

# Beurteilungskriterien zur Störfallverordnung (StFV)

Ein Modul des Handbuchs zur Störfallverordnung (StFV)



# Beurteilungskriterien zur Störfallverordnung (StFV)

Ein Modul des Handbuchs zur Störfallverordnung (StFV)

# Impressum

## Rechtliche Bedeutung

Diese Publikation ist eine Vollzugshilfe des BAFU als Aufsichtsbehörde und richtet sich primär an die Vollzugsbehörden. Sie konkretisiert die bundesumweltrechtlichen Vorgaben (bzgl. unbestimmten Rechtsbegriffen und Umfang/Ausübung des Ermessens) und soll eine einheitliche Vollzugspraxis fördern. Berücksichtigen die Vollzugsbehörden diese Vollzugshilfe, so können sie davon ausgehen, dass sie das Bundesrecht rechtskonform vollziehen; andere Lösungen sind aber auch zulässig, sofern sie rechtskonform sind.

## Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)  
Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK)

## Projektleitung

Dr. Martin Merkofer (BAFU)

## Autoren

Michael Hösli (BAFU), Dr. Peter Gerber (Emch + Berger AG),  
Dr. Manuel Kaegi (Emch + Berger AG [bis Ende März 2017]),  
Dr. Renato Spahni (Emch + Berger AG)

## Begleitgruppe

Adrian Gloor (ASTRA), Bruno Stampfli (armasuisse), Chantal Imhof (SBB), Fabian Bilger (Erdöl-Vereinigung), Gilles Verdan (Gaznat), Graziella Mazza (BAFU), Linda Kren (scienceindustries), Mark Govoni (BAFU), Dr. Markus Flisch (Kanton BE), Markus Seibel (BLS), Marcel Huser (SBB), Martin Rahn (CARBURA), Martin Isler (BLS), Paul Kuhn (SBB), Peter Massny (SWISSGAS), Philippe Huber (BFE), Dr. Raymond Dumont (Kanton AG), Dr. Stefan Schnell (BAV), Thomas Christen (Kanton BS), Thomas Uriot (SAPPRO), Yves Amstutz (BFE)

## Zitierung

BAFU (Hrsg.) 2018: Beurteilungskriterien zur Störfallverordnung (StfV). Ein Modul des Handbuchs zur Störfallverordnung (StfV). Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1807; 49 S.

## Layout

Cavelti AG, Marken. Digital und gedruckt, Gossau

## Titelbild

© BAFU

## PDF-Download

[www.bafu.admin.ch/uv-1807-d](http://www.bafu.admin.ch/uv-1807-d)

(Eine gedruckte Fassung liegt nicht vor.)

Diese Publikation ist auch in französischer und italienischer Sprache verfügbar. Die Originalsprache ist Deutsch.

© BAFU 2018

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abstracts</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>Abschluss des Verfahrens</b>	<b>34</b>
<b>Vorwort</b>	<b>6</b>	8.1	Verfügung zusätzlicher Sicherheitsmassnahmen	34
<b>Einleitung</b>	<b>7</b>	8.2	Abschluss des Kontroll- und Beurteilungsverfahrens	34
<b>1 Indikatoren für Schädigungen</b>	<b>9</b>	<b>Anhänge</b>		
1.1 Aufgaben des Inhabers	9	A1	Spezifische Beurteilungskriterien für den Transport von Chlor auf der Schiene	35
1.2 Zu verwendende Schadenindikatoren	9	A2	Begriffsdefinitionen	39
<b>2 Schwere der Schädigungen</b>	<b>13</b>	A3	Formeln zur Berechnung der Störfallwerte	41
2.1 Störfallwerte	13	A4	Erläuterungen zum Kosten-Nutzen Ansatz	43
2.2 Kriterien für die schwere Schädigung	14	A5	Abkürzungsverzeichnis	49
<b>3 Darstellung des Risikos</b>	<b>15</b>			
3.1 W/A-Diagramm	15			
<b>4 Beurteilung auf Stufe Kurzbericht</b>	<b>16</b>			
4.1 Aufgabe der Vollzugsbehörde	16			
4.2 Beurteilung bei Betrieben	17			
4.3 Beurteilung bei Verkehrswegen und Rohrleitungsanlagen	17			
4.4 Abschluss des Verfahrens auf Stufe Kurzbericht	18			
<b>5 Beurteilung der Personenrisiken auf Stufe Risikoermittlung</b>	<b>19</b>			
5.1 Aufgabe der Vollzugsbehörde	19			
5.2 Beurteilung	19			
<b>6 Beurteilung der Umweltrisiken auf Stufe Risikoermittlung für Betriebe und neue netzförmige Anlagen</b>	<b>23</b>			
6.1 Aufgabe der Vollzugsbehörde	23			
6.2 Beurteilung	23			
<b>7 Beurteilung der Umweltrisiken für bestehende netzförmige Anlagen</b>	<b>25</b>			
7.1 Einführung Kosten-Nutzen-Ansatz	25			
7.2 Beurteilung aufgrund der Ergebnisse auf Stufe Kurzbericht (Screening)	26			
7.3 Prüfung und Beurteilung zusätzlicher Sicherheitsmassnahmen nach K/N-Ansatz	27			
7.4 Methodik und Parameter Kosten-Nutzen-Ansatz	29			

Die Begriffsdefinitionen (Glossar) und das Abkürzungsverzeichnis befinden sich im allgemeinen Teil.

---

# Abstracts

The Major Accidents Ordinance assessment criteria provide enforcement authorities and owners of installations that are subject to the Major Accidents Ordinance (MAO) with a tool to encourage a consistent approach to assessing summary reports and risk reports for establishments handling substances, preparations or special wastes, transport routes or pipeline installations. They are based on Art. 22 MAO, under which the FOEN is permitted to publish guidelines for the assessment of summary reports and risk reports.

**Keywords:**

*Major Accidents Ordinance, summary report, risk report, acceptability of risks*

Die Beurteilungskriterien zur Störfallverordnung liefern den Vollzugsbehörden und Inhabern von Anlagen im Geltungsbereich der Störfallverordnung (StFV) ein Hilfsmittel, welches eine einheitliche Praxis bei der Beurteilung von Kurzberichten und Risikoermittlungen für Betriebe mit Stoffen, Zubereitungen oder Sonderabfällen, Verkehrswege und Rohrleitungsanlagen fördert. Sie stützen sich auf Art. 22 StFV, welcher dem BAFU die Möglichkeit gibt, Richtlinien zur Beurteilung von Kurzberichten und Risikoermittlungen zu veröffentlichen.

**Stichwörter:**

*Störfallverordnung, Kurzbericht, Risikoermittlung, Tragbarkeit von Risiken*

Les critères d'appréciation relatifs à l'ordonnance sur les accidents majeurs (OPAM) constituent un outil à l'intention des autorités d'exécution et des détenteurs d'installations soumises à l'OPAM. Le but de la présente aide à l'exécution est de favoriser une pratique uniforme lors de l'examen des rapports succincts et des études de risque concernant les entreprises travaillant avec des substances, des préparations ou des déchets spéciaux, les voies de communication et les installations de transport par conduites. Ces critères s'appuient sur l'art. 22 OPAM, qui confère à l'OFEV la compétence d'élaborer des directives pour l'examen des rapports succincts et des études de risque.

**Mots-clés :**

*ordonnance sur les accidents majeurs, rapport succinct, étude de risque, acceptabilité des risques*

Per le autorità esecutive e i detentori di impianti nel campo di applicazione dell'ordinanza sulla protezione contro gli incidenti rilevanti (OPIR), i criteri di valutazione relativi a questa ordinanza rappresentano uno strumento ausiliario che permette di promuovere una prassi unitaria nella valutazione di brevi rapporti e nella determinazione dei rischi per le aziende che utilizzano sostanze, preparati o rifiuti speciali come pure per le vie di comunicazione e gli impianti di trasporto in condotta. I criteri si basano sull'articolo 22 OPIR, che consente all'UFAM di pubblicare direttive per valutare il breve rapporto e la determinazione dei rischi.

**Parole chiave:**

*ordinanza sulla protezione contro gli incidenti rilevanti, breve rapporto, analisi dei rischi, sopportabilità dei rischi*

---

# Vorwort

Die am 1. April 1991 in Kraft gesetzte Störfallverordnung (StFV) soll die Bevölkerung und die Umwelt vor schweren Schädigungen infolge von Störfällen schützen. Sie sieht dabei ein zweistufiges Kontroll- und Beurteilungsverfahren mit einem risikobasierten Ansatz vor. Bei Betrieben mit Stoffen, Zubereitungen oder Sonderabfällen ist auf Stufe Kurzbericht zu beurteilen, ob schwere Schädigungen für die Bevölkerung oder die Umwelt infolge von Störfällen nicht zu erwarten sind und bei Verkehrswegen und Rohrleitungsanlagen, ob die Wahrscheinlichkeit mit der ein Störfall mit schweren Schädigungen eintritt hinreichend klein ist. Falls dies nicht ausgeschlossen werden kann, so verlangt die Störfallverordnung die Erstellung einer Risikoermittlung, aufgrund derer die Vollzugsbehörde die Tragbarkeit des Risikos zu beurteilen und bei Bedarf zusätzliche Sicherheitsmassnahmen zu verfügen hat.

1996 wurden die Beurteilungskriterien I zur StFV für Betriebe und 2001 die Beurteilungskriterien II für Verkehrswege publiziert. Die Beurteilung der Umweltrisiken wurde in den Beurteilungskriterien für die Verkehrswege aufgrund fehlender Erfahrungen lediglich zur weiteren Erprobung aufgenommen. Die gesammelten Erfahrungen im Umgang mit der Beurteilung der Umweltrisiken bei Verkehrswegen haben nun gezeigt, dass die zur Erprobung festgelegten absoluten Kriterien bei bestehenden netzförmigen Störfallanlagen (Verkehrswege und Ölleitungen) nicht verhältnismässig sind. Deshalb hat eine breit abgestützte Arbeitsgruppe zu deren Beurteilung einen Kosten-Nutzen-Ansatz erarbeitet, welcher nun die Grundlage zur Umsetzung zusätzlicher Sicherheitsmassnahmen bei netzförmigen Störfallanlagen zum Schutz der Umwelt bildet. Neben der Einführung des Kosten-Nutzen-Ansatzes wurden die Beurteilungskriterien I und II von 1996 resp. 2001 zusammengeführt und die seit 2013 in den Geltungsbereich der StFV fallenden Rohrleitungsanlagen (Erdgas- und Erdölleitungen) aufgenommen. Die vorliegende Vollzugshilfe enthält nun definitive Beurteilungskriterien für Personen- und Umweltrisiken betreffend alle Anlagen, welche der Störfallverordnung unterstellt sind. Integriert wurden auch die kürzlich veröffentlichten Beurteilungskriterien für den Transport von Chlor auf der Schiene, die – wie in der Gemeinsamen Erklärung II vereinbart – vom BAFU gemeinsam mit dem BAV und den betroffenen Stakeholdern erarbeitet wurden. Damit werden die Risiken der Chlortransporte auf Grund des besonderen Ausmasspotenzials als Sonderfall unter den Risiken der Gefahrguttransporte behandelt, um den gesellschaftlichen und politischen Anliegen unter Berücksichtigung des bestehenden rechtlichen Rahmens Rechnung zu tragen.

Ich bin überzeugt, dass diese Beurteilungskriterien einen wesentlichen Beitrag zu einer fundierten Risikobeurteilung leisten und zu einem optimalen Schutz der Bevölkerung und der Umwelt beitragen.

Paul Steffen, Vizedirektor  
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

---

# Einleitung

Die mit Beschluss des Bundesrates vom 27. Februar 1991 auf den 1. April 1991 in Kraft gesetzte Verordnung über den Schutz vor Störfällen (*Störfallverordnung* StFV, SR 814.012) gibt dem BAFU in Artikel 22 die Möglichkeit, bei Bedarf Richtlinien zu veröffentlichen, welche die wesentlichen Bestimmungen der Verordnung erläutern. Dazu gehören insbesondere die Bestimmungen über den Geltungsbereich, die Sicherheitsmassnahmen, die Erstellung des Kurzberichts und der Risikoermittlung sowie deren Prüfung und Beurteilung.

*Rechtliche Grundlagen*

Die vorliegende Vollzugshilfe ist ein Modul zum *Handbuch* zur Störfallverordnung und hat zum Ziel, den Vollzugsbehörden und Inhabern von Anlagen ein Hilfsmittel zu liefern, welches eine einheitliche Praxis bei der Beurteilung von Betrieben mit Stoffen, Zubereitungen oder Sonderabfällen, Verkehrswegen und Rohrleitungsanlagen fördert (siehe rechtlicher Stellenwert der Vollzugshilfe im Impressum). Sie ersetzt die Beurteilungskriterien I und II des BUWAL aus dem Jahr 1996 bzw. 2001.

*Ziel der Vollzugshilfe*

Im Rahmen des Kontroll- und Beurteilungsverfahrens haben die Vollzugsbehörden für die StFV unter anderem zu beurteilen:

*Beurteilungsaufgaben*

- auf Stufe Kurzbericht: ob bei Betrieben schwere Schädigungen nicht zu erwarten sind oder bei Verkehrswegen und Rohrleitungsanlagen, ob die Wahrscheinlichkeit mit der ein Störfall mit schweren Schädigungen für die Bevölkerung und die Umwelt eintritt, hinreichend klein ist, und
- auf Stufe Risikoermittlung: ob das Risiko tragbar ist.

Voraussetzung für die Anwendung dieser Beurteilungskriterien ist, dass die Vollzugsbehörde geprüft hat, dass der Kurzbericht resp. die Risikoermittlung vollständig und richtig ist sowie gemäss den für die entsprechenden Anlagen erarbeiteten Grundlagen (*Handbuch* zur Störfallverordnung und deren Module, Rahmenberichte, Screeningmethodiken<sup>1</sup> etc.) aufbereitet sind. Dies gilt sowohl für die zur Entstehung des Störfalls beitragenden Szenarien (z. B. Berücksichtigung der relevanten Prozesse bei einer Freisetzung ins Gewässer) als auch für die Ausmass- und Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen (z. B. über Probit-Funktionen<sup>2</sup> für Schädigungen an den Menschen).

*Voraussetzungen*

Bei der Ermittlung des Ausmasses eines Störfalls durch den Anlageninhaber sind die Schädigungen zu berücksichtigen, die eine direkte Folge dieses Störfalls sind (z. B. Schädigungen eines Gewässers infolge eines direkten Eintrags). Allfällige indirekte Auswirkungen dieses Störfalls auf benachbarte

*Direkte und indirekte Auswirkungen eines Störfalls*

<sup>1</sup> Link zu den *Vollzugshilfen des BAFU* und Link zu den *Publikationen von Vollzugsstellen und Branchen*.

<sup>2</sup> Probitfunktionen stellen eine Dosis-Wirkungsbeziehung dar und ermöglichen die Einschätzung der Auswirkungen auf den Menschen.

---

Störfallanlagen im Sinne eines Domino-Effektes sind durch den Inhaber der benachbarten Anlage zu berücksichtigen<sup>3</sup>.

Diese Vollzugshilfe richtet sich in erster Linie an die für den Vollzug der StFV zuständigen Behörden sowie an die Inhaber von Anlagen.

*Adressaten*

Im 1. Kapitel werden die zu verwendenden Schadenindikatoren definiert. Im 2. Kapitel werden den möglichen Schädigungen Störfallwerte zugeteilt sowie die Kriterien für die schwere Schädigung festgelegt. Das 3. Kapitel führt die Darstellung der Risiken im W/A-Diagramm ein und das 4. Kapitel erläutert die Beurteilung auf der Stufe des Kurzberichts. Die Beurteilung der Tragbarkeit der Personenrisiken auf Stufe Risikoermittlung ist Gegenstand des Kapitels 5. Anhang A1 enthält die für den Transport von Chlor auf der Schiene spezifischen Beurteilungskriterien. Kapitel 6 und 7 behandeln die Beurteilung der Tragbarkeit der Umweltrisiken bei Betrieben bzw. bei netzförmigen Anlagen (Verkehrswegen, Rhein und Rohrleitungsanlagen). Schliesslich wird noch der Abschluss des Kontroll- und Beurteilungsverfahrens im Kapitel 8 angesprochen.

*Aufbau*

Den Erläuterungen in den einzelnen Abschnitten geht meistens der kursiv gedruckte Verordnungstext voraus. Mit unterstrichenem und kursiv geschriebenem Text wird zudem auf Rechtserlasse, Vollzugshilfen des BAFU und Publikationen Dritter verwiesen. Es handelt sich dabei um Links auf die entsprechenden Quellen im Internet. Sie können bei elektronischen Versionen durch Drücken der Taste «Control (CTRL)» und der «linken Maustaste» aktiviert werden.

<sup>3</sup> Löst der erste Störfall im Sinne eines Domino-Effektes einen Störfall in einer benachbarten, der Störfallverordnung unterstellten Anlage aus, sind die sich aus dem zweiten Störfall ergebenden Schädigungen im Rahmen des die zweite Anlage betreffenden Kontroll- und Beurteilungsverfahrens zu ermitteln und beurteilen. Der Inhaber der ersten Anlage muss die für diese Abschätzungen erforderlichen Grundlagen zur Verfügung stellen. Er muss die indirekten Auswirkungen in seinem Kurzbericht resp. seiner Risikoermittlung aber nicht abhandeln. Falls die vom Domino-Effekt betroffene Anlage nicht der Störfallverordnung untersteht, sind keine weiteren Abklärungen im Sinne der Störfallverordnung zu unternehmen, da dann nicht von einer schweren Schädigung auszugehen ist.



---

# 1 Indikatoren für Schädigungen

## 1.1 Aufgaben des Inhabers

1 Der Inhaber eines Betriebs muss der Vollzugsbehörde einen Kurzbericht einreichen. Dieser umfasst:

...

f. eine Einschätzung des Ausmasses der möglichen Schädigungen der Bevölkerung oder der Umwelt infolge von Störfällen.

Kurzbericht des  
Inhabers  
(Art. 5 StFV)

2 Der Inhaber eines Verkehrswegs muss der Vollzugsbehörde einen Kurzbericht einreichen. Dieser umfasst:

...

d. eine Einschätzung der Wahrscheinlichkeit eines Störfalles mit schweren Schädigungen der Bevölkerung oder der Umwelt.

3 Der Inhaber einer Rohrleitungsanlage muss der Vollzugsbehörde einen Kurzbericht einreichen. Dieser umfasst:

...

d. eine Einschätzung der Wahrscheinlichkeit eines Störfalles mit schweren Schädigungen der Bevölkerung oder der Umwelt.

---

Der Inhaber<sup>4</sup> hat gemäss Artikel 5 StFV im Kurzbericht unter anderem eine Einschätzung des Ausmasses der möglichen Schädigungen der Bevölkerung oder der Umwelt infolge von Störfällen bzw. der Wahrscheinlichkeit eines Störfalles mit schweren Schädigungen der Bevölkerung oder der Umwelt einzureichen.

Um diese Einschätzungen vornehmen zu können, muss die mögliche Schädigung der Bevölkerung oder der Umwelt quantifiziert werden. Die verschiedenen Schutzobjekte sind im Hinblick auf die Anwendung der Beurteilungskriterien anhand von Schadenindikatoren zu erfassen.

## 1.2 Zu verwendende Schadenindikatoren

Die in erster Linie zu verwendenden Schadenindikatoren sind in Tabelle 1 aufgeführt.

<sup>4</sup> Die wichtigsten Begriffe sind im Anhang A2 definiert. Der Begriff Inhaber ist, wie alle personenbezogenen Begriffe in dieser Vollzugshilfe, geschlechtsneutral zu verstehen.

Tab. 1

## Zu verwendende Schadenindikatoren

Schadenindikator	Bemerkungen
<b>Bevölkerung</b> Anzahl Todesopfer	Als Todesopfer gelten für die Ermittlung der Schädigung Personen aus der Bevölkerung, die innerhalb von 30 Tagen an den Folgen des Störfalls sterben. Eingeschlossen sind Drittpersonen innerhalb des Betriebsareals (z. B. Sporttreibende oder Zuschauer in Kunsteisbahnen und Eisstadion, Badegäste in Badeanlagen etc.), sowie die Bevölkerung in der Umgebung des Verkehrswegs, Reisende in Zügen und auf Bahnhöfen und die Personen im Strassenraum (z. B. Strassenbenutzer). Ausgenommen sind das Personal sowie andere Personen, die in einem Auftragsverhältnis zum Inhaber stehen und sich auf dem Betriebsareal der Anlage aufhalten (z. B. Bauarbeiter, Servicedienstleister etc.). Ebenfalls nicht berücksichtigt werden Angehörige der Armee, welche ihre militärische Dienstleistung in einem der StfV unterstehenden Betrieb des VBS absolvieren.
<b>Verunreinigte oberirdische Gewässer</b>	Als oberirdische Gewässer gelten Wasser und Gewässerbett mit Sohle und Böschung sowie die tierische und pflanzliche Besiedlung (Art. 4 GSchG).
Volumen verunreinigter Gewässer	Als Volumen <sup>5</sup> verunreinigter oberirdischer Gewässer gilt das theoretische Volumen Wasser, für welches der Eintrag eine Konzentration an Schadstoff ergibt, die: · dem Grenzwert gemäss Verordnung des EDI vom 16. Dezember 2016 über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV) <sup>6</sup> am Entnahmeort nach der Aufbereitung <sup>7</sup> oder · der LC50- bzw. der EC50-Konzentration für Fische und/oder Daphnien entspricht.
oder Fläche verunreinigter Gewässer	Als Fläche verunreinigter oberirdischer Gewässer gilt die theoretische Fläche, für welche der Eintrag eine Belastung durch Mineralölprodukte <sup>8</sup> von 15 g m <sup>-2</sup> ergibt.

5 Volumen Wasser, für welches der Grenzwert gemäss TBDV oder die LC50- oder EC50-Konzentrationen für Fische und/oder Daphnien resultierend aus einer homogenen Verteilung einer definierten Schadstoffmenge in ein virtuelles Wasservolumen überschritten wird. Bsp.: 100 kg eines Schadstoffs mit einem EC50-Wert von 5 mg/L vermögen 20000 m<sup>3</sup> Wasser mit einer Konzentration entsprechend dem EC50-Wert zu verunreinigen.

6 Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20143396/index.html>

7 Bei Trinkwasseraufbereitungsanlagen ist der Einfluss der chemisch-physikalischen Aufbereitungsprozesse zu berücksichtigen.

8 Darunter werden flüssige Gefahrgüter verstanden, die sich nicht mit Wasser mischen, eine geringere Dichte als Wasser aufweisen und deshalb auf Wasser aufschwimmen. In der *Screeningmethodik* der Umweltrisiken bei den Bahnen wird diese Stoffgruppe als Leitstoff Mineralölprodukte bezeichnet.

Schadenindikator	Bemerkungen
<b>Verunreinigte unterirdische Gewässer (Grundwasser)<sup>9</sup></b>	Als Grundwasser gelten Grundwasserschutzzonen S mit Fassungen der öffentlichen Trinkwasserversorgung. Eine Trinkwasserfassung fällt im Sinne dieser Vollzugshilfe aus, wenn der Grenzwert gemäss TBDV <sup>5</sup> überschritten ist. Fehlt für einen bestimmten Stoff ein solcher Grenzwert in der TBDV, ist auf die aktuelle Ausgabe der Empfehlungen der WHO (Guidelines for Drinking-water Quality, Recommendations <sup>10</sup> ) zurückzugreifen oder es ist der Grenzwert für einen vergleichbaren Stoff zu verwenden.
Ausfall in Personenmonaten oder Mio. Liter	Unter dem Ausfall einer Trinkwasserfassung in Personenmonaten wird das Produkt der Anzahl betroffener Personen mit der Anzahl Monate, während der die Anforderungen nicht mehr erfüllt sind, verstanden. Es wird mit einem pro Kopf-Verbrauch von 360 Litern pro Tag gerechnet. Wird der Ausfall in Mio. L ausgewiesen, so wird auf die Umrechnung mittels des pro Kopf-Verbrauchs verzichtet. Zur Bestimmung des Ausfalls in Personenmonaten oder Mio. L wird auf Stufe Kurzbericht die konzessionierte Trinkwasserförderleistung und auf Stufe Risikoermittlung die effektive Förderleistung der Fassung verwendet. Vorhandene Ersatzlösungen dürfen nicht berücksichtigt werden. Zur Bestimmung der Ausfalldauer <sup>11</sup> der Fassung sind die Sanierung und die Intervention zu berücksichtigen.

In begründeten Ausnahmefällen können die in den Tabellen 2 und 3 aufgeführten Schadenindikatoren zur Anwendung kommen.

Tab. 2

**Schadenindikator Anzahl Verletzte**

Schadenindikator	Bemerkungen
<b>Bevölkerung Anzahl Verletzte</b>	Als Verletzte gelten Schwerverletzte und Personen mit bleibenden gesundheitlichen Schäden sowie Leichtverletzte, sofern sie eine ambulante Behandlung im Spital oder durch einen Arzt bzw. eine Ärztin benötigen. Dieser Indikator wird für hochaktive Stoffe (HAS) und sonst nur in begründeten Ausnahmefällen – an Stelle des Indikators Anzahl Todesopfer – verwendet. Ein solcher Ausnahmefall kann beispielsweise dann vorliegen, wenn zwischen der zu einer Verletzung führenden und der letalen Dosis ein sehr grosser Unterschied besteht oder die nach einer Freisetzung erreichten Konzentrationen nicht zu Todesfällen führen. Als Richtwert ist bei einem Unterschied zwischen der letalen Dosis (z. B. AEGL-3 oder TEEL-3-Werte) und der Dosis, welche eine schwere, lang andauernde oder fluchtbehindernde Wirkung entfaltet (z. B. AEGL-2 oder TEEL-2-Werte <sup>12</sup> ) von ca. einem Faktor 15 mit der Vollzugsbehörde Rücksprache zu nehmen, welcher Schadenindikator anzuwenden ist. Für Szenarien mit Wärmestrahlung ist der Schadenindikator Todesopfer zu verwenden.

9 Die Beurteilungskriterien gelten nicht für Umweltrisiken in Karstgebieten. Im Rahmen der Pilotrisikoermittlungen hat sich herausgestellt, dass aufgrund der speziellen geologischen Gegebenheiten die Ausmasse mit den heute verwendeten Methoden nicht zuverlässig zu erfassen sind. Diese methodischen Schwierigkeiten sind ausserhalb der Beurteilungskriterien zu lösen. Bis hierzu eine Lösung gefunden wird, gelten die Beurteilungskriterien nicht für Karstgebiete.

10 Guidelines for Drinking-water Quality, WHO, 2017 [www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/drinking-water-quality-guidelines-4-including-1st-addendum/fr/](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/drinking-water-quality-guidelines-4-including-1st-addendum/fr/)

11 Z. B. Methodik für Bahnen «Quantifizierung des Nutzens von kostenintensiven Umweltmassnahmen für Bahnanlagen, 15.4.2016, Emch + Berger» (Bericht).

12 Die publizierten AEGL- und TEEL-Werte entsprechen Konzentrationen. Zur Verwendung als Störfallbeurteilungsgrenzwerte sind sie über die erwartete Expositionsdauer noch in Dosen umzurechnen.

**Tab. 3**  
**Schadenindikator Boden**

Schadenindikator	Bemerkungen
<b>Boden</b> Beeinträchtigte Bodenfruchtbarkeit	<p>Als Boden gilt die oberste unversiegelte Erdschicht, in der Pflanzen wachsen können (USG Art. 7 Abs. 4<sup>bis</sup>)</p> <p>Die Bodenfruchtbarkeit ist im Sinne dieser Vollzugshilfe beeinträchtigt, wenn eine landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche sowie gartenbauliche Nutzung während mindestens einem Jahr nicht mehr möglich ist.</p> <p>Unter der Beeinträchtigung der Bodenfruchtbarkeit, ausgedrückt in Flächenjahren, wird das Produkt der betroffenen Fläche mit der Anzahl Jahre der Beeinträchtigung verstanden.</p> <p>Der Schadenindikator Boden kommt in Ausnahmefällen bei Betrieben zur Anwendung, sofern der Schaden durch keine anderen Indikatoren aus den Tab. 1 und 2 abgedeckt werden kann. Dies kann z. B. bei einer Freisetzung von hochaktiven Stoffen (HAS) der Fall sein.</p>

Diese Vollzugshilfe erhebt nicht den Anspruch, Kriterien für die Beurteilung der Schädigung aller möglichen Schutzgüter zu liefern. Die Vollzugshilfe beschränkt sich auf die Festlegung von quantitativen Kriterien für Schädigungen am Menschen, dem Boden sowie oberirdischen und unterirdischen Gewässern. Es ist davon auszugehen, dass die beschriebenen Schadenindikatoren den Bedürfnissen der Beurteilung des Risikos in den allermeisten Fällen ausreichend gerecht werden. In besonderen Situationen (z. B. bei Naturschutz- und Erholungsgebieten, Landschaften und Biotopen von nationaler oder regionaler Bedeutung) ist es möglich, dass die aufgeführten Schadenindikatoren den Gegebenheiten nicht ausreichend gerecht werden. In solchen Fällen kann die Vollzugsbehörde daher ausnahmsweise vom Inhaber verlangen, dass ein anderer Schadenindikator verwendet wird.

*Abgrenzungen*

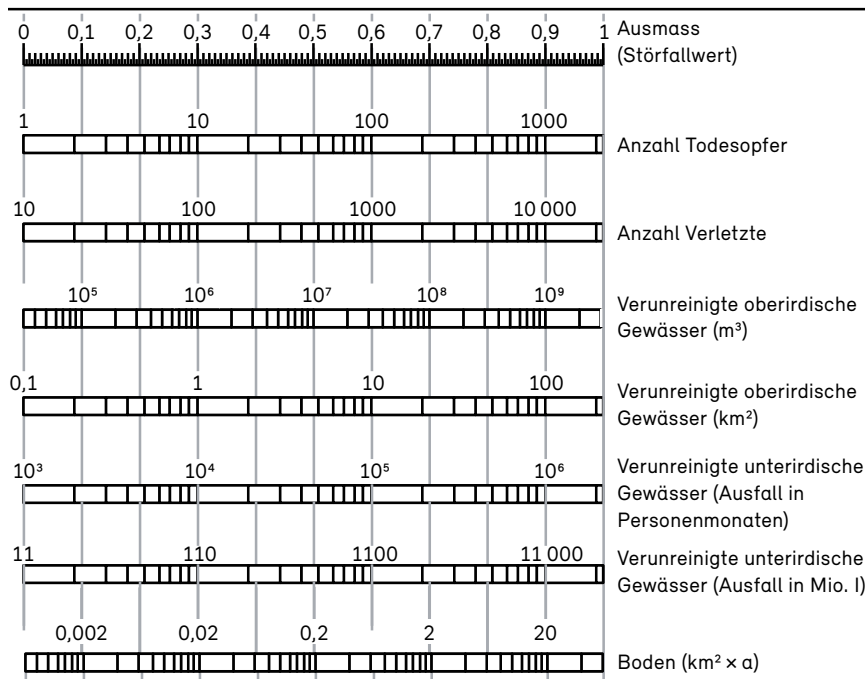
Fremde Sachwerte gelten im Sinne des USG nur insofern als Schutzgüter, als sie dem Menschen als Lebensgrundlage dienen oder als sie durch die Beeinträchtigung der natürlichen Umwelt betroffen werden. In die erste Kategorie würden fast ausschliesslich Wohngebäude fallen, in die zweite z. B. Anlagen zur Trinkwasserversorgung. Die zwei Fälle sind bereits durch die Indikatoren Bevölkerung, Oberflächengewässer und Grundwasser abgedeckt. Ein Schadenindikator Sachwerte wird deshalb nicht in diese Vollzugshilfe aufgenommen.

# 2 Schwere der Schädigungen

## 2.1 Störfallwerte

Die Quantifizierung der Schädigungen der Bevölkerung oder der Umwelt gemäss Kapitel 1.2 liefert je nach Indikator Ergebnisse in unterschiedlichen Einheiten. Im Hinblick auf eine Beurteilung in einem einheitlichen Raster werden diese Ergebnisse als Störfallwert ausgedrückt. Die Zuteilung der Schädigungen zu den Störfallwerten erfolgt gemäss Abbildung 1. Die entsprechenden Formeln zur Zuteilung der Störfallwerte sind im Anhang A3 aufgeführt.

**Abbildung 1**  
Zuteilung von Störfallwerten



## 2.2 Kriterien für die schwere Schädigung

Störfallwerte  $\geq 0,3$  entsprechen einer schweren Schädigung im Sinne von Art. 1 Abs. 1 StFV. Aus der Zuteilung von Störfallwerten gemäss Kapitel 2.1 ergibt sich die Schwelle der schweren Schädigung wie in Tabelle 4 zusammengefasst.

Tab. 4

Kriterien für die schwere Schädigung

Schadenindikator	Schwere Schädigung ( $\equiv$ Störfallwert 0,3)
<b>Bevölkerung</b> Anzahl Todesopfer	$\geq 10$
<b>Verunreinigte oberirdische Gewässer</b> Volumen verunreinigter oberirdische Gewässer Fläche verunreinigter oberirdische Gewässer	$\geq 10^6 \text{ m}^3$ $\geq 1 \text{ km}^2$
<b>Verunreinigte unterirdische Gewässer (Grundwasser)</b> Ausfall einer Trinkwasserfassung in Personenmonaten oder Mio. Liter	$\geq 10\,000 \text{ P} \times \text{M}^{13}$ oder $\geq 110 \text{ Mio. L}$
<b>Bevölkerung</b> Anzahl Verletzte	$\geq 100$
<b>Boden</b> beeinträchtigte Bodenfruchtbarkeit in Flächenjahren	$\geq 0,02 \text{ km}^2 \times \alpha$

13 Die Arbeitsgruppe «Beurteilungskriterien zur StFV» hat im Jahr 2009 aus Vollzugsgründen und aus dem Blickwinkel des Katastrophenschutzes die Verwendung einer Trinkwasserförderleistung von kleiner 2500 l/min als **Ausschlusskriterium** für Störfallbetrachtungen vorgeschlagen. Dieses Ausschlusskriterium wird seither im Vollzug verwendet und behält seine Gültigkeit. Die ausgefallene Trinkwasserförderleistung entspricht dabei der kumulierten Förderleistung der sich in Wirkdistanz befindenden Trinkwasserfassungen. Dabei werden nur Fassungen kumuliert, für welche die konzessionierte Fördermenge mindestens 500 l/min beträgt.

## 3 Darstellung des Risikos

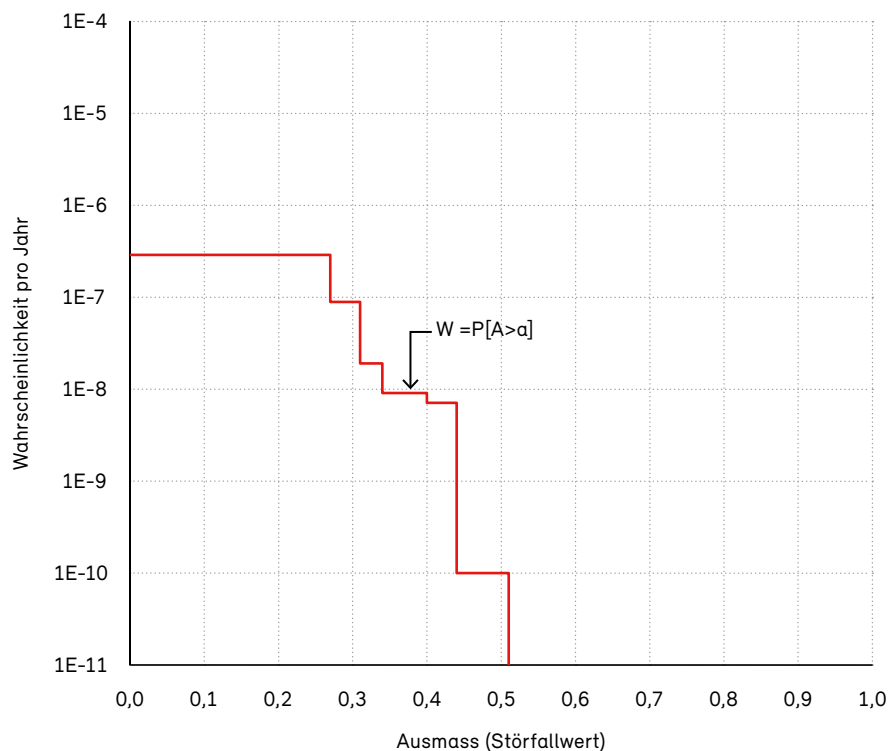
### 3.1 W/A-Diagramm

Aufgrund der Störfallszenarien, die im Rahmen einer Risikoermittlung (oder – auf Stufe Kurzbericht – eines Screening-Verfahrens) berücksichtigt werden müssen, ergeben sich eine Vielzahl von Ausmass- und Wahrscheinlichkeitspaaren, die als so genannte Summenkurven (komplementär-kumulative Verteilungsfunktion) im W/A-Diagramm darzustellen sind. Dazu werden alle Szenarien nach dem Umfang des Ausmasses in absteigender Reihenfolge geordnet, um alsdann die Eintretenswahrscheinlichkeiten aufzusummieren. Die Beziehungen zwischen Ausmassen und kumulierten Eintretenswahrscheinlichkeiten ergeben die Summenkurve im W/A-Diagramm.

#### Abbildung 2

##### Summenkurve

$P[A>a]$ : komplementär-kumulative Verteilungsfunktion (Summenkurve), d. h. Wahrscheinlichkeit, dass das Ausmass eines Störfalls  $A$  einen Störfallwert grösser als  $a$  annimmt.



---

# 4 Beurteilung auf Stufe Kurzbericht

## 4.1 Aufgabe der Vollzugsbehörde

---

1 Die Vollzugsbehörde prüft, ob der Kurzbericht vollständig und richtig ist.

Beurteilung des  
Kurzberichts  
(Art. 6 StfV)

2 Insbesondere prüft sie:

a. bei Betrieben, ob die Einschätzung des Ausmasses der möglichen Schädigungen (Art. 5 Abs. 1 Bst. f) plausibel ist;

b. bei Verkehrswegen, ob die Einschätzung der Wahrscheinlichkeit eines Störfalls mit schweren Schädigungen (Art. 5 Abs. 2 Bst. d) plausibel ist;

c. bei Rohrleitungsanlagen, ob die Einschätzung der Wahrscheinlichkeit eines Störfalls mit schweren Schädigungen (Art. 5 Abs. 3 Bst. d) plausibel ist.

3 Sie beurteilt, nach einer allfälligen Besichtigung vor Ort, ob die Annahme zulässig ist, dass:

a. bei Betrieben schwere Schädigungen der Bevölkerung oder der Umwelt infolge von Störfällen nicht zu erwarten sind;

b. bei Verkehrswegen die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Störfall mit schweren Schädigungen eintritt, hinreichend klein ist;

c. bei Rohrleitungsanlagen die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Störfall mit schweren Schädigungen eintritt, hinreichend klein ist.

4 Ist diese Annahme nicht zulässig, so verfügt sie, dass der Inhaber eine Risikoermittlung nach Anhang 4 erstellen muss.

---

Was die im Artikel 6 StfV verlangte Prüfung betrifft, gelten die Ausführungen im *Handbuch* zur Störfallverordnung und dessen Modulen. Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass die Vollzugsbehörden diese Prüfung vorgenommen haben.



---

## 4.2 Beurteilung bei Betrieben

Bei der Beurteilung der möglichen Schädigungen der Bevölkerung oder der Umwelt infolge von Störfällen hat die Vollzugsbehörde zu beurteilen, ob schwere Schädigungen für die Bevölkerung oder die Umwelt infolge von Störfällen gemäss Tabelle 4 nicht zu erwarten sind.

## 4.3 Beurteilung bei Verkehrswegen und Rohrleitungsanlagen<sup>14</sup>

Bei Verkehrswegen (Bahnen, Strassen, Rhein) kann die Beurteilung entweder auf Basis der Ergebnisse der Methode zur Berechnung der Häufigkeit einer schweren Schädigung oder mit einer Screening-Methode erfolgen. Bei Rohrleitungsanlagen (Erdgashochdruck- und Erdölleitungen), Strassen und den Bahnstrecken exklusive Tunnels erfolgt die Beurteilung in der Regel mit der Screening-Methode.

Bei der Methode zur Berechnung der Häufigkeit einer schweren Schädigung liegt als Ergebnis die Abschätzung der Wahrscheinlichkeit als Häufigkeit  $H_s$  von schweren Schädigungen pro 100 m und Jahr – oder auch pro km und Jahr – vor.

Mit der Screening-Methode liegen vereinfacht und konservativ berechnete, auf 100 m Streckenlänge normierte Summenkurven im W/A-Diagramm vor. Aus den Erfahrungen mit den Screening-Resultaten können Ausschlusskriterien<sup>15</sup> definiert werden, mit welchen Segmente ausgeschieden werden können, die als unbedenklich betrachtet werden. Diese Segmente sind dann im Rahmen des Screenings nicht mehr separat zu betrachten. Die zur Ermittlung der Summenkurven und der Ausschlusskriterien verwendeten Methoden werden von der zuständigen Vollzugsbehörde unter Einbezug des BAFU geprüft und genehmigt, so dass die Ergebnisse die Anforderungen an die Abschätzung der Wahrscheinlichkeit von schweren Schädigungen erfüllen. Es wird vorausgesetzt, dass Abschätzungen und Summenkurven sich auf Streckensegmente beziehen, die bezüglich Umgebung, Verkehr und Sicherheitsmassnahmen in etwa homogen sind.

### Beurteilung aufgrund der Häufigkeit $H_s$ bei Verkehrswegen

- Ist  $H_s \geq 5 \times 10^{-6}$  pro 100 m und Jahr, verfügt die Vollzugsbehörde für das untersuchte Streckensegment und den entsprechenden Schadenindikator eine Risikoermittlung nach Artikel 6 Absatz 4 StFV.
- Ist  $H_s < 5 \times 10^{-6}$  und  $\geq 5 \times 10^{-8}$  pro 100 m und Jahr, entscheidet die Vollzugsbehörde, ob für das untersuchte Streckensegment und den entsprechenden Schadenindikator eine Risikoermittlung nach Artikel 6 Absatz 4 StFV zu verfügen ist.

<sup>14</sup> Betreffend die Beurteilung des Kurzberichtes (Screening) und der Risikoermittlung bei Umweltrisiken (Schadenindikatoren verunreinigte oberirdische und unterirdische Gewässer) bei bestehenden netzförmigen Anlagen (Bahnen, Strassen, Rhein, Ölleitungen) ist gemäss Kapitel 7 vorzugehen.

<sup>15</sup> Z. B.: *Screeningmethodik Erdgasleitungen; Methodikbericht Screening Durchgangsstrassen*

- 
- Ist die Häufigkeit  $< 5 \times 10^{-8}$  pro 100 m und Jahr so soll – ausser in gut begründeten Fällen – keine Risikoermittlung verfügt werden.

#### **Beurteilung aufgrund der Ergebnisse eines Screening-Verfahrens bei Verkehrswegen und Rohrleitungsanlagen**

Für die Segmente, die aufgrund der oben erwähnten Ausschlusskriterien für einen Indikator als unbedenklich zu betrachten sind, ist für diesen Indikator keine Risikoermittlung zu verfügen.

Unter der Voraussetzung, dass die Screening-Methoden konservative Resultate liefern, sind für die anderen Segmente die nachfolgend aufgeführten Kriterien anzuwenden

- Verläuft die Summenkurve der Risiken für die Bevölkerung oder die Umwelt teilweise im nicht akzeptablen Bereich des W/A-Diagramms (Abbildung 3 resp. Abbildung 4), verfügt die Vollzugsbehörde eine Risikoermittlung nach Artikel 6 Absatz 4 StFV.
- Verläuft die Summenkurve für einen Indikator teilweise im Übergangsbereich des W/A-Diagramms, prüft zuerst die Vollzugsbehörde, ob unter Berücksichtigung der ortsspezifischen Gegebenheiten die Summenkurve wie beabsichtigt konservativ ist.
  - Ist dies der Fall und ist die Annahme zulässig, dass für den gegebenen Verlauf der Summenkurve bei realistischer Interessenabwägung die privaten und öffentlichen Interessen am Verkehrsweg oder der Rohrleitungsanlage überwiegen, so ist keine Risikoermittlung nach Artikel 6 Absatz 4 StFV zu verfügen.
  - Ist dies nicht der Fall oder ist die Annahme nicht zulässig, dass für den gegebenen Verlauf der Summenkurve bei realistischer Interessenabwägung die privaten und öffentlichen Interessen am Verkehrsweg oder der Rohrleitungsanlage überwiegen, verfügt die Vollzugsbehörde eine Risikoermittlung nach Artikel 6 Absatz 4 StFV.
- Verläuft die Summenkurve für einen Schadenindikator vollständig im akzeptablen Bereich des W-/A-Diagramms, ist keine Risikoermittlung durchzuführen.

#### **4.4 Abschluss des Verfahrens auf Stufe Kurzbericht**

Die Vollzugsbehörde schliesst das Kontroll- und Beurteilungsverfahren auf Stufe Kurzbericht ab, wenn für keinen Schadenindikator eine Risikoermittlung verfügt werden muss. Artikel 3 StFV (Sicherheitsmassnahmen) und Artikel 8a Absatz 1 (Ergänzung des Kurzberichtes bei wesentlichen Änderungen oder relevanten neuen Erkenntnissen) sind weiterhin durch die Inhaber zu befolgen und deren Einhaltung durch die Vollzugsbehörde zu kontrollieren.

Was die im Artikel 6 Abs. 4 verlangte Verfügung der Risikoermittlung betrifft, gelten die Ausführungen im *Handbuch* zur StFV.

---

# 5 Beurteilung der Personenrisiken auf Stufe Risikoermittlung

## 5.1 Aufgabe der Vollzugsbehörde

1 Die Vollzugsbehörde prüft die Risikoermittlung und beurteilt, ob das Risiko tragbar ist. Sie hält ihre Beurteilung schriftlich fest.

*Beurteilung der Risikoermittlung (Art. 7 StFV)*

2 Bei der Beurteilung der Tragbarkeit des Risikos berücksichtigt sie die Risiken in der Umgebung und beachtet namentlich, dass die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Störfall eintritt, umso geringer sein muss, je:

a. schwerer die Schutzbedürfnisse der Bevölkerung oder der Umwelt vor schweren Schädigungen infolge von Störfällen gegenüber den privaten und öffentlichen Interessen an einem Betrieb, einem Verkehrsweg oder einer Rohrleitungsanlage wiegen;

b. grösser das Ausmass der möglichen Schädigungen der Bevölkerung oder der Umwelt ist.

---

Was die im Artikel 7 verlangte Prüfung betrifft, gelten die Ausführungen im *Handbuch* zur StFV. Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass die Vollzugsbehörden diese Prüfung vorgenommen haben.

*Prüfung der Risikoermittlung*

## 5.2 Beurteilung

Für die Beurteilung der Tragbarkeit der Personenrisiken gelten die in Abbildung 3 aufgeführten Kriterien. Die Wahrscheinlichkeit wird dabei für Betriebe in der Einheit «pro Betrieb und pro Jahr» und für Verkehrswege und Rohrleitungsanlagen in der Einheit «pro 100m Referenzlänge und pro Jahr» ausgedrückt.

Störfallszenarien mit einer Eintretenswahrscheinlichkeit von kleiner als  $1.00E-11$  (untere Grenze der Wahrscheinlichkeit auf der y-Achse in Abbildung 3) sind als tragbar zu beurteilen und in Risikoermittlungen nicht auszuweisen.

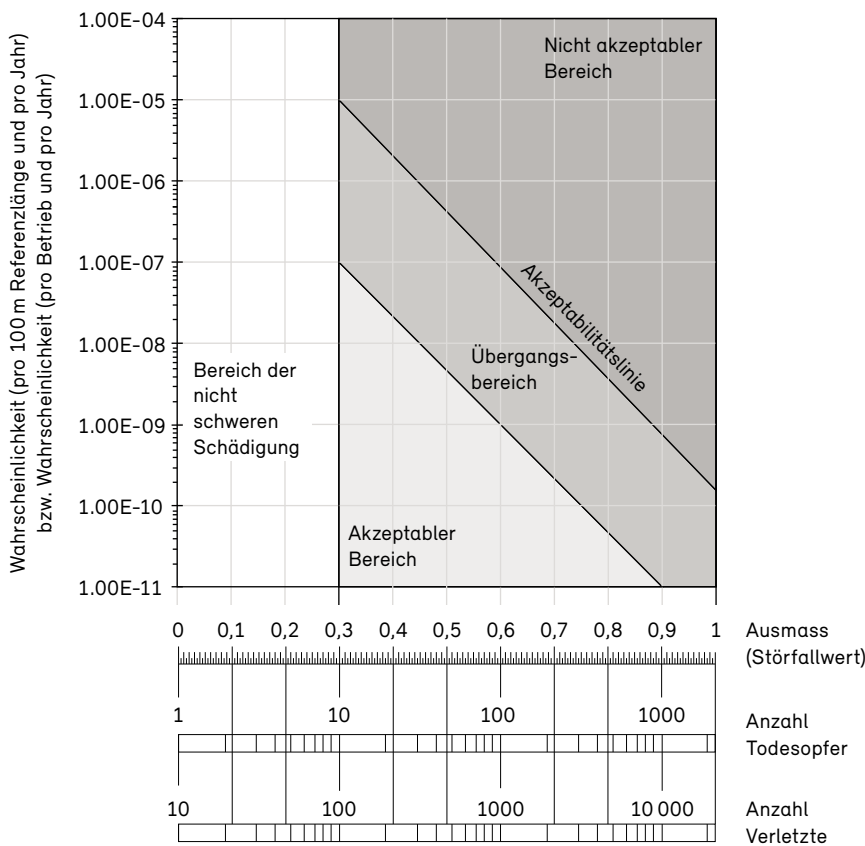
In sehr seltenen Fällen könnten infolge von Störfällen im Sinne der StFV Schädigungen entstehen, die einen Störfallwert  $> 1$  haben. Bei solchen Aus-

massen nimmt jedoch die Beurteilung der Risiken eine politische Dimension an, die durch diese Vollzugshilfe nicht abschliessend abgedeckt werden kann. Deshalb hört die Zuteilung der Störfallwerte in dieser Vollzugshilfe beim Wert 1 auf. Risiken mit Störfallwerten über 1 sind im Rahmen breit abgestützter Arbeitsgruppen unter Federführung des BAFU zu beurteilen (siehe z.B. Anhang A1 «Beurteilungskriterien für den Transport von Chlor auf der Schiene»).

Die Vollzugsbehörde ist berechtigt, für Schadensausmasse eine maximale Obergrenze festzulegen. Diese kann aber nur im Bereich von wirklichen Grosskatastrophen liegen<sup>16</sup>.

Abbildung 3

W/A-Diagramm mit Kriterien zur Beurteilung des Risikos für die Bevölkerung



16 Bundesgerichtsentscheid vom 8. Januar 2001, Verwaltungsgerichtsbeschwerde betreffend einer Badeanlage in Pfäffikon, SZ (BGE 127 II 18).

### 5.2.1 Summenkurve teilweise im nicht akzeptablen Bereich

Verläuft die Summenkurve teilweise im nicht akzeptablen Bereich des W/A-Diagramms, ist das Risiko nicht tragbar und die Vollzugsbehörde verlangt, dass das Risiko so in den Übergangsbereich oder in den akzeptablen Bereich gesenkt wird, dass sich – der vorgenommenen Interessenabwägung entsprechend – die Schutzbedürfnisse und die privaten sowie öffentlichen Interessen im Gleichgewicht befinden. Sie ordnet gemäss Artikel 8 StFV die dazu erforderlichen zusätzlichen Sicherheitsmassnahmen an (siehe Abschnitt 8.1).

Die notwendigen zusätzlichen Sicherheitsmassnahmen (Art. 8 StFV) zum Erreichen der Zielvorgabe lassen sich in der Regel nur aufgrund eingehender Sachverhaltsabklärungen bestimmen. Im Sinne der Wahrnehmung der Eigenverantwortung durch den Inhaber ist es daher naheliegend, dass die Vollzugsbehörde diese Massnahmen nicht direkt verfügt, sondern vom Inhaber Vorschläge einfordert, wie er die angestrebte Risikoverminderung erreichen will.

### 5.2.2 Summenkurve (teilweise) im Übergangsbereich

Verläuft die Summenkurve teilweise im Übergangsbereich des W/A-Diagramms, nimmt die Vollzugsbehörde für den entsprechenden Schadenindikator eine Interessenabwägung vor.

*Interessenabwägung*

Es ist davon auszugehen, dass die Schutzbedürfnisse der Bevölkerung beim Vollzug der StFV, unabhängig davon ob es sich um eine bestehende oder eine neue Anlage handelt, gleich zu bewerten sind. Die Bewertung der privaten und öffentlichen Interessen an einer Anlage stellt eine besondere Herausforderung dar. In dieser Vollzugshilfe können nur einige Hinweise dazu gemacht werden. Betreffend die privaten und öffentlichen Interessen erwähnt der Kommentar zum Art. 10 USG<sup>17</sup> die folgenden Punkte:

*Hinweise zur  
Interessenabwägung*

- Unter die privaten Interessen an einer Anlage fällt insbesondere die Möglichkeit, zusätzliche Sicherheitsmassnahmen zur Reduktion des Risikos treffen zu können um Betriebs- und Verkehrsbeschränkungen sowie Betriebs- und Verkehrsverbote zu verhindern. Dabei sind die Kosten dieser Massnahmen in der Interessenabwägung in Betracht zu ziehen.
- Die zu berücksichtigenden öffentlichen Interessen an einer Anlage sind nicht nur lokal, sondern können auch regional und sogar bei gewissen Anlagen überregional sein. Zudem kommen alle denkbaren öffentlichen Interessen in Frage. Praktisch wichtig sind namentlich das Interesse an Verkehrsverbindungen und Versorgungssicherheit. Ebenso ist im Rahmen der Interessenabwägung das raumplanerische Entwicklungspotential im Umfeld der Anlage zu berücksichtigen.
- Zudem gilt zu beachten, dass sich bei neuen Anlagen Massnahmen in der Regel deutlich effizienter umsetzen lassen. Im Rahmen der wirtschaftli-

<sup>17</sup> Kommentar zum Art. 10 des Umweltschutzgesetzes, Hans-Jörg Seiler, März 2010.

---

chen Tragbarkeit kann daher bei Neuanlagen meist eine grössere Risikoreduktion erzielt werden als bei bestehenden Anlagen.

Überwiegen die privaten und öffentlichen Interessen an der Anlage gegenüber einer Erhöhung des bereits erreichten Schutzniveaus, so ist das Risiko tragbar und das Kontroll- und Beurteilungsverfahren ist abgeschlossen.

*Interessen an  
Anlage überwiegen*

Überwiegen die Schutzinteressen, ist das Risiko nicht tragbar. Die Vollzugsbehörde verlangt, dass das Risiko so gesenkt wird, dass – der vorgenommenen Interessenabwägung entsprechend – die Schutzbedürfnisse im konkreten Fall stärker gewichtet werden als die Interessen an der Anlage.

*Schutzinteressen  
überwiegen*

- Wird dieses Ziel vom Inhaber durch das Treffen von Sicherheitsmassnahmen erfüllt, so ist das Risiko tragbar und das Kontroll- und Beurteilungsverfahren ist abgeschlossen.
- Wird es nicht erfüllt, ist das Risiko nicht tragbar und die Vollzugsbehörde ordnet gemäss Artikel 8 StFV die noch erforderlichen zusätzlichen Sicherheitsmassnahmen an (siehe Kapitel 8.1).

### **5.2.3 Summenkurve vollständig im akzeptablen Bereich**

Verläuft die Summenkurve vollständig im akzeptablen Bereich des W/A-Diagramms, so ist das Risiko tragbar und das Kontroll- und Beurteilungsverfahren ist abgeschlossen.

---

# 6 Beurteilung der Umweltrisiken auf Stufe Risikoermittlung für Betriebe und neue netzförmige Anlagen

## 6.1 Aufgabe der Vollzugsbehörde

Die Aufgaben der Vollzugsbehörde sind analog zum Kap. 5.1

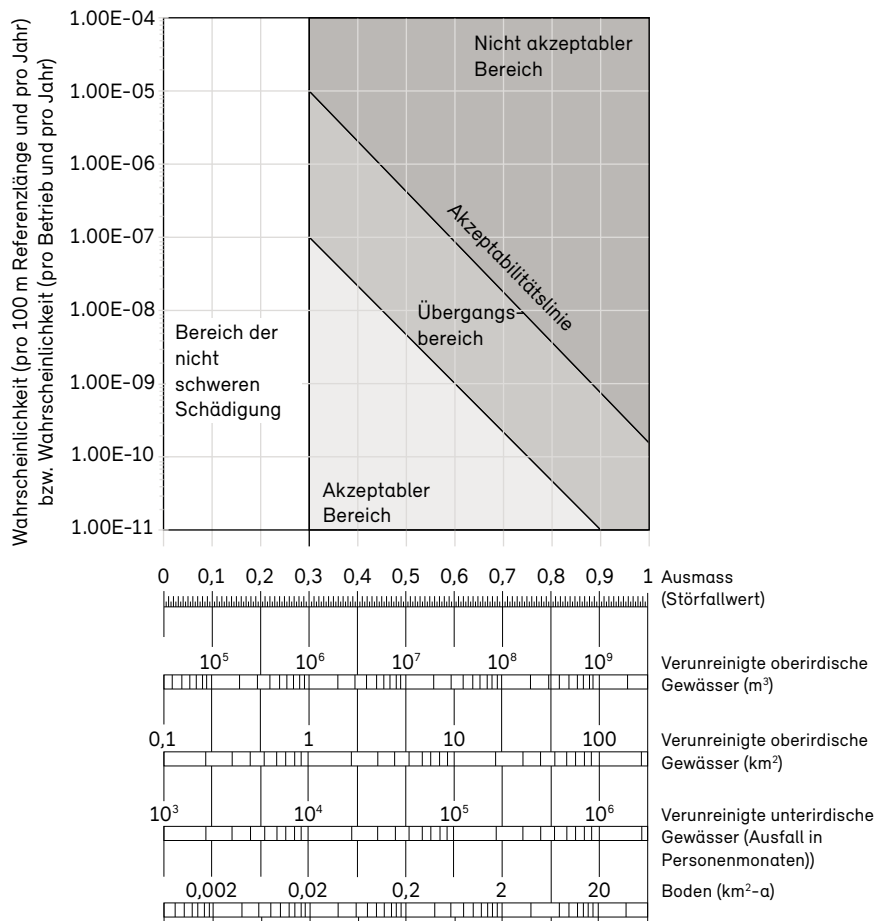
## 6.2 Beurteilung

Für die Beurteilung der Tragbarkeit der Umweltrisiken bei Betrieben und neuen netzförmigen Anlagen (Bahnen, Strassen und Ölleitungen) gelten die in Abbildung 4 aufgeführten Kriterien, wobei der Schadenindikator Boden nur bei Betrieben und nur in Ausnahmefällen zur Anwendung gelangt (siehe auch Tabelle 3). Bei netzförmigen Anlagen basiert die Beurteilung auf Summenkurven, die auf 100m Streckenlänge normiert sind. Es wird vorausgesetzt, dass sich die Summenkurven auf Streckensegmente beziehen, die bezüglich Umgebung, Verkehr und Sicherheitsmassnahmen in etwa homogen sind.

Unter neuen netzförmigen Anlagen im Sinne dieser Beurteilungskriterien ist der Bau bisher nicht vorhandener Strecken- bzw. Leitungsabschnitte mit einer neuen Strecken- resp. Linienführung nach der Inkraftsetzung dieser Beurteilungskriterien zu verstehen. Die Abgrenzung zu und die Definition für bestehende netzförmige Anlagen ist im Kap. 7.1 erläutert.

Abbildung 4

W/A-Diagramm mit Kriterien zur Beurteilung des Risikos für die Umwelt bei Betrieben und neuen netzförmigen Anlagen (Bahnen, Strassen und Ölleitungen)



Betreffend die Beurteilung der Risiken mit Störfallwerten > 1 oder mit Wahrscheinlichkeiten kleiner als 1E-11 gelten dieselben Grundsätze wie bei den Personenrisiken (s. Kap. 5.2) Gleiches gilt für die Beurteilung der Risiken in den drei Bereichen akzeptabler Bereich, Übergangsbereich und nicht akzeptabler Bereich.



---

# 7 Beurteilung der Umweltrisiken für bestehende netzförmige Anlagen

## 7.1 Einführung Kosten-Nutzen-Ansatz

Die Bewertungsmethode für die Beurteilung der Risikoermittlung wird in Artikel 7 StFV nicht vorgegeben. In der Risikowissenschaft werden für die Begrenzung der Kollektivrisiken hauptsächlich zwei Methoden vorgeschlagen. In der einen Methode wird das tragbare Risiko mittels Akzeptabilitätslinie im W/A-Diagramm absolut festgelegt, in der anderen Methode wird auf das Kosten-Nutzen-Verhältnis von Sicherheitsmassnahmen abgestellt. In der zweiten Methode sind die Risiken tragbar, sofern die zusätzlichen Massnahmen teurer wären als die dadurch vermiedenen, monetär bewerteten Risiken.

*Kriterien für Umweltrisiken bei bestehenden netzförmigen Anlagen (Bahnen, Strassen, Rhein, Ölleitungen)  
Art. 7 StFV*

Die Erfahrung im Umgang mit der Beurteilung der Umweltrisiken (Schadenindikatoren verunreinigte oberirdische und unterirdische Gewässer) bei bestehenden Verkehrswegen hat gezeigt, dass die 2001 zur Erprobung festgelegten absoluten Kriterien bei bestehenden Verkehrswegen nicht verhältnismässig sind. Auf vielen bestehenden Abschnitten ist es nicht möglich, die Umweltrisiken gemäss der absoluten Bewertungsmethode in Kap. 6 mit verhältnismässigen Massnahmen, wozu auch das Kosten-Nutzen-Verhältnis gehört, in den Übergangsbereich zu senken, ohne dabei auf den Transport von Gefahrgut zu verzichten oder das Risiko an einen anderen Ort zu verlagern. Dagegen ist das Treffen von Sicherheitsmassnahmen (z.B. zum Rückhalt von freigesetzten Gefahrstoffen) bei stationären Anlagen oft schon mit den Regeln der Technik abgedeckt. Aus diesem Grund kommt zur Beurteilung von Umweltrisiken bei bestehenden netzförmigen Anlagen ein Kosten-Nutzen-Ansatz zur Anwendung. In langjährigen Vorarbeiten und einem breit abgestützten Meinungsbildungsprozess wurde dazu die nachfolgend beschriebene Methode<sup>18</sup> erarbeitet. Mit den festgelegten Grenzkostenwerten zum Schutz von Oberflächengewässern und Grundwasser wird festgelegt, bis zu welchem Grenzkostenwert zusätzliche Sicherheitsmassnahmen als gerechtfertigt bzw. als erforderlich beurteilt werden. Dabei sind immer alle sinnvollen und machbaren Massnahmen und Massnahmenkombinationen abzubilden und zu berechnen. Für die Berechnung der Massnahmenkosten der zusätzlichen Sicherheitsmassnahmen dürfen die Kosten für Sicherheitsmassnahmen nach Art. 3 StFV nicht berücksichtigt werden, da man bei der Anwendung des Kosten-Nutzen-Ansatzes

<sup>18</sup> Siehe dazu auch die Erläuterungen im Anhang A4.

---

davon ausgeht, dass Art. 3 StFV erfüllt ist. Für neue netzförmige Anlagen (Kap. 6) gilt der absolute Ansatz, da es bei der Planung mit einer geeigneten Linienführung möglich sein sollte, die Risiken zumindest im Übergangsbereich zu halten.

Bei Kosten-Nutzen-Betrachtungen werden die Kosten von Sicherheitsmassnahmen dem in Geld ausgedrückten Nutzen dieser Massnahmen für die Störfallvorsorge gegenübergestellt. Der Nutzen wird im Rahmen der Störfallvorsorge über die Risikoreduktion bestimmt und mittels dem Grenzkostenwert monetarisiert. Bei einem günstigen Kosten-Nutzen-Verhältnis sind zusätzliche Sicherheitsmassnahmen umzusetzen.

Als bestehende netzförmige Anlagen gelten bereits vorhandene Anlagen sowie Umbauten und Erweiterungen im Sinne einer Kapazitätssteigerung an einer bestehenden Anlage<sup>19,20</sup>.

## 7.2 Beurteilung aufgrund der Ergebnisse auf Stufe Kurzbericht (Screening)

Liegen die Summenkurven des Umwelt-Screenings (konservative Risikoabschätzung) auf mindestens drei<sup>21</sup> aufeinanderfolgenden 100 m Abschnitten (Oberflächengewässer) oder mindestens einem 100 m Abschnitt (Grundwasser) oberhalb der oberen Überprüfungslinie im risikoermittlungspflichtigen Bereich (Abbildung 5), so ist eine Risikoermittlung inklusive der Überprüfung zusätzlicher Sicherheitsmassnahmen gemäss dem im Kap. 7.4 beschriebenen Kosten-Nutzen-Ansatz zu verfügen.

*Beurteilung  
Kurzbericht/  
Screening*

Liegen die Summenkurven des Umwelt-Screenings im Überprüfungsbereich, so sind im Rahmen eines allfälligen bundesrechtlichen Plangenehmigungsverfahrens, oder eines kantonalen Baubewilligungsverfahrens (z. B. für kantonale Durchgangsstrassen), zusätzliche Sicherheitsmassnahmen gemäss dem im Kap. 7.4 beschriebenen Kosten-Nutzen-Ansatz zu prüfen und bei günstigem Kosten-Nutzen-Verhältnis umzusetzen resp. bei Bedarf zu verfügen.

Die Vollzugsbehörde schliesst das Kontroll- und Beurteilungsverfahren auf Stufe Kurzbericht ab, wenn die Summenkurve des Umwelt-Screenings im akzeptablen Bereich verläuft. Artikel 3 StFV (Sicherheitsmassnahmen) und

19 Richtlinie Stand der Sicherheitstechnik für Eisenbahninfrastrukturen, Massnahmenkatalog Art. 3 StFV, BAV Abt. Sicherheit, 31. August 2011

20 Bestehende netzförmige Anlagen schliessen insbesondere folgende Anlagenanpassungen mit ein:

- Erweiterung der Kapazität bestehender Strecken und Leitungen (Verbreiterung und Anpassung der Anzahl Fahrspuren, Mehrspurausbau, Tunnelausbauten);
- Verschiebung von Strecken und Leitungen (Korrektur der Linienführung und der Route);
- Umbauten des Fahrtraumes und Transportquerschnitts.

21 Risiken beim Transport gefährlicher Güter mit der Bahn, *Ergebnisbericht* netzweites Screening der Umweltrisiken 2014, BAV Abt. Sicherheit, 2015.

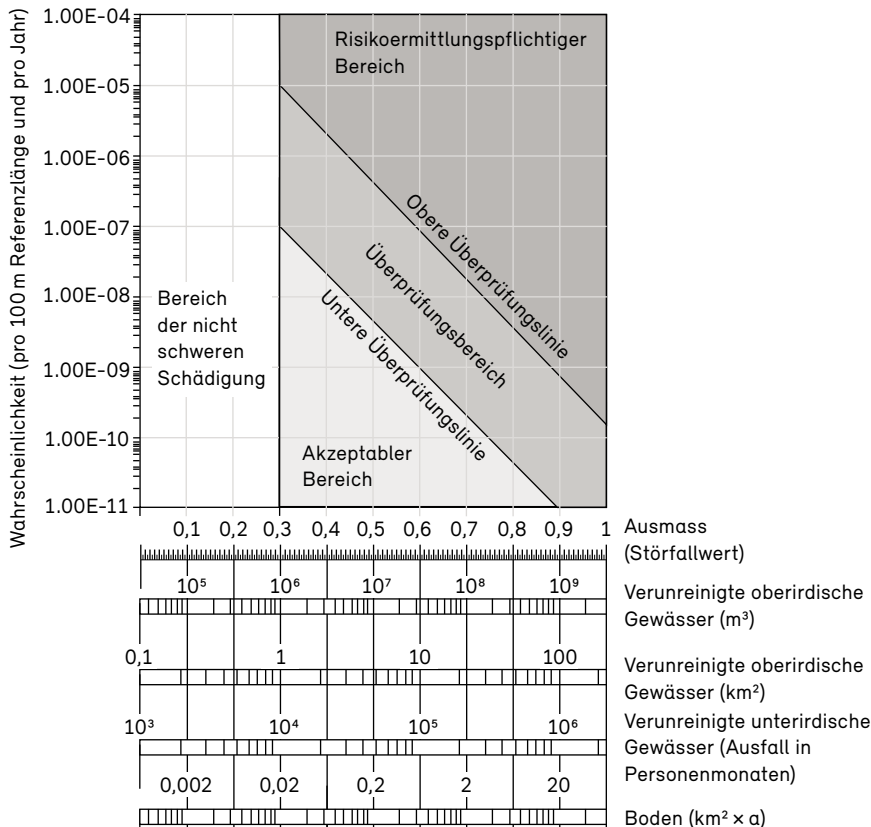
Artikel 8a Absatz 1 (Ergänzung des Kurzberichtes bei wesentlichen Änderungen oder relevanten neuen Erkenntnissen) sind weiterhin durch die Inhaber zu befolgen und deren Einhaltung durch die Vollzugsbehörde zu kontrollieren.

### 7.3 Prüfung und Beurteilung zusätzlicher Sicherheitsmassnahmen nach K/N-Ansatz

Das von einer bestehenden netzförmigen Anlage ausgehende Risiko wird mit einer Risikosummenkurve im W/A-Diagramm anhand der möglichen Schädigungen der Umwelt infolge von Störfällen und der Wahrscheinlichkeit, mit der diese eintreten, dargestellt.

Die Beurteilung basiert auf Summenkurven, die auf 100 m Streckenlänge normiert sind. Es wird vorausgesetzt, dass sich die Summenkurven auf Streckensegmente beziehen, die bezüglich Umgebung, Verkehr und Sicherheitsmassnahmen in etwa homogen sind<sup>22</sup>.

**Abbildung 5**  
W-/A-Diagramm mit Kriterien zur Beurteilung des Risikos für die Umwelt bei bestehenden netzförmigen Anlagen (Bahnen, Strassen, Rhein und Ölleitungen)



22 Bei den Bahnen stellen die Summenkurven der 100 m Abschnitte die Beurteilungsgrösse dar.

### 7.3.1 Summenkurve teilweise im risikoermittlungspflichtigen Bereich

Verläuft die Summenkurve teilweise oberhalb der oberen Überprüfungslinie im risikoermittlungspflichtigen Bereich des W/A-Diagramms, verlangt die Vollzugsbehörde die Realisierung derjenigen zusätzlichen Sicherheitsmassnahme (Massnahme oder Massnahmenkombination), welche erstens ein günstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweist und mit welcher zweitens die grösste Risikosenkung erreicht werden kann. Falls mit einer viel teureren Massnahme mit einem günstigen Kosten-Nutzen-Verhältnis nur eine geringfügig bessere Risikosenkung erreicht werden kann, so ist die kostengünstigere Massnahme zu wählen. Nach Umsetzung dieser Sicherheitsmassnahmen ist das Risiko tragbar. Gibt es keine zusätzlichen Sicherheitsmassnahmen mit einem günstigen Kosten-Nutzen-Verhältnis, ist die Strecke im Rahmen des nächsten ordentlichen bundesrechtlichen Plangenehmigungsverfahrens oder eines kantonalen Baubewilligungsverfahrens, gemäss Kapitel 7.3.2. zu beurteilen. Da die Anwendung dieser Kriterien bei bestehenden netzförmigen Anlagen zu einem Sanierungsbedarf führen wird, der mit erheblichen Kosten verbunden ist, sollten die risikoermittlungspflichtigen Streckenabschnitte innerhalb einer angemessenen Frist von 20 Jahren saniert werden. Die Vollzugsbehörde verlangt für die risikoermittlungspflichtigen Streckenabschnitte vom Inhaber einen verbindlichen Sanierungsplan. Der Stand der Umsetzung der Sanierungspläne wird im Rahmen des Monitorings durch das BAFU überprüft (siehe Kap. 7.4.4).

*Beurteilung  
risikoermittlungs-  
pflichtige Strecken*

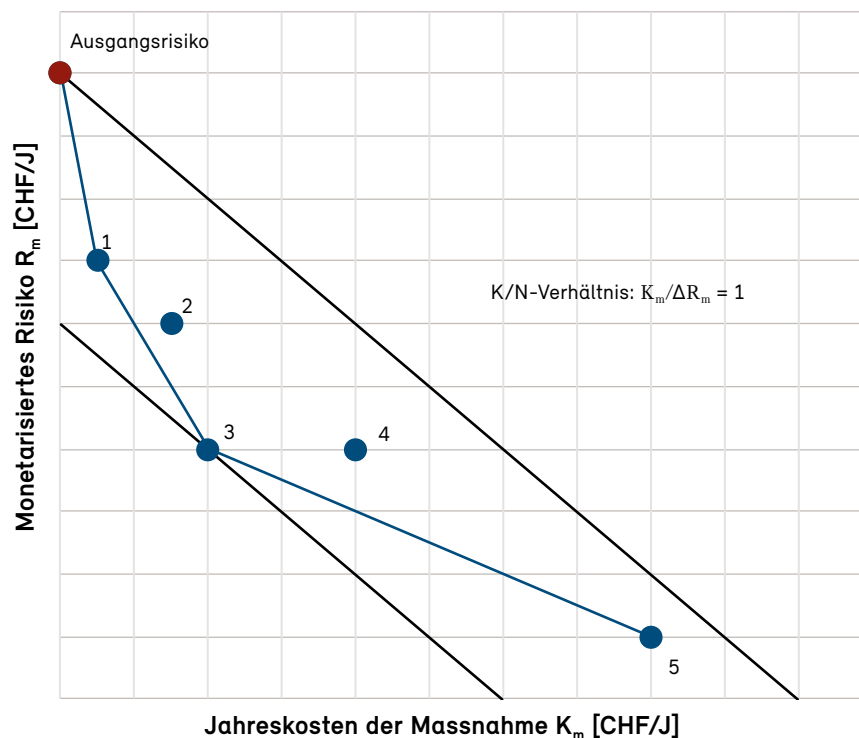
### 7.3.2 Summenkurve (teilweise) im Überprüfungsbereich

Verläuft die Summenkurve im Überprüfungsbereich des W/A-Diagramms, verlangt die Vollzugsbehörde im Rahmen eines allfälligen bundesrechtlichen Plangenehmigungsverfahrens, oder eines kantonalen Baubewilligungsverfahrens, die Realisierung derjenigen zusätzlichen Sicherheitsmassnahme (Massnahme oder Massnahmenkombination), welche ein günstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweist. Gibt es mehrere solcher Sicherheitsmassnahmen, ist die optimale Massnahme bzw. die optimale Massnahmenkombination umzusetzen. Dazu werden die umhüllende Kurve aller Massnahmen bzw. Massnahmenkombinationen mit einem günstigen Kosten-Nutzen-Verhältnis und die Tangente mit der Steigung des vorgegebenen Kosten-Nutzen-Verhältnisses definiert. Am Berührungspunkt der Tangente findet man die optimale Massnahme bzw. die optimale Massnahmenkombination (siehe Abbildung 6.).

*Beurteilung  
Strecken im  
Überprüfungsbereich*

Abbildung 6

Darstellungsbeispiel für Massnahmen Nr. 1 – 5 mit günstigen Kosten-Nutzen-Verhältnissen, welche die umhüllende Kurve (blau) definieren. Die optimale Massnahme Nr. 3 liegt auf dem Berührungspunkt der Tangente an die umhüllende Kurve mit der Steigung des vorgegebenen K/N-Verhältnisses.



Nach Umsetzung dieser Sicherheitsmassnahme ist das Risiko tragbar. Gibt es keine zusätzlichen Sicherheitsmassnahmen mit einem günstigen Kosten-Nutzen-Verhältnis, so wird das Risiko ebenfalls als tragbar beurteilt und das Kontroll- und Beurteilungsverfahren ist abgeschlossen.

### 7.3.3 Summenkurve vollständig im akzeptablen Bereich

Verläuft die Summenkurve vollständig im akzeptablen Bereich des W-/A-Diagramms, so ist das Risiko tragbar und das Kontroll- und Beurteilungsverfahren ist abgeschlossen.

## 7.4 Methodik und Parameter Kosten-Nutzen-Ansatz

### 7.4.1 Kosten von Sicherheitsmassnahmen (Kosten = K)

Damit die Kosten von Sicherheitsmassnahmen verschiedener Lebensdauer miteinander verglichen werden können, werden für alle Massnahmen deren Jahreskosten  $K_m$  bestimmt (Formel 1). Sie setzen sich zusammen aus der Annuität (Formel 2) sowie den jährlichen Betriebs- und Unterhaltskosten. Bei der Bestimmung der Investitionskosten sind dabei nebst den Material- und

Baukosten auch die Kosten der temporären Baustelleninstallation und die Folgekosten einer allfälligen betrieblichen Beeinträchtigung während des Baus zu beziffern. Für Betriebs- und Unterhaltskosten werden entweder bekannte absolute Erfahrungswerte eingesetzt, oder 1 %<sup>23</sup> der Investitionskosten (d. h.  $K_B + K_U \approx 0,01 \times K_I$ ).

$$K_m = A + K_B + K_U \tag{Formel 1}$$

$$A = K_I \times \frac{(1+p)^n \times p}{(1+p)^n - 1} \tag{Formel 2}$$

- A: Annuität [CHF/J]
- $K_I$ : Investitionskosten [CHF]
- $K_B$ : Betriebskosten [CHF/J]
- $K_U$ : Unterhaltskosten [CHF/J]
- $K_m$ : Jahreskosten [CHF/J]
- n: Lebensdauer [J]
- p: technischer Zinssatz [%/J]

Der technische Zinssatz<sup>24</sup> wird abhängig von der Lebensdauer festgelegt (Tab. 5). Damit werden einerseits die heute sehr tiefen Zinssätze realistisch berücksichtigt, andererseits wird für Massnahmen mit einer längeren Lebensdauer der grösseren Unsicherheit bezüglich des Zinssatzes Rechnung getragen.

**Tab. 5**  
Lebensdauer und technischer Zinssatz

Lebensdauer n	technischer Zinssatz p
15 Jahre	3 %
40 Jahre	4 %
50 Jahre	4 %
>50 Jahre	5 %

**7.4.2 Monetarisierter Risikoreduktion (Nutzen = N)**

Zur Bewertung der Massnahmenwirkung wird das monetarisierte Risiko (Formel 3) pro Streckenabschnitt von 100m Länge einmal mit und einmal ohne Sicherheitsmassnahme(n) berechnet, und jeweils für alle 100m Abschnitte des betroffenen Streckenabschnittes addiert. Dabei ist davon auszugehen, dass die Kombination von Massnahmen nicht die Summe der Risikoreduktionen jeder einzelnen Massnahme zur Folge hat. Daher werden auch Kombinationen von Massnahmen und daraus die bedingten Risikodifferenzen unter-

<sup>23</sup> Expertenschätzung des Anteils bei bestehenden netzförmigen Anlagen.

<sup>24</sup> Anstelle des Standardzinssatzes von konstant 5 % werden Zinssätze nach Expertenschätzungen verwendet.

sucht. Für die Berechnung des monetarisierten Risikos ist eine Umrechnung des Ausmasses<sup>25</sup> in m<sup>2</sup> und l notwendig.

$$R_m = \sum_j K_G \times \sum_i \frac{H_i}{V_i} \times A_i \quad \text{Formel 3}$$

- $R_m$ : Monetarisiertes Risiko [CHF/J]  
 $H_i$ : Häufigkeit des Szenarios  $i$  im Ereignisbaum [1/a]  
 $A_i$ : Ausmass des Szenarios  $i$  im Ereignisbaum [m<sup>3</sup>, km<sup>2</sup>, L]  
 $K_G$ : Grenzkosten [CHF/m<sup>2</sup>, CHF/l]  
 $j$ : Anzahl 100 m Abschnitte, welche von der Massnahme profitieren

Die monetarisierte Risikoreduktion  $\Delta R_m$  (Formel 4) entspricht dem Nutzen der getroffenen Massnahme(n) und berechnet sich aus der/n Risikodifferenz/en ohne und mit Massnahmen. Das Kosten/Nutzen-Verhältnis einer Massnahme oder einer Massnahmenkombination ist der Quotient aus Jahreskosten und monetarisierte Risikoreduktion der Massnahme(n) (Formel 5).

$$\Delta R_m = R_{m+} - R_{m-} \quad \text{Formel 4}$$

Kosten/Nutzen-Verhältnis:

$$\frac{K_m}{\Delta R_m} \leq 1 \quad \text{Formel 5}$$

- $K_m$ : Jahreskosten der Massnahme [CHF/J]  
 $\Delta R_m$ : Reduktion des monetarisierten Risikos durch die Massnahme [CHF/J]  
 $R_{m+}$ : Monetarisiertes Risiko ( $R_m$ ) ohne Massnahme(n) [CHF/J]  
 $R_{m-}$ : Monetarisiertes Risiko ( $R_m$ ) mit Massnahme(n) [CHF/J]

### 7.4.3 Parameter Kosten-Nutzen-Ansatz

#### Aufteilung Massnahmenkosten Gewässerschutz/Störfallvorsorge für K/N-Berechnung

Zur Berücksichtigung der Kosten für Sicherheitsmassnahmen im K/N-Ansatz sind bei den risikoeermittlungspflichtigen Strecken (Abbildung 5) alle Massnahmenkosten (Störfall- und Gewässerschutz) zu berücksichtigen, da der Sanierungszwang durch die StFV ausgelöst wird.

Streckenabschnitte mit Summenkurven im Überprüfungsbereich (Abbildung 5) sind im Rahmen von allfälligen bundesrechtlichen Plangenehmigungsverfahren, oder kantonalen Baubewilligungsverfahren, zu sanieren. Da dann in der Regel auch eine Sanierung gemäss Gewässerschutzrichtlinien vorzunehmen

<sup>25</sup> Umrechnung von Volumen Oberflächengewässer in Fläche Oberflächengewässer gemäss Formel 6 und von Ausfall Personenmonate (PM) in Liter Grundwasser mit 360 l/Person/Tag resp. 10950 l/Person/Monat (Anhang A3).

men ist, dürfen in der K/N-Berechnung nur die Kosten für die Störfallmassnahmen berücksichtigt werden.

### **Berücksichtigung Aversion**

Zur Berechnung des Schadenausmasses wird keine Aversion berücksichtigt.

### **Flexibler Grenzkostenbereich zur Berücksichtigung zusätzlicher Kriterien / Interessen**

Sicherheitsmassnahmen sind bei einem K/N-Verhältnis (Kap. 7.4.1 und 7.4.2) kleiner oder gleich eins umzusetzen. Die Vollzugsbehörde kann im Ausnahmefall in besonderen Situationen (z. B. Betroffenheit von Biotopen nationaler<sup>26</sup> oder regionaler Bedeutung, Betroffenheit eines Grenzgewässers<sup>27</sup>, wichtige Bedeutung eines Oberflächengewässers für die Trinkwasserversorgung, nachweislich fehlende Ersatzmöglichkeit bei Trinkwasserfassungen) Sicherheitsmassnahmen bis zu dreimal höheren Grenzkosten verlangen.

### **Grenzkosten für die unterschiedlichen netzförmigen Anlagen**

Im Sinne der Rechtsgleichheit sind für alle netzförmigen Anlagen die Grenzkosten gleich.

### **Grenzkosten zum Schutz von Grundwasser vor Störfallereignissen**

Für den Vollzug der Störfallverordnung und die Evaluation von zusätzlichen Sicherheitsmassnahmen ist ein Liter ausgefallenes Trinkwasser gemäss dem Schadenindikator verunreinigte unterirdische Gewässer in Tab. 1 mit 0,6 CHF/L zu beziffern.

### **Grenzkosten zum Schutz der Oberflächengewässer vor Störfallereignissen**

Für den Vollzug der Störfallverordnung und die Evaluation von zusätzlichen Sicherheitsmassnahmen ist ein Quadratmeter verunreinigtes oberirdisches Gewässer gemäss dem Schadenindikator verunreinigte oberirdische Gewässer in Tab. 1 mit 750 CHF/m<sup>2</sup> zu beziffern.

Um einen Vergleichswert mit der verschmutzten Wasseroberfläche zu erhalten, wird das verschmutzte Volumen via Störfallwert gemäss Formel 6 in eine äquivalente Oberfläche umgerechnet (Herleitung siehe Anhang A3):

$$A_{\text{OFG}} = V_{\text{OFG}} \frac{2}{3} \times 10^{-4}$$

Formel 6

$A_{\text{OFG}}$ : Fläche verunreinigter Gewässer [km<sup>2</sup>]

$V_{\text{OFG}}$ : Volumen verunreinigter Gewässer [m<sup>3</sup>]

<sup>26</sup> Biotop nationaler Bedeutung

<sup>27</sup> Bei einem Störfall kann die Ereignisbewältigung nicht vollständig auf schweizerischem Hoheitsgebiet gemacht werden und das Ausland ist von der Verschmutzung ebenfalls betroffen.



---

#### **7.4.4 Monitoring und allfällige Revision**

Das BAFU wird über die Umsetzung (Wirksamkeit und Praxistauglichkeit der für die Methodik eingesetzten Parameter) des Kosten-Nutzen-Ansatzes und den Stand der Sanierungspläne ein Monitoring der Vollzugspraxis durchführen. Die Resultate des Monitorings werden drei Jahre nach Inkraftsetzung der Vollzugshilfe mit der Arbeitsgruppe besprochen und bei Bedarf die notwendigen Korrekturen vorgenommen.

Die Teuerung wird im vorliegenden Ansatz nicht berücksichtigt, da die Unsicherheiten der K/N-Analyse die erwartete Teuerung deutlich überwiegen und die Teuerung damit bei den vorgeschlagenen Grenzkosten eine sehr untergeordnete Rolle spielt. Bei einer späteren Überarbeitung der Beurteilungskriterien können allfällige Preiskorrekturen berücksichtigt werden.

---

# 8 Abschluss des Verfahrens

## 8.1 Verfügung zusätzlicher Sicherheitsmassnahmen

*1 Ist das Risiko nicht tragbar, so ordnet die Vollzugsbehörde die erforderlichen zusätzlichen Massnahmen an. Zu diesen gehören nötigenfalls auch Betriebs- und Verkehrsbeschränkungen sowie Betriebs- und Verkehrsverbote.*

...

Im Falle eines untragbaren Risikos ist die Behörde verpflichtet, die erforderlichen zusätzlichen Sicherheitsmassnahmen anzuordnen. Da sich solche Massnahmen in der Regel nur aufgrund ausgiebiger Sachverhaltsabklärungen bestimmen lassen, ist es naheliegend, dass die Behörde diese Massnahmen nicht direkt verfügt, sondern vom Inhaber Vorschläge einfordert, wie er die angestrebte Risikoverminderung erreichen will. Gelingt dies nicht, so muss die Vollzugsbehörde zur Senkung oder Eliminierung des Gefahrenpotenzials bei den im Kapitel 5 und 6 behandelten Personen- und Umweltrisiken nötigenfalls sogar Betriebs- und Verkehrsbeschränkungen oder, als ultima ratio, Betriebs- und Verkehrsverbote verfügen. Falls aufgrund der Beurteilung gemäss Kosten-Nutzen-Ansatz für bestehende netzförmige Anlagen (Kap. 7) keine verhältnismässigen zusätzlichen Sicherheitsmassnahmen zur weiteren Risikosenkung resultieren, so ist das Risiko als tragbar zu beurteilen. Das kann dazu führen, dass auch hohe Risiken zulässig sein können, weil ihre Reduktion mit vertretbarem Aufwand nicht möglich ist.

*Zusätzliche  
Sicherheitsmass-  
nahmen  
(Art. 8 StFV)*

## 8.2 Abschluss des Kontroll- und Beurteilungsverfahrens

Die Vollzugsbehörde schliesst das Kontroll- und Beurteilungsverfahren auf Stufe Risikoermittlung ab, wenn das Risiko für alle Schadenindikatoren tragbar ist. Sie teilt ihren Entscheid dem Inhaber der Anlage schriftlich mit. Artikel 3 StFV (Sicherheitsmassnahmen) und Artikel 8a StFV (Änderung der Verhältnisse) sind weiterhin durch die Inhaber zu befolgen und deren Einhaltung durch die Vollzugsbehörde zu kontrollieren.

---

# Anhang

## **A1 Spezifische Beurteilungskriterien für den Transport von Chlor auf der Schiene**

Im Rahmen der Umsetzung der Gemeinsamen Erklärung II zur Reduktion der Risiken für die Bevölkerung infolge des Transports von Chlor auf der Schiene wurde die Vollzugshilfe «Beurteilungskriterien für den Transport von Chlor auf der Schiene» erarbeitet und vom BAFU publiziert. Um alle Beurteilungskriterien für chemische Gefahrenpotentiale in einem Dokument zusammenzufassen, werden diese nachträglich in diesen Anhang der allgemeinen Vollzugshilfe «Beurteilungskriterien zur Störfallverordnung» aufgenommen. In diesem Anhang sind die für den Transport von Chlor (UN 1017) auf der Schiene spezifischen Kriterien und Erläuterungen enthalten, entsprechend der Kapitelüberschriften des Hauptteils dieser Vollzugshilfe. Für die Chlortransporte auf der Schiene kommt nur der Schadenindikator Bevölkerung, Anzahl Todesopfer, zur Anwendung. Aus diesen Transporten ergeben sich im Sinne der StFV keine relevanten Umweltrisiken.

Die Beurteilungskriterien wurden unter der Leitung Daniel Bonomi und Martin Merkofer (BAFU) in einer Begleitgruppe erarbeitet, in welcher Annina Gaschen (BAV), Christoph Dirren (Kanton VS), Hans Bossler (Kanton BS), Linda Kren (scienceindustries), Marcel Huser (SBB), Markus Ammann (BAV), Markus Vaerst (VAP), Pascal Stofer (Kanton GE), Paul Kuhn (SBB), Romy Gay-des-Combes (Kanton VS) und Yolande Frésard (Kanton VD) vertreten waren.

### **Zielvereinbarungen in der Gemeinsamen Erklärung II**

Die Eisenbahn ist ein sehr sicheres Verkehrsmittel und eignet sich deshalb am besten für die Beförderung von grossen Mengen gefährlicher Güter. Unfälle können jedoch nie ganz ausgeschlossen werden. Dies gilt auch für die Transporte von Chlor, die grundsätzlich in Kesselwagen mit einem grossen Schadenpotential stattfinden, da bei einer Freisetzung des Chlors in dichtbesiedelten Gebieten sehr grosse Auswirkungen für die Bevölkerung möglich sind. Aufgrund der Siedlungsentwicklung entlang des Genferseebeckens und der transportierten Chlormengen hat ein Monitoring gezeigt, dass diese Risiken ohne Gegenmassnahmen weiter steigen werden und Handlungsbedarf besteht.

In einem konstruktiven Dialog unter der Leitung des BAFU hat seit Anfang 2015 eine Arbeitsgruppe mit den an den Chlortransporten auf der Schiene beteiligten Partnern (SBB, scienceindustries, der Verband der verladenden Wirtschaft (VAP), der Vollzugsbehörde (BAV) und den am meisten betroffenen Kantonen (Genf, Waadt, Wallis und Basel-Stadt) Lösungen entwickelt, um die Risiken der Chlortransporte zu senken. Sie haben gemeinsam anerkannt, dass der Transport des Gefahrguts Chlor weiterhin auf der Schiene zu erfol-

---

gen hat, dass aber infolge des sehr grossen Schadenpotenzials bei Störfällen mit Chlorkesselwagen strengere Risikobeurteilungskriterien zur Anwendung gelangen sollen, als dies bei anderen Gefahrgütern mit geringerem Schadenpotenzial der Fall ist. In der Folge haben die Partner mit den beiden Bundesämtern eine zweite Gemeinsame Erklärung unterzeichnet<sup>28</sup>, welche die erste aus dem Jahre 2002<sup>29</sup> ergänzt. Sie halten darin folgende Ziele für die zu erreichende Risikosenkung fest (Gemeinsamen Erklärung II, Ziff. 1):

*«Die Risiken für die Bevölkerung infolge der Chlortransporte in Kesselwagen dürfen auf dem gesamten schweizerischen Eisenbahnnetz ab 1.1.2019 nicht mehr höher sein als die «Mitte des Übergangsbereiches» gemäss den Beurteilungskriterien II zur Störfallverordnung (StFV) von 2001. Dazu werden kurzfristig in einer ersten Phase die Massnahmen gemäss Ziffer 2 möglichst rasch, spätestens jedoch bis am 31.12.2018 umgesetzt.*

*Die unterzeichnenden Parteien setzen die erfolgreichen, gemeinsamen Anstrengungen mit der Absicht fort, die Sicherheit im Umgang mit Chlor weiter zu verbessern. Mit den kurzfristigen Massnahmen wird bereits eine deutliche Verbesserung der Sicherheit erreicht. In einer zweiten Phase soll das Risiko längerfristig möglichst nahe zum akzeptablen Bereich gemäss den Beurteilungskriterien der Störfallverordnung gesenkt werden. Dazu werden Optionen zur zusätzlichen Senkung der Risiken gemäss Ziffer 3 bis Ende 2018 evaluiert und in einer geeigneten «Roadmap» für die Zeit bis 2025 zusammengefasst und entsprechend der festgelegten Termine umgesetzt. Entsprechende Massnahmen müssen verhältnismässig, technisch möglich und wirtschaftlich tragbar sein.»*

Für die Umsetzung der Gemeinsamen Erklärung II und dessen Monitoring haben die Signatäre eine eigne Projektorganisation eingesetzt, in welcher alle Beteiligten vertreten sind. Mit der Federführung wurde das BAFU betraut.

### **Beurteilung auf Stufe Kurzbericht anhand der Screeningresultate (Kap. 4.3 des Hauptteils)**

Mit der Screening-Methode<sup>30</sup> werden vereinfachte und konservativ berechnete, auf 100m Streckenlänge normierte Summenkurven für Streckensegmente im W-A-Diagramm ausgewiesen, die bezüglich Umgebung, Verkehr und Sicherheitsmassnahmen in etwa homogen und mindestens 1 km lang sind. Die Berechnungen erfolgen an Punkten in regelmässigen Abständen

28 Mehr Sicherheit bei Chlortransporten: Zweite Gemeinsame Erklärung II unterzeichnet, Medienmitteilung des BAFU vom 26. September 2016  
<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/stoerfallvorsorge/mitteilungen.msg-id-63906.html>

29 Sicherheitsziele für Gefahrguttransporte auf der Schiene erreicht, Medienmitteilung des BAFU vom 20. Dezember 2011  
<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/stoerfallvorsorge/mitteilungen.msg-id-42799.html>

30 Risiken für die Bevölkerung beim Transport gefährlicher Güter auf der Bahn, Methodik & Datenaufbereitung Screening Personenrisiken 2014 (Methodikbericht Screening Personenrisiken 2014), Bundesamt für Verkehr (BAV), Februar 2015  
[https://www.bav.admin.ch/dam/bav/de/dokumente/aktuell-startseite/berichte/methodikbericht\\_screeningpersonenrisiken2014.pdf.download.pdf/methodikbericht\\_screeningpersonenrisiken2014.pdf](https://www.bav.admin.ch/dam/bav/de/dokumente/aktuell-startseite/berichte/methodikbericht_screeningpersonenrisiken2014.pdf.download.pdf/methodikbericht_screeningpersonenrisiken2014.pdf)

---

(«Subelemente», im aktuellen Screening im Abstand von 100 m). Die Resultate werden dann für die Streckensegmente aggregiert.

Da die mit den Behörden vereinbarte Screening-Methode grundsätzlich konservative Resultate liefert, sind für die Beurteilung der Streckensegmente die nachfolgend aufgeführten Kriterien anzuwenden

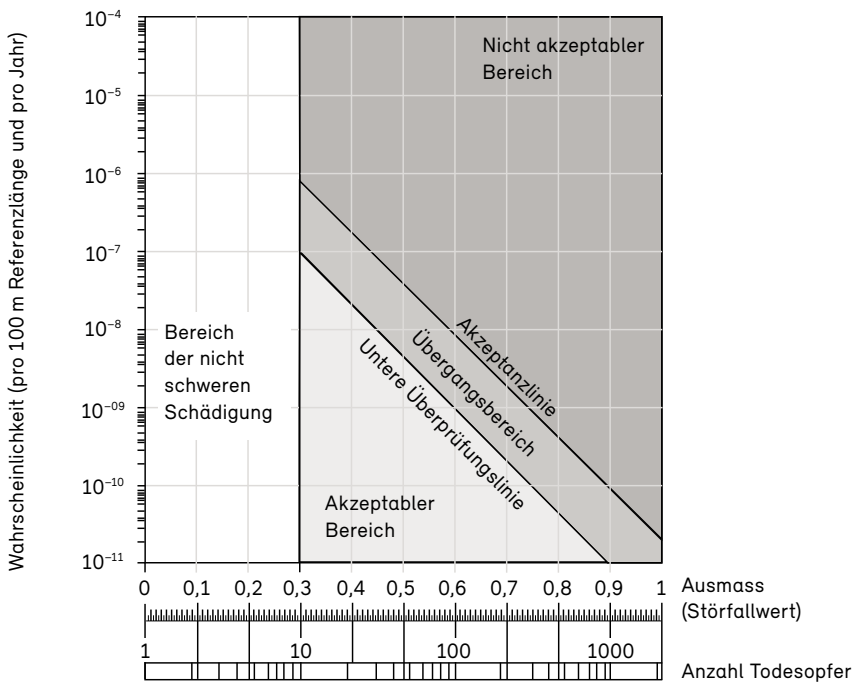
- Verläuft die Summenkurve der Risiken für die Bevölkerung teilweise im nicht akzeptablen Bereich des W/A-Diagramms (gemäss Abbildung 1 Anh. 1), verfügt die Vollzugsbehörde eine Risikoermittlung nach Artikel 6 Absatz 4 StFV.
- Verläuft die Summenkurve der Risiken für die Bevölkerung teilweise im Übergangsbereich (Bereich der Interessenabwägung), verfügt die Vollzugsbehörde bis zum 31. Dezember 2024 keine Risikoermittlung.
- Ab dem 1. Januar 2025 verfügt die Vollzugsbehörde auch Risikoermittlungen, wenn die Summenkurve der Risiken für die Bevölkerung teilweise im Übergangsbereich (Bereich der Interessenabwägung) verläuft.
- Verläuft die Summenkurve der Risiken für die Bevölkerung vollständig im akzeptablen Bereich des W/A-Diagramms, verfügt die Vollzugsbehörde keine Risikoermittlung.

#### **Beurteilung der Personenrisiken auf Stufe Risikoermittlung (Kap. 5.2 des Hauptteils)**

Das Risiko für die Bevölkerung infolge der Chlortransporte (UN1017) wird für das zu beurteilende Streckensegment basierend auf der Einteilung des Screenings (vgl. Kap. 4.3 Anh. 1) und normiert auf 100m ausgewiesen. Bei besonders langen und inhomogenen Streckensegmenten wird eine weitere Unterteilung in kleinere Teilsegmente vorgenommen. Das Risiko ist für denjenigen Teil des Segmentes auszuweisen, der die höchste Summenkurve (Ampelwert) aufweist, aber 1 Kilometer nicht unterschreitet. Für die Beurteilung der Tragbarkeit des Risikos gelten ab dem 1. Januar 2019 die in Abbildung 1 Anh. 1 aufgeführten Kriterien (siehe dazu auch Einleitung zu Anh. 1). Für die Beurteilung der Risiken infolge der übrigen Gefahrguttransporte gelten die Beurteilungskriterien gemäss Kap. 5.2 des Hauptteils dieser Vollzugshilfe.

Abbildung 1

W/A-Diagramm mit Kriterien zur Beurteilung des Risikos für die Bevölkerung infolge der Chlortransporte (UN 1017) auf der Schiene



Bei den Chlortransporten ist bei der Prüfung der Verlagerung auf eine andere Transportroute auch das Streckenrisiko zu berücksichtigen.<sup>31</sup>

*Berücksichtigung des Streckenrisikos*

Für die Chlortransporte auf der Schiene ist die Interessenabwägung im Rahmen der Erarbeitung der Gemeinsamen Erklärung II (s. Einleitung zu Anh. 1) vorgenommen worden und hat ergeben, dass eine weitere Senkung der Risiken anzustreben ist. Die Vollzugsbehörde hat zusammen mit allen Betroffenen vereinbart, dass bis zum Jahre 2025 die Risiken infolge der Chlortransporte möglichst nahe zum akzeptablen Bereich zu senken sind. In einer «Roadmap» werden bis Ende 2018 die dazu geeigneten, verhältnismässigen, technisch möglichen und wirtschaftlich tragbaren Massnahmen für die Zeit bis 2025 definiert und terminiert.

*Absenkungspfad für die Risiken der Chlortransporte auf der Schiene*

<sup>31</sup> Falls die Summe der Risiken der 100 m Subelemente der bestehenden Strecke von A nach B geringer ist als die Summe der Risiken der Subelemente der neuen Transportroute von A nach B, dann soll dies in der Interessenabwägung positiv zugunsten der bestehenden Strecke gewichtet werden. In Fällen wo die Verlagerung des Gefahrguttransportes als Massnahme in Frage kommt, kann die Vollzugsbehörde eine Abschätzung der Streckenrisiken verlangen.

---

# Anhang

## A2 Begriffsdefinitionen

### AEGL-Werte

Die acute exposure guideline levels sind toxikologisch begründete Spitzenkonzentrationswerte für verschiedene relevante Expositionszeiträume (10 Minuten, 30 Minuten, 1 Stunde, 4 Stunden, 8 Stunden) und für 3 verschiedene Effekt-Schweregrade.

- AEGL-1: Schwelle zum spürbaren Unwohlsein;
- AEGL-2: Schwelle zu schwerwiegenden, lang andauernden oder fluchtbehindernden Wirkungen;
- AEGL-3: Schwelle zur tödlichen Wirkung.

### Akzeptabilitätslinie

Linie, bei deren Überschreiten das Risiko nicht tragbar und eine Interessenabwägung im Sinne von Artikel 7 StFV nicht anwendbar ist.

### Anlage

Anlagen sind Bauten, Verkehrswege und andere ortsfeste Einrichtungen sowie Terrainveränderungen (Art. 7 USG). Bei grossen Anlagen werden auch einzelne Teilbereiche als Anlage bezeichnet.

### Bevölkerung

Personen ausserhalb oder innerhalb des Areals einer unterstellten Anlage. Ausgenommen das Personal sowie andere Personen, die in einem Auftragsverhältnis zum Inhaber stehen und sich auf dem Betriebsareal der Anlage aufhalten (z. B. Bauarbeiter, Servicedienstleister etc.).

### EC50

Mittlere effektive Konzentration eines Stoffes oder Erzeugnisses im Wasser, bei welcher 50 Prozent der Tiere schwimmunfähig werden.

### Inhaber

Die natürliche oder juristische Person, welche allein oder zusammen mit anderen Personen die Betriebsverhältnisse bestimmt und verantwortet. Inhaber eines Betriebs ist somit, wer tatsächlich und rechtlich in der Lage ist, den durch das Gesetz vorgesehenen Verpflichtungen nachzukommen.

### LC50

Mittlere tödliche Konzentration eines Stoffes oder Erzeugnisses im Wasser, bei welcher 50 Prozent einer Prüfgruppe von Fischen innerhalb einer ununterbrochenen Einwirkungsdauer von mindestens 96 Stunden getötet werden.

### Risiko

Das Risiko wird bestimmt durch das Ausmass der möglichen Schädigungen der Bevölkerung und der Umwelt infolge von Störfällen sowie durch die Wahrscheinlichkeit, mit der diese eintreten (Art. 2 Abs. 5 StFV).

### Risikoermittlung

Die vom Inhaber aufgrund einer Verfügung bereitzustellende Grundlage (Anh. 4 StFV), insbesondere für die Beurteilung des vom Betrieb, des Verkehrsweges oder der Rohrleitungsanlage ausgehenden Risikos durch die Behörde.

### Schadenindikator

Als Hilfsmittel zur einheitlichen Darstellung und Bewertung des Ausmasses für die potentiell von einem Störfall betroffene Bevölkerung oder Umwelt dienen Schadenindikatoren.

### Screening

Netzweite, konservative Abschätzung und Darstellung der Störfallrisiken, die von netzförmigen Anlagen für Bevölkerung und Umwelt ausgehen. Sie basieren auf vereinbarten Berechnungsmethoden (Screeningmethoden).

**Segment oder Streckensegment**

Ein Abschnitt auf einer Linie einer netzförmigen Anlage, welcher bezüglich Umgebung, Verkehr und Sicherheitsmassnahmen in etwa homogen sind und als Basis für die Beurteilung des Risikos verwendet werden.

**Störfall**

Ein ausserordentliches Ereignis in einem Betrieb, auf einem Verkehrsweg oder an einer Rohrleitungsanlage, bei dem erhebliche Einwirkungen auftreten: (a) ausserhalb des Betriebsareals; (b) auf oder ausserhalb des Verkehrswegs; (c) ausserhalb der Rohrleitungsanlage (Art. 2 Abs. 4 StFV).

**Störfallszenario**

Eine auf der Basis realer Gegebenheiten des Betriebs und seiner Umgebung angenommene Abfolge von Ursachen und Ereignissen, die zu erheblichen Einwirkungen und damit zu Schädigungen der Bevölkerung oder der Umwelt ausserhalb des Betriebsareals führen können.

**Störfallwert**

Der Störfallwert ist eine normierte Grösse für das berechnete Ausmass der verschiedenen Schadenindikatoren.

**TEEL-Wert**

Temporary Emergency Exposure Limits sind vorläufige Störfall-Konzentrationsleitwerte, die sich mit einem relativ ungenauen Verfahren aus anderen Richt- und Grenzwerten ableiten. Sie sind immer dann zu verwenden, wenn keine besseren Werte verfügbar sind.

**Überprüfungslinie**

Linie, bei deren Überschreiten mit dem Kosten-Nutzen-Ansatz zu prüfen ist, ob es verhältnismässige zusätzliche Sicherheitsmassnahmen gibt.

**Wahrscheinlichkeits-/Ausmassdiagramm (W/A-Diagramm)**

Diagramm, das die Summe aller möglichen Ereignisse als Treppenlinie mit Wahrscheinlichkeiten (Ordinate) und Ausmassen (Abszisse) darstellt, wobei die «Wahrscheinlichkeiten» im mathematischen Sinne eigentlich «Häufigkeiten» sind mit der Einheit [Ereignisse pro Jahr].



---

# Anhang

## A3 Formeln zur Berechnung der Störfallwerte

### Bevölkerung (Todesopfer)

$$\text{Störfallwert} = 0,3 \times \log A$$

*A = Anzahl Todesopfer*

### Bevölkerung (Verletzte)

$$\text{Störfallwert} = 0,3 \times (\log(\frac{A}{100}) + 1)$$

*A = Anzahl Verletzte*

### Verunreinigte oberirdische Gewässer (Fläche verunreinigter Gewässer)

$$\text{Störfallwert} = 0,3 \times (\log(A) + 1)$$

*A = Fläche in km<sup>2</sup>*

### Verunreinigte oberirdische Gewässer (Volumen verunreinigter Gewässer)

$$\text{Störfallwert} = 0,3 \times (\log(\frac{A}{10^6}) / 1,5 + 1)$$

*A = Volumen in m<sup>3</sup>*

### Verunreinigte unterirdische Gewässer (Grundwasser)

$$\text{Störfallwert} = 0,3 \times (\log(\frac{A}{10^4}) + 1)$$

*A = Ausfall in Personenmonaten*

### Boden

$$\text{Störfallwert} = 0,3 \times (\log(\frac{A}{0,02}) / 1,5 + 1)$$

*A = Beeinträchtigte Bodenfruchtbarkeit in Flächenjahren (km<sup>2</sup> × Jahr)*

### Formel zur Umrechnung verschmutztes Volumen in verschmutzte äquivalente Wasseroberfläche

Verunreinigte Volumen können in eine verunreinigte Fläche umgerechnet und anschliessend mit den Grenzkosten pro Fläche beurteilt werden. Dazu können die den Störfallwerten zugrundeliegenden Formeln verwendet werden. Das Volumen ( $V$ ) in  $\text{m}^3$  verunreinigter oberirdischen Gewässer ist eine Funktion des Störfall-Wertes ( $StFW$ ):

$$V = 10^{5 \times StFW + \frac{9}{2}}$$

Analog ist die Funktion für die Fläche ( $A$ ) in  $\text{km}^2$  verunreinigter oberirdischen Gewässer:

$$A = 10^{\frac{StFW}{0,3} - 1}$$

Damit lässt sich das Volumen in die entsprechende Fläche zum gleichen Störfall-Wert umrechnen:

$$A = 10^{\frac{StFW}{0,3} - 1} = 10^{\frac{\log\left(\left(\frac{V}{10^{\frac{9}{2}}}\right)^{0,2}\right)}{0,3} - 1} = 10^{\log\left(\left(\frac{V}{10^{\frac{9}{2}}}\right)^{\frac{2}{3}}\right) - 1}$$

$$A = \left(\frac{V}{10^{\frac{9}{2}}}\right)^{\frac{2}{3}} \times 10^{-1} = V^{\frac{2}{3}} \times 10^{-4}$$

Damit kann das monetarisierte Risiko ( $R_m$ ) in Abhängigkeit der Grenzkosten  $K_G$  wie folgt für die einzelnen Ausmasse für die Fläche des verunreinigten Oberflächengewässers  $A_i$  [ $\text{km}^2$ ] oder das Volumen des verunreinigten Oberflächengewässers  $V_i$  [ $\text{m}^3$ ] und Häufigkeiten  $H_i$  berechnet werden:

$$R_m = K_G \sum_i H_i \times A_i = K_G \sum_i H_i \times V_i^{\frac{2}{3}} \times 10^{-4} = K_G \times 10^{-4} \sum_i H_i \times V_i^{\frac{2}{3}}$$

### Formel zur Umrechnung Ausfall Personenmonate in Grundwasservolumen (Liter)

Die ausgefallene Förderleistung  $A$  in Personenmonaten ( $PM$ ) kann anhand des durchschnittlichen Verbrauchs pro Person ( $P$ ) von 360 Liter ( $l$ ) und Tag ( $d$ ) in ein Grundwasservolumen ( $V$ ) in Liter umgerechnet werden. Für die Berechnung werden 365 Tage pro Jahr ( $J$ ) verwendet.

$$V = A \times 360 \frac{l}{Pd} \times \frac{365 \frac{d}{J}}{12 \frac{M}{J}} = A \times 10950 \frac{l}{PM}$$

Für den StFV-Wert von 0,3 bei 10000  $PM$  ergibt sich folgendes Volumen ( $V_{0,3}$ ):

$$V_{0,3} = 10^4 PM \times 10950 \frac{l}{PM} = 109.5 \times 10^6 l$$

---

# Anhang

## A4 Erläuterungen zum Kosten-Nutzen Ansatz

Die nachfolgenden Erläuterungen dienen als Ergänzung und Präzisierung zum Kapitel 7 «Beurteilung der Umweltrisiken für bestehende netzförmige Anlagen». Zudem sind die Grundlagendokumente, welche für die Entscheidungsfindung bei der Erarbeitung des Kosten-Nutzen (K/N) Ansatzes durch die Arbeitsgruppe relevant waren, verlinkt. Die Grundlagen für den K/N-Ansatz wurden am Beispiel der hauptbetroffenen Bahnanlagen erarbeitet, weshalb nachfolgend hauptsächlich darauf Bezug genommen wird. Vergleiche mit den Strassen und Ölleitungen haben aber gezeigt, dass der Ansatz auch dort anwendbar ist.

### Methodik und Parameter Kosten-Nutzen Ansatz

Das Vorgehen zur Anwendung des K/N-Ansatzes und die zugrundeliegende Methodik auf Stufe Risikoermittlung sind im Bericht zur «Quantifizierung des Nutzens von kostenintensiven Umweltmassnahmen für Bahnanlagen» (*Bericht* Emch + Berger, 15.4.2016) detailliert beschrieben. Dieses Vorgehen kann grundsätzlich auch auf andere netzförmige Anlagen übertragen werden.

Der K/N-Ansatzes wird mittels der Kosten von Sicherheitsmassnahmen (Kap. 7.4.1) und der monetarisierten Risikoreduktion (Kap. 7.4.2) definiert. Daraus kann das K/N-Verhältnis einer Massnahme oder Massnahmenkombination berechnet werden. Von jeder Massnahme oder Massnahmenkombination sind die Kostenfaktoren (Investitionskosten, Betriebskosten, Unterhaltskosten), die Lebensdauer und die Wirkungen bezüglich ihrer Risikoreduktion (Häufigkeitsreduktion, Ausmassreduktion) zu bestimmen. Die Kostenfaktoren werden direkt aus der Planung der Massnahmen oder Massnahmenkombinationen oder aus Erfahrungswerten vergleichbarer Projekte abgeleitet. Die Massnahmenwirkung wird auf Basis anerkannter Methoden zur Risikoabschätzung, welche eine detaillierte Berechnung des Risikos vor und nach der Massnahmenumsetzung ermöglichen, bestimmt.

Für Bahnanlagen orientiert sich die Methodik zur Untersuchung der Massnahmenwirkung am *Bericht* von Emch + Berger zur «Quantifizierung des Nutzens von kostenintensiven Umweltmassnahmen für Bahnanlagen» sowie an der *Screeningmethodik* für Umweltrisiken des BAV. Nachfolgend werden allgemeingültige Erläuterungen für die Berechnungen in Risikoermittlungen von netzförmigen Anlagen anhand dieser Methodik gemacht.

---

### **Leitstoffe**

In Anlehnung an die *Screeningmethodik* können für die Risikoermittlung die transportierten Gefahrgutstoffe anhand ihrer Dichte und Löslichkeit in drei unter «Leitstoffe» zusammengefasste Stoffgruppen eingeteilt werden.

### **Schadensindikator Oberflächengewässer**

Als Schadensindikator für Oberflächengewässer ist die verschmutzte Wasseroberfläche in m<sup>2</sup> zu betrachten. In der *Screeningmethodik* wird für den Leitstoffe (LS) Mineralölprodukte die verschmutzte Wasseroberfläche abgeschätzt. Für den LS Epichlorhydrin hingegen wird das verschmutzte Wasservolumen berechnet. Um einen Vergleichswert zu einer verschmutzten Wasseroberfläche zu erhalten, wird das verschmutzte Volumen via Störfallwert (Formel 6, Kap. 7.4.3) in eine äquivalente verschmutzte Oberfläche umgewandelt. Zur Berechnung des Eintrags in das Oberflächengewässer ist gemäss *Screeningmethodik* der Abflusspfad und die unterwegs versickernde Gefahrgutmenge zu berücksichtigen. Dabei sind neben der Topografie auch vorhandene Entwässerungssysteme zu berücksichtigen.

### **Schadensindikator Grundwasser**

Als Schadensindikator beim Grundwasser wird die verschmutzte Trinkwassermenge [Liter] definiert. Sie entspricht der Trinkwassermenge, welche aufgrund der Verschmutzung des Grundwassers nicht mehr gefördert werden kann. Die Trinkwassermenge bei einem Ausfall in Personenmonaten kann in die Trinkwassermenge in Liter umgerechnet werden (Anhang A3). Diese Menge berechnet sich aus der Ausfalldauer (ohne Abbruchkriterium, also vom Moment der Verunreinigung bis zum Abschluss der Sanierung und der natürlichen Regeneration bis erneut Trinkwasserqualität erreicht ist) und der Förderleistung der Fassung. Im Gegensatz zur Analyse auf Stufe Kurzbericht wird auf Stufe Risikoermittlung die effektive jährliche Förderleistung anstelle der konzessionierten Förderleistung verwendet (Tab. 1, Kap. 1.2).

Die Ausfalldauer berechnet sich gemäss *Screeningmethodik* aus der total versickerten Gefahrgutmenge, der Infiltrationsfläche an der Oberfläche, der Rückhaltekapazität des Bodens, des Flurabstandes, der Viskosität des Stoffes, des Massenstroms an der Phasengrenzfläche, der Dichte des Schadstoffes und der Intervention.

Der Prozess der Sanierung des verschmutzten Grundwassers zusammen mit der bereits enthaltenen Intervention ist dabei gemäss Beschreibung im *Bericht* von Emch+Berger zur «Quantifizierung des Nutzens von kostenintensiven Umweltmassnahmen für Bahnanlagen» zu berücksichtigen. Die Wirkung von Sanierungsmassnahmen ist stark von den örtlichen Gegebenheiten und vom Gefahrstoff selber abhängig. Im Rahmen einer detaillierten Risikoermittlung ist in Abhängigkeit der ortsspezifischen Gegebenheiten für die einzelnen Leitstoffe der Anteil festzulegen, der durch Sanierungsmassnahmen langfristig zurückgeholt werden kann.

---

### **Abbildung der Massnahmenwirkung**

Zur Beurteilung und Quantifizierung der Massnahmenwirkung wird für jede untersuchte Massnahme ein Wirkungsmodell erarbeitet. Dazu wird jeweils die Differenz des Risikos mit und ohne Massnahmen oder Massnahmenkombination, d. h. die Wirkung auf die Eintretenshäufigkeit und das Schadenausmass, bestimmt. Eine detaillierte Beschreibung zum Vorgehen bei der Modellierung von Massnahmenwirkungen ist im *Bericht* von Emch + Berger zur «Quantifizierung des Nutzens von kostenintensiven Umweltmassnahmen für Bahnanlagen» dokumentiert.

### **Berechnung der Risikoreduktion**

Zur Bewertung der Massnahmenwirkung wird die Risikoreduktion pro Subelement einmal mit und einmal ohne Massnahme berechnet, und jeweils für alle Subelemente des von der Massnahme betroffenen Abschnittes addiert. Dabei ist davon auszugehen, dass die Kombination von Massnahmen nicht die Summe der Risikoreduktionen von je einer Massnahme zur Folge hat. Da Wirkungen von einzelnen Massnahmen teilweise nur sinnvoll sind in Kombination mit weiteren Massnahmen, werden in erster Linie Kombinationen von Massnahmen und daraus die bedingten Risikodifferenzen untersucht. Die Beurteilung mit dem K/N-Ansatz erfolgt dann ebenfalls bezüglich dieser Massnahmenkombination. Insofern werden auch Synergien bei den Massnahmenkosten dieser Massnahmenkombination berücksichtigt. Für die Berechnung der Risikoreduktion sind pro Subelement von 100 m Länge die Häufigkeits- und die Ausmassreduktion für alle betroffenen Ereignisszenarien zu bestimmen.

### **Risikoaversion**

Die Verwendung einer Risikoaversion, nachfolgend kurz als Aversion bezeichnet, ist motiviert durch den gesellschaftlichen Willen zur Vermeidung von grossen Schadenausmassen. Dabei werden auch die Unsicherheiten bezüglich den Eintretenswahrscheinlichkeiten und den Schadenausmassen von seltenen Ereignissen berücksichtigt. Bei grossen und seltenen Ereignissen ist die Unsicherheit in Bezug auf deren Eintretenswahrscheinlichkeit und Schadenausmass in der Regel gross.

Die Berechnungen für die Pilotrisikoanalysen gemäss *Bericht* von Emch+Berger zur «Quantifizierung des Nutzens von kostenintensiven Umweltmassnahmen für Bahnanlagen» wurden mit und ohne Aversion durchgeführt. Es hat sich gezeigt, dass der Einfluss der Aversion die Wahl von Massnahmen bei Umweltrisiken nicht stark beeinflusst.

Die Aversion wird im Vollzug auf Stufe Screening bereits dadurch berücksichtigt, dass Streckenabschnitte mit grossen Risiken als risikoermittlungspflichtige Abschnitte identifiziert werden und somit bevorzugt zu sanieren sind.

---

Eine Berücksichtigung der Aversion im Rahmen von K/N-Berechnungen würde die Interpretierbarkeit, bzw. den Vergleich verschiedener Projekte erschweren. Die Berücksichtigung der Aversion würde zudem dazu führen, dass auf einzelne Projekte mit hohen Ausmassen und sehr tiefen Wahrscheinlichkeiten fokussiert würde und so integral gesehen pro investiertem Franken weniger Wasser geschützt würde.

Aus diesen Gründen und auch in Anlehnung an andere Bereiche mit K/N-Betrachtungen wurde festgelegt, bei den Berechnungen zum K/N-Ansatz auf die Verwendung einer Aversion zu verzichten.

## **Grenzkosten**

Die Verwendung des K/N-Ansatzes ermöglicht es, Entscheidungen über Investitionen in den Schutz der Umwelt vor Schadenereignissen so zu treffen, dass die verfügbaren finanziellen Ressourcen optimal eingesetzt werden. Letztendlich geht es bei diesen Entscheidungen um ein Abwägen zwischen Investitionen in Sicherheitsmassnahmen und dem dadurch resultierenden Schutz der Umwelt. Damit diese Betrachtungen gemacht werden können, ist das reduzierte Risiko für die Schutzgüter nach Störfallverordnung (verunreinigte oberirdische und unterirdische Gewässer) zu monetarisieren, was wiederum heisst, dass diesen Schutzgütern im Sinne einer Zahlungsbereitschaft ein Wert zugeordnet werden muss. Da es heute gemäss Wissensstand der Autoren keine vergleichbaren risikobasierten Ansätze zum Schutz der Umwelt vor Störfällen gibt, mussten die Grenzkosten nach bestem Wissen und Gewissen hergeleitet werden. Dazu wurden eine Literaturrecherche, Abschätzungen zur Schutzwirkung in Abhängigkeit der Grenzkostenwerte und Vergleiche mit stationären Betrieben und den Nationalstrassen durchgeführt.

### **Literaturrecherche zu Grenzkostenwerten**

Im Rahmen der Erarbeitung des K/N-Ansatzes wurde eine Literaturrecherche zur Zahlungsbereitschaft für verschiedene Umweltgüter durchgeführt. Dabei wurde für eine Abschätzung der Zahlungsbereitschaft für Grundwasser der schweizweite Marktpreis für Mineralwasser von ca. 0.20 – 0.80 CHF/L herangezogen. Betreffend Oberflächengewässer wurden Vergleiche mit Gewässerrevitalisierungen durchgeführt, was Grenzkosten zwischen ca. 50 – 500 CHF/m<sup>2</sup> ergab. Der Vergleich mit Investitionen in Sicherheitsmassnahmen bei stationären Betrieben und den Nationalstrassen ergab beim Oberflächengewässer resp. Grundwasser, dass dort deutlich höhere Grenzkosten von bis zu 1000 CHF/m<sup>2</sup> resp. 0.80 CHF/L und zum Teil auch höher resultieren. Im Sinne eines vergleichbaren Schutzes der Umwelt bei allen der Störfallverordnung unterstellten Anlagen und einer Gleichbehandlung der unterschiedlichen Anlagen, sind die in dieser Vollzugshilfe vorgeschlagenen Grenzkosten vernünftig.

---

### **Jährliche Schutzwirkung bei gegebenen Grenzkostenwerten**

Im Rahmen der Erarbeitung des K/N-Ansatzes wurden mehrere Pilotrisikoanalysen für verschiedene repräsentative netzförmige Anlagen durchgeführt. Aus diesen Analysen lässt sich abschätzen, welche Massnahmen bei welchen Grenzkosten umgesetzt würden. Aus der Extrapolation der Resultate der Bahn auf sämtliche ihrer risikoeermittlungspflichtigen Abschnitte wurde die jährliche Schutzwirkung für Oberflächengewässer und Grundwasser abgeschätzt. Über diese Schutzwirkungsbetrachtungen konnte der sinnvolle Bereich der Grenzkostenwerte eingegrenzt werden.

Die Schutzwirkung bei den Eisenbahnanlagen verhält sich bis zu einem Grenzkostenwert von rund 2000 CHF/m<sup>2</sup> bei Oberflächengewässer linear. Bei Investitionen mit Grenzkosten darüber wird keine wesentliche zusätzliche Schutzwirkung mehr erreicht.

Mit der Festlegung des Grenzkostenwerts von 750 CHF/m<sup>2</sup> und den in Ausnahmefällen bis zu einem 3-fachen Wert möglichen Grenzkosten (siehe flexibler Grenzkostenbereich, Kap 7.4.3) ist somit eine lineare Zunahme der Schutzwirkung gewährleistet. Die Schutzwirkung beim Grundwasser verhält sich entsprechend linear bis zu Grenzkosten von 1.80 CHF/L, so dass beim festgelegten Grenzkostenwert von 0.60 CHF/L eine zusätzliche Schutzwirkung bis zu den 3-fachen Grenzkosten ebenfalls gewährleistet ist. Dieser Vergleich mit der Schutzwirkung sowie die Resultate der Literaturrecherche zeigen, dass die Grenzkosten von 750 CHF/m<sup>2</sup> für Oberflächengewässer und 0.60 CHF/L für Grundwasser vernünftig sind.

### **Unterscheidung zwischen bestehenden und neuen netzförmigen Anlagen**

Der K/N-Ansatz wird gemäss Kapitel 7.1 nur auf bestehende netzförmige Anlagen angewendet. Darin eingeschlossen sind Umbauten und Erweiterungen im Sinne einer Kapazitätssteigerung, einer Veränderung des Fahrraumes und Transportquerschnitts oder einer Verschiebung bestehender Strecken und Leitungen. So fallen beispielsweise Spurausbauten bei Bahnstrecken nicht unter den Begriff einer neuen Strecken- oder Linienführung, in Anlehnung an die BAV *Richtlinie* Stand der Sicherheitstechnik für Eisenbahninfrastrukturen. In diesem Fall ist daher der K/N-Ansatz anwendbar. Die Anwendung erfolgt dabei auf alle Spuren der betreffenden Subelemente.

Bei neuen netzförmigen Anlagen wird der absolute Ansatz angewendet. Liegt bei der Risikobeurteilung die Summenkurve teilweise im nicht akzeptablen Bereich, muss der Inhaber unabhängig der wirtschaftlichen Tragbarkeit Massnahmen treffen, welche die Risiken gemäss der von der Vollzugsbehörde vorgenommenen Interessenabwägung zumindest in den Übergangsbereich senken.

---

Unter neuen netzförmigen Anlagen im Sinne dieser Beurteilungskriterien ist der Bau bisher nicht vorhandener Strecken- bzw. Leitungsabschnitte mit einer neuen Strecken- resp. Linienführung nach der Inkraftsetzung dieser Beurteilungskriterien zu verstehen. Hier sollte es mit einer geeigneten Strecken- oder Linienführung möglich sein, die Risiken zumindest im Übergangsbereich zu halten. Zudem gilt zu beachten, dass sich bei neuen netzförmigen Anlagen bauliche Massnahmen in der Regel deutlich effizienter umsetzen lassen als bei bestehenden netzförmigen Anlagen.



---

# Anhang

## A5 Abkürzungsverzeichnis

### **ASTRA**

Bundesamt für Strassen

### **W/A-Diagramm**

Wahrscheinlichkeits-Ausmassdiagramm

### **BAFU**

Bundesamt für Umwelt

### **WHO**

Weltgesundheitsorganisation

### **BAV**

Bundesamt für Verkehr

### **BFE**

Bundesamt für Energie

### **GSchG**

Gewässerschutzgesetz

### **H<sub>s</sub>**

Häufigkeit von schweren Schädigungen der Bevölkerung oder der Umwelt infolge von Störfällen pro 100 m und Jahr

### **K/N**

Kosten zu Nutzen Verhältnis

### **StFV**

Störfallverordnung

### **TBDV**

Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlichen Bädern und Duschanlagen

### **USG**

Umweltschutzgesetz

### **UVEK**

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation

### **VTN**

Verordnung über die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung in Notlagen