

# Störfälle beim Transport gefährlicher Güter: Gefährdung von Bevölkerung und Umwelt

Autor(en): **Locher, Peter / Giger, Marc / Hitz, Patrik / Bohnenblust, Hans**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **112 (1994)**

Heft 3

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-78381>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Sicherheit und Risiko

# Störfälle beim Transport gefährlicher Güter

Gefährdung von Bevölkerung und Umwelt

**Unfälle wie derjenige in Stein-Säckingen vom Januar 1991 zeigen das Gefährdungspotential, das der Transport gefährlicher Güter in sich birgt. Die Störfallverordnung (StfV) verpflichtet auch die SBB, solche Risiken zu untersuchen. In einem ersten Schritt verlangt die Verordnung einen Kurzbericht, der eine Abschätzung von Störfallhäufigkeiten für Personen- und Umweltschäden enthält.**

**Nachfolgend werden das methodische Vorgehen und die Resultate dieser Abschätzungen am Beispiel des Streckennetzes der SBB, mit besonderem Augenmerk für die Transitachse Basel - Chiasso, dargestellt und diskutiert. Risikoschwerpunkte hinsichtlich Personenschäden ergeben sich bei grösseren Agglomerationen in der Region Basel sowie bei den längeren Doppelspurtunneln.**

Im November 1986 brannte eine Lagerhalle einer chemischen Fabrik in Schweizerhalle. Chemikalien gelangten

VON PETER LOCHER, MARC GIGER, PATRIK HITZ UND HANS BOHNENBLUST, ZOLLIKON

mit dem Löschwasser in den Rhein und verschmutzten ihn auf einer Länge von mehreren Kilometern. Als Reaktion auf dieses auch international stark beachtete Ereignis wurde in der Schweiz die *Störfallverordnung* geschaffen, die am 1. April 1991 in Kraft trat. Diese Verordnung soll die Bevölkerung und die Umwelt besser vor schweren Schädigungen infolge von Störfällen schützen. Als Störfall wird ein ausserordentliches Ereignis bezeichnet, bei dem aufgrund von freigesetzten Stoffen erhebliche, schädigende Einwirkungen auf Bevölkerung und Umwelt auftreten.

Unter die StfV fallen nicht nur die Produktion, Lagerung und Verwendung gefährlicher Güter, sondern auch deren Transport. Die SBB transportieren jährlich etwa 10 Mio. Tonnen gefährliche Güter. Dies entspricht einem Anteil von ca. 60% an der gesamten schweizerischen Gefahrgut-Transportleistung auf Bahn, Strasse und Rhein. Bei der Bahn sind Unfälle mit einem beträchtlichen Schadenpotential möglich, weil einerseits die Transporteinheiten vielfach gross sind, und andererseits bei Entgleisungen oder Zusammenstössen grosse Energiemengen umgesetzt werden.

Die StfV sieht für Inhaber von Verkehrswegen, auf denen gefährliche Güter transportiert werden, ein zwei-

stufiges Beurteilungsverfahren vor. Der erste Schritt besteht in der Erarbeitung eines *Kurzberichts*. Neben Angaben zum Verkehrsweg, zum Verkehrsaufkommen und zu bestehenden Sicherheitsmassnahmen wird vom Inhaber eine Einschätzung der Häufigkeit eines Störfalles mit schweren Schädigungen der Bevölkerung oder der Umwelt verlangt. Stufen die Vollzugsbehörden in der Folge diese Häufigkeit nicht als hinreichend klein ein, so verfügen sie als zweiten Verfahrensschritt eine Risikoermittlung. Darin werden die Untersuchungen des Kurzberichts vertieft und weitergehende Sicherheitsmassnahmen geprüft.

Die SBB gliedern ihren Kurzbericht in zwei Teile. Im Teil I wird eine netzweite Analyse durchgeführt [1]. Ausgehend von diesen Resultaten erfolgt dann im Teil II eine abschnittsweise, ortsbezogene Untersuchung. Das Verfahren gemäss StfV für die SBB ist in Bild 1 schematisch dargestellt.

## Unfallgeschehen

Unfälle mit Umweltschäden werden bei der Bahn fast ausschliesslich durch Gefahrgüter verursacht. Demgegenüber sind bei den Personenschäden verschiedene Arten von Risiken relevant. Somit stellt sich die Frage nach dem Stellenwert der Risiken infolge des Transports gefährlicher Güter im Vergleich zu den übrigen Bahnrisiken. Aufgrund einer Analyse der SBB-Unfallstatistik sowie von darauf aufbauenden Risikountersuchungen [2] kommen im Zusammenhang mit dem Bahnbetrieb bei den SBB pro Jahr etwa 40 Personen ums Leben. Die häufigsten Ursachen sind Unfälle

an Bahnübergängen, beim Ein- und Aussteigen aus Reisezügen sowie Arbeitsunfälle von SBB-Mitarbeitern. Dagegen sind Störfälle mit Todesopfer beim Gefahrguttransport wesentlich seltener zu erwarten, nämlich durchschnittlich einmal in 40 Jahren. Dass dieser Unfallart trotz ihrer relativ kleinen Häufigkeit ein grosses Gewicht beigemessen wird, kann mit einer unterschiedlichen Risikowahrnehmung begründet werden:

Unfälle mit Gefahrgut können in ungünstigen Fällen zu eigentlichen Katastrophen mit grossem Schadenausmass führen.

Die Opfer können den Unfallhergang nicht beeinflussen und tragen im allgemeinen keine Mitverantwortung oder Mitschuld.

Gefahrguttransporte sind im Vergleich zum Reisezugverkehr für den einzelnen nicht mit einem unmittelbar spürbaren Nutzen verbunden.

Unfälle oder Gefährdungen mit diesen Charakteristiken werden von der Gesellschaft allgemein sehr stark wahrgenommen. In der Öffentlichkeit besteht deshalb ein breiter Konsens darüber, dass grosse Anstrengungen zur Vermeidung solcher Störfälle unternommen werden sollten.

*Unfallstatistiken* bilden eine wichtige Grundlage für die Abschätzung von Störfallhäufigkeiten. Sie stellen die Verbindung her zu den Erfahrungen der Vergangenheit. Darüber hinaus dienen sie auch als Hilfsmittel für weiterführende analytische Abschätzungen und als Instrument, um deren Resultate zu überprüfen. Im Rahmen des Kurzberichts der SBB wurden möglichst viele der sinnvoll nutzbaren Bahnunfallstatistiken ausgewertet. Sie umfassen grössere Unfälle aus verschiedenen Ländern, eine vollständige Übersicht über die Störfälle mit gefährlichen Gütern auf dem SBB-Netz, aber auch Zusammenstösse und Entgleisungen ohne Gefahrgutbeteiligung.

Zwischen 1979 und 1992 wurden auf dem SBB-Netz rund 400 Störfälle mit Beteiligung von Gefahrgut registriert. Der Grossteil davon verursachte keine nennenswerten Schäden oder Gefährdungen für die Bevölkerung oder die Umwelt. So resultierten nur in 3% aller Fälle Personenschäden meist leichter Art. Bis heute ist bei den SBB kein Fall bekannt, bei dem Personen durch die Freisetzung von Gefahrgütern den Tod fanden. In Bild 2 sind alle Störfälle dargestellt, die sich zwischen 1979 und 1992

auf dem SBB-Netz ereigneten und bei denen mindestens 1000 Liter gefährliche Güter freigesetzt wurden.

Unfallstatistiken können nur dann direkt für die Abschätzung von Störfallhäufigkeiten verwendet werden, wenn sie quantitative Angaben zum Unfallausmass enthalten. Oft liegen aber diesbezüglich keine oder lediglich qualitative Angaben vor. Diese Situation trifft besonders auf die Untersuchung der Umweltschäden in den Bereichen Grundwasser und Oberflächengewässer zu.

Statistische Angaben allein reichen nicht aus, um die Häufigkeit von seltenen Störfällen zu ermitteln. Da der zeitliche Erfahrungsbereich meist zu klein ist und aufgrund der sich ändernden Rahmenbedingungen oft auch gar nicht zur Verfügung stehen kann, um direkte Schlüsse zu ziehen, ist man auf geographisch oder inhaltlich erweiterte Statistiken angewiesen (z.B. Einbezug ausländischer Störfallereignisse sowie von Unfällen ohne signifikante Schadenwirkungen oder ohne Beteiligung von Gefahrgut). Es ist dann aber nur im Zusammenspiel mit analytischen Modellbildungen und Abschätzungen möglich, die erforderliche Art der Aussagen zu extrahieren. Damit ergibt sich automatisch ein *deduktives Vorgehen*, bei dem Daten und Erfahrungen aus einem meist sehr breiten inhaltlichen Kontext analysiert und für die spezifisch interessierenden Fragestellungen aufgearbeitet werden.

**Gefahrgutmengen und Gefahrgutzusammensetzung**

Als *Gefahrgüter* werden grundsätzlich alle Stoffe und Erzeugnisse bezeichnet, die in der Ordnung über die internationale und schweizerische Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter (RID/RSD) [3] aufgeführt sind. Sie machen einen Anteil von 20% am netzweiten Güteraufkommen der SBB aus. Davon sind mehr als dreiviertel Mineralölprodukte sowie chemische Grundstoffe. In Bild 3 ist die mittlere Zusammensetzung der Gefahrgüter nach Warengruppen dargestellt. Eine detailliertere Auswertung der transportierten Gefahrgüter nach einzelnen Stoffen und Stoffklassen dient als Grundlage für die Definition von Störfallszenarien und für verschiedene analytische Abschätzungen. Zusätzlich werden ortsbezogene Angaben zu Menge und Zusammensetzung der Gefahrgutströme bei der Ableitung von Störfallhäufigkeiten auf einzelnen Streckenabschnitten benötigt (vgl. dazu den Abschnitt «ortsbezogene Störfallhäufigkeiten»).

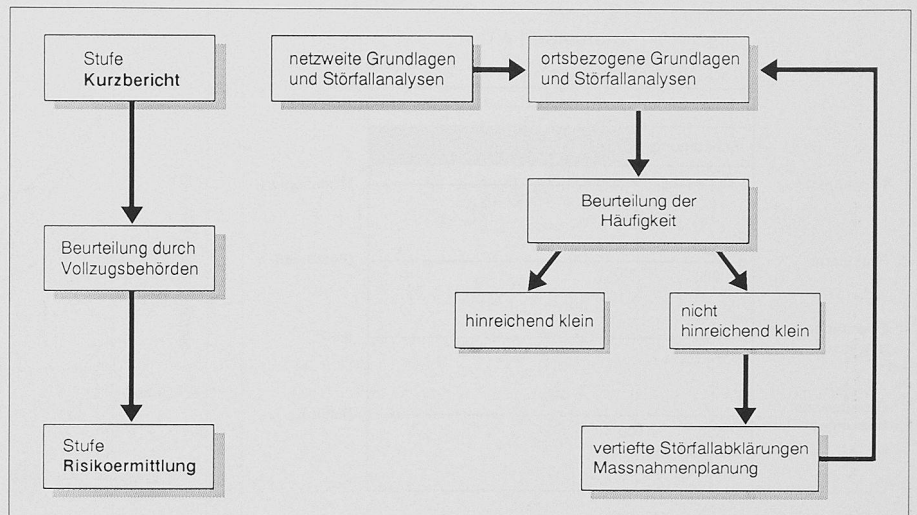


Bild 1. Verfahren gemäss Störfallverordnung für die SBB

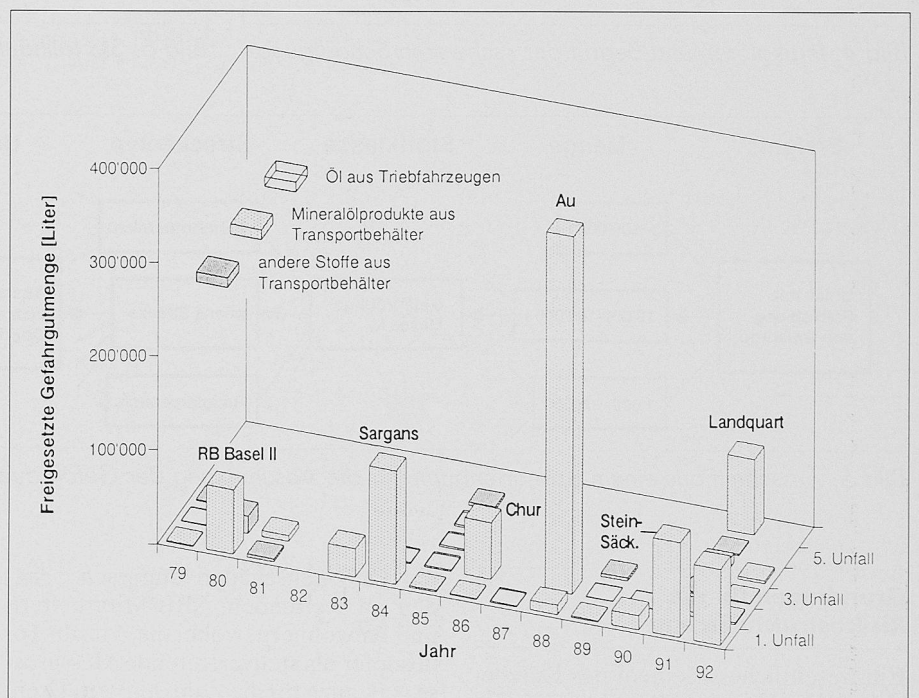


Bild 2. Störfälle mit einer Freisetzung von über 1 000 Litern Gefahrgut auf dem SBB-Netz

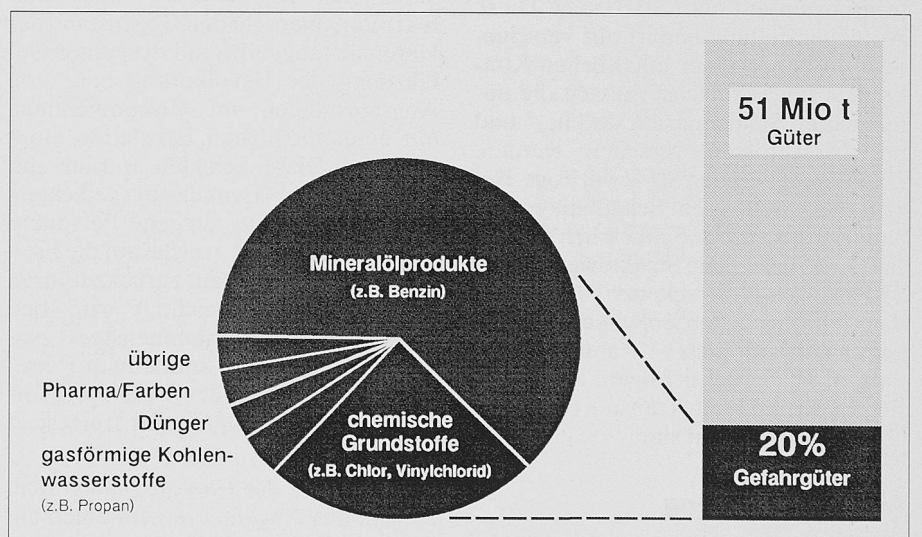


Bild 3. Gefahrgutmengen und -zusammensetzung

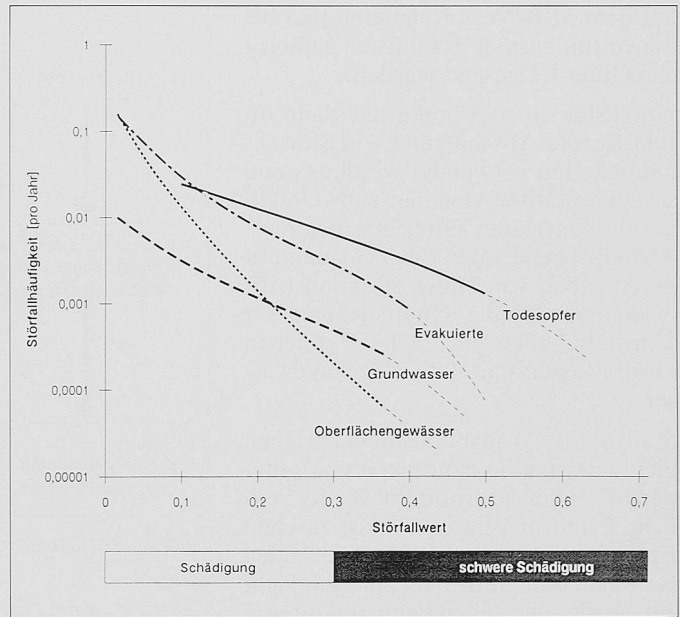
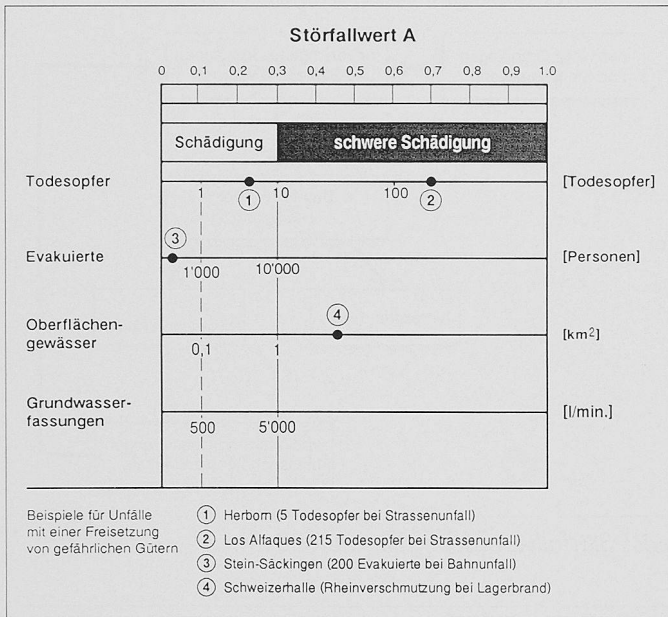


Bild 4. Indikatoren und Begriff der «schweren Schädigung»

Bild 6. Störfallhäufigkeiten auf dem SBB-Netz

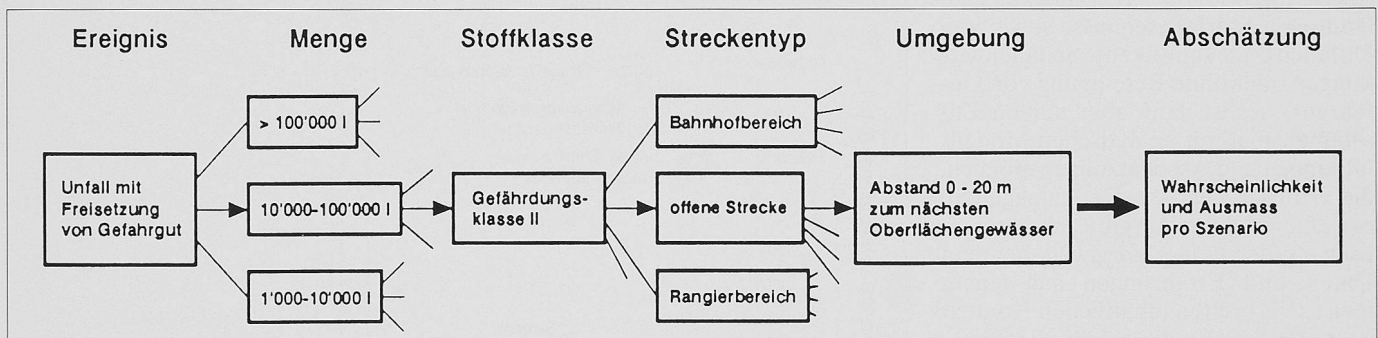


Bild 5. Ausschnitt aus einem Szenarienbaum für die Abschätzung der Gefährdung von Oberflächengewässern

### Grundlagen für die Risikostrukturierung

Ein wesentliches Element des Kurzberichts besteht in der Abschätzung der Häufigkeit eines Störfalls mit schweren Schädigungen der Bevölkerung oder der Umwelt infolge von Gefahrguttransporten auf dem SBB-Netz. Diese Aufgabenstellung bedarf auf verschiedenen Ebenen einer inhaltlichen Konkretisierung. Zunächst müssen die untersuchten Schadenarten definiert und mit Messgrössen versehen werden. Dann ist der in der StfV wichtige Begriff der «schweren Schädigung» genauer festzulegen. Schliesslich drängt sich eine zusätzliche Strukturierung des SBB-Netzes in Streckentypen auf, um die vielfältigen betrieblichen und umgebungsspezifischen Rahmenbedingungen zu berücksichtigen, soweit sie für das Risiko beim Transport gefährlicher Güter relevant sind.

### Art der Schädigung

Es werden direkte und indirekte Personenschäden unterschieden. Die direk-

ten Personenschäden umfassen Schäden an Reisenden, SBB-Mitarbeitern und Anwohnern, wobei die Anzahl Todesopfer als stellvertretende Messgrösse, z.B. auch für die Zahl der Verletzten, angenommen wird. Dies entspricht dem Vorgehen, wie es in den meisten Risikoanalysen angewendet wird. Im Kurzbericht der SBB sind aber auch indirekte Personenschäden Gegenstand der Untersuchung, etwa in Form einer Gefährdung der Bevölkerung oder von Angstzuständen im Zusammenhang mit einer möglichen Eskalation eines Störfalls. Diese Schäden werden mit dem Indikator «Evakuierte» gemessen. Insgesamt werden nur jene Personenschäden betrachtet, welche auf die Freisetzung von Gefahrgut zurückzuführen sind. Nicht berücksichtigt wird beispielsweise ein Zusammenstoss zwischen einem Güter- und einem Reisezug, der Verletzte oder Todesopfer fordert, ohne dass Gefahrgut freigesetzt wird.

Auf der Seite der Umweltschäden richtet sich das Augenmerk zum einen auf die Verschmutzung von Grundwasserträgern. In diesem Zusammenhang wer-

den stellvertretend die Grundwasser-schutzzonen mit Fassungen betrachtet, weil diese für die Trinkwasserversorgung der Bevölkerung von besonderer Bedeutung sind. Die Wichtigkeit einer Grundwasserfassung und damit die Schwere der Schädigung werden durch die konzessionierte Fördermenge der Fassung berücksichtigt. Zum andern werden Verschmutzungen von Seen und Flüssen untersucht. Das Schaden-ausmass wird hier durch die kontaminierte Fläche charakterisiert. Die Dauer der Schädigung fliesst bei keinem Indikator explizit in die Überlegungen ein.

### Unfallsschwere und Begriff der «schweren Schädigung»

Für die Beurteilung der Unfallsschwere werden die Ausmasszahlen jedes Indikators einer einheitlichen Störfallwertskala von 0 bis 1 zugeordnet (Bild 4). Diese lehnt sich an die Vorgaben im Handbuch I zur StfV [4] an. Das Prädikat «schwere Schädigung» kommt Ereignissen mit einem Störfallwert A ab 0.3 zu. Dies bedeutet, dass im folgenden

von einer schweren Schädigung gesprochen wird, wenn ein Störfall entweder

- 10 oder mehr Todesopfer fordert,
- die Evakuierung (bzw. das Verlassen von Wohnung oder Arbeitsplatz) von über 10 000 Personen verursacht,
- eine regional wichtige, grosse Grundwasserfassung (mit einer Förderleistung von im allgemeinen mindestens 5 000 l/min) oder
- einen Fluss oder See auf einer Fläche von über 1 km<sup>2</sup> verschmutzt.

Der Bezug auf eine Störfallwertskala wie auch die Festlegung einer «schweren Schädigung» beinhalten verschiedene Wertungsfragen. Sie können nicht richtig oder falsch beantwortet werden. Eine präzise Festlegung kann aber mit-helfen, Wertungsfragen explizit zu diskutieren und konsistent in Entscheidungsprozesse einfließen zu lassen.

Im netzweiten Teil des Kurzberichts der SBB werden auch Störfälle mit kleinerem Schadenausmass untersucht. Damit bleibt für die spätere Beurteilung des Kurzberichts ein grösserer Spielraum offen.

**Streckentypen**

Die Unfallursachen, die mittleren Schadenwirkungen und deren Häufigkeiten hängen unter anderem von der Streckencharakteristik ab. So können beispielsweise in Tunneln verhältnismässig kleine Ereignisse im Bereich der Personenschäden leicht eskalieren, da nur beschränkte Flucht- und Rettungsmöglichkeiten bestehen. Demgegenüber sind Rangierbereiche charakterisiert durch eine eher hohe Unfallrate, jedoch mit meist begrenzten Folgen. Ein Risikoschwerpunkt für grössere Störfälle beim Gefahrguttransport bilden Bahnhofbereiche, da Entgleisungen und Zusammenstösse als Initialereignisse sowie grössere freigesetzte Gefahrgutmengen insbesondere bei durch-fahrenden Zügen gehäuft auftreten. Um diesen Unterschieden schon im netzweiten Teil des Kurzberichts Rechnung zu tragen, werden die vier Streckentypen «Bahnhofbereich», «Rangierbereich», «Tunnel» und «offene Strecke» getrennt behandelt. Nicht einbezogen sind Störfälle bei stationären Anlagen der SBB sowie auf nicht SBB-eigenen Gleisen.

**Netzweite Störfallhäufigkeiten**

Wie erfolgt nun die Abschätzung der Störfallhäufigkeiten für das SBB-Netz in bezug auf die oben definierten Indikatoren? Weil die statistischen Grundlagen im Hinblick auf das Ausmass von Störfällen ungleich aussagekräftige Informationen beinhalten, werden für die

Bereiche Personen- bzw. Umweltschäden zwei verschiedene Wege beschritten:

□ Die Häufigkeit von Todesopfern und Evakuierten wird aufgrund von internationalen Statistiken zu Gefahrgutunfällen analysiert und auf das SBB-Netz übertragen. Dabei werden hauptsächlich die Systemgrösse bzw. Leistungsfähigkeit sowie Korrekturfaktoren wie unterschiedliche Sicherheitsniveaus, Siedlungsdichten und Tunnelanteile berücksichtigt. Zudem wird der Einfluss unvollständiger statistischer Daten abgeschätzt.

□ Bei der Ermittlung der Häufigkeit von Schädigungen an Grundwasser und Oberflächengewässern gilt es, die fehlenden statistischen Angaben zum Schadenausmass durch analytische Modellbildungen zu ersetzen. Als Hilfsmittel werden Störfallszenarien definiert. Sie unterscheiden sich in der freigesetzten Menge, der Stoffklasse des beteiligten Gefahrguts, dem Streckentyp sowie dem Abstand vom Unfallort zur nächsten Grundwasserfassung bzw. zum nächsten Gewässer. Jedes der untersuchten Szenarien repräsentiert einen Unfallhergang und kann mit Hilfe der vorhandenen statistischen Grundlagen, einer statistischen Charakterisierung der Umgebungssituation sowie zahlreichen Expertenschätzungen und Annahmen bezüglich Häufigkeit und Ausmass beurteilt werden. Bild 5 illustriert die Strukturierung der Störfallszenarien zur Beurteilung von Oberflächengewässerverschmutzungen.

Die Resultate der Störfallanalysen sind in Bild 6 für das SBB-Netz zusammengefasst. Im sogenannten Häufigkeits-Ausmass-Diagramm ist die Häufigkeit einer Schädigung, die einen gewissen Störfallwert A überschreitet, gegenüber A aufgetragen. Beim Indikator «Todesopfer» muss durchschnittlich einmal in 150 Jahren mit einer schweren Schädigung gerechnet werden, wobei in etwa 75% aller Fälle hauptsächlich Reisende betroffen sind. Eine schwere Schädigung an einer wichtigen Grundwasserfassung tritt ungefähr einmal in 2000 Jahren ein, bei Oberflächengewässern ist ein entsprechendes Ereignis etwa einmal in 5000 Jahren zu erwarten.

Gegenüber typischen Risikoanalysen für stationäre Anlagen treten bei der Abschätzung von Störfallhäufigkeiten bei Gefahrguttransporten zusätzliche Fragen auf. Die Umgebungscharakteristik und das involvierte Gefahrgut sind nicht vorhersagbar und müssen deshalb mit statistischen und wahrscheinlichkeitstheoretischen Überlegungen modelliert werden. Dementsprechend enthalten die Resultate tendenziell eine grössere Streubreite als bei analogen

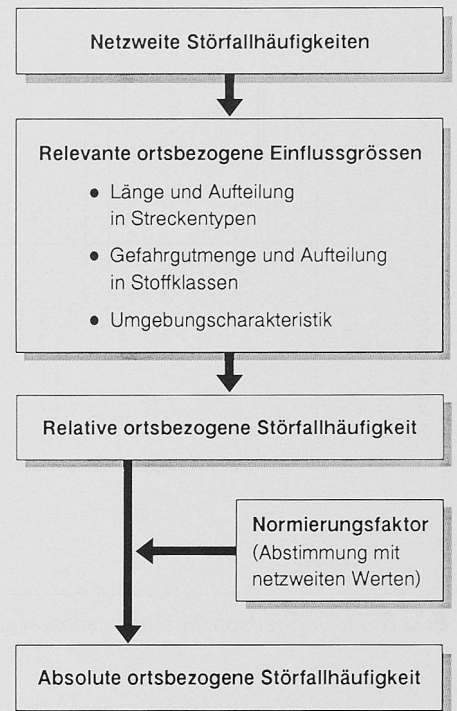


Bild 7. Abschätzung ortsbezogener Störfallhäufigkeiten

Untersuchungen von stationären Anlagen.

**Ortsbezogene Störfallhäufigkeiten**

Wie verteilen sich die netzweiten Störfallhäufigkeiten auf einzelne Strecken? Im ortsbezogenen Teil des Kurzberichts werden für bestimmte Streckenabschnitte zu denselben Schadenarten Häufigkeitsaussagen gemacht wie für das Gesamtnetz der SBB. Die untersuchte Strecke Basel-Chiasso wurde dazu in 47 Abschnitte unterteilt. Es wurde versucht, möglichst homogene Streckenabschnitte festzulegen. Die Einteilung wurde mit den verantwortlichen kantonalen Stellen abgesprochen. Das Vorgehen zur Abschätzung von ortsbezogenen Störfallhäufigkeiten ist in Bild 7 schematisch dargestellt und wird im folgenden am Beispiel des Indikators «Todesopfer» erläutert. Für die Störfallhäufigkeit H<sub>k</sub> auf einem Streckenabschnitt k wird folgende Proportionalität angenommen:

$$H_k \sim l_k \cdot m_k \cdot \rho_k \cdot g_k \cdot v_k \cdot z_k$$

Dabei bedeuten:

- l : Länge des Streckenabschnitts (eines bestimmten Typs)
- m : transportierte Gefahrgutmenge
- ρ : mittlere Bevölkerungsdichte (bzw. Reisezugdichte)
- g : Risikofaktor bezüglich der Zusammensetzung des Gefahrguts

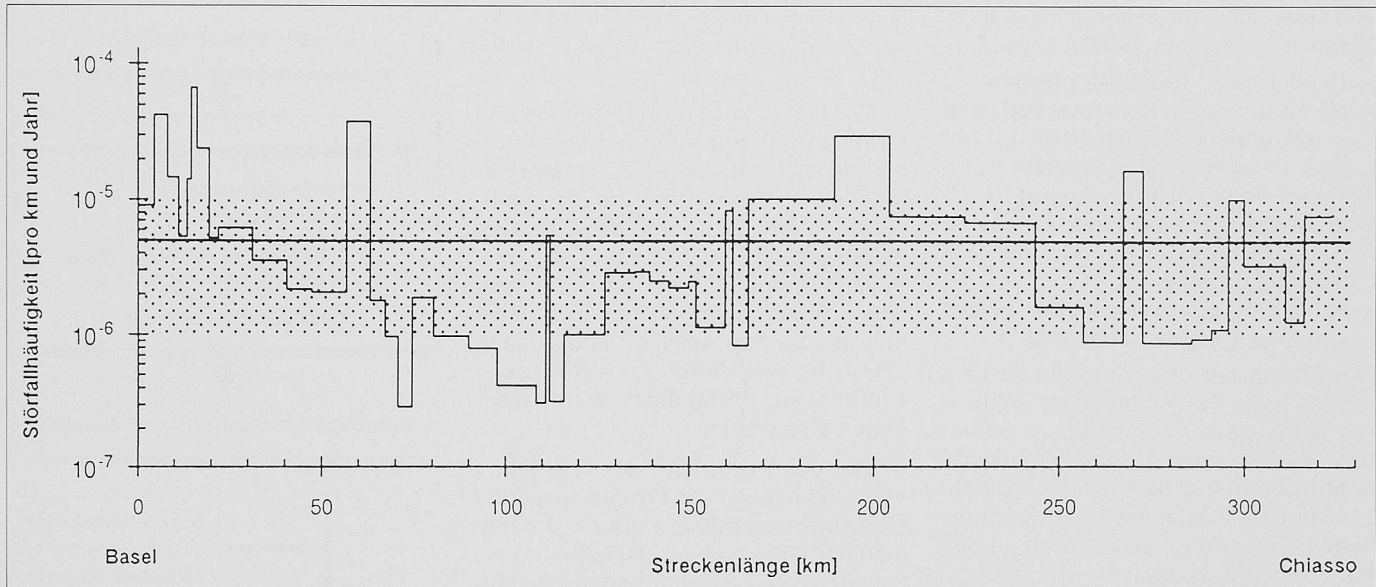


Bild 8. Häufigkeitsprofil einer «schweren Schädigung» auf der Strecke Basel – Chiasso für den Indikator «Todesopfer»

- v : Risikofaktor bezüglich des Verkehrsaufkommens  
 z : Risikofaktor bezüglich der Zugänglichkeit der Strecke (für Selbst- oder Fremdreitung und Intervention)

Der Index  $k$  gibt an, dass alle diese Größen ortsabhängig sind.  $H_k$  kann als relative, ortsspezifische Störfallhäufigkeit interpretiert werden. Dabei wurde darauf geachtet, die wichtigsten Einflussfaktoren zu berücksichtigen und in eine plausible mathematische Beziehung zur Störfallhäufigkeit zu setzen.

Diese Werte erlauben nur einen relativen Vergleich zwischen verschiedenen Streckenabschnitten, z.B. zwischen zwei Tunneln. Um den Bezug zu den netzweiten Werten herzustellen, müssen sie erst noch normiert werden. Der Normierungsfaktor enthält gewissermassen die netzweite, nicht örtlich variable Information über die Störfallhäufigkeiten. Er ergibt sich aus der Bedingung, dass sich alle ortsbezogenen Störfallhäufigkeiten – im Rahmen der möglichen Genauigkeit – zu den netzweiten Werten addieren. Dieses Verfahren wird analog für jeden Indikator und Streckentyp durchgeführt. Damit können auf systematische Art und Weise ortsbezogene Störfallhäufigkeiten berechnet werden, die mit den netzweiten Werten und den Unfallstatistiken konsistent sind. Ein anderer Weg wird im Handbuch III zur StFV [5] vorgeschlagen. Darin werden direkt ortsbezogene Störfallhäufigkeiten abgeleitet und kein Bezug zum Gesamtsystem gemacht.

Bild 8 zeigt die abschnittswise Störfallhäufigkeiten mit einer schweren Schädigung für den Indikator «Todes-

opfer» auf der Strecke Basel–Chiasso. In diesem sogenannten *Häufigkeitsprofil* sind die mittleren Störfallhäufigkeiten pro Kilometer und Jahr in einer logarithmischen Darstellung aufgetragen.

Wie sind diese Resultate zu interpretieren? Die Häufigkeiten für Ereignisse mit vielen Todesopfern streuen von Ort zu Ort beträchtlich und erreichen im Stadtgebiet von Basel, in Muttenz, wo sich der grösste Rangierbahnhof der Schweiz befindet, sowie im Bözberg- und Gotthardtunnel Maximalwerte von 3 bis  $7 \cdot 10^{-5}$  pro km und Jahr. Als *Risikospitzen* erweisen sich somit längere Mehrspurtunnel mit intensivem Reisezugverkehr und Agglomerationen mit grosser Bevölkerungsdichte, durch die erhebliche Mengen gefährlicher Güter transportiert werden.

In Anlehnung an [4] wird als Arbeitshypothese für eine hinreichend kleine Störfallhäufigkeit ein Wert von  $5 \cdot 10^{-6}$  pro km und Jahr angenommen. Diese Annahme beinhaltet – wie die Festlegung der «schweren Schädigung» – Wertungsfragen. Der Wert ist zusammen mit einer Bandbreite, die den Unsicherheiten in den Resultaten und der Beurteilung Rechnung tragen soll, in Bild 8 ebenfalls dargestellt. Beim Indikator «Todesopfer» ist längs etwa 20% der Strecke Basel–Chiasso mit einer Störfallhäufigkeit von über  $10^{-5}$  pro Kilometer und Jahr zu rechnen. Der Durchschnittswert liegt bei  $2 \cdot 10^{-6}$  pro km und Jahr. Gemäss den tieferen netzweiten Werten ist das Risiko für schwere Umweltschäden nur sehr lokal als problematisch einzustufen, und zwar in Bereichen, wo erhöhte Unfallhäufigkeiten geographisch mit bedeutenden Grundwasserfassungen, Seen oder Flüssen zusammenfallen.

#### Literatur

- [1] Schweizerische Bundesbahnen, Generaldirektion: Kurzbericht der SBB im Rahmen der Störfallverordnung, Teil I, Netzweite Aspekte, 12. März 1992
- [2] Troxler, Christoph und Bohnenblust, Hans: Sicherheit unterirdischer Bahnverkehrsanlagen, Sammelband zum Symposium «Sicherheit und Risiken bei Untertagebauwerken», 1991
- [3] Bundesamt für Verkehr (BAV): Ordnung für die internationale und schweizerische Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter (RID/RSD), SR 0.742.403.1 / SR 742.401
- [4] Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL): Handbuch I zur Störfallverordnung StFV, Richtlinien für Betriebe mit Stoffen, Erzeugnissen oder Sonderabfällen, 1991
- [5] Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL): Handbuch III zur Störfallverordnung StFV, Richtlinien für Verkehrswege, Dezember 1992
- [6] Bohnenblust, Hans und Schneider, Thomas: Ein quantitatives Sicherheitsmodell für die Neubaustreckentunnel der Deutschen Bundesbahn, Eisenbahntechnische Rundschau, Heft 3, 1984
- [7] Health and Safety Commission, GB: Major Hazard Aspects of the Transport of Dangerous Substances, HMSO, London, 1991
- [8] Technology and Management Systems, Inc.: Risk Assessment Study on the Transportation of Hazardous Materials over the U.S. Railroads, Burlington MA, November 1988

## Ausblick

Die Erfahrungen mit dem Kurzbericht zum Transport gefährlicher Güter bei den SBB haben gezeigt, dass das deduktive Vorgehen vom netzweiten oder internationalen Unfallgeschehen zur ortsbezogenen Störfallhäufigkeit den Anforderungen des Kurzberichts gemäss StFV und den verfügbaren statistischen Grundlagen am besten gerecht wird. Im Hinblick auf weitere Untersuchungen, zum Beispiel als Basis zur Massnahmenplanung, wäre neben einer geographischen Strukturierung auch eine Strukturierung bezüglich Unfallursachen oder dem involvierten Gefahrgut nützlich.

Während der netzweite Teil des Kurzberichts wichtige Daten liefert, ist die Beurteilung der Resultate des ortsbezogenen Teils für das weitere Vorgehen beim Vollzug der StFV massgebend (Bild 1). Es wird die Aufgabe der Vollzugsbehörden sein, die Resultate zu prüfen und aufgrund nachvollziehbarer Kriterien allenfalls für einzelne Streckenabschnitte *Risikoermittlungen* zu verfügen.

In den Risikoermittlungen sind dann insbesondere auch weitergehende

Massnahmen vorzuschlagen. Zur Diskussion stehen bauliche, betriebliche, technische oder Interventionsmassnahmen, die je nachdem lokal, regional oder netzweit risikomindernd wirken können. Durch die geographische und thematische Überlappung der Wirksamkeit von Massnahmen drängt sich – wie für die Störfallabklärungen – ebenfalls ein strukturiertes Vorgehen auf. Bei der Massnahmenplanung ist auch übergeordneten Aspekten Rechnung zu tragen. Falls andere Verkehrsträger tangiert werden, beispielsweise bei einer Verlagerung von Gefahrgut auf die Strasse, so sind entsprechende Überlegungen in die Betrachtungen einzubeziehen.

Für eine systematische Sicherheitsplanung sind diese Massnahmen mit *Kosten-Wirksamkeits-Kriterien* zu prüfen. Ausgangspunkt eines in verschiedenen Bereichen angewandten Beurteilungsmodells [6] bildet das Gesamtrisiko als Mass für den empfundenen Schadenerwartungswert infolge von Störfällen. Die Reduktion dieses Gesamtrisikos muss den Kosten einer spezifischen Massnahme gegenübergestellt werden. Die Beurteilung der Zweckmässigkeit der Massnahme ist direkt an die soge-

nannten Grenzkosten gekoppelt. Sie charakterisieren die Balance zwischen Mitteleinsatz und Risikoreduktion, die von der Gesellschaft als sinnvoll erachtet wird.

Obwohl zur Sicherheitsproblematik von Gefahrguttransporten im Ausland schon umfassende Risikoanalysen publiziert wurden (z.B. [7,8]), ist der Kurzbericht der SBB im Rahmen der StFV auch international betrachtet eine der ersten Studien, in der neben Personen- auch Umweltrisiken quantitativ untersucht werden. Deshalb liegen in diesem Bereich noch wenig Erfahrungen vor. Entsprechend viele Konventionen und Annahmen mussten getroffen werden. Dies betrifft sowohl die Art der Schadencharakterisierung und -bemessung als auch die Ableitung der Störfallhäufigkeiten. Diese müssen in Zukunft überprüft, diskutiert und allenfalls angepasst werden.

Adresse der Verfasser: Peter Locher, dipl. Natw. ETH; Marc Giger, dipl. Kult.-Ing. ETH; Patrik Hitz, dipl. Kult.-Ing. ETH, und Hans Bohnenblust, dipl. Bau-Ing. ETH/SIA, Ernst Basler & Partner AG, Ingenieurunternehmen, Zollikerstrasse 65, 8702 Zollikon.

## Wettbewerbe

### Clinique de réadaptation CNA à Sion VS

L'organisateur de ce concours est la Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents. Administration du concours: «Concours d'architecture pour la construction de la clinique de réadaptation à Sion, CNA, avenue de la Gare 19, case postale, 1001 Lausanne.

*Objet du concours:* La construction d'une clinique de réadaptation sur les terrains propriété de la CNA au voisinage de l'hôpital régional (Sion-Hérens-Conthey) à Sion. Il s'agit notamment de concevoir un bâtiment à fonctions complexes, indépendant mais profitant de la proximité de l'hôpital.

*Jury:* Inès Lamunière, Professeure, architecte, Genève; Bernard Attinger, architecte cantonal, Sion; Peter Baumann, architecte, Lucerne; Fonso Boschetti, architecte, Bâle; Beat Heggli, architecte, Lausanne; Charles-André Meyer, architecte de la Ville, Sion; Wilfrid Steib, architecte, chef de la section des constructions, CNA; Richard Zufferey, Dr. ès sc, math., directeur du département logistique, CNA; Willy Morger, Dr. en droit, directeur du département assurances, CNA; Christoph Heinz, Dr. méd., médecin-chef de clinique CNA, Bellikon, Toni Scartazzini, chef du projet, CNA; suppléants: Frédéric M.

Perret, ingénieur, directeur de la division des immeubles, CNA; Jacques Richter, architecte, section des constructions, CNA; experts: René Bornet, directeur de l'hôpital régional de Sion-Hérens-Conthey; Hansjörg Zentner, architecte, Lausanne.

Le concours est ouvert à tous les architectes REGA établis ou domiciliés avant le 1er janvier 1993 dans les cantons romands (FR, GE, JU, NE, VD, VS) ou dans les districts de Courtelary, Moutier, et de La Neuveville du canton de Berne. L'inscription se fait par écrit à l'adresse citée ci-dessus avant le 15 février 1994, en versant au CCP 60-700-6 la somme de 300.– frs. à titre de dépôt en mentionnant la référence «Compte 155.735 Concours d'architecture pour la construction de la clinique de réadaptation CNA, Sion».

Une somme de 220 000.– frs est à la disposition du jury pour l'attribution de 7 à 9 prix ainsi que d'éventuelles mentions.

Les concurrents inscrits recevront les documents du concours par courrier dès le 21 février 1994. Le fond de la maquette pourra être retiré lors de la visite des lieux fixée au 23 février 1994 à 10 h à l'hôpital régional de Sion, ou à l'adresse du maquetiste sur rendez-vous. (Atelier DA chemin du Calvaire 5, 1950 Sion, tél. 027/23 22 13.) Les questions relatives au concours sont adressées à l'or-

ganisateur jusqu'au 28 février 1994. Les documents doivent être remis ou adressés à l'organisateur jusqu'au 10 juin 1993 à 17 h. Les documents peuvent aussi être envoyés par poste à l'adresse de l'organisateur; dans ce cas, le timbre postal fera foi. La maquette doit être remise ou adressée jusqu'au 23 juin 1994 à une adresse qui sera communiquée ultérieurement aux concurrents.

### Nationalstrasse N2, Nordtangente in Basel

*Submissionswettbewerb Rheinbrücke, Einladung zur Bewerbung*

Das Baudepartement des Kantons Basel-Stadt führt für die neue Rheinbrücke im Zuge der Nationalstrasse N2 Nordtangente einen Submissionswettbewerb durch. Das rund 500 m lange Bauwerk dient dem Autoverkehr, dem Lokalverkehr und der Strassenbahn. Hiermit werden Interessierte eingeladen, sich um die Teilnahme an diesem Submissionswettbewerb zu bewerben.

Um die *Teilnahme* können sich Arbeitsgemeinschaften mit Unternehmern, Ingenieuren und Architekten aus der Schweiz, Südbaden und dem Elsass bewerben. Die Federführung ist durch eine schweizerische Unternehmung auszuüben.

Fortsetzung auf Seite 28