



Forschungsvorhaben des BMV

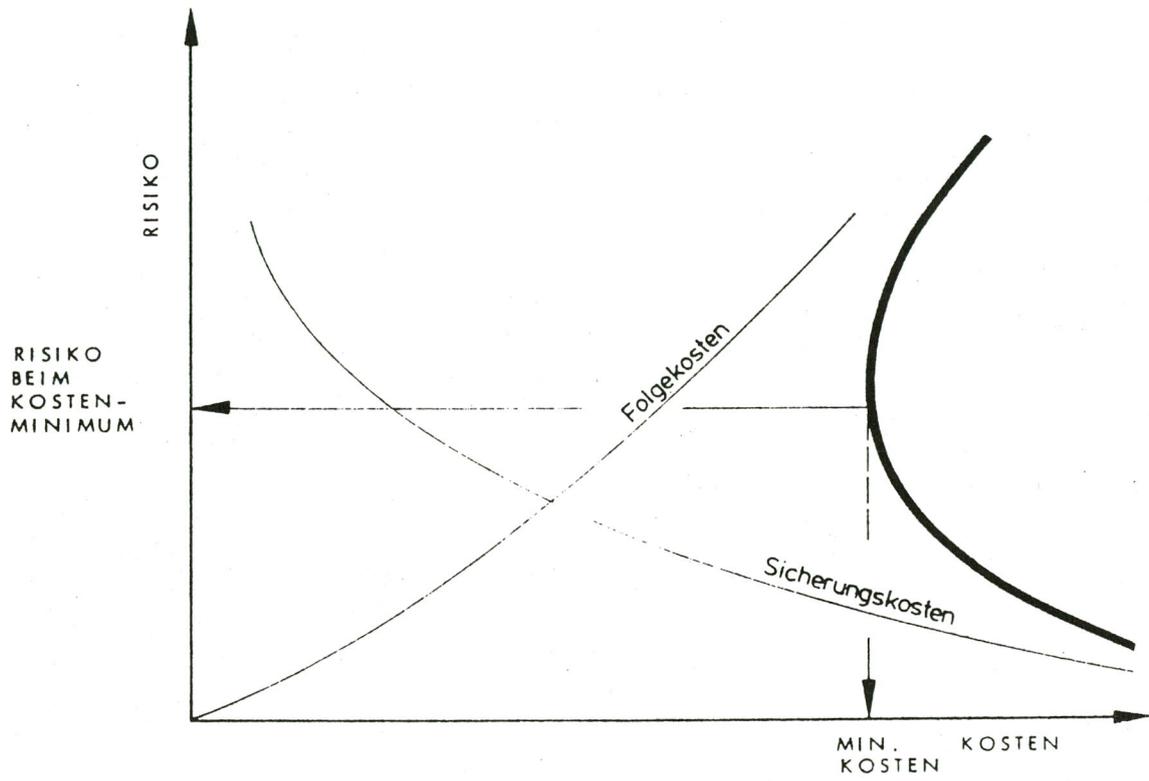
Laufende Vorhaben

1. Gefahrguttransporte in den fünf neuen Bundesländern - Analyse des Gefahrgutaufkommens bei den Verkehrsträgern Schiene, Straße und Binnenschifffahrt (Auftragnehmer: Ingenieurgesellschaft Verkehr, Berlin, IVB GmbH)
2. Wirksamkeitsanalyse der Verlagerungsvorschriften für besonders gefährliche Güter (Auftragnehmer: Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik, Bremen)
3. Rationalisierungsreserven im Gefahrguttransport auf der Straße (Auftragnehmer: Institut für Verkehrswissenschaft an der Universität zu Köln)
4. Ermittlung der Versagensgrenzen von Tanks bei thermischen Belastungen (Auftragnehmer: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM))
5. Ladungssicherung von Gefahrgütern (Auftragnehmer: FH München und BAM)
6. Risikoanalyse im Gefahrguttransport bestehend aus drei Teilprojekten:
 - unfallstatistische Risikoanalyse
 - Schwachstellenanalyse
 - Systemmodell

Die Teilprojekte "unfallstatistische Risikoanalyse" und "Schwachstellenanalyse" sind ausschreibungsreif und werden in Kürze vergeben.



RISIKOOPTIMIERUNG





Dr. H.J. Fett, Dr. F. Lange

10/92

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS)

5000 Köln 1, Schwertnergasse 1

Häufigkeit von Bahnbetriebsunfällen im Güterzugverkehr der Deutschen Bundesbahn

1 Überblick

Von der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH wurde die Statistik der Deutschen Bundesbahn über Bahnbetriebsunfälle im Güterzugverkehr über 10 Jahre sowie die Aufzeichnungen über Unfälle im Rangierbetrieb des Rangierbahnhofs Braunschweig über 3 Jahre ausgewertet (GRS-82: Häufigkeit von Bahnbetriebsunfällen im Güterzugverkehr der Deutschen Bundesbahn). Ziel der Untersuchungen war es, Eingangsdaten für ein probabilistisches Modell zur Beschreibung des unfallbedingten Risikos aus dem Transport radioaktiver Abfälle zum geplanten Endlager KONRAD bei Salzgitter abzuleiten (GRS-84: Transportstudie Konrad: Sicherheitsanalyse des Transports radioaktiver Abfälle zum Endlager Konrad) .

Danach ist unter konservativen Annahmen mit Gesamtunfallraten von 0,5 Unfällen pro 1 Mio Güterzugkilometer bzw. 7,5 Unfällen pro 1 Mio rangierte Waggons (in anderen großen Rangierbahnhöfen liegt diese Zahl niedriger) zu rechnen, bezogen auf solche Unfälle, bei denen eine Beeinträchtigung der Abfallbinde nicht ausgeschlossen werden kann. Über diese pauschalen Unfallzahlen hinaus wird eine weitergehende Differenzierung der erwarteten Unfallhäufigkeiten nach der Schwere der Unfälle vorgenommen.

2 Betrachtete Unfälle

Gegenstand der Untersuchung war die Häufigkeit und die Auswirkungen von Bahnbetriebsunfällen aus den Betriebsbereichen Güterzugverkehr und Rangierbetrieb der Deutschen Bundesbahn (DB).



Der Untersuchungszeitraum erstreckt sich bezüglich der Güterzugunfälle auf den Zeitraum 1979 bis 1988 und umfaßt den Güterzugverkehr im Bereich der DB. Für den Rangierbetrieb wurden die Bahnbetriebsunfälle im Rangierbahnhof Braunschweig in den Jahren 1987 bis 1989 erfaßt. Ergänzend wurden Unfalldaten von acht größeren Rangierbahnhöfen in den Jahren 1985 bis 1987 herangezogen.

Bei der Untersuchung wurde das Unfallgeschehen im gesamten Güterverkehr auf der Schiene berücksichtigt, ohne daß Einschränkungen hinsichtlich der Art des Transportgutes vorgenommen wurden. Unfälle mit Transporten radioaktiver Abfälle, wie sie hier zu untersuchen waren, sind aus dem Bereich der DB nicht bekannt. Eine Beschränkung der Untersuchung auf Unfälle mit Gefahrguttransporten erschien nicht gerechtfertigt, weil ein großer Teil dieser Unfälle (z.B. Austreten gefährlicher Flüssigkeiten aus undichten Verschlüssen) nicht charakteristisch für Transporte von radioaktiven Abfällen sind. Darüberhinaus hätten unnötige Einschränkungen die statistische Basis der Untersuchung verringert und die Signifikanz der Ergebnisse beeinträchtigt.

Die Bereiche Güterzugverkehr und Rangierbetrieb wurden getrennt behandelt. Als zweckmäßige Bezugsgrößen für die Ermittlung der Unfallhäufigkeiten wurden im ersten Fall die gefahrenen Zug-Kilometer, im anderen Fall die Zahl rangierdienstlich behandelter Wagen benutzt. Auf diese Weise kann man die Anteile der beiden Betriebsarten separat berücksichtigen, wenn eine Risikobetrachtung für eine begrenzte Region oder für einen Teilbereich der Transportabwicklung durchzuführen ist.

3 Klassifizierung der Unfallauswirkungen

Das Risiko wird sowohl durch die Unfallhäufigkeiten als auch das Ausmaß der Unfallauswirkungen bestimmt. Die Unfallauswirkungen werden in dieser Untersuchung zum einen durch die **Anzahl der bei einem Unfallereignis betroffenen Eisenbahnwagen**, zum anderen durch die bei dem Unfallereignis hervorgerufene Belastung beschrieben. Diese kann durch mechanische Einwirkung, durch Brandeinwirkung oder durch eine Kombination dieser Einwirkungen entstehen. Zur Erfassung der Unfälle in Abhängigkeit von der Unfallschwere wurde daher ein System von **Belastungsklassen** definiert, denen die dokumentierten Unfälle konservativ zugeordnet wurden.



Es werden drei Belastungsklassen für mechanische Einwirkung unterschieden, die nach der Fahrgeschwindigkeit des Zuges bei Unfalleintritt mit folgenden Intervallen gebildet wurden:

- 0 bis 35 km/h,
- 36 bis 80 km/h und
- mehr als 80 km/h

Thermische Einwirkungen werden durch zwei Referenzbrände mit folgenden Eigenschaften repräsentiert:

- Flammtemperatur 800°C, Branddauer 30 Minuten
- Flammtemperatur 800°C, Branddauer 60 Minuten

Durch Kombination mit den Klassen für mechanische Einwirkungen ergeben sich somit weitere sechs Belastungsklassen für kombinierte mechanische und thermische Einwirkung. Brände ohne mechanische Einwirkung wurden konservativ so behandelt, wie Brände mit einer zusätzlichen mechanischen Unfalleinwirkung entsprechend einer Geschwindigkeit von 35 km/h.

Bei der Risikoanalyse werden für die verschiedenen Belastungsklassen unterschiedliche Annahmen über die Höhe der möglichen Freisetzungen aus den Transportbehältern für radioaktive Abfälle getroffen.

Eine Schadenuntergrenze wurde für solche Unfallauswirkungen berücksichtigt, bei deren Unterschreitung ein relevanter Schaden an Transporteinheiten, wie sie für den Transport radioaktiver Abfälle zum geplanten Endlager vorgesehen sind, nicht angenommen wird. Hierzu wurde ein Sachschaden von 3000 DM am Schienenfahrzeug zugrunde gelegt, der auch in den Unfallstatistiken der DB zur Abgrenzung von Bagatellschäden eingeführt ist.



4 Ergebnisse

4.1 Güterzugverkehr

Abb. 1 enthält die erfaßten jährlichen Unfallzahlen im Güterzugverkehr und die gefahrenen Güterzug-Kilometer. Die Unfälle sind getrennt nach Unfällen mit und ohne Brandeinwirkung sowie nach den genannten Unfallgeschwindigkeitsintervallen aufgeführt. Ferner sind die entsprechenden relativen Anteile an der Gesamtzahl angegeben.

Weil die Daten der **Abb. 1** einige Zugarten, insbesondere die Übergabezüge, nicht berücksichtigen, wurde hierfür aufgrund einer gesonderten Betrachtung für das Jahr 1988 eine Korrektur ermittelt. Damit erhält man den eingangs genannten Rechenwert von 0,5 Unfällen pro 1 Mio Güterzugkilometer, der für die Risikobetrachtung verwendet wurde.

Etwa 8% der Güterzug-Unfälle sind solche mit Brandeinwirkung. Von den beobachteten Unfällen waren 1% Unfälle, bei denen mechanische und thermische Einwirkungen kombiniert (als Folgebrand eines mechanischen Unfalls) aufgetreten sind. Die Bestimmung des Anteils von Unfällen mit Folgebrand erfolgte anhand einer Untermenge aus den Jahren 1983 bis 1987, für die erweiterte Angaben zur Verfügung standen. Die entsprechenden Bezugsgrößen sind in **Abb. 1** zusätzlich ausgewiesen.

Die Unfälle mit Folgebrand sind allerdings so selten, daß sie im Untersuchungszeitraum nur durch zwei Unfallereignisse belegt sind. Es muß daher berücksichtigt werden, daß damit im Rahmen der statistischen Schwankungen ein besonders niedriger Wert erfaßt worden sein könnte. Deshalb wurde zur Verwendung in der weiteren Risikobetrachtung durch entsprechende statistische Methoden ein konservativer Schätzwert bestimmt. Durch diesen wird die für die Risikobetrachtung angenommene Unfallhäufigkeit für diese Unfallart gegenüber der beobachteten mehr als verdoppelt.

Etwa die Hälfte der Güterzug-Unfälle mit mechanischer Einwirkung fallen in den Geschwindigkeitsbereich zwischen 35 und 80 km/h. Etwa 10% liegen im Bereich höherer, etwa 40% im Bereich niedrigerer Geschwindigkeiten. In **Abb. 2** sind die jährlichen Unfallzahlen getrennt nach Geschwindigkeitsbereichen graphisch dargestellt (kumulativ, d.h. die oberste Begrenzung gibt zugleich die Gesamtzahl an). In der



Tendenz, d.h. bei Ausgleich der statistischen Schwankungen, ist die Zahl der Unfälle im betrachteten Zeitraum um etwa 40% gefallen. Eine Zunahme von etwa 3% auf 8% ist allerdings im Bereich der Geschwindigkeiten über 80 km/h zu beobachten. Dies ist auf den zunehmenden Einsatz schnellfahrender Güterzüge zurückzuführen.

Die Bundesbahn unterscheidet verschiedene Unfallarten (vereinfacht):

- Entgleisung
- Zusammenstoß
(bezeichnet nur den Zusammenstoß zwischen Eisenbahnfahrzeugen)
- Aufprall
(auf Hindernisse außer Eisenbahnfahrzeuge und außer Zusammenprall an Bahnübergängen)
- Zusammenprall
(mit anderen Verkehrsteilnehmern an Bahnübergängen)

In den verschiedenen Geschwindigkeitsintervallen herrschen unterschiedliche Unfallarten vor: Aus **Abb. 3** erkennt man, daß im unteren Geschwindigkeitsbereich Zusammenstöße überwiegen. Diese Unfallart ereignet sich vorwiegend in Bahnhofsbereichen mit kreuzendem Zugverkehr. Dort werden eher niedrige Geschwindigkeiten gefahren. Dagegen überwiegen bei hohen Geschwindigkeiten Aufpralle und Zusammenpralle. Diese Unfallarten sind typisch für die freie Strecke, wo höhere Geschwindigkeiten gefahren werden.

Die Zahl der bei einem Güterzugunfall betroffenen Wagen ist neben der Unfallwahrscheinlichkeit für den gesamten Zug eine weitere wesentliche Größe zur Ermittlung des Risikos, daß eine transportierte Ladung gefährdet wird. Für die verschiedenen Unfallarten und die verschiedenen Geschwindigkeitsbereiche ergeben sich charakteristische Verteilungen für die Anzahl betroffener Wagen. Bei Aufprall und Zusammenprall zum Beispiel hält in der Regel die Lok durch ihre große Masse Unfallfolgen von den Wagen fern, so daß die Lok allein oder nur wenige Wagen beschädigt werden.

Auch Brände betreffen oft nur die Lok, verursacht durch die elektrische Antriebsanlage. Wenn Brände von Wagen oder deren Ladung ausgehen, breiten sie sich selten auf benachbarte Wagen aus, sofern nicht durch zusätzliche mechanische Unfallfolgen



(Folgebrand) z.B. Wagen mit feuergefährlichen Stoffen beschädigt sind. Zusammenstöße, besonders bei Flankenfahrt, und Entgleisungen führen dagegen häufiger zu einer größeren Zahl betroffener Wagen.

Je nach Unfallart und Geschwindigkeit ist in der Hälfte bis Dreiviertel der Unfälle nur die Lok relevant betroffen. Ereignisse mit mehr als fünf von relevanten Schäden betroffenen Wagen wurden nur sporadisch beobachtet. Vierzehn relevant betroffene Wagen war die größte Anzahl, die bei einem verunglückten Zug ermittelt wurde. Noch größere Schäden sind aber grundsätzlich nicht auszuschließen.

Eine gemittelte Verteilung der Zahl betroffener Wagen über alle erfaßten Güterzugunfälle ist in **Abb. 4** dargestellt. Detaillierte Diagramme für die einzelnen Unfallarten und Geschwindigkeitsbereiche sind dem Bericht GRS-82 zu entnehmen. Dort sind auch die Parameter der zugehörigen Verteilungsfunktionen angegeben.

Die Tabelle der **Abb. 5** gibt schließlich die Wahrscheinlichkeiten wieder, daß eine bestimmte Anzahl von Wagen mit bestimmten Auswirkungen betroffen werden, wenn sich ein Güterzugunfall ereignet. Das Risiko aus einem bestimmten Transportvolumen läßt sich mit diesen Angaben - in Verbindung mit der Wahrscheinlichkeit, daß es überhaupt zu einem Unfall kommt ermitteln, falls die Transporte in sogenannten Ganzzügen durchgeführt werden. Dies sind Züge, die ausschließlich Wagen mit einer bestimmten Ladung führen.

Bei Transporten im Regelgüterverkehr laufen jedoch Wagen mit unterschiedlichem Transportgut zusammen in sogenannten Buntzügen. In diesem Fall ist zu berücksichtigen, daß bei einem Unfall im allgemeinen nicht jeder betroffene Wagen die betrachtete Ladung enthält. Unter bestimmten Annahmen über die Anzahl der Wagen mit der betrachteten Ladung pro Zug und die Gesamtzahl der Wagen im Zug, kann die Wahrscheinlichkeit ermittelt werden, daß eine bestimmte Anzahl von Wagen mit der betrachteten Ladung bei einem Unfall betroffen sind.

Um das Risiko auf ein gegebenes Transportvolumen zu beziehen, kann zunächst die Wahrscheinlichkeit bestimmt werden, daß ein bestimmter Waggon betroffen ist, wenn der Zug, in dem er sich befindet, einen Unfall erleidet. Für Güterzüge, die im Mittel etwa 30 Waggonen haben, beträgt diese Wahrscheinlichkeit ungefähr 5%. In Verbindung mit der Unfallhäufigkeit für Güterzüge von $5 \cdot 10^{-7}$ pro Zug-Kilometer ergibt sich eine



Unfallhäufigkeit von $2.6 \cdot 10^{-8}$ pro Waggon-Kilometer. Damit kann für ein nach Transportentfernung und Menge des Transportguts (Zahl der Wagen) vorgegebenes Transportaufkommen die erwartete Zahl der von Unfällen betroffenen Wagen bestimmt werden.

4.2 Ergebnisse Rangierbetrieb

Für den Rangierbetrieb im Rangierbahnhof Braunschweig wurde mit entsprechenden Methoden eine Gesamt-Unfallhäufigkeit von 7.5 relevanten Unfällen (nur solche, bei denen auch Waggons beschädigt wurden und bei denen der Sachschaden an Schienenfahrzeugen 3000 DM überschritten hat) pro eine Mio. rangierter Wagen ermittelt. Dies entspricht etwa 6 Unfällen im Jahr bei dem Gesamtaufkommen dieses Rangierbahnhofs von etwa 760,000 rangierter Wagen.

Der Rangierbahnhof Braunschweig unterscheidet sich von anderen großen Rangierbahnhöfen dadurch, daß die Waggons weitgehend noch am Ablaufberg, also ohne Triebfahrzeugeinsatz bewegt werden. Die Unfallrate liegt daher insgesamt höher und es gibt typische Unfallabläufe, die nicht auf andere Rangierbahnhöfe übertragbar sind. Häufigste Ursache für relevante Unfälle ist das harte Auflaufen von Waggons auf stehende Wagengruppen sowie Zusammenstöße im Bereich der Gleiskreuzungen.

Die Schwere der Unfälle ist insgesamt wesentlich geringer als im Güterzugverkehr, weil im Bereich des Rangierbahnhofs nur begrenzte Geschwindigkeiten gefahren werden. Deshalb treten nur die Belastungsklassen mit mechanischen Belastungen im Geschwindigkeitsbereich bis 35 km/h auf.

Relevante Brandunfälle sind im ausgewerteten Zeitraum im Rangierbahnhof Braunschweig nicht aufgetreten. Eine Reihe von Unfallursachen, die im Güterzugverkehr eine Rolle spielen, sind im Rangierbetrieb nicht gegeben (z.B. heißgelaufene Radlager und Bremsen). Daher kann ein niedrigerer Anteil an Brandunfällen vermutet werden, als bei Güterzugunfällen. Trotzdem wurde für die Risikoanalyse der gleiche Anteil an Brandunfällen unterstellt, wie im Güterzugverkehr, weil die verfügbare Datenbasis für den Rangierbetrieb keine eigene belastbare Abschätzung zuließ.



Schließlich ist bei den Rangierunfällen auch die Zahl betroffener Wagen aufgrund der niedrigen Geschwindigkeiten geringer. In den betrachteten drei Jahren wurde eine Höchstzahl von 5 betroffenen Wagen bei einem Unfall ermittelt.

Zur Verwendung bei der Risikoanalyse wurde für den Rangierbetrieb ebenfalls eine Tabelle der Eintrittswahrscheinlichkeiten erstellt, die in **Abb. 6** wiedergegeben ist. Entsprechend den vorgenannten Feststellungen sind hier jedoch die Belastungsklassen, die den beiden oberen Geschwindigkeitsintervallen entsprechen, sowie die Spalten für hohe Zahlen betroffener Wagen nicht besetzt.

Entsprechend dem Vorgehen bei Güterzugverkehr war auch beim Rangierbetrieb für die Risikoanalyse im Rahmen der Transportstudie Konrad zu berücksichtigen, daß bei Unfällen mit mehreren betroffenen Wagen nicht alle betroffenen Wagen auch radioaktive Abfälle befördern. Die Wahrscheinlichkeit, daß bei einem Rangierunfall eine bestimmte Anzahl Waggons betroffen wird, die radioaktive Abfälle geladen haben, wurde aufgrund entsprechender Ansätze wie bei Güterzugunfällen bestimmt.



Abb. 1: Von relevanten Unfällen betroffene Güterzüge (ohne Übergabe-, Arbeits- und Hilfszüge) und gefahrene Güterzug-km

Abb. 2: Zeitverlauf der Unfallhäufigkeit (Güterzugunfälle)

Abb. 3: Anteil der Unfallarten (Güterzugunfälle)

Abb. 4: Betroffene Wagen (Güterzugunfälle: mittlere Häufigkeit)

Abb. 5: Eintrittswahrscheinlichkeit einer bestimmten Belastungsklasse und einer bestimmten Anzahl betroffener Wagen bei Güterzugunfällen

Abb. 6: Eintrittswahrscheinlichkeit einer bestimmten Belastungsklasse und einer bestimmten Anzahl betroffener Wagen bei Rangierunfällen

Unfallart	Geschwindigkeit [km/h]	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	Summe 1979-88	Summe 1983-87	Züge pro Mio km	Anteil [%] ++)
Brand/Explos.	0	8	5	5	8	3	6	4	6	4	3	52		0.027	8
mechanische Einwirkung mit Folgebrand	0 bis 35					0	0	2	0	0			2		
	36..80					0	1	0	0	0			1		
	über 80					0	0	0	0	0			0		
	ZwS					0	1	2	0	0			3	0.003 +)	1 +)
Unfälle ohne Brand	0 bis 35	36	32	31	25	20	22	28	23	14	14	245		0.128	37
	36 bis 80	41	37	42	28	20	41	24	25	30	11	299		0.156	45
	über 80	3	0	4	8	9	5	5	5	10	8	57		0.030	9
	ZwS	80	69	77	61	49	68	57	53	54	33	601	281	0.314	91
Summe aller Unfälle		88	74	82	69	52	75	63	59	58	36	656	307	0.342	100
Mio. Zug-km		201	200	197	187	178	189	197	194	187	186	1916	945		
+) bezogen auf die Jahre 1983 bis 1987												ZwS: Zwischensumme			
++) Anteil der jeweiligen Unfallkategorie an allen Unfällen (Anteil der Unfälle mit Brandfolge aus 1983-1987)															

Abb. 1: Von relevanten Unfällen betroffene Güterzüge (ohne Übergabe-, Arbeits und Hilfszüge) und gefahrene Güterzug-km



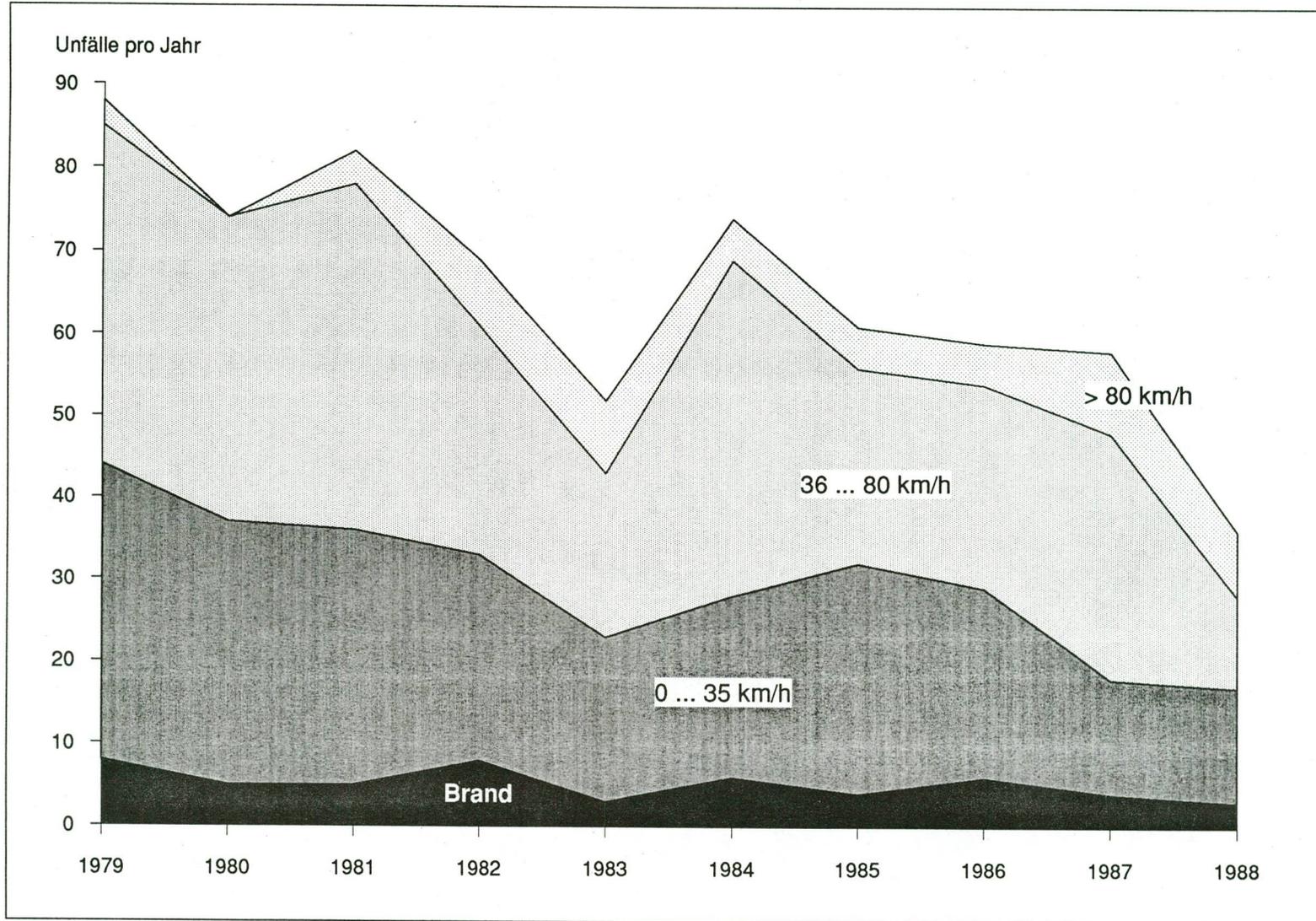


Abb. 2: Zeitverlauf der Unfallhäufigkeit (Güterzugunfälle)



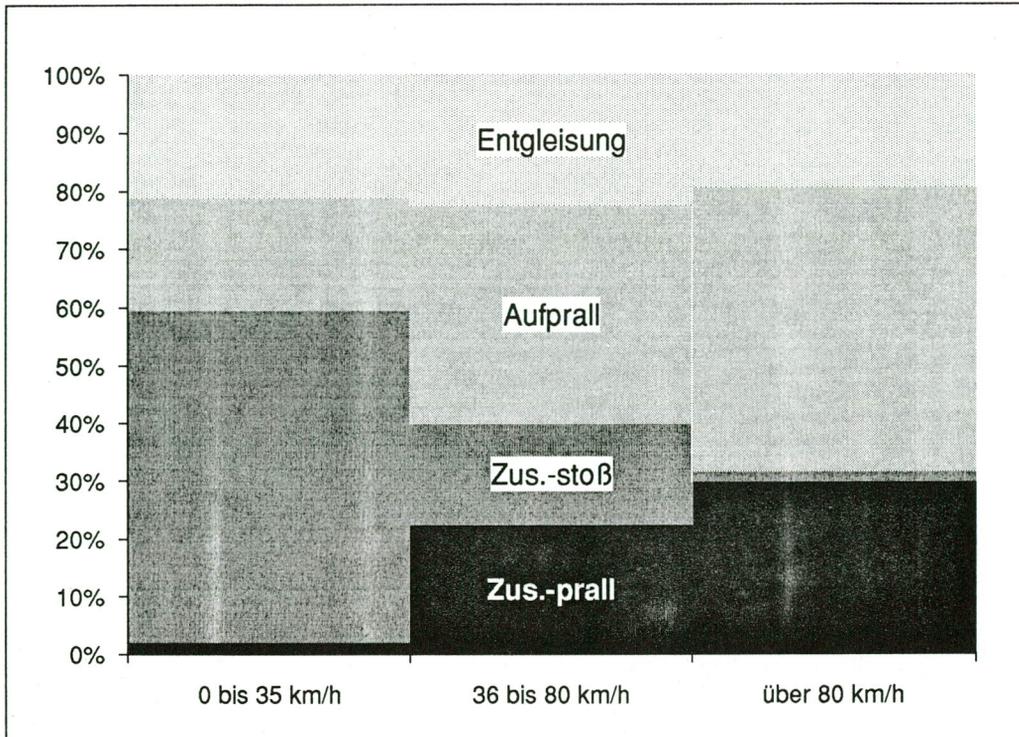


Abb. 3: Anteil der Unfallarten in den Geschwindigkeitsbereichen

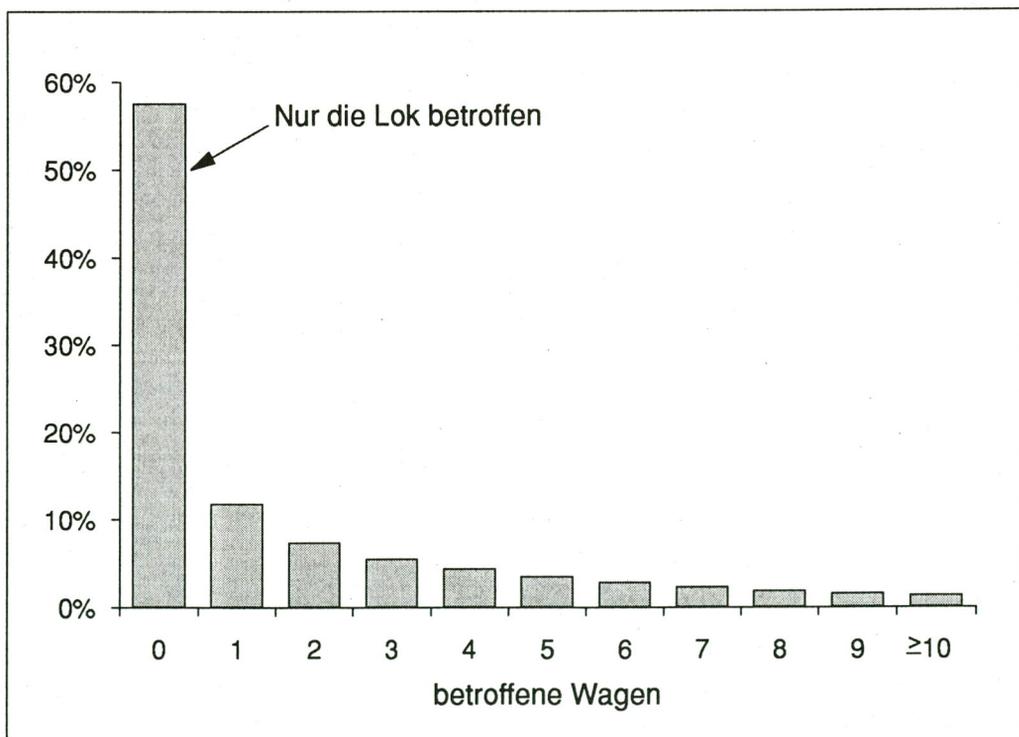


Abb. 4: Anzahl betroffener Wagen (mittlere Häufigkeit)

Belastungs- klassen	Anzahl betroffener Waggons											Zeilen- summen
	0 *)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	> 10	
BK 1	17.09	5.12	3.80	2.82	2.09	1.55	1.15	0.86	0.64	0.47	0.35	36.0
BK 2	2.92	2.02	0.35	0.11	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	5.9
BK 3	1.46	1.01	0.17	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	2.9
BK 4	29.77	3.15	2.60	2.14	1.77	1.46	1.20	0.99	0.82	0.68	0.55	45.1
BK 5	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.9
BK 6	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.5
BK 7	6.16	0.28	0.26	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	8.4
BK 8	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.2
BK 9	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1
Spalten- Summen	57.55	11.74	7.34	5.53	4.36	3.50	2.83	2.31	1.91	1.59	1.34	100
*) z.B. nur das Triebfahrzeug betroffen												
BK 1	0 bis 35 km/h			BK 4	36 bis 80 km/h			BK 7	über 80 km/h			
BK 2	0 bis 35 km/h 800°C 30'			BK 5	36 bis 80 km/h 800°C 30'			BK 8	über 80 km/h 800°C 30'			
BK 3	0 bis 35 km/h 800°C 60'			BK 6	36 bis 80 km/h 800°C 60'			BK 9	über 80 km/h 800°C 60'			

Abb. 5: Eintrittswahrscheinlichkeit einer bestimmten Belastungsklasse und einer bestimmten Anzahl betroffener Wagen bei Güterzugunfällen



Belastungs- klassen	Anzahl betroffener Waggons											Zeilen- summen
	0 *)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	> 10	
BK 1		52.6	21.1	0.0	10.5	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	89.5
BK 2		4.8	1.0	0.5	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1
BK 3		2.4	0.5	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4
Spalten- Summen		59.8	22.6	0.7	11.1	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100
*) z.B. nur das Triebfahrzeug betroffen (Bei Rangieren am Ablaufberg nicht relevant)												
BK 1 0 bis 35 km/h BK 2 0 bis 35 km/h 800°C 30' BK 3 0 bis 35 km/h 800°C 60'												

Abb. 6: Eintrittswahrscheinlichkeit einer bestimmten Belastungsklasse und einer bestimmten Anzahl betroffener Wagen bei Rangierunfällen





Risiko und Sicherheit im Güterverkehr
Symposium 9. November 1992, Bad Honnef

Ir W.J. Visser

Niederländische Eisenbahnen A.G., Technisches Versuchszentrum

Die Klassifizierung der gefährlichen Güter als Grundlage der Beförderungsvorschriften

Bei Risikoanalysen der Beförderung gefährlicher Güter sind grundsätzlich folgende Einzelaspekte zu berücksichtigen:

- Wahrscheinlichkeit des Freiwerdens des Gefahrgutes,
- Folgen dieses Freiwerdens für Lebewesen und Umwelt.

Ziel von Beförderungsvorschriften für gefährliche Güter sollte sein, die Wahrscheinlichkeit des Austretens der Stoffe im Hinblick auf die möglichen Folgen so gering wie möglich zu halten. Dabei ist insbesondere der Gefahrengrad des Stoffes im Falle des Freiwerdens zu berücksichtigen. Für sehr gefährliche Güter gelten deshalb strengere Vorschriften als für weniger gefährliche Güter. Dabei sind immer neben sicherheitstechnischen auch wirtschaftliche Aspekte zu berücksichtigen: Es ist aus wirtschaftlichen Gründen nicht möglich, alle gefährlichen Güter in Druckgefäße aus Stahl mit einer Wanddicke von 30 mm zu befördern. Andererseits ist auch der Eindruck, den man aus gewissen Risikoanalysen gewinnt, daß alle gefährlichen Stoffe in Gefäßen aus leicht zerbrechlichen Werkstoffen, wie Porzellan befördert werden, nicht gerechtfertigt. Grundlage für alle Beförderungsvorschriften für gefährliche Güter ist ein System für die Klassifizierung der gefährlichen Güter auf



grund ihrer Gefahreigenschaften. Erst nachdem Güter klassifiziert sind, können die Vorschriften für die Verpackungen und Tanks, die wesentlich für die Herabsetzung der Risiken beim Transport sind, festgelegt werden.

In diesem Vortrag werden die wichtigsten Parameter für die Klassifizierung und ihre Folgen für die Verpackungsvorschriften und Tankvorschriften erläutert. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Vorschriften für die einzelnen Verkehrsträger immer mehr mit den Empfehlungen für die Beförderung gefährlicher Güter der Vereinten Nationen harmonisiert werden. Dies trifft insbesondere zu für die Klassifizierung der gefährlichen Güter.

Stoffe, die zu gefährlich sind für die Beförderung

Es gibt zu viele Stoffe, die in den Vorschriften nicht zur Beförderung zugelassen sind, weil die Risiken bei der Beförderung zu groß sind. Beispiele sind:

- Explosivstoffe, die gegen Stoß, Reibung oder Flammenentzündung zu empfindlich sind,
- Stoffe, die sich bei normalen Temperaturen leicht zersetzen oder polymerisieren.

Solche Stoffe sind jedoch manchmal zur Beförderung zugelassen, wenn sie in geeigneter Weise stabilisiert sind, oder wenn sie in Gemischen oder Lösungen so weit verdünnt sind, daß eine sichere Beförderung möglich ist. Auch besteht die Möglichkeit, gewisse Stoffe bei niedrigen Temperaturen zu befördern, damit eine Zersetzung verhindert wird.



Verpackungsgruppen

Aus den Empfehlungen der Vereinten Nationen stammt das Konzept der Zuordnung der Stoffe zu drei Verpackungsgruppen:

- Verpackungsgruppe I: sehr gefährliche Stoffe
- Verpackungsgruppe II: gefährliche Stoffe
- Verpackungsgruppe III: weniger gefährliche Stoffe

Diese drei Verpackungsgruppen sind zunächst zu berücksichtigen bei der Fallprüfung für die Verpackungen:

Verpackungen für Stoffe der Gruppe I müssen eine Fallhöhe aushalten können von 1,80 m, Gruppe II von 1,20 m und Gruppe III von 0,80 m. Aber auch bei den Tankvorschriften ist diese Klassifizierung nach Verpackungsgruppen zu finden, zunächst beim Berechnungsdruck und bei der Wanddicke der Tanks. Diese Klassifizierung nach Verpackungsgruppen gilt für alle gefährlichen Stoffe, ausgenommen Gase und radioaktive Stoffe.

Dampfdruck

Ein wichtiger Parameter für die Klassifizierung ist der Dampfdruck des Gutes bei 50 Grad Celsius. Alle Stoffe mit einem Dampfdruck bei 50 Grad Celsius über 3 bar (absolut) gelten als Gase und müssen grundsätzlich in Druckgefäßen mit einem Prüfdruck von mindestens 10 bar (Überdruck) befördert werden. Für die Gase ist ferner die kritische Temperatur zu berücksichtigen: Gase mit einer kritischen Temperatur unter -10 Grad Celsius werden nach Druck befüllt, und Gase mit kritischer Temperatur über -10 Grad Celsius nach Masse.



Für flüssige Stoffe sind noch die Dampfdrücke von 1,75 und 1,1 bar bei 50 Grad Celsius zu berücksichtigen. Diese Drücke sind insbesondere wichtig für die Berechnungs- und Prüfdrücke von Tanks für entzündbare Flüssigkeiten, sowie für ihre Sicherheitsventile oder Lüftungseinrichtungen.

Flammpunkt

Die entzündbaren Flüssigkeiten werden heute in den Vorschriften für Schiene, Straße und Binnenschifffahrt in drei Flammpunktbereiche eingeteilt:

Flammpunkt unter 21 Grad Celsius (wie Benzin),
Flammpunkt von 21 bis 55 Grad Celsius (wie Petroleum und Kerosin),
Flammpunkt über 55 Grad Celsius bis 100 Grad Celsius (Stoffe wie Dieselkraftstoff, Heizöl leicht).

In den nächsten Jahren werden diese Flammpunktgrenzen mit den Werten aus den Vorschriften für den See- und Luftverkehr harmonisiert: 23 Grad Celsius und 61 Grad Celsius. Stoffe mit Flammpunkt über 61 Grad Celsius werden dann nicht mehr als entzündbare Flüssigkeiten betrachtet, es sei denn, sie werden bei Temperaturen über ihrem Flammpunkt befördert. Die Flammpunktgrenze von 21 Grad Celsius, später dann 23 Grad Celsius, ist bei den entzündbaren Flüssigkeiten die Grenze zwischen Stoffen der Verpackungsgruppen II und III.

Schmelzpunkt

Der Schmelzpunkt spielt eine Rolle bei der Festlegung der Verpackungsarten, die für gewisse Stoffe zugelassen sind.



Im allgemeinen dürfen Verpackungen, die nicht für Flüssigkeiten geeignet sind, wie Säcke oder Pappfässer, nicht für Stoffe mit einem Schmelzpunkt unter 45 Grad Celsius verwendet werden. Die Experten der Vereinten Nationen haben jedoch eine Temperaturgrenze von 20 Grad Celsius festgelegt für den Unterschied zwischen festen und flüssigen Stoffen. Dieser Wert sollte jedoch nur gelten für die Klassifizierung der Güter und nicht für die Beförderungsbedingungen. Man kann sich dann aber fragen: Wozu dient die Klassifizierung in Empfehlungen für die Beförderung gefährlicher Güter?

Siedepunkt

Der Siedepunkt hat in den Vorschriften für die Beförderung gefährlicher Güter weniger Bedeutung als der Dampfdruck. Zu erwähnen ist die Siedepunktsgrenze von 35 Grad Celsius zum Unterschied zwischen Stoffen der Verpackungsgruppen I und II im Falle von entzündbaren Flüssigkeiten.

Explosive Stoffe und Gegenstände

Für die Zuordnung der explosiven Stoffe und Gegenstände haben die Experten der Vereinten Nationen ein äußerst kompliziertes System von Prüfungen und Zuordnungskriterien entwickelt. Dabei werden die unterschiedlichsten Gefahren dieser Stoffe und Gegenstände berücksichtigt wie:

- Gefahr der Massenexplosion,
- Bildung von Splittern, Spreng- und Wurfstücken,
- Feuergefahr und Strahlungswirkung.

Dabei hat sich herausgestellt, daß die Gefahren stark von



der Art und Beschaffenheit der Verpackungen abhängen. Dies gilt insbesondere für die explosiven Gegenstände.

Ferner führt diese Klassifizierung zu Vorschriften für die Ausrüstung der Fahrzeuge und zunächst im Straßenverkehr zu gewissen Mengengrenzungen in Abhängigkeit von der Konstruktion und Ausrüstung des Fahrzeugs.

Entzündbarkeit fester Stoffe

Für die Klassifizierung entzündbarer fester Stoffe sind auch die Prüfverfahren und Kriterien der Vereinten Nationen zu berücksichtigen. Es handelt sich dabei um den Abbrandversuch einer Schüttung des zu prüfenden Stoffes. Dabei kann auch die Verpackungsgruppe des Stoffes festgestellt werden. Kriterien sind die Abbrandzeit und das Durchlaufen einer befeuchteten Zone in der Schüttung.

Selbstentzündliche und selbsterhitzungsfähige Stoffe

Auch hier sind für die Klassifizierung die Prüfung und Kriterien der Vereinten Nationen zugrunde zu legen. Für die selbstentzündlichen (pyrophoren) Stoffe ist das Prüfverfahren einfach. Es ist lediglich festzustellen, ob der Stoff sich unter gewissen Bedingungen an der Luft entzündet. Für die Prüfung der Selbsterhitzungsfähigkeit ist das Prüfverfahren komplizierter: Die Proben des Stoffes müssen bei gewissen Temperaturen in Drahtnetzwürfeln mit Maschenweiten von 0,053 mm bzw. 0,595 mm gelagert werden. Die Herstellung von Drahtnetzen, bei denen die Maschenweite so genau vorgegeben ist, dürfte einige Schwierigkeiten bereiten, weil außerdem die Dicke des Drahtes nicht bekannt ist. Auch scheint die Prüfung von Flüssigkeiten in diesem Drahtwürfel



etwas problematisch.

Stoffe, die mit Wasser entzündbare Gase entwickeln

Auch hier gibt es Prüfungen und Kriterien aus den Empfehlungen der Vereinten Nationen für die Klassifizierung. Eine gewisse Menge des Stoffes wird mit Wasser in Berührung gebracht und die Menge des entwickelten Gases sowie die Geschwindigkeit dieser Gasentwicklung wird festgestellt. Auch gibt es Fälle, wo sich die entwickelten Gase an der Luft sofort entzünden.

Oxydierend wirkende Stoffe

Hier sehen die Empfehlungen der Vereinten Nationen auch Abbrandversuche vor, allerdings handelt es sich hier um Gemische von dem oxydierenden Stoff mit Sägemehl. Die Abbrandgeschwindigkeiten werden verglichen mit den festgestellten Geschwindigkeiten in Versuchen mit Gemischen mit drei Referenzstoffen: Ammoniumpersulfat, Kaliumperchlorat und Kaliumbromat. Diese Prüfungen sind jedoch nicht möglich mit oxydierenden Flüssigkeiten. Die erwähnten Prüfverfahren und Kriterien der Vereinten Nationen sind nicht allein vorgesehen, um festzustellen, ob ein Stoff gefährlich ist oder nicht, denn auch die zutreffende Verpackungsgruppe, und damit die Bedingungen für Verpackungen und Tanks, werden aufgrund der Kriterien festgelegt.

Organische Peroxide

Für die Klassifizierung haben die Experten der Vereinten Nationen ein Zuordnungsverfahren entwickelt, das in Kompl-



ziertheit seinesgleichen sucht. Für die Zuordnung von nicht namentlich erwähnten Peroxiden ist deshalb die Behörde des Ursprungslandes zuständig. Bei dem Zuordnungsverfahren werden geprüft: die Gefahren der Detonation, der Deflagration, die Wirkung beim Erhitzen unter definiertem Einschluß, die Weiterleitung einer Detonation des kavitierten Peroxids und die Sprengwirkung. Alle diese Versuche führen zur Einordnung des Peroxids in eine gewisse Gruppe, gekennzeichnet mit einem Buchstaben (Typ A bis G). Dabei ist Typ A zu gefährlich und darf nicht befördert werden und Typ G ist den Beförderungsvorschriften nicht unterstellt. Für Typ B bis F gelten unterschiedliche Beschränkungen in der Verpackungsgröße, und Typ F ist sogar in Tanks zugelassen.

Ferner ist bei organischen Peroxiden die Temperatur der selbstbeschleunigenden Zersetzung (SADT) zu beachten; wenn diese niedriger ist als 50 Grad Celsius, dürfen diese Peroxide nur gekühlt befördert werden. Eine solche gekühlte Beförderung ist jedoch auf der Eisenbahn nicht möglich.

Giftige Stoffe

Für die Klassifizierung giftiger Stoffe sind zunächst menschliche Erfahrungen aus Vergiftungsfällen zu berücksichtigen. Maßgeblich für solche Klassifizierungen ist das Urteil von 'erfahrenen Toxikologen'. Beim Fehlen menschlicher Erfahrungen können für die Klassifizierung Ergebnisse tierexperimenteller Untersuchungen herangezogen werden. Es handelt sich da insbesondere um die Toxizitätswerte für die akute Giftigkeit bei Einnahme, Absorption durch die Haut und Einatmen von Stäuben, Nebeln oder Dämpfen. Bei flüssigen Stoffen spielt dabei auch die gesättigte Dampfkonzentration bei 20 Grad Celsius eine Rolle. Die Grenzwerte der Toxizität führen wiederum zu einer Klassifi-



zierung des giftigen Stoffes in eine Verpackungsgruppe:
sehr giftig, giftig oder gesundheitsschädlich.

Ansteckungsgefährliche und ekelerregende Stoffe

Bis jetzt wurden unter diesem Begriff meistens Abfälle von Schlachthöfen, Krankenhäusern, Stalldünger und Latrinestoffen verstanden, ohne Berücksichtigung der darin enthaltenen Krankheitserreger. Es besteht nunmehr die Absicht, diesen Begriff auf die ansteckungsgefährlichen Stoffe zu beschränken, und für die Klassifizierung die Risikogruppen für Krankheitserreger der Weltgesundheitsorganisation zu übernehmen. Die Beförderungsbedingungen werden dann auf die Gefahren dieser Risikogruppen abgestimmt. Sonderbestimmungen sind vorgesehen für Krankenhausabfälle und gentechnisch veränderte Organismen.

Radioaktive Stoffe

Für die Klassifizierung der radioaktiven Stoffe gilt das allgemeine Kriterium, daß es sich hier um Stoffe handelt, deren spezifische Aktivität 70 kBq/kg (2 nCi/kg) übersteigt. Die einzelnen Radionuklide werden klassifiziert nach der Radiotoxizität des Nuklids. Aufgrund dieser Radiotoxizität sind gewisse Mengen (Aktivitäten) der Stoffe in bestimmten Verpackungen zugelassen. Sonderbestimmungen gibt es für die spaltbaren Stoffe. Für größere Mengen radioaktiver Stoffe sind Verpackungen vorgesehen, die auch bei den schlimmsten Unfällen das Freiwerden des radioaktiven Inhalts verhindern sollten. Man kann mit Recht sagen, daß der Grundgedanke der Vorschriften (das heißt: die Vorschriften sind strenger, wenn das Risiko beim Freiwerden des Ladegutes größer ist) bei den radioaktiven Stoffen am



weitesten entwickelt ist. Diese Vorschriften sind demgemäß auch die kompliziertesten im Gefahrgutbereich.

Ätzende Stoffe

Für die Klassifizierung der ätzenden Stoffe ist die ätzende Wirkung auf die Haut oder Augen, sowie auf Stahl oder Aluminium maßgebend. Auch hier kann beim Fehlen von Erfahrungen auf Tierversuche zurückgegriffen werden, und zwar auf das Erscheinen einer sichtbaren Nekrose auf der Haut innerhalb von vier Stunden, 60 Minuten oder 3 Minuten. Diese Einwirkungszeiten führen zu einer Zuordnung zur Verpackungsgruppe III: schwach ätzend, II: ätzend oder I: stark ätzend. Ergebnisse solcher Versuche sind in der Literatur jedoch schwer zu finden. Es wird deshalb in Zukunft neue Kriterien für die Ätzwirkung geben, die auch mehr in Übereinstimmung mit der EG-Stoffrichtlinie 67/548 sind.

Umweltgefährdende Stoffe

In den Vorschriftenwerken für die Beförderung gefährlicher Güter sind auch die Gefahren für die Umwelt zu berücksichtigen. Dabei werden die Gefahren für Meereswasser und Süßwasser unterschiedlich beurteilt. Für den Seeverkehr gibt es eine Arbeitsgruppe mit Vertretern aus verschiedenen Organen der Vereinten Nationen (GESAMP), die die Gefahren für Verschmutzung des Meereswassers von einzelnen Stoffen prüft.

Für den Landverkehr ist vorgesehen, die Kriterien der Süßwassergefährdung aus der EG-Stoffrichtlinie 67/548 in die Vorschriften zu übernehmen. Es handelt sich dabei um die akute Toxizität für Fische und Daphnien, die Hemmung des



Algenwachstums, die biologische Abbaubarkeit und das Bioakkumulationspotential. Für die meisten Stoffe stehen jedoch die erforderlichen Daten (noch) nicht zur Verfügung. Es ist aber davon auszugehen, daß die meisten gefährlichen Güter auch umweltgefährdend sind. Die Stoffe, die keine sonstigen Gefahreneigenschaften aufweisen und nur umweltgefährdend sind, müssen dann separat aufgezählt werden. Eine solche Liste sollte in Übereinstimmung mit der zuständigen Stelle der EG erarbeitet werden.

Zusammenfassung

Die einzelnen Regelwerke für die Beförderung gefährlicher Güter haben zum Ziel, die Risiken bei der Beförderung dieser Güter zu verringern. Um so gefährlicher das Gut ist, desto strenger sind die Vorschriften. Grundlage der Beförderungsvorschriften ist ein umfassendes System für die Klassifizierung der gefährlichen Güter, das fortwährend vervollkommen wird. Dieses Klassifizierungssystem und die damit verbundenen Beförderungsvorschriften sollten vermehrt bei Risikoanalysen herangezogen werden.



Risikoermittlung beim Transport auf Verkehrswegen (Schiene, Wasser, Strassen) am Beispiel der Schweiz

Methodik und Resultate

Standortbestimmung

Am 1. April 1991 hat der schweizerische Bundesrat die Verordnung zum Schutz vor Störfällen (Störfallverordnung [StFV]) in Kraft gesetzt. Die Störfallverordnung (StFV) stützt sich auf Artikel 10 Absatz 4 des Umweltschutzgesetzes vom 7. Oktober 1983 (USG) und auf Artikel 25 Absatz 1 des Gewässerschutzgesetzes vom 8. Oktober 1971 (GSchG) der Schweiz. Beide Bestimmungen ermächtigen den schweizerischen Bundesrat, durch gesetzesvertretendes Ordnungsrecht, Vorschriften über Sicherheitsmassnahmen bei Anlagen zu erlassen.

Das **Ziel** der schweizerischen Störfallverordnung besteht darin, die **Bevölkerung und die Umwelt vor schweren Schädigungen durch Störfälle zu schützen**, welche beim Betrieb von Anlagen entstehen können. Unter Anlagen sind Betriebe zu verstehen, in denen erhebliche stoffliche oder biologische Gefahrenpotentiale vorhanden sind, oder **Verkehrswege**, auf denen gefährliche Güter transportiert werden.

Der Geltungsbereich der Verordnung ist umfassend definiert und betrifft:



- Betriebe, in denen bestimmte Mengen an gefährlichen Stoffen, Erzeugnissen und Sonderabfällen vorhanden sind
- Betriebe, die in geschlossenen Systemen gefährliche natürliche oder gentechnisch veränderte Mikroorganismen verwenden
- Verkehrswege, auf denen gefährliche Güter transportiert werden.

Der Geltungsbereich für Verkehrswege, auf denen gefährliche Güter gemäss den schweizerischen Transportverordnungen oder den entsprechenden internationalen Übereinkommen transportiert werden (Eisenbahn: RSD/RID, Strasse: SDR/ADR, Rhein: ADNR), wird abschliessend bezeichnet und umfasst Eisenbahnanlagen, Durchgangsstrassen und den Rhein. Der Einbezug der Verkehrswege in den Geltungsbereich berücksichtigt die Erkenntnis, dass Gefahren für Bevölkerung und Umwelt nicht nur von ortsfesten Anlagen ausgehen können, sondern auch vom Transport gefährlicher Güter.

Schliesslich gibt die Verordnung der Behörde die Möglichkeit, im Einzelfall unter gewissen Bedingungen weitere Betriebe mit Stoffen, Erzeugnissen oder Sonderabfällen sowie Verkehrswege der Verordnung zu unterstellen, wenn diese Betriebe oder Verkehrswege aufgrund ihres Gefahrenpotentials die Bevölkerung oder die Umwelt bei Störfällen schwer schädigen könnten.

Im europäischen Vergleich erfüllt die Verordnung die entsprechenden Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft (EG). Bei Betrieben mit Stoffen, Erzeugnissen oder Sonderabfällen wird der in der entsprechenden Richtlinie der EG (82/501/EWG) über die Gefahren schwerer Unfälle bei



bestimmten Industrietätigkeiten gegebene Spielraum für weitergehende Bestimmungen ausgenützt. Der Geltungsbereich der schweizerischen Störfallverordnung führt zu einer breiteren Erfassung von Betrieben mit gefährlichen Substanzen.

Für Betriebe, die Mikroorganismen in geschlossenen Systemen verwenden, sind die Bestimmungen der Störfallverordnung auf die EG-Richtlinie (90/219/EWG) über die Verwendung gentechnisch veränderter Mikroorganismen in geschlossenen Systemen abgestimmt worden.

Die Störfallverordnung der Schweiz verlangt ein **zweistufiges Vorgehen** zur Ermittlung des Risiko, bestehend aus **Kurzbericht** und **Risikoermittlung**, namentlich auch für die Verkehrswege. Ein weiteres wesentliches Prinzip der Störfallverordnung ist der Grundgedanke der **Eigenverantwortung der Betriebe bei der Störfallvorsorge** und die **Kontrolle der Eigenverantwortung durch die Vollzugsbehörden**. Abgerundet wird diese Konzeption durch die vorgeschriebene **Notwendigkeit zur sofortigen Störfallbewältigung** und dem **Auftrag zur verbesserten Information der Öffentlichkeit**.

In mehr als der Hälfte aller Artikel der Störfallverordnung werden die Verkehrswege zitiert. Einzelne Paragraphen betreffen nur die Verkehrswege. Für diese sind in einem Anhang die grundsätzlich zu treffenden **Allgemeinen Sicherheitsmassnahmen** festgehalten. Jedoch sind keine **Besonderen Sicherheitsmassnahmen** zu finden. Ein weiterer Anhang gibt in Form eines Inhaltsverzeichnis an, wie eine allfällige **Risikoermittlung** für einen Verkehrsweg zu gestalten ist.



Die Durchgangsstrassen in der Schweiz sind sicher, ein Risiko stellen sie erst dar, wenn sich auf ihnen der Strassenverkehr abwickelt. Das grösste Risiko für Mensch und Umwelt entsteht dabei durch den Transport von gefährlichen Gütern. Aus dieser Erkenntnis heraus befassen sich heute in der Schweiz verschiedene nationale Gremien mit dieser Sache, um die Vorschriften und internationalen Vereinbarungen dem neuesten Stand der Erkenntnisse anzupassen, wobei eine möglichst weitgehende internationale Harmonisierung angestrebt wird. Der Transport gefährlicher Güter ist für alle Verkehrsträger - für den Luftverkehr, Seeverkehr, Landverkehr, für Strassen und Eisenbahn - streng reglementiert. Die Reglemente umfassen sowohl Stückgut, einschliesslich Verpackung als auch Grosstransporte und Vorschriften, welche die Fahrzeuglenker betreffen. In Zusammenarbeit mit der chemischen Industrie wurden vom Schweizerischen Feuerwehrverband Chemiewehrstützpunkte geschaffen, die im Ereignisfall sachgerecht intervenieren können. Heute liegt die Problematik nicht im Mangel an Vorschriften. Hauptsächlich müssen Überwachung und Durchsetzen der bestehenden Vorschriften, also der Vollzug durch die Kantone, denen teilweise die Mittel fehlen, verbessert werden.

Aufgaben des Inhabers eines Verkehrsweges

Die Inhaber eines Verkehrsweges müssen, wie die Inhaber eines Betriebes, einen Kurzbericht einreichen. Dieser muss die Verkehrsanlage analog dem Kurzbericht eines Betriebes beschreiben und Angaben über das Verkehrsaufkommen, die Verkehrsstruktur und das Unfallgeschehen enthalten, sowie Angaben über die Sicherheitsmassnahmen und eine Einschätzung



der Wahrscheinlichkeit eines Störfalles mit schweren Schädigungen der Bevölkerung oder der Umwelt. Der Kurzbericht soll also in einer Art "Screening-Verfahren" die **Risikoschwerpunkte** der Anlage bzw. des Verkehrsträgers ermitteln. In einem zweiten Schritt werden die aus dem Kurzbericht hervorgehenden Risikoschwerpunkte einer detaillierten Risikoanalyse unterzogen. Diese Analyse soll ein genaues Quantifizieren der Risiken ermöglichen, andererseits aber in dem Fall die Grundlage liefern für die Formulierung risikomindernder Massnahmen.

Diesbezüglich sind einige Fragen zu stellen:

- Wie kommen die berichterstattungspflichtigen Kantone zu den notwendigen Angaben?
- Wie können erforderliche Massnahmen durchgesetzt werden?
- Wie werden interne Koordinations- und Interessenabwägungsprobleme gelöst?
- Wie erfolgt die Koordination zwischen Bund und Kantonen bei Nationalstrassen und im Zusammenhang mit den Erhebungspflichten des Bundes?

Beim Schienenweg ist der Besitzer in der Regel vorwiegend auch der Benützer, so vor allem die Schweizerischen Bundesbahnen (SBB). Bei den Strassen sind die Besitzer (Bund, Kanton, Gemeinden) meist nicht identisch mit dem Benützer. Im Bereich des Gefahrguttransportes wird die Strasse primär von Speditions- und Transportunternehmen benützt. Beim Rhein



gelten die Anliegerkantone als die Besitzer, sind aber ebenfalls nicht die Benützer.

Am folgenden Beispiel eines Kurzberichtes zum Autobahnabschnitt Basel - Augst der Nationalstrasse N2 des Kantons Basel-Landschaft soll versucht werden, einige dieser Fragen zu beantworten oder sich zumindest damit auseinander zu setzen.

Pilotprojekt Kurzbericht Nationalstrasse N2 Strecke Basel - Augst

Einführung

Nicht zuletzt wegen der Bedeutung des Kantons Basel-Landschaft als einer der Kantone der Schweiz mit extrem hohem Anteil an chemischer Industrie und dementsprechend hohem Gefahrgut-Transportaufkommen, hat der Regierungsrat des Kantons Basel-Landschaft schon im Frühling 1987, also vor dem Inkrafttreten der Störfallverordnung, beschlossen, eine **umfassende Risikoanalyse für die Entwicklung, Produktion, Lagerung und Entsorgung von Chemikalien** durchzuführen zu lassen. Der Kanton Basel-Landschaft nimmt damit eine Vorreiterrolle in der Schweiz im Vollzug der



Störfallverordnung ein. Mit den Arbeiten zum Teilbereich Transport, als **umfassende Verkehrs-Risiko-Analyse "Schiene-Strasse-Wasser"** bezeichnet, wurde aus verschiedenen Gründen erst 1990 begonnen. Die Ausarbeitung der Verkehrs-Risiko-Analyse wurde an eine Arbeitsgemeinschaft gebildet aus Suisselectra Ingenieurunternehmung AG und Rapp AG Ingenieure und Planer, zwei bestens ausgewiesenen Ingenieurfirmen aus der Region Basel übertragen. Gemäss Störfallverordnung müssen die Kantone für die Nationalstrassen in ihrem Hoheitsgebiet einen Kurzbericht erstellen, wobei jeweils ein Streckenabschnitt den Kantonen als Pilotstrecke vorgegeben wurde. Dieser Auftrag veranlasste die Arbeitsgemeinschaft, ihre Methodik am vorgegebenen Streckenabschnitt Basel - Augst im Rahmen der Gesamtanalyse des Kantons Basel-Landschaft zu testen.

Beschreibung des Verkehrsträgers

Das für den Kurzbericht ausgewählte Teilstück der Nationalstrasse N2 umfasst den Abschnitt zwischen der Kantonsgrenze BL/BS und der Verzweigung Augst und weist alle für eine Autobahn charakteristischen Merkmale auf (richtungsgetrennte Fahrbahnen, doppelseitige Leitplanken, keine engen gefährlichen Kurven, keine Kreuzungen und Fussgängerüberwege, etc). Der Streckenabschnitt besitzt keine Tunnels, jedoch eine Galerie im Bereich Schweizerhalle und ist durchgehend dreispurig ausgelegt. Zudem kann er als einer



derjenigen Strassen mit der höchsten Frequenz in der Schweiz betrachtet werden, da er praktisch den gesamten Verkehrsstrom der Achsen Ost-West und Nord-Süd aufnehmen muss. Der Streckenabschnitt ist charakterisiert durch die direkte Nachbarschaft zu einem wirtschaftlich entscheidenden Industrieareal und zu einem grossen Rangierbahnhof der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB). Er führt durch eine Gewässerschutzzone und durch Gebiete hoher Besiedlungsdichte. Er besitzt stationäre Sicherheitseinrichtungen, die den Verkehr lenken und damit die Unfallhäufigkeit vermindern (Geschwindigkeitsbeschränkungen, Verkehrsleitsystem in Richtung Basel), stationäre Einrichtungen, die das Schadensausmass eindämmen ("New Jersey" Mauern, Böschungen, Entwässerungsanlagen, Leitplanken), sowie nicht stationäre Einrichtungen zur Schadenseindämmung (Oelwehrstützpunkte in Birsfelden und Sissach, Feuerwehren in den Gemeinden, Chemiewehr des Kantons Basel-Landschaft), **d.h. der Verkehrsträger ist als Anlage sicher und nach dem heutigen Stand der Technik gebaut.**

Methodisches Vorgehen

Nach der allgemein gültigen Definition des **Risikos** kann es mathematisch beschrieben werden als Verknüpfung aus dem Schadensausmass und der Eintretenswahrscheinlichkeit eines Störfalles. Auch das Gesamtrisiko eines Gefahrguttransportes ergibt sich aus dem Zusammenwirken dieser beiden



Grundbegriffe, welche sich wiederum aus jeweils zwei weiteren Elementen zusammensetzt. Einerseits ist zur Beschreibung des **Schadensausmasses** das Gefährdungspotential der beteiligten Stoffe, Erzeugnisse oder Sonderabfälle wichtig, andererseits aber auch die Empfindlichkeit der Umgebung. Darüber hinaus wird das Schadensausmass bestimmt durch bauliche Aspekte, welche die Folgen eines Unfalles für die Umwelt noch verstärken oder aber verringern können. Zur Beschreibung der **Eintretenswahrscheinlichkeit** ist die Häufigkeit eines Gefahrgut-Transportes wichtig, sowie die Unfallrate auf dem entsprechenden Streckenabschnitt.

Zuletzt lässt sich das Gesamtrisiko eines Gefahrguttransportes auf einem Verkehrsträger bezüglich der drei Umweltbereiche

- Luft bzw. Mensch / Tier
- Wasser (Oberflächen- und Grundwasser) und
- Boden bzw. Pflanzen

darstellen, wobei Risikoschwerpunkte ersichtlich werden, welche mittels einer Risikoermittlung zu analysieren sind.

Datenermittlung und Datenauswertung

Dieses methodische Vorgehen setzt eine detaillierte Datenbasis in allen Teilbereichen voraus. Die konkrete



Bestimmung der einzelnen risikobestimmenden Elemente kann an dieser Stelle nur angedeutet werden. Als Erkenntnis der Pilotstudie kann vorweg genommen werden, dass das uns heute zur Verfügung stehende Datenmaterial aber nur ausreichend ist für das Element **Umgebung**. Angaben über Art und Menge der Stoffe, Erzeugnisse und Sonderabfälle, sowie der Frequenz sind rudimentär. Die zu Beginn der Arbeiten vorhandenen Angaben entstammten teilweise aus der umfassenden Risikoanalyse des Kantons Basel-Landschaft von 1988 und waren ortsbezogene Erhebungen. Das beauftragte Ingenieurbüro griff daher auf eine Recherche aus der Bundesrepublik Deutschland zurück, welche den Anteil vom gesamten Gefahrgutaufkommen auf die jeweiligen SDR-Klassen ermittelt hatte. Die Erhebung enthält aber keine konkreten Angaben darüber, welche Stoffe, Erzeugnisse und Sonderabfälle in welcher zur Menge und Frequenz transportiert werden. Aus der statistischen Auflistung ist aber, unter Zuhilfenahme von Verkehrsdaten, eine Interpretation im Hinblick auf die Anzahl der SDR-Transporte einer bestimmten Gefahrgutklasse möglich. Die Störfallverordnung liefert allen Kantonen in der Schweiz in Zukunft die rechtlichen Grundlagen, um ihnen den Zugang zu diesen Angaben zu öffnen. Diese Erhebungen sind zeitaufwendig und können nur in Kooperation mit allen beteiligten Partnern erhalten werden.

Stoffbezogenes Gefahrenpotential

Zur quantitativen Charakterisierung des stoffbezogenen Gefahrenpotentials wird die Wirkungsweise einer Substanz in den verschiedenen Umweltbereichen (Boden, Wasser, Luft) ermittelt und die Folgen für die verschiedenen Rezeptoren



(Mensch / Tier, aquatischer bzw. terrestrischer Lebensraum) über die verschiedenen Eintragspfade mit Anteil und Reichweite der Gefährdung abgeschätzt. Jeweils eine Substanz jeder SDR-Klasse wurde als typischer Vertreter ausgewählt. Die Auswahlkriterien waren: häufig transportierte Substanz der SDR-Klasse und repräsentativ bezüglich Gefahrenpotential.

Die Ermittlung der weiteren risikobestimmenden Elemente erfolgt durch ein Matrixverfahren, welches einerseits eindeutig die Parameter definiert, die in die Auswertung aufgenommen werden, andererseits den Parametern Bewertungsnoten zuordnet.

Umgebung

Die Umgebung wird beispielsweise wiederum bezüglich Empfindlichkeit in den drei verschiedenen Umweltbereichen Boden Wasser und Luft analysiert. "Empfindliche Objekte" werden besonders berücksichtigt. Gleichzeitig ist die gesamte Strecke in einzelne Streckenabschnitte unterteilt worden. Erhebungen und Bewertungen der Parameter erfolgten für jeden Streckenabschnitt individuell.

Die Kombination liefert eine Verknüpfung zum **Schadensausmass**, welches in 5 Klassen eingeteilt wurde und bereits erste **Gefahrenschwerpunkte** ergab.

Eintretenswahrscheinlichkeiten



Für die Ermittlung der Eintretenswahrscheinlichkeiten sind die Parameter

- | | |
|--|-------|
| - Unfallrate (Unfallhäufigkeit pro Fahrzeugkilometer) | U_R |
| - Anzahl der Fahrzeuge pro Tag | DTV |
| - Anzahl der Transporttage pro Jahr | t |
| - Anteil der LKW's am Gesamtverkehrsaufkommen | ALV |
| - Anteil der SDR-Transporte vom Gesamtschwerlastverkehr | AGS |
| - Anteil der jeweiligen SDR-Klasse vom gesamten SDR-Transportwesen | AGK |
| - Länge des Streckenabschnittes | J(i) |

notwendig. Aus den Ergebnissen der Verkehrszählungen sowie der Unfallstatistik der letzten 10 Jahre konnte das Unfallgeschehen auf dem Streckenabschnitt der Nationalstrasse N2 charakterisiert werden.

Die Auswertung der vorhandenen Unfalldaten (Ort, Ursache, etc.) und der Verkehrsdaten (Frequenz, Struktur) liefert die Unfallraten pro Fahrzeugkilometern.

Für die Häufigkeit eines Transportes fehlten die statistischen Daten und so wurde wieder auf die Statistik der Bundesrepublik Deutschland zurückgegriffen, welche die prozentuale Verteilung des gesamten Gefahrgutaufkommens auf die verschiedenen Gefahrgutklassen beschreibt, wenn man die Belastung des Streckenabschnittes im Hinblick auf den Schwerlastverkehr hinzunimmt.

Die Eintretenswahrscheinlichkeit kann als Kombination der Unfallraten mit den Anteilen der verschiedenen SDR-Transporte am Gesamtanteil der jeweiligen SDR-Klasse abgeschätzt werden



und sie wird ebenfalls wie das Schadensausmass in 5 Klassen eingeteilt.

Zur numerischen Bestimmung der Eintretenswahrscheinlichkeit wurde eine vom schweizerischen Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) vorgeschlagene erste Formel verwendet:

$$U = U_R * J(i) * DTV * t * ALV * AGS * AGK$$

Aus der Verknüpfung des Schadensausmasses mit der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Störfalles einer Gefahrgutklasse kann das Transportrisiko bestimmt werden. Diese Abschätzung ermöglicht schlussendlich die Zuordnung von Risikoschwerpunkten zu den einzelnen Streckensegmenten.

Ermittlung der tatsächlichen Risiken mit Verknüpfung der baulichen Aspekte

Bauliche Aspekte (Tunnel, Brücken, Galerie, "empfindliche Objekte", Tanklager, Industrie) können risikovermindernde oder risikoverstärkende Eigenschaften haben. Eine Korrektur der Bewertungszahlen je nach verstärkendem oder verminderndem Aspekt ist notwendig. Das Ausmass der verstärkenden bzw. der eindämmenden Effekts ergibt sich aus dem Anteil der Brücke bzw. des Tunnels vom gesamten Streckenabschnitt sowie aus der Wirksamkeit der Einrichtung und dem Abstand der kritischen Anlage vom Verkehrsträger.



Ergebnisse

Die Risiken können über den gesamten Streckenabschnitt Basel - Augst in den drei Umweltbereichen (Luft bzw. Mensch / Tier, Wasser, Boden bzw. Pflanzen) graphisch dargestellt werden. Die einzelnen Streckenkilometer mit den Risikoschwerpunkten werden klar erkannt. Damit wird die Basis erhalten für das Verfügen und Erarbeiten von Risikoermittlungen, wie es im zweistufigen Verfahren der Störfallverordnung verlangt wird.

Im Fall der Pilotstrecke Basel - Augst finden sich diese Risikoschwerpunkte bei den Km 6, 7, 9, 12 und 13, Gebiete mit einer hohen Siedlungsdichte, wo Gewässer und Boden durch Eintrag von Flüssigkeiten zusätzlich gefährdet sind und durch Brücken, Auffahrten und die Galerie die Unfallhäufigkeit besonders gross ist.

Schlussfolgerung / Thesen

- I. Das verfügbare Datenmaterial zur Erfassung der vier verschiedenen risikobestimmenden Elemente ist sehr unterschiedlich in seiner Genauigkeit und Vollständigkeit.

- II. Die Art, Menge und Frequenz eines Gefahrguttransportes ist bis heute weder erfasst noch beurteilt worden.



- III. Bei Verkehrswegen ist ein Ansatz zur Bestimmung des Umweltrisikos mittels Störfallszenarien nicht möglich.
- IV. Für einen Kurzbericht erscheint eine detaillierte Vorgehensweise wenig sinnvoll. Die Zielsetzung lautet: **Ermittlung von Risikoschwerpunkten !**
- V. Das Gesamtrisiko eines Gefahrguttransportes wird erst nach Einbezug der baulichen Aspekte durch Unterteilung der Strecke in Streckenabschnitte erhalten und ergibt die Risikoschwerpunkte innerhalb eines Umweltbereiches entlang der Strecke.
- VI. Die Verkehrsträger sind heute sichere Anlagen. Ein Risiko entsteht erst, wenn sich auf ihnen der Strassenverkehr abwickelt.
- VII. Die Gefährlichkeit der transportierten Stoffe lässt sich nicht senken, wohl aber sein Gefahrenpotential (Menge).
- VIII. Die Häufigkeit des Transportes von gefährlichen Gütern lässt sich einschränken.



IX. Risikofragen sind (Be)Wertungsfragen !

X. Der Schwachpunkt beim Transport von gefährlichen Gütern heisst menschliches Fehlverhalten.

Bau- und
Umweltschutzdirektion
Kt. Basel-Landschaft
Sicherheitsinspektorat

Dr. Rolf Klaus
28. September 1992



Teilnehmerverzeichnis



- Baumgartner, Hans
Gewerkschaft V H T L Sektion Rheinschiffahrt
Basel / Schweiz
- Bayer, Marcel
Redaction ALERT
Den Haag / Niederlande
- Beck, Horst, Dipl.-Ing.
Bundesministerium für Verkehr
Ref. Transport gefährliche Güter
Bonn 2
- Blank, Sabine
Sächs. Staatsministerium für Wirtschaft
und Arbeit - Abt. Verkehr / Gefahrgut
Dresden
- Blankmann, Hermann, Dr.
Bundesverband der Selbständigen Abteilung Binnenschiffahrt
Bonn 2
- Braun, Rudolf
Kantonales Laboratorium BS
Kontrollstelle für Chemiesicherheit
Basel / Schweiz
- Bril, Henk J.
DSM Hydrocarbons Product & Transport Safety Consultant
Beek / Niederlande
- Buchhardt, Heinz
Ingenieurschule für Transportbetriebs-
technik Gotha / Gefahrgutbeauftragter
Gotha
- Bürgi, Beat
Bundesamt für Wasserwirtschaft
Bern / Schweiz
- Busch, Hans J.
Bundesverkehrsministerium
Bonn
- Criqui, G.
C F N R Directeur de l'Armement
Strasbourg / Frankreich
- Damzog, Reinhard
Deutsche Bundesbahn Bundesbahn-Zentralamt
Minden (Westf)



- Dernbach, Stefan
Bundesverband des Deutschen Güterverkehrs e.V.
Frankfurt
- Döhm, Klaus Jochem, Dipl.-Ing.
Germanischer Lloyd Abt. Leiter Binnenschiffbau
Hamburg 11
- Donk, J., Ir.
RWST Bouwdienst Afd. Risico-Analyse
Utrecht / Niederlande
- Dreskornfeld, Wilhelm
Bundesverband des Deutschen Güterfernverkehrs (BDF) e.V.
Bonn
- Endlicher, Dr.
Bayer AG Leiter Bereich AV-ZL
Leverkusen-Bayerwerk
- Escher, A., Dr.
Suisselectra Umweltengineering
Basel / Schweiz
- Esfahlani, K.
Institut für BFSV
Hamburg 80
- Ewald, Klaus, Dipl.-Ing.
Stinnes Reederei AG Technische Abteilung
Mannheim 1
- Falkhoff, Werner
Wirtschaftsverband Kernbrennstoff-Kreislauf e.V.
Bonn
- Feddern, Brunhilde
Red. Weekblad Schuttevaer
Deventer / Niederlande
- Feierabend, Rudolf
BRAGTANK AG
Basel / Schweiz
- Feijen, M.
Rijkswaterstaat DVK
Rotterdam / Niederlande
- Fett, H.J., Dr.
Ges. für Anlagen- und Reaktorsicherheit
Köln



- Fuchs, Georges
BRAGTANK AG
Basel / Schweiz
- Füngerlings, F., Dipl.-Ing.
Binnenschiffahrts-Berufsgenossenschaft
Schiffssicherheitsabteilung
Duisburg 1
- Gardeitchik, J.
Rotterdam Municipal Port Management
Rotterdam / Niederlande
- Gennis, Werner, Ing.
Qualitätssicherung und Gefahrgutberatungsstelle
- Gerharz, Peter
B. Dettmer Reederei GmbH & Co. Leiter der Techn. Abteilung
Bremen 1
- Gerstenkorn, Dieter
B. Dettmer Reederei GmbH & Co. Leiter der Techn. Abteilung
Berlin 65
- Geudens, Tony
Belgian Pakhoed NV Assistant Managing Director
Antwerpen / Belgien
- Giger
Int. Arbeitsgemeinschaft der Rheinschiffahrt e.V. Duisburg
Münchenstein / Schweiz
- Gmünder, Felix K., Dr.
Basler & Hofmann Ingenieure & Planer AG
Zürich / Schweiz
- Gölz, Claudia
NED.WORK Agentur + Verlag GmbH
Düsseldorf
- Gottschalk, Heinz H.
Wasser- und Schifffahrtsdirektion West
Münster
- Gries, Henri
Service Navigation de Strasbourg Commission de Visite du Rhin
Strasbourg Cedex / Frankreich
- Grimm, Claus
KO Storck-Verlag Redaktion Gefährliche Ladung
Hamburg 50



- Hagendijk, P.
AKZO Coatings BV Paint Engineering
Sassenheim / Niederlande
- Hanekamp, H.B.
Städtische Hafengebiete Rotterdam - Umweltschutz -
Rotterdam / Niederlande
- Hauch, Werner, Dipl.-Ing.
EVA Eisenbahn-Verkehrsmittel GmbH Techn. Direktor
Düsseldorf 1
- Heidenstecker, Hans-Gerd
Bundesverband der Selbständigen Abteilung Binnenschifffahrt
Bonn 2
- Hempel, Dieter, Dr.
Physikalisch-Technische Bundesanstalt Labor 3.4.2
Braunschweig
- Hermann, Klaus, Dipl.-Ing.
Binnenschifffahrts Berufsgenossenschaft
Schiffssicherheitsabteilung
Duisburg 1
- Herzig, Richard
Ultra-Brag AG stv. Direktor
Basel / Schweiz
- Hochwald, Manfred
Deutsche Bundesbahn Bundesbahn-Zentralamt
Minden (Westf)
- Hoekert
Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Direktoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Rotterdam / Niederlande
- Hoekert van der Wind, M., Dr.
D G S M Rijswijk
Rijswijk / Niederlande
- Hoeneise, B., Dr.
Suisselectra Umweltengineering
Basel / Schweiz
- Hofsté, J., Ing.
CBRB Centraal Bureau voor de Rijn- en Binnenvaart
Rotterdam / Niederlande



- Houben, R., Ir.
Rijkswaterstaat - BD W B A
Utrecht / Niederlande
- Hülsmann, Wolfram
NED.WORK Agentur + Verlag GmbH
Düsseldorf
- Hulsman, G.W., Dr.
Präsident d. Bundesverb. der deutschen Binnenschifffahrt
Honorarkonsul des Königreichs der Niederlande
Duisburg
- Hundhausen, Gerd, Dr.
Bundesanstalt für Straßenwesen Sicherheitsforschung
Bergisch-Gladbach 1
- Jungmann, Gerhard, Ministerialrat
Bundesverkehrsministerium Referatsleiter BW 13
Bonn 2
- Kapel, H.
Rijksverkeersinspectie
Den Haag / Niederlande
- Kellermann, Ralph, Bauoberrat
Wasser- und Schifffahrtsamt Köln
Köln 1
- Kernebeck, Ute
NED.WORK Agentur + Verlag GmbH
Düsseldorf
- Keuchenius, F.E.
Comm. Transport Gefährliche Güter
Barendrecht / Niederlande
- Klaus, Rolf, Dr.
Bau- und Umweltschutzdirektion Kanton Basel
Liestal / Schweiz
- Kotte, Holger
Ministerium für Wirtschaft, Technik und Verkehr
Kiel
- Krajewski, Christian, Dipl.-Ing.
Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest
Mainz
- Kreuze, P.M.J.
Gebr. Broere B.V. FTF / Abteilungsleiter
Dordrecht / Niederlande



- Krüger, Bernhard
Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest / Dezernat A 5
Mainz
- Kruiten, C.N.
Lloyd's Register of Shipping Principal Surveyor
Rotterdam / Niederlande
- Kühlewind, Rolf, Dipl.-Ing.
Zentralstelle für Schiffs- und Maschinentechnik (ZSM)
Hamburg 36
- Kunz, Claus, Dipl.-Ing.

Datteln
- Labrot, Christian, Dipl.-Volkswirt
Bundesverband Werkverkehr u. Verloader e.V.
Bonn 1
- Lambrecht, Volker
BASF AG Werksfeuerwehr
Ludwigshafen
- Landgrebe, Jürgen, Baudirektor
Wasser- und Schifffahrtsamt Köln
Köln 1
- Lange, Florentin, Dr.
Ges. für Anlagen- und Reaktorsicherheit
Köln
- Lauterbach, Heiko, Polizeioberrat
Wasserschutzpolizeiamt Bremen Stv. Amtsleiter
Bremen 1
- Lipphard, Dipl.-Ing.
HUK-Verband Leiter Beratungsstelle Schadenverhütung
Köln 1
- Marechal, Claude
Hamburger Lloyd AG Sicherheit
Basel / Schweiz
- Massalsky, N.
Verkehrsministerium Baden-Württemberg Abteilung 2
Stuttgart 1
- Mekelburger, Thomas
Deutsche Bundesbahn Abt. Leiter Transport gef. Güter - GK 33
Mainz 1



- Müller-Witte, Volker
Umweltbundesamt Gewässerschutz
Berlin 33
- Muller-Zwartepoorte, C.M.
Hoofddirectie Waterstaat Hoofdafd. Vaarwegen
Den Haag / Niederlande
- Naschke, Bernd
Hamburger Lloyd AG Techn. Leiter Inspektion
Basel / Schweiz
- Nolte, Kurt, Dipl.-Ing.
Deutsche Bundesbahn Sicherheitsstrategie
Mainz 1
- Orlovius, Volker
Commission Centrale pour la Navigation
du Rhin / Ingenieur en Chef
Strasbourg Cedex / Frankreich
- Pastorino, Uwe
VTG-Wintrans GmbH Binnenschifffahrt
Hamburg 36
- Pels, A.J.
E V O Abt. Gefährliche Güter
Zoetermeer / Niederlande
- Peters, A.W., Ing.
Ministerie V & W - DGV Afd. Gevaarlijke Stoffen
Den Haag / Niederlande
- Pöttsch, Michael, Dipl.-Ing.
Bundesanstalt f. Materialforschung und
-prüfung / Transporttanks
Königs Wusterhausen
- Rauner, Horst
Materialamt der Bundeswehr IV 1/Sachverständiger ASV
Sankt Augustin
- Ridder, Klaus
Bundesverkehrsministerium Referat A 13
Bonn 2
- Riemer, Joachim S., Dr.
Bayer AG Leiter Verkehrswesen
Leverkusen-Bayerwerk



- Römer, Gerhard, Dr.
BAYER AG Direktor Leiter AV-ZL VKB / AV-IT
Leverkusen
- Ropertz, H.L.
Haniel Reederei GmbH Schiffahrtstechn. Abteilung
Duisburg
- Rustemeyer, Horst
Wasser- und Schiffahrtswirtschaft Südwest / Dezernat A 5
Mainz
- Schäuble, P.
FM Fracht Management Redaktion
Leinfelden - Echterdingen
- Schmidt, Michael
Bundesverband der deutschen Binnenschifffahrt e.V.
Duisburg 13
- Schmitt, Klaus
Stinnes Reederei AG Gefahrgutbeauftragter
Duisburg 13
- Schouten, P.
Gastankvaartmaatschappij Chemgas BV
Rotterdam / Niederlande
- Schroten, H.M., Ir.
Generaldirektion Rijkswaterstaat
Den Haag / Niederlande
- Schuch
BOMINFLOT Tankschifffahrt / Inspektion
Hamburg 95
- Siebenhaar, Bernhard, Dipl.-Ing. FH
Regierungspräsidium Freiburg Abt. VIII - Wasserstraßen
Freiburg i.Br.
- Soyeaux, Renald, Dipl.-Ing.
Bundesanstalt für Wasserbau Abt. Wasserbau / Hydraulik
Karlsruhe 21
- Steinebach, Ernst
Urenco Deutschland
Gronau
- Stimberg, Hans-Josef, Dr.
Binnenschifffahrts-Berufsgenossenschaft
Schiffssicherheitsabteilung LTAB
Duisburg 1



- Stipdonk, H.L., Dr.
Dienst Verkeerskunde Afd. Scheepvaart
Rotterdam / Nederlande
- Stolte, Rainer
Raab Karcher Reederei + Spedition GmbH
Duisburg 17
- Ten Holt, D.F.G.A.
Ministerium van Verkeer en Waterstaat
Directoraat Generaal Vervoer
Den Haag / Nederlande
- Tenhaaf, A.
Ministerie V & W - DGV Afd. Gevaarlijke Stoffen
Den Haag / Nederlande
- Van Oosterwijk, R.C., Drs.
Kgl. Niederländische Botschaft Verkehrsabteilung
Bonn 1
- Veenenbos, P.A., Ing.
DGSM Rijn- en Binnenvaart
Rijswijk / Nederlande
- Veraart, A.J., Ir.
Hoofddirectie van de Waterstaat
's-Gravenhage / Nederlande
- Verschure, G.P.T.M., Ing.
Verschure Shipping BV
Raamsdonk / Nederlande
- Visser, W.J., Ir.
Institut für Technische Untersuchungen
Niederlande
- Vogelbacher, Urs
Rheinschiffahrtsdirektion Basel Direktionsassistent
Basel / Schweiz
- Vogt, Hans Werner
TÜV Rheinland FB 3.2
Köln 1
- Vrijling, I.K., Prof. Dr. Ir.
Bouwdienst Rijkswaterstaat hoofd. Bouwspuurwerk
Utrecht / Nederlande
- Wasserman, I.M.A.
Redactie Gevaarlijke Stoffen Chef-Redacteur
Vlodrop / Nederlande



- Weppler, H.-D.
Bayer AG
Leverkusen
- Wiechmann, Bernd, Dipl.-Ing.
Stadt Karlsruhe Branddirektion
Karlsruhe 1
- Wijdeveld, E.J.
Hafenunternehmerverband SVZ Gefahrgut und Umweltschutz
Rotterdam / Niederlande
- Willems, W.
N.P.R.C.
Rotterdam / Niederlande
- Wittenbrink, Paul, Dipl.-Volkswirt
Institut für Verkehrswissenschaft an der Universität Münster
Münster
- Wörner, Jochen
Dornier GmbH
Friedrichshafen
- Wurm, A.
TÜV Rheinland e.V. Projektbegleitung Güterverkehr
Köln 1
- de Korte, P.W.J.
Sayonara
Zwijndrecht / Niederlande
- de Poel, G.
AKZO Salt & Basic Chemicals BV Mngr. Dangerous Goods
Amsterdam / Niederlande
- de Preter, Lodewijk
Belgian Pakhoed NV Specialist Safety
Antwerpen / Belgien
- de Raad, J.
Dordrecht / Niederlande
- den Brauen, K.
DGSM Ryn & Binnenvaart
Rijswijk / Niederlande
- van Herwijnen, H.J.
AKZO Chemicals Staff-employee dept. SERA
Amersfoort / Niederlande



- van Velthoven, R.A.M.
NOB Wegtransport Gevaarlijke Stoffen
Zoetermeer / Nederlande
- van den Berg, E.A.
Flushing Parts Authority Dept. Harbourmaster
Oost-Souburg / Nederlande
- van den Brand, D.
Ministerie van Volkshuisvesting
Ruimtelijke Ordening en Milieur
Leidschendam / Nederlande
- van der Toorn, W.A., Drs.
Kgl. Niederländische Botschaft Verkehrsabteilung
Bonn 1
- von Rohr, Werner
SANDOZ Produkte (Schweiz) AG
Abteilung Internationale Transporte
Muttenz 1 / Schweiz