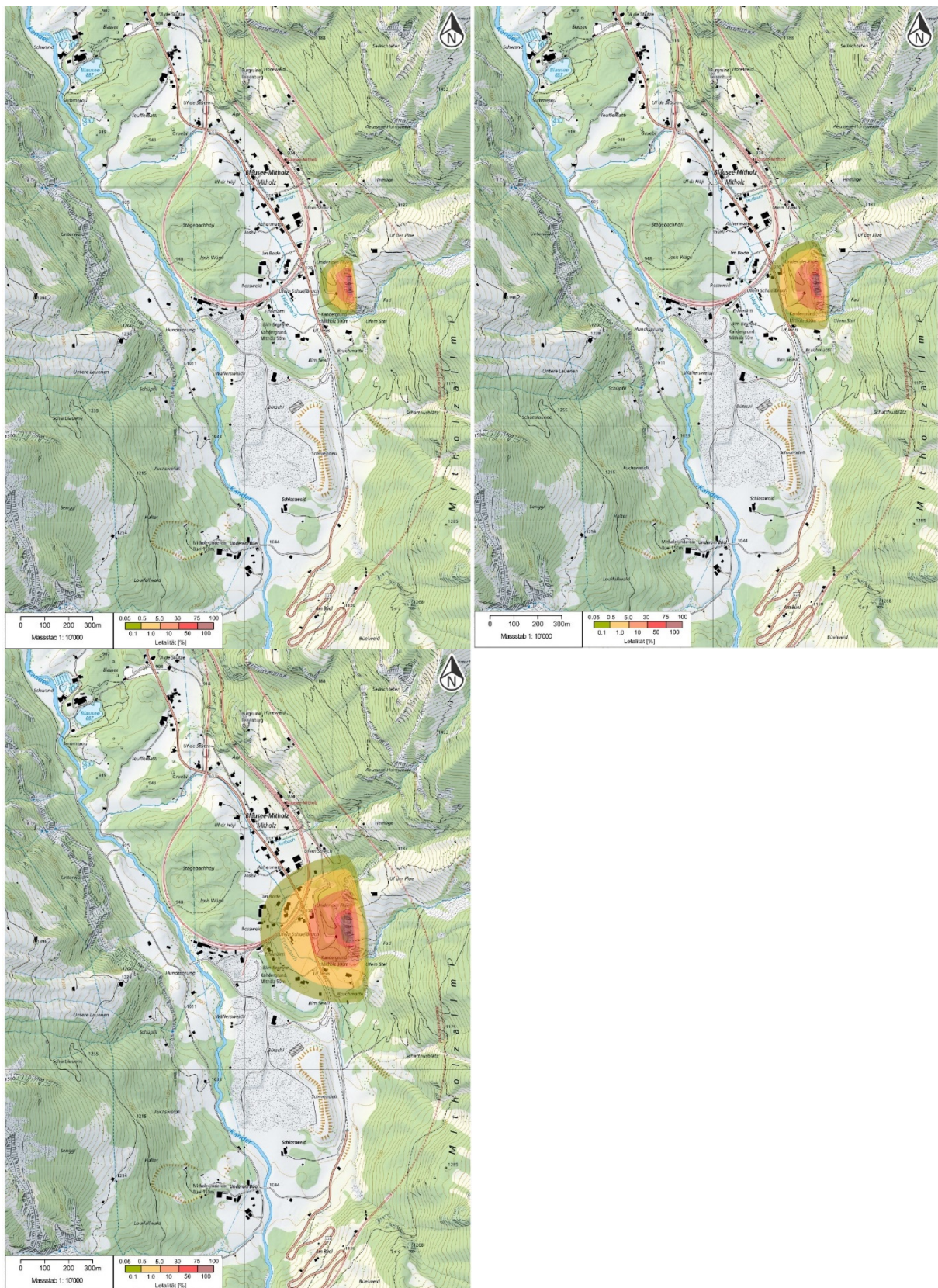


Abbildung 71 Letalitätszonen des Kratertrümmerwurfs für  $Q = 1$  t (oben links) / 3 t (oben rechts) / 10 t (unten) und Exposition in Gebäuden (2030)



### 5.11.3 Expositionsanalyse (2030)

Die 2030 geplanten Arbeiten verteilen sich wie folgt:

Personen-Kennzahlen 2030	In der Anlage	Nahbereich	Umfeld
Rückbau Fluh		15 (IB)	
Infrastruktur E/R	-	-	20 (IB)
Schutzbau Strasse			20 (UD)
IP BLS ortsfest	-	-	180 (UD)
IP BLS flexibel	-	-	40 (UD)
<b>Total</b>	-	-	<b>10 (IB) / 220 (UD)</b>

Abbildung 72 Übersicht der 2030 geplanten Arbeiten in der Anlage, im Nahbereich und im Umfeld mit Anzahl direkt Beteiligter (DB), indirekt Beteiligter (IB) bzw. unbeteiligter Dritter (UD; störfallrelevant)

- Die Bewohner der Letalitätszonen 1-4 für ein 10 t-Ereignis werden ab 2030 umgesiedelt, basierend auf den Grenzwerten des individuellen Risikos gem. WSUME und mit der sehr konservativen Annahmen W von 2018.
- Eine auf das notwendigste begrenzte landwirtschaftliche Nutzung des Sicherheitsperimeters (vgl. Kap. 8) ist möglich.

Die genaue Lage der Schutzbauten kann der Abbildung 73 entnommen werden:

Für die Bahn soll nur der Bereich in der Letalitätszone 1-2 für  $Q = 10$  t mit dem Schutzziel von 3'000 kJ und für die Zone 3 mit 1500 kJ gebaut werden. Damit werden im Regionalverkehr grosse Ausmasse von einigen 10 Opfern, wie sie im worst-case einer Zugsdurchfahrt im Ereignisfall entstehen können, in den Bereich der nicht schweren Schädigung gesenkt. Für den Fernverkehr hingegen muss zur Verhinderung des Auffahrens eines Zuges auf die Unfallstelle zusätzlich ein Alarmdispositiv erstellt werden (vgl. Kap. 9.2.1 und Anhang F).

Der Schutzbau für die Strasse erfolgt vor der Anlage in einem Tagbautunnel (mit angepasster Bauweise, um die Arbeiter zu schützen) und im Norden als Tunnel. Damit die Strasse im Ereignisfall möglichst ohne Instandstellungsarbeiten wieder genutzt werden kann, wird ebenfalls von 3000 kJ in den Zonen 1+2 für  $Q = 10$  t und 1500 kJ in Zone 3 ausgegangen. Eine Verkürzung der Baute wie bei der Bahn ist aber nicht möglich (vgl. Kap 9.2.2 und Anhang F).

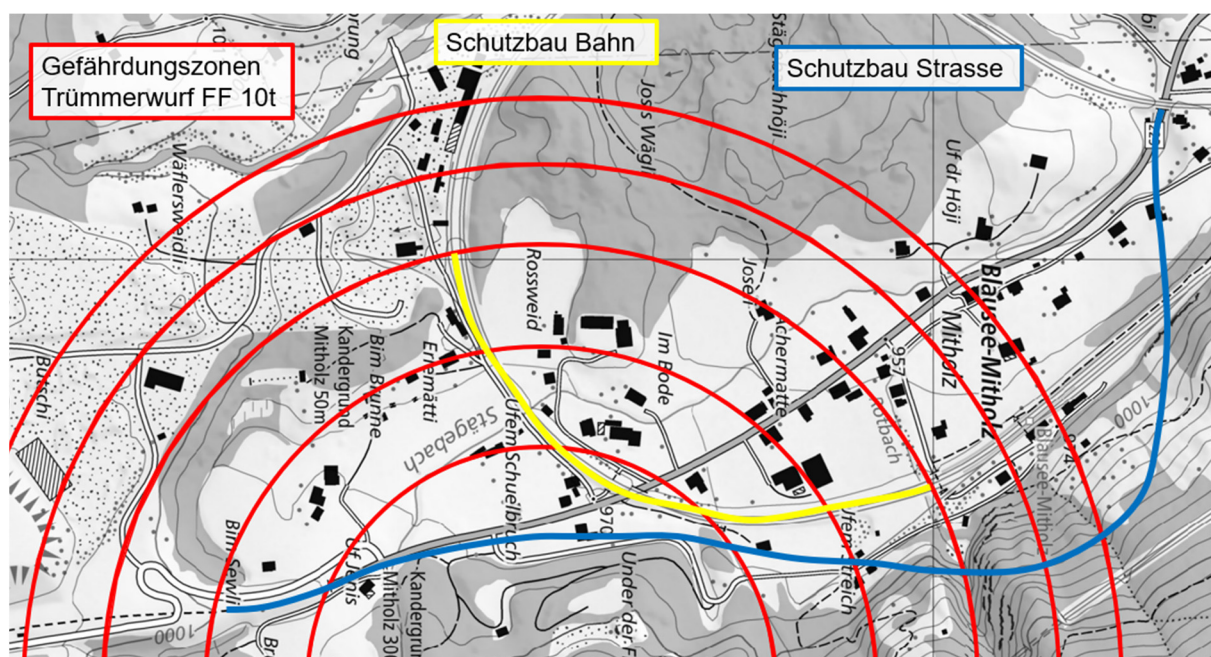


Abbildung 73 Lage und Umfang der Schutzbauten mit den ab 2030 zu erwartenden Freifeld-Gefährdungszonen ( $Q = 10$  t).

#### 5.11.4 Risikorechnung und Massnahmen (2030)

Wichtige Erkenntnisse aus der Risikoberechnung, wie die Ausmasse und Risikoanteile werden in Abbildung 74 gezeigt

2030	Ausmasse At pro Situation	Massg. Risikoanteile Situationen	Massg. Risikoanteile Objekte
Q = 1 t	<2 in allen Situationen	Arbeit	Abbau Fluh
Q = 3 t	Arbeit At = 9 Freizeit At = 8 Bahn At = 5 Rest At: 2/ 1	Arbeit	Abbau Fluh
Q = 10 t	Arbeit At = 23 Freizeit At = 18 Bahn At = 17 Rest At: 5/ 5	Arbeit	Abbau Fluh

Abbildung 74 Massgebende Ausmasse und Risikoanteile (2030)

Die grössten Ausmasse (Todesopfer im Ereignisfall) stammen von der Grundsituation Arbeit.

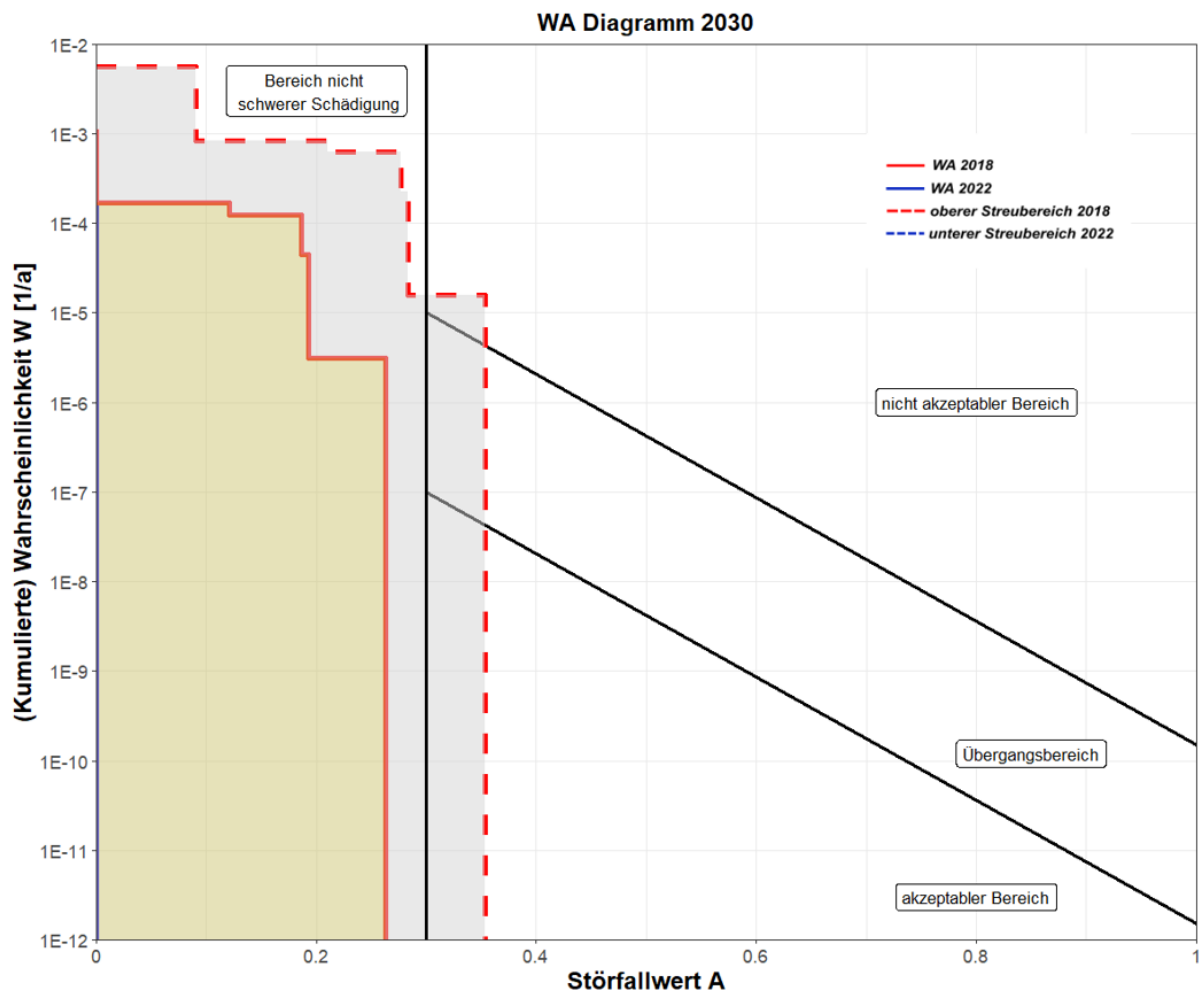


Abbildung 75 W/A-Diagramm (2030)

Die Summenkurve WA 2022, welche sich aus der Kumulation der zwei Ereignisgrössen ergeben, liegen im Bereich nicht schwerer Schädigung (Abbildung 75).

Für die Aufteilung der Summenkurve auf die drei Ereignisgrössen 1/ 3/ 10 t wird auf Anhang D verwiesen. Dem Anhang D können die W/A-Darstellungen separat für die Bahn, die Strasse und Andere (Anwohner) entnommen werden.

In folgender Tabelle (Abbildung 76) wird auf die maximalen individuellen Risiken der Bau-phase 2030 eingegangen. Pro Personengruppe wird jeweils das maximale individuelle Risiko jeder Ereignisgrösse mit jeweils den verwendeten Wahrscheinlichkeiten der RA 2018, 2020 und 2022 ausgewiesen.

Grenzwert WSUME [9]	W gem. RA	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
<b>Unbeteiligte Dritte</b> $r = 3 \times 10^{-6} / a$	2018	$r_{\max} = 8.1 \times 10^{-7} / a$ → OK	-	$r_{\max} = 7.9 \times 10^{-6} / a$ → Faktor 2.6 zu hoch
	2020	$r_{\max} = 5.4 \times 10^{-7} / a$ → OK	$r_{\max} = 1.6 \times 10^{-6} / a$ → OK	$r_{\max} = 5.3 \times 10^{-8} / a$ → OK
	2022	$r_{\max} = 8.1 \times 10^{-7} / a$ → OK	$r_{\max} = 8.0 \times 10^{-10} / a$ → OK	-
	Indiv.	Schutzbau Strasse		
<b>Indirekt Beteiligte</b> $r = 1.5 \times 10^{-5} / a$	2018	$r_{\max} = 1.7 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 11 zu hoch	-	$r_{\max} = 1.6 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 11 zu hoch
	2020	$r_{\max} = 1.1 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 7.4 zu hoch	$r_{\max} = 5.5 \times 10^{-5} / a$ → Faktor 3.7 zu hoch	$r_{\max} = 1.1 \times 10^{-6} / a$ → OK
	2022	$r_{\max} = 1.7 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 11 zu hoch	$r_{\max} = 2.8 \times 10^{-8} / a$ → OK	-
	Indiv.	Abbau Fluh		
<b>Direkt Beteiligte</b> $r = 3 \times 10^{-5} / a$	18/20/22	-	-	-

Abbildung 76 Individuelle Risiken gemäss WSUME [9] (2030)

Aufgrund der Umsiedelung der Bevölkerung im Sicherheitsperimeter werden die max. individuelle Risiken unbeteiligter Dritter 2030 wieder vom Schutzbau der Strasse generiert und überschreiten den Grenzwert gemäss WSUME [9] nur bei einem 10 t Ereignis.

Für indirekt Beteiligte bleiben die max. ind. Risiken gleich wie im Vorjahr. Ihr Grenzwert gemäss WSUME [9] wird, je nach W und Ereignisgrössen, teilweise überschritten.

In folgender Tabelle (Abbildung 77) wird auf die kollektiven Risiken der Projektphase 2030 eingegangen. Pro Ereignisgrösse wird jeweils das tatsächliche sowie das empfundene kollektive Risiko und die gerundeten max. Kosten für Sicherheitsmassnahmen jeder Ereignisgrösse mit jeweils den verwendeten Wahrscheinlichkeiten der RA 2018, 2020 und 2022 ausgewiesen.

Kollektives Risiko R	W gem. RA	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
<b>R tatsächlich</b>	2018	$2.5 \times 10^{-3} / a$	-	$3.5 \times 10^{-3} / a$
	2020	$1.7 \times 10^{-3} / a$	$9.0 \times 10^{-4} / a$	$2.3 \times 10^{-5} / a$
	2022	$2.5 \times 10^{-3} / a$	$4.5 \times 10^{-7} / a$	-
<b>R empfunden (mit Aversion)</b>	2018	$1.2 \times 10^{-3} / a$	-	$2.7 \times 10^{-2} / a$
	2020	$8.0 \times 10^{-4} / a$	$1.1 \times 10^{-3} / a$	$2.3 \times 10^{-5} / a$
	2022	$81.2 \times 10^{-3} / a$	$5.4 \times 10^{-7} / a$	-
<b>Max. Kosten für Sicherheitsmassnahmen ca.</b>	2018	36'200 CHF / a	-	810'000 CHF / a
	2020	24'100 CHF / a	32'400 CHF / a	5'400 CHF / a
	2022	36'200 CHF / a	16 CHF / a	-

Abbildung 77 Kollektive Risiken gemäss WSUME [9] (2030)

Die kollektiven Risiken sind erhöht einzustufen (mit Ausnahme des Ereignisses Q = 3 t mit W 2022). Sicherheitsmassnahmen müssen grundsätzlich geprüft werden. Die mit dem Grenzkostenprinzip ermittelten maximalen Kosten für Sicherheitsmassnahmen werden hier jedoch nicht weiter diskutiert.

### **Mögliche Massnahmen zur Kontrolle und Reduktion des Risikos sind:**

- **Generell: Möglichst wenig Arbeiter während möglichst kurzer Zeit im Gefahrenbereich**
- Rückbau Fluh: Der Rückbau der Fluh hat möglichst behutsam zu erfolgen (keine Schutterung von Felsbrocken in das Vorgelände der Anlage) und ist mit dem Monitoringsystem periodisch und in kritischen Phasen permanent zu überwachen.
- Schutzbauten: Die Installationsplätze sollten möglichst weit weg resp. in Zonen möglichst geringer Letalität liegen. Für die Strasse ist ein möglichst grosser Bereich mit angepasster Bauweise (Schutz der Arbeiter) zwingend.

## **5.12 2031 (Rückbau Fluh, Halle, Infrastruktur E/R, IP BLS)**

### **5.12.1 Ereignisanalyse und Beschreibung der geplanten Arbeiten (2031)**

2031 und in den Jahren danach sind folgende Arbeiten geplant:

- Abschluss Rückbau Fluh: Abschluss des Rückbaus der Fluh auf der ganzen Länge (Sektoren B / C / D, vgl. Abbildung 9), wobei infolge der ungünstigen geologischen Situation die Fluh im oberen Bereich abgetragen und stark gesichert werden muss (vgl. Bericht CSD [13]).
- Beginn Halle: Der Rückbau der Fluh geht in die Vorbereitungen und den Bau der Halle für die Räumung über.
- Abschluss Infrastruktur Entsorgung und Räumung: Arbeiten für die Errichtung der Entsorgungsinfrastruktur werden abgeschlossen.
- Abschluss der Arbeiten am Lötschberg-Basistunnel (bei Teilausbau)

### **5.12.2 Wirkungsanalyse (inkl. Letalitätszonen) (2031)**

Im Laufe des Jahres 2031 soll die Fluh bis auf das Niveau des Scheitels des Bahnstollens abgebaut sein. Die Letalitätszonen werden dadurch aber grösser, da einerseits dieses Niveau etwa der optimalen Vergrabungstiefe der hier betrachteten Ladungen entspricht und andererseits die Ladedichte infolge der neuen Situation im konservativen Sinne vergrössert wird.

Hinsichtlich der Ladedichte ist der Bahnstollen nun abgedeckt und es liegt nur noch Lockergestein resp. Verfüllungsmaterial über der Munitionsschicht, im Gegensatz zur verfüllten Anlage mit dem darüber liegenden Felsen. Darum wird im Modell für den Kratertrümmerwurf von Felsanlagen gemäss TLM nicht mehr mit einer reduzierten Ladedichte infolge des Leichtmaterials in den Kammern resp. Hohlräumen gerechnet, sondern (da es nun keine eigentlichen Kammern resp. Hohlräume mehr gibt) mit einer erhöhten Ladedichte von mit Schutt vermischter Munition.

Für die Bereiche des Bahnstollens mit verfüllten Hohlräumen ist diese Annahme des Scheitelniveaus als Vergrabungstiefe sehr konservativ, da dort die effektive Überdeckung der Munitionsschicht kleiner ist (Leichtmaterial ist bei Auswurf kaum letal) und damit die Zonen kleiner wären. Die nachfolgend präsentierten Zonen für die Räumung berücksichtigen aber eine Reduktion infolge Überlegungen zum Splitterwurf, welche hier noch nicht aktuell sind. Alles in allem können diese Zonen zur Räumung also bereits ab diesem Zeitpunkt verwendet werden.

Abbildung 78 zeigt die Letalitätszonen für die Exposition in Gebäuden. Die entsprechenden Zonen der Exposition auf freiem Feld, welche etwas grösser sind und als massgebend für die Bahn und die Strasse gelten, sind dem Anhang B zu entnehmen.



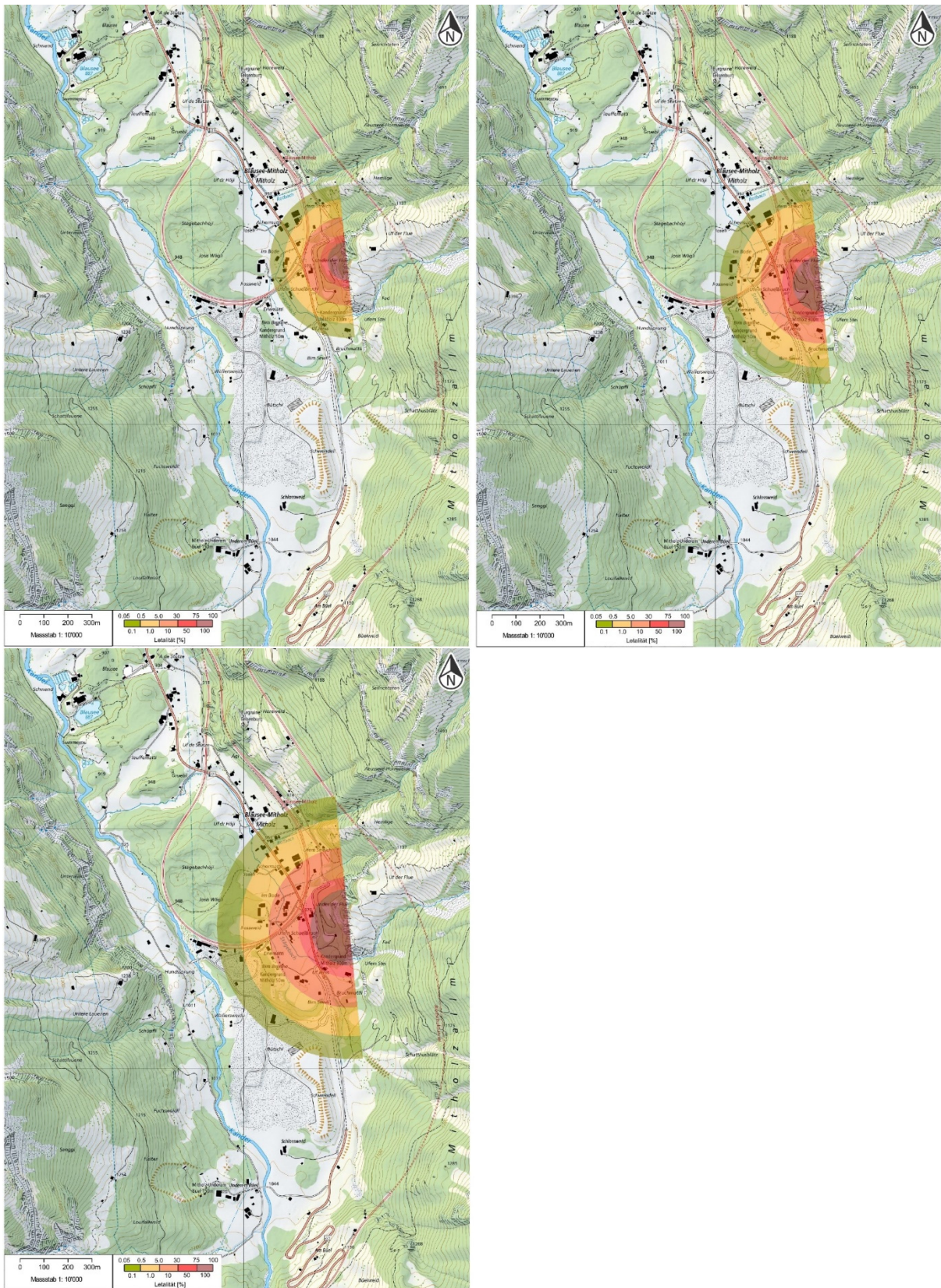


Abbildung 78 Letalitätszonen für  $Q = 1 \text{ t} / 3 \text{ t} / 10 \text{ t}$  nach Abbau der Fluh ab dem Jahr 2031 für die Exposition in Gebäuden

### 5.12.3 Expositionsanalyse (2031)

Die 2031 und in den Jahren danach geplanten Arbeiten verteilen sich wie folgt:

Personen-Kennzahlen 2031	In der Anlage	Nahbereich	Umfeld
Abbau Fluh		15 (IB)	
Halle	15 (IB)		
Infrastruktur E/R			10 (IB)
BLS IP ortsfest	-	-	180 UD
BLS IP flexibel	-	-	40 UD
<b>Total</b>	<b>8 (DB)</b>	<b>8 (IB)</b>	<b>226 (UD)</b>

Abbildung 79 Übersicht der 2031 geplanten Arbeiten in der Anlage, im Nahbereich und im Umfeld mit Anzahl direkt Beteiligter (DB), indirekt Beteiligter (IB) bzw. unbeteiligter Dritter (UD; störfallrelevant)

- Die Bewohner der Letalitätszonen 1-4 für ein 10 t-Ereignis werden ab 2030 umgesiedelt, basierend auf den Grenzwerten des individuellen Risikos gem. WSUME und mit der sehr konservativen Annahmen W von 2018
- Eine auf das notwendigste begrenzte landwirtschaftliche Nutzung des Sicherheitsperimeters (vgl. Kap. 8) ist möglich.

### 5.12.4 Risikorechnung und Massnahmen (2031)

Wichtige Erkenntnisse aus der Risikoberechnung, wie die Ausmasse und Risikoanteile werden in Abbildung 80 gezeigt:

2031+	Ausmasse At pro Situation	Massg. Risikoanteile Situationen	Massg. Risikoanteile Objekte
<b>Q = 1 t</b>	Arbeit At = 15 Bahn At = 9 Rest At: je <1	Arbeit	Halle
<b>Q = 3 t</b>	Arbeit At = 18 Bahn At = 13 Rest At: je <1	Arbeit	Halle
<b>Q = 10 t</b>	Arbeit At = 25 Bahn At = 18 Rest At: 2/ 2/ 2	Arbeit	Halle, Infrastruktur E/R

Abbildung 80 Massgebende Ausmasse und Risikoanteile (2031)

Die grössten Ausmasse (Todesopfer im Ereignisfall) stammen von der Grundsituation Bahn.



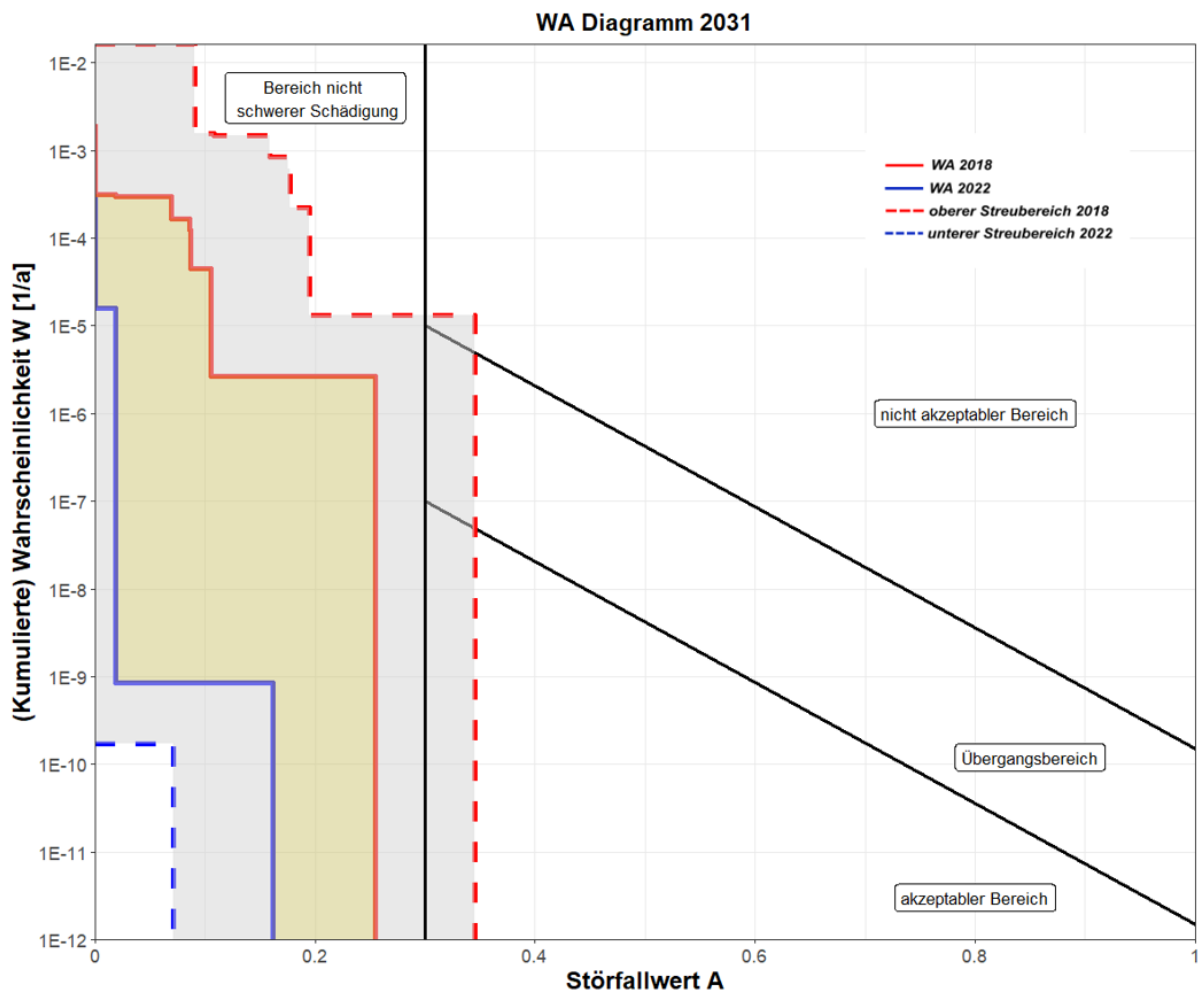


Abbildung 81 W/A-Diagramm (2031)

Alle Summenkurven, welche sich aus der Kumulation der Ereignisgrößen ergeben, liegen im Bereich nicht schwerer Schädigung (Abbildung 81). Im Vergleich zu 2030 ist nun auch die Strasse geschützt.

Dem Anhang D können die W/A-Darstellungen separat für die Bahn, die Strasse und Andere (Anwohner) entnommen werden. Für die Aufteilung der Summenkurve auf die drei Ereignisgrößen 1/ 3/ 10 t wird auf Anhang D verwiesen.

In folgender Tabelle (Abbildung 82) wird auf die maximalen individuellen Risiken der Bau-phase 2031 eingegangen. Pro Personengruppe wird jeweils das maximale individuelle Risiko jeder Ereignisgröße mit jeweils den verwendeten Wahrscheinlichkeiten der RA 2018, 2020 und 2022 ausgewiesen.

Grenzwert WSUME [9]	RA	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
<b>Unbeteiligte Dritte</b> $r = 3 \times 10^{-6} / a$	2018	-	-	$r_{\max} = 1.2 \times 10^{-5} / a$ → Faktor 4 zu hoch
	2020	-	$r_{\max} = 8.0 \times 10^{-7} / a$ → OK	$r_{\max} = 8.0 \times 10^{-8} / a$ → OK
	2022	-	$r_{\max} = 4.0 \times 10^{-10} / a$ → OK	-
	Indiv.	-	BLS IP flexibel	
<b>Indirekt Beteiligte</b> $r = 1.5 \times 10^{-5} / a$	2018	$r_{\max} = 8.0 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 54 zu hoch	-	$r_{\max} = 8.0 \times 10^{-5} / a$ → Faktor 5.3 zu hoch
	2020	$r_{\max} = 5.3 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 36 zu hoch	$r_{\max} = 5.3 \times 10^{-5} / a$ → Faktor 3.5 zu hoch	$r_{\max} = 5.3 \times 10^{-7} / a$ → OK
	2022	$r_{\max} = 8.0 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 54 zu hoch	$r_{\max} = 2.7 \times 10^{-8} / a$ → OK	-
	Indiv.	Halle		

Abbildung 82 Individuelle Risiken gemäss WSUME [9] (2031)

Die maximalen individuellen Risiken sind im Vergleich zum Vorjahr niedriger, weil die Anwohner im Sicherheitsperimeter umgesiedelt werden. Diejenigen unbeteiligten Dritter stammen vom flexiblen BLS IP. Ihr Grenzwert gemäss WSUME [9] wird bei einem 10 t Ereignis und der W RA 2018 überschritten.

Die max. ind. Risiken indirekt Beteiligter stammen nicht mehr wie im Vorjahr vom Abbau der Fluh, sondern vom Bau der Halle. Ihr Grenzwert gemäss WSUME [9] wird, je nach W und Ereignisgrösse, teilweise überschritten.

In folgender Tabelle (Abbildung 83) wird auf die kollektiven Risiken der Projektphase 2031 eingegangen. Pro Ereignisgrösse wird jeweils das tatsächliche sowie das empfundene kollektive Risiko und die gerundeten max. Kosten für Sicherheitsmassnahmen jeder Ereignisgrösse mit jeweils den verwendeten Wahrscheinlichkeiten der RA 2018, 2020 und 2022 ausgewiesen.

Kollektives Risiko R	W gem. RA	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
<b>R tatsächlich</b>	2018	$1.2 \times 10^{-2} / a$	-	$2.4 \times 10^{-3} / a$
	2020	$8.2 \times 10^{-3} / a$	$1.0 \times 10^{-3} / a$	$1.6 \times 10^{-5} / a$
	2022	$1.2 \times 10^{-2} / a$	$5.1 \times 10^{-7} / a$	-
<b>R empfunden (mit Aversion)</b>	2018	$4.1 \times 10^{-2} / a$	-	$2.2 \times 10^{-2} / a$
	2020	$2.7 \times 10^{-2} / a$	$5.2 \times 10^{-3} / a$	$1.5 \times 10^{-4} / a$
	2022	$4.1 \times 10^{-2} / a$	$2.6 \times 10^{-6} / a$	-
<b>Max. Kosten für Sicherheitsmassnahmen ca.</b>	2018	1'214'000 CHF / a	-	657'000 CHF / a
	2020	810'000 CHF / a	155'000 CHF / a	4'400 CHF / a
	2022	1'214'000 CHF / a	80 CHF / a	-

Abbildung 83 Kollektive Risiken gemäss WSUME [9] (2031)

2031 ergeben sich für das Ereignis mit Q = 1 t, wegen dem Zusammenspiel der Wirkungszonen und der grösseren Wahrscheinlichkeiten, die grössten kollektiven Risiken. Diese sind erhöht einzustufen. Sicherheitsmassnahmen müssen grundsätzlich geprüft werden. Die mit dem Grenzkostenprinzip ermittelten maximalen Kosten für Sicherheitsmassnahmen werden hier jedoch nicht weiter diskutiert.

**Mögliche Massnahmen zur Kontrolle und Reduktion des Risikos sind:**

- **Generell: Möglichst wenig Arbeiter während möglichst kurzer Zeit im Gefahrenbereich**

- Rückbau Fluh: Der Rückbau der Fluh hat möglichst behutsam zu erfolgen (keine Schutterung von Felsbrocken in das Vorgelände der Anlage) und ist mit dem Monitoringsystem periodisch und in kritischen Phasen permanent zu überwachen.

## **5.13 2032+ (Abschluss Halle, Beginn Räumung & Entsorgung)**

### **5.13.1 Ereignisanalyse und Beschreibung der geplanten Arbeiten (2032+)**

2031 und in den Jahren danach sind folgende Arbeiten geplant:

- Abschluss Halle: Die Halle für die Räumung inkl. der Installationen wie Kranbahn und Lüftung wird abgeschlossen.
- Beginn Räumung: Nach Abschluss der Arbeiten am Rückbau der Fluh und an den Schutzbauten der Verkehrswege, kann die Räumung beginnen. Weil das in Arbeit befindliche detailliertere Räumkonzept noch nicht vorliegt, können noch keine genaueren Aussagen zum zeitlichen und örtlichen Ablauf der Räumung gemacht werden.
- Beginn Entsorgung: Mit Beginn der Räumung müssen auch die entsprechenden Entsorgungsmöglichkeiten bereit sein. Weil das in Arbeit befindliche detailliertere Entsorgungskonzept noch nicht vorliegt, können noch keine genaueren Aussagen zum zeitlichen und örtlichen Ablauf der Entsorgung gemacht werden.

Bei der Entsorgung inkl. Zwischenlagerung werden die Anlagen hinsichtlich ihres Risikos vorerst nur qualitativ beurteilt.

Die Risiken bei der Räumung werden in der vorliegenden Risikoanalyse nicht berechnet. Erstens dürften die Ausmasse bei unbeteiligten Dritten den Bereich der nicht schweren Schädigung infolge der Schutzbauten und den Umsiedlungen nicht überschreiten. Zweitens sind die Wahrscheinlichkeiten für Kleinereignisse mit max. wenigen kg TNT nur sehr schwierig zu bestimmen.

Aber einerseits ist das Personal von KAMIR für Mitholz von den WSUME ausgenommen worden, da bei diesem speziellen Projekt die Grenzwerte des individuellen Risikos wahrscheinlich nicht eingehalten werden können. Und andererseits dürfen sich die Hilfskräfte bei der Räumung bei gefährlichen Tätigkeiten nicht mehr im Gefährdungsbereich aufhalten.

**Gemäss den Schätzungen sollen die Munitionsrückstände innert 10 Jahren, bis 2041, geräumt sein. Wie schnell das Risiko mit dem zunehmenden Räumernfolg abnimmt, kann noch nicht beurteilt werden. Deshalb werden nach 2032 keine jährlichen Risiko-rechnungen mehr durchgeführt.**

### **5.13.2 Wirkungsanalyse (inkl. Letalitätszonen) (2032+)**

Bei der Räumung werden die letzten Meter Schuttüberdeckung und auf der Munition liegende Felsblöcke abgetragen. Die Munitionsschicht wird freigelegt, falls nötig gelockert und in Einzelstücken abtransportiert. Für die Wirkungsanalyse kann dabei vereinfachend von den folgenden beiden Fällen ausgegangen werden:

- Fall a) Munition noch von einigen Metern Schutt bedeckt (bis zu 10 m):
  - Kratertrümmerwurf von vergrabener Ladung (bei einigen Metern grösser als bei offener Ladung)
  - Kaum Splitterwurf, da Splitter durch den Schutt abgebremst werden
  - Luftstoss (für Exponierte in Gebäuden)
- Fall b) Munition liegt offen:
  - Kratertrümmerwurf von offener Ladung (kleiner als bei vergrabener Ladung)
  - Splitterwurf (werden durch den Schutt zumindest von der obersten, freigelegten Schichten nicht abgebremst)
  - Luftstoss (für Exponierte in Gebäuden)

Da bei der geplanten Räumung in einer überdachten "Tagbaustelle" gearbeitet wird, können die bisher verwendeten Modelle für Felsanlagen aus den TLM [8] nicht mehr direkt verwendet werden. Folglich wurden auch andere bekannte Modelle, insbesondere aus den NATO-Vorschriften AASTP-4 [18] oder aus der US-Software IMESA FR (Modelle oft in den AASTP-4 [18] enthalten) für Risikoanalysen bei Lagerung und Umgang mit Munition miteinander verglichen und die relevanten Wirkungen bestimmt (vgl. Anhang E).

Dabei zeigte sich, dass im

- Fall a) "Munition noch mit Schutt bedeckt" der Kratertrümmerwurf für vergrabene Ladungen (gem. Modellen aus den TLM [8] und gestützt durch IMESA FR) bestimmend wird.
- Fall b) "Munition liegt offen" der Splitterwurf (gem. Modellen von BK&P für den Transport von Munition und gestützt durch IMESA FR und andere (klassifizierte) Quellen) massgebend wird.

Wobei der Fall a) mit der zugedeckten Munition die grösseren Zonen ergibt als der Fall b). Da der genaue örtliche, zeitliche, etc. Ablauf der Räumung noch nicht klar ist, wurden diese beiden Fälle «gemittelt». Dies dürfte immer noch konservativ sein, da im Fall a) der Parameter für die Felsüberdeckung im Bereich des Maximums liegt und bei Berücksichtigung der Blähtonverfüllung (kleine Letalität) in etlichen Bereichen deutlich kleiner wäre. Die Berücksichtigung der Blähtonverfüllung könnte auch beim zweiten wichtigen Parameter im Fall a), der Ladedichte, zu einer spürbaren Reduktion führen. Auch der Splitterwurf im Fall b) kann als worst-case angesehen werden, weil in Realität nie ein ganzer Stapel Munition offen daliegen wird. Die Splitter in den unteren Schichten würden durch den Schutt gebremst werden. Es zeigte sich, dass sich die Wirkungszonen während der Räumung in ihrer Form resp. Grösse nicht grundsätzlich vom IST-Zustand unterscheiden, aber im Vergleich mit den Kratertrümmerwurfzonen während des Rückbaus der Fluh grösser sind. Dies hängt u.a. mit der konservativen Annahme bei der Ladedichte zusammen.

Eine mögliche Schutzwirkung für die Umgebung durch einen Damm (Reste des Dreispitzes resp. des Schuttkegels) direkt vor dem ehemaligen Bahnstollen wurde hier nicht berücksichtigt, da dessen mögliche Ausprägung noch nicht klar ist. Er könnte allenfalls auf seiner Westseite im Nahbereich eine Reduktion der Letalität bewirken (nicht jedoch für das Räumpersonal). In den Fernbereich fliegen eher Splitter und Trümmer mit einem grösseren Abgangswinkel. Solche Trümmer und Splitter können nur von sehr nahen oder sehr hohen Dämmen abgefangen werden. Aufgrund der Kraterwirkungen sollten diese Dämme jedoch nicht zu nah an der Munition stehen.

Es wird mit denselben Wirkungs- resp. Letalitätszonen gerechnet wie in den Vorjahren (Abschnitt 5.12.2, Abbildung 78).

### **5.13.3 Expositionsanalyse (2032+)**

Ab dem Jahr 2032 kommen Mitarbeiter der Munitionsentsorgung zum Einsatz. Die vorliegende Risikoanalyse beschränkt sich auf die Betrachtung von potentiellen Ereignissen ausgehend von Munition in der Anlage. Folglich zählen Individuen der Entsorgung, bei der vorliegenden Betrachtungsweise, zu den indirekt Beteiligten (IB). Eine RA der Entsorgung an sich wäre eine neue Betrachtungsweise, bei der dann die Individuen der Entsorgung Direktbeteiligte wären, hingegen die der Räumung indirekt Beteiligte.

Die 2032 und in den Jahren danach geplanten Arbeiten verteilen sich wie folgt:

<b>Personen-Kennzahlen 2032+</b>	<b>In der Anlage</b>	<b>Nahbereich</b>	<b>Umfeld</b>
Abschluss Halle		15 (IB)	
Räumung	8 (DB)	-	-
Entsorgung	-	8 (IB)	
Landwirtschaft	-	-	6 (UD)
BLS IP ortsfest	-	-	180 UD
BLS IP flexibel	-	-	40 UD
<b>Total</b>	<b>8 (DB)</b>	<b>23 (IB)</b>	<b>226 (UD)</b>

Abbildung 84 Übersicht der 2032+ geplanten Arbeiten in der Anlage, im Nahbereich und im Umfeld mit Anzahl direkt Beteiligter (DB), indirekt Beteiligter (IB) bzw. unbeteiligter Dritter (UD; störfallrelevant)

- Da für Räumung und Entsorgung die detailliertere Planung noch nicht bekannt ist, wird als Annahme mit je 8 Personen gerechnet.
- Die Bewohner der Letalitätszonen 1-4 für ein 10 t-Ereignis werden ab 2030 umgesiedelt, basierend auf den Grenzwerten des individuellen Risikos gem. WSUME und mit der sehr konservativen Annahmen W von 2018
- Eine auf das notwendigste begrenzte landwirtschaftliche Nutzung im Sicherheitsperimeter (vgl. Kap. 8) ist möglich.

#### 5.13.4 Risikorechnung und Massnahmen (2032+)

Wichtige Erkenntnisse aus der Risikoberechnung, wie die Ausmasse und Risikoanteile werden in Abbildung 85 gezeigt:

<b>2032+</b>	<b>Ausmasse At pro Situation</b>	<b>Massg. Risikoanteile Situationen</b>	<b>Massg. Risikoanteile Objekte</b>
<b>Q = 1 t</b>	Räumung At = 8 Arbeit At = 8 Bahn At = 5 Rest At: je <1	Arbeit	Räumung
<b>Q = 3 t</b>	Räumung At = 11 Arbeit At = 11 Bahn At = 10 Rest At: 3/ 3/ 3	Arbeit	Entsorgung, Räumung
<b>Q = 10 t</b>	Bahn At = 17 Räumung At = 16 Arbeit At = 16 Rest At: 8/ 7/ 8	Arbeit	Entsorgung, BLS IP flexibel

Abbildung 85 Massgebende Ausmasse und Risikoanteile (2032+)

Die grössten Ausmasse (Todesopfer im Ereignisfall) stammen von der Spezialsituation Räumung und Grundsituation Arbeit bzw. Spezialsituation Bahn bei Q = 10 t.

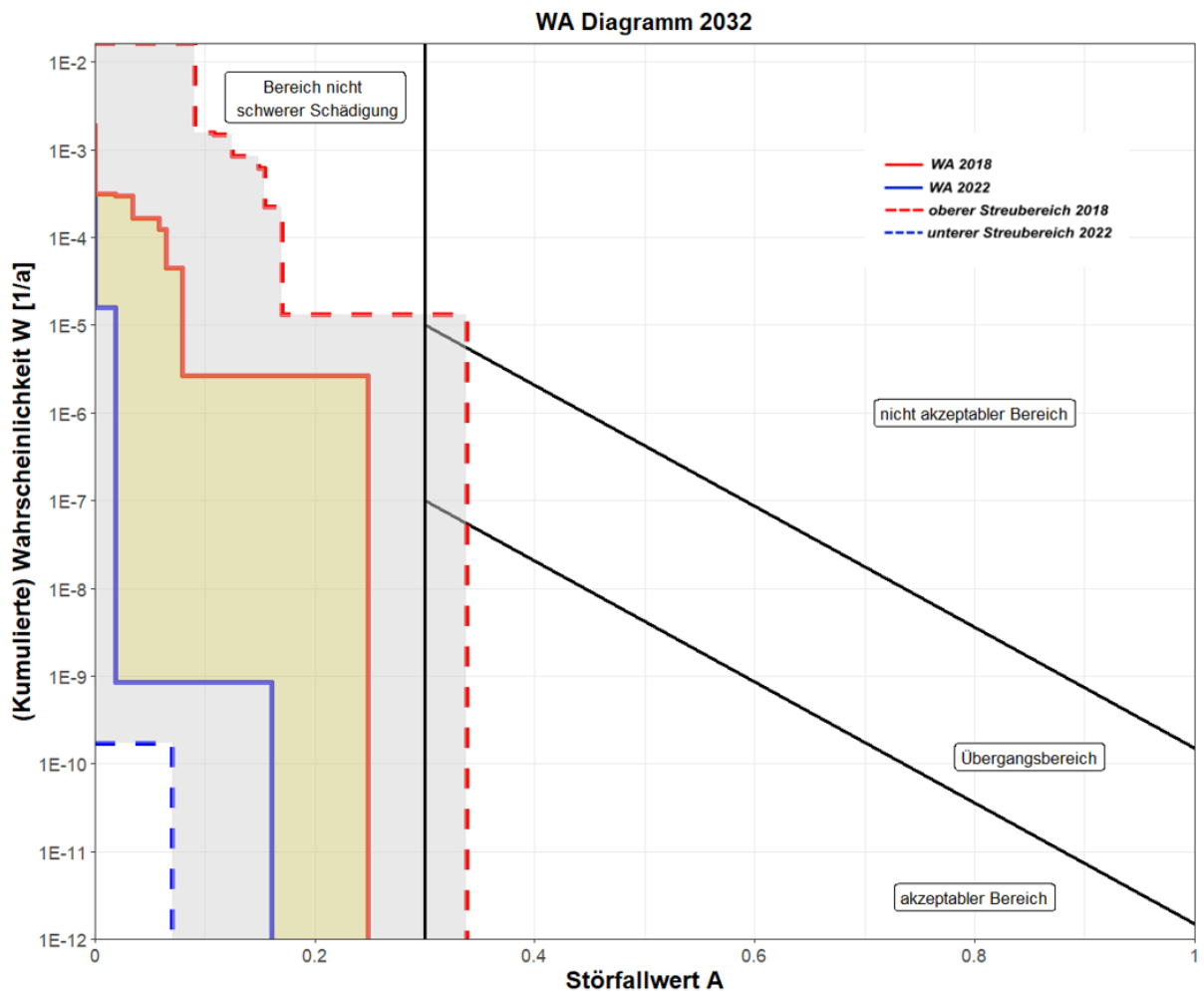


Abbildung 86 W/A-Diagramm (2032+)

Alle Summenkurven, welche sich aus der Kumulation der Ereignisgrößen ergeben, liegen im Bereich nicht schwerer Schädigung (Abbildung 86).

Dem Anhang D können die W/A-Darstellungen separat für die Bahn, die Strasse und Andere (Anwohner) entnommen werden. Für die Aufteilung der Summenkurve auf die drei Ereignisgrößen 1/ 3/ 10 t wird auf Anhang D verwiesen.

In folgender Tabelle (Abbildung 87) wird auf die maximalen individuellen Risiken der Bau-phase 2032+ eingegangen. Pro Ereignisgröße wird jeweils das maximale individuelle Risiko jeder Ereignisgröße mit jeweils den verwendeten Wahrscheinlichkeiten der RA 2018, 2020 und 2022 ausgewiesen.

Grenzwert WSUME [9]	RA	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
<b>Unbeteiligte Dritte</b> $r = 3 \times 10^{-6} / a$	2018	$r_{\max} = 8.0 \times 10^{-8} / a$ → OK	-	$r_{\max} = 1.2 \times 10^{-5} / a$ → Faktor 4 zu hoch
	2020	$r_{\max} = 5.3 \times 10^{-8} / a$ → OK	$r_{\max} = 8.0 \times 10^{-7} / a$ → OK	$r_{\max} = 8.0 \times 10^{-8} / a$ → OK
	2022	$r_{\max} = 8.0 \times 10^{-8} / a$ → OK	$r_{\max} = 4.0 \times 10^{-10} / a$ → OK	-
	Indiv.	Landwirtschaft SP	BLS IP flexibel	
<b>Indirekt Beteiligte</b> $r = 1.5 \times 10^{-5} / a$	2018	$r_{\max} = 1.2 \times 10^{-5} / a$ → Faktor 2 zu hoch	-	$r_{\max} = 2.3 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 15 zu hoch
	2020	$r_{\max} = 1.2 \times 10^{-5} / a$ → Faktor 1.3 zu hoch	$r_{\max} = 6.0 \times 10^{-5} / a$ → Faktor 4 zu hoch	$r_{\max} = 1.5 \times 10^{-6} / a$ → OK
	2022	$r_{\max} = 1.2 \times 10^{-5} / a$ → Faktor 2 zu hoch	$r_{\max} = 3.0 \times 10^{-7} / a$ → OK	-
	Indiv.	Entsorgung		

Abbildung 87 Individuelle Risiken gemäss WSUME [9] (2032+)

Die Grenzwerte unbeteiligter Dritter gemäss WSUME [9] werden nur bei einem 10 t Ereignis und der W RA 2018 überschritten.

Die maximalen individuellen Risiken indirekt Beteiligter stammen von der Entsorgung. Der Grenzwert indirekt Beteiligter gemäss WSUME [9] wird, je nach W und Ereignisgrösse, teilweise überschritten (wobei die effektiven Risiken ohne Mehrschichtbetrieb kleiner wären).

Weitere Erläuterungen zu den individuellen Risiken infolge des Ereignisses mit Q = 1 t:

- Unbeteiligte Dritte: Weil die Anwohner in den nächstgelegenen Häusern umgesiedelt wurden, sind die Grenzwerte der WSUME [9] eingehalten.
- Indirekt Beteiligte: Weil die Entsorgung aus betrieblichen Gründen möglichst nah bei der Räumung sein sollte, können die Grenzwerte der WSUME [9] nicht eingehalten werden. Ausserdem ist infolge des Splitterwurfs bei möglichen Kleinereignisse mit Q ca. 10 kg mit zusätzlichen individuellen Risiken zu rechnen. Schliesslich ist auch infolge der Tätigkeiten bei der Entsorgung selbst mit grösseren Risiken zu rechnen. Bei jener Betrachtungsweise wären die Individuen der Entsorgung dann aber direkt Beteiligte (vgl. Abschnitt 5.12.3).

Fazit: Aus sicherheitsmässiger Sicht ist die Entsorgung oder zumindest Teile davon mit ausreichender Distanz von der Räumstelle zu platzieren.

Die individuellen Risiken für Q = 3 und 10 t können infolge der kleinen Wahrscheinlichkeiten der RA 2022 vernachlässigt werden.

In folgender Tabelle (Abbildung 88) wird auf die kollektiven Risiken der Projektphase 2032+ eingegangen. Pro Ereignisgrösse und Eintretenswahrscheinlichkeit wird jeweils das tatsächliche sowie das empfundene kollektive Risiko und die gerundeten max. Kosten für Sicherheitsmassnahmen jeder Ereignisgrösse mit jeweils den verwendeten Wahrscheinlichkeiten der RA 2018, 2020 und 2022 ausgewiesen.



Kollektives Risiko R	W gem. RA	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
R tatsächlich	2018	$6.9 \times 10^{-3} / a$	-	$2.9 \times 10^{-3} / a$
	2020	$4.6 \times 10^{-3} / a$	$9.7 \times 10^{-4} / a$	$1.9 \times 10^{-5} / a$
	2022	$6.9 \times 10^{-3} / a$	$1.1 \times 10^{-6} / a$	-
R empfunden (mit Aversion)	2018	$4.6 \times 10^{-3} / a$	-	$6.5 \times 10^{-3} / a$
	2020	$3.1 \times 10^{-3} / a$	$9.7 \times 10^{-4} / a$	$4.3 \times 10^{-5} / a$
	2022	$4.6 \times 10^{-3} / a$	$2.2 \times 10^{-6} / a$	-
Max. Kosten für Sicherheitsmassnahmen ca.	2018	137'000 CHF / a	-	195'000 CHF / a
	2020	91'000 CHF / a	29'000 CHF / a	1'300 CHF / a
	2022	137'000 CHF / a	66 CHF / a	-

Abbildung 88 Kollektive Risiken gemäss WSUME [9] (2032+)

2032+ ergeben sich für das Ereignis mit Q = 1 t, wegen der grösseren Wahrscheinlichkeiten, die grössten kollektiven Risiken (mit Ausnahme des Ereignisses Q = 10 t mit W 2018). Diese sind als erhöht einzustufen. Sicherheitsmassnahmen müssen grundsätzlich geprüft werden. Die mit dem Grenzkostenprinzip ermittelten maximalen Kosten für Sicherheitsmassnahmen werden hier jedoch nicht weiter diskutiert.

#### Mögliche Massnahmen zur Kontrolle und Reduktion des Risikos sind:

- **Generell: Möglichst wenig Arbeiter während möglichst kurzer Zeit im Gefahrenbereich**
- Räumung: Mögliche Massnahmen werden situativ durch KAMIR getroffen
- Entsorgung: Möglichst grosse Distanz von der Räumung, zumindest für diejenigen Anlagen welche aus betrieblichen Gründen entkoppelt werden können.

### 5.14 Entsorgung

Mit dem aktuellen Stand der Planung können die Risiken bei der Räumung und Entsorgung nicht berechnet werden. Vorerst werden darum qualitative Überlegungen zur Entsorgung gemacht. Die Umweltrisiken werden mit dem Umweltverträglichkeitsbericht (UVB) ausgewiesen.

#### 5.14.1 Schnittstelle Räumung / Entsorgung

Die Schnittstelle zwischen Räumung und Entsorgung ist noch nicht definiert und dürfte auch nicht ganz scharf sein. Für die Risikoanalyse wird angenommen, dass von der Räumstelle folgendes zur Entsorgung kommt (untenstehende Definitionen sind ausschliesslich für Arbeiten, welche durch Fachpersonal ausgeführt werden<sup>10</sup>):

- S: Munitionsschrott (inert, d.h. enthält keine reaktionsfähigen Stoffe)
- TS: Transportsichere Munition
- HS: Handhabungssichere Munition
- BS: Berührungssichere Munition
- E: Explosivstoffreste (ohne Ummantelung)
- G: Gebinde / Verpackungen / Gestellkomponenten
- A: Aushub / Schutt (in unterschiedlichen Korngrössen)
- M: Munition (= TS + HS)

#### 5.14.2 Anlagen für die Entsorgung der Munitionsrückstände

Bei der Triage an der Räumstelle wird entschieden, welche dieser geräumten Stoffe wie weiter behandelt werden. Vereinfachend sind vorgesehen:

- Sprengplatz/-bunker: V.a. für berührungssichere Munition (i.d.R. Vorbehandlung notwendig)

<sup>10</sup> Beschreibung der Terminologie: Siehe Reglement 74.500 d Kampfmittelbeseitigung (KAMIBES)

- Untersuchung (bspw. Röntgen) und «size reduction»: U.a. Abtrennung von Zündern
- Panzerrohrofen / Thermische Entsorgung: Verbrennung von kleineren Munitionsstücken, Explosivstoffresten und Gebinden / Verpackungen
- Sortieranlage und nassmechanische Aufbereitung: Einzelne Stücke Munition und Schrott werden mit einem starken Magnet aus dem Aushub / Schutt «gezogen»

Schliesslich sind die Munitionsrückstände entweder inert oder transportsicher. Der Ablauf wird in Abbildung 89 schematisch visualisiert:

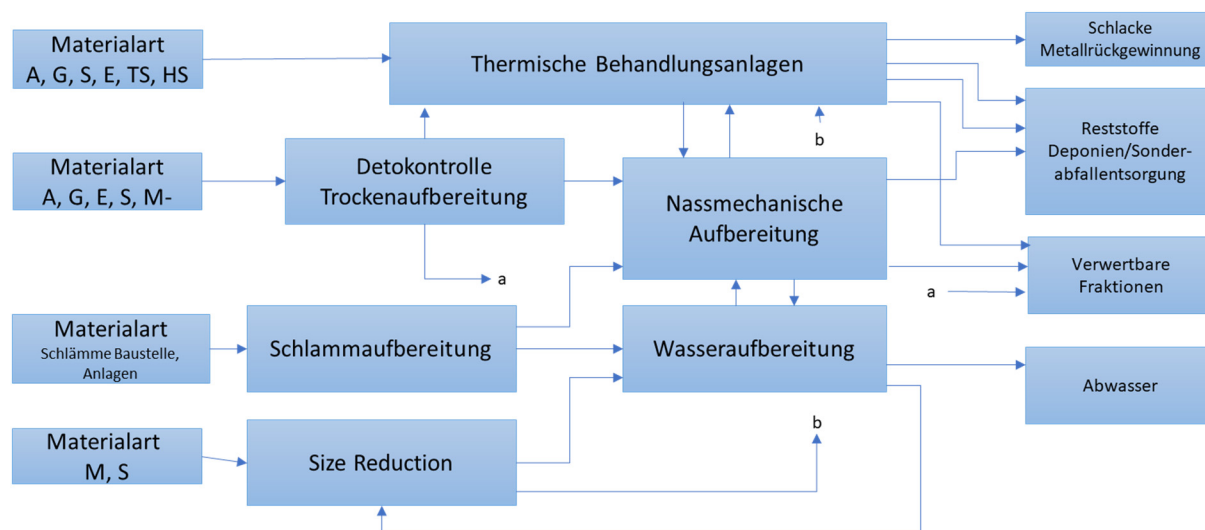


Abbildung 89 Allgemeines Schema der Entsorgung von Munition (S=Schrott, TS = Trsp sichere Mun, HS = Handhabungssichere Mun, BS = Berührungssichere Mun, A=Aushub, E=reine Explosivstoffe, G=Gebinde) M=Munition

Diese Elemente der Entsorgung werden im Anhang M kurz beschrieben.

Offen ist die Frage, wo diese Anlagen in Mitholz platziert werden. Aus betrieblichen Gründen wäre eine möglichst enge Anbindung an die Räumung wünschenswert. Allerdings würden dann die Entsorger auch den Risiken der Grossereignisse und der Räumung selbst ausgesetzt. Es ist darum zu empfehlen, dass gewisse Entsorgungsanlagen nahe bei der Räumung und andere Entsorgungsanlagen in sicherer Distanz erstellt werden.

Auch die Fragen, wie die Munitionsreste von der Räumstelle zu den Entsorgungsanlagen transportiert werden und wo kleine Zwischenlager gebaut werden müssen, sind noch offen.

Bezüglich Zwischenlager würde sich ein deutsches Feldlagerkonzept mit überschütteten ISO-Containern anbieten (vgl. Anhang M). Verstärkte ISO-Container werden mit einigen Metern Abstand platziert und mit Geröll oder zur Reduktion der Wirkungszonen mit Sand eingedeckt. Dadurch werden die Letalitätszonen gegen hinten und seitlich reduziert. Gegen die grösseren Zonen in Torrichtung können entweder Wälle angebracht oder im Fall von Mitholz die Anlage gegen den Berghang ausgerichtet werden. Gemäss dem deutschen Konzept wird bei einem Q von ca. 500 kg ein Sicherheitsabstand von gegen 200 m in Frontrichtung und gegen 100 m auf die anderen Seiten benötigt.

## **6            Veränderung der Risikosituation mit der Eventualplanung Überdeckung**

Die Eventualplanung Überdeckung ist eine Rückfallebene zur Räumung für den Fall, dass die Räumung aus politischen, technischen Gründen oder aus Sicherheitsgründen nicht umgesetzt bzw. weiterverfolgt werden kann. Spezifische Kriterien werden definiert und sind durch den Steuerungsausschuss abzunehmen.

Die Vorausmassnahmen und die Schutzmassnahmen müssen die Sicherheit ausreichend gewährleisten. Das bedeutet, dass das Risiko nach der Realisierung der Vorausmassnahmen und der Schutzmassnahmen gemäss Störfallverordnung im akzeptablen Bereich liegen muss.

### **6.1            Szenarien für Wechsel auf Eventualplanung Überdeckung**

Aus heutiger Sicht ist ein Wechsel auf die Eventualplanung nach Unfallereignissen bei Arbeiten mit erhöhter Gefährdung oder aus unüberwindbaren technischen Problemen bei der Räumung am wahrscheinlichsten:

- Sondiergrabungen 2022
- LSSB und Bohrungen in Hohlräume 2023
- Temporäre Verfüllung 2024
- Abbau der Fluh 2025-27
- Räumung 2031+

Die Überdeckung muss im Fall eines Umschwenkens mit den effektiv festgestellten Rahmenbedingungen beschrieben werden.

### **6.2            Nach der Überdeckung (Restrisiko)**

Neue Arbeiten (inkl. Simulationen – noch nicht abgeschlossen) zur Überdeckungshöhe zeigen, dass grob drei Zustände unterschieden werden müssen:

- IST-Zustand: Der kritische Punkt dürfte nicht die minimale Überdeckung in der Böschung sondern die Überdeckung der grossen vertikalen Klüfte entlang der Fluh sein. Damit diese ausreichend überdeckt werden könnten, wären entweder eine grosse Überschüttung (ca. 50 m) etwa wie in der RA VBS 2020 angegeben oder eine Verfüllung notwendig.
- Temporäre Verfüllung mit Blähton o.ä: Mit der Verfüllung kann die Gefährdung stark reduziert werden. Möglicherweise wären nur noch kleinere lokale Verstärkungsmassnahmen zur Eindämmung der Wirkungen nötig
- Nach dem Rückbau der Fluh: Wenn diese vertikalen Klüfte nicht mehr vorhanden sind könnte voraussichtlich eine kleinere Überdeckung die Explosionswirkungen ausreichend eindämmen. Erste Berechnungen ergeben etwa 35-40 m im südlichen Teil der Anlage und etwa 20 m im nördlichen Teil. Dieser Zustand dürfte auch für das Bauwerk des ASTRA entscheidend sein.

## **7 Externe Abhängigkeiten**

### **7.1 Ausbau Lötschberg-Basistunnel<sup>11</sup>**

Der 35 Kilometer lange Lötschberg-Basistunnel soll gemäss dem Willen des Parlaments auf einer Länge von 14 Kilometern zwischen Ferden und Mitholz bahntechnisch ausgebaut werden. Damit wäre der Tunnel auf 28 Kilometern doppelspurig befahrbar und nur noch auf sieben Kilometern einspurig. Die Pläne für diesen Teilausbau wurden 2020 in dem vom Bundesamt für Verkehr geleiteten Plangenehmigungsverfahren öffentlich aufgelegt. Ebenfalls arbeitet die BLS die Planung für den vollständigen Ausbau auf zwei Tunnelröhren weiter aus, damit diese Pläne bis Ende 2022 auf einem vergleichbaren Stand vorliegen wie jene des Teilausbaus.

Um beim Teilausbau die neue Tunnelstrecke bei Mitholz an den bestehenden Einspurabschnitt anzuschliessen, sind an der bestehenden Röhre umfangreiche Bauarbeiten nötig. Dafür muss der Tunnel acht Monate lang gesperrt werden. Aufgrund dieser langen Sperrung hat das Parlament den Bundesrat beauftragt, den vollständigen Ausbau des Tunnels, der ohne lange Totalsperre auskommt, nochmals zu prüfen. Die Resultate dazu wird der Bundesrat dem Parlament im Rahmen des Zwischenberichts zum STEP-Ausbau schritt 2035 unterbreiten.

Auf dieser Grundlage entscheidet das Parlament voraussichtlich Ende 2023, ob es am bereits beschlossenen Teilausbau festhalten will oder ob der Tunnel voll ausgebaut werden soll. Mit der Ausschreibung der Hauptarbeiten für den Teilausbau wartet die BLS deshalb bis zu diesem Zeitpunkt ab. Hingegen führt sie ab 2022 im Tunnel bereits gewisse Vorbereitungsarbeiten aus, die sowohl für den Teil- wie auch für den Vollausbau nötig sind.

Entscheidet sich das Parlament für den Teilausbau, beginnen die Bauarbeiten voraussichtlich 2025 und dauern bis Ende 2031. Die achtmonatige Sperrung ist gegen das Ende der Bauzeit vorgesehen. Während dieser Sperrung verkehren die Fernverkehrszüge über die Bergstrecke. Güterzüge werden über die Bergstrecke oder die Gotthardachse umgeleitet. Die Kapazitäten des Autoverlads und der Regio Express-Züge durch den Lötschberg-Scheiteltunnel bleiben unverändert. Bei einem Vollausbau wird eine entsprechende Projektänderung voraussichtlich Mitte 2023 öffentlich aufgelegt. Die Bauarbeiten dauern in diesem Fall von 2026 bis Ende 2033.

### **7.2 «Spitze Stei» (Kandersteg)**

Vom Gebiet «Spitze Stei» muss mit grossen Felsabbrüchen und Bergstürzen sowie deren Folgeprozesse wie Murgänge, Überflutung, etc. gerechnet werden. Die Gemeinde Kandersteg überwacht und untersucht das Gebiet «Spitze Stei» seit 2018.

Im Falle eines grösseren Abbruchs würde sich dieser in Richtung Oeschibach unterhalb des Oeschinensees ausbreiten. Nur bei sehr grossen Abbrüchen kann dabei der Oeschibach erreicht werden. Solch grosse Abbrüche werden aufgrund der aktuellen Messungen momentan nicht erwartet. Das Siedlungsgebiet ist durch die direkte Prozesseinwirkung nicht betroffen.

In den Berichten [16] zu den geologischen Verhältnissen in der Kaverne und möglicher Einwirkungen durch Naturereignisse in der Umgebung wurde auf einen möglichen grossen Bergsturz oberhalb der Öschinensees hingewiesen. Es handelt sich um ein instabiles Felsgebiet oberhalb des Öschinensees am Nordabhang des Doldenhorns, genannt „Spitze Stei“, das seit August 2018 durch den Kanton überwacht wird [19]. Volumensszenarien für die potentielle Sturzmasse variieren von 0.1 bis 15 Mio. Kubikmeter. Die Hangbewegungen haben sich im Winter 2018/2019 nicht wie erwartet beruhigt.

---

<sup>11</sup> Termine in Unterkapitel 7.1 entsprechen dem aktuellen Stand der Planung der BLS



Eine direkte Beeinträchtigung der Anlage Mitholz durch einen Bergsturz vom „Spitzen Stei“ kann ausgeschlossen werden, da der Abstand rund 6 km beträgt, und die Anlage Mitholz nicht in der Auslaufbahn des Bergsturzes ist, wie Auslaufmodellierungen bestätigen [20]. Hingegen ist aufgrund der grossen Kubatur mit Erschütterungen zu rechnen, bei denen es nicht klar ist, ob die sich negativ auf die Anlage Mitholz auswirken könnten. Es gilt daher in einer ersten groben Abschätzung zu beurteilen, wie gross diese Erschütterungen sein könnten. Ferner soll beurteilt werden, ob diese möglicherweise im verschütteten Bahnstollen zu Blockabstürzen oder Entlastung von Gebirgsspannungen und damit verbundenen Felsbewegungen führen könnten.

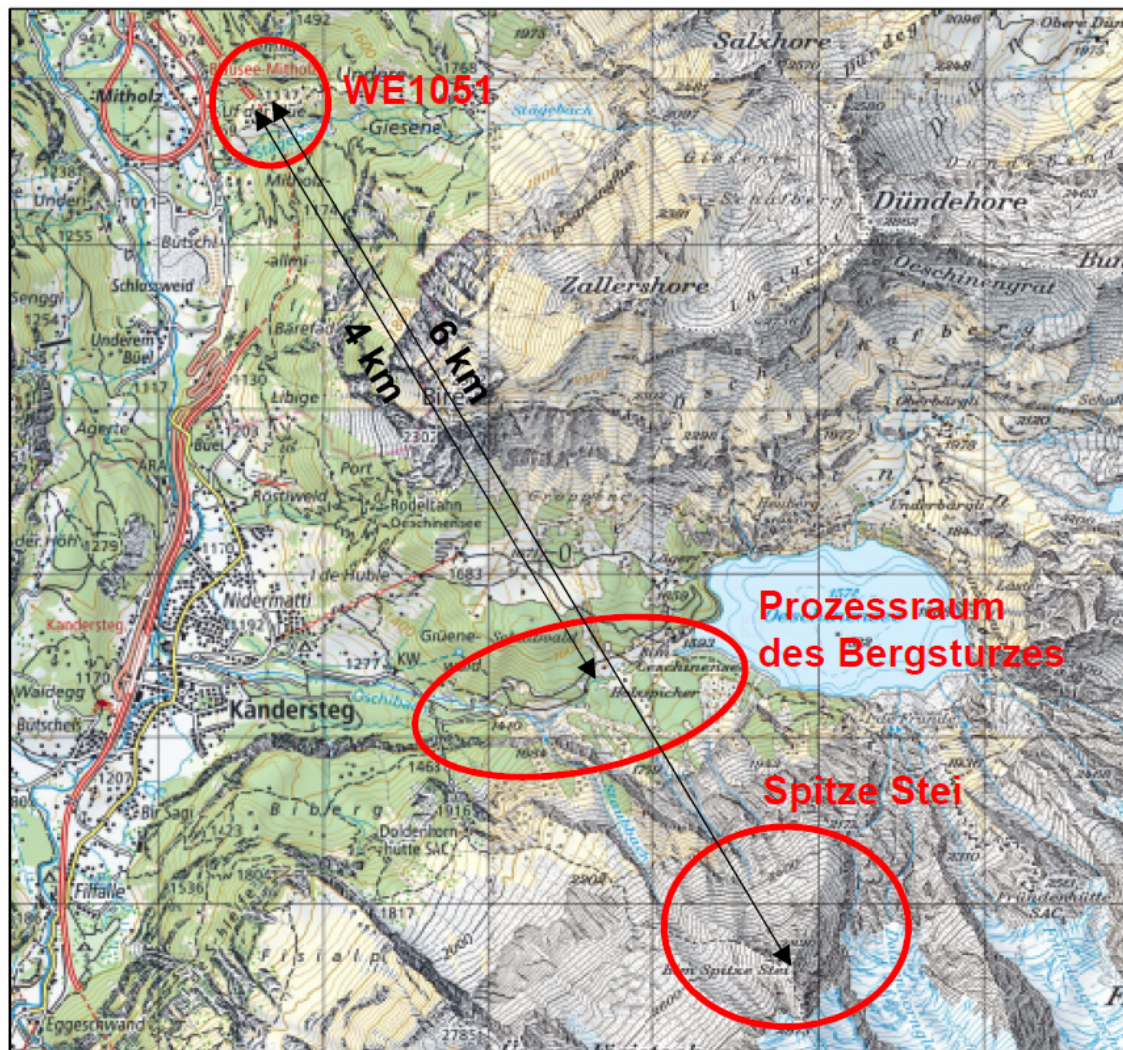


Abbildung 90 Situationsplan Anlage Mitholz WE1051, Hanginstabilität beim «Spitze Stei» und ungefährer Prozessraum des Bergsturzes.

Wochenaktuelle Lagebeurteilungen und Informationen können auf der Website der Einwohnergemeinde Gemeinde Kandersteg (<https://www.gemeindekandersteg.ch/spitze-stei>) eingesehen werden.

## 8 Festlegung Anlage-, Sicherheits- und Evakuationsperimeter für das Projekt

### 8.1 Kriterien und Grundlagen für die Festsetzung der Perimeter

Abhängig von den jeweiligen baulichen Tätigkeiten wie Einbau HD-Tor, Stahlbetonpfropfe, temporäre Verfüllung und Abbau der Fluh ergeben sich drei Phasen (IST-Zustand, verschütteter Bahnstollen temporär vollverfüllt und verschütteter Bahnstollen offen).

#### 8.1.1 Grundlage zur Definition des Evakuations- und Sicherheitsperimeters

Die Gefahrenzonen sind abhängig von den Tätigkeiten in und um die Anlage über die Zeitdauer deren Realisierung.

- **Massgebende Explosionswirkungen in der Phase 2022 bis 2024**  
In dieser Phase werden insbesondere der Stollentrümmerwurf und der Glasbruch infolge Luftstoss betrachtet.
- **Massgebende Explosionswirkungen in der Phase 2025 bis 2029**  
In dieser Phase wird nur der Kratertrümmerwurf betrachtet. Die Glasbruchzonen werden nicht betrachtet, da sie kleiner als die Kratertrümmerwurfzonen sind.
- **Massgebende Explosionswirkungen in der Phase 2030 bis 2040**  
In dieser Phase werden insbesondere der Splitterwurf, der Trümmerwurf u.a.m. sowie der Glasbruch infolge Luftstoss betrachtet.

Zur Definition der nachfolgenden Sicherheits- und Evakuationsperimeter werden die Wirkungszonen in der Abbildung 91 verwendet:

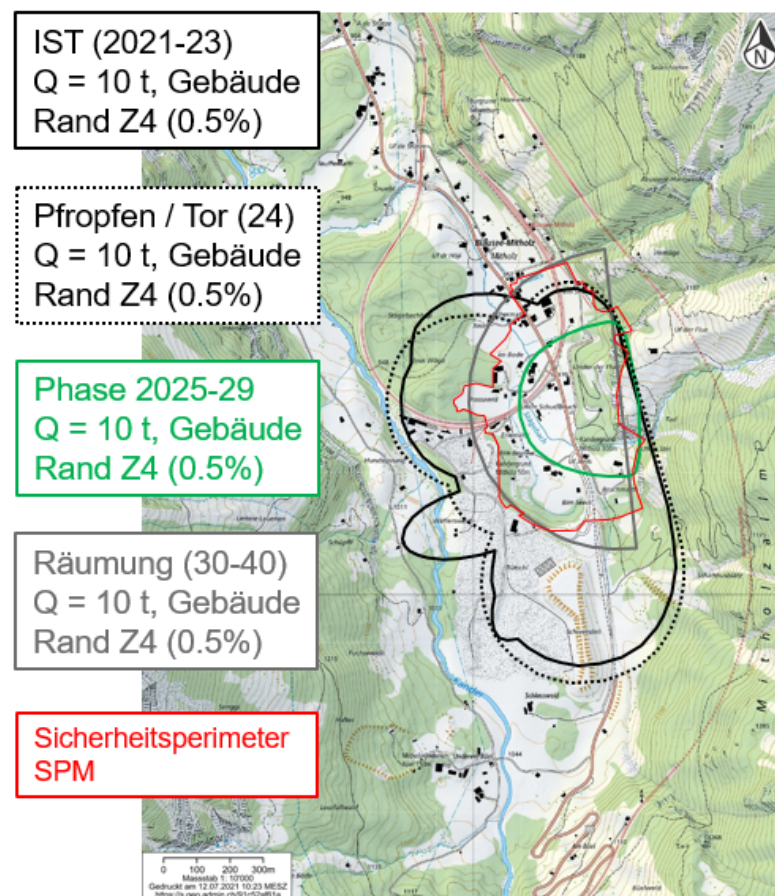


Abbildung 91 Massgebende Explosionswirkungen in Abhängigkeit des Anlagezustandes (IST-Zustand, verschütteter Bahnstollen temporär vollverfüllt und verschütteter Bahnstollen offen)  
(Stand 30.03.2022)



Diese phasenbezogenen unterschiedlichen Explosionswirkungen werden insbesondere verwendet, um **planbare Evakuationen** phasengerecht zu koordinieren. Aufgrund dieser Rahmenbedingungen werden drei Perimeter definiert:

- Anlageperimeter,
- Sicherheitsperimeter und
- Evakuationsperimeter.

### 8.1.2 Anlageperimeter

Die Räumprozesse mit grossen Munitionsmengen konzentrieren sich auf den verschütteten ehemaligen Bahnstollen sowie den direkt angrenzenden Schuttkegel vor der Anlage. Dieser Bereich bildet den gesicherten Anlageperimeter

Der Anlageperimeter wird westseitig durch die Bahn respektive durch die Nationalstrasse begrenzt. Oberhalb der Fluh berücksichtigt der Anlageperimeter die voraussichtliche Abbruchkante des Felsabbaus. Dieser Perimeter wird eingezäunt und ist nur mit einer Zutrittskontrolle für am Räumprozess beteiligtes Personal zugänglich.

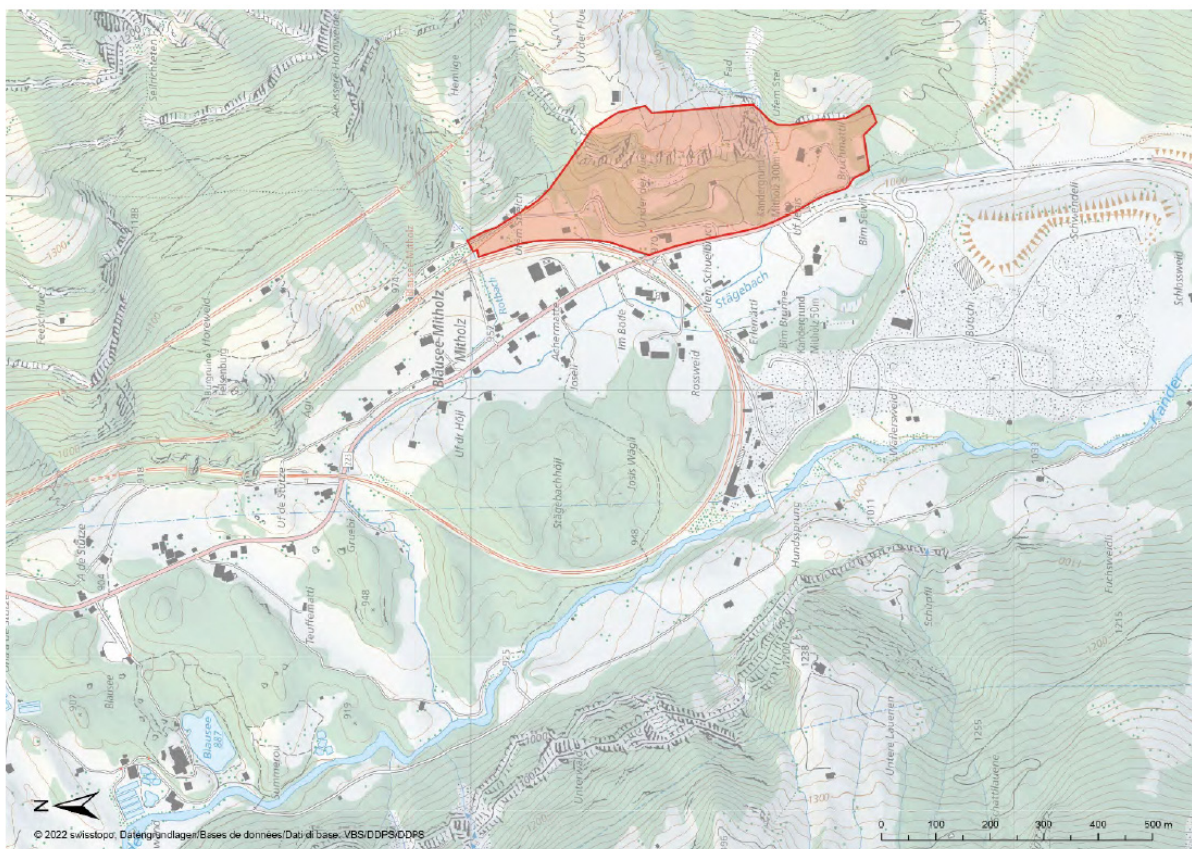


Abbildung 92 Anlageperimeter

### 8.1.3 Sicherheitsperimeter

Der Sicherheitsperimeter ist auf Basis der massgebenden Explosionswirkungen 2030 bis 2040, wenn die Munition freigelegt ist, definiert.

Das VBS wird sämtliche Grundstücke und die bewohnten Liegenschaften im Sicherheitsperimeter erwerben – dort ist die Gefahr zu gross für eine permanente Wohnnutzung.



Zur Definition des Sicherheitsperimeters werden nachfolgende Kenngrößen verwendet:

- **Ereignisgrösse**  $Q = 10 \text{ t TNT}$  mit Ereigniswahrscheinlichkeit  $W = 3 \times 10^{-4}$  pro Jahr
- **Expositionsdauer** für Personen im Gebäude = 100% (168 Stunden pro Woche x 52 Wochen)
- **Grenzwert individuelles Risiko** nach den Weisungen über das Sicherheitskonzept für den Umgang mit Munition und Explosivstoffen (WSUME) für **unbeteiligte Dritte** =  $3 \times 10^{-6}$  pro Jahr, dies entspricht einer Letalitätsgrenze von 0.5%.

Dadurch kann eine schwere Schädigung nach den Beurteilungskriterien zur Störfallverordnung (StFV) nach der Umsiedlung der Personen in diesem Perimeter während der Räumung ausgeschlossen werden und die Sicherheitskriterien für individuelle Risiken für unbeteiligte Dritte nach WSUME eingehalten werden.

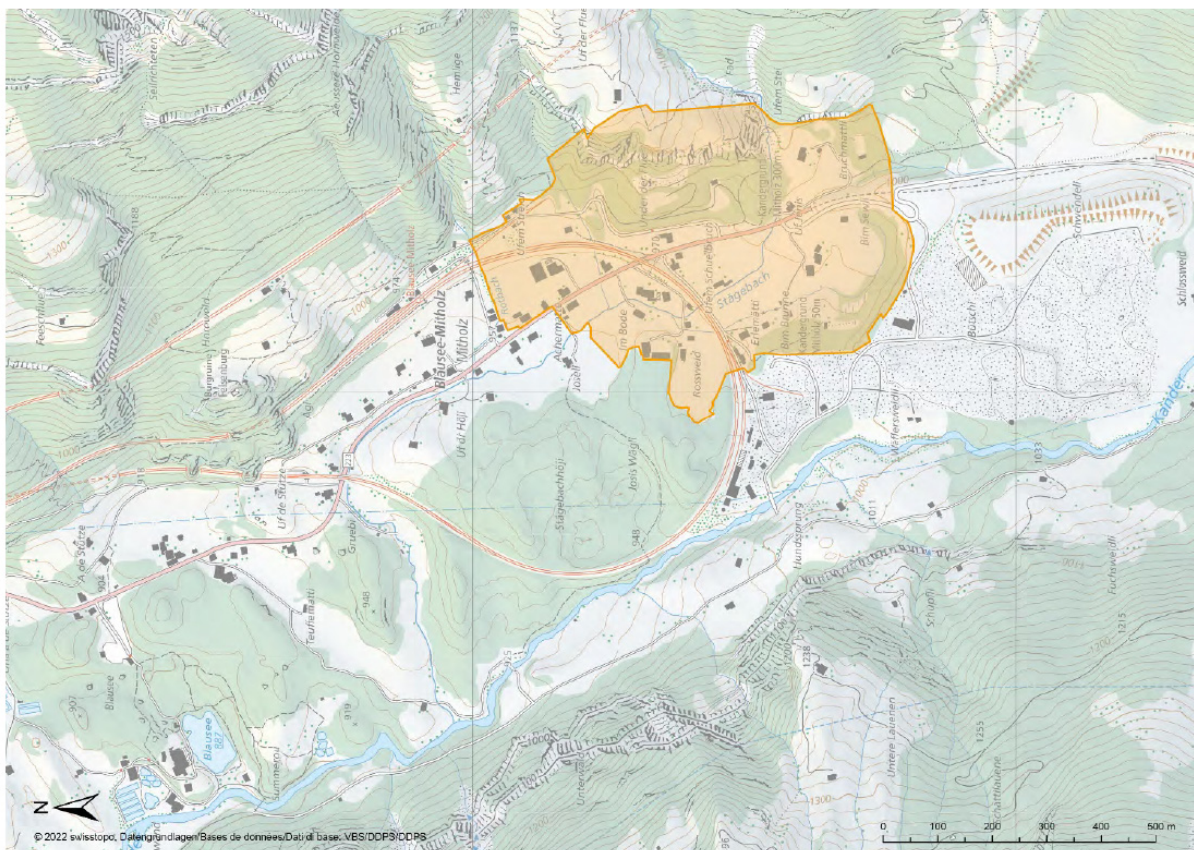


Abbildung 93 Sicherheitsperimeter

Bezüglich der temporären landwirtschaftlichen Nutzung wird auf Abschnitt 9.2.4 verwiesen.

### 8.1.4 Evakuationsperimeter

Der Evakuationsperimeter umschliesst den Sicherheitsperimeter. Der Evakuationsperimeter ist vor allem für nicht planbare Ereignisse definiert, insbesondere für Ereignisse, welche sich bspw. über das Mess- und Alarmierungssystem ankündigen (vgl. Kapitel 8.2.1). In diesem Perimeter kann es aber auch zu planbaren temporären Evakuierungen kommen. Der ost- und südseitig angepasste Evakuationsperimeter basiert auf dem Merkblatt «Empfehlungen zum richtigen Verhalten» des Amtes für Bevölkerungsschutz, Sport und Militär der Polizei- und Militärdirektion des Kantons Bern.

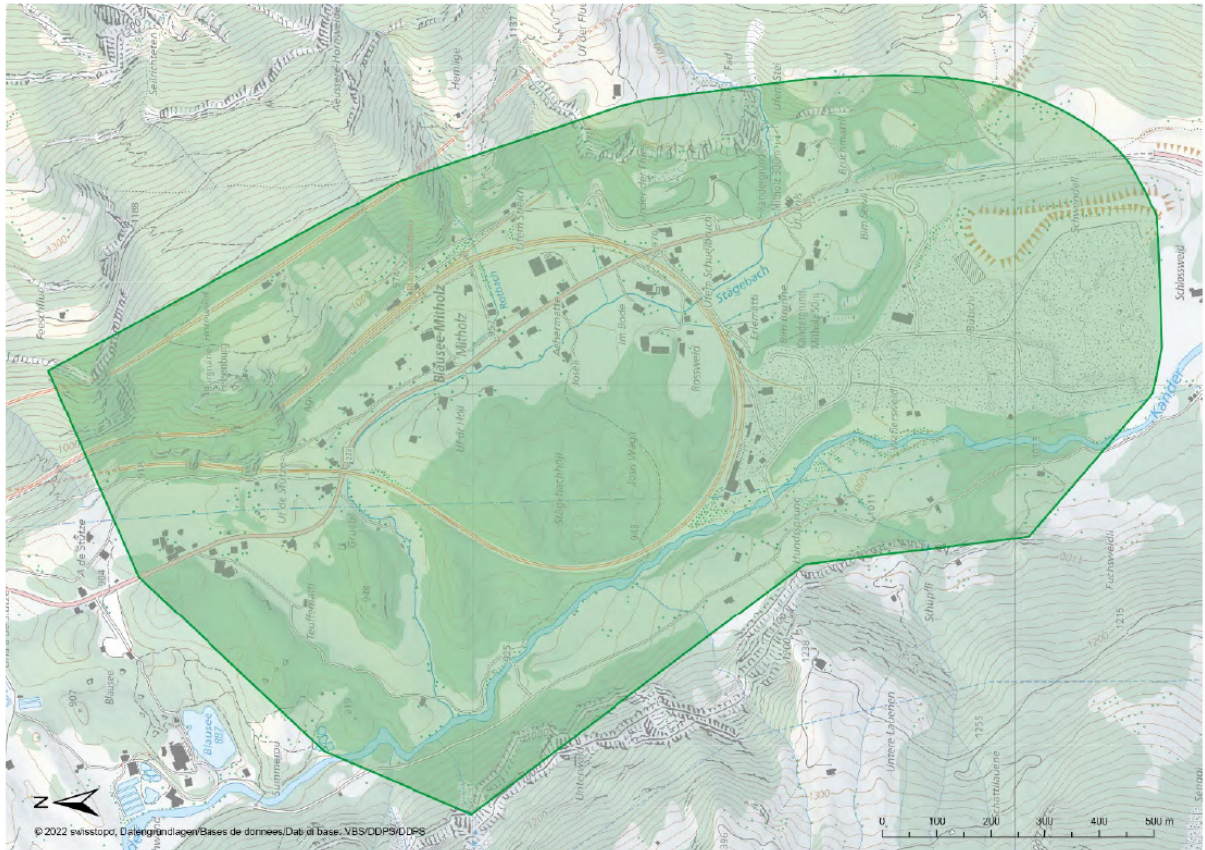


Abbildung 94 Evakuationsperimeter

Die Anlage-, Sicherheits- und Evakuationsperimeter sind mit den Fachstellen des Bundes, Bundesamt für Umwelt (BAFU) und des Kantons Bern, Kantonales Laboratorium Bern (KL Bern) und dem Kantonalen Führungsorgan (KFO) abgestimmt worden.



## 8.2 Kriterien und Grundlagen einer Gefahrenwarnung/Evakuuation

### 8.2.1 Mess- und Alarmierungssystem Mitholz

Die Anlage Mitholz verfügt seit Juni 2019 ein Mess- und Alarmierungssystem. Alles in allem wurden im verschütteten Bahnstollen 65 Sensoren zur Überwachung und Alarmierung eingebaut. Zur Überwachung werden nachfolgende Sensoren eingesetzt:

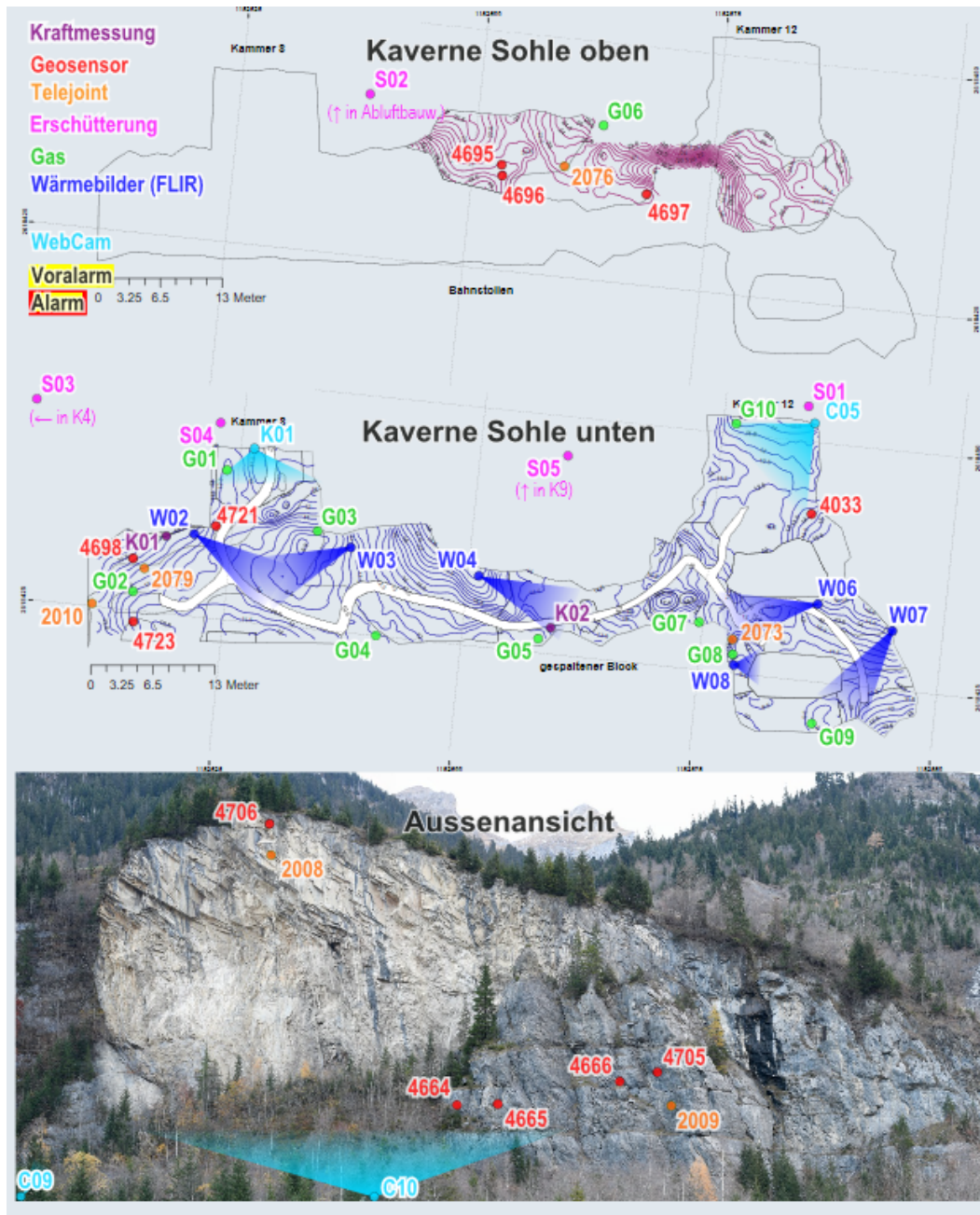





Abbildung 95 Visuelle Übersicht über die Sensoren des Mess- und Alarmierungssystems


- **Wärmebildkameras**
  - **Temperatur > 60°C während einer Minute** → Voralarm → Alarmzentrale Thun → Experten armasuisse WTE.
  - **Temperatur > 100°C während einer Minute** → Alarm → Alarmzentrale Thun → Regionale Einsatzzentrale KAPO Bern → Sirene im Dorf (Vorgehen gemäss Merkblatt des Kantons Bern) → Experten armasuisse WTE.

- **Geosensoren** (innen und aussen)
  - **Telejointmeter/Extensometer** → Voralarm → Alarmzentrale Thun → GS VBS, Raum und Umwelt und externe Experten (Geologen)
  - **Geosensoren** → Voralarm → Alarmzentrale Thun → GS VBS, Raum und Umwelt und externe Experten (Geologen)
  - **Kraftsensoren** (nur innen) → kein Voralarm → Alarmzentrale Thun → GS VBS, Raum und Umwelt und externe Experten (Geologen)
  - **Seismografen** (nur innen) → kein Voralarm → Alarmzentrale Thun → GS VBS, Raum und Umwelt und externe Experten (Geologen)
- **Gassensoren** (innen: NO, NO<sub>2</sub> und PH<sub>3</sub>) → Voralarm → Alarmzentrale Thun → Experten armasuisse WTE.
- **Videokameras**  
 Die Videokameras geben keine Voralarme/Alarmer weiter und dienen nur der Visualisierung bzw. als Mittel zur visuellen Unterstützung der Experten.
  - Videokamera auf Haupteingang
  - Videokamera auf Fluh
  - Videokamera bei Kammer 8 Richtung verschütteter Bahnstollen
  - Videokamera bei Kammer 12 Richtung verschütteter Bahnstollen
- **Brandmelder in der Anlage** (Anlageteile ohne verschütteter Bahnstollen)  
 Bei einem Brandereignis in der Anlage Mitholz ohne verschütteter Bahnstollen werden die Experten des VBS informiert, damit sie umgehend die Sensoren im verschütteten Bahnstollen überwachen können.

Kategorie	Sensor	Messung von	SUVA	Temp. [°C]	Messintervall	Innen	Aussen	Anzahl Sensoren	VA	A	AZ Thun (VA)	AZ Thun (A)
	Geosensor	Neigung [°]		X	1 Sek (30 Min) <sup>1</sup>	X	X	12	2°		K06 Voralarm aussen "Geo" K10 Voralarm innen "Geo"	
	Telejoint	Dehnung [mm]		X	1 Sek (30 Min) <sup>1</sup>	X	X	6	-2/2 mm -4/4 mm (TJ2010)		K06 Voralarm aussen "Geo" K10 Voralarm innen "Geo"	
	Kraft	Kraft [kN]			5 Min	X		2				
	Erschütterung	Erschütterung			Millisekunden	X		5			Visualisierungsplattform	

Kategorie	Sensor	Messung von	SUVA	Temp. [°C]	Messintervall	Innen	Aussen	Anzahl Sensoren	VA	A	AZ Thun (VA)	AZ Thun (A)
	NO	NO [ppm]	25 ppm		stetig (15 Sek) <sup>2</sup>	X		10	40 ppm		K11 Voralarm innen "Gas"	
	NO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub> [ppm]	3 ppm		stetig (15 Sek) <sup>2</sup>	X		10	15 ppm		K11 Voralarm innen "Gas"	
	PH <sub>3</sub>	PH <sub>3</sub> [ppm]	0.2 ppm		stetig (15 Sek) <sup>2</sup>	X		10	2 ppm		K11 Voralarm innen "Gas"	

Kategorie	Sensor	Messung von	SUVA	Temp. [°C]	Messintervall	Innen	Aussen	Anzahl Sensoren	VA	A	AZ Thun (VA)	AZ Thun (A)
	FLIRcam	Temperatur [°C]		X	durchgehend <sup>3</sup>	X		6	> 60° C und 1 Min	> 100° C und 1 Min	K08 Voralarm innen "Wärme 60°" K09 Alarm innen "Wärme 100°"	

Kategorie	Sensor	Messung von	SUVA	Temp. [°C]	Messintervall	Innen	Aussen	Anzahl Sensoren	VA	A	AZ Thun (VA)	AZ Thun (A)
	Webcam					X	X	4				

1) Bei den GeoSensoren / Telejoint ist das Messintervall 1 Sekunde bei Bewegungen. Im Ruhezustand, d.h. unter dem Grenzwert gibt es eine Aufzeichnung alle 30 Minuten.

2) Die Gassensoren messen stetig und die Auslösung der Alarmer vor Ort ist «unabhängig» von der Übermittlung.

Die Messwerte werden auch zusätzlich Sensor-Intern aufgezeichnet für den Fall das es bei der Datenübertragung mal ein Problem geben würde.

Neu müssen die Grenzwerte in untenstehender Kombination 30 Sek anstehen bevor der Voralarm weitergeleitet wird.

Für einen Gasalarm müssen folgende Kriterien erfüllt werden:

- NO: NO+NO<sub>2</sub> => 30 Sek lang => K11 Voralarm innen "Gas"

- NO<sub>2</sub>: NO<sub>2</sub>+PH<sub>3</sub> => 30 Sek lang => K11 Voralarm innen "Gas"

- PH<sub>3</sub>: Zwei benachbarte PH<sub>3</sub> Sensoren sprechen an => K11 Voralarm innen "Gas"

3) Bildübertragungsintervall der FLIR Kamera = 1 Min zur Alarmierungsplattform

Abbildung 96 Übersicht über die Sensoren des Mess- und Alarmierungssystems mit Grenzwerten

Sämtliche Sensorwerte sind über eine Visualisierungsplattform für die zuständigen Experten 24 h / 365 Tage einsehbar. Die Daten werden in einem externen Rechenzentrum abgespeichert. Die Übertragung der Alarmierung in die Alarmzentrale Thun ist redundant (Fix-Net und LTE) ausgelegt.

Die einzigen Sensoren, welchen einen Alarm weitergeben und die Sirene im Dorf Mitholz ertönen lassen sind die Wärmebildkameras.

Die Auslösung und Aufhebung der Evakuierung infolge Geologie erfolgt durch die Experten (Geologen) und der Alarmorganisation VBS zusammen mit dem Kantonalen Führungsorgan (KFO).

Die Auslösung und Aufhebung der Evakuierung infolge Gasmessung erfolgt durch die Experten der armasuisse WTE und der Alarmorganisation VBS zusammen mit dem Kantonalen Führungsorgan (KFO).

Das Mess- und Alarmierungssystem Mitholz aber auch die Alarmierung wird nach den Bedürfnissen der jeweiligen Bauphasen stets angepasst und modernisiert.

## Übersicht über die Alarmierungsabläufe Voralarm und Hauptalarm

Voralarm (Geosensoren, Gassensoren und Wärmebildkameras)



Abbildung 97 Abläufe Voralarm

## Alarm (Wärmebildkameras)

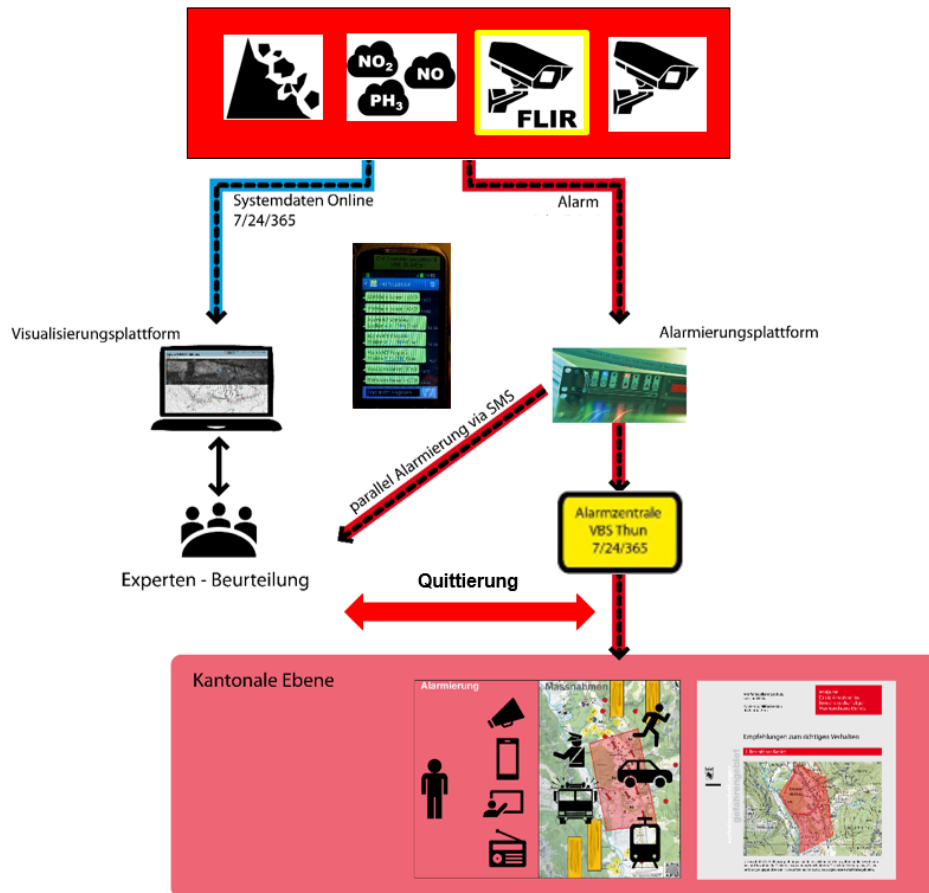


Abbildung 98 Abläufe Alarm

Das Vorgehen für die Bevölkerung ist im Merkblatt für die Anwohner im Bereich des ehemaligen Munitionslagers Mitholz, Version 2 (4.2019) umschrieben. Die Aufhebung der Gefahrenwarnung erfolgt nach Beurteilung durch die Experten der armasuisse WTE und der Alarmorganisation VBS zusammen mit dem Kantonalen Führungsorgan (KFO). In der nachfolgenden Abbildung 99 werden die Alarmabläufe inkl. Sperrung Bahn und Strasse dargestellt.

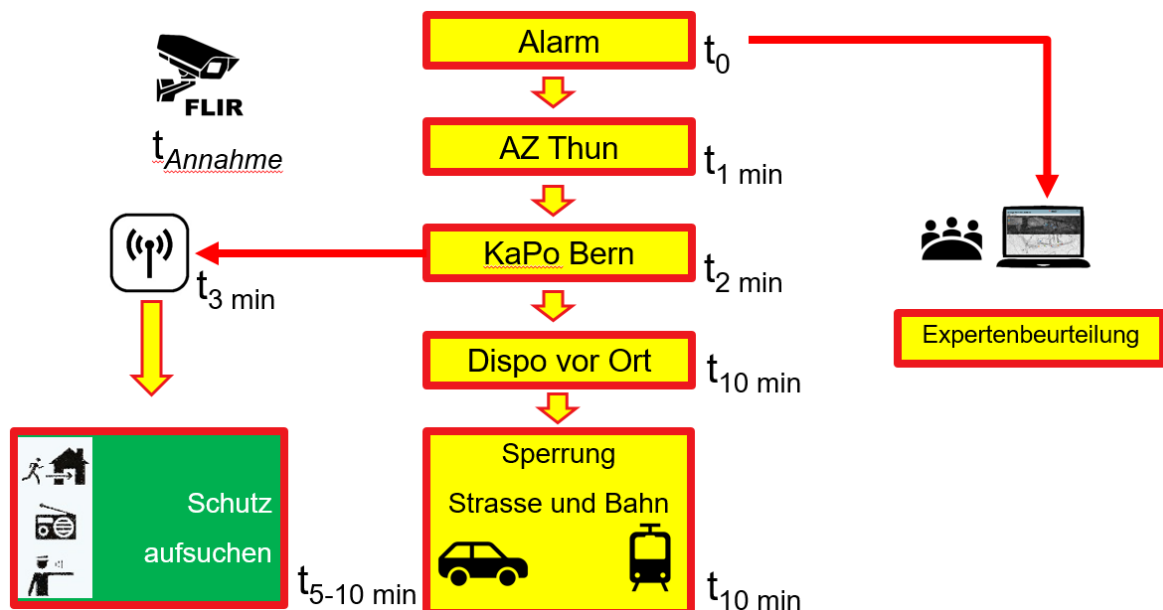


Abbildung 99 Abläufe Alarm über Regionale Einsatzzentrale REZ KAPO Bern vor Ort

### **8.2.2 Anpassungen aktive Messungen zur Erfassung risikoverändernden Faktoren Installationen 2022**

Seit 2019 ist das Mess- und Alarmierungssystem mit geringfügigen Anpassungen in Betrieb. Sämtliche Anlageteile (Sensoren, Messaufnehmer, Datenübertragungen, Datenspeicher, Alarmierung) werden regelmässig überprüft, gewartet und wo notwendig ersetzt.

Im Verlauf der Jahre 2022 und 2023 werden umfassende Anpassungen am Mess- und Alarmierungskonzept notwendig. Es werden folgende Phasen unterschieden:

#### **Phase I: Vor den Clusterbohrungen**

Die Clusterbohrungen werden ausgehend von auf der Fluh schräg in den Fels und teilweise bis in den Bahnstollen getrieben. Zur Erfassung und Überwachung der Erschütterung in der bestehenden Anlage und von Bewegungen der Felsoberfläche werden zusätzliche Erschütterungsmessgeräte und Geosensoren, sowie Telejoints im Bahnstollen und der Anlage, sowie an der Felswand installiert.

Zusätzlich wird in dieser Phase eine Meteostation auf der Fluh installiert

Die Phase I ist von anfangs Frühling 2022 bis anfangs Sommer 2022 vorgesehen.

#### **Phase II: Vor lokalen Schutzmassnahmen Steinschlag Bahnstollen (LSSB)**

Für die LSSB, aber auch die spätere Teilverfüllung müssen im Boden des Bahnstollens Messsysteme für den Druck und die Verformungen, sowie die Temperatur installiert werden, um allfällige Veränderungen der Verfüllung oder der herrschenden Bedingungen in der Verfüllung feststellen zu können. Zur Anwendung gelangen Druckkissen (Druck) und Faseroptik-Leitungen (Dehnung), beide mit Temperaturfühlern bestückt.

Gleichzeitig werden weitere Kraftsensoren bei Klüften im Bahnstollen und Luftfeuchtigkeitssensoren im Gewölbe eingebaut.

Die heute vorhandenen Gassensoren ( $\text{NO}_x$  und  $\text{PH}_3$ ) werden nach der LSSB an einem passenden Standort im verschütteten Bahnstollen weiterbetrieben. Zusätzlich werden in der restlichen Anlage Gassensoren ( $\text{CH}_4$  und  $\text{O}_2$ ) erweitert, damit Methan aus Klüften hinter der inneren Verkleidung in der teilstillgelegten Anlage sowie Luftsauerstoff gemessen werden können. Die Wärmebildkameras bleiben so lange wie möglich in Betrieb (trotz geringerer Aussagekraft aufgrund der Überdeckung durch die LSSB).

Zur Messung der tiefen Veränderungen im Gebirge während den Bohrungen und später während dem Rückbau soll die Bodenunruhe durch seismische Messungen detektiert werden. Mittels fotografischen Bildaufnahmen der Felswand und einer Photogrammetrieauswertung können Verschiebungen und Bewegungen in der Felswand erfasst werden.

Die Phase II ist von anfangs Frühling 2022 bis Ende Herbst 2022 vorgesehen.

#### **Phase III: Vor Temporärer Verfüllung**

Die Messungen von Druck und Verformung werden am Boden wo notwendig ergänzt. Zudem werden Verschiebungen im Gewölbe des Bahnstollens durch weitere faseroptische Kabel gemessen.

Die Phase III ist von anfangs Frühling 2023 bis Ende Herbst 2023 vorgesehen.



## 9 Vorgaben für die einzelnen Lieferobjekte im Projekt

### 9.1 Vorausmassnahmen

Um die vorhandenen Ausgänge des unterirdischen Stollensystems zu schliessen, sind innerhalb der Anlage als Schutzmassnahmen zwei Stahlbetonpfropfen und ein Druckabschluss mit Hochdrucktor zu realisieren.

#### 9.1.1 Zeitlicher Ablauf der Realisierung der Vorausmassnahmen

Die Vorausmassnahme **Hochdrucktor** wird **2023/24** realisiert.

Die **Stahlbetonpfropfen** Notausfahrt und Notausgang Süd werden **2024** realisiert.

Der Stahlbetonpfropfen **Bahnstollen** sowie die **Schutznetze Explosion** werden nicht realisiert

#### 9.1.2 Druckabschluss mittels Hochdrucktor und Stahlbetonpfropfen Notausfahrt und Notausgang Süd

Die folgende Abbildung 100 zeigt die zu realisierenden Schutzmassnahmen innerhalb der ehemaligen Munitionsanlage Mitholz.

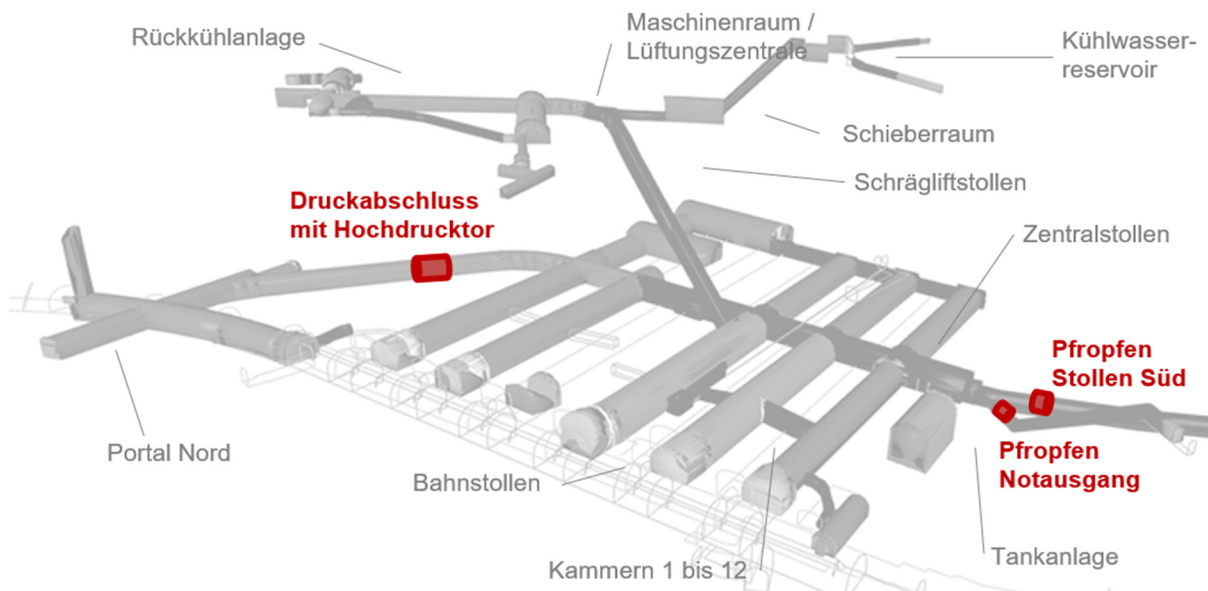


Abbildung 100 3D-Visualisierung der baulichen Schutzmassnahmen innerhalb der Anlage

Der Stahlbetonpfropfen im Bahnstollen wird nicht realisiert, da auch ohne diesen Pfropfen keine relevanten Wirkungen in Richtung Nord (Bhf. Mitholz) entstehen.

Das bestehende Stollensystem ist gemäss obiger Abbildung 100 im Verkehrsstollen Nord mittels eines Hochdruck-Schiebetors zu verschliessen.

Für die Realisierung der Stahlbetonpfropfen und das HD-Tors werden nachfolgende Bemessungsvorgaben definiert:

- Stahlbetonpfropfen Stollen Süd und Notausgang: **25 bar**,
- Hochdrucktor: **15 bar**,
- Stahlbetonpfropfen Bahnstollen: **Verzicht**,
- Öffnungen Kammer 7 und 11 (35 m<sup>2</sup> und 42 m<sup>2</sup>), Abbildung 101.

Die detaillierten Vorgaben für die Bemessung des Hochdrucktors, der Pfropfen im Süden, sowie des Pfropfens im Bahnstollen finden sich in der Präsentation «Druckbelastung in der Anlage Mitholz: Ergänzende Simulationen» Anhang G



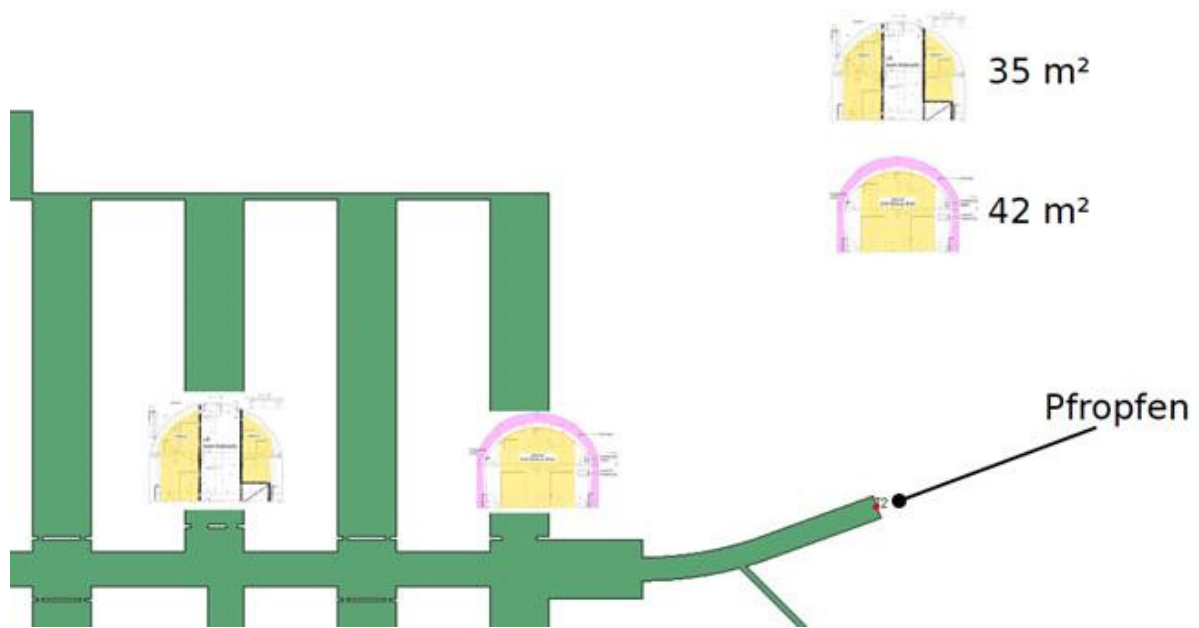


Abbildung 101 Öffnungen Kammer 7 (35 m<sup>2</sup>) und Kammer 11 (42 m<sup>2</sup>)

Für die Torabmessungen im Hochdrucktor wurden im Vorprojekt drei Varianten untersucht:

Variante A: LKW mit Personenzugang

- Lichte Torbreite 3.00 m
- Lichte Torhöhe 3.60 m
- Personenzugang lichte Torbreite 0.8 m, lichte Torhöhe 1.85 m

Variante B: Gabelstapler

- Lichte Torbreite 1.60 m
- Lichte Torhöhe 2.50 m

Variante C: Lieferwagen Typ «IVECO Daily»

- lichte Breite 2.5 m
- lichte Höhe 3.00 m

**Im Bauprojekt 2023 wird die Variante C realisiert.**

Als Standort des HD-Tores ist neben der Lage im Verkehrsstollen Nord, welcher die Erschliessung der Anlage über das Portal Nord bedeutet, auch ein Standort im Stollen Süd über das Portal Süd als Variante untersucht worden. Am 16.02.2021 hat die Projektleitung Mitholz auf Grund der Risikobetrachtung entschieden, den Standort im Verkehrsstollen Nord zu realisieren.

### 9.1.3 Schutznetz Explosion ausserhalb der Anlage

Die Schutznetze werden nicht realisiert. Durch die temporäre Hohlraumverfüllung werden die Trümmerwurfzonen bis zum Rückbau der Fluh reduziert.

## 9.2 Schutzmassnahmen Strasse, Bahn und Bevölkerung

Nach Art. 3 der Störfallverordnung ist der Inhaber eines Betriebs verpflichtet, alle zur Verminderung des Risikos geeigneten Massnahmen zu treffen, welche nach dem Stand der Sicherheitstechnik verfügbar, aufgrund seiner Erfahrung ergänzt und wirtschaftlich tragbar sind.

In der Risikoanalyse VBS 2020 wird für die Schutzbauten Strasse und Bahn grundsätzlich mit einem Widerstand von 3000 kJ gegen Trümmerwurf gerechnet. Zwei wichtige Gründe bei der Festlegung dieses Schutzniveaus waren wie folgt:

- Die Schutzbauten Strasse und Bahn können grundsätzlich als Stahlbetonkonstruktion oder als Netzsystem ausgebildet werden. Abklärungen mit der Firma Geobruagg haben ergeben, dass Steinschlag-Netze zwar bei idealen Bedingungen max. ca. 10'000 kJ kinetische Energie auffangen können, dass aber für Galerien gegen Trümmerwurf nur max. ca. 3000 kJ realistisch sind. Dieser Wert wurde auch für die Stahlbetonkonstruktion übernommen, da sich ebenfalls zeigte, dass diese mit vertretbarem Aufwand nicht beliebig viel mehr Energie aufnehmen können. Vergleiche z.B. die BAFU-Publikation «Schutz vor Massenbewegungsgefahren». Dabei ist zu beachten, dass Trümmer i.d.R. leichter, aber deutlich schneller sind.  
→ Das Schutzniveau von 3000 kJ befindet sich im oberen Bereich der technischen Machbarkeit.
- Auf der Basis der kartografierten Trümmer nach dem Ereignis von 1947 konnte aus dem Fundort und der Grösse deren Einschlagenergie abgeschätzt werden (vgl. Anhang F). Es zeigte sich, dass es im ganzen Vorfeld der Anlage ca. 30 Blöcke gab, deren Energie wahrscheinlich über 10'000 kJ betragen hatte, und dass knapp 30 Trümmer eine Energie zwischen 1000 und 10'000 kJ hatten. Allerdings dürften nur ganz wenige dieser Trümmer, wenn überhaupt, aus einem Krater stammen. Die meisten dieser Trümmer liegen klar in Bereichen mit Stollentrümmerwurf. Aus obigen Angaben kann die Trefferwahrscheinlichkeit für die Verkehrsträger berechnet werden. Für den Zustand nach 2030 werden diese Trümmerdichten als konservativ eingestuft.  
→ Bei einem Grossereignis von ca. 10 t TNT-Ersatzmenge würden die 3000 kJ keinen absoluten Schutz bieten. Allerdings ist nicht damit zu rechnen, dass es bei jedem Ereignis zu einem Treffer und bei jedem Treffer zu grossen Ausmassen kommt. Bei kleineren Ereignissen ist die Schutzwirkung besser.

Auf Grund der viel kleineren Wahrscheinlichkeiten resp. Risiken muss dieses Schutzniveau resp. die Länge der Schutzbauten kritisch hinterfragt werden.

Es wird aber davon ausgegangen, dass zur Vermeidung von grossen Ausmassen nach wie vor Schutzbauten notwendig sein werden. Zwar sind die Wahrscheinlichkeiten resp. Risiken sehr klein, aber auch mit relativ grossen Unsicherheiten behaftet. Die Vermeidung von grossen Ausmassen ist sowohl in den Beurteilungskriterien zur StfV [10] als auch in den WSUME [8] ein wichtiger Faktor (sogenannte Aversion).

Zudem sollten die Schutzbauten auch auf die Gefahrenperimeter abgestimmt werden. Es wäre kaum verständlich, wenn z.B. keine Schutzbauten erstellt würden, aber die Bevölkerung umgesiedelt würde, oder umgekehrt, wenn die Schutzbauten viel weiterführenden Schutz bieten würden als die Gefahrenperimeter.

Schliesslich wird davon ausgegangen, dass die Schutzbauten nicht wiederholten Treffern standhalten müssen. Nach einem Grossereignis würde wahrscheinlich ein Räumstopp verordnet, um die Situation und zusätzliche Sicherheitsmassnahmen zu evaluieren und eine Wiederholung zu verhindern.

Generell sind die Ausführungen zu den Schutzbauten aber noch nicht als abschliessend zu betrachten und könnten bei Bedarf noch weiter vertieft werden.

### 9.2.1 Schutzgalerie Bahn (Geometrie/Länge)

Gemäss dem bisherigen Stand (RA 2020) würde die Galerie bei einem 10t-Ereignis über alle TLM-Letalitätszonen [8] maximalen Schutz (3000 kJ) bieten (vgl. Abbildung 102 links). Zukünftig soll die Schutzgalerie verkürzt geführt werden, d.h. sie deckt neu nur noch die TLM-Letalitätszonen [8] 1-3 (für Q = 10 t). Für das 1t-Ereignis besteht damit nach wie vor ein Schutz über alle TLM-Letalitätszonen [8] hinweg. Für das 3t-Ereignis bleibt lediglich ein vernachlässigbarer Teil nicht geschützt.

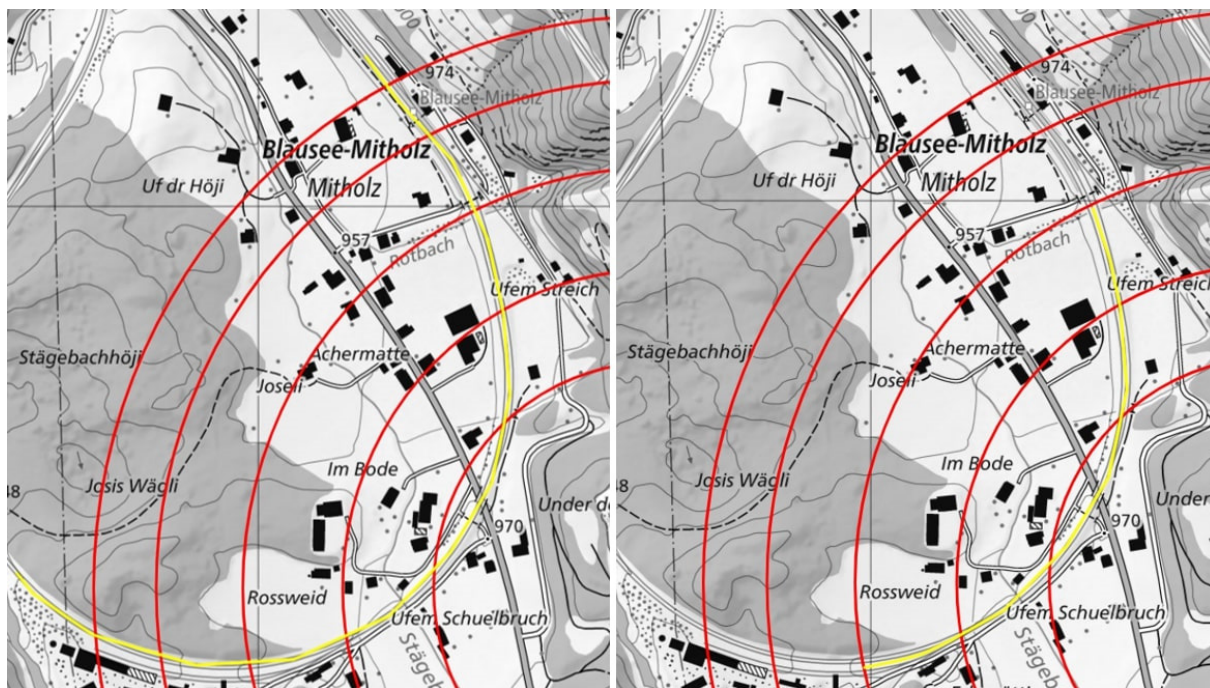


Abbildung 102 Schutzbaulänge Bahn (in Gelb) des bisher projektierten Schutzbaus Bahn (links) und der verkürzten zukünftigen Variante (rechts). In Rot werden die zu erwartenden Freifeld Trümmerwurfstrahlen für ein 10t-Ereignis ab 2030 gezeigt.

Die Verkürzung basiert auf der Überlegung, dass ein 10t-Ereignis in den äusseren beiden Zonen (Letalität < wenige %) kaum substanzielle und störfallrelevante Ausmasse generiert, in den Zonen 1-3 hingegen schon (vgl. Anhang C für die Ausmasse und F für die allg. Überlegungen der Schutzbauten). Dies trifft auch auf den Fernverkehr (geplante Umleitungen vom Lötschberg Basistunnel) zu.

Das maximale Ausmass wird gemäss Anhang F bei der Bahn für den Regionalverkehr mit ca. 8 Opfern quantifiziert, das Ausmass im Ereignisfall wäre deutlich kleiner, da der Bahnkorridor nicht bei jedem Ereignis von Trümmern > 3000 kJ getroffen würde, und selbst bei einem Treffer des Korridors nicht in jedem Fall ein Zug betroffen wäre.

Für Fernverkehr könnten die Ausmasse zwar deutlich grösser werden. Da aber eine weitere Verstärkung der Schutzbaute fast nicht möglich scheint, soll mit einer Alarmierung das Aufahren von Zügen auf die möglicherweise eingedrückte resp. durchschlagene Galerie und die Vorbereiche mit allfälligen Trümmern auf den Schienen verhindert werden.

Das Schutzniveau soll im Kernbereich 3000 kJ und in den Randbereichen etwa 1500 kJ betragen. Auch dies wäre für Fernverkehr gleich.

### 9.2.2 Geschützte Umfahrungsstrasse (Geometrie/Länge)

Der Schutzbau für die Strasse erfolgt unmittelbar vor der Anlage als Tagbautunnel / Galerie und im Norden als (bergmännischer) Tunnel gemäss Abbildung 103. Zwar sind die Ausmasse nicht so gross wie bei der Bahn, aber damit die Strasse auch nach einem Ereignis

möglichst unbeschädigt genutzt werden kann, wird ebenfalls mit 3000 kJ Trümmerenergie gerechnet. Dabei liegt der Bereich Tagbautunnel / Galerie im Bereich der Zonen 1 und 2 für  $Q = 10$  t. Das Schutzniveau soll in den Zonen 1 und 2 3000 kJ und in der Zone 3 1500 kJ betragen.

Abbildung 103 Verlauf Schutzbau Strasse (in blau). In Rot werden die zu erwartenden Freifeld Trümmerwurf-  
radien für ein 10t-Ereignis ab 2030 gezeigt.

### 9.2.3 Wegzug der Bevölkerung im Anlage- und Sicherheitsperimeter sowie Einschränkungen im Evakuationsperimeter

Die Liegenschaftskäufe und Umzüge werden bis spätestens 2030 abgeschlossen sein. Für den Bau der Schutzbauten für Strasse und Bahn müssen erste Bewohnerinnen und Bewohner ab 2025 ihre Häuser verlassen. Bereits ab dem geplanten Beginn der Vorbereitungs-massnahmen muss in diesem Gebiet jedoch mit Einschränkungen wie temporären Evakuie-rungen gerechnet werden. Für die Erstellung der Schutzbauten und den für die Räumung notwendigen Abbau der Fluh braucht es Grossbaustellen mit schwerem Material.

<sup>12</sup> Falls ein Bus getroffen würde, wären die Ausmasse zwar grösser, aber die Wahrscheinlichkeiten kleiner.



Diese unvermeidlichen Beeinträchtigungen verringern die Lebensqualität in Mitholz für die Dauer bis zum Abschluss der Räumung. Daher unterstützt das VBS weiterhin alle Bewohnerinnen und Bewohner innerhalb des gesamten Evakuationsperimeters, wenn diese einen Wegzug wünschen.

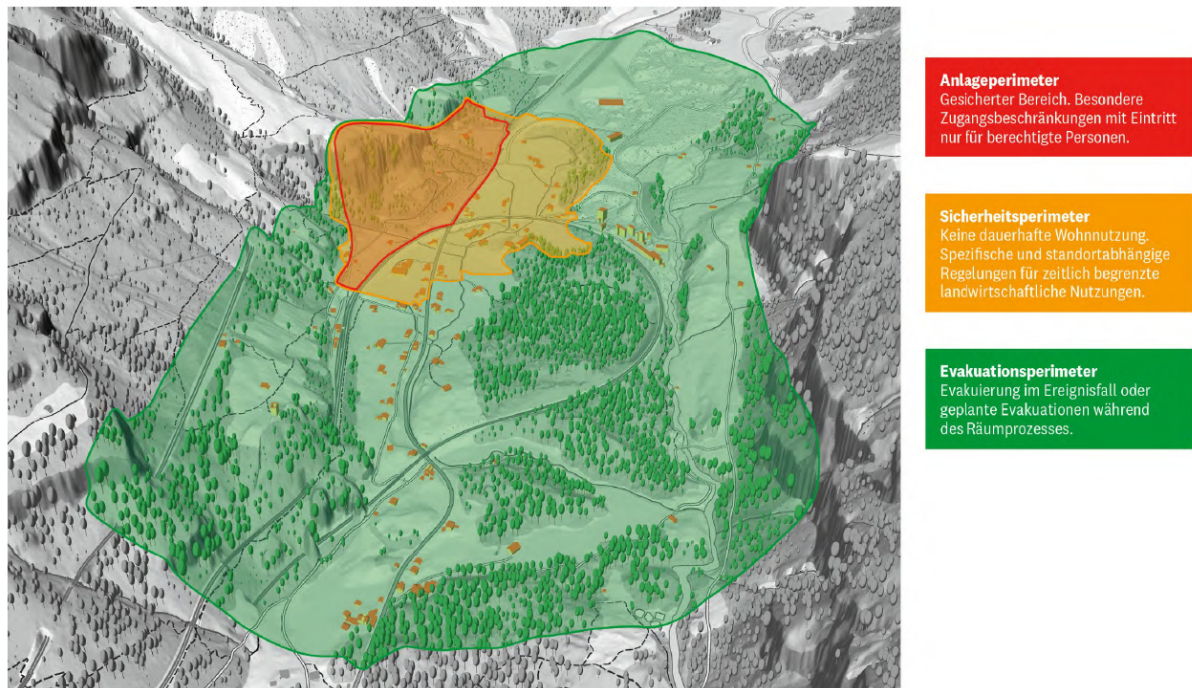


Abbildung 104 Anlage-, Sicherheits- und Evakuationsperimeter

#### 9.2.4 Vorgaben für die Bewirtschaftung der Flächen und der Liegenschaften innerhalb des Sicherheitsperimeters

Im Sicherheitsperimeter wird eine landwirtschaftliche Bewirtschaftung unter Auflagen möglich sein. Bei der Definition der Vorgaben für die Bewirtschaftung wird das VBS den vielfältigen Ansprüchen so weit als möglich Rechnung tragen. Unter Berücksichtigung der jeweiligen Gefahrenexposition werden spezifische und standortabhängige Regelungen für zeitlich begrenzte landwirtschaftliche Nutzungen erarbeitet.

## 10 Literaturverzeichnis

- [1] Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI, "Beurteilung der Risikoanalyse VBS 2022, Ehemaliges Munitionslager Mitholz", Entwurf, Mai 2022.
- [2] armasuisse Wissenschaft und Technologie W+T, „Erläuterung der Tätigkeiten im Rahmen eines Untersuchungskonzepts für die Erstellung der Risikoanalyse 2022 zugunsten Projekt Mitholz,“ 2021.
- [3] Dynamic Phenomena GmbH, "Simulation of sympathetic detonation between buried cased TNT-based explosive charges", 30. Mai 2022
- [4] Dynamic Phenomena GmbH, „Zusammenfassung der Begründungen der Wahrscheinlichkeit für die Risikoanalyse Mitholz 2022,“ 2021.
- [5] P. Eichenberger, „Explosion Blausee-Mitholz - Beschrieb der Tätigkeiten nach dem Ereignis - Bericht Eichenberger,“ Thun, 1949.
- [6] Dynamic Phenomena GmbH, „Bestimmung von Ereigniswahrscheinlichkeiten und Abschätzung von Maximalereignissen im ehemaligen Munitionslager Blausee-Mitholz,“ 2021
- [7] armasuisse S+T, Explosives and Ammunition Surveillance, „Ammunition Investigations Mitholz Expert Workshop,“ 2020.
- [8] GS-VBS, IOS/OSI, „Technische Richtlinien für die Lagerung von Munition (TLM) Teil 2 (Rev. 2016): Sicherheitsbeurteilung von Munitionslagern (TLM 2010/Teil 2)“, Bern, 2016.
- [9] Schweizer Armee - CdA, „Weisungen über das Sicherheitskonzept für den Umgang mit Munition und Explosivstoffen (WSUME) Gültig vom 1. Januar 2021 – 31. Dezember 2025,“ 2021.
- [10] Schweizerischer Bundesrat, „Verordnung über den Schutz von Störfällen (Störfallverordnung StFV) vom 27. Februar 1991 (Stand 1. August 2019),“ 2019.
- [11] Bundesamt für Umwelt BAFU, „Beurteilungskriterien zur Störfallverordnung (StFV) Ein Modul des Handbuchs zur Störfallverordnung (StFV),“ 2018.
- [12] Kdo KAMIR, „Bestimmung der Standorte von Sondiergrabungen,“ 2021.
- [13] CSD Ingenieure AG, „armasuisse - Mitholz WE 1051 Abbaubarkeit des Dreispitzes,“ 2020.
- [14] Generalsekretariat VBS. Raum und Umwelt VBS, "Ehemaliges Munitionslager Mitholz, Risikoanalyse VBS 2022 – Addendum", 3. Mai 2022
- [15] Bienz, Kummer & Partner AG, „TLM 75/Teil 2 - Revision technische Anhänge - Grundlagen für die Expositionsanalyse,“ GS-VBS, IOS/OSI, Bern, 2000.
- [16] CSD Ingenieure AG, „Mitholz EW 1051 Geologie und Munition, Kaverne – Geologischer Bericht,“ 2019.
- [17] Geobruigg, „Schutzmassnahmen Mitholz - Steinschlag Bahnstollen,“ Romanshorn, 2021.
- [18] NATO HQ, Brussels, „NATO - Allied Ammunition Storage and Transport Publication (AASTP) Manual on Explosives Safety Risk Analysis Part II: Technical Background AASTP-4, Edition 1, Version 4,“ 2016.
- [19] J. H. Nils Hählen, „Spitze Stei' Kandersteg – Grundlagenbericht Gefahrenmanagement, Interner Bericht Amt für Wald des Kantons Bern,“ 2018.
- [20] CSD Ingenieure AG, „Mitholz EW 1051 Beurteilung der Erschütterungen durch Bergsturz Spitze Stei – Geologischer Bericht Naturgefahren,“ 2019.