



Beilage 2 zum Schlussbericht der UVEK-Studie
vom 28. Februar 2019

Risikoveränderungen durch multifunktionale Infrastrukturen

Sicherheitsanalyse zur UVEK-Studie «Klärung von Grundsatzfragen für die Bündelung von Übertragungsleitungen mit Nationalstrassen und Eisenbahnstrecken»

Dokumentation der Untersuchungen



Datum: 28. Februar 2019

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Auftragnehmer:

EBP Schweiz AG
Mühlebachstrasse 11, CH-8032 Zürich
www.ebp.ch

Autoren:

Matthias Kruse, EBP, matthias.kruse@ebp.ch
Martin Schuster, EBP, martin.schuster@ebp.ch
Christof Egli, EBP, christof.egli@ebp.ch
Simon Ambühl, EBP, simon.ambuehl@ebp.ch
Toni Wunderlin, Axpo, toni.wunderlin@axpo.com

Bundesamt für Energie BFE

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen; Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. +41 58 462 56 11 · Fax +41 58 463 25 00 · contact@bfe.admin.ch · www.bfe.admin.ch



Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	5
2.	Abgrenzung.....	6
3.	Szenarien	7
4.	Vorgehensweise Risikoanalyse	8
4.1	Vergleich gebündelt, nicht gebündelt – generische Betrachtung	8
4.2	Qualitative Beurteilung der verschiedenen Varianten	9
4.3	Massnahmen	9
4.4	Kosten-Wirksamkeitsbetrachtung.....	10
5.	Grundlagen	11
5.1	Nationalstrassennetz	11
5.2	Streckennetz SBB.....	13
5.3	Höchstspannungsnetz	14
5.4	Äussere Einwirkungen	16
6.	Ereignishäufigkeiten.....	18
7.	Ausmassdefinition	20
7.1	Personenschäden	21
7.2	Direkte Schäden	21
7.3	Indirekte Schäden	22
8.	Detaillierung der Risikoanalyse.....	24
8.1	Generelle Annahmen	24
8.2	Annahmen zur Normierung der Ereignishäufigkeiten.....	24
9.	Resultate	26
9.1	Gesamtschweizerische Betrachtung	26
9.2	Risiken für verschiedene Streckentypen	28
9.3	Risikoanteile nach Infrastrukturen	30
9.4	Akzeptanz der Risiken	38
9.5	Risikoprofil: Berg-/Tunnelvariante.....	40
9.6	Risikoprofil: Bündelung im Mittelland.....	43
10.	Beurteilung der Anordnungen.....	46
11.	Massnahmen pro Anordnungen.....	48
12.	Kosten-Wirksamkeit der Massnahmen	49
13.	Massnahmenblätter	51
14.	Fazit	60
15.	Literatur	61
A1	Allgemeine Herleitungen Häufigkeit/Ausmasse.....	62
A1.1	Strasse Brand Fahrzeug	62
A1.2	Strasse Anprall.....	62
A1.3	Strasse Freisetzung Gefahrgut.....	63



A1.4	Bahn Brand	63
A1.5	Bahn Anprall	64
A1.6	Bahn Freisetzung Gefahrgut.....	64
A1.7	Strom Kurzschluss, Lichtbogen, Druckwelle	64
A1.8	Strom Gasaustritt.....	65
A1.9	Erdbeben	66
A1.10	Lawinen.....	66
A1.11	Hochwasser	67
A1.12	Terroranschlag.....	67
A1.13	Cybercrime.....	68
A1.14	Externes Grossereignis.....	68
A1.15	Spontanes Bauwerksversagen	69
A2	Szenarienbeschrieb	70
A2.1	Szenario Brand Fahrzeug/Ladung.....	71
A2.2	Szenario Kollision/Anprall Strasse.....	72
A2.3	Szenario Gefahrgutfreisetzung Strasse.....	73
A2.4	Szenario Brand Bahn.....	74
A2.5	Szenario Anprall Bahn	75
A2.6	Szenario Gefahrgutfreisetzung Bahn.....	76
A2.7	Szenario Kurzschluss, Lichtbogen, Druckwirkung.....	77
A2.8	Szenario Gasaustritt	78
A2.9	Szenario Erdbeben	79
A2.10	Szenario Lawinen	80
A2.11	Szenario Hochwasser	81
A2.12	Szenario Bombenanschlag.....	82
A2.13	Szenario Cybercrime	83
A2.14	Szenario Spontanes Bauwerksversagen.....	84
A2.15	Szenario Externes Grossereignis	85
A3	Risiken Streckenbenutzung	86
A3.1	Strassen mit viel Verkehr/Hauptstrecken.....	86
A3.2	Strassen mit weniger Verkehr/Nebenstrecken	87
A4	Daten Vergleich Berg-Tunnel.....	89
A5	Daten Vergleich Mittelland	91



1. Einleitung

In der Risikoanalyse wird untersucht, welche Risikoveränderungen die Bündelung von Nationalstrassen und Eisenbahnstrecken mit Übertragungsleitungen nach sich ziehen und welche Anteile der Risikoveränderung von den Betreibern der Trägerinfrastrukturen und von der Swissgrid (Mitbenützer) beigetragen werden. Ferner wird beleuchtet, ob diese Risiken akzeptabel sind und welche Massnahmen zur Risikominderung ergriffen werden können.

Die Risikoanalyse der ungebündelten und gebündelten Systeme erfolgt anhand ausgewählter Szenarien, bei denen erhebliche Schadenausmasse zu erwarten sind.

Für das Schadenausmass werden drei Indikatoren herangezogen:

- Personenschäden (Todesopfer, verletzte Personen)
- Direkte Sachschäden (Schäden an Infrastrukturen, Installationen, Fahrzeugen)
- Indirekte Schäden (Folgeschäden wie z.B. Mehraufwand durch Verzögerungen der Reisezeit wegen Umwegen oder Staus / ausgefallene Züge)

Um das gesamte Schadenausmass zu aggregieren und vergleichbar zu machen, werden die verschiedenen Indikatoren monetarisiert, der Schaden wird in CHF ausgedrückt.

Da der vorliegenden Studie keine konkreten Bündelungsprojekte zugrunde liegen, werden die Ereignishäufigkeiten der betrachteten Szenarien jeweils auf einen Kilometer ungebündelte bzw. gebündelte Strecke ermittelt. Diese normierten Vergleichswerte erlauben einen Vergleich zwischen ungebündeltem und gebündeltem Fall.

In der Risikoanalyse werden die Resultate aufgegliedert nach

- den Streckentypen (offene Strecke, Kunstbauten und Tunnel), weil diese eine unterschiedliche Exposition gegenüber ausgewählten Szenarien aufweisen.
- der Intensität der Streckenbenutzungen, weil diese eine unterschiedliche Eintretenswahrscheinlichkeit der berücksichtigten Szenarien zur Folge haben. Die Streckenbenutzungen wird auf der Strasse als durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV) beziehungsweise als Zugfahrten pro Tag ausgewiesen.



2. Abgrenzung

Betrachtet werden die Risiken zu Grossereignissen. Fragen zum Unterhalt, zur Koordination beim Ereignisfall sowie der technischen Einrichtung einzelner Strecken werden nicht betrachtet.

Die Risikoanalyse basiert auf einer gesamtheitlichen Betrachtung des schweizerischen Nationalstrassen- und Eisenbahnnetzes. Es wird nicht auf einzelne spezifische Streckenabschnitte oder konkrete Projekte eingegangen. Die Risikoanalyse beinhaltet keine umfassende Analyse aller einwirkenden Szenarien, sondern basiert auf ausgewählten Szenarien.

Betrachtet und bewertet werden nur Extremereignisse, bei welchen ein Unterschied beim Ausmass zwischen der ungebündelten Situation und der gebündelten Situation entstehen kann. Es werden Einzelereignisse untersucht, keine verketteten Ereignisse.

Bei einer Bündelung wird davon ausgegangen, dass das Stromkabel als Kabelleitung verlegt wird. Im ungebündelten Fall wird jeweils eine Freileitung betrachtet.



3. Szenarien

Folgende Szenarien von Grossereignissen werden in der Risikoanalyse berücksichtigt:

Strasse und Bahn

Kollision/Anprall (mechanische Einwirkung, Druck)

Brand (thermische Einwirkung, Hitze, Druck)

Gefahrgutfreisetzung (chemische Einwirkung)

Strom

Kurzschluss, Brand, Druckwelle

Gasaustritt

Äussere Einwirkungen

Externes Grossereignis (z.B. Grossbrand neben Strecke)

Naturgefahren (Erdbeben, Lawinen, Hochwasser, Murgang, Rutschungen)

Spontanes Bauwerksversagen

Aktive Gefährdung

Sabotage/Terroranschlag

Cybercrime

4. Vorgehensweise Risikoanalyse

4.1 Vergleich gebündelt, nicht gebündelt – generische Betrachtung

Eine Risikobeurteilung von einzelnen Szenarien¹ bei Bündelung und der ungebündelter Variante werden durchgeführt. Dabei ist für jedes Szenario die Risikoänderung im Fall einer Bündelung sowie das Grundrisiko in der ungebündelten Variante zu quantifizieren. Die Zusammensetzung des Risikos in den beiden Varianten ist in Abbildung 1 dargestellt.

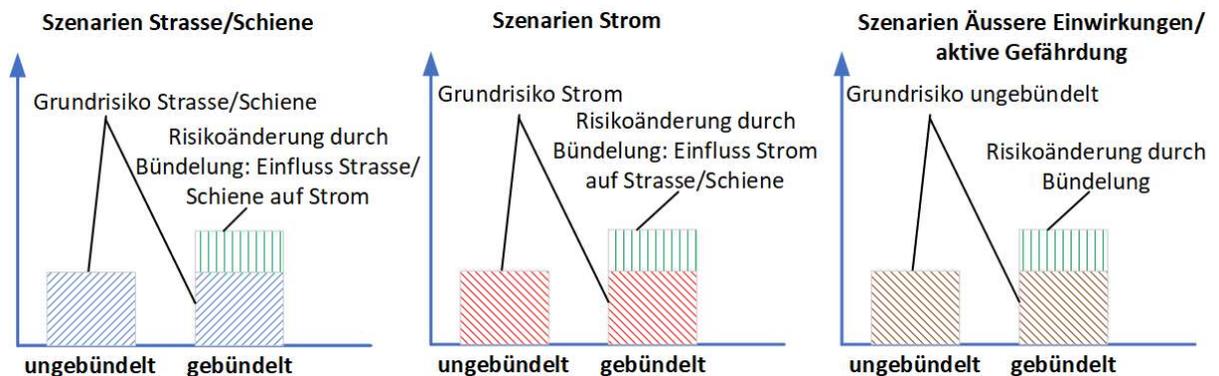


Abbildung 1 Zusammensetzung des Risikos (symbolisch)

Das aggregierte Risiko (Gesamtrisiko) R_{tot} eine Variante (gebündelt/ungebündelt) berechnet sich aus der Aggregation der Risiken R_i der einzelnen Szenarien.

$$R_{tot} = \sum R_i = \sum A_i * H_i$$

Wobei A_i das Ausmass (CHF oder Todesopfer) des Szenarios i darstellt und H_i (Anzahl Ereignisse pro Jahr) die Häufigkeit des betrachteten Szenarios ist.

Als Ausmasse werden jeweils Personenschäden sowie direkte und indirekte Schäden betrachtet. Abbildung 2 zeigt wie das Gesamtrisiko für den gebündelten und ungebündelten Fall aus den Risiken (R) der einzelnen Szenarien ermittelt wird. Zudem zeigt diese Abbildung welche Parameter die Häufigkeiten (H) und Ausmasse (A) der einzelnen Szenarien beeinflussen.

¹ Szenario = unerwünschtes Ereignis, das mit einer bestimmten Eintretenswahrscheinlichkeit einen Schaden an der Infrastruktur bzw. an den Infrastrukturen verursacht.

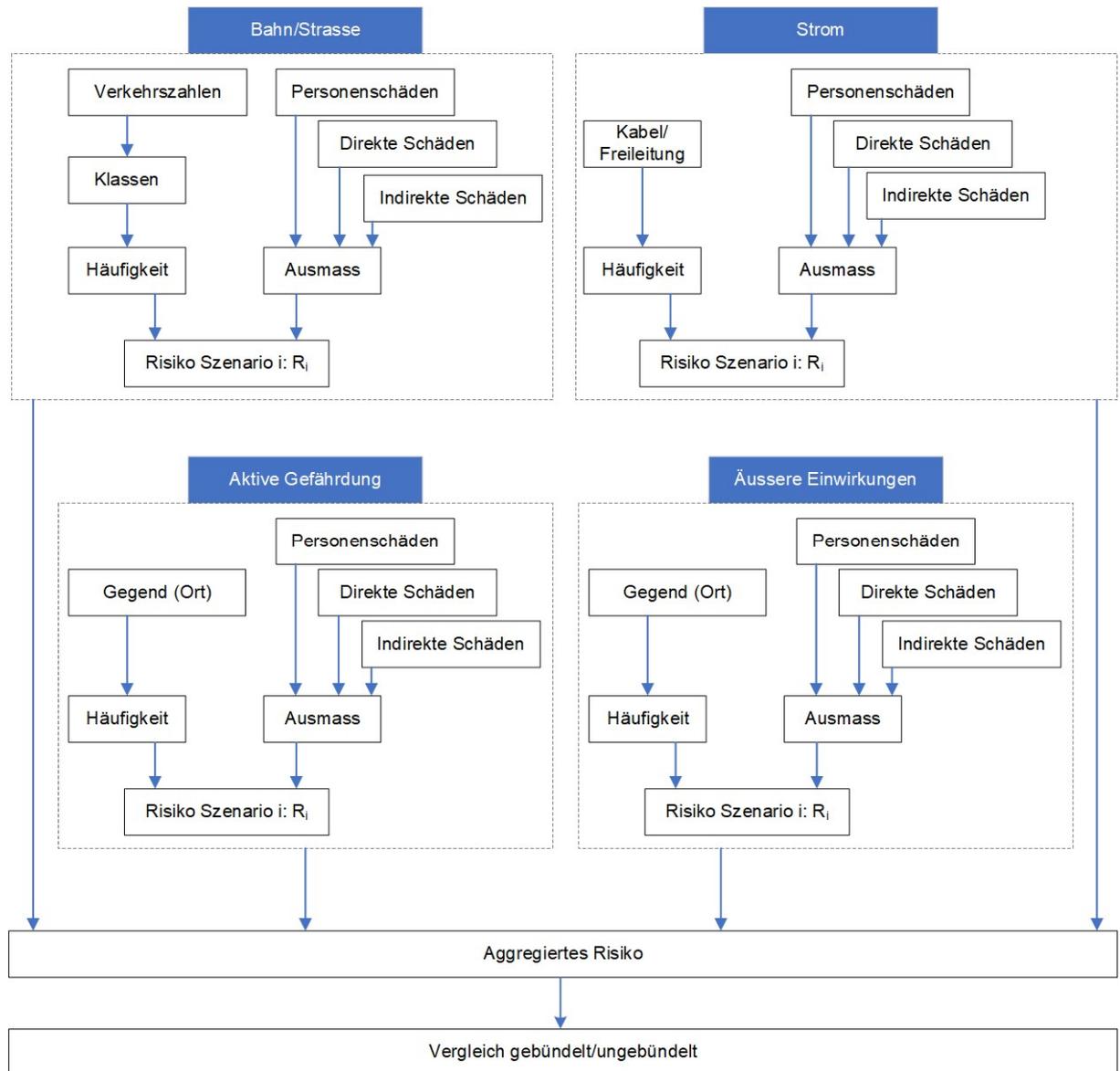


Abbildung 2 Ermittlung aggregiertes Risiko

4.2 Qualitative Beurteilung der verschiedenen Varianten

Die einzelnen Bündelungsanordnungen (Varianten A bis G) werden qualitativ aus Sicht Sicherheit beurteilt.

4.3 Massnahmen

Aus den vorangegangenen Arbeitsschritten werden Massnahmen zur Risikominderung definiert.



4.4 Kosten-Wirksamkeitsbetrachtung

Die Massnahmen werden anhand ihres Kosten-Wirksamkeitsverhältnisses beurteilt.



5. Grundlagen

5.1 Nationalstrassennetz

Das Nationalstrassennetz im heutigen Zustand weist eine Länge von rund 1840 km auf. Für die Risikoanalyse werden die Nationalstrassen nach den Anteilen der verschiedenen Strassenarten (offene Strecke, Kunstbaute oder Tunnel) unterteilt. Tabelle 1 zeigt deren Anteile. Die Daten in Tabelle 1 basieren unter anderem auf Angaben aus [1].

Strassentyp	Km Anteil am Gesamtnetz	Prozentualer Anteil am Gesamtnetz
offene Strecke	1375 km	75 %
Kunstbaute	215 km	12 %
Tunnel	250 km	14 %

Tabelle 1 Anteile der verschiedenen Strassentypen auf dem Schweizer Nationalstrassennetz

Zusätzlich wird das Nationalstrassennetz für die Risikoanalyse in verschiedene Strassentypen, welche nach DTV² unterschieden werden, eingeteilt. Tabelle 2 zeigt die Beschreibung und Anteile der drei berücksichtigten Strassentypen. Die Abschätzung der Anteile der verschiedenen Strassenkategorien wurde anhand der Auswertung der in Abbildung 3 gezeigten Daten vorgenommen.

² DTV = Durchschnittlicher täglicher Verkehr

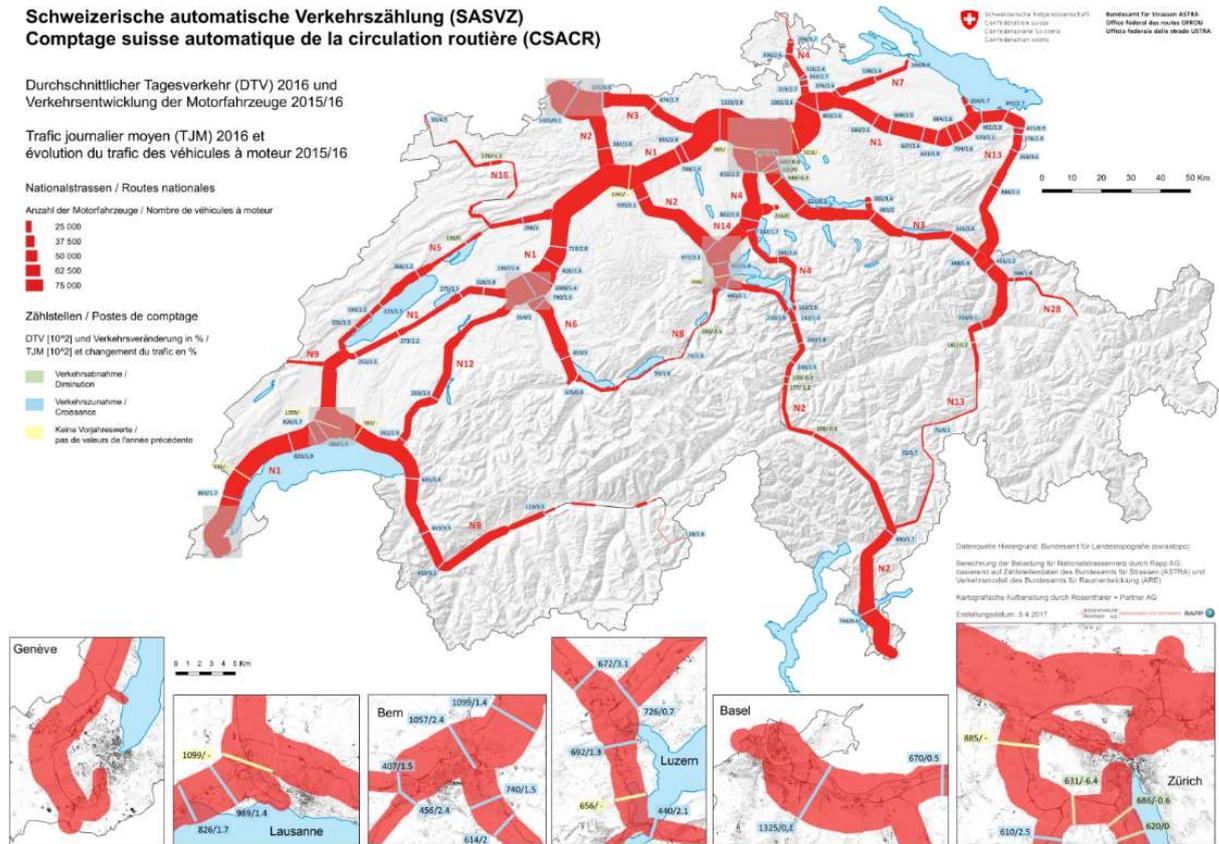


Abbildung 3 DTV Werte auf den Nationalstrassen³.

Strasstypen	Beschreibung	Berücksichtigter DTV	Prozentualer Anteil	Mittlerer DTV
Hauptachsen	Bezieht sich auf mehrspurige Autobahnen mit DTV Werte >60'000 Fz/Tag.	80'000	0.25	81'650
Strassen mit viel Verkehr	Bezieht sich auf doppelspurige Strassen, mehrheitlich richtungstrennt.	40'000	0.46	39'200
Strassen mit weniger Verkehr	Bezieht sich auf Nationalstrassen mit weniger als 20'000 Fz/Tag. Diese Strassen sind teilweise nicht richtungstrennt (Auto-/Passstrassen).	15'000	0.29	12'200

Tabelle 2 Kategorien Nationalstrassen

Als Grundlage für die Unfallraten dient die Studie [2]. Folgende Daten wurden als Grundlage für die auf der Strasse berücksichtigten Szenarien für die Risikoanalyse verwendet:

³ <https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/themen/nationalstrassen/verkehrsfluss-staufkommen/verkehrsfluss-nationalstrassen.html>



Szenario	Schwere Ereignisse/Jahr auf Nationalstrassennetz	Mittlere Ereignisrate/km Strasse/Jahr
Brand	2.4	1.3E-4
Anprall	14.5	7.8E-4
Gefahrgutunfall	0.004	2.2E-7

Tabelle 3 Datengrundlage Risikoanalyse Strasse

Es wird davon ausgegangen, dass die Unfallraten auf der Strasse sich nicht ändern, wenn gebündelt wird. Zudem wird davon ausgegangen, dass jedes zehnte Ereignis sich zu einem schweren Ereignis entwickelt. Die Risikoanalyse betrachtet nur die schweren Ereignisse.

5.2 Streckennetz SBB

Für die Risikoanalyse wird das Normalspurstreckennetz der SBB mit einer Länge von 3232 km betrachtet. Eine Unterteilung von drei verschiedenen Trasseetypen (siehe Tabelle 4) wurde vorgenommen und basiert hauptsächlich auf einer Einteilung des täglichen mittleren Zugverkehrs auf den Strecken. Die prozentualen Anteile der Trasseetypen am Gesamtnetz in Tabelle 4 wurden aus open-source Daten der SBB⁴ sowie Zeichnungen in [3] abgeschätzt.

Name	Beschreibung	Berücksichtigter mittlerer Zugverkehr	Prozentualer Anteil am Netz
CH-Hauptachsen	Bezieht sich auf die Nord-Südachsen sowie West-Ost Verbindungen Mindestens doppelgleisige Linienführung.	300 Zugfahrten/Tag	23 %
Hauptstrecken	Bezieht sich auf doppelgleisige Streckenführungen mit 100 – 300 Zugfahrten pro Tag	150 Zugfahrten/Tag	34 %
Nebenstrecken	Bezieht sich auf ein- oder doppelgleisige Streckenführungen mit bis zu 100 Zugfahrten pro Tag	50 Zugfahrten/Tag	43 %

Tabelle 4: Kategorien Strecken Bahn

Eine Differenzierung nach Güterzug- und Personenzugverkehrs ist für gewisse Ereignisszenarien wichtig. Für die verschiedenen Kategorien wurde folgende Güterzugs- und Personenzugsanteile berücksichtigt:

⁴ Open-Source Daten SBB: <https://reporting.sbb.ch/verkehr>



Name	Prozentuale Anteile		Beispielstrecken
	Güterzuganteil	Personenzuganteil	
CH-Hauptachsen	60 %	40 %	Gotthard-Basistunnel
Hauptstrecken	20 %	80 %	Biel - Lausanne
Nebenstrecken	10 %	90 %	Zofingen – Lenzburg Schaffhausen - Romanshorn

Tabelle 5 Güterzug- und Personenzuganteile

Als Grundlage für die Unfallraten auf dem Schweizer Schienennetz wurde das Szenarienhandbuch [4] herangezogen. Die berücksichtigten Grundlegendaten sind in Tabelle 6 dargestellt.

Szenario (Kat. in [4])	Schwere Ereignisse/Jahr auf SBB Schienennetz	Mittlere Ereignisrate/km Schiene/Jahr
Brand (BR.c)	0.3	9.3E-6
Anprall (ZE1.c)	0.2	6.2E-6
Gefahrgutunfall (GG2)	2.0E-4	6.2E-9

Tabelle 6 Datengrundlage Risikoanalyse Bahn

Bei den Szenarien Brand und Gefahrgutunfall wird jeweils von einem Güterzugunfall ausgegangen. Bei einem Anprall wird von einem Anprall eines Reisezuges ausgegangen. Mehr Informationen zu den einzelnen Szenarien befinden sich im Anhang.

Es wird davon ausgegangen, dass sich die Ereignishäufigkeiten der Ereignisse auf den Schienen nicht ändern, wenn die Infrastrukturen gebündelt werden. Zudem wird angenommen, dass jedes zehnte Ereignis sich zu einem schweren Ereignis entwickelt. In dieser Risikoanalyse werden nur die schweren Ereignisse berücksichtigt.

5.3 Höchstspannungsnetz

Netz der Swissgrid

In der Risikoanalyse wird das Höchstspannungsnetz der Swissgrid betrachtet⁵. Gemäss [4] umfasst das Swissgrid Höchstspannungsnetz 6750 km Freileitungen und 8 km Erdkabel. Es wird in der Risikoanalyse davon ausgegangen, dass bei einer Bündelung (z.B. Höchstspannungsleitung im Tunnel) ein Erdkabel verlegt wird. Im ungebündelten Fall wird in der Risikoanalyse von einer Freileitung ausgegangen.

⁵ Es werden nur Höchstspannungsleitungen betrachtet (siehe Pflichtenheft). Das 132kV Netz der SBB wird in dieser Analyse nicht betrachtet.

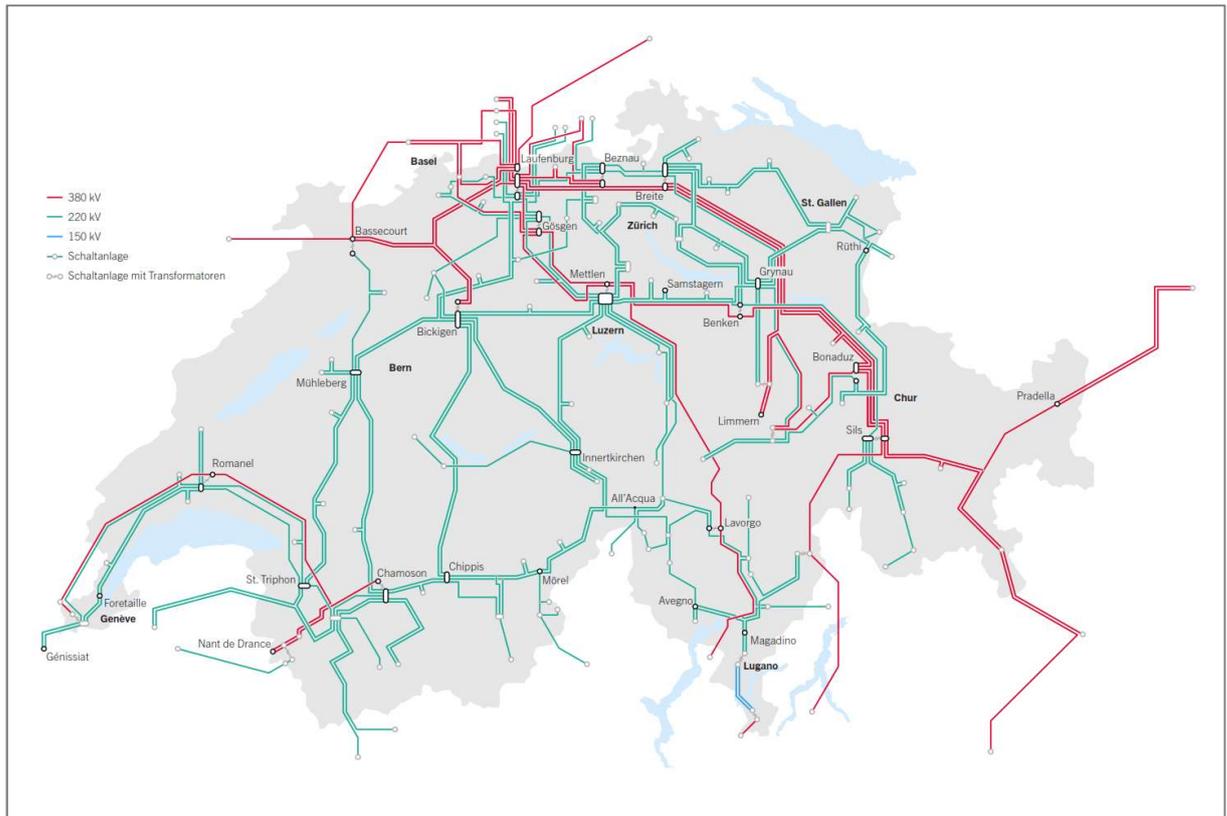


Abbildung 4 Schweizer Übertragungsnetz 380/220 kV, Quelle: Swissgrid, Stand: Januar 2019

Die Fehlerraten von Freileitungen und Kabelleitungen wurden aus [6] entnommen und sind in Tabelle 7 dargestellt. Es ist zu erwähnen, dass nur wenige Grundlagendaten für Fehlerraten vorhanden sind und dass unterschiedliche Quellen unterschiedliche Fehlerraten ermittelt oder abgeschätzt haben.

Typ	Fehler/km/Jahr
Freileitung	3.5E-3
Erdkabel	6.5E-3

Tabelle 7 Fehlerraten der Leitungstypen [6]

Es wird anhand von Schätzungen von EBP und AXPO davon ausgegangen, dass 50 % aller Ereignisse zu Hitzeentwicklung und Kurzschlüssen führen werden. Weitere 10 % führen zu Gasentwicklungen. Die restlichen 40 % decken Montagefehler und Alterungsprozesse ab.

Folgende Grössenordnungen zu Einheitspreisen von Höchstspannungskomponenten wurden von Swissgrid zur Verfügung gestellt:



Szenario	Beschreibung	Kosten
1 km Kabel	2000 mm ² 380 kV Einfachkabel	450'000 CHF / km Kabel (inkl. Kabelzug und Montage)
Muffe	380 kV Ausführung	25'000 CHF (pro Muffe)
Freileitung	380 kV Mast, je nach Topografie und Geologie	500'000 – 1'000'000 CHF/Mast (exkl. Erd- und Leiterseile)

Tabelle 8 Daten Einheitspreise von Swissgrid

Es ist zu erwähnen, dass die oben genannten Preise abhängig von der Marktsituation +/- 30 % variieren können.

Es wird davon ausgegangen, dass eine Freileitung von einem Kilometer zwei Masten beinhaltet und bei einer vollständigen Zerstörung (z.B. durch Lawinen oder Hochwasser) Kosten von rund 4 Mio. CHF verursacht. Die Kosten für den Ersatz einer Erdkabelverbindung (Ersatz dreier Kabelleitungen und zweier Muffen) über einen Kilometer beträgt rund 2 Mio. CHF.

Hochspannungsnetz der SBB

Das SBB 132 kV Übertragungsnetz mit einer Frequenz von 16.7 Hz umfasst rund 1800 Kilometer und erstreckt sich oftmals entlang von SBB Strecken.

Dieses Netz wird nicht analysiert, da in der vorliegenden Studie keine Bündelung zwischen Schiene oder Strasse und Höchstspannungsleitung der SBB untersucht wird.

5.4 Äussere Einwirkungen

Unter äusseren Einwirkungen werden Naturgefahren, Terroranschläge, Cybercrime, externes Grossereignis sowie spontanes Bauwerksversagen zusammengefasst. Zu vielen dieser Szenarien hat das Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) Gefährdungsdossiers⁶ erarbeitet. Sie dienen als Grundlage für die Risikoanalyse.

Konkret geht es um die folgenden Gefährdungsdossiers:

- Erdbeben
- Hochwasser
- Starker Schneefall
- Cyber Angriff
- Konventioneller Anschlag

Mit diesen Dossiers wurden zum einen die Beschreibung des entsprechenden Szenarios abgeglichen und zum anderen wurde die Abschätzung der Eintretenswahrscheinlichkeit des Szenarios übernommen. Nicht alle Szenarien sind bei allen Konstellationen relevant, das Szenario

⁶ Gefährdungsdossiers des Bundesamts für Bevölkerungsschutz, 30. Juni 2015;
Quelle: <https://www.babs.admin.ch/de/aufgabenbabs/gefahrd Risiken/natgefahrdanalyse/gefahrdossier.html>



«Starker Schneefall» kann wegen einer damit verbundenen Eisglätte für eine Freileitung relevant sein. Dieselbe Leitung, als Kabel in einem Tunnel verlegt, ist diesem Risiko nicht ausgesetzt. Diese Sachverhalte sind in den Szenarienblättern abgebildet.



6. Ereignishäufigkeiten

Die Ereignishäufigkeiten sind abhängig von der Ausstattung (sicherheitstechnischer Natur) der Infrastruktur sowie dem Verkehr.

Folgende Parameter haben Einflüsse auf die Ereignishäufigkeiten:

- Richtungsgetrennt/nicht richtungstrennt
- Anzahl Fahrbahnen pro Richtung (Strasse)
- Einfache Röhre, Doppelröhre (Tunnel)
- Verkehrsdichte
- gefahrene Geschwindigkeit

Um die Ereignishäufigkeit der ob genannten Ausstattungsmerkmale zu unterscheiden, wird das Nationalstrassennetz sowie das Bahnnetz neben den Streckentypen (offene Strecke, Kunstbauten und Tunnel) in jeweils drei weitere Kategorien aufgeteilt. Die zusätzlichen Kategorien ermöglichen eine feinere Unterteilung der Strecken abhängig von deren Benützung (täglicher Verkehr). Die verwendeten zusätzlichen Kategorien sind für die Strasse in Tabelle 2 vermerkt (Hauptachse, Strassen mit viel Verkehr, Strassen mit weniger Verkehr). Bei der Bahn werden die drei zusätzlichen Kategorien ebenfalls unterschieden nach der Benützung der Strecke (tägliche Anzahl passierende Züge). Die zusätzlichen Kategorien sind in Tabelle 4 beschrieben.

Zur Berechnung der Ereignishäufigkeit wird ein «bottom-up» Verfahren gewählt. Die Berechnung der Ereignishäufigkeit H_S eines schweren Ereignisses auf den Nationalstrassen errechnet sich folgendermassen:

$$H_S = DTV * A_{FZ} * U * H_{SE}$$

Wobei

DTV durchschnittlicher täglicher Verkehr (Fz/Jahr)

A_{FZ} Anteil der berücksichtigten Fahrzeugkategorie (PKW, LKW)

U Unfallhäufigkeit (Unfälle/Fzkm)

H_{SE} Anteil eines schweren Ereignisses

Beim Bahnverkehr wird die Ereignishäufigkeit (H_B) ähnlich wie beim Strassenverkehr berechnet:

$$H_B = ZZ * ZK * U * H_{SE}$$

Mit:

ZZ Zugzahlen (Anzahl passierende Züge pro Jahr)

ZK Anteil der berücksichtigten Zuggattung (Personenzug, Güterzug)

H_{SE} Anteil eines schweren Ereignisses

Bei den Höchstspannungsleitungen wird jeweils angenommen, dass im ungebündelten Fall es sich um eine Freileitung handelt. Im gebündelten Fall wird davon ausgegangen, dass es sich um ein Erdkabel handelt.



Die Herleitung der Ereignishäufigkeiten aller betrachteten Szenarien befinden sich im Anhang A1.



7. Ausmassdefinition

Es wird zwischen drei Ausmassklassen unterschieden:

- Personenschäden (Todesopfer, verletzte Personen)
- Direkte Schäden (Sachschaden)
- Indirekte Schäden (Folgeschäden wie z.B. Mehraufwand wegen Umwegfahrten)

Um das mit unterschiedlichen Schadensindikatoren (Anzahl Todesopfer, CHF Sachschaden) erfasste Schadensausmass von Ereignissen einheitlich in Geldeinheiten auszudrücken, werden Grenzkosten herangezogen. Bei den Grenzkosten handelt es sich um ein Mass für die Zahlungsbereitschaft, um risikoreduzierende Massnahmen zu ergreifen. Konkret bezeichnen sie die Kosten pro verhinderte Schadenseinheit, welche die Gesellschaft höchstens aufzuwenden bereit ist, um Massnahmen zur Reduktion von Risiken zu ergreifen.

In unserem Fall dienen sie dazu, die unterschiedlichen Schadensausmasse miteinander vergleichbar machen (z. B. Anzahl Todesopfer und CHF Sachschaden). Zu diesem Zweck werden die unterschiedlichen Schadensausmasse mit den zugehörigen Grenzkosten multipliziert und damit monetarisiert).

Bei einzelnen Schadenseinheiten – insbesondere Todesopfer – werden die Grenzkosten weiter differenziert nach den sogenannten Risikokategorien. Gefährdete Personengruppen werden dabei unterschiedlichen Risikokategorien zugeordnet. Diese berücksichtigen, wie weit die Personen selbst Einfluss auf die Höhe der Risiken haben bzw. ob die Gesellschaft oder der Risikoerzeuger für den Schutz der Personen sorgen muss.

- Angestellter im Werkleitungskanal
- Fahrzeuglenker
- Passagier im Zug

Bei der Stromversorgung, aber auch beim Strassenverkehr und dem Schienenverkehr handelt es sich um kritische Infrastrukturen⁷. Ausfälle und Störungen können gravierende volkswirtschaftliche Folgeschäden verursachen und die Bevölkerung beeinträchtigen. Bei der konkreten Wahl der Grenzkosten wird auf die Arbeiten des Bundes im Bereich «Schutz der kritischen Infrastrukturen» zurückgegriffen. Gemäss der «Umsetzungshilfe zum Leitfaden Schutz kritischer Infrastrukturen» des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz vom 17. Dezember 2018 sollen folgende Ansätze verwendet werden:

⁷ Nationale Strategie zum Schutz kritischer Infrastrukturen 2018 – 2022, BBI 2018 503



Indikator	Messgrösse	Grenzkosten (CHF/Messgrösse)
Todesopfer	Anzahl Personen	5'000'000
Schwerverletzte	Anzahl Personen	500'000
Vermögensschäden und Bewältigungskosten	Effektive Kosten (CHF)	1

Tabelle 9 Auszug aus der Tabelle Grenzkostenansätze (Quelle: Umsetzungshilfe zum Leitfadenden Schutz kritischer Infrastrukturen)

7.1 Personenschäden

Bei den Personenschäden werden sowohl Todesopfer als auch schwerverletzte Personen berücksichtigt. Die Grenzkosten für Massnahmen zur Reduktion des Risikos um ein Todesopfer liegen bei CHF 5'000'000.—. Gemäss den Ansätzen der «Umsetzungshilfe zum Leitfadenden Schutz kritischer Infrastrukturen» entspricht 1 Todesopfer rund 10 schwerverletzten Personen.

Die Anzahl der Todesopfer eines Ereignisses wird nicht exakt modelliert, sondern in folgenden Klassen abgeschätzt:

Personenschäden (Todesopfer)						
0	0 – 1	1 – 3	4 – 10	11 – 30	31 – 100	> 100

Tabelle 10 Ausmassklassen Personenschäden

7.2 Direkte Schäden

Direkte Schäden (gemessen in CHF) beinhalten die Kosten, die zur Reparatur der Infrastruktur nötig sind, sowie Sachkosten, die direkt mit dem Ereignis zusammenhängen (z.B. Wert involvierter Fahrzeuge). Wenn beide Infrastrukturen betroffen sind, sind die direkten Schäden bei einer Bündelung allenfalls unterschiedlich im Vergleich zur ungebündelten Variante, in welcher jede Infrastruktur nur allein betroffen ist.

Direkte Schäden (Mio CHF)						
<0.1	0.1 – 0.3	0.3 – 1	1 – 3	3 – 10	11 – 30	> 30

Tabelle 11 Monetarisierung direkte Schäden



7.3 Indirekte Schäden

Indirekte Schäden berücksichtigen den volkswirtschaftlichen Schaden (Staukosten von Personen sowie deren Kosten für Umwege) durch die Sperrung der betroffenen Infrastruktur. Die Zeitdauer der Sperrung ist an die Kapazitätsreduktion gekoppelt. Eine Vollsperrung von einem Monat ist gleichbedeutend wie eine Teilspernung (eine von zwei Spuren wird gesperrt) über 2 Monate.

Dominierend in der Berechnung der indirekten Schäden ist die durch den Unterbruch verursachte Fahrzeitverlängerung. Im Strassenverkehr werden Fahrzeitverlängerungen durch Staus und Umwege verursacht. Gründe für Fahrzeitverlängerungen im Zugverkehr sind Zugsaufläufe, Verspätungen und Umleitungen.

Bei langzeitigen Unterbrüchen kommt die Fahrzeitverlängerung nur in den ersten Tagen zum Tragen. Danach organisieren sich die betroffenen Personen, um die Fahrzeitverlängerung zu minimieren (Fahrten an anderen Uhrzeiten durchführen, um Staus zu umgehen, Homeoffice, etc.) und die Lage «normalisiert» sich. Eine «Normalisierung» der Lage heisst nicht, dass der Schaden behoben wurde, sondern dass ab diesem Zeitpunkt sich die Menschen mit dem Unterbruch arrangiert haben und entsprechende Ausweichmassnahmen getroffen haben. Die drei berücksichtigten Kategorien zur Abschätzung der indirekten Schäden sind in Tabelle 12 dargestellt.

Kategorie	Beschreibung Ausmass	Anzahl Tage bis sich die Lage «normalisiert»
1	Lokales Schadenereignis – ein Streckenbereich ist betroffen	1
2	Lokales Schadenereignis mit langer Sperrung	2
3	Regionales Schadenereignis, welches auch andere Infrastrukturbetreiber beeinträchtigen	5

Tabelle 12 Kategorien der indirekten Schäden.

Für die indirekten Schäden wurde folgende Skala verwendet:

Unterbrüche (h, T, W, M)						
< 4 h	4 h – 12 h	12 h – 2 T	2 T – 1 W	1 W – 1 M	1 M – 3 M	> 3 M
Indirekte Schäden (Kosten durch Fahrzeitverlängerung; in Mio CHF)						
< 0.3	0.3 – 1	1 – 3	3 – 10	10 – 30	30 – 100	> 100

Tabelle 13 Monetarisierung indirekte Schäden

Die indirekten Kosten sind unter anderem abhängig von den Staukosten. Hier wird ein Stundenansatz von 25 CHF/h/Person [10], [11] angenommen.

Die Monetarisierung der indirekten Schäden (IS_S) erfolgt für den Strassenverkehr folgendermassen:

$$IS_S = d * DTV * P * FZV * K$$

Wobei:



- d Anzahl Tage, an welchen die Fahrzeitverlängerung zum Tragen kommt; Tage mit erwarteten Schäden ($d = 1$ für Unterbrüche $< 1T$)
- P durchschnittliche Anzahl Personen pro Fahrzeug (=1.1)
- DTV durchschnittlicher Tagesverkehr (Fz/Tag)
- FZV Fahrzeitverlängerung (h) pro Fahrzeug
- K Stundenansatz für Fahrzeitverlängerung (25 CHF/h)

Beim Bahnverkehr werden die indirekten Kosten ähnlich zum Strassenverkehr berechnet:

$$IS_B = d * ZZ * P * FZV * K$$

- d Anzahl Tage, an welchen die Fahrzeitverlängerung zum Tragen kommt ($D=1$ für Unterbrüche $< 1T$)
- ZZ durchschnittliche Anzahl Züge, welche vom Unterbruch betroffen sind (Züge/Tag)
- P Durchschnittliche Anzahl Personen pro Zug (Pers./Zug)
- FZV Fahrzeitverlängerung (h) pro Fahrzeug
- K Stundenansatz für Fahrzeitverlängerung (25 CHF/h)

Indirekte Schäden durch Unterbrüche bei den Stromtrassen werden nicht berücksichtigt, da durch die «N-1» Regelung genug Redundanz und Kapazität vorhanden ist, um kurzfristig den Strom mittels anderen Leitungen zum Endverbraucher zu bringen.⁸

Durch die relativ geringen räumlichen Distanzen in der Schweiz sind die durch Unterbrüche anfallenden «Umwege» verursachten Leistungsverluste gering. Gütertransporte, welche ebenfalls von einer Sperrung/Umwege betroffen sein könnten, werden hier berücksichtigt. Warenverteuerungen durch zusätzliche Logistikkosten werden nicht berücksichtigt.

⁸ Falls die Störung nicht innert weniger Stunden oder Tagen behoben wird, reduziert sich die Netztransferkapazität dementsprechend, was Einfluss auf die Transportkapazitäten hat. Dies ergibt einen negativen Effekt auf die Schweizer Volkswirtschaft und derer der umliegenden Länder.

Im Falle einer angespannten Netzsituation (z. B. bei einem gleichzeitigen Ausfall einer anderen Trasse) kann der Ausfall einer Trasse zu einem Stromausfall führen, der allenfalls gravierende volkswirtschaftliche und gesellschaftliche Konsequenzen nach sich ziehen könnte. «N-2»-Kaskadenereignisse werden hier nicht betrachtet.



8. Detaillierung der Risikoanalyse

Die Risikoanalyse ist in verschiedene Stufen gegliedert. Deren Ablauf ist in Abbildung 5 dargestellt.

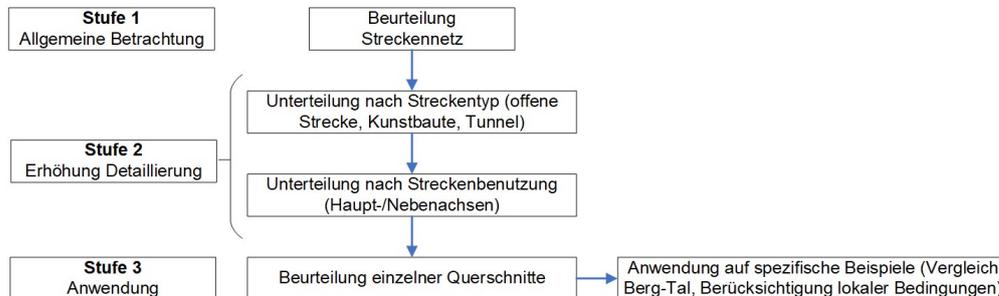


Abbildung 5 Ablauf Risikoanalyse

Stufe 1 besteht aus einer gesamtschweizerischen Betrachtung. Diese Betrachtung ermöglicht eine Gesamtbetrachtung und einen direkten Vergleich der Risiken der betrachteten Szenarien.

Stufe 2 beinhaltet die Unterteilung in Streckentypen (offene Strecke, Kunstbauten, Tunnel) sowie in verschiedene Streckenbenutzungen (Hauptachse, Strecken mit viel/wenig Verkehr). Diese Gliederungen ermöglichen eine differenziertere Betrachtung und Aufteilung der Risiken. Für Tunnelstrecken beispielsweise hat Hochwasser keine Bedeutung, ein Brand in einem Tunnel hingegen wird ein grösseres Schadensausmass bewirken als ein Brand auf offener Strecke.

Stufe 3 besteht aus der Beurteilung der einzelnen Querschnitte (Anordnungen A – G) sowie der Anwendung der in Stufe 2 spezifizierten Resultate auf konkrete Beispiele.

8.1 Generelle Annahmen

Ausgegangen wird von einer gesamtschweizerischen Betrachtung.

Im ungebündelten Fall wird bei den Stromleitungen hauptsächlich mit Freileitungen gerechnet. Im gebündelten Fall wird von Kabelleitungen ausgegangen.

Wenn in einem gebündelten Fall beide Infrastrukturen beschädigt oder zerstört werden, wird generell angenommen, dass die direkten Sachkosten im Vergleich zum ungebündelten Fall sich um 50 % erhöhen.

8.2 Annahmen zur Normierung der Ereignishäufigkeiten

Damit ein Vergleich zwischen ungebündeltem und gebündeltem Fall – unabhängig von konkreten Projekten – stattfinden kann, werden die Ereignishäufigkeiten der betrachteten Szenarien auf einen Kilometer gebündelt/ungebündelt umgelegt (normierte Vergleichswerte).

Bei den Szenarien, welche den Strassenverkehr, die Bahn oder die Stromleitung direkt betreffen, handelt es sich um sogenannte «Streckenereignisse». Diese Häufigkeiten können einfach auf einen Kilometer Strecke normiert werden.



Szenarien, die als äussere Einwirkungen räumlich auftreten, wie z.B. Erdbeben, sind schwieriger auf einen Kilometer Streckenlänge zu normieren. Hier bedarf es weiterer Abschätzungen und Annahmen. Diese Abschätzungen sind jeweils in den Szenarienblättern im Anhang A1 erläutert. Die wichtigsten Annahmen sind in Tabelle 14 für die betrachteten Szenarien aufgeführt.

Szenarien (ungebündelt)	Ereignistyp	Beschreibung	Berechnung	
Auf Strasse Auf Schiene An Stromkabel	Streckenereignis	Ereignisse, welche durch den Strassenverkehr, den Bahnverkehr oder die Stromleitung ausgelöst wird	$\frac{\text{Anzahl Ereignisse/Jahr}}{\text{Streckenlänge}}$	
Erdbeben Hochwasser			Flächenereignis	$\frac{\text{Ereignisse}}{\text{Jahr}} * \frac{\text{Betroffene Fläche}}{\text{Gesamtfläche Schweiz}}$
Lawine Terroranschlag Cybercrime				
Externes Grossereignis Spontanes Bauwerksversagen			$\frac{\text{Ereignisse}}{\text{Jahr}} * \frac{\text{Potentielle Fläche}}{\text{Gesamtfläche Schweiz}}$ $\text{Wahrscheinlichkeit spont. Bauwerksversagen}$	

Tabelle 14 Berechnungsgrundlagen Häufigkeiten

Folgende Präzisierungen zu den Formeln in Tabelle 14 sind zu beachten:

- Die «potentielle Streckenlänge» betrachtet die Strecken, welche für das jeweilige Szenario in Betracht gezogen werden können. Das kann durchaus nur eine Teilmenge der gesamten Netzlänge sein. Lawinen etwa sind nur im Alpengebiet zu erwarten. Daher sind nur Passstrassen, Bergstrecken oder Stromleitungen über die Alpen potentiell lawinengefährdet.
- Bei externen Grossereignissen wird eine «potentielle Fläche» berücksichtigt. Diese Fläche berücksichtigt einen Korridor links und rechts entlang der Strecke, auf dem ein Grossereignis Einfluss auf die betrachtete Infrastruktur (Bahn, Strasse oder Strom) haben könnte. Die «potentielle Fläche» errechnet sich daher folgendermassen:

$$\text{potentielle Fläche} = \text{Streckenlänge} * \text{Korridorbreite}$$

- Beim spontanen Bauwerksversagen wird näherungsweise davon ausgegangen, dass sich nur ein Bauwerk (Kunstbaute) auf einem Kilometer Streckenlänge befindet. Daher entspricht die Eintrittswahrscheinlichkeit für einen Kilometer Strecke der Versagenswahrscheinlichkeit eines Bauwerks.
- Das Szenario «Cybercrime» ist nicht direkt gebunden an ein Streckennetz. In der Risikoanalyse wird der Cybercrime gleich wie ein Terroranschlag behandelt und daher als Punkt ereignis modelliert.



9. Resultate

9.1 Gesamtschweizerische Betrachtung

Abbildung 6 zeigt die Häufigkeiten in logarithmischer Skala und die Ausmasse der betrachteten Grossereignisse für den ungebündelten Fall. Die in Abbildung 6 enthaltenen Daten basieren auf einer gesamtschweizerischen Betrachtung und sind jeweils auf einen Streckenabschnitt von einem Kilometer Länge normiert.

Aus der Abbildung 6 resultieren folgende markante Szenarien mit jeweils grosser Häufigkeit oder grossen Schadenausmasse:

- Kollision/Anprall Strasse
- Brand Strasse
- Hochwasser
- Erdbeben

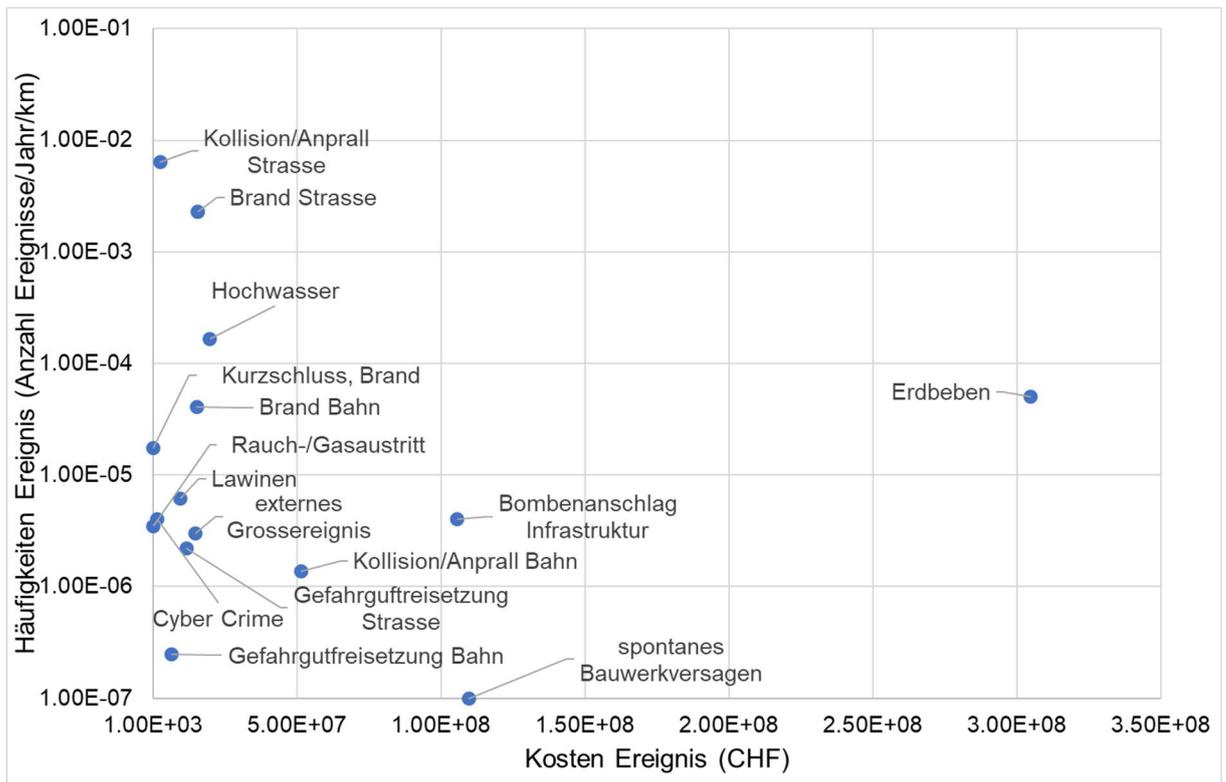


Abbildung 6 Häufigkeits-Ausmass-Diagramm (ungebündelte Variante)



Die Risiken der betrachteten Szenarien für den ungebündelten und gebündelten Fall sind in Abbildung 7 dargestellt.

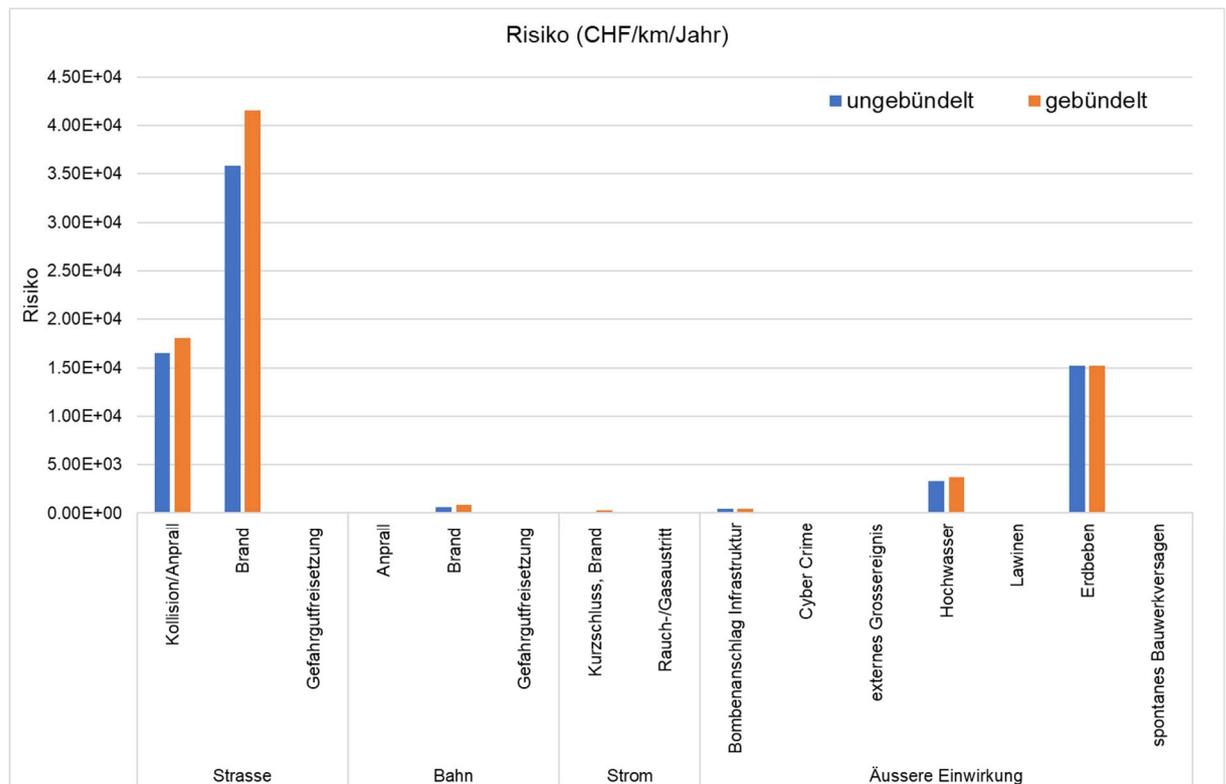


Abbildung 7 Risiko der betrachteten Szenarien (monetarisiert, normiert auf 1 km Länge, pro Jahr)

Die Risiken bei Kollisionen/Anprall und Bränden auf der Strasse steigen bei einer Bündelung an. Grund für diesen Anstieg ist das zu erwartende höhere Schadenausmass im Fall eines Grosseignisses, weil beide Infrastrukturen betroffen sind. Auch beim Hochwasser ist zu erwarten, dass bei einer Bündelung die direkten Sachschäden ansteigen werden. Durch die grossräumige Zerstörung im Fall eines Erdbebens werden beide Infrastrukturen (im gebündelten und ungebündelten Fall) beschädigt oder sogar zerstört. Hier sind im gebündelten und ungebündelten Fall keine unterschiedlichen Schäden zu erwarten. Daher bleibt das mit der Bündelung verbundene Erdbebenrisiko gleich wie in der ungebündelten Variante.

Die Zusammensetzung der Schäden nach den verschiedenen Schadenindikatoren für die vier wichtigsten Szenarien sind in Abbildung 8 abgebildet. Bei einem grossen Anprall oder einem Brand auf den Strassen dominieren die Personenschäden. Beim Hochwasser sind die Kosten für die Personen- und direkten Sachschäden in etwa gleich. Beim Erdbeben dominiert der Anteil der direkten Sachschäden die Gesamtkosten. Am kleinsten sind bei allen vier Szenarien die indirekten Schäden.

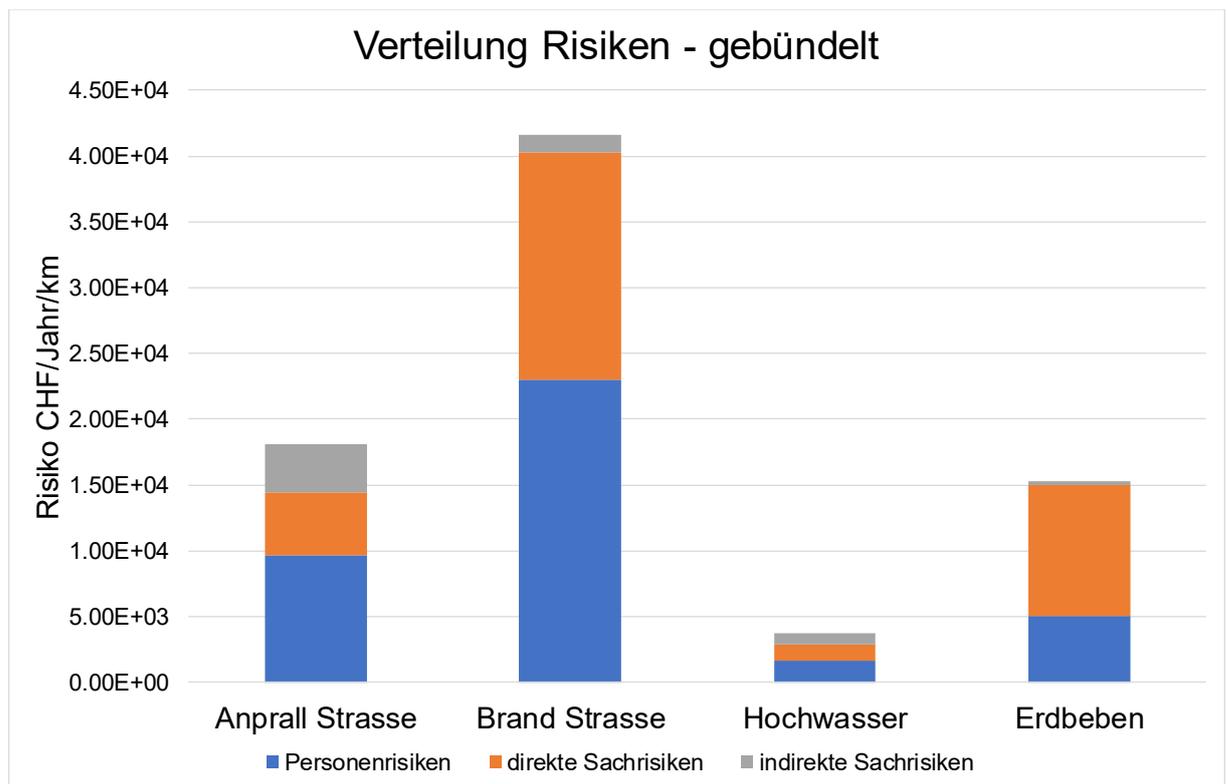


Abbildung 8 Verteilung der Risiken

9.2 Risiken für verschiedene Streckentypen

In einer weiteren Betrachtung werden die unterschiedlichen Streckentypen (offene Strecke, Kunstbauten und Tunnel) sowie die unterschiedliche Streckenbenutzung (Haupt-/Nebenstrecken) untersucht.

Die Risiken für verschiedene Streckentypen werden in diesem Kapitel anhand der Resultate für die Hauptachsen diskutiert. Die Resultate für die weiteren Streckenbenutzungen befinden sich im Anhang A2.

Die Verteilung der Risiken auf offener Strecke auf einer Hauptachse (Definition Hauptachse siehe Kapitel 5) für den ungebündelten Fall sind in Abbildung 9 abgebildet. Die Risiken zwischen der ungebündelten und der gebündelten Variante unterscheiden sich auf offener Strecke nur marginal.

Anders sieht die Situation im Tunnel aus. Die Risiken im Tunnel für den gebündelten und ungebündelten Fall sind in Abbildung 10 dargestellt. Im Tunnel mit gebündelten Infrastrukturen ist bei einem Brand oder einem schweren Anprall mit grösserem Sachschaden zu rechnen als in der ungebündelten Variante. Das Hochwasserrisiko wird bei einer Bündelung im Tunnel vernachlässigbar klein.

Der Risikovergleich zwischen dem gebündelten und ungebündelten Fall für eine Kunstbaute ist in Abbildung 11 gezeigt. Bei einem Grossbrand und einem schweren Anprall auf einer Kunstbaute steigt das Risiko bei einer Bündelung durch die höheren erwarteten Instandstellungskosten an.

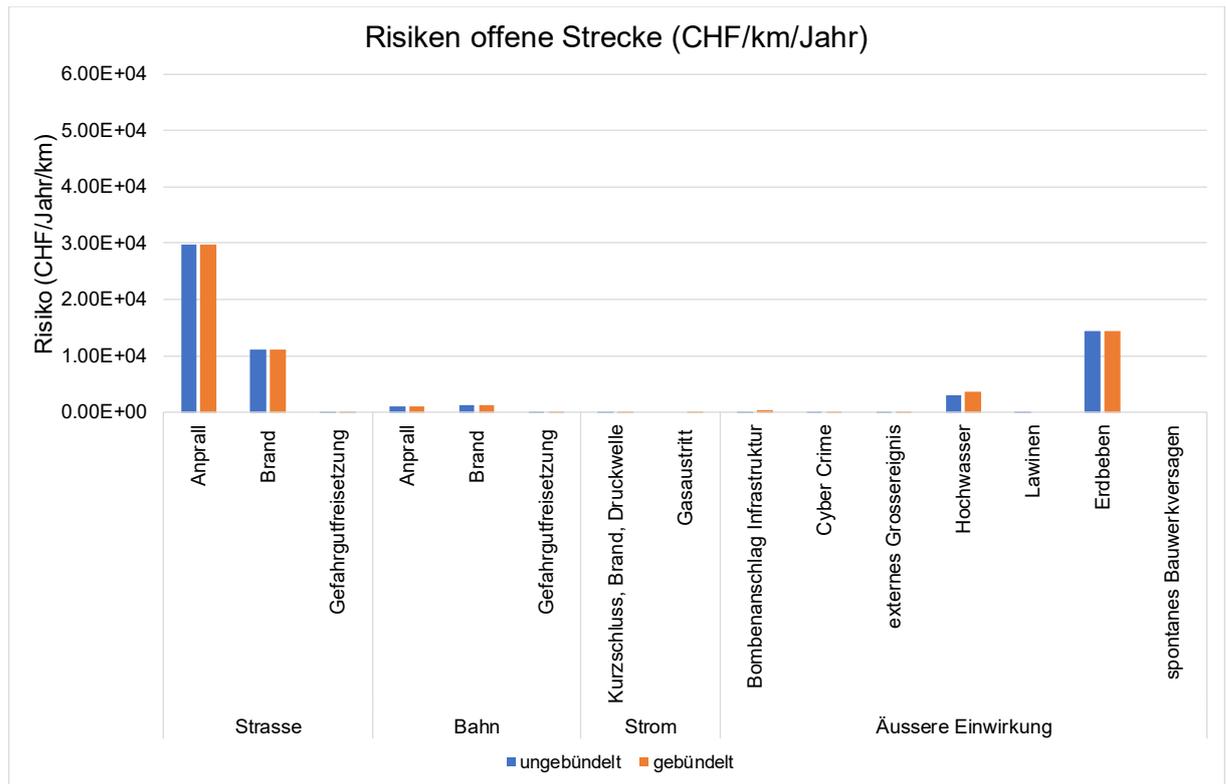


Abbildung 9 Risiken auf offener Strecke (Hauptachse)

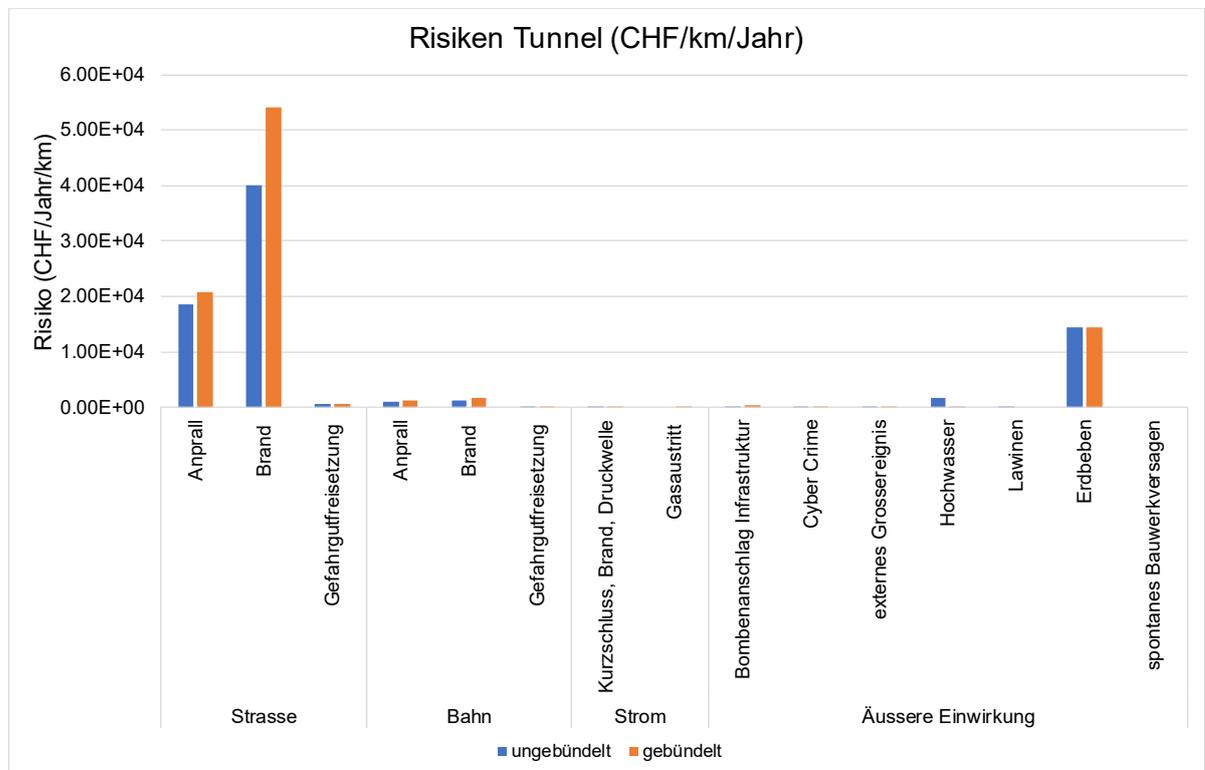


Abbildung 10 Risiken im Tunnel (Hauptachse)

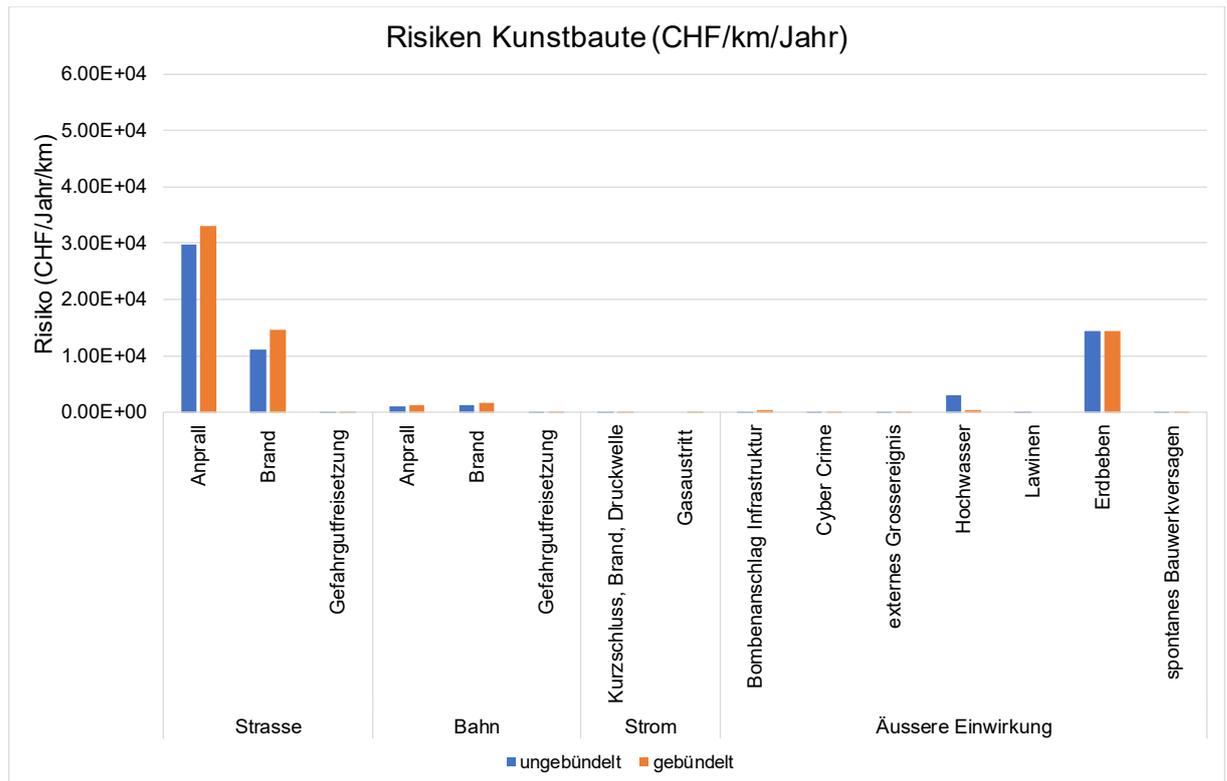


Abbildung 11 Risiken Kunstbaute (Hauptachse)

9.3 Risikoanteile nach Infrastrukturen

Bei Bündelungen stellt sich die Frage für beide beteiligten Infrastrukturen, wie deren Risiko sich durch eine Bündelung verändert und wer die Risikoänderungen verursacht.

Risikoveränderungen aus Sicht Infrastrukturbetreiber (Werkbetreiber)

Die folgenden Abbildungen zeigen die Risikoveränderungen für die Werkbetreiber (Strasse/Schiene) bei einer Bündelung. Zusätzlich werden die Verursacher der Risikoveränderung aufgezeigt. Der Risikovergleich wurde durchgeführt für Bahn-/Strassentunnel (Hauptachse und Nebenstrecken) sowie für die offene Strecke (Hauptachse).

Bei Bündelungen mit der Bahninfrastrukturen sind geringe Risikoänderungen zu erwarten. Bei Bündelungen mit Strassen als Trägerinfrastruktur ergeben sich teilweise grosse Risikoänderungen (vorwiegend im Tunnels mit grossen Verkehrsbelastungen). Die Risikoänderungen auf offener Strecke sind generell geringer als im Tunnel.

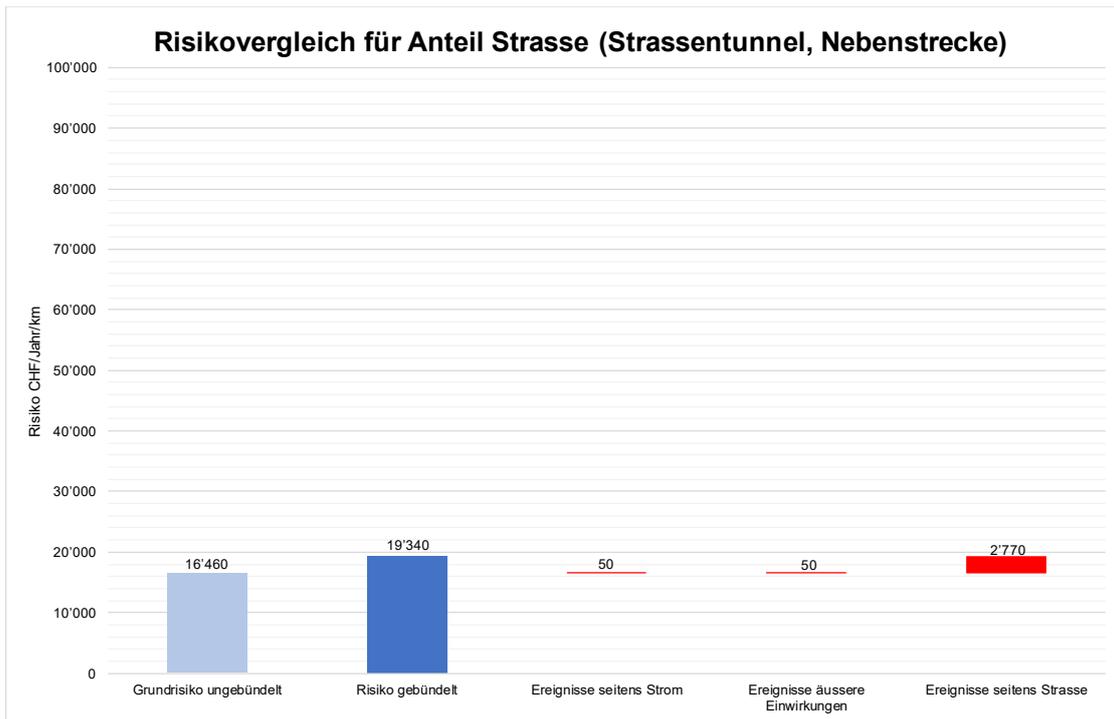


Abbildung 12 Risikovergleich Strassentunnel Nebenstrecke für Anteil Strasse
(Farben: hellblau = ungebündelt; blau = gebündelt; rot = Risikoerhöhung; grün = Risikoreduktion)

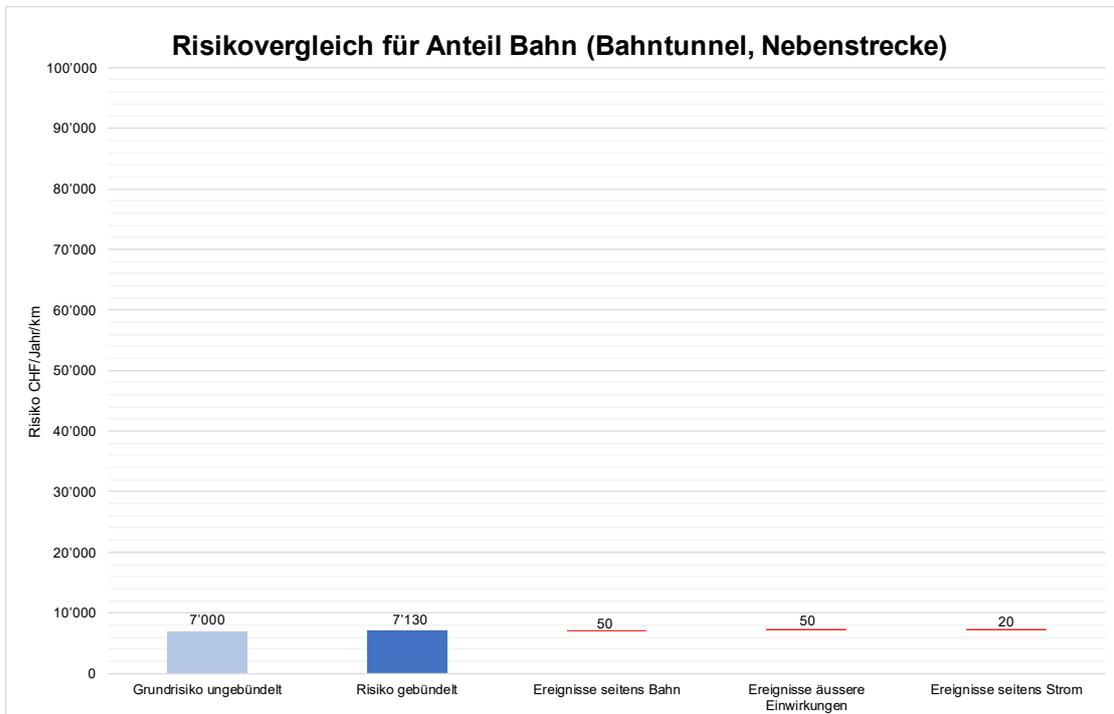


Abbildung 13 Risikovergleich Bahntunnel Nebenstrecke für Anteil Bahn

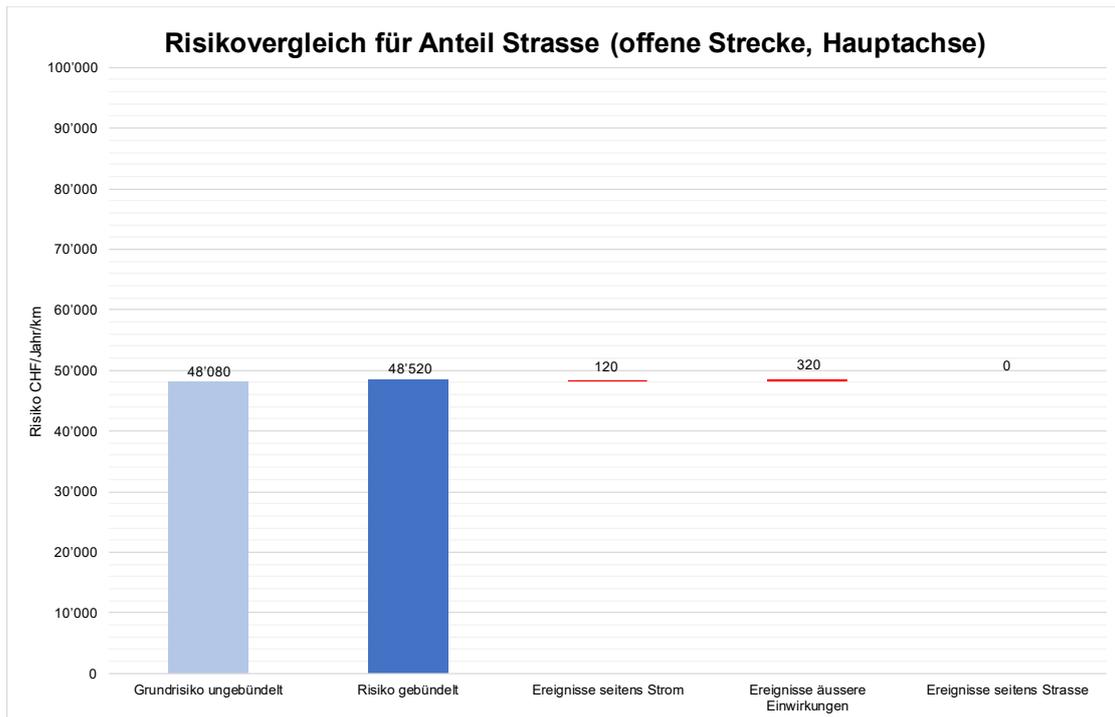


Abbildung 14 Risikovergleich offene Strecke Hauptachse für Anteil Strasse

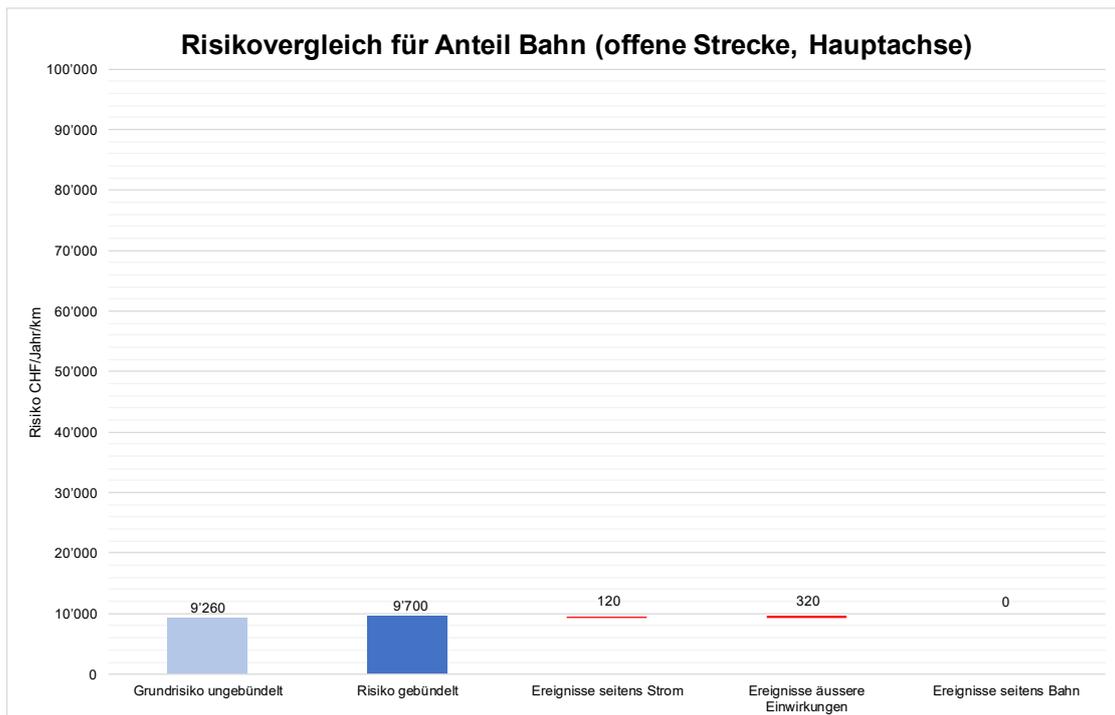


Abbildung 15 Risikovergleich offene Strecke Hauptachse für Anteil Bahn

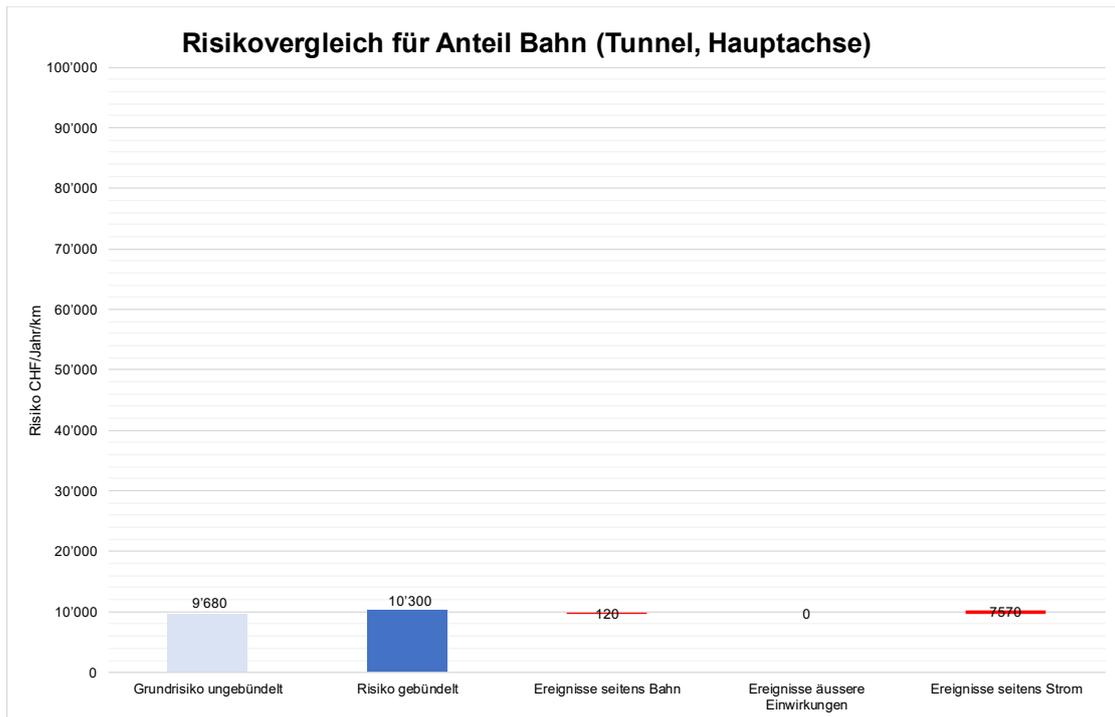


Abbildung 16 Risikovergleich Bahntunnel Hauptachse für Anteil Bahn

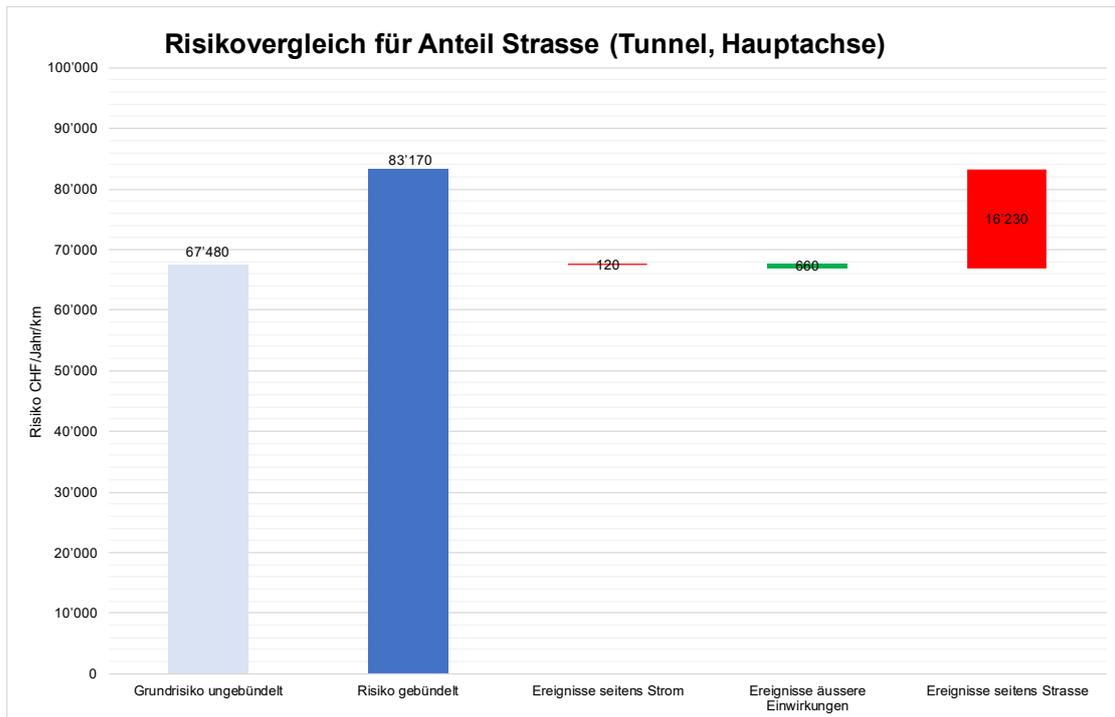


Abbildung 17 Risikovergleich Strassentunnel Hauptachse für Anteil Strasse



Risikoveränderungen aus Sicht Netzgesellschaft (Mitbetreiber)

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Änderung des Risikos bei einer Bündelung aus Sicht Strombetreiber gegliedert nach den verschiedenen Verursachern.

Bündelungen mit Bahninfrastrukturen führt auf Seite Strom zu geringeren Risikoänderung verglichen mit Bündelungen mit Strasseninfrastrukturen. Bei Bündelungen im Tunnel ist mit grösseren Risikoänderungen zu rechnen verglichen mit Bündelungen auf offener Strecke. Zudem sind Bündelungen entlang von Hauptachsen (grosse Verkehrsbelastungen) ebenfalls grösseren Risikoänderungen ausgesetzt verglichen mit Strecken kleiner Verkehrsbelastung (Nebenstrecken).

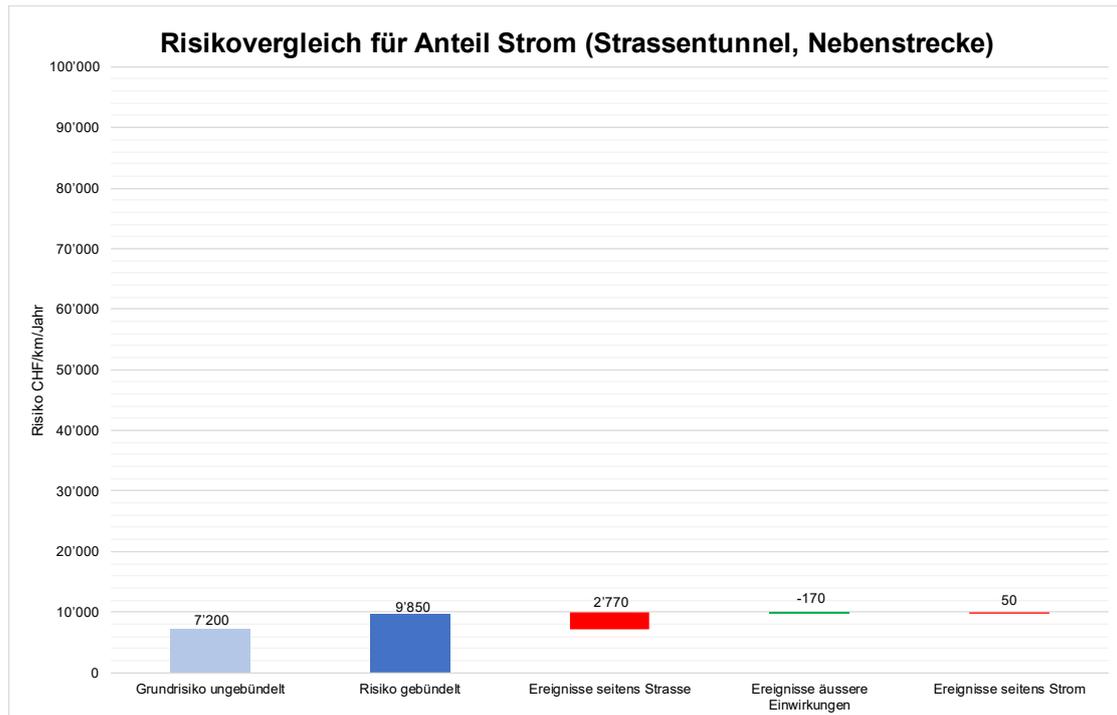


Abbildung 18 Risikovergleich Strassentunnel Nebenstrecke für Anteil Strom

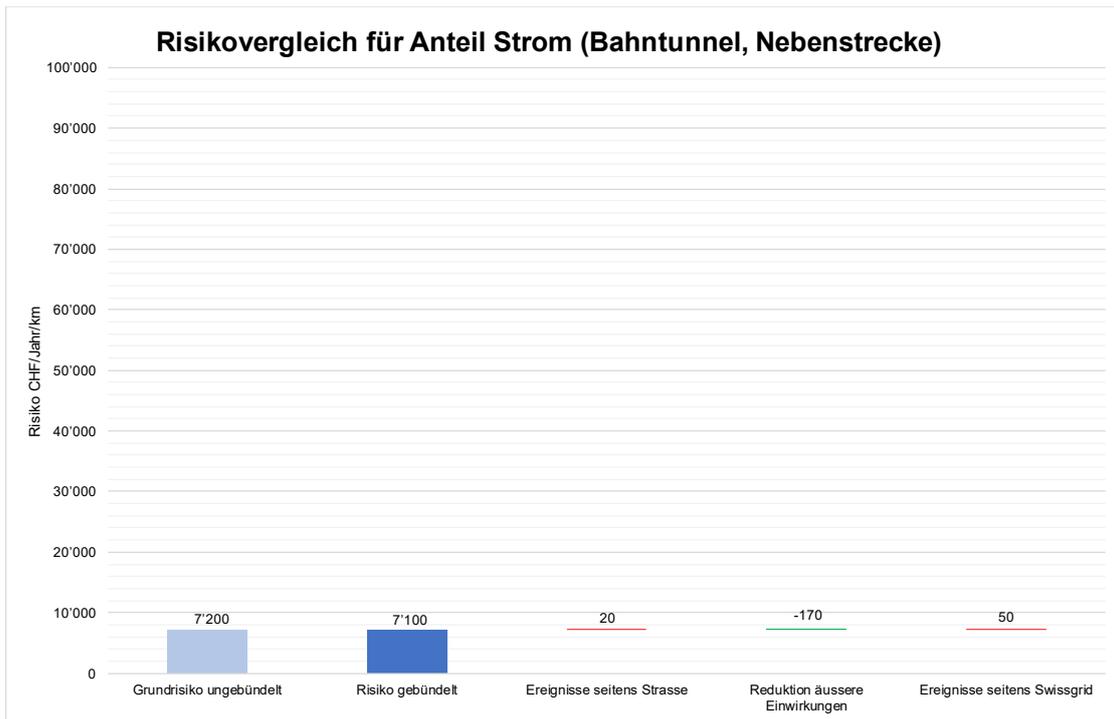


Abbildung 19 Risikovergleich Bahntunnel Nebenstrecke für Anteil Strom

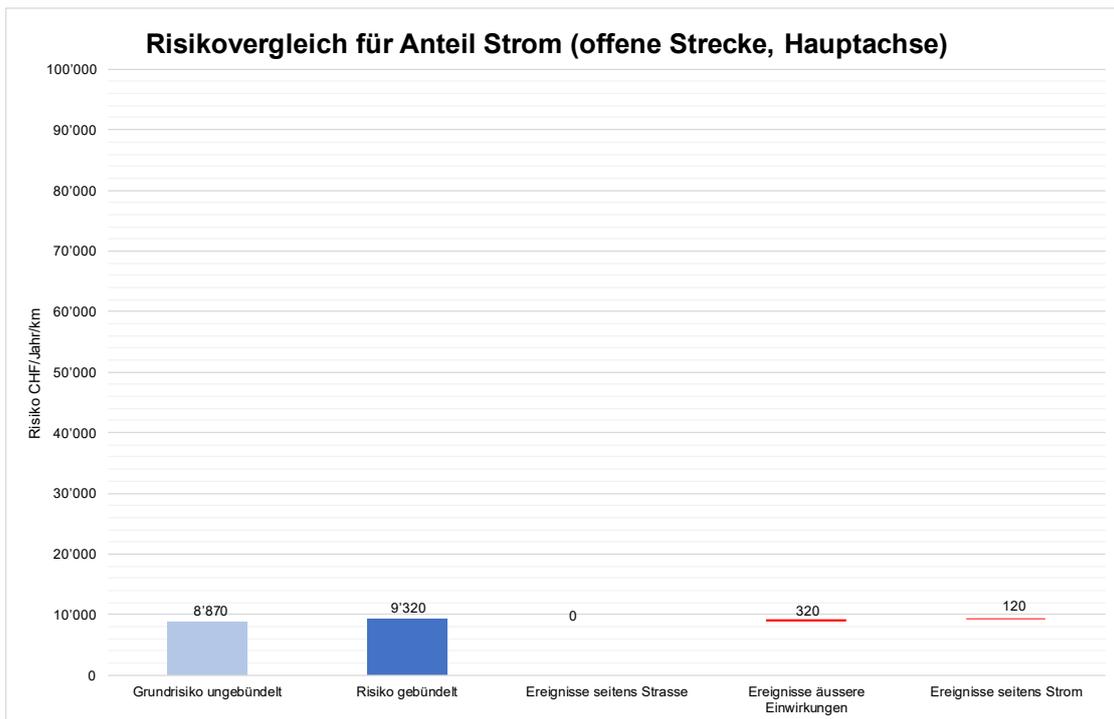


Abbildung 20 Risikovergleich offene Strecke Strasse Hauptachse für Anteil Strom

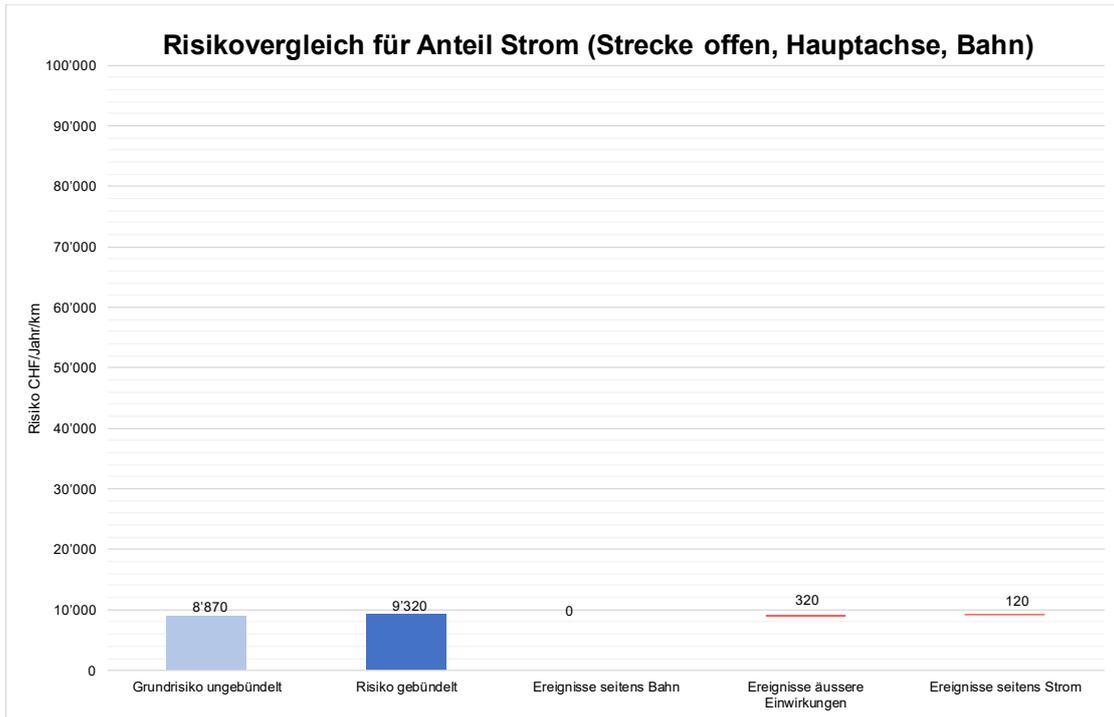


Abbildung 21 Risikovergleich offene Strecke Bahn Hauptachse für Anteil Strom

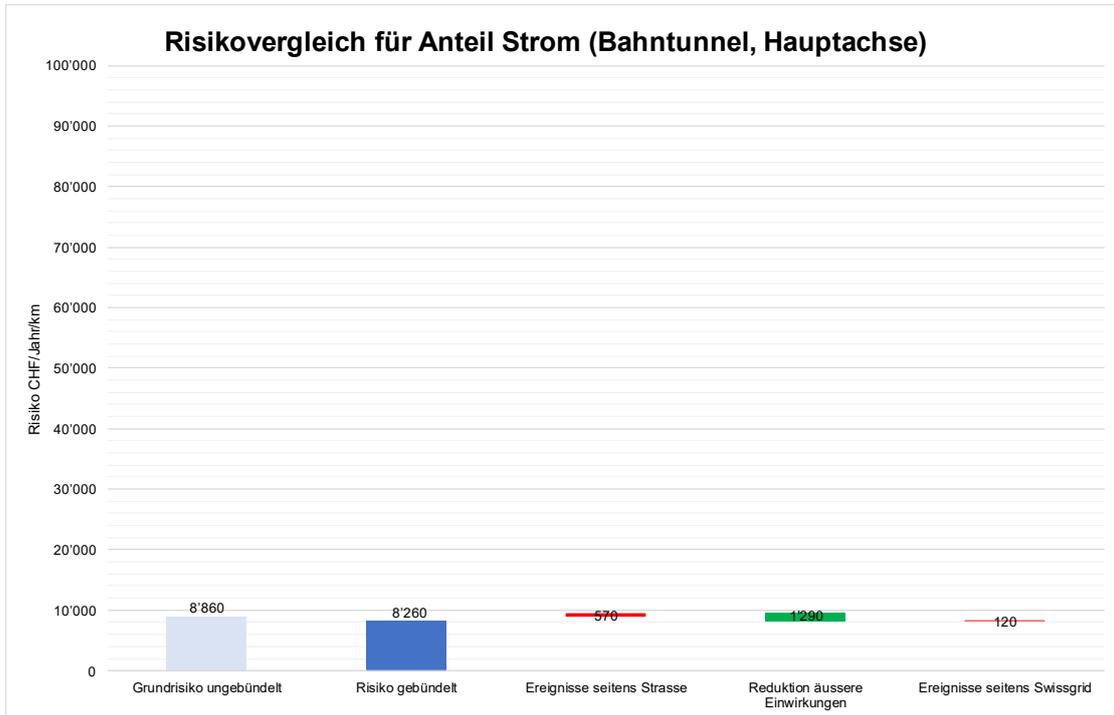


Abbildung 22 Risikovergleich Bahntunnel Hauptachse für Anteil Strom

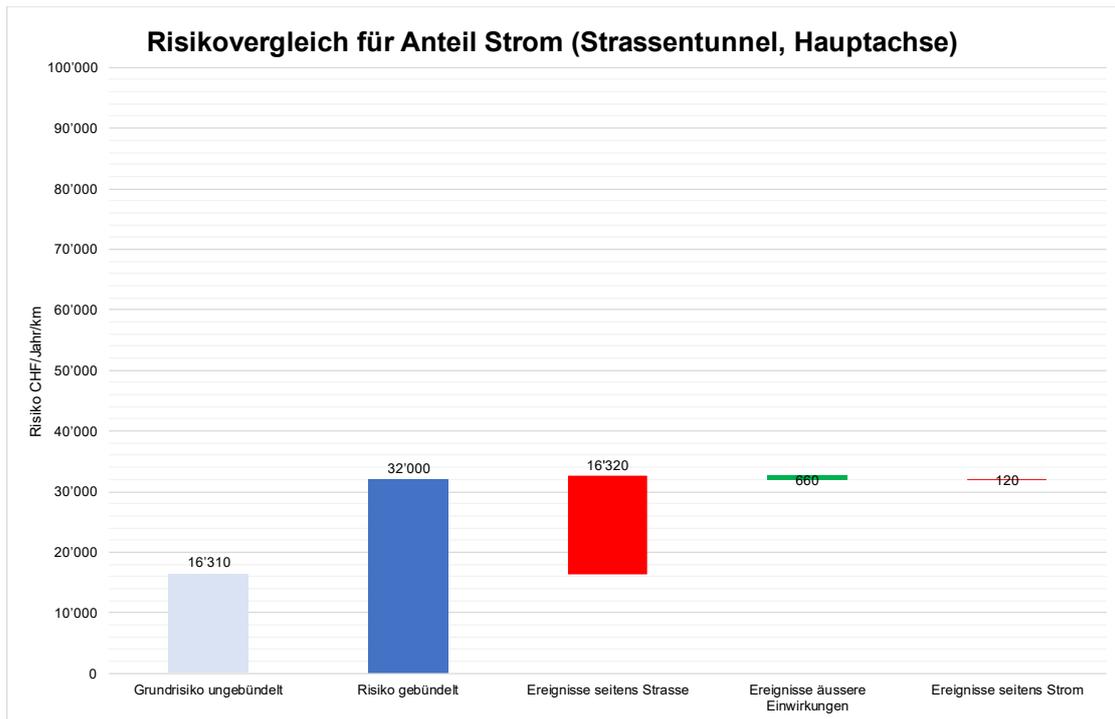


Abbildung 23 Risikovergleich Strassentunnel Hauptachse für Anteil Strom



9.4 Akzeptanz der Risiken

Nach dem Vergleich der ungebündelten mit der gebündelten Varianten stellt sich die grundsätzliche Frage, ob diese Risiken ein akzeptierbares Mass überschreiten. Dazu wurden die Szenarien, die in der ungebündelten und gebündelten Variante ein grosses Risiko aufweisen an verschiedenen Akzeptanzkriterien gemessen.

Strassenseitig hat das Bundesamt für Strassen im Jahr 2014 eine Dokumentation «Risikokonzept für Tunnel der Nationalstrassen; Methodik zur Ermittlung und Bewertung der Risiken in Tunneln» veröffentlicht (ASTRA 89005). Darin werden zwei Grenzwerte postuliert, die beide eine normierte Todesfallrate mit der Einheit Anzahl Todesfälle pro Milliarde Fahrzeugkilometer. Der obere Grenzwert (GII) darf nicht überschritten werden, zwischen den Grenzwerten sollen Massnahmen realisiert werden, die nach Kostenwirksamkeitsaspekten zu beurteilen sind (ALARP, as low as reasonably practicable), unterhalb des unteren Grenzwertes (GI) sind keine weitergehende Massnahmen notwendig

Vorgaben

GII 13.20 Todesopfer / Mrd.Fzg.km (1.32E-08 Todesfälle pro Milliarden Fahrzeugkilometer)

GI 0.13 Todesopfer / Mrd.Fzg.km (1.3E-10 Todesfälle pro Milliarden Fahrzeugkilometer)

Es zeigt sich, dass die meisten kritischen Szenarien unterhalb des unteren Grenzwertes liegen, nur drei Szenarien liegen ganz leicht darüber, aber immer noch deutlich unter dem oberen Grenzwert:

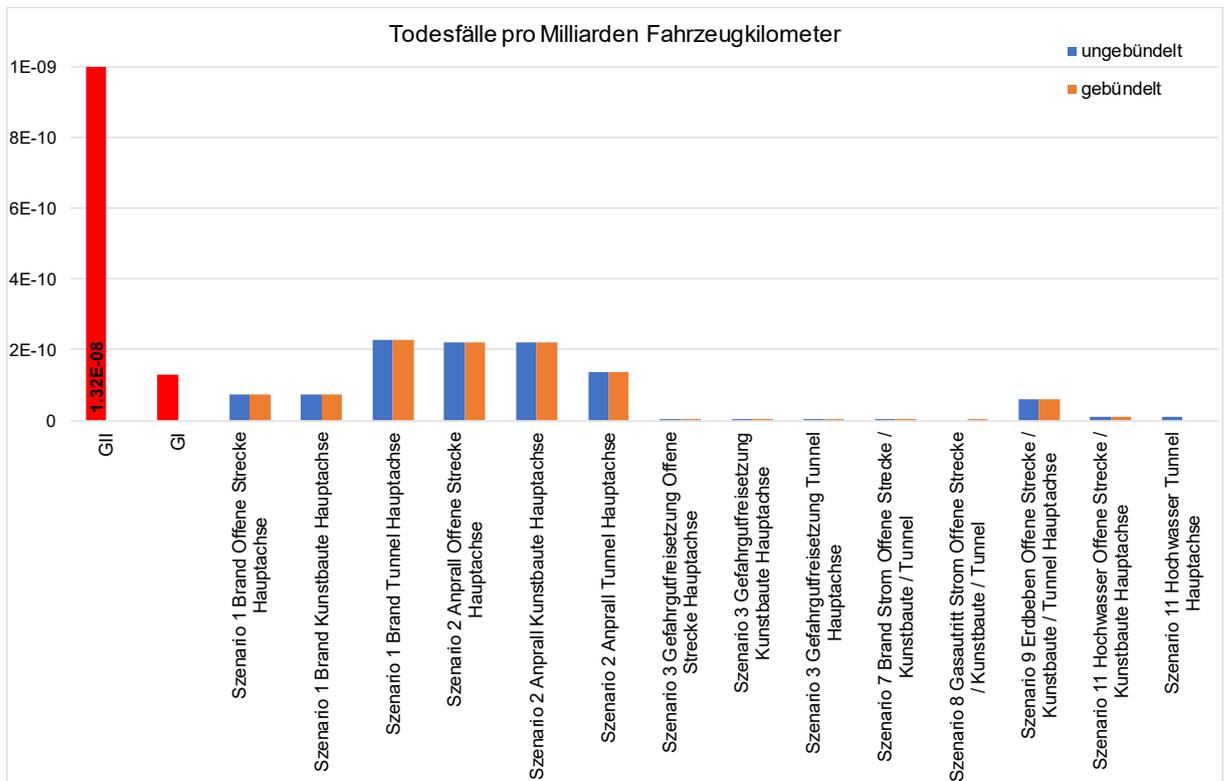


Abbildung 24 Risikoakzeptanz Strasse



Schienenseitig bestehen analog Überlegungen des BAV, der BLS und der SBB. Im Dokument «Beschreibung des Vorgehens zur Beurteilung der Akzeptanz der Risiken der Reisenden (BAV, VBLS, SBB, 5.12.2013)» wird ein oberer Grenzwert für ein zulässiges individuelles Risiko für Reisende definiert, das bei einer einzelnen «Gefährdungsaussetzung» nicht überschritten werden darf.

Der Grenzwert r_i muss kleiner gleich $\leq 6.00 \cdot 10^{-10}$ [T / P / J] sein. Auch hier zeigt sich, dass alle kritischen Szenarien unterhalb des Grenzwertes liegen:

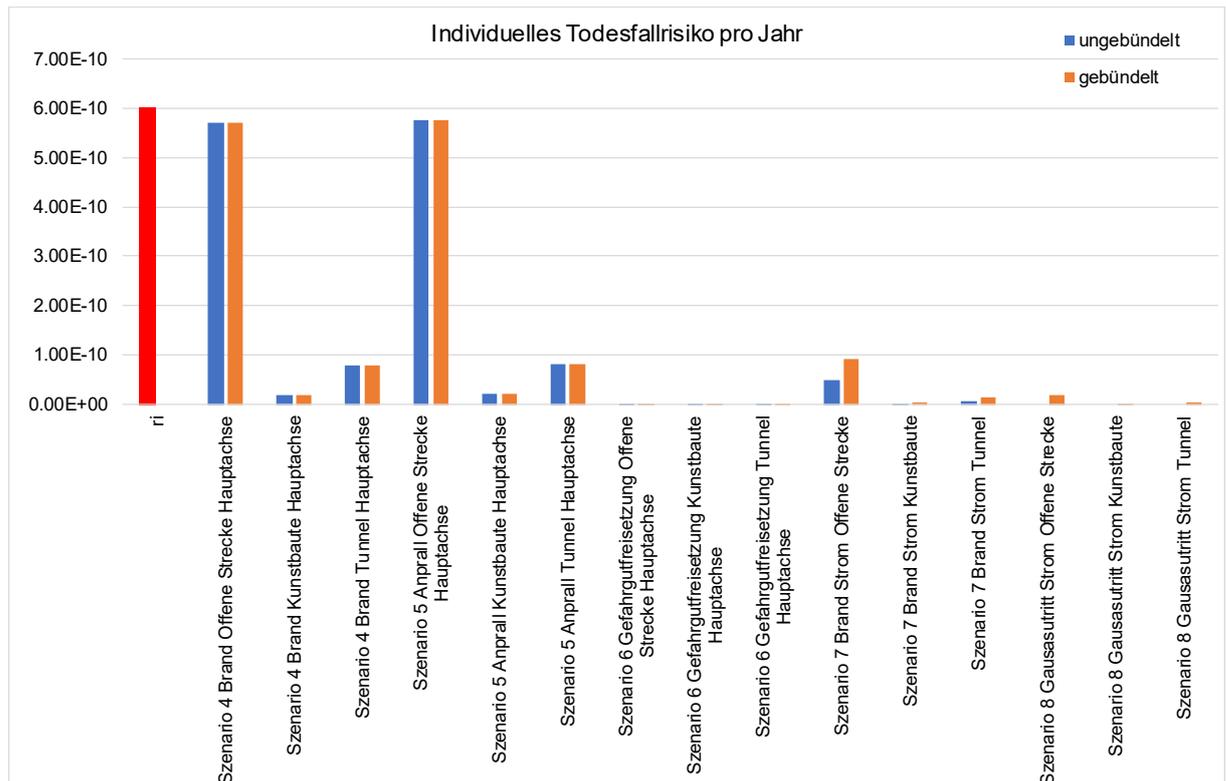


Abbildung 25 Risikoakzeptanz Schiene



9.5 Risikoprofil: Berg-/Tunnelvariante

Um die unterschiedliche Risikocharakteristik eines gebündelten und eines ungebündelten Systems zu erkennen, wird in diesem Kapitel ein fiktives Anwendungsbeispiel genauer untersucht. Einem Tunnel durch das Gebirge mit einer 25 km langen Freileitung über das Gebirge wird derselbe 15 km lange Tunnel mit einer Kabelleitung durch den Tunnel risikomässig gegenübergestellt.

Dieser Risikovergleich beinhaltet rund 55 Szenarien. Abbildung 26 zeigt die Risiken der einzelnen Szenarien für die ungebündelte und die gebündelte Variante. Ein Risikoanstieg bei der gebündelten Variante wird hauptsächlich durch das erhöhte Ausmass bei der Bündelung hervorgerufen. Verringert sich das Risiko eines Szenarios in der gebündelten Variante, so wird dies hauptsächlich durch den Wegfall des Risikoanteils durch die Freileitung hervorgerufen. Fällt ein Risiko bei der gebündelten Variante komplett weg, so wird dieses Risiko nur durch die Freileitung verursacht.

Die Daten zur Herleitung der in Abbildung 26 abgebildeten Risiken der betrachteten Szenarien finden sich im Anhang A4.

Werden die Risiken der 55 Szenarien aggregiert und monetarisiert, so resultieren gut 130'000 CHF für die ungebündelte Variante bzw. rund 150'000 CHF für die gebündelte Variante. Eine Bündelung in diesem Anwendungsbeispiel würde eine Risikoerhöhung von jährlich rund 20'000 CHF oder 15 % führen. Die Szenarien der 15 Grossereignisse decken dabei rund 75 % der Aggregation der 55 Szenarien in Abbildung 26 ab.

Abbildung 27 zeigt die Differenz der Risiken der verschiedenen Szenarien für die Berg-Tunnel Variante zur Bündelung. Negative Werte in der Grafik (orange Balken) bedeuten, dass das Risiko des betreffenden Szenarios in der gebündelten Variante grösser ist als das Risiko im ungebündelten Fall. Positive Werte in der Grafik (blaue Balken) bedeuten, dass das Risiko des betreffenden Szenarios in der ungebündelten Variante grösser. Das trifft etwa für Naturereignisse zu, bei denen die Freileitung der ungebündelten Variante stärker exponiert ist. Die Bündelung führt hier zu einer Reduktion der Risiken insbesondere für die Strom-Infrastruktur.

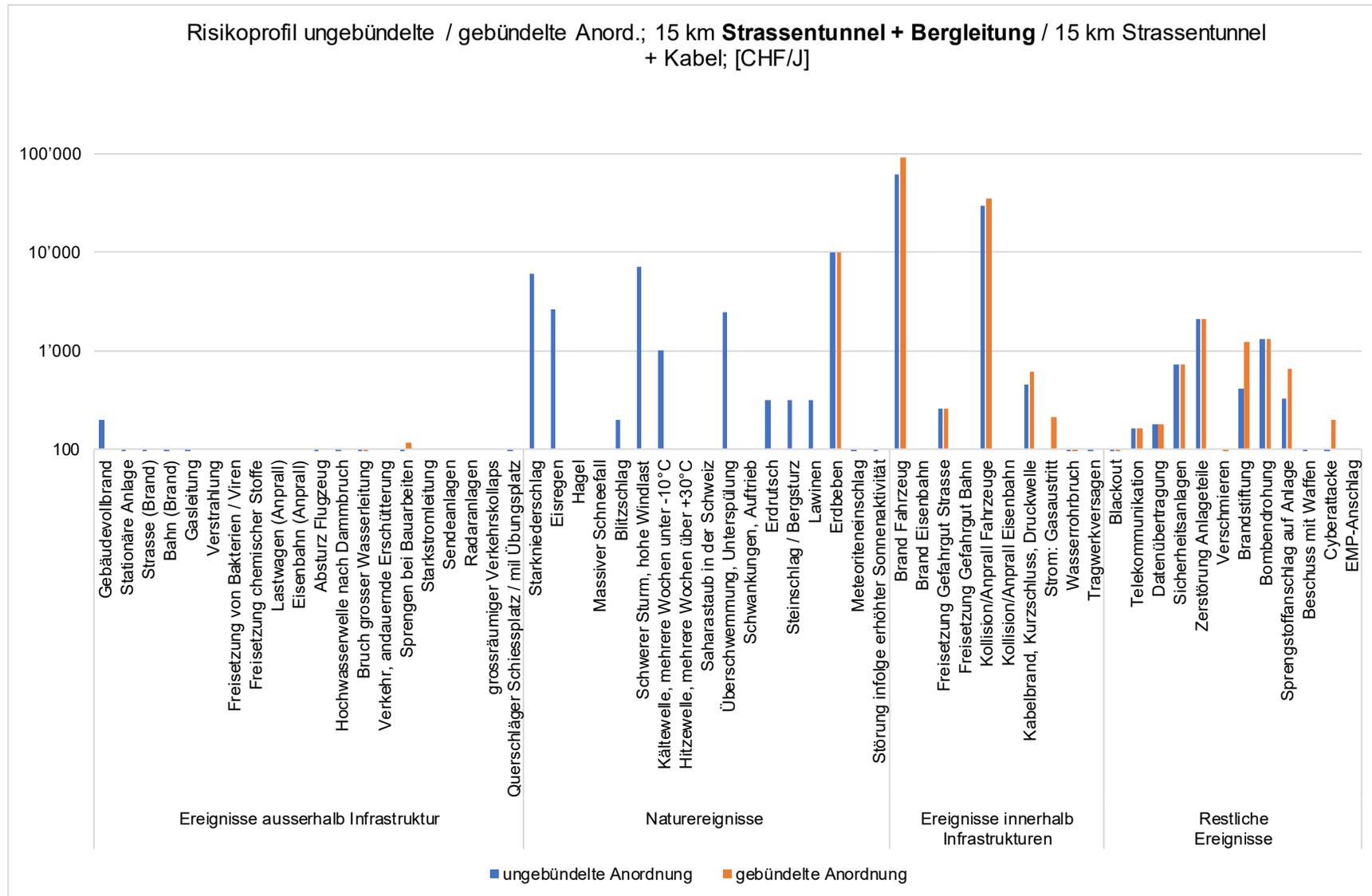


Abbildung 26 Risiken Berg- und Tunnelvariante (logarithmische Skala)

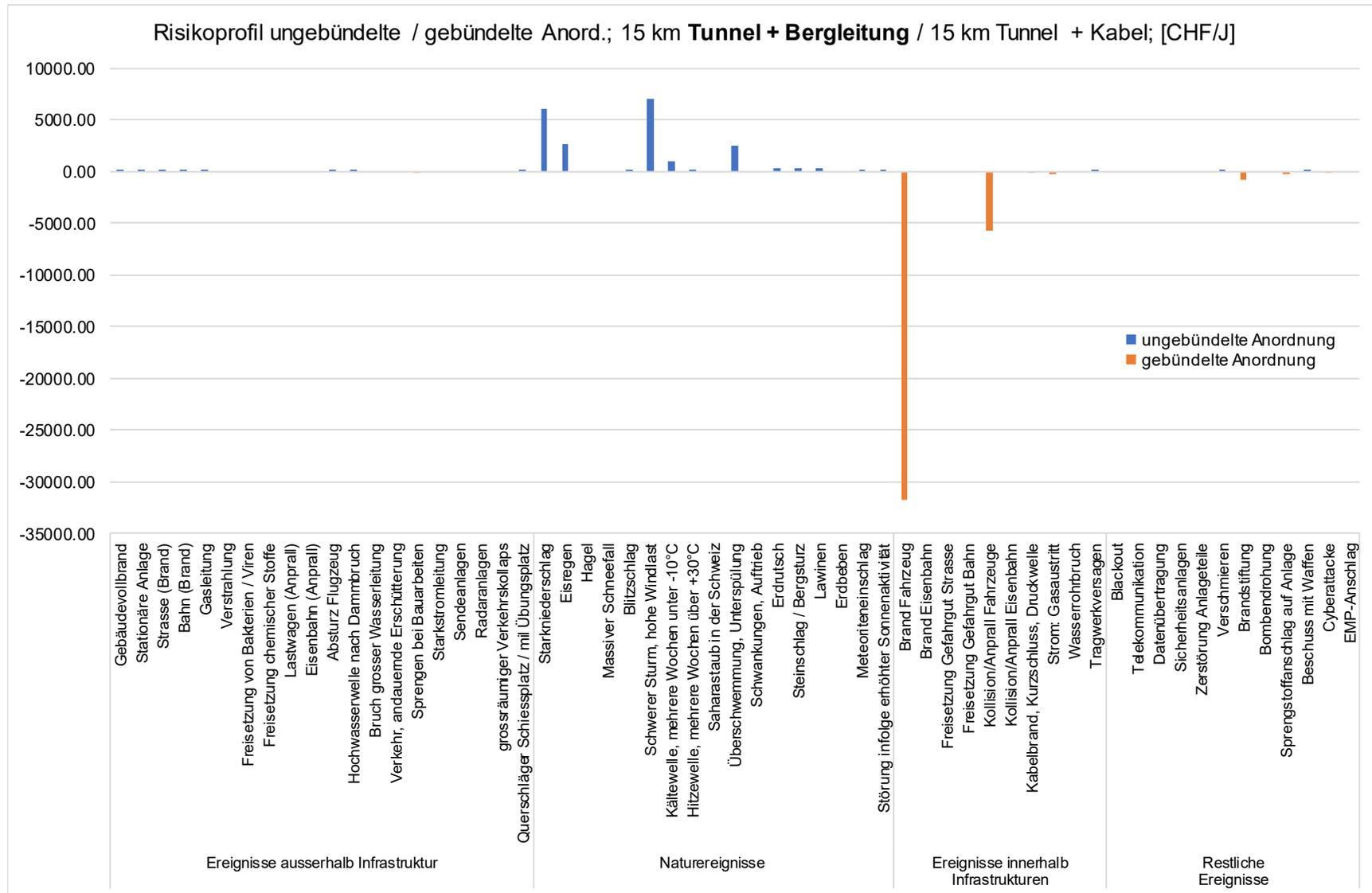


Abbildung 27 Risikoprofil-Differenz Berg- und Tunnelvariante



9.6 Risikoprofil: Bündelung im Mittelland

Auch eine fiktive Bündelung im Mittelland wurde untersucht. Dabei handelt es sich um eine Bündelung entlang einer Hauptachse (Strasse) über eine Länge von 20 km im Mittelland. Im ungebündelten Fall ist die Hochspannungsleitung eine Freileitung und gebündelt eine Kabelleitung. Die absoluten Risiken (berechnet über die Gesamtlänge von 20 km) der berücksichtigten 55 Szenarien sind in Abbildung 28 gezeigt.

Bei einer Monetarisierung und Aggregation der Risiken der 55 Szenarien (Gesamtrisiko) ergeben sich im ungebündelten Fall rund 563'000 CHF. Bei einer Bündelung steigt das aggregierte Risiko auf rund 564'000 CHF. Dieser minimale Risikoanstieg von rund 0.1 % dürfte kleiner sein als die vorhandenen Unschärfen in den Annahmen.

Abbildung 29 zeigt die Differenz der Risiken der verschiedenen Szenarien für die Variante Mittelland im Falle einer Bündelung verglichen mit der Situation ohne Bündelung. Negative Werte in der Grafik (orange Balken) bedeuten, dass das Risiko des betreffenden Szenarios in der gebündelten Variante grösser ist als das Risiko im ungebündelten Fall. Positive Werte in der Grafik (blaue Balken) bedeuten, dass das Risiko des betreffenden Szenarios in der ungebündelten Variante grösser ist.

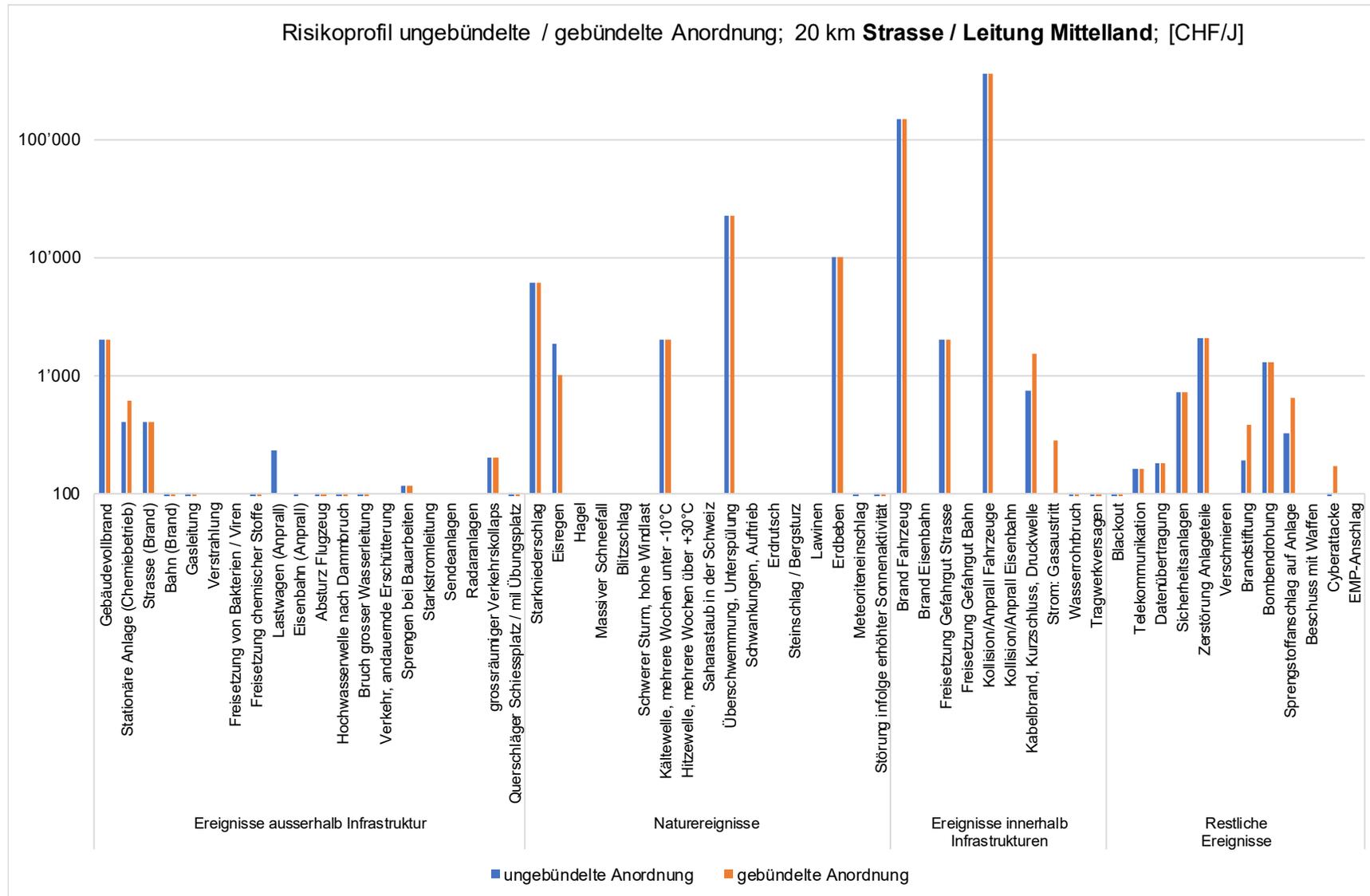


Abbildung 28 Risiken Bündelung Mittelland (logarithmische Skala)

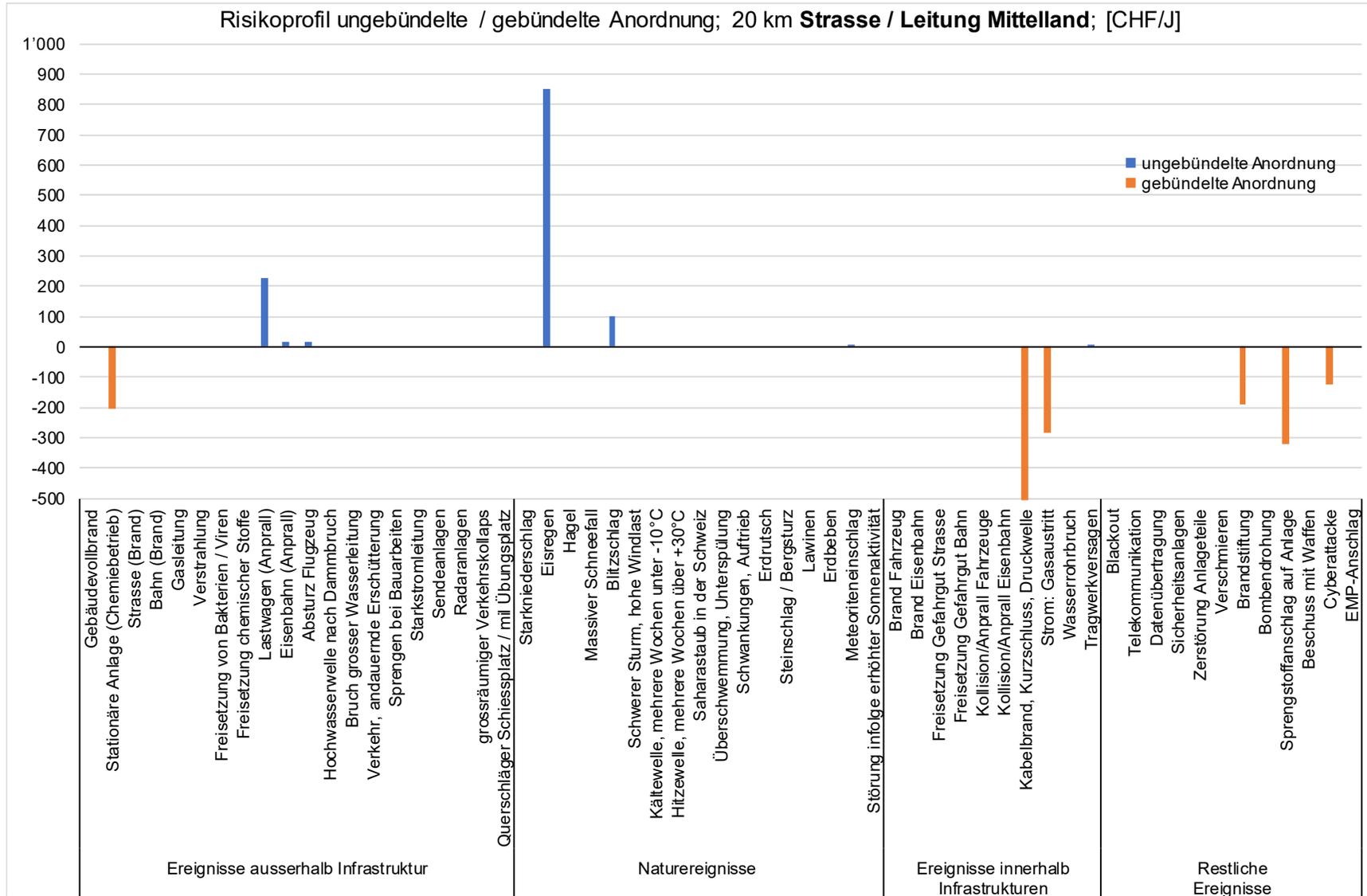


Abbildung 29 Risikoprofil-Differenz Mittelland

10. Beurteilung der Anordnungen

Die verschiedenen möglichen Anordnungen bei einer Bündelung (Anordnungen A – G) werden qualitativ miteinander verglichen. Jede Anordnungsvariante wird für alle berücksichtigten Szenarien qualitativ auf in folgende Kategorien eingeteilt:

Kategorie	Bedeutung
++	Sehr gute Schutzfunktion
+	Gute Schutzfunktion
0	Schutzfunktion genügend
-	Mangelnde Schutzfunktion
--	Schlechte Schutzfunktion

Tabelle 15 Kategorien Bewertung Anordnungsvarianten.

Die Anordnung A ist für die Bündelung Strasse – Strom anwendbar. Die Anordnung B hingegen ist für Bündelungen mit der Bahn von Bedeutung. Bauwerksversagen ist ein Szenario, welches nur für Kunstbauten betrachtet wird. Auf offener Strecke sowie im Tunnel ist spontanes Bauwerksversagen nach Inbetriebnahme nicht von Bedeutung.

Bündelungsanordnung	A	B	D	E	F	G
Brand Strasse	-		+	-	0	-
Anprall Strasse	+		++	+	++	+
Freisetzung Gefahrgut Strasse	-		+/0	-	0	-
Brand Bahn		-	+	-	0	-
Anprall Bahn		--	++	+	++	+
Freisetzung Gefahrgut Bahn		--	+/0	-	0	-
Kurzschluss/Lichtbogen/Druckwelle Strom	0	-	+	0	+	0
Gas-/Rauchfreisetzung Strom	0	--	++	0	+	0
Erdbeben	--	--	--	--	--	--
Lawine	++	++	++	++	++	++
Hochwasser	-	-	-	--	--	0
Anschlag	-	-	0	++	++	--
Cybercrime	--	--	--	--	--	--
Bauwerksversagen						--
Externes Grossereignis	++	++	++	-	-	-

Abbildung 30 Qualitative Beurteilung der verschiedenen Anordnungen A - G

Ein Vergleich zwischen den einzelnen Anordnungen ist grundsätzlich zulässig pro Szenario (Vergleich in der Horizontalen). Die verschiedenen Bündelungsanordnungen A bis G lassen sich aber nicht in eine Rangfolge bringen, da es sich nicht um Varianten handelt. Je nach Situation (offene Strecke, Tunnel, Kunstbauten) können auf einer Strecke verschiedene Bündelungsanordnungen realisiert werden.

Aus Sicht der Sicherheit ist eine grösstmögliche räumliche Trennung zwischen den beiden gebündelten Infrastrukturen vorteilhaft. Daher werden im Tunnel die Anordnungen A und D aus



Sicht Sicherheit als günstiger beurteilt als die Anordnung B; auf offener Strecke wird die Anordnung F als günstiger beurteilt als die Anordnung E.



11. Massnahmen pro Anordnungen

Für die verschiedenen Anordnungsvarianten werden organisatorische, bauliche und technische Massnahmen identifiziert, die die Eintretenswahrscheinlichkeit oder das Schadenausmass eines Szenarios reduzieren können:

Anordnungsanordnungen	A.	B.	D.	E.	F.	G.
Massnahme						
Baulich	Zugang nicht über den Strassenboden (Hebung Schachtdeckel bei Explosion) Möglichst dichte Ausgestaltung (Flüssigkeiten, Gase, Wärme)	Anordnung möglichst im Bankett Führungsschienen oder Leitwand als Anprallschutz anordnen Kabel in Tunnelwand integrieren Möglichst dichte Ausgestaltung (Flüssigkeiten, Gase, Wärme) Anordnung Muffen in sicheren Bereichen (nicht bei Querschlägen, Installationen, anderen Gefährdungsbereichen)	Anordnung im Sicherheitsstollen auf abgewandter Seite Möglichst grosser Abstand Tunnel und Sicherheitsstollen Möglichst dichte Ausgestaltung (Gase, Wärme) Kabel in Wand, Block, Bankett verlegt (mechanischer Schutz)	Zugang nicht über den Strassenboden (Hebung Schachtdeckel bei Explosion) Möglichst grosser Abstand Fahrbahn und Kabelblock (Tiefe) Möglichst dichte Ausgestaltung (Flüssigkeiten, Gase, Wärme)	Möglichst grosser Abstand Fahrbahn und Kabelblock (seitlich, Tiefe) Separater Zugang zu Kabelblock Möglichst dichte Ausgestaltung (Flüssigkeiten, Gase, Wärme)	Zugänge nicht direkt über die Strasse (Druckwellenexplosion) Anordnung Muffen ausserhalb Kunstbaute anordnen (geht bis ca. 2.1 km Länge)
Technisch	Separate Belüftung Zweckmässige Brandabschnittsbildung Kritische Parameter überwachen (Temp...)	Separate Belüftung Kritische Parameter überwachen (Temp...)	Separate Belüftung Zweckmässige Brandabschnittsbildung Kritische Parameter überwachen (Temp...)	Separate Belüftung Zweckmässige Brandabschnittsbildung Kritische Parameter überwachen (Temp...)	Separate Belüftung Zweckmässige Brandabschnittsbildung Kritische Parameter überwachen (Temp...)	Kabel so verlegen, dass Ausdehnung möglich ist (schlaff, Schleife) Kritische Parameter überwachen (Temp...)
Organisatorisch	Betrieb von gemeinsamer Sicherheitsorganisation (Alarmierung, Eskalation, Kommunikation im Ereignisfall, Übungen)	dito	dito	dito	dito	dito
			Nutzung des Sicherheitsstollens möglichst ohne Einschränkung auf Betrieb Kabelleitung			

Abbildung 30 Massnahmen pro Anordnungsvarianten



12. Kosten-Wirksamkeit der Massnahmen

Für die Massnahmen wurden Investitions- und Betriebskosten sowie die erzielbare Risikoreduktion abgeschätzt und daraus die Kostenwirksamkeit der Massnahmen ermittelt.

Massnahmen können nach unterschiedlichen Gesichtspunkten priorisiert werden. Im Vordergrund steht oft die reine Wirkung der Massnahme, also das Mass, um das ein bestehendes Risiko gesenkt werden kann. Die Massnahme kann dabei die Häufigkeit reduzieren und/oder das Schadensausmass von unerwünschten Ereignissen. Die Wirksamkeit einer Massnahme kann angegeben werden als absoluter Wert, beispielsweise in einem Rückgang der Anzahl Todesopfer pro Jahr oder relativ als Prozentwert, bezogen auf das Risiko ohne Massnahmen. Diese Wirksamkeit bezieht sich ausschliesslich auf einen Sicherheitsgewinn. Neben dem beabsichtigten Sicherheitsgewinn kann eine Massnahme auch einen Nutzen im untersuchten System bewirken, etwa indem sie zu einer Effizienzsteigerung führt oder einen Komfortgewinn bzw. eine Kostenreduktion bewirkt.

Setzt man den Sicherheitsgewinn einer Massnahme in Bezug zu den damit verbundenen Kosten für Massnahme, gliedert man die Massnahmen nach der Kosten-Wirksamkeit. Sie ist ein Mass für die Verhältnismässigkeit von Massnahmen.

Die Kosten für Massnahmen sind umfassend zu verstehen und sollten möglichst alle Aufwendungen beinhalten. Das umfasst Investitions- und Betriebskosten (z. B. für Personal), Instandhaltungskosten für Massnahmen, aber auch kostenrelevante Aspekte wie betriebliche Einschränkungen, entgangene Gewinne, usw.

Weil die Wirksamkeit einer Massnahme als jährlich tieferes Schadensausmass beschrieben wird, müssen auch die zugehörigen Kosten in jährlich anfallende Tranchen umgerechnet werden. Dazu werden einmalig anfallende Investitionskosten anhand der erwarteten Nutzungsdauer der Massnahme und einer geschätzten Diskontrate⁹ in Jahreskosten umgerechnet. Diese Umrechnung in Jahreskosten erlaubt es auch, die Kosten von Massnahmen mit unterschiedlicher Nutzungsdauer miteinander zu vergleichen. Die Kosten-Wirksamkeit wird rechnerisch als Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis ausgedrückt.

Die Kosten-Wirksamkeit wurde für folgende Massnahmen beurteilt:

- Alarmierung weiterleiten
- Massnahmenpläne Ereignisbewältigung abstimmen
- Massnahmenpläne Wiederinbetriebnahme abstimmen
- Gemeinsame Übungen durchführen
- Führungsschiene (Anordnung B)
- Bankett härten (Anordnung B)
- Sichere Muffenanordnung (Anordnung B)
- Separate Belüftung (Anordnungen A, B, D)
- Überwachung Normalbetrieb

⁹ Für den Vergleich der Investitionskosten der verschiedenen Massnahmen wurde ein Zinssatz von 2 % angenommen.



Es zeigt sich, dass organisatorische Massnahmen ein günstiges Kostenwirksamkeitsverhältnis aufweisen. Sie erzeugen bei verhältnismässig tiefen Kosten eine spürbare Risikoreduktion. Gleiches gilt für das zweckmässige Anordnen der Muffen. Im Folgenden sind in den Massnahmenblättern weitere Angaben aufgeführt.



13. Massnahmenblätter

Alarmierung weiterleiten	
Beschreibung	Bei schweren Ereignissen wird der Alarm von der betroffenen Infrastruktur an die zweite Infrastruktur weitergeleitet, damit diese geeignete Schutzmassnahmen treffen kann. «Schweres Ereignis» bedeutet, dass Bedingungen eintreten oder Schwellwerte überschritten werden, die die zweite Infrastruktur beeinträchtigen können.
Wirkt bei Anordnungsvariante	<input checked="" type="checkbox"/> alle <input type="checkbox"/> ... (Angabe Variante)
Evtl. wirkt bei Szenario(s)	alle
Typ	<input type="checkbox"/> baulich <input type="checkbox"/> technisch <input checked="" type="checkbox"/> organisatorisch
Wirkung	<input checked="" type="checkbox"/> vermindert Eintretenswahrscheinlichkeit <input checked="" type="checkbox"/> vermindert Schadenausmass
Risikoreduktion [CHF/J] oder [%]	7'000 CHF/J/km bzw. 5 %
Investitionskosten [CHF] (einmalige Kosten)	20'000
Diskontierte Investitionskosten [CHF/J]	2'227
Betriebskosten/Jahr [CHF/J]	2'000
Laufzeit [Anz. J]	10
Wirksamkeit [Risikored./Kosten Mass.]	>>1
Verantwortlich	Planung Jeder Infrastrukturbetreiber Ausführung Jeder Infrastrukturbetreiber Betrieb Jeder Infrastrukturbetreiber
Bemerkungen	<p>Massnahme bedingt, dass die beiden Infrastrukturbetreiber vorgängig die kritischen Bedingungen und Schwellwerte festgelegt haben, bei denen der Alarm ausgelöst wird.</p> <p>Zu prüfen ist, ob das Überschreiten dieser Schwellwerte einen automatischen Alarm auslösen kann.</p> <p>Das Risikoreduktion entsteht durch die Minderung der Ausmasse bei der zweiten Infrastruktur durch die kürzere Handlungszeiten.</p> <p>Annahme: geringe Risikoreduktion (rund 5 %)</p> <p>Es wird angenommen, dass sich die gebündelte Strecke eine Länge von 20km aufweist.</p> <p>Die verwendete Technologie hat eine Lebensdauer von rund 10 Jahren.</p>



Massnahmenpläne Ereignisbewältigung abstimmen	
Beschreibung	Beide Infrastrukturbetreiber legen fest, bei welchen Szenarien sie nicht mehr unabhängig Massnahmen zur Ereignisbewältigung umsetzen können. Für diese Szenarien werden die Massnahmenpläne zur Ereignisbewältigung aufeinander abgestimmt bezüglich <ul style="list-style-type: none">— benötigtes Personal und Einsatzmaterial— benötigter Platz auf Zufahrtsstrecken und am Ereignisort— Zeitbedarf für Beschaffung, Transport, Bewältigung— vordefinierte Abläufe (Drehbücher) zur Bewältigung
Wirkt bei Anordnungsvariante	<input checked="" type="checkbox"/> alle <input type="checkbox"/> ... (Angabe Variante)
Evtl. wirkt bei Szenario(s)	alle
Typ	<input type="checkbox"/> baulich <input checked="" type="checkbox"/> technisch <input checked="" type="checkbox"/> organisatorisch
Wirkung	<input type="checkbox"/> vermindert Eintretenswahrscheinlichkeit <input checked="" type="checkbox"/> vermindert Schadenausmass (erlaubt schnelle Ereignisbewältigung)
Risikoreduktion [CHF/J] oder [%]	14'000 CHF/J/km bzw. 10 %
Investitionskosten [CHF]	40'000
Diskontierte Investitionskosten [CHF/J]	4'453
Betriebskosten/Jahr [CHF/J]	keine
Laufzeit [Anz. J]	10
Wirksamkeit [Risikored./Kosten Mass.]	>> 1
Verantwortlich	Planung Beide Infrastrukturbetreiber gemeinsam Ausführung Beide Infrastrukturbetreiber gemeinsam Betrieb Beide Infrastrukturbetreiber gemeinsam
Bemerkungen	Durch die gemeinsame Ereignisbewältigung kann schneller und effizienter interveniert werden. Alle 10 Jahre sollten die Abstimmung der Ereignisbewältigung überarbeitet werden. Es wird angenommen, dass eine Strecke von rund 20km gebündelt wird.



Massnahmenpläne Wiederinbetriebnahme abstimmen							
Beschreibung	<p>Beide Infrastrukturbetreiber legen fest, bei welchen Szenarien sie nicht unabhängig die Wiederinbetriebnahme durchführen können.</p> <p>Für diese Szenarien werden die Abläufe zur Wiederinbetriebnahme aufeinander abgestimmt bezüglich</p> <ul style="list-style-type: none"> — benötigtes Personal und Einsatzmaterial — benötigter Platz auf Zufahrtsstrecken und am Ereignisort — Zeitbedarf für Beschaffung, Transport, Bewältigung — vordefinierte Abläufe (Drehbücher) zur Wiederinbetriebnahme 						
Wirkt bei Anordnungsvariante	<input checked="" type="checkbox"/> alle <input type="checkbox"/> ... (Angabe Variante)						
Evtl. wirkt bei Szenario(s)	alle						
Typ	<input type="checkbox"/> baulich <input checked="" type="checkbox"/> technisch <input checked="" type="checkbox"/> organisatorisch						
Wirkung	<input type="checkbox"/> vermindert Eintretenswahrscheinlichkeit <input checked="" type="checkbox"/> vermindert Schadenausmass (vermindert Folgeschäden)						
Risikoreduktion [CHF/J] oder [%]	2'800 CHF/Jahr/km bzw. 2 %						
Investitionskosten [CHF]	20'000						
Diskontierte Investitionskosten [CHF/J]	2'227						
Betriebskosten/Jahr [CHF/J]	keine						
Laufzeit [Anz. J]	10						
Wirksamkeit [Risikored./Kosten Mass.]	>> 1						
Verantwortlich	<table border="0"> <tr> <td>Planung</td> <td>Beide Infrastrukturbetreiber gemeinsam</td> </tr> <tr> <td>Ausführung</td> <td>Beide Infrastrukturbetreiber gemeinsam</td> </tr> <tr> <td>Betrieb</td> <td>Beide Infrastrukturbetreiber gemeinsam</td> </tr> </table>	Planung	Beide Infrastrukturbetreiber gemeinsam	Ausführung	Beide Infrastrukturbetreiber gemeinsam	Betrieb	Beide Infrastrukturbetreiber gemeinsam
Planung	Beide Infrastrukturbetreiber gemeinsam						
Ausführung	Beide Infrastrukturbetreiber gemeinsam						
Betrieb	Beide Infrastrukturbetreiber gemeinsam						
Bemerkungen	<p>Unbeabsichtigte Inbetriebnahme ohne Absprache und der Gefahr von Folgeschäden wird hier berücksichtigt.</p> <p>Risikoreduktion sehr gering (2 %), Minimierung Umwegfahrten/schnellere Inbetriebnahme.</p> <p>Die Abstimmungen zur Wiederinbetriebnahmen sollten nach 10 Jahren überprüft und allenfalls überarbeitet/neu bestimmt werden.</p> <p>Es wird angenommen, dass eine Strecke von rund 20km gebündelt wird.</p>						



Gemeinsame Übungen durchführen	
Beschreibung	Beide Infrastrukturbetreiber führen Übungen durch für diejenigen Szenarien, die sie gemeinsam bewältigen müssen (Alarmübung, Stabsübung, Einsatzübung)
Wirkt bei Anordnungsvariante	<input checked="" type="checkbox"/> alle <input type="checkbox"/> ... (Angabe Variante)
Evtl. wirkt bei Szenario(s)	alle
Typ	<input type="checkbox"/> baulich <input type="checkbox"/> technisch <input checked="" type="checkbox"/> organisatorisch
Wirkung	<input type="checkbox"/> vermindert Eintretenswahrscheinlichkeit <input checked="" type="checkbox"/> vermindert Schadenausmass
Risikoreduktion [CHF/J] oder [%]	35'000 CHF/km/Jahr bzw. 25 %
Investitionskosten [CHF]	keine
Diskontierte Investitionskosten [CHF/J]	keine
Betriebskosten/Jahr [CHF/J]	50'000
Laufzeit [Anz. J]	1
Wirksamkeit [Risikored./Kosten Mass.]	>> 1
Verantwortlich	Planung Beide Infrastrukturbetreiber gemeinsam Ausführung Beide Infrastrukturbetreiber gemeinsam Betrieb Beide Infrastrukturbetreiber gemeinsam
Bemerkungen	Übung setzt die Schulung der beiden Organisationen zur Krisenbewältigung voraus. Es wird angenommen, dass jeweils eine Alarmübung/Jahr, alle 2 Jahre eine Stabsübung und alle 5 Jahre eine grosse Einsatzübung stattfinden. Es wird angenommen, dass eine Strecke von rund 20km gebündelt wird.



Führungsschiene	
Beschreibung	Es wird eine Führungsschiene eingebaut, die bei einer Entgleisung ein seitliches Abirren kontrollieren soll und damit die mechanische Einwirkung auf die Kabel verringern soll.
Wirkt bei Anordnungsvariante	<input type="checkbox"/> alle <input checked="" type="checkbox"/> B (Angabe Variante)
Evtl. wirkt bei Szenario(s)	Anprall Zug
Typ	<input checked="" type="checkbox"/> baulich <input type="checkbox"/> technisch <input type="checkbox"/> organisatorisch
Wirkung	<input type="checkbox"/> vermindert Eintretenswahrscheinlichkeit <input checked="" type="checkbox"/> vermindert Schadenausmass
Risikoreduktion [CHF/J/km] oder [%]	400 CHF/J/km bzw. 2 % am Gesamtrisiko
Investitionskosten [CHF/km]	500'000
Diskontierte Investitionskosten [CHF/J]	159'116
Betriebskosten/Jahr [CHF/J]	keine
Laufzeit [Anz. J]	50
Wirksamkeit [Risikored./Kosten Mass.]	<< 1
Verantwortlich	Planung Schiene Ausführung Schiene Betrieb Schiene
Bemerkungen	Bei Leitwinkeln als Massnahme zur Minderung von Anprallrisiken wird jeweils angenommen, dass sich das Schadenausmass im Falle eines Zuganpralles um 90 % reduziert. Hochwirksame Massnahme für Variante B bei Zuganprall im Tunnel (Risikoreduktion um 90 %). Aber anteilmässig im Gesamtrisiko Wirkung gering (2 %). Annahme für Investitionskosten: 500 CHF/Laufmeter (bei Tunnel Neubau). Bei Tunnelumbauten sind die Investitionskosten höher. Führungsschienen bzw. Fangschienen können bei geringen und mittleren Geschwindigkeiten als geeignete Massnahme zur Reduktion der Auswirkungen einer Entgleisung betrachtet werden. Sie beeinflussen aber die dynamischen Eigenschaften des Gleises und erschweren den Unterhalt. Deshalb sind andere konstruktive Massnahmen vorzuziehen.



Bankett härten	
Beschreibung	Das Bankett, das die Kabel enthält, wird gehärtet, z.B. durch (verstärkte) Armierung oder Platten, damit ein Anprall geringere mechanische Einwirkung auf die Kabel aufweist.
Wirkt bei Anordnungsvariante	<input type="checkbox"/> alle <input checked="" type="checkbox"/> B (Angabe Variante)
<i>Evtl. wirkt bei Szenario(s)</i>	<i>Anprall Zug</i>
Typ	<input checked="" type="checkbox"/> baulich <input type="checkbox"/> technisch <input type="checkbox"/> organisatorisch
Wirkung	<input type="checkbox"/> vermindert Eintretenswahrscheinlichkeit <input checked="" type="checkbox"/> vermindert Schadenausmass
Risikoreduktion [CHF/km/J] oder [%]	400 CHF/km/J bzw. 2 %
Investitionskosten [CHF/km]	200'000 CHF/km
Diskontierte Investitionskosten [CHF/J]	127'293
Betriebskosten/Jahr [CHF/J]	keine
Laufzeit [Anz. J]	50
Wirksamkeit [Risikored./Kosten Mass.]	<< 1
Verantwortlich	Planung Schiene Ausführung Schiene Betrieb Schiene
Bemerkungen	Annahme zur Risikoreduktion wie Massnahme «Führungsschiene» (Risikoreduktion: 2 %). Annahme für Investitionskosten: 200 CHF/Laufmeter (bei Tunnel Neubau). Bei Tunnelumbauten sind die Investitionskosten höher.



Sichere Muffenanordnung	
Beschreibung	Die Kabelmuffen sollen in sicheren Bereichen vorgesehen werden, wo sie räumlich nicht in Konflikt mit wichtigen baulichen oder technischen Elementen der ersten Infrastruktur geraten. Also ausserhalb von — Querschläge — Installationen — Kreuzungsstellen — ...
Wirkt bei Anordnungsvariante	<input type="checkbox"/> alle <input checked="" type="checkbox"/> B (Angabe Variante)
Evtl. wirkt bei Szenario(s)	Anprall Zug
Typ	<input checked="" type="checkbox"/> baulich <input type="checkbox"/> technisch <input type="checkbox"/> organisatorisch
Wirkung	<input type="checkbox"/> vermindert Eintretenswahrscheinlichkeit <input checked="" type="checkbox"/> vermindert Schadenausmass (für die erste Infrastruktur)
Risikoreduktion [CHF/J] oder [%]	100 CHF/Jahr/km bzw. 1 %
Investitionskosten [CHF]	20'000 CHF (reine Planungskosten)
Diskontierte Investitionskosten [CHF/J]	636
Betriebskosten/Jahr [CHF/J]	keine
Laufzeit [Anz. J]	50
Wirksamkeit [Risikored./Kosten Mass.]	>1
Verantwortlich	Planung Schiene/Strasse – Absprache mit Strom Ausführung Schiene/Strasse/Strom Betrieb Strom
Bemerkungen	Eine durchdachte Anordnung der Muffenstandorte bei einem Tunnelneubau erfordert keine zusätzlichen Betriebskosten. Die Investitionskosten betragen rund 20'000 CHF und werden in der Planungsphase benötigt, um optimale Standorte für die Muffen zu finden (Absprache unter Infrastrukturbetreibern). Es wird angenommen, dass eine Strecke von rund 20 km gebündelt wird. Erster Infrastrukturbetreiber muss Muffenstandorte bereits in der Planungsphase mit Swissgrid absprechen.



Separate Belüftung	
Beschreibung	Die Wärme aus dem Kabelkanal soll durch eine separate Lüftung abgeführt werden, die unabhängig von der Lüftung der ersten Infrastruktur funktioniert.
Wirkt bei Anordnungsvariante	<input type="checkbox"/> alle <input checked="" type="checkbox"/> A, B, D (Angabe Variante)
<i>Evtl. wirkt bei Szenario(s)</i>	<i>Szenarien Strom als Verursacher</i>
Typ	<input type="checkbox"/> baulich <input checked="" type="checkbox"/> technisch <input type="checkbox"/> organisatorisch
Wirkung	<input checked="" type="checkbox"/> vermindert Eintretenswahrscheinlichkeit <input checked="" type="checkbox"/> vermindert Schadenausmass
Risikoreduktion [CHF/J] oder [%]	100 CHF/km/J bzw. 0.4 %
Investitionskosten [CHF]	500'000 CHF
Diskontierte Investitionskosten [CHF/J]	30'578
Betriebskosten/Jahr [CHF/J]	10'000 CHF/J
Laufzeit [Anz. J]	20
Wirksamkeit [Risikored./Kosten Mass.]	<< 1
Verantwortlich	Planung Strom Ausführung Strom Betrieb Strom
Bemerkungen	Die Risiken der Szenarien, welche ihre Ursache im Höchstspannungskabel haben, werden um jeweils 70 % reduziert. Es wird angenommen, dass eine Strecke von rund 20km gebündelt wird. Eine Erneuerung der technischen Anlagen wird nach 20 Jahren nötig.



Überwachung im Normalbetrieb	
Beschreibung	Überwachung des Zustands der Infrastruktur und der wesentlichen Einflussparameter (Temperatur, Feuchte, Zustand Signalisation, etc). Erfolgt durch jeden Infrastrukturbetreiber separat; mit separaten Systemen (Hard-, Software, Signalübertragungen, Plattformen, Personal). Kann evtl. durch gemeinsames Personal betrieben werden.
Wirkt bei Anordnungsvariante	<input checked="" type="checkbox"/> alle <input type="checkbox"/> ... (Angabe Variante)
Evtl. wirkt bei Szenario(s)	alle
Typ	<input type="checkbox"/> baulich <input checked="" type="checkbox"/> technisch <input checked="" type="checkbox"/> organisatorisch
Wirkung	<input checked="" type="checkbox"/> vermindert Eintretenswahrscheinlichkeit <input type="checkbox"/> vermindert Schadenausmass
Risikoreduktion [CHF/J] oder [%]	
Investitionskosten [CHF]	
Betriebskosten/Jahr [CHF/J]	
Laufzeit [Anz. J]	
Wirksamkeit [Risikored./Kosten Mass.]	
Verantwortlich	Planung Jeder Infrastrukturbetreiber Ausführung Jeder Infrastrukturbetreiber Betrieb Jeder Infrastrukturbetreiber
Bemerkungen	Es handelt sich Standardmassnahmen beider Infrastrukturbetreiber. Es entstehen keine zusätzlichen Investitions- und Betriebskosten durch eine Bündelung.



14. Fazit

Die Risiken von Extremereignissen im Falle einer Bündelung werden von vier Szenarien dominiert. Diese sind:

- Kollision/Anprall Strasse
- Brand Strasse
- Hochwasser
- Erdbeben

Bei einer Bündelung ist in den meisten berücksichtigten Szenarien mit einer leichten Erhöhung der Risiken zu rechnen. Diese Erhöhung beruht hauptsächlich auf der Zunahme des Schadensausmasses im gebündelten Fall. Die Häufigkeit von Ereignissen ändert sich durch die Bündelung in den meisten Fällen nicht.

Bei einer Bündelung mit der Strasse als Trägerinfrastruktur ist bei den dominierenden Szenarien Kollision/Anprall und Brand mit einer leichten Erhöhung der Risiken zu rechnen. Diese Erhöhung beruht hauptsächlich auf der Zunahme des Schadensausmasses in Strassentunnel.

Bei der Bündelung mit der Bahn als Trägerinfrastrukturen sind bei den analogen Szenarien die Risiken und die Risikoerhöhung deutlich tiefer, weil auf der Strasse mehr Ereignisse zu verzeichnen sind.

Beim Szenario Hochwasser ist in der gebündelten Variante mit einem etwas grösseren Risiko zu rechnen, weil bei offenen Strecken, die überschwemmt werden, das Wasser in die Leitungskanäle unter oder neben der Trägerinfrastruktur eindringen kann.

Beim Szenario eines Erdbebens ist mit Schäden über eine grössere Fläche zu rechnen, hier ist aus der Analyse kein Unterschied des Risikos zwischen einer ungebündelten und einer gebündelten Variante zu erwarten.

Die Risikoerhöhung bei den betrachteten Szenarien betrifft alle gebündelten Infrastrukturen, verursacht wird sie zum grössten Teil durch die beiden Trägerinfrastrukturen.

Aus Sicht Sicherheit ist eine grösstmögliche räumliche Trennung zwischen den beiden gebündelten Infrastrukturen anzustreben. Daher werden im Tunnel die Anordnungen A und D aus Sicht Sicherheit als günstiger beurteilt als die Anordnung B; auf offener Strecke wird die Anordnung F als günstiger beurteilt als die Anordnung E.

Bauliche und betriebliche Massnahmen können helfen, die verschiedenen Bündelungsanordnungen zu ertüchtigen. Dabei wird der Fokus auf dem Schutz vor Kollision/Anprall und Brand liegen.



15. Literatur

- [1] Schlussbericht Netzzustandsbericht der Nationalstrassen 2016. Bundesamt für Strassen. 28. August 2017.
- [2] Sicherheit von Strassentunneln / Analyse der Sicherheitsaspekte des Gotthard-Strassentunnels. Fachbericht. Bundesamt für Strassen. November 2010.
- [3] Schienennetz Schweiz. H. C. Wägli. Ausgabe 1998
- [4] Szenarienhandbuch – Typisierte Unfallereignisse im Betrieb. Schweizerische Bundesbahnen SBB, Konzernbereich Sicherheit & Qualität. Stand März 2017.
- [5] Erdverkabelungen im Höchstspannungsnetz. Swisgrid AG, Januar 2017.
- [6] Freileitungen oder Erdkabelleitungen? – Metastudie über die Kriterien und Ergebnisse von Untersuchungen zum Netzausbau. Universitätsverlag Ilmenau, Band 2, 2012.
- [7] Gefährdungsdossiers und Szenarien. Bundesamt für Bevölkerungsschutz, 30. Juni 2015. <https://www.babs.admin.ch/de/aufgabenbabs/gefaehrdrisiken/natgefaehrdanalyse/gefaehrrdossier.html>
- [8] Joint Committee for Structural Safety (JCSS), <https://www.jcss.byg.dtu.dk/>
- [9] Leitfaden zum Schutz kritischer Infrastrukturen - Umsetzungshilfe. Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS). Ausgabe: Juli 2018.
- [10] Zeitkostenansätze im Personenverkehr. Bundesamt für Strassen, 2004
- [11] Neuberechnung Staukosten Schweiz 2010 – 2014 – Schlussbericht. Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), 2016.



A1 Allgemeine Herleitungen Häufigkeit/Ausmasse

A1.1 Strasse Brand Fahrzeug

Thema	Angaben/Herleitung
Herleitung Häufigkeit	<p>Laut [2] ergeben sich 3e-7 Ereignisse/Fz-km auf offener Strecke. Im Tunnel sind es 2e-7 Ereignisse/Fz-km. Kunstbauten werden als offene Strecken betrachtet.</p> <p>Für einen Brand wird angenommen, dass jeweils 30 % der in [2] rapportierten Begegnungs-, Überhol-, Auffahrunfälle sowie weitere 30 % bei Unfällen während dem Fahrstreifenwechsel zu einem Brand führen.</p> <p>Jedes zehnte Ereignis führt zu einem Grossereignis, bei welchem LKW involviert sind. Der LKW-Anteil macht 4 % des Gesamtverkehrsaufkommens aus. Die mittleren DTV Wertegemäss Tabelle 2 werden für die verschiedenen Nationalstrassen-Kategorien benutzt.</p>
Herleitung Ausmass	<p>Bei einem Grossbrand im Tunnel ist mit Todesopfern und grossem Sachschaden zu rechnen. Grossbrände auf Kunstbauten oder auf offener Strecke sind weniger kritisch, da die Hitze entweichen kann.</p> <p>Die indirekten Schäden sind klein, da sich in den meisten Fällen Alternativrouten ergeben (z.B. Ausweichen auf Kantonsstrassen) zudem ist (ausser bei einem Brand im Tunnel) die Sperrzeit aller oder gewisser Spuren (für Unfallaufnahme, Räumung und Wiederinstandstellung) weniger als eine Woche.</p>
Annahmen	Es handelt sich um ein Streckenereignis.

A1.2 Strasse Anprall

Thema	Angaben/Herleitung
Herleitung Häufigkeit	<p>Laut [2] ergeben sich 3e-7 Ereignisse/Fz-km auf offener Strecke. Im Tunnel sind es 2e-7 Ereignisse/Fz-km. Kunstbauten werden als offene Strecken betrachtet.</p> <p>Für einem Anprall wird angenommen, dass jeweils 30 % der in [2] rapportierten Schleuder-/Selbstunfälle sowie jeweils 20 % der Begegnungs-, Überhol-, Auffahr- und Fahrstreifenwechselunfälle zu einer Kollision/Anprall führen.</p> <p>Jedes zehnte Ereignis führt zu einem Grossereignis, bei welchem LKW involviert sind. Der LKW-Anteil macht 4 % des Gesamtverkehrsaufkommens aus. Die mittleren DTV Werte gemäss Tabelle 2 werden für die verschiedenen Nationalstrassen-Kategorien benutzt.</p>
Herleitung Ausmass	<p>Bei einem schweren Anprall ist mit einer geringen Anzahl Toten zu rechnen. Die Ausmasse (Sach- und Personenschaden) sind im ungebündelten Fall unabhängig von der Trägerinfrastruktur. Im gebündelten Fall kann sich bei den Kunstbauten und dem Tunnel durch die mechanische Einwirkung bei beim Anprall allenfalls Schäden an der Stromleitung entstehen.</p> <p>Bei einem Grossbrand im Tunnel ist mit Todesopfern und grossem Sachschaden zu rechnen. Grossbrände auf Kunstbauten oder auf offener Strecke sind weniger kritisch, da die Wärme sich gut ausbreiten kann.</p> <p>Die indirekten Schäden sind klein, da sich in den meisten Fällen Alternativrouten ergeben (z.B. Ausweichen auf Kantonsstrassen) zudem ist die Sperrzeit aller oder gewisser Spuren (für Unfallaufnahme, Räumung und Wiederinstandstellung) weniger als eine Woche.</p>
Annahmen	Es handelt sich um ein Streckenereignis.



A1.3 Strasse Freisetzung Gefahrgut

Thema	Angaben/Herleitung
Herleitung Häufigkeit	<p>Laut [2] ergeben sich $3e-7$ Ereignisse/Fz-km auf offener Strecke. Im Tunnel sind es $2e-7$ Ereignisse/Fz-km. Kunstbauten werden als offene Strecken betrachtet.</p> <p>Jeweils 10 % der in [2] rapportierten nicht-spezifizierten Unfälle (Kategorie Andere Unfälle) werden als potentielle Unfälle mit Gefahrgut betrachtet.</p> <p>Jedes 25. Ereignis führt zu einem Grossereignis mit grossem Gasaustritt aus einem Sattelaufleger. Der LKW-Anteil macht 4 % des Gesamtverkehrsaufkommens aus.</p> <p>Die mittleren DTV Werte gezeigt in Tabelle 2 werden für die verschiedenen Nationalstrassen-Kategorien benutzt.</p>
Herleitung Ausmass	<p>Bei einer schweren Kollision ist mit einer geringen Anzahl Toten zu rechnen. Die Ausmasse (Sach- und Personenschaden) sind im ungebündelten Fall unabhängig von der Trägerinfrastruktur. Im gebündelten Fall kann sich bei den Kunstbauten und dem Tunnel durch die mechanische Einwirkung bei der Kollision allenfalls Schäden an der Stromleitung entstehen.</p> <p>Bei einem Grossbrand im Tunnel ist mit Todesopfern und grossem Sachschaden zu rechnen. Grossbrände auf Kunstbauten oder auf offener Strecke sind weniger kritisch, da die Wärme entweichen kann.</p> <p>Die indirekten Schäden sind klein, da sich in den meisten Fällen Alternativrouten ergeben (z.B. Ausweichen auf Kantonsstrassen) zudem ist die Sperrzeit aller oder gewisser Spuren (für Unfallaufnahme, Räumung und Wiederinstandstellung) weniger als eine Woche.</p>
Annahmen	Es handelt sich um ein Streckenereignis.

A1.4 Bahn Brand

Thema	Angaben/Herleitung
Herleitung Häufigkeit	<p>Die Häufigkeit eines Güterzugbrandes wird der Fall BR.c (Brand Güterzug Tunnel) aus [4] betrachtet. Die gesamte Tunnelstrecke auf dem Normalspurnetz der Schweiz beträgt rund 265 Kilometer. Für das gesamte SBB Schienennetz resultiert eine jährliche Wahrscheinlichkeit von 0.3 für einen Brand.</p> <p>Es wird angenommen, dass jeder dritte Brand sich zu einem Grossereignis entwickelt. Die Güterzuganteile auf den verschiedenen Strecken wurden aus Tabelle 5 berücksichtigt.</p> <p>Die mittleren tägliche Zugverkehrszahlen aus Tabelle 4 werden für die verschiedenen Strecken-Kategorien (Hauptachse, Hauptstrecke, Nebenstrecke) benutzt.</p>
Herleitung Ausmass	<p>Bei einem Grossbrand im Tunnel mit Todesopfern und grossem Sachschaden zu rechnen. Grossbrände auf Kunstbauten oder auf offener Strecke sind weniger kritisch, da die Wärme nicht gefangen ist.</p> <p>Die indirekten Schäden sind klein, da sich in den meisten Fällen Alternativrouten ergeben (z.B. Ausweichen auf Kantonsstrassen) zudem ist (ausser bei einem Brand im Tunnel) die Sperrzeit aller oder gewisser Spuren (für Unfallaufnahme, Räumung und Wiederinstandstellung) weniger als eine Woche.</p>
Annahmen	Es handelt sich um ein Streckenereignis.



A1.5 Bahn Anprall

Thema	Angaben/Herleitung
Herleitung Häufigkeit	<p>Die Häufigkeit einer Kollision/Entgleisung eines Personenzuges wird der Fall ZE1.c (Entgleisung Reisezug wegen technischem Versagen von Infrastrukturanlagen inkl. Fahrbahn) aus [4] betrachtet.</p> <p>Auf dem SBB Netz beträgt die jährliche Häufigkeit für eine Entgleisung/Anprall eines Personenzuges laut [4] rund 0.2.</p> <p>Es wird angenommen, dass jede zehnte Entgleisung zu einem Grosseignis führt, bei welchem der Reisezug mit einer Infrastrukturanlage kollidiert.</p> <p>Die Reisezuganteile auf den verschiedenen Strecken wurden aus Tabelle 5 berücksichtigt.</p> <p>Die mittleren tägliche Zugsverkehrszahlen aus Tabelle 4 werden für die verschiedenen Strecken-Kategorien (Hauptachse, Hauptstrecke, Nebenstrecke) benutzt.</p>
Herleitung Ausmass	<p>Da es sich bei diesem Szenario um einen Unfall mit einem besetzten Reisezug handelt, ist mit vielen Todesopfern zu rechnen. Durch den Anprall mit Infrastrukturanlagen ist ebenfalls mit direktem Sachschaden zu rechnen.</p> <p>Bei einem Grossbrand im Tunnel ist mit Todesopfern und grossem Sachschaden zu rechnen. Entgleisungen mit Kollision der Infrastruktur auf Kunstbauten oder auf offener Strecke können allenfalls bei einer Bündelung grösseren Schaden anrichten verglichen mit dem ungebündelten Fall, da das entlang der Trägerinfrastruktur verlaufende Stromkabel ebenfalls beschädigt oder sogar zerstört werden kann.</p> <p>Die indirekten Schäden sind klein, da sich in den meisten Fällen Alternativrouten ergeben.</p>
Annahmen	Es handelt sich um ein Streckenereignis.

A1.6 Bahn Freisetzung Gefahrgut

Thema	Angaben/Herleitung
Herleitung Häufigkeit	<p>Für die Häufigkeit einer Gefahrgutfreisetzung wird der Fall GG2 (tropfender Kesselwagen – toxisch, ätzend) aus [4] betrachtet.</p> <p>Auf dem SBB Netz beträgt die jährliche Häufigkeit für einen GG2 Unfall laut [4] rund $2e-4$.</p> <p>Die Reisezuganteile auf den verschiedenen Strecken wurden aus Tabelle 5 berücksichtigt.</p> <p>Die mittleren tägliche Zugsverkehrszahlen von Güterzügen aus Tabelle 4 werden für die verschiedenen Strecken-Kategorien (Hauptachse, Hauptstrecke, Nebenstrecke) benutzt.</p>
Herleitung Ausmass	<p>Es ist, wenn überhaupt, mit geringem Personenschaden zu rechnen. Auch der Sachschaden wird gering sein, da keine Schädigung an den Infrastrukturanlagen zu erwarten ist.</p> <p>Durch die rasche Verflüchtigung des toxischen Gases ist davon auszugehen, dass die Sperrzeiten des betroffenen Abschnittes nicht mehr als ein paar Tage betragen.</p> <p>Es ist nicht mit Unterschiede im Ausmass zwischen der verschiedenen Streckentypen, noch zwischen dem gebündelten und ungebündelten Fall zu rechnen.</p>
Annahmen	Es handelt sich um ein Streckenereignis.

A1.7 Strom Kurzschluss, Lichtbogen, Druckwelle

Thema	Angaben/Herleitung
-------	--------------------



Herleitung Häufigkeit	<p>Die Häufigkeit basiert auf den Daten aus Tabelle 7. Es wird angenommen, dass jeweils 50 % aller Fehler, welche die Stromleitungen betreffen, einen Kurzschluss, Lichtbogen und Druckwirkung verursachen.</p> <p>Weiter wird angenommen, dass sich jedes zehnte Ereignis zu einem Grossereignis entwickelt.</p> <p>Die Häufigkeit bleibt für den gebündelten und ungebündelten Fall gleich.</p>
Herleitung Ausmass	<p>Ein Kurzschluss gefährdet nicht direkt Menschen. Die Ausmasse der Personenschäden sowie der direkten Schäden ist für den gebündelten und ungebündelten Fall gleich.</p> <p>Allenfalls wird es im Ereignisfall und einer Bündelung zu einer längeren Sperrung der Fahrbahnen kommen, da für die ungeplante Reparatur Platz benötigt wird.</p> <p>Es gibt keine Unterschiede im Ausmass zwischen der verschiedenen Streckentypen.</p>
Annahmen	Es handelt sich um ein Streckenereignis.

A1.8 Strom Gasaustritt

Thema	Angaben/Herleitung
Herleitung Häufigkeit	<p>Die Häufigkeit basiert auf den Daten aus Tabelle 7. Es wird angenommen, dass jeweils 10 % aller Fehler, welche die Stromleitungen betreffen, einen Gasaustritt verursachen.</p> <p>Bei Freileitungen besteht keine Gefahr eines Gasaustritts, sondern sie betreffen hauptsächlich nur Kabelleitungen (GIL).</p> <p>Weiter wird angenommen, dass jedes zehnte Ereignis sich zu einem Grossereignis entwickelt.</p> <p>Es gibt keine Unterschiede im Ausmass zwischen den verschiedenen Streckentypen.</p>
Herleitung Ausmass	<p>Ein Gasaustritt wird nicht direkt Menschen gefährden. Es besteht jedoch im gebündelten Fall eine grössere Gefahr für Personenschaden durch die grössere Personendichte in der nahen Umgebung als im ungebündelten Fall.</p> <p>Die Ausmasse der Personenschäden und den direkten Schäden ist für den gebündelten und ungebündelten Fall gleich.</p> <p>Allenfalls wird es im Ereignisfall und einer Bündelung zu einer längeren Sperrung der Fahrbahnen kommen, da für die ungeplante Reparatur Platz benötigt wird.</p> <p>Es gibt keine Unterschiede im Ausmass zwischen den verschiedenen Streckentypen.</p>
Annahmen	Es handelt sich um ein Streckenereignis.



A1.9 Erdbeben

Thema	Angaben/Herleitung
Herleitung Häufigkeit	<p>Es wird ein 500-jährliches Erdbeben berücksichtigt (siehe [7]).</p> <p>Bei einem solchen Erdbeben ist rund 5 % der Fläche der Schweiz betroffen (Schadenradius Erdbeben gemäss Gefährungsdossier Bundesamt für Bevölkerungsschutz rund 25 km, was einer Fläche von 1'965 km² entspricht, Fläche Schweiz: 41'285 km²)</p> <p>Es wird angenommen, dass die Bahnstrecken/Strassen sowie die Stromleitungen gleichmässig über die Schweiz verteilt sind.</p> <p>Folglich hat jeder Streckenkilometer eine jährliche Erdbebenwahrscheinlichkeit von $(1/500 \text{ Jahre}) \times (1965/41285) = 0.0001$.</p> <p>Die Häufigkeit bleibt gleich im gebündelten und ungebündelten Fall.</p>
Herleitung Ausmass	<p>Es ist mit vielen Todesopfern zu rechnen. Daher dominieren die Personenschäden.</p> <p>Da es sich beim Erdbeben um ein grossräumiges Ereignis handelt, ist davon auszugehen, dass das Ausmass im gebündelten und ungebündelten Fall gleichbleiben.</p>
Annahmen	Es handelt sich um ein Flächenereignis.

A1.10 Lawinen

Thema	Angaben/Herleitung
Herleitung Häufigkeit	<p>Es wird eine 100-jährliche Lawine berücksichtigt (siehe [7]).</p> <p>Lawinengefahr besteht in den Alpen. Es wird angenommen, dass sich 20 % der Streckenlängen in Lawinengebieten befinden.</p> <p>Hauptsächlich sind Freileitungen von Lawinen betroffen. Folglich besteht im gebündelten Fall keine Gefahr von Lawinen.</p> <p>Im ungebündelten Fall wird in diesem Szenario die Lawinengefahr auf die Freileitung betrachtet.</p> <p>Die Ereigniswahrscheinlichkeit ergibt $(1/100 \text{ Jahre}) \times (0.2/6760) = 7.4e-6$.</p>
Herleitung Ausmass	<p>Der Schaden wird durch die direkten Schäden dominiert (Mast/Kabel, etc. müssen ersetzt werden).</p> <p>Indirekte Schäden sind keine zu erwarten (n-1 Regel).</p>
Annahmen	Es handelt sich um ein Punktereignis.



A1.11 Hochwasser

Thema	Angaben/Herleitung
Herleitung Häufigkeit	<p>Es wird ein 300-jährliches Hochwasser berücksichtigt (siehe [7]).</p> <p>Es wird angenommen, dass Hochwasser in tieferen Lagen eine grössere Bedeutung hat (Sammlung des Wassers) als in den Bergen.</p> <p>Bei einem Hochwasser wird angenommen, dass 5 % der Schweizer Fläche betroffen ist. Dies ergibt (auf offener Strecke) eine jährliche Eintrittswahrscheinlichkeit von $(1/300 \text{ Jahre}) \times 0.05 = 1.7e-4$.</p> <p>Tunnel und Kunstbauten sind durch besseren Schutz (erhöhte Lage) weniger von Hochwasser betroffen. Bei diesen Infrastrukturen wird eine 10fach kleinere Eintrittswahrscheinlichkeit verglichen mit der offenen Strecke angenommen.</p> <p>Die Häufigkeit bleibt im gebündelten/ungebündelten Fall gleich.</p>
Herleitung Ausmass	<p>Hochwasser kündigt sich an. Daher bleibt der Personenschaden in Grenzen.</p> <p>Die direkten Schäden im gebündelten Fall erhöhen sich (grösserer Sachschaden) auf offener Strecke und Kunstbauten. Im Tunnel sind die Kabel gut geschützt und nehmen keinen Schaden bei einem Hochwasser.</p>
Annahmen	<p>Es handelt sich um ein Flächenereignis.</p>

A1.12 Terroranschlag

Thema	Angaben/Herleitung
Herleitung Häufigkeit	<p>Es wird von einem Terroranschlag alle 100 Jahre auf die drei Netze (einzeln betrachtet) ausgegangen.</p> <p>Die einzelnen Anschlagswahrscheinlichkeiten ergeben sich aus: $1/100/\text{Netzlänge}$.</p> <p>Die mittlere jährliche Anschlagswahrscheinlichkeit/km Streckenlänge der drei Infrastrukturen beträgt rund $3.95e-6$.</p> <p>Durch Bündelung steigt die Attraktivität als Ziel (Anschlag richtet grösseren Schaden an). Annahme: Durch die Bündelung wird die Häufigkeit verdoppelt im Vergleich zum ungebündelten Fall.</p>
Herleitung Ausmass	<p>Bei einem externen Grossereignis wird davon ausgegangen, dass die Bahnstrecke/Strasse/Stromleitung zerstört wird. Zudem ist mit grossen Personenschäden zu rechnen.</p> <p>Wenn beide Infrastrukturen vom Terroranschlag betroffen sind (gebündelter Fall), so steigen die Schadenkosten um 50 % (Annahme).</p>
Annahmen	<p>Personenschaden ist primäres Ziel der Attacke.</p>



A1.13 Cybercrime

Thema	Angaben/Herleitung
Herleitung Häufigkeit	<p>Es wird von einem Cybercrime Anschlag alle 100 Jahre auf die drei Netze (einzeln betrachtet) ausgegangen.</p> <p>Die einzelnen Anschlagswahrscheinlichkeiten ergeben sich aus: $1/100/\text{Netzlänge}$.</p> <p>Die mittlere jährliche Anschlagswahrscheinlichkeit/km Streckenlänge der drei Infrastrukturen beträgt rund $3.95e-6$.</p> <p>Die Häufigkeit bleibt im gebündelten/ungebündelten Fall gleich.</p>
Herleitung Ausmass	<p>Bei einem externen Grossereignis wird davon ausgegangen, dass die Bahnstrecke/Strasse/Stromleitung zerstört wird.</p> <p>Bei Stromleitungen besteht kein Personenrisiko (Leitungen sind unbemannt).</p> <p>Wenn beide Infrastrukturen vom externen Grossereignis betroffen sind (gebündelter Fall), so steigen die Schadenkosten um 50 % (Annahme).</p>
Annahmen	<p>Cybercrime Anschläge sind Punktereignisse (z.B. Eingriff in eine Signalsteuerung).</p> <p>Prinzipielle Absicht bei Cybercrime Attacken sind nicht Personenschäden, sondern finanzielle Interessen (z.B. durch Erpressungen)</p>

A1.14 Externes Grossereignis

Thema	Angaben/Herleitung
Herleitung Häufigkeit	<p>Es wird von einem jährlichen Ereignis ausgegangen.</p> <p>Das Ereignis ereignet sich typischerweise nur im Schweizer Mittelland berücksichtigte Fläche = $20'000 \text{ km}^2$</p> <p>Die berücksichtigte Korridorbreite ist 30 m. Die ergibt (bei Berücksichtigung aller 3 Netze) eine Korridorfläche von rund 490 km^2.</p> <p>Folglich ergibt Korridorfläche/ Fläche Mittelland = $2.42e-2$</p> <p>Dividiert durch die Gesamtlänge aller drei Netze ergibt sich eine jährliche Ereigniswahrscheinlichkeit pro Kilometer Lauffläche von rund $3e-6$.</p> <p>Die Häufigkeit bleibt im gebündelten/ungebündelten Fall gleich.</p>
Herleitung Ausmass	<p>Bei einem externen Grossereignis wird davon ausgegangen, dass die Bahnstrecke/Strasse/Stromleitung zerstört wird.</p> <p>Bei Stromleitungen besteht kein Personenrisiko (Leitungen sind unbemannt).</p> <p>Wenn beide Infrastrukturen vom externen Grossereignis betroffen sind (gebündelter Fall), so steigen die Schadenkosten um 50 % (Annahme).</p> <p>Ausmass bleibt gleich im gebündelten/ungebündelten Fall.</p>
Annahmen	<p>Ausgegangen wird von einem externen Grossereignis (Störfall), welches ebenfalls die benachbarten Bahn- / Strassenlinien sowie Höchstspannungskabel beschädigen/zerstören kann.</p> <p>Bei Bündelungen im Tunnel besteht für beide Infrastrukturen keine Gefahr von externen Grossereignissen.</p> <p>Im ungebündelten Fall und der Strasse/Bahn im Tunnel besteht allenfalls für die ausserhalb verlaufende Freileitung die Gefahr von externen Grossereignissen.</p>



A1.15 Spontanes Bauwerksversagen

Thema	Angaben/Herleitung
Herleitung Häufigkeit	Laut [8] und [4] beträgt die jährliche Versagenswahrscheinlichkeit von Gebäuden mit grossen Konsequenzen rund 10^{-7} . Häufigkeit bleibt im gebündelten/ungebündelten Fall gleich.
Herleitung Ausmass	Es ist mit 15 Todesopfern zu rechnen (Szenario BV1 aus [4]) Das Ausmass bleibt gleich im gebündelten/ungebündelten Fall
Annahmen	Spontanes Bauwerksversagen tritt nur bei Kunstbauten auf. Tunnel und offene Strecken versagen nicht spontan nach Inbetriebnahme. Ursachen sind mangelnder Unterhalt, unerkannte Konstruktionsfehler, unzulässige Nutzungsänderungen oder unkorrekte Veränderungen am Bauwerk.



A2 Szenarienbeschrieb

Die betrachteten Szenarien von Extremereignissen sind in diesem Anhang beschrieben. Der Szenarienbeschrieb beinhaltet eine Ereignisbeschreibung, Häufigkeitsschätzungen sowie Einschätzungen der Ausmasse. Die Ausmasse werden unterteilt in Personenschäden.

Bei den Personenschäden werden schwerverletzte Personen und Todesopfer betrachtet. Dabei werden für die Grenzkostenbetrachtung 10 Schwerverletzte einem Todesopfer gleichgesetzt. Die genannten Grenzkosten stützen sich auf [9].



A2.1 Szenario Brand Fahrzeug/Ladung

Lage	offene Strecke	Kunstbauten	Tunnel																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Ereignisbeschreibung	<p>Brand von Fahrzeugen Schwere Fahrzeuge und deren Ladung brennen. Ursache für den Brand sind einerseits technisches Versagen oder Auffahrten. Es gibt starke Rauchentwicklung und beide Richtungen werden gesperrt. Die Gegenrichtung wird gesperrt um den rettungskräften Zugang zur Unfallstelle zu gewähren. Teilweise entweichen giftige Gase. Der Brand ist nach mehreren Stunden gelöscht (inklusive Kühlung und Brandwache). Die betroffenen Fahrzeuge brennen vollständig aus. Die verbrannten und beschädigten Fahrzeuge werden von der Fahrbahn geräumt, so dass alle Fahrbahnen wieder freigegeben werden können. (Sperrung dauert mindestens einen halben Tag)</p> <p>Bei Bündelung Durch den Unfall muss die Stromleitung während der Bergung und Instandsetzung sicherheitshalber unterbrochen werden. Beschädigung der Stromleitung (thermische Einwirkung) unwahrscheinlich.</p>	<p>Brand von Fahrzeugen Schwere Fahrzeuge und deren Ladung brennen. Ursache für den Brand sind einerseits technisches Versagen oder Auffahrten. Es gibt starke Rauchentwicklung und beide Richtungen werden gesperrt. Teilweise entweichen giftige Gase. Der Brand ist nach mehreren Stunden gelöscht (inklusive Kühlung und Brandwache). Die betroffenen Fahrzeuge brennen vollständig aus. Die verbrannten und beschädigten Fahrzeuge werden von der Fahrbahn geräumt, so dass alle Fahrbahnen wieder freigegeben werden können. Durch die erschwerte Zufahrt im Vergleich zur offenen Strecke dauert die Brandlöschung länger. Zudem muss die Kunstbaute nach dem Unfall statisch untersucht werden.</p> <p>Bei Bündelung Durch den Unfall muss die Stromleitung während der Bergung und Instandsetzung sicherheitshalber unterbrochen werden. Beschädigung der Stromleitung (thermische Einwirkung) möglich.</p>	<p>Brand von Fahrzeugen Schwere Fahrzeuge und deren Ladung brennen. Ursache für den Brand sind einerseits technisches Versagen oder Auffahrten. Es gibt starke Rauchentwicklung und der Tunnel wird vollständig gesperrt. Durch die automatische Ampelanlage im Tunneleingang kann die Anzahl Fahrzeuge im Tunnel minimiert werden. Personen, welche sich im Tunnel befinden, flüchten in den Sicherheitsstollen. Durch Personen auf der Fahrbahn ergibt sich eine erhöhte Personunfallgefahr. Teilweise entweichen giftige Gase. Durch die grosse Hitzeentwicklung ergeben sich grosse Schäden an der Infrastruktur, welche lange Sperrungen mit sich ziehen. Die betroffenen Fahrzeuge brennen vollständig aus.</p> <p>Bei Bündelung Durch den Unfall muss die Stromleitung während der Bergung und Instandsetzung sicherheitshalber unterbrochen werden. Beschädigung der Stromleitung (thermische Einwirkung) wahrscheinlich.</p>																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Häufigkeitschätzung	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Hauptachsen</th> <th>Strasse mit viel Verkehr</th> <th>Strasse mit wenig Verkehr</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.11E-03</td> <td>9.92E-04</td> <td>1.89E-04</td> </tr> </tbody> </table>	Hauptachsen	Strasse mit viel Verkehr	Strasse mit wenig Verkehr	1.11E-03	9.92E-04	1.89E-04	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Hauptachsen</th> <th>Strasse mit viel Verkehr</th> <th>Strasse mit wenig Verkehr</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.11E-03</td> <td>9.92E-04</td> <td>1.89E-04</td> </tr> </tbody> </table>	Hauptachsen	Strasse mit viel Verkehr	Strasse mit wenig Verkehr	1.11E-03	9.92E-04	1.89E-04	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Hauptachsen</th> <th>Strasse mit viel Verkehr</th> <th>Strasse mit wenig Verkehr</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.13E-03</td> <td>1.01E-03</td> <td>1.92E-04</td> </tr> </tbody> </table>	Hauptachsen	Strasse mit viel Verkehr	Strasse mit wenig Verkehr	1.13E-03	1.01E-03	1.92E-04																																																																																																																																																																																																																																																															
Hauptachsen	Strasse mit viel Verkehr	Strasse mit wenig Verkehr																																																																																																																																																																																																																																																																																		
1.11E-03	9.92E-04	1.89E-04																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Hauptachsen	Strasse mit viel Verkehr	Strasse mit wenig Verkehr																																																																																																																																																																																																																																																																																		
1.11E-03	9.92E-04	1.89E-04																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Hauptachsen	Strasse mit viel Verkehr	Strasse mit wenig Verkehr																																																																																																																																																																																																																																																																																		
1.13E-03	1.01E-03	1.92E-04																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Schadenausmass	<p>U: ungebündelt G: gebündelt</p> <p>Todesopfer (1 Toter=10 SV)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>0</th> <th>0-1</th> <th>1-3</th> <th>4-10</th> <th>11-30</th> <th>31-100</th> <th>>100 (200)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Direkte Schäden (Mio CHF) (Bau, Technik, Fahrzeuge)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><0.1</th> <th>0.1 - 0.3</th> <th>0.3 - 1</th> <th>1 - 3</th> <th>3 - 10</th> <th>11 - 30</th> <th>> 30 (50)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Indirekte Schäden [Sperrung]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Hauptachsen</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Strasse mit viel Verkehr</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Strasse mit wenig Verkehr</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)			UG					<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)			UG					Hauptachsen							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)			UG					Strasse mit viel Verkehr							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)			UG					Strasse mit wenig Verkehr							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)			UG					<p>Todesopfer (1 Toter=10 SV)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>0</th> <th>0-1</th> <th>1-3</th> <th>4-10</th> <th>11-30</th> <th>31-100</th> <th>>100 (200)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Direkte Schäden (Mio CHF) (Bau, Technik, Fahrzeuge)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><0.1</th> <th>0.1 - 0.3</th> <th>0.3 - 1</th> <th>1 - 3</th> <th>3 - 10</th> <th>11 - 30</th> <th>> 30 (50)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>U</td> <td>G</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Indirekte Schäden [Sperrung]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Hauptachsen</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Strasse mit viel Verkehr</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Strasse mit wenig Verkehr</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> </tr> </tbody> </table>	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)			UG					<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)				U	G			Hauptachsen							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)				UG				Strasse mit viel Verkehr							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)					UG			Strasse mit wenig Verkehr							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)							UG	<p>Todesopfer (1 Toter=10 SV)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>0</th> <th>0-1</th> <th>1-3</th> <th>4-10</th> <th>11-30</th> <th>31-100</th> <th>>100 (200)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Direkte Schäden (Mio CHF) (Bau, Technik, Fahrzeuge)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><0.1</th> <th>0.1 - 0.3</th> <th>0.3 - 1</th> <th>1 - 3</th> <th>3 - 10</th> <th>11 - 30</th> <th>> 30 (50)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>U</td> <td>G</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Indirekte Schäden [Sperrung]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Hauptachsen</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Strasse mit viel Verkehr</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Strasse mit wenig Verkehr</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> </tr> </tbody> </table>	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)				UG				<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)					U	G		Hauptachsen							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)					UG			Strasse mit viel Verkehr							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)							UG	Strasse mit wenig Verkehr							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)							UG
0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Hauptachsen																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Strasse mit viel Verkehr																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Strasse mit wenig Verkehr																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)																																																																																																																																																																																																																																																																														
			U	G																																																																																																																																																																																																																																																																																
Hauptachsen																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
			UG																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Strasse mit viel Verkehr																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
				UG																																																																																																																																																																																																																																																																																
Strasse mit wenig Verkehr																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
						UG																																																																																																																																																																																																																																																																														
0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)																																																																																																																																																																																																																																																																														
			UG																																																																																																																																																																																																																																																																																	
<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)																																																																																																																																																																																																																																																																														
				U	G																																																																																																																																																																																																																																																																															
Hauptachsen																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
				UG																																																																																																																																																																																																																																																																																
Strasse mit viel Verkehr																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
						UG																																																																																																																																																																																																																																																																														
Strasse mit wenig Verkehr																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
						UG																																																																																																																																																																																																																																																																														



A2.2 Szenario Kollision/Anprall Strasse

Lage	offene Strecke	Kunstbaute	Tunnel																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Ereignisbeschreibung	<p>Kollision Fahrzeug mit Infrastruktur Schweres Fahrzeug kollidiert mit der Infrastruktur (Stütze, Zaun, Leiplanke, etc.). Das Fahrzeug gerät nicht in Brand, Brandgefahr kann aber bestehen. Die Fahrbahnen werden während der Bergung und der Unfallaufnahme gesperrt. Blaulichorgansiationen sind vor Ort. Die Fahrbahn wird nach mehreren Stunden wieder freigegeben. Durch die hohe Geschwindigkeit beim Aufprall ist mit Toten und Schwerverletzten zu rechnen. Nach der Bergung wird der betroffene Streckenabschnitt wieder freigegeben.</p> <p>Bei Bündelung Durch den Unfall muss die Stromleitung während der Bergung und Instandsetzung sicherheitshalber unterbrochen werden. Beschädigung der Stromleitung (mechanische Einwirkung) unwahrscheinlich.</p>	<p>Kollision Fahrzeug mit Infrastruktur Schweres Fahrzeug kollidiert mit der Infrastruktur (Stütze, Zaun, Leiplanke, etc.). Das Fahrzeug gerät nicht in Brand, Brandgefahr kann aber bestehen. Die Fahrbahnen werden in beide Richtungen während der Bergung und der Unfallaufnahme gesperrt. Blaulichorgansiationen sind vor Ort. Die Fahrbahn wird nach mehreren Stunden wieder freigegeben. Eventuell ist die Statik der Kunstbaute zu untersuchen - Dies führt zu Verzögerungen bei der Wiederöffnung des betroffenen Bauwerks. Durch die hohe Geschwindigkeit beim Aufprall ist mit Toten und Schwerverletzten zu rechnen.</p> <p>Bei Bündelung Durch den Unfall muss die Stromleitung während der Bergung und Instandsetzung sicherheitshalber unterbrochen werden. Beschädigung der Stromleitung (mechanische Einwirkung) möglich.</p>	<p>Kollision Fahrzeug mit Infrastruktur Schweres Fahrzeug kollidiert mit der Tunnelwand. Das Fahrzeug gerät nicht in Brand, Brandgefahr kann aber bestehen. Der Tunnel muss für die Bergung und der Unfallaufnahme in alle Richtungen gesperrt werden. Blaulichorgansiationen sind vor Ort. Durch die hohe Geschwindigkeit beim Aufprall ist mit Toten und Schwerverletzten zu rechnen. Durch den erschwerten Zugang und die engen Platzverhältnisse ist mit einer längeren Fahrbahnspernung im Vergleich zur offenen Strecke zu rechnen.</p> <p>Bei Bündelung Durch den Unfall muss die Stromleitung während der Bergung und Instandsetzung sicherheitshalber unterbrochen werden. Beschädigung der Stromleitung (mechanische Einwirkung) möglich.</p>																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Häufigkeitschätzung	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Hauptachsen</th> <th>Strasse mit viel Verkehr</th> <th>Strasse mit wenig Verkehr</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3.27E-03</td> <td>2.93E-03</td> <td>5.59E-04</td> </tr> </tbody> </table>	Hauptachsen	Strasse mit viel Verkehr	Strasse mit wenig Verkehr	3.27E-03	2.93E-03	5.59E-04	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Hauptachsen</th> <th>Strasse mit viel Verkehr</th> <th>Strasse mit wenig Verkehr</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3.27E-03</td> <td>2.93E-03</td> <td>5.59E-04</td> </tr> </tbody> </table>	Hauptachsen	Strasse mit viel Verkehr	Strasse mit wenig Verkehr	3.27E-03	2.93E-03	5.59E-04	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Hauptachsen</th> <th>Strasse mit viel Verkehr</th> <th>Strasse mit wenig Verkehr</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.06E-03</td> <td>1.84E-03</td> <td>3.51E-04</td> </tr> </tbody> </table>	Hauptachsen	Strasse mit viel Verkehr	Strasse mit wenig Verkehr	2.06E-03	1.84E-03	3.51E-04																																																																																																																																																																																																																																																															
Hauptachsen	Strasse mit viel Verkehr	Strasse mit wenig Verkehr																																																																																																																																																																																																																																																																																		
3.27E-03	2.93E-03	5.59E-04																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Hauptachsen	Strasse mit viel Verkehr	Strasse mit wenig Verkehr																																																																																																																																																																																																																																																																																		
3.27E-03	2.93E-03	5.59E-04																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Hauptachsen	Strasse mit viel Verkehr	Strasse mit wenig Verkehr																																																																																																																																																																																																																																																																																		
2.06E-03	1.84E-03	3.51E-04																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Schadenausmass	<p>U: ungebündelt G: gebündelt</p> <p>Todesopfer (1 Toter=10 SV)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>0</th> <th>0-1</th> <th>1-3</th> <th>4-10</th> <th>11-30</th> <th>31-100</th> <th>>100 (200)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Direkte Schäden (Mio CHF) (Bau, Technik, Fahrzeuge)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><0,1</th> <th>0,1 - 0,3</th> <th>0,3 - 1</th> <th>1 - 3</th> <th>3 - 10</th> <th>11 - 30</th> <th>> 30 (50)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Indirekte Schäden [Sperrung]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Hauptachsen</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Strasse mit viel Verkehr</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Strasse mit wenig Verkehr</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)			UG					<0,1	0,1 - 0,3	0,3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)			UG					Hauptachsen							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)			UG					Strasse mit viel Verkehr							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)			UG					Strasse mit wenig Verkehr							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)			UG					<p>Todesopfer (1 Toter=10 SV)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>0</th> <th>0-1</th> <th>1-3</th> <th>4-10</th> <th>11-30</th> <th>31-100</th> <th>>100 (200)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Direkte Schäden (Mio CHF) (Bau, Technik, Fahrzeuge)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><0,1</th> <th>0,1 - 0,3</th> <th>0,3 - 1</th> <th>1 - 3</th> <th>3 - 10</th> <th>11 - 30</th> <th>> 30 (50)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>U</td> <td>G</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Indirekte Schäden [Sperrung]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Hauptachsen</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Strasse mit viel Verkehr</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Strasse mit wenig Verkehr</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)			UG					<0,1	0,1 - 0,3	0,3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)			U	G				Hauptachsen							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)			UG					Strasse mit viel Verkehr							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)			UG					Strasse mit wenig Verkehr							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)			UG					<p>Todesopfer (1 Toter=10 SV)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>0</th> <th>0-1</th> <th>1-3</th> <th>4-10</th> <th>11-30</th> <th>31-100</th> <th>>100 (200)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Direkte Schäden (Mio CHF) (Bau, Technik, Fahrzeuge)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><0,1</th> <th>0,1 - 0,3</th> <th>0,3 - 1</th> <th>1 - 3</th> <th>3 - 10</th> <th>11 - 30</th> <th>> 30 (50)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>U</td> <td>G</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Indirekte Schäden [Sperrung]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Hauptachsen</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Strasse mit viel Verkehr</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Strasse mit wenig Verkehr</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)			UG					<0,1	0,1 - 0,3	0,3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)			U	G				Hauptachsen							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)			UG					Strasse mit viel Verkehr							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)			UG					Strasse mit wenig Verkehr							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)			UG				
0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
<0,1	0,1 - 0,3	0,3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Hauptachsen																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Strasse mit viel Verkehr																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Strasse mit wenig Verkehr																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
<0,1	0,1 - 0,3	0,3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		U	G																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Hauptachsen																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Strasse mit viel Verkehr																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Strasse mit wenig Verkehr																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
<0,1	0,1 - 0,3	0,3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		U	G																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Hauptachsen																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Strasse mit viel Verkehr																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Strasse mit wenig Verkehr																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		



A2.3 Szenario Gefahrgutfreisetzung Strasse

Lage	offene Strecke	Kunstbaute	Tunnel																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Ereignisbeschreibung	<p>Freisetzung von Gefahrgut Ein LKW setzt Gefahrgut frei. Die Freisetzung führt zu einer Kettenreaktion, welche zu grosser Hitzeentwicklung, grossen Konzentrationen von giftigen Gasen oder Explosionen führen kann. Das Fahrzeug wird gestoppt. Die Gase verflüchtigen sich in den meisten Fällen relativ schnell. Durch die giftigen Gase und die grosse Hitzeentwicklung ist bei einigen Personen mit Atemnotsymptomen zu rechnen. In Ausnahmefällen muss mit Toten gerechnet werden. Der Ort um den LKW wird grossräumig abgesperrt und die Ladung wird gekühlt/gesichert. Die Strecke bleibt für mehrere Stunden gesperrt</p> <p>Bei Bündelung Die Stromleitung wird sicherheitshalber abgeschaltet. Mit direkten Schäden am Stromkabel ist nicht zu rechnen. Jedoch austretende flüssige stark korrosive Materialien können allenfalls die Leitung beschädigen.</p>	<p>Freisetzung von Gefahrgut Ein LKW setzt Gefahrgut frei. Die Freisetzung führt zu einer Kettenreaktion, welche zu grosser Hitzeentwicklung, grossen Konzentrationen von giftigen Gasen oder Explosionen führen kann. Das Fahrzeug wird gestoppt. Die Gase verflüchtigen sich in den meisten Fällen relativ schnell. Durch die giftigen Gase und die grosse Hitzeentwicklung ist bei einigen Personen mit Atemnotsymptomen zu rechnen. In Ausnahmefällen muss mit Toten gerechnet werden. Der Ort um den LKW wird grossräumig abgesperrt und der Container wird gekühlt. Die Strecke bleibt für ca. einen Tag gesperrt. Durch die schlechtere Interventionsmöglichkeiten verglichen mit der offenen Strecke sind die Auswirkungen erhöht.</p> <p>Bei Bündelung Die Stromleitung wird sicherheitshalber abgeschaltet. Mit direkten Schäden am Stromkabel ist nicht zu rechnen. Jedoch austretende flüssige stark korrosive Materialien können allenfalls die Leitung beschädigen.</p>	<p>Freisetzung von Gefahrgut Ein LKW setzt Gefahrgut frei. Die Freisetzung führt zu einer Kettenreaktion, welche zu grosser Hitzeentwicklung, grossen Konzentrationen von giftigen Gasen oder Explosionen führen kann. Das Fahrzeug wird gestoppt. Die Gase verflüchtigen sich in den meisten Fällen relativ schnell. Durch die giftigen Gase und die grosse Hitzeentwicklung ist bei einigen Personen mit Atemnotsymptomen zu rechnen. Durch die teilweise grosse giftige Konzentration ist mit einigen Toten zu rechnen (Erstickung). Der Ort um den LKW wird grossräumig abgesperrt und der Container wird gekühlt. Durch die schlechtere Interventionsmöglichkeiten und die hohe Gaskonzentration verglichen mit der offenen Strecke sind die Auswirkungen erhöht und der betroffene Streckenabschnitt bleibt bis zu einer Woche geschlossen.</p> <p>Bei Bündelung Die Stromleitung wird sicherheitshalber abgeschaltet. Mit direkten Schäden am Stromkabel ist nicht zu rechnen. Jedoch austretende flüssige stark korrosive Materialien können allenfalls die Leitung beschädigen.</p>																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Häufigkeitschätzung Ereignisse/Jahr/km NS	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Hauptachsen</th> <th>Strasse mit viel Verkehr</th> <th>Strasse mit wenig Verkehr</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.94E-05</td> <td>1.74E-05</td> <td>3.32E-06</td> </tr> </tbody> </table>	Hauptachsen	Strasse mit viel Verkehr	Strasse mit wenig Verkehr	1.94E-05	1.74E-05	3.32E-06	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Hauptachsen</th> <th>Strasse mit viel Verkehr</th> <th>Strasse mit wenig Verkehr</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.94E-05</td> <td>1.74E-05</td> <td>3.32E-06</td> </tr> </tbody> </table>	Hauptachsen	Strasse mit viel Verkehr	Strasse mit wenig Verkehr	1.94E-05	1.74E-05	3.32E-06	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Hauptachsen</th> <th>Strasse mit viel Verkehr</th> <th>Strasse mit wenig Verkehr</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.94E-05</td> <td>6.24E-06</td> <td>1.19E-06</td> </tr> </tbody> </table>	Hauptachsen	Strasse mit viel Verkehr	Strasse mit wenig Verkehr	1.94E-05	6.24E-06	1.19E-06																																																																																																																																																																																																																																																															
Hauptachsen	Strasse mit viel Verkehr	Strasse mit wenig Verkehr																																																																																																																																																																																																																																																																																		
1.94E-05	1.74E-05	3.32E-06																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Hauptachsen	Strasse mit viel Verkehr	Strasse mit wenig Verkehr																																																																																																																																																																																																																																																																																		
1.94E-05	1.74E-05	3.32E-06																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Hauptachsen	Strasse mit viel Verkehr	Strasse mit wenig Verkehr																																																																																																																																																																																																																																																																																		
1.94E-05	6.24E-06	1.19E-06																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Schadenausmass	<p>U: ungebündelt G: gebündelt</p> <p>Todesopfer (1 Toter=10 SV)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>0</th> <th>0-1</th> <th>1-3</th> <th>4-10</th> <th>11-30</th> <th>31-100</th> <th>>100 (200)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Direkte Schäden (Mio CHF) (Bau, Technik, Fahrzeuge)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><0.1</th> <th>0.1 - 0.3</th> <th>0.3 - 1</th> <th>1 - 3</th> <th>3 - 10</th> <th>11 - 30</th> <th>> 30 (50)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Indirekte Schäden [Sperrung]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Hauptachsen</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Strasse mit viel Verkehr</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Strasse mit wenig Verkehr</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)			UG					<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)		UG						Hauptachsen							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)			UG					Strasse mit viel Verkehr							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)			UG					Strasse mit wenig Verkehr							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)			UG					<p>Todesopfer (1 Toter=10 SV)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>0</th> <th>0-1</th> <th>1-3</th> <th>4-10</th> <th>11-30</th> <th>31-100</th> <th>>100 (200)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Direkte Schäden (Mio CHF) (Bau, Technik, Fahrzeuge)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><0.1</th> <th>0.1 - 0.3</th> <th>0.3 - 1</th> <th>1 - 3</th> <th>3 - 10</th> <th>11 - 30</th> <th>> 30 (50)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Indirekte Schäden [Sperrung]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Hauptachsen</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Strasse mit viel Verkehr</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Strasse mit wenig Verkehr</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)			UG					<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)		UG						Hauptachsen							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)			UG					Strasse mit viel Verkehr							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)			UG					Strasse mit wenig Verkehr							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)			UG					<p>Todesopfer (1 Toter=10 SV)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>0</th> <th>0-1</th> <th>1-3</th> <th>4-10</th> <th>11-30</th> <th>31-100</th> <th>>100 (200)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Direkte Schäden (Mio CHF) (Bau, Technik, Fahrzeuge)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><0.1</th> <th>0.1 - 0.3</th> <th>0.3 - 1</th> <th>1 - 3</th> <th>3 - 10</th> <th>11 - 30</th> <th>> 30 (50)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Indirekte Schäden [Sperrung]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Hauptachsen</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Strasse mit viel Verkehr</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Strasse mit wenig Verkehr</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)			UG					<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)		UG						Hauptachsen							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)			UG					Strasse mit viel Verkehr							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)			UG					Strasse mit wenig Verkehr							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)			UG				
0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)																																																																																																																																																																																																																																																																														
	UG																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Hauptachsen																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Strasse mit viel Verkehr																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Strasse mit wenig Verkehr																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)																																																																																																																																																																																																																																																																														
	UG																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Hauptachsen																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Strasse mit viel Verkehr																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Strasse mit wenig Verkehr																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)																																																																																																																																																																																																																																																																														
	UG																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Hauptachsen																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Strasse mit viel Verkehr																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Strasse mit wenig Verkehr																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		



A2.4 Szenario Brand Bahn

Lage	offene Strecke	Kunstbaute	Tunnel																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Ereignisbeschreibung	<p>Brand von Güterwagen Ein Güterwagen und dessen Ladung brennen. Es gibt starke Rauchentwicklung. Der betroffene Streckenabschnitt wird gesperrt. Ebenfalls werden Personen in der näheren Umgebung vorsichtshalber evakuiert. Es besteht die Gefahr, dass sich der Brand auf andere Güterwagen ausweitet. Teilweise entweichen giftige Gase. Beim Transport von Gefahrgütern ist mit Explosionen zu rechnen. Der Brand ist nach mehreren Stunden gelöscht, muss jedoch über längere Zeit gekühlt werden. Die Geleise sowie die Oberleitung wurden in Mitleidenschaft gezogen. Die Fahrbahn wird erst nach mehreren Tagen wieder freigegeben. In dieser Zeit ist der Zugverkehr in beide Richtungen unterbrochen. Gebäude in der umliegenden Nachbarschaft werden durch den Brand beschädigt oder sogar zerstört.</p> <p>Bei Bündelung Durch den Unfall muss die Stromleitung während der Bergung und Instandsetzung sicherheitshalber unterbrochen werden. Beschädigung der Stromleitung (thermische Einwirkung) unwahrscheinlich.</p>	<p>Brand von Güterwagen Ein Güterwagen und dessen Ladung brennen. Es gibt starke Rauchentwicklung. Der betroffene Streckenabschnitt wird gesperrt. Ebenfalls werden Personen in der näheren Umgebung vorsichtshalber evakuiert. Es besteht die Gefahr, dass der Brand auf andere Güterwagen übergreift. Teilweise entweichen giftige Gase. Beim Transport von Gefahrgütern ist mit Explosionen zu rechnen. Durch die beschränkte Erreichbarkeit des Unfallortes wird mehr Zeit als auf offener Strecke benötigt. Dies führt zu einem höheren Schadensausmass (Beschädigung an Zug und Infrastruktur). Der Brand ist nach einem halben Tag gelöscht, muss jedoch über längere Zeit gekühlt werden. Die Geleise sowie die Oberleitung wurden in Mitleidenschaft gezogen. Zudem muss abgeklärt werden, ob die Struktur der Kunstbaute ebenfalls in Mitleidenschaft gezogen wurde (Verzögerung bei Freigabe der Trasse). Das Fahrtrasse wird erst nach ca. einer Woche wieder freigegeben. In dieser Zeit ist der Zugverkehr in beide Richtungen unterbrochen.</p> <p>Bei Bündelung Durch den Unfall muss die Stromleitung während der Bergung und Instandsetzung sicherheitshalber unterbrochen werden. Beschädigung der Stromleitung (thermische Einwirkung) möglich.</p>	<p>Brand von Güterwagen Ein Güterwagen und dessen Ladung brennen. Es gibt starke Rauchentwicklung. Der betroffene Streckenabschnitt wird gesperrt. Ebenfalls werden Personen in der näheren Umgebung vorsichtshalber evakuiert. Es besteht die Gefahr, dass der Brand auf andere Güterwagen übergreift. Teilweise entweichen giftige Gase. Beim Transport von Gefahrgütern ist mit Explosionen zu rechnen. Durch die beschränkte Erreichbarkeit des Unfallortes wird mehr Zeit zur Löschung benötigt als auf offener Strecke. Dies führt zu einem höheren Schadensausmass (Beschädigung an Zug und Infrastruktur). Zudem kann die Hitze im Bahntunnel schlecht entweichen. Die Feuerwehr kann durch die enorme Hitze nur in die Nähe des Brandes gelangen. Es entwickeln sich sehr grosse Temperaturen. Der Brand ist nach ca. einem Tag gelöscht, muss jedoch über längere Zeit gekühlt werden. Die Geleise sowie die Oberleitung und andere Bahnanlagen im Tunnel werden in Mitleidenschaft gezogen. Durch die grosse Hitzeentwicklung wird die Tunnelwand beschädigt. Die Tunnelstrecke wird erst nach mehreren Wochen wieder freigegeben. In dieser Zeit ist der Zugverkehr unterbrochen. Der Lokführer ist ein potentielles Todesopfer. Durch die extreme Hitzeentwicklung ist mit Verletzten auf der Seite der Feuerwehr zu rechnen.</p> <p>Bei Bündelung Durch den Unfall muss die Stromleitung während der Bergung und Instandsetzung sicherheitshalber unterbrochen werden. Beschädigung der Stromleitung (thermische Einwirkung) wahrscheinlich.</p>																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Häufigkeitschätzung Ereignisse/Jahr/km Schiene	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Hauptachsen</th> <th>Hauptstrecken</th> <th>Nebenstrecken</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3.40E-05</td> <td>5.66E-06</td> <td>1.42E-06</td> </tr> </tbody> </table>	Hauptachsen	Hauptstrecken	Nebenstrecken	3.40E-05	5.66E-06	1.42E-06	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Hauptachsen</th> <th>Hauptstrecken</th> <th>Nebenstrecken</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3.40E-05</td> <td>5.66E-06</td> <td>1.42E-06</td> </tr> </tbody> </table>	Hauptachsen	Hauptstrecken	Nebenstrecken	3.40E-05	5.66E-06	1.42E-06	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Hauptachsen</th> <th>Hauptstrecken</th> <th>Nebenstrecken</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3.40E-05</td> <td>5.66E-06</td> <td>1.42E-06</td> </tr> </tbody> </table>	Hauptachsen	Hauptstrecken	Nebenstrecken	3.40E-05	5.66E-06	1.42E-06																																																																																																																																																																																																																																																															
Hauptachsen	Hauptstrecken	Nebenstrecken																																																																																																																																																																																																																																																																																		
3.40E-05	5.66E-06	1.42E-06																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Hauptachsen	Hauptstrecken	Nebenstrecken																																																																																																																																																																																																																																																																																		
3.40E-05	5.66E-06	1.42E-06																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Hauptachsen	Hauptstrecken	Nebenstrecken																																																																																																																																																																																																																																																																																		
3.40E-05	5.66E-06	1.42E-06																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Schadensausmass	<p>U: ungebündelt G: gebündelt</p> <p>Todesopfer (1 Toter=10 SV)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>0</th> <th>0-1</th> <th>1-3</th> <th>4-10</th> <th>11-30</th> <th>31-100</th> <th>>100 (200)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Direkte Schäden (Mio CHF) (Bau, Technik, Fahrzeuge)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><0.1</th> <th>0.1 - 0.3</th> <th>0.3 - 1</th> <th>1 - 3</th> <th>3 - 10</th> <th>11 - 30</th> <th>> 30 (50)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Indirekte Schäden [Sperrung]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Hauptachsen</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Hauptstrecken</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Nebenstrecken</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)				UG				<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)				UG				Hauptachsen							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)				UG				Hauptstrecken							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)				UG				Nebenstrecken							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)				UG				<p>U: ungebündelt G: gebündelt</p> <p>Todesopfer (1 Toter=10 SV)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>0</th> <th>0-1</th> <th>1-3</th> <th>4-10</th> <th>11-30</th> <th>31-100</th> <th>>100 (200)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Direkte Schäden (Mio CHF) (Bau, Technik, Fahrzeuge)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><0.1</th> <th>0.1 - 0.3</th> <th>0.3 - 1</th> <th>1 - 3</th> <th>3 - 10</th> <th>11 - 30</th> <th>> 30 (50)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>U</td> <td>G</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Indirekte Schäden [Sperrung]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Hauptachsen</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Hauptstrecken</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Nebenstrecken</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)				UG				<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)				U	G			Hauptachsen							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)				UG				Hauptstrecken							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)				UG				Nebenstrecken							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)				UG				<p>U: ungebündelt G: gebündelt</p> <p>Todesopfer (1 Toter=10 SV)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>0</th> <th>0-1</th> <th>1-3</th> <th>4-10</th> <th>11-30</th> <th>31-100</th> <th>>100 (200)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Direkte Schäden (Mio CHF) (Bau, Technik, Fahrzeuge)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><0.1</th> <th>0.1 - 0.3</th> <th>0.3 - 1</th> <th>1 - 3</th> <th>3 - 10</th> <th>11 - 30</th> <th>> 30 (50)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>U</td> <td>G</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Indirekte Schäden [Sperrung]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Hauptachsen</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Hauptstrecken</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Nebenstrecken</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)				UG				<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)				U	G			Hauptachsen							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)				UG				Hauptstrecken							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)				UG				Nebenstrecken							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)				UG			
0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)																																																																																																																																																																																																																																																																														
			UG																																																																																																																																																																																																																																																																																	
<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)																																																																																																																																																																																																																																																																														
			UG																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Hauptachsen																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
			UG																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Hauptstrecken																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
			UG																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Nebenstrecken																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
			UG																																																																																																																																																																																																																																																																																	
0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)																																																																																																																																																																																																																																																																														
			UG																																																																																																																																																																																																																																																																																	
<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)																																																																																																																																																																																																																																																																														
			U	G																																																																																																																																																																																																																																																																																
Hauptachsen																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
			UG																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Hauptstrecken																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
			UG																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Nebenstrecken																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
			UG																																																																																																																																																																																																																																																																																	
0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)																																																																																																																																																																																																																																																																														
			UG																																																																																																																																																																																																																																																																																	
<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)																																																																																																																																																																																																																																																																														
			U	G																																																																																																																																																																																																																																																																																
Hauptachsen																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
			UG																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Hauptstrecken																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
			UG																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Nebenstrecken																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
			UG																																																																																																																																																																																																																																																																																	



A2.5 Szenario Anprall Bahn

Lage	offene Strecke	Kunstbaute	Tunnel																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Ereignisbeschreibung	<p>Kollision/Entgleisung Zug mit Infrastruktur Wagen eines gut besetzten Reisezuges entgleisen und kollidieren mit der Infrastruktur (Stütze, Mauer, etc.). Die Wagen geraten nicht in Brand. Der betroffene Streckenabschnitt wird während der Bergung und der Unfallaufnahme gesperrt. Zudem ist mit einer längeren vollständigen Streckensperrung zu rechnen um die Beschädigungen an den Infrastrukturanlagen zu beheben. Nach mehreren Tagen wird das Fahrtrasse wieder (teilweise) freigegeben. Durch die hohe Geschwindigkeit (≥ 80 km/h) bei der Entgleisung ist mit Toten und Schwerverletzten zu rechnen.</p> <p>Bei Bündelung Durch den Unfall muss die Stromleitung während Bergung und Instandsetzung sicherheitshalber unterbrochen werden. Beschädigung der Stromleitung (mechanische Einwirkung) unwahrscheinlich.</p>	<p>Kollision/Entgleisung Fahrzeug mit Infrastruktur Wagen eines gut besetzten Reisezuges entgleisen und kollidieren mit der Infrastruktur (Stütze, Mauer, etc.). Der Wagen gerät nicht in Brand. Die Trassen in beide Richtungen sind während der Bergung und der Unfallaufnahme gesperrt. Das Fahrtrasse wird nach mehreren Tagen wieder (teilweise) freigegeben. Durch die hohe Geschwindigkeit (≥ 80 km/h) beim Aufprall ist mit Toten und Schwerverletzten zu rechnen. Durch den beschränkten Zugang - Zugang nur über das beschädigte Gleis oder Nachbargleise möglich - wird die Bergung länger dauern als auf offener Strecke.</p> <p>Bei Bündelung Durch den Unfall muss die Stromleitung während Bergung und Instandsetzung sicherheitshalber unterbrochen werden. Beschädigung der Stromleitung (mechanische Einwirkung) möglich.</p>	<p>Kollision Fahrzeug mit Infrastruktur Wagen eines gut besetzten Reisezuges entgleisen und kollidieren mit der Tunnelwand. Die Wagen geraten nicht in Brand. Der Tunnel muss für die Bergung und der Unfallaufnahme gesperrt werden. Die Fahrbahn wird nach einigen Wochen wieder freigegeben. Die beengten Platzverhältnisse im Tunnel erschweren die Bergung des beschädigten Tunnels. Durch die hohe Geschwindigkeit beim Aufprall ist mit Toten und Schwerverletzten zu rechnen. Die entgleisten Wagen erleiden starke strukturelle Schäden.</p> <p>Bei Bündelung Durch den Unfall muss die Stromleitung während Bergung und Instandsetzung sicherheitshalber unterbrochen werden. Beschädigung der Stromleitung (mechanische Einwirkung) möglich.</p>																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Häufigkeitschätzung	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Hauptachsen</th> <th>Hauptstrecken</th> <th>Nebenstrecken</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.14E-05</td> <td>1.90E-06</td> <td>4.76E-07</td> </tr> </tbody> </table>	Hauptachsen	Hauptstrecken	Nebenstrecken	1.14E-05	1.90E-06	4.76E-07	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Hauptachsen</th> <th>Hauptstrecken</th> <th>Nebenstrecken</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.14E-05</td> <td>1.90E-06</td> <td>4.76E-07</td> </tr> </tbody> </table>	Hauptachsen	Hauptstrecken	Nebenstrecken	1.14E-05	1.90E-06	4.76E-07	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Hauptachsen</th> <th>Hauptstrecken</th> <th>Nebenstrecken</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.14E-05</td> <td>1.90E-06</td> <td>4.76E-07</td> </tr> </tbody> </table>	Hauptachsen	Hauptstrecken	Nebenstrecken	1.14E-05	1.90E-06	4.76E-07																																																																																																																																																																																																																																																															
Hauptachsen	Hauptstrecken	Nebenstrecken																																																																																																																																																																																																																																																																																		
1.14E-05	1.90E-06	4.76E-07																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Hauptachsen	Hauptstrecken	Nebenstrecken																																																																																																																																																																																																																																																																																		
1.14E-05	1.90E-06	4.76E-07																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Hauptachsen	Hauptstrecken	Nebenstrecken																																																																																																																																																																																																																																																																																		
1.14E-05	1.90E-06	4.76E-07																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Schadenausmass	<p>U: ungebündelt G: gebündelt</p> <p>Todesopfer (1 Toter=10 SV)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>0</th> <th>0-1</th> <th>1-3</th> <th>4-10</th> <th>11-30</th> <th>31-100</th> <th>>100 (200)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Direkte Schäden (Mio CHF) (Bau, Technik, Fahrzeuge)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><0.1</th> <th>0.1 - 0.3</th> <th>0.3 - 1</th> <th>1 - 3</th> <th>3 - 10</th> <th>11 - 30</th> <th>> 30 (50)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Indirekte Schäden [Sperrung]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Hauptachsen</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Hauptstrecken</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Nebenstrecken</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)					UG			<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)					UG			Hauptachsen							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)					UG			Hauptstrecken							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)					UG			Nebenstrecken							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)					UG			<p>U: ungebündelt G: gebündelt</p> <p>Todesopfer (1 Toter=10 SV)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>0</th> <th>0-1</th> <th>1-3</th> <th>4-10</th> <th>11-30</th> <th>31-100</th> <th>>100 (200)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Direkte Schäden (Mio CHF) (Bau, Technik, Fahrzeuge)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><0.1</th> <th>0.1 - 0.3</th> <th>0.3 - 1</th> <th>1 - 3</th> <th>3 - 10</th> <th>11 - 30</th> <th>> 30 (50)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>U</td> <td>G</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Indirekte Schäden [Sperrung]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Hauptachsen</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Hauptstrecken</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Nebenstrecken</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)					UG			<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)					U	G		Hauptachsen							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)					UG			Hauptstrecken							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)					UG			Nebenstrecken							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)					UG			<p>U: ungebündelt G: gebündelt</p> <p>Todesopfer (1 Toter=10 SV)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>0</th> <th>0-1</th> <th>1-3</th> <th>4-10</th> <th>11-30</th> <th>31-100</th> <th>>100 (200)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Direkte Schäden (Mio CHF) (Bau, Technik, Fahrzeuge)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><0.1</th> <th>0.1 - 0.3</th> <th>0.3 - 1</th> <th>1 - 3</th> <th>3 - 10</th> <th>11 - 30</th> <th>> 30 (50)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>U</td> <td>G</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Indirekte Schäden [Sperrung]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Hauptachsen</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Hauptstrecken</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Nebenstrecken</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)					UG			<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)					U	G		Hauptachsen							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)					UG			Hauptstrecken							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)					UG			Nebenstrecken							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)					UG		
0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)																																																																																																																																																																																																																																																																														
				UG																																																																																																																																																																																																																																																																																
<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)																																																																																																																																																																																																																																																																														
				UG																																																																																																																																																																																																																																																																																
Hauptachsen																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
				UG																																																																																																																																																																																																																																																																																
Hauptstrecken																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
				UG																																																																																																																																																																																																																																																																																
Nebenstrecken																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
				UG																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)																																																																																																																																																																																																																																																																														
				UG																																																																																																																																																																																																																																																																																
<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)																																																																																																																																																																																																																																																																														
				U	G																																																																																																																																																																																																																																																																															
Hauptachsen																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
				UG																																																																																																																																																																																																																																																																																
Hauptstrecken																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
				UG																																																																																																																																																																																																																																																																																
Nebenstrecken																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
				UG																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)																																																																																																																																																																																																																																																																														
				UG																																																																																																																																																																																																																																																																																
<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)																																																																																																																																																																																																																																																																														
				U	G																																																																																																																																																																																																																																																																															
Hauptachsen																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
				UG																																																																																																																																																																																																																																																																																
Hauptstrecken																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
				UG																																																																																																																																																																																																																																																																																
Nebenstrecken																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
				UG																																																																																																																																																																																																																																																																																



A2.6 Szenario Gefahrgutfreisetzung Bahn

Lage	offene Strecke	Kunstbaute	Tunnel																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Ereignisbeschreibung	<p>Freisetzung von Gefahrgut Gefahrgut tritt aus Güterwagen aus und breitet sich als gasförmiger Stoff in der Umgebung aus (z.B. Chlor). Durch die teilweise grosse Bevölkerungsdichte entlang der offenen Strecke ist mit Toten und Verletzten zu rechnen. Wird das Leck detektiert, muss dieses abgedichtet werden oder das Gefahrgut muss kontrolliert freigesetzt werden. Es kann Brandgefahr bestehen. Der finanzielle Schaden an der Bahnanlage ist gering. Es ist jedoch mit einem längeren Unterbruch der betroffenen Strecke zu rechnen. Es ist davon auszugehen, dass die Strecke für mehrere Tage unterbrochen ist.</p> <p>Bei Bündelung Durch den Unfall muss die Stromleitung während der Bergung und Instandsetzung sicherheitshalber unterbrochen werden. Beschädigung der Stromleitung (chemische Einwirkung) unwahrscheinlich.</p>	<p>Freisetzung von Gefahrgut Gefahrgut tritt aus Güterwagen aus und breitet sich als gasförmiger Stoff in der Umgebung aus (z.B. Chlor). Wird das Leck detektiert, muss dieses abgedichtet werden oder das Gefahrgut muss kontrolliert freigesetzt werden. Es kann Brandgefahr bestehen. Der finanzielle Schaden an der Bahnanlage ist gering. Es ist jedoch mit einem längeren Unterbruch der betroffenen Strecke zu rechnen. Es ist davon auszugehen, dass die Strecke für mehrere Tage unterbrochen ist. Im Vergleich zur offenen Strecke befinden sich tendenziell weniger Personen in der näheren Umgebung von Kunstbauten wie Brücken/Galerien.</p> <p>Bei Bündelung Durch den Unfall muss die Stromleitung während der Bergung und Instandsetzung sicherheitshalber unterbrochen werden. Beschädigung der Stromleitung (chemische Einwirkung) unwahrscheinlich.</p>	<p>Freisetzung von Gefahrgut Gefahrgut tritt aus Güterwagen aus und breitet sich als gasförmiger Stoff in der Umgebung aus (z.B. Chlor). Wird das Leck detektiert, muss dieses abgedichtet werden oder das Gefahrgut muss kontrolliert freigesetzt werden. Es kann Brandgefahr bestehen. Der finanzielle Schaden an der Bahnanlage ist gering. Es ist jedoch mit einem längeren Unterbruch der betroffenen Strecke zu rechnen. Es ist davon auszugehen, dass die Strecke für mehr als einen Tag unterbrochen ist. Kritische Bereiche bei Gefahrgutfreisetzung im Tunnel sind die beiden Tunnelöffnungen. Hier entweicht das Gefahrgut in die Umwelt und es gibt grosse Gefahrgutkonzentrationen in der näheren Umgebung der Tunnelöffnungen. Durch die sehr grosse Konzentration von Gefahrgut im Tunnel ist ein Abdichten oder Schliessen des Lecks schwer möglich. Die Behebung des Schadens dauert dementsprechend länger im Vergleich zur offenen Strecke.</p> <p>Bei Bündelung Durch den Unfall muss die Stromleitung während der Bergung und Instandsetzung sicherheitshalber unterbrochen werden. Beschädigung der Stromleitung (chemische Einwirkung) unwahrscheinlich.</p>																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Häufigkeitschätzung	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Hauptachsen</th> <th>Hauptstrecken</th> <th>Nebenstrecken</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.04E-07</td> <td>3.40E-08</td> <td>8.51E-09</td> </tr> </tbody> </table>	Hauptachsen	Hauptstrecken	Nebenstrecken	2.04E-07	3.40E-08	8.51E-09	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Hauptachsen</th> <th>Hauptstrecken</th> <th>Nebenstrecken</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.04E-07</td> <td>3.40E-08</td> <td>8.51E-09</td> </tr> </tbody> </table>	Hauptachsen	Hauptstrecken	Nebenstrecken	2.04E-07	3.40E-08	8.51E-09	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Hauptachsen</th> <th>Hauptstrecken</th> <th>Nebenstrecken</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.04E-07</td> <td>3.40E-08</td> <td>8.51E-09</td> </tr> </tbody> </table>	Hauptachsen	Hauptstrecken	Nebenstrecken	2.04E-07	3.40E-08	8.51E-09																																																																																																																																																																																																																																																															
Hauptachsen	Hauptstrecken	Nebenstrecken																																																																																																																																																																																																																																																																																		
2.04E-07	3.40E-08	8.51E-09																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Hauptachsen	Hauptstrecken	Nebenstrecken																																																																																																																																																																																																																																																																																		
2.04E-07	3.40E-08	8.51E-09																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Hauptachsen	Hauptstrecken	Nebenstrecken																																																																																																																																																																																																																																																																																		
2.04E-07	3.40E-08	8.51E-09																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Schadenausmass	<p>U: ungebündelt G: gebündelt</p> <p>Todesopfer (1 Toter=10 SV)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>0</th> <th>0-1</th> <th>1-3</th> <th>4-10</th> <th>11-30</th> <th>31-100</th> <th>>100 (200)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Direkte Schäden (Mio CHF) (Bau, Technik, Fahrzeuge)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><0.1</th> <th>0.1-0.3</th> <th>0.3-1</th> <th>1-3</th> <th>3-10</th> <th>11-30</th> <th>>30 (50)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Indirekte Schäden [Sperrung]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Hauptachsen</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Hauptstrecken</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Nebenstrecken</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)			UG					<0.1	0.1-0.3	0.3-1	1-3	3-10	11-30	>30 (50)		UG						Hauptachsen							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)			UG					Hauptstrecken							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)			UG					Nebenstrecken							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)			UG					<p>Todesopfer (1 Toter=10 SV)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>0</th> <th>0-1</th> <th>1-3</th> <th>4-10</th> <th>11-30</th> <th>31-100</th> <th>>100 (200)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Direkte Schäden (Mio CHF) (Bau, Technik, Fahrzeuge)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><0.1</th> <th>0.1-0.3</th> <th>0.3-1</th> <th>1-3</th> <th>3-10</th> <th>11-30</th> <th>>30 (50)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Indirekte Schäden [Sperrung]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Hauptachsen</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Hauptstrecken</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Nebenstrecken</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)			UG					<0.1	0.1-0.3	0.3-1	1-3	3-10	11-30	>30 (50)		UG						Hauptachsen							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)			UG					Hauptstrecken							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)			UG					Nebenstrecken							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)			UG					<p>Todesopfer (1 Toter=10 SV)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>0</th> <th>0-1</th> <th>1-3</th> <th>4-10</th> <th>11-30</th> <th>31-100</th> <th>>100 (200)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Direkte Schäden (Mio CHF) (Bau, Technik, Fahrzeuge)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><0.1</th> <th>0.1-0.3</th> <th>0.3-1</th> <th>1-3</th> <th>3-10</th> <th>11-30</th> <th>>30 (50)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Indirekte Schäden [Sperrung]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Hauptachsen</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Hauptstrecken</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Nebenstrecken</th> </tr> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)			UG					<0.1	0.1-0.3	0.3-1	1-3	3-10	11-30	>30 (50)		UG						Hauptachsen							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)			UG					Hauptstrecken							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)			UG					Nebenstrecken							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)			UG				
0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
<0.1	0.1-0.3	0.3-1	1-3	3-10	11-30	>30 (50)																																																																																																																																																																																																																																																																														
	UG																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Hauptachsen																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Hauptstrecken																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Nebenstrecken																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
<0.1	0.1-0.3	0.3-1	1-3	3-10	11-30	>30 (50)																																																																																																																																																																																																																																																																														
	UG																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Hauptachsen																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Hauptstrecken																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Nebenstrecken																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
<0.1	0.1-0.3	0.3-1	1-3	3-10	11-30	>30 (50)																																																																																																																																																																																																																																																																														
	UG																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Hauptachsen																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Hauptstrecken																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Nebenstrecken																																																																																																																																																																																																																																																																																				
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																																																																																																																																																																														
		UG																																																																																																																																																																																																																																																																																		



A2.7 Szenario Kurzschluss, Lichtbogen, Druckwirkung

Lage

Ereignisbeschreibung

offene Strecke	Kunstbaute	Tunnel
<p>Kurzschluss, Lichtbogen, Druckwirkung Bei einem spontanen Versagen der Muffenverbindung (z.B. durch Lockerung der Verbindung, unsachgemässe Installation oder Wartung) kommt es zu einem Kurzschluss, der einen Lichtbogen mit grosser Energiemenge und örtliche Druck- und Hitzewirkung erzeugt. Durch die Kurzschlusskäfte und die Druckwirkung können Teile der Installation weggeschleudert werden. Andere Infrastrukturen oder Personen in der Nähe der Muffe sind gefährdet.</p> <p>Ein Kurzschluss in einem Kabel zwischen zwei Muffen führt ebenfalls zu grosser örtlicher Energiefreisetzung, was zur Zerstörung des Kabels, des zugehörigen Schutzrohrs und evtl. anderer Kabel im Kabelrohrblock führt. Ist das Kabel nicht in einem Kabelrohrblock, sondern offen geführt, sind durch die Energiefreisetzung andere Infrastrukturen oder Personen in der Nähe des Kurzschlusses gefährdet.</p> <p>Kommt es bei einer Freileitung zur Überlastung, besteht die Gefahr des Erdschlusses (v.a. Bäume oder mobile Objekte z.B. Kranausleger) und es kann in der Folge bei Annäherung oder Berührung zu schweren Personenschäden kommen.</p> <p>Die Reparatur der Stromleitung nimmt bis zu einem Monat in Anspruch.</p> <p>Bei Bündelung Die ungeplante Instandsetzung beansprucht Platz auf der Strasse bzw. der Schiene. Dadurch ist mit Einschränkungen zu rechnen (zeitweise Sperrung gewisser Trassen oder Fahrbahnen). Bei einer Druckwelle können Teile der Infrastruktur weggeschleudert werden und Dritte gefährden.</p>	<p>Kurzschluss, Lichtbogen, Druckwirkung Bei einem spontanen Versagen der Muffenverbindung (z.B. durch Lockerung der Verbindung, unsachgemässe Installation oder Wartung) kommt es zu einem Kurzschluss, der einen Lichtbogen mit grosser Energiemenge und örtliche Druck- und Hitzewirkung erzeugt. Durch die Kurzschlusskäfte und die Druckwirkung können Teile der Installation weggeschleudert werden. Andere Infrastrukturen oder Personen in der Nähe der Muffe sind gefährdet.</p> <p>Ein Kurzschluss in einem Kabel zwischen zwei Muffen führt ebenfalls zu grosser örtlicher Energiefreisetzung, was zur Zerstörung des Kabels, des zugehörigen Schutzrohrs und evtl. anderer Kabel im Kabelrohrblock führt. Ist das Kabel nicht in einem Kabelrohrblock, sondern offen geführt, sind durch die Energiefreisetzung andere Infrastrukturen oder Personen in der Nähe des Kurzschlusses gefährdet.</p> <p>Kommt es bei einer Freileitung zur Überlastung, besteht die Gefahr des Erdschlusses (v.a. Bäume oder mobile Objekte z.B. Kranausleger) und es kann in der Folge bei Annäherung oder Berührung zu schweren Personenschäden kommen.</p> <p>Die Reparatur der Stromleitung nimmt bis zu einem Monat in Anspruch.</p> <p>Bei Bündelung Die ungeplante Instandsetzung beansprucht Platz im Tunnel. Dadurch ist mit Einschränkungen zu rechnen (zeitweise Sperrung gewisser Trassen oder Fahrbahnen). In der Kunstbaute sind keine expliziten Nischen vorhanden. Dementsprechend muss für die Instandsetzung mindestens ein Gleis gesperrt werden, eventuell ist eine temporäre Totalsperrung der Kunstbaute umgänglich. Bei einer Druckwelle können Teile der Infrastruktur weggeschleudert werden und Dritte gefährden.</p>	<p>Kurzschluss, Lichtbogen, Druckwirkung Bei einem spontanen Versagen der Muffenverbindung (z.B. durch Lockerung der Verbindung, unsachgemässe Installation oder Wartung) kommt es zu einem Kurzschluss, der einen Lichtbogen mit grosser Energiemenge und örtliche Druck- und Hitzewirkung erzeugt. Durch die Kurzschlusskäfte und die Druckwirkung können Teile der Installation weggeschleudert werden. Andere Infrastrukturen oder Personen in der Nähe der Muffe sind gefährdet.</p> <p>Ein Kurzschluss in einem Kabel zwischen zwei Muffen führt ebenfalls zu grosser örtlicher Energiefreisetzung, was zur Zerstörung des Kabels, des zugehörigen Schutzrohrs und evtl. anderer Kabel im Kabelrohrblock führt. Ist das Kabel nicht in einem Kabelrohrblock, sondern offen geführt, sind durch die Energiefreisetzung andere Infrastrukturen oder Personen in der Nähe des Kurzschlusses gefährdet.</p> <p>Kommt es bei einer Freileitung zur Überlastung, besteht die Gefahr des Erdschlusses (v.a. Bäume oder mobile Objekte z.B. Kranausleger) und es kann in der Folge bei Annäherung oder Berührung zu schweren Personenschäden kommen.</p> <p>Die Reparatur der Stromleitung nimmt bis zu einem Monat in Anspruch.</p> <p>Bei Bündelung Die ungeplante Instandsetzung beansprucht Platz im Tunnel. Dadurch ist mit Einschränkungen zu rechnen (zeitweise Sperrung gewisser Trassen oder Fahrbahnen). Beim Bahntunnel sind keine expliziten Nischen vorhanden. Dementsprechend muss für die Instandsetzung mindestens ein Gleis gesperrt werden, eventuell ist eine temporäre Totalsperrung des Bahntunnels umgänglich. Bei einer Druckwelle können Teile der Infrastruktur weggeschleudert werden und Dritte gefährden.</p>

Häufigkeitschätzung

Ereignisse/Jahr/km Stromleitung

Höchstspannungsleitung		Höchstspannungsleitung		Höchstspannungsleitung	
Freileitung	Kabel	Freileitung	Kabel	Freileitung	Kabel
1.75E-05	3.25E-05	1.75E-05	3.25E-05	1.75E-05	3.25E-05

Schadenausmass

U: ungebündelt
G: gebündelt

Todesopfer (1 Toter=10 SV)

Höchstspannungsleitung		Höchstspannungsleitung		Höchstspannungsleitung	
0	0-1	0	0-1	0	0-1
	UG		UG		UG

Direkte Schäden (Mio CHF)
(Bau, Technik, Fahrzeuge)

Höchstspannungsleitung		Höchstspannungsleitung		Höchstspannungsleitung	
<0.1	0.1 - 0.3	<0.1	0.1 - 0.3	<0.1	0.1 - 0.3
	UG		UG		UG

Indirekte Schäden [Sperrung]

Höchstspannungsleitung		Höchstspannungsleitung		Höchstspannungsleitung	
< 4h	4h - 12h	< 4h	4h - 12h	< 4h	4h - 12h
	U G		U G		U G



A2.8 Szenario Gasaustritt

Lage

Ereignisbeschreibung

	offene Strecke	Kunstbaute	Tunnel
Gasaustritt	Bei gasisolierten Leitungen GIL kann es zu starken Druckveränderungen kommen und zu spontanem Druckablass aus dem Isolationsrohr (Druckwirkung beim Ventil, Gefährdung bei ungünstiger Anordnung, Lärm). Der betroffenen Abschnitt muss repariert werden. Aus dem Isolationsmedium des Stromkabels (XLPE) kann nach der Produktion in Längsrichtung Methan austreten (Kabel ist nicht genug lange ausgegast worden). Dieses Gas wird sich in den Muffenräumen sammeln und es kann dort zur Explosion kommen mit entsprechender Schadenwirkung. Für Freileitungen besteht keine Gefahr (keine Ummantelung).	Bei gasisolierten Leitungen GIL kann es zu starken Druckveränderungen kommen und zu spontanem Druckablass aus dem Isolationsrohr (Druckwirkung beim Ventil, Gefährdung bei ungünstiger Anordnung, Lärm). Der betroffenen Abschnitt muss repariert werden. Aus dem Isolationsmedium des Stromkabels (XLPE) kann nach der Produktion in Längsrichtung Methan austreten (Kabel ist nicht genug lange ausgegast worden). Dieses Gas wird sich in den Muffenräumen sammeln und es kann dort zur Explosion kommen mit entsprechender Schadenwirkung. Für Freileitungen besteht keine Gefahr (keine Ummantelung).	Bei gasisolierten Leitungen GIL kann es zu starken Druckveränderungen kommen und zu spontanem Druckablass aus dem Isolationsrohr (Druckwirkung beim Ventil, Gefährdung bei ungünstiger Anordnung, Lärm). Der betroffenen Abschnitt muss repariert werden. Aus dem Isolationsmedium des Stromkabels (XLPE) kann nach der Produktion in Längsrichtung Methan austreten (Kabel ist nicht genug lange ausgegast worden). Dieses Gas wird sich in den Muffenräumen sammeln und es kann dort zur Explosion kommen mit entsprechender Schadenwirkung. Für Freileitungen besteht keine Gefahr (keine Ummantelung).
Bei Bündelung	Die Druckwirkung kann eine Gefahr für die Autofahrer und Zugspassagiere darstellen. Die ungeplante Instandsetzung beansprucht Platz auf der Strasse oder Schiene. Dadurch ist mit Einschränkungen (zeitweise Sperrung gewisser Trassen oder Fahrbahnen) zu rechnen.	Die Druckwirkung kann eine Gefahr für die Autofahrer und Zugspassagiere darstellen. Die ungeplante Instandsetzung beansprucht Platz auf der Strasse oder Schiene. Dadurch ist mit Einschränkungen (zeitweise Sperrung gewisser Trassen oder Fahrbahnen) zu rechnen.	Die Druckwirkung kann eine Gefahr für die Autofahrer und Zugspassagiere darstellen. Die ungeplante Instandsetzung beansprucht Platz auf der Strasse oder Schiene. Dadurch ist mit Einschränkungen (zeitweise Sperrung gewisser Trassen oder Fahrbahnen) zu rechnen.

Häufigkeitschätzung

Ereignisse/Jahr/km Stromleitung

Höchstspannungsleitung		Höchstspannungsleitung		Höchstspannungsleitung	
Freileitung	Kabel	Freileitung	Kabel	Freileitung	Kabel
0.00E+00	6.50E-06	0.00E+00	6.50E-06	0.00E+00	6.50E-06

Schadenausmass

Todesopfer (1 Toter=10 SV)

Direkte Schäden (Mio CHF)
(Bau, Technik, Fahrzeuge)

Indirekte Schäden [Sperrung]

	U: ungebündelt G: gebündelt							U: ungebündelt G: gebündelt							U: ungebündelt G: gebündelt							
	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)	
Todesopfer (1 Toter=10 SV)	U	G						U	G						U	G						
Direkte Schäden (Mio CHF) (Bau, Technik, Fahrzeuge)	<0.1	0.1-0.3	0.3-1	1-3	3-10	11-30	>30 (50)	<0.1	0.1-0.3	0.3-1	1-3	3-10	11-30	>30 (50)	<0.1	0.1-0.3	0.3-1	1-3	3-10	11-30	>30 (50)	
Indirekte Schäden [Sperrung]	Höchstspannungsleitung							Höchstspannungsleitung							Höchstspannungsleitung							
	<4h	4h-12h	12h-2T	2T-1W	1W-1M	1M-3M	>3M (6M)	<4h	4h-12h	12h-2T	2T-1W	1W-1M	1M-3M	>3M (6M)	<4h	4h-12h	12h-2T	2T-1W	1W-1M	1M-3M	>3M (6M)	
	U	G						U	G						U	G						
	<4h	4h-12h	12h-2T	2T-1W	1W-1M	1M-3M	>3M (6M)	<4h	4h-12h	12h-2T	2T-1W	1W-1M	1M-3M	>3M (6M)	<4h	4h-12h	12h-2T	2T-1W	1W-1M	1M-3M	>3M (6M)	
<4h	4h-12h	12h-2T	2T-1W	1W-1M	1M-3M	>3M (6M)	<4h	4h-12h	12h-2T	2T-1W	1W-1M	1M-3M	>3M (6M)	<4h	4h-12h	12h-2T	2T-1W	1W-1M	1M-3M	>3M (6M)		



A2.9 Szenario Erdbeben

Lage

Ereignisbeschreibung

	offene Strecke	Kunstbaute	Tunnel
Erdbeben	<p>Erdbeben haben relativ grosse Wirkdistanzen und zerstören bei grosser Magnitude viele Infrastrukturen.</p> <p>Bei einem Erdbeben sind gleichzeitig Nationalstrassen, die Schieneninfrastruktur sowie die Stromversorgung in einem Umkreis von 20-30 Kilometern beschädigt, teilweise sogar zertört.</p> <p>Durch ein schweres Beben wird die Fahrbahn verformt und verissen. Fahrzeuge auf der Fahrbahn verunglücken. Es gibt Zusammenstösse und Kollisionen. Dabei ist ebenfalls mit Toten zu rechnen.</p> <p>Züge entgleisen durch die Erschütterungen. Teile der Schienen und des Gleisbetts verformen sich. Die Bahnhöfe werden strukturell beschädigt. Es ist ebenfalls auf Seite Bahn mit Personenschaden zu rechnen.</p> <p>Durch die vielen beschädigten Infrasturkturanlagen dauert die Rettung lange. Spitäler sind ebenfalls überfüllt oder teilweise zertört. Die zerstörten Infrastrukturen werden für lange Zeit ausfallen. Die indirekten Kosten werden durch den Ausfall mehrerer wichtiger Infrastrukturen hoch sein.</p> <p>Erste Priorität bei der Instandstellung haben die Haupt-Verkehrsstrassen/-trassen um die nötigen Güter- und Personentransporte durchführen zu können.</p> <p>Ausgegangen wird von einem Erdbeben der Magnitude IX (Ein Ereignis alle 500 Jahre in der Schweiz erwartet).</p>	<p>Erdbeben</p> <p>Ein schweres Erdbeben hat zur Folge, dass Brücken einstürzen oder Geröllmassen ins Tal donnern und Galerien beschädigen / zerstören. Diese Strassen sind unpassierbar, müssen erneuert werden. Teilweise wird die Kunstbaute vollständig zerstört.</p> <p>Ein Wiederaufbau oder aufwändige Instandsetzungen sind nötig. Diese dauern lange (mehrere Monate). In gewissen Fällen ist die Installation einer Hilfsbrücke (z.B. vom Militär) möglich. Ansonsten bleibt die Strecke während der Reparaturzeit/Neubauzeit geschlossen.</p> <p>Zusätzlich zur betroffenen Kunstbaute werden ebenfalls Nationalstrassen, die Schieneninfrastruktur sowie die Stromversorgung in einem Umkreis von 20-30 Kilometern beschädigt, teilweise sogar zertört.</p> <p>Durch die vielen beschädigten Infrasturkturanlagen dauert die Rettung lange. Spitäler sind ebenfalls überfüllt oder teilweise zerstört. Die zerstörten Infrastrukturen werden für lange Zeit ausfallen. Die indirekten Kosten werden durch den Ausfall mehrerer wichtiger Infrastrukturen hoch sein.</p> <p>Ausgegangen wird von einem Erdbeben der Magnitude IX (Ein Ereignis alle 500 Jahre in der Schweiz erwartet).</p>	<p>Erdbeben</p> <p>Bei einem Erdbeben kommt es zur Verformung des Tunnelquerschnitts (Stauchung, Verzerrung, Risse etc.). Dabei werden die sich im Tunnel befindenden Infrasturkturanlagen, wie z.B. Oberleitung oder Gleisbett beschädigt.</p> <p>Der Tunnel benötigt aufwendige Instandsetzungsarbeiten. Während diesen Arbeiten ist der Tunnel vollständig gesperrt. Auf gewissen Routen/Strecken sind Ausweichrouten/-strecken vorhanden (z.B. Nord-Süd Verkehr).</p> <p>Zusätzlich zum betroffenen Tunnel werden ebenfalls Nationalstrassen, die Schieneninfrastruktur sowie die Stromversorgung in einem Umkreis von 20-30 Kilometern beschädigt, teilweise sogar zerstört.</p> <p>Durch vielen beschädigten Infrasturkturanlagen dauert die Rettung lange. Spitäler sind ebenfalls überfüllt oder teilweise zerstört. Die zerstörten Infrastrukturen werden für lange Zeit ausfallen. Die indirekten Kosten werden durch den Ausfall mehrerer wichtiger Infrastrukturen hoch sein.</p> <p>Ausgegangen wird von einem Erdbeben der Magnitude IX (Ein Ereignis alle 500 Jahre in der Schweiz erwartet).</p>
Bei Bündelung	<p>Durch die räumliche Konzentration der Infrasturkturanlagen werden bei einem Erdbeben im gebündelten Bereich beide gebündelten Infrastrukturen betroffen sein.</p>	<p>Bei Bündelung</p> <p>Durch die räumliche Konzentration der Infrasturkturanlagen werden bei einem Erdbeben im gebündelten Bereich beide gebündelten Infrastrukturen betroffen sein.</p>	<p>Bei Bündelung</p> <p>Durch die räumliche Konzentration der Infrasturkturanlagen werden bei einem Erdbeben im gebündelten Bereich beide gebündelten Infrastrukturen betroffen sein.</p>

Häufigkeitschätzung

Ereignisse/Jahr/km Strasse

ungebündelt	gebündelt
1.00E-04	1.00E-04

ungebündelt	gebündelt
1.00E-04	1.00E-04

ungebündelt	gebündelt
1.00E-04	1.00E-04

Schadenausmass

Todesopfer (1 Toter=10 SV)

U: ungebündelt
G: gebündelt

0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)
				UG		

0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)
				UG		

0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)
				UG		

Direkte Schäden (Mio CHF)
(Bau, Technik, Fahrzeuge)

<0.1	0.1-0.3	0.3-1	1-3	3-10	11-30	>30 (50)
						UG

<0.1	0.1-0.3	0.3-1	1-3	3-10	11-30	>30 (50)
						UG

<0.1	0.1-0.3	0.3-1	1-3	3-10	11-30	>30 (50)
						UG

Indirekte Schäden [Sperrung]

< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1M	1M - 3M	> 3M (6M)
					UG	

< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1M	1M - 3M	> 3M (6M)
					UG	

< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1M	1M - 3M	> 3M (6M)
					UG	



A2.10 Szenario Lawinen

Lage

Ereignisbeschreibung

offene Strecke	Kunstbaute	Tunnel
<p>Lawinen Grosse Mengen an Schnee fallen über weite Teile der Schweiz. Lawinengefahr besteht hauptsächlich für Freileitungen über die Alpen. Ebenfalls betroffen sein können Bergstrecken. Die Lage normalisiert sich nach einigen Tagen. Irgendwo im Alpenraum kommt es zu einem Lawinenereignis, wo eine Person auf der Strasse/Schiene ums Leben kommt. Hundertjähriges Extremereignis wird betrachtet.</p> <p>Bei Bündelung Bei einer Bündelung sind die Stromleitungen besser gegen Schnee geschützt.</p>	<p>Lawinen Grosse Mengen an Schnee fallen über weite Teile der Schweiz. Lawinengefahr besteht hauptsächlich für Freileitungen über die Alpen. Ebenfalls betroffen sein können Kunstbauten in den Alpen. Die Lage normalisiert sich nach einigen Tagen. Irgendwo im Alpenraum kommt es zu einem Lawinenereignis, wo eine Person auf der Strasse/Schiene ums Leben kommt. Hundertjähriges Extremereignis wird betrachtet.</p> <p>Bei Bündelung Bei einer Bündelung (z.B. Kabelleitung unter Brücke) sind die Stromleitungen besser geschützt.</p>	<p>Lawinen Grosse Mengen an Schnee fallen über weite Teile der Schweiz. Lawinengefahr besteht hauptsächlich für Freileitungen über die Alpen. Im Tunnel selber besteht keine Gefahr von Lawinen. Die Lage normalisiert sich nach einigen Tagen. Die Freileitung über den Berg im ungebündelten Fall wird durch die Lawine beschädigt. Neue Masten müssen installiert werden und das Kabel muss teilweise ersetzt werden. Hundertjähriges Extremereignis wird betrachtet.</p> <p>Bei Bündelung Bei einer Bündelung (z.B. Kabelleitung durch Tunnel) besteht keine Lawinengefahr. Lawinengefahr besteht für der Kabelleitung über den Berg.</p>

Häufigkeitschätzung

ungebündelt	gebündelt	ungebündelt	gebündelt	ungebündelt	gebündelt
7.40E-06	0.00E+00	7.40E-06	0.00E+00	7.40E-06	0.00E+00

Schadenausmass

	U: ungebündelt G: gebündelt							U: ungebündelt G: gebündelt							U: ungebündelt G: gebündelt							
	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)	
Todesopfer (1 Toter=10 SV)		UG							UG							UG						
Direkte Schäden (Mio CHF) (Bau, Technik, Fahrzeuge)	<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)	<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)	<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)	
Indirekte Schäden [Sperrung]	< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)	< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)	< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)	
				UG							UG							UG				



A2.11 Szenario Hochwasser

Lage	offene Strecke	Kunstbaute	Tunnel																																																																																																																														
Ereignisbeschreibung	<p>Hochwasser, Murgang, Rutschungen Starker Regen über mehrere Tage/Wochen führt zu Hochwasser in den Schweizer Seen und Flüssen. Flüsse und Seen können über die Ufer treten und Strassen/Geleise überschwemmen, Fahrzeuge werden weggeschwemmt und es kann zu Todesopfern kommen. Hangrutsche/Murgänge können Freileitungsmäste beschädigen oder Verkehrswege treffen. Werden Verkehrswege überschwemmt, so müssen diese gereinigt und allenfalls repariert werden (Erosion). Gelangen Murgängen/Rutschungen auf Nationalstrassen so besteht die Gefahr, dass Fahrzeuge unter den Geröllmassen begraben werden. Geröllmassen auf den Bahngleisen können zu Kollisionen (Entgleisungen) von Zügen führen. Die Lage entspannt sich nach einigen Tagen wieder. Ausgegangen wird von einem 300-jährigen Hochwasser.</p> <p>Bei Bündelung Bei einem Ereignisfall wird die Stromleitung vorsichtshalber abgeschaltet. Beschädigung der Stromleitung (mechanische Einwirkung) durch Wasser und Geröll möglich.</p>	<p>Hochwasser, Murgang, Rutschungen Starker Regen über mehrere Tage/Wochen führt zu Hochwasser in den Schweizer Seen und Flüssen. Flüsse und Seen können über die Ufer treten und Strassen/Geleise überschwemmen Fahrzeuge werden weggeschwemmt und es kann zu Todesopfern kommen. Hangrutsche/Murgänge können Freileitungsmäste beschädigen oder Verkehrswege treffen. Werden Verkehrswege überschwemmt, so müssen diese gereinigt und allenfalls repariert werden (Erosion). Gelangen Murgängen/Rutschungen auf Nationalstrassen so besteht die Gefahr, dass Fahrzeuge unter den Geröllmassen begraben werden. Geröllmassen auf den Bahngleisen können zu Kollisionen (Entgleisungen) von Zügen führen. Die Lage entspannt sich nach einigen Tagen wieder. Ausgegangen wird von einem 300-jährigen Hochwasser.</p> <p>Bei Bündelung Bei einem Ereignisfall wird die Stromleitung vorsichtshalber abgeschaltet. Beschädigung der Stromleitung (mechanische Einwirkung) durch Wasser und Geröll möglich.</p>	<p>Hochwasser, Murgang, Rutschungen Murgänge und Rutschungen betreffen nicht den Tunnel. Hochwasser kann ebenfalls einen Tunnel fluten. Personenschäden sind keine zu erwarten, da bei einer drohenden Flutung eines Tunnels dieser vorzeitig gesperrt wird. Die Infrastrukturanlagen in Bodennähe müssen nach dem Hochwasser ersetzt oder repariert werden. Die Masten der Freileitung (über den Berg) drohen durch die Hangrutsche und Murgänge zu kollabieren. Ausgegangen wird von einem 300-jährigen Hochwasser.</p> <p>Bei Bündelung Die Gefahr von Murgängen und Rutschungen besteht für Freileitungen. Kabelleitungen im Tunnel weisen keine Gefahr für Murgänge und Rutschungen auf. Wird ein Tunnel geflutet, wird die Stromleitung durch den Tunnel vorsichtshalber heruntergefahren.</p>																																																																																																																														
Häufigkeitschätzung	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ungebündelt</th> <th>gebündelt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.67E-04</td> <td>1.67E-04</td> </tr> </tbody> </table>	ungebündelt	gebündelt	1.67E-04	1.67E-04	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ungebündelt</th> <th>gebündelt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.67E-04</td> <td>1.67E-05</td> </tr> </tbody> </table>	ungebündelt	gebündelt	1.67E-04	1.67E-05	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ungebündelt</th> <th>gebündelt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.67E-04</td> <td>1.67E-05</td> </tr> </tbody> </table>	ungebündelt	gebündelt	1.67E-04	1.67E-05																																																																																																																		
ungebündelt	gebündelt																																																																																																																																
1.67E-04	1.67E-04																																																																																																																																
ungebündelt	gebündelt																																																																																																																																
1.67E-04	1.67E-05																																																																																																																																
ungebündelt	gebündelt																																																																																																																																
1.67E-04	1.67E-05																																																																																																																																
Schadenausmass	<p>U: ungebündelt G: gebündelt</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>0</th> <th>0-1</th> <th>1-3</th> <th>4-10</th> <th>11-30</th> <th>31-100</th> <th>>100 (200)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th><0.1</th> <th>0.1 - 0.3</th> <th>0.3 - 1</th> <th>1 - 3</th> <th>3 - 10</th> <th>11 - 30</th> <th>> 30 (50)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>U</td> <td>G</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)			UG					<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)				U	G			< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)				UG				<table border="1"> <thead> <tr> <th>0</th> <th>0-1</th> <th>1-3</th> <th>4-10</th> <th>11-30</th> <th>31-100</th> <th>>100 (200)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th><0.1</th> <th>0.1 - 0.3</th> <th>0.3 - 1</th> <th>1 - 3</th> <th>3 - 10</th> <th>11 - 30</th> <th>> 30 (50)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>U</td> <td>G</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)			UG					<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)				U	G			< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)				UG				<table border="1"> <thead> <tr> <th>0</th> <th>0-1</th> <th>1-3</th> <th>4-10</th> <th>11-30</th> <th>31-100</th> <th>>100 (200)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th><0.1</th> <th>0.1 - 0.3</th> <th>0.3 - 1</th> <th>1 - 3</th> <th>3 - 10</th> <th>11 - 30</th> <th>> 30 (50)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)	UG							<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)			UG					< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)				UG			
0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)																																																																																																																											
		UG																																																																																																																															
<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)																																																																																																																											
			U	G																																																																																																																													
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																											
			UG																																																																																																																														
0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)																																																																																																																											
		UG																																																																																																																															
<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)																																																																																																																											
			U	G																																																																																																																													
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																											
			UG																																																																																																																														
0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)																																																																																																																											
UG																																																																																																																																	
<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)																																																																																																																											
		UG																																																																																																																															
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																											
			UG																																																																																																																														



A2.12 Szenario Bombenanschlag

ge

signisbeschreibung

	offene Strecke	Kunstbaute	Tunnel
Bombenanschlag	<p>Es kommt zu einer Bombenexplosion durch einen Terror/Sabotageakt auf eine Infrastruktur. Die umliegenden Gebäude werden beschädigt sowie Menschen im Umkreis von 10 m werden getötet bzw. im Umkreis von 100 m verletzt.</p> <p>Neben dem Gebäudesachschaden und den Verletzten/Toten ergeben sich durch die grossräumige Absperrung ebenfalls betriebliche Schäden (Sperrungen) für die betroffenen Infrastrukturbetreiber. Die zerstörte/beschädigte Infrasturkturanlage muss repariert werden. Die Reparatur kann einige Tage/Wochen in Anspruch nehmen.</p> <p>Annahme: Alle 100 Jahre einen Anschlag auf das Strom-/Eisenbahn-/Strassennetz</p>	<p>Es kommt zu einer Bombenexplosion durch einen Terror/Sabotageakt auf Kunstbauten. Auf Brücken und Galerien ist neben dem Schaden an der Infrasturkturanlagen hauptsächlich mit Personenschaden zu rechnen. Der Personenschaden ergibt sich aus den Personen im Zug/Auto auf der Brücke/Galerie. Bedingt durch die Ermittlungsarbeit ist mit einer längeren Sperrung der Infrastruktur zu rechnen. Diese Sperrung hat betriebliche Schäden zur Folge. Die zerstörte/beschädigte Infrasturkturanlage muss repariert werden. Die Reparatur kann einige Tage/Wochen in Anspruch nehmen.</p> <p>Annahme: Alle 100 Jahre einen Anschlag auf das Strom-/Eisenbahn-/Strassennetz</p>	<p>Es kommt zu einer Bombenexplosion durch einen Terror/Sabotageakt im Tunnel. Durch die grosse Druckausbreitung im Tunnel ist mit grossem Personenschaden zu rechnen. Der Personenschaden ergibt sich aus den Personen im Zug/Auto im Tunnel. Bedingt durch die Ermittlungsarbeit ist mit einer längeren Sperrung des Tunnels zu rechnen. Diese Sperrung hat betriebliche Schäden (z.B. Umleitungen/Ausfall von Zügen) zur Folge. Der zerstörte/beschädigte Tunnel muss repariert werden. Die Reparatur kann einige Tage/Wochen in Anspruch nehmen.</p> <p>Annahme: Alle 100 Jahre einen Anschlag auf das Strom-/Eisenbahn-/Strassennetz</p>
Bei Bündelung	<p>Bei einer Bombenexplosion auf dem Nationalstrassennetz oder dem Schweizer Schienennetz ist eine Beschädigung der gebündelten Stromkabel möglich. Dabei müssen beide Infrastrukturanlagen ersetzt werden. Die Bündelung kann die Attraktivität für ein Attentat auf die gebündelte Infrastruktur erhöhen.</p>	<p>Bei einer Bombenexplosion auf dem Nationalstrassennetz oder dem Schweizer Schienennetz ist eine Beschädigung der gebündelten Stromkabel möglich. Dabei müssen beide Infrastrukturanlagen ersetzt werden. Die Bündelung kann die Attraktivität für ein Attentat auf die gebündelte Infrastruktur erhöhen.</p>	<p>Bei einer Bombenexplosion auf dem Nationalstrassennetz oder dem Schweizer Schienennetz ist eine Beschädigung der gebündelten Stromkabel möglich. Dabei müssen beide Infrastrukturanlagen ersetzt werden. Die Bündelung kann die Attraktivität für ein Attentat auf die gebündelte Infrastruktur erhöhen.</p>

ufigkeitschätzung

Ereignisse/Jahr/km Strasse

	ungebündelt	gebündelt	ungebündelt	gebündelt	ungebündelt	gebündelt
	3.95E-06	7.91E-06	3.95E-06	7.91E-06	3.95E-06	7.91E-06

hadenausmass

Todesopfer (1 Toter=10 SV)

U: ungebündelt
G: gebündelt

	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)
				UG			

Direkte Schäden (Mio CHF)
(Bau, Technik, Fahrzeuge)

	<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)
				U G			

Indirekte Schäden [Sperrung]

	< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)
					UG		



A2.13 Szenario Cybercrime

Lage

Ereignisbeschreibung

	offene Strecke	Kunstbaute	Tunnel
Cybercrime Kriminelle verschaffen sich u.a. Zugang zur Steuerung/Systemüberwachung. Durch eine Manipulation (z.B. Datenveränderung) an der Systemüberwachung können Schäden an der Infrastruktur verursacht werden (z.B. Überhitzung - Brand, Kurzschluss). Die Stromleitungen sind für den Cybercrime-Attacks von grösserem Interesse als die Verkehrswege. Ein längerer Ausfall der Stromversorgung hat grosse Konsequenzen / Beeinträchtigungen für die ganze Bevölkerung. Mit Personenschäden ist in einem Ereignisfall nicht zu rechnen. Sachschäden bestehen im ungebündelten Fall hauptsächlich aus den direkten Instandsetzungskosten. Annahme: Eine erfolgreiche Cybercrimeattacke alle 100 Jahre auf das Strom-/Strassen-/Eisenbahnnetz	Cybercrime Kriminelle verschaffen sich u.a. Zugang zur Steuerung/Systemüberwachung. Durch eine Manipulation (z.B. Datenveränderung) an der Systemüberwachung können Schäden an der Infrastruktur verursacht werden (z.B. Überhitzung - Brand, Kurzschluss). Die Stromleitungen sind für Cybercrime-Attacks interessanter als die Verkehrswege. Stromleitungen sind wichtige Energielieferanten für das tägliche Leben. Ein längerer Ausfall der Stromversorgung hat grosse Konsequenzen / Beeinträchtigungen für die ganze Bevölkerung. Mit Personenschäden ist in einem Ereignisfall nicht zu rechnen. Sachschäden bestehen im ungebündelten Fall hauptsächlich aus den direkten Instandsetzungskosten. Annahme: Eine erfolgreiche Cybercrimeattacke alle 100 Jahre auf das Strom-/Strassen-/Eisenbahnnetz	Cybercrime Kriminelle verschaffen sich u.a. Zugang zur Steuerung/Systemüberwachung. Durch eine Manipulation (z.B. Datenveränderung) an der Systemüberwachung können Schäden an der Infrastruktur verursacht werden (z.B. Überhitzung - Brand, Kurzschluss). Die Stromleitungen sind für Cybercrime-Attacks interessanter als die Verkehrswege. Stromleitungen sind wichtige Energielieferanten für das tägliche Leben. Deren Ausfall hat schnell grosse Konsequenzen / Beeinträchtigungen für die ganze Bevölkerung. Mit Personenschäden ist in einem Ereignisfall nicht zu rechnen. Sachschäden bestehen im ungebündelten Fall hauptsächlich aus den direkten Instandsetzungskosten. Annahme: Eine erfolgreiche Cybercrimeattacke alle 100 Jahre auf das Strom-/Strassen-/Eisenbahnnetz	
Bei Bündelung Durch eine Überhitzung/Kurzschluss und anschliessendem Kabelbrand sind Personen auf den Verkehrswegen in Gefahr. Durch Explosionen und der Druckwelle können Menschen verletzt werden. Zudem ist für die Instandsetzung mit Teil- oder Totalsperrungen zu rechnen. Die Sachschäden bestehen aus den direkten und den indirekten Kosten.	Bei Bündelung Durch eine Überhitzung/Kurzschluss und anschliessendem Kabelbrand sind Personen auf den Verkehrswegen in Gefahr. Durch Explosionen und der Druckwelle können Menschen verletzt werden. Zudem ist für die Instandsetzung mit Teil- oder Totalsperrungen zu rechnen. Die Sachschäden bestehen aus den direkten und den indirekten Kosten.	Bei Bündelung Durch eine Überhitzung/Kurzschluss und anschliessendem Kabelbrand sind Personen auf den Verkehrswegen in Gefahr. Durch Explosionen und der Druckwelle können Menschen verletzt werden. Zudem ist für die Instandsetzung mit Teil- oder Totalsperrungen zu rechnen. Die Sachschäden bestehen aus den direkten und den indirekten Kosten. Die Druckwelle verursacht grösseren Schaden (beengte Platzverhältnisse) im Tunnel als auf der offenen Strecke an.	

Häufigkeitschätzung

Ereignisse/Jahr/km Strasse

	ungebündelt	gebündelt		ungebündelt	gebündelt		ungebündelt	gebündelt
	3.95E-06	3.95E-06		3.95E-06	3.95E-06		3.95E-06	3.95E-06

Schadenausmass

Todesopfer (1 Toter=10 SV)

Direkte Schäden (Mio CHF)

(Bau, Technik, Fahrzeuge)

Indirekte Schäden [Sperrung]

	U: ungebündelt G: gebündelt								U: ungebündelt G: gebündelt								U: ungebündelt G: gebündelt																		
	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)							
Todesopfer (1 Toter=10 SV)	U	G						U	G						U	G							U	G											
Direkte Schäden (Mio CHF)	<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)			U	G				<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)			U	G				<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)
Indirekte Schäden [Sperrung]	< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)				U	G			< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)				U	G			< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)



A2.14 Szenario Spontanes Bauwerksversagen

Lage	offene Strecke	Kunstbaute	Tunnel																																																																																																																														
Ereignisbeschreibung	<p>Bauwerksversagen Auf offener Strecke besteht keine Gefahr eines Einsturzes</p> <p>Bei Bündelung -</p>	<p>Bauwerksversagen Eine Kunstbaute kann spontan versagen auf Grund von Bau- / Qualitäts- und Unterhaltsmängeln. Bei einem spontanen Bauwerksversagen ist mit vielen Todesopfern und Schwerverletzten zu rechnen. Zudem werden die Verkehrswege, welche über/durch zerstörte Kunstbauten führten für längere Zeit unterbrochen sein. Aufräumarbeiten und ein Neubau dauern mindestens ein Jahr. In gewissen Fällen kann eine Behelfskonstruktion gebaut werden (z.B. mit Unterstützung der Armee). Ausgangspunkt: Jährliche Wahrscheinlichkeit für ein spontanes Versagen pro Bauwerk liegt bei 1e-7.</p> <p>Bei Bündelung Die Stromleitung wird durch das strukturelle Versagen ebenfalls zerstört. Der unterbrochene Bereich der Stromleitung muss ersetzt werden (führt zu grösseren direkten Kosten). Diese zusätzlichen direkten Kosten sind im Vergleich zu den hohen Instandsetzungskosten vernachlässigbar.</p>	<p>Bauwerksversagen Im Tunnel besteht keine Gefahr eines Einsturzes. Versagen kommt während dem Bau vor.</p> <p>Bei Bündelung -</p>																																																																																																																														
Häufigkeitschätzung	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ungebündelt</th> <th>gebündelt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.00E+00</td> <td>0.00E+00</td> </tr> </tbody> </table>	ungebündelt	gebündelt	0.00E+00	0.00E+00	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ungebündelt</th> <th>gebündelt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.00E-07</td> <td>1.00E-07</td> </tr> </tbody> </table>	ungebündelt	gebündelt	1.00E-07	1.00E-07	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ungebündelt</th> <th>gebündelt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.00E+00</td> <td>0.00E+00</td> </tr> </tbody> </table>	ungebündelt	gebündelt	0.00E+00	0.00E+00																																																																																																																		
ungebündelt	gebündelt																																																																																																																																
0.00E+00	0.00E+00																																																																																																																																
ungebündelt	gebündelt																																																																																																																																
1.00E-07	1.00E-07																																																																																																																																
ungebündelt	gebündelt																																																																																																																																
0.00E+00	0.00E+00																																																																																																																																
Schadenausmass	<p>U: ungebündelt G: gebündelt</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>0</th> <th>0-1</th> <th>1-3</th> <th>4-10</th> <th>11-30</th> <th>31-100</th> <th>>100 (200)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th><0.1</th> <th>0.1 - 0.3</th> <th>0.3 - 1</th> <th>1 - 3</th> <th>3 - 10</th> <th>11 - 30</th> <th>> 30 (50)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)	UG							<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)	UG							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)	UG							<table border="1"> <thead> <tr> <th>0</th> <th>0-1</th> <th>1-3</th> <th>4-10</th> <th>11-30</th> <th>31-100</th> <th>>100 (200)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th><0.1</th> <th>0.1 - 0.3</th> <th>0.3 - 1</th> <th>1 - 3</th> <th>3 - 10</th> <th>11 - 30</th> <th>> 30 (50)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> </tr> </tbody> </table>	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)					UG			<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)						UG		< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)							UG	<table border="1"> <thead> <tr> <th>0</th> <th>0-1</th> <th>1-3</th> <th>4-10</th> <th>11-30</th> <th>31-100</th> <th>>100 (200)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th><0.1</th> <th>0.1 - 0.3</th> <th>0.3 - 1</th> <th>1 - 3</th> <th>3 - 10</th> <th>11 - 30</th> <th>> 30 (50)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)	UG							<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)	UG							< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)	UG						
0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)																																																																																																																											
UG																																																																																																																																	
<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)																																																																																																																											
UG																																																																																																																																	
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																											
UG																																																																																																																																	
0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)																																																																																																																											
				UG																																																																																																																													
<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)																																																																																																																											
					UG																																																																																																																												
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																											
						UG																																																																																																																											
0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)																																																																																																																											
UG																																																																																																																																	
<0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	1 - 3	3 - 10	11 - 30	> 30 (50)																																																																																																																											
UG																																																																																																																																	
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																											
UG																																																																																																																																	



A2.15 Szenario Externes Grossereignis

Lage	offene Strecke	Kunstbaute	Tunnel																																																																																																																														
Ereignisbeschreibung	<p>externes Grossereignis Ein Grossereignis (Brand, Flugzeugabsturz, Explosion) geschieht neben der Infrastruktur (Bahngleise, Nationalstrasse, Stromleitungen). Dabei wird die Infrastruktur ebenfalls beschädigt oder sogar zerstört. Betroffene Nationalstrassen/Bahnstrecken, welche sich neben dem Grossereignis befinden, werden sicherheitshalber für den Verkehr gesperrt. Ebenfalls werden Hochspannungsleitungen in der unmittelbaren Umgebung des Ereignisortes sicherheitshalber abgeschaltet. Ausgangslage: Ein jährliches Ereignis in der gesamten Schweiz.</p> <p>Bei Bündelung Bei eine Bündelung sind beide Infrastrukturen betroffen und werden beschädigt (höherer direkter Schaden).</p>	<p>externes Grossereignis Ein Grossereignis (Brand, Flugzeugabsturz, Explosion) geschieht neben der Infrastruktur (Bahngleise, Nationalstrasse, Stromleitungen). Dabei wird die Infrastruktur ebenfalls beschädigt oder sogar zerstört. Betroffene Nationalstrassen/Bahnstrecken, welche sich neben dem Grossereignis befinden, werden sicherheitshalber für den Verkehr gesperrt. Ebenfalls werden Hochspannungsleitungen in der unmittelbaren Umgebung des Ereignisortes sicherheitshalber abgeschaltet. Ausgangslage: Ein jährliches Ereignis in der gesamten Schweiz.</p> <p>Bei Bündelung Bei eine Bündelung sind beide Infrastrukturen betroffen und werden beschädigt (höherer direkter Schaden).</p>	<p>externes Grossereignis Externe Grossereignisse haben im Tunnel keine Auswirkungen.</p> <p>Bei Bündelung Bei eine Bündelung sind beide Infrastrukturen betroffen und werden beschädigt (höherer direkter Schaden).</p>																																																																																																																														
Häufigkeitschätzung	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ungebündelt</th> <th>gebündelt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3.00E-06</td> <td>3.00E-06</td> </tr> </tbody> </table>	ungebündelt	gebündelt	3.00E-06	3.00E-06	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ungebündelt</th> <th>gebündelt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3.00E-06</td> <td>3.00E-06</td> </tr> </tbody> </table>	ungebündelt	gebündelt	3.00E-06	3.00E-06	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ungebündelt</th> <th>gebündelt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3.00E-06</td> <td>3.00E-06</td> </tr> </tbody> </table>	ungebündelt	gebündelt	3.00E-06	3.00E-06																																																																																																																		
ungebündelt	gebündelt																																																																																																																																
3.00E-06	3.00E-06																																																																																																																																
ungebündelt	gebündelt																																																																																																																																
3.00E-06	3.00E-06																																																																																																																																
ungebündelt	gebündelt																																																																																																																																
3.00E-06	3.00E-06																																																																																																																																
Schadenausmass	<p>U: ungebündelt G: gebündelt</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>0</th> <th>0-1</th> <th>1-3</th> <th>4-10</th> <th>11-30</th> <th>31-100</th> <th>>100 (200)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th><0.1</th> <th>0.1-0.3</th> <th>0.3-1</th> <th>1-3</th> <th>3-10</th> <th>11-30</th> <th>>30 (50)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>U</td> <td>G</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)			UG					<0.1	0.1-0.3	0.3-1	1-3	3-10	11-30	>30 (50)				U	G			< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)				UG				<table border="1"> <thead> <tr> <th>0</th> <th>0-1</th> <th>1-3</th> <th>4-10</th> <th>11-30</th> <th>31-100</th> <th>>100 (200)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th><0.1</th> <th>0.1-0.3</th> <th>0.3-1</th> <th>1-3</th> <th>3-10</th> <th>11-30</th> <th>>30 (50)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>U</td> <td>G</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)			UG					<0.1	0.1-0.3	0.3-1	1-3	3-10	11-30	>30 (50)				U	G			< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)				UG				<table border="1"> <thead> <tr> <th>0</th> <th>0-1</th> <th>1-3</th> <th>4-10</th> <th>11-30</th> <th>31-100</th> <th>>100 (200)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th><0.1</th> <th>0.1-0.3</th> <th>0.3-1</th> <th>1-3</th> <th>3-10</th> <th>11-30</th> <th>>30 (50)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>G</td> <td></td> <td></td> <td>U</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>< 4h</th> <th>4h - 12h</th> <th>12h - 2T</th> <th>2T - 1W</th> <th>1W - 1 M</th> <th>1M - 3M</th> <th>> 3M (6M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>UG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)	UG							<0.1	0.1-0.3	0.3-1	1-3	3-10	11-30	>30 (50)	G			U				< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)	UG						
0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)																																																																																																																											
		UG																																																																																																																															
<0.1	0.1-0.3	0.3-1	1-3	3-10	11-30	>30 (50)																																																																																																																											
			U	G																																																																																																																													
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																											
			UG																																																																																																																														
0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)																																																																																																																											
		UG																																																																																																																															
<0.1	0.1-0.3	0.3-1	1-3	3-10	11-30	>30 (50)																																																																																																																											
			U	G																																																																																																																													
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																											
			UG																																																																																																																														
0	0-1	1-3	4-10	11-30	31-100	>100 (200)																																																																																																																											
UG																																																																																																																																	
<0.1	0.1-0.3	0.3-1	1-3	3-10	11-30	>30 (50)																																																																																																																											
G			U																																																																																																																														
< 4h	4h - 12h	12h - 2T	2T - 1W	1W - 1 M	1M - 3M	> 3M (6M)																																																																																																																											
UG																																																																																																																																	



A3 Risiken Streckenbenutzung

A3.1 Strassen mit viel Verkehr/Hauptstrecken

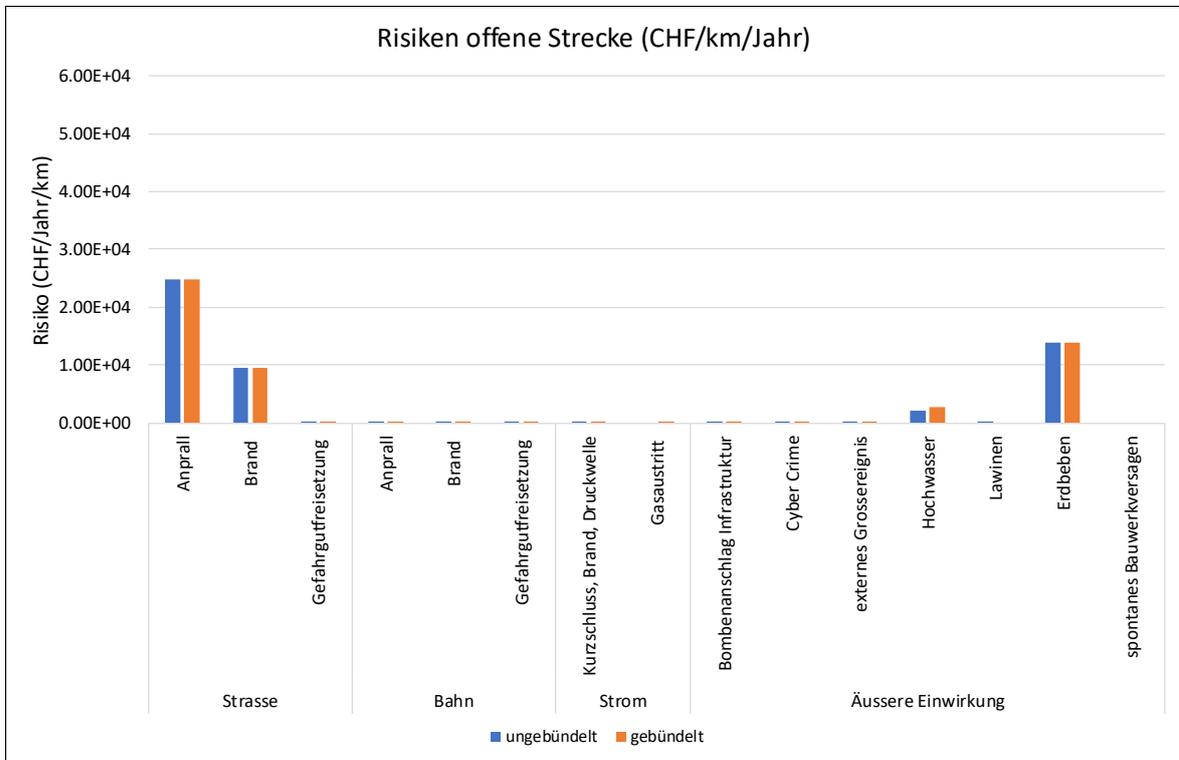


Abbildung 31 Risiken auf offener Strecke (Hauptstrecke/Strasse mit viel Verkehr)

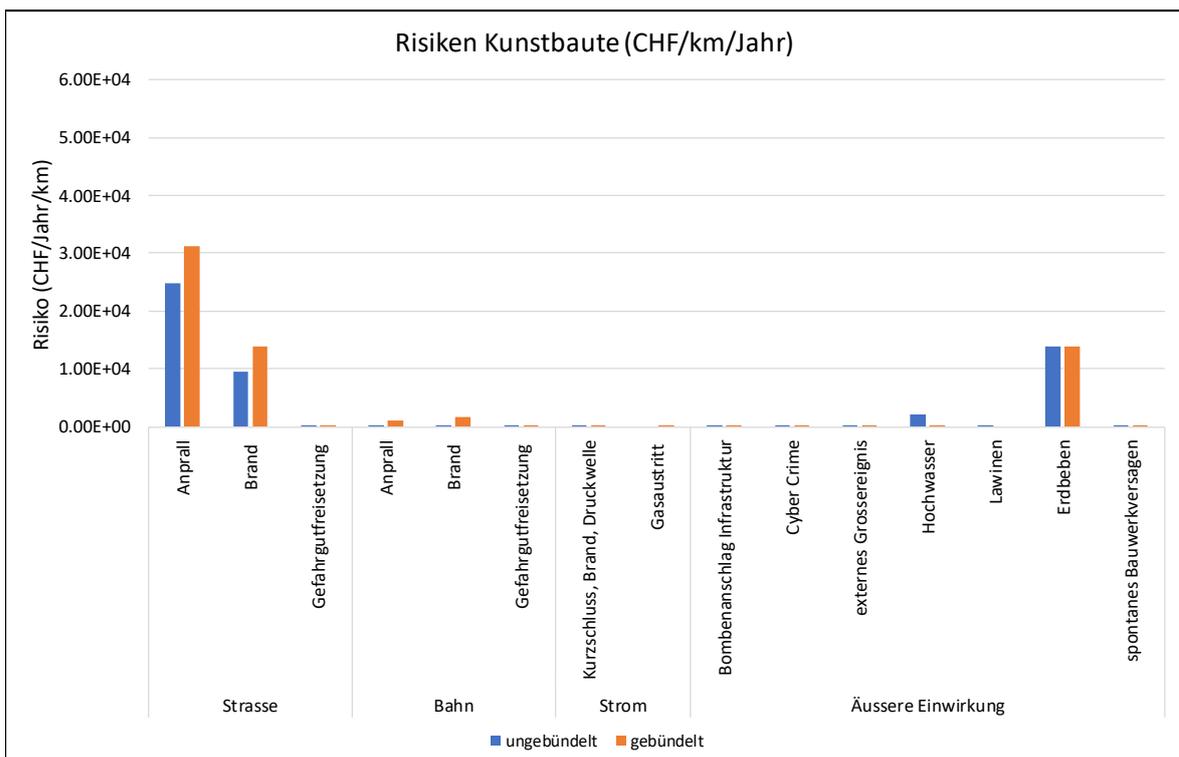


Abbildung 32 Risiken Kunstbaute (Hauptstrecke/Strasse mit viel Verkehr)

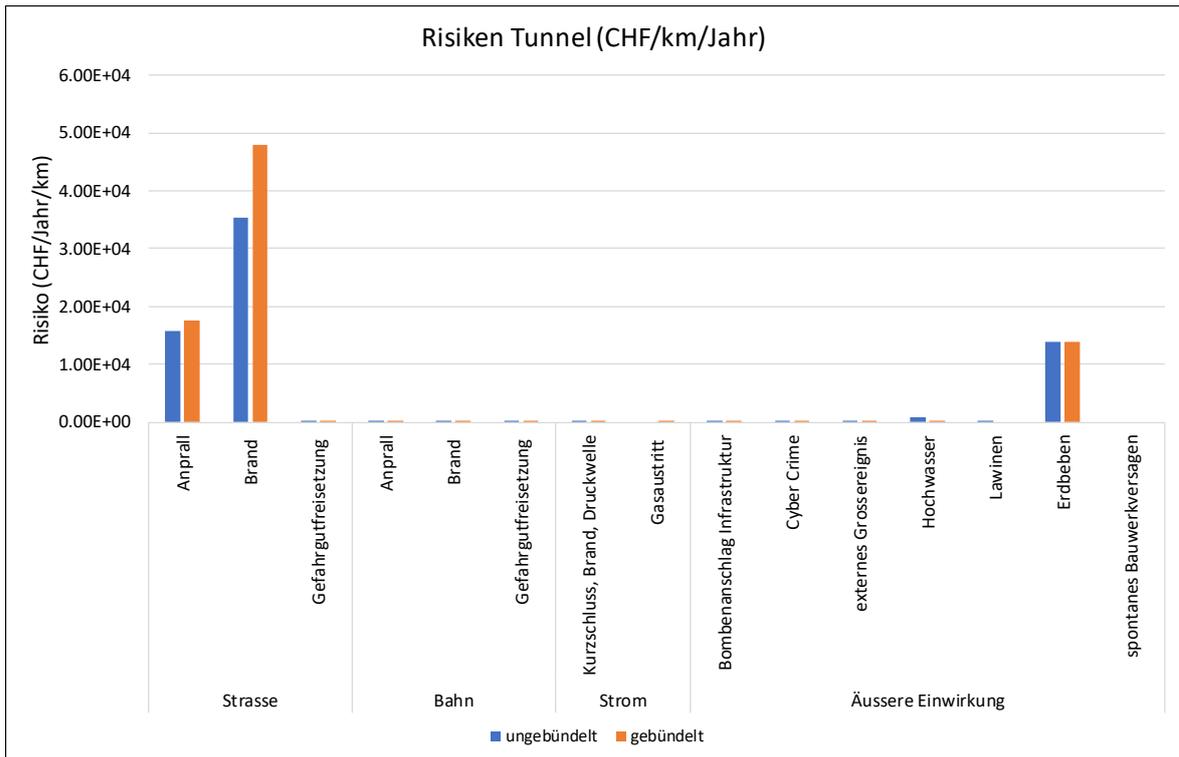


Abbildung 33 Risiken Tunnel (Hauptstrecke/Strasse mit viel Verkehr)

A3.2 Strassen mit weniger Verkehr/Nebenstrecken

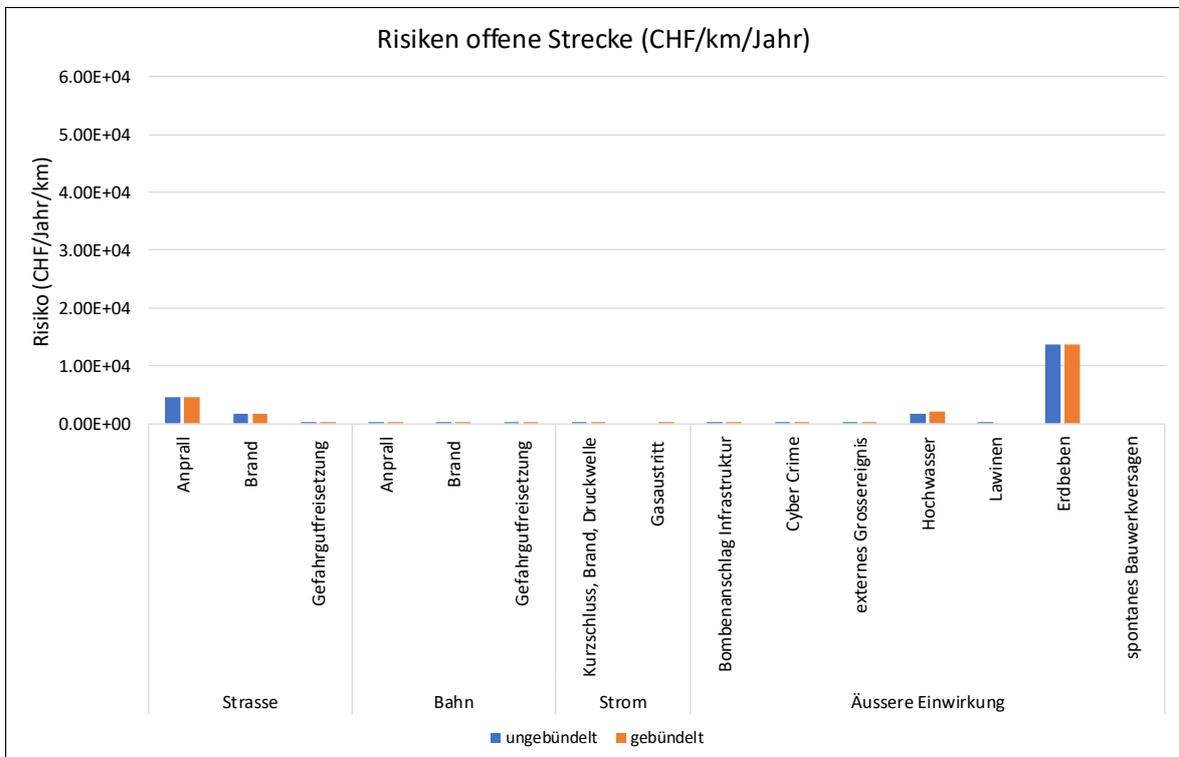


Abbildung 34 Risiken auf offener Strecke (Nebenstrecke/Strasse mit weniger Verkehr)

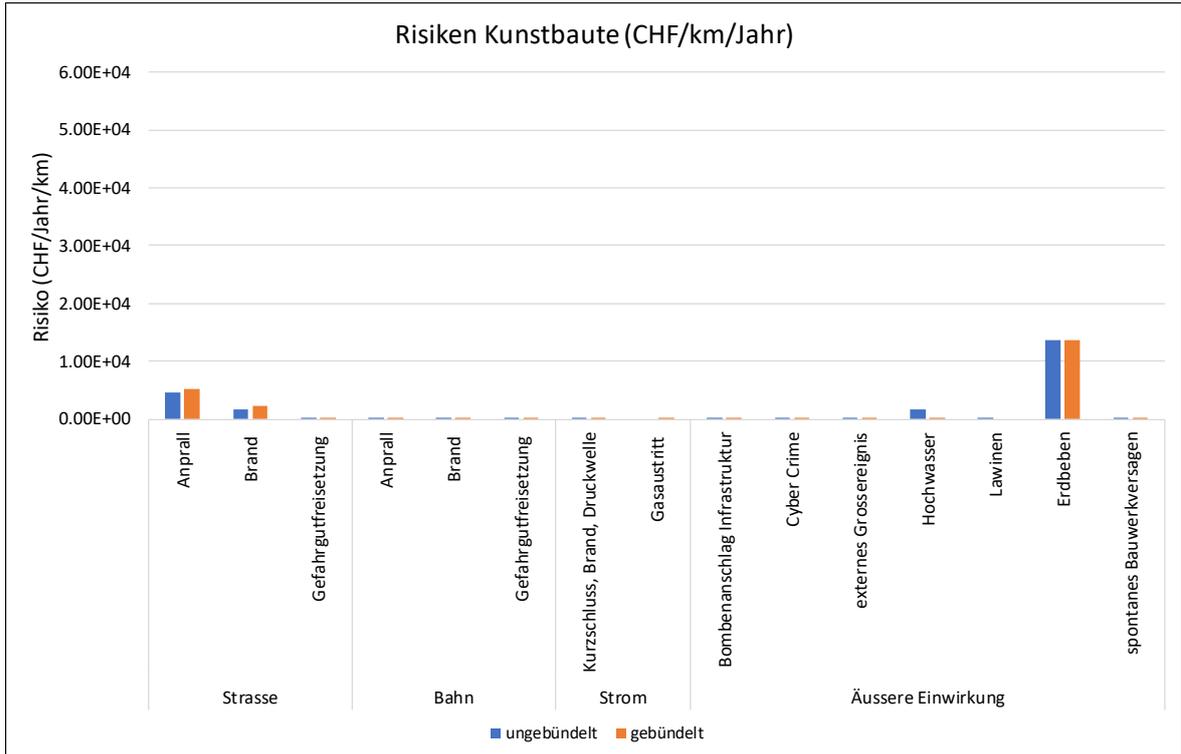


Abbildung 35 Risiken Kunstbaute (Nebenstrecke/Strasse mit weniger Verkehr)

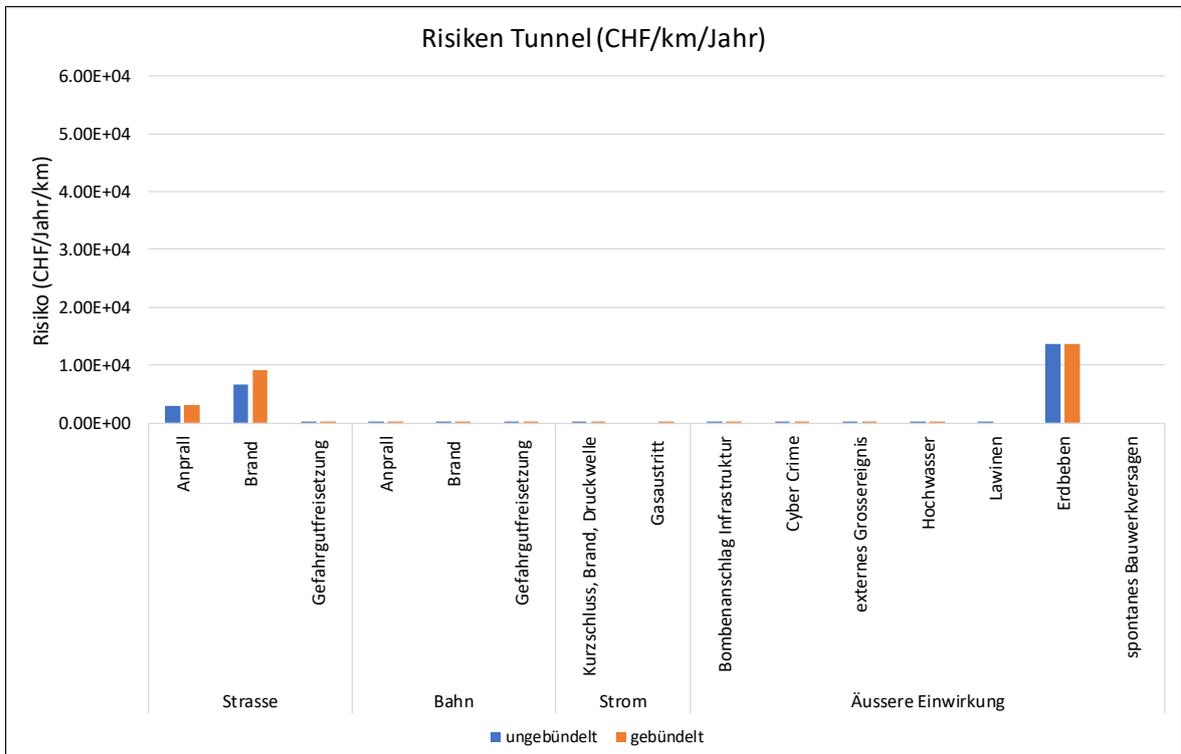


Abbildung 36 Risiken Tunnel (Nebenstrecke/Strasse mit weniger Verkehr)



A4 Daten Vergleich Berg-Tunnel

Die resultierenden Häufigkeiten, Ausmasse und Risiken sind für die ungebündelte Variante in der Tabelle 16, für den gebündelten Fall sind in der Tabelle 17 dargestellt.

Gruppe	Beispiele	W	alle x Jahre	Todesopfer [Anz]	Direkte Schäden Mio.CHF	Indirekte Schäden [Zeit Sperrung]	Risiko [CHF/Jahr]	
Ereignisse ausserhalb Infrastruktur	Gebäudevollbrand	j	1.00E-02	100	0	4 h – 12 h	200	
	Stationäre Anlage	j	6.00E-05	16'667	< 0.1	< 4 h	13	
	Strasse (Brand)	j	1.30E-05	76'923	< 0.1	< 4 h	3	
	Bahn (Brand)	j	1.00E-06	1'000'000	< 0.1	< 4 h	0	
	Gasleitung	j	1.00E-06	1'000'000	< 0.1	< 4 h	0	
	Verstrahlung	n	0.00E+00	-	0	0	0	
	Freisetzung von Bakterien / Viren	nr	0.00E+00	-	0	0	0	
	Freisetzung chemischer Stoffe	n	0.00E+00	-	0	0	0	
	Lastwagen (Anprall)	n	1.00E+00	1	0	0	0	
	Eisenbahn (Anprall)	n	2.00E+00	1	0	0	0	
	Absturz Flugzeug	j	1.20E-05	83'333	0	1 – 3 Mio.	1 W – 1 M	21
	Hochwasserwelle nach Dammbbruch	j	1.00E-07	10'000'000	3 – 10	> 30 (50) Mio.	1 M – 3 M	7
	Bruch grosser Wasserleitung	j	1.00E-05	100'000	0	0.3 – 1 Mio.	12 h – 2 T	5
	Verkehr, andauernde Erschütterung	nr	0.00E+00	-	0	0	0	0
	Sprengen bei Bauarbeiten	j	1.00E-04	10'000	0	0.3 – 1 Mio.	1 W – 1 M	66
	Starkstromleitung	n	0.00E+00	-	0	0	0	0
	Sendeanlagen	nr	0.00E+00	-	0	< 0.1 Mio.	< 4 h	0
	Radaranlagen	nr	0.00E+00	-	0	< 0.1 Mio.	< 4 h	0
	grossräumiger Verkehrskollaps	n	0.00E+00	-	0	0	0	0
	Naturereignisse	Querschläger Schiessplatz / mil Übungsplatz	j	1.00E-04	10'000	0	0.1 – 0.3 Mio.	1 W – 1 M
Starkniederschlag		j	1.00E-01	10	0	< 0.1 Mio.	< 4 h	6'000
Eisregen		j	4.00E-03	250	0	0.3 – 1 Mio.	1 W – 1 M	2'640
Hagel		nr	5.00E-01	2	0	0	0	0
Massiver Schneefall		nr	1.00E-01	10	0	0	0	0
Blitzschlag		j	1.00E-02	100	0	0	4 h – 12 h	200
Schwerer Sturm, hohe Windlast		j	1.00E-01	10	0	< 0.1 Mio.	4 h – 12 h	7'000
Kältewelle, mehrere Wochen unter -10°C		j	1/10	10	0	0	< 4 h	1'000
Hitzewelle, mehrere Wochen über +30°C		j	1.00E-02	100	0	0	< 4 h	100
Saharastaub in der Schweiz		nr	0.00E+00	-	0	0	0	0
Ereignisse innerhalb Infrastrukturen	Überschwemmung, Unterspülung	j	4.25E-03	235	0	0.3 – 1 Mio.	2 T – 1 W	2'465
	Schwankungen, Auftrieb	n	0.00E+00	-	0	0	0	0
	Erdbeben	j	1.85E-04	5'405	0	1 – 3 Mio.	2 T – 1 W	311
	Steinschlag / Bergsturz	j	1.85E-04	5'405	0	1 – 3 Mio.	2 T – 1 W	311
	Lawnen	j	1.85E-04	5'405	0	1 – 3 Mio.	2 T – 1 W	311
	Erdbeben	j	1.00E-04	10'000	11 – 30	> 30 (50) Mio.	1 M – 3 M	10'032
	Meteoriteneinschlag	j	3.00E-06	333'333	0	0.3 – 1 Mio.	1 W – 1 M	2
	Störung infolge erhöhter Sonnenaktivität	j	1.00E-07	10'000'000	0	< 0.1 Mio.	< 4 h	0
	Brand Fahrzeug	j	2.88E-03	347	3 – 10	3 – 10 Mio.	1 W – 1 M	50'941
	Brand Eisenbahn	j	0.00E+00	-	0	0	0	0
Restliche Ereignisse	Freisetzung Gefahrgut Strasse	j	4.98E-05	20'080	1 – 3	0.1 – 0.3 Mio.	12 h – 2 T	259
	Freisetzung Gefahrgut Bahn	n	0.00E+00	-	0	0	0	0
	Kollision Fahrzeuge	j	5.27E-03	190	1 – 3	0.3 – 1 Mio.	2 T – 1 W	29'379
	Kollision Eisenbahn	n	0.00E+00	-	0	0	0	0
	Kabelbrand, Kurzschluss, Druckwelle	j	4.38E-04	2'286	0.1 – 0.3	0.3 – 1 Mio.	12 h – 2 T	455
	Strom: Gasaustritt	n	0.00E+00	-	0	0	0	0
	Wasserrohrbruch	j	1.00E-05	100'000	0	0.3 – 1 Mio.	12 h – 2 T	5
	Tragwerkversagen	j	1.00E-07	10'000'000	0	1 – 3 Mio.	1 W – 1 M	0
	Blackout	j	1.00E-03	1'000	0	0	12 h – 2 T	40
	Telekommunikation	j	2.00E-03	500	0	0	2 T – 1 W	160
Datenübertragung	j	2.00E-03	500	0	< 0.1 Mio.	12 h – 2 T	180	
Sicherheitsanlagen	j	2.00E-03	500	< 0.1	0.1 – 0.3 Mio.	12 h – 2 T	720	
Zerstörung Anlageteile	j	1.00E-03	1'000	< 0.1	1 – 3 Mio.	1 M – 3 M	2'080	
Verschmieren	j	2.00E-03	500	0	< 0.1 Mio.	0	100	
Brandstiftung	j	5.93E-05	16'878	1 – 3	1 – 3 Mio.	1 M – 3 M	410	
Bombendrohung	j	1.00E-02	100	0	< 0.1 Mio.	2 T – 1 W	1'300	
Sprengstoffanschlag auf Anlage	j	1.00E-05	100'000	3 – 10	11 – 30 Mio.	1 M – 3 M	323	
Beschuss mit Waffen	j	1.00E-05	100'000	0	1 – 3 Mio.	1 M – 3 M	19	
Cyberattacke	j	9.88E-05	10'127	0	0.3 – 1 Mio.	2 T – 1 W	57	
EMP-Anschlag	nr	0.00E+00	-	0	0	0	0	
Gesamtrisiko ungebündelt (CHF/Jahr)							CHF 127'000	

Tabelle 16 Risiken Variante Bergstrecke-Tunnel (ungebündelt)



Klärung von Grundsatzfragen für die Bündelung von Nationalstrassen und Eisenbahnstrecken mit Übertragungsleitungen
 Beilage 2: Risikoveränderungen durch multifunktionale Infrastrukturen

Gruppe	Beispiele	W		Todesopfer [Anz]	Direkte Schäden Mio. CHF	Indirekte Schäden [Zeit Sperrung]	Risiko [CHF/Jahr]	
		alle	x Jahre					
Ereignisse ausserhalb Infrastruktur	Gebäudevollbrand	n	0.00E+00	0	0	4 h – 12 h	0	
	Stationäre Anlage	n	0.00E+00	-	0	0	0	
	Strasse (Brand)	n	0.00E+00	-	0	0	0	
	Bahn (Brand)	n	0.00E+00	-	0	0	0	
	Gasleitung	n	0.00E+00	-	0	0	0	
	Verstrahlung	n	0.00E+00	-	0	0	0	
	Freisetzung von Bakterien / Viren	nr	0.00E+00	-	0	0	0	
	Freisetzung chemischer Stoffe	n	0.00E+00	-	0	0	0	
	Lastwagen (Anprall)	nr	0.00E+00	-	0	0	0	
	Eisenbahn (Anprall)	n	0.00E+00	-	0	0	0	
	Absturz Flugzeug	n	0.00E+00	-	0	0	0	
	Hochwasserselle nach Dambruch	n	0.00E+00	-	3 – 10	> 30 (50) Mio.	1 M – 3 M	0
	Bruch grosser Wasserleitung	j	1.00E-05	100'000	0	0.3 – 1 Mio.	12 h – 2 T	5
	Verkehr, andauernde Erschütterung	nr	0.00E+00	-	0	0	0	0
	Sprengen bei Bauarbeiten	j	1.00E-04	10'000	0.1 – 0.3	0.3 – 1 Mio.	1 W – 1 M	116
	Starkstromleitung	nr	0.00E+00	-	0	0	0	0
	Sendeanlagen	nr	0.00E+00	-	0	0	0	0
	Radaranlagen	nr	0.00E+00	-	0	0	0	0
	grossräumiger Verkehrskollaps	n	0.00E+00	-	0	0	0	0
	Querschläger Schiessplatz / mil Übungsplatz	n	0.00E+00	-	0	0	0	0
Naturereignisse	Starkniederschlag	n	0.00E+00	-	0	0	0	
	Eisregen	n	0.00E+00	-	0	0	0	
	Hagel	n	0.00E+00	-	0	0	0	
	Massiver Schneefall	n	0.00E+00	-	0	0	0	
	Blitzschlag	n	0.00E+00	-	0	0	0	
	Schwerer Sturm, hohe Windlast	n	0.00E+00	-	0	0	0	
	Kälteele, mehrere Wochen unter -10°C	nr	0.00E+00	-	0	0	0	
	Hitzewelle, mehrere Wochen über +30°C	nr	0.00E+00	-	0	0	0	
	Saharastaub in der Schweiz	n	0.00E+00	-	0	0	0	
	Überschwemmung, Unterspülung	n	0.00E+00	-	0	0	0	
	Schwankungen, Auftrieb	n	0.00E+00	-	0	0	0	
	Erdrutsch	n	0.00E+00	-	0	0	0	
	Steinschlag / Bergsturz	n	0.00E+00	-	0	0	0	
	Lawinen	n	0.00E+00	-	0	0	0	
	Erdbeben	j	1.00E-04	10'000	11 – 30	> 30 (50) Mio.	1 M – 3 M	10'032
Meteoriteneinschlag	n	0.00E+00	-	0	0	0	0	
Störung infolge erhöhter Sonnenaktivität	n	0.00E+00	-	0	0	0	0	
Ereignisse innerhalb Infrastrukturen	Brand Fahrzeug	j	2.88E-03	347	3 – 10	11 – 30 Mio.	1 W – 1 M	92'621
	Brand Eisenbahn	n	0.00E+00	-	0	0	0	0
	Freisetzung Gefahrgut Strasse	j	4.98E-05	20'080	1 – 3	0.1 – 0.3 Mio.	12 h – 2 T	259
	Freisetzung Gefahrgut Bahn	n	0.00E+00	0	0	0	12 h – 2 T	0
	Kollision Fahrzeuge	j	5.27E-03	190	1 – 3	1 – 3 Mio.	2 T – 1 W	35'170
	Kollision Eisenbahn	n	0.00E+00	-	0	0	0	0
	Kabelbrand, Kurzschluss, Druckwelle	j	5.25E-04	1'905	0.1 – 0.3	0.3 – 1 Mio.	1 W – 1 M	609
Restliche Ereignisse	Strom: Gasaustritt	j	9.75E-05	10'256	0.3 – 1	0.3 – 1 Mio.	2 T – 1 W	213
	Wasserrohrbruch	j	1.00E-05	100'000	0	0.3 – 1 Mio.	12 h – 2 T	5
	Tragwerkversagen	j	0.00E+00	-	0	0	0	0
	Blackout	j	1.00E-03	1'000	0	0	12 h – 2 T	40
	Telekommunikation	j	2.00E-03	500	0	0	2 T – 1 W	160
	Datenübertragung	j	2.00E-03	500	0	<0.1 Mio.	12 h – 2 T	180
	Sicherheitsanlagen	j	2.00E-03	500	< 0.1	0.1 – 0.3 Mio.	12 h – 2 T	720
	Zerstörung Anlageteile	j	1.00E-03	1'000	< 0.1	1 – 3 Mio.	1 M – 3 M	2'080
	Verschmieren	j	1.00E-03	1'000	0	<0.1 Mio.	0	50
	Brandstiftung	j	1.19E-04	8'428	1 – 3	3 – 10 Mio.	1 M – 3 M	1'224
	Bombendrohung	j	1.00E-02	100	0	<0.1 Mio.	2 T – 1 W	1'300
	Sprengstoffanschlag auf Anlage	j	2.00E-05	50'000	3 – 10	11 – 30 Mio.	1 M – 3 M	646
	Beschuss mit Waffen	n	0.00E+00	-	0	0	0	0
Cyberattäcke	j	5.93E-05	16'878	0.3 – 1	1 – 3 Mio.	2 T – 1 W	194	
EMP-Anschlag	nr	0.00E+00	-	0	0	0	0	
Gesamtrisikogebündelt (CHF/Jahr)							CHF 146'000	

Tabelle 17 Risiken Variante Bergstrecke-Tunnel (gebündelt)



A5 Daten Vergleich Mittelland

Die resultierenden Häufigkeiten, Ausmasse und Risiken sind für die ungebündelte Variante in der Tabelle 18, für den gebündelten Fall in der Tabelle 19 dargestellt.

Gruppe	Szenario		W		Todesopfer [Anz]	Direkte Schäden Mio.CHF	Indirekte Schäden [Zeit Sperrung]	Risiko [CHF/Jahr]
			alle	x Jahre				
Ereignisse ausserhalb Infrastruktur	Gebäudevollbrand	j	5.00E-02	20	0	0	12 h – 2 T	2'000
	Stationäre Anlage (Chemiebetrieb)	j	6.00E-05	16'667	1 – 3	1 – 3 Mio.	2 T – 1 W	401
	Strasse (Brand)	j	1.83E-03	548	< 0.1	< 0.1 Mio.	< 4 h	402
	Bahn (Brand)	j	1.00E-06	1'000'000	< 0.1	< 0.1 Mio.	< 4 h	0
	Gasleitung	j	1.00E-06	1'000'000	< 0.1	< 0.1 Mio.	< 4 h	0
	Verstrahlung	n	0.00E+00	-	0	0	0	0
	Freisetzung von Bakterien / Viren	nr	0.00E+00	-	0	0	0	0
	Freisetzung chemischer Stoffe	j	1.00E-04	10'000	0	0.1 – 0.3 Mio.	4 h – 12 h	18
	Lastwagen (Anprall)	j	3.27E-03	306	0	< 0.1 Mio.	4 h – 12 h	229
	Eisenbahn (Anprall)	j	2.28E-05	43'860	0.1 – 0.3	0.1 – 0.3 Mio.	12 h – 2 T	16
	Absturz Flugzeug	j	1.90E-05	52'632	0	1 – 3 Mio.	1 W – 1 M	33
	Hochwasserwelle nach Dammbrech	j	1.00E-07	10'000'000	3 – 10	> 30 (50) Mio.	1 M – 3 M	7
	Bruch grosser Wasserleitung	j	1.00E-05	100'000	0	0.3 – 1 Mio.	12 h – 2 T	5
	Verkehr, andauernde Erschütterung	nr	0.00E+00	-	0	0	0	0
	Sprengen bei Bauarbeiten	j	1.00E-04	10'000	0.1 – 0.3	0.3 – 1 Mio.	1 W – 1 M	116
	Starkstromleitung	nr	0.00E+00	-	0	0	0	0
	Sendeanlagen	nr	0.00E+00	-	0	0	0	0
	Radaranlagen	nr	0.00E+00	-	0	0	0	0
	grossräumiger Verkehrskollaps	j	1.00E-02	100	0	0	4 h – 12 h	200
	Querschläger Schiessplatz / mil Übungsplatz	j	1.00E-05	100'000	0	0.1 – 0.3 Mio.	4 h – 12 h	2
Naturereignisse	Starkniederschlag	j	1.00E-01	10	0	< 0.1 Mio.	< 4 h	6'000
	Eisregen	j	2.50E-03	400	< 0.1	0.3 – 1 Mio.	2 T – 1 W	1'850
	Hagel	nr	0.00E+00	-	0	0	0	0
	Massiver Schneefall	nr	0.00E+00	-	0	0	0	0
	Blitzschlag	j	1.00E-02	100	0	0	< 4 h	100
	Schwerer Sturm, hohe Windlast	j	1.00E-02	100	0	0	< 4 h	100
	Kältewelle, mehrere Wochen unter -10°C	j	1.00E-01	10	0	0	4 h – 12 h	2'000
	Hitzewelle, mehrere Wochen über +30°C	nr	0.00E+00	-	0	0	0	0
	Saharastaub in der Schweiz	nr	0.00E+00	-	0	0	0	0
	Überschwemmung, Unterspülung	j	3.34E-03	299	1 – 3	1 – 3 Mio.	2 T – 1 W	22'311
Schwankungen, Auftrieb	n	0.00E+00	-	0	0	0	0	
Erdrutsch	nr	0.00E+00	-	0	0	0	0	
Steinschlag / Bergsturz	nr	1.85E-04	5'405	0	0	0	0	
Lawinen	nr	1.85E-04	5'405	0	0	0	0	
Erdbeben	j	1.00E-04	10'000	11 – 30	> 30 (50) Mio.	1 M – 3 M	10'032	
Meteoriteneinschlag	j	2.30E-06	434'783	0	0.3 – 1 Mio.	1 W – 1 M	2	
Störung infolge erhöhter Sonnenaktivität	j	1.00E-07	10'000'000	0	< 0.1 Mio.	< 4 h	0	
Ereignisse innerhalb Infrastrukturen	Brand Fahrzeug	j	2.22E-02	45	1 – 3	1 – 3 Mio.	12 h – 2 T	147'408
	Brand Eisenbahn	n	0.00E+00	-	0	0	0	0
	Freisetzung Gefahrgut Strasse	j	3.88E-04	2'577	1 – 3	0.1 – 0.3 Mio.	12 h – 2 T	2'018
	Freisetzung Gefahrgut Bahn	n	0.00E+00	-	0	0	0	0
	Kollision Fahrzeuge	j	6.54E-02	15	1 – 3	0.3 – 1 Mio.	12 h – 2 T	362'318
	Kollision Eisenbahn	n	0.00E+00	-	0	0	0	0
	Kabelbrand, Kurzschluss, Druckwelle	j	3.50E-04	2'857	0.3 – 1	0.3 – 1 Mio.	12 h – 2 T	749
	Strom: Gasaustritt	n	0.00E+00	-	0	0	0	0
	Wasserrohrbruch	j	1.00E-05	100'000	0	0.3 – 1 Mio.	12 h – 2 T	5
	Tragwerkversagen	j	1.00E-07	10'000'000	0	1 – 3 Mio.	2 T – 1 W	0
Restliche Ereignisse	Blackout	j	1.00E-03	1'000	0	0	12 h – 2 T	40
	Telekommunikation	j	2.00E-03	500	0	0	2 T – 1 W	160
	Datenübertragung	j	2.00E-03	500	0	< 0.1 Mio.	12 h – 2 T	180
	Sicherheitsanlagen	j	2.00E-03	500	< 0.1	0.1 – 0.3 Mio.	12 h – 2 T	720
	Zerstörung Anlageteile	j	1.00E-03	1'000	< 0.1	1 – 3 Mio.	1 M – 3 M	2'080
	Verschmieren	nr	0.00E+00	0	0	0	0	0
	Brandstiftung	j	7.90E-05	12'658	0.1 – 0.3	1 – 3 Mio.	1 M – 3 M	191
	Bombendrohung	j	1.00E-02	100	0	< 0.1 Mio.	2 T – 1 W	1'300
	Sprengstoffanschlag auf Anlage	j	1.00E-05	100'000	3 – 10	11 – 30 Mio.	1 M – 3 M	323
	Beschuss mit Waffen	nr	0.00E+00	-	0	0	0	0
Cyberattacke	j	7.90E-05	12'658	0	0.3 – 1 Mio.	2 T – 1 W	46	
EMP-Anschlag	nr	0.00E+00	-	0	0	0	0	
Gesamtrisiko ungebündelt (CHF/Jahr)								CHF 563'000

Tabelle 18 Risiken Variante Mittelland (ungebündelt)



Klärung von Grundsatzfragen für die Bündelung von Nationalstrassen und Eisenbahnstrecken mit Übertragungsleitungen
 Beilage 2: Risikoveränderungen durch multifunktionale Infrastrukturen

Gruppe	Szenario	W	alle x Jahre	Todesopfer [Anz]	Direkte Schäden Mio.CHF	Indirekte Schäden [Zeit Sperrung]	Risiko [CHF/Jahr]		
Ereignisse ausserhalb Infrastruktur	Gebäudevollbrand	j	5.00E-02	20	0	12 h – 2 T	2'000		
	Stationäre Anlage (Chemiebetrieb)	j	6.00E-05	16'667	1 – 3	2 T – 1 W	605		
	Strasse (Brand)	j	1.83E-03	548	< 0.1	< 0.1 Mio.	< 4 h	402	
	Bahn (Brand)	j	1.00E-06	1'000'000	< 0.1	< 0.1 Mio.	< 4 h	0	
	Gasleitung	j	1.00E-06	1'000'000	< 0.1	< 0.1 Mio.	< 4 h	0	
	Verstrahlung	n	0.00E+00	-	0	0	0	0	
	Freisetzung von Bakterien / Viren	nr	0.00E+00	-	0	0	0	0	
	Freisetzung chemischer Stoffe	j	1.00E-04	10'000	0	0.1 – 0.3 Mio.	4 h – 12 h	18	
	Lastwagen (Anprall)	n	0.00E+00	-	0	0	0	0	
	Eisenbahn (Anprall)	n	0.00E+00	-	0	0	0	0	
	Absturz Flugzeug	j	9.50E-06	105'263	0	1 – 3 Mio.	1 W – 1 M	17	
	Hochwasserwelle nach Dambruch	j	1.00E-07	10'000'000	3 – 10	> 30 (50) Mio.	1 M – 3 M	7	
	Bruch grosser Wasserleitung	j	1.00E-05	100'000	0	0.3 – 1 Mio.	12 h – 2 T	5	
	Verkehr, andauernde Erschütterung	nr	0.00E+00	-	0	0	0	0	
	Sprengen bei Bauarbeiten	j	1.00E-04	10'000	0.1 – 0.3	0.3 – 1 Mio.	1 W – 1 M	116	
	Starkstromleitung	nr	0.00E+00	-	0	0	0	0	
	Sendeanlagen	nr	0.00E+00	-	0	0	0	0	
	Radaranlagen	nr	0.00E+00	-	0	0	0	0	
	grossräumiger Verkehrskollaps	j	1.00E-02	100	0	0	4 h – 12 h	200	
	Naturereignisse	Querschläger Schiessplatz / mil Übungsplatz	j	1.00E-05	100'000	0	0.1 – 0.3 Mio.	4 h – 12 h	2
Starkniederschlag		j	1.00E-01	10	0	< 0.1 Mio.	< 4 h	6'000	
Eisregen		j	2.50E-03	400	< 0.1	0.1 – 0.3 Mio.	2 T – 1 W	1'000	
Hagel		nr	0.00E+00	-	0	0	0	0	
Massiver Schneefall		nr	0.00E+00	-	0	0	0	0	
Blitzschlag		n	0.00E+00	-	0	0	0	0	
Schwerer Sturm, hohe Windlast		j	1.00E-02	100	0	0	< 4 h	100	
Kältewelle, mehrere Wochen unter -10°C		j	1.00E-01	10	0	0	4 h – 12 h	2'000	
Hitzewelle, mehrere Wochen über +30°C		nr	0.00E+00	-	0	0	0	0	
Saharastaub in der Schweiz		nr	0.00E+00	-	0	0	0	0	
Überschwemmung, Unterspülung		j	3.34E-03	299	1 – 3	1 – 3 Mio.	2 T – 1 W	22'311	
Schwankungen, Auftrieb		n	0.00E+00	-	0	0	0	0	
Erdrutsch		nr	0.00E+00	-	0	0	0	0	
Steinschlag / Bergsturz		nr	0.00E+00	-	0	0	0	0	
Lawinen		nr	0.00E+00	-	0	0	0	0	
Erdbeben		j	1.00E-04	10'000	11 – 30	> 30 (50) Mio.	1 M – 3 M	10'032	
Meteoriteneinschlag		j	2.30E-06	434'783	0	0	0	0	
Störung infolge erhöhter Sonnenaktivität		j	1.00E-07	10'000'000	0	< 0.1 Mio.	< 4 h	0	
Ereignisse innerhalb Infrastrukturen		Brand Fahrzeug	j	2.22E-02	45	1 – 3	1 – 3 Mio.	12 h – 2 T	147'408
		Brand Eisenbahn	n	0.00E+00	-	0	0	0	0
	Freisetzung Gefahrgut Strasse	j	3.88E-04	2'577	1 – 3	0.1 – 0.3 Mio.	12 h – 2 T	2'018	
	Freisetzung Gefahrgut Bahn	n	1.28E-07	7'833'921	0	0	0	0	
	Kollision Fahrzeuge	j	6.54E-02	15	1 – 3	0.3 – 1 Mio.	12 h – 2 T	362'316	
	Kollision Eisenbahn	n	0.00E+00	-	0	0	0	0	
	Kabelbrand, Kurzschluss, Druckwelle	j	7.00E-04	1'429	0.3 – 1	0.3 – 1 Mio.	2 T – 1 W	1'526	
	Strom: Gasaustritt	j	1.30E-04	7'692	0.3 – 1	0.3 – 1 Mio.	2 T – 1 W	283	
	Wasserröhbruch	j	1.00E-05	100'000	0	0.3 – 1 Mio.	12 h – 2 T	5	
	Tragwerkversagen	j	1.00E-07	10'000'000	0	< 0.1 Mio.	< 4 h	0	
Restliche Ereignisse	Blackout	j	1.00E-03	1'000	0	0	12 h – 2 T	40	
	Telekommunikation	j	2.00E-03	500	0	0	2 T – 1 W	160	
	Datenübertragung	j	2.00E-03	500	0	< 0.1 Mio.	12 h – 2 T	180	
	Sicherheitsanlagen	j	2.00E-03	500	< 0.1	0.1 – 0.3 Mio.	12 h – 2 T	720	
	Zerstörung Anlageteile	j	1.00E-03	1'000	< 0.1	1 – 3 Mio.	1 M – 3 M	2'080	
	Verschmieren	nr	0.00E+00	0	0	0	0	0	
	Brandstiftung	j	1.58E-04	6'321	0.1 – 0.3	1 – 3 Mio.	1 M – 3 M	383	
	Bombendrohung	j	1.00E-02	100	0	< 0.1 Mio.	2 T – 1 W	1'300	
	Sprengstoffanschlag auf Anlage	j	2.00E-05	50'000	3 – 10	11 – 30 Mio.	1 M – 3 M	646	
	Beschuss mit Waffen	nr	0.00E+00	-	0	0	0	0	
Cyberattacke	j	7.90E-05	12'658	0.1 – 0.3	1 – 3 Mio.	2 T – 1 W	172		
EMP-Anschlag	nr	0.00E+00	-	0	0	0	0		
Gesamtrisiko gebündelt (CHF/Jahr)							CHF 564'000		

Tabelle 19 Risiken Variante Mittelland (gebündelt)