



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Verteidigung,
Bevölkerungsschutz und Sport VBS
Generalsekretariat VBS
Raum und Umwelt VBS

04.11.2020

Ehemaliges Munitionslager Mitholz

Risikoanalyse VBS 2020

Management Summary

Im Februar 2020 führte das Eidgenössische Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (VBS) in Bern einen Workshop mit internationalen Experten aus den Bereichen Risikoanalyse und Munitionsräumung durch. Aufgrund der daraus gewonnenen Erkenntnisse wurden weitere Untersuchungen zur Bildung von Kupferazid in den Zündern gemacht, was mutmasslich eine der Ursachen für das Explosionsunglück vom Dezember 1947 war. Weiter wurden numerische Simulationen und Versuche durchgeführt, um genauere Erkenntnisse zur Explosionsübertragung zu erhalten. In verschiedenen Begehungsräumen konnten zudem weitere Erkenntnisse zur mutmasslichen Lage der Munition gesammelt werden. Es fehlen jedoch weiterhin gesicherte Informationen zum teilverschütteten Bereich vor den Kammern 8 – 12 (Sektor C), in dem die grösseren Munitionsrückstände vermutet werden. Diese Informationen können voraussichtlich erst gewonnen werden, wenn der Zugang zu diesem Bereich nach dem Abtrag des «Dreispitz», eine Felsformation vor der Anlage, möglich ist.

Aufgrund der Erkenntnisse aus dem internationalen Workshop vom Februar 2020 sowie den Untersuchungen zum Kupferazid und den numerischen Simulationen aktualisierte die Expertengruppe des VBS die Risikoanalyse. Infolge der als kleiner eingeschätzten Übertragungswahrscheinlichkeiten im vorhandenen Munitions- und Gesteinsgemenge stuften die Experten die Wahrscheinlichkeit insbesondere des Ereignisses mit 10 Tonnen TNT-Ersatzmenge als deutlich kleiner ein als 2018 und gehen neu von einem Ereignis mit 3 Tonnen TNT-Ersatzmenge als massgebend risikorelevantem Ereignis aus. Diese Einschätzung führt zu Risiken, welche sowohl für die Variante Räumung als auch für die Option Überdeckung, mit Ausnahme der Umleitung des BLS Fernverkehrs über die Bergstrecke, bis vor Raumbeginn resp. dem Abschluss der Überdeckung im Übergangsbereich des W/A-Diagrammes nach der Störfallverordnung liegen.

Das VBS hat die Risikoanalyse wiederum dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) zur Beurteilung unterbreitet. Gestützt auf ein Gutachten des Fraunhofer Instituts, EMI, kommt das BAFU zum Schluss, dass weiterhin Szenarien möglich sind, die für ein Ereignis mit 10 Tonnen TNT-Ersatzmenge nicht akzeptable Risiken nach Störfallverordnung ergeben. Es erachtet deshalb die Einschätzung der Experten des VBS als im Moment zu optimistisch.

Aufgrund der immer noch bestehenden Wissenslücken insbesondere zur Lage der Munition in Teilen des verschütteten Bahnstollens basiert das VBS für die weitere Planung auf der konservativeren Einschätzung, womit ein Ereignis mit 10 Tonnen TNT-Ersatzmenge und der Wahrscheinlichkeit aus der Risikoanalyse VBS 2018 ($3 \times 10^{-4} / \text{a}$) massgebend bleibt.

Mit dieser Einschätzung liegen die Risiken bei der Variante Räumung in der Phase bis zum derzeit geplanten Räumbeginn 2031 im nicht akzeptablen Bereich. Insbesondere die geplante Umleitung der Fernverkehrszüge der BLS über die Bergstrecke beim Weicheneinbau erzeugt sehr grosse Ausmasse und Risiken. In der Risikoanalyse VBS 2020 wird von einer Umleitung im Jahr 2028 ausgegangen. Gemäss aktuellem Planungsstand der BLS erfolgt die Umleitung jedoch etwas später (2029 oder 2030). In Anbetracht der Risiken ist zwingend, dass bei Räumbeginn die Bevölkerung weggezogen ist sowie Schutzbauten für die Verkehrswege erstellt und somit die Verkehrsteilnehmer auf Bahn und Strasse geschützt sind. Die Risiken der eigentlichen Räumarbeit konnten noch nicht vollständig quantifiziert werden, aber die individuellen Risiken der Räumequipe werden die Grenzwerte in den WSUME (Weisungen über das Sicherheitskonzept für den Umgang mit Munition und Explosivstoffen) gemäss heutigem Kenntnisstand überschreiten.

Die Option Überdeckung wird in der Risikoanalyse VBS 2020 als eigenständige Variante risikomässig beurteilt. Gemäss dem aktuellen politischen Beschluss wird sie aber nur dann umgesetzt, wenn die Räumung aus technischen Gründen oder aus Gründen der Sicherheit nicht weiterverfolgt bzw. abgebrochen wird. Die Risiken der Option Überdeckung liegen für

die Phase bis zu deren Abschluss 2032 in der gleichen Größenordnung wie diejenigen für die Variante Räumung.

Ehemaliges Munitionslager Mitholz – Risikoanalyse VBS 2020

Inhaltsverzeichnis

Management Summary	2
1 Einleitung	6
1.1 Ehemaliges Munitionslager Mitholz	6
1.2 Risikoanalyse VBS 2018	7
2 Risikoanalyse VBS 2020	8
2.1 Zielsetzung	8
2.2 Einschätzung der Experten VBS	8
2.3 Beurteilung BAFU der Experteneinschätzung VBS	9
2.4 Fazit für die Risikoanalyse VBS 2020	9
3 Beurteilung IST-Zustand 2020	10
3.1 Internationaler Workshop 2020	10
3.2 Analysen Kupferazid	10
3.3 Numerische Simulationen und skalierte Explosionsversuche	12
3.4 Verteilung der Munition in den verstürzten Anlagenteilen	12
3.5 Ergebnisse der Vermessungsarbeiten	14
3.6 Diskussion IST-Zustand und Einordnung der Ergebnisse	16
3.7 Ergebnisse Wasserüberwachung	17
4 Entwicklung der Risikosituation – Teil 1 (VBS Experten)	18
4.1 IST-Zustand gemäss Risikoanalyse 2020	18
4.1.1 IST-Zustand 2020	18
4.1.2 Fazit IST-Zustand 2020	26
4.2 Quantitativer Nachweis Wirksamkeit Vorausmassnahmen	27
4.2.1 Vorausmassnahmen gemäss Expertengruppe VBS	27
4.2.2 Vorausmassnahmen mit Dämmen und Netzen	32
4.2.3 Fazit zu den Vorausmassnahmen	40
4.3 BLS Installationsplatz 2022	40
4.3.1 Risikoabschätzung BLS Installationsplatz 2022	40
4.3.2 Fazit zum Installationsplatz BLS	45
4.4 Variante Räumung	46
4.4.1 Vor der Realisierung	46
4.4.2 Fazit zur Phase vor der Räumung	57
4.4.3 Während der Realisierung	58
4.4.4 Fazit zur Phase der Räumung	62
4.4.5 Nach der Realisierung	62
4.5 Option Überdeckung	62
4.5.1 Vor der Realisierung	63
4.5.2 Während der Realisierung	63
4.5.3 Fazit zur Phase Überdeckung	71
4.5.4 Nach der Realisierung (Restrisiko)	72
4.6 Evakuierungsszenarien und Sicherheitskonzept	72
5 Entwicklung der Risikosituation – Teil 2 (Nach Beurteilung BAFU/EMI)	73
5.1 IST-Zustand gemäss Risikoanalyse 2020 – Teil 2	73
5.1.1 IST-Zustand 2020 – Teil 2	73
5.1.2 Fazit IST-Zustand 2020 – Teil 2	76
5.2 Quantitativer Nachweis Wirksamkeit Vorausmassnahmen – Teil 2	77
5.2.1 Vorausmassnahmen gemäss Expertengruppe VBS – Teil 2	77
5.2.2 Vorausmassnahmen mit Dämmen und Netzen – Teil 2	80
5.2.3 Fazit zu den Vorausmassnahmen – Teil 2	83
5.3 BLS Installationsplatz 2022 – Teil 2	84

5.3.1	Risikoabschätzung BLS Installationsplatz 2022 – Teil 2.....	84
5.3.2	Fazit zum Installationsplatz BLS – Teil 2.....	87
5.4	Variante Räumung – Teil 2	88
5.4.1	Vor der Realisierung – Teil 2.....	88
5.4.2	Fazit zur Phase vor der Räumung.....	95
5.4.3	Während der Realisierung – Teil 2.....	96
5.4.4	Fazit zur Phase der Räumung – Teil 2	98
5.4.5	Nach der Realisierung – Teil 2.....	98
5.5	Option Überdeckung – Teil 2	98
5.5.1	Vor der Realisierung – Teil 2.....	99
5.5.2	Während der Realisierung – Teil 2	99
5.5.3	Fazit zur Phase Überdeckung – Teil 2	105
5.5.4	Nach der Realisierung (Restrisiko) – Teil 2	106
5.6	Evakuierungsszenarien und Sicherheitskonzept	106
6	Qualitative Beschreibung der risikomässig kritischen Zeitabschnitte	107
7	Zusammenfassung der Resultate	108

Anhang

A	Grundlagen Geologie
B	Wirkungen Felsanlage
C-1	Kollektives Risiko – Teil 1 (VBS Experten)
C-2	Kollektives Risiko – Teil 2 (Nach Beurteilung BAFU/EMI)
D-1	Individuelles Risiko – Teil 1 (VBS Experten)
D-2	Individuelles Risiko – Teil 2 (Nach Beurteilung BAFU/EMI)
E-1	W/A Diagramme – Teil 1 (VBS Experten)
E-2	W/A Diagramme – Teil 2 (Nach Beurteilung BAFU/EMI)
F	Wirkungen Räumung
G-1	Risikoverlauf – Teil 1 (VBS Experten)
G-2	Risikoverlauf – Teil 2 (Nach Beurteilung BAFU/EMI)
H	Überdeckung

1 Einleitung

1.1 Ehemaliges Munitionslager Mitholz

Im Zweiten Weltkrieg war in Mitholz (Gemeinde Kandergrund, Kanton Bern) 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 Flue.

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 beizogenen 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 (vgl. Kapitel 3.2).

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 Armeeapotheke die Anlage als Pharmaproduktions- und Lagerstandort. Die Armee betrieb zudem darin von 1987 bis 2018 eine Truppenunterkunft.

2018 wurde im Auftrag des VBS eine neue Risikobeurteilung durchgeführt. Sie kam zum Schluss, dass die Wahrscheinlichkeit und das mögliche Ausmass einer Explosion heute deutlich höher einzuschätzen seien als bisher angenommen wurde.

Am 27. Juni 2018 beauftragte der Bundesrat das VBS, eine Arbeitsgruppe zu bilden, die für die weiteren Abklärungen und die Prüfung der risikosenkenden Massnahmen verantwortlich ist. Darin vertreten sind neben dem VBS die direkt betroffenen Bundesämter (BAFU, BAV, ASTRA, EFV), der Kanton Bern, die Regierungsstatthalterin Frutigen Niedersimmental, die Gemeinden Kandergrund und Kandersteg sowie die BLS Netz AG.

1.2 Risikoanalyse VBS 2018

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

Gemäss Expertenbericht sind 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 Ereignishäufigkeit von einmal pro rund 300 Jahre.
- Ein grösseres Ereignis (Explosion von 10 t Sprengstoff) mit einer Ereignishäufigkeit von einmal pro rund 3'000 Jahre wurde ebenfalls als möglich erachtet.

Nach Meinung der Experten wären insbesondere der Trümmerwurf von Felsmaterial und sekundär 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 Munitionsagers, 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.

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 Kurzzeitdynamik, 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.

2 Risikoanalyse VBS 2020

2.1 Zielsetzung

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 vorliegenden RA VBS 2020 ist es, die Betrachtung der Risikosituation, wie sie sich im ehemaligen Munitionslager Mitholz derzeit präsentiert, unter Berücksichtigung der neuen Erkenntnisse und Informationen zu aktualisieren und die künftige Risikoentwicklung über die geplanten Phasen darzulegen.

Die RA VBS 2020 wurde in der Expertengruppe VBS verfasst. In dem Gremium vertreten sind das Generalsekretariat VBS, armasuisse Wissenschaft + Technologie (armasuisse W+T), armasuisse Immobilien, das Kommando KAMIR und externe Risikoanalysespezialisten (Bienz, Kummer & Partner AG, Heierli AG, Risk&Safety AG).

2.2 Einschätzung der Experten VBS

Die neuen Erkenntnisse aus dem internationalen Workshop sowie den nachfolgenden Untersuchungen zum Kupferazid und den nummerischen Simulationen führen zu einer Neueinschätzung der von der verschütteten Munition ausgehenden Risiken im ehemaligen Munitionslager Mitholz. Infolge der als kleiner eingeschätzten Übertragungswahrscheinlichkeiten im vorhandenen Munitions- und Gesteinsgemenge, werden die Eintretenswahrscheinlichkeiten insbesondere des Ereignisses mit einer TNT-Ersatzmenge von 10 t ($Q = 10$ t) durch die Expertengruppe VBS als deutlich kleiner eingestuft als 2018. Das Ereignis mit $Q = 1$ t und auch das neu eingeführte Ereignis mit $Q = 3$ t werden damit hinsichtlich der Risiken in der Umgebung (Anwohner, Strasse, Bahn) massgebend. Im W/A-Diagramm gemäss Störfallverordnung (StFV) liegt die Summenkurve neu im Übergangsbereich. Zudem zeigte sich, dass die von den VBS-Experten empfohlenen Vorausmassnahmen zu einer Senkung der Risiken führen können.

Die Risiken bei der geplanten Variante Räumung sind gemäss Einschätzung der Experten VBS in der Phase bis zum Räumbeginn 2031 weiterhin relativ hoch. Insbesondere die geplante Umleitung der Fernverkehrszüge der BLS über die Bergstrecke beim Weicheneinbau im Jahr 2029/ 2030 erzeugt sehr grosse Risiken. Hier muss eine Lösung gesucht werden. Dabei ist zwingend, dass bei Räumbeginn die Schutzbauten für Strasse und Bahn erstellt und somit die Verkehrsteilnehmer auf Bahn und Strasse geschützt sind. Für die RA VBS 2020 wird angenommen, dass die betroffene Bevölkerung bis zu diesem Zeitpunkt umgesiedelt ist. Die Risiken der eigentlichen Räumarbeit konnten noch nicht quantifiziert werden, sind aber infolge der weiterhin bestehenden Gefährdung durch die Ereignisse mit $Q = 1$ t und $Q = 3$ t hoch, d.h. die Kriterien der individuellen Risiken der Räumequipe werden die Grenzwerte in den Weisungen über das Sicherheitskonzept für den Umgang mit Munition und Explosivstoffen (WSUME) überschreiten.

Die Option Überdeckung wird in der RA VBS 2020 als eigenständige Variante risikomässig beurteilt. Gemäss dem aktuellen politischen Beschluss wird sie aber nur dann umgesetzt,

wenn die Räumung aus technischen Gründen oder aus Gründen der Sicherheit nicht weiterverfolgt bzw. abgebrochen wird. Die Risiken der Option Überdeckung liegen gemäss Einschätzung der Experten VBS für die Phase bis zu deren Abschluss 2032 in der gleichen Größenordnung wie diejenigen für die Variante Räumung, wobei bei der Überdeckung auf Schutzbauten und Umsiedlungen verzichtet werden könnte. Bereits ab 2032 wären die Risiken in Mitholz zulässig resp. akzeptabel.

2.3 Beurteilung BAFU der Experteneinschätzung VBS

Das BAFU hat die RA VBS 2020 als Fachstelle für die Störfallvorsorge des Bundes wiederum beurteilt. Es stützt sich dabei wie bereits 2018 auf ein Gutachten des Fraunhofer Instituts, EMI. Hinsichtlich der numerischen Simulationen kommt das BAFU in seiner Beurteilung zum Schluss, dass diese plausibel und nachvollziehbar sind. Zur Herleitung der Eintretenswahrscheinlichkeiten für unterschiedliche Ereignisgrößen hat das Fraunhofer-Institut ein Modell entwickelt, um die Konservativität der Einschätzungen der VBS-Experten nachvollziehbar einordnen zu können. Gemäss diesem Modell gibt es nach wie vor mögliche Szenarien, welche für ein 10 t Ereignis nicht akzeptable Risiken ergeben. Diese Risiken liegen etwa in derselben Größenordnung wie in der RA VBS von 2018.

Gestützt auf die Ergebnisse des Fraunhofer-Instituts ist das BAFU der Ansicht, dass die Risikosenkung in der neuen RA des VBS zu optimistisch ist. Aufgrund der grossen Unsicherheiten bei der Munitionsverteilung ist das BAFU nach wie vor der Ansicht, dass ein Ereignis mit 10 Tonnen TNT-Ersatzmenge mit Risiken im nicht akzeptablen Bereich möglich ist.

2.4 Fazit für die Risikoanalyse VBS 2020

Trotz den Erkenntnisgewinnen durch die Arbeiten zum ehemaligen Munitionslager Mitholz bestehen entscheidende Wissenslücken insbesondere zur Lage der Munition in Teilen des verschütteten Bahnstollens. Die Munitionsverteilung hat dabei einen wesentlichen Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit des 10-t-Szenarios. Aus heutiger Sicht können diese Lücken erst geschlossen werden, wenn ein Zugang zu den vermuteten grösseren Munitionsrückständen im Bereich des teilverschütteten Bahnstollens vor den Kammern 8 – 12 (Sektor C) möglich ist. Deshalb muss im Sinn des Vorsorgeprinzips weiterhin davon ausgegangen werden, dass Munitionsnester, die zu einem Ereignis mit 10 Tonnen Sprengstoff führen können, mit grösseren Wahrscheinlichkeiten vorhanden sind.

Die RA VBS 2020 bildet diesen Umstand ab. In einem ersten Teil wird die Experteneinschätzung des VBS mit den drei möglichen Ereignisszenarien mit 1 Tonne, 3 und 10 Tonnen TNT-Ersatzmenge und den Wahrscheinlichkeiten gemäss Experteneinschätzung 2020 dargestellt. Der zweite Teil greift die Beurteilung des BAFU auf und zeigt, welche möglichen Risiken Ereignisse mit 1 Tonne und 10 Tonnen TNT-Ersatzmenge mit den höheren Wahrscheinlichkeiten aus der RA VBS 2018 und den zusätzlichen Informationen zu Öffnungen in der Anlage haben (Wirkungsanalyse).

Aufgrund der Beurteilung des BAFU hat das Generalsekretariat VBS als Vollzugsbehörde entschieden, dass bei den weiteren Arbeiten auf der konservativeren Einschätzung basiert wird und somit ein Ereignis mit 10 Tonnen TNT-Ersatzmenge und der Wahrscheinlichkeit aus der RA VBS 2018 (3×10^{-4}) massgebend bleibt.

3 Beurteilung IST-Zustand 2020

3.1 Internationaler Workshop 2020

Vom 11. – 13. Februar 2020 fand in Bern ein Workshop zu den Munitionsrückständen in Mitholz mit Beteiligung von internationalen Experten aus den beiden Bereichen Risikoanalyse Munitionslagerung und Kampfmittelräumung statt [1]. Die wichtigsten Erkenntnisse sind wie folgt:

- Das bisherige Vorgehen bei den Technischen Untersuchungen (inkl. der geplanten Vorausmassnahmen wie Stahlbetonpfropfen und der Räumung im Tagbau) und der Variantenevaluation (mit der Variante Räumung und der Option Überdeckung) wird als zielführend angesehen.
- Die beiden Gruppen Risikoanalyse und Kampfmittelräumung stimmen überein, dass
 - o die Verfüllung des teilweise verschütteten Teils des Bahnstollens mit Sand oder einem anderen geeigneten Material zur Reduktion der Steinschlaggefahr und Verringerung der Eintretenswahrscheinlichkeiten (von Munitionseignissen) beitragen und möglicherweise auch die Explosionswirkungen reduzieren würde;
 - o in der RA VBS 2018 die Wahrscheinlichkeiten insbesondere für ein Grossereignis mit $Q = 10$ t zu hoch sind. Dies wird mit den eher geringen Übertragungswahrscheinlichkeiten im bestehenden Munitions- und Gesteinsgemisch begründet. Es wurde empfohlen, Versuche zur Explosionsübertragung durchzuführen. Da Versuche mit realer Munition aus verschiedenen Gründen schwierig sind, wurden von armasuisse W+T zur Abklärung des Übertragungsverhaltens Modellversuche und numerische Simulationen durchgeführt (vgl. Kapitel 3.3).
- Die beiden Gruppen haben unterschiedliche Ansichten bezüglich der Gefährlichkeit des Räumvorganges, der Notwendigkeit von Schutzbauten für die Verkehrswege und der Evakuierung/ Umsiedlung der Bevölkerung:
 - o Für die Gruppe Kampfmittelräumung ist die geplante Räumung «daily business», da weder die Zünder (sogar mit Kupferazidbildung) noch die vorliegenden Munitionsstücke als speziell gefährlich eingestuft werden. Allerdings haben sie grossen Respekt vor den geologischen Herausforderungen, weshalb sie die Räumung im Tagbau resp. den Abbau des Dreispitzes empfehlen.
 - o Die Gruppe Risikoanalyse schätzt die geplante Räumung als gefährlich resp. ohne massgeblichen Einsatz von ferngesteuerten Hilfsmitteln oder äusserst behutsame und entsprechend langsame manuelle Räumung als nicht zulässig ein.

3.2 Analysen Kupferazid

Durch unerwünschte chemische Prozesse im Innern bestimmter Zünder kann es zur Bildung von hochempfindlichem Kupferazid kommen.

Im Expertenbericht zur Untersuchung des Munitionsunglücks Mitholz von 1947 wird die Auslösung einer Munition durch Kupferazid als eine der möglichen Ursachen zur Auslösung der Katastrophe angesehen. So wurde die Bildung und die Auswirkungen von Kupferazid in Munition zwischen 1948 und 1949 eingehend untersucht. Bei verschiedenen 1947 in Mitholz eingelagerten Munitionsartikeln konnten solche Kupferazide im Zünder nachgewiesen werden. Das Kupferazid kann durch mechanische oder elektrische Einwirkung ausgelöst werden. Bei Zündern mit direkter Verbindung zwischen Zünd- und Sprengkapsel kann dies bis zu einer vollständigen Umsetzung des Wirkteils führen.

Für die aktuelle Beurteilung sowie eine allfällige Räumung der heute noch vorhandenen ca. 3'500 Bruttotonnen Munitionsrückstände im verstürzten Teil des ehemaligen Munitionslagers Mitholz ist es wichtig, die Gefahren durch Kupferazid möglichst gut zu kennen.

Um Erfahrungen mit Kupferaziden zu sammeln und deren Handhabungssicherheit sowie thermische Stabilität mit den heute gängigen Testverfahren zu überprüfen, hat armasuisse W+T im Fachbereich Explosivstoffe und Munitionsüberwachung die drei relevanten Formen Cuproazid (Kupfer-I-Azid, CuN₃), Cupriazid (Kupfer-II-Azid, Cu(N₃)₂) sowie das niedrigbasi- sche Cupriazid (niedrigbasisches Kupfer-II-Azid, Cu(OH)N₃) auf Basis der Angaben aus dem Expertenbericht von 1950 im Labor hergestellt.

Bei der Erzeugung der Kupferazid-Beläge über Stickstoffwasserstoffsäure, analog den Pro- zessen in den Zündern der Munition in Mitholz, entsteht überwiegend Cuproazid und nur Kleine Anteile des mechanisch äusserst empfindlichen Cupriazids.

Reines Cupriazid (Cu-II-Azid) lässt sich nur synthetisch herstellen. Es reagiert äusserst emp- findlich auf Schlag, Reibung und elektrostatische Entladung und ist deshalb als nicht hand- habungssicher einzustufen. Mit durchschnittlich 4364 J/g Reaktionswärme weist diese Form den höchsten gemessenen Wert der untersuchten Kupferazide auf und reagiert bei der Um- setzung jeweils sehr heftig mit einem lauten Knall. An feuchter Luft wandelt es sich stetig zu niedrigbasischem Cupriazid um. Dies weist immer noch eine niedrige Schwelle für erste Er- eignisse analog reinem Cupriazid auf, wobei die Ereignishäufigkeit markant tiefer liegt. Im Vergleich zu Cuproazid und insbesondere Cupriazid setzen sich niedrigbasische Kupferazide wesentlich weniger heftig um. Das Initiierungsvermögen von niedrigbasischem Cupriazid liegt ca. um einen Faktor 3,5 tiefer als von Cuproazid und Cupriazid, ist aber immer noch im Bereich von Bleiazid (Initialsprengstoff).

Wie die Auswertungen der Laborversuche gezeigt haben, reagieren die im Labor hergestell- ten Kupferazid-Beläge, welche den Kupferazid-Belägen entsprechen die vermutlich auch in den Zündern im verstürzten Bereich der Anlage Mitholz vorliegen, gegenüber Schlag sehr empfindlich und sind daher klar als Initialsprengstoffe einzustufen. Deren Reibempfindlichkeit liegt mit 3 kg Reibstiftbelastung für erste Reaktionen wesentlich tiefer als für andere Initia- lsprengstoffe. Gegenüber elektrostatischer Entladung reagieren die Beläge äusserst emp- findlich und selbst bei korrekter Erdung ist die Handhabungssicherheit nicht immer gewähr- leistet. Beim Kontakt mit Luft wandeln sich die Kupferazide über die Zeit stetig in eine nied- rigbasische, marginal weniger empfindliche Form um. Unter Einfluss von Luft und hoher Luft- feuchtigkeit erfolgt die Umwandlung bereits innert Stunden/Tagen.

Solche Kupferazide, wie sie in den Zündern im verstürzten Bereich der Anlage Mitholz ver- mutet werden, können sich ab 140°C, respektive bei längerem Erhitzen bereits ab ca. 100°C umsetzen. In Kombination mit dem schlechten Cook-off Verhalten von TNT könnten die ver- breitet vorhandenen Kupferazid-Beläge mitunter auch ein Grund für die drei grösseren Detona- tionen beim Unglück 1947 mit Massenübertragung nach vorhergehender Brandwirkung gewesen sein. Ein vergleichbarer Brand ist jedoch in der heutigen Situation nicht mehr mög- lich. Der Hauptteil des Treibladungspulvers sowie grosse Mengen der Holzverpackungen und Gestelle sind bereits beim neun Tage dauernden Ereignis von damals abgebrannt.

Eine Auslösung von Kupferazid im Zünder durch mechanische Belastung ohne Zerstörung ist ausschliesslich im Bereich beweglicher Teile möglich. Da diese jedoch nicht in der Nähe des Zündkanals zwischen Zünd- und Sprengkapsel liegen, ist selbst bei Umsetzung des Kupferazids auf diesen Teilen kaum mit der Auslösung der Munition zu rechnen.

Ein vorsichtiger Umgang von Hand von bezünderter Munition mit intakten Zündern ist bezüg- lich der Kupferazid-Problematik möglich. Bei defekten Zündern mit möglichen Öffnungen ist aufgrund der hohen Empfindlichkeit der Kupferazide gegenüber elektrostatischer Felder die Handhabungssicherheit nicht mehr gegeben und der Umgang muss ferngesteuert erfolgen. Starke mechanische Belastungen sollten vermieden werden.

Die Beurteilung ob ein Zünder bezüglich Kupferazid kritisch sein könnte oder nicht, bedarf einer eindeutigen Identifizierung des Munitionstyps. Bei der Räumung und der Triage ist da- her einer raschen und eindeutigen Identifikation der Munitionsrückstände ein hoher Stellen- wert beizumessen.

3.3 Numerische Simulationen und skalierte Explosionsversuche

Um eine numerische Voraussage der Übertragung einer Detonation durch Druck oder Splitter zwischen Munitionsstücken machen zu können, hat armasuisse W+T, Fachbereich Explosivstoffe und Munitionsüberwachung mit externen Experten entsprechende Versuche und Simulationen mit verschiedenen Munitionstypen, die in Mitholz eingelagert waren (50 kg Fliegerbombe, 10,5 cm Stahlgranate, 7,5 cm Spitzgranate), durchgeführt. Die numerischen Ergebnisse erlauben eine Schätzung der möglichen Reaktionsketten im Fall Mitholz.

Um die Detonationsübertragung von einer Donor-Bombe auf eine Akzeptor-Bombe zu analysieren, wurden zwei Fälle untersucht:

- a) Donor- und Akzeptor-Bombe sind in der freien Luft: Die Detonationsübertragung findet durch Splitter der Donor-Bombe statt.
- b) Donor- und Akzeptor-Bombe sind in einem dichten Medium vergraben: Die Übertragung der Detonation erfolgt durch die Kompressionswelle, welche durch die Explosion des Donors im Medium induziert wird.

Die Ergebnisse aus den Simulationen lassen sich pro Munitionskombination folgendermassen zusammenfassen: Die Detonation einer an der freien Luft liegenden 50 kg Fliegerbombe initiiert eine anliegende 50 kg Fliegerbombe. Die durch eine Detonation einer im Offenen liegenden 50 kg Fliegerbombe erzeugten Splitter initiieren eine 50 kg Fliegerbombe mit einem Auftreffwinkel kleiner als 50° auch bei grosser Übertragungsdistanz, da die Splitter durch die Luft wenig abgebremst werden. Allerdings nimmt die Trefferwahrscheinlichkeit mit zunehmender Distanz ab. Sind zwei 50 kg Fliegerbombe vergraben, führt die Detonation der einen zur Detonation der anderen, falls der Mindestabstand zwischen ihren jeweiligen Oberflächen weniger als 25 cm beträgt. Sind zwei 50 kg Fliegerbombe vergraben, hängt die Übertragung von der relativen Orientierung ab, falls der Mindestabstand zwischen 25 cm und 34 cm liegt. Die Übertragungswahrscheinlichkeit nimmt mit der Distanz von 25 bis 34 cm stark ab, wenn die Orientierung der Munitionen zufällig ist. Ab einem Abstand von 34 cm ist gemäss Simulationen keine Reaktion mehr zu erwarten.

Die Detonation einer 10,5 cm Stahlgranate im Offenen initiiert eine anliegende 50 kg Fliegerbombe. Die Splitter einer an der Luft liegenden detonierten 10,5 cm Stahlgranate initiieren eine 50 kg Fliegerbombe, wenn sie in einem kleineren Winkel als 30° auftreffen bei einer Übertragungsdistanz von mehreren Metern. Im Vergleich zu einer Übertragung der Detonation von einer Fliegerbombe auf eine andere Fliegerbombe, kann eine vergrabene 10,5 cm Stahlgranate eine vergrabene 50 kg Fliegerbombe nur dann initiieren, wenn der Mindestabstand zwischen ihren jeweiligen Oberflächen weniger als 8 cm beträgt.

Die Übertragungsversuche und -simulationen mit einer 7,5 cm Spitzgranate und einer 50 kg Fliegerbombe haben gezeigt, dass die Detonation einer im Offenen liegenden 7,5 cm Spitzgranate eine anliegende 50 kg Fliegerbombe nicht initiiert. Ist die 7,5 cm Spitzgranate jedoch genug entfernt, haben die Splitter Zeit zu beschleunigen. Eine Übertragung ist bei einem Auftreffwinkel von kleiner als 20° und einer Übertragungsdistanz von mehreren Metern möglich. Bei vergrabenen Objekten ist eine Detonationsübertragung nur dann möglich, wenn der Mindestabstand zwischen ihren jeweiligen Oberflächen weniger als 3 cm beträgt.

3.4 Verteilung der Munition in den verstürzten Anlageteilen

Experten schätzen, dass heute noch bis zu 3'500 Bruttotonnen Munition hauptsächlich in den verstürzten Anlageteilen liegen. Aufgrund der Ereignisrekonstruktion von 1947 liegt die Vermutung nahe, dass die eingelagerte Munition durch die Explosionen aus den sechs Lagerkammern ausgeblasen wurde und insbesondere auf dem ehemaligen Bahntrasse zum Liegen gekommen war. Dies konnte auch bei Begehungen der Anlage beobachtet werden (vgl. Abbildung 1): Die Munition liegt in unterschiedlicher Kompaktheit auf dem ehemaligen Bahngeleis und ist teilweise gar in vertikale Klüfte gepresst

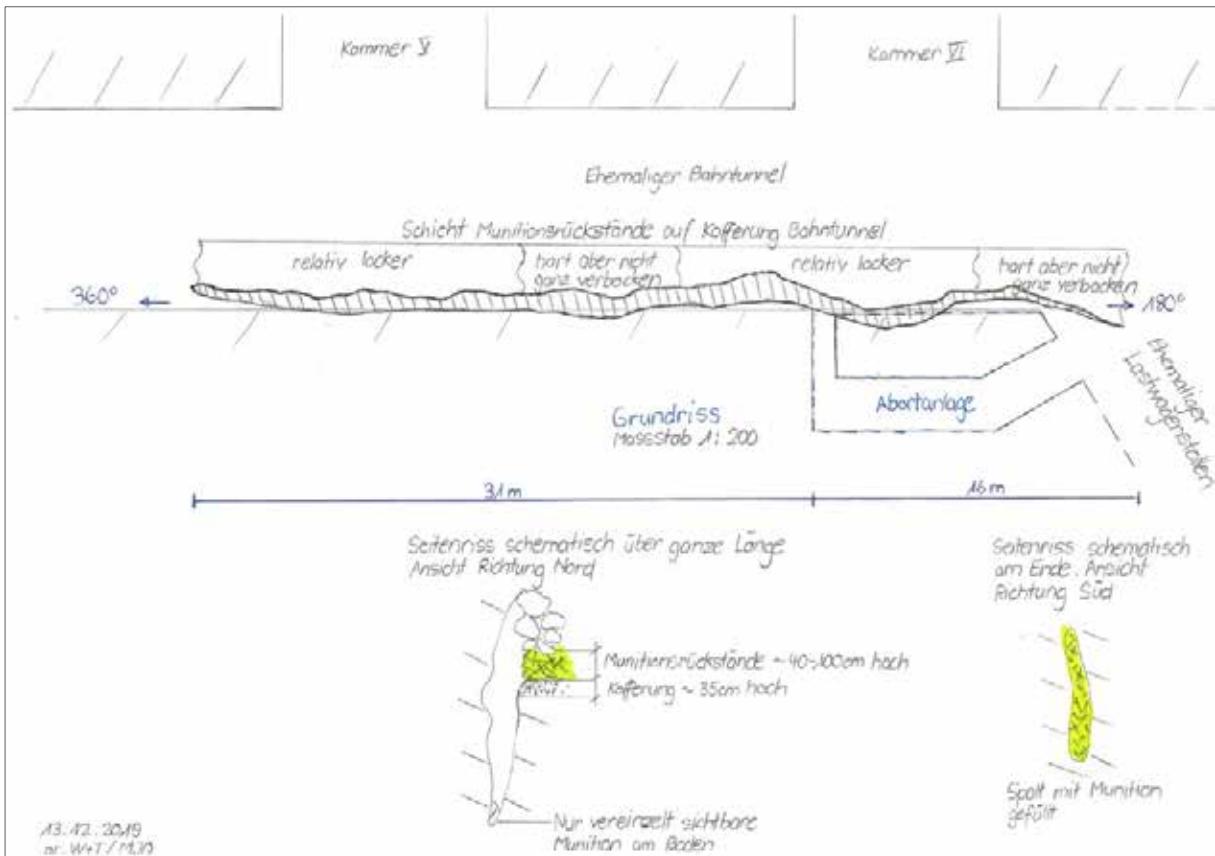


Abbildung 1 Situationsskizze auf Niveau Bahntrasse (ca. 4 – 6 m unter dem begehbarer Teil der verstürzten Anlage) im Bereich der Abortanlage (Kammer 10/ 12). Begehung 10. Dezember 2019



Abbildung 2 Munition auf dem ehemaligen Bahntrasse im Bereich zwischen Kammer 10 und 12

Ein ähnliches Bild, so die Vermutung der Experten, muss sich im südlichsten Teil der Anlage zeigen. Bei zwei Begehungen in den sogenannten "Sackstollen" wurden im gesamten begehbarer Teil optisch nur zwei Munitionsstücke vorgefunden. Die noch vermuteten grösseren Mengen an Munitionsrückständen werden sich daher auch hier wohl insbesondere auf dem Stollenboden unter dem Versturz befinden.

Aufgrund der Räumprotokolle sowie der vor Ort sichtbaren Munitionsrückstände ist davon auszugehen, dass sich der Hauptteil der separat eingelagerten Treibladungspulver sowie ca. 1/3 der in der verschütteten Munition enthaltenen Explosivstoffe beim Ereignis 1947 bereits umgesetzt hat.

3.5 Ergebnisse der Vermessungsarbeiten

Ergebnisse der bisherigen Vermessungsarbeiten und 3D-Modellierung

Die Vermessungsarbeiten und daraus resultierende Erkenntnisse können Aufschlüsse über die Struktur und allgemeine Stabilität des Felsens sowie die Ausbreitung einer möglichen Explosion geben. Hierbei ist insbesondere die Überdeckung von Klüften und Spalten von Interesse. Um eine möglichst vielseitige einsetzbare Modellierung der Anlage und der Umgebung bereitzustellen, hat das Bundesamt für Landestopographie (swisstopo) ein digitales Modell geschaffen. Anhand von diesem Modell ist es möglich, räumliche Zusammenhänge von unterschiedlichen Beobachtungen darzustellen. Ferner ermöglicht ein Modell die Berechnung von Volumen und die Darstellung von Materialeigenschaften des Felsens zwischen modellierten Flächen was insbesondere für geophysikalische Untersuchungen von Nutzen sein kann. Als Eingangsdaten für das Modell dienten swisstopo historische Daten (unter anderem Beck 1948, Lüthy 1966, swisstopo) und neue Vermessungsdaten und Modellkomponenten (CSD Ingenieure 2019, swisstopo 2019).

Abgeschlossene Vermessungsarbeiten

Bei der Aufarbeitung von historischen und modernen Karten und Profilen zeigten die verschiedenen Quellen Abweichungen in der räumlichen Lage der Anlage (Abbildung 3). Für die weitere Verwendung von alten und neuen Daten war eine genaue Vermessung der Anlage unerlässlich. Mit der Verbindung zu den Landeskoordinaten konnten alle weiteren Daten korrekt georeferenziert in das 3D-Modell eingepflegt werden.

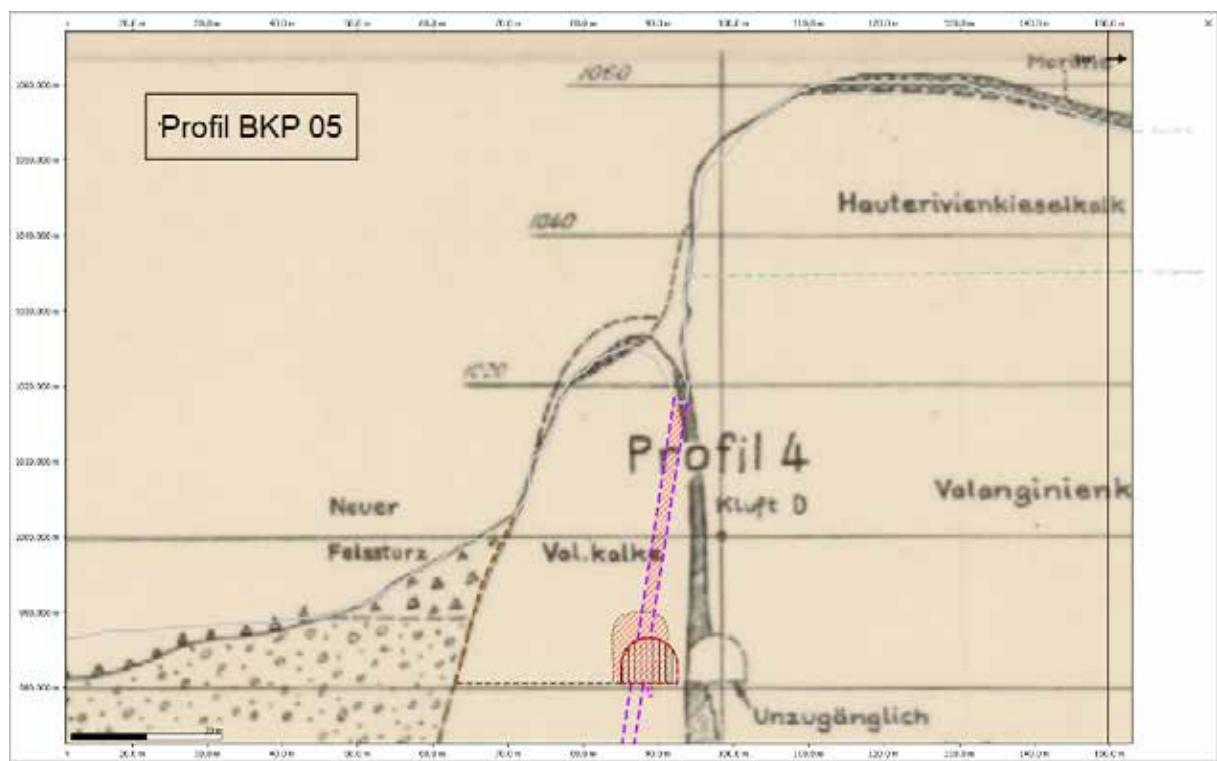


Abbildung 3 Das Bild zeigt die Problematik beim Zusammenführen von Daten aus unterschiedlichen Quellen. Im Hintergrund (vergilesenes Papier) ist das Profil 4 von Beck (1948). Darüber sind die Lage des Tunnels nach CSD (2019) und Lüthy (1966) eingezeichnet

Der verstürzte begehbarer Bereich der Anlage zwischen den Kammern 8 und 12 wurde von CSD mit einem 3D-Scanner vermessen und bereits als 3D-Modell swisstopo zur Verfügung gestellt. In denjenigen Bereichen wo der Scanner nicht eingesetzt werden konnte, haben Speläologen Spalten und kleinere Hohlräume mit einfachen Längen- und Richtungsmessungen vermessen und dadurch rudimentäre, aber sehr nützliche Daten geliefert. Weitere von Hand ausgeführte Vermessungen des verstürzten "Sackstollens" wurden in einer Begehung 2020 gemacht.

3D-Modellierung

In einem weiteren Schritt hat swisstopo den Laserscan von CSD zusammen mit den historischen Karten und Profilen und den (berechneten) historischen Topografien zu einem digitalen 3D-Modell der Anlage verarbeitet. Mit dieser Vielzahl an historischen und modernen Daten konnten nun erste Annahmen betreffend die räumliche Ausdehnung von Klüften, Spalten und Hohlräumen gemacht werden. Eine ausführliche Beschreibung zu den verwendeten Daten und Aktualisierungen am Modell sind im Anhang A beschrieben.

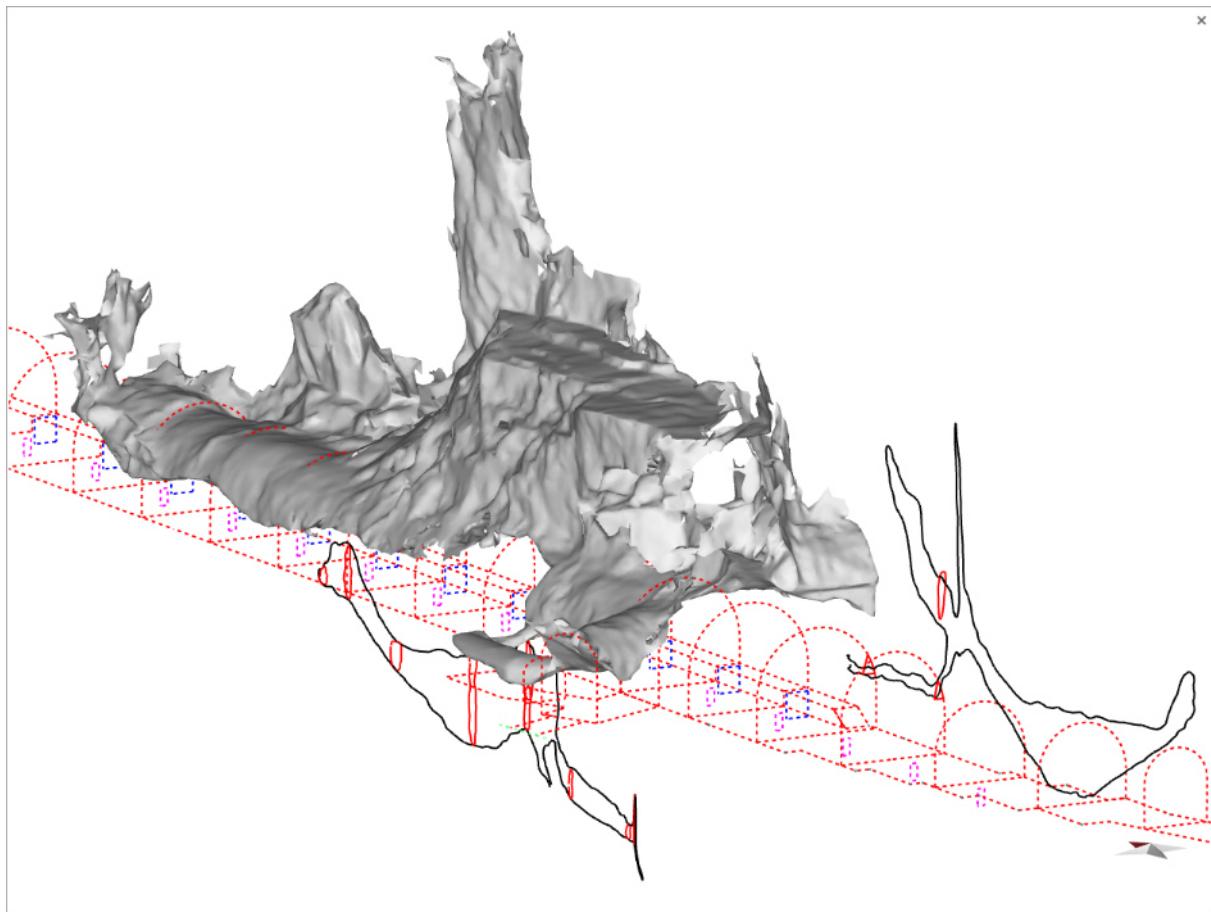


Abbildung 4: *Blick von SSW in die Anlage. Die graue Fläche entspricht dem Laserscan von CSD (2019) und bildet den Hohlräum über Teilen der Anlage ab. Rot gestrichelt ist der Verlauf des Eisenbahntunnels dargestellt. In der Bildmitte ist in schwarz und rot der «Hohlräum 4» (Begehung 2018 und 2019) und rechts im Bild der "Sackstollen" (Begehung 2020) eingezeichnet. Das Beispiel veranschaulicht, wie räumliche Daten aus unterschiedlichen Quellen zusammen dargestellt werden können, um das Verständnis über die Anlage zu verbessern*

Anwendung des 3D-Modells

Die dreidimensionale Modellierung der Topografie, der Anlage, des verstürzten Teils des Bahnstollens, der geologischen Strukturen und der anthropogenen Lagerungen/ Schichten ist von grosser Bedeutung, weil Schwachstellen im Fels als Sollbruchstellen wirken – sei es beim Abbau des Dreispitzes, bei der Räumung der Anlage, beim Rückbau oder bei einer spontanen Umsetzung der Munition. Bei letzterem könnten hohe Gasdrucke und/ oder Trümmer überdeckte Klüfte und Spalte öffnen.

Auch für das Baugrundmodell der Geotechniker und Bauingenieure ist das Modell derzeit wichtig. Es erlaubt die Planung, wo gesichert werden muss und wie der Fels allenfalls abgetragen werden kann, wo Störungen auftauchen und wie die Standfestigkeit des Gebirges jetzt und im Verlauf der zukünftigen Arbeiten aussieht.

3.6 Diskussion IST-Zustand und Einordnung der Ergebnisse

Nachfolgend werden die Erkenntnisse aus den Kapiteln 3.1 bis 3.5 diskutiert und eingeordnet:

- **Kupferazid:** Bei intakten Zündern ist die Kupferazidbildung für die Munition in Mitholz kaum problematisch. Hingegen ist bei beschädigten Zündern, z.B. infolge Korrosion oder mechanischen Einwirkungen beim Ereignis 1947, von einer hohen Sensitivität gegen elektrostatische Entladung auszugehen, was teilweise Arbeiten mit ferngesteuerten Mitteln bedingt.
Tendenziell erscheint aber gemäss den neuen Untersuchungen zu Kupferazid eine geringfügige Reduktion der Wahrscheinlichkeiten möglich.
Dies deckt sich mit den Erfahrungen der deutschen Kampfmittelräumer, welche Munitionsstücke mit Kupferazidbildung als «handhabbar» bezeichneten. Es seien keine Auslösungen während der Räumung bekannt, wohl aber bei der Entsorgung [1] [2].
- **Skalierte Übertragungsversuche und numerische Simulation:** Die Erkenntnisse dieser Versuche und der beiden vorliegenden 2-D Simulationskampagnen (aus der Schweiz und den USA, das Korreferat aus Deutschland und mögliche weitere Berechnungen sowie die 3-D Simulationen aus der Schweiz sind noch ausstehend) zeigen, dass es in einem Munitions- und Gesteinsgemisch, wie es in Mitholz mutmasslich vorliegt, bei einer Anhäufung von (massgebenden) 50 kg Bomben nicht mehr zu einer simultanen Detonation (via Schockwelle) kommt, sobald deren Abstand mehr als 34 cm beträgt. Auch wenn die Verteilung der Munitionsstücke im Bahnstollen nicht bekannt ist, und von gewissen Anhäufungen ausgegangen werden muss, führen diese neuen Untersuchungen doch dazu, die Wahrscheinlichkeit insbesondere des 10 t Ereignisses (ca. 500 Bomben à 22 kg TNT) als deutlich kleiner als bei der RA VBS 2018 einzuschätzen.
Dies stimmt mit den Beurteilungen beider Gruppen am internationalen Workshop überein.
- Basierend auf den obigen Erkenntnissen kann die Frage gestellt werden, wie es beim Ereignis 1947 innerhalb relativ kurzer Zeit zu drei grösseren Ereignissen mit jeweils ca. 10 – 30 t TNT Ersatzmenge kommen konnte. Folgende Faktoren dürften damals diese Grossereignisse zuerst begünstigt und dann weitere verhindert haben:
 - o Sowohl Kupferazid als auch TNT zeigen bei thermischer Vorbelastung ein ungünstiges (reaktiveres) Verhalten, d.h. der Brand in der Anlage (bei dem der grösste Teil des Treibladungspulvers verbrannte) dürfte katalytisch gewirkt haben.
 - o Mit dem dritten und klar grössten Ereignis wurde die Munition wohl weiter in der Anlage verteilt und durch die herabstürzenden Gesteinsmassen die Ereignisausbreitung über grössere Distanzen (durch Splitter) stark reduziert.
- Diese neuen Erkenntnisse bewogen die Expertengruppe zu den in Abbildung 5 gezeigten Anpassungen bei Ereignisgrösse und Wahrscheinlichkeiten.

Ein Ereignis mit $Q = 1$ t ist als wahrscheinlichstes Grossereignis in der Expertengruppe unbestritten. Da aber ein Ereignis mit $Q = 10$ t neu als weniger wahrscheinlich eingestuft wird und die Letalitätszonen bei $Q = 1$ t viel kleiner sind als bei $Q = 10$ t, wurde beschlossen, mit $Q = 3$ t ein neues, dazwischenliegendes Ereignis einzuführen.

Da die Anzahl und Lage der vermuteten Anhäufungen von Munition nicht bekannt sind, gelten die Wahrscheinlichkeiten für ein Ereignis der entsprechenden Grösse in dem Bereich, in welchem diese vorkommen können (vgl. Kapitel 4.1.1).

Da die genauen Arbeitsschritte bei der Räumung noch nicht bekannt sind, können die Wahrscheinlichkeit eines Kleinereignisses bei der Räumung mit $Q = \text{ca. } 1 - 10$ kg und damit auch das individuelle Risiko der Räumequipe nicht bestimmt werden.

Ereignisgrösse Q (TNT-Ersatzmenge)	Wahrscheinlichkeit W RA VBS 2018 [1/a]	Wahrscheinlichkeit W RA VBS 2020 [1/a]
Q = 1 t	3×10^{-3} Alle 300 Jahre	2×10^{-3} Alle 500 Jahre
Q = 3 t	-	2×10^{-4} Alle 5000 Jahre
Q = 10 t	3×10^{-4} Alle 3000 Jahre	2×10^{-6} Alle 500'000 Jahre
Q = 20 t	Szenario EMI - Beurteilung im Auftrag BAFU	Extrem kleine W, nicht mehr risikorelevant

Abbildung 5 Massgebende Ereignisse und Wahrscheinlichkeiten in der RA VBS 2020 (Teil 1)

3.7 Ergebnisse Wasserüberwachung

Neben der Überwachung der Anlage mittels geotechnischen Sensoren, Gassensoren und Wärmebildkameras hat das VBS auch die Überwachung des Grundwassers und der Oberflächengewässer intensiviert. Die Wasserüberwachung auf Schadstoffe aus dem ehemaligen Munitionslager erfolgt schon seit 2011. Aufgrund der neuen Erkenntnisse 2018 wurde festgelegt, dass neu quartalsweise und an zusätzlichen Messstellen Wasserproben entnommen und durch das Gewässerschutzlabor des Kantons Bern untersucht werden. Die Standorte für die Überwachung wurden in Zusammenarbeit mit dem Amt für Wasser und Abfall (AWA) Bern festgelegt. In die Beprobung ist auch der Blausee integriert.

Die bisherigen Untersuchungen haben keine Beeinträchtigung der Grund- und Oberflächengewässer durch den Standort Mitholz gezeigt. Es besteht somit keine Gefährdung der Schutzgüter Grundwasser und Oberflächengewässer.

Die Hydrogeologie im Umfeld und im Inneren des ehemaligen Munitionslagers Mitholz ist komplex und bis heute nur unzureichend bekannt. Um genauere Informationen zu den hydrogeologischen Verhältnissen zu erhalten, führte das VBS im Mai 2020 Markierversuche durch. Diese sollen Aufschlüsse liefern über die Grundwasserfließwege. Es wurden zwei Markierstoffe (Uranin und Sulforhodamin B) an zwei Standorten, wo das Gros der Munition vermutet wird (im Bereich der Kammer 12 auf Niveau Bahntrassee und nördlich vor der Kammer 2), eingegeben.

Die Ergebnisse des Markierversuchs und der bis anhin durchgeführten Grundwasseruntersuchungen sind in dem Bericht «Grundlagenbeschaffung Baustein Wasser/ Boden» zusammengefasst.

4 Entwicklung der Risikosituation – Teil 1 (VBS Experten)

Im Kapitel 4 wird die jährliche Entwicklung der Risikosituation aufgeteilt nach Variante "Räumung" und Option "Überdeckung" aufgezeigt. Dabei wird zwischen den Phasen vor, während und nach der Realisierung unterschieden, wobei die ersten Vorbereitungsarbeiten bis 2023 bei Räumung und Überdeckung gleich sind und auf Grund ihrer Relevanz (z.B. Vorausmassnahmen) einzeln dokumentiert werden.

- **Unterkapitel 4.1: IST-Zustand**

Anhand der neuen Erkenntnisse wird die RA VBS 2020 durchgeführt und mit der RA VBS 2018 verglichen.

- **Unterkapitel 4.2: Vorausmassnahmen**

Die Veränderungen der Risiken infolge Vorausmassnahmen, einerseits mit Ppropfen etc., wie von den Experten VBS vorgeschlagen, und andererseits mit Dämmen etc., wie vom BAFU gefordert, werden berechnet und verglichen.

- **Unterkapitel 4.3 BLS Installationsplatz**

Die Veränderungen der Risiken infolge des Bezuges des BLS-Installationsplatzes werden ausgewiesen und dokumentiert.

- **Unterkapitel 4.4 Variante Räumung**

Die Veränderungen der Risiken infolge der Arbeiten vor (z.B. Schutzbauten) und während der Räumung.

- **Unterkapitel 4.5 Option Überdeckung**

Die Veränderungen der Risiken infolge der Arbeiten (vor und) während der Überdeckung.

Da die einzelnen Bauphasen zur Nachvollziehbarkeit mit einem gewissen Tiefgang dokumentiert werden müssen, wird jeweils am Ende in einem eigenen Abschnitt ein kurzes Fazit mit den wichtigsten Kenndaten und Erkenntnissen zusammengestellt.

Generell wird im Kapitel 4 für die Risikoanalyse und -bewertung gemäss den Technischen Richtlinien für die Lagerung von Munition (TLM) [2] resp. den WSUME [3] und der StFV [4] vorgegangen:

- In der Risikoanalyse werden gemäss TLM 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 Empfundenes kollektives Risiko gemäss WSUME: Wird für die Bewertung (wie auch für die Variantenbewertung) verwendet.
 - o Individuelles Risiko pro Risikogruppe gemäss WSUME: Wird für die Bewertung (wie auch für die Variantenbewertung) verwendet.
 - o Kollektives Risiko im W/A-Diagramm gemäss Beurteilungskriterien zur StFV [5]: Wird für die Bewertung durch das BAFU (wie auch für die No-Go-Kriterien in der Variantenbewertung) verwendet.

4.1 IST-Zustand gemäss Risikoanalyse 2020

4.1.1 IST-Zustand 2020

A) Ereignisanalyse (IST-Zustand 2020)

Die massgebenden Ereignisse und deren Wahrscheinlichkeiten (W) wurden in Unterkapitel 3.6 (Abbildung 5) für den IST-Zustand hergeleitet.

W [1/a]	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
2020 IST-Zustand	2×10^{-3}	2×10^{-4}	2×10^{-6}
Streubereich	Ca. Faktor 2	Ca. Faktor 2	Ca. Faktor 5

Abbildung 6 Massgebende Ereignisse und Wahrscheinlichkeiten in der RA VBS 2020 – Teil 1

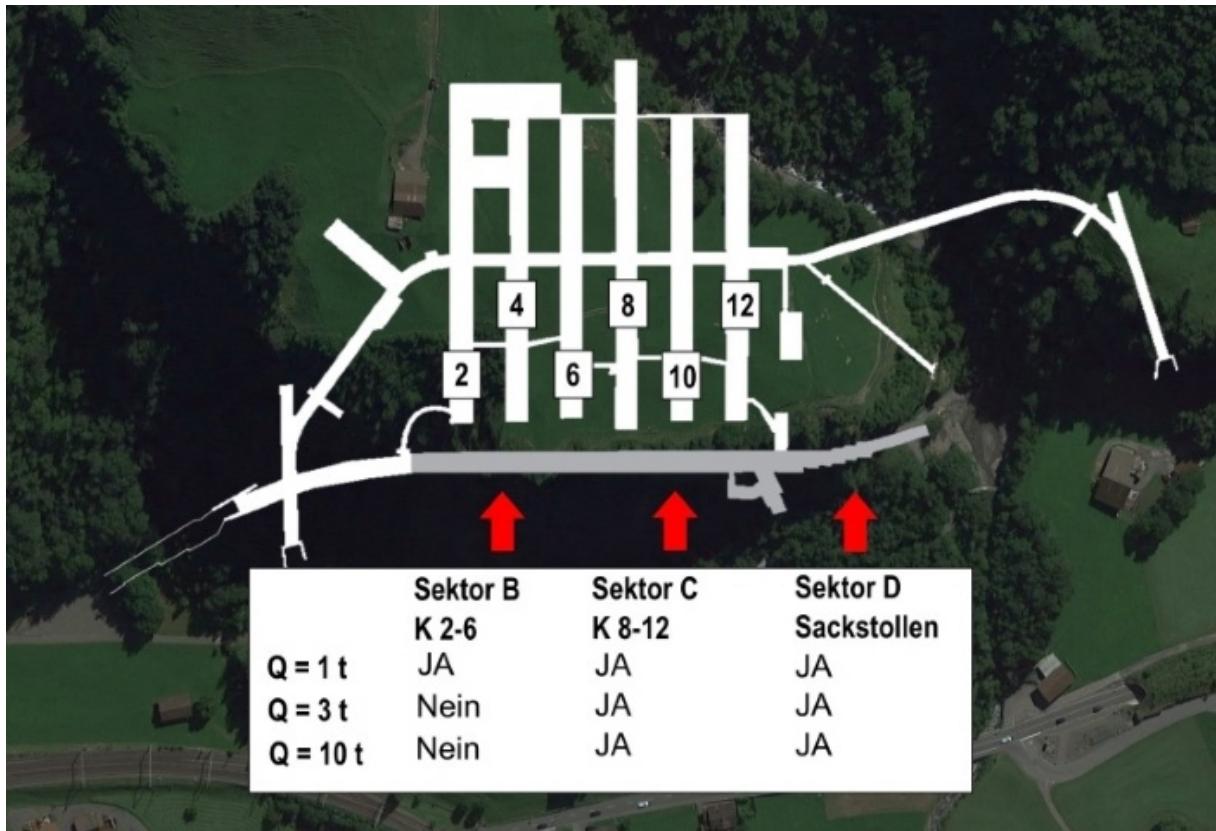


Abbildung 7 Örtliche Verteilung der massgebenden Ereignisse im verschütteten Bahnstollen (grau hinterlegt) und Nummerierung der Kammern (aktuelle Zählweise). Der Sektor A ist munitionsfrei. Teil 1

B) Wirkungsanalyse (IST-Zustand 2020)

Die Munition im teilverschütteten Bahnstollen befindet sich in einem grösseren Hohlraum und in Zugängen. Bereits bei der RA VBS 2018 wurden darum zur Berechnung der Wirkungs- resp. Letalitätszonen soweit möglich die in den TLM enthaltenen Modelle für Felsanlagen verwendet.

Als massgebende Wirkung in der Umgebung der Anlage wurde dabei der Trümmerwurf (Felsmaterial aus Stollen und Klüften) identifiziert. Allerdings sollte der Glasscheibenbruch infolge Luftstoss v.a. an der Anlage zugewandten Fenstern hinsichtlich des Verletzungsrisikos respektive für die zukünftige Notfallplanung nicht vernachlässigt werden.

Da 2018 die Anlagegeometrie sowie die Lage und Ausrichtung der Klüfte noch nicht erhärtet waren, wurde darauf verzichtet Stollentrümmerwurfzonen (und Kraterzentren) zu definieren. Es wurde daher vereinfachend von einer breit streuenden, flächig verteilten Trümmerbeaufschlagung ausgegangen.

In der Zwischenzeit wurden die Anlage und die geologische Situation jedoch genauer erfasst. Es stehen deshalb für diese Risikoanalyse genauere Plangrundlagen zur Verfügung,

die es nun erlaubten, die Stollentrümmerwurfzonen TLM-konform zu ermitteln, darzustellen und entsprechend auch in die Risikoanalyse einzubeziehen. Dies führte gegenüber der RA 2018 zu etwas längeren Trümmerwurfzonen.

Insbesondere wurden die einzelnen (potentiellen) Öffnungen zur Oberfläche identifiziert (Abbildung 8) und ihr Beitrag zum Trümmerwurf abgeschätzt (Abbildung 9).

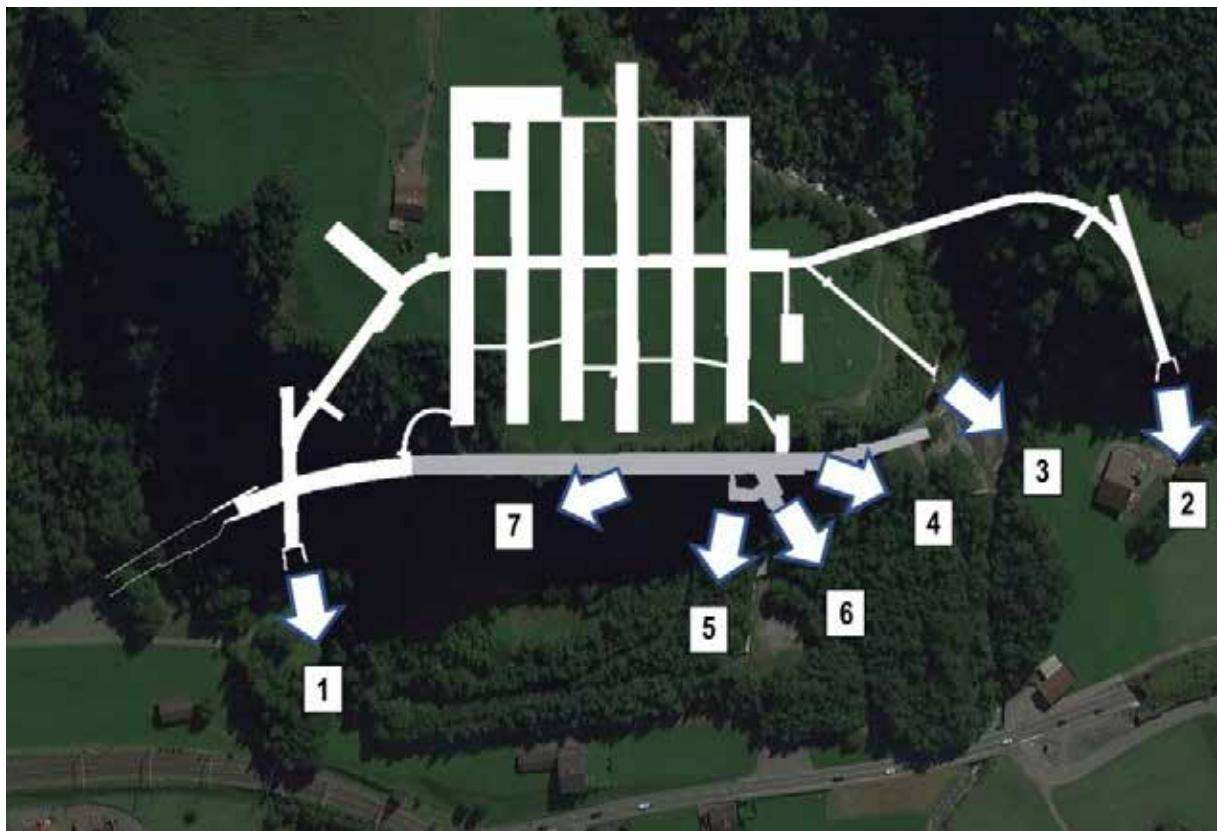


Abbildung 8 Potenzielle Öffnungen in der Anlage für Stollentrümmerwurf (IST-Zustand 2020 – Teil 1)

Nummer	Bezeichnung	Parameter
1	Neuer LW-Stollen	Grosse Öffnung, untere Ebene Eher breite Zonen, $ls / ds^1 = 7.5$
2	Notausfahrt	Mittlere Öffnung, untere Ebene Schmale Zonen, $ls / ds > 15$
3	Notausgang	Kleine Öffnung, in der Flue Schmale Zonen, $ls / ds > 15$
4	Einstieg Nr. 3	Offene Kluft (Tageslicht sichtbar aus Bahnstollen) Breite Zonen, $ls / ds < 5$
5	Schrägstollen Flue	Mittlere Öffnung, in der Flue Breite Zonen, $ls / ds < 5$
6	Alter LW-Stollen S	Verschüttete Öffnung, untere Ebene Breite Zonen, $ls / ds < 5$
7	Einstieg Nr. 2	Verschüttete Kluft, in der Flue Breite Zonen, $ls / ds < 5$

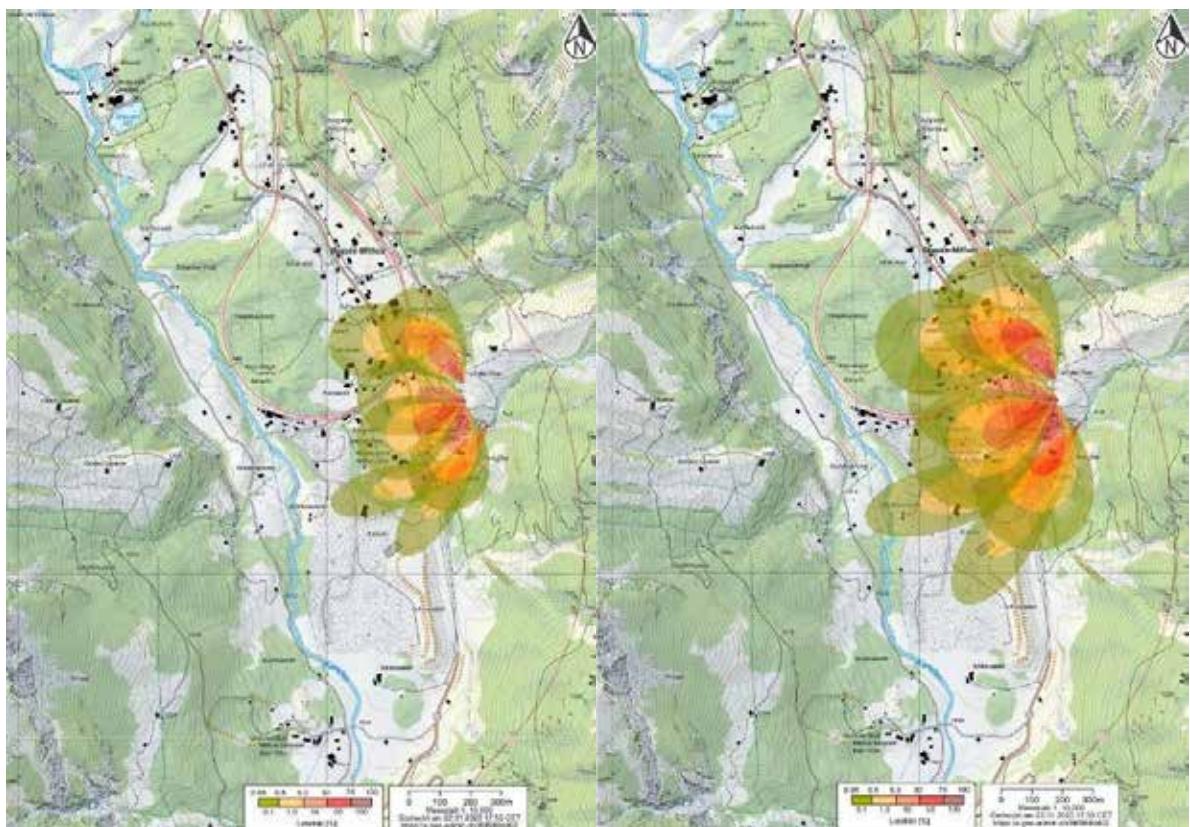
Abbildung 9 Bezeichnung und Parameter der potenziellen Öffnungen (IST-Zustand 2020 – Teil 1) (ls/ds : Verhältnis von Länge zu Durchmesser des letzten Stollenabschnitts)

¹ Kapitel 1.2.2 Geometrie und Berechnung der Zonen [2]

Ein Parameter im Stollentrümmerwurfmodell in den TLM ist die Anzahl der (gleichwertigen) Ausgänge. Diese Anzahl wurde auf Grund der obigen Tabelle mit fünf angenommen. Die Nummer 3 hat einen kleinen Querschnitt (ist aber nach oben gerichtet, was zu längeren Zonen führt) und die Nummern 6 und v.a. 7 sind wahrscheinlich eher wenig verschüttet und könnten im Ereignisfall geöffnet werden. Das Modell in den TLM 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 zurzeit 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 verzweigt sind und die Öffnungen etwa in die gleichen Richtungen zeigen wie diejenigen der unteren Ebene.



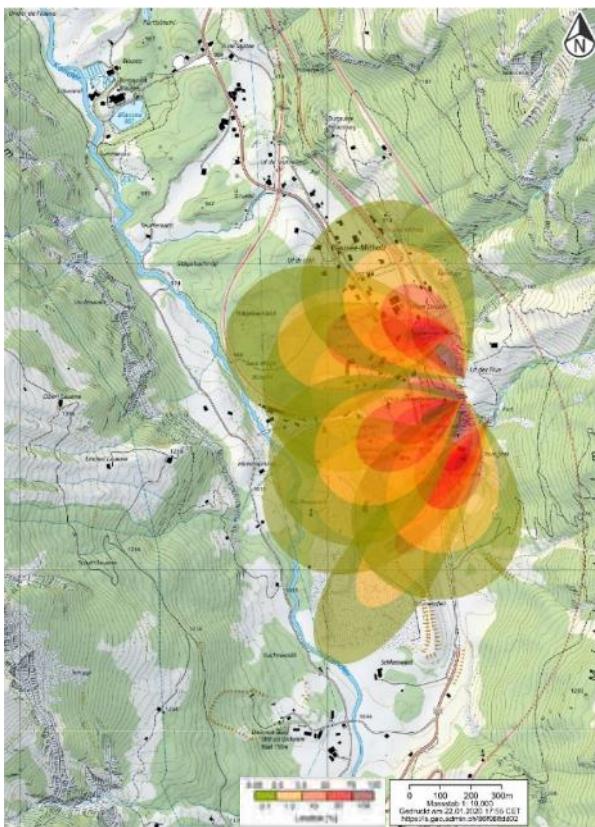


Abbildung 10 Letalitätszonen für $Q = 1\text{ t}$ (links) / 3 t (rechts) / 10 t (unten) und Exposition in Gebäuden (IST-Zustand 2020)

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

C) Expositionsanalyse (IST-Zustand 2020)

Die Expositionsanalyse gemäss TLM 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 Personenkennzahlen für Anwohner und Bahn werden von der detaillierteren Erhebung des BAFU übernommen, wobei die Anwohner ihren Gebäuden zugeteilt sind (vgl. Abbildung 12). Für die Strasse muss gemäss TLM der durchschnittliche Tagesverkehr (DTV) bei relevantem Anteil von Bussen und Cars um einen Faktor 1.3 – 1.9 erhöht werden.

Personenkennzahlen	RA VBS 2018	EMI / BAFU 2019	RA VBS 2020
Grundlage	Standardkennwerte	Detaillierte Erhebung	-
Anwohner	Ca. 110	Ca. 72	Ca. 72
Strasse	DTV = 10'000 (6500 x 1.5)	DTV = 6500	DTV = 10'000 (6500 x 1.5)
Bahn	50 pro Zug	65 pro Zug	65 pro Zug

Abbildung 11 Massgebende Personenkennzahlen für die RA VBS 2020 – Teil 1

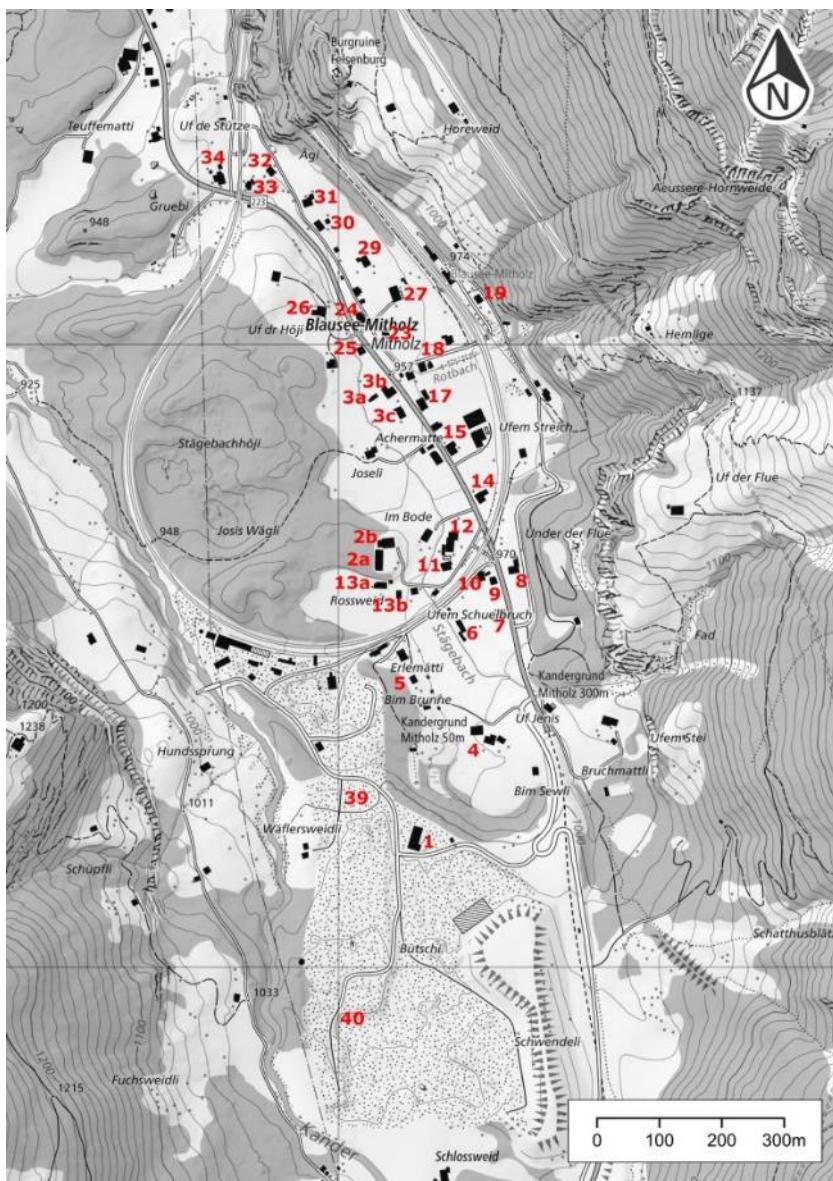


Abbildung 12 Ort und Bezeichnung (Nr.) der bewohnten Gebäude

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

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

D) Risikoberechnung (IST-Zustand 2020)

In der Risikoberechnung werden die bisherigen Arbeitsschritte A bis C zusammengefasst und entsprechend den Vorgaben in den WSUME und der StFV (resp. den Beurteilungskriterien dazu) aufbereitet.

WSUJME:

- Empfundenes kollektives Risiko (Re): Re ist mit einer Aversionsfunktion gewichtet. Die Aversionsfunktion basiert auf dem tatsächlichen (Situations-)Ausmass (At). Siehe Anhang C-1 für die Berechnung und Abschnitt E für die Bewertung.

- Individuelles Risiko: Wird mit den Parametern Wahrscheinlichkeit, Letalität und Exposition berechnet. Siehe Anhang D-1 für die Berechnung und Abschnitt E für die Bewertung.

StFV:

- W/A-Diagramm: Das kollektive Risiko wird als Summenkurve aus den Risikomatrizen dargestellt. Siehe Anhang E-1 und Abschnitt E für die Bewertung.

Wichtige Erkenntnisse aus der Risikoberechnung, wie die Ausmasse und Risikoanteile, welche nicht in die Risikobewertung einfließen, werden in Abbildung 13 Abbildung 13 gezeigt:

IST-Zustand 2020	Ausmasse At pro Situation	Max. Risikoanteile Situationen	Max. Risikoanteile Objekte
Q = 1 t	Bahn At = 6 Rest At = 1-2	Nacht, Arbeit, Wochenende	Haus, Strasse
Q = 3 t	Bahn At = 32 Rest At = 2-5	Bahn	Bahn, Strasse
Q = 10 t	Bahn At = 77 Rest At = 9-21	Wochenende, Arbeit, Bahn	Strasse, Bahn

Abbildung 13 Massgebende Ausmasse und Risikoanteile (IST-Zustand 2020 – Teil 1)

Die grössten Ausmasse (Todesopfer im Ereignisfall) stammen von der Spezialsituation Bahn (vgl. Anhang C-1). Je nach Ereignisgrösse werden die grössten Risikoanteile durch die Anwohner, die Bahn oder die Strasse generiert.

Sensitivität:

In der RA VBS 2018 war für die Streuung im W/A-Diagramm ein Faktor 2 bei den Ausmassen und ein Faktor 3 bei der Wahrscheinlichkeit angenommen worden. In einigen wichtigen Bereichen konnten in der Zwischenzeit neue Erkenntnisse gewonnen werden. Für den neuen IST-Zustand in der RA VBS 2020 kann die Streuung deshalb etwas reduziert werden, auch wenn die Streuung der Wahrscheinlichkeit bei $Q = 10 \text{ t}$ als gross eingeschätzt wurde und nach wie vor beim Trümmerwurf aus den Klüften Unsicherheiten, wie z.B. deren Ausrichtung, bestehen. Auch in Anbetracht der verschiedenen Unsicherheiten in den geplanten Bauphasen wird in der RA VBS 2020 generell wiederum im W/A-Diagramm für die Streuung ein Faktor 2 bei den Ausmassen und ein Faktor 3 bei der Wahrscheinlichkeit angenommen (als Mittel der Streuung in Abbildung 6, eine Differenzierung nach Q scheint für die massgebende Summenkurve über alle Q nicht praktikabel).

E) Risikobewertung (IST-Zustand 2020)

E.1) Kollektives Risiko von Unbeteiligten gemäss den Beurteilungskriterien zur StFV

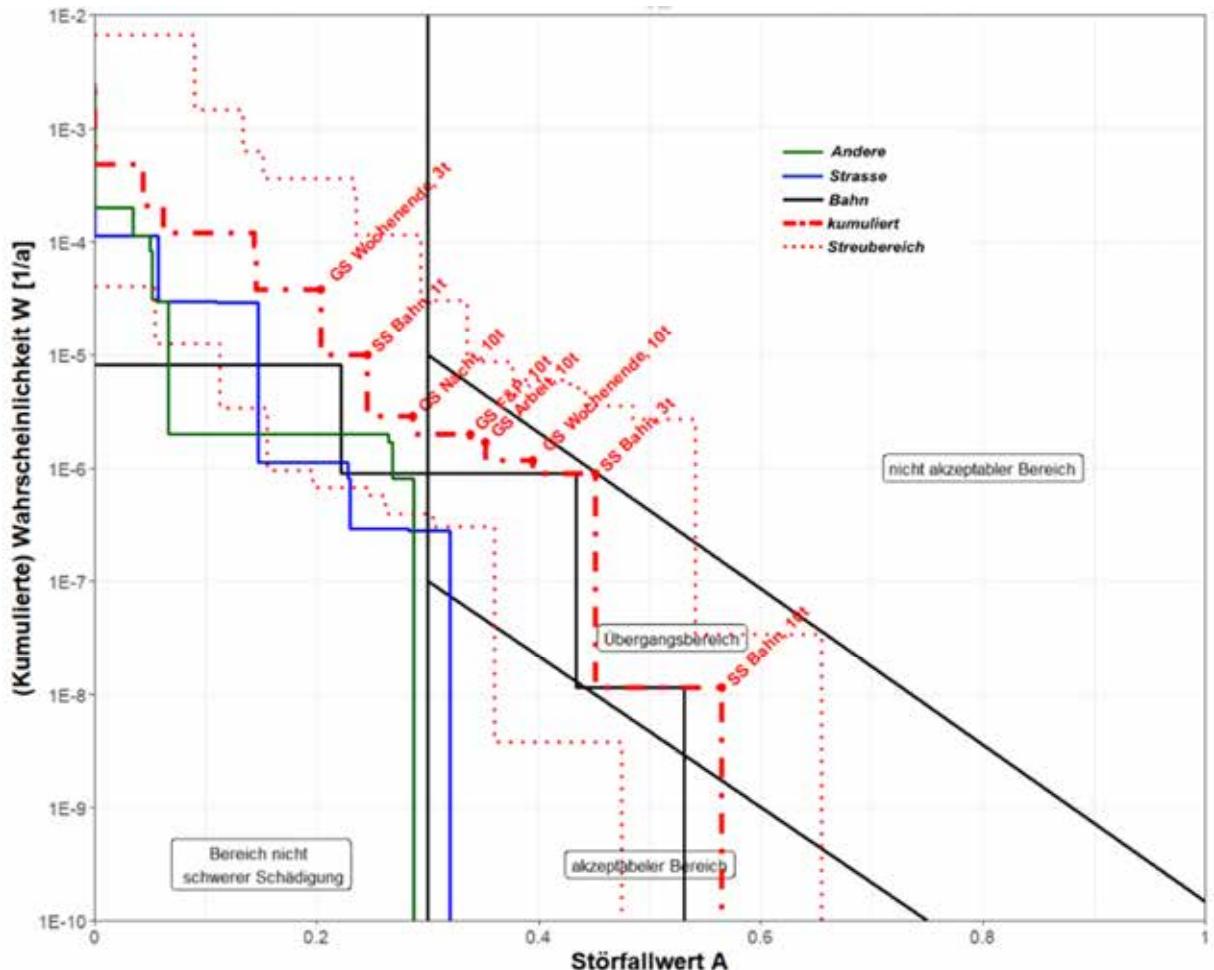


Abbildung 14 W/A-Diagramm (IST-Zustand 2020 – Teil 1)

Die Summenkurve, welche sich aus der Kumulation der drei Ereignisgrößen 1/ 3/ 10 t ergibt, liegt im Übergangsbereich und im Bereich nicht schwerer Schädigung. Im Gegensatz zur RA VBS 2018 wird der nicht akzeptable Bereich nicht mehr tangiert, weil die Wahrscheinlichkeiten für $Q = 10 \text{ t}$ viel kleiner eingeschätzt resp. für $Q = 3 \text{ t}$ die Ausmasse kleiner werden.

Bahn: Die Spezialsituationen Bahn für $Q = 10 \text{ t}$ und v.a. $Q = 3 \text{ t}$ liegen klar im Übergangsbereich (letztere sogar an der Grenze zum nicht akzeptablen Bereich). Dabei ist zu berücksichtigen, dass gemäss der Methodik der StFV die Risiken Bahn anders berechnet werden, was zu kleineren Ausmassen, aber längeren Durchfahrtszeiten resp. grösseren Wahrscheinlichkeiten führt.

Strasse: Die Summenkurve der Strasse liegt knapp über dem Bereich der nicht schweren Schädigung mit dem Fall $Q = 10 \text{ t}$ und der Grundsituation Wochenende.

Andere (Anwohner): Das Risiko für die Bewohner liegt knapp unter dem Störfallwert von 0.3 resp. 10 Todesopfer.

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

E.2) Individuelles Risiko gemäss WSUME

Grenzwert WSUME	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
Unbeteiligte Dritte $r = 3 \times 10^{-6} / a$	$r_{max} = 1.6 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 53 zu hoch	$r_{max} = 1.6 \times 10^{-5} / a$ → Faktor 5 zu hoch	$r_{max} = 8.0 \times 10^{-7} / a$ → zulässig
Indirekt Beteiligte $r = 1.5 \times 10^{-5} / a$	-	-	-
Direkt Beteiligte $r = 3 \times 10^{-5} / a$	-	-	-

Abbildung 15 Individuelle Risiken gemäss WSUME (IST-Zustand 2020 – Teil 1)

Beim IST-Zustand sind nur die Anwohner – Unbeteiligte – zu berücksichtigen. Wie bereits in der RA VBS 2018 gezeigt, können bei den nahegelegenen Wohnbauten die Grenzwerte gem. WSUME nicht eingehalten werden (hier mit Ausnahme des 10 t Ereignisses).

E.3) Empfundenes kollektives Risiko gemäss WSUME

Kollektives Risiko R	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
R tatsächlich	$1.8 \times 10^{-3} / a$	$5.6 \times 10^{-4} / a$	$2.7 \times 10^{-5} / a$
R empfunden (mit Aversion)	$2.1 \times 10^{-3} / a$	$1.7 \times 10^{-3} / a$	$2.9 \times 10^{-4} / a$
Max. Kosten für Sicherheitsmass- nahmen ca.	60'000 CHF / a	50'000 CHF / a	10'000 CHF / a

Abbildung 16 Kollektive Risiken gemäss WSUME (IST-Zustand 2020 – Teil 1)

Beim IST-Zustand ergeben sich für die Ereignisse mit Q = 1 t und Q = 3 t wegen der grössten Wahrscheinlichkeiten die grössten kollektiven Risiken. Auf den ersten Blick sind diese als relativ hoch einzustufen, Sicherheitsmassnahmen müssen grundsätzlich evaluiert werden. Die mit dem Grenzkostenprinzip ermittelten maximalen Kosten für Sicherheitsmassnahmen werden hier jedoch nicht weiter diskutiert.

4.1.2 Fazit IST-Zustand 2020

	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
RA 2018 IST-Zustand	At Bahn: - At Andere: 1 W/A: nicht schwere Schädigung Re: $1.8 \times 10^{-3} / a$ Objekt: Strasse	-	At Bahn: 40 At Andere: 12-21 W/A: nicht akzeptabler Bereich Re: $4.0 \times 10^{-2} / a$ Objekt: Strasse
RA 2020 IST-Zustand	At Bahn: 6 At Andere: 1-2 W/A: nicht schwere Schädigung Re: $2.1 \times 10^{-3} / a$ Objekt: Haus	At Bahn: 32 At Andere: 2-5 W/A: Übergangsbereich Re: $1.7 \times 10^{-3} / a$ Objekt: Bahn	At Bahn: 77 At Andere: 9-21 W/A: Übergangsbereich Re: $2.9 \times 10^{-4} / a$ Objekt: Strasse
Erkenntnisse	R 2020 leicht höher	-	R stark reduziert, da kleinere W

Abbildung 17 Zusammenfassung der Resultate für den IST-Zustand 2020 – Teil 1

Die Grenzwerte des individuellen Risikos für Unbeteiligte (Anwohner) in den WSUME können auch gemäss der RA VBS 2020 nicht eingehalten werden.

Wie zu erwarten war, führen die etwas grösseren Letalitätszonen (verglichen mit der RA VBS 2018) bei $Q = 1 \text{ t}$ zu etwas grösseren Risiken, wogegen die viel kleineren Wahrscheinlichkeiten bei $Q = 10 \text{ t}$ zu viel kleineren Risiken führen. In der RA VBS 2018 wurde für die Bahn bei $Q = 1 \text{ t}$ keine Spezialsituation ausgeschieden, weshalb nun die Ausmassen grösser sind. Und in der RA VBS 2020 sind die Ausmassen für $Q = 10 \text{ t}$ bei der Bahn zwar deutlich grösser, was aber auf das Risiko infolge der Kurzzeitigkeit keine grossen Auswirkungen hat.

4.2 Quantitativer Nachweis Wirksamkeit Vorausmassnahmen

4.2.1 Vorausmassnahmen gemäss Expertengruppe VBS

Gemäss StFV sollen Vorausmassnahmen die Risiken so schnell wie möglich senken – ein zu erreichendes Ziel der Risikosenkung wird dabei aber nicht vorgegeben. In Anbetracht der hohen Risiken gem. RA VBS 2018 wurde darum seitens des BAFU Vorausmassnahmen bis Ende 2021 gefordert. Darauf basiert die vorliegende RA VBS 2020. Gemäss dem aktuellen Planungsstand werden die Stahlbetonpropfen sowie die Netze bis Ende 2021 und das Hochdrucktor bis Mitte 2022 fertiggestellt. Im Bericht zu den Vorausmassnahmen hat die Expertengruppe VBS die möglichen Vorausmassnahmen studiert und auf Stufe Machbarkeit Lösungen aufgezeigt [6]. Gemäss den neuen Erkenntnissen liegt die Summenkurve im W/A-Diagramm nur noch im Übergangsbereich.

Mögliche Vorausmassnahmen sind bei definierten Stollen resp. Portalen in der Ebene

- Dämme vor dem Portal oder
- massive Stahlbetonpropfen resp. ein Hochdrucktor im Stollen (vgl. Abbildung 19).

Bei den Stollen resp. Portalen in der oberen Anlageebene sowie bei den nicht klar definierten Klüften sind

- Stahlnetzsysteme (wie bei Naturgefahren) möglich.

Die Expertengruppe VBS hat sich für die Ausführung von Stahlbetonpropfen, von einem Hochdrucktor und von Netzen entschieden, weil erstere die Wirkungszonen aus dem entsprechenden Portal auf null senken. Dämme hingegen, zumindest nach dem einzigen zurzeit verfügbaren Modell (TLM), führen lediglich zu einer breiteren, aber weniger weitreichenden Verteilung der Trümmer und, im Fall Mitholz mit vielen Exponierten nahe der Anlage, zu grösseren Risiken als bei Stahlbetonpropfen und einem Hochdrucktor. Die Dämme vermögen die Risiken gegenüber dem IST-Zustand jedoch auch zu senken.

Das BAFU vertritt die Ansicht, dass in der RA VBS 2020 die Dämme trotzdem im gleichen Detaillierungsgrad behandelt werden müssen wie die Propfen. Dementsprechend wird nachfolgend in A bis E die Risikoanalyse für das empfohlene Hochdrucktor und die empfohlenen Stahlbetonpropfen und Netze diskutiert und in Abschnitt 4.2.2 in A bis E die Dämme resp. Netze abgehandelt. Zuletzt wird ein Fazit zu den Vorausmassnahmen gezogen.

A) Ereignisanalyse (Vorausmassnahmen VBS 2021)

Während der Realisierung der Vorausmassnahmen werden die Wahrscheinlichkeiten gegenüber dem IST-Zustand nicht verändert.

W [1/a]	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
2021 Vorausmassnahmen	2×10^{-3}	2×10^{-4}	2×10^{-6}

Abbildung 18 Massgebende Ereignisse und Wahrscheinlichkeiten für 2021 – Teil 1

B) Wirkungsanalyse (nach Vorausmassnahmen VBS 2021)

Mit den von der Expertengruppe VBS vorgeschlagenen Stahlbetonpropfen und dem Hochdrucktor werden die Explosionswirkungen aus den entsprechenden Portalen komplett verhindert. Allerdings werden die Explosionsgase dann durch die restlichen Öffnungen wie Klüfte entweichen, weshalb dort die Wirkungszonen vergrössert werden müssen. Diese restlichen Öffnungen werden zwar mehrheitlich mit einem Netzsystem versehen, da aber dessen – vor allem bei kleineren Ladungen – teilweise trümmerreduzierende Wirkung mangels Modellen nicht quantifiziert werden kann, werden für diese Netze in der RA VBS 2020 keine Reduktionen einberechnet.

Die Abbildung 19 bis Abbildung 21 zeigen die Auswirkungen der Vorausmassnahmen auf die Anzahl der zu berücksichtigenden potentiellen Öffnungen und die Letalitätszonen.

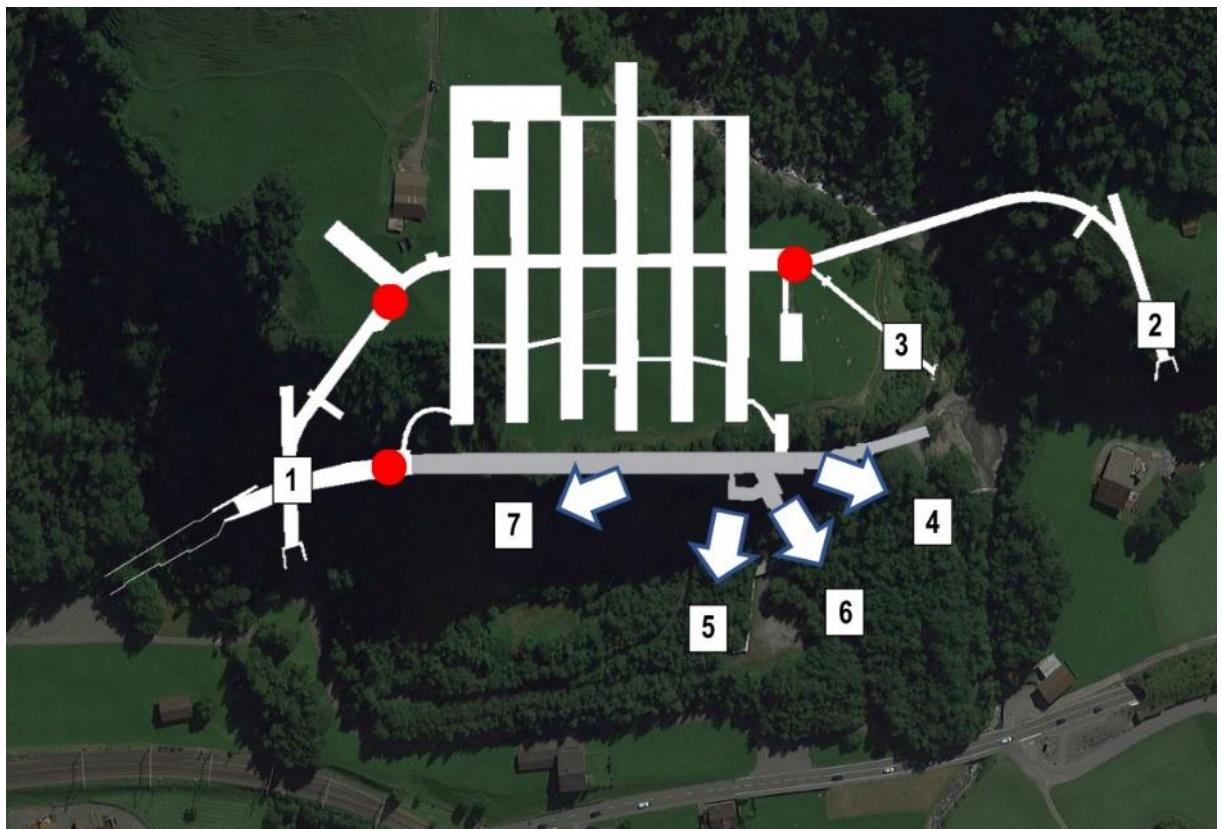


Abbildung 19 Potentielle Öffnungen in der Anlage für Stollentrümmerwurf (nach Vorausmassnahmen VBS, rote Punkte) – Teil 1

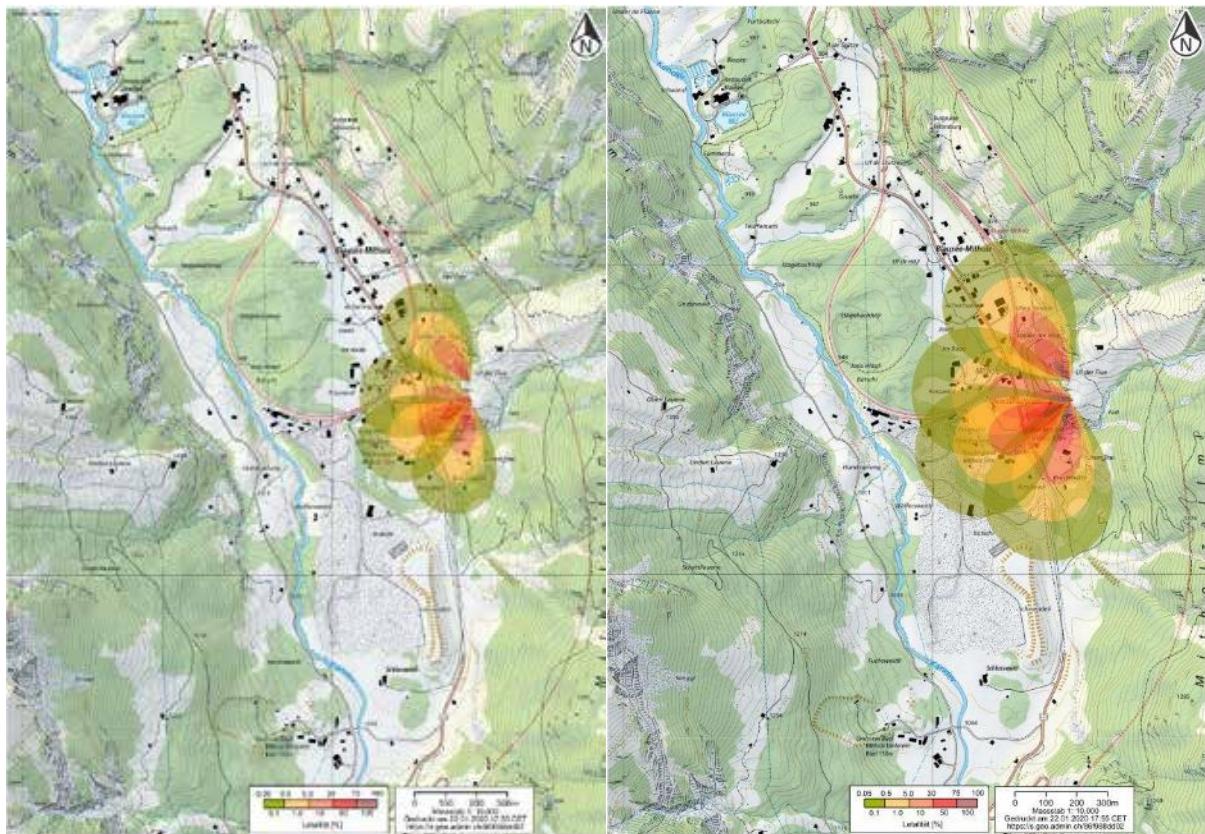
Nummer	Bezeichnung	Wirkungen
1	Neuer LW-Stollen	Keine Explosionswirkungen Ppropfen im Bahnstollen und HD-Tor im LW-Stollen
2	Notausfahrt	Keine Explosionswirkungen Ppropfen im hinteren Teil der Anlage
3	Notausgang	Keine Explosionswirkungen Ppropfen im hinteren Teil der Anlage
4	Einstieg Nr. 3	Erhöhte Wirkungen infolge Ppropfen Wirkung Netz wird nicht berücksichtigt
5	Schrägstollen Flue obere Ebene	Erhöhte Wirkungen infolge Ppropfen Wirkung Netz wird nicht berücksichtigt
6	Alter LW-Stollen S	Erhöhte Wirkungen infolge Ppropfen Kein Netz möglich (Fläche, Bauphasen)
7	Einstieg Nr. 2	Erhöhte Wirkungen infolge Ppropfen Wirkung Netz wird nicht berücksichtigt

Abbildung 20 Bezeichnung und Wirkungen aus potentiellen Öffnungen (nach Vorausmassnahmen VBS) – Teil 1

Im LW-Stollen soll anstelle eines Ppropfens ein Hochdrucktor realisiert werden, damit der Zugang zur Anlage auch in Zukunft möglich ist (das Tor ist i.d.R. geschlossen).

Im Schrägstollen Flue (Nr. 5) kann kein Ppropfen erstellt werden, da sonst die Entlüftung der Anlage nicht mehr sichergestellt wäre.

Die Anzahl der gleichwertigen Ausgänge für das Modell in den TLM wurde mit drei angenommen, d.h. durch die Vorausmassnahmen werden zwei gleichwertige Ausgänge verschlossen, was zu etwas grösseren Zonen bei den verbleibenden Öffnungen führt.



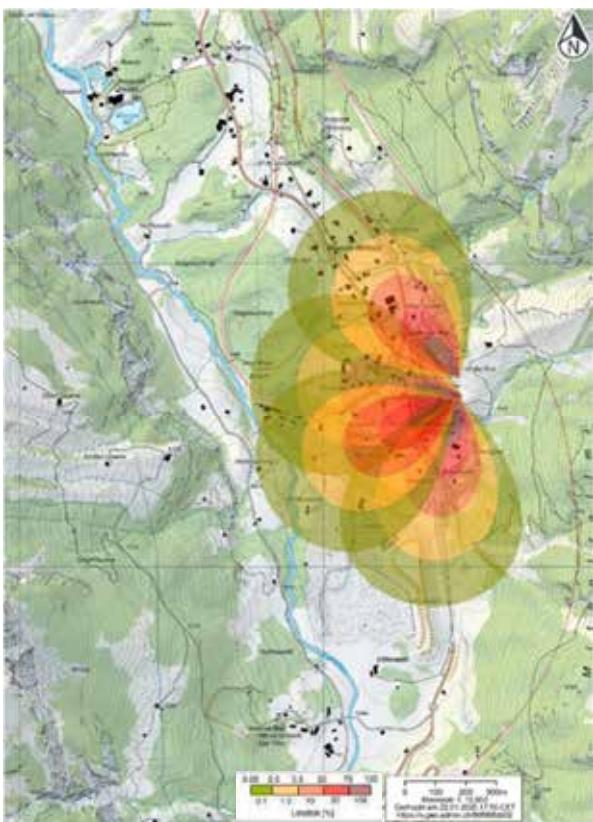


Abbildung 21 Letalitätszonen für $Q = 1 \text{ t} / 3 \text{ t} / 10 \text{ t}$ und Exposition in Gebäuden (nach Vorausmassnahmen)

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

C) Expositionsanalyse (Vorausmassnahmen VBS 2021)

Für den Bau der Vorausmassnahmen werden ca. zwölf Arbeiter eingesetzt. Für den Nachweis der Wirksamkeit der Vorausmassnahmen in D und E werden diese aber nicht berücksichtigt, d.h. es wird der Zustand nach Realisierung mit dem IST-Zustand verglichen.

Personen-kennzahlen	Arbeiten Vorausmass-nahmen
2021 Vorausmass-nahmen	12 Indirekt Beteiligte

Abbildung 22 Änderungen Personenkennzahlen für 2021 – Teil 1

D) Risikoberechnung (nach Vorausmassnahmen VBS 2021)

Wichtige Erkenntnisse aus der Risikoberechnung wie die Ausmasse und Risikoanteile, welche nicht in die Risikobewertung einfließen, werden in Abbildung 23 gezeigt:

Nach Vorausmassnahmen	Ausmasse At pro Situation	Max. Risikoanteile Situationen	Max. Risikoanteile Objekte
Q = 1 t	Bahn At = 1 Rest At = 1	Alle	Strasse, Freifeld
Q = 3 t	Bahn At = 10 Rest At = 2-4	Nacht, Wochenende, Arbeit	Strasse, Wohnhäuser
Q = 10 t	Bahn At = 44 Rest At = 6-15	Wochenende, Bahn	Strasse, Bahn

Abbildung 23 Massgebende Ausmasse und Risikoanteile (nach Vorausmassnahmen – ohne Arbeiter – Teil 1)

Für die grösseren Ereignisse von $Q = 3 \text{ t}$ und $Q = 10 \text{ t}$ ergibt die Spezialsituation Bahn die grössten Ausmasse. Hingegen kommt der grösste Risikoanteil für alle Ereignisgrössen von der Strasse.

E) Risikobewertung (nach Vorausmassnahmen VBS 2021)

E.1) Kollektives Risiko von Unbeteiligten gemäss den Beurteilungskriterien zur StFV

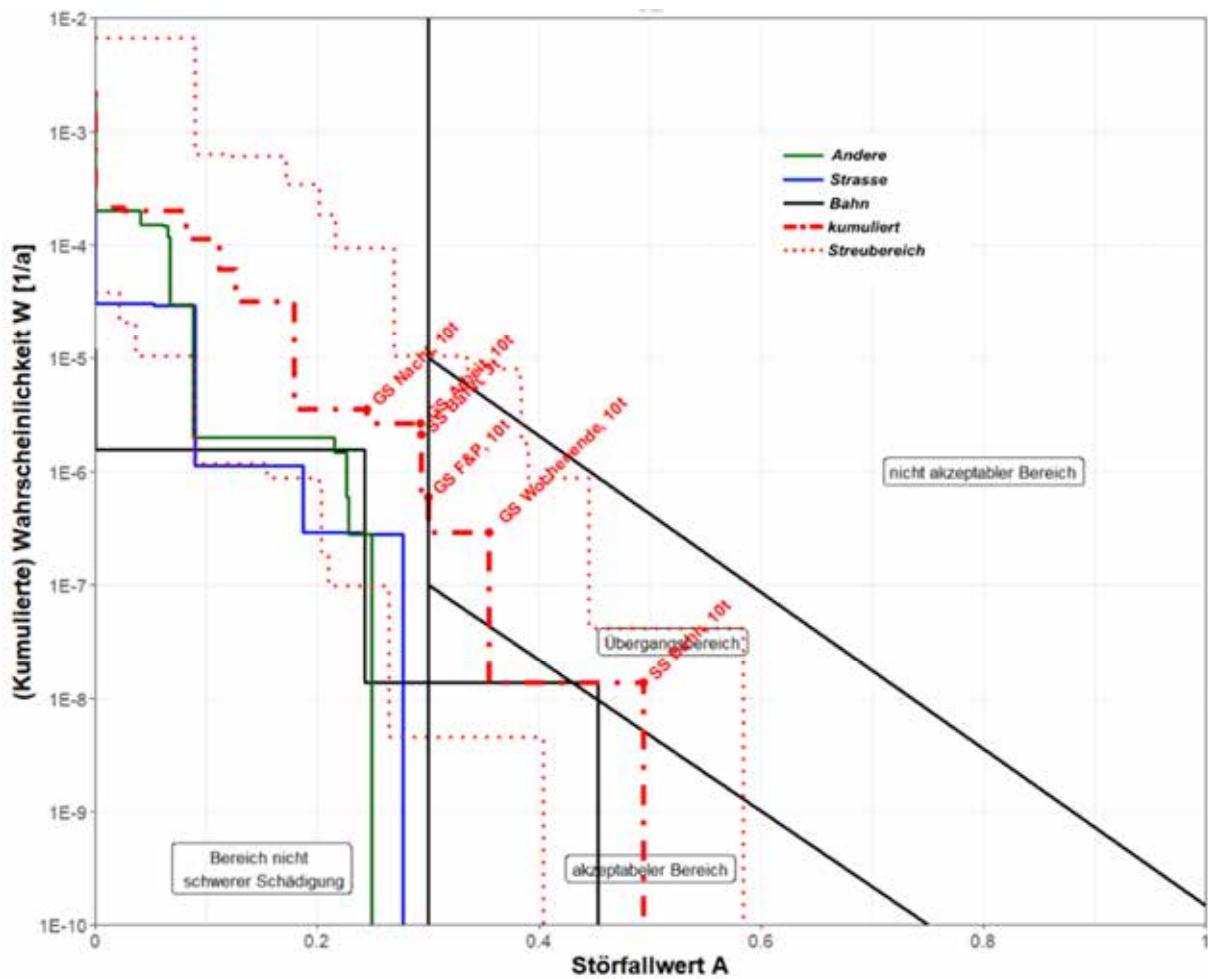


Abbildung 24 W/A-Diagramm (nach Vorausmassnahmen VBS – Teil 1)

Die Summenkurve, welche sich aus der Kumulation der drei Ereignisgrössen 1/ 3/ 10 t ergibt, liegt im Übergangsbereich und im Bereich nicht schwerer Schädigung. Im Vergleich zur IST-Situation sind die Risiken kleiner.

Bahn: Die Spezialsituationen Bahn für $Q = 10 \text{ t}$ liegt ganz am unteren Rand des Übergangsbereichs.

Strasse und Andere (Anwohner): Die Summenkurve liegt (knapp) im Bereich der nicht schweren Schädigung.

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

E.2) Individuelles Risiko gemäss WSUME

Grenzwert WSUME	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
Unbeteiligte Dritte r = 3 x 10⁻⁶ / a	r max = 1.6 x 10 ⁻⁵ / a → Faktor 5 zu hoch	r max = 1.6 x 10 ⁻⁵ / a → Faktor 5 zu hoch	r max = 8.0 x 10 ⁻⁷ / a → zulässig
Indirekt Beteiligte r = 1.5 x 10⁻⁵ / a	r max = 4.0 x 10 ⁻⁴ / a → Faktor 27 zu hoch	r max = 4.0 x 10 ⁻⁵ / a → Faktor 3 zu hoch	r max = 4.0 x 10 ⁻⁷ / a → zulässig
Direkt Beteiligte r = 3 x 10⁻⁵ / a	-	-	-

Abbildung 25 Individuelle Risiken gemäss WSUME (nach Vorausmassnahmen – Teil 1)

Bei den unbeteiligten Dritten werden die Grenzwerte in den WSUME auch nach den empfohlenen Vorausmassnahmen überschritten, allerdings nicht mehr so deutlich, wie beim IST-Zustand.

Bei den Arbeitern werden die Risiken in den WSUME während und nach der Realisierung ebenfalls überschritten und liegen im Bereich der Risiken von Bauarbeitern.

E.3) Empfundenes kollektives Risiko gemäss WSUME

Kollektives Risiko R	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
R tatsächlich	7.6 x 10 ⁻⁴ / a	4.9 x 10 ⁻⁴ / a	1.8 x 10 ⁻⁵ / a
R empfunden (mit Aversion)	8.2 x 10 ⁻⁴ / a	7.4 x 10 ⁻⁴ / a	1.0 x 10 ⁻⁴ / a
Max. Kosten für Sicherheitsmass- nahmen ca.	25'000 CHF / a	20'000 CHF / a	3'000 CHF / a

Abbildung 26 Kollektive Risiken gemäss WSUME (nach Vorausmassnahmen – ohne Arbeiter – Teil 1)

Im Vergleich mit dem IST-Zustand sind die empfundenen kollektiven Risiken nach den von den Experten VBS empfohlenen Vorausmassnahmen etwa einen Faktor 2 – 3 kleiner, jedoch mit relevant höheren Risiken während der Realisierung.

4.2.2 Vorausmassnahmen mit Dämmen und Netzen

A) Ereignisanalyse (Vorausmassnahmen BAFU 2021)

Während der Realisierung der Vorausmassnahmen werden die Wahrscheinlichkeiten gegenüber dem IST-Zustand nicht verändert.

W [1/a]	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
2021 Vorausmassnahmen	2 x 10 ⁻³	2 x 10 ⁻⁴	2 x 10 ⁻⁶

Abbildung 27 Massgebende Ereignisse und Wahrscheinlichkeiten für 2021 – Teil 1

B) Wirkungsanalyse (nach Vorausmassnahmen BAFU 2021)

Folgende Arten von Dämmen sind möglich resp. denkbar:

- **Dämme gemäss TLM**

Solche Dämme sind bezüglich minimaler Abmessung, Ausrichtung und Wirkung definiert. Die Dämme weisen eine starke, senkrecht zur Stollenachse ausgerichtete Betonplatte auf. Die starke Betonplatte wird gebraucht, damit der bei grösseren Ladungen relativ lang andauernde Gasstrahl mit den Trümmern den Damm nicht erodiert, da ein erodierter Damm mit flachem Winkel die Trümmerwurfdistanz möglicherweise noch verlängern würde. Die Wirkung wäre mit jener einer Schanze vergleichbar. Mit der Ausrichtung senkrecht zur Stollenachse wird der Trümmerstrahl zerteilt. Die Letalitätszonen werden somit in der Länge stark reduziert, aber zur Seite viel grösser, was i.d.R. zu einer Risikoreduktion führt, im Fall Mitholz die Risiken jedoch vergrössern würde aufgrund der Bewohner in der nahen Umgebung zum ehemaligen Munitions Lager.

- **Dämme zur Ablenkung des Trümmerstrahls**

Es ist denkbar, dass bei einer nicht senkrecht zur Stollenachse ausgerichteten Betonplatte der Trümmerstrahl mehr oder weniger in eine Richtung mit geringer Exposition gelenkt werden könnte. Allerdings existieren dazu keine Modelle. Die tatsächliche Wirkung ist folglich nicht bekannt und ein Modell müsste auf aufwändigen Untersuchungen und Versuchen basieren. Solche Versuche lassen sich nicht zeitgerecht durchführen, sodass bis Ende 2021 keine entsprechenden Vorausmassnahmen umgesetzt werden könnten.

- **Dämme zur Reduktion des Trümmerstrahls**

Es ist theoretisch denkbar, dass ein Damm mit einer Frontseite aus energieabsorbierenden Materialien die Trümmer bei kleineren Ladungen abgebremst oder gar im Damm abgefangen werden könnten, wie dies etwa bei einem Kugelfang passiert. Allerdings existieren auch hierzu keine Modelle. Die tatsächliche Wirkung ist folglich nicht bekannt und ein Modell müsste auf aufwändigen Untersuchungen und Versuchen basieren. Solche Versuche lassen sich nicht zeitgerecht durchführen, sodass bis Ende 2021 keine entsprechenden Vorausmassnahmen umgesetzt werden könnten.

Dämme würden an den folgenden Orten realisiert (rote Punkte):

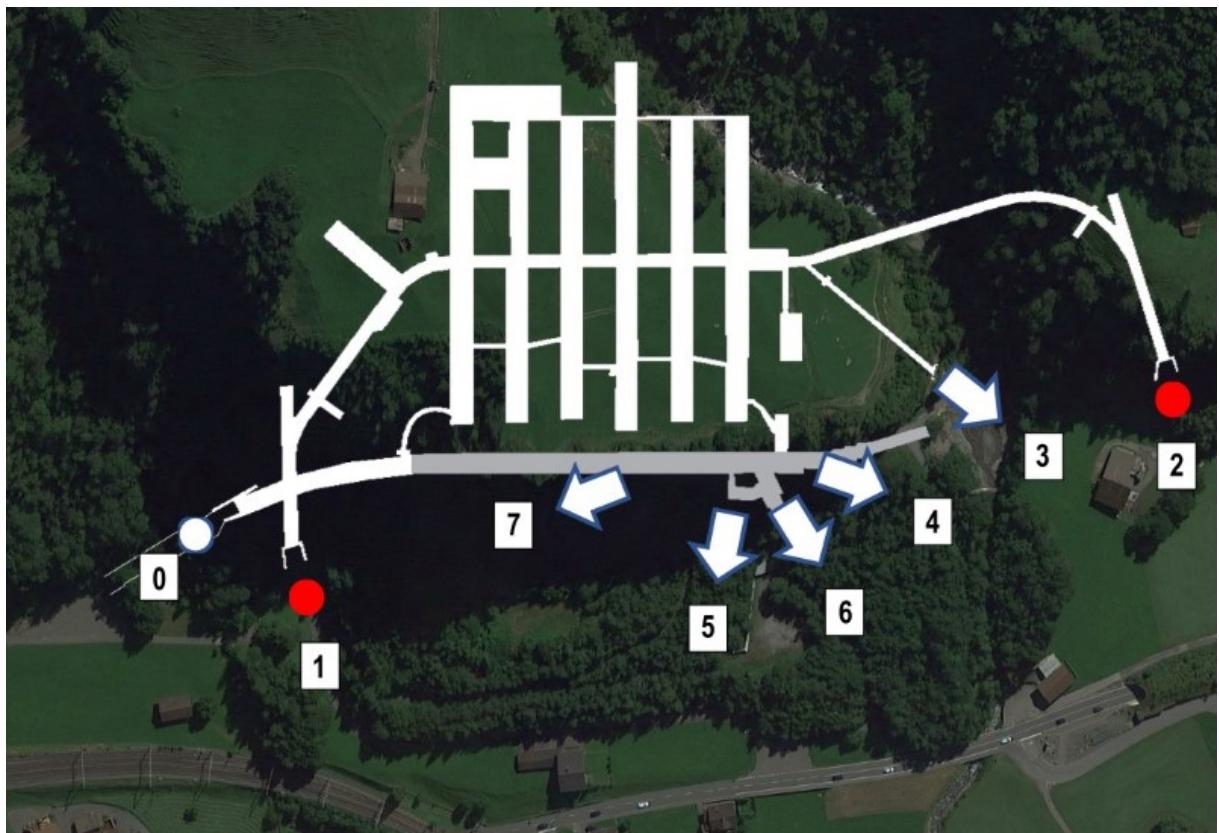


Abbildung 28 Orte mit Dämmen (rote Punkte) – Teil 1

Nummer	Bezeichnung	Rechenfall
0	Alter Bahnstollen	Siehe unten
1	Neuer LW-Stollen	Damm gem. TLM Andere Dammformen qualitativ
2	Notausfahrt	Damm gem. TLM Andere Dammformen qualitativ
3	Notausgang	Netz, kein Damm möglich
4	Einstieg Nr. 3	Netz, kein Damm möglich
5	Schrägstollen Flue	Netz, kein Damm möglich
6	Alter LW-Stollen S	Kein Netz möglich (Fläche, künftige Bauphasen)
7	Einstieg Nr. 2	Netz, kein Damm möglich

Abbildung 29 Bezeichnung und Rechenfälle (bei Dämmen) – Teil 1

Das EMI hat 2019 gezeigt, dass beim alten (verschütteten) Bahnstollen und dem neuen LW-Stollen bei $Q = 20$ t lange, schmale Trümmerzonen entstehen können (vgl. Szenario EMI [7]). Gemäss den neuen Erkenntnissen wird nun von kleineren Ereignissen ausgegangen, und das Ereignis mit $Q = 20$ t wird seitens der Experten VBS als nicht mehr risikorelevant eingestuft. Um die Beurteilung des BAFU zu berücksichtigen, wird trotzdem berechnet, wie sich bei $Q = 20$ t die Risiken bei Dämmen bei diesen beiden Portalen verändern würden.

Als Alternative zu den Ppropfen der Experten VBS werden zudem für Dämme vor dem LW-Stollen und der Notausfahrt die Risiken mit den neuen Ereignisgrössen $Q = 1/3/10$ t berechnet.

Netzsysteme reduzieren die Trümmerzonen v.a. bei kleineren Ereignissen wie $Q = 1$ t. Da aber keine Berechnungsgrundlagen dazu zur Verfügung stehen, wird im konservativen Sinn keine Abminderung der Letalitäten berücksichtigt.

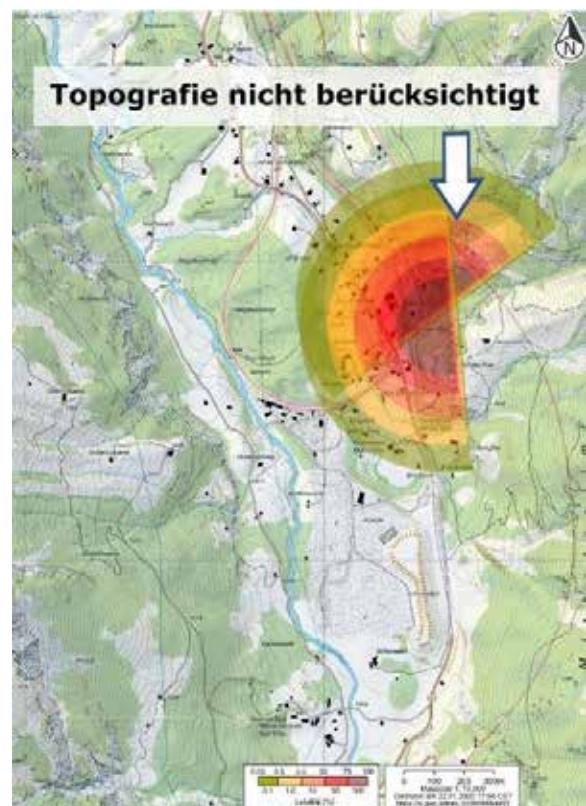
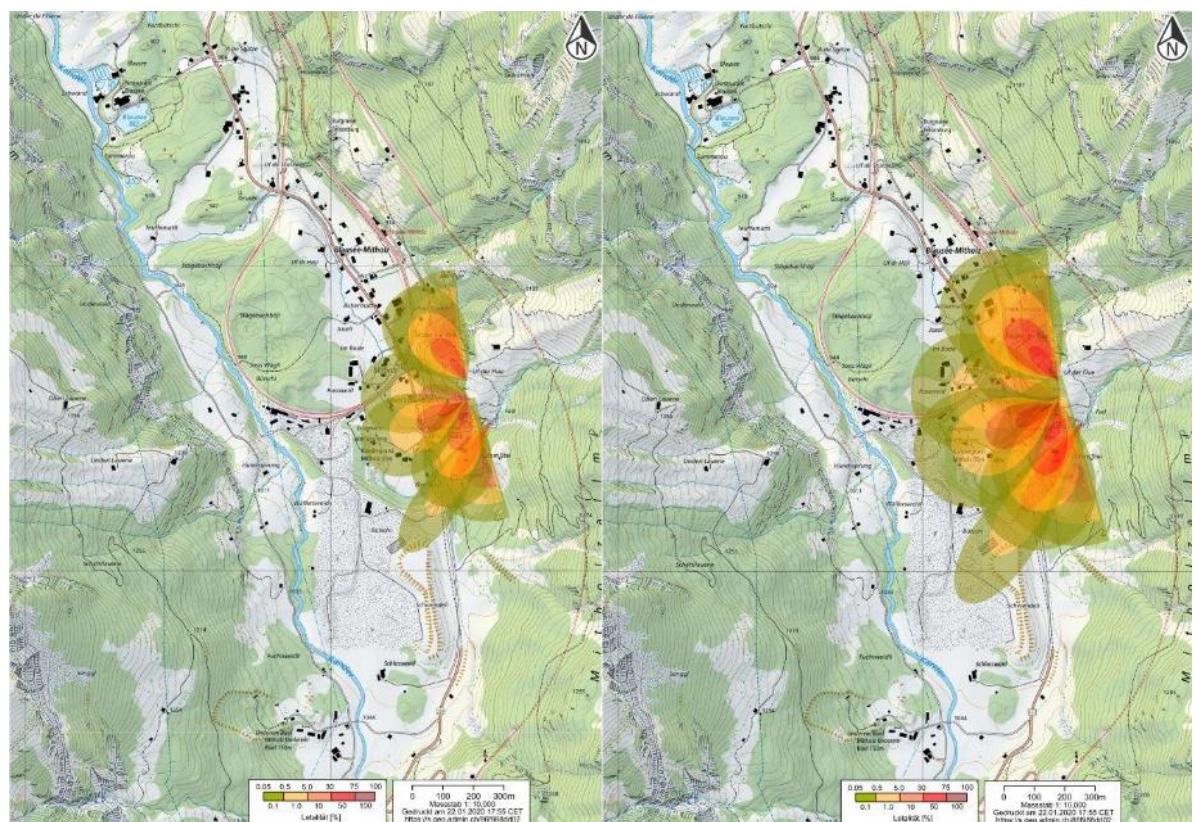


Abbildung 30 Letalitätszonen (Dämme nach TLM) für Szenario EMI mit $Q = 20\text{ t}$, an den vom EMI vorgeschlagenen Orten, und für die Exposition in Gebäuden



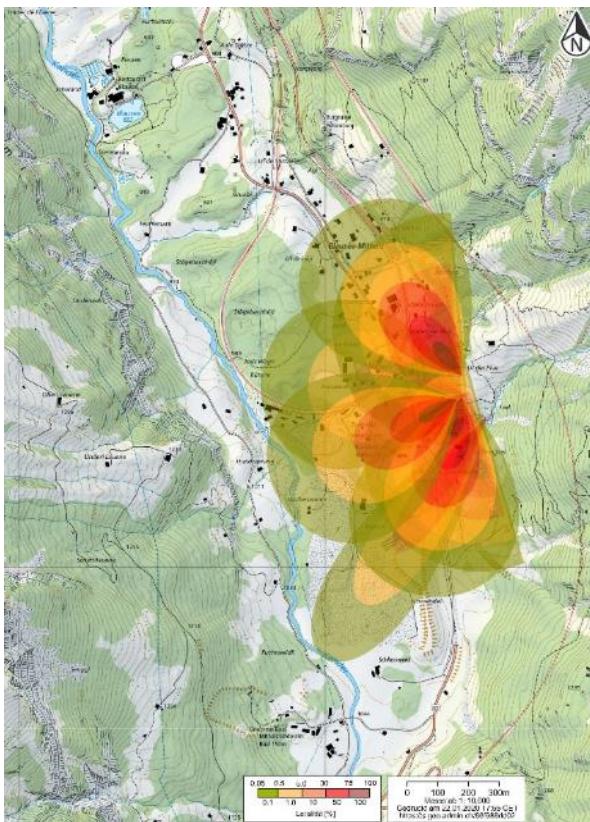


Abbildung 31 Letalitätszonen (Dämme) für $Q = 1\text{ t} / 3\text{ t} / 10\text{ t}$, an den gemäss Experten VBS möglichen Orten, für die Exposition in Gebäuden

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

C) Expositionsanalyse (Vorausmassnahmen BAFU 2021)

Für den Bau der Dämme werden in erster Näherung ebenfalls ca. 12 Arbeiter eingesetzt. Für den Nachweis der Wirksamkeit der Dämme in D und E werden diese aber nicht berücksichtigt, d.h. es wird der Zustand nach Realisierung mit dem IST-Zustand verglichen.

Personen-kennzahlen	Arbeiten Vorausmass-nahmen
2021 Vorausmass-nahmen	12 Indirekt Beteiligte

Abbildung 32 Änderungen Personenkennzahlen für 2021 – Teil 1

D) Risikoberechnung (nach Vorausmassnahmen BAFU 2021)

Wichtige Erkenntnisse aus der Risikoberechnung wie die Ausmasse und Risikoanteile, welche nicht in die Risikobewertung einfließen, werden nachfolgend gezeigt:

Szenario EMI 2019	Ausmasse At pro Situation	Max. Risikoanteile Situationen	Max. Risikoanteile Objekte
Q = 20 t Schmale Zonen	Bahn At = 78 Rest At = 11-17	Bahn, Wochenende, Nacht	Bahn, Wohnhäuser
Q = 20 t Dämme	Bahn At = 96 Rest At = 25-40	Nacht, Wochenende, Arbeit	Wohnhäuser, Strasse

Abbildung 33 Massgebende Ausmasse und Risikoanteile (Szenario EMI ohne / mit Dämmen – ohne Arbeiter – Teil 1)

Beim Szenario EMI (mit entsprechendem W) entstehen – wie oben gezeigt – durch die Dämme mit dem Modell TLM deutlich grössere Ausmasse und Risikoanteile, v.a. auf der Strasse und bei Wohnhäusern.

Alternative Dammformen (in Absprache mit dem BAFU nur qualitativ beurteilt):

- Dämme zur Ablenkung des Trümmerstrahls
Beim alten Bahnstollen wäre es theoretisch möglich, den Trümmerstrahl bergwärts zu lenken und damit die Risiken zu senken. Aber wie einleitend dargelegt, muss bei diesem Portal und den nun relevanten Ereignisgrössen nicht mit Trümmerwurf auf relevante Objekte gerechnet werden. Zudem existieren derzeit keine entsprechenden Modelle und Bemessungsgrundlagen.
Beim neuen LW-Stollen scheint eine Ablenkung nicht möglich resp. nicht sinnvoll, da die Exposition in alle möglichen Richtungen gross ist.
- Dämme zur Reduktion des Trümmerstrahls
Wenn mit weichen Frontseiten Trümmer aufgehalten werden könnten, wäre mit solchen Dämmen eine Risikoreduktion bei kleinen Ereignisgrössen theoretisch möglich. Derzeit existieren aber auch dazu keine Modelle und Bemessungsgrundlagen.

Vorausmass-nahme Dämme	Ausmasse At pro Situation	Max. Risikoanteile Situationen	Max. Risikoanteile Objekte
Q = 1 t	Bahn At = 1 Rest At = 1	Alle	Strasse, Freifeld
Q = 3 t	Bahn At = 9 Rest At = 1-4	Wochenende, Arbeit, Nacht	Strasse, Wohnhäuser
Q = 10 t	Bahn At = 79 Rest At = 9-18	Bahn, Wochenende	Bahn, Strasse

Abbildung 34 Massgebende Ausmasse und Risikoanteile am empfundenen kollektiven Risiko (nach Dämmen gem. TLM – ohne Arbeiter – Teil 1)

Für die grösseren Ereignisse von Q = 3 t und Q = 10 t ergibt die Spezialsituation Bahn die grössten Ausmasse. Hingegen kommt der grösste Risikoanteil für die Ereignisse von Q = 1 t und Q = 3 t von der Strasse.

E) Risikobewertung (nach Vorausmassnahmen BAFU 2021)

E.1) Kollektives Risiko von Unbeteiligten gemäss den Beurteilungskriterien zur StFV

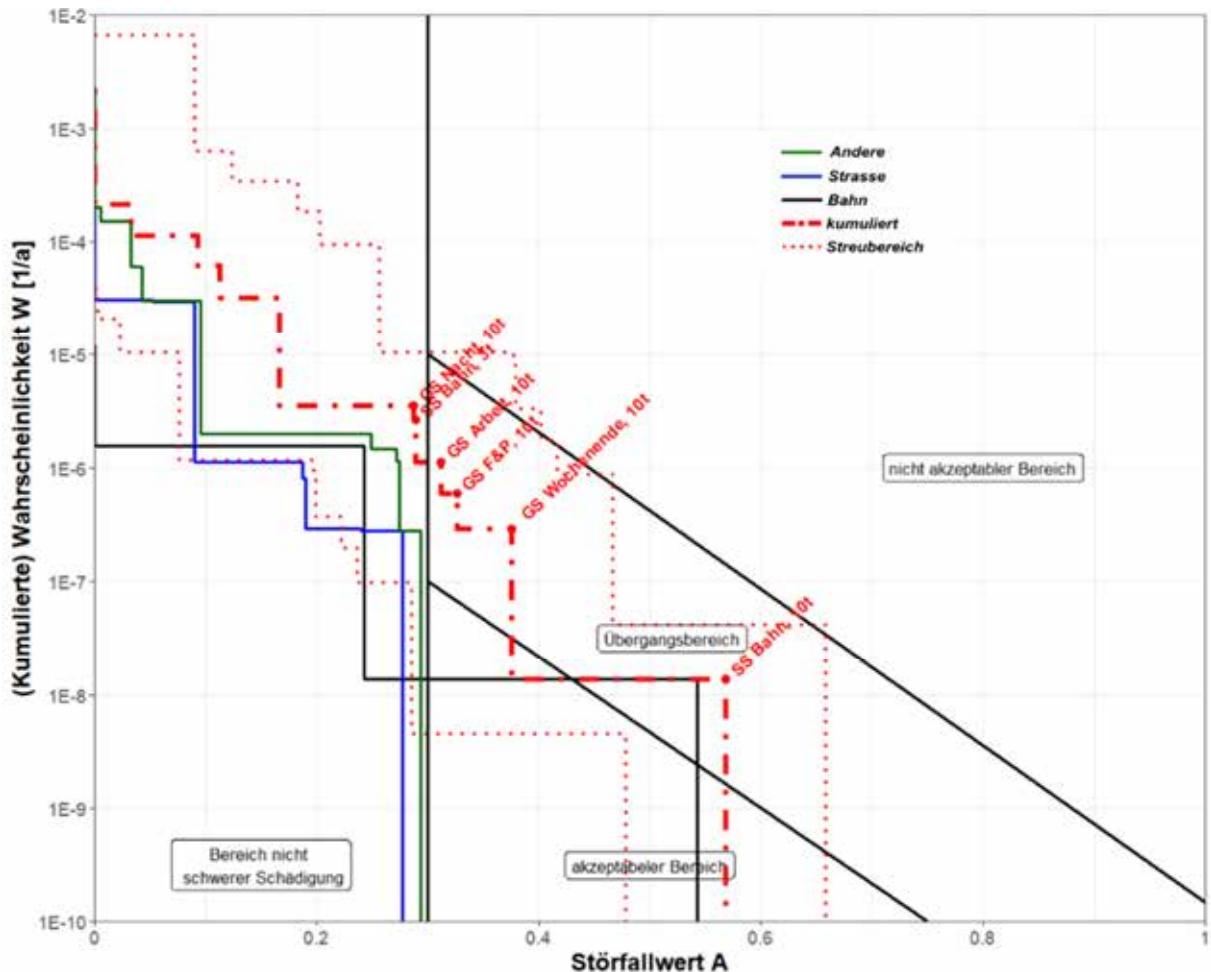


Abbildung 35 W/A-Diagramm (nach Vorausmassnahmen BAFU – Teil 1)

Die Summenkurve, welche sich aus der Kumulation der drei Ereignisgrößen 1/ 3/ 10 t ergibt, liegt im Übergangsbereich und im Bereich nicht schwerer Schädigung. Im Vergleich zur IST-Situation sind die Risiken kleiner, aber im Vergleich mit den Ppropfen grösser.

Bahn: Die Spezialsituationen Bahn für $Q = 10 \text{ t}$ liegt im mittleren Bereich des Übergangsbereichs.

Strasse und Andere (Anwohner): Das Risiko liegt knapp im Bereich der nicht schweren Schädigung.

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

E.2) Individuelles Risiko gemäss WSUME

Die individuellen Risiken bei der Umsetzung von Dämmen als Vorausmassnahme werden nicht explizit ausgewiesen (da das BAFU individuelle Risiken nicht bewertet), sie dürfen aber in einem ähnlichen Bereich liegen, wie für die Ppropfen.

E.3) Empfundenes kollektives Risiko gemäss WSUME

Kollektives Risiko R	$Q = 20 \text{ t}$ Schmale Zonen	$Q = 20 \text{ t}$ Dämme
R tatsächlich	$4.0 \times 10^{-3} / \text{a}$	$8.8 \times 10^{-3} / \text{a}$
R empfunden (mit Aversion)	$4.1 \times 10^{-2} / \text{a}$	$2.8 \times 10^{-1} / \text{a}$
Max. Kosten für Sicherheitsmassnahmen ca.	1.2 Mio CHF / a	8.3 Mio CHF / a

Abbildung 36 Kollektive Risiken beim Szenario EMI gemäss WSUME (nach Vorausmassnahmen – ohne Arbeiter – Teil 1)

Im Vergleich zum Referenzfall und der langen, schmalen Zonen sind die empfundenen kollektiven Risiken beim Szenario EMI mit Dämmen gem. TLM etwa einen Faktor 7 grösser.

Für den Effekt alternativer Dammformen wird auf Absatz D verwiesen.

Kollektives Risiko R	$Q = 1 \text{ t}$	$Q = 3 \text{ t}$	$Q = 10 \text{ t}$
R tatsächlich	$9.0 \times 10^{-4} / \text{a}$	$4.1 \times 10^{-4} / \text{a}$	$2.4 \times 10^{-5} / \text{a}$
R empfunden (mit Aversion)	$9.7 \times 10^{-4} / \text{a}$	$6.0 \times 10^{-4} / \text{a}$	$2.2 \times 10^{-4} / \text{a}$
Max. Kosten für Sicherheitsmassnahmen ca.	30'000 CHF / a	20'000 CHF / a	7'000 CHF / a

Abbildung 37 Kollektive Risiken gemäss WSUME (nach Vorausmassnahmen – ohne Arbeiter – Teil 1)

Im Vergleich mit dem IST-Zustand sind die empfundenen kollektiven Risiken mit Dämmen als Vorausmassnahmen etwa einen Faktor 2 kleiner, jedoch mit relevant höheren Risiken während der Realisierung.

4.2.3 Fazit zu den Vorausmassnahmen

	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
RA 2020 IST-Zustand	At Bahn: 6 At Andere: 1-2 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 2.1×10^{-3} / a Objekt: Haus	At Bahn: 32 At Andere: 2-5 W/A: Übergangsbereich Re: 1.7×10^{-3} / a Objekt: Bahn	At Bahn: 77 At Andere: 9-21 W/A: Übergangsbereich Re: 2.9×10^{-4} / a Objekt: Strasse
2022 Nach Vorausmassnahmen Ppropfen	At Bahn: 1 At Andere: 1 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 8.2×10^{-4} / a Objekt: Strasse	At Bahn: 10 At Andere: 2-4 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 7.4×10^{-4} / a Objekt: Strasse	At Bahn: 44 At Andere: 6-15 W/A: Übergangsbereich Re: 1.0×10^{-4} / a Objekt: Strasse
2022 Nach Vorausmassnahmen Dämme	At Bahn: 1 At Andere: 1 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 9.7×10^{-4} / a Objekt: Strasse	At Bahn: 9 At Andere: 1-4 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 6.0×10^{-4} / a Objekt: Strasse	At Bahn: 79 At Andere: 9-18 W/A: Übergangsbereich Re: 2.2×10^{-4} / a Objekt: Bahn
FAZIT	R bei Ppropfen und Dämmen etwa gleich	R bei Ppropfen und Dämmen etwa gleich	R bei Dämmen grösser als bei Ppropfen (x 2)

Abbildung 38 Zusammenfassung der Vorausmassnahmen – Teil 1

Die Grenzwerte des individuellen Risikos sowohl für indirekt Beteiligte (Arbeiter) als auch für Unbeteiligte (Anwohner) in den WSUME können während resp. nach den Vorausmassnahmen nicht eingehalten werden.

Zudem ist zu beachten, dass nur mit Dämmen der Installationsplatz Süd der BLS mit 180 Personen bei $Q = 10$ t vollumfänglich in der äussersten Letalitätszone zu liegen kommt, weil der Notausstieg nicht verschlossen wird und das Netz bei dieser Ereignisgrösse kaum wirksam sein dürfte.

Da im Verlauf der weiteren Arbeiten geplant ist, den Bahnstollen zu verfüllen und dies zu einer Änderung der Wirkungen vom Stollentrümmerwurf zum Kratertrümmerwurf führt, verlieren die Vorausmassnahmen (v.a. die Dämme und Netze) dann ihre Wirkung. Gemäss WSUME wären die Kosten für die Vorausmassnahmen im Vergleich zur Risikozunahme während und der Risikoreduktion nach der Realisierung bei einer solch kurzen Nutzungsdauer kaum gerechtfertigt.

4.3 BLS Installationsplatz 2022

4.3.1 Risikoabschätzung BLS Installationsplatz 2022

A) Ereignisanalyse (BLS Installationsplatz 2022)

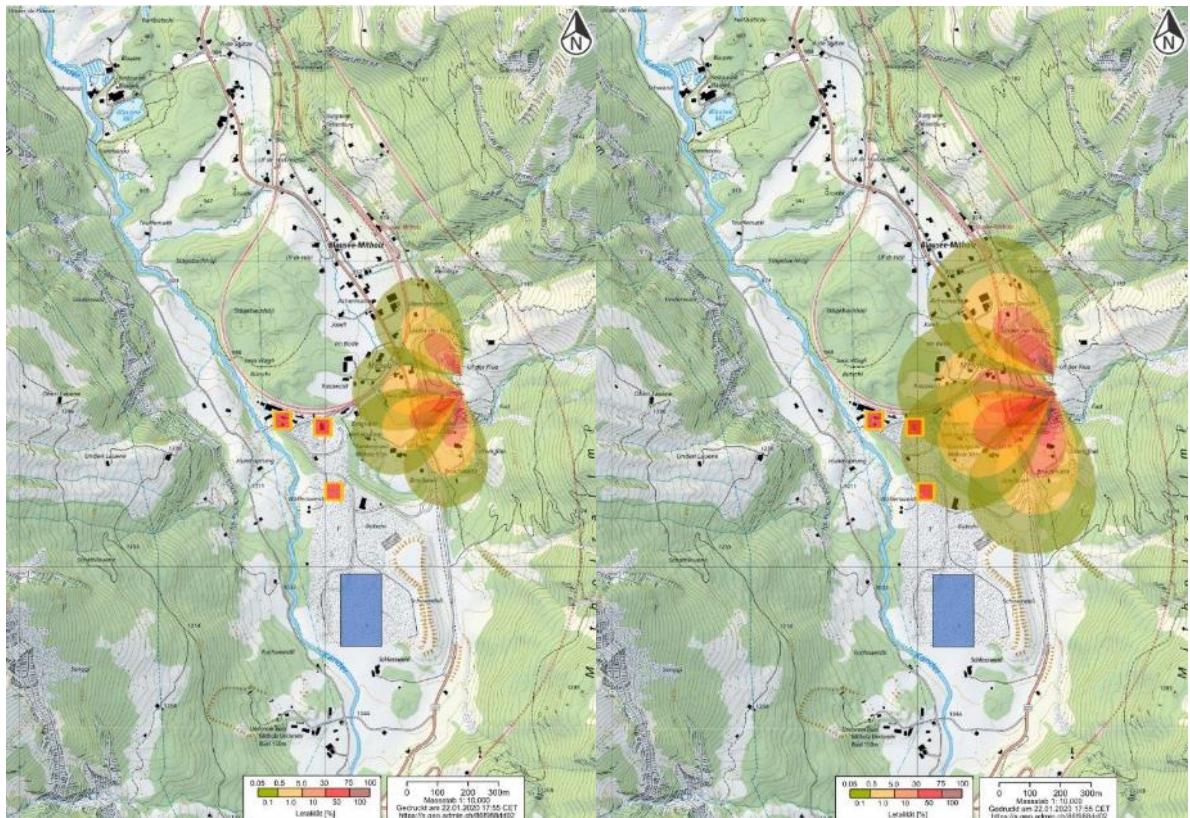
Während dem Bezug des Installationsplatzes der BLS werden die Wahrscheinlichkeiten gegenüber dem IST-Zustand nicht verändert.

W [1/a]	$Q = 1 \text{ t}$	$Q = 3 \text{ t}$	$Q = 10 \text{ t}$
2022 BLS Installationspl.	2×10^{-3}	2×10^{-4}	2×10^{-6}

Abbildung 39 Massgebende Ereignisse und Wahrscheinlichkeiten für 2022 – Teil 1

B) Wirkungsanalyse (BLS Installationsplatz 2022)

Während dem Bezug des Installationsplatzes der BLS gelten die Letalitätszonen nach den Vorausmassnahmen gemäss Expertengruppe VBS.



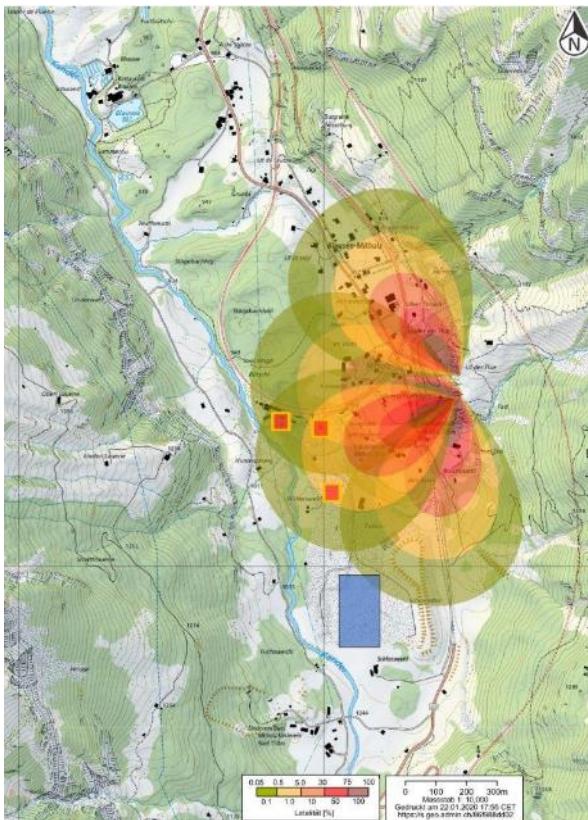


Abbildung 40 Letalitätszonen für $Q = 1\text{ t} / 3\text{ t} / 10\text{ t}$ für die Exposition in Gebäuden (nach Vorausmassnahmen VBS, mit Installationsplätzen BLS)

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

C) Expositionsanalyse (BLS Installationsplatz 2022)

Die BLS braucht den Platz in Mitholz in den Jahren 2022 bis 2030 für den Teilausbau des Lötschberg-Basistunnels. Es gibt Teile des Installationsplatzes, die ortsgebunden sind, wie das Betonwerk, die Zutrittskontrolle und die Werkstätten (rote Bereiche). Andere Teile sind nicht ortsgebunden und wurden bereits in Absprache der BLS mit dem VBS möglichst ausserhalb der Zonen platziert (blauer Bereich).

Personen-kennzahlen	BLS Installationsplatz West (rot)	BLS Installationsplatz Süd (blau)	Arbeiten Vorausmassnahmen*	Arbeiten Proberäumungen**
2022 BLS Installationsplatz	40 Unbeteiligte	180 Unbeteiligte	8 Indirekt Beteiligte	10 Indirekt Beteiligte

Abbildung 41 Änderungen Personenkennzahlen für 2022 – Teil 1

(* Vorausmassnahmen: Evtl. Abschluss der Arbeiten am Tor

** Proberäumungen: Abtrag Schutt, keine Arbeiten an Munitionsstücken)

D) Risikoberechnung (BLS Installationsplatz 2022)

Wichtige Erkenntnisse aus der Risikoberechnung, wie die Ausmasse und Risikoanteile, welche nicht in die Risikobewertung einfließen, werden in Abbildung 42 gezeigt:

2022	Ausmasse At pro Situation	Max. Risikoanteile Situationen	Max. Risikoanteile Objekte
Q = 1 t	Bahn At = 10 Rest At = 1-18	Arbeit	Arbeiter
Q = 3 t	Bahn At = 19 Rest At = 2-20	Arbeit	Arbeiter
Q = 10 t	Bahn At = 54 Rest At = 7-27	Arbeit	Strasse, Arbeiter

Abbildung 42 Massgebende Ausmasse und Risikoanteile 2022 – Teil 1

Die grössten Ausmasse und Risikoanteile werden von den Arbeitern generiert. Einzig für $Q = 10$ t wird bei den Ausmassen die Spezialsituation Bahn und bei den Risikoanteilen die Strasse massgebend. Der BLS Installationsplatz erzeugt keine massgebenden Ausmasse und Risiken.

E) Risikobewertung (BLS Installationsplatz 2022)

E.1) Kollektives Risiko von Unbeteiligten gemäss den Beurteilungskriterien zur StFV

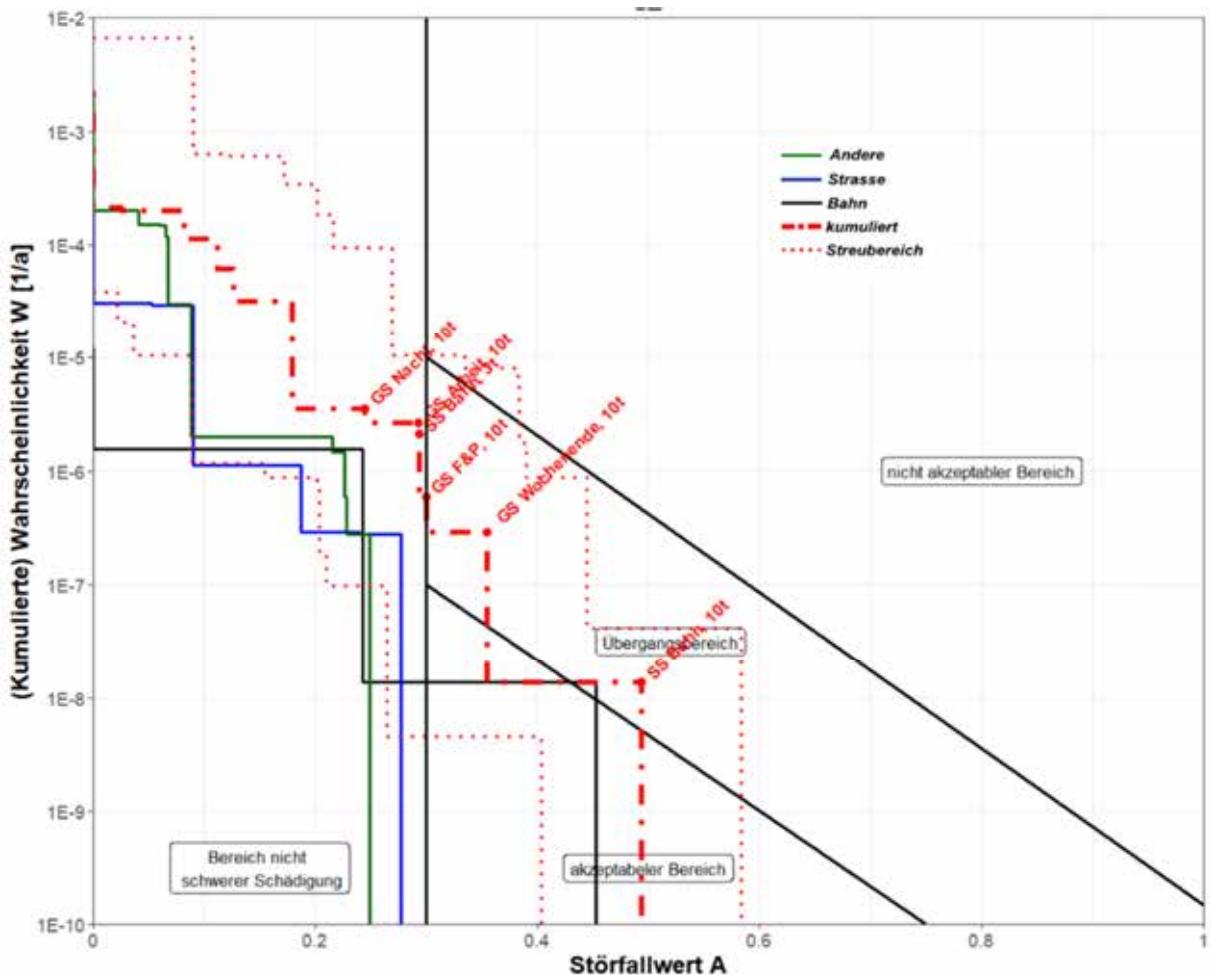


Abbildung 43 W/A-Diagramm (BLS Installationsplatz, gleich wie nach Vorausmassnahmen – Teil 1)

Die Summenkurve, welche sich aus der Kumulation der drei Ereignisgrössen 1/ 3/ 10 t ergibt, liegt im Übergangsbereich und im Bereich nicht schwerer Schädigung. Im Vergleich zur IST-Situation sind die Risiken dank den Vorausmassnahmen Pfropfen und Hochdrucktor kleiner. Die Zunahme infolge BLS Installationsplatz ist sehr klein und nicht sichtbar.

Bahn: Die Spezialsituationen Bahn für $Q = 10$ t liegt ganz am unteren Rand des Übergangsbereichs.

Strasse und Andere (Anwohner): Das Risiko liegt (knapp) im Bereich der nicht schweren Schädigung.

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

E.2) Individuelles Risiko gemäss WSUME

Grenzwert WSUME	$Q = 1$ t	$Q = 3$ t	$Q = 10$ t
Unbeteiligte Dritte $r = 3 \times 10^{-6} / a$	r max sehr klein → zulässig	r max = $4.0 \times 10^{-8} / a$ → zulässig	r max = $4.0 \times 10^{-9} / a$ → zulässig
Indirekt Beteiligte $r = 1.5 \times 10^{-5} / a$	-	-	-
Direkt Beteiligte $r = 3 \times 10^{-5} / a$	-	-	-

Abbildung 44 Individuelle Risiken gemäss WSUME auf dem BLS Installationsplatz – Teil 1

Die individuellen Risiken sowohl auf dem BLS Installationsplatz West (ortsfest) als auch Süd (flexibel) sind für 2022 – wie auch für die weiteren Jahre – gem. WSUME zulässig.

Aus den Darstellungen für die Vorausmassnahmen Ppropfen und Hochdrucktor kann übernommen werden, dass in der Phase nach Abschluss der Vorausmassnahmen (und zu Beginn der Proberäumung) bei den Anwohnern sowie den Arbeitern die Grenzwerte in den WSUME wiederum überschritten werden und im Bereich der Risiken von Bauarbeitern liegen.

E.3) Empfundenes kollektives Risiko gemäss WSUME

Kollektives Risiko R	$Q = 1$ t	$Q = 3$ t	$Q = 10$ t
R tatsächlich	$1.0 \times 10^{-2} / a$	$1.5 \times 10^{-3} / a$	$2.8 \times 10^{-5} / a$
R empfunden (mit Aversion)	$5.3 \times 10^{-2} / a$	$9.3 \times 10^{-3} / a$	$3.3 \times 10^{-4} / a$
Max. Kosten für Sicherheitsmass- nahmen ca.	1.6 Mio CHF / a	280'000 CHF / a	10'000 CHF / a

Abbildung 45 Kollektive Risiken gemäss WSUME (Jahr 2022 – Teil 1)

Die kollektiven Risiken für diese Bauphase sind v.a. bei den Ereignissen mit $Q = 1$ t und $Q = 3$ t sehr gross resp. gross. Allerdings stammen diese Risiken hauptsächlich von der relativ grossen Anzahl der Arbeiter im Vorgelände der Anlage und nur zu einem vernachlässigbar kleinen Teil vom BLS Installationsplatz. Die mit dem Grenzkostenprinzip ermittelten max. Kosten für Sicherheitsmassnahmen werden hier nicht weiter diskutiert.

4.3.2 Fazit zum Installationsplatz BLS

	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
Nach Vorausmassnahmen Ppropfen etc.	At Bahn: 1 At Andere: 1 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 8.2×10^{-4} / a Objekt: Strasse	At Bahn: 10 At Andere: 2-4 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 7.4×10^{-4} / a Objekt: Strasse	At Bahn: 44 At Andere: 6-15 W/A: Übergangsbereich Re: 1.0×10^{-4} / a Objekt: Strasse
2022 Mit Installationsplatz BLS (ohne Arbeiter im Vorgelände der Anlage)	At Bahn: 1 At Andere: 1 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 8.2×10^{-4} / a Objekt: Strasse	At Bahn: 10 At Andere: 2-4 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 7.5×10^{-4} / a Objekt: Strasse	At Bahn: 45 At Andere: 6-15 W/A: Übergangsbereich Re: 1.1×10^{-4} / a Objekt: Strasse
2022 Mit Installationsplatz BLS (mit Arbeitern im Vorgelände der Anlage)	At Bahn: 10 At Andere: 1-18 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 5.3×10^{-2} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: 19 At Andere: 2-20 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 9.3×10^{-3} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: 54 At Andere: 7-27 W/A: Übergangsbereich Re: 3.3×10^{-4} / a Objekt: Arbeiter
FAZIT	R mit Arbeitern im Vorgelände stark erhöht	R mit Arbeitern im Vorgelände stark erhöht	R mit Arbeitern im Vorgelände erhöht

Abbildung 46 Zusammenfassung Installationsplatz BLS – Teil 1

Die Grenzwerte des individuellen Risikos sowohl für indirekt Beteiligte (Arbeiter im Vorgelände der Anlage) als auch für Unbeteiligte (Anwohner) in den WSUME können nach wie vor nicht eingehalten werden. Aber die individuellen Risiken sowohl auf dem BLS Installationsplatz West (ortsfest) als auch Süd (flexibel) sind gem. WSUME zulässig.

Als risikosenkende Massnahme ist der Bauablauf allerdings so anzupassen, dass sich weniger Arbeiter gleichzeitig im Vorgelände aufhalten.

4.4 Variante Räumung

4.4.1 Vor der Realisierung

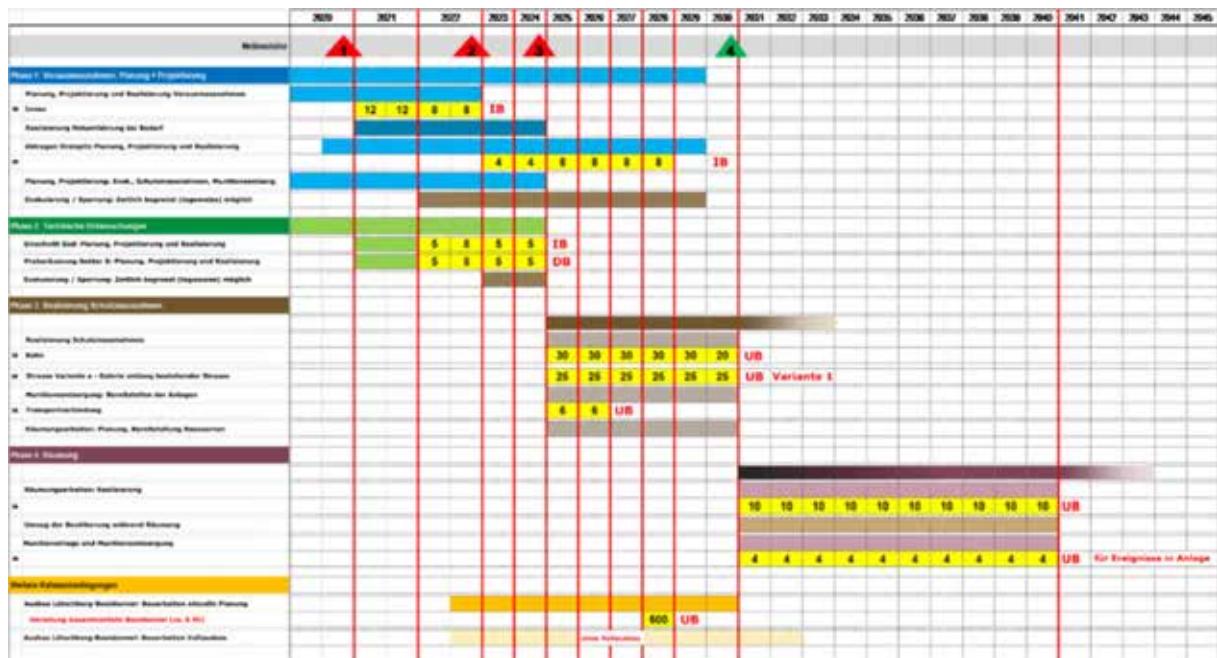


Abbildung 47 Bauphasen für die Variante Räumung (inkl. Anzahl der exponierten Arbeiter)

Vor der Räumung sind folgende Bauphasen relevant:

Jahr	Bezeichnung / Beginn ca.	Wahrscheinlichkeit	Wirkungen	Exposition Arbeiter
2023	1) Proberäumung	W IST	Stollentrümmer	1) 2) + IP BLS
2024	2) Abbau Dreispitz	W tiefer	Kratertrümmer	1) 2) + IP BLS
2025	3) Schutzbauten	dito	dito	2) 3) + IP BLS
2026	3) Schutzbauten	dito	dito	2) 3) + IP BLS
2027	3) Schutzbauten	dito	dito	2) 3) + IP BLS
2028	4) Umleitung BLS	dito	dito	2) 3) 4) + IP BLS
2029	3) Schutzbauten	dito	dito	3) + IP BLS
2030	3) Schutzbauten	dito	dito	3) + IP BLS

Abbildung 48 Bauphasen vor der Räumung (IP BLS = Installationsplatz BLS, 1) Personal Proberäumung, 2) Personal Abbau Dreispitz, 3) Personal Schutzbauten, 4) Personal Umleitung BLS)

Wichtig sind dabei die folgenden Punkte:

- **Proberäumung (2022-2024):** Die Berechnungen der vorliegenden RA VBS 2020 basieren auf der Annahme, dass in einem ersten Schritt der Schuttkegel im Sektor B abgetragen und die Anlage im Süden geöffnet wird. Gemäss aktuellem Planungsstand findet der Einschnitt Süd jedoch erst vor der Räumung statt. Die Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses während dem eigentlichen Räumen der Munition in diesen Probereichen (nicht im Bahnstollen) kann zurzeit noch nicht genau genug abgeschätzt werden. Zudem können keine grossen Mengen geräumt werden, da noch keine Entsorgungskapazität zur Verfügung steht.
- **Verfüllung des Bahnstollens (2023):** Damit der Dreispitz ohne risikorelevante Probleme abgebaut werden kann, wird der Bahnstollen mit Blähton o.ä. verfüllt (Dauer zur Verfüllung ca. 2 Monate). Durch den leichten Blähton anstelle von Sand kann die Gefahr von Setzungen minimiert und der Wahrscheinlichkeitszuwachs reduziert werden.
- **Abbau Dreispitz (2024-2028):** Nach der Verfüllung ist die Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses infolge der Reduktion der Steinschlaggefahr reduziert und wird auch

während dem Abbau des Dreispitzes nicht merklich erhöht. Zudem führt die Verfüllung zu einem Übergang von Stollentrümmerwurf zu Kraterträümmerwurf. Letzteres führt bei $Q = 1$ t und $Q = 3$ t zu kleineren und bei $Q = 10$ t zu grösseren Letalitätszonen.

- **Schutzbauten (2025-2030):**

Zum Schutz der Strasse stehen drei Varianten zur Diskussion:

- a) Schutzbau über die bestehende Strasse durch Mitholz,
- b) Verlängerung der Lawinengalerie und Tagbautunnel in der Talmitte
- c) Verlegung der Nationalstrasse auf die Westseite des Kandertals (Tunnel)

In der RA VBS 2020 wird von der Variante a) ausgegangen, da diese wahrscheinlich die grössten Risiken implizieren würde (vgl. Abbildung 53).

Zum Schutz der Bahnlinie ist ebenfalls eine Galerie geplant.

- **Umleitung BLS (2028):** Der Teilausbau des Lötschberg-Basistunnels führt zu einer ca. 8-monatigen Umleitung der Fernverkehrszüge über die Bergstrecke. Ursprünglich ging die BLS von einer Umleitung im Jahr 2028 aus. Darauf basiert die hier vorliegende RA VBS 2020. Aktuell ist die Umleitung 2029 oder 2030 geplant.

A) Ereignisanalyse (Vor Räumung 2023-2030)

2023 wird gemäss Planung der Bahnstollen verfüllt. Dies führt zu einer etwa 50%-igen Erhöhung der Wahrscheinlichkeiten gegenüber dem IST-Zustand 2020 während ca. 2 Monaten. In der RA VBS 2020 wird diese Erhöhung vereinfachend auf das Jahr 2023 verteilt und muss dann nicht explizit berücksichtigt werden.

Hingegen führt die Verfüllung infolge Reduktion der Steinschlaggefahr zu einer Halbierung der Wahrscheinlichkeiten während den Jahren 2024 bis 2030.

W [1/a]	$Q = 1$ t	$Q = 3$ t	$Q = 10$ t
2023 Proberäumung (Verfüllung)	2×10^{-3}	2×10^{-4}	2×10^{-6}
2024-2030 Vor der Räumung	1×10^{-3}	1×10^{-4}	1×10^{-6}

Abbildung 49 Massgebende Ereignisse und Wahrscheinlichkeiten für 2023 bis 2030 (ohne Kleinereignis) – Teil 1

Da das genaue Vorgehen nach dem Abtrag des Schuttkegels bei den eigentlichen Proberäumungen im Sektor B (und beim Einschnitt Süd) noch nicht bekannt ist, konnte einem Kleinerereignis mit $Q = \text{ca. } 10$ kg noch keine Wahrscheinlichkeit zugeordnet werden.

B) Wirkungsanalyse (Vor Räumung 2023-2030)

Mit der Verfüllung des Bahnstollens im Jahr 2023 findet ein Übergang vom Stollentrümmerwurf zum Kraterträümmerwurf statt. Damit verlieren auch die meisten Vorausmassnahmen einen relevanten Teil ihrer Wirkung.

Nach der Verfüllung wird im Ereignisfall die Explosionsenergie direkt über den Schutt und die Verfüllung auf den umgebenden Felsen übertragen. Bei ungenügender Felsüberdeckung wird diese durch die Schockwelle und v.a. die expandierenden Gase beschleunigt und ausgeworfen. Bei einer Verfüllung mit Blähton o.ä. könnte diese Übertragung im Vergleich zu Felsmaterial kleiner sein (Kleinversuchen mit Alu-Schäumen etc. sind bekannt). Modelle, welche eine solche Reduktion für Mitholz berücksichtigen könnten, sind aber nicht bekannt.

Mit der Verfüllung der Hohlräume im Bahntunnel wird die Ladedichte sehr gross. Das Modell für den Kratertrümmerwurf in den TLM ist für Ladedichten kleiner 300 kg/m^3 zulässig. Beispielsweise würde dies bei $Q = 10 \text{ t}$ einem Volumen von gut 30 m^3 entsprechen. Ob dies im Schutt und der Verfüllung (Blähton) zutrifft, kann nicht bestimmt werden. Ein Vergleich mit Kratertrümmerformeln aus der Literatur (vgl. auch während Räumung) zeigt aber, dass das TLM-Modell auch bei sehr hohen Ladedichten angewendet werden kann.

Die vorhandene Felsüberdeckung ist ein relevanter Parameter. Die neuesten Daten von swisstopo zeigen im Bereich C, dem teilweise verschütteten Bahnstollen vor den Kammern 8 – 12, eine mittlere Felsumlagerung gem. TLM von 24 m. Generell kann bei der Felsumlagerung das Lockergestein nicht voll angerechnet werden. In Mitholz wurde zudem der schlechte Fels mit dem versackten und zerklüfteten Dreispitz nur zu 75 % angerechnet. Die gemäss TLM massgebende minimale Felsüberdeckung beträgt darum nur noch 15 m und liegt im Bereich des alten LW-Zugangs Süd vor der Kammer 12 (vgl. Anhang A).

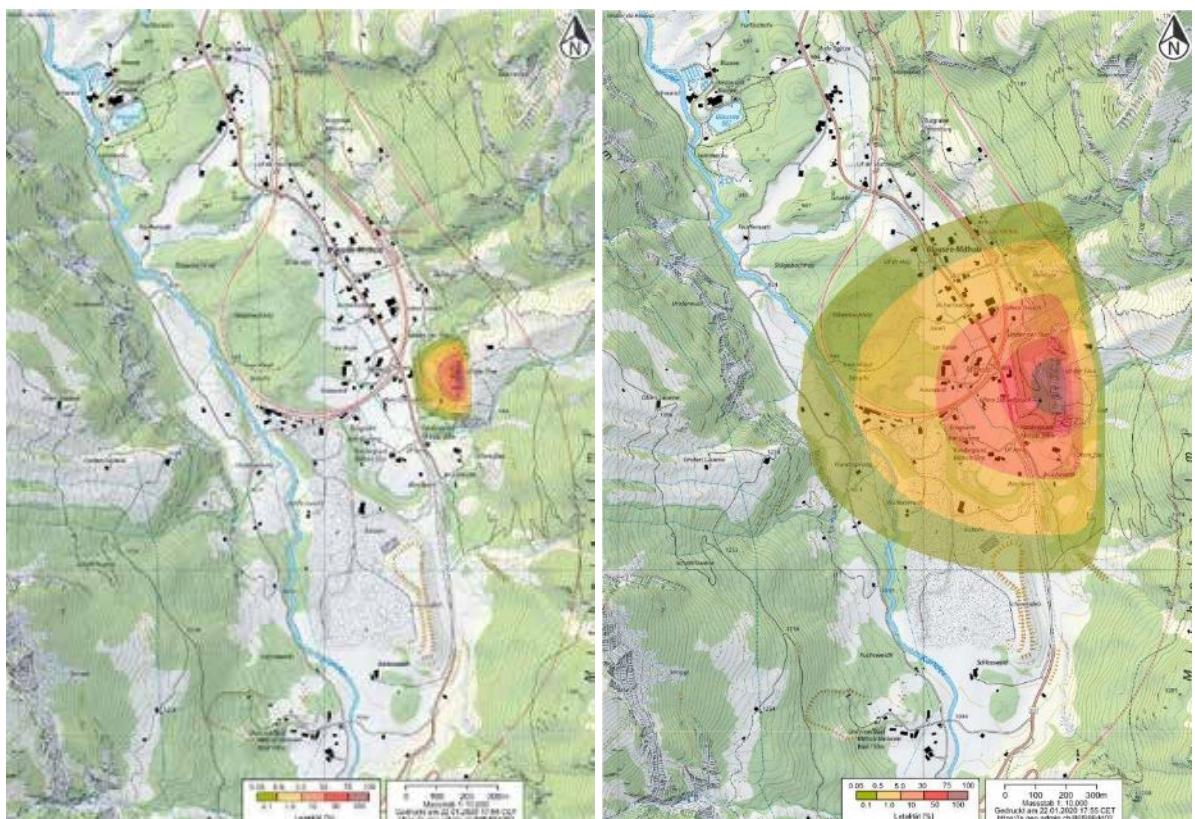


Abbildung 50 Letalitätszonen für $Q = 3 \text{ t}$ und 10 t bei 15 m Überdeckung für die Exposition in Gebäuden (Vor Räumung, ab 2024 / $V = 20 \text{ m}^3$, max. Geländeneigung, schlechter Fels)

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

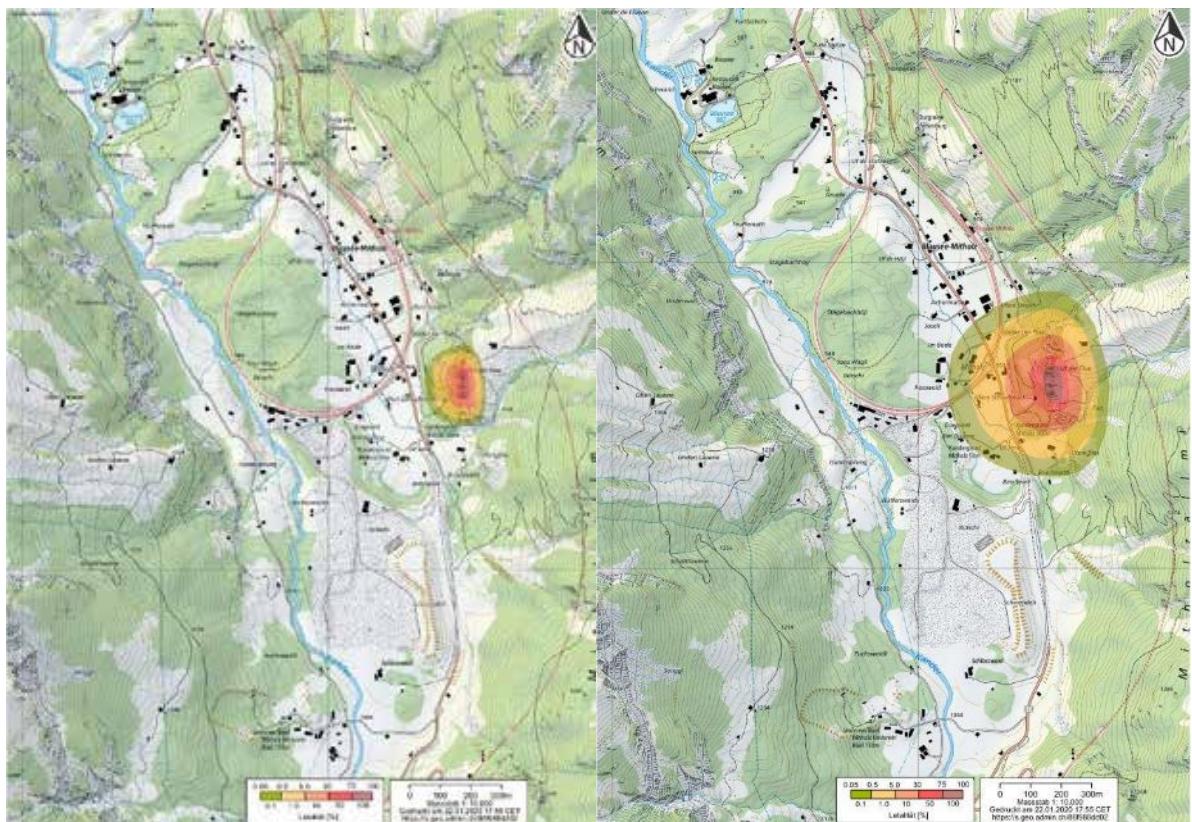
Der Kratertrümmerwurf weist eine ausgesprochene Sensitivität auf, welche hauptsächlich vom Felsumlagerungsparameter stammt. Gemäss TLM entstehen bei $Q = 10 \text{ t}$ die maximalen Kraterwirkungen bei "optimalen" 10 m Felsumlagerung, wobei alles von 5 bis 15 m nahe dem Maximum liegt. Hingegen sind bei 15 m Felsumlagerung und $Q = 3 \text{ t}$ die Kratertrümmerzonen viel kleiner und bei $Q = 1 \text{ t}$ nicht existent.

Mit den Proberäumungen und dem Abbau des Dreispitzes reduziert sich die vorhandene Felsumlagerung, was je nach Ereignisgrösse zu kleineren oder grösseren Trümmerwurfzonen führt, wobei zum Abschluss der Phase vor der Räumung die Munition im Bahnstollen nach wie vor unter mehreren Metern Schutt begraben bleibt (Annahme ca. 5 m im Mittel).

Felsumlagerung	$Q = 1 \text{ t}$	$Q = 3 \text{ t}$	$Q = 10 \text{ t}$
15 m (2024)	$fh = 0$	$fh = 0.4$	$fh = 0.9$
10 m	$fh = 0.5$	$fh = 0.9$	$fh = 1.0$
5 m (2030)	$fh = 1.0$	$fh = 0.9$	$fh = 0.8$

Abbildung 51 Veränderungen des Felsumlagerungsparameters fh als Mass für die Zonengröße über die Bauphasen vor der Räumung (2024-2030) – Teil 1

- **$Q = 10 \text{ t}$:** Beim Abbau nimmt die Geländeneigung ab und der Felsumlagerungsparameter fh bleibt im Bereich des Maximums. Im Mittel ist $fh = 0.9$ womit die mittlere Felsumlagerung von **$h = 15 \text{ m}$** als repräsentativ gilt.
- **$Q = 3 \text{ t}$:** Beim Abbau nimmt die Geländeneigung ab, aber der Felsumlagerungsparameter fh nimmt von 40 % auf den Bereich des Maximums zu. Im Mittel ist $fh = 0.7$ womit eine mittlere Felsumlagerung von **$h = 12 \text{ m}$** als repräsentativ angenommen wird.
- **$Q = 1 \text{ t}$:** Beim Abbau nimmt die Geländeneigung ab, aber der Felsumlagerungsparameter fh nimmt von 0 % auf das Maximum. Im Mittel ist $fh = 0.5$ womit eine mittlere Felsumlagerung von **$h = 10 \text{ m}$** als repräsentativ angenommen wird.



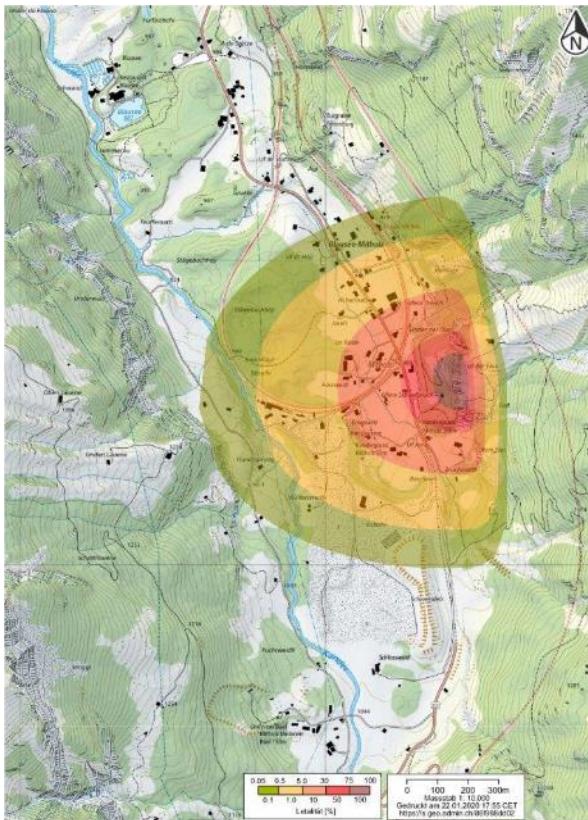


Abbildung 52 Letalitätszonen für $Q = 1 \text{ t} / 3 \text{ t} / 10 \text{ t}$ bei $10 / 12 / 15 \text{ m}$ Überdeckung für die Exposition in Gebäuden (Vor Räumung, ab 2024 / $V = 5 / 10 / 20 \text{ m}^3$, mittlere Geländeneigung, schlechter Fels)

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

Da generell noch nicht bekannt ist, wann wo wieviel Material abgebaut wird, wird vereinfachend über diese ganze Phase mit den gleichen Zonen gerechnet. Wenn in Zukunft genauer bekannt ist, wie der Abbau durchgeführt wird, muss auch die Veränderung der Felsumlagerung in eine künftige Risikoanalyse einfließen.

Bezüglich der drei Varianten bei den Schutzbauten Strasse können folgende Überlegungen gemacht werden. Es wird aber in der RA VBS 2020 explizit darauf verzichtet, die Risiken aller drei Varianten zu berechnen.

	Wirkungen	Exposition
a) Schutz beste-hende Natio-nalstrasse mit Gale-rie	Grösste Letalitäten, da am nächsten an der Anlage	Arbeiter: Grösste Letalitäten Verkehr: Zunehmend geschützt durch Galerie
b)) Verlängerung Tunnel Mitholz	Kleinere Letalitäten, da weiter von der Anlage entfernt	Arbeiter: Kleinere Letalitäten Verkehr: Nicht geschützt bis Fertigstellung Tagbautunnel
c) Verlegung Natio-nalstrasse	Keine Letalität	Arbeiter: Keine Letalität Verkehr: Nicht geschützt bis Fertigstellung Tunnel West

Abbildung 53 Überlegungen zu den drei Varianten Schutzbauten Strasse – Teil 1

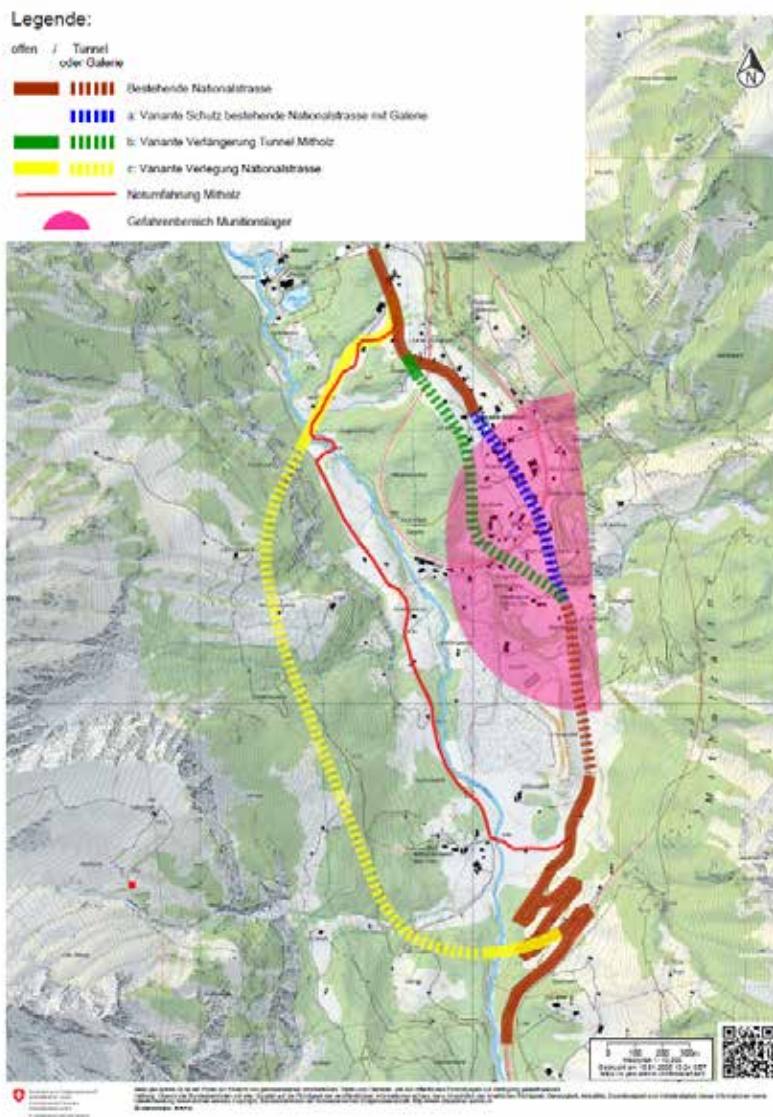


Abbildung 54 Variantenstudium Schutzbauten Strasse - ASTRA/ armasuisse Immobilien

Wie erwähnt werden die Risiken bei der Strasse für die Variante a) "Galerie durch Mitholz" und bei der Bahn ebenfalls für die Galerie berechnet. Da der genaue Bauablauf noch nicht bekannt ist, wurden folgende Vereinfachungen getroffen und in den Risikomatrizen die Objektkennzahl (OKZ) bei Strasse und Bahn entsprechend reduziert (von 100% auf 0%):

Jahr	Schutz Arbeiter	Schutz Strasse / Bahn
2025	0%	0%
2026	0%	0%
2027	0%	25%
2028	0%	50%
2029	0%	75%
2030	0%	100%

Abbildung 55 Schutz der Exponierten durch die Galerien für Strasse und Bahn in Mitholz – Teil 1

Die geplanten Galerien werden vereinfachend als praktisch 100 % sicher angenommen. Sie sind zurzeit auf ein Schutzziel von 3000 kJ kinetische Energie ausgelegt. Bei grösseren Ereignissen ist zwar damit zu rechnen, dass einige Trümmer mit grösseren Energien ausgeworfen werden. Die Trefferwahrscheinlichkeit auf Strasse und Bahn ist aber sehr klein und die Anwesenheitswahrscheinlichkeit eines Fahrzeuges resp. Zuges führt nochmals zu einer deutlichen Reduktion.

C) Expositionsanalyse (Vor Räumung 2023-2030)

Jahr	Bezeichnung / Beginn ca.	Exposition Instal-lationspl. BLS → Unbeteiligte	Exposition Anlagegelände → Indirekt Bet.	Exposition Schutzbauten → Unbeteiligte
2023	Proberäumung	40 / 180	14	-
2024	Abbau Dreispitz	40 / 180	14	-
2025	Schutzbauten	40 / 180	8	55
2026	Schutzbauten	40 / 180	8	55
2027	Schutzbauten	40 / 180	8	55
2028	Umleitung BLS	40 / 180	8	55
2029	Schutzbauten	40 / 180	-	55
2030	Schutzbauten	40 / 180	-	55

Abbildung 56 Zusätzliche Exposition während den Bauphasen vor der Räumung – Teil 1

Während der Umleitung BLS verkehren die Fernverkehrszüge mit durchschnittlich 600 Personen / Zug über die Bergstrecke.

D) Risikoberechnung (Vor Räumung 2023-2030)

Wichtige Erkenntnisse aus der Risikoberechnung wie die Ausmasse und Risikoanteile, welche nicht in die Risikobewertung einfließen, werden in Abbildung 57 gezeigt:

Jahr	Bezeichnung / Beginn ca.	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
2023	Proberäumung	At = 8 / 1-14 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 17 / 2-16 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 52 / 7-21 Sa Re: Arbeit Oa Re: Strasse
2024	Abbau Dreispitz	At = 7 / 0-14 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 18 / 1-17 Sa Re: Arbeit Oa Re: Strasse	At = 93 / 9-29 Sa Re: Arbeit Oa Re: Strasse
2025	Schutzbauten	At = 4 / 0-8 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 20 / 1-21 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 106 / 9-55 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit
2026	Schutzbauten	At = 4 / 0-8 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 19 / 1-20 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 105 / 9-52 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit
2027	Schutzbauten	At = 4 / 0-8 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 17 / 1-19 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 85 / 9-50 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit
2028	Umleitung BLS	At = 4 / 0-8 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 35 / 1-18 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 319 / 8-47 Sa Re: Bahn Oa Re: Bahn
2029	Schutzbauten	-	At = 8 / 1-10 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 42 / 8-38 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit
2030	Schutzbauten	-	At = 5 / 1-9 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 23 / 7-35 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit

Abbildung 57 Massgebende Ausmasse und Risikoanteile – Teil 1

(At: Tatsächliches Situationsausmass (Bahn / Andere) / Sa: Situationsanteil / Re: Empfundenes kollektives Risiko (gruppenbereinigt, Ereignisfall) / Oa: Objektanteil)

Für $Q = 10$ t werden die Ausmasse und Risiken zuerst von der Bahn resp. Strasse bestimmt, bis die Arbeiten an den Schutzmassnahmen beginnen, wodurch die Arbeiten (v.a. an der Strassengalerie) zum massgebenden Risikoanteil werden. Wie zu erwarten war, führt die Umleitung BLS zu grossen Ausmassen in der Spezialsituation Bahn.

Für $Q = 3$ t werden die Ausmasse und Risiken zuerst von der Bahn resp. Arbeit (v.a. an der Strassengalerie) bestimmt. Die Umleitung BLS führt bei dieser Ereignisgrösse nicht zu aussergewöhnlich grossen Ausmassen.

Für $Q = 1$ t werden die Ausmasse und Risiken alleine von den Arbeiten im Vorgelände der Anlage (z.B. Abbau Dreispitz) bestimmt.

Da das genaue Vorgehen bei den Proberäumungen und beim Einschnitt Süd noch nicht bekannt ist, konnten für ein v.a. für die Räummannschaft relevantes Kleinereignis mit $Q = \text{ca. } 10$ kg noch keine Risiken gerechnet werden. Dabei wird auch vorausgesetzt, dass bei den Proberäumungen keine Übertragungen auf Ereignisse im Bahnstollen mit $Q = 1$ t oder grösser stattfinden.

E) Risikobewertung (Vor Räumung 2023-2030)

E.1) Kollektives Risiko von Unbeteiligten gemäss den Beurteilungskriterien zur StFV

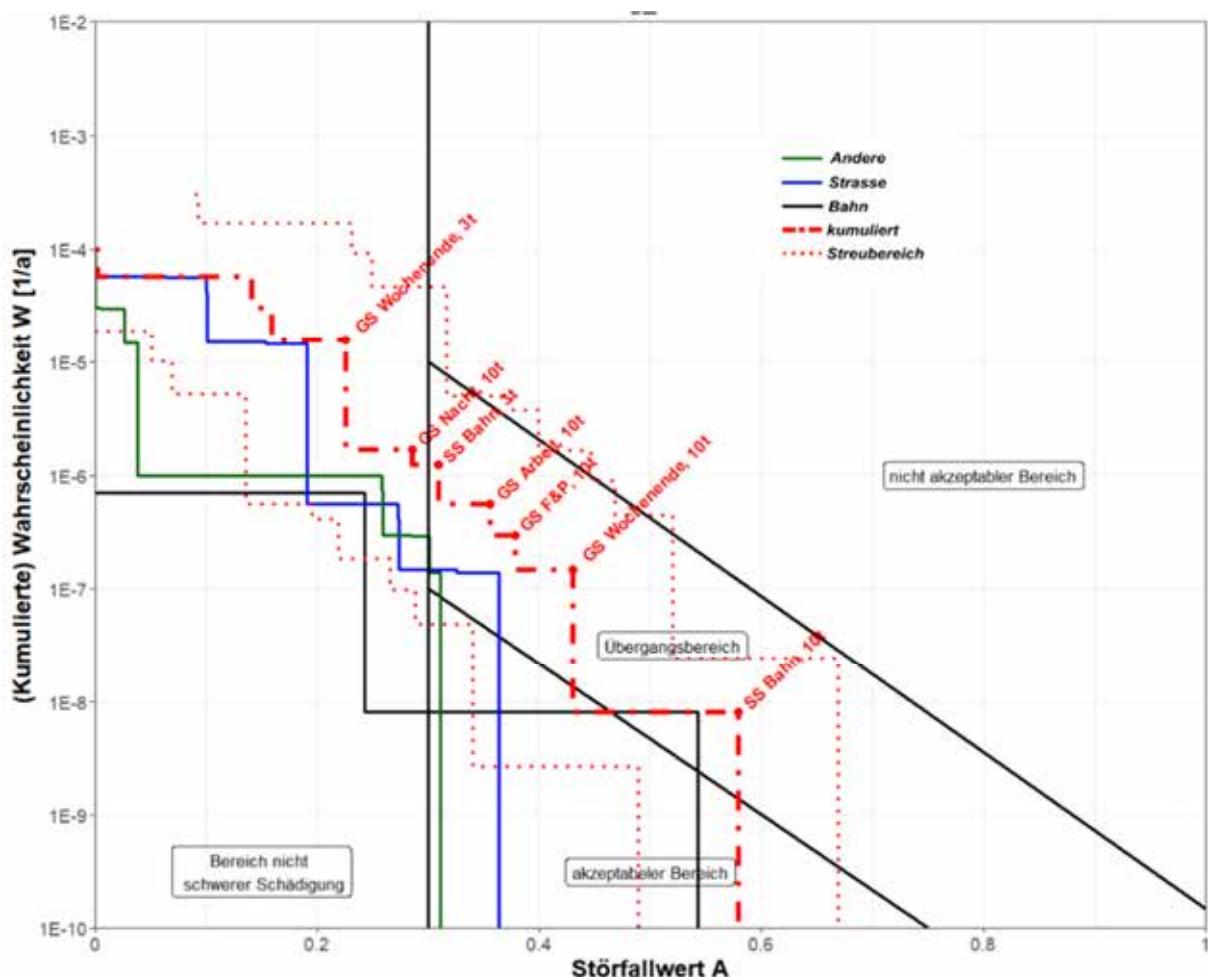


Abbildung 58 W/A-Diagramme (vor Räumung 2023 - 2030) für die Bauphase Abbau Dreispitz – Teil 1

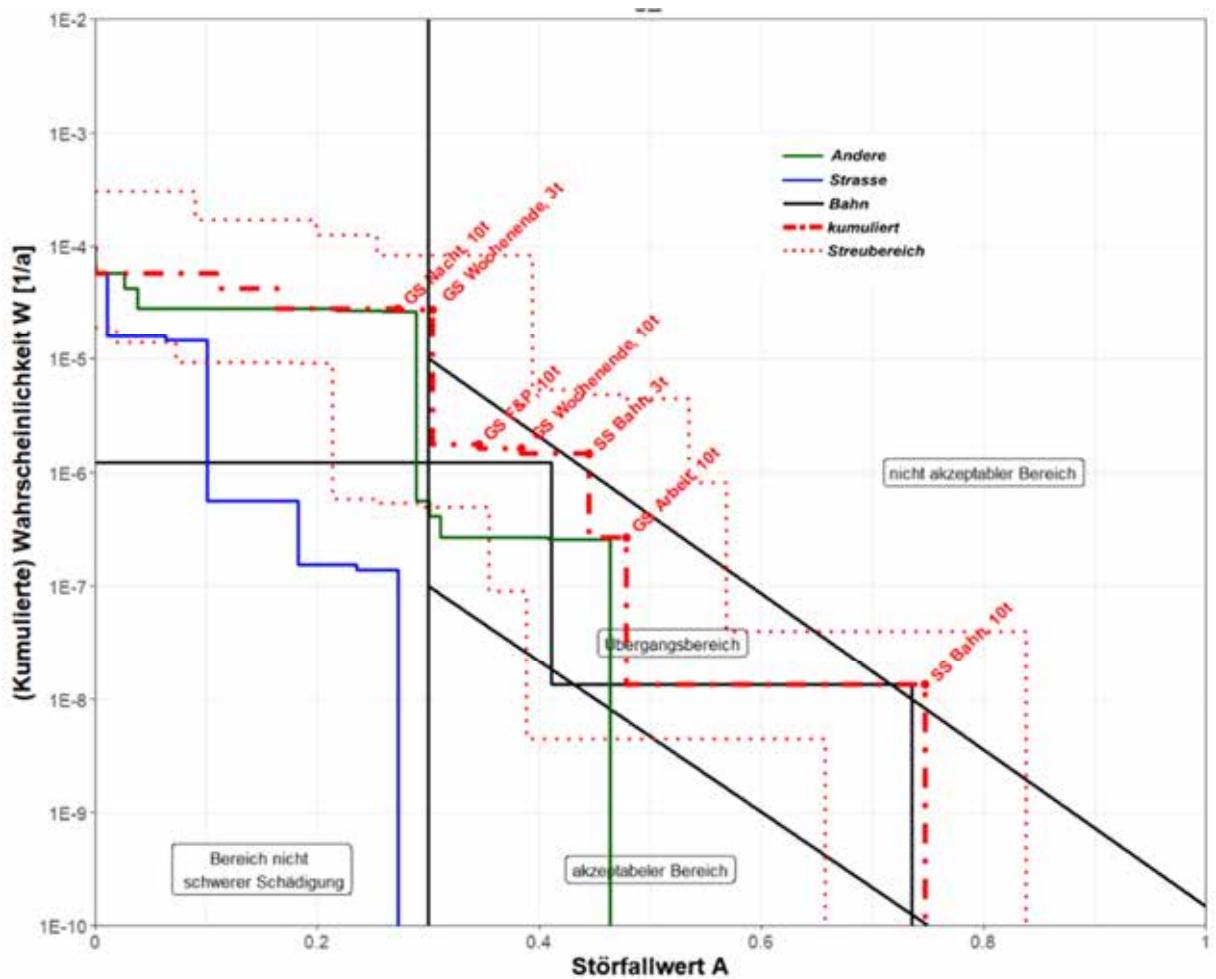


Abbildung 59 W/A-Diagramme (vor Räumung 2023 - 2030) für die Bauphase Umleitung BLS – Teil 1

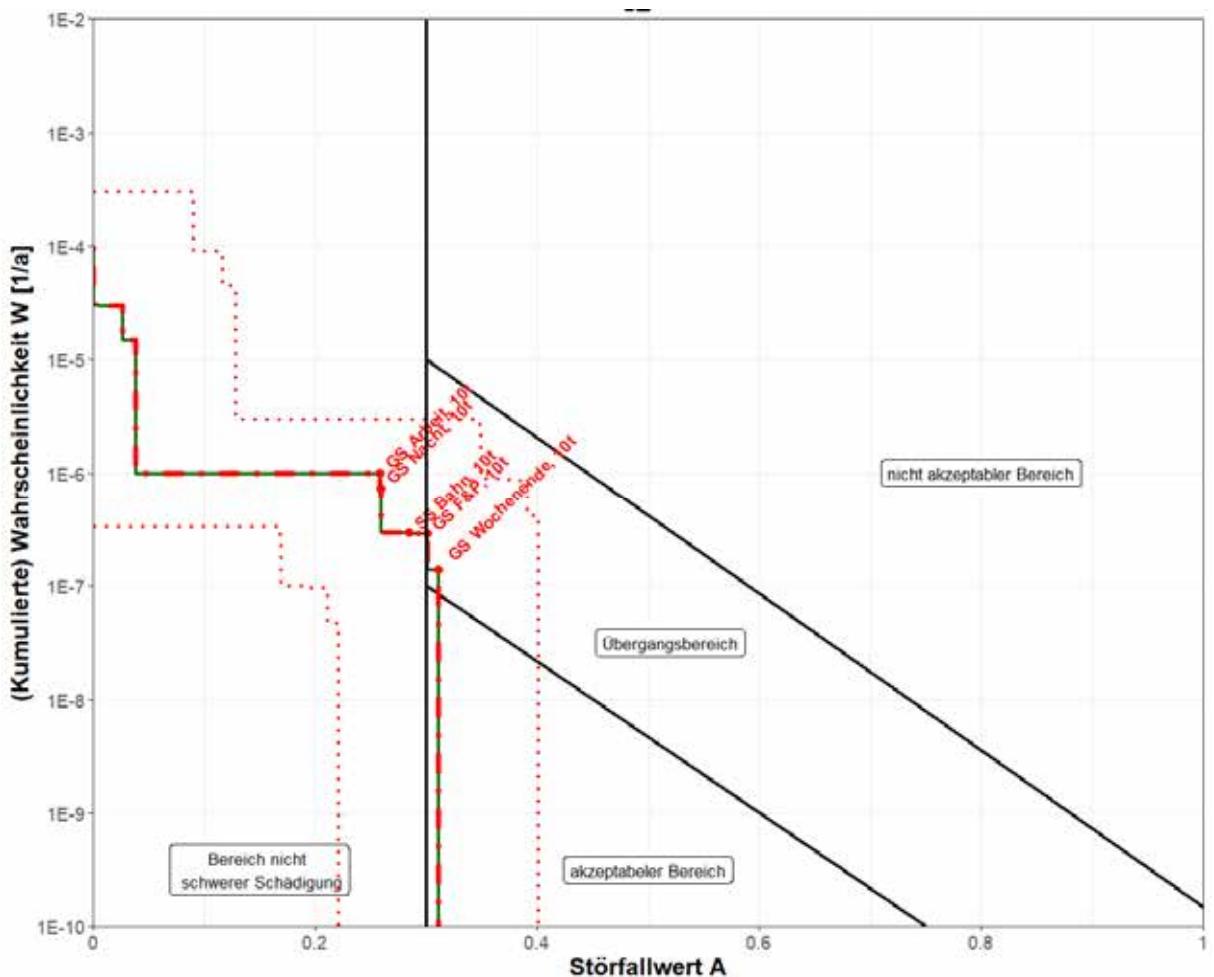


Abbildung 60 W/A-Diagramme (vor Räumung 2023 - 2030) für den Zustand nach Schutzbauten – Teil 1

Die Summenkurven, welche sich aus der Kumulation der drei Ereignisgrößen 1/ 3/ 10 t ergeben, liegen (mit Ausnahme der Umleitung BLS – knapp im nicht akzeptablen Bereich) im Übergangsbereich und im Bereich nicht schwerer Schädigung.

Im Jahr 2024 steigen die Risiken infolge der Kratertrümmerwirkung an (sind aber kleiner als beim IST-Zustand). Neben der Bahn liegen auch die Strasse und die Anwohner (knapp) über dem Störfallwert von 0.3

Im Jahr 2028 bei der Umleitung der BLS steigen die Ausmasse bei der Bahn massiv an, wenn die Schutzmassnahme (Galerie) noch nicht fertiggestellt wäre. Zudem sind durch die vielen Arbeiter für die Schutzbauten auch die Risiken für "Andere" deutlich grösser. Die Strasse liegt im Bereich der nicht schweren Schädigung.

Im Jahr 2030 (nach Fertigstellung der Schutzbauten) sind nur noch die Anwohner exponiert. Allerdings wird der Störfallwert 0.3 trotzdem knapp überschritten. Für die RA VBS 2020 ist aber vorgesehen, die Anwohner für die eigentliche Räumung umzusiedeln. Folglich kann auch die entsprechende Vorgabe des BAFU erfüllt werden.

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

E.2) Individuelles Risiko gemäss WSUME

Jahr	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
Unbeteiligte Dritte r = 3 x 10⁻⁶ / a	r max = 8.0 x 10 ⁻⁷ / a → zulässig	r max = 2.4 x 10 ⁻⁶ / a → zulässig	r max = 4.0 x 10 ⁻⁷ / a → zulässig
Indirekt Beteiligte r = 1.5 x 10⁻⁵ / a	r max = 2.0 x 10 ⁻⁴ / a → Faktor 13	r max = 2.0 x 10 ⁻⁵ / a → Faktor 1.3	r max = 2.0 x 10 ⁻⁷ / a → zulässig
Direkt Beteiligte r = 3 x 10⁻⁵ / a	-	-	

Abbildung 61 Individuelle Risiken gemäss WSUME (ohne Kleinereignis) – Teil 1

Bei den unbeteiligten Dritten werden die Grenzwerte in den WSUME in der Phase vor der Räumung im Mittel nicht überschritten, allerdings liegen sie bei Q = 3 t sehr nah am Grenzwert.

Bei den Arbeitern werden die Risiken in den WSUME auch weiterhin überschritten (v.a. bei Q = 1 t) und liegen im Bereich der Risiken von Bauarbeitern.

E.3) Empfundenes kollektives Risiko gemäss WSUME

Jahr	Bezeichnung / Beginn ca.	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
2023	Proberäumung	Re = 1.2 x 10 ⁻² / a	Re = 2.8 x 10 ⁻³ / a	Re = 2.8 x 10 ⁻⁴ / a
2024	Abbau Dreispitz	Re = 1.1 x 10 ⁻² / a	Re = 2.8 x 10 ⁻³ / a	Re = 3.8 x 10 ⁻⁴ / a
2025	Schutzbauten	Re = 2.6 x 10 ⁻³ / a	Re = 7.8 x 10 ⁻³ / a	Re = 9.6 x 10 ⁻⁴ / a
2026	Schutzbauten	Re = 2.6 x 10 ⁻³ / a	Re = 6.4 x 10 ⁻³ / a	Re = 8.8 x 10 ⁻⁴ / a
2027	Schutzbauten	Re = 2.6 x 10 ⁻³ / a	Re = 5.5 x 10 ⁻³ / a	Re = 7.5 x 10 ⁻⁴ / a
2028	Umleitung BLS	Re = 2.6 x 10 ⁻³ / a	Re = 6.0 x 10 ⁻³ / a	Re = 1.9 x 10 ⁻³ / a
2029	Schutzbauten	-	Re = 1.1 x 10 ⁻³ / a	Re = 4.2 x 10 ⁻⁴ / a
2030	Schutzbauten	-	Re = 1.0 x 10 ⁻³ / a	Re = 3.6 x 10 ⁻⁴ / a

Abbildung 62 Empfundene kollektive Risiken gemäss WSUME – Teil 1

Für Q = 10 t werden die empfundenen kollektiven Risiken im Jahr 2024 mit den Kratertrümmerzonen etwas grösser. 2025 werden diese mit Beginn der Arbeiten an den Schutzmassnahmen (v.a. Galerie Strasse) deutlich grösser, bevor dann über die Jahre der Schutz der Verkehrsteilnehmer zu- und die Risiken entsprechend abnehmen. Wie zu erwarten war, führt die Umleitung BLS zu sehr grossen Risiken (wobei bereits ein 50%-iger Schutz durch die Galerie einberechnet wurde).

Für Q = 3 t ist v.a. der Baubeginn der Schutzbauten in einer Risikozunahme ersichtlich. Für Q = 1 t, was nur Zonen auf dem Vorgelände der Anlage ergibt, nehmen die Risiken infolge der kleineren Exposition ab.

4.4.2 Fazit zur Phase vor der Räumung

	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
2022 Mit Installationsplatz BLS (mit Arbeitern im Vorgelände der Anlage)	At Bahn: 10 At Andere: 1-18 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 5.3×10^{-2} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: 19 At Andere: 2-20 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 9.3×10^{-3} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: 54 At Andere: 7-27 W/A: Übergangsbereich Re: 3.3×10^{-4} / a Objekt: Strasse
2023 Proberäumung	At Bahn: 8 At Andere: 1-14 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 1.2×10^{-2} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: 17 At Andere: 2-16 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 2.8×10^{-3} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: 52 At Andere: 7-21 W/A: Übergangsbereich Re: 2.8×10^{-4} / a Objekt: Strasse
2024 Abbau Dreispitz, mit Kraterwirkungen	At Bahn: 7 At Andere: 0-14 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 8.2×10^{-4} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: 18 At Andere: 1-17 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 2.8×10^{-3} / a Objekt: Strasse	At Bahn: 93 At Andere: 9-29 W/A: Übergangsbereich Re: 3.8×10^{-4} / a Objekt: Strasse
2025 Schutzbauten Beginn	At Bahn: 4 At Andere: 0-8 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 8.2×10^{-4} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: 20 At Andere: 1-21 W/A: Übergangsbereich Re: 7.8×10^{-3} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: 106 At Andere: 9-55 W/A: Übergangsbereich Re: 9.6×10^{-4} / a Objekt: Arbeiter
2028 Umleitung BLS	At Bahn: 4 At Andere: 0-8 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 8.2×10^{-4} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: 35 At Andere: 1-18 W/A: Übergangsbereich Re: 6.0×10^{-3} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: 319 At Andere: 8-47 W/A: nicht akzeptabler Bereich Re: 1.9×10^{-3} / a Objekt: Bahn
2030 Schutzbauten Wirksam (ohne Arbeiter)	-	At Bahn: 1 At Andere: 1 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 9.6×10^{-4} / a Objekt: Haus	At Bahn: 9 At Andere: 7-11 W/A: Übergangsbereich Re: 2.8×10^{-5} / a Objekt: Haus
FAZIT	R sinkt mit abnehmender Exposition	R mit Arbeitern im Vorgelände stark erhöht	R mit Arbeitern für Schutzbauten erhöht

Abbildung 63 Zusammenfassung der Phase vor der Räumung – Teil 1

Die Grenzwerte des individuellen Risikos in den WSUME können für Unbeteiligte (Anwohner und Arbeiter an den Schutzgalerien) in der Phase vor der Räumung eingehalten werden, nicht aber diejenigen der indirekt Beteiligten (Arbeiter im Vorgelände der Anlage).

Für Q = 10 t steigen 2024 die Ausmasse mit dem Wechsel zu den Kratertrümmern bei der Spezialsituation Bahn stark an, die Risiken nehmen aber infolge der kurzen Situationsdauer nicht erheblich zu. Hingegen steigen 2025 die Ausmasse mit dem Beginn der Arbeiten an den Schutzbauten v.a. bei der Situation Arbeit stark an. Dies führt zu deutlich grösseren Risiken. **2028 steigen die Ausmasse bei der Umleitung der Fernverkehrszüge der BLS (trotz Berücksichtigung einer teilweisen Schutzwirkung der Galerie) an und kommen im W/A-Diagramm im nicht akzeptablen Bereich zu liegen.**

Nach Abschluss der Arbeiten an den Schutzgalerien für Strasse und Bahn liegt die Summenkurve der Anwohner knapp über dem Störfallwert von 0.3.

Für $Q = 3 \text{ t}$ steigen die empfundenen kollektiven Risiken mit Beginn der Schutzbauten deutlich an und sinken dann mit zunehmendem Schutzgrad der Verkehrsteilnehmer. Für $Q = 1 \text{ t}$ sind nur die Arbeiter auf dem Vorgelände relevant (z.B. Abbau Dreispitz).

4.4.3 Während der Realisierung

Vorbemerkung: Die Risiken bei der Munitionsentsorgung werden hier nicht untersucht. Im Vergleich zu denjenigen bei der Räumung dürften sie klein sein, da die Arbeiter vor den Explosionswirkungen von Einzelstücken gut geschützt werden können.

A) Ereignisanalyse (Räumung 2031-2040)

Für den Ruhezustand bei der Räumung gilt auf Grund der Felssicherungen an der Flue die gleiche Wahrscheinlichkeit wie in den vorangegangenen Jahren bei Abbau Dreispitz etc. Hingegen wird bei der eigentlichen Räumarbeit (Situation Arbeit) von erhöhten Wahrscheinlichkeiten ausgegangen.

Da das genaue Vorgehen bei der eigentlichen Räumung im Bahnstollen noch nicht bekannt ist, konnte einem Kleinereignis mit $Q = \text{ca. } 10 \text{ kg}$ noch keine Wahrscheinlichkeit zugeordnet werden.

Mit zunehmender Dauer der Räumung werden die Wahrscheinlichkeiten (und die Wirkungszonen) langsam abnehmen. Dies wird direkt durch eine zeitabhängige Reduktion der Risiken berücksichtigt (siehe Abschnitt E).

W [1/a]	$Q = 1 \text{ t}$	$Q = 3 \text{ t}$	$Q = 10 \text{ t}$
Ruhezustand Räumung	1×10^{-3}	1×10^{-4}	1×10^{-6}
Räumungs- arbeiten	5×10^{-3}	5×10^{-4}	5×10^{-6}

Abbildung 64 Massgebende Ereignisse und Wahrscheinlichkeiten für 2031 bis 2040 (ohne Kleinereignis) – Teil 1

B) Wirkungsanalyse (Räumung 2031-2040)

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 (ca. 5 m):
 - o Kratertrümmerwurf von vergrabener Ladung (bei einigen Metern grösser als bei offener Ladung)
 - o Kaum Splitterwurf, da Splitter durch den Schutt abgebremst werden
 - o Luftstoss (für Exponierte in Gebäuden)
- Fall b) Munition liegt offen:
 - o Kratertrümmerwurf von offener Ladung (kleiner als bei vergrabener Ladung)
 - o Splitterwurf (werden durch den Schutt nicht abgebremst)
 - o Luftstoss (für Exponierte in Gebäuden)

Da bei der geplanten Räumung in einer "Tagbaustelle" gearbeitet wird, können die bisher verwendeten Modelle für Felsanlagen aus den TLM nicht mehr direkt verwendet werden.

Folglich wurden auch andere bekannte Modelle, insbesondere aus den NATO-Vorschriften AASTP-4 [8] oder aus der US-Software IMESAFR (Modelle oft in den AASTP-4 enthalten) für Risikoanalysen bei Lagerung und Umgang mit Munition miteinander verglichen und die relevanten Wirkungen bestimmt (vgl. Anhang F).

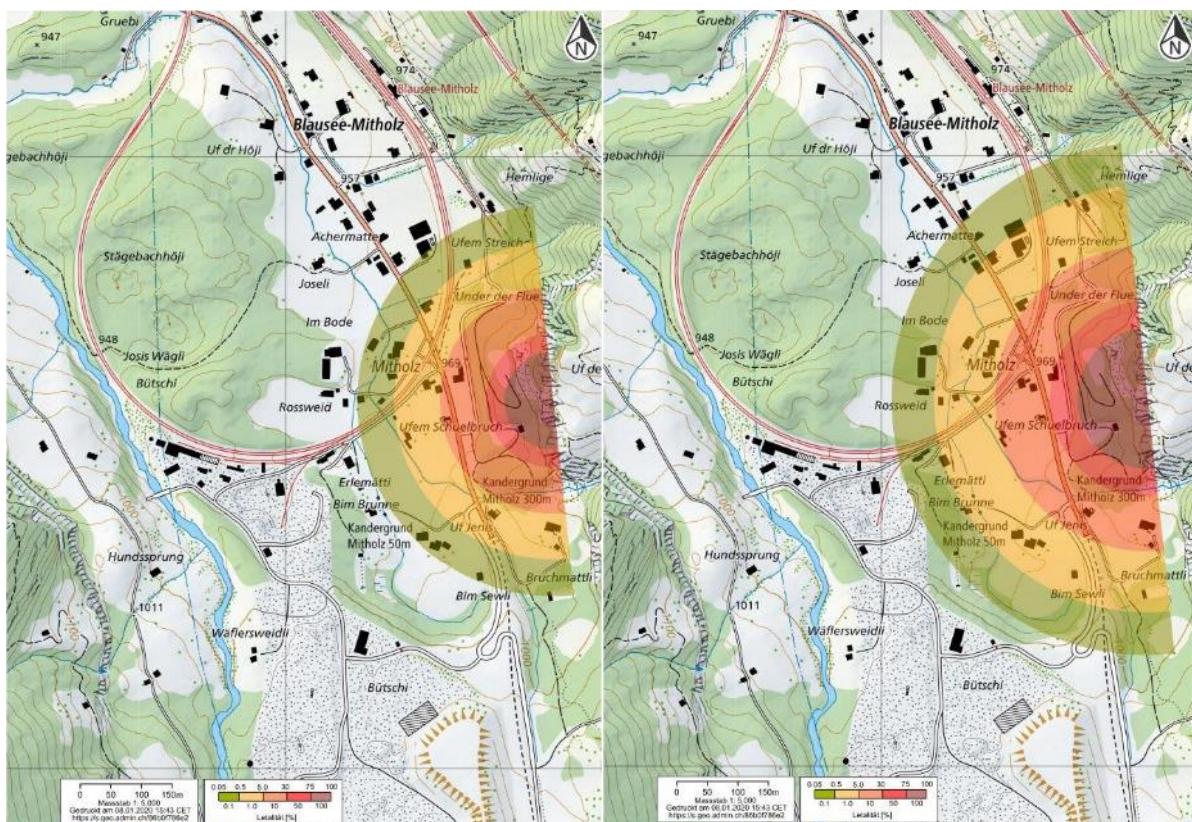
Dabei zeigte sich, dass im

- Fall a) "Munition noch mit Schutt bedeckt" der Kraterrümmertyp für vergrabene Ladungen (gem. Modellen aus den TLM und gestützt durch IMESAFR) bestimmt wird.
- Fall b) "Munition liegt offen" der Splitterwurf (gem. Modellen von BK&P für den Transport von Munition und gestützt durch IMESAFR und andere (klassifizierte) Quellen) massgebend wird.

Da die Dauer der einzelnen Arbeitsschritte und deren Wahrscheinlichkeiten noch nicht im Detail bekannt sind, wurden die Letalitätskurven über beide Fälle gemittelt.

Es zeigte sich, dass sich die Wirkungszonen während der Räumung in ihrer Form resp. Grösse weder grundlegend von denjenigen während den vorangegangenen Bauphasen noch vom IST-Zustand unterscheiden.

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.



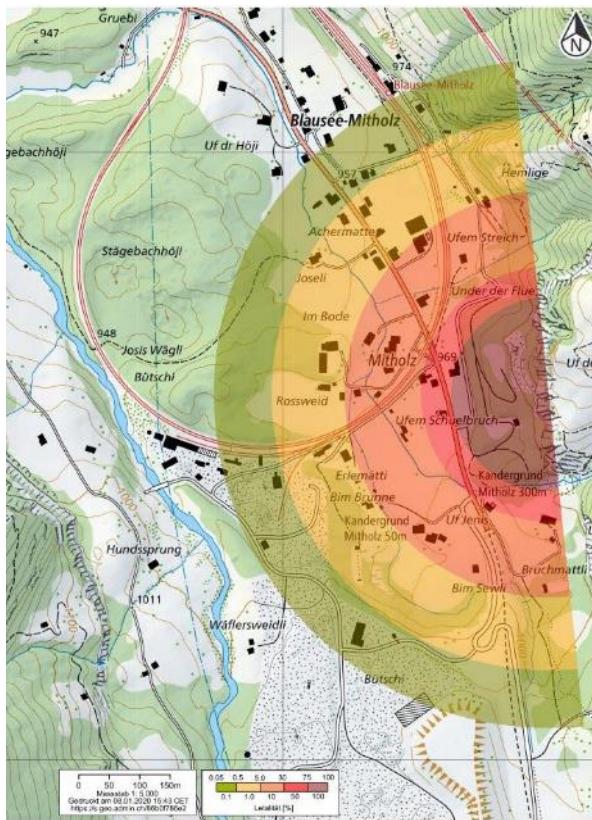


Abbildung 65 Letalitätszonen für $Q = 1 \text{ t} / 3 \text{ t} / 10 \text{ t}$ während der Räumung für die Exposition in Gebäuden

Die entsprechenden Abbildungen für die Exposition auf freiem Feld, welche etwas grösser sind und auch für die Bahn und die Strasse gelten, sind in Anhang B enthalten.
Mit zunehmender Dauer der Räumung werden die Wirkungszonen (und die Wahrscheinlichkeiten) langsam abnehmen. Dies wird direkt durch eine zeitabhängige Reduktion der Risiken berechnet (siehe Abschnitt E)

C) Expositionsanalyse (Räumung 2031-2040)

Jahr	Bezeichnung / Beginn ca.	Anwohner, Andere	Strasse, Bahn	Arbeiten Räumung
2031-2040	Räumung	Umsiedlung	Geschützt	10 (2 x 5) Direkt Beteiligte

Abbildung 66 Exposition während der Räumung – Teil 1

Da während der Räumung die Wahrscheinlichkeiten und Wirkungszonen nach wie vor gross sind, wird für die RA VBS 2020 davon ausgegangen, dass die Anwohner umgesiedelt werden müssen. Die Verkehrsteilnehmer sind dann durch Galerien o.ä. geschützt.

D) Risikoberechnung (Räumung 2031-2040)

Wichtige Erkenntnisse aus der Risikoberechnung, wie die Ausmasse und Risikoanteile, welche nicht in die Risikobewertung einfließen, werden in Abbildung 67 gezeigt:

Jahr	Bezeichnung / Beginn ca.	$Q = 1 \text{ t}$	$Q = 3 \text{ t}$	$Q = 10 \text{ t}$
2031-2040	Räumung	At = 10 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 10 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 10 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit

Abbildung 67 Massgebende Ausmasse und Risikoanteile – Teil 1
(At: Tatsächliches Situationsausmass / Sa: Situationsanteil / Re: Empfundenes kollektives Risiko / Oa: Objektanteil)

Da das genaue Vorgehen bei der Räumung im Bahnstollen noch nicht bekannt ist, konnten für ein v.a. für die Räummannschaft relevantes Kleinereignis mit $Q = \text{ca. } 10 \text{ kg}$ noch keine Risiken gerechnet werden.

E) Risikobewertung (Räumung 2031-2040)

E.1) Kollektives Risiko von Unbeteiligten gemäss den Beurteilungskriterien I zur StFV

Es befinden sich nur noch die Arbeiter zur Räumung im Gefahrenbereich. Diese sind jedoch nicht störfallrelevant, weshalb der Störfallwert gleich 0 ist.

E.2) Individuelles Risiko gemäss WSUME

Jahr	Bezeichnung / Beginn ca.	$Q = 1 \text{ t}$	$Q = 3 \text{ t}$	$Q = 10 \text{ t}$
2031-2040	Räumung	$DB 1.0 \times 10^{-3} / a$ → Faktor 30 zu hoch	$DB 1.0 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 3 zu hoch	$DB 1.0 \times 10^{-6} / a$ → zulässig

Abbildung 68 Individuelle Risiken gemäss WSUME (ohne Kleinereignis) – Teil 1

Bereits ohne Berücksichtigung eines Kleinereignisses betragen die individuellen Risiken beim Räumen $1 \times 10^{-3} / a$ und liegen in der gleichen Größenordnung wie die gefährlichsten Berufe (z.B. Forstwartin) und somit deutlich über den Kriterien in den WSUME.

Rein statistisch gesehen besteht damit ohne das Kleinereignis – dessen Wahrscheinlichkeit wie erwähnt noch nicht beurteilt werden kann – bei 10 Jahren Räumung und 10 Exponierten eine ca. 10%-ige Chance auf einen tödlichen Unfall.

E.3) Empfundenes kollektives Risiko gemäss WSUME

Jahr	Bezeichnung	$Q = 1 \text{ t}$	$Q = 3 \text{ t}$	$Q = 10 \text{ t}$
2031	Räumung Beginn	$Re = 1.1 \times 10^{-2} / a$	$Re = 1.1 \times 10^{-3} / a$	$Re = 1.1 \times 10^{-5} / a$
2040	Räumung Ende	Keine relevanten Wirkungen in der Umgebung	Keine relevanten Wirkungen in der Umgebung	Keine relevanten Wirkungen in der Umgebung

Abbildung 69 Empfundene kollektive Risiken gemäss WSUME – Teil 1

Die empfundenen kollektiven Risiken zu Beginn der Räumung sind – auch ohne Kleinereignis – sehr hoch, obwohl mit Umsiedlung und Schutzbauten bereits umfassende und aufwändige Sicherheitsmaßnahmen getroffen wurden und nur noch die Räumequipe gefährdet ist.

Für den Risikoverlauf bei der Räumung wurde folgende Annahme getroffen: Wenn die Munition etwa gleichmäßig verteilt wäre und der Abbau des Schutts keine Probleme bieten würde, könnte als Vereinfachung von einer linearen Abnahme der Risiken über die Zeit aus gegangen werden. Da aber beide Bedingungen kaum erfüllt sind und möglicherweise kritische Munitionsanhäufungen unter schwer zu zerlegenden Felsen begraben sind (die evtl. erst bei einer fortgeschrittenen Räumung risikoarm beseitigt werden können), kann im konservativen Sinne angenommen werden, dass die Risiken erst nach einigen Jahren Räumung langsam sinken werden (vgl. Anhang G-1).

4.4.4 Fazit zur Phase der Räumung

	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
2031 Beginn der Räumung	At Bahn: - At Andere: 10 W/A: - Re: 1.1×10^{-2} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: - At Andere: 10 W/A: - Re: 1.1×10^{-3} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: - At Andere: 10 W/A: - Re: 1.1×10^{-5} / a Objekt: Arbeiter
2040 Ende der Räumung	Keine relevanten Wirkungen in der Umgebung	Keine relevanten Wirkungen in der Umgebung	Keine relevanten Wirkungen in der Umgebung
Erkenntnisse	R auch ohne Kleinereignis gross	-	R stark reduziert, da kleinere W

Abbildung 70 Zusammenfassung der Phase Räumung – Teil 1

Die Grenzwerte des individuellen Risikos für direkt Beteiligte (Räumpersonal) in den WSUME können nicht eingehalten werden.

4.4.5 Nach der Realisierung

Es wird davon ausgegangen, dass soweit geräumt werden kann, resp. entsprechende Schutzmassnahmen ergriffen würden, damit in der Umgebung (Strasse, Anwohner) keine relevanten Wirkungen mehr entstehen.

4.5 Option Überdeckung

Die Option Überdeckung wird im Rahmen der RA VBS 2020 als eine eigenständige Variante risikomässig beurteilt. Die Risiken werden so analysiert, wie wenn sie autonom weiter geplant und realisiert werden würde (vgl. Abbildung 71). Gemäss dem aktuellen politischen Beschluss wird die Option aber nur dann umgesetzt, wenn die Räumung aus technischen Gründen oder aus Gründen der Sicherheit nicht weiterverfolgt oder abgebrochen wird.

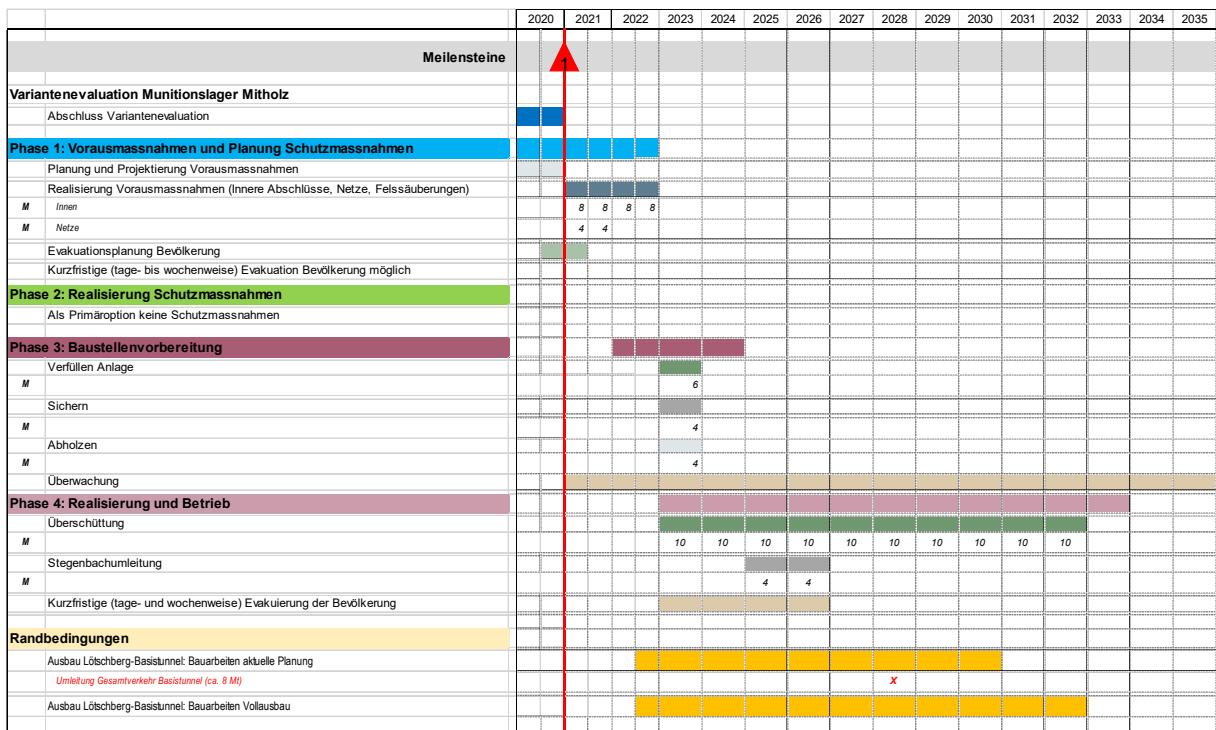


Abbildung 71 Bauphasen für die Option Überdeckung (inkl. Anzahl der exponierten Arbeiter)

4.5.1 Vor der Realisierung

Die Phasen vor der eigentlichen Realisierung der Option Überdeckung sind mehr oder weniger gleich wie die in den Unterkapiteln

- 4.1 IST-Zustand 2020
- 4.2 Vorausmassnahmen 2021
- 4.3 Installationsplatz BLS 2022

dokumentierten Bauphasen bei der Variante Räumung. Bei der Option Überdeckung fallen jedoch die Proberäumungen (und der Einschnitt Süd) weg. Im Vergleich zur Variante Räumung ist zudem keine eigentliche Vorbereitungsphase mit Abbauarbeiten an der Flue notwendig. Gemäss Expertenmeinung wäre die Überdeckung als eigenständige Variante im Vergleich zur Variante Räumung insgesamt mit weniger Risiko und schneller realisierbar.

4.5.2 Während der Realisierung

Während der Option Überdeckung sind folgende Bauphasen relevant:

Jahr	Bezeichnung / Beginn ca.	Wahrscheinlichkeit	Wirkungen	Exposition Arbeiter
2023	1) Vorbereitung	W IST	Stollentrümmer	1) 2) + IP BLS
2024	2) Überdeckung	W tiefer	Kraterträümmer	2) + IP BLS
2025	3) Stegenbach	dito	dito	2) 3) + IP BLS
2026	3) Stegenbach	dito	dito	2) 3) + IP BLS
2027	2) Überdeckung	dito	dito	2) + IP BLS
2028	Umleitung BLS	dito	dito	2) + IP BLS
2029	2) Überdeckung	dito	dito	2) + IP BLS
2030	2) Überdeckung	dito	dito	2) + IP BLS
2031	2) Überdeckung	dito	dito	2)
2032	2) Überdeckung	dito	Keine	2)

Abbildung 72 Bauphasen während der Überdeckung (1) Personal Vorbereitung, 2) Personal Überdeckung, 3) Personal Stegenbachumleitung)

Wichtig sind dabei die folgenden Punkte:

- **Verfüllung des Bahnstollens und der Anlage (2023):** Die Verfüllung des Bahnstollens mit leichtem Blähton (Dauer ca. 2 Monate) hat gegenüber schwereren Materialien (bspw. Sand) den Vorteil, dass die Gefahr von Setzungen minimiert und der Wahrscheinlichkeitszuwachs reduziert werden.
- **Überdeckung (2024-2032):** Nach der Verfüllung ist die Wahrscheinlichkeit infolge der Reduktion der Steinschlaggefahr reduziert (Faktor 2) und wird auch während der Überdeckung nur unwesentlich erhöht (ca. 30 %). Zudem führt die Verfüllung zu einem Übergang von Stollentrümmerwurf zu Kratertrümmerwurf. Letzteres führt bei $Q = 1$ t und $Q = 3$ t zu kleineren und bei $Q = 10$ t zu grösseren Letalitätszonen.
- **Umleitung BLS (2028):** Der Teilausbau des Lötschberg-Basistunnels führt zu einer ca. 8-monatigen Umleitung der Fernverkehrszüge über die Bergstrecke.
- **Fertigstellung Überdeckung (2032):** Mit der berechneten Überdeckungsstärke von rund 50 m gegen eine maximale Ereignisgrösse von $Q = 10$ t und wo nötig der Verfüllung von Klüften, werden im Ereignisfall in der Umgebung keine relevanten Explosionswirkungen mehr auftreten.

A) Ereignisanalyse (Überdeckung 2023-2032)

2023 wird gemäss Planung der Bahnstollen verfüllt. Dies führt zu einer etwa 50%-igen Erhöhung der Wahrscheinlichkeiten gegenüber dem IST-Zustand 2020 während ca. 2 Monaten. In der RA VBS 2020 wird diese Erhöhung vereinfachend auf das Jahr 2023 verteilt und muss dann nicht explizit berücksichtigt werden.

Hingegen führt die Verfüllung des Bahnstollens infolge Reduktion der Steinschlaggefahr zu einer Halbierung der Wahrscheinlichkeiten, welche aber durch mögliche Setzungen im Vorgelände bei der Überdeckung in den Jahren 2024 bis 2032 und allfälligen Auswirkungen auf die Munition im Bahnstollen teilweise wieder egalisiert wird.

W [1/a]	$Q = 1$ t	$Q = 3$ t	$Q = 10$ t
2023 Vorbereitung	2×10^{-3}	2×10^{-4}	2×10^{-6}
2024-2032 Überdeckung	1.5×10^{-3}	1.5×10^{-4}	1.5×10^{-6}

Abbildung 73 Massgebende Ereignisse und Wahrscheinlichkeiten für 2023 bis 2032 – Teil 1

B) Wirkungsanalyse (Überdeckung 2023-2032)

Mit der Verfüllung des Bahnstollens im Jahr 2023 findet ein Übergang vom Stollentrümmerwurf zum Kratertrümmerwurf statt. Damit verlieren auch die Vorausmassnahmen einen relevanten Teil ihrer Wirkung. Für die Diskussion der Verdämmung, Ladedichte und Felsüberdeckung wird auf das Kapitel 4.4.1, Abschnitt B verwiesen.

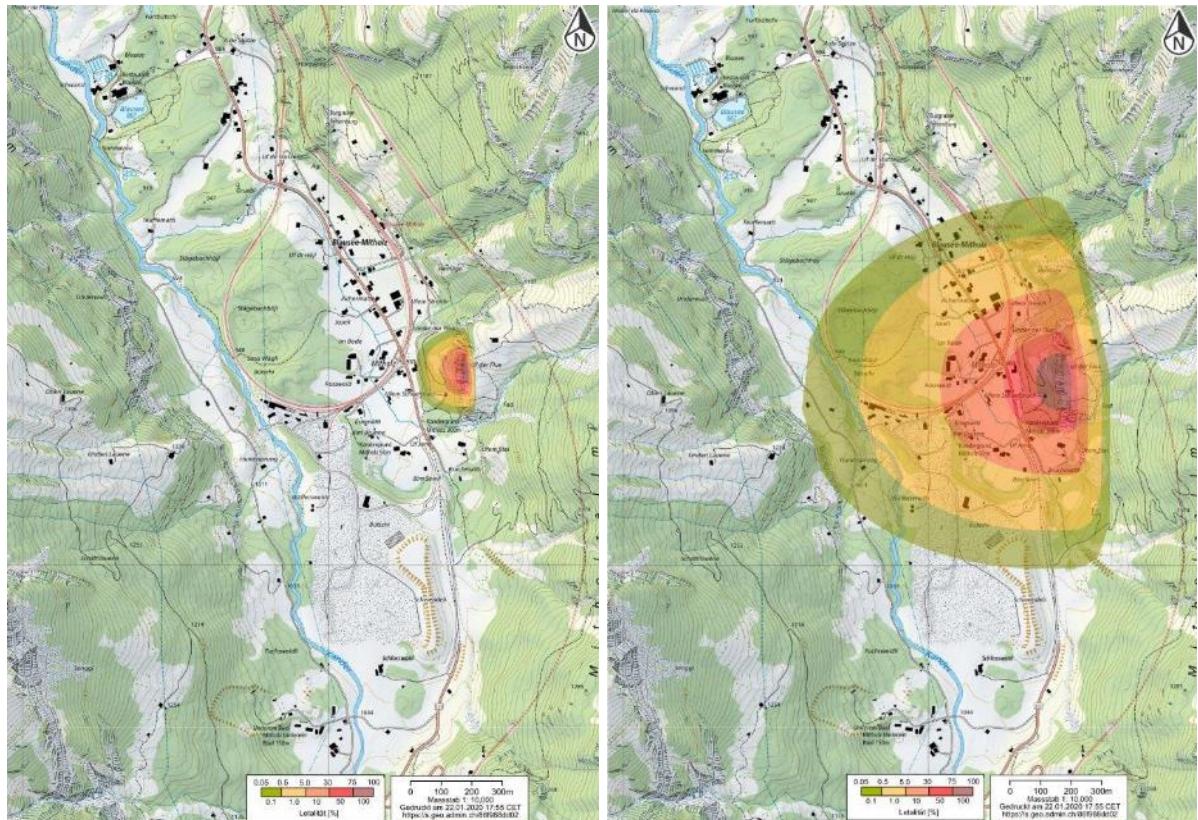


Abbildung 74 Letalitätszonen für $Q = 3 \text{ t} / 10\text{t}$ bei $15 \text{ m} / 20\text{m}$ Überdeckung und Exposition in Gebäuden (während Überdeckung, ab 2024 / $V = 20 \text{ m}^3$, max. Geländeneigung, schlechter Fels)

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

Gemäss TLM entstehen bei $Q = 10 \text{ t}$ die maximalen Kraterwirkungen bei 10 m Felsumlagerung, wobei alles von 5 bis 15 m nahe dem Maximum liegt. Hingegen sind bei 15 m Felsumlagerung und $Q = 3 \text{ t}$ die Kratertrümmerzonen viel kleiner und bei $Q = 1 \text{ t}$ nicht existent, wobei zu beachten gilt, dass es im Vorgelände zu anderen Explosionswirkungen kommen kann.

Für die RA VBS 2020 wird von einer Überdeckungsstärke von total ca. 50 m ausgegangen (vgl. Anhang H).

Mit zunehmender Dauer der Überdeckung werden die Wirkungszonen abnehmen, und zwar bei $Q = 1 \text{ t}$ stärker resp. früher als bei $Q = 10 \text{ t}$:

Jahr	Bezeichnung, Beginn ca.	Erreichte Höhe ca.	$Q = 1 \text{ t}$ (Vorgelände)	$Q = 3 \text{ t}$ (Vorgelände)	$Q = 10 \text{ t}$ (Überall)
2023- 2024	Vorbereitung, Überdeckung	5%	33%	0%	0%
2025- 2026	Umleitung Stegenbach	15%	67%	33%	0%
2027- 2028	Überdeckung, BLS	35%	100%	67%	33%
2029- 2030	Überdeckung	65%	100%	100%	67%
2031- 2032	Überdeckung, Abdeckung	95%	100%	100%	100%

Abbildung 75 Abgeschätzte Reduktion der Wirkungen bei zunehmender Überdeckung – Teil 1

C) Expositionsanalyse (Überdeckung 2023-2032)

Jahr	Bezeichnung / Beginn ca.	Exposition Instal- lationspl. BLS → Unbeteiligte	Exposition Anlagegelände → Indirekt Bet.	Exposition Umleitung → Unbeteiligte
2023	Vorbereitung	40 / 180	24	-
2024	Überdeckung	40 / 180	10	-
2025	Stegenbach	40 / 180	14	-
2026	Stegenbach	40 / 180	14	-
2027	Überdeckung	40 / 180	10	-
2028	Umleitung BLS	40 / 180	10	600 / Zug
2029- 2030	Überdeckung	40 / 180	10	-
2031- 2032	Überdeckung	-	10	-

Abbildung 76 Zusätzliche Exposition während den Bauphasen während der Überdeckung – Teil 1

D) Risikoberechnung (Überdeckung 2023-2032)

Wichtige Erkenntnisse aus der Risikoberechnung wie die Ausmasse und Risikoanteile, welche nicht in die Risikobewertung einfließen, werden in Abbildung 77 gezeigt:

Jahr	Bezeichnung / Beginn ca.	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
2023	Vorbereitung	At = 11 / 1-20 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 22 / 2-26 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 57 / 7-33 Sa Re: Arbeit Oa Re: Strasse
2024	Überdeckung	At = 3 / 1-7 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 5 / 1-10 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 91 / 9-27 Sa Re: Arbeit Oa Re: Strasse
2025	Stegenbach	At = 2 / 1-5 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 5 / 1-9 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 93 / 9-29 Sa Re: Arbeit Oa Re: Strasse
2026	Stegenbach	At = 2 / 1-5 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 5 / 1-9 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 93 / 9-29 Sa Re: Arbeit Oa Re: Strasse
2027	Überdeckung	At = 0 / 0 Sa Re: - Oa Re: -	At = 3 / 1-3 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 64 / 8-22 Sa Re: Arbeit Oa Re: Strasse
2028	Umleitung BLS	At = 0 / 0 Sa Re: - Oa Re: -	At = 2 / 1-3 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 402 / 8-22 Sa Re: Bahn Oa Re: Bahn
2029- 2030	Überdeckung	At = 0 / 0 Sa Re: - Oa Re: -	At = 0 / 0 Sa Re: - Oa Re: -	At = 34 / 7-13 Sa Re: Arbeit Oa Re: Strasse
2031- 2032	Überdeckung	At = 0 / 0 Sa Re: - Oa Re: -	At = 0 / 0 Sa Re: - Oa Re: -	At = 0 / 0 Sa Re: - Oa Re: -

Abbildung 77 Massgebende Ausmasse und Risikoanteile – Teil 1

(At: Tatsächliches Situationsausmass / Sa: Situationsanteil / Re: Empfundenes kollektives Risiko (gruppenbereignet, Ereignisfall) / Oa: Objektanteil)

Für Q = 10 t werden die Ausmasse und Risiken von der Bahn resp. Strasse bestimmt. Wie zu erwarten war, führt die Umleitung der Fernverkehrszüge der BLS über die Bergstrecke zu extrem grossen Ausmassen in der Spezialsituation Bahn (trotz Berücksichtigung einer mind. 33%-igen Minderung durch die entstehende Überdeckung).

Für Q = 1 t und Q = 3 t sind die Zonen auf das Vorgelände begrenzt und die Ausmasse wie auch die Risiken werden primär durch die Anzahl der Arbeiter bestimmt.

E) Risikobewertung (Überdeckung 2023-2032)

E.1) Kollektives Risiko von Unbeteiligten gemäss den Beurteilungskriterien zur StFV

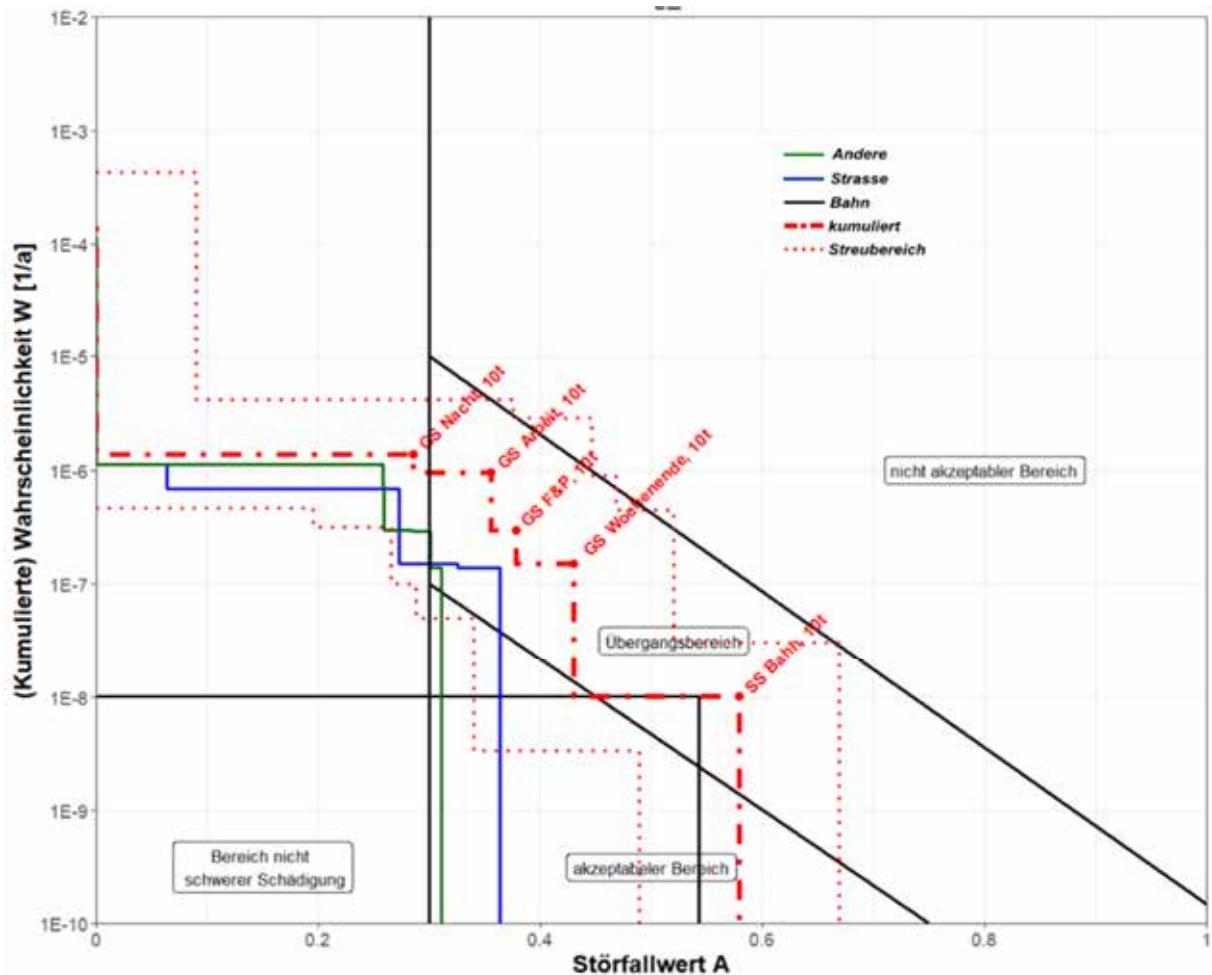


Abbildung 78 W/A-Diagramm (Überdeckung) für den Beginn der Arbeiten an der Überdeckung – Teil 1

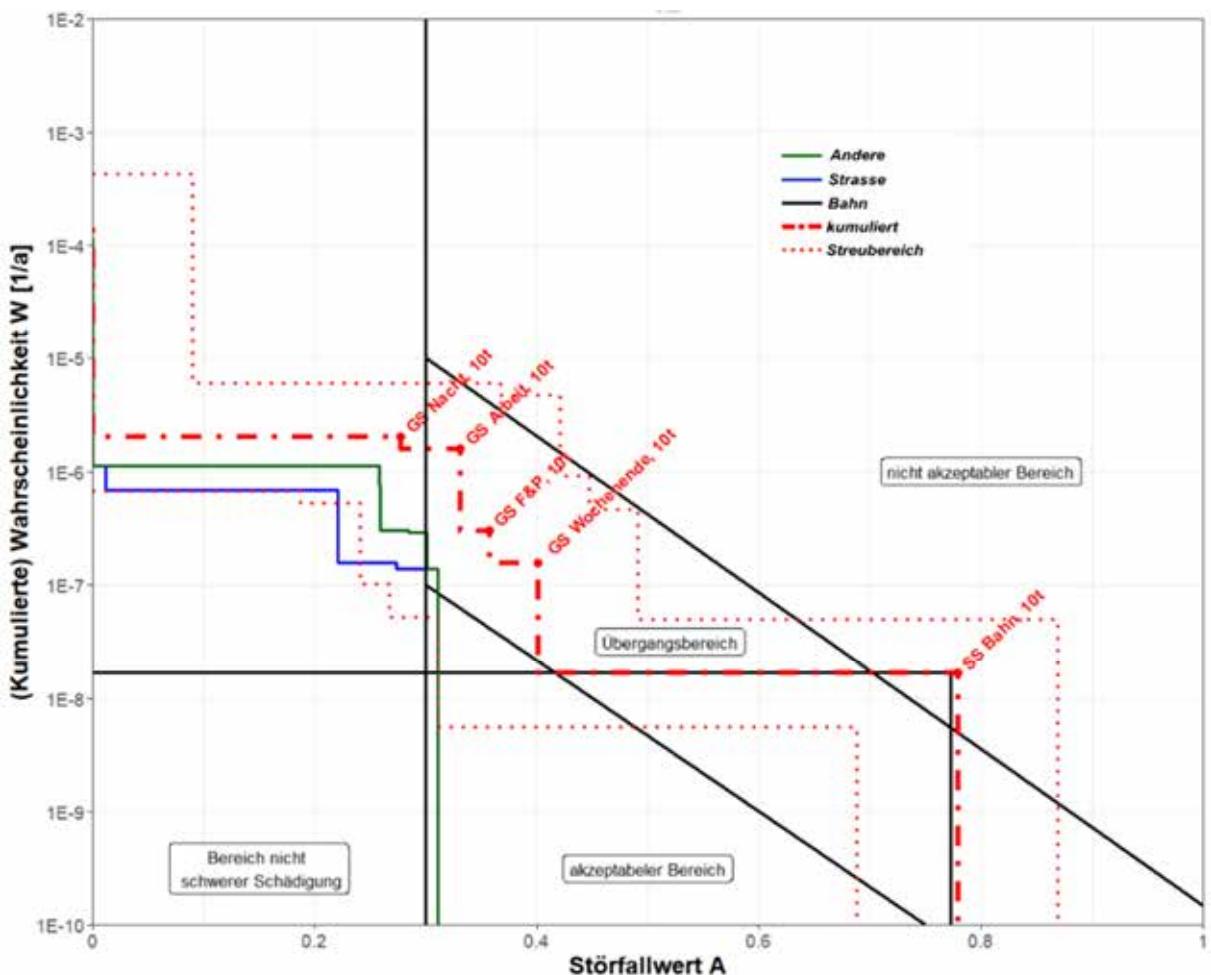


Abbildung 79 W/A-Diagramm (Überdeckung) für die Umleitung BLS – Teil 1

Die Summenkurven, welche sich aus der Kumulation der drei Ereignisgrößen 1/ 3/ 10 t ergeben, liegen (mit Ausnahme der Umleitung BLS, bei welcher sie knapp im nicht akzeptablen Bereich liegen) im Übergangsbereich und im Bereich nicht schwerer Schädigung.

Im Jahr 2024 steigen die Risiken infolge der Kratertrümmerwirkung an, sind aber kleiner als beim IST-Zustand.

Im Jahr 2028 bei der Umleitung der BLS steigen die Ausmasse bei der Bahn massiv an. Die Schutzwirkung der Überdeckung ist zu diesem Zeitpunkt erst teilweise vorhanden.

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

E.2) Individuelles Risiko gemäss WSUME

Jahr	$Q = 1 \text{ t}$	$Q = 3 \text{ t}$	$Q = 10 \text{ t}$
Unbeteiligte Dritte $r = 3 \times 10^{-6} / \text{a}$	$r \max = 8.8 \times 10^{-7} / \text{a}$ → zulässig	$r \max = 8.8 \times 10^{-7} / \text{a}$ → zulässig	$r \max = 8.8 \times 10^{-8} / \text{a}$ → zulässig
Indirekt Beteiligte $r = 1.5 \times 10^{-5} / \text{a}$	$r \max = 2.0 \times 10^{-4} / \text{a}$ → Faktor 13 zu hoch	$r \max = 3.0 \times 10^{-5} / \text{a}$ → Faktor 2 zu hoch	$r \max = 3.0 \times 10^{-7} / \text{a}$ → zulässig
Direkt Beteiligte $r = 3 \times 10^{-5} / \text{a}$	-	-	

Abbildung 80 Individuelle Risiken gemäss WSUME (Überdeckung) – Teil 1

Bei den unbeteiligten Dritten sind die Grenzwerte in den WSUME infolge der kleinen Zonen resp. Wahrscheinlichkeiten eingehalten.

Bei den Arbeitern werden die Risikogrenzwerte in den WSUME überschritten und liegen maximal im Bereich der Risiken von Bauarbeitern.

E.3) Empfundenes kollektives Risiko gemäss WSUME

Jahr	Bezeichnung / Beginn ca.	$Q = 1 \text{ t}$	$Q = 3 \text{ t}$	$Q = 10 \text{ t}$
2023	Vorbereitung	$Re = 1.0 \times 10^{-1} / \text{a}$	$Re = 2.6 \times 10^{-2} / \text{a}$	$Re = 6.6 \times 10^{-4} / \text{a}$
2024	Überdeckung	$Re = 2.8 \times 10^{-3} / \text{a}$	$Re = 6.6 \times 10^{-4} / \text{a}$	$Re = 4.3 \times 10^{-4} / \text{a}$
2025	Stegenbach	$Re = 1.4 \times 10^{-3} / \text{a}$	$Re = 5.7 \times 10^{-4} / \text{a}$	$Re = 4.8 \times 10^{-4} / \text{a}$
2026	Stegenbach	$Re = 1.4 \times 10^{-3} / \text{a}$	$Re = 5.7 \times 10^{-4} / \text{a}$	$Re = 4.8 \times 10^{-4} / \text{a}$
2027	Überdeckung	-	$Re = 9.0 \times 10^{-5} / \text{a}$	$Re = 2.3 \times 10^{-4} / \text{a}$
2028	Umleitung BLS	-	$Re = 9.0 \times 10^{-5} / \text{a}$	$Re = 2.9 \times 10^{-3} / \text{a}$
2029-2030	Überdeckung	-	-	$Re = 5.3 \times 10^{-5} / \text{a}$
2031-2032	Überdeckung	-	-	-

Abbildung 81 Empfundene kollektive Risiken gemäss WSUME (Überdeckung) – Teil 1

Im Jahr 2024 werden die empfundenen kollektiven Risiken mit den Kratertrümmerzonen (und der Abnahme der Exposition) teilweise deutlich kleiner. 2025 werden diese mit Beginn der Arbeiten an der Umleitung des Stegenbachs etwas grösser. Die Umleitung der BLS-Züge führt trotz kurzer Situationsdauer und teilweiser Berücksichtigung der entstehenden Überdeckung zu grossen Risiken.

4.5.3 Fazit zur Phase Überdeckung

	Q = 1 t	Q = 3 t	Q = 10 t
2022 Mit Installationsplatz BLS (mit Arbeitern im Vorgelände der Anlage)	At Bahn: 10 At Andere: 1-18 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 5.3×10^{-2} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: 19 At Andere: 2-20 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 9.3×10^{-3} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: 54 At Andere: 7-27 W/A: Übergangsbereich Re: 3.3×10^{-4} / a Objekt: Strasse
2023 Vorbereitung	At Bahn: 11 At Andere: 1-20 W/A: - Re: 1.0×10^{-1} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: 22 At Andere: 2-26 W/A: - Re: 2.6×10^{-2} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: 57 At Andere: 7-33 W/A: - Re: 6.6×10^{-4} / a Objekt: Strasse
2024 Überdeckung, mit Kraterwirkungen	At Bahn: 3 At Andere: 1-7 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 2.8×10^{-3} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: 5 At Andere: 1-10 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 6.6×10^{-4} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: 91 At Andere: 9-27 W/A: Übergangsbereich Re: 4.3×10^{-4} / a Objekt: Strasse
2025-2026 Umleitung Stegenbach	At Bahn: 2 At Andere: 1-5 W/A: - Re: 1.4×10^{-3} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: 5 At Andere: 1-9 W/A: - Re: 5.7×10^{-4} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: 93 At Andere: 9-29 W/A: - Re: 4.8×10^{-4} / a Objekt: Strasse
2027-2028 Überdeckung und Umleitung BLS	-	At Bahn: 3 At Andere: 1-3 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 9.0×10^{-5} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: 402 At Andere: 8-22 W/A: nicht akzeptabler Bereich Re: 2.9×10^{-3} / a Objekt: Bahn
2029-2032 Überdeckung	-	-	At Bahn: 34 At Andere: 7-13 W/A: - Re: 5.3×10^{-5} / a Objekt: Strasse
FAZIT	R nimmt mit der Zeit stark ab	R nimmt mit der Zeit stark ab	R nimmt bei Umleitung BLS zu

Abbildung 82 Zusammenfassung der Phase Überdeckung – Teil 1

Die Grenzwerte des individuellen Risikos in den WSUME können bei der Überdeckung für die indirekt Beteiligten (Arbeiter) nicht eingehalten werden. Hingegen sind die Kriterien für Unbeteiligte (Anwohner) infolge der kleinen Zonen resp. tiefen Wahrscheinlichkeiten erfüllt.

2023 sinken die Ausmasse und Risiken für infolge der Kraterwirkungen bei $Q = 1 t$ und $Q = 3 t$ deutlich.

2028 steigen die Ausmasse für $Q = 10 t$ bei der Umleitung der Fernverkehrszüge der BLS (trotz Berücksichtigung einer teilweisen Schutzwirkung der Überdeckung) an und kommen im W/A-Diagramm im nicht akzeptablen Bereich zu liegen.

4.5.4 Nach der Realisierung (Restrisiko)

Es wird davon ausgegangen, dass nach Abschluss der Überdeckung infolge der mit ausreichend Sicherheit versehen Bemessung der Überdeckungsstärke in der Umgebung (Anwohner, Strasse, Bahn) keine relevanten Wirkungen mehr entstehen.

4.6 Evakuierungsszenarien und Sicherheitskonzept

Die Evakuierungsszenarien werden im Zuge der weiteren Planungs- und Projektierungsarbeiten in den folgenden Jahren erarbeitet. Zum jetzigen Zeitpunkt sind die genauen Arbeitsschritte bei den zukünftigen Arbeiten noch nicht ausreichend bekannt. Bis zur Räumung 2030 (auch bei der Option Überdeckung) wird mit kurzfristigen Evakuierungen resp. Sperrungen der Verkehrswege gerechnet.

Es muss jedoch grundsätzlich zwischen der Variante Räumung und der Option Überdeckung unterschieden werden:

- Kurzzeitige Evakuierungen/ Sperrungen können bei der Variante Räumung ab 2023, wenn Proberäumungen erfolgen, bis zum vollständigen Abbau des Dreispitzes im Jahr 2030 nötig sein. Beim Beginn der Räumung im Jahr 2031 müssen die Umsiedlung und die Realisierung der Schutzbauten abgeschlossen sein.
- Bei der Option Überdeckung gibt es während den ersten Jahren voraussichtlich kurzzeitige Phasen der Evakuierungen/ Sperrungen. Gemäss Expertenmeinung wäre bei der eigenständigen Realisierung der Überdeckung ein Wegzug der Bevölkerung nicht nötig.

Im Laufe der weiteren Planung wird beabsichtigt, für die risikorelevanten Arbeitsschritte ein auf die jeweilige Phase und deren Zeitdauer abgestimmtes Sicherheitsdispositiv, welches mit dem Notfallkonzept des Kantons abgestimmt werden muss, zu erstellen. Darin sollen die risikotreibenden Faktoren bestimmt und mögliche Schutzmassnahmen (wie die planbaren Evakuierungen/ Sperrungen, inkl. Perimeter und Streckenabschnitte) evaluiert werden.

Beispiel Räumung: Vor Beginn der Räumung sollen Standard Operating Procedures (SOP) mit kritischen Munitionssorten und –zuständen und den entsprechenden Sicherheitsmassnahmen erstellt werden. Treten risikoreichere Szenarien ein, können der Räumprozess angepasst, das Räumwerkzeug geändert oder anderweitige Massnahmen, beispielsweise ein mobiler Splitterschutz, ergriffen werden. Dabei kann auch definiert werden, ab welchem Zeitpunkt eine Evakuierung der Arbeiter eingeleitet werden muss.

Dabei ist wichtig, dass von den Verantwortlichen das gewünschte Schutzniveau resp. Restrisiko definiert wird.

5 Entwicklung der Risikosituation – Teil 2 (Nach Beurteilung BAFU/EMI)

Aufgrund der Beurteilung des BAFU, welche eine deutliche Wahrscheinlichkeitsreduktion beim Ereignis mit $Q = 10 \text{ t}$ in Anbetracht der Unsicherheiten der Munitionsverteilung für zu optimistisch hält, entschied das Generalsekretariat VBS als Vollzugsbehörde, die weiteren Arbeiten auf der konservativen Einschätzung der Wahrscheinlichkeiten aus der RA VBS 2018 zu basieren.

Ereignisgrösse Q (TNT-Ersatzmenge)	Wahrscheinlichkeit W RA VBS 2018 [1/a]	Wahrscheinlichkeit W RA VBS 2020 [1/a]
$Q = 1 \text{ t}$	3×10^{-3} Alle 300 Jahre	3×10^{-3} Alle 300 Jahre
$Q = 10 \text{ t}$	3×10^{-4} Alle 3000 Jahre	3×10^{-4} Alle 3000 Jahre

Abbildung 83 Massgebende Ereignisse und Wahrscheinlichkeiten in der RA VBS 2020 - Teil 2

Das Kapitel 5 ist gleich aufgebaut wie das Kapitel 4 (RA VBS 2020 – Teil 1). Es wird die jährliche Entwicklung der Risikosituation aufgeteilt nach Variante "Räumung" und Option "Überdeckung" aufgezeigt und zwischen den Phasen vor, während und nach der Realisierung unterschieden.

5.1 IST-Zustand gemäss Risikoanalyse 2020 – Teil 2

5.1.1 IST-Zustand 2020 – Teil 2

A) Ereignisanalyse (IST-Zustand 2020 – Teil 2)

Die massgebenden Ereignisse und deren Wahrscheinlichkeiten (W) wurden zu Beginn des Kapitels 5 festgelegt.

W [1/a]	$Q = 1 \text{ t}$	$Q = 10 \text{ t}$
2020 IST-Zustand	3×10^{-3}	3×10^{-4}
Streubereich	Ca. Faktor 3	Ca. Faktor 3

Abbildung 84 Massgebende Ereignisse und Wahrscheinlichkeiten in der RA VBS 2020 - Teil 2

B) Wirkungsanalyse (IST-Zustand 2020 – Teil 2)

Vergleiche 4.1.1 B)

C) Expositionsanalyse (IST-Zustand 2020 – Teil 2)

Vergleiche 4.1.1 C)

D) Risikoberechnung (IST-Zustand 2020 – Teil 2)

In der Risikoberechnung werden die bisherigen Arbeitsschritte A bis C zusammengefasst und entsprechend den Vorgaben in den WSUME und der StFV (resp. den Beurteilungskriterien dazu) aufbereitet.

WSUME:

- Empfundenes kollektives Risiko (Re): Re ist mit einer Aversionsfunktion gewichtet. Die Aversionsfunktion basiert auf dem tatsächlichen (Situations-)Ausmass (At). Siehe Anhang C-2 für die Berechnung und Abschnitt E für die Bewertung.
- Individuelles Risiko: Wird mit den Parametern Wahrscheinlichkeit, Letalität und Exposition berechnet. Siehe Anhang D-2 für die Berechnung und Abschnitt E für die Bewertung.

StFV:

- W/A-Diagramm: Das kollektive Risiko wird als Summenkurve aus den Risikomatrizen dargestellt. Siehe Anhang E-2 und Abschnitt E für die Bewertung.

Wichtige Erkenntnisse aus der Risikoberechnung, wie die Ausmasse und Risikoanteile, welche nicht in die Risikobewertung einfließen, werden in Abbildung 13 gezeigt.

IST-Zustand 2020	Ausmasse At pro Situation	Max. Risikoanteile Situationen	Max. Risikoanteile Objekte
Q = 1 t	Bahn At = 6 Rest At = 1-2	Nacht, Arbeit, Wochenende	Haus, Strasse
Q = 10 t	Bahn At = 77 Rest At = 9-21	Wochenende, Arbeit, Bahn	Strasse, Bahn

Abbildung 85 Massgebende Ausmasse und Risikoanteile (IST-Zustand 2020 – Teil 2)

Die grössten Ausmasse (Todesopfer im Ereignisfall) stammen von der Spezialsituation Bahn (vgl. Anhang C-2). Je nach Ereignisgrösse werden die grössten Risikoanteile durch die Anwohner, die Bahn oder die Strasse generiert.

Sensitivität:

In der RA VBS 2018 war für die Streuung im W/A-Diagramm ein Faktor 2 bei den Ausmassen und ein Faktor 3 bei der Wahrscheinlichkeit angenommen worden. In einigen wichtigen Bereichen konnten in der Zwischenzeit zwar neue Erkenntnisse gewonnen werden. Da aber die Streuung der Wahrscheinlichkeit bei $Q = 10 \text{ t}$ als gross eingeschätzt wurde, nach wie vor beim Trümmerwurf aus den Klüften Unsicherheiten (wie z.B. deren Ausrichtung) bestehen und auch in Anbetracht der verschiedenen Unsicherheiten in den geplanten Bauphasen wird in der RA VBS 2020 generell wiederum im W/A-Diagramm für die Streuung ein Faktor 2 bei den Ausmassen und ein Faktor 3 bei der Wahrscheinlichkeit angenommen.

E) Risikobewertung (IST-Zustand 2020 – Teil 2)

E.1) Kollektives Risiko von Unbeteiligten gemäss den Beurteilungskriterien zur StFV

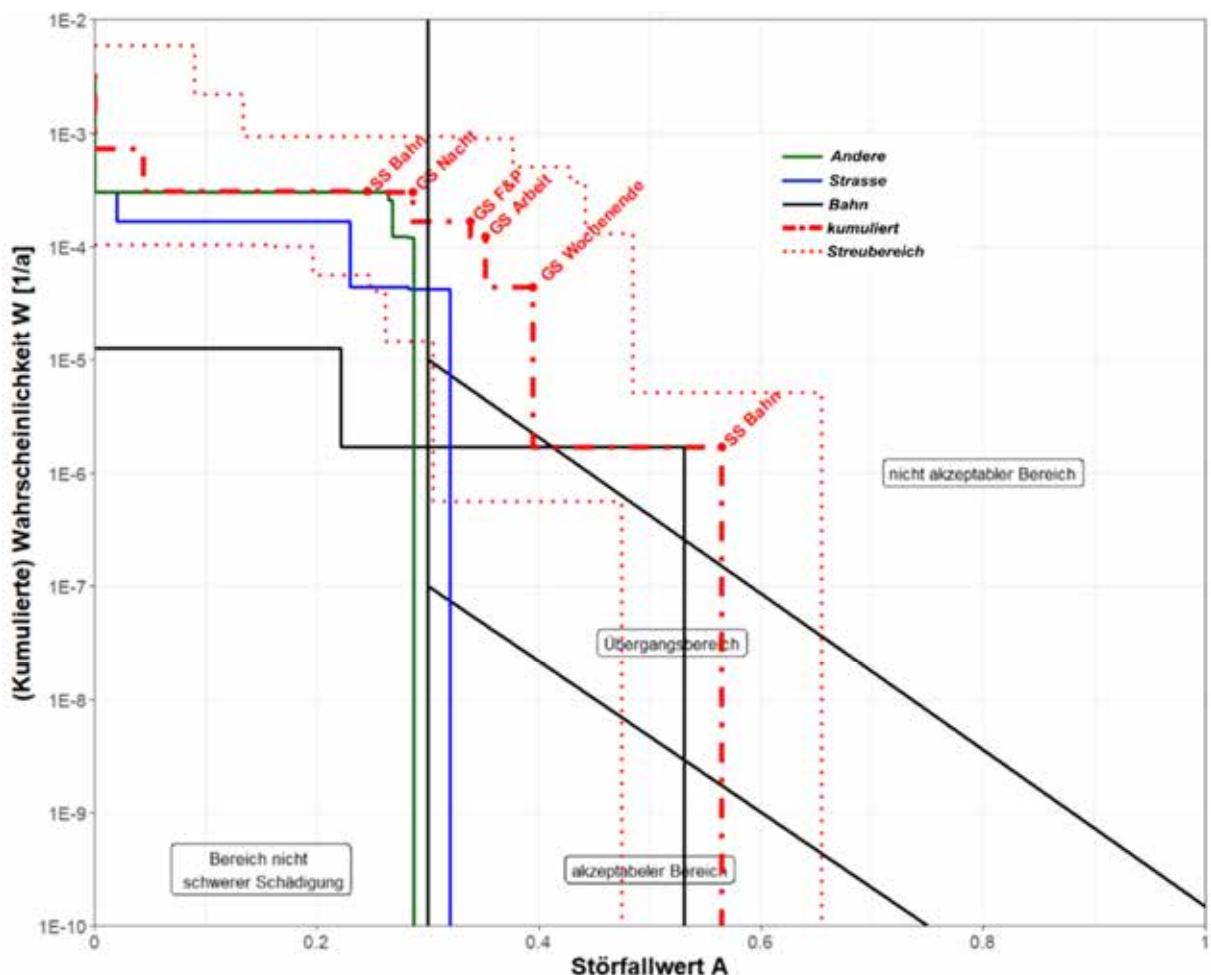


Abbildung 86 W/A-Diagramm (IST-Zustand 2020 – Teil 2)

Die Summenkurve, welche sich aus der Kumulation der Ereignisgrössen 1/ 10 t ergibt, liegt wie in der RA VBS 2018 im nicht akzeptablen Bereich.

Bahn: Die Summenkurve für die Spezialsituationen Bahn allein - für $Q = 10 \text{ t}$ - liegt im nicht akzeptablen Bereich. Dabei ist zu beachten, dass gemäss der Methodik der StFV die Risiken Bahn anders berechnet würden, was zu kleineren Ausmassen, aber längeren Durchfahrtszeiten resp. grösseren Wahrscheinlichkeiten führen würde.

Strasse: Die Summenkurve für die Strasse allein liegt knapp über dem Bereich der nicht schweren Schädigung mit dem Fall $Q = 10 \text{ t}$ und der Grundsituation Wochenende.

Andere (Anwohner): Das Ausmass für die Bewohner allein liegt knapp unter dem Störfallwert von 0.3 resp. 10 Todesopfer.

Für die Aufteilung der Summenkurve auf die Ereignisgrössen 1/ 10 t wird auf Anhang E-2 verwiesen.

E.2) Individuelles Risiko gemäss WSUME

Grenzwert WSUME	Q = 1 t	Q = 10 t
Unbeteiligte Dritte $r = 3 \times 10^{-6} / a$	$r_{max} = 2.4 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 80 zu hoch	$r_{max} = 1.2 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 40 zu hoch
Indirekt Beteiligte $r = 1.5 \times 10^{-5} / a$	-	-
Direkt Beteiligte $r = 3 \times 10^{-5} / a$	-	-

Abbildung 87 Individuelle Risiken gemäss WSUME (IST-Zustand 2020 – Teil 2)

Beim IST-Zustand sind nur die Anwohner – Unbeteiligte – zu berücksichtigen. Wie bereits in der RA VBS 2018 gezeigt, können bei den nahegelegenen Wohnbauten die Grenzwerte gem. WSUME nicht eingehalten werden.

E.3) Empfundenes kollektives Risiko gemäss WSUME

Kollektives Risiko R	Q = 1 t	Q = 10 t
R tatsächlich	$2.7 \times 10^{-3} / a$	$4.0 \times 10^{-3} / a$
R empfunden (mit Aversion)	$3.1 \times 10^{-3} / a$	$4.3 \times 10^{-2} / a$
Max. Kosten für Sicherheitsmass- nahmen ca.	90'000 CHF / a	1.3 Mio CHF / a

Abbildung 88 Kollektive Risiken gemäss WSUME (IST-Zustand 2020 – Teil 2)

Beim IST-Zustand ergeben sich für das Ereignis mit $Q = 10 t$ die grössten kollektiven Risiken. Auf den ersten Blick sind diese als sehr hoch einzustufen, Sicherheitsmassnahmen müssen auf jeden Fall evaluiert werden. Die mit dem Grenzkostenprinzip ermittelten maximalen Kosten für Sicherheitsmassnahmen werden hier jedoch nicht weiter diskutiert.

5.1.2 Fazit IST-Zustand 2020 – Teil 2

	Q = 1 t	Q = 10 t
RA 2018 IST-Zustand	At Bahn: - At Andere: 1 W/A: nicht schwere Schädigung Re: $1.8 \times 10^{-3} / a$ Objekt: Strasse	At Bahn: 40 At Andere: 12-21 W/A: nicht akzeptabler Bereich Re: $4.0 \times 10^{-2} / a$ Objekt: Strasse
RA 2020 IST-Zustand	At Bahn: 6 At Andere: 1-2 W/A: nicht schwere Schädigung Re: $3.1 \times 10^{-3} / a$ Objekt: Haus	At Bahn: 77 At Andere: 9-21 W/A: nicht akzeptabel Re: $4.3 \times 10^{-2} / a$ Objekt: Strasse
Erkenntnisse	R 2020 leicht höher als 2018	R 2020 leicht höher als 2018

Abbildung 89 Zusammenfassung der Resultate für den IST-Zustand 2020 – Teil 2

Die Grenzwerte des individuellen Risikos für Unbeteiligte (Anwohner) in den WSUME können auch gemäss der RA VBS 2020 klar nicht eingehalten werden.

Wie zu erwarten war, führen die etwas grösseren Letalitätszonen (verglichen mit der RA VBS 2018) zu etwas grösseren Risiken. In der RA VBS 2018 wurde für die Bahn bei $Q = 1\text{ t}$ keine Spezialsituation ausgeschieden, weshalb nun die Ausmasse grösser sind. Und in der RA VBS 2020 sind die Ausmasse für $Q = 10\text{ t}$ bei der Bahn zwar deutlich grösser, was aber auf das empfundene kollektive Risiko infolge der Kürze der Spezialsituation keine grossen Auswirkungen hat.

5.2 Quantitativer Nachweis Wirksamkeit Vorausmassnahmen – Teil 2

5.2.1 Vorausmassnahmen gemäss Expertengruppe VBS – Teil 2

Gemäss StFV sollen Vorausmassnahmen die Risiken so schnell wie möglich senken – ein zu erreichendes Ziel der Risikosenkung wird dabei aber nicht vorgegeben. In Anbetracht der hohen Risiken gem. RA VBS 2018 wurden darum seitens des BAFU Vorausmassnahmen bis Ende 2021 gefordert. Darauf basiert die vorliegende Risikoanalyse. Gemäss dem aktuellen Planungsstand werden die Stahlbetonpfropfen sowie die Netze bis Ende 2021 und das Hochdrucktor bis Mitte 2022 fertiggestellt. Im Bericht zu den Vorausmassnahmen hat die Expertengruppe VBS die möglichen Vorausmassnahmen studiert und auf Stufe Machbarkeit Lösungen aufgezeigt [6]. Gemäss den neuen Erkenntnissen liegt die Summenkurve im W/A-Diagramm im nicht akzeptablen Bereich.

Mögliche Vorausmassnahmen sind bei definierten Stollen resp. Portalen in der Ebene

- Dämme vor dem Portal oder
- massive Stahlbetonpfropfen resp. Hochdrucktor im Stollen (vgl. Abbildung 19).

Bei den Stollen resp. Portalen in der oberen Anlageebene sowie bei den nicht klar definierten Klüften sind

- Stahlnetzsysteme (wie bei Naturgefahren) möglich.

Die Expertengruppe VBS hat sich für die Ausführung von Stahlbetonpfropfen, von einem Hochdrucktor und von Netzen entschieden, weil erstere die Wirkungszonen aus dem entsprechenden Portal auf null senken. Dämme hingegen, zumindest nach dem einzigen zurzeit verfügbaren Modell (TLM), führen lediglich zu einer breiteren, aber weniger weitreichenden Verteilung der Trümmer und, im Fall Mitholz mit vielen Exponierten nahe der Anlage, zu grösseren Risiken als bei Stahlbetonpfropfen resp. einem Hochdrucktor. Die Dämme vermögen die Risiken gegenüber dem IST-Zustand jedoch auch zu senken.

Das BAFU vertritt die Ansicht, dass in der RA VBS 2020 die Dämme trotzdem im gleichen Detaillierungsgrad behandelt werden müssen wie die Pfropfen. Dementsprechend wird nachfolgend in A bis E die Risikoanalyse für das empfohlene Hochdrucktor und die empfohlenen Stahlbetonpfropfen und Netze diskutiert und in Abschnitt 4.2.2 in A bis E die Dämme resp. Netze abgehandelt. Zuletzt wird ein Fazit zu den Vorausmassnahmen gezogen.

A) Ereignisanalyse (Vorausmassnahmen VBS 2021 – Teil 2)

Während der Realisierung der Vorausmassnahmen werden die Wahrscheinlichkeiten gegenüber dem IST-Zustand nicht verändert.

W [1/a]	Q = 1 t	Q = 10 t
2021 Vorausmassnahmen	3×10^{-3}	3×10^{-4}

Abbildung 90 Massgebende Ereignisse und Wahrscheinlichkeiten für 2021 – Teil 2

B) Wirkungsanalyse (nach Vorausmassnahmen VBS 2021 – Teil 2)

Vergleiche 4.2.1 B)

C) Expositionsanalyse (Vorausmassnahmen VBS 2021 - Teil 2)

Vergleiche 4.2.1 C)

D) Risikoberechnung (nach Vorausmassnahmen VBS 2021 – Teil 2)

Wichtige Erkenntnisse aus der Risikoberechnung wie die Ausmasse und Risikoanteile, welche nicht in die Risikobewertung einfließen, werden in Abbildung 23 gezeigt:

Nach Vorausmassnahmen	Ausmasse At pro Situation	Max. Risikoanteile Situationen	Max. Risikoanteile Objekte
Q = 1 t	Bahn At = 1 Rest At = 1	Alle	Strasse, Freifeld
Q = 10 t	Bahn At = 44 Rest At = 6-15	Wochenende, Bahn	Strasse, Bahn

Abbildung 91 Massgebende Ausmasse und Risikoanteile (nach Vorausmassnahmen – ohne Arbeiter / Teil 2)

Für die grösseren Ereignisse wie $Q = 10 \text{ t}$ ergibt die Spezialsituation Bahn die grösssten Ausmasse. Hingegen kommt der grössste Risikoanteil für alle Ereignisgrössen von der Strasse.

E) Risikobewertung (nach Vorausmassnahmen VBS 2021 – Teil 2)

E.1) Kollektives Risiko von Unbeteiligten gemäss den Beurteilungskriterien zur StFV

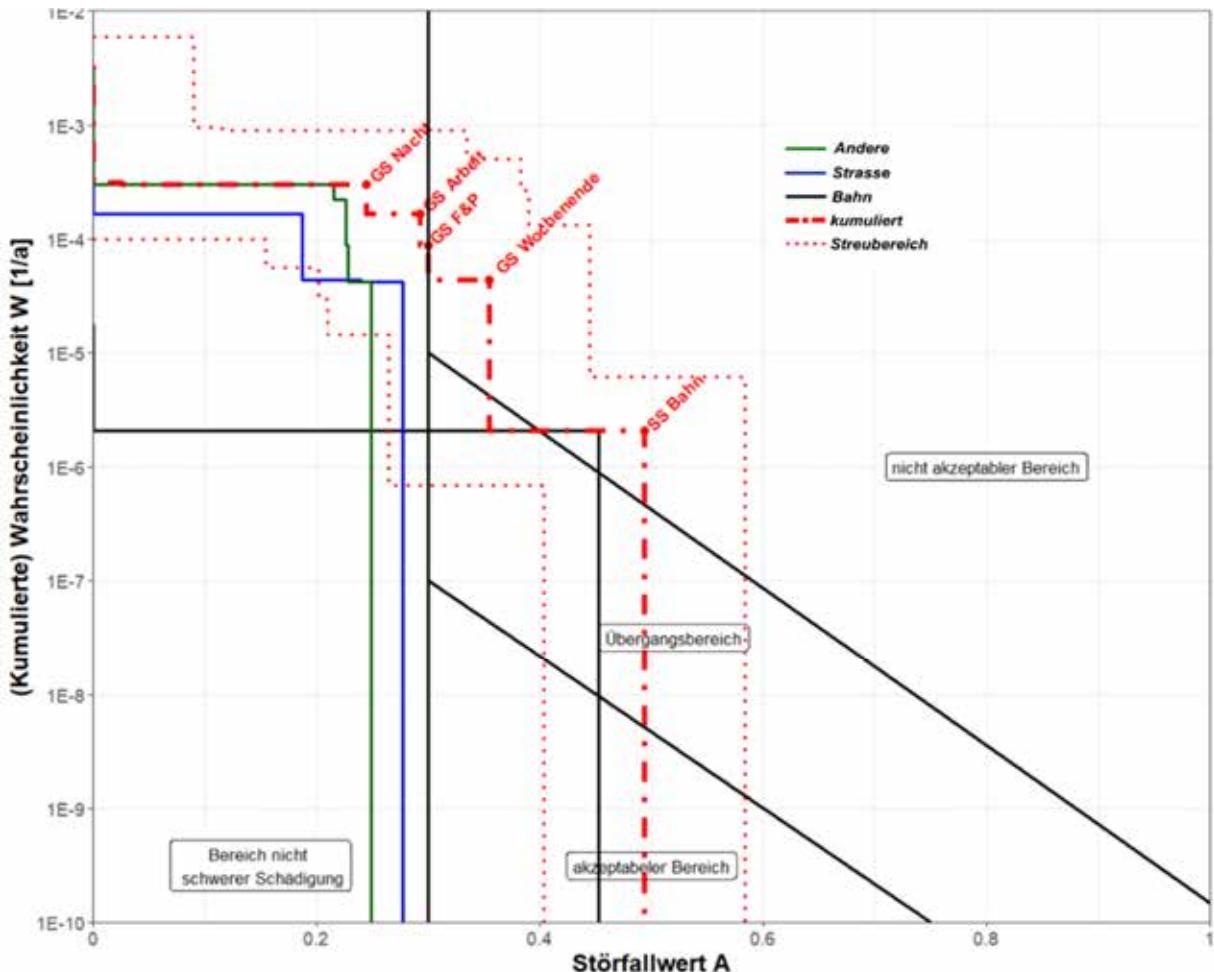


Abbildung 92 W/A-Diagramm (nach Vorausmassnahmen VBS – Teil 2)

Die Summenkurve, welche sich aus der Kumulation der Ereignisgrößen 1/ 10 t ergibt, liegt trotz den Vorausmassnahmen im nicht akzeptablen Bereich. Im Vergleich zur IST-Situation sind die Risiken aber kleiner.

Bahn: Die Spezialsituation für die Bahn allein - für $Q = 10 \text{ t}$ - liegt im nicht akzeptablen Bereich.

Strasse und Andere (Anwohner): Die Summenkurven liegen (knapp) im Bereich der nicht schweren Schädigung.

Für die Aufteilung der Summenkurve auf die Ereignisgrößen 1/ 10 t wird auf Anhang E-2 verwiesen.

E.2) Individuelles Risiko gemäss WSUME

Grenzwert WSUME	Q = 1 t	Q = 10 t
Unbeteiligte Dritte $r = 3 \times 10^{-6} / a$	$r_{max} = 2.4 \times 10^{-5} / a$ → Faktor 8 zu hoch	$r_{max} = 1.2 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 40 zu hoch
Indirekt Beteiligte $r = 1.5 \times 10^{-5} / a$	$r_{max} = 6.0 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 40 zu hoch	$r_{max} = 6.0 \times 10^{-5} / a$ → Faktor 4 zu hoch
Direkt Beteiligte $r = 3 \times 10^{-5} / a$	-	-

Abbildung 93 Individuelle Risiken gemäss WSUME (nach Vorausmassnahmen – Teil 2)

Bei den unbeteiligten Dritten werden die Grenzwerte in den WSUME auch nach den empfohlenen Vorausmassnahmen überschritten, allerdings bei $Q = 1 t$ nicht mehr so deutlich wie beim IST-Zustand. Bei $Q = 10 t$ bleiben sie jedoch unverändert hoch.

Bei den Arbeitern welche die Vorausmassnahmen umsetzen werden die zulässigen individuellen Risiken gemäss WSUME ebenfalls überschritten (v.a. bei $Q = 1 t$) und liegen insgesamt rund 4-5 x über dem Bereich der Risiken von Bauarbeitern.

E.3) Empfundenes kollektives Risiko gemäss WSUME

Kollektives Risiko R	Q = 1 t	Q = 10 t
R tatsächlich	$1.1 \times 10^{-3} / a$	$2.7 \times 10^{-3} / a$
R empfunden (mit Aversion)	$1.2 \times 10^{-3} / a$	$1.5 \times 10^{-2} / a$
Max. Kosten für Sicherheitsmass- nahmen ca.	40'000 CHF / a	450'000 CHF / a

Abbildung 94 Kollektive Risiken gemäss WSUME (nach Vorausmassnahmen – ohne Arbeiter / Teil 2)

Im Vergleich mit dem IST-Zustand sind die empfundenen kollektiven Risiken nach den von den Experten VBS empfohlenen Vorausmassnahmen etwa einen Faktor 2 – 3 kleiner, jedoch mit relevant höheren Risiken während der Realisierung.

5.2.2 Vorausmassnahmen mit Dämmen und Netzen – Teil 2

A) Ereignisanalyse (Vorausmassnahmen BAFU 2021 – Teil 2)

Während der Realisierung der Vorausmassnahmen werden die Wahrscheinlichkeiten gegenüber dem IST-Zustand nicht verändert.

W [1/a]	Q = 1 t	Q = 10 t
2021 Vorausmassnahmen	3×10^{-3}	3×10^{-4}

Abbildung 95 Massgebende Ereignisse und Wahrscheinlichkeiten für 2021 – Teil 2

B) Wirkungsanalyse (nach Vorausmassnahmen BAFU 2021 – Teil 2)

Vergleiche 4.2.2 B)

C) Expositionsanalyse (Vorausmassnahmen BAFU 2021 – Teil 2)

Vergleiche 4.2.2 C)

D) Risikoberechnung (nach Vorausmassnahmen BAFU 2021 – Teil 2)

Wichtige Erkenntnisse aus der Risikoberechnung wie die Ausmasse und Risikoanteile, welche nicht in die Risikobewertung einfließen, werden nachfolgend gezeigt:

Vorausmassnahmen Dämme	Ausmasse At pro Situation	Max. Risikoanteile Situationen	Max. Risikoanteile Objekte
Q = 1 t	Bahn At = 1 Rest At = 1	Alle	Strasse, Freifeld
Q = 10 t	Bahn At = 79 Rest At = 9-18	Bahn, Wochenende	Bahn, Strasse

Abbildung 96 Massgebende Ausmasse und Risikoanteile am empfundenen kollektiven Risiko (nach Dämmen gem. TLM – ohne Arbeiter / Teil 2)

Für die grösseren Ereignisse wie Q = 10 t ergibt die Spezialsituation Bahn die grösssten Ausmasse. Hingegen kommt der grössste Risikoanteil für das Ereignis von Q = 1 t von der Strasse.

E) Risikobewertung (nach Vorausmassnahmen BAFU 2021 – Teil 2)

E.1) Kollektives Risiko von Unbeteiligten gemäss den Beurteilungskriterien zur StFV

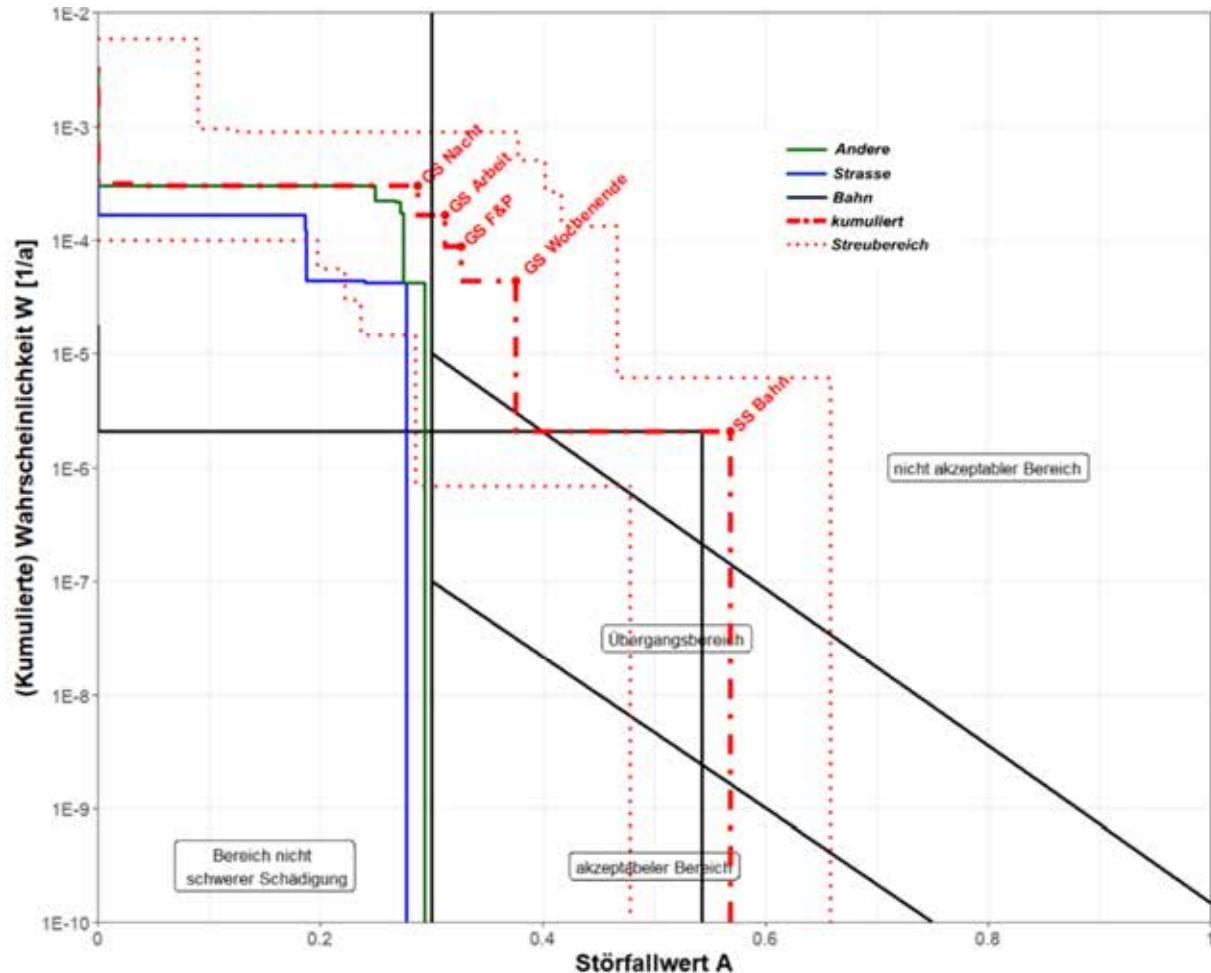


Abbildung 97 W/A-Diagramm (nach Vorausmassnahmen BAFU – Teil 2)

Die Summenkurve, welche sich aus der Kumulation der Ereignisgrössen 1/ 10 t ergibt, liegt trotz den Vorausmassnahmen im nicht akzeptablen Bereich. Im Vergleich zur IST-Situation sind die Risiken zwar kleiner, aber im Vergleich mit den Ppropfen grösser.

Bahn allein: Die Spezialsituation Bahn für $Q = 10$ t liegt im nicht akzeptablen Bereich.

Strasse und Andere (Anwohner) allein: Die Summenkurven liegen knapp im Bereich der nicht schweren Schädigung.

Für die Aufteilung der Summenkurve auf die Ereignisgrössen 1/ 10 t wird auf Anhang E-2 verwiesen.

E.2) Individuelles Risiko gemäss WSUME

Die individuellen Risiken bei der Umsetzung von Dämmen als Vorausmassnahme werden nicht explizit ausgewiesen (da das BAFU individuelle Risiken nicht bewertet), sie dürften aber in einem ähnlichen Bereich liegen, wie für die Ppropfen.

E.3) Empfundenes kollektives Risiko gemäss WSUME

Kollektives Risiko R	$Q = 1$ t	$Q = 10$ t
R tatsächlich	$1.4 \times 10^{-3} / a$	$3.4 \times 10^{-3} / a$
R empfunden (mit Aversion)	$1.5 \times 10^{-3} / a$	$3.1 \times 10^{-2} / a$
Max. Kosten für Sicherheitsmassnahmen ca.	40'000 CHF / a	900'000 CHF / a

Abbildung 98 Kollektive Risiken gemäss WSUME (nach Vorausmassnahmen – ohne Arbeiter / Teil 2)

Im Vergleich mit dem IST-Zustand sind die empfundenen kollektiven Risiken mit Dämmen als Vorausmassnahmen etwa einen Faktor 2 kleiner, jedoch mit relevant höheren Risiken während der Realisierung.

5.2.3 Fazit zu den Vorausmassnahmen – Teil 2

	Q = 1 t	Q = 10 t
RA 2020 IST-Zustand	At Bahn: 6 At Andere: 1-2 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 3.1×10^{-3} / a Objekt: Haus	At Bahn: 77 At Andere: 9-21 W/A: nicht akzeptabel Re: 4.3×10^{-2} / a Objekt: Strasse
2022 Nach Vorausmassnahmen Ppropfen	At Bahn: 1 At Andere: 1 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 1.2×10^{-3} / a Objekt: Strasse	At Bahn: 44 At Andere: 6-15 W/A: nicht akzeptabel Re: 1.5×10^{-2} / a Objekt: Strasse
2022 Nach Vorausmassnahmen Dämme	At Bahn: 1 At Andere: 1 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 1.5×10^{-3} / a Objekt: Strasse	At Bahn: 79 At Andere: 9-18 W/A: nicht akzeptabel Re: 3.1×10^{-2} / a Objekt: Bahn
FAZIT	R bei Ppropfen und Dämmen etwa gleich	R bei Dämmen grösser als bei Ppropfen (x 2)

Abbildung 99 Zusammenfassung der Vorausmassnahmen – Teil 2

Die Grenzwerte des individuellen Risikos sowohl für indirekt Beteiligte (Arbeiter) als auch für Unbeteiligte (Anwohner) in den WSUME können während resp. nach den Vorausmassnahmen nicht eingehalten werden.

Zudem ist zu beachten, dass mit Dämmen der Installationsplatz Süd der BLS mit 180 Personen bei Q = 10 t vollumfänglich in der äussersten Letalitätszone zu liegen kommt, weil der Notausstieg nicht verschlossen wird und das Netz bei dieser Ereignisgrösse kaum wirksam sein dürfte. Mit der Realisierung von Stahlbetonppropfen würde der Installationsplatz Süd komplett ausserhalb der Letalitätszonen liegen.

Da im Verlauf der weiteren Arbeiten geplant ist, den Bahnstollen zu verfüllen und dies zu einer Änderung der Wirkungen vom Stollentrümmerwurf zum Kratertrümmerwurf führt, verlieren die Vorausmassnahmen (v.a. die Dämme und Netze) dann ihre Wirkung. Gemäss WSUME wären die Kosten für die Vorausmassnahmen im Vergleich zur Risikozunahme während und der Risikoreduktion nach der Realisierung bei einer solch kurzen Nutzungs-dauer kaum gerechtfertigt.

5.3 BLS Installationsplatz 2022 – Teil 2

5.3.1 Risikoabschätzung BLS Installationsplatz 2022 – Teil 2

A) Ereignisanalyse (BLS Installationsplatz 2022 – Teil 2)

Während dem Bezug des Installationsplatzes der BLS werden die Wahrscheinlichkeiten gegenüber dem IST-Zustand nicht verändert.

W [1/a]	Q = 1 t	Q = 10 t
2022	3×10^{-3}	3×10^{-4}
BLS Installationspl.		

Abbildung 100 Massgebende Ereignisse und Wahrscheinlichkeiten für 2022 – Teil 2

B) Wirkungsanalyse (BLS Installationsplatz 2022 – Teil 2)

Vergleiche 4.3.1 B)

C) Expositionsanalyse (BLS Installationsplatz 2022 – Teil 2)

Vergleiche 4.3.1 C)

D) Risikoberechnung (BLS Installationsplatz 2022 – Teil 2)

Wichtige Erkenntnisse aus der Risikoberechnung, wie die Ausmasse und Risikoanteile, welche nicht in die Risikobewertung einfließen, werden in Abbildung 42 gezeigt:

2022	Ausmasse At pro Situation	Max. Risikoanteile Situationen	Max. Risikoanteile Objekte
Q = 1 t	Bahn At = 10 Rest At = 1-18	Arbeit	Arbeiter
Q = 10 t	Bahn At = 54 Rest At = 7-27	Arbeit	Strasse, Arbeiter

Abbildung 101 Massgebende Ausmasse und Risikoanteile 2022 – Teil 2

Die grössten Ausmasse und Risikoanteile werden von den Arbeitern generiert. Einzig für Q = 10 t wird bei den Ausmassen die Spezialsituation Bahn und bei den Risikoanteilen die Strasse massgebend. Der BLS Installationsplatz erzeugt keine massgebenden Ausmasse und Risiken.

E) Risikobewertung (BLS Installationsplatz 2022 – Teil 2)

E.1) Kollektives Risiko von Unbeteiligten gemäss den Beurteilungskriterien zur StFV

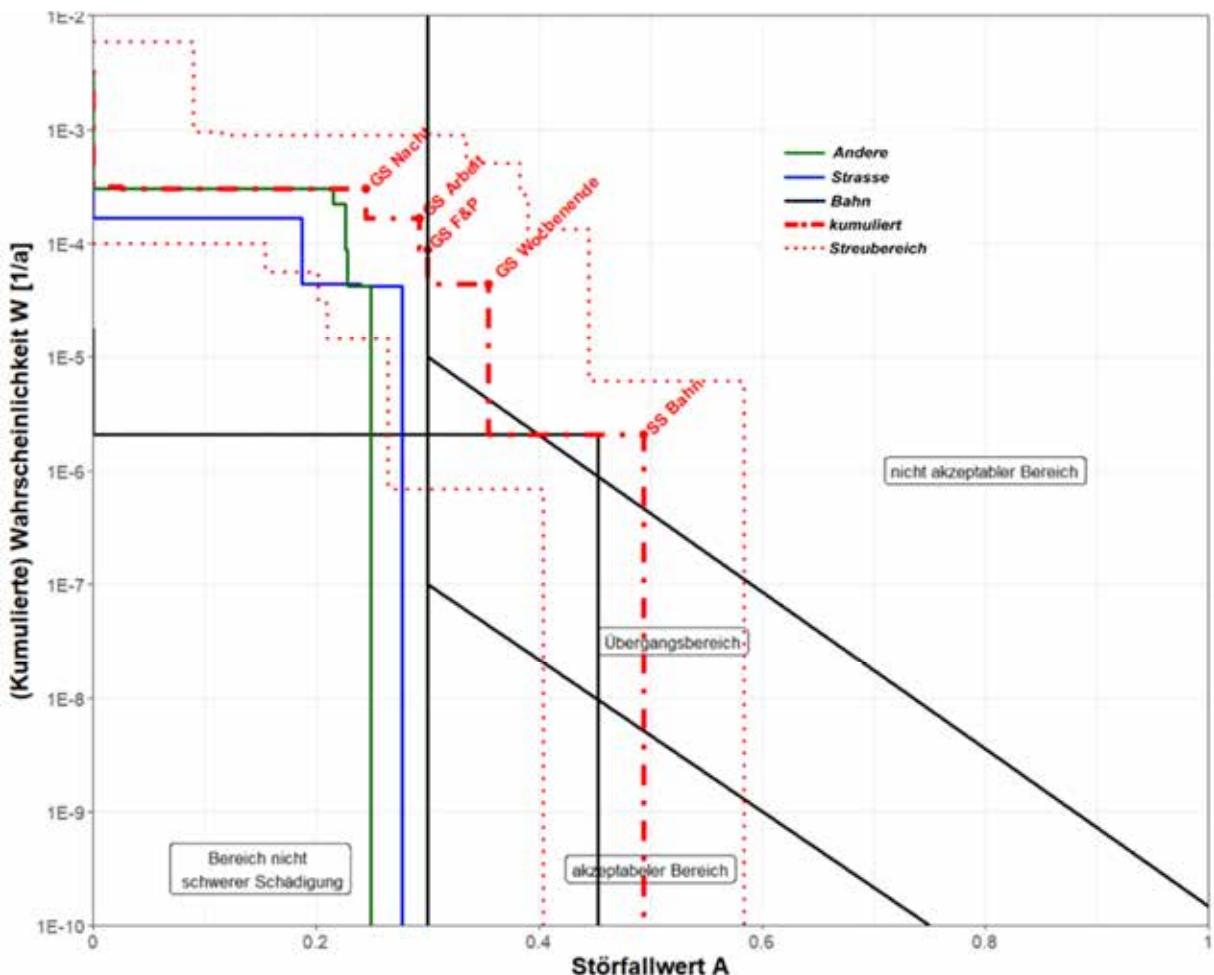


Abbildung 102 W/A-Diagramm (BLS Installationsplatz, gleich wie nach Vorausmassnahmen – Teil 2)

Die Summenkurve, welche sich aus der Kumulation der Ereignisgrößen 1/ 10 t ergibt, liegt im nicht akzeptablen Bereich. Im Vergleich zur IST-Situation sind die Risiken dank den Vorausmassnahmen Ppropfen und Hochdrucktoren kleiner. Die Zunahme infolge BLS Installationsplatz ist sehr klein und nicht sichtbar.

Bahn: Die Spezialsituationen Bahn für $Q = 10$ t liegt im nicht akzeptablen Bereich.

Strasse und Andere (Anwohner): Das Risiko liegt (knapp) im Bereich der nicht schweren Schädigung.

Für die Aufteilung der Summenkurve auf die Ereignisgrößen 1/ 10 t wird auf Anhang E-2 verwiesen.

E.2) Individuelles Risiko gemäss WSUME (Arbeiter BLS)

Grenzwert WSUME	$Q = 1 \text{ t}$	$Q = 10 \text{ t}$
Unbeteiligte Dritte $r = 3 \times 10^{-6} / \text{a}$	$r \text{ max sehr klein}$ $\rightarrow \text{zulässig}$	$r \text{ max} = 6.0 \times 10^{-7} / \text{a}$ $\rightarrow \text{zulässig}$
Indirekt Beteiligte $r = 1.5 \times 10^{-5} / \text{a}$	-	-
Direkt Beteiligte $r = 3 \times 10^{-5} / \text{a}$	-	-

Abbildung 103 Individuelle Risiken gemäss WSUME auf dem BLS Installationsplatz – Teil 2

Die individuellen Risiken sowohl auf dem BLS Installationsplatz West (ortsfest) als auch Süd (flexibel) sind für 2022 – wie auch für die weiteren Jahre – gem. WSUME zulässig.

Aus den Darstellungen für die Vorausmassnahmen Ppropfen und Hochdrucktore kann übernommen werden, dass in der Phase nach Abschluss der Vorausmassnahmen (und zu Beginn der Proberäumung) bei den Anwohnern sowie den Arbeitern die Grenzwerte in den WSUME wiederum überschritten werden.

E.3) Empfundenes kollektives Risiko gemäss WSUME

Kollektives Risiko R	$Q = 1 \text{ t}$	$Q = 10 \text{ t}$
R tatsächlich	$1.6 \times 10^{-2} / \text{a}$	$4.2 \times 10^{-3} / \text{a}$
R empfunden (mit Aversion)	$7.9 \times 10^{-2} / \text{a}$	$5.1 \times 10^{-2} / \text{a}$
Max. Kosten für Sicherheitsmass- nahmen ca.	2.4 Mio CHF / a	1.5 Mio CHF / a

Abbildung 104 Kollektive Risiken gemäss WSUME (Jahr 2022) – Teil 2

Die kollektiven Risiken für diese Bauphase sind bei den Ereignissen mit $Q = 1 \text{ t}$ und $Q = 10 \text{ t}$ sehr gross. Allerdings stammen diese Risiken hauptsächlich von der relativ grossen Anzahl der Arbeiter im Vorgelände der Anlage und nur zu einem vernachlässigbar kleinen Teil vom BLS Installationsplatz. Die mit dem Grenzkostenprinzip ermittelten max. Kosten für Sicherheitsmassnahmen werden hier nicht weiter diskutiert.

5.3.2 Fazit zum Installationsplatz BLS – Teil 2

	Q = 1 t	Q = 10 t
Nach Vorausmassnahmen Ppropfen etc.	At Bahn: 1 At Andere: 1 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 1.2×10^{-3} / a Objekt: Strasse	At Bahn: 44 At Andere: 6-15 W/A: nicht akzeptabel Re: 1.5×10^{-2} / a Objekt: Strasse
2022 Mit Installationsplatz BLS (ohne Arbeiter im Vorgelände der Anlage)	At Bahn: 1 At Andere: 1 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 1.2×10^{-3} / a Objekt: Strasse	At Bahn: 45 At Andere: 6-15 W/A: nicht akzeptabel Re: 1.5×10^{-2} / a Objekt: Strasse
2022 Mit Installationsplatz BLS (mit Arbeitern im Vorgelände der Anlage)	At Bahn: 10 At Andere: 1-18 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 7.9×10^{-2} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: 54 At Andere: 7-27 W/A: nicht akzeptabel Re: 5.1×10^{-2} / a Objekt: Arbeiter
FAZIT	R mit Arbeitern im Vorgelände stark erhöht	R mit Arbeitern im Vorgelände erhöht

Abbildung 105 Zusammenfassung Installationsplatz BLS – Teil 2

Die Grenzwerte des individuellen Risikos sowohl für indirekt Beteiligte (Arbeiter im Vorgelände der Anlage) als auch für Unbeteiligte (Anwohner) in den WSUME können nach wie vor nicht eingehalten werden. Aber die individuellen Risiken sowohl auf dem BLS Installationsplatz West (ortsfest) als auch Süd (flexibel) sind gem. WSUME zulässig.

Als risikosenkende Massnahme ist der Bauablauf allerdings so anzupassen, dass sich weniger Arbeiter gleichzeitig im Vorgelände aufhalten.

5.4 Variante Räumung – Teil 2

5.4.1 Vor der Realisierung – Teil 2

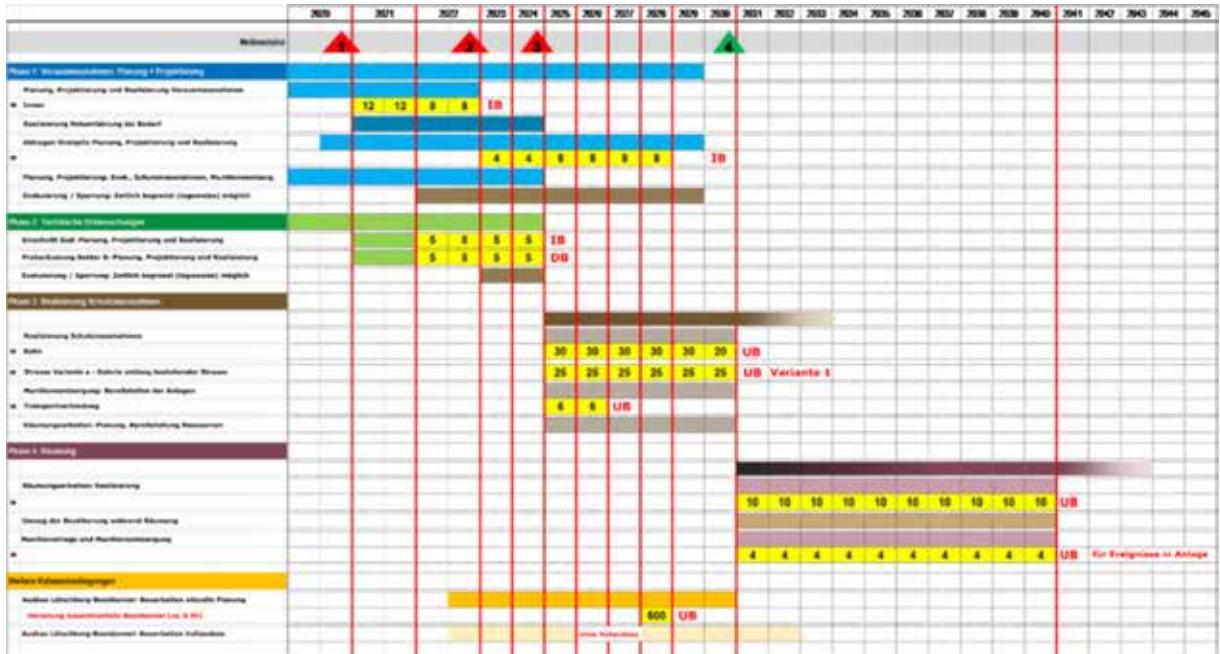


Abbildung 106 Bauphasen für die Variante Räumung (inkl. Anzahl der exponierten Arbeiter)

Vor der Räumung sind folgende Bauphasen relevant:

Jahr	Bezeichnung / Beginn ca.	Wahrscheinlichkeit	Wirkungen	Exposition Arbeiter
2023	1) Proberäumung	W IST	Stollentrümmer	1) 2) + IP BLS
2024	2) Abbau Dreispitz	W tiefer	Kratertrümmer	1) 2) + IP BLS
2025	3) Schutzbauten	dito	dito	2) 3) + IP BLS
2026	3) Schutzbauten	dito	dito	2) 3) + IP BLS
2027	3) Schutzbauten	dito	dito	2) 3) + IP BLS
2028	4) Umleitung BLS	dito	dito	2) 3) 4) + IP BLS
2029	3) Schutzbauten	dito	dito	3) + IP BLS
2030	3) Schutzbauten	dito	dito	3) + IP BLS

Abbildung 107 Bauphasen vor der Räumung (IP BLS = Installationsplatz BLS, 1) Personal Proberäumung, 2) Personal Abbau Dreispitz, 3) Personal Schutzbauten, 4) Personal Umleitung BLS)

Wichtig sind dabei die folgenden Punkte:

- **Proberäumung (2022-2024):** Die Berechnungen der vorliegenden RA VBS 2020 basieren auf der Annahme, dass in einem ersten Schritt der Schuttkegel im Sektor B abgetragen und die Anlage im Süden geöffnet wird. Gemäss aktuellem Planungsstand findet der Einschnitt Süd jedoch erst vor der Räumung statt. Die Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses während dem eigentlichen Räumen der Munition in diesen Probereichen (nicht im Bahnstollen) kann zurzeit noch nicht genau genug abgeschätzt werden. Zudem können keine grossen Mengen geräumt werden, da noch keine Entsorgungskapazität zur Verfügung steht.
- **Verfüllung des Bahnstollens (2023):** Damit der Dreispitz ohne risikorelevante Probleme abgebaut werden kann, wird der Bahnstollen mit Blähton o.ä. verfüllt (Dauer zur Verfüllung ca. 2 Monate). Durch den leichten Blähton anstelle von Sand kann die Gefahr von Setzungen minimiert und der Wahrscheinlichkeitszuwachs reduziert werden.
- **Abbau Dreispitz (2024-2028):** Nach der Verfüllung ist die Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses infolge der Reduktion der Steinschlaggefahr reduziert und wird auch

während dem Abbau des Dreispitzes nicht merklich erhöht. Zudem führt die Verfüllung zu einem Übergang von Stollentrümmerwurf zu Kraterträummerwurf. Letzteres führt bei $Q = 1 \text{ t}$ zu kleineren und bei $Q = 10 \text{ t}$ zu grösseren Letalitätszonen.

- **Schutzbauten (2025-2030):**
Zum Schutz der Strasse stehen drei Varianten zur Diskussion:
a) Schutzbau über die bestehende Strasse durch Mitholz,
b) Verlängerung der Lawinengalerie und Tagbautunnel in der Talmitte
c) Verlegung der Nationalstrasse auf die Westseite des Kandertals (Tunnel)
In der RA VBS 2020 wird von der Variante a) ausgegangen, da diese wahrscheinlich die grössten Risiken implizieren würde (vgl. Abbildung 53).
Zum Schutz der Bahnlinie ist ebenfalls eine Galerie geplant.
- **Umleitung BLS (2028):** Der Teilausbau des Lötschberg-Basistunnels führt zu einer ca. 8-monatigen Umleitung der Fernverkehrszüge über die Bergstrecke.

A) Ereignisanalyse (Vor Räumung 2023-2030 – Teil 2)

2023 wird gemäss Planung der Bahnstollen verfüllt. Dies führt zu einer etwa 50%-igen Erhöhung der Wahrscheinlichkeiten gegenüber dem IST-Zustand 2020 während ca. 2 Monaten. In der RA VBS 2020 wird diese Erhöhung vereinfachend auf das Jahr 2023 verteilt und muss dann nicht explizit berücksichtigt werden.

Hingegen führt die Verfüllung infolge Reduktion der Steinschlaggefahr zu einer Halbierung der Wahrscheinlichkeiten während den Jahren 2024 bis 2030.

W [1/a]	$Q = 1 \text{ t}$	$Q = 10 \text{ t}$
2023 Proberäumung (während Verfüllung)	3×10^{-3}	3×10^{-4}
2024-2030 (nach Verfüllung)	1.5×10^{-3}	1.5×10^{-4}

Abbildung 108 Massgebende Ereignisse und Wahrscheinlichkeiten für 2023 bis 2030 (ohne Kleinereignis) – Teil 2

Da das genaue Vorgehen nach dem Abtrag des Schuttkegels bei den eigentlichen Proberäumungen im Sektor B (und beim Einschnitt Süd) noch nicht bekannt ist, konnte einem Kleinerereignis mit $Q = \text{ca. } 10 \text{ kg}$ noch keine Wahrscheinlichkeit zugeordnet werden.

B) Wirkungsanalyse (Vor Räumung 2023-2030 – Teil 2)

Vergleiche 4.4.1 B)

C) Expositionsanalyse (Vor Räumung 2023-2030 – Teil 2)

Vergleiche 4.4.1 C)

D) Risikoberechnung (Vor Räumung 2023-2030 – Teil 2)

Wichtige Erkenntnisse aus der Risikoberechnung wie die Ausmasse und Risikoanteile, welche nicht in die Risikobewertung einfließen, werden in Abbildung 57 gezeigt:

Jahr	Bezeichnung / Beginn ca.	Q = 1 t	Q = 10 t
2023	Proberäumung	At = 8 / 1-14 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 52 / 7-21 Sa Re: Arbeit Oa Re: Strasse
2024	Abbau Dreispitz	At = 7 / 0-14 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 93 / 9-29 Sa Re: Arbeit Oa Re: Strasse
2025	Schutzbauten	At = 4 / 0-8 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 106 / 9-55 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit
2026	Schutzbauten	At = 4 / 0-8 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 105 / 9-52 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit
2027	Schutzbauten	At = 4 / 0-8 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 85 / 9-50 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit
2028	Umleitung BLS	At = 4 / 0-8 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 319 / 8-47 Sa Re: Bahn Oa Re: Bahn
2029	Schutzbauten	-	At = 42 / 8-38 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit
2030	Schutzbauten	-	At = 23 / 7-35 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit

Abbildung 109 Massgebende Ausmasse und Risikoanteile – Teil 2

(At: Tatsächliches Situationsausmass (Bahn / Andere) / Sa: Situationsanteil / Re: Empfundenes kollektives Risiko (gruppenbereinigt, Ereignisfall) / Oa: Objektanteil)

Für Q = 10 t werden die Ausmasse und Risiken zuerst von der Bahn resp. Strasse bestimmt, bis die Arbeiten an den Schutzmassnahmen beginnen, wodurch die Arbeiten (v.a. an der Strassengalerie) zum massgebenden Risikoanteil werden. Wie zu erwarten war, führt die Umleitung BLS zu grossen Ausmassen in der Spezialsituation Bahn.

Für Q = 1 t werden die Ausmasse und Risiken alleine von den Arbeiten im Vorgelände der Anlage (z.B. Abbau Dreispitz) bestimmt.

Da das genaue Vorgehen bei den Proberäumungen und beim Einschnitt Süd noch nicht bekannt ist, konnten für ein v.a. für die Räummannschaft relevantes Kleinereignis mit Q = ca. 10 kg noch keine Risiken gerechnet werden. Dabei wird auch vorausgesetzt, dass bei den Proberäumungen keine Übertragungen auf Ereignisse im Bahnstollen mit Q = 1 t oder grösser stattfinden.

E) Risikobewertung (Vor Räumung 2023-2030 – Teil 2)

E.1) Kollektives Risiko von Unbeteiligten gemäss den Beurteilungskriterien zur StFV

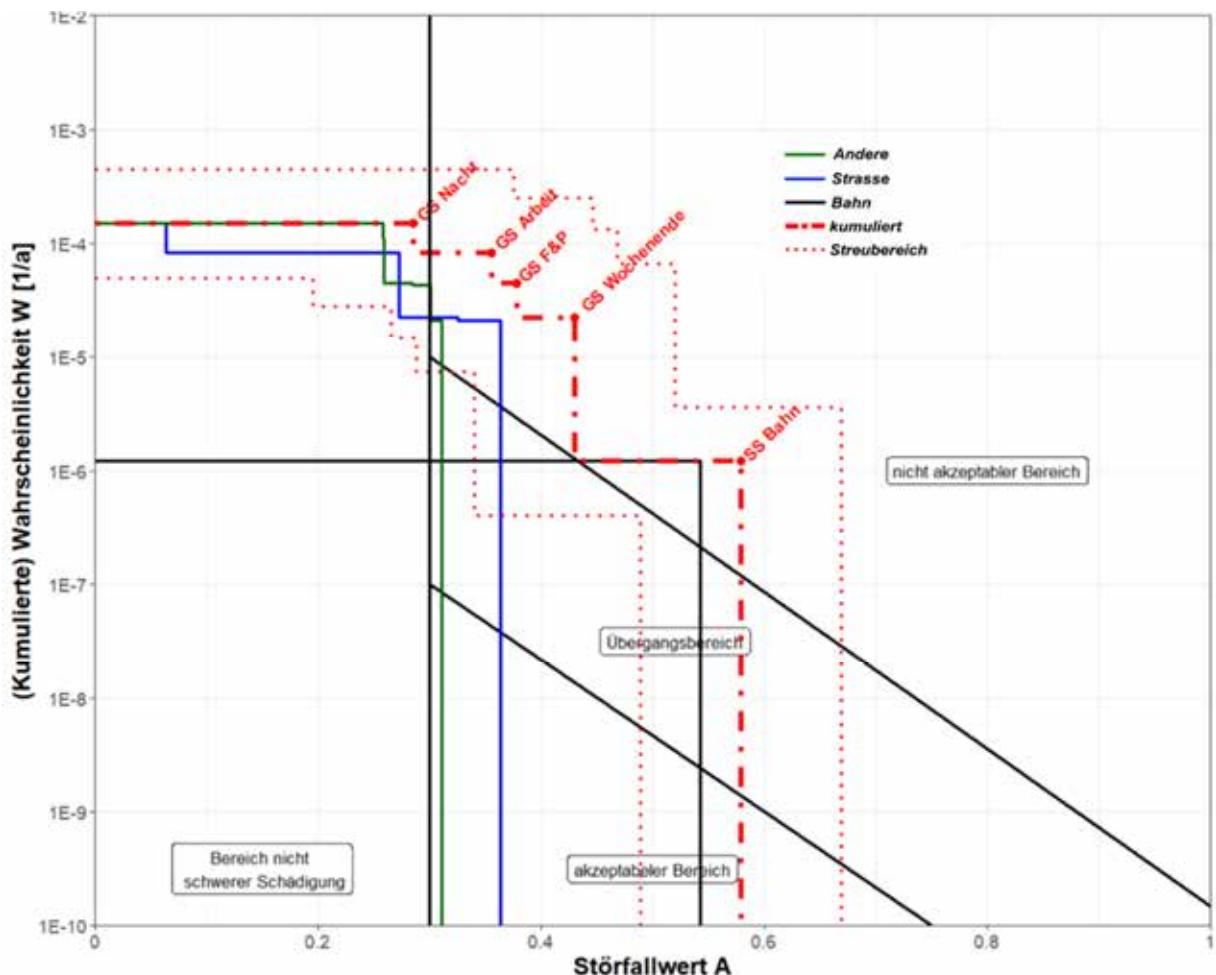


Abbildung 110 W/A-Diagramme (vor Räumung 2023 - 2030) für die Bauphase Abbau Dreispitz im Jahr 2024 – Teil 2

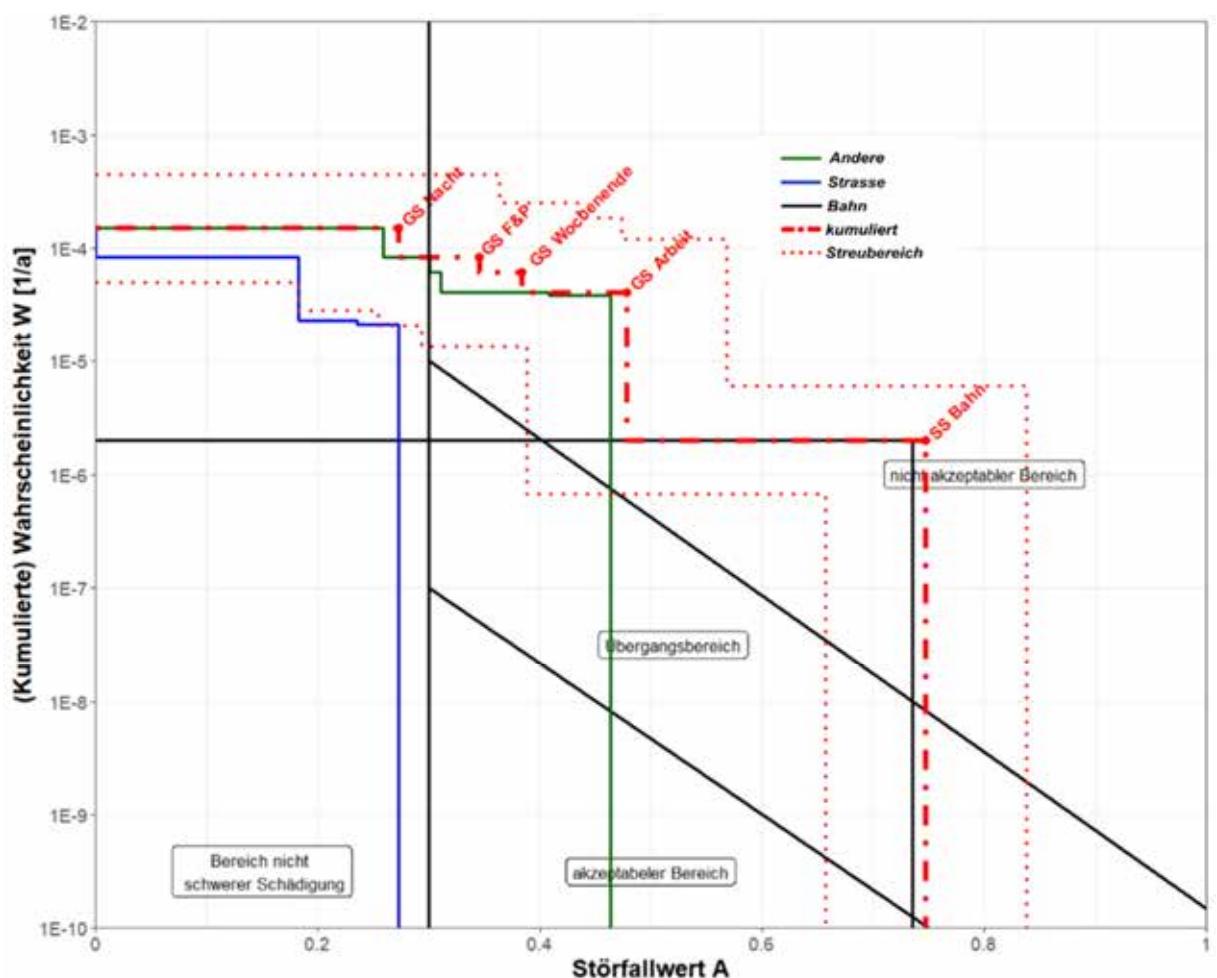


Abbildung 111 W/A-Diagramme (vor Räumung 2023 - 2030) für die Bauphase Umleitung BLS – Teil 2

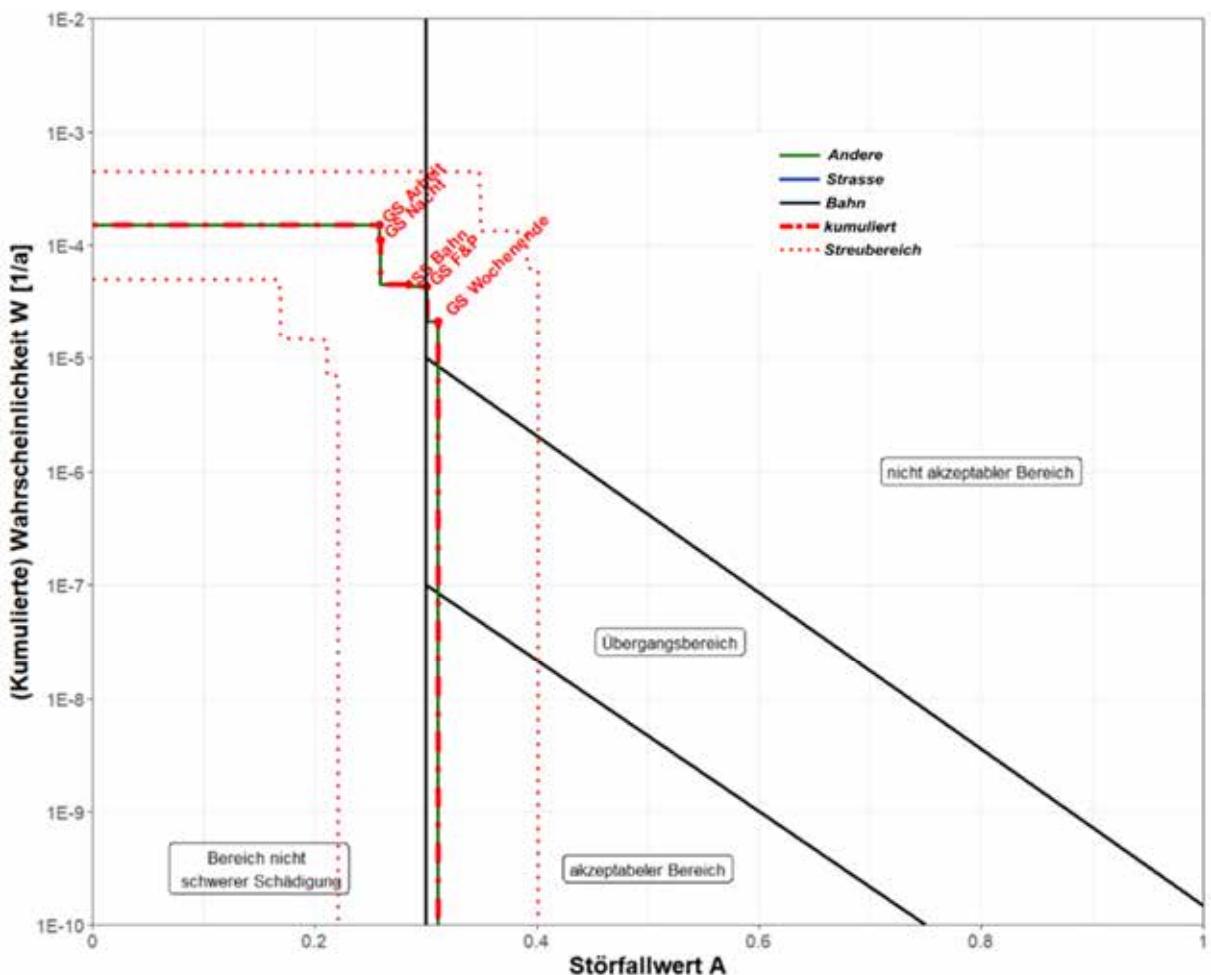


Abbildung 112 W/A-Diagramme (vor Räumung 2023 - 2030) für den Zustand nach Schutzbauten – Teil 2

Die Summenkurven, welche sich aus der Kumulation der Ereignisgrößen 1/ 10 t ergeben, liegen in den Jahren 2024 – 2030 mehr oder weniger im nicht akzeptablen Bereich.

Im Jahr 2024 steigen die Risiken infolge der Kratertrümmerwirkung an (sind aber nicht grösser als beim IST-Zustand). Neben der Bahn liegen auch die Strasse und die Anwohner (knapp) über dem Störfallwert von 0.3.

Im Jahr 2028 bei der Umleitung der BLS steigen die Ausmasse bei der Bahn massiv an, wenn die Schutzmassnahme(Galerie) noch nicht fertiggestellt wäre. Zudem sind durch die vielen Arbeiter für die Schutzbauten auch die Risiken für "Andere" deutlich grösser. Die Strasse liegt im Bereich der nicht schweren Schädigung.

Im Jahr 2030 (nach Fertigstellung der Schutzbauten) sind nur noch die Anwohner exponiert. Allerdings wird der Störfallwert 0.3 trotzdem knapp überschritten. Für die RA VBS 2020 ist aber vorgesehen, die Anwohner für die eigentliche Räumung umzusiedeln. Folglich kann auch die entsprechende Vorgabe des BAFU erfüllt werden.

Für die Aufteilung der Summenkurve auf die Ereignisgrößen 1/ 10 t wird auf Anhang E-2 verwiesen.

E.2) Individuelles Risiko gemäss WSUME

Grenzwert WSUME	Q = 1 t	Q = 10 t
Unbeteiligte Dritte $r = 3 \times 10^{-6} / a$	$r_{max} = 1.2 \times 10^{-6} / a$ → zulässig (Anwohner)	$r_{max} = 6.0 \times 10^{-5} / a$ → Faktor 20 (Anwohner) zu hoch
Indirekt Beteiligte $r = 1.5 \times 10^{-5} / a$	$r_{max} = 3.0 \times 10^{-4} / a$ → Faktor 20 zu hoch	$r_{max} = 3.0 \times 10^{-5} / a$ → Faktor 2 zu hoch
Direkt Beteiligte $r = 3 \times 10^{-5} / a$	-	

Abbildung 113 Individuelle Risiken gemäss WSUME (ohne Kleinereignis) – Teil 2

Bei den unbeteiligten Dritten werden die Grenzwerte in den WSUME in der Phase vor der Räumung v.a. bei den grösseren Ereignissen überschritten.

Bei den Arbeitern werden die Risiken in den WSUME auch weiterhin überschritten (v.a. bei $Q = 1 t$) und liegen etwas über dem Bereich der Risiken von Bauarbeitern.

E.3) Empfundenes kollektives Risiko gemäss WSUME

Jahr	Bezeichnung / Beginn ca.	Q = 1 t	Q = 10 t
2023	Proberäumung	$Re = 1.8 \times 10^{-2} / a$	$Re = 4.2 \times 10^{-2} / a$
2024	Abbau Dreispitz	$Re = 1.6 \times 10^{-2} / a$	$Re = 5.8 \times 10^{-2} / a$
2025	Schutzbauten	$Re = 3.9 \times 10^{-3} / a$	$Re = 1.4 \times 10^{-1} / a$
2026	Schutzbauten	$Re = 3.9 \times 10^{-3} / a$	$Re = 1.3 \times 10^{-1} / a$
2027	Schutzbauten	$Re = 3.9 \times 10^{-3} / a$	$Re = 1.1 \times 10^{-1} / a$
2028	Umleitung BLS	$Re = 3.9 \times 10^{-3} / a$	$Re = 2.9 \times 10^{-1} / a$
2029	Schutzbauten	-	$Re = 6.3 \times 10^{-2} / a$
2030	Schutzbauten	-	$Re = 5.4 \times 10^{-2} / a$

Abbildung 114 Empfundene kollektive Risiken gemäss WSUME – Teil 2

Für $Q = 10 t$ werden die empfundenen kollektiven Risiken im Jahr 2024 mit den Kratertrümmerzonen etwas grösser. 2025 werden diese mit Beginn der Arbeiten an den Schutzmassnahmen (v.a. Galerie Strasse) deutlich grösser, bevor dann über die Jahre der Schutz der Verkehrsteilnehmer zu- und die Risiken entsprechend abnehmen. Wie zu erwarten war, führt die Umleitung BLS zu sehr grossen Risiken (wobei bereits ein 50%-iger Schutz durch die Galerie einberechnet wurde).

Für $Q = 1 t$, was nur Zonen auf dem Vorgelände der Anlage ergibt, nehmen die Risiken in Folge der kleineren Exposition ab.

5.4.2 Fazit zur Phase vor der Räumung

	Q = 1 t	Q = 10 t
2022 Mit Installationsplatz BLS (mit Arbeitern im Vorgelände der Anlage)	At Bahn: 10 At Andere: 1-18 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 7.9×10^{-2} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: 54 At Andere: 7-27 W/A: nicht akzeptabel Re: 5.1×10^{-2} / a Objekt: Strasse
2023 Proberäumung	At Bahn: 8 At Andere: 1-14 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 1.8×10^{-2} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: 52 At Andere: 7-21 W/A: nicht akzeptabel Re: 4.2×10^{-2} / a Objekt: Strasse
2024 Abbau Dreispitz, mit Kraterwirkungen	At Bahn: 7 At Andere: 0-14 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 1.6×10^{-2} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: 93 At Andere: 9-29 W/A: nicht akzeptabel Re: 5.8×10^{-2} / a Objekt: Strasse
2025 Schutzbauten Beginn	At Bahn: 4 At Andere: 0-8 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 3.9×10^{-3} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: 106 At Andere: 9-55 W/A: nicht akzeptabel Re: 1.4×10^{-1} / a Objekt: Arbeiter
2028 Umleitung BLS	At Bahn: 4 At Andere: 0-8 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 3.9×10^{-3} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: 319 At Andere: 8-47 W/A: nicht akzeptabler Bereich Re: 2.9×10^{-1} / a Objekt: Bahn
2030 Schutzbauten Wirksam (ohne Arbeiter)	-	At Bahn: 9 At Andere: 7-11 W/A: knapp nicht akzeptabler Bereich Re: 5.4×10^{-4} / a Objekt: Haus
FAZIT	R sinkt mit abnehmender Exposition	R mit Arbeitern für Schutzbauten erhöht

Abbildung 115 Zusammenfassung der Phase vor der Räumung

Die Grenzwerte des individuellen Risikos gemäss den WSUME können für Unbeteiligte (Anwohner und Arbeiter an den Schutzbauten) in der Phase vor der Räumung nur bei $Q = 1 \text{ t}$ eingehalten werden, diejenigen der indirekt Beteiligten (Arbeiter im Vorgelände der Anlage) werden bei beiden Ereignisgrössen überschritten.

Für $Q = 10 \text{ t}$ steigen 2024 die Ausmasse mit dem Wechsel zu den Kratertrümmern bei der Spezialsituation Bahn stark an, die Risiken nehmen aber infolge der kurzen Situationsdauer nicht erheblich zu. Hingegen steigen 2025 die Ausmasse mit dem Beginn der Arbeiten an den Schutzbauten v.a. bei der Situation Arbeit stark an. Dies führt zu deutlich grösseren Risiken. **2028 steigen die Ausmasse bei der Umleitung der Fernverkehrszüge der BLS (trotz Berücksichtigung einer teilweisen Schutzwirkung der Galerie) an.**

Nach Abschluss der Arbeiten an den Schutzgalerien für Strasse und Bahn liegt die Summenkurve der Anwohner knapp über dem Störfallwert von 0.3 und im nicht akzeptablen Bereich.

Für $Q = 1 \text{ t}$ sind nur die Arbeiter auf dem Vorgelände relevant (z.B. Abbau Dreispitz).

5.4.3 Während der Realisierung – Teil 2

Vorbemerkung: Die Risiken bei der Munitionsentsorgung werden hier nicht untersucht. Im Vergleich zu denjenigen bei der Räumung dürften sie klein sein, da die Arbeiter vor den Explosionswirkungen von Einzelstücken gut geschützt werden können.

A) Ereignisanalyse (Räumung 2031-2040 – Teil 2)

Für den Ruhezustand bei der Räumung gilt auf Grund der Felssicherungen an der Flue die gleiche Wahrscheinlichkeit wie in den vorangegangenen Jahren bei Abbau Dreispitz etc. Hingegen wird bei der eigentlichen Räumarbeit (Situation Arbeit) von erhöhten Wahrscheinlichkeiten ausgegangen.

Da das genaue Vorgehen bei der eigentlichen Räumung im Bahnstollen noch nicht bekannt ist, konnte einem Kleinereignis mit $Q = \text{ca. } 10 \text{ kg}$ noch keine Wahrscheinlichkeit zugeordnet werden.

Mit zunehmender Dauer der Räumung werden die Wahrscheinlichkeiten (und die Wirkungszonen) langsam abnehmen. Dies wird direkt durch eine zeitabhängige Reduktion der Risiken berücksichtigt (siehe Abschnitt E).

W [1/a]	Q = 1 t	Q = 10 t
Ruhezustand Räumung	1.5×10^{-3}	1.5×10^{-4}
Räumungs- arbeiten	7.5×10^{-3}	7.5×10^{-4}

Abbildung 116 Massgebende Ereignisse und Wahrscheinlichkeiten für 2031 bis 2040 (ohne Kleinereignis – Teil 2)

B) Wirkungsanalyse (Räumung 2031-2040 – Teil 2)

Vergleiche 4.4.3 B)

C) Expositionsanalyse (Räumung 2031-2040 – Teil 2)

Vergleiche 4.4.3 C)

E) Risikobewertung (Räumung 2031-2040 – Teil 2)

E.1) Kollektives Risiko von Unbeteiligten gemäss den Beurteilungskriterien I zur StFV

Es befinden sich nur noch die Arbeiter zur Räumung im Gefahrenbereich. Diese sind jedoch nicht störfallrelevant, weshalb der Störfallwert gleich 0 ist.

E.2) Individuelles Risiko gemäss WSUME

Jahr	Bezeichnung / Beginn ca.	$Q = 1 \text{ t}$	$Q = 10 \text{ t}$
2031-2040	Räumung	$DB 1.5 \times 10^{-3} / \text{a}$ → Faktor 50 zu hoch	$DB 1.5 \times 10^{-4} / \text{a}$ → Faktor 5 zu hoch

Abbildung 117 Individuelle Risiken gemäss WSUME (ohne Kleinereignis – Teil 2)

Bereits ohne Berücksichtigung eines Kleinereignisses betragen die individuellen Risiken beim Räumen $1.5 \times 10^{-3} / \text{a}$ und liegen über denjenigen von gefährlichen Berufen (z.B. Forstwirt) und somit deutlich über den Kriterien in den WSUME.

Rein statistisch gesehen besteht damit ohne das Kleinereignis – dessen Wahrscheinlichkeit wie erwähnt noch nicht beurteilt werden kann – bei 10 Jahren Räumung und 10 Exponierten eine ca. 10%-ige Chance auf einen tödlichen Unfall.

E.3) Empfundenes kollektives Risiko gemäss WSUME

Jahr	Bezeichnung	$Q = 1 \text{ t}$	$Q = 10 \text{ t}$
2031	Räumung Beginn	$Re = 1.6 \times 10^{-2} / \text{a}$	$Re = 1.6 \times 10^{-3} / \text{a}$
2040	Räumung Ende	Keine relevanten Wirkungen in der Umgebung	Keine relevanten Wirkungen in der Umgebung

Abbildung 118 Empfundene kollektive Risiken gemäss WSUME – Teil 2

Die empfundenen kollektiven Risiken zu Beginn der Räumung sind – auch ohne Kleinereignis – sehr hoch, obwohl mit Umsiedlung und Schutzbauten bereits umfassende und aufwändige Sicherheitsmaßnahmen getroffen wurden und nur noch die Räumequipe gefährdet ist.

Für den Risikoverlauf bei der Räumung wurde folgende Annahme getroffen: Wenn die Munition etwa gleichmäßig verteilt wäre und der Abbau des Schutts keine Probleme bieten würde, könnte als Vereinfachung von einer linearen Abnahme der Risiken über die Zeit aus gegangen werden. Da aber beide Bedingungen kaum erfüllt sind und möglicherweise kritische Munitionsanhäufungen unter schwer zu zerlegenden Felsen begraben sind (die evtl. erst bei einer fortgeschrittenen Räumung risikoarm beseitigt werden können), kann im konservativen Sinne angenommen werden, dass die Risiken erst nach einigen Jahren Räumung langsam sinken werden (vgl. Anhang G-2).

5.4.4 Fazit zur Phase der Räumung – Teil 2

	Q = 1 t	Q = 10 t
2031 Beginn der Räumung	At Bahn: - At Andere: 10 W/A: - Re: 1.6×10^{-2} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: - At Andere: 10 W/A: - Re: 1.6×10^{-3} / a Objekt: Arbeiter
2040 Ende der Räumung	Keine relevanten Wirkungen in der Umgebung	Keine relevanten Wirkungen in der Umgebung
Erkenntnisse	R auch ohne Kleinereignis gross	-

Abbildung 119 Zusammenfassung der Phase Räumung – Teil 2

Die Grenzwerte des individuellen Risikos für direkt Beteiligte (Räumpersonal) in den WSUME können nicht eingehalten werden.

5.4.5 Nach der Realisierung – Teil 2

Es wird davon ausgegangen, dass soweit geräumt werden kann, resp. entsprechende Schutzmassnahmen ergriffen würden, damit in der Umgebung (Strasse, Anwohner) keine relevanten Wirkungen mehr entstehen.

5.5 Option Überdeckung – Teil 2

Die Option Überdeckung wird im Rahmen der RA VBS 2020 als eine eigenständige Variante risikomässig beurteilt. Die Risiken werden so analysiert, wie wenn sie autonom weiter geplant und realisiert werden würde (vgl. Abbildung 71). Gemäss dem aktuellen politischen Beschluss wird die Option aber nur dann umgesetzt, wenn die Räumung aus technischen Gründen oder aus Gründen der Sicherheit nicht weiterverfolgt oder abgebrochen wird.

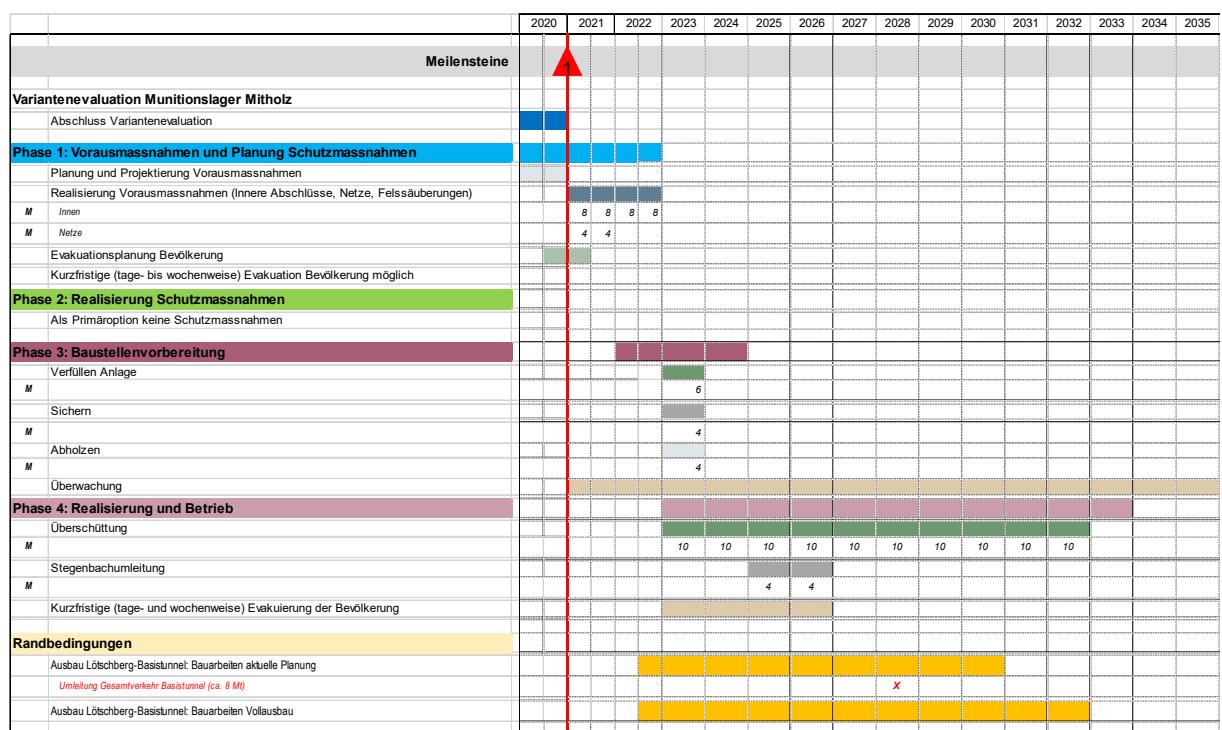


Abbildung 120 Bauphasen für die Option Überdeckung (inkl. Anzahl der exponierten Arbeiter)

5.5.1 Vor der Realisierung – Teil 2

Die Phasen vor der eigentlichen Realisierung der Option Überdeckung sind mehr oder weniger gleich wie die in den Unterkapiteln

- 5.1 IST-Zustand 2020
- 5.2 Vorausmassnahmen 2021
- 5.3 Installationsplatz BLS 2022

dokumentierten Bauphasen bei der Variante Räumung. Bei der Option Überdeckung fallen jedoch die Proberäumungen (und der Einschnitt Süd) weg. Im Vergleich zur Variante Räumung ist zudem keine eigentliche Vorbereitungsphase mit Abbauarbeiten an der Flue notwendig. Ob bei der Realisierung der Überdeckung Schutzmassnahmen notwendig sind, ist noch nicht geklärt.

5.5.2 Während der Realisierung – Teil 2

Während der Option Überdeckung sind folgende Bauphasen relevant:

Jahr	Bezeichnung / Beginn ca.	Wahrscheinlichkeit	Wirkungen	Exposition Arbeiter
2023	1) Vorbereitung	W IST	Stollentrümmer	1) 2) + IP BLS
2024	2) Überdeckung	W tiefer	Kraterträümmer	2) + IP BLS
2025	3) Stegenbach	dito	dito	2) 3) + IP BLS
2026	3) Stegenbach	dito	dito	2) 3) + IP BLS
2027	2) Überdeckung	dito	dito	2) + IP BLS
2028	Umleitung BLS	dito	dito	2) + IP BLS
2029	2) Überdeckung	dito	dito	2) + IP BLS
2030	2) Überdeckung	dito	dito	2) + IP BLS
2031	2) Überdeckung	dito	dito	2)
2032	2) Überdeckung	dito	Keine	2)

Abbildung 121 Bauphasen während der Überdeckung (1) Personal Vorbereitung, 2) Personal Überdeckung, 3) Personal Stegenbachumleitung)

Wichtig sind dabei die folgenden Punkte:

- **Verfüllung des Bahnstollens und der Anlage (2023):** Die Verfüllung des Bahnstollens mit leichtem Blähton (Dauer ca. 2 Monate) hat gegenüber schwereren Materialien (bspw. Sand) den Vorteil, dass die Gefahr von Setzungen minimiert und der Wahrscheinlichkeitszuwachs reduziert werden.
- **Überdeckung (2024-2032):** Nach der Verfüllung ist die Wahrscheinlichkeit infolge der Reduktion der Steinschlaggefahr reduziert (Faktor 2) und wird auch während der Überdeckung nur unwesentlich erhöht (ca. 30 %). Zudem führt die Verfüllung zu einem Übergang von Stollentrümmerwurf zu Kraterträümmerwurf. Letzteres führt bei $Q = 1$ t zu kleineren und bei $Q = 10$ t zu grösseren Letalitätszonen.
- **Umleitung BLS (2028):** Der Teilausbau des Lötschberg-Basistunnels führt zu einer ca. 8-monatigen Umleitung der Fernverkehrszüge über die Bergstrecke.
- **Fertigstellung Überdeckung (2032):** Mit der berechneten Überdeckungsstärke von rund 50 m gegen eine maximale Ereignisgrösse von $Q = 10$ t und wo nötig der Verfüllung von Klüften, werden im Ereignisfall in der Umgebung keine relevanten Explosionswirkungen mehr auftreten.

A) Ereignisanalyse (Überdeckung 2023-2032) – Teil 2

2023 wird gemäss Planung der Bahnstollen verfüllt. Dies führt zu einer etwa 50%-igen Erhöhung der Wahrscheinlichkeiten gegenüber dem IST-Zustand 2020 während ca. 2 Monaten. In der RA VBS 2020 wird diese Erhöhung vereinfachend auf das Jahr 2023 verteilt und muss dann nicht explizit berücksichtigt werden.

Hingegen führt die Verfüllung des Bahnstollens infolge Reduktion der Steinschlaggefahr zu einer Halbierung der Wahrscheinlichkeiten, welche aber durch mögliche Setzungen im Vorgelände bei der Überdeckung in den Jahren 2024 bis 2032 und allfälligen Auswirkungen auf die Munition im Bahnstollen teilweise wieder egalisiert wird.

W [1/a]	Q = 1 t	Q = 10 t
2023 Vorbereitung	3×10^{-3}	3×10^{-4}
2024-2032 Überdeckung	2.25×10^{-3}	2.25×10^{-4}

Abbildung 122 Massgebende Ereignisse und Wahrscheinlichkeiten für 2023 bis 2032 – Teil 2

B) Wirkungsanalyse (Überdeckung 2023-2032) – Teil 2

Vergleiche 4.5.2 B)

C) Expositionsanalyse (Überdeckung 2023-2032) – Teil 2

Vergleiche 4.5.2 C)

D) Risikoberechnung (Überdeckung 2023-2032) – Teil 2

Wichtige Erkenntnisse aus der Risikoberechnung wie die Ausmasse und Risikoanteile, welche nicht in die Risikobewertung einfließen, werden in Abbildung 77 gezeigt:

Jahr	Bezeichnung / Beginn ca.	Q = 1 t	Q = 10 t
2023	Vorbereitung	At = 11 / 1-20 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 57 / 7-33 Sa Re: Arbeit Oa Re: Strasse
2024	Überdeckung	At = 3 / 1-7 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 91 / 9-27 Sa Re: Arbeit Oa Re: Strasse
2025	Stegenbach	At = 2 / 1-5 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 93 / 9-29 Sa Re: Arbeit Oa Re: Strasse
2026	Stegenbach	At = 2 / 1-5 Sa Re: Arbeit Oa Re: Arbeit	At = 93 / 9-29 Sa Re: Arbeit Oa Re: Strasse
2027	Überdeckung	At = 0 / 0 Sa Re: - Oa Re: -	At = 64 / 8-22 Sa Re: Arbeit Oa Re: Strasse
2028	Umleitung BLS	At = 0 / 0 Sa Re: - Oa Re: -	At = 402 / 8-22 Sa Re: Bahn Oa Re: Bahn
2029-2030	Überdeckung	At = 0 / 0 Sa Re: - Oa Re: -	At = 34 / 7-13 Sa Re: Arbeit Oa Re: Strasse
2031-2032	Überdeckung	At = 0 / 0 Sa Re: - Oa Re: -	At = 0 / 0 Sa Re: - Oa Re: -

Abbildung 123 Massgebende Ausmasse und Risikoanteile – Teil 2

(At: Tatsächliches Situationsausmass / Sa: Situationsanteil / Re: Empfundenes kollektives Risiko (gruppenbereignet, Ereignisfall) / Oa: Objektanteil)

Für Q = 10 t werden die Ausmasse und Risiken von der Bahn resp. Strasse bestimmt. Wie zu erwarten war, führt die Umleitung der Fernverkehrszüge der BLS über die Bergstrecke zu extrem grossen Ausmassen in der Spezialsituation Bahn (trotz Berücksichtigung einer mind. 33%-igen Minderung durch die entstehende Überdeckung).

Für Q = 1 t sind die Zonen auf das Vorgelände begrenzt und die Ausmasse wie auch die Risiken werden primär durch die Anzahl der Arbeiter bestimmt.

E) Risikobewertung (Überdeckung 2023-2032) – Teil 2

E.1) Kollektives Risiko von Unbeteiligten gemäss den Beurteilungskriterien zur StFV

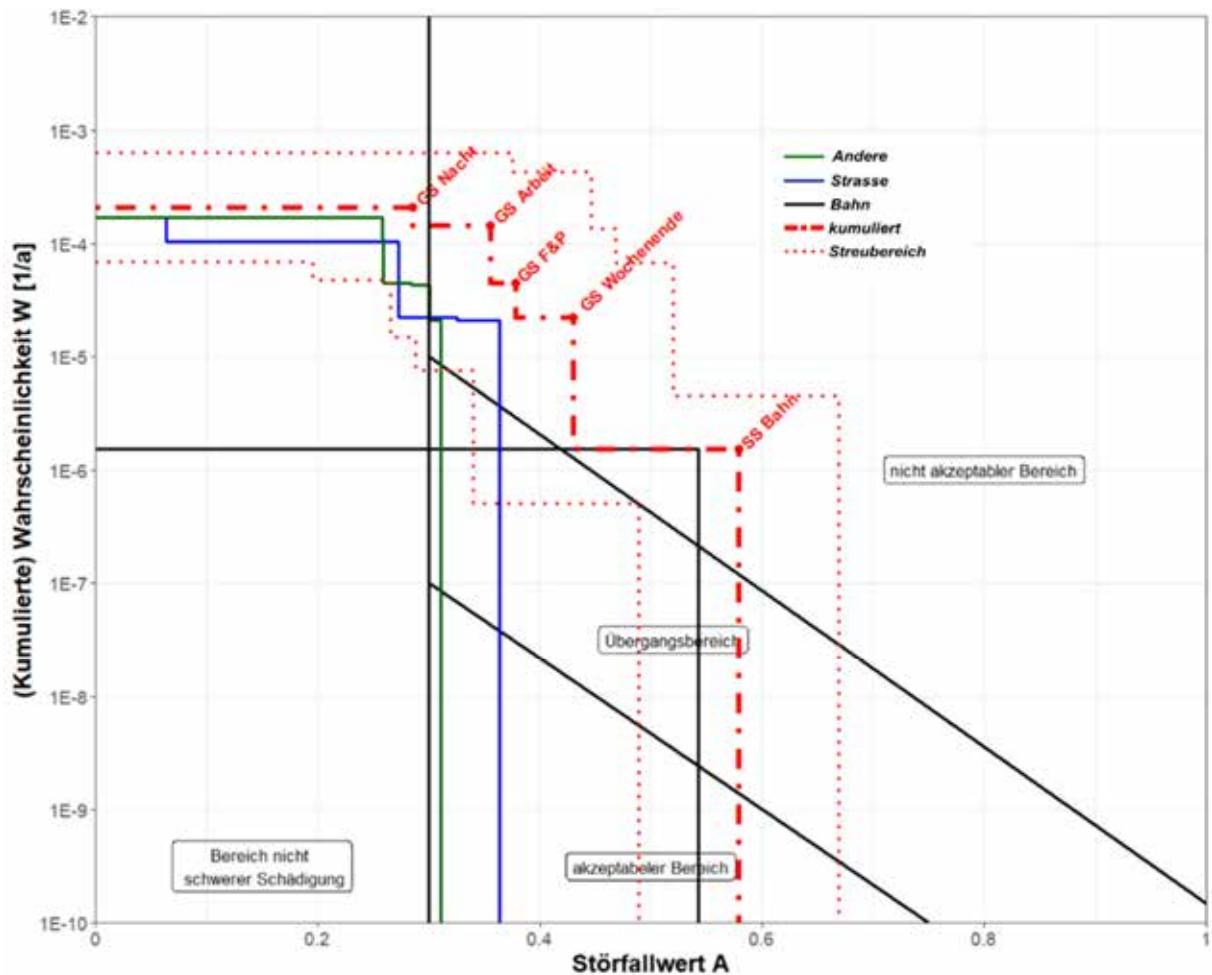


Abbildung 124 W/A-Diagramm (Überdeckung) für den Beginn der Arbeiten an der Überdeckung – Teil 2

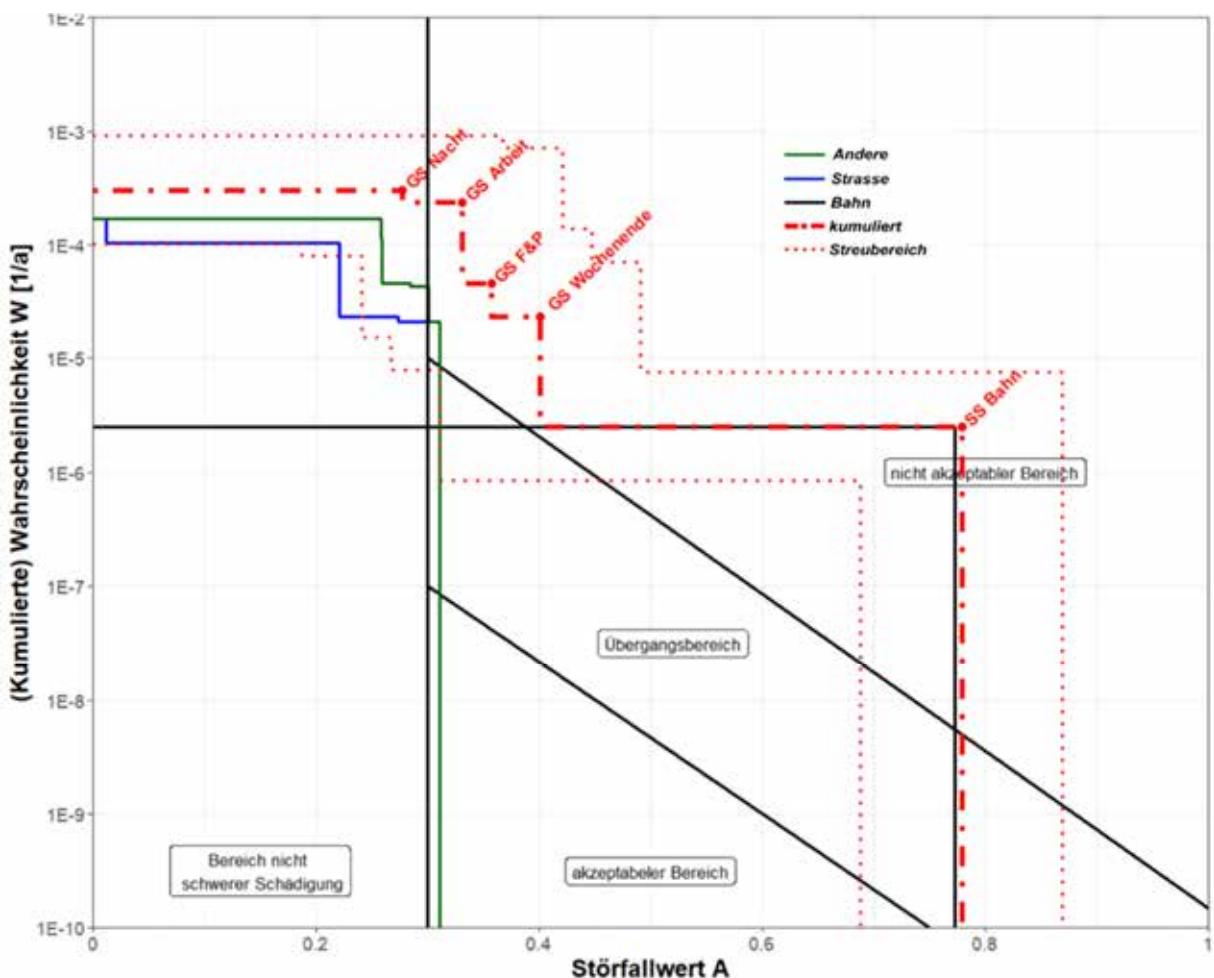


Abbildung 125 W/A-Diagramm (Überdeckung) für die Umleitung BLS – Teil 2

Die Summenkurven, welche sich aus der Kumulation der Ereignisgrößen 1/ 10 t ergeben, liegen in den Jahren 2023 – 2032 mehr oder weniger im nicht akzeptablen Bereich.

Im Jahr 2024 steigen die Risiken infolge der Kratertrümmerwirkung an, sind aber kleiner als beim IST-Zustand.

Im Jahr 2028 bei der Umleitung der BLS steigen die Ausmasse bei der Bahn massiv an. Die Schutzwirkung der Überdeckung ist zu diesem Zeitpunkt erst teilweise vorhanden.

Für die Aufteilung der Summenkurve auf die Ereignisgrößen 1/ 10 t wird auf Anhang E-2 verwiesen.

E.2) Individuelles Risiko gemäss WSUME

Grenzwert WSUME	$Q = 1 \text{ t}$	$Q = 10 \text{ t}$
Unbeteiligte Dritte $r = 3 \times 10^{-6} / \text{a}$	$r \max = 1.4 \times 10^{-6} / \text{a}$ → zulässig	$r \max = 5.4 \times 10^{-5} / \text{a}$ → Faktor 18 zu hoch
Indirekt Beteiligte $r = 1.5 \times 10^{-5} / \text{a}$	$r \max = 3.0 \times 10^{-4} / \text{a}$ → Faktor 20 zu hoch	$r \max = 4.5 \times 10^{-5} / \text{a}$ → Faktor 3 zu hoch
Direkt Beteiligte $r = 3 \times 10^{-5} / \text{a}$	-	

Abbildung 126 Individuelle Risiken gemäss WSUME (Überdeckung) – Teil 2

Bei den unbeteiligten Dritten sind die Grenzwerte gemäss den WSUME ausser bei $Q = 10\text{ t}$ eingehalten.

Bei den Arbeitern werden die Risikogrenzwerte in den WSUME überschritten und liegen leicht über den Risiken von Bauarbeitern.

E.3) Empfundenes kollektives Risiko gemäss WSUME

Jahr	Bezeichnung / Beginn ca.	$Q = 1\text{ t}$	$Q = 10\text{ t}$
2023	Vorbereitung	$Re = 1.0 \times 10^{-1} / \text{a}$	$Re = 6.6 \times 10^{-2} / \text{a}$
2024	Überdeckung	$Re = 4.1 \times 10^{-3} / \text{a}$	$Re = 6.4 \times 10^{-2} / \text{a}$
2025	Stegenbach	$Re = 2.1 \times 10^{-3} / \text{a}$	$Re = 7.2 \times 10^{-2} / \text{a}$
2026	Stegenbach	$Re = 2.1 \times 10^{-3} / \text{a}$	$Re = 7.2 \times 10^{-2} / \text{a}$
2027	Überdeckung	-	$Re = 3.4 \times 10^{-2} / \text{a}$
2028	Umleitung BLS	-	$Re = 4.4 \times 10^{-1} / \text{a}$
2029-2030	Überdeckung	-	$Re = 7.9 \times 10^{-3} / \text{a}$
2031-2032	Überdeckung	-	-

Abbildung 127 Empfundene kollektive Risiken gemäss WSUME (Überdeckung) – Teil 2

Im Jahr 2024 werden die empfundenen kollektiven Risiken mit den Kratertrümmerzonen (und der Abnahme der Exposition) bei den kleineren Ereignissen deutlich kleiner. 2025 werden diese bei $Q = 10\text{ t}$ mit Beginn der Arbeiten an der Umleitung des Stegenbachs etwas grösser. Die Umleitung der BLS-Züge führt trotz kurzer Situationsdauer und teilweiser Berücksichtigung der entstehenden Überdeckung zu grossen Risiken.

5.5.3 Fazit zur Phase Überdeckung – Teil 2

	Q = 1 t	Q = 10 t
2022 Mit Installationsplatz BLS (mit Arbeitern im Vorgelände der Anlage)	At Bahn: 10 At Andere: 1-18 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 7.9×10^{-2} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: 54 At Andere: 7-27 W/A: nicht akzeptabel Re: 5.1×10^{-2} / a Objekt: Strasse
2023 Vorbereitung	At Bahn: 11 At Andere: 1-20 W/A: - Re: 1.0×10^{-1} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: 57 At Andere: 7-33 W/A: - Re: 6.6×10^{-2} / a Objekt: Strasse
2024 Überdeckung, mit Kraterwirkungen	At Bahn: 3 At Andere: 1-7 W/A: nicht schwere Schädigung Re: 4.1×10^{-3} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: 91 At Andere: 9-27 W/A: nicht akzeptabel Re: 6.4×10^{-2} / a Objekt: Strasse
2025-2026 Umleitung Stegenbach	At Bahn: 2 At Andere: 1-5 W/A: - Re: 2.1×10^{-3} / a Objekt: Arbeiter	At Bahn: 93 At Andere: 9-29 W/A: - Re: 7.2×10^{-2} / a Objekt: Strasse
2027-2028 Überdeckung und Umleitung BLS	-	At Bahn: 402 At Andere: 8-22 W/A: nicht akzeptabler Bereich Re: 4.4×10^{-1} / a Objekt: Bahn
2029-2032 Überdeckung	-	At Bahn: 34 At Andere: 7-13 W/A: - Re: 7.9×10^{-3} / a Objekt: Strasse
FAZIT	R nimmt mit der Zeit stark ab	R nimmt bei Umleitung BLS zu

Abbildung 128 Zusammenfassung der Phase Überdeckung – Teil 2

Die Grenzwerte des individuellen Risikos in den WSUME können bei der Überdeckung für die indirekt Beteiligten (Arbeiter) v.a. bei $Q = 1$ t nicht eingehalten werden. Hingegen sind die Kriterien für Unbeteiligte (Anwohner) infolge der kleinen Zonen bei $Q = 1$ t erfüllt, nicht jedoch bei $Q = 10$ t.

2024 sinken die Ausmasse und Risiken für infolge der Kraterwirkungen bei $Q = 1$ t deutlich.

2028 steigen die Ausmasse für $Q = 10$ t bei der Umleitung der Fernverkehrszüge der BLS (trotz Berücksichtigung einer teilweisen Schutzwirkung der Überdeckung) extrem an.

5.5.4 Nach der Realisierung (Restrisiko) – Teil 2

Es wird davon ausgegangen, dass nach Abschluss der Überdeckung infolge der mit ausreichend Sicherheit versehen Bemessung der Überdeckungsstärke in der Umgebung (Anwohner, Strasse, Bahn) keine relevanten Wirkungen mehr entstehen.

5.6 Evakuierungsszenarien und Sicherheitskonzept

Die Evakuierungsszenarien werden im Zuge der weiteren Planungs- und Projektierungsarbeiten in den folgenden Jahren erarbeitet. Zum jetzigen Zeitpunkt sind die genauen Arbeitsschritte bei den zukünftigen Arbeiten noch nicht ausreichend bekannt. Bis zur Räumung 2030 (auch bei der Option Überdeckung) wird mit kurzfristigen Evakuierungen resp. Sperrungen der Verkehrswege gerechnet.

Es muss jedoch grundsätzlich zwischen der Variante Räumung und der Option Überdeckung unterschieden werden:

- Kurzzeitige Evakuierungen/ Sperrungen können bei der Variante Räumung ab 2023, wenn Proberäumungen erfolgen, bis zum vollständigen Abbau des Dreispitzes im Jahr 2030 nötig sein. Beim Beginn der Räumung im Jahr 2031 müssen die Umsiedlung und die Realisierung der Schutzbauten abgeschlossen sein.
- Bei der Option Überdeckung gibt es während den ersten Jahren kurzzeitige Phasen der Evakuierungen/ Sperrungen (gemäss Einschätzung BAFU könnten diese Phasen auch länger dauern). Ob bei der eigenständigen Realisierung der Überdeckung ein Wegzug der Bevölkerung nötig ist, kann zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht gesagt werden.

Im Laufe der weiteren Planung wird beabsichtigt, für die risikorelevanten Arbeitsschritte ein auf die jeweilige Phase und deren Zeitdauer abgestimmtes Sicherheitsdispositiv, welches mit dem Notfallkonzept des Kantons abgestimmt werden muss, zu erstellen. Darin sollen die risikotreibenden Faktoren bestimmt und mögliche Schutzmassnahmen (wie die planbaren Evakuierungen/ Sperrungen, inkl. Perimeter und Streckenabschnitte) evaluiert werden.

Beispiel Räumung: Vor Beginn der Räumung sollen Standard Operating Procedures (SOP) mit kritischen Munitionssorten und –zuständen und den entsprechenden Sicherheitsmassnahmen erstellt werden. Treten risikoreichere Szenarien ein, können der Räumprozess angepasst, das Räumwerkzeug geändert oder anderweitige Massnahmen, beispielsweise ein mobiler Splitterschutz, ergriffen werden. Dabei kann auch definiert werden, ab welchem Zeitpunkt eine Evakuierung der Arbeiter eingeleitet werden muss.

Dabei ist wichtig, dass von den Verantwortlichen das gewünschte Schutzniveau resp. Restrisiko definiert wird.

Die RA VBS 2020 zeigte folgende, bezüglich kollektiven Risiken kritische Zeitabschnitte auf:

- Umleitung BLS: Wenn die Umleitung der Fernverkehrszüge über die Bergstrecke beim geplanten Teilausbau des Lötschberg-Basistunnels durchgeführt wird, entstünden Ausmasse und Risiken, welche nicht zulässig sind. Diese sollen mit Schutzmassnahmen reduziert werden:
 - o Schutzgalerie für die Bahnstrecke: Bei der Umleitung der Fernverkehrszüge über die BLS-Bergstrecke muss vorgängig die Schutzgalerie soweit möglich fertiggestellt sein. So kann das Risiko und das Ausmass für die Bahn gesenkt werden. Mit der zeitlichen Verschiebung der Umleitung der Fernverkehrszüge von 2028 hin zu 2029 oder 2030 würden sich Ausmass und Risiken reduzieren.
- Andere mögliche Schutzmassnahmen:
 - o Vollausbau Lötschberg-Basistunnel: Beim Vollausbau müsste kein Weichenersatz stattfinden und es müssten keine Fernverkehrszüge über die Bergstrecke geführt werden.
 - o Umleitung der Züge: Die Fernverkehrszüge könnten über andere Strecken umgeleitet werden, was aber mit erheblich längeren Reisezeiten und betrieblichem Zusatzaufwand für die BLS verbunden wäre.
 - o Busersatz
- Arbeiten an den Schutzbauten:
 - o Strasse: Wenn anstelle der Galerie durch Mitholz (Variante a – ASTRA Bericht) von der aus einer Gesamtbetrachtung sinnvolleren Variante Tagbautunnel (Variante b – ASTRA Bericht) ausgegangen würde, wären die Ausmasse/ Risiken infolge der Arbeiten daran deutlich kleiner. Allerdings wären dann die Verkehrsteilnehmer auf der Strasse erst ab 2030 geschützt.
 - o Bahn: Falls nach 2030 für die Regionalzüge ein Busersatz durch den Schutzbau Strasse möglich wäre, könnte auf den Schutzbau Bahn verzichtet werden. Dadurch könnten die Risiken infolge Arbeiten an den Schutzbauten weiter reduziert werden, wobei allerdings die Bahn erst ab 2030 geschützt wäre.
- Arbeiten im Vorgelände der Anlage:
 - o In der Zeit von ca. 2022 – 2024 halten sich gemäss aktueller Planung zeitweise viele Arbeiter im Vorgelände des ehemaligen Munitionslagers Mitholz auf, wodurch ebenfalls grosse Risiken entstehen (diese Arbeiter werden in der StFV nicht berücksichtigt). Eine bessere Aufteilung dieser Arbeiten würde zu kleineren empfundenen Risiken führen.

7 Zusammenfassung der Resultate

Die durch die Expertengruppe VBS erstellte RA VBS 2018 hatte ergeben, dass im ehemaligen Munitionslager Mitholz noch bis zu 3'500 t Munition vorhanden sein könnten und dass diese Munition für die Bevölkerung von Mitholz sowie die Verkehrsträger im Kandertal eine erhebliche Gefahr darstellen. Insbesondere wurde nachgewiesen, dass sowohl die VBS-internen Vorschriften (WSUME) und deren Sicherheitskriterien wie auch die Kriterien der StFV zum Teil erheblich überschritten werden resp. die Risiken im nicht akzeptablen Bereich liegen.

Über die letzten zwei Jahre wurden umfangreiche Abklärungen, Versuche, numerische Berechnungen, Vermessungen der Anlage und Feldbegehungen durchgeführt mit dem Ziel, die bei der RA VBS 2018 getroffenen, auf limitierten Kenntnissen beruhenden Annahmen bezüglich der Ereignisgrössen und deren Wahrscheinlichkeiten zu validieren. Ferner wurden im Projektteam Variantenevaluation das Konzept Räumung und die Option Überdeckung erarbeitet. Damit sollen die heute unzulässig hohen Risiken eliminiert werden.

Basierend auf diesen neuen Erkenntnissen und unter Berücksichtigung der Beurteilung des BAFU wurde die vorliegende RA VBS 2020 erarbeitet. Für die weiteren Arbeiten ergeben sich folgende Haupterkenntnisse:

1) Eintretenswahrscheinlichkeit, Ereignisgrösse und -ort

Aufgrund der bisher durchgeführten Abklärungen zur Empfindlichkeit des Kupferazids in den Zündern, den – allerdings nur in einer beschränkten Anzahl durchgeführten – Versuchen, Modellversuchen und numerischen Berechnungen zum Übertragungsverhalten der Munition sowie den Meinungen aus dem Workshop mit den internationalen Experten wird heute die Eintretenswahrscheinlichkeit v.a. von grösseren Ereignissen wie $Q = 10 \text{ t}$ in der Expertengruppe VBS zwar als deutlich kleiner eingeschätzt als bei der RA VBS 2018. Da aber zur Verteilung der Munition innerhalb der Anlage sowie zum Ort eines möglichen Ereignisses zurzeit keine relevanten neuen Erkenntnisse vorliegen und der Streubereich bei den Eintretenswahrscheinlichkeiten gross ist, entschied das Generalsekretariat VBS als Vollzugsbehörde im Sinne des Vorsorgeprinzips der StFV auf eine Reduktion der Wahrscheinlichkeiten zu verzichten und mit den Ereignisszenarien der RA VBS 2018 zu rechnen.

2) Risiken 2020 (IST-Zustand)

Die auf der konservativen Einschätzung basierende RA VBS 2020 ergibt damit für den heutigen Zustand ähnliche Risiken wie die RA VBS 2018, d.h. die Risiken liegen nach wie vor im nicht akzeptablen Bereich gemäss StFV. Zudem sind die individuellen Risiken von Anwohnern immer noch über eine Grössenordnung zu hoch.

3) Vorausmassnahmen zur schnellen Risikosenkung

Mittels der vorgeschlagenen Vorausmassnahmen (v.a. Stahlbetonpfropfen und Hochdrucktore) können die Risiken nach der Realisierung um etwa die Hälfte gesenkt werden, liegen aber immer noch im nicht akzeptablen Bereich. Die Realisierung der Vorausmassnahmen führt während gut einem Jahr zu deutlich höheren Risiken gemäss WSUME verglichen mit dem IST-Zustand 2020. Die durch die Realisierung der Vorausmassnahmen entstehenden zusätzlichen Risiken sind nicht störfallrelevant, da keine unbeteiligten Dritten zusätzlich gefährdet werden.

Der Sicherheitsgewinn dieser Massnahmen ist voraussichtlich auf eine kurze Zeitdauer von 1 - 2 Jahren beschränkt. Er fällt mit der vorgeschlagenen Verfüllung der Anlage vor dem Abbau des Dreispitzes mehr oder weniger weg. Aus der Sicht der WSUME wären diese Vorausmassnahmen in Anbetracht der Kosten sowie der Risiken für deren Umsetzung nicht verhältnismässig.

4) Zeitraum 2023 - 2031, inkl. Erstellung Schutzbauten und ohne BLS Umleitung 2028

Bei der Variante Räumung müssen sowohl für die Strasse wie auch für die Bahn Schutzbauten erstellt werden. Nach dem vorgeschlagenen Verfüllen des Bahnstollens nimmt insbesondere die Eintretenswahrscheinlichkeit von Ereignissen leicht ab und die Auswirkungen von Explosionen ändern sich (Übergang von Stollentrümmerwurf in Kratertrümmerwurf).

Insgesamt werden dadurch die Risiken gegenüber dem IST-Zustand und dem Zustand nach Realisierung der Vorausmassnahmen kleiner. Sie liegen jedoch nach wie vor, in unterschiedlicher Ausprägung und je nach Bauphase, im nicht akzeptablen Bereich nach StFV. Nach Abschluss der Schutzbauten sind Strasse und Bahn geschützt, die Ausmasse der Anwohner liegen aber über 10 Todesopfer und damit knapp im nicht akzeptablen Bereich. Die Bevölkerung soll jedoch vor Beginn der Räumung weggezogen sein. Die individuellen Risiken gemäss WSUME können nicht eingehalten werden.

Insbesondere ist zu beachten, dass während diesem Zeitraum, v.a. durch die Personenexposition infolge der Erstellung der Schutzbauten, bei möglichen Ereignissen mit einer sehr grossen Anzahl von Todesopfern gerechnet werden müsste. Für den ungünstigsten Fall einer Galerie durch Mitholz lägen die Ausmasse bei einer Ereignisgrösse von $Q = 10$ t in einem Bereich bis knapp über 100 Todesopfern.

5) Umleitung BLS-Züge infolge Bauarbeiten im Basistunnel im Jahre 2028

Die Umleitung der Fernverkehrszüge war ursprünglich für 2028 geplant. Gemäss aktuellem Planungsstand der BLS findet sie 2029 oder 2030 statt. Die Umleitung von Zügen über die Bergstrecke ohne Schutzmassnahme (Schutzbunker) im würde zu sehr hohen Risiken nach WSUME und nach StFV führen. Die Störfallwerte lägen dabei im nicht akzeptablen Bereich. Zudem wäre im ungünstigsten Fall bei einem Ereignis mit gleichzeitiger Zugsdurchfahrt mit mehreren Hundert Todesopfern zu rechnen (trotz Berücksichtigung der teilweisen Schutzwirkung der entstehenden Schutzbauten).

6) Räumphase 2031 - 2041+

Während der Räumung der Munition soll die Bevölkerung weggezogen und die Schutzbauten sollen erstellt sein. Demzufolge entstehen während der Räumung keine relevanten Risiken für unbeteiligte Drittpersonen.

Die individuellen Risiken für die Räummannschaft (KAMIR/ Bauarbeiter) liegen während der Räumphase und unabhängig von den Räumarbeiten (d.h. auch ohne Berücksichtigung der durch sie selbst verursachten Risiken (Kleinereignisse)) infolge des Ereignisses mit $Q = 1$ t weit über den zulässigen Werten gemäss WSUME.

7) Überdeckung der Anlage

Eine Überdeckung der Anlage mit Lockermaterial verhindert, dass bei einem Ereignis relevante Wirkungen in der Umgebung entstehen.

Eine Ausführung der Überdeckung als eigenständige Variante wäre risikomässig in der gleichen Grössenordnung wie die Phase vor der Räumung (vgl. Kapitel 4 und 5).

Die individuellen Risiken der Arbeiter und Anwohner wären v.a. in den ersten Jahren der Überdeckungsarbeiten zu hoch.

8) Risiken nach der Räumung oder Überdeckung der Anlage

Sowohl nach der Räumung wie auch nach einer entsprechend dimensionierten Überdeckung der Anlage werden alle Sicherheitsvorgaben nach WSUME und nach StFV eingehalten.

Literaturverzeichnis

- 1 **Mitholz Expert Workshop
(11.-13. February 2020)
Minutes**
GS-VBS, Raum und Umwelt
Bienz, Kummer & Partner AG
15.05.2020
- 2 **Technische Richtlinien für die Lagerung von Munition (TLM)
Teil 2 (Rev. 2016): Sicherheitsbeurteilung von MunitionsLAGERN
(TLM 2010/Teil 2)**
GS-VBS, IOS/OSI
Bienz, Kummer & Partner AG
30.08.2016 / INTERN
- 3 **Weisungen
über das Sicherheitskonzept für den Umgang mit Munition und Explosivstoffen
(WSUME)
vom 21. Dezember 2012**
Schweizer Armee - Chef IOS
Weisungen 90.014 d / 01.01.2013 / INTERN
- 4 **Verordnung über den Schutz von Störfällen
(Störfallverordnung StFV)
vom 27. Februar 1991 (Stand 1. August 2019)**
Schweizerischer Bundesrat
814.012 / 01.08.2019
- 5 **Beurteilungskriterien zur Störfallverordnung (StFV)
Ein Modul des Handbuchs zur Störfallverordnung (StFV)**
Bundesamt für Umwelt BAFU
2018
- 6 **Vorstudie Schutzbauten als Vorausmassnahmen
Variantenevaluation Mitholz**
GS-VBS, Raum und Umwelt
30.01.2020
- 7 **Risikoanalyse ehemaliges MunitionsLAGER Mitholz
Beurteilung der Risikoanalyse 1051/AA**
Fraunhofer EMI, Deutschland
Februar 2019
- 8 **NATO - Allied Ammunition Storage and Transport Publication (AASTP)
Manual on Explosives Safety Risk Analysis
Part II: Technical Background
AASTP-4, Edition 1, Version 4**
NATO HQ, Brussels
AASTP-4, Edition 1, Version 4 / 06.09.2016 / NATO PFP unclassified