Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 114 (1996)
Heft: 11

Artikel: Brand- und Explosionsrisiko in Brückenentwässerungen
Autor: Bürkel, Peter / Schuler, Daniel
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-78926

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Peter Bürkel und Daniel Schuler, Winterthur

Brand- und Explosionsrisiko in Brückenentwässerungen

Ein Brand oder eine Explosion im Entwässerungssystem einer Autobahn- oder Autostrassenbrücke kann Schäden am Tragwerk und an der Brückenausrüstung verursachen. Um die Notwendigkeit von Brandschutzmassnahmen zu beurteilen, müssen die Risiken solcher Ereignisse quantifiziert werden. Die im folgenden dargestellte Risikoanalyse zeigt, dass das Risiko eines Brandes bzw. einer Explosion extrem klein ist.

Am 3. Oktober 1989 kam es auf dem Lehnenviadukt der Autobahn N2 bei Beckenried zu einem Fahrzeugbrand, bei dem ein Lastenzug vollständig ausbrannte, der Treibstofftank des Zugfahrzeugs auslief und 200 l Dieselöl brennend in einen nahe gelegenen Einlaufschacht und damit in das Entwässerungssystem der Brücke gelangten. Teile der Entwässerungsleitungen gerieten dabei in Brand. Aufgrund der grossen Hitzeentwicklung im Hohlkasten entstand ein beträchtlicher Sachschaden an der Brücke [1].

Das Brand- und Explosionsrisiko in Brückenentwässerungen wurde in Fachkreisen sehr unterschiedlich beurteilt. Da Angaben bezüglich der Häufigkeit und dem Ausmass solcher Ereignisse weltweit nicht vorhanden waren, setzte das Bundesamt für Strassenbau (ASB) eine Arbeitsgruppe ein, die den Problemkreis untersuchte. Auf Antrag der Arbeitsgruppe liess das ASB eine Risikoanlayse [2] erarbeiten und Brandversuche [3] durchführen.

Brandereignisse

Bei den Szenarien, die zu einem Brand in einem Brückenentwässerungssystem führen können, handelt es sich um Verkehrsunfälle, bei denen brennbare Flüssigkeiten freigesetzt und entzündet werden. Die folgenden Szenarien wurden untersucht:

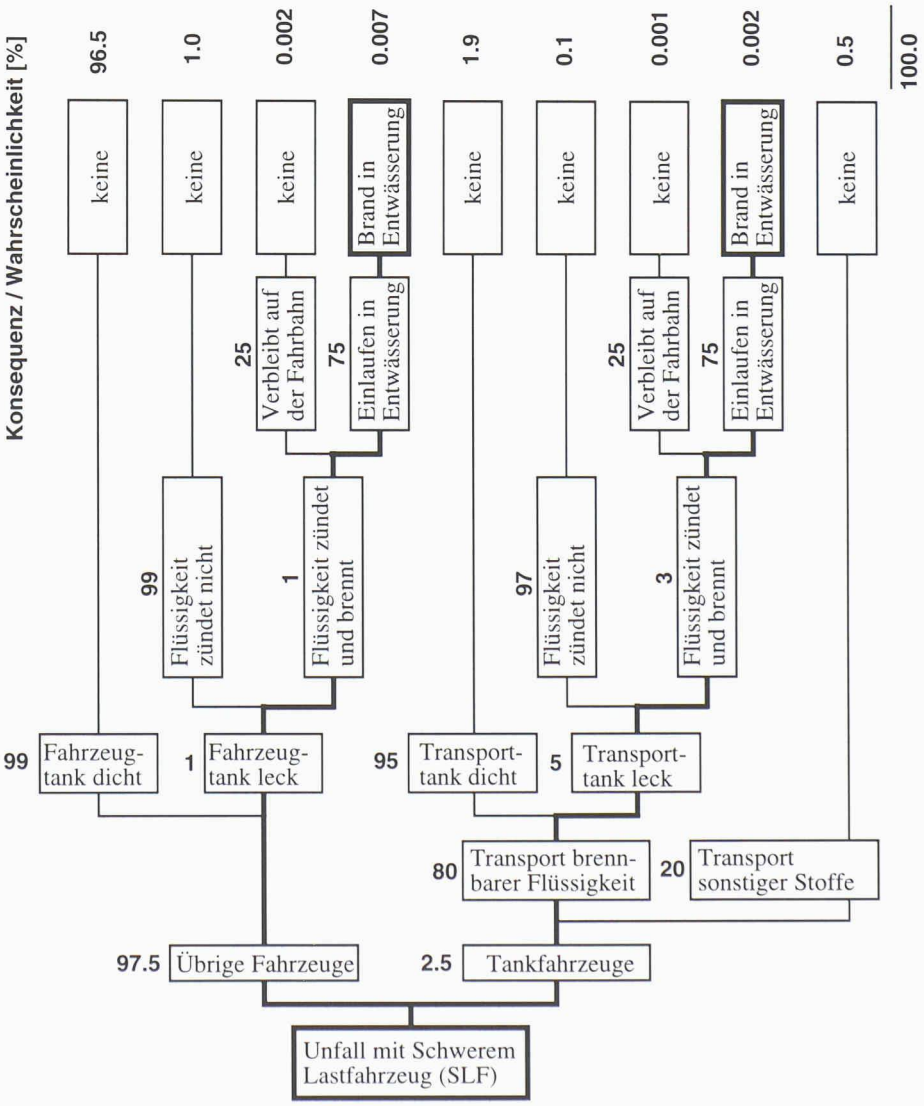
- Unfall mit Personenwagen (PW): PW besitzen Treibstofftanks mit einem kleinen Volumen. Durch die Ausführung und Anordnung sind die Tanks mechanisch besser geschützt als die Dieseltreibstofftanks von Lastfahrzeugen. Das Szenario, bei dem bei einem verunfallten PW Treibstoff freigesetzt wird, brennend in die Brückenentwässerung fliesst und dort zu einem Brand führt, ist deshalb nicht relvant.
- Unfall mit schwerem Lastfahrzeug (SLF): SLF werden praktisch ausschliesslich mit Dieseltreibstoff betrieben. Sie verfügen über Treibstofftanks mit einem Volumen bis zu 1000 l. Bei einem Unfall besteht die Möglichkeit, dass der Fahrzeugtank leck schlägt, Dieseltreibstoff freigesetzt und entzündet wird und dann brennend in die Brückenentwässerung einfliesst.
- Unfall mit Tankfahrzeug (Tank-Fz): Tank-Fz können brennbare Flüssigkeiten transportieren, welche bei einem Unfall oder bei einem Defekt auslaufen, in Brand geraten und über einen Einlaufschacht brennend in das Brückenentwässerungssystem gelangen.

Ereigniswahrscheinlichkeiten

Zur Bestimmung der Wahrscheinlichkeit eines Brandes in einem Brückentwässerungssystem müssen die einzelnen Wahrscheinlichkeiten bezüglich dem Unfallgeschehen sowie der Freisetzung, Zündung und dem Einlaufen brennbarer Flüssigkeit in die Entwässerung ermittelt werden. Diese werden dann in einem Ereignisbaum (1) zusammengefasst.

Unfallgeschehen

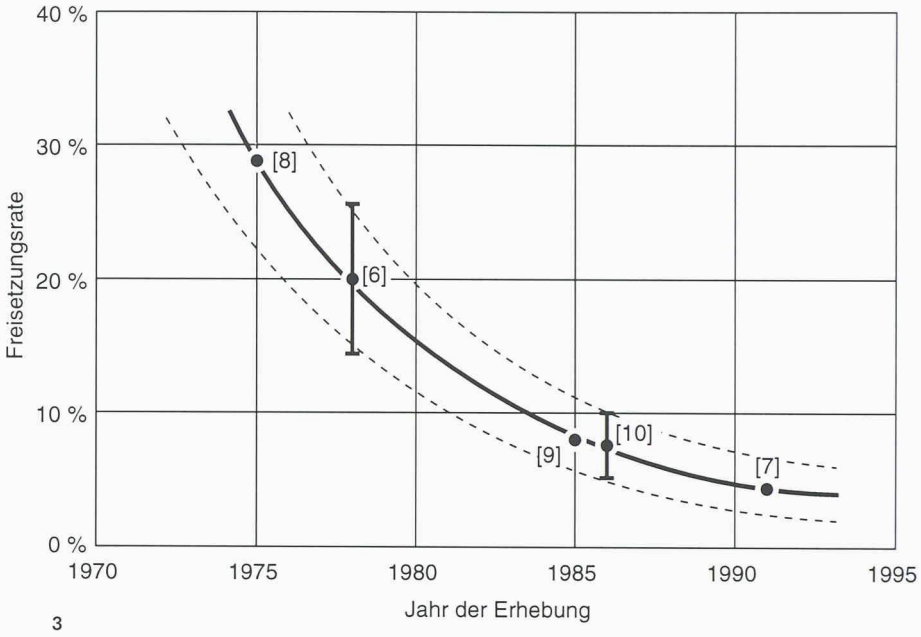
Bei der Beurteilung des Risikos eines Brandes in einem Brückenentwässerungssystem sind die Unfälle mit schweren Lastfahrzeugen (SLF) und Tankfahrzeugen (Tank-Fz) von Bedeutung. Die Auswertung der Unfallzahlen auf Autobahnen und Autostrassen in der Schweiz für die Jahre



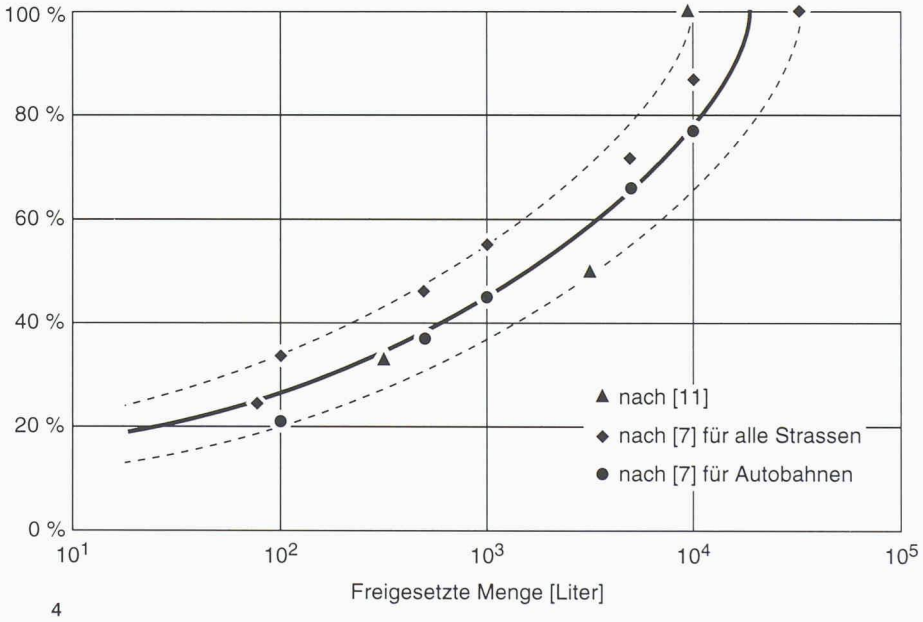
1

Fahrzeug-kategorie	1988		1990	
Tank-Fz	24	(2,6%)	22	(2,0%)
übrige SLF	907	(97,4%)	1075	(98,0%)
Total SLF	931	(100,0%)	1097	(100,0%)

2



3



4

1
Ereignisbaum für einen Brand in einem Brückenentwässerungssystem (Wahrscheinlichkeitswerte in %)

2
Auf schweizerischen Autobahnen und Autostrassen in Unfälle verwickelte Fahrzeuge gemäss [4]

3
Freisetzungsrate für brennbare Flüssigkeiten bei Unfällen mit Tankfahrzeugen

4
Bei Unfällen mit Leckage von Tankfahrzeugen freigesetzte Flüssigkeitsmengen (Summenkurven)

1988 und 1990 nach [4] ist in (2) zusammengestellt. Aufgrund dieser Zahlen wird für die Risikobeurteilung davon ausgegangen, dass es sich bei 2,5% der Unfälle mit SLF um Unfälle mit Tankfahrzeugen handelt.

Angaben zur Häufigkeit, mit der Güter bei Unfällen mit gefährlichen Stoffen beteiligt sind, finden sich in verschiedenen Literaturquellen [5], [6], [7]. Es kann davon ausgegangen werden, dass es sich bei rund 80% der transportierten Güter um entzündbare flüssige Stoffe der SDR-Klasse 3, vor allem um Heizöl, Dieselöl und Benzin handelt.

Freisetzungsrate

In verschiedenen Untersuchungen finden sich Angaben zur Wahrscheinlichkeit, mit der bei Tankfahrzeugen bei einem Unfall der Transporttank leck schlägt und flüssige Stoffe freigesetzt werden. Trägt man die in der Literatur angegebenen Freisetzungsraten in Abhängigkeit des Zeitpunkts der Erhebung auf, so erkennt man eine markante Abnahme innerhalb der letzten zwanzig Jahre (3). Verantwortlich dafür sind Sicherheitsmassnahmen seitens der Fahrzeugtechnik sowie ein zunehmendes Sicherheitsniveau an Strassen- und Brückenrändern aufgrund passiver Schutzeinrichtungen.

Die Freisetzungsrate für brennbare flüssige Stoffe (SDR-Klasse 3) bei Unfällen mit Tankfahrzeugen wird aufgrund dieser Angaben mit 5% angenommen.

Die Wahrscheinlichkeit, dass bei einem Unfall von SLF der Treibstofftank beschädigt und Dieselöl freigesetzt wird, ist vergleichsweise klein. Statistische Erhebungen zur Dieselölfreisetzung bei Unfällen mit SLF existieren in der Literatur jedoch nicht. Aufgrund von Schätzungen von Fachleuten wird die Freisetzungsrate mit 1% angenommen.

Zündungsrate

Die Wahrscheinlichkeit, dass bei einem Unfall aus dem Transporttank von Tank-Fz oder aus dem Treibstofftank ausgelaufene Flüssigkeit entzündet wird, ist vergleichsweise gering. Literaturangaben dazu finden sich in [7], [9] und [11]. Im Handbuch III zur Störfallverordnung [9] wird eine Zündungsrate von 5% angegeben. Diese Angabe bezieht sich jedoch auf Benzinbrände. Für Heiz- und Dieselöl kann aufgrund des hohen Flammpunktes davon ausgegangen werden, dass die Zündungsrate wesentlich kleiner ist. Die Umrechnung aufgrund der Transportmengen der SDR-Klasse 3 ergibt eine Zündungsrate von 3% bezogen auf alle brennbaren flüssigen Stoffe. Die Untersuchung der britischen Health & Safety Commission [11], in welcher Leckagen von Tank-Fz und Brände von PW untersucht werden, ergibt ebenfalls eine Zündungsrate von 3%.

Wird der Treibstofftank von SLF beschädigt und läuft er aus, ist die freigesetzte Flüssigkeit ausschliesslich Dieseltreibstoff. Wegen des hohen Flammpunkts von Dieselöl wurde die Zündungsrate für solche Ereignisse auf 1% festgelegt.

Einlaufrate

Die Wahrscheinlichkeit, dass bei einem Unfall freigesetzte brennende Flüssigkeit in das Entwässerungssystem fliesst, hängt neben anderen Parametern primär von der Freisetzungsmenge und der Freisetzungsdauer sowie von der Anordnung der Einlaufschächte und dem Längs- und Quergefälle der Fahrbahn ab. Wird beim Unfall nur eine kleine Flüssigkeitsmenge

freigesetzt, ist es möglich, dass diese vollständig auf der Fahrbahn verbrennt und damit keine brennende Flüssigkeit in die Entwässerung gelangt.

In (4) ist die Wahrscheinlichkeit aufgetragen, mit der bei einem Unfall mit einem Tank-Fz eine bestimmte Flüssigkeitsmenge freigesetzt wird. Dabei fällt auf, dass bei ca. 25% aller Leckagen nur eine kleine Flüssigkeitsmenge von 50 l oder weniger freigesetzt wird.

Für die aus Treibstofftanks von SLF freigesetzten Mengen existieren keine Untersuchungen. Da die Tankvolumina begrenzt und die Treibstofftanks nicht immer vollständig gefüllt sind, kann auch für Unfälle mit SLF abgeschätzt werden, dass in 25% der Fälle die Freisetzungsmenge nicht mehr als 50 l beträgt.

Abhängig von der Grösse der Flüssigkeitslache sowie der Abbrandrate verbrennt ein Teil der freigesetzten Flüssigkeit auf der Fahrbahn. Mit der Interpretation von in der Literatur beschriebenen Versuchen [12] sowie aufgrund eigener Versuche konnte ermittelt werden, dass die Grösse der Flüssigkeitslache auch bei Freisetzungsmengen ≤ 50 l und Freisetzungen nahe bei einem Einlaufschacht im Minimum 15 m² beträgt.

Bei einer Abbrandrate von Dieselöl und Benzin von 2,5 bzw. 3 kg/m²·min [13] und einer minimalen Lachengrösse von 15 m² verbrennen während der kurzen Branddauer von einer Minute 40 kg bzw. 50 l Flüssigkeit auf der Fahrbahnoberfläche. Bei 25% der Unfälle, bei denen solche kleinen Flüssigkeitsmengen freigesetzt werden, kommt es deshalb nicht zu einem Einlaufen in die Entwässerung.

Zusammenfassung

Die Wahrscheinlichkeiten für das Unfallgeschehen, die Freisetzungsrate, die Zündungsrate und die Einlaufrate werden im Ereignisbaum (1) zusammengefasst. Ausgehend von einem Unfall mit einem schweren Lastfahrzeug (SLF) auf einer Autobahn- oder Autostrassenbrücke werden die Wahrscheinlichkeiten eines Brandes in der Brückenentwässerung bestimmt. Die Wahrscheinlichkeit für einen Unfall mit einem Tank-Fz, bei dem brennbare Flüssigkeit freigesetzt wird, sich entzündet und in die Entwässerung gelangt, beträgt 0,002% ($2 \cdot 10^{-5}$). Die Wahrscheinlichkeit für das Szenario, bei dem der Fahrzeugtank eines SLF leck schlägt und Dieseltreibstoff brennend in die Entwässerung fliesst, beträgt 0,007% ($7 \cdot 10^{-5}$).

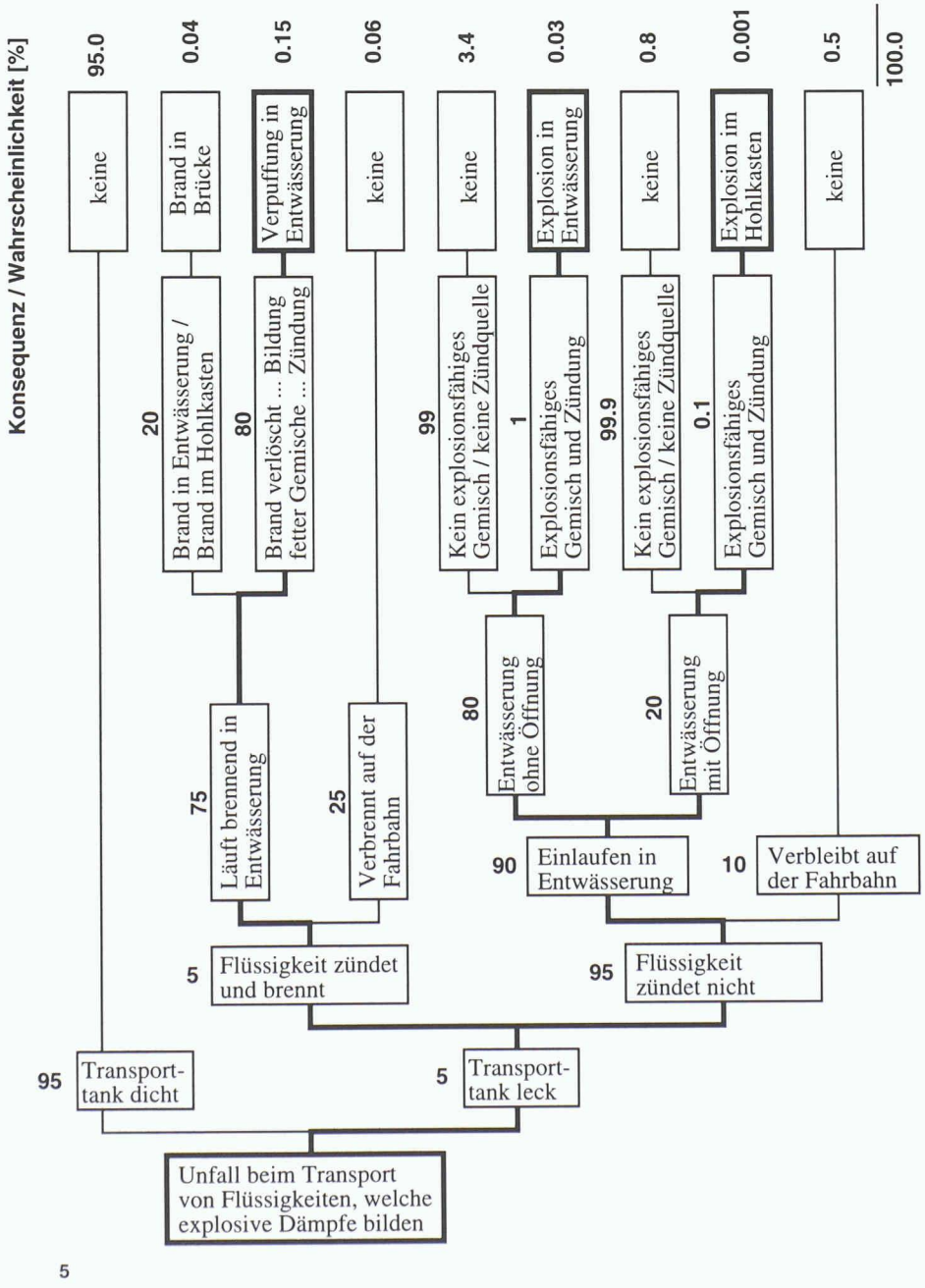
Brandhäufigkeit

Die Häufigkeit, mit der es zu einem Brand im Brückenentwässerungssystem einer schweizerischen Autobahn- oder Autostrassenbrücke kommt, wird aufgrund der Unfallzahlen ermittelt. Im Jahr 1990 verunfallten auf Autobahnen und Autostrassen knapp 1100 SLF (2). Da die Brücken ca. 9% des schweizerischen Nationalstrassennetzes ausmachen, kann davon ausgegangen werden, dass jährlich 100 SLF auf Brücken verunfallen. Die gesamte Wahrscheinlichkeit, dass es bei einem solchen Unfall zu einem Brand im Brückenentwässerungssystem kommt, beträgt 0,007% + 0,002% ≈ 0,01%. Die Häufigkeit eines Brandes im Entwässerungssystem einer schweizerischen Autobahn- oder Autostrassenbrücke beträgt demzufolge:

$100/a \cdot 0{,}01\% = 10^{-2}\ /a$
(Wiederkehrperiode 100 a)

Explosionsereignisse

Die Szenarien, die zu einer Verpuffung oder einer Explosion im Entwässerungssystem oder im Hohlkasten einer Brücke



5

5
Ereignisbaum für eine Explosion in einem Brückenentwässerungssystem (Wahrscheinlichkeitswerte in %)

6
Verteilung der Sachschäden bei Bränden in Brückenentwässerungssystemen

7
Risiko von Brand- und Explosionsereignissen in Brückenentwässerungen auf Schweizer Autobahn- und Autostrassenbrücken (a: Explosion im Entwässerungssystem, b: Explosion im Hohlkasten)

führen, sind im Ereignisbaum (5) dargestellt und nachfolgend beschrieben:

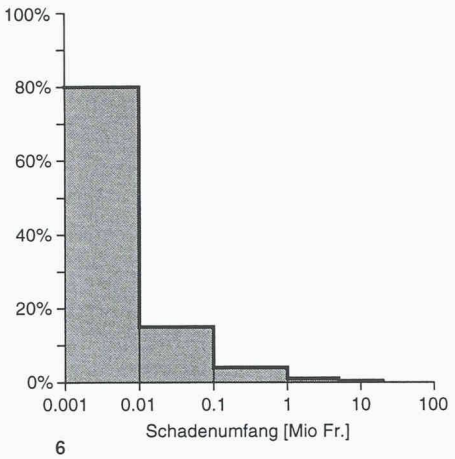
- Verpuffung im Entwässerungssystem: Verpuffungen können entstehen, wenn eine brennend in die Entwässerung gelangte Flüssigkeit infolge Sauerstoffmangel verlöscht und nach dem Verlöschen fette Gemische bildet. Diese werden dann wieder gezündet, da nach einem Brand noch Zündquellen vorhanden sind.
- Explosion im Entwässerungssystem: Zu einer Explosion im Entwässerungssystem kommt es, wenn sich im System von einer einlaufenden Flüssigkeit zusammen mit dem Luftsauerstoff explosionsfähige Gemische bilden, welche durch eine nachträglich brennend zufliessende Substanz oder durch Funken im Einlaufschacht gezündet werden.
- Explosion im Hohlkasten: Gelangt eine Flüssigkeit, die explosionsfähige Dämpfe zu bilden vermag, in ein Entwässerungssystem mit Öffnungen (z.B. Belüftungsöffnungen), kann sich im Brückenhohlkasten ein zündfähiges Gemisch bilden. Beim Vorhandensein einer Zündquelle, kann dieses explodieren.

Ereigniswahrscheinlichkeiten

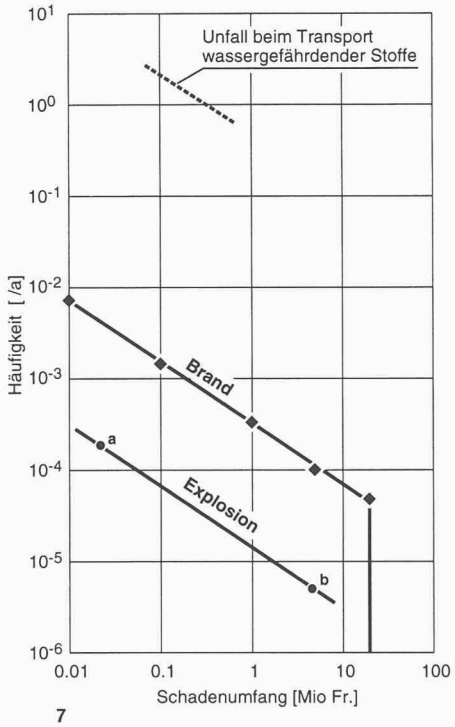
Zur Ermittlung der Wahrscheinlichkeiten von Verpuffungen und Explosionen können die der Bestimmung der Brandhäufigkeit zugrunde gelegten Unfallzahlen, Freisetzungs-, Zündungs- und Einlaufraten verwendet werden. Die Freisetzungsrate für Transporttanks von verunfallten Tank-Fz beträgt danach 5%. Die Zündungsrate wird gemäss [9] mit 5% angenommen. Analog zu den Untersuchungen zur Brandgefährdung wird die Einlaufrate auf 75% festgelegt, wenn die freigesetzte Flüssigkeit auf der Fahrbahn in Brand geraten ist. Hat sich die Flüssigkeit nicht entzündet, reduziert dies die Wahrscheinlichkeit, dass die gesamte freigesetzte Menge auf der Fahrbahn verbrennt. Die Einlaufrate wird für diesen Fall auf 90% erhöht.

Verpuffung im Entwässerungssystem

Brandversuche [3] zeigten, dass brennend in ein Entwässerungssystem gelangte Flüssigkeit aufgrund der fehlenden Luftzufuhr meistens verlöscht. Noch vorhandene unverbrannte Flüssigkeit ist danach für die Bildung fetter Gemische verantwortlich, welche sich durch Brandrückstände entzünden. Aufgrund der aus den Brandversuchen gewonnenen Erkenntnisse kann die Wahrscheinlichkeit so entstehender Verpuffungen mit 80% angenommen werden.



6



7

Explosion im Entwässerungssystem

Grundsätzlich sind in Entwässerungssystemen relativ häufig explosionsfähige Gemische vorhanden. Wegen dem Fehlen von Zündquellen, und da solche Gemische aufgrund ihrer gegenüber Luft grösseren Dichte schnell abfliessen, sind Explosionsereignisse jedoch selten. Die Wahrscheinlichkeit, dass sich ein explosionsfähiges Gemisch bildet und entzündet, wird auf lediglich 1% geschätzt.

Explosion im Hohlkasten

Brückenentwässerungssysteme, welche im Brückenhohlkasten Belüftungsöffnungen (z.B. Trichter, Stutzen) aufweisen, sind vergleichsweise selten. Maximal 20% der Systeme sind so ausgeführt.

In der Schweiz sind Brückenhohlkästen im allgemeinen belüftet und weisen am tiefsten Punkt eine Öffnung für die Entwässerung auf [14]. Die Ansammlung explosionsfähiger Gemische im Hohlkasten ist deshalb sehr unwahrscheinlich. Die Wahrscheinlichkeit der Bildung und Zündung eines explosionsfähigen Gemischs im Hohlkasten beträgt daher lediglich 0,1%.

Zusammenfassung

Die einzelnen Wahrscheinlichkeiten sind im Ereignisbaum (5) zusammengefasst. Ausgehend von einem Unfall auf einer Autobahn- oder Autostrassenbrücke mit Beteiligung eines Tank-Fz, das Flüssigkeiten transportiert, die explosive Dämpfe bilden, werden damit die Wahrscheinlichkeiten von Verpuffungen und Explosionen bestimmt. Die Wahrscheinlichkeit für Verpuffungen im Entwässerungssystem beträgt 0,15% ($1{,}5 \cdot 10^{-3}$). Eine Explosion im System ist fünfmal weniger wahrscheinlich ($0{,}03\% = 0{,}3 \cdot 10^{-3}$). Die Wahrscheinlichkeit einer Explosion im Brückenhohlkasten ist sehr klein, sie beträgt 0,001% (10^{-5}).

Explosionshäufigkeit

Von den auf Schweizer Autobahn- und Autostrassenbrücken vorkommenden 100 Unfällen pro Jahr, bei denen SLF beteiligt sind, handelt es sich bei 2,5 Fällen um Unfälle mit Tank-Fz (2). Nach den Untersuchungen von Uebing [5] und Rompe [6] werden bei 25% der verunfallten Gefahrenguttransporte leichtflüchtige Stoffe, primär Benzin, aber auch Verdünner und Lösungsmittel, transportiert. Für die Berechnung der Häufigkeit von Verpuffungen und Explosionen kann deshalb von jährlich 0,6 Transportunfällen auf Brücken mit explosiven Dämpfe bildenden Flüssigkeiten ausgegangen werden:

- Verpuffung im Entwässerungssystem: $0{,}6/a \cdot 0{,}150\% \approx 1 \cdot 10^{-3}/a$ (1000 a)
- Explosion im Entwässerungssystem: $0{,}6/a \cdot 0{,}030\% \approx 2 \cdot 10^{-4}/a$ (5000 a)
- Explosion im Brückenhohlkasten: $0{,}6/a \cdot 0{,}001\% \approx 5 \cdot 10^{-6}/a$ (200 000 a)

Schadenumfang

Für die Risikobeurteilung von Brand- und Explosionsereignissen auf Brücken muss der Schadenumfang der untersuchten Szenarien berücksichtigt werden. Personenschäden sind bei allen Szenarien nicht zu erwarten, da ein Brückeneinsturz unwahrscheinlich ist und nicht unerwartet erfolgt.

Brandereignisse

Angaben zu den Sachschäden als Folge von Bränden in Brückenentwässerungssystemen existieren nicht, da der Brandfall im Lehnenviadukt weltweit der

Die dieser Veröffentlichung zugrunde liegenden Berichte können wie folgt bezogen werden:

- Bundesamt für Strassenbau, Brandsicherheit von Brückenentwässerungssystemen: Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, 3000 Bern, Art.-Nr. 308.331d
- Kanton Nidwalden, Kantonsingenieurbüro, Brandversuche in Brückenentwässerungssystemen: Bürkel Baumann Schuler, Ingenieure + Planer AG, Gertrudstrasse 17, 8400 Winterthur

Das Bundesamt für Strassenbau hat die Kapitel 6 und 8 der Richtlinien für konstruktive Einzelheiten von Brücken überarbeitet. Die revidierten Kapitel können ab 1. Juni 1996 bei der EDMZ unter der folgenden Artikel-Nummer bezogen werden:

- Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, 3000 Bern, Art.-Nr. 308.311-1

Das gesamte Dossier Richtlinien für konstruktive Einzelheiten von Brücken kann bei der EDMZ unter der folgenden Artikel-Nummer bezogen werden:

- Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, 3000 Bern, Art.-Nr. 308.311

einzige bekannte Fall dieser Art ist. Aufgrund der Beurteilungen durch Experten wurden deshalb die Wahrscheinlichkeiten möglicher Schadensummen abgeschätzt (6). Dabei wurde davon ausgegangen, dass der Brand im Entwässerungssystem in der Mehrzahl der Fälle schnell verlöscht [3] und nur geringe Schäden entstehen. Ein Grossteil der Kosten wird dabei durch die nach einem solchen Ereignis notwendigen Inspektionsarbeiten verursacht. Bei 5% der Brandfälle wird angenommen, dass relevante Kosten zur Behebung von Schäden wie dem Ersatz verbrannter Entwässerungs- und Werkleitungen entstehen. Bei 1% der Fälle muss mit grossen Schäden am Tragwerk, an Lagern und Fahrbahnübergängen gerechnet werden.

Explosionsereignisse

Die an Brückenentwässerungssystemen durchgeführten Brandversuche [3] zeigten, dass der bei Verpuffungen im Leitungssystem entstehende Druck so gering ist, dass keine massgeblichen Schäden entstehen.

Explosionen in Entwässerungsleitungen erzeugen einen wesentlich grösseren Druck als Verpuffungen und können Sachschäden am Leitungssystem bewirken. Aufgrund des grossen Volumens des Brückenhohlkastens im Verhältnis zum Leitungsinhalt ist jedoch genügend Expansionsraum vorhanden, so dass keine Schäden an der Brücke zu erwarten sind.

Der mögliche Schadenumfang infolge einer Explosion im Brückenhohlkasten ist erheblich. Schäden am Tragwerk, insbesondere der Fahrbahnplatte, in der Grössenordnung von mehreren Millionen Franken sind denkbar.

Risiko

Für die Beurteilung des Risikos werden die für Brand- und Explosionsereignisse ermittelten Ereignishäufigkeiten sowie die für die Ereignisse geschätzten Schadensummen in einem sogenannten Häufigkeits-Ausmass-Diagramm eingetragen (7). Diese Darstellung ermöglicht einen Vergleich verschiedener Risiken. In (7) ist zu diesem Zweck das Risiko für Verkehrsunfälle mit wassergefährdenden Stoffen auf Schweizer Strassen eingetragen, welches ausgehend von deutschen Studien [7] berechnet wurde. Das Risiko eines Brandes in einem Brückenentwässerungssystem ist demgegenüber ca. 1000mal kleiner. Das Risiko einer Explosion in der Entwässerung ist nochmals 20mal geringer.

Schlussfolgerungen

Die Risikoanalyse zeigt, dass das Risiko eines Brandes oder einer Explosion in einem Brückenentwässerungssystem extrem klein ist. Vergleichbare Risiken im Bereich Verkehr sind um Faktoren 10^2 bis 10^4 grösser. Die Resultate liegen auch deutlich unterhalb dem Risiko, welches gemäss der eidgenössischen Störfallverordnung (StFV) für stationäre und mobile Gefahrenpotentiale akzeptiert wird. Massnahmen zur Verbesserung der Brand- oder Explosionssicherheit in Brückenentwässerungen sind deshalb grundsätzlich nicht notwendig. Mit allfälligen Massnahmen bei Neubauten oder Erneuerungen ist die Luftzufuhr zu beschränken [3]. Solche Brandschutzmassnahmen sind dann vertretbar, wenn sie mit einem geringen Aufwand realisiert werden können.

Das Bundesamt für Strassenbau hat das Kapitel Entwässerung der Richtlinien für konstruktive Einzelheiten von Brücken [14] überarbeitet. Dabei wurden die Erkenntnisse aus der Risikoanalyse und den Brandversuchen berücksichtigt.

Adresse der Verfasser:
Peter Bürkel, dipl. Ing. ETH, *und Daniel Schuler*, Ing. HTL, Bürkel Baumann Schuler, Ingenieure + Planer AG, Gertrudstrasse 17, 8400 Winterthur

Literatur

[1]
Bänziger, D. J.: Brandunfall an Brücke, Schweizer Ingenieur und Architekt Nr. 4, 20. Januar 1994

[2]
Bundesamt für Strassenbau: Brandsicherheit von Brückenentwässerungssystemen, Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern, 1993

[3]
Kanton Nidwalden, Kantonsingenieurbüro: Brandversuche in Brückenentwässerungssystemen, Brand-Verhütungs-Dienst, Zürich, Bürkel Baumann Schuler, Winterthur, 1993

[4]
Bundesamt für Statistik: Unfallzahlen von 1988 und 1990, sortiert nach Objekten und Unfallort, nicht veröffentlicht

[5]
Uebing, D.: Risiken beim Transport gefährlicher Güter, in: Hartwig, S. (Hrsg.): Grosse technische Gefahrenpotentiale - Risikoanalysen und Sicherheitsfragen, Springer-Verlag, Berlin, 1983

[6]
Rompe, K.: Analyse von Verkehrsunfällen im Hinblick auf das Sicherheitsrisiko beim Strassentransport gefährlicher Stoffe, in: Bundesministerium für Forschung und Technologie (Hrsg.): Sicherheit, Brand- und Katastrophenbekämpfung, Notfallrettung, Kohlhammer, Stuttgart, 1982

[7]
Bundesanstalt für das Strassenwesen, BASt: Strassenverkehrsunfälle von Transportguttankfahrzeugen 1989 bis 1991, Reihe Mensch und Sicherheit, Heft M 5, Bergisch Gladbach, 1993

[8]
Vogel, R.: Accidents Pétroliers, Brennstoffhandel 3/76, 1976

[9]
Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft: Handbuch III zur Störfallverordnung - Richtlinien für Verkehrswege, EDMZ, Bern, 1992

[10]
Amt für Umweltschutz des Kantons Uri: Gewässerschutz und Transport gefährlicher Güter - Risikoanalyse für den Kanton Uri, Altdorf,1991

[11]
Health & Safety Commission: Major hazard aspects of the transport of dangerous substances - Report and appendices, HSMO, London, 1991

[12]
Förster, H. et al.: Gemischausbreitung im Tunnel beim Ausfliessen grosser Kraftstoffmengen, in Hartwig, S. (Hrsg.): Heavy Gas an Risk Assessment, D. Reidel Publishing Company, Dortrecht, 1980

[13]
Rempe, A., Rodewald, G.: Brandlehre, 2. Auflage, Kohlhammer, Stuttgart, 1988

[14]
Bundesamt für Strassenbau: Richtlinien für konstruktive Einzelheiten von Brücken, Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern, 1990