

# Unfälle beim Transport wassergefährdender Flüssigkeiten auf Strassen

*Die Richtlinien betreffend der Gewässerschutzmassnahmen beim Strassenbau aus dem Jahre 1968 [2] sind erst vor wenigen Jahren ausser Kraft gesetzt worden. Ein Ersatz liegt bis heute nicht vor. Eine Norm, die SN 640 364, Strassenentwässerung; Unfälle, Havarien, ist in Vorbereitung. Sie basiert auf Grundlagen, die im Rahmen des Forschungsauftrages VSS2002/201 [1] erarbeitet wurden.*

Von Peter Bürkel und Martin Stauber \*

Die erwähnten Richtlinien [2] wiesen zahlreiche schwerwiegende Mängel auf. So fehlten insbesondere umsetzbare Entscheidungsgrundlagen, in welchen Fällen Sicherheitsmassnahmen eingesetzt werden müssen, sowie Angaben zu ihrer Wirkung. Dies hat dazu geführt, dass in der Folge Sicherheitsmassnahmen mit geringer Effizienz realisiert wurden. Im Weiteren enthielten die Richtlinien auch Angaben zur Ausführung von Sicherheitsmassnahmen, welche die Häufigkeit von Freisetzungen gefährlicher Stoffe eher vergrösserten.

Im Rahmen des Vollzugs der Störfallverordnung ist das Handbuch III zur Störfallverordnung, Richtlinien für Verkehrswege [3], publiziert worden, das Grundlagen zur Berechnung der Häufigkeit von Freisetzungen liefert. Literaturrecherchen haben ergeben, dass umfassende statistische Unterlagen zu Strassenverkehrsunfällen mit gefährlichen Gütern vorliegen. Diese sind jedoch bezüglich der Freisetzung von wassergefährdenden Flüssigkeiten für die Projektierungspraxis nur beschränkt auswertbar. So fehlen Angaben zu den Ausbreitungspfaden der wassergefährdenden Flüssigkeiten bei unterschiedlichen örtlichen Verhältnissen. Basierend auf einer langjährigen Beschaffung von Informationen vor Ort nach Ereignissen in der Schweiz sowie aus Berichten insbesondere von Geologen konnten Erkenntnisse zum Unfallgeschehen sowie bezüglich der Schadenssummen erarbeitet werden.

## Szenarien

Die massgebenden Szenarien sind in der Abbildung 1 dargestellt. Für den Gewässerschutz wird von der Freisetzung von Mineralölprodukten und stark wassergefährdenden Flüssigkeiten ausgegangen. Als Referenzstoff werden die Warengruppen Heiz-/Dieselöl sowie Benzin angenommen.

## Ereignisse

### Unfallursachen

Tankfahrzeuge sind wegen des hohen Schwerpunktes beim Befahren von Kurven instabiler als der Durchschnitt von schweren Lastfahrzeugen. Dies erschwert das Lenken und bewirkt im Extremfall ein Rollen bzw. Kippen des Fahrzeugs. Der Auslöser des Rollvorganges kann eine zu hohe Geschwindigkeit beim Befahren einer Kurve, der Anprall an ein beispielsweise niederes Hindernis oder Winterglätte und ein daraus resultierendes Abirren von der Strasse sein. Weitere weniger häufige Auslöser sind auch möglich. Es ist auch anzunehmen, dass Schwallbewegungen der geladenen Flüssigkeiten die Instabilität verstärken können. Den Fahrzeugherstellern stehen heute Konstruktionspläne für Tankfahrzeuge mit einem niederen Schwerpunkt und einer erheblich höheren Stabilität zur Verfügung. Die Ausführung nach diesen Grundlagen bewirkt je-



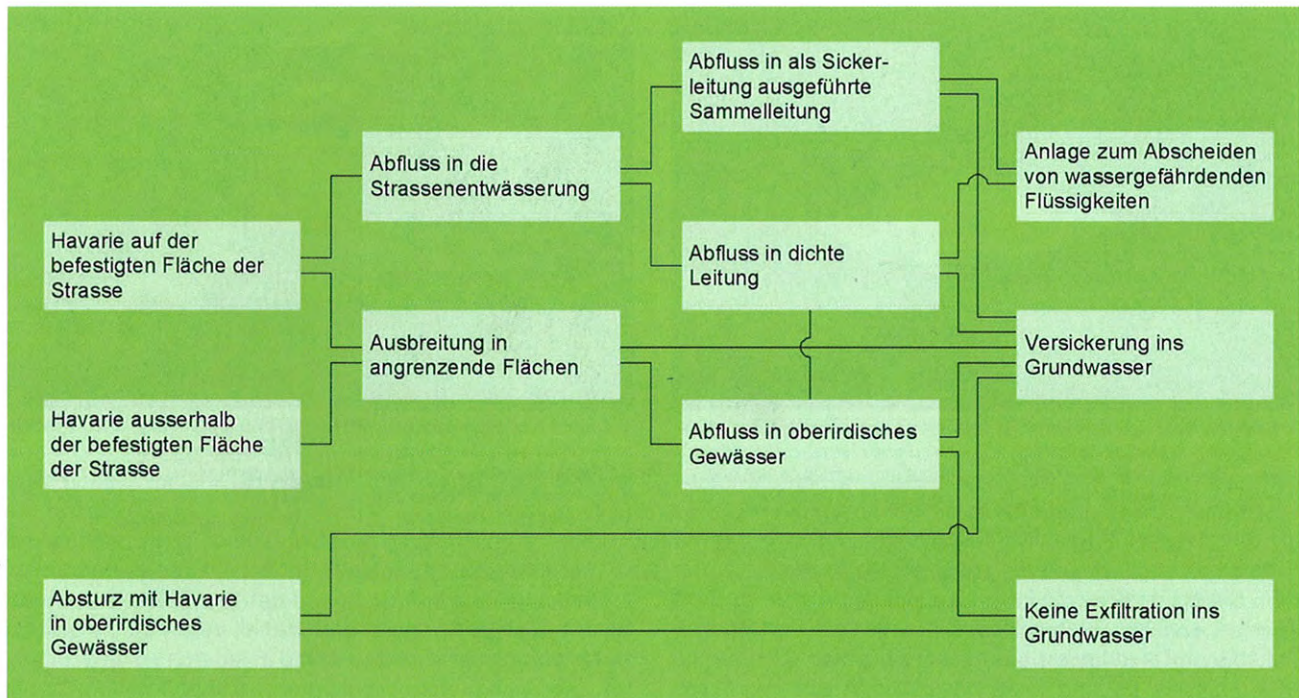
\* Peter Bürkel,  
dipl. Ing. ETH,  
Bürkel Baumann Schuler,  
Winterthur



\* Martin Stauber,  
dipl. Ing. ETH,  
Bürkel Baumann Schuler,  
Winterthur

## Accidents lors du transport par la route de liquides susceptibles de polluer les eaux

*Les directives datant de 1968 [2] et concernant les mesures de protection des eaux en matière de routes n'ont été retirées qu'il y a quelques années. Elles n'ont pour l'instant pas été remplacées. Une norme est en préparation: la SN 640 364 Evacuation des eaux routières; accidents, avaries. Elle se base sur les principes établis dans le cadre du mandat de recherche VSS2002/201 [1].*



1: Szenarien und Ausbreitungswege wassergefährdender Flüssigkeit nach einer Freisetzung.

1: Scénarios et diffusion de liquides susceptibles de polluer les eaux après une fuite.

doch erhebliche Mehrkosten. Es ist anzunehmen, dass nur ein einziges Fahrzeug dieses Typs in der Schweiz verkehrt (Abb. 2). Die Schäden am Fahrzeugtank speziell beim Rollen auf der Fahrbahn oder über eine Böschung sind unterschiedlich. Im Vordergrund stehen Schäden an Armaturen, Risse an Schweissnähten oder Perforationen (Abb. 3).

**Freisetzungsraten**

Der Anteil von Unfällen mit einer Freisetzung die durch Fahrzeuge zum Transport wassergefährdender Flüssigkeiten erfolgten ist vergleichsweise gering [3][4][5]. Im Weiteren ist die Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses mit einer schweren Schädigung eines Grundwasservorkommens nur zu erwarten, wenn sich eine Grundwasserfassung von wesentlicher Bedeutung in Strassennähe befindet. Ein Ereignis mit einer massgeblichen Störung einer Fassung ist bis heute in der Schweiz noch nie eingetreten. Freisetzungen mit einer Menge der Referenzflüssigkeit Mineralölprodukte von weniger als 1000 l bewirken allgemein keine relevanten Schäden. Gegenüber dem Tankvolumen ist die ausfliessende Menge häufig geringer, da sich das Leck nicht am Tiefpunkt des Tanks befindet oder ein Teil wie im Fall von Benzin verbrennt oder verdunstet.

**Ausbreitungspfade und Schadenausmass**

**Übersicht**

Eine Übersicht mit den örtlichen Verhältnissen der Ausbreitungspfade und geschätzten Schadenssummen findet sich in der Abbildung 11.

**Havarie auf der befestigten Fläche der Strasse mit Abfluss in die Strassenentwässerung**

Im Fall eines Abflusses der wassergefährdenden Flüssigkeit in einen Vorfluter jedoch ohne eine Exfiltration aus



Alle Bilder: BBS

2: Tanklastfahrzeug mit tiefem Schwerpunkt.

2: Camion-citerne à bas centre de gravité.



3: Eine von mehreren Perforationen in einem Transporttank nach einem Kippen des Fahrzeugs auf eine niedere Leitschranke.

3: L'une des nombreuses perforations d'une citerne après renversement d'un véhicule contre une basse glissière de sécurité.



4: Einsatz einer Bohrausrüstung unmittelbar nach der Freisetzung zur Feststellung eines schwebenden Grundwasserleiters in einem kiesig-sandigen Untergrund.

4: Recours à un équipement de forage immédiatement après la fuite afin de repérer un conduit d'eau souterraine dans un sous-sol graveleux et sablonneux.

dem Gewässer kann die Flüssigkeit vielfach mit Mehrfachsperrern zurückgehalten und entsorgt werden [1]. Der Schadenumfang variiert sehr stark zwischen 0,1 und 3,0 Mio. Franken. Es sind keine Havarien mit einem grossen Schadenausmass bekannt. Ein Ereignis mit einem Abfluss einer wassergefährdenden Flüssigkeit und einer Exfiltration aus dem Gewässer kann einen grösseren Schaden verursachen. Ein relevanter Fall ist jedoch nicht bekannt.

#### **Abfluss in Sammelleitungen als Sickerleitung ausgeführt**

In einigen Strassen, deren Häufigkeit nicht bekannt ist, wurden die Sammelleitungen mit Sickerrohren ausgeführt. Damit konnte eine zusätzliche Drainageleitung für die Unter- bzw. Oberbautwässerung eingespart werden. Das Zusammentreffen einer Havarie mit einem Starkregen kann eine Exfiltration in den Boden bewirken. Im Fall von Hauptverkehrsstrassen ist die Häufigkeit von Unfällen von Tankfahrzeugen sehr gering. Bei Hochleistungsstrassen mit häufigen Transporten wassergefährdender Flüssigkeiten ist das Ereignis Exfiltration zu beurteilen.

#### **Havarie mit einer Ausbreitung in angrenzende unbefestigte Flächen**

##### **Abfluss in den Oberboden:**

Nach der Freisetzung fliesst die wassergefährdende Flüssigkeit auf den porösen Oberboden (Horizont A) [1]. Im Fall von Frost und sehr steilen Böschungen kann die Flüssigkeit jedoch oberflächlich abfliessen. In den meisten Fällen versickert sie in den Oberboden und fliesst durch durchlässige Schichten senkrecht nach unten oder im Fall dichter Unterböden (Horizont B) oder bei einem dichten Untergrund (Horizont C) in Richtung der Falllinie. Die Retention von Flüssigkeiten im Oberboden ist grundsätzlich vergleichsweise gross, jedoch bei einem Ereignis mit einer grossen Menge freigesetzter Flüssigkeit nicht relevant.

##### **Oberboden auf kiesig-sandigem Untergrund:**

Bei dieser Situation findet eine rasche vertikale Versickerung in den Untergrund statt. Mögliche Sperrschichten sind die Grundwasseroberfläche, die Oberfläche eines schwebenden Grundwasserleiters sowie Kapillarsäume (Abb. 4). Bei einem geringen Flurabstand ist eine Intervention der Ereignisdienste mit einem Evakuieren der wassergefährdenden Flüssigkeit über dem Kapillarsaum möglich.

Ein solcher Fall ist jedoch aus der Praxis nicht bekannt. Auch bei einer Versickerung im Fall eines durchlässigen Untergrundes ist eine Sanierung in jedem Fall gewährleistet. Die Sanierungsmassnahmen wie Abpumpen (Abb. 5) und Bodenluftabsaugen sind vielfältig. Ein geringer Anteil der Flüssigkeit wird im Oberboden zurückgehalten. Der

5: Aus einem Bohrloch in kiesig-sandigem Untergrund entnommene Proben eines Gemischs von Wasser und Benzin.

5: Echantillon d'un mélange d'eau et de benzine extrait d'un forage dans un sous-sol graveleux et sablonneux.



kontaminierte Oberboden und allenfalls weitere Schichten können ausgebaggert und entsorgt werden. Das Schadenausmass wird kaum je 2 Mio. Franken übersteigen.

#### *Oberboden, toniger Unterboden und kiesig-sandiger Untergrund:*

Die Verhältnisse bezüglich der Ausbreitung der wassergefährdenden Flüssigkeit sind ähnlich wie im Fall einer fehlenden Unterbodenschicht. Es ist jedoch von einer grösseren Ausbreitungsfläche auszugehen. Immerhin ist auch mit einer grösseren Retention der Flüssigkeit zu rechnen. Eine Erschwernis oder je nach den örtlichen Verhältnissen ein Vorteil sind Drainageleitungen. Sie gestatten ein Abpumpen der wassergefährdenden Flüssigkeit an Leitungsenden oder aus Kontrollschächten.

#### *Oberboden, toniger Unterboden und wenig durchlässiger Untergrund:*

Bei diesen Verhältnissen ist eine grossflächige Ausbreitung zu erwarten, die jedoch eingegrenzt werden kann. Eine Infiltration in den Untergrund kann mit einem verhältnismässig geringen Einsatz der Ereignisdienste soweit verhindert werden, dass nur geringe Sanierungsmassnahmen notwendig sind.

#### *Boden an Abhängen mit Schichtungen von dichten und durchlässigen Böden:*

Dieser Fall ist mit Bezug zur Kurvigkeit der Strasse häufig. Bei Unfällen mit Havarien können Quelfassungen betroffen sein. Die Effektivität einer Intervention der Ereignisdienste ist vor allem von der Kenntnis der beigezogenen Geologen über die örtlichen Verhältnisse abhängig. Es ist

je nach der Topografie und den Bodenverhältnissen mit einer mehr oder minder grossflächigen Ausbreitung mit örtlichen Sickerstellen zu rechnen (Abb. 6). Die Anlaufzeit zwischen der Havarie und der Ankunft von kontaminiertem Wasser in einem Gewässer kann sehr kurz sein. Die Auswertung von Ereignissen zeigt auch für diesen Fall, dass grosse und nachhaltige Schäden noch nie aufgetreten sind.

#### *Unterirdische Leitungen:*

Die unterirdischen Leitungen für Gas, Wasser, Elektrizität und Telekommunikation weisen in den meisten Fällen eine Umhüllung aus einem durchlässigen Material auf. Diese wirken in bindigen Böden als Ausbreitungspfad mit einer grossen Sickerleistung. Bereits im Fall von Strassen ausserhalb des Siedlungsgebiets können Längsleitungen in Verbindung mit Querschlägen eine grossflächige und schwer analysierbare Ausbreitung von wassergefährdenden Flüssigkeiten bewirken. Schwerwiegende Folgen haben die unterirdischen Leitungen im überbauten Gebiet. Die grossflächige Netze bildenden Ausbreitungspfade längs Leitungen sind nach einer Freisetzung kurzzeitig nicht oder nur schwer analysierbar (Abb. 7). Erhebliche Erschwernisse ergeben sich zusätzlich bei Hausanschlüssen, die aufwändige Grabarbeiten in Vorgartengebieten notwendig machen (Abb. 8).

### **Risiken von Freisetzungen**

Die Risiken sind das Produkt der Häufigkeit von Freisetzungen und dem Schadenausmass. Die Häufigkeit von Unfällen mit Freisetzungen wassergefährdender Flüssigkeiten ist in den letzten Jahren sehr viel geringer geworden. Dies ist auf ein

6: Ausbreitungsgebiet direkt unter der Freisetzungsstelle in einer Hanglage mit Schichtungen von dichten und durchlässigen Böden.

6: Domaine de diffusion directement sous l'endroit de la fuite dans un versant pentu avec alternance de couches perméables et imperméables.





7: Ausgangspunkt einer grossflächigen Ausbreitung von Heizöl durch die Fundationsschicht der Strasse und durchlässige Umhüllungen von Leitungen.

7: Origine d'une diffusion étendue de mazout par la couche de fondation de la route et par des gaines perméables de conduites.



8: Ausbreitung von Heizöl längs Hausanschlussleitungen.

8: Diffusion de mazout le long des raccordements aux bâtiments.

höheres Niveau der aktiven Sicherheit der Tankfahrzeuge, Verbesserungen bei der Ausrüstung der Transporttanks sowie möglicherweise besser qualifizierte Fahrzeugführer zurückzuführen. Die Grundlagen zur Bestimmung der Häufigkeit finden sich im Handbuch III zur Störfallvorsorge [3]. Das Schadensausmass ist basierend auf den örtlichen Verhältnissen zu schätzen. Die ausfliessenden Flüssigkeiten sind bei Transporten auf den Strassen im Vergleich zu denjenigen bei Zügen mit Kesselwagen gering. Dadurch ist auch die Schadensumme beschränkt. Angaben dazu finden sich in der Abbildung 11. Störfälle als Folge von Tankfahrzeugunfällen sind nicht bekannt.

## Sicherheitsmassnahmen

### Massnahmen zur Herabsetzung der Häufigkeit von Freisetzungen

Das Gefahrenpotential kann durch ein Fahrverbots für Tankfahrzeuge herabgesetzt werden. Diese Massnahme verursacht keine Investitionen und ist deshalb in Bezug auf ihre Auswirkungen zu prüfen. Wenig wirksam sind Geschwindigkeitsbeschränkungen.

### Wirkung von Sicherheitsmassnahmen zur Herabsetzung des Gefahrenpotentials

Dieses Element der Sicherheitsvorkehrungen umfasst die Massnahmen der passiven Sicherheit wie hindernisfreie Seitenstreifen [6] (Abb. 9), ungefährliche Tragwerke der Strassenausüstung sowie insbesondere der im Vordergrund stehende Einsatz von Leitschranken [7][8][9]. Die früher eingesetzten Leitmauern sind ungünstig, da der Anprall eines Tankfahrzeugs mit erheblicher Häufigkeit ein Leck verursacht. Der Einsatz von Leitschranken ist in den meisten Fällen die effizienteste Sicherheitsmassnahme zur Herabsetzung des Gefahrenpotentials.



9: Hindernisfreier Seitenstreifen in einer Gewässerschutzzone.

9: Bande d'arrêt d'urgence sans obstacle dans une zone de protection des eaux.



10: Böschungsabdichtung mit Anschluss an den Belagsrand.

10: Etanchéité d'un talus avec raccordement en bordure du revêtement.

Örtliche Verhältnisse	Ausbreitungspfad	Schaden (Mio. CHF)
<b>Havarie auf der befestigten Fläche der Strasse mit Abfluss in die Strassenentwässerung</b>		
Abfluss in dichtes Leitungssystem	Abfluss in Vorfluter ohne Exfiltration	0,1–0,3
	Abfluss in Vorfluter mit Exfiltration	0,5–4,0
Autobahn, Sammelleitung ausgeführt als Sickerleitung	Exfiltration beim zeitlichen Zusammentreffen von Freisetzung und Starkregen	1,0–10,0
Übrige Strassen, Sammelleitung ausgeführt als Sickerleitung		1,0–2,0
<b>Havarie mit einer Ausbreitung in angrenzende unbefestigte Fläche</b>		
Oberboden, kiesig-sandiger Untergrund	Versickerung senkrecht nach unten bis auf eine Sperrschicht	0,5–3,0
Oberboden, toniger Unterboden, kiesig-sandiger Untergrund	Teilweise Retention der wassergefährdenden Flüssigkeiten, grösserflächige Ausbreitung	0,5–1,5
Oberboden, toniger Unterboden, wenig durchlässiger Untergrund	Teilweise Retention, grossflächige Ausbreitung, geringe Infiltration in den Untergrund	0,3–1,0
Böden an Abhängen mit Schichtungen von dichten und undurchlässigen Böden	Rasche Ausbreitung abwärts in durchlässige Schichten	0,3–1,0
Unterirdische Leitungen von Versorgungsunternehmen in unüberbauten Gebieten	Grossflächige Ausbreitung über Rohrumhüllungen aus durchlässigen Materialien	0,5–1,5
Unterirdische Leitungen von Versorgungsunternehmen in überbauten Gebieten	Grossflächige Ausbreitung über Hausanschlussleitungen zu den Bauten	0,5–3,0

11: Havarie, örtliche Verhältnisse, Ausbreitungspfade und Schadensausmass.

11: Avarie, conditions locales, voies de diffusion et importance des dégâts.

### Wirkung von Sicherheitsmassnahmen zur Herabsetzung des Schadensausmasses

Elemente der Massnahmen zur Herabsetzung des Schadensausmasses sind Abwasserleitungssysteme, Abdichtungen (Abb. 10) sowie Einrichtungen zum Abscheiden oder Rückhalten von wassergefährdenden Flüssigkeiten wie Ölrückhaltebecken und Kanalnetzspeicher sowie insbesondere Kombinationen von Abscheider, Absetzanlage und Retentionsbecken. Ein massgebender Aspekt beim Einsatz der aufgeführten Massnahmen ist die beschränkte Wirkung von Kombinationen von Massnahmen zur Herabsetzung des Gefahrenpotentials. So ist zu beachten, dass der Sicherheitszuwachs beim Einsatz einer zweiten oder gar dritten Massnahme vergleichsweise gering ist. Allgemein wenig wirksam ist beispielsweise die Ausführung von Abdichtungen zusammen mit dem Einsatz von Leitschranken. Bei der Projektierung von Massnahmen zur Reduzierung des Schadensausmasses ist jedoch auch zu beachten, dass einzelne Massnahmen nur in Kombination mit anderen eine massgebliche Wirkung aufweisen. Havarien treten meistens als Folge eines Anpralls von Fahrzeugen an Hindernisse oder eines Umkippens auf. Dies kann durch Leitschranken weitgehend verhindert werden. Ohne Leitschranken oder Abdichtungen von Böschungen tritt die Havarie ausserhalb der befestigten oder abgedichteten Fläche auf. Die ausfliessende wassergefährdende Flüssigkeit kann in diesem Fall weder in einen Abscheider noch in eine Rückhalteanlage abgeleitet werden. ■

### Literatur

- [1] P. Bürkel, M. Stauer, Unfälle beim Transport wassergefährdender Flüssigkeiten, Forschungsauftrag VSS 2002/201, Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Zürich, 2005.
- [2] Richtlinien des Eidgenössischen Departements des Innern betreffend Gewässerschutzmassnahmen beim Strassenbau vom 27. Mai 1968 (ausser Kraft gesetzt).
- [3] Handbuch III zur Störfallverordnung, Richtlinien für Verkehrswege, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 1992.
- [4] Brandsicherheit von Brückenentwässerungssystemen, Bürkel Baumann Schuler, Bundesamt für Strassenbau, Bern, 1993.
- [5] Strassenverkehrsunfälle von Transportguttankfahrzeugen 1989 bis 1991, Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen, Heft M 5, Bergisch Gladbach, 1993.
- [6] SN 640 560, Passive Sicherheit im Strassenraum; Grundnorm.
- [7] SN 640 569, Passive Sicherheit von Tragkonstruktionen der Strassenausrüstung.
- [8] SN 640 561, Passive Sicherheit im Strassenraum; Fahrzeugrückhaltesysteme.
- [9] Richtlinien für Fahrzeugrückhaltesysteme, Bundesamt für Strassen, Bern, 2002.
- [10] Richtlinien für bautechnische Massnahmen an Strassen in Wasserschutzgebieten RiStWag, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau, Köln, 2002.