



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Verkehr BAV
Abteilung Sicherheit

Ernst Basler + Partner AG

März 2015

Risiken beim Transport gefährlicher Güter mit der Bahn

Netzweites Screening der Umweltrisiken 2014 Ergebnisbericht





Referenz/Aktenzeichen: BAV-522.11//3

Vorwort

Die Arbeiten zum vorliegenden Bericht wurden unter Leitung des Bundesamts für Verkehr durch folgende Vertreter der Eidgenössischen Behörden, der Bahnen sowie der Kantone begleitet:

M. Ammann	BAV, Sektion Umwelt
B. Baumgartner	AfU Kanton Thurgau
D. Bonomi	BAFU, Sektion Störfall- und Erdbebenvorsorge
M. Flisch	Kantonales Laboratorium Bern
J. Hansen	AWEL Kanton Zürich
A. Kaufmann	BAV, Sektion Umwelt
P. Kuhn	SBB AG, Division Infrastruktur
T. Schaller	BAV, Sektion Umwelt (Projektleitung bis Dezember 2012)
S. Schnell	BAV, Sektion Umwelt (Projektleitung seit Dezember 2012)
J. Schöbi	SBB AG, Division Infrastruktur
H.P. Stoll	SBB AG, Zentralbereich Sicherheit (seit Mai 2013 bei der Division Infrastruktur)
C. Troxler	AfU Kanton Zug
J. Vouillamoz	BLS AG, Risikomanagement und Umwelt (bis April 2013), seit Mai 2013 Vertreterin der SBB AG, Zentralbereich Sicherheit
N. Schnitfeld	BLS AG, Nachhaltigkeits- und Sicherheitsmanagement (ab August 2014)
R. Zürcher	BLS AG, Nachhaltigkeits- und Sicherheitsmanagement (bis Juli 2014)

Folgende Mitarbeiter der durch das BAV beauftragten Firma Ernst Basler + Partner waren für die Bearbeitung verantwortlich:

Ch. Graf	Projektbearbeitung
P. Locher	Projektleitung und -bearbeitung
Ch. Willi	Projektbearbeitung
C. Zulauf	Qualitätssicherung



Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	4
1.1 AUSGANGSLAGE.....	4
1.2 ZIELSETZUNG.....	4
1.3 UNTERSUCHTES STRECKENNETZ	5
2. ENTWICKLUNG DES SCREENING UMWELTRISIKEN	7
2.1 KURZÜBERSICHT METHODIK	7
2.2 DATENBESCHAFFUNG UND -AUFBEREITUNG	8
3. TRANSPORTIERTE GEFAHRGUTMENGEN.....	10
4. ERGEBNISSE SCREENING UMWELTRISIKEN 2014.....	14
4.1 EINLEITUNG	14
4.2 SCHADENINDIKATOR „OBERFLÄCHENGEWÄSSER“	14
4.3 SCHADENINDIKATOR GRUNDWASSER	21
5. GRUNDLAGEN	28



1. Einleitung

1.1 Ausgangslage

Verkehrswege, auf denen gefährliche Güter transportiert werden, unterstehen der Störfallverordnung [StFV, 1991]. Gemäss StFV sind bei Verkehrswegen die erforderlichen Sicherheitsmassnahmen zum Schutze der Bevölkerung und der Umwelt vor schweren Schädigungen infolge von Störfällen zu treffen. Zentrales Element der StFV ist ein zweistufiges Kontroll- und Beurteilungsverfahren, mit dem die getroffenen Sicherheitsmassnahmen geprüft und die Tragbarkeit des Risikos für die Bevölkerung und die Umwelt infolge von Störfällen beim Transport gefährlicher Güter beurteilt werden. Die Leitung dieses Verfahrens obliegt dem Bundesamt für Verkehr, welches Vollzugsbehörde für die Bahnen ist.

Im Rahmen der Verfahrensstufe „Kurzbericht“ haben sich in den letzten Jahren Screening-Verfahren etabliert. Ein solches wurde für die Personenrisiken bereits im Jahr 2011 ausgearbeitet, vgl. [TgG Bahn, 2011]. Screening-Verfahren sind gemäss [BAFU, 2010] wie folgt definiert: „Verfahren zur Prüfung der Risiken für ein ganzes Netz von Verkehrswegen, welches vereinfacht und konservativ berechnet, auf 100 m Streckenlänge normierte Summenkurven im W-A-Diagramm sowie eine Liste von Segmenten liefert, die aufgrund von Ausschlusskriterien als unbedenklich betrachtet werden.“ Das Screening dient somit als Basis für den Entscheid der Vollzugsbehörden, für welche Teile des Bahnnetzes das Beurteilungsverfahren gemäss StFV auf Stufe Kurzbericht abgeschlossen werden kann, da die Risiken als unbedenklich zu beurteilen sind. Zeigt sich aufgrund des Screenings, dass einzelne Streckenabschnitte potenziell kritische Risiken aufweisen, so ist für diese der Verfahrensschritt "Risikoermittlung" (RE) durchzuführen.

1.2 Zielsetzung

Analog wie beim früheren Screening Personenrisiken werden im Rahmen des Screening Umweltrisiken die folgenden Zielsetzungen verfolgt:

- Die Risiken werden basierend auf einer einheitlichen Methodik in Form von Summenkurven für kurze, homogene Streckenabschnitte ermittelt. Dabei sind die wesentlichen risikorelevanten Merkmale des jeweiligen Streckenabschnitts bzw. von dessen Umgebung zu berücksichtigen.
- Es sollen dieselben kurzen Streckenabschnitte wie im Personenscreening 2010 verwendet, zugrunde gelegt werden. Aus historischen Gründen werden diese im Folgenden als „Subelemente“ bezeichnet.



Referenz/Aktenzeichen: BAV-522.11//3

- Die Risiken werden einzeln für die beiden Schadenindikatoren „verunreinigte oberirdische Gewässer“ (im Folgenden meist als „Oberflächengewässer“ bezeichnet) und „verunreinigte unterirdische Gewässer“ (im Folgenden meist als „Grundwasser“ bezeichnet) sowie für drei unterschiedliche Stoffgruppen ausgewiesen. Die betrachteten Stoffgruppen sind:
 - Flüssige Gefahrgüter, die sich nicht mit Wasser mischen, eine geringere Dichte als Wasser aufweisen und deshalb auf Wasser aufschwimmen (Leitstoff Mineralölprodukte),
 - Flüssige Gefahrgüter, die sich mit Wasser mischen bzw. darin lösen (Leitstoff Epichlorhydrin),
 - Flüssige Gefahrgüter, die sich nicht mit Wasser mischen, eine höhere Dichte als Wasser aufweisen und deshalb in Wasser absinken (Leitstoff Perchlorethylen).

Gefahrgüter, die unter Standardbedingungen bezüglich Druck und Temperatur gasförmig oder fest sind, müssen für den Vollzug der StFV bei den Bahnen hinsichtlich der Umweltrisiken nicht betrachtet werden, da deren Risiken einen untergeordneten Stellenwert aufweisen.

1.3 Untersuchtes Streckennetz

Das Netz der Schweizer Normalspurbahnen umfasst gemäss [TgG Bahn, 2011] insgesamt 3'652 km. Davon entfallen 3'039 km oder 83% auf das Netz der SBB AG; 440 km oder 12% entfallen auf das Netz der BLS AG.¹⁾

Im Rahmen der aktuellen Revision der StFV wurde ein Streckennetz definiert, auf welchem Gefahrgüter in Mengen mit potentiell relevanten Risiken für die Bevölkerung oder die Umwelt transportiert werden oder in Zukunft transportiert werden können. Das resultierende Screeningnetz wurde gegenüber dem Stand im Personenscreening 2011 verkleinert; es ist in Abbildung 1 in roter Farbe dargestellt. Noch nicht dargestellt sind Strecken, die zukünftig zum Screeningnetz hinzukommen werden, auf denen heute aber noch kein Gefahrgut transportiert wird (z.B. AlpTransit-Gotthard zwischen Altdorf und Vezia). Das rot dargestellte Screeningnetz weist eine Länge von 1'596 km auf.

In Bezug auf die Abgrenzung gilt analog zu den Personenrisiken Folgendes:

- Für Strecken innerhalb von Rangierbahnhöfen sowie im Zusammenhang mit dem Rangierbetrieb werden die Umweltrisiken nicht untersucht.
- Ebenfalls nicht untersucht werden Tunnelstrecken. Die Ermittlung der Risiken für Oberflächengewässer und Grundwasser, welche von Tunnelstrecken ausgehen, würde detaillierte Abklärungen

1) Weitere Infrastrukturbetreiberinnen sind die Deutsche Bahn (Schaffhausen – Thayngen), Thurbo (Wil – Kreuzlingen) und die Konzessionierten Hafenbahnen des Kantons Basel-Landschaft (Rangierbahnhof Basel-SBB – Auhafen / Birsfelder Hafen).



Referenz/Aktenzeichen: BAV-522.11//3

zur Tunnelentwässerung voraussetzen, was den Rahmen der vorliegenden Untersuchung gesprengt hätte.

Insgesamt wurden für 1'394 km Normalspurstrecken (ohne Tunnel und Rangierbereiche) die Risiko-Summenkurven berechnet. Alle Ergebnisse, die im vorliegenden Bericht dargestellt sind, beziehen sich auf das untersuchte Screeningnetz von 1'394 km Länge (für prozentuale Angaben definitionsgemäss 100%).

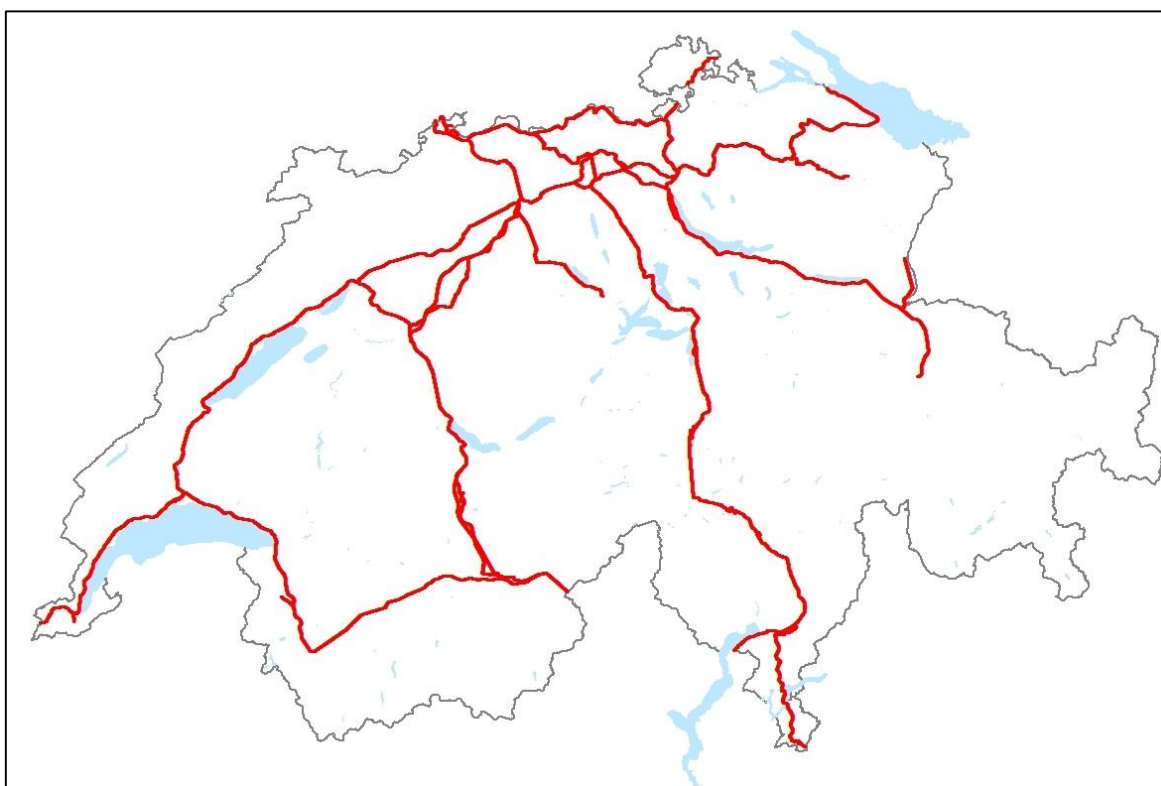


Abbildung 1: Untersuchtes Streckennetz für das Personen- und Umweltscreening



2. Entwicklung des Screening Umweltrisiken

2.1 Kurzübersicht Methodik

Die Methodik für das Umweltscreening wurde über mehrere Jahre durch die im Vorwort genannte Begleitgruppe entwickelt und auf das Bahnnetz angewendet. Die Methodik, d.h. die Regeln, um aus einem Satz an ortsspezifischen Einflussgrössen pro Leitstoff und pro Schadenindikator die Summenkurve zu ermitteln, sind in [BAV, 2015] detailliert beschrieben. Zusammenfassend lässt sich Folgendes festhalten:

- Die Grundlagen zur Ermittlung der Häufigkeit von Störfällen mit einer Freisetzung von flüssigen Gefahrgütern in relevanter Menge sowie die zugehörigen Einflussgrössen (z.B. Weichendichte, Höchstgeschwindigkeit von Güterzügen) werden unverändert aus dem Screening Personenrisiken [BAV, 2011] übernommen. Dabei wird davon ausgegangen, dass alle für das Screening Umweltrisiken massgeblichen flüssigen Gefahrgüter in Kesselwagen transportiert werden, welche keine erhöhten Sicherheitsanforderungen erfüllen (im Gegensatz etwa zu Kesselwagen für den Transport von druckverflüssigten Gasen, welche eine höhere Wandstärke aufweisen, was die Wahrscheinlichkeit einer Leckbildung bei einem Unfall reduziert).
- Unterschiede in der Wassergefährdungsklasse (WGK) gemäss der deutschen Verwaltungsvorschrift wassergefährdender Stoffe werden über die folgenden Gewichtungsfaktoren berücksichtigt (Einfluss auf die Häufigkeit über eine Parallelverschiebung der Summenkurve in Bezug auf die y-Achse):
 - WGK 3 (stark wassergefährdend): Faktor 1 (Referenzwert für die drei Leitstoffe)
 - WGK 2 (wassergefährdend): Faktor 0.25
 - WGK 1 (schwach wassergefährdend): Faktor 0.0625

Dadurch werden Gefahrgüter mit $WGK < 3$ nur mit reduziertem Gewicht beim entsprechenden Leitstoff berücksichtigt.

- Oberflächengewässer (OFG) können in folgenden Fällen verschmutzt werden:
 - eine Fahrbahntwässerung ist vorhanden, welche direkt in das OFG als Vorfluter einmündet,
 - der Abstand des OFG sowie die Topographie sind so, dass vom Freisetzungsort aus oberflächlich abfliessendes flüssiges Gefahrgut in das OFG eintreten kann.

Um den zweiten Ausbreitungspfad systematisch berücksichtigen zu können, werden von jedem möglichen Freisetzungsort aus die oberflächlichen Abflusspfade mit Hilfe eines digitalen Höhenmodells modelliert und rechnerisch abgeschätzt, welche Mengen im Boden versickern (und damit eine



Gefahr für das Grundwasser darstellen) bzw. welcher Anteil oberflächlich in ein OFG gelangen kann (sog. Abflussmodellierung)

- Für Trinkwasserzwecke genutztes Grundwasser²⁾ kann verschmutzt werden, wenn es aus Fassungen bzw. Quellen innerhalb von ausgeschiedenen Grundwasserschutzzonen gefördert wird, die sich innerhalb von 500 m von der Bahnlinie befinden und nicht über 30 m höher als diese liegen.
- Beim Schadenindikator „Grundwasser“ werden die vorgesehenen Änderungen in den Beurteilungskriterien II, die sich in Überarbeitung befinden (vgl. [BAFU, 2010]), berücksichtigt. Dies bedeutet, dass der Störfallwert nicht über die Personenmonate ermittelt wird, sondern über die Menge des verschmutzten, aus Fassungen förderbaren Grundwassers, welches (vorübergehend oder auf Dauer) nicht mehr als Trinkwasser nutzbar ist. Eine schwere Schädigung wird erreicht, wenn die nicht mehr nutzbare Fördermenge 2'500 l/Min. erreicht oder übersteigt.

2.2 Datenbeschaffung und -aufbereitung

Die Beschaffung und Aufbereitung der ortsspezifischen Daten pro Subelement, welche für die Ermittlung der Umweltrisiken notwendig sind, erstreckte sich über mehrere Jahre. Nachfolgend sind dazu die wichtigsten Informationen zusammengefasst.

Daten zum Streckenverlauf, zu den Streckentypen (Unterscheidung zwischen offenen Strecken und Tunneln) sowie alle Grössen, welche die Freisetzungsraten pro Kesselwagen-km bestimmen (z.B. Weichendichte, Standorte von Heissläufer- und Festbremsortungsanlagen, zulässige Geschwindigkeit von Güterzügen), wurden unverändert aus dem Screening Personenrisiken 2011 übernommen. Die transportierten Gefahrgutmengen, aus denen pro Leitstoff die Häufigkeit einer Freisetzung ermittelt wird, wurden jedoch aktualisiert; verwendet wurden die Werte für das Jahr 2013.

Die Beschaffung und Aufbereitung der Daten für die Einschätzung des Schadenausmasses erfolgte in zwei Phasen:

- In der Phase 1 wurden die ortsspezifischen Einflussgrössen basierend auf gesamtschweizerisch verfügbaren Daten für das gesamte Streckennetz (bzw. für jedes einzelne Subelement) aufbereitet. Wo gesamtschweizerische Datengrundlagen fehlten bzw. nicht mit vertretbarem Aufwand zur Verfügung standen, wurden Standardwerte (z.B. für Flurabstand, Art der Fahrbahntwässerung, Richtung des Grundwasserstroms in Bezug zur Lage der Fassung) eingesetzt. Die Risiko-Summenkurven wurden auf dieser Datenbasis netzweit ermittelt.

2) Fassungen zur Notversorgung wurden nicht berücksichtigt. Fassungen, die für die Lebensmittelproduktion verwendet werden, wurden berücksichtigt.



Referenz/Aktenzeichen: BAV-522.11//3

- In der Phase 2 wurden Subelemente genauer geprüft, die gemäss den Ergebnissen aus Phase 1 eine Risiko-Summenkurve mindestens in der oberen Hälfte des Übergangsbereichs aufwiesen. Für den Schadenindikator „Oberflächengewässer“ beschränkte sich diese Prüfung auf Streckenabschnitte von mindestens drei benachbarten Subelementen, welche je einzeln dieses Kriterium erfüllen, um so Risikospitzen aufgrund querender Bäche und Flüsse herauszufiltern, die lediglich sehr lokal sind. Die Prüfung wurde in zweierlei Hinsicht vorgenommen:
 - Die zuständige Bahn (Infrastrukturbetreiberin) überprüfte bzw. korrigierte folgende Datenattribute (u.a. mittels Begehungen):
 - Vorhandensein einer gefassten Entwässerung sowie Vorhandensein von Retentionsvolumina (z.B. ARA).
 - Beurteilung, ob aufgrund der Lage der Strecke (z.B. Vorhandensein eines Geländeeinschnitts oder von massiven Stützmauern) eine Freisetzung links bzw. rechts der Strecke möglich ist.
 - Grobe Plausibilisierung der berechneten Eintragsmengen in das Oberflächengewässer z.B. ob natürliche Geländemulden den Abfluss Richtung Gewässer vermindern.
 - Die Kantone überprüften bzw. korrigierten folgende Daten:
 - Lage von Fassungen bzw. Quellen (innerhalb von 500 m von der Bahnlinie) inkl. Relevanz für das Umweltscreening (Nutzung für öffentliche Trinkwasserversorgung bzw. Lebensmittelproduktion, Lage in rechtsgültiger Grundwasser-Schutzzone S1, S2 oder S3).
 - konzessionierte Fördermenge.
 - Flurabstand und Fliessrichtung des Grundwasserträgers im Bereich der Bahn.

Die Risiko-Summenkurven wurden auf der so bereinigten Datenbasis netzweit aktualisiert. Mittels der Datenbereinigung durch die Bahnen sowie die Kantone in Phase 2 wurde bestmöglich sichergestellt, dass für diejenigen Streckenabschnitte, welche in Phase 1 erhöhte Risiken aufwiesen, plausible Screening-Ergebnisse resultieren.



3. Transportierte Gefahrgutmengen

Das Vorgehen zur Erfassung der verwendeten Gefahrgutströme lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Ermittlung der im Jahr 2013 verkehrenden Güterzüge mit Gefahrgut (referenziert durch Zugnummer und Kalendertag) an einer Vielzahl von geeignet gewählten Referenzpunkten im Bahnnetz.
- Zuordnung der Gefahrgutmengen (Nettotonnage und UN-Nummer) pro Zugnummer und Kalendertag mithilfe des Cargo-Information-System (CIS).
- Festlegung der Streckenabschnitte, auf denen die Gefahrgutmengen in guter Näherung als konstant angenommen werden können.
- Aggregation der jährlich transportierten Gefahrgutmengen pro UN-Nummer für jeden Streckenabschnitt (Summation über die Tonnagen, die über den Streckenabschnitt verkehrten).
- Zuordnung jedes Stoffs (charakterisiert durch UN-Nummer) zu einem Leitstoff (bzw. zur Gruppe „kein Leitstoff“), Gewichtung der Transportmengen gemäss den Angaben in Kapitel 2.1 und Aggregation pro Leitstoff und Streckenabschnitt.

In Abbildung 2 sind die aktuellen ortsspezifischen totalen Gefahrgutmengen, aufsummiert über alle UN-Nummern, als Nettotonnage dargestellt. Bei Mehrspurstrecken wird jeweils die Gefahrgutmenge über den gesamten Querschnitt aggregiert.³⁾ Dies führt dazu, dass z.B. im Übergang von einer Doppelspur- zu zwei Einspurstrecken die Gefahrguttransportmengen um ca. einen Faktor 2 ändern. Dies gilt z.B. für die Strecke entlang des Urnersees zwischen Sisikon und Flüelen (vgl. nachfolgende Abbildungen, worin der Bereich mit zwei Einspurstrecken infolge der geringeren Transportmengen ersichtlich ist).

3) Gleiches gilt auch für die Risiko-Summenkurven, die für den gesamten Querschnitt ausgewiesen werden.



Referenz/Aktenzeichen: BAV-522.11//3

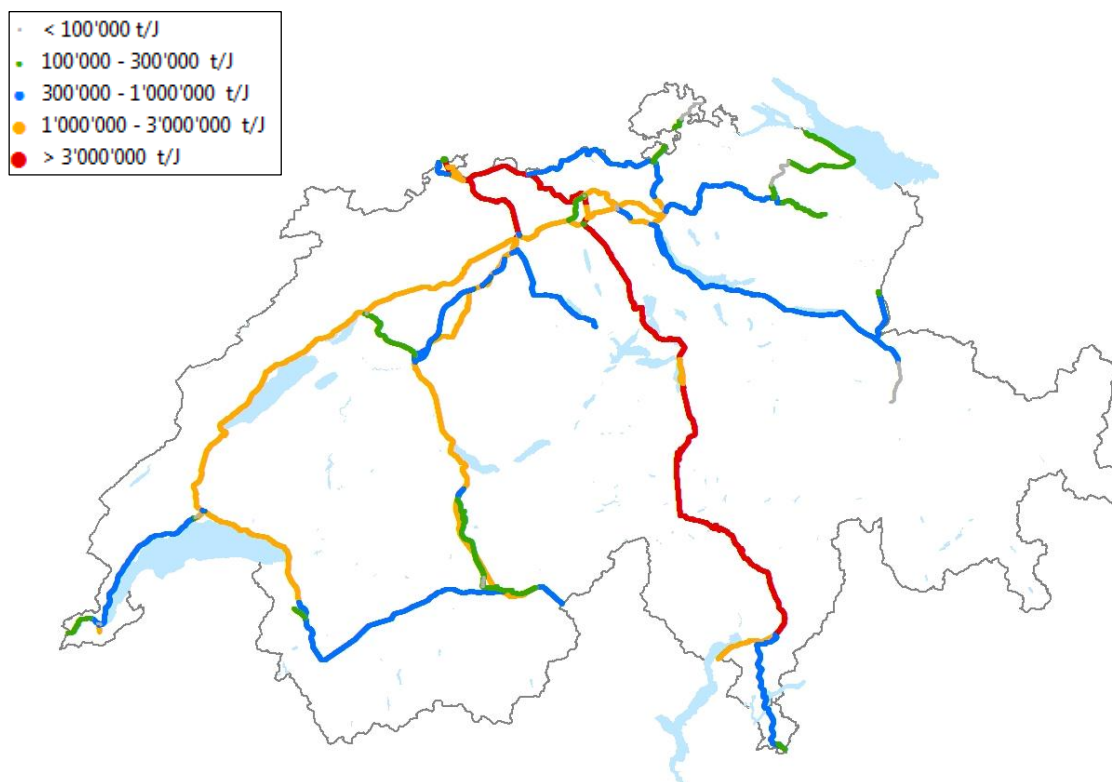


Abbildung 2: Gefahrgutauflkommen 2013 (kumulierte Nettotonnage ohne Gewichtung über alle Gefahrgüter)

Auf Basis der ortsspezifischen Transportmengen wurden unter Berücksichtigung der von der WGK abhängigen Gewichtungsfaktoren (vgl. Kapitel 2.1) die gewichteten Transportmengen für die drei Leitstoffe Mineralölprodukte, Epichlorhydrin und Perchlorethylen bestimmt. In Abbildung 3, Abbildung 4 und Abbildung 5 sind diese Transportmengen in gewichteten Nettotonnen im Jahr 2013 je Leitstoff grafisch dargestellt.



Referenz/Aktenzeichen: BAV-522.11//3

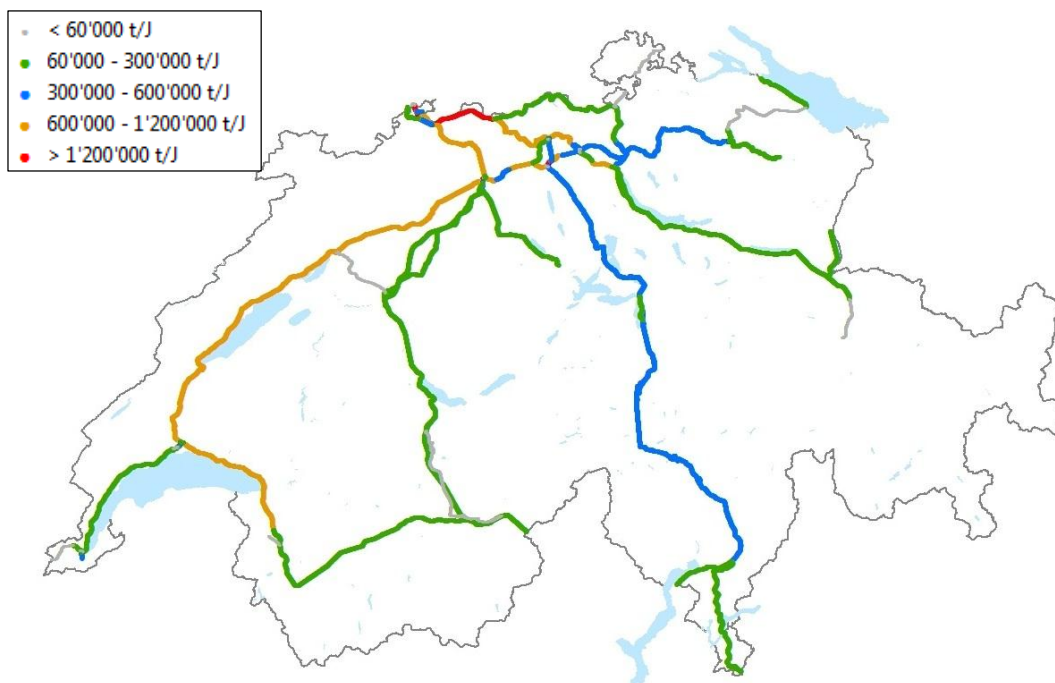


Abbildung 3: Gewichtete Transportmengen Leitstoff Mineralölprodukte in t/Jahr, Jahr 2013

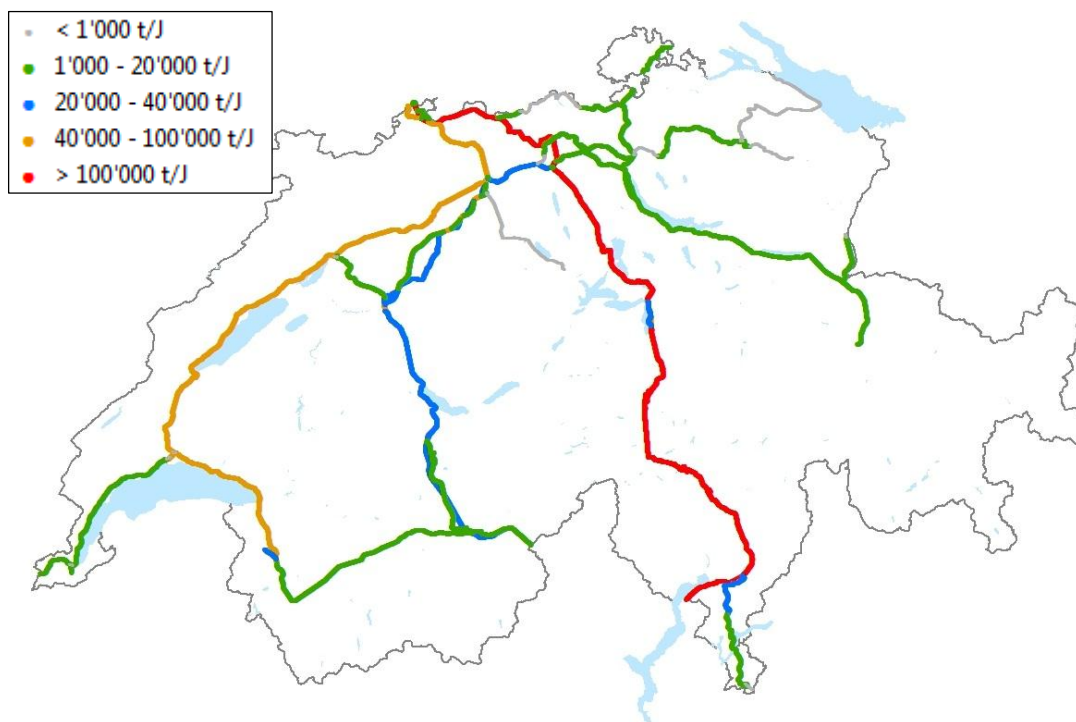


Abbildung 4: Gewichtete Transportmengen Leitstoff Epichlorhydrin in t/Jahr, Jahr 2013



Referenz/Aktenzeichen: BAV-522.11//3

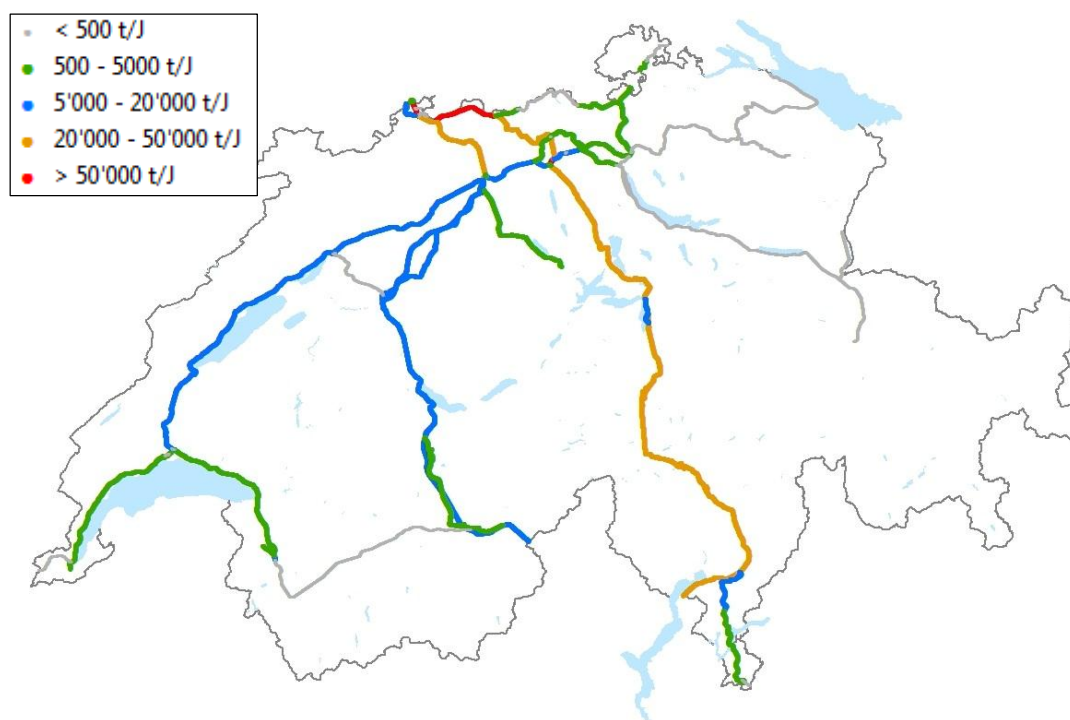


Abbildung 5: Gewichtete Transportmengen Leitstoff Perchloroethylen in t/Jahr, Jahr 2013



4. Ergebnisse Screening Umweltrisiken 2014

4.1 Einleitung

Im Folgenden werden die Ergebnisse des Screening Umweltrisiken 2014 – getrennt nach den Indikatoren „verunreinigte oberirdische Gewässer“ (Oberflächengewässer) und „verunreinigte unterirdische Gewässer“ (Grundwasser) - für das untersuchte Screeningnetz zusammengefasst. Die Ergebnisse werden auf zwei unterschiedlichen räumlichen Einheiten ausgewiesen:

- Ebene Subelemente mit einer Länge von 100 m.
- Risikoermittlungspflichtige Streckenabschnitte: Für Streckenabschnitte, die folgende Kriterien erfüllen, sind die Risiken nicht unbedenklich, so dass sie in der Verfahrensstufe „Risikoermittlung“ vertieft untersucht werden müssen:
 - Schadenindikator „Oberflächengewässer“: für mindestens drei benachbarte Subelemente liegt die Summenkurve jeweils oberhalb der Akzeptabilitätslinie
 - Schadenindikator Grundwasser: für ein oder mehrere Subelemente in der Nähe einer Schutzzone liegt die Summenkurve oberhalb der Akzeptabilitätslinie.

Durch diese für die beiden Schadenindikatoren unterschiedlichen Kriterien wird vermieden, dass allein aufgrund einer Bachquerung, welche lokal erhöhte Risiken nach sich zieht, eine Risikoermittlung für den Schadenindikator „Oberflächengewässer“ ausgearbeitet werden muss. Beim Grundwasser gibt es keine vergleichbare Situation, so dass bereits bei einem einzigen Subelement mit Risiken oberhalb der Akzeptabilitätslinie eine Risikoermittlung auszuarbeiten ist.

4.2 Schadenindikator „Oberflächengewässer“

Risiken auf Stufe Subelemente

Tabelle 1 fasst die Ergebnisse auf Stufe Subelement für den Schadenindikator „Oberflächengewässer“ zusammen. Auf ca. 78% des Screeningnetzes (1'095 km) liegen die Risiken im akzeptablen Bereich, auf ca. 10% bzw. 9% in der unteren bzw. oberen Hälfte⁴⁾ des Übergangsbereichs und auf ca. 3% (42 km) oberhalb der Akzeptabilitätslinie.

4) Dabei ist die Mitte im logarithmischen Sinne zu verstehen, d.h. die Mitte des Übergangsbereichs liegt bei einer um den Faktor 10 geringeren Häufigkeit als die Akzeptabilitätslinie.



Referenz/Aktenzeichen: BAV-522.11//3

Die Lage der Gesamtsummenkurve wird primär durch den Leitstoff Mineralölprodukte determiniert.⁵⁾ Der Leitstoff Epichlorhydrin hat einen untergeordneten, der Leitstoff Perchlorethylen einen beinahe vernachlässigbaren Einfluss.⁶⁾

	Unterhalb Unerheblichkeitslinie		unterer Übergangsbereich		oberer Übergangsbereich		Oberhalb Akzeptabilitätslinie	
Leitstoff	[km]	[%]	[km]	[%]	[km]	[%]	[km]	[%]
Mineralölprodukte	1'129	81%	127	9.1%	103	7.4%	34.7	2.5%
Epichlorhydrin	1'200	86.1%	123	8.8%	58.6	4.2%	12.6	0.9%
Perchlorethylen	1'308	93.8%	67.6	4.8%	17.9	1.3%	0.4	0.03%
alle Leitstoffe	1'095	78.5%	138	9.9%	119	8.6%	41.8	3.0%

Tabelle 1: Ergebnisse Screening Umweltrisiken 2014 auf Stufe „Subelement“ für den Schadenindikator „Oberflächengewässer“ (Prozentwerte einzeln gerundet, deshalb keine Addition zu exakt 100%)

Risikoermittlungspflichtige Streckenabschnitte

Die Auswertung des Screening Umweltrisiken ergibt für den Schadenindikator „Oberflächengewässer“ 61 risikoermittlungspflichtige Streckenabschnitte (mindestens drei benachbarte Subelemente, deren Risiko-Summenkurve je oberhalb der Akzeptabilitätslinie liegt) mit einer Gesamtlänge von 28 km.⁷⁾ In Tabelle 2 sind diese einzeln aufgeführt mit Angaben zur Infrastrukturbetreiberin (Bahn), zur Lage (Kanton, Streckenkilometer) und zum Ampelwert⁸⁾. In Abbildung 6 ist die Lage dieser Streckenabschnitte kartographisch dargestellt.⁹⁾

-
- 5) Dies zeigt sich wesentlich darin, dass die Längen in den Zeilen „Mineralölprodukte“ und „alle Leitstoffe“ von Tabelle 1 gut übereinstimmen.
- 6) Die Summe der Prozentwerte für die einzelnen Leitstoffe entspricht nicht dem Wert für die Gesamtheit aller Leitstoffe. Für letzteren gilt lediglich, dass er grösser (oder gleich) ist als der Wert jedes spezifischen Leitstoffs.
- 7) Die Differenz zwischen den 41.8 km (Subelemente mit Risiko-Summenkurve oberhalb der Akzeptabilitätslinie gemäss Tabelle 1) und den 28 km (risikoermittlungspflichtige Streckenabschnitte) entfällt auf Subelemente, die isoliert oder in Zweiergruppen liegen und deshalb nicht Teil eines risikoermittlungspflichtigen Streckenabschnitts sind.
- 8) Die Lage der Summenkurve wird mit sogenannten Ampelwerten und -farben dargestellt. Der Ampelwert beschreibt die Lage der Summenkurve relativ zu den Akzeptanzbereichen. Ein Ampelwert von 0.01 bedeutet, dass die jeweilige Summenkurve gerade die untere, ein Ampelwert von 1 gerade die obere Grenze des Übergangsbereichs berührt. Die Summenkurve kann im akzeptablen Bereich liegen (grün), oder in den unteren (gelb) oder in den oberen Übergangsbereich (orange) reichen oder die Akzeptabilitätslinie überschreiten (rot).
- 9) Die Kilometrierungsangaben der ausgewiesenen risikoermittlungspflichtigen Streckenabschnitte entsprechen nicht zwingend dem Untersuchungsperimeter der zu erstellenden Risikoermittlungen. Dieser wird vom BAV in Absprache mit den



Referenz/Aktenzeichen: BAV-522.11//3

Die Verteilung der risikoermittlungspflichtigen Streckenabschnitte nach Infrastrukturbetreiberin ist wie folgt:

- Je 1 risikoermittlungspflichtiger Streckenabschnitt liegt auf dem Netz der BLS sowie der Hafenbahnen des Kantons BL.
- Die restlichen 59 risikoermittlungspflichtigen Streckenabschnitte liegen auf dem Streckennetz der SBB.

RE-pflichtiger Streckenabschnitt	Kanton	Bahn	DfA-Linie	DfA-km von	DfA-km bis	Ampelwert ¹⁰⁾
OFG_20	BL	SBB	500	27.3	27.6	15.5
OFG_24	SZ	SBB	600	0.4	0.9	11.2
OFG_44	AG/BL	SBB	700	77.3	77.5	11.0
OFG_46	AG	SBB	710	16.3	16.8	10.6
OFG_17	BL	SBB	500	15.5	15.7	9.6
OFG_21	BS	SBB	520	3.2	3.4	9.2
OFG_23	SO	SBB	540	41.1	41.6	8.9
OFG_39	SZ	SBB	653	106.5	106.8	8.7
OFG_40	AG	SBB	700	38.9	39.2	8.5
OFG_1	VD	SBB	100	12.9	13.2	8.1
OFG_19	BL	SBB	500	17.8	18.4	7.8
OFG_2	VD	SBB	100	13.5	13.8	7.7
OFG_7	BE	SBB	210	93.3	93.8	7.5
OFG_43	AG	SBB	700	57.8	58	7.4
OFG_9	BE	SBB	210	96.1	96.8	7.3
OFG_18	BL	SBB	500	17.3	17.6	7.2
OFG_42	AG	SBB	700	45.2	45.5	7.1
OFG_31	TI	SBB	600	186.5	186.9	6.1
OFG_8	BE	SBB	210	95.4	95.6	5.9
OFG_26	SZ	SBB	600	17.8	18	5.5
OFG_36	AG	SBB	650	35.6	36.1	4.9
OFG_58	SG	SBB	890	18.3	18.6	4.8
OFG_41	AG	SBB	700	42.3	42.5	4.8
OFG_6	VD	SBB	210	52.2	52.4	4.7
OFG_35	AG	SBB	647	3.3	3.5	4.7
OFG_27	UR	SBB	600	31.9	32.1	4.6
OFG_45	ZH	SBB	710	10.2	10.8	4.5
OFG_25	SZ	SBB	600	9.6	9.8	3.7
OFG_50	ZH	SBB	720	11.2	11.4	3.3
OFG_15	AG	SBB	450	46.8	47.4	3.3
OFG_37	AG	SBB	653	92	92.3	3.2

RE-pflichtiger Streckenabschnitt	Kanton	Bahn	DfA-Linie	DfA-km von	DfA-km bis	Ampelwert ¹⁰⁾
OFG_60	GL	SBB	890	23.9	24.1	3.2
OFG_55	ZH	SBB	751	19.9	20.1	3.1
OFG_47	AG	SBB	710	20.8	21.1	3.1
OFG_52	ZH	SBB	720	23.3	23.7	2.8
OFG_32	TI	SBB	600	194	194.2	2.6
OFG_30	TI	SBB	600	111.7	111.9	2.6
OFG_33	TI	SBB	631	170.2	170.4	2.5
OFG_51	ZH	SBB	720	16.9	17.2	2.5
OFG_28	TI	SBB	600	93.1	93.7	2.1
OFG_54	SZ	SBB	720	28.6	28.8	2.0
OFG_4	VD	SBB	100	27.5	28.7	2.0
OFG_38	ZG	SBB	653	98.7	99	1.9
OFG_53	ZH	SBB	720	23.9	24.8	1.9
OFG_57	SG	SBB	890	17.3	17.7	1.8
OFG_61	GL	SBB	890	24.7	24.9	1.8
OFG_56	TG	SBB	850	122.8	123.1	1.7
OFG_16	AG	SBB	450	48.8	49.3	1.7
OFG_22	BL	Hafenbahn	525	2	2.7	1.6
OFG_48	AG	SBB	710	26.5	26.9	1.4
OFG_34	TI	SBB	631	170.6	170.8	1.3
OFG_3	VD	SBB	100	26.9	27.3	1.3
OFG_49	ZH	SBB	720	8.2	8.4	1.3
OFG_5	VS	SBB	100	133.4	133.7	1.3
OFG_10	BE	SBB	210	98.1	98.6	1.2
OFG_29	TI	SBB	600	101.7	102.1	1.2
OFG_11	BE	SBB	210	99	99.6	1.1
OFG_14	BE	BLS	300	4.1	4.4	1.1
OFG_12	BE	SBB	210	100	100.6	1.1
OFG_13	BE	SBB	210	100.8	101	1.1
OFG_59	SG	SBB	890	23	23.2	1.1

Tabelle 2: Liste der 61 risikoermittlungspflichtigen Streckenabschnitte zum Schadenindikator „Oberflächengewässer“¹⁰⁾

Bahnen festgelegt und kann auch mehrere benachbarte Streckenabschnitte umfassen, welche die Kriterien einer Risikoermittlung erfüllen.

- 10) Der angegebene Ampelwert kennzeichnet die Lage der Summenkurve über den gesamten risikoermittlungspflichtigen Streckenabschnitt.



Referenz/Aktenzeichen: BAV-522.11/3

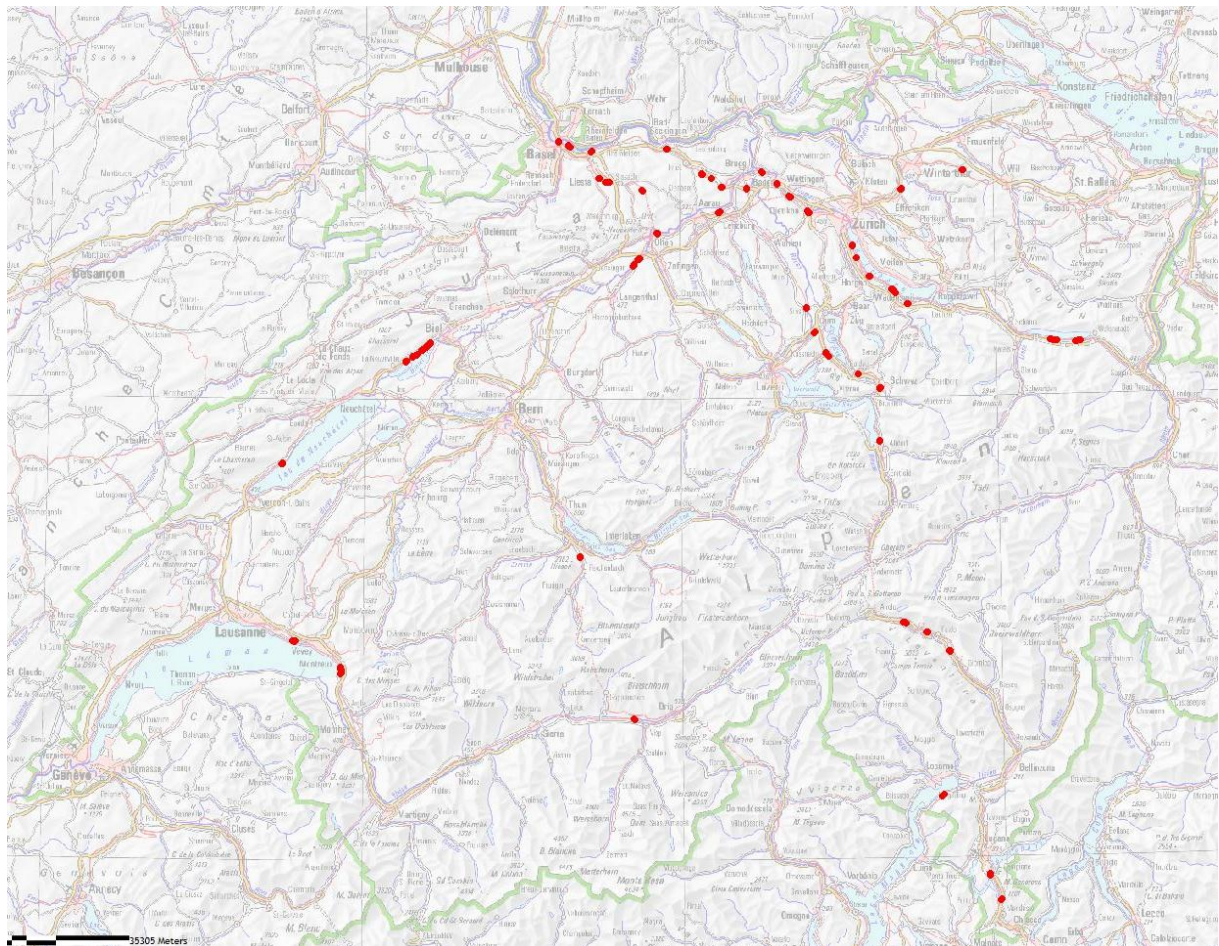


Abbildung 6: Kartographische Darstellung der 61 risikoermittlungspflichtigen Streckenabschnitte für den Schadenindikator „Oberflächengewässer“

Fallbeispiele

Nachfolgend sind für vier ausgewählte Beispiele von risikoermittlungspflichtigen Streckenabschnitten die ermittelten Summenkurven und die zentralen Einflussgrössen, die deren Verlauf bestimmen, beschrieben.

1) Kritischster Streckenabschnitt „Tecknau“ (OFG_20)

Für den Streckenabschnitt „Tecknau“ mit den netzweit höchsten Risiken einer Oberflächengewässerverschmutzung sind die wichtigsten Risiko-Einflussgrössen in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.



Referenz/Aktenzeichen: BAV-522.11//3

Weichendichte	Entwässerung	Gewichtete Gefahrgutmenge [t/J]		
		Mineralölprodukte	Epichlorhydrin	Perchlorethyl.
1 – 4 bis > 4	in Vorfluter	881'500	86'045	22'600

Tabelle 3: Wichtigste Einflussgrössen auf die Lage der Gesamtsummenkurve des Streckenabschnitts „Tecknau“ (OFG_20)

Die Häufigkeit einer Freisetzung ist aufgrund der relativ grossen Gefahrgutmengen sowie der vorhandenen Weichen deutlich überdurchschnittlich. Die Bahnlinie führt direkt entlang dem Eibach. Freigesetztes Gefahrgut, das über die vorhandene Entwässerungsleitung oder oberflächlich in den Eibach gelangt, fliesst weiter in die Ergolz, welche schliesslich in den Rhein mündet. Die berechnete Summenkurve ist in Abbildung 7 dargestellt.

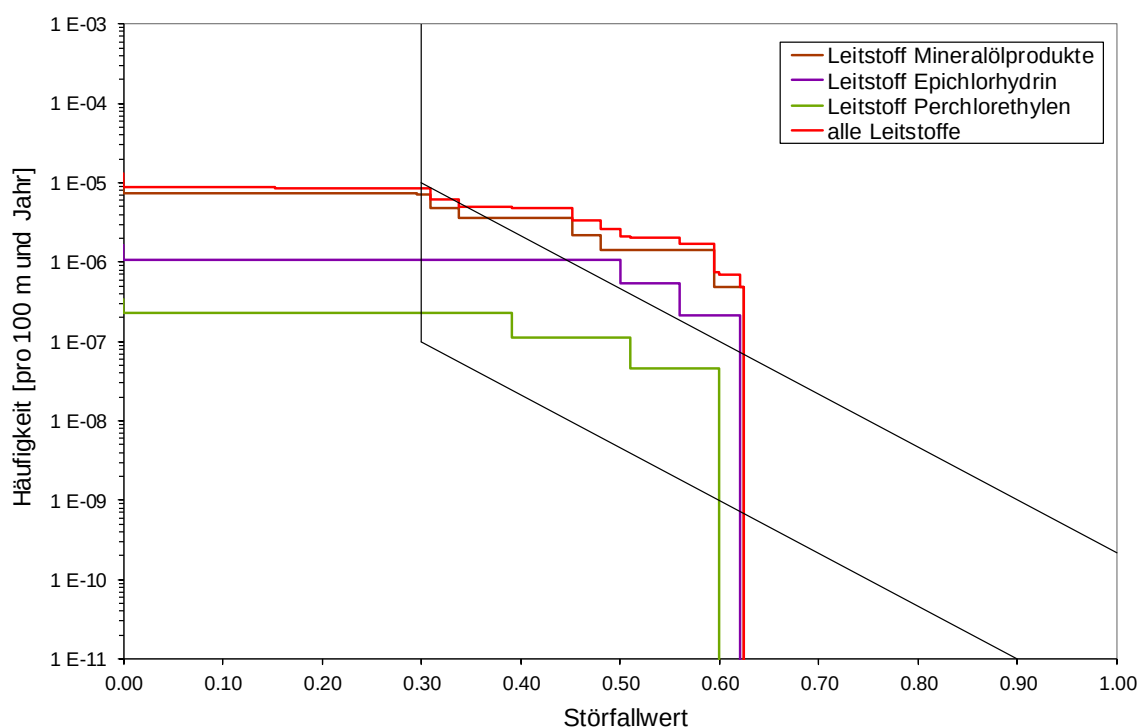


Abbildung 7: Summenkurve für den Streckenabschnitt „Tecknau“ mit den höchsten Risiken im Screening Umweltrisiken 2014 für OFG



Referenz/Aktenzeichen: BAV-522.11//3

Eine vergleichbare Situation, wenn auch bei tieferen Risiken, liegt u.a. auch bei den folgenden Streckenabschnitten vor, wo im Trassebereich freigesetzte Gefahrgutflüssigkeiten via Entwässerung (und teilweise auch via oberflächlichen Abfluss) in den nahe gelegenen Vorfluter gelangen können:

- OFG_44 bei Augst (Brücke über die Ergolz), Eintrag in die Ergolz, welche in unmittelbarer Nähe in den Rhein mündet,
- OFG_46 bei der Abzweigung Killwangen West, Eintrag in die Limmat.

2) Strecke entlang von drei verschiedenen Seen

Im Folgenden werden drei Beispiele für risikoermittlungspflichtige Streckenabschnitte entlang von grösseren Seen dargestellt, welche die Merkmale gemäss der nachfolgenden Tabelle aufweisen:

		Bezeichnung risikoermittlungspflichtiger Streckenabschnitt		
		OFG_11 (Bielersee)	OFG_33 (Lago Maggiore)	OFG_4 (Genfersee)
Weichendichte		Null	1 - 4	Null / 1 - 4
Entwässerung		in Vorfluter / keine	keine	in Vorfluter / keine
gewichtete Gefahrgutmenge	Mineralölprodukte	1'066'315	272'194	762'165
	Epinchlorhydrin	46'631	110'033	45'168
	Perchlorethylen	5'840	40'172	4'424

Tabelle 4: Wichtigste Einflussgrössen auf die Lage der Gesamtsummenkurve für die drei genannten risikoermittlungspflichtigen Streckenabschnitte

Die Summenkurven sind in Abbildung 8 - Abbildung 10 dargestellt. Die beiden Beispiele am Bielersee bzw. Genfersee zeigen, dass bei grossen Mengen an Mineralölprodukten und einem Streckenverlauf in unmittelbarer Seennähe auch beim Fehlen von Weichen die Summenkurve knapp oberhalb der Akzeptabilitätslinie zu liegen kommen kann, da aufgrund der Modellannahmen eine grössere Freisetzung zu einem grossen Störfallwert führt. Sind Weichen vorhanden, so genügen dafür auch bereits Transportmengen, die deutlich kleiner sind.



Referenz/Aktenzeichen: BAV-522.11//3

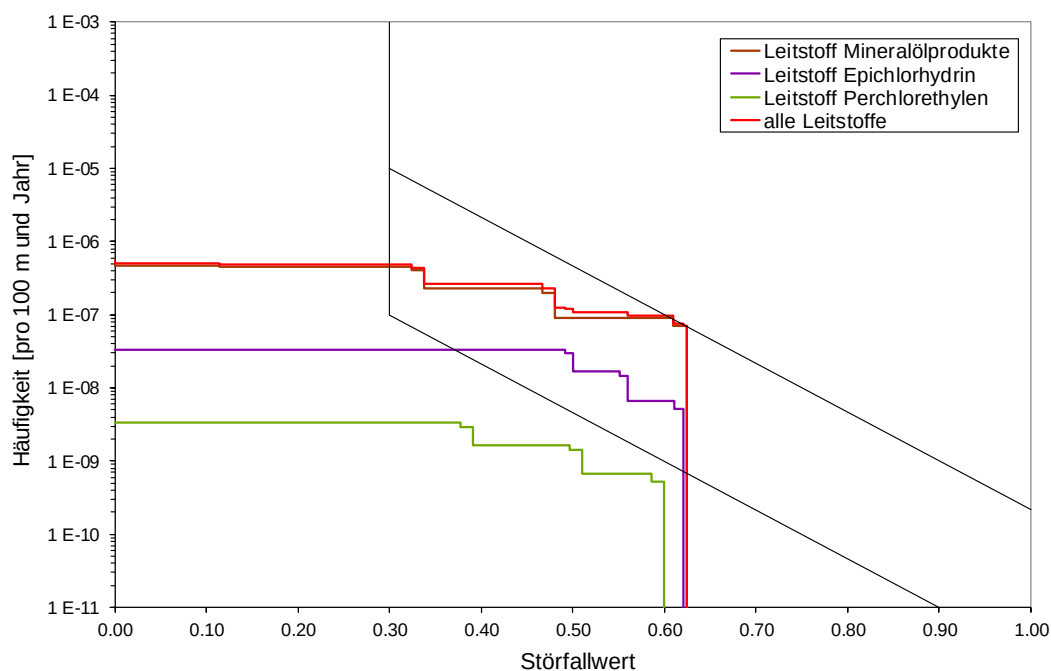


Abbildung 8: Summenkurve für den (gerade noch) risikoermittlungspflichtigen Streckenabschnitt OFG_11 am Bielersee

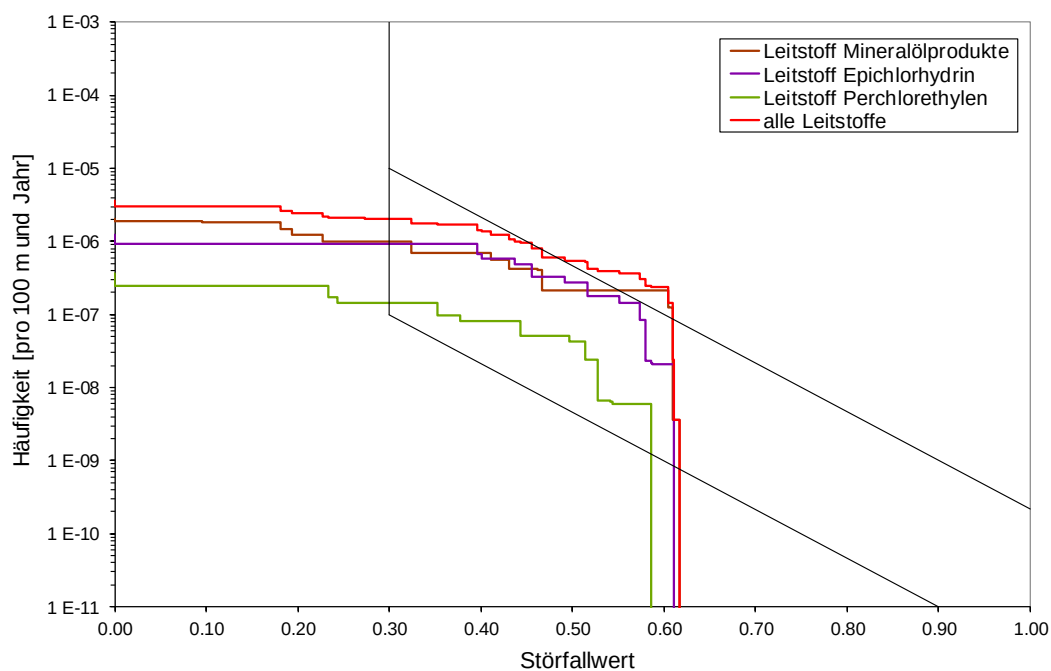


Abbildung 9: Summenkurve für den risikoermittlungspflichtigen Streckenabschnitt OFG_33 am Lago Maggiore (Linie nach Luino)



Referenz/Aktenzeichen: BAV-522.11//3

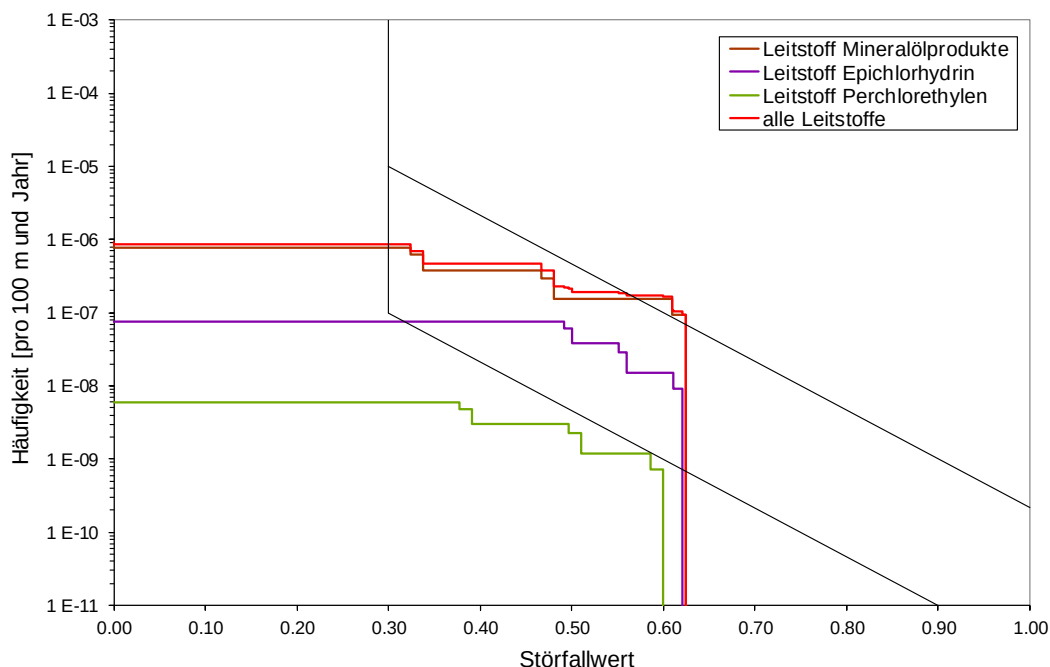


Abbildung 10: Summenkurve für den risikoermittlungspflichtigen Streckenabschnitt OFG_4 am Genfersee

4.3 Schadenindikator Grundwasser

Risiken auf Stufe Subelemente

Tabelle 5 fasst die Ergebnisse auf Stufe Subelement (Länge je 100 m) für den Schadenindikator „Grundwasser“ zusammen. Auf 98% des Screeningnetzes (1'363 km) liegen die Risiken im akzeptablen Bereich, auf ca. 0.6% bzw. 0.9% in der unteren bzw. oberen Hälfte¹¹⁾ des Übergangsbereichs und auf ca. 0.7% (9.5 km) oberhalb der Akzeptabilitätslinie. Die Lage der Gesamtsummenkurve wird auch hier praktisch vollständig durch den Leitstoff Mineralölprodukte determiniert.

11) Dabei ist die Mitte im logarithmischen Sinne zu verstehen, d.h. die Mitte des Übergangsbereichs liegt bei einer um einen Faktor 10 geringeren Häufigkeit als die Akzeptabilitätslinie.



Referenz/Aktenzeichen: BAV-522.11//3

	Unterhalb Unerheblichkeitslinie		unterer Übergangsbereich		oberer Übergangsbereich		Oberhalb Akzeptabilitätslinie	
Leitstoff	[km]	[%]	[km]	[%]	[km]	[%]	[km]	[%]
Mineralölprodukte	1'364	97.8%	9.4	0.7%	11.5	0.8%	9.1	0.7%
Epichlorhydrin	1'375	98.6%	12	0.9%	5.8	0.4%	1.3	0.09%
Perchlorethylen	1'382	99.1%	10	0.7%	1.0	0.07%	1.0	0.07%
alle Leitstoffe	1'363	97.8%	8.7	0.6%	12.5	0.9%	9.5	0.7%

Tabelle 5: Ergebnisse Screening Umweltrisiken 2014 auf Stufe „Subelement“ für den Schadenindikator „Grundwasser“ (Prozentwerte einzeln gerundet, deshalb keine Addition zu exakt 100%)

Risikoermittlungspflichtige Streckenabschnitte

Die Auswertung des Screening Umweltrisiken ergibt für den Schadenindikator „Grundwasser“ 16 risikoermittlungspflichtige Streckenabschnitte. In Tabelle 6 sind diese einzeln aufgeführt mit Angaben zur Infrastrukturbetreiberin (Bahn), zur Lage (Kanton, Streckenkilometer) und zum Ampelwert.⁸⁾ Mit Ausnahme eines Streckenabschnitts von ca. 200 m Länge, welcher auf dem Netz der Hafenbahnen des Kantons BL liegt, entfallen alle anderen Streckenabschnitte auf das Netz der SBB. In Abbildung 11 ist die Lage dieser Streckenabschnitte kartographisch dargestellt.



Referenz/Aktenzeichen: BAV-522.11//3

RE-pflichtiger Streckenabschnitt	Kanton	Bahn	DfA-Linie	DfA-km von	DfA-km bis	Ampelwert ¹⁰⁾
GW_4	BE	SBB	290	129.8	130.6	370
GW_10	BL	Hafenbahn	525	3.4	3.5	59
GW_7	SO	SBB	410	70.0	70.9	15
GW_14	ZH	SBB	710	9.0	9.9	13
GW_5	BE	SBB	290	133.7	134.5	12
GW_11	TI	SBB	600	151	151.2	6.5
GW_15	AG	SBB	710	22.9	23.4	5.6
GW_8	AG	SBB	451	44.0	44.2	4.7
GW_12	TI	SBB	600	205.1	205.4	4.3
GW_6	SO	SBB	410	68.9	69.5	4.3
GW_3	BE	SBB	210	95.4	95.7	3.6
GW_2	VD	SBB	210	47.1	48.3	3.4
GW_9	BL	SBB	500	18.3	18.3	2.0
GW_1	VD	SBB	150	16.5	16.9	1.7
GW_16	SH	SBB	770	38.7	38.9	1.4
GW_13	AG	SBB	700	71.6	72.3	1.4

Tabelle 6: Liste der 16 risikoermittlungspflichtigen Streckenabschnitte für den Schadenindikator „Grundwasser“¹⁰⁾



Referenz/Aktenzeichen: BAV-522.11/3

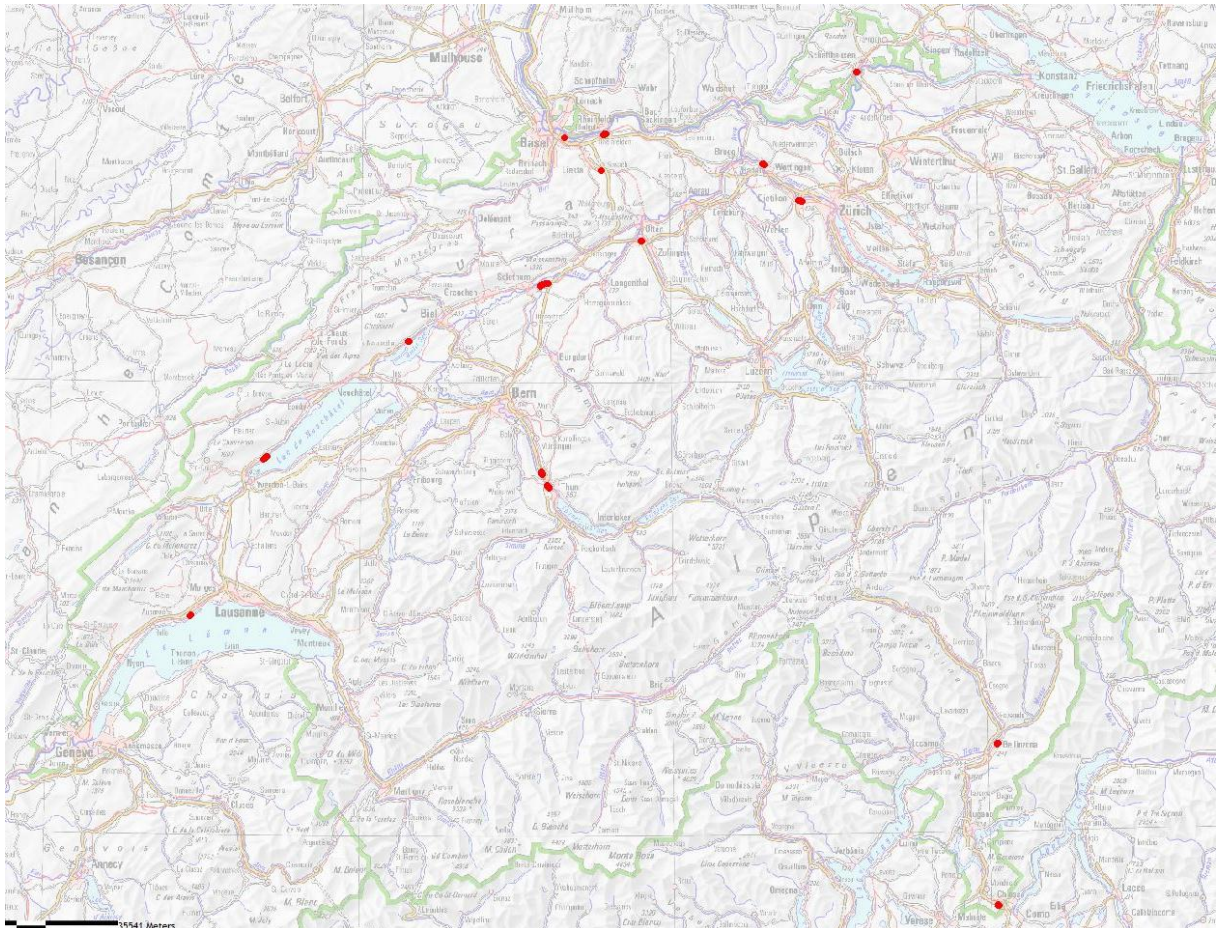


Abbildung 11: Kartographische Darstellung der 16 risikoermittlungspflichtigen Streckenabschnitte für den Schadenindikator „Grundwasser“

Fallbeispiel „Kiesen“

Nachfolgend sind für den risikoermittlungspflichtigen Streckenabschnitt „GW_4“ innerhalb der Gemeinde Kiesen (Strecke Münsingen – Thun), welcher die höchsten Grundwasserrisiken aufweist, die Summenkurve (vgl. Abbildung 12) und die wichtigsten Einflussgrössen, die deren Verlauf bestimmen (vgl. Tabelle 7), aufgeführt.

Die Risiken für die Fassungen in Kiesen liegen deutlich oberhalb der Akzeptabilitätslinie, da der Störfallwert, der dem Ausfall der gesamten Grundwasser-Förderung von insgesamt 55'000 l/Min. entspricht, beinahe den Wert 0.9 erreicht.



Referenz/Aktenzeichen: BAV-522.11//3

Weichen- dichte	Entwäs- serung	Bodentyp	Kumulierte För- dermenge [l/min]	Fließ-rich- tung ¹²⁾	Flurabstand	gewichtete Gefahrgutmenge [t/J]		
						Min.öl	Epichlorhydrin	PER
Null bzw. 1 bis 4	keine	Kies/Sand	11'000 - 55'000	zur Fassung	4 m	217'660	39'236	18'761

Tabelle 7: Wichtigste Einflussgrössen auf die Lage der Gesamtsummenkurve des Streckenabschnitts GW_4

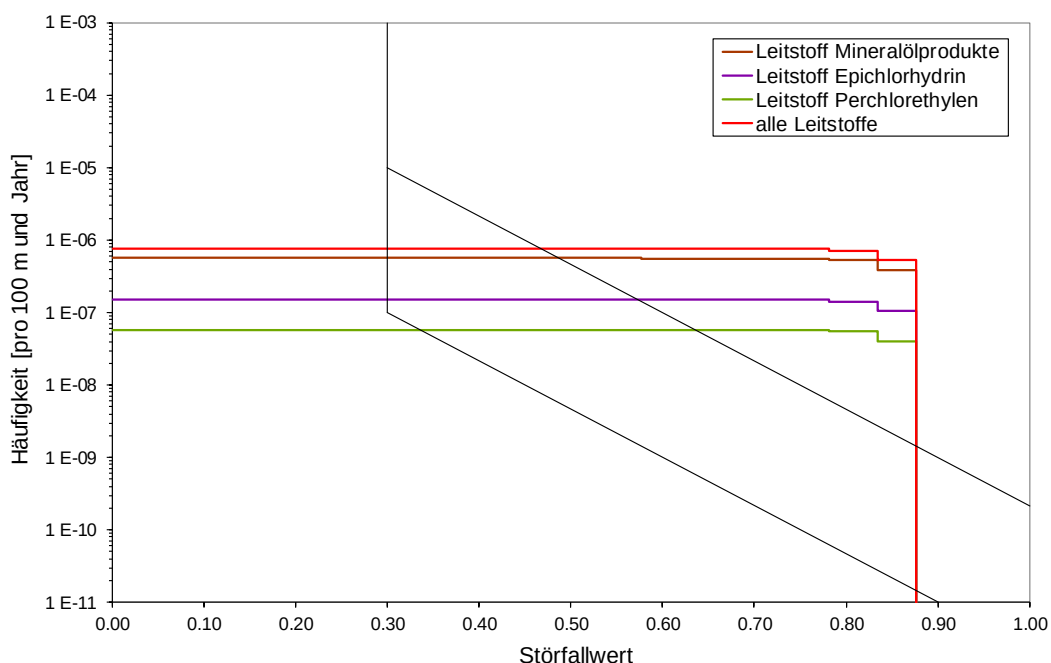


Abbildung 12: Risikoermittlungspflichtiger Streckenabschnitt „GW_4“ in Kiesen mit den höchsten Grundwasserrisiken im Rahmen des Screening Umweltrisiken 2014

Abbildung 13 zeigt einen Übersichtsplan zur Situation in Kiesen mit den relevanten Fassungen, deren Fördermengen sowie den geltenden Schutzzonen.

12) In komplexen Situationen mit Fassungen beidseits der Bahnlinie, wie sie in Kiesen anzutreffen ist (vgl. Abbildung 13), ist es schwierig, den Parameter „Fließrichtung“ einzeln pro Subelement sinnvoll festzulegen.



Referenz/Aktenzeichen: BAV-522.11//3

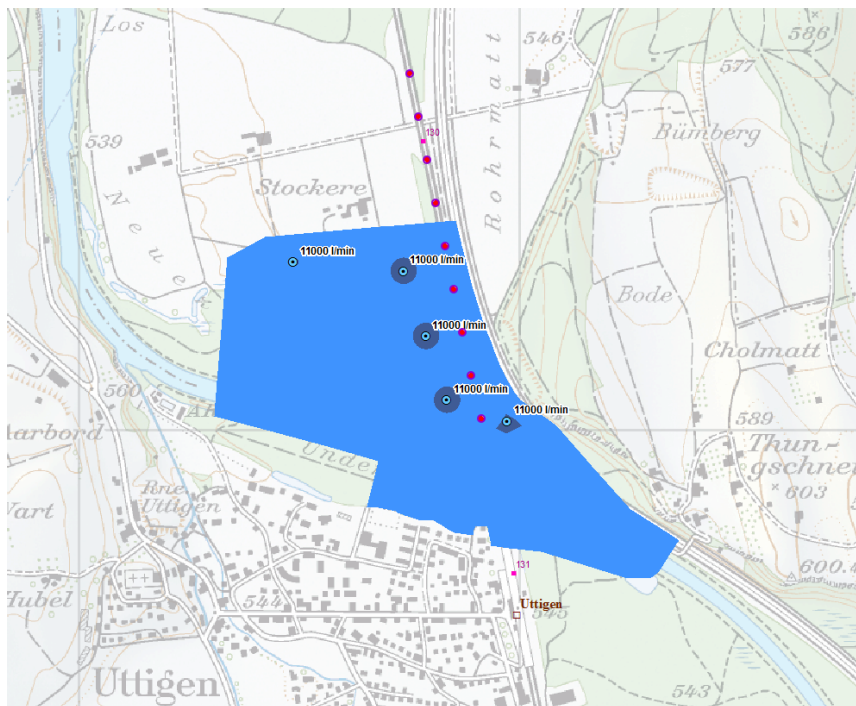


Abbildung 13: Übersichtsplan zum Streckenabschnitt GW_4 in Kiesen mit Darstellung der Grundwasserschutz-zonen und Grundwasserfassungen inkl. Angabe der Fördermengen

Fallbeispiel „Rheinfelden“

Nachfolgend sind für den risikoermittlungspflichtigen Streckenabschnitt „GW_13“ in Rheinfelden die Risiko-Summenkurve (vgl. Abbildung 14) und die wichtigsten Einflussgrößen, die deren Verlauf bestimmen (vgl. Tabelle 7), aufgeführt. In diesem Beispiel liegt die Summenkurve infolge der im Vergleich zum obigen Beispiel deutlich geringeren Fördermenge der betroffenen Fassungen nur knapp oberhalb der Akzeptabilitätslinie. Abbildung 15 zeigt einen Übersichtsplan zur Situation in Rheinfelden mit den relevanten Fassungen, deren Fördermengen sowie den geltenden Schutzzonen.

Weichen-dichte	Entwäs-serung	Bodentyp	Kumulierte För-dermenge [l/min]	Fließ-rich-tung	Flur-abstand	gewichtete Gefahrgutmenge [t/J]		
						Mineralöl	Epichlorhydrin	PER
Null bzw. 1 bis 4	keine	Kies/Sand	2'940	zur Fassung	2 m	1.21 Mio.	140'742	53'548

Tabelle 8: Wichtigste Einflussgrößen auf die Lage der Gesamtsummenkurve für den risikoermittlungspflichtigen Streckenabschnitt „Rheinfelden“ (GW_13)



Referenz/Aktenzeichen: BAV-522.11//3

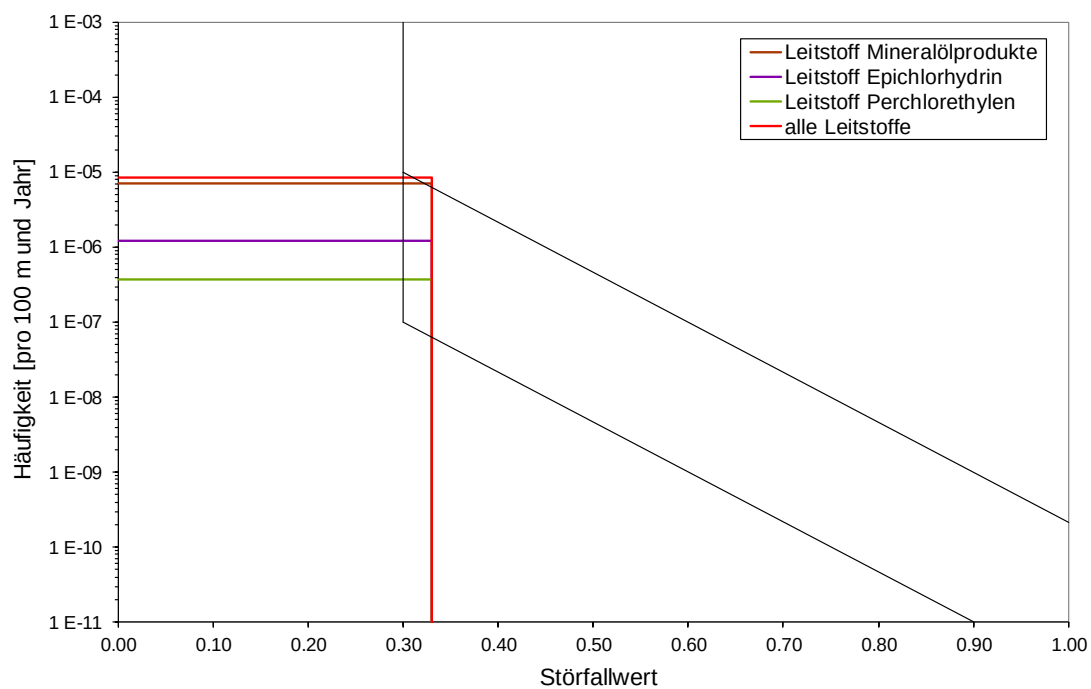


Abbildung 14: Risiko-Summenkurve für den Streckenabschnitt „GW_13“ in Rheinfelden

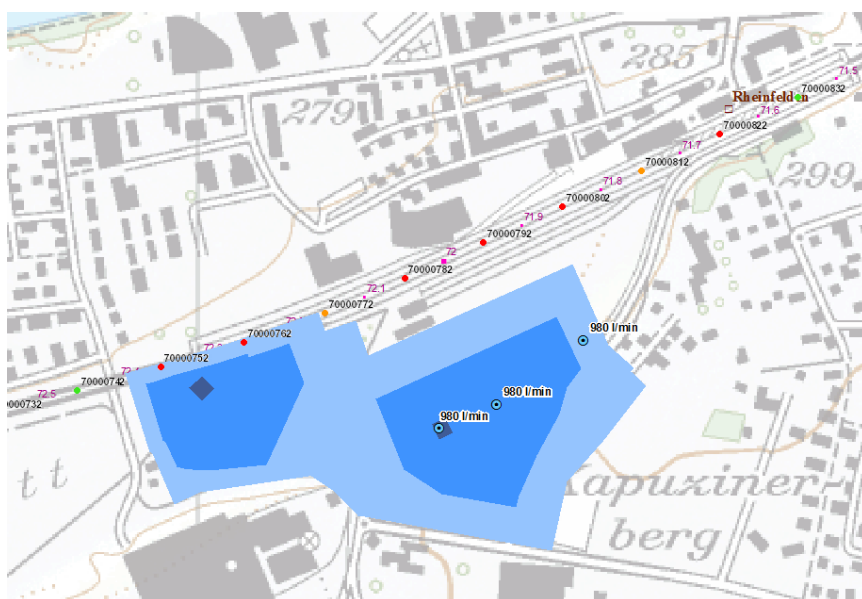


Abbildung 15: Übersichtsplan zum Streckenabschnitt GW_13 in Rheinfelden mit Darstellung der Grundwasserschutzonen und Grundwasserfassungen inkl. Angabe der Fördermengen der drei relevanten Fassungen



5. Grundlagen

- [BAFU, 2010] Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Beurteilungskriterien zur Störfallverordnung, Vollzugshilfe für Betriebe, Verkehrswege und Rohrleitungsanlagen, Konsultationsentwurf, Version vom 02.07.2010
- [BAV, 2015] Bundesamt für Verkehr (BAV)
Screening der Umweltrisiken – Bericht zur Methodik
Ernst Basler + Partner AG, April 2015
- [BAV, 2008] Bundesamt für Verkehr (BAV)
Screening der Umweltrisiken – Bericht zur Methodik und Ergebnisse (Sitzung vom 20. Mai 2008)
Ernst Basler + Partner AG, 28. April 2008
- [BK II, 2001] Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)
Beurteilungskriterien II zur Störfallverordnung StFV
Juli 2001
- [StFV, 1991] **Verordnung vom 27. Februar 1991 über den Schutz vor Störfällen (Störfallverordnung, StFV)**
814.012
- [TgG Bahn, 2003] Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bundesamt für Verkehr (BAV), Schweizerische Bundesbahnen (SBB)
Beurteilung von Massnahmen zur Reduktion der Risiken beim Gefahrguttransport auf der Schiene
Ernst Basler + Partner AG, Februar 2003
- [TgG Bahn, 2011] Schweizerische Bundesbahnen (SBB), BLS AG, Bundesamt für Verkehr (BAV), Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Personenrisiken beim Transport gefährlicher Güter auf der Bahn - Aktualisierte netzweite Abschätzung der Personenrisiken (Screening 2011)
Ernst Basler + Partner AG, Dezember 2011
- [BAV, 2013] Bundesamt für Verkehr (BAV)
Dokumentation Grundlagen Screening Personenrisiken Bahn 2011
Ernst Basler + Partner AG, Februar 2013