

Weiterentwicklung Screening- und RE-Methodik

Version 1.1 | 25. Juli 2018

Freisetzung, Ausbreitung und Wirkung von leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten

Bundesamt für Verkehr BAV / Bundesamt für Umwelt BAFU



Änderungsjournal

Datum	Version	Änderungen
18.01.2018	Version 0.1	Entwurf erstellt durch Dr. Peter Gerber, Dr. Kathrin Keller
08.05.2018	Version 1.0	Erstellt durch Dr. Peter Gerber, Dr. Kathrin Keller
25.07.2018	Version 1.1	Geändert durch Dr. Kathrin Keller

Impressum

Auftragsnummer BE.N.16187
Auftraggeber Bundesamt für Verkehr BAV / Bundesamt für Umwelt BAFU
Datum 25. Juli 2018
Version 1.1
Autor(en) Dr. Peter Gerber, Dr. Kathrin Keller
Freigabe Dr. Peter Gerber
Datei J:\F_rm\BE.N.16187.200\4_plan\Bericht\Flüchtige_toxische_Flüssigkeiten_V_1.1_20180725.docx
Seitenanzahl 62
Copyright © Emch+Berger AG Bern

Inhalt

Zusammenfassung	ii
Summary	iv
1 Einleitung	6
2 Vorgehensweise	7
3 Grundlagen	8
4 Identifikation Substanzen & Definition Leitstoff	9
4.1 Identifikation leicht flüchtige, toxische Flüssigkeiten	9
4.2 Identifikation der im Bahnkontext relevanten Substanzen	11
4.3 Definition Leitstoff	14
5 Recherche und Beschreibung Stand der Technik	19
5.1 Freisetzung	19
5.2 Lachenbildung, Phasenübergang flüssig/gasförmig	19
5.3 Ausbreitung und Verdünnung der Gaswolke	20
5.4 Wirkung auf den Menschen (toxischer Effekt)	21
6 Grobabschätzung Relevanz für Gesamtsummenkurve	24
7 Schlussfolgerungen und Empfehlungen	30
Anhang A Leicht flüchtige, toxische Flüssigkeiten	A-1
Anhang B Leicht flüchtige, toxische Flüssigkeiten, welche in den Jahren 2014-2016 auf dem Netz der SBB transportiert wurden.	B-1
Anhang C Herleitung der für den neuen Leitstoff relevanten leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten	C-1

Zusammenfassung

Der Umgang mit leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten ist mit Risiken behaftet. Zur Abschätzung der Risiken von Gefahrguttransporten mit der Bahn gemäss Störfallverordnung (StfV) werden einerseits netzweite Risikoscreenings (Stufe Kurzbericht), andererseits lokale Risikoermittlungen durchgeführt. Die methodische Basis für die Ermittlung der Risiken soll weiterentwickelt werden, das Ziel des vorliegenden Projektes ist die adäquate Integration der Freisetzung, Ausbreitung und Wirkung von leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten.

International werden die leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten teilweise im Rahmen eigener Leitstoffe berücksichtigt. In den Niederlanden werden beispielsweise für den Transport auf Schiene und Strasse/Wasserwegen zwei bzw. vier verschiedene LS verwendet: Acrylnitril, Propylamin, Acrolein und Methylisocyanat.

In einem ersten Teil des vorliegenden Berichtes wird ermittelt, ob die im Kontext Bahn relevanten flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten sinnvoll in die bestehenden Leitstoffe (LS Benzin, Chlor) integriert werden können, oder ob ein eigener LS eingeführt werden sollte. In einem zweiten Teil wird der Stand der Technik bezüglich der Modellierung von Freisetzung, Ausbreitung und Wirkung von leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten ermittelt. Die Resultate sind im Folgenden zusammengefasst. Hierbei werden insbesondere die Unterschiede zu den LS Benzin und Chlor analysiert.

Identifikation Substanzen & Zuordnung zu Leitstoff

Durch die direkte humantoxische Wirkung haben die leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten eine grössere Ähnlichkeit mit dem bestehenden LS Chlor. Jedoch geht beim LS Chlor, das druckverflüssigt transportiert wird, die toxische Substanz bei der Freisetzung mehr oder weniger instantan in die Luft über, wodurch sich am Freisetzungsort in kurzer Zeit hohe Konzentrationen bilden. Bei leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten erfolgt zunächst die Bildung einer Lache, aus welcher die Substanz in der Folge verdampft. Somit erfolgt der Phasenübergang im Vergleich langsamer und über einen längeren Zeitraum. Eine direkte Zuordnung zum bestehenden LS Chlor ist dementsprechend nicht sinnvoll.

Auf Basis der Liste der «Regelung für den Gefahrguttransport» wurden anhand einer Reihe von Kriterien und Grenzwerten leicht flüchtige, toxische Flüssigkeiten identifiziert. Diese Vorauswahl wurde anhand von den SBB zur Verfügung gestellten schweizweiten Gefahrgut-Transportzahlen der Jahre 2014-2016 evaluiert, die für die Schweiz relevanten leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten wurden identifiziert. Anhand einer Reihe von Kriterien (Physikalische Parameter, Toxizität, Transport auf dem SBB-Netz) wurden 27 UN-Nummern von relevanten leicht flüchtigen, toxischen Substanzen ermittelt. Teilweise waren diese Substanzen bereits den LS Chlor und Benzin zugeordnet, bei den entsprechenden Charakteristiken wurden sie nun ebenfalls dem neuen LS zugeschlagen. Es werden zwei Leitsubstanzen empfohlen:

- Leitsubstanz 1, repräsentativ für sehr toxische, leicht flüchtige Flüssigkeiten: **Methylisocyanat** (UN 2480)
- Leitsubstanz 2, repräsentativ für etwas weniger toxische, leicht flüchtige Flüssigkeiten: **Acrylnitril, stabilisiert** (UN 1093)

Stand der Technik

Die einzelnen Schritte der Wirkungskette lassen sich in der Tat mit den Modellen der bestehenden LS beschreiben. Bei Freisetzung, Lachenbildung und Phasenübergang besteht kein struktureller Unterschied zwischen leicht brennbaren und leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten, folglich können die Prozesse mit den Ansätzen des LS Benzin modelliert werden. Für die Ausbreitung der Gaswolke wiederum können, da es sich bei der Mehrheit der leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten in der Gasphase um ein schweres Gas handelt, die Modelle des LS Chlor angewendet werden.

Bei komplexen, bebauten Umgebungen sowohl für die Verdunstung als auch die schwere Gasausbreitung ist der Einsatz von CFD-Modellen in Betracht zu ziehen. Für die Wirkung auf den Menschen werden, analog zum LS Chlor, Probit-Funktionen angewandt.

Grobabschätzung Relevanz für Gesamtsummenkurve

Zur Relevanz der neuen LS für die Gesamtsummenkurve wurde eine Grobabschätzung vorgenommen. Aufgrund der verhältnismässig kleinen Transportmengen ist der Einfluss der leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten auf die Gesamtsummenkurve der meisten Strecken gering. Die Resultate zeigen jedoch, dass die Summenkurven dieser Substanzen bei Streckenabschnitten mit einem gewissen Transportaufkommen in Einzelfällen bis in den unteren Übergangsbereich zu liegen kommen und somit einen relevanten Beitrag zur Gesamtsummenkurve leisten können - in seltenen Einzelfällen weisen Freisetzungen des LS Methylisocyanat ein ähnliches Risiko auf wie Freisetzungen des LS Chlor.

Bei der vorliegenden groben Abschätzung wurden folgende Punkte nicht berücksichtigt:

- Allfällige Gewichtung der Transportmenge der übrigen leicht flüchtigen, toxischen Substanzen gegenüber den zwei Leitsubstanzen
- Detailliertere quantitative Untersuchung der Relevanz des neuen Leitstoffs für die Gesamtsummenkurve für ausgewählte Pilotrisikostrecken. Vorliegend wurde eine grobe Abschätzung des Einflusses auf das Risikoprofil durchgeführt, dieser könnte mittels einer Berechnung mit den neuen effektiven Probitfunktionen detaillierter analysiert werden.

Grundsätzlich war es also richtig, dass bei der Einführung der Störfallverordnung aufgrund der insgesamt eher geringen Transportmengen in einer ersten Phase die leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten nicht mit einem eigenen Leitstoff berücksichtigt wurden.

Bei einer Detaillierung der Methodik kann jedoch - in Abhängigkeit der Entwicklung der Transportmengen solcher Stoffe - die Einführung der beiden Leitstoffe für leicht flüchtige, toxische Flüssigkeiten zweckmässig sein.

Summary

The handling of highly volatile, toxic liquids is associated with risks. To assess the risks of the transport of dangerous goods by rail according to the Major Accidents Ordinance (StFV), network-wide risk screenings (stage brief report) as well as local risk assessments are carried out. The methodological basis for the identification of risks is to be refined, the aim of this project is to adequately integrate the release, spread and effect on humans of highly volatile, toxic liquids.

Internationally, volatile, toxic liquids are partly taken into account within the framework of their own lead substances (LS). In the Netherlands, for example, two and four different LS are used for rail and road/waterway transport: acrylonitrile, propylamine, acrolein and methyl isocyanate.

In a first step, it is determined whether the highly volatile, toxic liquids relevant in the context of the transport of dangerous goods by rail can be sensibly integrated into the existing lead substances (LS gasoline, chlorine) or whether a separate LS should be introduced. In a second step, the state of the art is determined regarding the modelling of release, spread and effect of highly volatile, toxic liquids. The results are summarized below. In particular, differences to the LS gasoline and chlorine are analysed.

Identification of relevant substances and assignment of lead substance

Due to their direct human toxicity, highly volatile, toxic liquids have a greater similarity to the existing LS chlorine. However, in the case of chlorine, which is transported liquefied under pressure, the toxic substance is more or less instantaneously released into the air, which causes the formation of high concentrations in a short time at the release site. In the case of highly volatile, toxic liquids, there is first the formation of a pool from which the substance then evaporates. The phase transition is therefore slower and takes place over a longer period of time. A direct allocation to the existing LS chlorine is therefore not advisable.

Based on the list "Regulations for the transport of dangerous goods", highly volatile, toxic liquids were identified by applying a series of criteria and limit values. This pre-selection was then evaluated against numbers on the Swiss-wide transport of dangerous goods for the years 2014-2016 provided by SBB, and the highly volatile, toxic liquids relevant for Switzerland were identified. A series of criteria (physical parameters, toxicity, transport on the SBB network) were used to determine 27 relevant UN numbers. Some of these substances were already assigned to the LS chlorine and gasoline, but given the corresponding characteristics they were now added to the new LS. Two lead substance are recommended:

- lead substance 1, representative of very toxic, highly volatile liquids: **Methyl isocyanate** (UN 2480)
- lead substance 2, representative of slightly less toxic, highly volatile liquids: **Acrylonitrile, stabilized** (UN 1093)

State of the art

The individual steps in the chain of effects can indeed be described using models of the existing lead substances. In the case of release, pool formation and phase transition there is no structural difference between highly flammable and highly volatile, toxic liquids, so the processes can be modelled with the approaches from the LS gasoline. For the propagation of the gas cloud, LS Chlorine models can be used because most highly volatile, toxic liquids in the gas phase are heavy gases. In complex, built-up environments, both for evaporation and heavy gas dispersion, the use of CFD models should be considered. Probit functions are used for the effect on humans, analogous to the LS Chlorine.

Rough estimate of the relevance for the total sum curve

A rough estimate was made of the relevance of the new LS for the total sum curve. Due to the relatively small transport volumes, the influence of highly volatile, toxic liquids on the total sum curve is small. However, the results show that, given a certain transport volume, in individual cases the total sum curve of these substances can reach the lower transition range and thus make a relevant contribution to the total sum curve - in some rare cases releases of LS methyl isocyanate have a similar risk as releases of LS chlorine.

The following points were not taken into account in this rough estimate:

- Eventual weighting of the other highly volatile, toxic liquids with respect to the two LS
- More detailed quantitative analysis of the relevance of the two new LS for the total sum curve of selected pilot risk routes. A rough estimate of the impact on the risk profile was made, which could be analysed in more detail using the new effective Probit functions.

In principle, it was therefore correct that, due to the overall rather small transport volumes, the volatile, toxic liquids were not taken into account with their own LS in the first phase of the introduction of the Ordinance on Major Accidents.

When detailing the methodology, however, it may be appropriate - depending on the development of the transport volumes of such substances - to introduce the two LS for highly volatile, toxic liquids.

1 Einleitung

Der Umgang mit leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten¹ und deren Transport ist mit Risiken behaftet. Mögliche Szenarien beinhalten die instantane Freisetzung durch Bruch des Behältnisses (Bersten Stehtank, Aufbrechen Tankwagen in Folge Unfall) oder kontinuierliche Freisetzung durch Leckage, jeweils gefolgt von einer möglichen Ausbreitung der Substanz und Wirkung auf den Menschen. Diese Risiken sind gemäss den Vorgaben der Störfallverordnung (StFV) [1] zu bewerten.

Für die Beurteilung der Risiken aus dem Gefahrguttransport mit der Bahn werden einerseits netzweite Risikoscreenings (Stufe Kurzbericht), andererseits lokale Risikoermittlungen durchgeführt. Die methodische Basis für die Ermittlung der Risiken geht auf den Methodikbericht Screening Personenrisiken [2] und die „Pilotrisikoanalyse Bahn“ [3] zurück und soll nun weiterentwickelt werden.

Im vorliegenden Projekt geht es um die adäquate Integration der Freisetzung, Ausbreitung und Wirkung von leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten in die Methodik Screening Personenrisiken. Das Ziel besteht darin, den Stand der Technik bezüglich der Modellierung der Freisetzung, Ausbreitung und Wirkung von leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten zu ermitteln. Hierbei wird insbesondere abgeklärt, ob die genannten Substanzen sinnvoll in die bestehenden Leitstoffe (Benzin, Chlor) integriert werden können, oder ob die Einführung eines eigenen Leitstoffs in Betracht zu ziehen ist.

Die Analyse ist in die folgenden zwei Teile gegliedert. Die Gewichtung liegt auf der Fragestellung, ob und mit welcher Begründung ein neuer Leitstoff aufzunehmen ist oder eben nicht, und um welchen Stoff es sich handeln sollte.

Teil 1: Identifikation Substanzen & Zuordnung zu Leitstoff

In einem ersten Teil wird ermittelt, ob die im Kontext Bahn relevanten flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten sinnvoll in die bestehenden Leitstoffe (Benzin, Chlor) integriert werden können, oder ob ein eigener Leitstoff eingeführt werden sollte. Falls letzteres der Fall ist, wird eine Substanz (ggf. mehrere) vorgeschlagen.

Teil 2: Recherche und Beschreibung des Standes der Technik

Der Stand der Technik bezüglich der Modellierung von Freisetzung, Ausbreitung und Wirkung von leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten soll ermittelt und dargestellt werden. Alle in der Modellierung berücksichtigten Einzelabläufe von der Freisetzung bis zur Wirkung auf den Menschen werden in geeigneten Schritten betrachtet. Hierbei werden insbesondere die Unterschiede zu den Leitstoffen Benzin und Chlor analysiert.

Zuletzt wird eine grobe Abschätzung der Bedeutung dieser Substanzen für die Gesamtsummenkurve vorgenommen.

¹ Es werden ausschliesslich Substanzen berücksichtigt, die sich im Normalzustand (bei atmosphärischen Druckbedingungen) in flüssigem Aggregatzustand befinden. Druckverflüssigte Gase werden nicht berücksichtigt.

2 Vorgehensweise

Für den ersten Teil, die Identifikation der im Kontext Bahn relevanten leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten und deren Zuordnung zu einem Leitstoff, wurden in einem ersten Schritt Grundlagen analysiert. Hierbei wurden zunächst anhand chemischer Charakteristika potentiell relevante Substanzen identifiziert, im Anschluss wurden die verfügbaren Statistiken der Bahn ausgewertet und mit den relevanten Stoffen abgeglichen. In einem zweiten Schritt wurde untersucht, ob die im Kontext Bahn relevanten Substanzen sinnvoll in die bestehenden Leitstoffe (Benzin, Chlor) integriert werden können, oder ob die Einführung eines eigenen Leitstoffs in Betracht zu ziehen ist. Falls ja, wird ein solcher (ggf. mehrere) vorgeschlagen.

Der zweite Teil befasst sich mit dem Stand der Technik der Modellierung der einzelnen Vorgänge, dieser wird festgestellt und schriftlich dokumentiert. Hauptgrundlage hierbei sind die kürzlich erstellten Studien zur Freisetzung, Ausbreitung und Wirkung von leicht brennbaren Flüssigkeiten (LS Benzin)[4] und schweren toxischen Gasen (LS Chlor)[5]. Es soll untersucht werden, inwiefern sich die state-of-the-art Rechenmodelle für die Leitstoffe Benzin und Chlor auch auf leicht flüchtige, toxische Flüssigkeiten anwenden lassen. Wenn letzteres bei einem Vorgang nicht der Fall ist, wird zusätzliche Literatur herangezogen. Hierbei werden zur Literatursuche die bekannte Onlinetools verwendet.

Der vorliegende Bericht ist folgendermassen aufgebaut: Der erste Teil, die Identifizierung und Zuordnung der relevanten leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten, wird in Kapitel 4 präsentiert. Hierbei werden die zugrundeliegende Datengrundlage sowie die angewandten Kriterien und Grenzwerte sowie die resultierenden Substanzen vorgestellt; vollständige Listen der Substanzen sind im Anhang gegeben. Der zweite Teil, der Stand der Technik der Modellierung, wird in Kapitel 5 präsentiert. Falls die Rechenmodelle für die Leitstoffe Benzin und Chlor auch für leicht flüchtige, toxische Flüssigkeiten anwendbar sein sollten, wird dies so referenziert. In Kapitel 6 wird eine grobe Abschätzung der Bedeutung der leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten für die Gesamtsummenkurve vorgenommen. Zum Abschluss werden aus den Ergebnissen Schlussfolgerungen gezogen.

3 Grundlagen

- [1] SR 814.012, Verordnung über den Schutz vor Störfällen (Störfallverordnung, StfV) vom 27. Februar 1991.
- [2] Ernst Basler und Partner: Methodikbericht Screening Personenrisiken Bahn 2014 (Februar 2015).
- [3] Ernst Basler und Partner: Pilotrisikoanalyse PRA Bahn 1998 (inkl. Fallbeispiele und Anhang)
- [4] Emch + Berger AG: Weiterentwicklung Screening- und RE-Methodik - Freisetzung, Ausbreitung und Wirkung von leicht brennbaren Flüssigkeiten (LS Benzin), 13. Juli 2017.
- [5] Ernst Basler und Partner: Freisetzung, Ausbreitung und Wirkung von toxischen Gasen, 26. April 2018.
- [6] RIVM (2017): Handleiding Risicoanalyse Transport (HART), Version 1.2, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.
- [7] AVIV: Stoffenlijst S3B editie 1999 <https://www.aviv.nl/publicaties/rapporten/stoffenlijst-s3b-editie-1999>
- [8] TNO Safety software EFFECTS Version 10 - User and reference manual (2016)
- [9] DVN-GL: "PHAST and PHAST LITE", Tutorial Manual
- [10] NOAA (2013). "ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) 5.4.4." NOAA Technical Memorandum NOS OR&R 43.
- [11] JACK RABBIT II PHASE 1 TRIALS: TRAINING NEEDS ASSESSMENT AND ANALYSIS (April 4 – April 8, 2016), National Fire Academy, Final Report, August 1, 2016
- [12] HSE (2010). Indicative human vulnerability to the hazardous agents present offshore for application in risk assessment of major accidents, SPC/Tech/OSD/30²
- [13] OGP (2010). Vulnerability of humans, International Association of Oil and Gas Producers. Report No. 434 –14.
- [14] Ministerie van VROM: Methods for the determination of possible damage to people and objects resulting from release of hazardous materials, Publication Series on Dangerous Substances (PGS 1), First edition 1992 (2003 erfolgte ein Update, dieses ist jedoch nur auf Niederländisch erhältlich³), „green book“

² http://www.hse.gov.uk/foi/internalops/hid_circs/technical_osd/spc_tech_osd_30/

³ Update TNO Green Book: <http://www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl/publicaties/PGS1.html>

4 Identifikation Substanzen & Definition Leitstoff

Folgend werden in einem ersten Schritt generell leicht flüchtige, toxische Flüssigkeiten identifiziert. In einem zweiten Schritt werden diese Substanzen anhand von den SBB zur Verfügung gestellten Zahlen zu Gefahrguttransporten in der Schweiz evaluiert und die relevanten Substanzen identifiziert und dem neuen Leitstoff zugeordnet. Zuletzt wird eine Substanz (ggf. mehrere) als Leitstoff festgelegt. Das Vorgehen ist in Abbildung 1 zusammengefasst.

4.1 Identifikation leicht flüchtige, toxische Flüssigkeiten

Auf Basis der Liste der «Regelung für den Gefahrguttransport» (RID Tabelle A Kap. 3.2) wurden sämtliche Substanzen analysiert. Unter Anwendung der folgend aufgeführten Kriterien und Grenzwerte wurden leicht flüchtige, toxische Flüssigkeiten identifiziert und bewertet. Diese Kriterien sind konservativ ausgelegt, um nicht im Vorhinein potentiell relevante Substanzen auszuschliessen.

Tabelle 1: Kriterien und Grenzwerte für die Identifikation von leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten

Kriterium/Grenzwert	Wert
Vorauswahl Liste RID	
Gefahrgutklasse (Gefahrzettel)	3 + 6.1, 6.1, 8 + 6.1
Verpackungsgruppe	I
Physikalische Parameter	
Siedepunkt	max. 85 °C
Dampfdruck bei 20°C	min. 10 hPa

Vorauswahl Liste RID

Die Stoffe der Klassen 3 + 6.1 sowie 8 + 6.1 werden in der Schweiz teilweise durch die LS Benzin und Chlor abgedeckt, wurden jedoch hier ebenfalls in die Analyse einbezogen.

Die Verpackungsgruppe II wurde aufgrund der geringeren Gefährdung nicht berücksichtigt. Dies wird auch im Ausland so gehandhabt, so wird beispielsweise in den Niederlanden keine einzige dieser Substanzen im Leitstoff D4/Acrolein für den Transport mit der Bahn berücksichtigt. Die Substanzen der Klasse 3 + 6.1/VP II werden sowohl in den Niederlanden als auch in der Schweiz mit den Leitstoffen für leicht brennbare Flüssigkeiten abgedeckt (C3 / LS Benzin) [6][7].

Die Selektion entsprechend Gefahrgutklasse und Verpackungsgruppe sowie eine weitere Eliminierung von Feststoffen anhand des RID-Klassifizierungscode ergab eine Liste von **192** potentiell leicht flüchtigen, toxischen Substanzen.

Physikalische Parameter

Soweit möglich wurden für die einzelnen Substanzen Werte zum physikalischem Verhalten zusammengetragen. Anhand der oben aufgeführten, sehr konservativ angelegten Grenzwerte wurden **34** relevante Substanzen ermittelt.

Bei diversen Substanzen (speziell Mixturen sowie Pestiziden) konnte mangels verfügbarer Grundlagen keine Einschätzung durchgeführt werden. Diese **79** Substanzen wurden ebenfalls bei den SBB angefragt.

Die vollständige Liste der **113** Substanzen ist in Anhang A gegeben.

Leicht flüchtige, toxische Flüssigkeiten

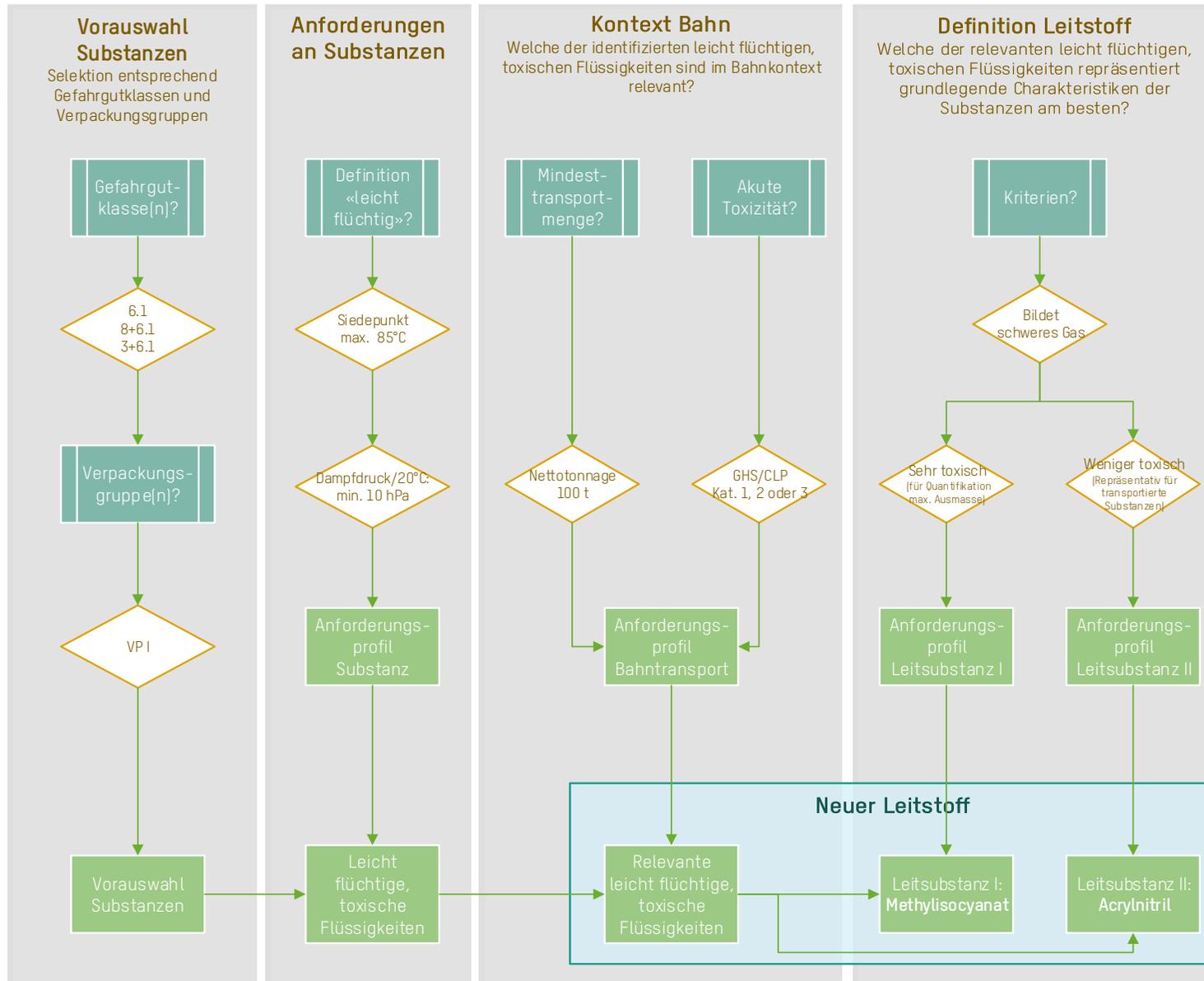


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Identifikation relevanten Substanzen sowie der repräsentativen Leitsubstanz

4.2 Identifikation der im Bahnkontext relevanten Substanzen

Zur Identifikation der im Kontext Bahn relevanten UN-Nummern wurden von den SBB Zahlen zu den in den Jahren 2014-2016 auf dem Schweizer Schienennetz transportieren Gefahrgütern bereitgestellt (komplette Liste: siehe Anhang B). Hierbei werden die Transporte für die einzelnen DfA-Strecken ausgewiesen (gemessen an den Monitoring-Stationen, siehe Abbildung 2), ein schweizweiter Gesamtwert ist nicht verfügbar. Der Datensatz beinhaltet für die relevanten DfA-Strecken nebst den transportierten Mengen auch die jeweilige Anzahl Wagen.

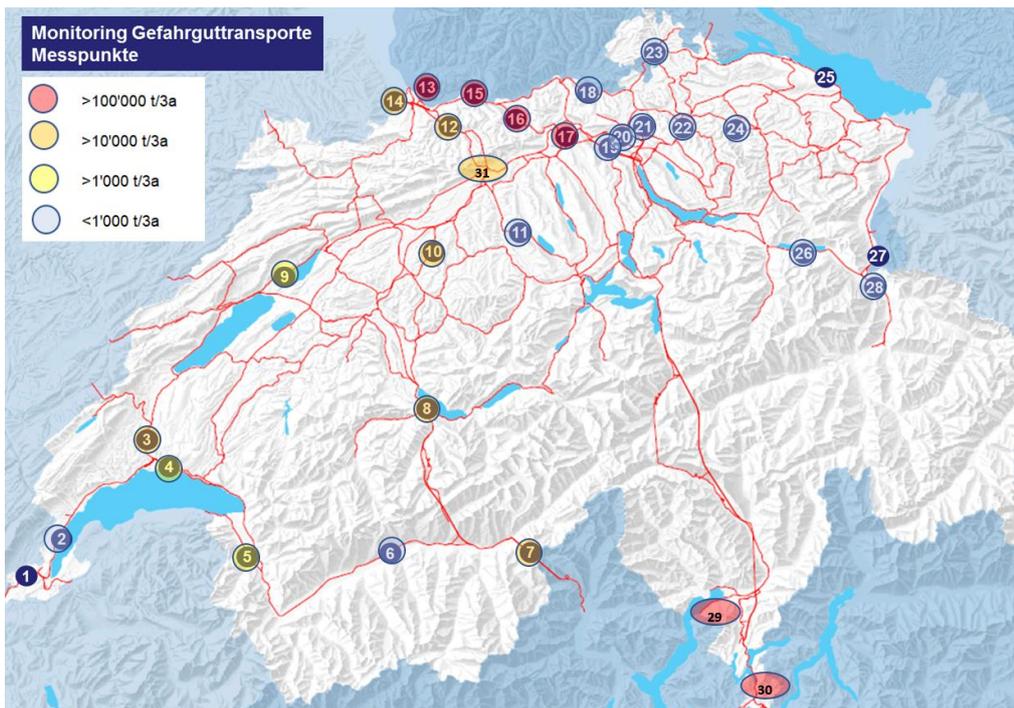


Abbildung 2: Karte des Schweizer Schienennetzes mit relevanten Gefahrguttransporten sowie den Messpunkten des entsprechenden Gefahrgutmonitorings. Die Färbung der Messpunkte gibt einen Anhaltspunkt über die Nettotonnen an leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten, die in den Jahren 2014-2016 an den betreffenden Punkten transportiert wurden. Nicht ausgewertet wurden die Punkte 1, 25 und 27 (kein Transport).

Wie Abbildung 2 verdeutlicht werden die grössten Mengen an leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten an den Monitoringstationen im Tessin und zwischen Zürich und Basel gemessen. Dies lässt darauf schliessen, dass es sich bei einem grossen Teil um Transittransporte handelt.

Summiert man die Nettotonnen sowie Wagen aller DfA-Strecken⁴, zeigt sich, dass die leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten nur einen sehr kleinen Teil des gesamten Gefahrgutaufkommens ausmachen (siehe Tabelle 2). In den drei Jahren 2014-2016 lag der Anteil konstant bei etwa 0.5 %.

Tabelle 2: Nettotonnen und Anzahl Wagen, summiert über alle DfA-Linien. Die UN-Nummern der berücksichtigten leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten sind in Anhang A gegeben.

	Nettotonnen			Anzahl Wagen		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gefahrgut gesamt	53'800'312	54'587'620	54'709'122	2'161'896	2'239'999	2'261'228
leicht flüchtige, toxische Flüssigkeiten	248'876	256'616	274'313	10'474	10'908	11'477
	0.46%	0.47%	0.50%	0.48%	0.49%	0.51%

⁴ Dies entspricht nicht dem CH-Total, da Wagen ja nach zurückgelegter Strecke mehrfach erfasst werden können.

Anhand der von den SBB zur Verfügung gestellten schweizweiten Gefahrgut-Transportzahlen der Jahre 2014–2016 wurde die in 4.1 erarbeitete Liste evaluiert und die für die Schweiz relevanten leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten identifiziert. Hierbei finden die folgenden Kriterien und Grenzwerte Anwendung:

Tabelle 3: Kriterien und Grenzwerte für die Identifikation der relevanten Substanzen

Kriterium/Grenzwert	Wert
Tonnage	
Nettotonnen (unge- wichtet)	100 t
	Auf mindestens einer DfA-Strecke muss in mindestens einem der drei Jahren eine Menge von mindestens 100 Nettotonnen der Substanz transportiert worden sein.
	Ausnahme: siehe unten bei AEGL 3
Toxizität	
GHS/CLP ⁵ , Gefahren- klasse «Akute Toxizität – Einatmen»	Kategorie 1, 2 oder 3
	Die UN-Nummer muss im Gefahrenkennzeichnungssystem GHS/CLP den drei höchsten Kategorien 1 und 2 («Lebensgefahr bei Einatmen») bzw. 3 («Giftig bei Einatmen») zugeordnet sein. Der Kategorie 4 («Gesundheitsschädlich bei Einatmen») oder darunter zugeordnete UN-Nummern werden nicht berücksichtigt.
AEGL 3 (siehe 5.4)	Wenn bei einer UN-Nummer der AEGL 3-Wert vorhanden und das Kriterium GHS/CLP eingehalten ist, wird diese berücksichtigt – auch wenn das Kriterium bezüglich Tonnage nicht eingehalten wird.
Zuordnung zu bestehenden Leitstoffen	
LS Chlor	Ist eine Substanz bereits einem bestehenden LS zugeteilt, wird abgeschätzt, ob sie dort verbleiben oder einem etwaigen neuen Leitstoff zugeordnet werden sollte.
LS Benzin	

Tonnage

Das Mengenkriterium trifft auf insgesamt **18** Substanzen zu: UN-Nummern 1052, 1093, 1099, 1100, 1744, 1790, 1809, 1831, 1834, 2902, 2903, 2991, 2992, 3026, 3246, 3275, 3286, 3352

Toxizität

12 Substanzen erfüllen das Mengenkriterium nicht, weisen jedoch die AEGL 3-Werte auf und werden ebenfalls berücksichtigt: UN-Nummern 1092, 1163, 1238, 1239, 1251, 1259, 1614, 2334, 2480, 2481, 2644, 3413

Zuordnung zu bestehenden Leitstoffen

LS Chlor

Drei Substanzen, welche bereits dem LS Chlor zugeteilt sind, werden aufgrund ihrer Charakteristiken weiter berücksichtigt:

⁵ Das **global harmonisierte System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien (GHS)**, englisch *Globally Harmonized System of Classification, Labelling and Packaging of Chemicals* der Vereinten Nationen ist ein weltweit einheitliches System zur Einstufung von Chemikalien sowie deren Kennzeichnung auf Verpackungen und in Sicherheitsdatenblättern. Im Gegensatz zur Klassierung nach RID (Transportrecht) erfolgt die Klassierung der Stoffe anhand ihrer gefährlichen Eigenschaften beim Umgang (Arbeitssicherheit). Die beiden Klassierungssysteme sind ähnlich, aber nicht gleich.

In der EU ist das GHS mit der 'Classification and Labelling (CLP) Regulation' umgesetzt:
https://ec.europa.eu/growth/sectors/chemicals/classification-labelling_en

- UN 1052: FLUORWASSERSTOFF, WASSERFREI
- UN 1744: BROM oder BROM, LÖSUNG
- UN 1831: SCHWEFELSÄURE, RAUCHEND

LS Benzin

Folgende vier Substanzen sind bereits dem LS Benzin zugeordnet:

- UN 1093: ACRYLNITRIL, STABILISIERT
- UN 1099: ALLYLBROMID
- UN 1100: ALLYLCHLORID
- UN 2481: ETHYLISOCYANAT

Die UN-Nummern 1093, 1099 und 1100 sind entsprechend GHS/CLP der Kategorie 3 zugeordnet, die UN-Nummer 2481 der höheren Kategorie 2. Folglich werden alle 4 Substanzen weiter berücksichtigt.

Zwei weitere dem LS Benzin zugeordneten Flüssigkeiten sind sehr weit gefasst, sodass teilweise keine klare Zuordnung zu einzelnen Substanzen möglich ist:

- UN 3286: ENTZÜNDBARER FLÜSSIGER STOFF, GIFTIG, ÄTZEND, N.A.G.
- UN 3275: NITRILE, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, N.A.G.

Bei diesen UN-Nummern kann die Toxizität nicht genau bestimmt werden. Deshalb werden diese zwei Flüssigkeiten im LS Benzin belassen und nicht weiter berücksichtigt.

Ebenfalls dem LS Benzin zugeordnet sind folgende Pestizide:

- UN 2903: PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, N.A.G., mit einem Flammpunkt von 23 °C oder darüber
- UN 2991: CARBAMAT-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, mit einem Flammpunkt von 23 °C oder darüber

Pestizide können aus diversen Substanzen bestehen, so sind beispielsweise der UN-Nummer 2903 16 verschiedene CAS-Nummern von Substanzen zugeordnet. Konservativ werden sämtliche Pestizide berücksichtigt (auch jene, die nicht dem LS Benzin zugeordnet sind), welchen mindestens eine Substanz mit einem GHS/CLP-Wert der drei höchsten Kategorien 1 und 2 («Lebensgefahr bei Einatmen») bzw. 3 («Giftig bei Einatmen») zugeordnet ist. Anhand dieses Kriteriums werden folgende 5 UN-Nummern für den neuen LS berücksichtigt: 2902, 2903, 2991, 2992, 3026

Es resultiert die folgende Liste von **27⁶** UN-Nummern, welche dem neuen Leitstoff zugeordnet werden können (eine vollständige Liste inklusive der nicht berücksichtigten UN-Nummern ist in Anhang C gegeben).

Tabelle 4: UN-Nummern leicht flüchtiger, toxischer Flüssigkeiten, welche dem neuen Leitstoff zugeordnet werden

UN-Nummer	Stoffname nach RID	Klasse nach RID	GHS/CLP	Kriterium Tonnage erfüllt
1092	ACROLEIN, STABILISIERT	6.1	1	Nein
1163	DIMETHYLHYDRAZIN, ASYMMETRISCH	6.1	3	Nein
1238	METHYLCHLORFORMIAT	6.1	1	Nein
1239	METHYLCHLORMETHYLETHER	6.1	1	Nein

⁶ Das Mengenkriterium trifft auf 18 UN-Nummern zu, das Kriterium Toxizität auf weitere 12 Substanzen. Von den 18 sind 2 nicht toxisch genug und fallen weg, zudem ist die Nummer 1790 doppelt aufgeführt. Folglich verbleiben 28 Substanzen mit 27 verschiedenen UN-Nummern.

UN- Nummer	Stoffname nach RID	Klasse nach RID	GHS/ CLP	Kriterium Ton- nage erfüllt
1251	METHYLVINYLKETON, STABILISIERT	6.1	1	Nein
1259	NICKELTETRACARBONYL	6.1	2	Nein
1614	CYANWASSERSTOFF, STABILISIERT, mit weniger als 3 % Wasser und aufgesaugt durch ein inertes poröses Material	6.1	1	Nein
1809	PHOSPHORTRICHLORID	6.1	2	Ja
1834	SULFURYLCHLORID	6.1	2	Ja
2334	ALLYLAMIN	6.1	3	Nein
2480	METHYLISOCYANAT	6.1	1	Nein
2481	ETHYLISOCYANAT	6.1	2	Nein
2644	METHYLIODID	6.1	3	Nein
2902	PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, N.A.G.	6.1	⁷	Ja
2903	PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, N.A.G., mit einem Flammpunkt von 23 °C oder darüber	6.1	⁶	Ja
2991	CARBAMAT-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, mit einem Flammpunkt von 23 °C oder darüber	6.1	⁶	Ja
2992	CARBAMAT-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG	6.1	⁶	Ja
3026	CUMARIN-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG	6.1	⁶	Ja
3413	KALIUMCYANID, LÖSUNG	6.1	2	Nein
1093	ACRYLNITRIL, STABILISIERT	3	3	Ja
1099	ALLYLBROMID	3	3	Ja
1100	ALLYLCHLORID	3	3	Ja
1052	FLUORWASSERSTOFF, WASSERFREI	8	2	Ja
1744	BROM oder BROM, LÖSUNG	8	2	Ja
1790	FLUORWASSERSTOFFSÄURE mit mehr als 85 % Fluorwasserstoff	8	2	Ja
1790	FLUORWASSERSTOFFSÄURE mit mehr als 60 % Fluorwasserstoff, aber höchstens 85 % Fluor- wasserstoff	8	2	Ja
1831	SCHWEFELSÄURE, RAUCHEND	8	1	Ja

4.3 Definition Leitstoff

Aufgabe der Leitsubstanzen ist es, grundlegende Charakteristiken der zugeordneten Substanzen zu repräsentieren. Mit Ausnahme der UN-Nummern 1052, 1614 und 1790 (bei den Pestiziden kann keine generelle Aussage getroffen werden) weisen die in Tabelle 4 aufgeführten Substanzen in der Gasphase eine grössere Dichte als Luft auf. Somit handelt es sich bei der Mehrheit der Substanzen in der Gasphase um ein schweres Gas, was bei der Wahl der Leitsubstanz berücksichtigt werden

⁷ Mindestens eine Substanz, welche der UN-Nummer des Pestizids zugeordnet ist, weist einen GHS/CLP-Wert der drei höchsten Kategorien 1 und 2 («Lebensgefahr bei Einatmen») bzw. 3 («Giftig bei Einatmen») auf.

sollte. Zudem zeigt Tabelle 4, dass die Mehrheit der in grösseren Mengen transportierten Substanzen betreffend Toxizität entsprechend GHS/CLP nicht der höchsten Kategorie 1, sondern den weniger toxischen Kategorien 2 und 3 zuzuordnen ist.

In den Niederlanden [6] werden für den Transport von leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten auf Schiene und Strasse/Wasserwegen je nach Toxizität verschiedene Leitstoffe verwendet: Acrylnitril, Propylamin, Acrolein und Methylisocyanat. Die Substanzen mit der grössten Toxizität, Acrolein und Methylisocyanat, sind als Leitstoff etabliert und Teil der erarbeiteten Liste (Tabelle 4), werden jedoch in der Schweiz kaum transportiert. Aus diesem Grund werden zusätzlich die drei Substanzen, die ebenfalls schweres Gas bilden und in den grössten Mengen auf der Bahn transportiert werden, in Betracht gezogen (dies beinhaltet Acrylnitril). Somit werden insgesamt 5 Substanzen (Tabelle 5) bezüglich folgender Punkte und Anforderungen näher betrachtet:

- Schweres Gas
- Toxizität repräsentativ für andere Substanzen
- Konservativ bzgl. physikalische Parameter (tieferer Siedepunkt/höher Dampfdruck)
- Aktuelle Probit-Funktion vorhanden (z.B. bei RIVM, Niederlande⁸ / Effects)

Tabelle 5: UN-Nummern leicht flüchtiger, toxischer Flüssigkeiten, welche als Leitsubstanzen in Betracht gezogen werden. Die Werte der physikalischen Parameter sowie Toxizität sind der GESTIS-Stoffdatenbank entnommen⁹

UN-Nummer	Stoffname nach RID	Schweres Gas	Toxizität (GHS/CLP)	Siedepunkt (°C) / Dampfdruck (hPa)	Probit vorhanden
1092	ACROLEIN, STABILISIERT	Ja	1	52 / 295	Ja
1093	ACRYLNITRIL, STABILISIERT	Ja	3	77 / 117	Ja
1100	ALLYLCHLORID	Ja	3	45 / 398	Ja (interim ¹⁰)
1809	PHOSPHOR-TRICHLORID	Ja	2	76 / 133	Ja (to be updated ¹¹)
2480	METHYLISOCYANAT	Ja	1	39.5 / 464	Ja

Zwei der Substanzen, UN 1092 und 2480, sind entsprechend GHS/CLP der höchsten Toxizitätskategorie 1 («Lebensgefahr bei Einatmen») zugeordnet. Somit sind sie bezüglich ihrer toxischen Wirkung höher einzuschätzen als die tatsächlich in grösseren Mengen transportierten Substanzen und nur bedingt repräsentativ – das Ausmass eines Ereignisses würde tendenziell überschätzt. Jedoch werden diese Substanzen heute in kleinen Mengen transportiert, und es kann nicht ausgeschlossen werden, dass zu einem späteren Zeitpunkt grössere Mengen von hochtoxischen Substanzen mit Kategorie 1 transportiert werden. Die anderen drei Substanzen, UN 1093, 1100 und 1809, sind im Vergleich etwas weniger toxisch, werden jedoch aktuell in grösseren Mengen transportiert.

Aufgrund dieser Sachverhalte wird empfohlen, zwei Leitstoffe in Betracht zu ziehen. Die erste Leitsubstanz dient der Abschätzung der maximal möglichen Ausmasse. Kandidaten hierfür sind Acrolein (UN 1092) und Methylisocyanat (UN 2480). Die zweite Leitsubstanz dient als Repräsentant der etwas weniger toxischen, jedoch gegenwärtig in relevanten Mengen transportierten Flüssigkeiten.

⁸ http://www.rivm.nl/en/Topics/P/Probit_functions/Probit_function_status_overview (Stand: 17. 07. 2015, zuletzt besucht am 31.01.2018)

⁹ GESTIS-Stoffdatenbank: www.dguv.de/ifa/stoffdatenbank

¹⁰ http://www.rivm.nl/Documenten_en_publicaties/Algemeen_Actueel/Uitgaven/Milieu_Leefomgeving/Probits/Technical_support_documents/Allylchloride (Stand: 10. 05. 2012, zuletzt besucht am 31.01.2018)

¹¹ http://www.rivm.nl/Documenten_en_publicaties/Algemeen_Actueel/Uitgaven/Milieu_Leefomgeving/Probits/Technical_support_documents/Fosfortrichloride (Stand: 10. 05. 2012, zuletzt besucht am 31.01.2018)

Hierfür kommen entsprechend Acrylnitril (UN 1093), Allylchlorid (UN 1100) und Phosphortrichlorid (UN 1809) in Frage.

Folgende zwei Substanzen werden empfohlen:

Leitsubstanz 1 (sehr toxisch): **Methylisocyanat** (UN 2480)

Folgende Gründe sind ausschlaggebend:

- Schweres Gas (repräsentativ für die Mehrheit der Substanzen). Vergleichsrechnungen mit EFFECTS zeigen für Methylisocyanat und Acrolein ein ähnliches Ausbreitungsverhalten.
- Betreffend Toxizität höher einzuordnen als Acrolein
- Im Vergleich zu Acrolein tieferer Siedepunkt (38 vs. 52 °C) / höher Dampfdruck (513 vs. 286 hPa bei 20°C), somit die konservativere Wahl.
- Aktuelle Probit-Funktion vorhanden (implementiert in Effects)

Leitsubstanz 2 (etwas weniger toxisch): **Acrylnitril, stabilisiert** (UN 1093)

Folgende Gründe sind ausschlaggebend:

- Wird aktuell (Transportzahlen 2014-2016) mit Abstand in den grössten Mengen transportiert – macht mehr als die Hälfte der transportierten leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten aus (siehe Tabelle 6)
- Repräsentativ (Schweres Gas, Toxizität) für die Mehrheit der transportierten Güter. Acrylnitril ist weniger toxisch als Phosphortrichlorid (Kategorie 3 vs. 2), da jedoch viel mehr davon transportiert wird würde die Verwendung von letzterem zu einer deutlichen Überschätzung des Ausmasses führen.
- Aktuelle Probit-Funktion vorhanden (implementiert in Effects)

Diese beiden Substanzen werden in den Niederlanden als Leitstoffe verwendet [6] und sind als solches etabliert: Methylisocyanat wird für den Transport auf der Strasse/auf Wasserwegen berücksichtigt, Acrylnitril sowohl für den Transport auf der Strasse/auf Wasserwegen als auch mit der Bahn.

Tabelle 6 listet sämtliche UN-Nummern sowie ihre Zuordnung zu den beiden Leitstoffen auf. Unter dem LS Acrylnitril (weniger toxisch) werden die 6 Substanzen mit GHS/CLP Toxizitätskategorie 3 («Giftig beim Einatmen») sowie sämtliche Pestizide zusammengefasst. Sämtliche Substanzen, die eine im Vergleich dazu höhere Toxizität aufweisen (Kategorien 1 und 2, «Lebensgefahr bei Einatmen»), werden dem LS Methylisocyanat zugeordnet. Konservativ wird hierbei nicht weiter zwischen den Kategorien 1 und 2 unterschieden, letztere werden im Rahmen des LS wie die Substanzen der Kategorie 1 behandelt. Eine Gewichtung wird nicht vorgenommen.

Tabelle 6: Zuordnung der UN-Nummern zu den beiden neuen Leitstoffen

UN- Nummer	Stoffname nach RID	Klasse nach RID	GHS/ CLP	% Netto- tonnen ¹²	LS Methyl- isocyanat <i>sehr toxisch</i>	LS Acrylnitril <i>weniger toxisch</i>
1092	ACROLEIN, STABILISIERT	6.1	1	0.03	X	
1163	DIMETHYLHYDRAZIN, ASYMMETRISCH	6.1	3	0.07		X
1238	METHYLCHLORFORMIAT	6.1	1	0.02	X	
1239	METHYLCHLORMETHYLEETHER	6.1	1	0.00	X	

¹² Grundlage ist die Summe der Nettotonnen der 27 Substanzen über alle DfA-Strecken. Da Wagen je nach zurückgelegter Strecke mehrfach erfasst werden können, werden keine absoluten Werte angegeben.

UN- Nummer	Stoffname nach RID	Klasse nach RID	GHS/ CLP	% Netto- tonnen ¹²	LS Methyl- isocyanat <i>sehr toxisch</i>	LS Acrylnitril <i>weniger toxisch</i>
1251	METHYLVINYLKETON, STABILISIERT	6.1	1	0.00	X	
1259	NICKELTETRACARBONYL	6.1	2	0.00	X	
1614	CYANWASSERSTOFF, STABILISIERT, mit weniger als 3 % Wasser und aufgesaugt durch inertes poröses Material	6.1	1	0.00	X	
1809	PHOSPHORTRICHLORID	6.1	2	9.66	X	
1834	SULFURYLCHLORID	6.1	2	0.74	X	
2334	ALLYLAMIN	6.1	3	0.02		X
2480	METHYLISOCYANAT	6.1	1	0.04	X	
2481	ETHYLISOCYANAT	6.1	2	0.00	X	
2644	METHYLIODID	6.1	3	0.02		X
2902	PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, N.A.G.	6.1	⁶	1.08		X ¹³
2903	PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, N.A.G., Flamm- punkt 23 °C oder darüber	6.1	⁶	0.18		X ¹²
2991	CARBAMAT-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, Flamm- punkt 23 °C oder darüber	6.1	⁶	0.13		X ¹²
2992	CARBAMAT-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG	6.1	⁶	0.23		X ¹²
3026	CUMARIN-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG	6.1	⁶	0.04		X ¹²
3413	KALIUMCYANID, LÖSUNG	6.1	2	0.01	X	
1093	ACRYLNITRIL, STABILISIERT	3	3	54.43		X
1099	ALLYLBROMID	3	3	2.50		X
1100	ALLYLCHLORID	3	3	8.95		X
1052	FLUORWASSERSTOFF, WASSERFREI	8	2	10.09	X	
1744	BROM oder BROM, LÖSUNG	8	2	3.02	X	
1790	FLUORWASSERSTOFFSÄURE mit mehr als 85 % Fluorwasser- stoff	8	2	1.95	X	
1790	FLUORWASSERSTOFFSÄURE mit mehr als 60 % aber höchstens 85 % Fluorwasserstoff	8	2			
1831	SCHWEFELSÄURE, RAUCHEND	8	1	6.78	X	

¹³ Es ist möglich, dass ein Pestizid eine Substanz der Kategorien 1 und 2 beinhaltet. Da es sich jedoch jeweils um Mixturen mit weniger und/oder überhaupt nicht humantoxischen Substanzen handelt werden die Pestizide dem weniger giftigen LS zugeordnet.

Betrachtet man die Anteile der einzelnen UN-Nummern an der Gesamttransportmenge, zeigt sich, dass knapp 70 % der transportierten Nettotonnen dem LS Acrylnitril zugeordnet werden können. Entsprechend entfallen gut 30% auf den LS Methylisocyanat. Insgesamt machen die 27 UN-Nummern im Zeitraum 2014-2016 knapp 0.5 % des gesamten Gefahrgutaufkommens aus.

Die geringe transportierte Menge der Substanzen (dies betrifft besonders die vorgeschlagene Leit-substanz 1, Methylisocyanat) wirft die Frage auf, ob die separate Berücksichtigung der leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten überhaupt notwendig ist. Allein aufgrund der Transportmenge kann jedoch keine robuste Aussage zum Einfluss der Substanzen auf die Gesamtsummenkurve der Risiken getroffen werden, hierzu wäre eine quantitative Abschätzung notwendig. Eine erste grobe Einschätzung ist in Kapitel 6 gegeben.

5 Recherche und Beschreibung Stand der Technik

Folgend wird insbesondere analysiert, ob die Rechenmodelle für die Leitstoffe Benzin und Chlor auch für leicht flüchtige, toxische Flüssigkeiten anwendbar sind. Ist dies der Fall, werden die entsprechenden Modelle referenziert. Falls nicht, werden die Gleichungen der mittels einer Literatursuche erarbeiteten Modelle analog zum Bericht zum LS Benzin [4] in einer Tabelle zusammengefasst. Detaillierte Erklärungen und weiterführende Informationen werden nachfolgend gegeben.

5.1 Freisetzung

Die Freisetzung einer Flüssigkeit aus einem Behältnis geschieht durch relativ einfach zu beschreibende physikalische Vorgänge. Zudem erfolgt der Transport von leicht brennbaren und leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten in der gleichen Art Kesselwagen (dies im Gegensatz zu den für höhere Drücke ausgelegten Wagen für druckverflüssigte Gase). Konservativ wird angenommen, dass die Substanzen ausschliesslich in Kesselwägen transportiert werden. Folglich können die Modelle und Ansätze das LS Benzin angewandt werden [4].

Relevant sind folgende Arten der Freisetzung:

- Grosses Leck/Bruch/Bersten Behältnis (instantane Freisetzung)
- Leck Kessel/Tank (kontinuierliche Freisetzung)
- Leck/Ausfluss Rohr (kontinuierliche Freisetzung)
- Zerstäubung durch kleines Leck

Voraussetzungen sind ein Leck an der Kesselunterseite sowie ein ausreichend gefüllter Tank (hohe Wassersäule = ausreichend Druck). Für die Bildung einer explosiblen Dampf Wolke im Vergleich zur Lachenverdampfung von untergeordneter Bedeutung (kleine Freisetzungsrates), im Kontext leicht flüchtiger, toxischer Flüssigkeiten möglicherweise relevant.

NICHT relevant sind folgende Arten der Freisetzung [4]:

- BLEVE Kessel/Tank, beispielsweise durch Unterfeuerung

Grund: sehr selten, treten in erster Linie im Zusammenhang mit Gasen auf. Ein weiterer Grund ist, dass die für Flüssigkeiten ausgelegten Tanks nur verhältnismässig geringe Drücke verkraften (im Vergleich zu den Tanks für (verflüssigte) Gase) und aufplatzen und auslaufen bevor sich ein entsprechender Überdruck aufbauen kann.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Es können die Modelle und Ansätze des LS Benzin angewandt werden [4]. Relevant sind die instantane Freisetzung sowie die kontinuierliche Freisetzung durch ein Leck. Zudem ist die Zerstäubung durch ein kleines Leck potentiell relevant.

5.2 Lachenbildung, Phasenübergang flüssig/gasförmig

Bei der Bildung und Ausbreitung von Lachen sowie dem Phasenübergang flüssig/gasförmig gibt es keine strukturellen Unterschiede zwischen leicht brennbaren und leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten. Folglich können die Modelle das LS Benzin angewandt werden [4].

Folgende Modelle sind relevant:

- Lache auf einem ruhigen Wasserkörper
- Lache in freiem Gelände, ebener Untergrund
- Lache in einer verdämmten Struktur (z.B. Auffang- oder Rückhaltebecken)
- Verdampfung

Wie in [4] diskutiert sind die empirischen Modelle für Lachenbildung angemessen für ebenes Gelände mit versiegeltem oder wassergesättigtem Untergrund. Bei Versickerung und/oder Abtransport wird die Lachenbildung überschätzt, ein Beispiel ist die kontinuierliche Freisetzung direkt im Gleisbett, bei der es je nach Freisetzungsrates zur kompletten Versickerung im Schotter und somit zu überhaupt keiner Lachenbildung kommen kann. Bei grösseren Freisetzungsmengen und speziell

der Freisetzung neben dem Gleisbett ist, je nach Untergrund, die Ausbildung einer grösseren Lache durchaus möglich. Folglich sind die empirischen Modelle für Lachenbildung für eine konservative Risikoabschätzung geeignet.

Die empirischen Modelle für Verdampfung basieren auf einigen problematischen Annahmen, liefern jedoch trotzdem gute Ergebnisse in offenem, homogenen Gelände. Für komplexere, bebauten Umgebungen sind mittlerweile CFD-Modelle Mittel der Wahl.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Es können die Modelle und Ansätze des LS Benzin angewandt werden [4]. Bei komplexen, bebauten Umgebungen ist für die Berechnung der Verdampfung der Einsatz von CFD-Modellen in Betracht zu ziehen.

5.3 Ausbreitung und Verdünnung der Gaswolke

Die atmosphärische Ausbreitung einer Gaswolke ist abhängig von den Freisetzungsbedingungen (z. B. Art der Substanz, Verdampfungsrate), den meteorologischen Bedingungen (z. B. Windfeld, Temperatur) und der Umgebung (z. B. Gegenwart von Hindernissen, Topographie). Ein wichtiger Faktor für die Ausbreitung ist die Dichte der Substanz in der Gasphase. Bei neutralem Gas sind die Dichteunterschiede zur Umgebungsluft vernachlässigbar, die Gaswolke wird durch den Wind verfrachtet (neutrale oder passive Dispersion). Schweres Gas hat eine grössere Dichte als die Umgebungsluft, wodurch die Gaswolke durch die Schwerkraft absinkt und sich radial ausbreitet. Schwere Gase breiten sich somit tendenziell eher wie Flüssigkeiten aus, folglich spielen Hindernisse sowie Topographie für die Konzentrationsverteilung eine wesentlich grössere Rolle als bei den leichten Gasen.

Wie unter 4.3 diskutiert handelt es sich bei der Mehrheit der Substanzen des neuen Leitstoffs in der Gasphase um schwere Gase. Bei der Leitsubstanz Chlor handelt es sich ebenfalls um ein schweres Gas, folglich können die Ansätze des LS Chlor angewandt werden [5]. Im Bericht zum LS Chlor heisst es in Hinblick auf den Stand der Technik der Ausbreitung und Verdünnung einer schweren Gaswolke: *"Ein wesentlicher Bestandteil der untersuchten Risikoanalysen bildet jeweils die Ausbreitungsrechnung. Dazu wird je nach Situation eine gängige oder verfügbare EDV-Applikation eingesetzt. Diese wiederum bedingt die Eingabe von verschiedenen Parametern wie Stoffmenge, Leckgrösse, Freisetzungsrate und Dauer, meteorologische Daten und Umgebungsdaten. Die in den Risikoanalysen verwendeten Parametern sind stark von den Anforderungen der eingesetzten EDV-Applikation beeinflusst. Die Risikoanalysen orientieren sich daher stark an den Vorgaben bzw. Anforderungen der EDV-Applikationen. Konkret heisst das, dass aktuell bei der Erarbeitung von Risikoanalysen eine in der jeweiligen Situation verfügbare EDV-Applikation abgestützt wird. Ein einheitlicher Stand der Technik in Bezug auf die verwendeten Modelle existiert in diesem Sinne nicht. [5]"*

Aktuell sind zwei kommerzielle EDV-Applikationen erhältlich, die die gesamte Ereigniskette (Freisetzung und Ausbreitung eines gefährlichen Stoffes bis hin zu den Auswirkungen auf den Menschen) abbilden und quantitativ beurteilen können - EFFECTS [8] und PHAST [9]. Diese beiden sowie weitere gängige, jedoch weniger umfassende Tools (Beispiel: ALOHA [10]) basieren die Ausbreitungsberechnung schwerer Gase auf empirische Modelle. Ein exemplarisches Modell für die unverdämmte Ausbreitung einer schweren Gaswolke wird detailliert im Bericht zum LS Benzin vorgestellt [4].

Solche empirischen Modelle für die Gasausbreitung liefern in flachem, offenem Gelände gute Ergebnisse. Allerdings unterliegen sie diversen Annahmen und Limitierungen, beispielsweise können Änderungen des Windfeldes durch Hindernisse oder lokale Topographie nicht berücksichtigt werden. Dadurch kann die Ausbreitung in komplexerem, bebauten Gelände nicht robust modelliert werden - so werden oft die Konzentrationen in Windrichtung über- und die Konzentrationen nahe

an der Freisetzungsquelle unterschätzt [11]. In solchen Fällen sind mittlerweile, wie auch bei der Verdampfung, CFD-Modelle das Tool der Wahl. Jedoch sind diese Modelle sehr rechenintensiv; eine weitere potentielle Schwierigkeit ist die Bereitstellung belastbarer Annahmen und Randbedingungen.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Ein im Kontext Personenrisiken relevanter Störfall setzt die Gegenwart gefährdeter Menschen voraus. Besonders hoch ist die Dichte an potentiell betroffenen Personen in städtischen, also bebauten Gebieten. Durch ihre Defizite bei der Darstellung von komplexerem, bebauten Gelände sind empirischen Modelle für eine robuste, quantitative Risikoabschätzung der im Kontext Personenrisiko relevanten Szenarien nur eingeschränkt geeignet. In Fällen mit komplexer Bebauung und/oder Topographie sind CFD-Modelle das Tool der Wahl, das Risiko könnte anhand einiger repräsentativer Fälle abgeschätzt werden.

5.4 Wirkung auf den Menschen (toxischer Effekt)

Bei der Beurteilung der Wirkung eines letalen Ereignisses werden zwei Begriffe unterschieden. Die Fatalität beschreibt die qualitative Wirkung (= Tod). Die Letalität bezieht sich auf den quantitativen Effekt, nämlich den Prozentsatz der Menschen, die bei der Exposition gegenüber einem bestimmten Konsequenzniveau zu Tode kommen würden.

Es gibt eine Reihe von Ansätzen, mit Hilfe derer Zwecks einer Störfallbeurteilung die Toxizität einer Substanz charakterisiert werden kann. In den letzten Jahren haben sich mehr und mehr die "Acute Exposure Guideline Levels (AEGL)" durchgesetzt¹⁴, weniger oder nicht mehr gebräuchliche Ansätze sind beispielsweise "Specific Level of Toxicity (SLOT)" / "Significant Likelihood of Death (SLOD)" oder "Immediately Dangerous to Life or Health (IDLH)" [12].

AEGL

Die AEGLs werden für fünf Expositionszeiten (10 Minuten, 30 Minuten, 1 Stunde, 4 Stunden und 8 Stunden) sowie für drei Schweregrade berechnet und in der Einheit Teile pro Million oder Milligramm pro Kubikmeter (ppm oder mg/m³), angegeben. Ab dieser Konzentration wird angenommen, dass die allgemeine Bevölkerung von den Auswirkungen betroffen ist. Die drei Schweregrade richten sich nach der Schwere der toxischen Wirkung:

- **AEGL 1:** spürbares Unwohlsein, die Auswirkungen sind reversibel
- **AEGL 2:** schwerwiegende, lang andauernde oder fluchtbehindernde Wirkung
- **AEGL 3:** Lebensbedrohliche gesundheitliche Auswirkungen oder Tod

Tabelle 7 listet die AEGL 3-Werte der dem neuen Leitstoff zugeordneten Substanzen auf. Für die Pestizide sind keine Funktionen verfügbar.

Tabelle 7: AEGL 3-Werte der dem neuen Leitstoff zugeordneten Substanzen. Quelle: EPA.gov¹⁵

UN- Nummer	Stoffname nach RID	AEGL 3 (ppm)				
		10 min	30 min	60 min	4 hr	8 hr
1092	ACROLEIN, STABILISIERT	6.2	2.5	1.4	0.48	0.27
1163	DIMETHYLHYDRAZIN, ASYMMETRISCH	65	22	11	2.7	1.4
1238	METHYLCHLORFORMIAT	12	8.5	6.7	4.2	2.1
1239	METHYLCHLORMETHYLETHER	2.6	2.6	2	1.3	0.93
1251	METHYLVINYLKETON, STABILISIERT	3.1	3.1	2.4	1.5	1

¹⁴ <https://www.umweltbundesamt.de/aegl-stoerfallbeurteilungswerte-die-werte>

¹⁵ Aktuelle Liste sämtlicher AEGL-Werte (Stand: 10.03.2016, zuletzt aufgerufen am 16.01.2018):
<https://www.epa.gov/aegl/compiled-acute-exposure-guideline-values-aegls>

UN- Nummer	Stoffname nach RID	AEGL 3 (ppm)				
		10 min	30 min	60 min	4 hr	8 hr
1259	NICKELTETRACARBONYL	0.46	0.32	0.16	0.04	0.02
1614	CYANWASSERSTOFF, STABILISIERT, mit weniger als 3 % Wasser und aufgesaugt durch ein inertes poröses Material	27	21	15	8.6	6.6
1809	PHOSPHORTRICHLORID	7	7	5.6	3.5	1.8
1834	SULFURYLCHLORID	14	14	11	7	3.5
2334	ALLYLAMIN	150	40	18	3.5	2.3
2480	METHYLISOCYANAT	1.2	0.4	0.2	0.05	0.03
2481	ETHYLISOCYANAT	0.6	0.2	0.1	0.03	0.01
2644	METHYLIODID	670	400	290	150	98
3413	KALIUMCYANID, LÖSUNG	72	56	40	23	18
1093	ACRYLNITRIL, STABILISIERT	130	50	28	9.7	5.2
1099	ALLYLBROMID					
1100	ALLYLCHLORID	180	180	140	90	60
1052	FLUORWASSERSTOFF, WASSERFREI	170	62	44	22	22
1744	BROM oder BROM, LÖSUNG	19	12	8.5	4.5	3.3
1790	FLUORWASSERSTOFFSÄURE mit mehr als 85 % Fluorwasserstoff	170	62	44	22	22
1790	FLUORWASSERSTOFFSÄURE mit mehr als 60 % Fluorwasserstoff, aber höchstens 85 % Fluorwasserstoff	170	62	44	22	22
1831	SCHWEFELSÄURE, RAUCHEND	270	200	160	110	93

Probit-Funktionen

Ein gebräuchliches Tool zur Abschätzung von Letalität im Rahmen von Modellberechnungen sind Probit-Funktionen [13]. Diese Gleichungen verknüpfen die Letalität mit der Stärke oder Konzentration einer Gefährdung sowie der Expositionsdauer. Somit können Probit-Funktionen – dies im Gegensatz z. B. zu den AEGL-Werten, welche jeweils nur einer Kombination aus Konzentration, Expositionszeit und Wirkung entsprechen – zur Bestimmung der Beziehung von Dosis und Wirkung für jegliche Konzentration verwendet werden. Probit-Funktionen haben die Form

$$Y = a + b \ln(C^n * t_e)$$

wobei a , b , n Konstanten repräsentieren, C steht für die Konzentration (ppmv) und t_e für die Expositionszeit (Min). Werte für verschiedene Probit-Funktionen der Substanz Methylisocyanat sind in Tabelle 8 zusammengefasst:

Tabelle 8: Probit-Funktionen zur Abschätzung der Letalität

Referenz	Probit-Konstanten		
	a	b	n
METHYLISOCYANAT			
TNO, Green Book [14]	-1.2	1	0.7

Referenz	Probit-Konstanten		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>n</i>
RIVM, Niederlande ¹⁶	Laut Homepage (Publish date: 16 July 2015; zuletzt aufgerufen am 16.01.2018) soll im Jahr 2017 eine neue Probit-Funktion hergeleitet werden. Es ist nicht bekannt ob dies geschehen ist.		
ACRYLNITRIL			
TNO, Green Book [14]	-8.6	1	1.0
RIVM, Niederlande	Laut Homepage wurde am 17.01.2018 eine neue/überarbeitete Funktion vorgestellt, aktuell wird sie extern begutachtet. ¹⁷		

Die Probit-Konstanten werden von den verfügbaren Toxizitätsdaten abgeleitet, Beispiele für Grundlagen sind Versuchsreihen über mehrere Expositionsdauern (zur Bestimmung der akuten inhalativen Toxizität wird z.B. als Versuchstier oft die Ratte gewählt) sowie Werte zur letalen Konzentration (*lethal concentration*; LC). Mit LC wird die Konzentration einer chemischen Substanz bezeichnet, die innerhalb eines definierten Zeitraums für einen definierten Prozentsatz einer bestimmten Art von Lebewesen tödlich ist; oft wird die mittlere letale Konzentration (LC₅₀) angegeben.

Die Probit-Werte des Green Book [14] basieren auf Daten von Tierversuchen, auf deren Basis der 30-Minuten- LC₅₀-Wert für die jeweilige Tierart berechnet wird. Zur Bestimmung des humanen LC₅₀-Wertes wird dieser Wert mit Hilfe eines Umrechnungsfaktors extrapoliert, welcher pro Tierart und sowohl für lokale als auch systemische Wirkstoffe abgeschätzt wurde.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Ein gebräuchliches Tool zur Abschätzung von Letalität sind Probit-Funktionen. Falls die upgedatete Funktion von RIVM nicht zur Verfügung stehen sollte, wird empfohlen, die Funktion des TNO, Green Book [14] zu verwenden.

¹⁶ http://www.rivm.nl/en/Topics/P/Probit_functions/Expert_panel_plan_of_work

¹⁷ http://www.rivm.nl/Documenten_en_publicaties/Algemeen_Actueel/Uitgaven/Milieu_Leefomgeving/Probits/Technical_support_documents/Acrylonitril

6 Grobabschätzung Relevanz für Gesamtsummenkurve

Zwecks einer groben Abschätzung der Relevanz der neuen Leitstoffe für die Gesamtsummenkurve werden zwei exemplarische Situationen ausgewertet. Für deren Auswahl werden die Transportcharakteristiken der verschiedenen Strecken analysiert (siehe Tabelle 9).

Tabelle 9: Gesamtnettotonnen (summiert über die Jahre 2014-2016) der auf den verschiedenen Strecken transportierten relevanten leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten sowie der jeweilige Anteil der zwei neuen Leitsubstanzen.

DfA-Strecke	Relevante Flüssigkeiten (Nettotonnen)	Anteil LS Methylisocyanat (%) <i>sehr toxisch</i>	Anteil LS Acrylnitril (%) <i>weniger toxisch</i>
Bad Ragaz - Maienfeld	58	90%	10%
Basel SBB West (Abzw) - Basel SBB Ost (Abzw)	9'494	76%	24%
Brig - Brig Tunnel	10'279	58%	42%
Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig	105'927	24%	76%
Cossonay-Penthalaz - Daillens	2'395	71%	29%
Effretikon - Kempththal	44	97%	3%
Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	121'844	28%	72%
Glattbrugg - Tankanlage Rümlang	310	100%	0%
Guntershausen - Aadorf	44	97%	3%
Lausanne Est - Pully	2'348	71%	29%
Lausen - Itingen	17'742	53%	47%
Les Paluds - Massongex	2'324	73%	27%
Ligerz - Twann	2'395	71%	29%
Maroggia-Melano - Capolago-Riva S. Vitale	37'865	2%	98%
Möhlin - Rheinfelden	110'653	27%	73%
Mühlehorn - Weesen	58	90%	10%
Neuhausen - Schaffhausen	50	100%	0%
Nottwil - Sempach-Neuenkirch	42	29%	71%
Olten - Olten Hammer	2'516	71%	29%
Olten - Olten Süd (Abzw)	17'854	75%	25%
Prangins - Nyon	75	45%	55%
Rekingen AG - Bad Zurzach	11	0%	100%
Riedtwil - Wynigen	7'612	62%	38%
S. Nazzaro - Gerra (Gambarogno)	69'371	33%	67%
Salgesch - Leuk	73	88%	12%
Schinznach Dorf - Effingen	109'874	27%	73%
Schlieren - Glanzenberg	471	81%	19%
Spiez (Abzw) - Spiez	22'291	81%	19%
Zürich Seebach - Zürich Affoltern	114	99%	1%

Die grössten Mengen werden auf der Strecke «Gellert Nord (Abzw) – Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)» transportiert, dominant sind mit 72% die Substanzen des LS Acrylnitril. Mit dieser Charakteristik ist die Strecke repräsentativ für alle Messstationen mit einem grösseren Transportvolumen an leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten – alle Strecken mit mindestens 100'000 Nettotonnen weisen Prozentanteile des LS Acrylnitril von über 70% auf.

Bei den Strecken mit kleineren Transportmengen ist der Anteil des LS Methylisocyanat tendenziell höher, beispielsweise werden auf den Strecken «Olten – Olten Süd (Abzw)» sowie «Spiez (Abzw) – Spiez» bei Gesamttransportmengen von mehr als 17'000 75% bzw. 81% Substanzen des LS Methylisocyanat transportiert.

Ein weiteres Kriterium für die Auswahl von exemplarischen Strecken ist die Gesamtsummenkurve – diese sollte mindestens im unteren Übergangsbereich liegen. In diesem Bereich soll überprüft werden, ob die Berücksichtigung zusätzlicher Leitstoffe für flüchtige, toxische Flüssigkeiten einen relevanten Einfluss auf das Risikoprofil hat.

Olten – Olten Süd (Abzw)

Repräsentativ für den LS Methylisocyanat wird die Strecke «Olten – Olten Süd (Abzw)» analysiert. Untersucht wird das Screening-Segment K140 (15 Subelemente), welches den Bahnhof Olten beinhaltet. Die Gesamtsummenkurve dieses Segments liegt für die tieferen Ausmasse im oberen Übergangsbereich und für die höheren Ausmasse im unteren Übergangsbereich. Von den auf dieser Strecke transportierten leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten werden 75% des Gesamttransportaufkommens dem LS Methylisocyanat zugeordnet. Der dem LS Acrylnitril zugeordnete Anteil wird folgend nicht berücksichtigt.

Bei einer Freisetzung von Chlor geht die toxische Substanz mehr oder weniger instantan in die Luft über, wodurch sich am Freisetzungsort in kurzer Zeit sehr hohe Konzentrationen bilden. Bei Methylisocyanat erfolgt zunächst eine Lachenbildung, aus welchen die Substanz in der Folge verdampft. Somit erfolgt der Phasenübergang im Vergleich langsamer und über einen längeren Zeitraum, die Konzentrationen sind im Vergleich zu Chlor tiefer. Allerdings ist Methylisocyanat schon bei weitaus geringeren Konzentrationen tödlich (siehe Tabelle 10), was diesem Effekt zuwiderläuft.

Tabelle 10: AEGL 3-Werte der Substanzen Chlor, Methylisocyanat und Acrylnitril [siehe auch Kapitel 5.4].

UN-Nummer	Stoffname nach RID	AEGL 3 (ppm)				
		10 min	30 min	60 min	4 hr	8 hr
1017	CHLOR	50	28	20	105	7.1
2480	METHYLISOCYANAT	1.2	0.4	0.2	0.05	0.03
1093	ACRYLNITRIL, STABILISIERT	130	50	28	9.7	5.2

Entsprechend dieser Sachverhalte zeigen Berechnungen mit EFFECTS¹⁸, dass der Letalitätsradius einer Freisetzung einer grösseren Menge von Methylisocyanat in etwa vergleichbar bzw. etwas grösser ist als jener einer vergleichbaren Freisetzung von Chlor (siehe Abbildung 3). Anhand dieser Resultate wird angenommen, dass der Einfluss des LS Methylisocyanat auf die Gesamtsummenkurve durch eine entsprechende Skalierung der Transportmenge des LS Chlor grob abgeschätzt werden kann.

¹⁸ EFFECTS ist eine kommerzielle Software für Sicherheitsanalysen und umfasst eine umfassende Palette von Berechnungsmodellen für Störfälle bei der Lagerung oder dem Transport von Chemikalien: von Freisetzungs-, Verdampfungs- und Ausbreitungsmodellen bis hin zu Brand-, Explosions- und Schadensmodellen.
Web-Link: <https://www.tno.nl/en/focus-areas/circular-economy-environment/roadmaps/environment-sustainability/public-safety/effects-advanced-easy-to-use-consequence-analysis/>

Zwecks einer konservativen Abschätzung wird bei den Berechnungen unverdämmte Lachenbildung auf einer glatten Oberfläche vorgeschrieben. Es wird betont, dass es sich hierbei um ein sehr ungünstiges Szenario handelt – bei der Freisetzung beispielsweise im Gleisbett würde die Flüssigkeit mindestens teilweise zurückgehalten, die Verdampfungsrates wäre geringer. Zudem ist oftmals die Lachenbildung örtlich begrenzt.

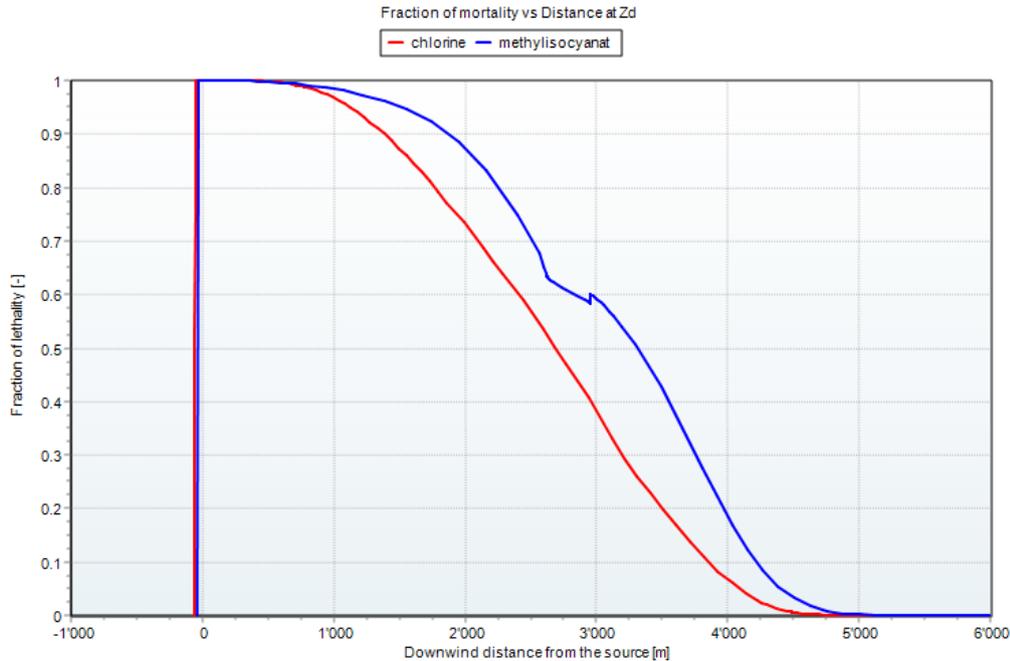


Abbildung 3: Exemplarische Mortalitätsrate vs. Entfernung vom Freisetzungsort in Windrichtung für die Substanzen Chlor und Methylisocyanat entsprechend Berechnungen mit EFFECTS

Abbildung 4 zeigt das Risikoprofil des Segments K140 inkl. einer Kurve für den LS Methylisocyanat sowie der aktualisierten Gesamtsummenkurve.

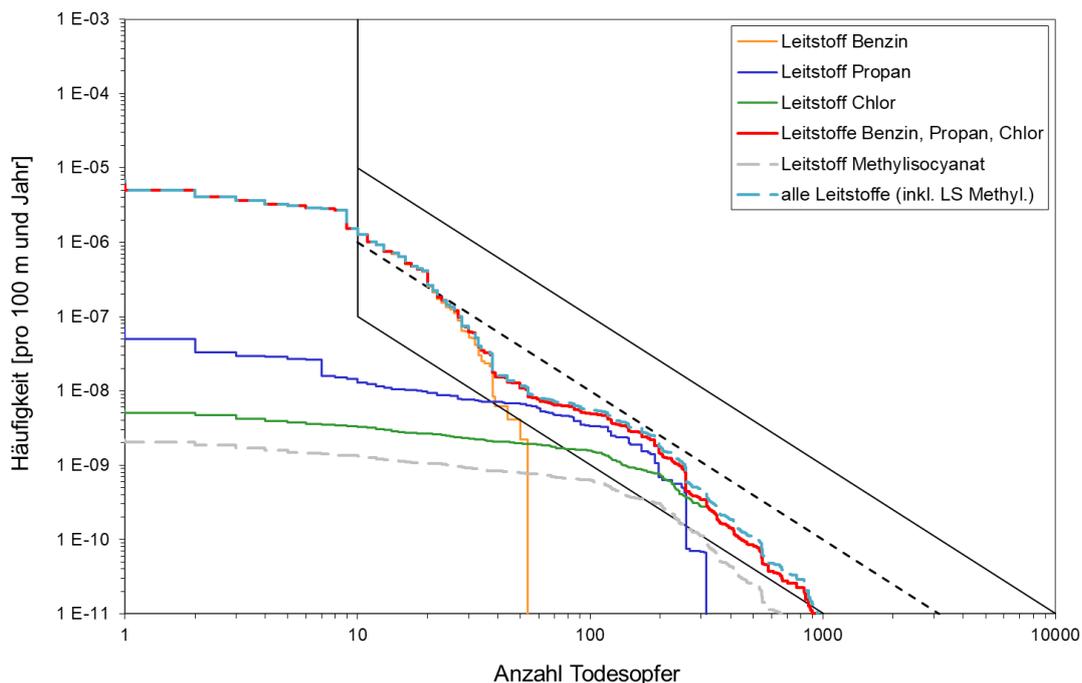


Abbildung 4: Gesamtsummenkurve des Screening-Segments K140. Dieses umfasst 15 Subelemente und beinhaltet u.a. den Bahnhof Olten.

Für das untersuchte Szenario verläuft die Kurve des LS Methylisocyanat mehrheitlich im akzeptablen Bereich, bei den höheren Risiken reicht sie knapp in den unteren Übergangsbereich. Analog zum LS Chlor ist der LS Methylisocyanat in erster Linie bei den höheren Ausmassen wirksam und führt zu einer leichten Erhöhung des Gesamtrisikoprofils. Insgesamt liegt die Gesamtsummenkurve bei den hohen Ausmassen noch knapp im unteren Übergangsbereich, ein Anstieg der Transportmengen (von Methylisocyanat und/oder Chlor) sowie entsprechende Änderungen der äusseren Umstände (Zunahme Personendichte etc.) könnten jedoch leicht zu einer Erhöhung des Risikoprofils in den oberen Übergangsbereich führen.

Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)

Als zweite exemplarische Situation wird die Strecke «Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)» analysiert. Untersucht wird das Screening-Segment X109 (8 Subelemente) zwischen dem St. Jakob Park und dem Rangierbahnhof Basel SBB. Die Gesamtsummenkurve dieses Segments liegt sowohl für die tieferen als auch höheren Ausmasse im unteren Übergangsbereich. Von den auf dieser Strecke transportierten leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten werden 72% des Gesamttransportaufkommens dem LS Acrylnitril zugeordnet.

Berechnungen mit EFFECTS zeigen, dass der Letalitätsradius einer Freisetzung einer grösseren Menge von Acrylnitril deutlich kleiner ist als jener einer vergleichbaren Freisetzung von Chlor oder Methylisocyanat (siehe Abbildung 5). Neben dem im Vergleich zu Chlor langsameren Phasenübergang spielt hierbei die im Vergleich zu Methylisocyanat deutlich tiefere Toxizität eine Rolle (siehe Tabelle 10) - für eine tödliche Wirkung sind deutlich höhere Konzentrationen notwendig, was den Letalitätsradius der Substanz einschränkt.

Im Rahmen des bestehenden LS Chlor werden eine Reihe von Stoffen berücksichtigt, welche weniger giftig sind als Chlor selbst. Um diesem Fakt Rechnung zu tragen wird ihre Transportmenge mit dem Gewichtungsfaktor 0.1 herunterskaliert. Abbildung 5 zeigt exemplarisch die Letalitätskurven der mit diesem Faktor gewichteten Substanzen Ammoniak und Brom und verdeutlicht die Bandbreite der Toxizität dieser Substanzen (Ammoniak << Brom).

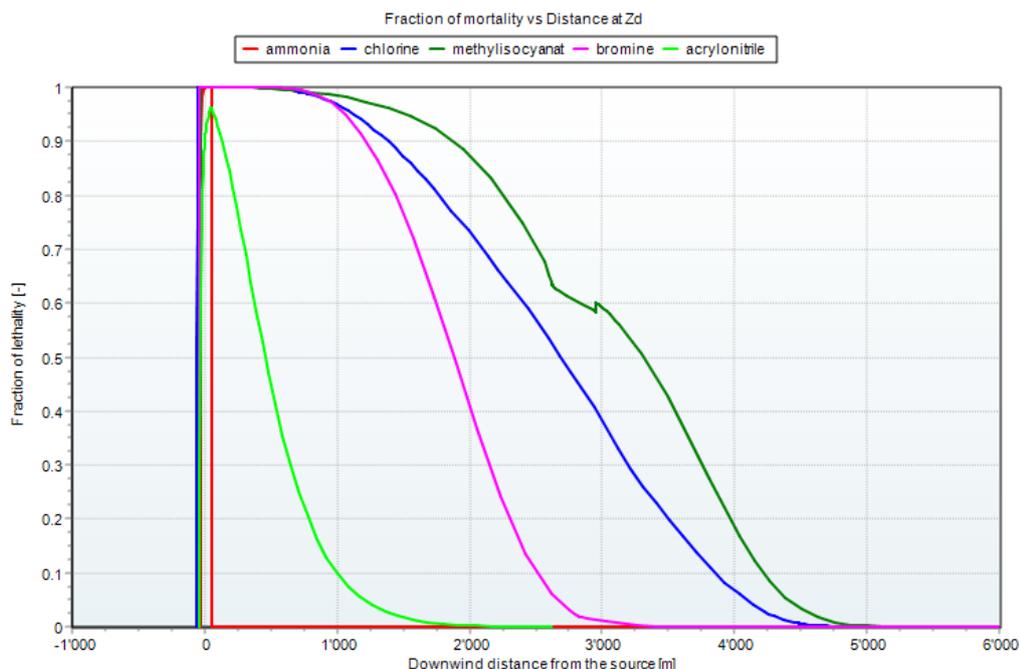


Abbildung 5: Exemplarische Mortalitätsrate vs. Entfernung vom Freisetzungsort in Windrichtung für die Substanzen Acrylnitril, Ammoniak, Brom, Chlor und Methylisocyanat entsprechend Berechnungen mit EFFECTS

Die Letalitätskurve von Acrylnitril kommt zwischen den Kurven der Substanzen Ammoniak und Brom zu liegen. Folglich wird angenommen, dass der Einfluss des LS Acrylnitril auf die Gesamtsummenkurve durch eine entsprechende Skalierung der Transportmenge (unter Berücksichtigung des Gewichtungsfaktors 0.1) des LS Chlor abgeschätzt werden kann.

Abbildung 6 zeigt das Risikoprofil des Segments X109 inkl. einer Kurve für den LS Acrylnitril sowie der aktualisierten Gesamtsummenkurve.

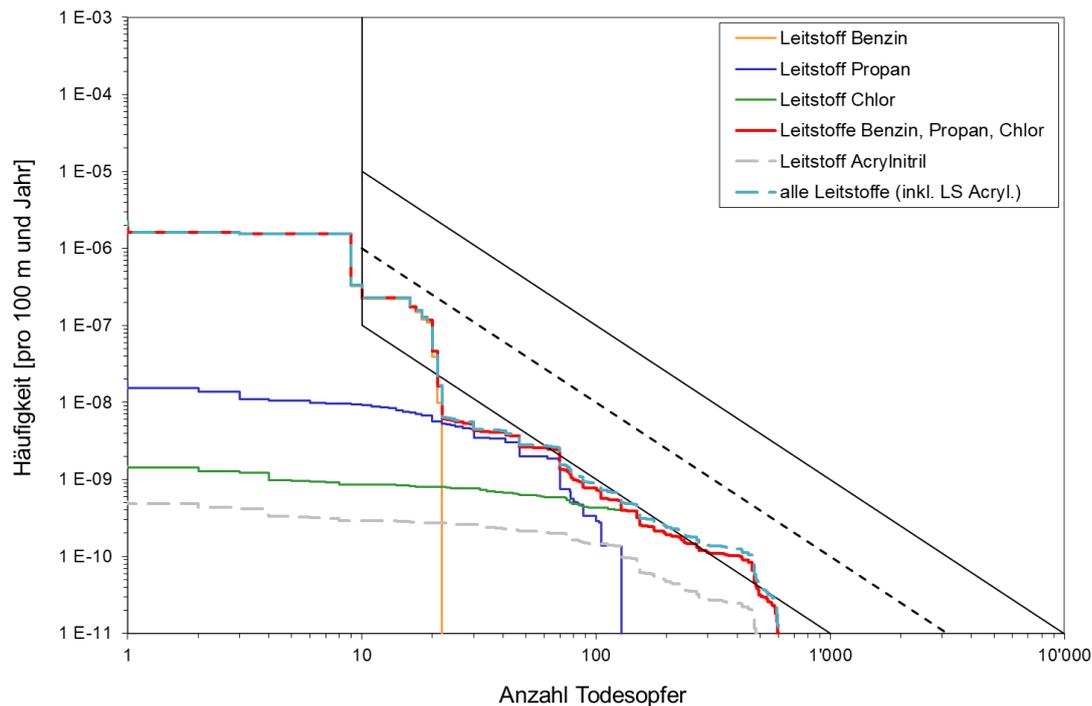


Abbildung 6: Gesamtsummenkurve des Screening-Segments X109. Dieses umfasst 8 Subelemente und verläuft zwischen dem St. Jakob Park und dem Rangierbahnhof Basel SBB. Gezeigt werden die bestehenden LS sowie der LS Acrylnitril

Die Kurve des LS Acrylnitril verläuft komplett im akzeptablen Bereich. Wie der LS Methylisocyanat ist auch der LS Acrylnitril analog zum LS Chlor in erster Linie bei den höheren Ausmassen wirksam und führt dort zu einer leichten Erhöhung des Gesamtrisikoprofils. Somit führt der zusätzliche Leitstoff dazu, dass die Gesamtsummenkurve bei den hohen Ausmassen weiter in den Übergangsbereich reicht.

Von den auf dieser Strecke transportierten leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten entfällt zudem ein knappes Drittel auf die Substanzen des LS Methylisocyanat. In absoluten Zahlen entspricht dies 96% der Menge der auf dieser Strecke transportierten Substanzen des LS Chlor. Berücksichtigt man diese Substanzen entsprechend des oben beschriebenen Vorgehens ergeben sich die Kurven in Abbildung 7.

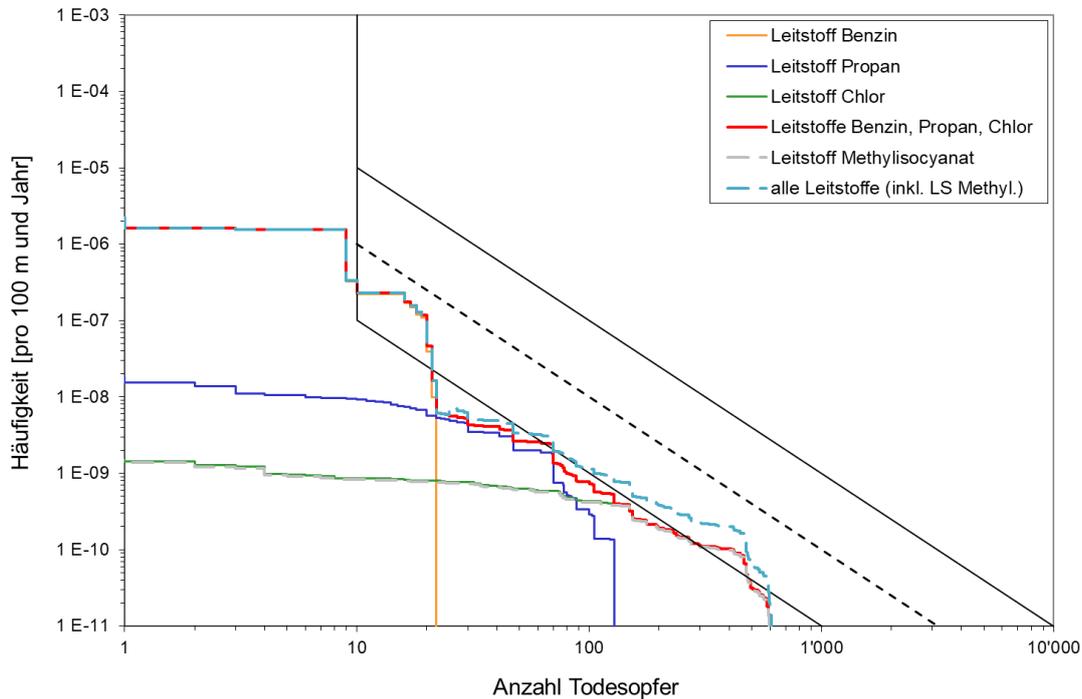


Abbildung 7: Gesamtsummenkurve des Screening-Segments X109. Dieses umfasst 8 Subelemente und verläuft zwischen dem St. Jakob Park und dem Rangierbahnhof Basel SBB. Gezeigt werden die bestehenden LS sowie der LS Methylisocyanat

Für das untersuchte Szenario entspricht die Kurve des LS Methylisocyanat etwa jener des LS Chlor und verläuft bei den höheren Risiken deutlich im unteren Übergangsbereich. Bei den hohen Ausmassen kommt es zu einer deutlichen Erhöhung des Gesamtrisikoprofils.

Da auf dieser Strecke Substanzen sowohl des LS Acrylnitril als auch des LS Methylisocyanat transportiert werden, müssen für eine Gesamtabschätzung die beiden Kurven addiert werden. Somit ist das Gesamtrisiko bei Berücksichtigung beider neuen LS etwas höher als in Abbildung 7.

Schlussfolgerungen

Zur Relevanz der neuen LS für die Gesamtsummenkurve wurde eine Grobabschätzung vorgenommen. Aufgrund der verhältnismässig kleinen Transportmengen ist der Einfluss der leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten auf die Gesamtsummenkurve der meisten Strecken gering. Die Resultate zeigen jedoch, dass die Summenkurven dieser Substanzen bei Streckenabschnitten mit einem gewissen Transportaufkommen in Einzelfällen bis in den unteren Übergangsbereich zu liegen kommen und somit einen relevanten Beitrag zur Gesamtsummenkurve leisten können - im Worst-Case weisen Freisetzungen des LS Methylisocyanat ein ähnliches Risiko auf wie Freisetzungen des LS Chlor.

7 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die Freisetzung, Ausbreitung und Wirkung von leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten beim Transport gefährlicher Güter mit der Bahn kann adäquat in die Risikoermittlung gemäss StFV integriert werden. Dabei wurde abgeklärt, ob die genannten Substanzen sinnvoll in die bestehenden Leitstoffe (Benzin, Chlor) integriert werden können, oder ob ein eigener Leitstoff inkl. Leitsubstanz eingeführt werden sollte.

Die einzelnen Schritte der Wirkungskette lassen sich in der Tat mit den Modellen der bestehenden Leitstoffe beschreiben. Bei Freisetzung, Lachenbildung und Phasenübergang besteht kein struktureller Unterschied zwischen leicht brennbaren und leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten, folglich können die Prozesse mit den Ansätzen des LS Benzin modelliert werden. Für die Ausbreitung der Gaswolke wiederum können, da es sich bei der Mehrheit der leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten in der Gasphase um ein schweres Gas handelt, die Modelle des LS Chlor angewendet werden. Für die Wirkung auf den Menschen werden, analog zum LS Chlor, Probit-Funktionen angewandt.

Durch die direkte humantoxische Wirkung haben die leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten eine grössere Ähnlichkeit mit dem bestehenden Leitstoff Chlor. Jedoch geht beim LS Chlor die toxische Substanz mehr oder weniger instantan in die Luft über, wodurch sich am Freisetzungsort in kurzer Zeit hohe Konzentrationen bilden. Bei leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten erfolgt zunächst Lachenbildung, aus welchen die Substanz in der Folge verdampft. Somit erfolgt der Phasenübergang im Vergleich langsamer und über einen längeren Zeitraum. Eine direkte Zuordnung zum bestehenden Leitstoff Chlor ist dementsprechend nicht sinnvoll.

Anhand einer Reihe von Kriterien (Physikalische Parameter, Toxizität, Transport auf dem SBB-Netz) wurden 27 UN-Nummern von leicht flüchtige, toxische Substanzen ermittelt, welche dem neuen Leitstoff zugeordnet werden können. Es werden nicht eine, sondern zwei Leitsubstanzen empfohlen:

- Leitsubstanz 1, repräsentativ für sehr toxische, leicht flüchtige Flüssigkeiten: **Methylisocyanat** (UN 2480)
- Leitsubstanz 2, repräsentativ für etwas weniger toxische, leicht flüchtige Flüssigkeiten: **Acrylnitril, stabilisiert** (UN 1093)

Zur Relevanz der neuen LS für die Gesamtsummenkurve wurde eine Grobabschätzung vorgenommen. Aufgrund der verhältnismässig kleinen Transportmengen ist der Einfluss der leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten auf die Gesamtsummenkurve der meisten Strecken gering. Die Resultate zeigen jedoch, dass die Summenkurven dieser Substanzen bei Streckenabschnitten mit einem gewissen Transportaufkommen in Einzelfällen bis in den unteren Übergangsbereich zu liegen kommen und somit einen relevanten Beitrag zur Gesamtsummenkurve leisten können – in einzelnen seltenen Fällen weisen Freisetzungen des LS Methylisocyanat ein ähnliches Risiko auf wie Freisetzungen des LS Chlor.

Bei der vorliegenden groben Abschätzung wurden folgende Punkte nicht berücksichtigt:

- Allfällige Gewichtung der Transportmenge der übrigen leicht flüchtigen, toxischen Substanzen gegenüber den zwei Leitsubstanzen
- Detailliertere quantitative Untersuchung der Relevanz des neuen Leitstoffs für die Gesamtsummenkurve für ausgewählte Pilotrisikostrecken. Vorliegend wurde eine grobe Abschätzung des Einflusses auf das Risikoprofil durchgeführt, dieser könnte mittels einer Berechnung mit den neuen effektiven Probitfunktionen detaillierter analysiert werden.

Grundsätzlich war es also richtig, dass bei der Einführung der Störfallverordnung aufgrund der insgesamt eher geringen Transportmengen in einer ersten Phase die leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten nicht mit einem eigenen Leitstoff berücksichtigt wurden.

Bei einer Detaillierung der Methodik kann jedoch - in Abhängigkeit der Entwicklung der Transportmengen solcher Stoffe - die Einführung der beiden Leitstoffe für leicht flüchtige, toxische Flüssigkeiten zweckmässig sein.

Anhang A Leicht flüchtige, toxische Flüssigkeiten

Folgende Tabelle listet die identifizierten, leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten auf. Die Liste ist das Resultat der in Kapitel 4.1 beschriebenen Kriterien und Grenzwerte.

Tabelle 11: Liste der identifizierten, leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten entsprechend Kapitel 4.1

UN- Nummer	Stoffname nach RID	Klasse nach RID	Klassifizierungs- code nach RID	Gefahrennum- mer nach RID
1051	CYANWASSERSTOFF, STABILISIERT, mit weniger als 3 % Wasser	6.1	TF1	663
1092	ACROLEIN, STABILISIERT	6.1	TF1	663
1163	DIMETHYLHYDRAZIN, ASYMMETRISCH	6.1	TFC	663
1185	ETHYLENIMIN, STABILISIERT	6.1	TF1	663
1238	METHYLCHLORFORMIAT	6.1	TFC	663
1239	METHYLCHLORMETHYLETHER	6.1	TF1	663
1251	METHYLVINYLKETON, STABILISIERT	6.1	TFC	639
1259	NICKELTETRACARBONYL	6.1	TF1	663
1613	CYANWASSERSTOFF, WÄSSERIGE LÖSUNG (CYANWASSERSTOFFSÄURE, WÄSSERIGE LÖSUNG) mit höchst- ens 20 % Cyanwasserstoff	6.1	TF1	663
1614	CYANWASSERSTOFF, STABILISIERT, mit weniger als 3 % Wasser und aufgesaugt durch ein inertes poröses Material	6.1	TF1	663
1647	METHYLBROMID UND ETHYLENDIBROMID, MISCHUNG, FLÜSSIG	6.1	T1	66
1693	STOFF ZUR HERSTELLUNG VON TRÄNENGASEN, FLÜSSIG, N.A.G.	6.1	T1	66
1809	PHOSPHORTRICHLORID	6.1	TC3	668
1834	SULFURYLCHLORID	6.1	TC3	X668
1935	CYANID, LÖSUNG, N.A.G.	6.1	T4	66
2317	NATRIUMKUPFER(I)CYANID, LÖSUNG	6.1	T4	66
2334	ALLYLAMIN	6.1	TF1	663
2382	DIMETHYLHYDRAZIN, SYMMETRISCH	6.1	TF1	663
2474	THIOPHOSGEN	6.1	T1	66
2480	METHYLISOCYANAT	6.1	TF1	663
2481	ETHYLISOCYANAT	6.1	TF1	663
2482	n-PROPYLISOCYANAT	6.1	TF1	663
2483	ISOPROPYLISOCYANAT	6.1	TF1	663
2484	tert-BUTYLISOCYANAT	6.1	TF1	663
2644	METHYLIODID	6.1	T1	66
2902	PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, N.A.G.	6.1	T6	66
2903	PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, N.A.G., mit einem Flammpunkt von 23 °C oder darüber	6.1	TF2	663
2991	CARBAMAT-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, mit einem Flammpunkt von 23 °C oder darüber	6.1	TF2	663
2992	CARBAMAT-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG	6.1	T6	66

UN- Nummer	Stoffname nach RID	Klasse nach RID	Klassifizierungs- code nach RID	Gefahrennum- mer nach RID
2993	ARSENHALTIGES PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, mit einem Flammpunkt von 23 °C oder darüber	6.1	TF2	663
2994	ARSENHALTIGES PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG	6.1	T6	66
2995	ORGANOCHLOR-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, mit einem Flammpunkt von 23 °C oder darüber	6.1	TF2	663
2997	TRIAZIN-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, mit einem Flammpunkt von 23 °C oder darüber	6.1	TF2	663
2998	TRIAZIN-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG	6.1	T6	66
3005	THIOCARBAMAT-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, mit einem Flammpunkt von 23 °C oder darüber	6.1	TF2	663
3006	THIOCARBAMAT-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG	6.1	T6	66
3009	KUPFERHALTIGES PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, mit einem Flammpunkt von 23 °C oder darüber	6.1	TF2	663
3010	KUPFERHALTIGES PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG	6.1	T6	66
3011	QUECKSILBERHALTIGES PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, mit einem Flammpunkt von 23 °C oder darüber	6.1	TF2	663
3012	QUECKSILBERHALTIGES PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG	6.1	T6	66
3013	SUBSTITUIERTES NITROPHENOL-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, mit einem Flammpunkt von 23 °C oder darüber	6.1	TF2	663
3015	BIPYRIDILIUM-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, mit einem Flammpunkt von 23 °C oder darüber	6.1	TF2	663
3016	BIPYRIDILIUM-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG	6.1	T6	66
3017	ORGANOPHOSPHOR-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, mit einem Flammpunkt von 23 °C oder darüber	6.1	TF2	663
3019	ORGANOZINN-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, mit einem Flammpunkt von 23 °C oder darüber	6.1	TF2	663
3020	ORGANOZINN-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG	6.1	T6	66
3025	CUMARIN-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, mit einem Flammpunkt von 23 °C oder darüber	6.1	TF2	663
3026	CUMARIN-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG	6.1	T6	66
3048	ALUMINIUMPHOSPHID-PESTIZID	6.1	T7	642
3122	GIFTIGER FLÜSSIGER STOFF, ENTZÜNDEND (OXIDIEREND) WIRKEND, N.A.G.	6.1	T01	665
3123	GIFTIGER FLÜSSIGER STOFF, MIT WASSER REAGIEREND, N.A.G.	6.1	TW1	623
3140	ALKALOIDE, FLÜSSIG, N.A.G. oder ALKALOIDSALZE, FLÜSSIG, N.A.G.	6.1	T1	66
3142	DESINFIZIATIONSMITTEL, FLÜSSIG, GIFTIG, N.A.G.	6.1	T1	66
3144	NICOTINVERBINDUNG, FLÜSSIG, N.A.G. oder NICOTINZUBEREITUNG, FLÜSSIG, N.A.G.	6.1	T1	66
3172	TOXINE, GEWONNEN AUS LEBENDEN ORGANISMEN, FLÜSSIG, N.A.G.	6.1	T1	66

UN- Nummer	Stoffname nach RID	Klasse nach RID	Klassifizierungs- code nach RID	Gefahrennum- mer nach RID
3275	NITRILE, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, N.A.G.	6.1	TF1	663
3279	ORGANISCHE PHOSPHORVERBINDUNG, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, N.A.G.	6.1	TF1	663
3280	ORGANISCHE ARSENVERBINDUNG, FLÜSSIG, N.A.G.	6.1	T3	66
3281	METALLCARBONYLE, FLÜSSIG, N.A.G.	6.1	T3	66
3282	METALLORGANISCHE VERBINDUNG, FLÜSSIG, GIFTIG, N.A.G.	6.1	T3	66
3284	TELLURVERBINDUNG, N.A.G.	6.1	T5	66
3285	VANADIUMVERBINDUNG, N.A.G.	6.1	T5	66
3289	GIFTIGER ANORGANISCHER FLÜSSIGER STOFF, ÄTZEND, N.A.G.	6.1	TC3	668
3294	CYANWASSERSTOFF, LÖSUNG IN ALKOHOL mit höchstens 45 % Cyanwasserstoff	6.1	TF1	663
3315	CHEMISCHE PROBE, GIFTIG	6.1	T8	66
3347	PHENOXYESSIGSÄUREDERIVAT-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, mit einem Flammpunkt von 23 °C oder darüber	6.1	TF2	663
3348	PHENOXYESSIGSÄUREDERIVAT-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG	6.1	T6	66
3351	PYRETHROID-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, mit einem Flammpunkt von 23 °C oder darüber	6.1	TF2	663
3352	PYRETHROID-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG	6.1	T6	66
3381	BEIM EINATMEN GIFTIGER FLÜSSIGER STOFF, N.A.G., mit einem LC ₅₀ -Wert von höchstens 200 ml/m ³ und einer gesättigten Dampfkonzentration von mindestens 500 LC ₅₀	6.1	T1 oder T4	66
3383	BEIM EINATMEN GIFTIGER FLÜSSIGER STOFF, ENTZÜNDBAR, N.A.G., mit einem LC ₅₀ -Wert von höchstens 200 ml/m ³ und einer gesättigten Dampfkonzentration von mindestens 500 LC ₅₀	6.1	TF1	663
3385	BEIM EINATMEN GIFTIGER FLÜSSIGER STOFF, MIT WASSER REAGIEREND, N.A.G., mit einem LC ₅₀ -Wert von höchstens 200 ml/m ³ und einer gesättigten Dampfkonzentration von mindestens 500 LC ₅₀	6.1	TW1	623
3387	BEIM EINATMEN GIFTIGER FLÜSSIGER STOFF, ENTZÜNDEND (OXIDIEREND) WIRKEND, N.A.G., mit einem LC ₅₀ -Wert von höchstens 200 ml/m ³ und einer gesättigten Dampfkonzentration von mindestens 500 LC ₅₀	6.1	T01	665
3389	BEIM EINATMEN GIFTIGER FLÜSSIGER STOFF, ÄTZEND, N.A.G., mit einem LC ₅₀ -Wert von höchstens 200 ml/m ³ und einer gesättigten Dampfkonzentration von mindestens 500 LC ₅₀	6.1	TC1 oder TC3	668
3413	KALIUMCYANID, LÖSUNG	6.1	T4	66
3414	NATRIUMCYANID, LÖSUNG	6.1	T4	66
3440	SELENVERBINDUNG, FLÜSSIG, N.A.G.	6.1	T4	66
3483	ANTIKLOPFMISCHUNG FÜR MOTORKRAFTSTOFF, ENTZÜNDBAR	6.1	TF1	663
3488	BEIM EINATMEN GIFTIGER FLÜSSIGER STOFF, ENTZÜNDBAR, ÄTZEND, N.A.G., mit einem LC ₅₀ -Wert von höchstens 200 ml/m ³ und einer gesättigten Dampfkonzentration von mindestens 500 LC ₅₀	6.1	TFC	663

UN- Nummer	Stoffname nach RID	Klasse nach RID	Klassifizierungs- code nach RID	Gefahrennum- mer nach RID
3490	BEIM EINATMEN GIFTIGER FLÜSSIGER STOFF, MIT WASSER REAGIEREND, ENTZÜNDBAR, N.A.G., mit einem LC ₅₀ -Wert von höchstens 200 ml/m ³ und einer gesättigten Dampfkonzentration von mindestens 500 LC ₅₀	6.1	TFW	623
1093	ACRYLNITRIL, STABILISIERT	3	FT1	336
1099	ALLYLBROMID	3	FT1	336
1100	ALLYLCHLORID	3	FT1	336
1131	KOHLENSTOFFDISULFID	3	FT1	336
1921	PROPYLENIMIN, STABILISIERT	3	FT1	336
1986	ALKOHOLE, ENTZÜNDBAR, GIFTIG, N.A.G.	3	FT1	336
1988	ALDEHYDE, ENTZÜNDBAR, GIFTIG, N.A.G.	3	FT1	336
1991	CHLOROPREN, STABILISIERT	3	FT1	336
2336	ALLYLFORMIAT	3	FT1	336
2758	CARBAMAT-PESTIZID, FLÜSSIG, ENTZÜNDBAR, GIFTIG, Flammpunkt unter 23 °C	3	FT2	336
2760	ARSENHALTIGES PESTIZID, FLÜSSIG, ENTZÜNDBAR, GIFTIG, Flammpunkt unter 23 °C	3	FT2	336
2762	ORGANOCHLOR-PESTIZID, FLÜSSIG, ENTZÜNDBAR, GIFTIG, Flammpunkt unter 23 °C	3	FT2	336
2764	TRIAZIN-PESTIZID, FLÜSSIG, ENTZÜNDBAR, GIFTIG, Flammpunkt unter 23 °C	3	FT2	336
2772	THIOCARBAMAT-PESTIZID, FLÜSSIG, ENTZÜNDBAR, GIFTIG, Flammpunkt unter 23 °C	3	FT2	336
2776	KUPFERHALTIGES PESTIZID, FLÜSSIG, ENTZÜNDBAR, GIFTIG, Flammpunkt unter 23 °C	3	FT2	336
2778	QUECKSILBERHALTIGES PESTIZID, FLÜSSIG, ENTZÜNDBAR, GIFTIG, Flammpunkt unter 23 °C	3	FT2	336
2780	SUBSTITUIERTES NITROPHENOL-PESTIZID, FLÜSSIG, ENTZÜNDBAR, GIFTIG, Flammpunkt unter 23 °C	3	FT2	336
2782	BIPYRIDILIUM-PESTIZID, FLÜSSIG, ENTZÜNDBAR, GIFTIG, Flammpunkt unter 23 °C	3	FT2	336
2787	ORGANOZINN-PESTIZID, FLÜSSIG, ENTZÜNDBAR, GIFTIG, Flammpunkt unter 23 °C	3	FT2	336
2983	ETHYLENOXID UND PROPYLENOXID, MISCHUNG mit höchstens 30 % Ethylenoxid	3	FT1	336
3021	PESTIZID, FLÜSSIG, ENTZÜNDBAR, GIFTIG, N.A.G., Flammpunkt unter 23 °C	3	FT2	336
3024	CUMARIN-PESTIZID, FLÜSSIG, ENTZÜNDBAR, GIFTIG, Flammpunkt unter 23 °C	3	FT2	336
3165	KRAFTSTOFFTANK FÜR HYDRAULISCHES AGGREGAT FÜR FLUGZEUGE (mit einer Mischung von wasserfreiem Hydrazin und Methylhydrazin) (Kraftstoff M86)	3	FTC	336

UN- Nummer	Stoffname nach RID	Klasse nach RID	Klassifizierungs- code nach RID	Gefahrennum- mer nach RID
3273	NITRILE, ENTZÜNDBAR, GIFTIG, N.A.G.	3	FT1	336
3286	ENTZÜNDBARER FLÜSSIGER STOFF, GIFTIG, ÄTZEND, N.A.G.	3	FTC	368
3346	PHENOXYESSIGSÄUREDERIVAT-PESTIZID, FLÜSSIG, ENTZÜNDBAR, GIFTIG, Flammpunkt unter 23 °C	3	FT2	336
3350	PYRETHROID-PESTIZID, FLÜSSIG, ENTZÜNDBAR, GIFTIG, Flammpunkt unter 23 °C	3	FT2	336
3494	SCHWEFELREICHES ROHERDÖL, ENTZÜNDBAR, GIFTIG	3	FT1	336
1052	FLUORWASSERSTOFF, WASSERFREI	8	CT1	886
1744	BROM oder BROM, LÖSUNG	8	CT1	886
1786	FLUORWASSERSTOFFSÄURE UND SCHWEFELSÄURE, MISCHUNG	8	CT1	886
1790	FLUORWASSERSTOFFSÄURE mit mehr als 85 % Fluorwasserstoff	8	CT1	886
1831	SCHWEFELSÄURE, RAUCHEND	8	CT1	X886

Anhang B Leicht flüchtige, toxische Flüssigkeiten, welche in den Jahren 2014-2016 auf dem Netz der SBB transportiert wurden.

Folgende Tabelle listet auf Basis der von der SBB bereitgestellten Daten die in den letzten Jahren auf dem Schweizer Bahnnetz transportierten leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten auf.

Tabelle 12: Leicht flüchtige, toxische Flüssigkeiten, welche in den Jahren 2014-2016 auf dem Netz der SBB transportiert wurden

UN- Nummer	Substanz / DfA-Strecke	Nettotonnen			Anzahl Wagen		
		2014	2015	2016	2014	2015	2016
1052	FLUORWASSERSTOFF, WASSERFREI						
	Brig - Brig Tunnel	256.05	1116.27	1088.15	16	31	29
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig	3461.75	3211.67	3473	97	103	109
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	3797.3	4491.19	4721.65	115	141	142
	Lausen - Itingen	262.55	1307.52	1319.15	17	38	35
	Möhlin - Rheinfelden	3461.75	3211.67	3473	97	103	109
	Olten - Olten Süd (Abzw)	256.05	1116.27	1088.15	16	31	29
	Riedtwil - Wynigen	69.08	581.2	1059.41	6	17	24
	S. Nazzaro - Gerra (Gambarogno)	3468.25	3402.92	3674.5	98	110	114
	Schinznach Dorf - Effingen	3461.75	3211.67	3473	97	103	109
	Spiez (Abzw) - Spiez	256.05	1116.27	1088.15	16	31	29
1092	ACROLEIN, STABILISIERT						
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig	43.7			2		
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	43.7			2		
	Lausen - Itingen		2.25			1	
	Möhlin - Rheinfelden	43.7			2		
	Olten - Olten Süd (Abzw)		2.25			1	
	Riedtwil - Wynigen		2.25			1	
	S. Nazzaro - Gerra (Gambarogno)	43.7			2		
	Schinznach Dorf - Effingen	43.7			2		
1093	ACRYLNITRIL, STABILISIERT						
	Basel SBB West (Abzw) - Basel SBB Ost (Abzw)	60	89	2106.5	1	3	50
	Brig - Brig Tunnel	411.17	1945.08	1058.5	12	58	28
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig	22485.33	20838.66	23085.37	752	714	776
	Cossonay-Penthalaz - Dailens	46	24	53	7	4	9
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	23455.67	22473.41	22687.37	790	775	796

UN- Nummer	Substanz / DfA-Strecke	Nettotonnen			Anzahl Wagen		
		2014	2015	2016	2014	2015	2016
	Lausanne Est - Pully	36	24	24	6	4	4
	Lausen - Itingen	1017.67	2612.08	1381	40	80	65
	Les Paluds - Massongex	36	24	24	6	4	4
	Ligerz - Twann	46	24	53	7	4	9
	Maroggia-Melano - Capolago-Riva S. Vitale	11703	12170	12923.71	373	374	421
	Möhlin - Rheinfelden	22482	20872.66	23202.87	751	716	777
	Olten - Olten Hammer	62.5	24	53	7	4	15
	Olten - Olten Süd (Abzw)	388	1945.08	1058.5	12	58	28
	Prangins - Nyon			29			5
	Riedtwil - Wynigen	222	1209.5	920.5	6	36	25
	S. Nazzaro - Gerra (Gambarogno)	11468.5	9337.83	10455.16	402	361	383
	Schinznach Dorf - Effingen	22482	20859.66	22663.87	751	716	767
	Schlieren - Glanzenberg		9			1	
	Spiez (Abzw) - Spiez	411.17	1945.08	1058.5	12	58	28
1099	ALLYLBROMID						
	Brig - Brig Tunnel	1.68	40.67		1	3	
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig	655.83	798.84	968.33	22	27	27
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	1066.85	1274.67	1406.66	47	56	56
	Lausen - Itingen	467.02	493.17	438.33	26	31	29
	Maroggia-Melano - Capolago-Riva S. Vitale	56	9.67		1	1	
	Möhlin - Rheinfelden	655.83	798.84	968.33	22	27	27
	Olten - Olten Süd (Abzw)	1.68	40.67		1	3	
	Riedtwil - Wynigen		8			1	
	S. Nazzaro - Gerra (Gambarogno)	1065.17	1241.67	1406.66	46	54	56
	Schinznach Dorf - Effingen	655.83	798.84	968.33	22	27	27
	Schlieren - Glanzenberg		53			1	
	Spiez (Abzw) - Spiez	1.68	40.67		1	3	
1100	ALLYLCHLORID						
	Brig - Brig Tunnel	55	315	247	1	12	9
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig	3594.25	3573	3771.49	145	147	162
	Cossonay-Penthalaz - Daillens			1.5			1
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	3700.75	3857.17	4006.99	149	158	175
	Lausen - Itingen	75	528	272.5	3	21	13
	Ligerz - Twann			1.5			1

UN- Nummer	Substanz / DfA-Strecke	Nettotonnen			Anzahl Wagen		
		2014	2015	2016	2014	2015	2016
	Möhlin - Rheinfelden	3594.25	3573	3771.49	145	147	162
	Olten - Olten Hammer		23	1.5		1	1
	Olten - Olten Süd (Abzw)	55	292	257.5	1	11	11
	Prangins - Nyon			9			1
	Riedtwil - Wynigen		157	160		7	7
	S. Nazzaro - Gerra (Gambarogno)	3586.75	3774	3774.99	146	154	164
	Schinznach Dorf - Effingen	3594.25	3573	3747.49	145	147	161
	Spiez (Abzw) - Spiez	55	315	247	1	12	9
1163	DIMETHYLHYDRAZIN, ASYMMETRISCH						
	Bad Ragaz - Maienfeld	3			1		
	Brig - Brig Tunnel	39	28.5		2	1	
	Effretikon - Kempthal		0.64			1	
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	50	28.5		3	1	
	Guntershausen - Aadorf		0.64			1	
	Lausen - Itingen	39	28.5		2	1	
	Möhlin - Rheinfelden	14			2		
	Mühlehorn - Weesen	3			1		
	Olten - Olten Süd (Abzw)	39	29.14		2	2	
	Rekingen AG - Bad Zurzach	11			1		
	Riedtwil - Wynigen	39	29.14		2	2	
	Schinznach Dorf - Effingen	3			1		
	Schlieren - Glanzenberg	3	0.64		1	1	
	Spiez (Abzw) - Spiez	39	28.5		2	1	
1238	METHYLCHLORFORMIAT						
	Brig - Brig Tunnel			17			1
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)			17			1
	Lausen - Itingen			17			1
	Olten - Olten Süd (Abzw)			17			1
	Riedtwil - Wynigen			17			1
	Spiez (Abzw) - Spiez			17			1
1239	Methylchlormethylether						
	Lausanne Est - Pully		4.5			1	
	Prangins - Nyon		4.5			1	
1251	METHYLVINYLKETON, STABILISIERT						

UN- Nummer	Substanz / DfA-Strecke	Nettotonnen			Anzahl Wagen		
		2014	2015	2016	2014	2015	2016
	Brig - Brig Tunnel	4.33			1		
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	4.33			1		
	Lausen - Itingen	4.33			1		
	Olten - Olten Süd (Abzw)	4.33			1		
	Spiez (Abzw) - Spiez	4.33			1		
1259	Nickeltetracarbonyl						
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)			2.67			1
	Lausen - Itingen			2.67			1
1614	Cyanwasserstoff, stabilisiert, mit weniger als 3 % Wasser						
	Olten - Olten Süd (Abzw)		4.5			2	
1744	BROM						
	Basel SBB West (Abzw) - Basel SBB Ost (Abzw)	351.45	262.63	444.67	16	14	16
	Brig - Brig Tunnel	745.93	267.48	546.3	33	21	20
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig	646.92	514.44	930.42	25	20	33
	Cossonay-Penthalaz - Dailens	171	121	238	11	7	11
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	1053.4	504.59	974.3	42	27	33
	Glattbrugg - Tankanlage Rümlang			3.25			1
	Lausanne Est - Pully	171	121	238	11	7	11
	Lausen - Itingen	760.11	324.48	546.3	37	23	20
	Les Paluds - Massongex	171	121	273	11	7	16
	Ligerz - Twann	171	121	238	11	7	11
	Möhlin - Rheinfelden	618.17	440.44	793.07	25	18	28
	Neuhausen - Schaffhausen			3.25			1
	Olten - Olten Hammer	171	121	238	11	7	11
	Olten - Olten Süd (Abzw)	760.11	312.81	581.3	37	23	25
	Riedtwil - Wynigen	277.75	129.78	89	13	9	3
	S. Nazzaro - Gerra (Gambarogno)	201.67	226.61	212.25	7	8	7
	Salgesch - Leuk			35			5
	Schinznach Dorf - Effingen	618.17	439.44	793.07	25	17	28
	Schlieren - Glanzenberg	2.25		0.9	1		1
	Spiez (Abzw) - Spiez	745.93	312.81	581.3	33	23	25
	Zürich Seebach - Zürich Affoltern			3.25			1
1786	Fluorwasserstoffsäure und Schwefelsäure, Mischung						

UN- Nummer	Substanz / DfA-Strecke	Nettotonnen			Anzahl Wagen		
		2014	2015	2016	2014	2015	2016
	Basel SBB West (Abzw) - Basel SBB Ost (Abzw)	20.66			2		
	Brig - Brig Tunnel	10.33	53.5	25	1	2	1
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig			3.11			1
	Effretikon - Kempththal	7			1		
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)		17.5	25		1	1
	Glattbrugg - Tankanlage Rümlang			3.11			1
	Lausen - Itingen	10.33	53.5	25	1	2	1
	Maroggia-Melano - Capolago-Riva S. Vitale	7			1		
	Neuhausen - Schaffhausen	7		3.11	1		1
	Olten - Olten Süd (Abzw)	10.33	53.5	25	1	2	1
	Riedtwil - Wynigen	10.33	17.5		1	1	
	S. Nazzaro - Gerra (Gambarogno)	10		3.11	1		1
	Schlieren - Glanzenberg	7			1		
	Spiez (Abzw) - Spiez	10.33	53.5	25	1	2	1
	Zürich Seebach - Zürich Affoltern			3.11			1
1790	FLUORWASSERSTOFFSÄURE						
	Bad Ragaz - Maienfeld	9	12	31.29	1	2	7
	Basel SBB West (Abzw) - Basel SBB Ost (Abzw)	86	88		2	2	
	Brig - Brig Tunnel	423.96	259.66	218.97	27	17	20
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig	470.65	401.57	428.87	21	36	26
	Cossonay-Penthalaz - Daillens	24.62	7.7		9	3	
	Effretikon - Kempththal	26.63	11.06	4.41	40	15	5
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	771.61	624.13	599.04	44	45	42
	Glattbrugg - Tankanlage Rümlang	1.8	1.69		1	2	
	Guntershausen - Aadorf	26.63	11.06	4.41	40	15	5
	Lausen - Itingen	488.96	311.88	312.43	43	31	38
	Ligerz - Twann	24.62	7.7		9	3	
	Maroggia-Melano - Capolago-Riva S. Vitale	38.08	118.93	204.27	3	15	13
	Möhlin - Rheinfelden	490.22	436.5	469.06	30	42	34
	Mühlehorn - Weesen	9	12	31.29	1	2	7
	Nottwil - Sempach-Neuenkirch	2.49	6.81	2.74	3	5	4
	Olten - Olten Hammer	24.62	7.7		9	3	
	Olten - Olten Süd (Abzw)	524.43	331.22	343.15	86	49	49
	Prangins - Nyon	9	3	16.43	2	1	4

UN- Nummer	Substanz / DfA-Strecke	Nettotonnen			Anzahl Wagen		
		2014	2015	2016	2014	2015	2016
	Riedtwil - Wynigen	300.26	178.6	123.52	37	24	18
	S. Nazzaro - Gerra (Gambarogno)	444.32	269.72	219.24	19	15	12
	Schinznach Dorf - Effingen	490.22	436.5	469.06	30	42	34
	Schlieren - Glanzenberg	68.45	64.99	41.4	52	27	15
	Spiez (Abzw) - Spiez	423.96	259.66	218.97	27	17	20
	Zürich Seebach - Zürich Affoltern	1.8			1		
1809	PHOSPHORTRICHLORID						
	Brig - Brig Tunnel	94	298.17	356	2	15	14
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig	3498.67	3306.92	3075.71	126	104	103
	Cossonay-Penthalaz - Daillens	378.5	332	407	29	26	32
	Effretikon - Kempthal	0.5			1		
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	4049.25	4090.09	4097.71	164	153	169
	Glattbrugg - Tankanlage Rümlang			1.29			1
	Guntershausen - Aadorf	0.5			1		
	Lausanne Est - Pully	368	332	407	28	27	32
	Lausen - Itingen	649.33	875.67	1026	38	48	53
	Les Paluds - Massongex	368	357	407	28	28	32
	Ligerz - Twann	378.5	332	407	29	26	32
	Maroggia-Melano - Capolago-Riva S. Vitale			5.88			1
	Möhlin - Rheinfelden	3498.67	3306.92	3075.71	127	104	103
	Olten - Olten Hammer	378.5	332	407	29	26	32
	Olten - Olten Süd (Abzw)	102	323.17	357.5	5	17	15
	Prangins - Nyon			1.29			1
	Riedtwil - Wynigen	56	109.67	243.5	1	10	9
	S. Nazzaro - Gerra (Gambarogno)	3678.5	3527.42	3333.33	133	109	108
	Schinznach Dorf - Effingen	3498.67	3306.92	3014.71	127	104	102
	Schlieren - Glanzenberg	0.5		1.29	1		1
	Spiez (Abzw) - Spiez	94	298.17	356	2	15	14
1831	SCHWEFELSAURE, RAUCHEND						
	Basel SBB West (Abzw) - Basel SBB Ost (Abzw)	2174	1312		86	52	
	Brig - Brig Tunnel	201	3.89		7	1	
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig	313.17	730.17	800.17	12	36	42
	Cossonay-Penthalaz - Daillens	29			1		
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	711.17	1229.06	1754.17	45	76	118

UN- Nummer	Substanz / DfA-Strecke	Nettotonnen			Anzahl Wagen		
		2014	2015	2016	2014	2015	2016
	Glattbrugg - Tankanlage Rümlang	63	9		3	6	
	Lausanne Est - Pully	29			1		
	Lausen - Itingen	719.6	126.89	104	52	13	25
	Ligerz - Twann	29			1		
	Maroggia-Melano - Capolago-Riva S. Vitale	4		0	1		1
	Möhlin - Rheinfelden	1907.17	2214.17	2305.17	127	154	136
	Neuhausen - Schaffhausen		0			4	
	Olten - Olten Hammer	29	0	82	1	1	4
	Olten - Olten Süd (Abzw)	2756.19	2307.39	2242.26	175	149	148
	Riedtwil - Wynigen	532.92	498.67	460.26	91	80	80
	S. Nazzaro - Gerra (Gambarogno)		15.5	60		2	4
	Salgesch - Leuk	29			1		
	Schinznach Dorf - Effingen	1907.17	2209.17	2220.17	126	145	132
	Schlieren - Glanzenberg	34	14		2	6	
	Spiez (Abzw) - Spiez	4335.59	3896.39	3904.26	237	219	223
	Zürich Seebach - Zürich Affoltern	29	4		1	1	
1834	SULFURYLCHLORID						
	Basel SBB West (Abzw) - Basel SBB Ost (Abzw)	1010.83	905.67	603.5	31	26	18
	Brig - Brig Tunnel	34		11	1		1
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig	23.4	31.25	25.67	3	3	2
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	93	467.66	184.17	3	20	14
	Glattbrugg - Tankanlage Rümlang	33	70	78	3	7	6
	Lausen - Itingen	76.5	85.3	148.58	4	5	8
	Maroggia-Melano - Capolago-Riva S. Vitale	65.9	105.55	87.58	6	7	6
	Möhlin - Rheinfelden	56.4	101.25	53.67	6	10	7
	Olten - Olten Süd (Abzw)	34		11	1		1
	Riedtwil - Wynigen			11			1
	S. Nazzaro - Gerra (Gambarogno)			25.67			2
	Schinznach Dorf - Effingen	56.4	101.25	53.67	6	10	7
	Schlieren - Glanzenberg	33	58	63	3	4	3
	Spiez (Abzw) - Spiez	34		11	1		1
	Zürich Seebach - Zürich Affoltern		12	15		3	3
1935	CYANID, LÖSUNG, N.A.G.						
	Brig - Brig Tunnel	35.35	15.25		4	3	

UN- Nummer	Substanz / DfA-Strecke	Nettotonnen			Anzahl Wagen		
		2014	2015	2016	2014	2015	2016
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig	15.47	15.65	40.23	3	3	4
	Cossonay-Penthalaz - Daillens	22.5	30		6	6	
	Effretikon - Kempthal			3.79			2
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	46.32	30.9	31.6	6	6	2
	Glattbrugg - Tankanlage Rümlang		1.29			1	
	Guntershausen - Aadorf		1.29	3.79		1	2
	Lausen - Itingen	36.85	43.93	7.68	5	12	4
	Ligerz - Twann	22.5	30		6	6	
	Maroggia-Melano - Capolago-Riva S. Vitale	10.33	12.66	17.09	2	2	4
	Möhlin - Rheinfelden	15.47	15.65	31.6	3	3	2
	Olten - Olten Hammer	22.5	30	20.3	6	6	4
	Olten - Olten Süd (Abzw)	63.85	80.97	23.7	12	23	11
	Prangins - Nyon	42.38	60.87	52.25	16	26	25
	Riedtwil - Wynigen	35.35	20.05	1.8	4	5	1
	Schinznach Dorf - Effingen	15.47	15.65	31.6	3	3	2
	Schlieren - Glanzenberg	4.5	15.25	8.52	1	5	5
	Spiez (Abzw) - Spiez	35.35	15.25		4	3	
	Zürich Seebach - Zürich Affoltern		1.29			1	
1986	ALKOHOLE, ENTZÜNDBAR, GIFTIG, N.A.G.						
	Basel SBB West (Abzw) - Basel SBB Ost (Abzw)		19	34.7		1	2
	Brig - Brig Tunnel	1.85		7.67	1		1
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig		25.25	25.5		2	1
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	56.85	6.25	18.67	2	1	2
	Glattbrugg - Tankanlage Rümlang		8.2			1	
	Lausen - Itingen	1.85		7.67	1		1
	Möhlin - Rheinfelden		25.25	25.5		2	1
	Neuhausen - Schaffhausen		8.2			1	
	Olten - Olten Süd (Abzw)	1.85	16	25.67	1	2	2
	Prangins - Nyon		3			1	
	Riedtwil - Wynigen	1.85	16	7.67	1	2	1
	S. Nazzaro - Gerra (Gambarogno)		14.45			2	
	Schinznach Dorf - Effingen		25.25	25.5		2	1
	Schlieren - Glanzenberg		3	9		1	1
	Spiez (Abzw) - Spiez	1.85	13	25.67	1	1	2

UN- Nummer	Substanz / DfA-Strecke	Nettotonnen			Anzahl Wagen		
		2014	2015	2016	2014	2015	2016
	Zürich Seebach - Zürich Affoltern		8.2			1	
1988	ALDEHYDE, ENTZÜNDBAR, GIFTIG, N.A.G.						
	Brig - Brig Tunnel	12.33			1		
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig		8.75			1	
	Cossonay-Penthalaz - Daillens	4.5		9	1		1
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	12.33	8.75		1	1	
	Lausen - Itingen	12.33		7.33	1		1
	Ligerz - Twann	4.5		9	1		1
	Möhlin - Rheinfelden		8.75			1	
	Olten - Olten Hammer	4.5		23.66	1		3
	Olten - Olten Süd (Abzw)	12.33			1		
	Prangins - Nyon	4.5		9	1		1
	Riedtwil - Wynigen	12.33			1		
	Schinznach Dorf - Effingen		8.75			1	
	Spiez (Abzw) - Spiez	12.33			1		
2334	Allylamin						
	Brig - Brig Tunnel	5			1		
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	5			1		
	Lausen - Itingen	5			1		
	Maroggia-Melano - Capolago-Riva S. Vitale		29			1	
	Nottwil - Sempach-Neuenkirch		29			1	
	Olten - Olten Süd (Abzw)	5	29		1	1	
	Spiez (Abzw) - Spiez	5			1		
2480	METHYLISOCYANAT						
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig			47			1
	Glattbrugg - Tankanlage Rümlang		1.13	47		1	1
	Maroggia-Melano - Capolago-Riva S. Vitale			47			1
	Möhlin - Rheinfelden		1.13			1	
	Neuhausen - Schaffhausen			47			1
	Schinznach Dorf - Effingen		1.13			1	
	Schlieren - Glanzenberg		2.26			2	
	Zürich Seebach - Zürich Affoltern		1.13	47		1	1
2481	ETHYLISOCYANAT						
	Brig - Brig Tunnel			3.83			1

UN- Nummer	Substanz / DfA-Strecke	Nettotonnen			Anzahl Wagen		
		2014	2015	2016	2014	2015	2016
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)			3.83			1
	Lausen - Itingen			3.83			1
	Olten - Olten Süd (Abzw)			3.83			1
	Spiez (Abzw) - Spiez			3.83			1
2483	ISOPROPYLISOCYANAT						
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig			7.5			1
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)			7.5			1
	Möhlin - Rheinfelden			7.5			1
	Schinznach Dorf - Effingen			7.5			1
2644	Methyliodid						
	Bad Ragaz - Maienfeld	3			1		
	Brig - Brig Tunnel	10.07	3.1	5.9	3	1	2
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig		1.46			1	
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	10.07	4.56	5.9	3	2	2
	Lausen - Itingen	11.57	3.1	5.9	4	1	2
	Maroggia-Melano - Capolago-Riva S. Vitale		1.46			1	
	Möhlin - Rheinfelden	4.13	1.46		2	1	
	Mühlehorn - Weesen	3			1		
	Olten - Olten Süd (Abzw)	11.57	3.1	5.9	4	1	2
	Riedtwil - Wynigen	10.07			3		
	Schinznach Dorf - Effingen	4.13	1.46		2	1	
	Schlieren - Glanzenberg	4.13			2		
	Spiez (Abzw) - Spiez	10.07	3.1	5.9	3	1	2
2760	ARSENHALTIGES PESTIZID, FLÜSSIG, ENTZÜNDBAR, GIFTIG, Flammpunkt unter 23 °C						
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig			61			1
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)			61			1
	Möhlin - Rheinfelden			61			1
	S. Nazzaro - Gerra (Gambarogno)			61			1
	Schinznach Dorf - Effingen			61			1
2902	PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, N.A.G.						
	Brig - Brig Tunnel			29.5			1
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig	85.5	45.25	22	2	3	1

UN- Nummer	Substanz / DfA-Strecke	Nettotonnen			Anzahl Wagen		
		2014	2015	2016	2014	2015	2016
	Cossonay-Penthalaz - Dailens		196.17	365.17		16	25
	Effretikon - Kempthal		0.69			1	
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	714.46	729.44	1325.68	32	38	70
	Glattbrugg - Tankanlage Rümlang		0.69			1	
	Guntershausen - Aadorf		0.69			1	
	Lausanne Est - Pully	2.25	205.17	386.17	1	18	28
	Lausen - Itingen	5.25	205.17	415.67	2	18	29
	Les Paluds - Massongex		196.17	347.17		16	24
	Ligerz - Twann		196.17	365.17		16	25
	Möhlín - Rheinfelden	107.12	56.61	33.69	11	9	8
	Nottwil - Sempach-Neuenkirch		0.82			1	
	Olten - Olten Hammer		196.17	365.17		16	25
	Olten - Olten Süd (Abzw)	6.25	12.02	50.5	3	6	4
	Riedwil - Wynigen		2.2	29.5		3	1
	S. Nazzaro - Gerra (Gambarogno)	85.5	45.25	22	2	3	1
	Salgesch - Leuk			8.5			1
	Schinznach Dorf - Effingen	90.3	45.25	22	4	3	1
	Schlieren - Glanzenberg	8.8	2.07		4	3	
	Spiez (Abzw) - Spiez			29.5			1
	Zürich Seebach - Zürich Affoltern		0.69			1	
2903	PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, N.A.G.						
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig	83.41	97.46	49.36	6	5	8
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	83.41	179.86	45.53	6	6	6
	Möhlín - Rheinfelden	83.41	93.86	45.53	6	4	6
	Olten - Olten Süd (Abzw)	4.8	0.91	1	2	1	1
	Prangins - Nyon	3			1		
	S. Nazzaro - Gerra (Gambarogno)	69.5	86	30	3	2	2
	Schinznach Dorf - Effingen	83.41	93.86	45.53	6	4	6
	Schlieren - Glanzenberg	4.8	0.91	1	2	1	1
2991	CARBAMAT-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, ENTZÜNDBAR						
	Brig - Brig Tunnel	12.67	11.33	16	1	1	1
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig	73	35		4	2	
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	12.67	46.33	16	1	3	1

UN- Nummer	Substanz / DfA-Strecke	Nettotonnen			Anzahl Wagen		
		2014	2015	2016	2014	2015	2016
	Lausen - Itingen	74.51	11.33	37	5	1	2
	Maroggia-Melano - Capolago-Riva S. Vitale	157.84		34	9		2
	Möhlin - Rheinfelden	73	35		4	2	
	Olten - Olten Süd (Abzw)	12.67	11.33	16	1	1	1
	Schinznach Dorf - Effingen	73	35		4	2	
	Spiez (Abzw) - Spiez	12.67	11.33	16	1	1	1
2992	CARBAMAT-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG						
	Brig - Brig Tunnel	2.83	15.33	55	1	1	2
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig	73.66	33.67	116	6	2	5
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	2.83	49	139.5	1	3	6
	Lausen - Itingen	32.75	15.33	66.5	4	1	3
	Maroggia-Melano - Capolago-Riva S. Vitale	103.58			9		
	Möhlin - Rheinfelden	73.66	33.67	116	6	2	5
	Olten - Olten Süd (Abzw)	2.83	15.33	55	1	1	2
	Riedtwil - Wynigen	2.83	15.33	55	1	1	2
	S. Nazzaro - Gerra (Gambarogno)		33.67	84.5		2	4
	Schinznach Dorf - Effingen	73.66	33.67	116	6	2	5
	Spiez (Abzw) - Spiez	2.83	15.33	55	1	1	2
2994	Arsenhaltiges Pestizid, flüssig, giftig						
	Brig - Brig Tunnel	9.33			1		
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	9.33			1		
	Lausen - Itingen	9.33			1		
	Olten - Olten Süd (Abzw)	9.33			1		
	Riedtwil - Wynigen	9.33			1		
	Spiez (Abzw) - Spiez	9.33			1		
3006	Thiocarbamat-Pestizid, flüssig, giftig						
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig	11.67			1		
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	11.67			1		
	Möhlin - Rheinfelden	11.67			1		
	S. Nazzaro - Gerra (Gambarogno)	11.67			1		
	Schinznach Dorf - Effingen	11.67			1		
3009	Kupferhaltiges Pestizid, flüssig, giftig, entzündbar						
	Brig - Brig Tunnel	7.33			1		

UN- Nummer	Substanz / DfA-Strecke	Nettotonnen			Anzahl Wagen		
		2014	2015	2016	2014	2015	2016
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	7.33			1		
	Lausen - Itingen	7.33			1		
	Olten - Olten Süd (Abzw)	7.33			1		
	Spiez (Abzw) - Spiez	7.33			1		
3010	KUPFERHALTIGES PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG						
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)		0.91			1	
	Möhlin - Rheinfelden		0.91			1	
3011	QUECKSILBERHALTIGES PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, mit einem Flammpunkt von 23 °C oder darüber						
	Lausen - Itingen	2.25			1		
	Olten - Olten Süd (Abzw)	2.25			1		
3016	BIPYRIDILIUM-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG						
	Brig - Brig Tunnel			46			1
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig	27			1		
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	27		46	1		1
	Lausen - Itingen			46			1
	Möhlin - Rheinfelden	27			1		
	Olten - Olten Süd (Abzw)			46			1
	Riedtwil - Wynigen			46			1
	S. Nazzaro - Gerra (Gambarogno)	27			1		
	Schinznach Dorf - Effingen	27			1		
	Spiez (Abzw) - Spiez			46			1
3017	ORGANOPHOSPHOR-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, ENTZÜNDBAR						
	Brig - Brig Tunnel		30	55		1	2
	Cossonay-Penthalaz - Daillens		3			1	
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	65	30	55	1	1	2
	Glattbrugg - Tankanlage Rümlang	2	1.67		1	1	
	Guntershausen - Aadorf	2	1.67		1	1	
	Lausen - Itingen	10.35	37.5	55	4	2	2
	Ligerz - Twann		3			1	
	Olten - Olten Hammer		4.67			2	
	Olten - Olten Süd (Abzw)	6.05	37.5	55	3	2	2
	Schlieren - Glanzenberg	12.6			4		

UN- Nummer	Substanz / DfA-Strecke	Nettotonnen			Anzahl Wagen		
		2014	2015	2016	2014	2015	2016
	Spiez (Abzw) - Spiez		30	55		1	2
	Zürich Seebach - Zürich Affoltern	2	1.67		1	1	
3020	ORGANOZINN-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG						
	Basel SBB West (Abzw) - Basel SBB Ost (Abzw)	9.83			1		
	Brig - Brig Tunnel	9.83			1		
	Lausen - Itingen	9.83			1		
	Olten - Olten Süd (Abzw)	9.83			1		
	Spiez (Abzw) - Spiez	9.83			1		
3024	CUMARIN-PESTIZID, FLÜSSIG, ENTZÜNDBAR, GIFTIG						
	Brig - Brig Tunnel	10.33			1		
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	10.33			1		
	Lausen - Itingen	10.33			1		
	Olten - Olten Hammer	10.33			1		
	Spiez (Abzw) - Spiez	10.33			1		
3026	CUMARIN-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG						
	Brig - Brig Tunnel		25			2	
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	120	25		2	2	
	Lausen - Itingen		25			2	
	Olten - Olten Süd (Abzw)		25			2	
	Riedtwil - Wynigen		12.33			1	
	Spiez (Abzw) - Spiez		25			2	
3142	DESINFEKTIONSMITTEL, FLÜSSIG, GIFTIG, N.A.G.						
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig		16			1	
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)		16			1	
	Maroggia-Melano - Capolago-Riva S. Vitale		16			1	
	Möhlin - Rheinfelden		16			1	
	Schinznach Dorf - Effingen		16			1	
3144	NICOTINVERBINDUNG, FLÜSSIG, N.A.G. oder NICOTINZUBEREITUNG, FLÜSSIG, N.A.G.						
	Brig - Brig Tunnel		12.5	27		1	1
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)		12.5	27		1	1
	Lausen - Itingen		12.5	27		1	1
	Maroggia-Melano - Capolago-Riva S. Vitale			22			1

UN- Nummer	Substanz / DfA-Strecke	Nettotonnen			Anzahl Wagen		
		2014	2015	2016	2014	2015	2016
	Olten - Olten Süd (Abzw)		12.5	27		1	1
	Riedtwil - Wynigen		12.5	27		1	1
	Spiez (Abzw) - Spiez		12.5	27		1	1
3273	Nitrile, entzündbar, giftig						
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig			6.5			1
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)			6.5			1
	Lausen - Itingen			4.5			1
	Möhlin - Rheinfelden			6.5			1
	Olten - Olten Süd (Abzw)			4.5			1
	Riedtwil - Wynigen			4.5			1
	S. Nazzaro - Gerra (Gambarogno)			6.5			1
	Schinznach Dorf - Effingen			6.5			1
3275	NITRILE, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, N.A.G.						
	Basel SBB West (Abzw) - Basel SBB Ost (Abzw)	161.5	229.17	190.66	16	21	15
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig	161.5	229.17	207.66	16	21	16
	Cossonay-Penthalaz - Dailens		23.5	67.25		2	5
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	17		538	1		16
	Lausanne Est - Pully		23.5	67.25		2	5
	Lausen - Itingen		23.5	67.25		2	5
	Ligerz - Twann		23.5	67.25		2	5
	Möhlin - Rheinfelden	161.5	229.17	207.66	16	21	16
	Olten - Olten Hammer		23.5	67.25		2	5
	Olten - Olten Süd (Abzw)	1203.66	1763.83	2464.91	68	96	133
	Riedtwil - Wynigen	566.33	639.75	1194.25	36	48	81
	Salgesch - Leuk		23.5	67.25		2	5
	Schinznach Dorf - Effingen	161.5	229.17	207.66	16	21	16
	Spiez (Abzw) - Spiez	1203.66	1763.83	2464.91	68	96	133
3280	ORGANISCHE ARSENVERBINDUNG, FLÜSSIG, N.A.G.						
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig			31			1
	Cossonay-Penthalaz - Dailens	12		6	2		1
	Effretikon - Kempthal	1.8			1		
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)			31			1
	Guntershausen - Aadorf	1.8			1		

UN- Nummer	Substanz / DfA-Strecke	Nettotonnen			Anzahl Wagen		
		2014	2015	2016	2014	2015	2016
	Lausanne Est - Pully			6			1
	Ligerz - Twann	12		6	2		1
	Möhlin - Rheinfelden			31			1
	Olten - Olten Hammer	12		6	2		1
	Olten - Olten Süd (Abzw)	1.8			1		
	Prangins - Nyon	8.8			2		
	Schinznach Dorf - Effingen			31			1
	Schlieren - Glanzenberg	9.8			3		
3281	METALLCARBONYLE, FLÜSSIG, N.A.G.						
	Brig - Brig Tunnel			58			2
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)			58			2
	Lausen - Itingen			58			2
	Olten - Olten Süd (Abzw)			58			2
	Riedtwil - Wynigen			24			1
	Spiez (Abzw) - Spiez			58			2
3282	METALLORGANISCHE VERBINDUNG, GIFTIG, N.A.G.						
	Brig - Brig Tunnel	8.4	43.52	50.33	1	4	2
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig			28			1
	Cossonay-Penthalaz - Daillens	1.13		9	1		1
	Effretikon - Kempththal	3.71	1.29	0.64	4	1	1
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	8.4	43.52	78.33	1	4	3
	Glattbrugg - Tankanlage Rümlang		1.29	0.64		1	1
	Guntershausen - Aadorf	3.71	1.29	0.64	4	1	1
	Lausen - Itingen	8.4	43.52	50.33	1	4	2
	Ligerz - Twann	1.13		9	1		1
	Möhlin - Rheinfelden			28			1
	Nottwil - Sempach-Neuenkirch	2.7			2		
	Olten - Olten Hammer	1.13		9	1		1
	Olten - Olten Süd (Abzw)	16.92	43.52	51.46	7	4	3
	Prangins - Nyon	1.8		9	1		1
	Riedtwil - Wynigen	3.38	14.92	50.33	2	2	2
	S. Nazzaro - Gerra (Gambarogno)			28			1
	Schinznach Dorf - Effingen			28			1
	Schlieren - Glanzenberg	3.71	1.29	1.13	4	1	1

UN- Nummer	Substanz / DfA-Strecke	Nettotonnen			Anzahl Wagen		
		2014	2015	2016	2014	2015	2016
	Spiez (Abzw) - Spiez	8.4	43.52	50.33	1	4	2
	Zürich Seebach - Zürich Affoltern		1.29			1	
3284	Tellurverbindung						
	Brig - Brig Tunnel			42			1
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig	6.75	4.14		1	1	
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	6.75	4.14	42	1	1	1
	Lausen - Itingen			42			1
	Maroggia-Melano - Capolago-Riva S. Vitale		4.14	12		1	1
	Möhlin - Rheinfelden	6.75	4.14		1	1	
	Olten - Olten Süd (Abzw)			42			1
	S. Nazzaro - Gerra (Gambarogno)	6.75			1		
	Schinznach Dorf - Effingen	6.75	4.14		1	1	
	Spiez (Abzw) - Spiez			42			1
3285	Vanadiumverbindung						
	Brig - Brig Tunnel			4.15			1
	Cossonay-Penthalaz - Daillens	6			1		
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)			4.15			1
	Lausen - Itingen			4.15			1
	Ligerz - Twann	6			1		
	Olten - Olten Hammer	6			1		
	Olten - Olten Süd (Abzw)			4.15			1
	Riedtwil - Wynigen			4.15			1
	Spiez (Abzw) - Spiez			4.15			1
3286	ENTZÜNDBARER FLÜSSIGER STOFF, GIFTIG, ÄTZEND, N.A.G.						
	Brig - Brig Tunnel	311.64	349.32	333.07	49	50	51
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig	72.72	17	16.91	10	3	5
	Cossonay-Penthalaz - Daillens	679	888	1272	31	55	87
	Effretikon - Kempthal	4.29	1.29		2	1	
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	2156.33	2000.04	2665.9	142	135	176
	Glattbrugg - Tankanlage Rümlang	8	208	36.13	1	12	9
	Guntershausen - Aadorf	4.29		1.13	2		1
	Lausanne Est - Pully	679	965	1326	31	59	88
	Lausen - Itingen	405.91	835.69	1157.57	60	94	115

UN- Nummer	Substanz / DfA-Strecke	Nettotonnen			Anzahl Wagen		
		2014	2015	2016	2014	2015	2016
	Les Paluds - Massongex	677	986	1609	30	60	92
	Ligerz - Twann	173	841	1023	11	55	81
	Maroggia-Melano - Capolago-Riva S. Vitale	94.2	92.26		12	10	
	Möhlin - Rheinfelden	88.73	86.74	435.96	24	15	40
	Olten - Olten Hammer	173	841	1041	9	54	77
	Olten - Olten Süd (Abzw)	326.94	479.23	734.91	54	59	72
	Prangins - Nyon	10.8			2		
	Rekingen AG - Bad Zurzach			18			4
	Riedtwil - Wynigen	201.95	305.8	340.73	37	37	43
	Salgesch - Leuk	2		283	1		8
	Schinznach Dorf - Effingen	81.51	75.33	95.13	12	5	13
	Schlieren - Glanzenberg	64.99	101.58	15.47	7	10	9
	Spiez (Abzw) - Spiez	311.64	349.32	672.57	49	50	65
	Zürich Seebach - Zürich Affoltern		116	27		7	6
3289	GIFTIGER ANORGANISCHER FLÜSSIGER STOFF, ÄTZEND, N.A.G.						
	Brig - Brig Tunnel	20.89	63.73	28.63	4	6	4
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig	18.4	34.38	9	2	5	1
	Cossonay-Penthalaz - Daillens	35.1	4.5	11.5	11	2	2
	Effretikon - Kempthal			2.14			2
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	39.29	98.11	37.63	6	11	5
	Guntershausen - Aadorf			2.14			2
	Lausen - Itingen	26	66.73	34.63	8	7	6
	Ligerz - Twann	35.1	4.5	11.5	11	2	2
	Maroggia-Melano - Capolago-Riva S. Vitale	11.78	34.38		2	4	
	Möhlin - Rheinfelden	23.95	36.18	9	5	6	1
	Nottwil - Sempach-Neuenkirch			0.64			1
	Olten - Olten Hammer	35.1	4.5	14.5	11	2	3
	Olten - Olten Süd (Abzw)	62.6	75.48	36.77	20	12	9
	Prangins - Nyon	54.69	32.68	69.23	18	16	17
	Riedtwil - Wynigen	21.62	68.23	16.84	7	8	3
	S. Nazzaro - Gerra (Gambarogno)		0	9		1	1
	Schinznach Dorf - Effingen	23.95	36.18	9	5	6	1
	Schlieren - Glanzenberg	10.05	10.85	5.14	6	7	4
	Spiez (Abzw) - Spiez	20.89	63.73	28.63	4	6	4

UN- Nummer	Substanz / DfA-Strecke	Nettotonnen			Anzahl Wagen		
		2014	2015	2016	2014	2015	2016
3294	CYANWASSERSTOFF, LÖSUNG IN ALKOHOL mit höchstens 45 % Cyanwasserstoff						
	Brig - Brig Tunnel		2.43			1	
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)		2.43			1	
	Lausen - Itingen		2.43			1	
	Olten - Olten Süd (Abzw)		2.43			1	
	Riedtwil - Wynigen		2.43			1	
	Spiez (Abzw) - Spiez		2.43			1	
3351	Pyrethroid-Pestizid, flüssig, giftig, entzündbar						
	Brig - Brig Tunnel	8			1		
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig		1			1	
	Effretikon - Kempthal	2.25	0.69		1	1	
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	8			1		
	Guntershausen - Aadorf	2.25	0.69		1	1	
	Lausanne Est - Pully		4.5			1	
	Lausen - Itingen	8			1		
	Möhlin - Rheinfelden		1			1	
	Olten - Olten Süd (Abzw)	10.25	1.69		2	2	
	Riedtwil - Wynigen	8	1.69		1	2	
	Schinznach Dorf - Effingen		1			1	
	Schlieren - Glanzenberg	2.25	0.69		1	1	
	Spiez (Abzw) - Spiez	8			1		
3352	PYRETHROID-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG						
	Basel SBB West (Abzw) - Basel SBB Ost (Abzw)		48.33	27		6	2
	Brig - Brig Tunnel	202.16	584.41	200.76	12	35	13
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig	76.2	7.33		2	1	
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	278.36	630.41	173.76	14	33	11
	Lausen - Itingen	202.16	584.41	200.76	12	35	13
	Maroggia-Melano - Capolago-Riva S. Vitale		48			1	
	Möhlin - Rheinfelden	76.2	55.33		2	2	
	Olten - Olten Süd (Abzw)	202.16	584.41	200.76	12	35	13
	Riedtwil - Wynigen	72.5	256.36	85.21	5	19	6
	S. Nazzaro - Gerra (Gambarogno)	76.2	7.33		2	1	
	Schinznach Dorf - Effingen	76.2	55.33		2	2	

UN- Nummer	Substanz / DfA-Strecke	Nettotonnen			Anzahl Wagen		
		2014	2015	2016	2014	2015	2016
	Schlieren - Glanzenberg		48			1	
	Spiez (Abzw) - Spiez	202.16	584.41	200.76	12	35	13
3381	BEIM EINATMEN GIFTIGER FLÜSSIGER STOFF, N.A.G., mit einem LC₅₀-Wert von höchstens 200 ml/m³ und einer gesättigten Dampfkonzentration von mindestens 500 LC₅₀						
	Brig - Brig Tunnel	15			1		
	Lausen - Itingen	15			1		
	Olten - Olten Süd (Abzw)	15			1		
	Spiez (Abzw) - Spiez	15			1		
3383	Flüssigkeit, giftig beim Inhalieren, entzündbar						
	Brig - Brig Tunnel			18			1
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)			18			1
	Lausen - Itingen	3.33		18	1		1
	Möhlin - Rheinfelden	1.8			1		
	Olten - Olten Süd (Abzw)	3.33		18	1		1
	Riedtwil - Wynigen			18			1
	Schinznach Dorf - Effingen	1.8			1		
	Schlieren - Glanzenberg	1.8			1		
	Spiez (Abzw) - Spiez			18			1
3389	BEIM EINATMEN GIFTIGER FLÜSSIGER STOFF, ÄTZEND, N.A.G., mit einem LC₅₀-Wert von höchstens 200 ml/m³ und einer gesättigten Dampfkonzentration von mindestens 500 LC₅₀						
	Basel SBB West (Abzw) - Basel SBB Ost (Abzw)	27			1		
	Brig - Brig Tunnel			4.5			1
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)			4.5			1
	Lausen - Itingen			4.5			1
	Olten - Olten Süd (Abzw)			4.5			1
	Spiez (Abzw) - Spiez			4.5			1
3413	KALIUMCYANID, LÖSUNG						
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig		5			1	
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	31	5		1	1	
	Möhlin - Rheinfelden		5			1	
	Schinznach Dorf - Effingen		5			1	
3414	Natriumcyanid, giftig, wässrige Lösung						
	Brig - Brig Tunnel			11.25			1

UN- Nummer	Substanz / DfA-Strecke	Nettotonnen			Anzahl Wagen		
		2014	2015	2016	2014	2015	2016
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)			11.25			1
	Lausen - Itingen			11.25			1
	Olten - Olten Süd (Abzw)			11.25			1
	Schlieren - Glanzenberg	4.44			2		
	Spiez (Abzw) - Spiez			11.25			1
3440	SELENVERBINDUNG, FLÜSSIG, N.A.G.						
	Brig - Brig Tunnel	24.75	36.67		3	2	
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig	32		34.8	1		2
	Cossonay-Penthalaz - Daillens	29			1		
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)	56.75	25	34.8	4	1	2
	Lausanne Est - Pully	29			1		
	Lausen - Itingen	53.75	36.67		4	2	
	Les Paluds - Massongex	29			1		
	Ligerz - Twann	29			1		
	Maroggia-Melano - Capolago-Riva S. Vitale	92.5	79	42	2	4	4
	Möhlin - Rheinfelden	32		34.8	1		2
	Olten - Olten Hammer	29			1		
	Olten - Olten Süd (Abzw)	24.75	36.67		3	2	
	Riedtwil - Wynigen	17.75	25		2	1	
	S. Nazzaro - Gerra (Gambarogno)	32		34.8	1		2
	Schinznach Dorf - Effingen	32		34.8	1		2
	Spiez (Abzw) - Spiez	24.75	36.67		3	2	
3483	ANTIKLOPFMISCHUNG FÜR MOTORKRAFTSTOFF, ENTZÜNDBAR						
	Brugg AG Süd (Abzw) - Lupfig			66			1
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)			66			1
	Möhlin - Rheinfelden			66			1
	S. Nazzaro - Gerra (Gambarogno)			66			1
	Schinznach Dorf - Effingen			66			1
3488	BEIM EINATMEN GIFTIGER FLÜSSIGER STOFF, ENTZÜNDBAR, ÄTZEND, N.A.G., mit einem LC₅₀-Wert von höchstens 200 ml/m³ und einer gesättigten Dampfkonzentration von mindestens 500 LC₅₀						
	Brig - Brig Tunnel			9.81			2
	Gellert Nord (Abzw) - Basel SBB RB Nordkopf (Abzw)			9.81			2
	Lausen - Itingen			9.81			2

UN- Nummer	Substanz / DfA-Strecke	Nettotonnen			Anzahl Wagen		
		2014	2015	2016	2014	2015	2016
	Olten - Olten Süd (Abzw)			9.81			2
	Riedtwil - Wynigen			9.81			2
	Spiez (Abzw) - Spiez			9.81			2
3490	BEIM EINATMEN GIFTIGER FLÜSSIGER STOFF, MIT WASSER REAGIEREND, ENTZÜNDBAR, N.A.G., mit einem LC₅₀-Wert von höchstens 200 ml/m³ und einer gesättigten Dampfkonzentration von mindestens 500 LC₅₀						
	Lausen - Itingen			1.13			1
	Olten - Olten Süd (Abzw)			10.13			2
	Riedtwil - Wynigen			1.13			1
	Schlieren - Glanzenberg			9			1

Anhang C Herleitung der für den neuen Leitstoff relevanten leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten

Die Liste ist das Resultat der Anwendung der in Kapitel 4.2 beschriebenen Kriterien und Grenzwerte.

Tabelle 13: Liste der identifizierten, leicht flüchtigen, toxischen Flüssigkeiten entsprechend Kapitel 4.2

UN-Nummer	Stoffname nach RID	Klasse nach RID	Berücksichtigt
1092	ACROLEIN, STABILISIERT	6.1	ja
1163	DIMETHYLHYDRAZIN, ASYMMETRISCH	6.1	ja
1238	METHYLCHLORFORMIAT	6.1	ja
1239	METHYLCHLORMETHYLETHER	6.1	ja
1251	METHYLVINYLKETON, STABILISIERT	6.1	ja
1259	NICKELTETRACARBONYL	6.1	ja
1614	CYANWASSERSTOFF, STABILISIERT, mit weniger als 3 % Wasser und aufgesaugt durch ein inertes poröses Material	6.1	ja
1809	PHOSPHORTRICHLORID	6.1	ja
1834	SULFURYLCHLORID	6.1	ja
2334	ALLYLAMIN	6.1	ja
2480	METHYLISOCYANAT	6.1	ja
2481	ETHYLISOCYANAT	6.1	ja
2644	METHYLIODID	6.1	ja
2902	PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, N.A.G.	6.1	ja (mind. eine zugeordnete Substanz Kategorie 1-3)
2903	PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, N.A.G., mit einem Flammpunkt von 23 °C oder darüber	6.1	ja (mind. eine zugeordnete Substanz Kategorie 1-3)
2991	CARBAMAT-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, mit einem Flammpunkt von 23 °C oder darüber	6.1	ja (mind. eine zugeordnete Substanz Kategorie 1-3)
2992	CARBAMAT-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG	6.1	ja (mind. eine zugeordnete Substanz Kategorie 1-3)
3026	CUMARIN-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG	6.1	ja (mind. eine zugeordnete Substanz Kategorie 1-3)
3275	NITRILE, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, N.A.G.	6.1	nein (genaue Bestimmung Toxizität nicht möglich/LS Benzin)
3352	PYRETHROID-PESTIZID, FLÜSSIG, GIFTIG	6.1	nein (Kategorie 4)
3413	KALIUMCYANID, LÖSUNG	6.1	ja
1093	ACRYLNITRIL, STABILISIERT	3	ja
1099	ALLYLBROMID	3	ja
1100	ALLYLCHLORID	3	ja

UN- Nummer	Stoffname nach RID	Klasse nach RID	Berücksichtigt
3286	ENTZÜNDBARER FLÜSSIGER STOFF, GIFTIG, ÄTZEND, N.A.G.	3	nein (genaue Bestimmung Toxizität nicht möglich/LS Benzin)
1052	FLUORWASSERSTOFF, WASSERFREI	8	ja
1744	BROM oder BROM, LÖSUNG	8	ja
1790	FLUORWASSERSTOFFSÄURE mit mehr als 85 % Fluorwasserstoff	8	ja
1790	FLUORWASSERSTOFFSÄURE mit mehr als 60 % Fluorwasserstoff, aber höchstens 85 % Fluorwasserstoff	8	ja
1831	SCHWEFELSÄURE, RAUCHEND	8	ja