

BAM Bundesanstalt
für Materialforschung
und -prüfung, Berlin

Forschungsbericht 173

Höherwertige Transporttechnik und ihre Konsequenzen für die Beförderung gefährlicher Güter

von Dr.-Ing. Bernhard Droste, Dipl.-Ing. Jörg Ludwig,
Dr.-Ing. Bernd Schulz-Forberg



Berlin 1990

Aufgaben der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung ist als Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministers für Wirtschaft das technisch-wissenschaftliche Staatsinstitut der Bundesrepublik Deutschland für Werkstoffwissenschaften, Materialprüfung und Chemische Sicherheitstechnik. Dieser Komplex stellt in allen Industrieländern einen technologischen Schlüsselbereich dar, da Materialien als Konstruktions- und Funktionswerkstoffe die Grundlage der gesamten Technik bilden. Die Materialforschung, die zuverlässige, normgerechte und neutrale Prüfung sowie die sicherheitstechnische Beurteilung von Werkstoffen, Bauteilen und Konstruktionen sind wesentliche Voraussetzungen für eine leistungs- und wettbewerbsfähige Wirtschaft im Hinblick auf die Anforderungen an Qualität und Zuverlässigkeit technischer Produkte, Umweltschutzanforderungen und die Notwendigkeit der sparsamen Verwendung von Rohstoffen und Energie.

Die Ursprünge der BAM reichen bis in das Jahr 1870 zurück, in dem durch Erlass des damaligen Preußischen Ministeriums für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten die Gründung einer Mechanisch-Technischen Versuchsanstalt bei der Gewerbeakademie beschlossen wurde. 1895 erfolgte die Angliederung der im Jahre 1875 eingerichteten Prüfungsstation für Baumaterialien als neue Abteilung der Versuchsanstalt. Im Jahre 1904 kam es darüber hinaus zur Zusammenlegung mit der 1877 errichteten Chemisch-Technischen Versuchsanstalt zum Königlichen Materialprüfungsamt. Dessen erster Direktor, Adolf Martens (1850—1914), trat u. a. als Entdecker des nach ihm benannten Martensit-Gefüges von Stahl und als Mitbegründer sowie Vorsitzender (1896—1913) des „Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik“ hervor. Das Königliche Materialprüfungsamt, das im Jahre 1907 eine selbständige Behörde geworden war, wurde nach dem Ersten Weltkrieg dem Preußischen Ministerium für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung unterstellt. Es bestand als Staatliches Materialprüfungsamt (MPA) — bei ständiger Erweiterung seiner Aufgabenbereiche und Angliederung anderer Institutionen, wie z. B. der Reichs-Röntgenstelle — bis 1945.

Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde dem MPA die im Jahre 1889 errichtete Chemisch-Technische Reichsanstalt (CTR) angeschlossen. Diese vereinigten Institutionen erhielten im Jahre 1954 den Status einer Bundesanstalt im Geschäftsbereich des Bundesministers für Wirtschaft, die seit 1956 den Namen „Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM)“ trägt und ab 1. 1. 1987 „Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)“ heißt.

Die Aufgaben der BAM wurden durch einen Erlass des Bundesministers für Wirtschaft vom 1. September 1964 letztmalig festgelegt. Danach hat die Bundesanstalt die Aufgabe, Werkstoff- und Materialforschung entsprechend ihrer Zweckbestimmung zu betreiben und die Materialprüfung sowie die Chemische Sicherheitstechnik stetig weiter zu entwickeln. Die Ergebnisse ihrer und fremder wissenschaftlicher Arbeiten hat die Bundesanstalt zu sammeln, zu ordnen und der Allgemeinheit zugänglich und nutzbar zu machen. Für das Land Berlin hat die Bundesanstalt die Aufgaben eines staatlichen Materialprüfungsamtes. Auf Antrag steht die BAM Industriefirmen, Wirtschaftsverbänden, Verbrauchereinrichtungen sowie privaten Antragstellern zur Verfügung. Außerdem berät sie Bundesministerien und unterstützt Verwaltungsbehörden sowie Gerichte. Mit Institutionen ähnlicher Zielsetzung des In- und Auslandes, insbesondere den nationalen Schwesterinstituten, arbeitet die BAM eng zusammen. Daneben ist sie in die technische Zusammenarbeit mit verschiedenen Entwicklungsländern eingebunden. Die Mitarbeiter der Bundesanstalt wirken in zahlrei-

chen Fachgremien, gesetzgebenden Körperschaften und normensetzenden Institutionen an der Aufstellung von technischen Regeln und Sicherheitsbestimmungen mit und vertreten die Bundesrepublik Deutschland in internationalen und supranationalen Einrichtungen.

Aufgrund des Gesetzes über explosionsgefährliche Stoffe, des Gesetzes über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße, des Waffengesetzes sowie einer Reihe weiterer gesetzlicher Regelungen und Verordnungen hat die Bundesanstalt den Status einer Bundesoberbehörde. Damit erhalten die in diesem Zusammenhang erteilten Zulassungen, Richtlinien und Auflagen bundesweit gesetzlichen Charakter. Im Rahmen der genannten Gesetze obliegen der BAM u. a. die Prüfung von Stoffen und Konstruktionen für die Zulassung explosionsgefährlicher Stoffe und Sprengzubehör, die Zulassung der Bauart von Verpackungen und die Genehmigung der Beförderung von gefährlichen Gütern ohne Schutzbehälter. Ferner läßt die Bundesanstalt Raketenmunition und Geschosse mit pyrotechnischer Wirkung im zivilen Bereich zu und prüft die Vielzahl weiterer Produkte und Gegenstände im öffentlichen Interesse.

Mit nahezu 1.200 Mitarbeitern, darunter etwa 300 Wissenschaftlern unterschiedlicher naturwissenschaftlicher und technischer Fachrichtungen, befaßt sich die BAM in mehr als 100 Laboratorien damit, die chemischen, physikalischen und technologischen Eigenschaften von Werkstoffen zu bestimmen und Zusammenhänge zwischen Stoffkennwerten und Materialverhalten beim praktischen Einsatz aufzuklären. Dadurch werden Rohstoffe und Werte erhalten, Schäden vermindert und Unfälle verhütet. Das Arbeitsgebiet schließt alle technischen Materialien ein: Metalle, anorganische nichtmetallische Stoffe, insbesondere Baustoffe und keramische Werkstoffe, organische Stoffe wie Kautschuk, Kunststoffe, Textilien, Leder, Papier, Holz, aber auch Verbundwerkstoffe, technische Fluide und Gase sowie feste, flüssige und gasförmige explosionsfähige Stoffe. Für die Untersuchung von Materialien unter den verschiedensten Beanspruchungen, z. B. mechanischer, thermischer, tribologischer, chemischer, korrosiver oder biologischer Art, werden unterschiedlichste Meß-, Prüf- und Analysetechniken einschließlich zerstörungsfreier Prüfverfahren und Computertechniken eingesetzt. Durch Forschung und Entwicklung, Prüfung und Untersuchung sowie Beratung und Information dient die BAM dem Ziel, die Leistungsfähigkeit der Wirtschaft zu fördern, die technisch-wissenschaftlichen Erkenntnisse zu erweitern sowie die Lebensbedingungen zu sichern und zu verbessern.

Die Arbeitsergebnisse der BAM werden — soweit sie nicht vertraulicher Natur sind — in eigenen Publikationsreihen veröffentlicht:

- den „BAM - ZULASSUNGEN, die jährlich mit 4 Ausgaben erscheinen und in denen die amtlichen Zulassungen der BAM veröffentlicht werden;
- dem Jahresbericht, der die Arbeitsschwerpunkte und die wichtigsten Erträge des jeweils vorausgegangenen Jahres ausführlich dokumentiert;
- den Forschungsberichten, die in unregelmäßiger Folge die Resultate wichtiger BAM-Forschungsvorhaben präsentieren.

Für weitere Information steht gerne BAM — 7.1 „Information und Öffentlichkeitsarbeit“, Tel.: 030 / 8104 7100, zur Verfügung.

ISBN 3-88314-999-3

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin

Forschungsbericht 173

Höherwertige Transporttechnik und ihre Konsequenzen für die Beförderung gefährlicher Güter

von Dr.-Ing. Bernhard Droste, Dipl.-Ing. Jörg Ludwig,
Dr.-Ing. Bernd Schulz-Forberg

Berlin 1990

58 Seiten,3 Abbildungen,12 Tabellen

Herausgegeben von der
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
Unter den Eichen 87, 1000 Berlin 45
Telefon (030) 8104-1 Telex 183 261 bamb d
Telefax (030) 8 112 029 Teletex 2 627-308 372=bamb

Copyright © 1990 by Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bremerhaven

Verlag und Vertrieb:
Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10, 2850 Bremerhaven 1
Telefon (0471) 46093-95

Vorwort

Die nachfolgenden Betrachtungen zur höherwertigen Transporttechnik und ihrer Konsequenzen für die Beförderung gefährlicher Güter sind zunächst in Form eines Gutachtens dargestellt worden. Der mit dem Gutachten vorgestellte Gedanke abgestufter Regelungen - d. h. je nach Umschließungsqualität auf bestimmte Beschwerden und letztlich die Verlagerung von Straßentransporten gefährlicher Güter in Tanks auf die Schiene zu verzichten - wurde mit der 2. Straßen-Gefahrgut-änderungsverordnung, die seit dem 1. Februar 1990 in Kraft ist, aufgegriffen. In der Begründung zu dieser Verordnung ist das Gutachten explizit erwähnt worden.

Parallel hierzu hat sich ein Arbeitskreis eines der den Bundesminister für Verkehr beratenden Ausschüsse mit der Risikobewertung der einzelnen Verkehrsträger befaßt und seine Arbeiten Ende letzten Jahres zum Abschluß gebracht.

Diesem Arbeitskreis lag das Gutachten als eine der Arbeitsunterlagen ebenfalls vor.

Aus diesen Gründen wird Informationsbedürfnis in der betroffenen und interessierten Öffentlichkeit unterstellt, dem durch die Veröffentlichung des unveränderten Gutachtens als Forschungsbericht der BAM Rechnung getragen werden soll.

Zusammenfassung

Ausgehend von der Betrachtung des Verkehrsaufkommens gefährlicher Güter, den zugänglichen Angaben über das Unfallgeschehen beim Tanktransport gefährlicher Güter und einem Vergleich zwischen den vorhandenen Transportmitteln Eisenbahn-Kesselwagen, Straßentankfahrzeug und Tankcontainer wird dargelegt, daß der Tanktransport auf der Schiene nur bedingt für sicherer anzusehen ist, als die Gefahrgutbeförderung in Tanks auf der Straße. Das Unfallgeschehen beim Straßen-transport wird wesentlich von Unfällen dominiert, die sich mit einer bestimmten Bauart von Tanks - überwiegend für die Beförderung von Mineralölprodukten verwendete Koffertanks aus Aluminium - ergeben haben. Da die erwähnten Tanks weder den entsprechend verwendeten Eisenbahn-Kesselwagen noch Tankcontainern gleichwertig sind, ist somit bereits vorgezeichnet, daß Alternativen zur Erzielung einer gleichwertigen Sicherheit von Straßen- und Schienentransport denkbar sind. In diesem Zusammenhang ist insbesondere die Verlagerung von Tanktransporten gefährlicher Güter von der Straße auf die Schiene unter sicherheitstechnischen Gesichtspunkten nicht die einzig denkbare Möglichkeit. Alternativen werden dargelegt und praktische Lösungsmöglichkeiten vorgeschlagen.

Summary

On the basis of the total volume of dangerous goods shipped by road and rail, given available data concerning accidents and a comparison of commonly used tanks such as rail-tankcars, tank-vehicles and tank-containers, it has been concluded, that the safety of the tanktransport on railroads is not significantly higher than on roads. The accident scenario in roadtransport is dominated by a special kind of tank-vehicle. This vehicle equipped with a box-shaped tank is very often used to ship inflammable liquids. This type of tank is made of aluminium and not can be seen as being equivalent to neither the typical rail-tankcar nor the commonly used tankcontainer. A set of more stringent requirements for tanks used for tank-vehicles will lead to an equivalent safety in road transport, though the transfer of a greater part of dangerous goods from road to rail is not the only measure for safety. Alternative measures are described and practice-oriented solutions are proposed.

Transporttanks - Beförderung gefährlicher Güter - Verkehrsträger-
abhängige Transportsicherheit - Höherwertige Transporttechnik -
Alternativbetrachtungen - Risikobewertung

Inhalt	Seite
1. Einführung in die Problemstellung	9
2. Situationsbeschreibung	10
2.1 Transportaufkommen	10
2.1.1 Transportmengen gefährlicher Güter bei den einzelnen Verkehrsträgern	10
2.1.2 Vergleich des Transportaufkommens entzündbarer Flüssigkeiten im Schienen- und Straßenverkehr	10
2.2 Unfälle	14
2.2.1 Transportunfälle	14
2.2.2 Unfallfolgen und Unfälle bei der Lagerung	15
2.3 Transportmittel und deren Unterschiede	16
2.4 Derzeitige verkehrsrechtliche Vorschriften	18
2.5 Geplante Vorschriftenänderungen	21
3. Bewertung der derzeitigen Situation	22
3.1 Allg. Bewertung von Schienen- und Straßentransport	22
3.2 Tanktechnische Bewertung von Straßentankfahrzeugen, Kesselwagen und Tankcontainern	23
4. Auswirkungen der Aufnahme von entzündbaren flüssigen Stoffen mit einem Flammpunkt unter 21 °C als Gut der Liste I bei Beibehaltung der derzeitigen Tanktechnik	26
4.1 Vorbemerkungen	26
4.2 Beförderung in Eisenbahnkesselwagen	27
4.3 Beförderung in Tankcontainern	27
4.4 Beförderung in Straßenfahrzeugen im Huckepackverkehr	27
4.5 Schlußfolgerungen	28
5. Alternativen zur Erzielung einer gleichwertigen Sicherheit von Straßen- und Schienentransport	29
5.1 Risikobetrachtung	29
5.2 Alternativen und die Voraussetzungen zur Erzielung gleichwertiger Sicherheit	31
5.2.1 Vorbemerkungen	31
5.2.2 Maßnahmen, die den Risikofaktor „Unfallhäufigkeit“ beim Straßentransport beeinflussen	31
5.2.3 Maßnahmen, die den Risikofaktor „Konsequenz“ tankseitig beeinflussen	32
5.2.4 Maßnahmen, die den Risikofaktor „Konsequenz“ fahrzeugtechnisch beeinflussen	35
5.3 Vorteile der Alternativen zur Erhöhung der Sicherheit des Straßentanktransportes	35
6. Zusammenfassende Bewertung	37
7. Literatur und verwendete Unterlagen	41
Anhänge	43

1. Einführung in die Problemstellung

Mit Datum vom 18.03.1988 hat der Bundesverband des Deutschen Güterfernverkehrs (BDF) e. V., 6000 Frankfurt/Main 53, die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) beauftragt, gutachtlich zum Thema

Höherwertige Transporttechnik und ihre Konsequenzen
für die Beförderung gefährlicher Güter

Stellung zu nehmen.

Der Antrag geht zurück auf gegenüber dem vorherigen Stand erweiterte Bestimmungen der Gefahrgutverordnung Straße (GGVS), die mit der Ersten Verordnung zur Änderung der GGVS (1. Straßen-Gefahrgutänderungsverordnung) vom 21. Dezember 1987 seit dem 1. Januar 1988 in Kraft gesetzt sind und wesentliche Einschränkungen für den Tanktransport bestimmter gefährlicher Güter - für Tankcontainer ab 1. Januar 1988 und für Straßenfahrzeuge ab 1. Januar 1989 - gebracht haben. Es handelt sich hierbei um Einschränkungen, deren Begründung in den spektakulären Unfällen des Jahres 1987 zu suchen ist. Als ein probates Mittel zur Vermeidung derartiger Unfälle wird die Verlagerung des Transportes bestimmter gefährlicher Güter von der Straße auf die Schiene und in geringerem Maße auf den Wasserweg angesehen. Hierauf beziehen sich wesentliche Änderungen des § 7 GGVS. Es ist beabsichtigt, die Liste der Güter, die bisher bereits Einschränkungen des Straßentransports unterlagen, um entzündbare flüssige Stoffe mit einem Flammpunkt unter 21 °C zu ergänzen, so daß in diesem Falle auch Stoffe der Klasse 3, Ziffer 3b - z. B. Benzin - unter die verschärft einschränkende Regelungen fallen. Da der Straßentransport von Benzin in großen Mengen erfolgt, käme der Verlagerung des Benzintransportes auf die Schiene neben der sicherheitstechnischen eine in vielfacher Hinsicht große wirtschaftliche Bedeutung zu.

Mit diesem Gutachten wird

- a) ausgehend von einer Situationsbeschreibung - Darstellung des Istzustandes des Tanktransportes gefährlicher Güter zu Lande - und
- b) einer entsprechenden Bewertung der derzeitigen Situation
- c) auf die Auswirkungen der Aufnahme von bestimmten entzündbaren flüssigen Stoffen in die GGVS als "Listengut" unter Beibehaltung derzeitiger tanktechnischer Vorschriften eingegangen, bevor
- d) Alternativen zur Erzielung einer gleichwertigen Sicherheit des Tanktransportes auf der Straße und der Schiene dargelegt werden, und schließlich
- e) die zusammenfassende Bewertung der Möglichkeiten des Tanktransportes gefährlicher Güter vorgenommen wird.

2.1 Transportaufkommen

2.1.1 Transportmengen gefährlicher Güter bei den einzelnen Verkehrsträgern

Nach Feststellungen in /1,2/, die auf den Angaben des statistischen Bundesamtes beruhen, wurden gefährliche Güter in den nachstehend aufgeführten Mengen und mit folgender Verteilung auf die Verkehrsträger in den Jahren 1985 und 1986 in der Bundesrepublik befördert:

Tab. 1: 'Gesamtaufkommen gefährlicher Güter und Verkehrsträgerverteilung

Verkehrs- träger	1985		1986	
	Gesamtaufkommen in Mio. t	in %	Gesamtaufkommen in Mio. t	in %
Eisenbahn	40,3	22,8	39,6	21,3
Straßengüter- fernverkehr	38,8	21,9	41,4	22,2
Binnenschiff	51,2	28,9	54,6	29,3
Seeschiff	46,8	26,4	50,6	27,2
Summe	177,1	100	186,2	100

Der vollständigkeit halber sei angemerkt, daß in Tab. 1 der Rohrleitungstransport fehlt; diese Beförderungsform ist insbesondere bei den brennbaren Flüssigkeiten ein mengenmäßig nicht zu vernachlässigender "Verkehrsträger".

Anhang 1 zeigt eine Aufstellung des Gesamtaufkommens des Güterverkehrs im Jahre 1986 nach /7/.

2.1.2 Vergleich des Transportaufkommens entzündbarer Flüssigkeiten im Schienen- und Straßenverkehr

Aus Tabelle 2 geht die mit Eisenbahn und Lastkraftfahrzeugen in 1985 und 1986 beförderte Gesamtmenge der brennbaren Flüssigkeiten und Gase hervor.

Tab. 2: Beförderte Gesamtmengen an entzündbaren Flüssigkeiten und Gasen in den Jahren 1985 /3/ und 1986 /7/ auf Schiene und Straße

Gütergruppe	Beförderte Gesamtmenge in 1000 t			
	Eisenbahn		Lastkraftwagen-Fernverkehr	
	1985	1986	1985	1986
Kraftstoffe und Heizöl	20381,2	19514,9	14265,6	16621,1
Rohes Erdöl	1100,3	1669,6	8,7	6,4
Mineralölerzeugnisse, a.n.g.	2575,3	2476,6	2519,9	2984,5
Natur-, Raffinerie- und verwandte Gase	1932,7	1733,8	756,5	963,9
Benzol, Teere u.ä. Destillationserzeugnisse	1289,3	1211,4	355,2	544,0
Summe	27278,8	26606,3	17905,9	21119,9
Anteil an Gesamtmenge der gefährlichen Güter auf diesem Verkehrsträger (in %)	67,7	--	46,1	--

Anhang 2 beinhaltet eine sehr detaillierte Aufstellung über alle Produkte, die im weitesten Sinne den entzündbaren Flüssigkeiten (und Gasen) zuzurechnen sind. Brennbare Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt <21 °C fallen fast ausschließlich in die Produktgruppe 321 "Motorenbenzin u.ä."; davon wurden befördert (in Mio. t):

	1985	1986
mit der Eisenbahn	6 7 6 3	6 3 6 9
auf der Straße	5 4 8 5	6 1 4 7

Das statistische Jahrbuch /3/ enthält weiterhin die für einen Vergleich der beiden Verkehrsträger wichtigen Angaben zur Entfernungsstufung und den geleisteten Tonnen-Kilometern, speziell für die in Tab. 2 und in Anhang 2 aufgeführten Gütergruppen unter dem Sammelbegriff "Mineralöl, Mineralölerzeugnisse und Benzol".

Tab. 3: Beförderte Mengen von brennbaren Flüssigkeiten und Gasen und Tonnen-Kilometer-Angaben in den jeweiligen Entfernungsstufen; 1985 nach /3/; 1986 nach /7/

		Insgesamt	Davon Entfernung von ...bis ...km 1)									
			bis 50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-400	401-500	501-700	701 u.mehr
Eisenbahn	Beförderte Menge (in 1.000 t)											
	1985	27279	3650	5614	6189	3766	1991	1782	2010	688	1174	413
	1986	25395	2892	4414	6418	4397	1882	1562	1911	684	815	410
	Tonnen-Kilometer (in Mio.)											
1985	4744	55	408	703	638	441	492	676	312	697	320	
1986	4444	46	328	728	742	420	431	635	302	496	316	
Lastkraftfahr-zeug	Beförderte Menge (in 1.000 t)											
	1985	17905,9	739,4	2496,6	7359,8	3318,1	1756,9	1036,2	574,2	252,0	233,3	139,4
	1986	19315	759	2537	8329	3657	1775	1148	552	205	227	127
	Tonnen-Kilometer (in Mio.)											
1985	2965,4	22,5	199,8	936,8	576,2	391,2	284,1	193,9	112,2	136,1	112,9	
1986	3149	23	203	1063	636	396	314	187	92	133	102	

1) Auf Straßen und Schienenwegen in der Bundesrepublik zurückgelegte Entfernungen

2) Verkehrsleistungen der im Bundesgebiet beheimateten Lastkraftfahrzeuge; im grenzüberschreitenden Verkehr und Durchgangsverkehr einschließlich der Leistungen ausländischer Lastkraftfahrzeuge. Ohne Werkfernverkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge bis 4 t Nutzlast und Zugmaschinen bis 40 kW Motorleistung.

Weitere Angaben zum Transportaufkommen speziell der entzündbaren Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt unter 21 °C (das ist mengenmäßig dominierend Benzin) sind statistischen Erhebungen des Mineralölwirtschaftverbandes MWV /4/, des Verbandes der Chemischen Industrie VCI /5/ und des Verbandes des Deutschen Chemikalien-Groß- und Außenhandels e. V. VDCGA /6/ zu entnehmen, die dem Gefahrgut-Verkehrs-Beirat des Bundesministers für Verkehr zur 7. Sitzung am 26.11.1987 vorgelegt wurden.

In /6/ wird über das Ergebnis der Befragung von 150 Mitgliedsbetrieben des Chemikalienhandels berichtet (Rücklauf von 52 Betrieben). Die Auswertung enthält

keine Angaben zu absoluten Mengenströmen sondern prozentuale Anteile von Gleisanschlüssen bei Lieferanten und Kunden, Gleisanschlußentfernungen, Fahrzeugarten, Beförderungsstrecken auf der Straße, Sendungsgewichten jeweils bezogen auf An- und Auslieferung. In der Hauptsache läßt sich das Ergebnis dieser Befragung wie folgt zusammenfassen:

Würden entzündbare Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt unter 21 °C in Mengen über 1.000 kg dann, wenn sie in Tanks befördert werden und die Beförderungsstrecke auf der Straße mehr als 100 km beträgt, in die Liste I des Anhangs B.8 der GGVS aufgenommen, so beträfe dies knapp die Hälfte der Betriebe. Bei diesen wiederum würden von einer solchen Regelung bei der Anlieferung im Durchschnitt ca. 13 Sendungen pro Monat, bei der Auslieferung durchschnittlich ca. 21 Sendungen pro Monat betroffen. Dies wären bei der Anlieferung etwa 23 % der Gesamttransportmenge, bei der Auslieferung etwa 16 % der Gesamttransportmenge von entzündbaren Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt unter 21 °C.

Nach /5/ beträgt die zum Absatz bestimmte und damit auch transportierte Menge der von der chemischen Industrie erzeugten brennbaren Flüssigkeiten mit Flammpunkt unter 21 °C ca. 3 Mio. t jährlich. Die chemische Industrie verbraucht jährlich ca. 10 Mio t Naphtha (Rohbenzin), deren Anlieferung fast ausschließlich über Rohrleitungen und Binnenschiff erfolgt. Ansonsten enthält auch /5/ nur relative Häufigkeitsangaben zu Gleisanschlußverhältnissen, Verkehrsmitteln, Beförderungsstrecken, Transportmengenverteilung und Sendungsanzahl. Das Mengen- bzw. Volumenverhältnis und deren Entfernungsstufung bei der Beförderung von entzündbaren Flüssigkeiten auf der Straße und der Schiene läßt sich den Angaben in /5, 6/ nicht entnehmen.

Für einen stoff-, mengen- und verkehrsträgerbezogenen Vergleich wesentlich besser geeignet sind die Angaben des MWV /4/. Danach erfolgt die Benzinversorgung der MWV-Tankstellen in der Bundesrepublik und in Berlin von insgesamt 28 Orten bzw. Raffinerie-/Lagerschwerpunkten aus. Es wurde für 1987 eine Gesamtauslieferungsmenge an Benzin von 23,6 Mio. m³ ermittelt (das sind ca. 17,7 Mio. t bei $\rho = 0,75 \text{ g/cm}^3$). Die Zusammenstellung über die Auslieferungsmengen ist in Anhang 3 beigefügt. Hinsichtlich der Zuordnung dieser ausschließlich mit Straßentankfahrzeugen ausgelieferten Benzinmengen zu den Entfernungsstufen ergibt sich nach /4/ das in Tabelle 4 gezeigte Bild.

Die MWV-Angaben zur Benzinversorgung stimmen qualitativ recht gut mit den Ergebnissen einer Studie des Instituts für Bahntechnik (IFB) überein (siehe Anhang 4 aus /8/). Das IFB gibt jedoch eine geringere Menge an (9,5 Mio t statt 17,7 Mio t). Die MWV-Mengen liegen höher als die Angaben des Statistischen Bundesamtes für Mo-

Tabelle 4: Benzintransportmengen und Entfernungsstufung bei der Versorgung der MWV-Tankstellen (nach /4/)

Benzinmengen	bis 50 km	51-100 km	101-150 km	151-200km	über 200 km
in 1000 m ³	11 850	7 550	2 880	990	330
in 1000 t	8 887,5	5 662,5	2 160	742,5	247,5
in %	50,2	32,0	12,2	4,2	1,4

torenbezin in Anhang 2, Straße. Die Unterschiede zum Statistischen Bundesamt sind dadurch erklärbar, daß diese Angaben für den Straßen-Güterfernverkehr /3,7/ nicht den Nahverkehr innerhalb des Bundesgebietes, den Stückgutverkehr, den Werkverkehr mit kleinen Fahrzeugen" enthalten.

Der in /3,7/ nicht berücksichtigte Nahverkehr ist die Beförderung von Gütern innerhalb eines Kreises von 50 km (Luftlinie) um den Fahrzeugstandort. Insofern sind die MWV-Angaben über die Benzinmengen insgesamt brauchbarer, da sie auch die "Nahverkehrs-Mengen" beinhalten.

Die MWV-Angaben zu den Entfernungsstufen in Tab. 4, wonach 82,2 % der gesamten Benzin-Transportmenge im Entfernungsbereich unter 100 km befördert wird, decken sich auf den ersten Blick mit den Entfernungsstufenangaben des Statistischen Bundesamtes in Tab. 3 sehr schlecht. Nach Tab. 3 verbleiben noch 15,9 Mio. t Kraftstoffe und Heizöl im Straßen-Fernverkehrsbereich über 100 km (1986). Nach Anhang 2 wurden 1986 im Fernverkehr auf der Straße (>50 km) 6,15 Mio. t Motorenbenzin o.ä. befördert. Nach den MWV-Angaben in Tab. 4 sind 1987 (hochgerechnet) ca. 8.8 Mio t Benzin über 50 km auf der Straße befördert worden.

2.2 Unfälle

2.2.1 Transportunfälle

Die wesentlichen Angaben zur Unfallstatistik bei der Beförderung gefährlicher Güter sind in einem jährlich erscheinenden Ergebnisbericht des Beirates beim Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit "Lagerung und Transport wassergefährdender Stoffe " (LTWS) enthalten. Dem letzten im Februar 1987 vorgelegten Bericht /9/ sind die folgenden Angaben, die speziell auf Transportunfälle von brennbaren Flüssigkeiten in den Jahren 1983 bis 1985 bezogen sind, entnommen; Tabellen und Diagramme, die für dieses Gutachten von Bedeutung sind, sind in Anhang 5 wiedergegeben.

Die jährliche Anzahl der erfaßten Unfälle beim Transport wassergefährdender Stoffe, das dabei ausgelaufene und das wiedergewonnene Volumen sind in Tabelle 5-1 (Anhang 5) angegeben. Es fällt auf, daß 1985 - trotz gesunkener Zahl der Unfälle - das ausgelaufene Volumen stark zunahm.

Die Aufgliederung dieser Unfälle nach den dabei involvierten Stoffarten ist in Abb. 1 (Anhang 5) gezeigt. Die Stoffart "Vergaserkraftstoff" repräsentiert nahezu vollständig die hier interessierenden brennbaren Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt unter 21 °C. Bei diesen Flüssigkeiten gab es 1985 32 Unfälle mit einem ausgelaufenen Volumen von 332 m³. Auch hier zeigte sich 1985 also die Tendenz, daß trotz geringerer Zahl der Unfälle das ausgelaufene Volumen zunahm. Auffällig in Abb. 1 ist noch die Tatsache, daß bei leichtem Heizöl und Dieselmotorkraftstoff die Zahl der Unfälle nahezu um den Faktor 8 höher als bei Vergaserkraftstoff liegt, das ausgelaufene Volumen dagegen nur wenig darüber liegt.

Bei der Aufschlüsselung der beteiligten Transportmittel (Tab. 5-2 in Anhang 5) zeigt sich, daß der höchste Anteil an der Zahl der Unfälle (1985 über 60 %) auf Straßenfahrzeuge entfällt. Hinsichtlich des ausgelaufenen Volumens ergibt sich jedoch eine ganz andere Rangfolge der Transportmittel (ebenfalls Tabelle 5-2 in Anhang 5). Allein bei den Rohrleitungsunfällen werden weit über 50 % des insgesamt ausgelaufenen Volumens verzeichnet; hier liegt im wesentlichen die Ursache für das 1985 so stark angestiegene ausgelaufene Volumen bei den Transportunfällen insgesamt. Bei Straßentankfahrzeugen hat 1985 das ausgelaufene Volumen auf 413 m³ bei 302 Unfällen abgenommen (ca. 1,3 m³ pro Unfall); bei der Eisenbahn hat 1985 das ausgelaufene Volumen stark zugenommen auf 342 m³ bei 27 Unfällen (ca. 13 m³ pro Unfall).

Weitere statistische Angaben zu den an den Unfällen beteiligten Transportmitteln, den jeweils wiedergewonnenen Volumina und den Unfallursachen sind in Tabelle 5-3 (Anhang 5) enthalten.

Für den Vergleich in diesem Gutachten von Bedeutung sind die Angaben in Tabelle 5-4 (Anhang 5) zur Anzahl der Unfälle im Nah- und Fernverkehr auf der Straße. Bei Tankfahrzeugen und Fahrzeugen mit Aufsetztanks gab es 96 bzw. 19 Unfälle im Nahverkehr, 40 bzw. 18 Unfälle im Fernverkehr.

2.2.2 Unfallfolgen und Unfälle bei der Lagerung

Die Folgen von Transportunfällen sind in den wenigsten Fällen direkte Schädigungen von Dritten, z. B. durch Brand und Explosion, sondern zumeist Umweltschäden.

Dies geht aus Tabelle 5-5, Anhang 5 (nach /9/) hervor; unter 20 % aller Transportunfälle haben andere Sekundärfolgen als Boden-, Kanalisations-, Gewässer- und Wasserversorgungsgefährdungen zur Folge.

Betrachtet man eine Umgestaltung der Verteilungsströme von Kraftstoff, die eine erhöhte Lagerhaltung und Vermehrung von Abfüll- und Umschlagvorgängen zur Folge hat, so sollte man bedenken, daß auch bei der Lagerung gefährlicher Stoffe mit Unfällen zu rechnen ist.

Abb. 2 in Anhang 5 belegt, daß in etwa doppelt soviel Unfälle bei der Lagerung wie beim Transport erfaßt werden.

Zum Abschluß dieses Kapitels noch einige Anmerkungen zum statistischen Material über die Unfälle. Die Erfassung erfolgte aufgrund des "Gesetzes über Umweltstatistiken" (UStatG.); es ist eine amtliche Statistik, deren Bericht von den nach Landesrecht zuständigen Dienststellen (untere Wasserbehörden oder Polizei) stammen. Es werden nur die Unfälle erfaßt, bei denen es zum Austritt von wassergefährdenden Stoffen aus Lagerungs- bzw. Beförderungsmitteln kommt.

Es wäre hochgradig wünschenswert, wenn es eine dem UStatG vergleichbare Erfassungs- und Berichtspflicht von Verkehrsunfällen mit gefährlichen Gütern (auch bei denen es nicht zum Austritt von Stoffen kam) gäbe, da dann die rein verkehrsspezifischen Gesichtspunkte als Entscheidungsgrundlage für das ordnungspolitische Handeln und die Entwicklung der Sicherheitstechnik auf diesem Gebiet in richtiger Weise aufbereitet zur Verfügung stünden.

2.3 Transportmittel und deren Unterschiede

Der Transport von entzündbaren flüssigen Stoffen mit einem Flammpunkt unter 21 °C (z. B. Benzin als Massengut) zu Lande erfolgt üblicherweise in Eisenbahnkesselwagen (KW), Straßentankfahrzeugen (TF) und Tankcontainern (TC). Die Aufgabe der Tanks der aufgezählten Transportmittel ist es, die sichere Umschließung des Transportgutes zu gewährleisten. Die Rückhaltefunktion eines Tanks gegen Freisetzung des Transportgutes wird im wesentlichen durch die Art des Tankwerkstoffes bestimmt. Der Tankwerkstoff ist primär in Abhängigkeit von den stofflichen Eigenschaften des zu befördernden Gutes zu wählen, in zweiter Linie steht das Widerstandsvermögen eines Tanks gegen Einwirkungen von außen im Blickpunkt und drittens spielen wirtschaftliche Aspekte eine Rolle:

- der Tankwerkstoff muß gegenüber dem Füllgut genügend beständig sein und über ausreichende mechanisch/technologische Kennwerte verfügen (z. B. genügende Zähigkeit)

- der Tank sollte so leicht wie möglich oder vertretbar gebaut sein, um bei ansonsten vorgegebenen Randbedingungen (z. B. zulässiges Gesamtgewicht eines TF) die Beförderung eines möglichst großen Anteils des Transportgutes zu ermöglichen.

Widerstandsfähigkeit gegen Transportbeanspruchungen und bestimmte Einwirkungen von außen werden nach den Anhängen B.1.a und B.1.b der GGVS /12/ bzw. den Anhängen X oder XI der Gefahrgutverordnung Eisenbahn (GGVE) /13/ dadurch gewährleistet, daß für die Tanks von KW, TF und TC bezogen auf den Bezugswerkstoff Baustahl (St 37-2) in Abhängigkeit vom Tankdurchmesser (bis 1,8 m/über 1,8 m) eine Wanddicke in Höhe von 5 bzw. 6 mm vorgegeben wird, wenn sich nicht druckbedingt eine größere Wanddicke als erforderlich herausstellt. Für die weitere Betrachtung soll lediglich von Tanks ausgegangen werden, deren Durchmesser größer als 1,8 m ist und deren Mindestwanddicke bezogen auf Baustahl also 6 mm zu sein hat. Selbstverständlich dürfen auch andere (metallische) Werkstoffe Verwendung finden. Es sind dies üblicherweise Aluminiumlegierungen oder austenitische Stähle, für die sich abweichende Mindestwanddicken - nach einer bestimmten Umrechnungsformel ermittelt - ergeben: Die gegenüber 6 mm Baustahl gleichwertige Wanddicke beträgt für die im Tankbau verwendeten Aluminiumlegierungen ca. 7,8 mm und für die entsprechenden austenitischen Stähle rund 4,5 mm.

Tanks, die diese werkstoffabhängigen Wanddicken aufweisen, gelten als hinreichend sicher gegenüber den erwähnten, von außen einwirkenden Beanspruchungen, wengleich hiermit keine Aussage über die Unfallsicherheit derartiger Tanks verbunden ist.

Von diesen Mindestwanddicken darf nach GGVS für TF und TC sowie GGVE für TC nach unten nur dann abgewichen werden, wenn die stofflichen Eigenschaften des zu befördernden Gutes nicht dagegen sprechen und die Tanks einen zusätzlichen Schutz gegen Beschädigungen aufweisen. Dieser Schutz kann unterschiedliche konstruktive Gestaltung annehmen. Wenn die Tanks derartigen Schutz aufweisen, können Mindestwanddicken im Verhältnis zu diesem Schutz für Tanks mit einem Durchmesser über 1,8 m bis auf 4 mm bei Verwendung von Baustahl oder einen entsprechenden Wert bei Verwendung eines anderen Metalls reduziert werden.

Als Schutzmaßnahme im vorstehenden Sinne gilt - wie erwähnt - ein Katalog verschiedener Vorkehrungen, z. B. eine vollständige, den gesamten Tank einhüllende Isolierung bestimmter Eigenschaften mit Abdeckung, der in Höhe des Äquators eines Tanks flächig aufgebrachte Schutz über 30 % der Höhe des Tanks ("Bauchbinde" - als Ersatz für die Schutzleiste von TF mit einem Widerstandmoment von 5 cm³ eingeführt) usw.

Nach den Anhängen B.1.a und B.1.b zur GGVS bzw. X und XI zur GGVE ist eine zylindrische Tankform grundsätzlich vorgeschrieben. Vorteil der zylindrischen Tankform gegenüber anderen Bauformen (elliptisch, kofferrörmig) ist die gleichmäßigere Spannungsverteilung (= geringere Spannungsspitzen). Mit Bemerkungen in Technischen Richtlinien wird nach den Anhängen B.1.a (für TF), B.1.b und X (für TC) eine andere Bauform als die zylindrische ohne weitergehende oder ausreichende Anforderungen zugelassen, dies gilt jedoch nicht für den Anhang XI (für KW); für die Tanks von KW ist also die zylindrische Bauform uneingeschränkt vorgeschrieben.

Den Gesichtspunkt "Wanddicke und Wanddickenreduzierung" ergänzend soll darauf hingewiesen werden, daß die Tanks von KW nicht nur keiner Wanddickenreduzierung unterliegen dürfen, sondern üblicherweise mit "Abzehrungszuschlägen" versehen gebaut werden, also generell eine gegenüber der nach Vorschriftenlage geforderten Mindestwanddicke erhöhte Wanddicke aufweisen.

Ferner muß angemerkt werden, daß TF und KW verkehrsträgerspezifisch auf reinen Straßen- bzw. Schienentransport ausgelegt sind. Im Gegensatz hierzu sind Tankcontainer für den multimodalen Einsatz auf Straßen-, Schienen- und Wasserfahrzeugen vorgesehen, d. h. bestimmungsgemäß mit den erforderlichen Einrichtungen für den Umschlag im befüllten Zustand von Verkehrsmittel zu Verkehrsmittel und entsprechenden Befestigungsvorrichtungen ausgestattet.

Es ist festzustellen, daß sich die erwähnten spektakulären Unfälle mit praktisch vollständiger Freisetzung von Gefahrgut überwiegend auf

- Tankfahrzeuge mit wanddickenreduzierten Tanks, die keine der nunmehr als anerkannt geltenden Schutzmaßnahmen (also lediglich eine Schutzleiste) aufwiesen,
- kofferrörmige Tanks
- Tanks für Mineralölprodukte (z. B. Benzin)

bezogen.

2.4 Derzeitige verkehrsrechtliche Vorschriften

Gemäß § 7 Abs. 1 GGVS dürfen besonders gefährliche Güter auf der Straße in bestimmten Mengen nur befördert werden, wenn dafür die Erlaubnis der Straßenverkehrsbehörde vorliegt. Eine Aufzählung dieser Güter und ihre Mengenbegrenzung ist im Anhang B.8 Randnummer (Rn) 280 001 der GGVS in den Listen I und II enthalten. Dort ist für jeden Stoff neben einer Mengenangabe ein Faktor aufgeführt. Überschreitet die zu befördernde Menge eines Gutes je Beförderungseinheit diese Mengenangabe, so ist die Beförderung erlaubnispflichtig. Werden hingegen verschiedene Listengüter in geringeren Mengen als in der Liste angegeben, in ei-

ner Beförderungseinheit befördert, so ist zunächst die tatsächliche Menge jedes einzelnen Gutes mit dem angegebenen Faktor zu multiplizieren. Ist die Summe aller so ermittelten Produkte größer als 10 000, so ist die Beförderung erlaubnispflichtig.

Die Beförderungserlaubnis wird erteilt, wenn die Gefahrgutumschließungen nach den Bestimmungen der GGVS oder bei grenzüberschreitender Beförderung nach Anlage B des ADR-Übereinkommens, zugelassen sind.

Nach § 7 Abs. 2 GGVS soll bei Beförderung in Tankfahrzeugen, Aufsetztanks, Gefäßbatterien oder Tankcontainern, die nicht den technischen Anforderungen der GGVS entsprechen, aber auf Grund von Übergangsregelungen weiter verwendet werden dürfen, die Beförderungserlaubnis mit Nebenbestimmungen erteilt werden.

In § 7 Abs. 3 GGVS wird festgelegt:

1. Die Erlaubnis ist bei Gütern der Liste I zu versagen, wenn die Be- und Entladung an Orten mit Gleis- oder Hafenananschluß erfolgen kann, es sei denn, daß die Transportstrecke auf dem Schienen- oder Wasserweg mindestens doppelt so lang ist wie die tatsächliche Entfernung auf der Straße.
2. Die Erlaubnis wird bei Gütern der Liste I, ausgenommen Gase der Klasse 2, Ziffer 7b und 8b, auf den Transport zum nächsten geeigneten Bahnhof oder Hafen beschränkt, wenn
 - a) die Beförderung in Tankcontainern oder Großcontainern möglich ist und
 - b) die gesamte Beförderungsstrecke im Geltungsbereich der GGVS mehr als 200 km beträgt und
 - c) der Tankcontainer den größten Teil der Strecke auf dem Schienen- oder Wasserweg zurücklegen kann.

Ab 01.01.1989 ist die Erlaubnis auf die Beförderung zum und vom nächstgelegenen geeigneten Bahnhof oder Hafen zu beschränken, wenn

- a) gefährliches Gut im Tankfahrzeug befördert werden soll und
- b) im Huckepackverkehr befördert werden kann,
- c) die gesamte Beförderungsstrecke im Geltungsbereich der GGVS mehr als 400 km beträgt und
- d) das Straßentankfahrzeug dafür größtenteils mit der Eisenbahn oder dem Schiff befördert werden kann.

Nach § 7 Abs. 4 GGVS erfolgt bei bundeslandüberschreitenden Beförderungen die Abstimmung zwischen den Straßenverkehrsbehörden lediglich hinsichtlich des Fahrzeuges, d. h. daß die von einem Bundesland erteilte Genehmigung mit den ggf. festgelegten Nebenbestimmungen bundesweit gilt.

Die Regelungen des hier beschriebenen § 7 der GGVS gelten auch für die grenzüberschreitende Beförderung, und - bis auf Punkt 1 - auch für die Beförderung von und nach Berlin (West) und den Verkehr mit der DDR und Berlin (Ost).

Einteilung der Güter

Gefährliche Güter mit einem Flammpunkt unter 21 °C lassen sich in fünf Kategorien einteilen:

- a) nicht giftig, nicht ätzend
- b) giftig
- c) ätzend
- d) sehr giftig
- e) überwiegend andere Gefahren

Für Tanks zur Beförderung von Gütern nach a) (Klasse 3, Ziffer 1) und b) bis e) ist ein Prüfdruck von mindestens 4 bar (Überdruck) vorgeschrieben. Dies gilt ebenso für alle Güter der Listen I und II des Anhangs B.8 (mit Ausnahme der tiefgekühlten Gase der Klasse 2, Ziffer 7b und 8b). Bei der Beförderung von Gütern nach a) (Klasse 3, Ziffer 2-6, z. B. Benzin) bestehen sowohl nach GGVS als auch GGVE keine Mindestanforderungen hinsichtlich der Höhe des Prüfdruckes.

Dies bedeutet: keine Festlegung der Bauform auf zylindrischen Querschnitt

- Koffertanks mit geringeren Wanddicken möglich
- "offene" Transportweise möglich.)

Grundsätzlich beträgt der Prüfdruck das 1,3-fache des Dampfdruckes bei 50 °C (Zahlenwert) der zu befördernden Flüssigkeit. Erst bei Gütern mit einem Dampfdruck bei 50 °C über 1,75 bar ist ein Mindestprüfdruck von 4 bar festgelegt. Eine Besonderheit hinsichtlich der Klassifizierung in die Klasse 3 stellt Benzin dar. Hier gilt, abweichend von den sonstigen Kriterien der Klassifizierung von Stoffen der Klasse 3, folgende Bemerkung nach Rn 2301 bzw. 301: "Obwohl Benzin unter gewissen klimatischen Bedingungen bei 50 °C einen Dampfdruck von mehr als 1,1 bar haben kann, muß dieser Stoff unter dieser Ziffer eingereiht bleiben". D. h. Benzin wird in die Ziffer 3b klassifiziert, in der Stoffe mit einem Dampfdruck bei 50 °C von höchstens 1,1 bar aufgeführt sind.

Darüber hinaus wird für Benzin über die Sondervorschriften für Tanks (Betrieb) festgelegt, daß die Beförderung auch in Tanks erfolgen darf, die "nur" nach dem doppelten statischen Druck von Wasser ausgelegt und die "offen" sind. Durch diese Sonderregelungen besteht speziell zur Beförderung von Benzin die Möglichkeit, Tanks zu verwenden, die abweichend vom allgemeinen Teil der Vorschriften

- einen niedrigen Prüfdruck haben (doppelter statischer Druck ausreichend),

- dadurch vom Zylinder abweichende Tankformen möglich werden (Koffertank/elliptischer Tank),
- durch "offene Tanks" ein ständiges Entweichen von Benzindämpfen in die Atmosphäre möglich ist (permanente Zündquelle),
- auch bei großem Tankdurchmesser/-volumen keine Erhöhung der Wanddicke über die Mindestwanddicke hinaus nötig ist.

2.5 Geplante verkehrsrechtliche Vorschriften

Als weitere Reaktion auf die bekannten Unfälle wird zum Zwecke der Erhöhung der Transportsicherheit derzeit erwogen, die in der Anlage B Anhang B.8 Rn 280 001 Liste I der GGVS aufgeführten Güter um entzündbare flüssige Stoffe mit einem Flammpunkt unter 21 °C zu ergänzen. Die Beförderung dieser Stoffe - also auch der Transport von Stoffen der Klasse 3 Ziffer 3b), wie z. B. Benzin - in Tanks von Tankfahrzeugen ist nur bis zur Entfernung von 100 km zuzulassen beabsichtigt. Darüber hinaus soll die Verlagerung derartiger Transporte auf die Schiene vorgeschrieben werden.

Dies hätte einschneidende Veränderungen zur Folge, da auf diese Weise eine Stoffgruppe mit hohem Transportaufkommen erstmals dieserart erfaßt würde und wegen der geringen Entfernung, über die diese Güter nur noch auf der Straße transportiert werden dürften, Rückwirkungen auf den unmittelbaren Verteilerverkehr, z. B. von Benzin, nicht ausbleiben könnten.

Diese einschneidende Maßnahme kann nur vor dem Hintergrund der derzeitigen Beförderungssituation und der damit verbundenen Sicherheitsbewertung der verschiedenen Verkehrsträger und der tanktechnischen Bewertung der verschiedenen Verkehrsmittel KW, TC und TF verstanden werden.

3. Bewertung der derzeitigen Situation

3.1 Allg. Bewertung von Schienen- und Straßentransport

Im Abschnitt 2.2 dieses Gutachtens wurde dargelegt, daß Unfälle mit Stofffreisetzungen sich in der Mehrzahl der Fälle und der insgesamt freigesetzten Mengen nach mit Straßenfahrzeugen ereignen. Dies gilt unter Einbeziehung des Lastkraftwagen-Nahverkehrs auch relativ vor dem Hintergrund des somit insgesamt geringeren Transportaufkommens bei der Beförderung gefährlicher Güter auf der Schiene (s. Abschnitt 2.1). Diese Feststellung bezieht sich selbstverständlich lediglich auf das vorliegende, kurzfristig greifbare statistische Material, zu dessen Stichhaltigkeit keine abschließende Wertung abgegeben werden kann. Es kann an dieser Stelle auch nicht weiter untersucht werden, inwieweit die augenscheinlich höheren Transportbeanspruchungen im Schienenverkehr Rückwirkungen auf die Anzahl der Unfälle hat. Bevor auf die Bewertung tanktechnischer Details eingegangen werden soll, kann jedoch festgestellt werden, daß zumindest qualitativ wesentliche Vorteile des Schienentransportes darin zu sehen sind, daß

- zumindest gleichmäßigere Transportbeanspruchungen vorliegen;
- Beförderungen auf vorgegebenen, überwachten Strecken erfolgen;
- gegenüber dem Straßenverkehr praktisch nicht mit ständig wechselnden Risikosituationen (Verkehrsdichte, Streckenführung, Fahrbahnbeschaffenheit, unterschiedliche Kurvenradien usw.) gerechnet werden muß;
- tageszeit- und wetterunabhängige Beförderung möglich ist;
- Arbeitsvorschriften usw. gesicherter eingehalten werden.

Bei einer - wenn auch nur qualitativen - Risikobewertung fällt negativ ins Gewicht, daß

- die Transporteinheiten (also die Menge des möglicherweise freigesetzten Gefahrgutes) wesentlich größer sind als im Straßenverkehr;
- Tankdurchmesser bei KW größer als bei TF und TC sind;
- eine üblicherweise nur zentrale (und nur "zufällig" dezentrale) Versorgung möglich ist.

3.2 Tanktechnische Bewertung von Straßentankfahrzeugen, Kesselwagen und Tankcontainern

Die Bewertung wird vor dem Hintergrund des Tanktransportes von entzündbaren flüssigen Stoffen mit einem Flammpunkt unter 21 °C und insbesondere des Benzins vorgenommen. Die wesentlichen Unterschiede hier bestehen zwischen TF und KW.

Die Tanks von KW dürfen - anders als die Tanks von TF - nicht wanddickenreduziert gebaut werden. Die Tanks von KW weisen in allen Bereichen also immer wenigstens die festgelegte Mindestwanddicke von 6 mm für Baustahl (oder die vergleichbare Mindestwanddicke bei Verwendung eines anderen Metalls) auf. Tanks von KW sind in allen Tankteilen also üblicherweise 2 mm dicker als entsprechende Tanks von TF, die beispielsweise dem Benzintransport dienen.

Tanks von KW sind immer zylinderförmig, auch die für den (drucklosen) Transport von Benzin bestimmten. Demgegenüber sind die Tanks von TF, die dem gleichen Zweck dienen, in der Bundesrepublik Deutschland ganz überwiegend kofferförmig.

Tanks von KW weisen in dieser Hinsicht einen "Formvorteil" auf, da die Spannungsverteilung in einer Zylinderschale gleichmäßig ist und sich bezüglich der Spannungsmaxima auf einem grundsätzlich niedrigeren Niveau bewegt, als dies in der Tankschale kofferförmiger Tanks der Fall ist. Gegenüber kofferförmigen Tanks, die mit einem Rundumschutz ("Bauchbinde") versehen sind, ergeben sich bei zylindrischen Tanks von KW - was Wanddicken und Spannungsverteilung in den Seitenflächen der kofferförmigen Tanks bei Einwirkungen von außen anbelangt - keine Unstetigkeiten. Stärker gewölbte Tankschalen (Zylinder) setzen Einwirkungen von außen stärkeren Widerstand entgegen, als dies bei schwächer gewölbten Tankschalen (Koffer) der Fall ist.

Vor diesem Hintergrund kann also uneingeschränkt festgestellt werden, daß bei vorliegenden, annähernd gleichen Randbedingungen der nicht wanddickenreduzierte, zylinderförmige Tank eines KW gegenüber dem wanddickenreduzierten, kofferförmigen Tank eines TF eine sicherheitstechnisch höherwertigere Gefahrgutumschließung darstellt.

Auf werkstoffbedingte Unterschiede - Tanks von KW werden üblicherweise aus Stahl gefertigt, Tanks von TF für den Benzintransport zum großen Teil aus Aluminiumlegierungen - und deren Bewertung soll hier nur in zweierlei Hinsicht eingegangen werden: Stahl hat gegenüber Aluminiumlegierungen das bessere Alterungsverhalten und das Arbeitsvermögen insbesondere einer Tankwand aus austenitischem Stahl weist gegenüber einer entsprechenden Tankwand aus Aluminiumlegierung einen überproportionalen Wert auf.

In Abschnitt 2.4 und 2.5 dieses Gutachtens wurde unabhängig vom Verkehrsträger auf die Sonderstellung des Benzins bei der stofflichen Einordnung eingegangen: Benzin wäre aufgrund seiner Eigenschaften eigentlich den Stoffen zuzuordnen, die ausschließlich in Tanks befördert werden dürfen, die auf einen Prüfdruck von 4 bar ausgelegt sind. Würde man dieser Systematik folgen, ergäben sich Auswirkungen hinsichtlich der konstruktiven Gestaltung zu verwendender Tanks:

- die Tanks müßten aus Gründen zulässiger Werkstoffanstrengungen zylindrische Form haben, wenn die Wanddicken und damit die Tankmassen vertretbar klein bleiben sollten;
- die Ausrüstung der Tanks müßte auf den Prüfdruck von 4 bar hin ausgelegt sein.

Diesen sicherheitstechnisch schon unbestreitbaren Vorteilen gesellte sich noch ein Umweltschutzaspekt hinzu: Die Tanks würden geschlossen betrieben werden; d. h. der offene Betrieb mit ständiger Freisetzung verdampfenden Benzins bei bisher verwendeten "drucklosen" Tanks entfielen. Diese Betriebsweise ist (wie erwähnt) die für vergleichbare Stoffe mit einem Flammpunkt unter 21 °C übliche bzw. vorgeschriebene.

Mit der zylindrischen Bauform ist zumindest im Hinblick auf TF auch ein Nachteil verbunden: Zylindrische Tanks weisen gegenüber kofferförmigen Tanks eine höhere Schwerpunktlage auf, so daß, um gleichwertige Kippstabilität zu erzielen, weitergehende fahrzeugtechnische Maßnahmen ergriffen werden müßten, um für TF gleiche Fahrsicherheit zu erzielen.

Die in den vorstehenden Abschnitten getroffenen Feststellungen können wie folgt zusammengefaßt werden:

1. Die Tanks von KW (z. B. für die Beförderung von Benzin vorgesehen)
 - sind nicht wanddickenreduziert,
 - weisen keine Wanddickensprünge auf,
 - haben zylindrische Form,
 - sind üblicherweise aus Stahl hergestellt,
 - werden offen betrieben.
2. Die Tanks von TF, wie sie üblicherweise für die Beförderung von Benzin Verwendung finden,
 - sind wanddickenreduziert bzw. nur in bestimmten Bereichen des Tanks mit einem zusätzlichen Schutz versehen,

- weisen u. U. Unstetigkeiten (Wanddickensprünge, zusätzliche Schweißnähte) auf,
- sind kofferförmig,
- sind aus Aluminiumlegierungen hergestellt,
- werden offen betrieben.

3. Die Tanks von sogenannten "Chemie-Tankfahrzeugen", die der Beförderung von dem Gefährdungspotential nach mit Benzin vergleichbaren Stoffen dienen

- sind Drucktanks mit einem Prüfdruck von 4 bar,
- weisen daher zylindrische Form auf,
- sind üblicherweise wanddickenreduziert, jedoch oftmals vollisoliert,
- werden geschlossen betrieben,
- sind überwiegend aus austenitischem Stahl hergestellt.

4. Unfälle mit Stofffreisetzungen haben sich nach absoluten und relativen Zahlen überwiegend mit TF, wie unter 2. beschrieben, ereignet, wobei über die Wirksamkeit des seit 1987 für Neufahrzeuge vorgeschriebenen und seit 1988 für Altfahrzeuge ebenfalls eingeführten Rundumschutzes ("Bauchbinde") noch keine verlässlichen Aussagen gemacht werden können. In zweiter Linie waren Unfälle mit Stofffreisetzungen bei Chemie-TF nach 3. zu verzeichnen und die geringste Unfallhäufigkeit konnte bei KW nach 1. festgestellt werden, wobei sich hier sicher die in 3.1 aufgezählten verkehrsträgerspezifischen Vorteile des Schienenverkehrs auswirken.

TC bleiben bei der vorstehenden Betrachtung unberücksichtigt, da TC praktisch nicht für die Beförderung von Mineralölprodukten jedweder Art verwendet werden. Es muß jedoch angemerkt werden, daß für TC nur außerordentlich wenige Unfälle mit Stoffaustritt berichtet worden sind. Hierbei spielt sicher eine Rolle, daß TC den verkehrsträgerspezifischen Vorteilen des Schienenverkehrs unterliegen, da TC wenigstens teilweise nur im reinen Verteilerverkehr auf der Straße befördert werden. Überdies ist die Anzahl der sich im Verkehr befindlichen TC, gemessen an KW und TF, vergleichsweise gering. Es dürften hier auch die den TC eigenen strukturellen Vorteile sicherheitstechnisch günstig zu Buche schlagen: Selbst bei Verwendung wanddickenreduzierter Tanks bietet das Rahmenwerk eines TC immer einen gewissen Schutz gegenüber Einwirkungen von außen. Auch die grundsätzlich zylindrische Tankform bei TC ist als vorteilhaft anzusehen. Ferner werden TC selten drucklos betrieben, so daß im weiteren TC am ehesten mit Chemie-TF verglichen werden könnten.

4. Auswirkungen der Aufnahme von entzündbaren flüssigen Stoffen mit einem Flammpunkt unter 21 °C als Gut der Liste I bei Beibehaltung der derzeitigen Tanktechnik

4.1 Vorbemerkungen

Nach § 7 Abs. 3 GGVS ist bei Gütern der Anlage B Anhang B.8 Randnummer 280 001 Liste I die Beförderungserlaubnis zu versagen, wenn das gefährliche Gut in einem Gleis- oder Hafenananschluß verladen und entladen werden kann, es sei denn, daß die Entfernung auf dem Schienen- oder Wasserweg mindest doppelt so groß ist wie die tatsächliche Entfernung auf der Straße. Die Erlaubnis für Güter der Liste I ist auf die Beförderung zum und vom nächstgelegenen geeigneten Bahnhof oder Hafen zu beschränken, wenn das gefährliche Gut in Tankcontainern oder Großcontainern verladen werden kann, die gesamte Beförderungsstrecke im Geltungsbereich dieser Verordnung mehr als 200 Kilometer beträgt und der Container auf dem größeren Teil dieser Strecke mit der Eisenbahn oder dem Schiff befördert werden kann. Ab 1. Januar 1989 ist die Erlaubnis auf die Beförderung zum und vom nächstgelegenen geeigneten Bahnhof oder Hafen zu beschränken, wenn das gefährliche Gut in Straßenfahrzeuge verladen werden soll und im Huckepackverkehr befördert werden kann, die gesamte Beförderungsstrecke im Geltungsbereich dieser Verordnung mehr als 400 Kilometer beträgt und das Straßenfahrzeug auf dem größeren Teil dieser Strecke mit der Eisenbahn oder dem Schiff befördert werden kann (s. Abschnitt 2.5).

Hiermit wird also angegeben, auf welche Weise der genügend sichere Transport gefährlicher Güter angenommen wird und abgewickelt werden könnte. Die verkehrstechnischen Alternativen, die dem § 7 Abs. 3 GGVS für den Landverkehr hierzu entnommen werden können, sind:

- Beförderung in KW bei vorhandenem Gleisanschluß,
- Beförderung in TC mit Streckenlimitierung (200 km) im Straßenverkehr und unbegrenzte Beförderung im Schienenverkehr,
- Beförderung in TF mit Streckenlimitierung (400 km bzw. 100 km nach der beabsichtigten Erweiterung der Liste I) im Straßenverkehr und unbegrenzte Beförderung im unbegleiteten und begleiteten ("Rollende Landstraße") Huckepackverkehr auf der Schiene.

Die Verlagerung des mengenmäßig großen Anteils an Transporten der entzündbaren flüssigen Stoffe mit Flammpunkt unter 21 °C teilweise oder gänzlich auf die Schiene hätte für die drei aufgeführten Alternativen folgende Konsequenzen:

4.2 Beförderung in KW

Die zusätzlich zu befördernden Mengen der genannten Stoffe - im folgenden aus Vereinfachungsgründen unter der Bezeichnung "Benzin" zusammengefaßt - bedingten entsprechende Beförderungskapazitäten, also eine große zusätzlich erforderliche Anzahl von KW, die derzeit nicht zur Verfügung steht. Beim überwiegend reinen KW-Betrieb müßten zudem Zwischenlager an erforderlichen Umschlagstellen eingerichtet werden und entsprechende Um- und Abfüllanlagen zusätzlich installiert werden. Diese Vorgehensweise bedingte eine völlig neue Infrastruktur für die Verteilung von "Benzin", die nur entsprechend kosten- und zeitaufwendig realisierbar sein dürfte. Dem sicherheitstechnischen Vorteil der Beförderung von "Benzin" in KW gegenüber der Beförderung in herkömmlichen TF stünde außerdem der damit verbundene Nachteil vermehrter Umfüllvorgänge sowie das Risiko, das durch die zusätzliche Lagerung von Gefahrgut gegeben ist, entgegen.

4.3 Beförderung in TC

Bei den TC stünden die erforderlichen Tankkapazitäten zur Zeit ebenfalls nicht zur Verfügung, um die Mehrbelastungen, die sich durch "Benzin"-Transporte ergäben, ohne Versorgungsschwierigkeiten sofort und überall ausgleichen zu können. Außerdem sind bei weitem nicht die dann erforderlichen Umschlagmittel in vertretbarem Maße vorhanden, so daß auch hierfür Änderungen hinsichtlich der Infrastruktur erforderlich würden: Die Bundesbahn müßte wahrscheinlich zusätzliche Containerterminals (Zwischenlager!) schaffen und das Speditionsgewerbe müßte sich auf den erhöhten Bedarf an Trägerfahrzeugen einstellen. Hauptvorteil dieser Alternative wäre jedoch die Abwicklung des Verteilerverkehrs innerhalb eines Durchmessers von 200 km mit einem grundsätzlich gegenüber der Verteilung mit herkömmlichen TF sicheren Transportsystem.

4.4 Beförderung in TF im Huckepackverkehr

Huckepackverkehr - die Beförderung von TF bzw. Sattelaufliegern von TF auf Eisenbahnwagen - erfolgt begleitet (das vollständige TF fährt auf einen aus entsprechenden Wagen bestehenden Zug, der Fahrer bleibt im/beim Fahrzeug = "Rollende Landstraße") oder unbegleitet; wobei das TF oder dessen Sattenaufleger auf einem aus entsprechenden Wagen bestehenden Zug fährt bzw. gefahren wird oder mit Hilfe von Kränen auf entsprechende Wagen von der Straße auf die Schiene umgesetzt wird. Je nach Verladetechnik ergibt sich bei dieser Alternative ein erhöhtes Handhabungsrisiko beim Umschlag, z. B. von Sattenaufliegern herkömmlicher Bauart, die den Beanspruchungen beim Umsetzen mittels Kran nicht gewachsen sein dürften. Eine Umrüstung der vorhandenen TF wäre zumindest im Hinblick auf siche-

re Befestigungsmöglichkeiten auf Eisenbahnwagen erforderlich. Die Verfügbarkeit spezieller Verladestationen (Zwischenlager!) und zusätzlicher Eisenbahnwagen ist im erforderlichen Umfang derzeit nicht gegeben, Verbesserungen der Infrastruktur wären also auch in diesem Falle erforderlich.

Es muß bei dieser Alternative ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß für den Transport von herkömmlichen, wanddickenreduzierten TF zur Beförderung von Benzin auf Eisenbahnwagen wenig gesicherte Erkenntnisse bestehen. Auch ein auf Eisenbahnwagen verladenes TF dieser Art hat einen Tank, der in keiner Weise dem Tank eines KW entspricht, also gegenüber Einwirkungen von außen nach wie vor als weniger geeignet anzusehen ist als der Tank eines KW.

4.5 Schlußfolgerungen

Die Auswirkungen der Aufnahme von entzündbaren flüssigen Stoffen mit einem Flammpunkt unter 21 °C in die Liste I wären außerordentlich schwerwiegender Natur, keine der vorstehend beschriebenen Alternativen könnte ohne mehr oder weniger große Änderungen der Infrastruktur und nur mit den damit verbundenen erheblichen materialien Aufwendungen eingeführt werden. Überdies wäre die Einführung dieser Alternativen bei integraler Betrachtungsweise nicht notwendigerweise mit erheblichem, sicherheitstechnischem Fortschritt gegenüber dem derzeitigen Stand der Technik verbunden, da teilweise das Transportrisiko nur zum Lagerrisiko hin verschoben wird und ein sicherheitstechnisch zumindest partiell als mangelhaft definiertes Transportsystem von einem auf ein anderes Verkehrsmittel verlagert wird, wobei sicher einige verkehrsträgerspezifische Vorteile wirksam werden, ohne daß jedoch grundsätzliche Nachteile des nachteilig angesehenen Systems völlig aufgehoben werden.

Daher ist zu empfehlen, eine sicherheitstechnisch einwandfreie, möglichst kostengünstige Alternative zu den bisher beschriebenen zu entwickeln.

5. Alternation zur Erzielung einer gleichwertigen Sicherheit von Straßen- und Schienentransport

5.1 Risikobetrachtung

Das durch Unfälle verursachte Risiko (in einer bestimmten Technik) wird bekanntlich folgendermaßen definiert:

$$R_u = h \cdot k$$

Dabei ist h die Unfallhäufigkeit (z. B. bezogen auf die Fahrstrecke oder bezogen auf einen Zeitabschnitt) und k die Konsequenz oder das Schadensmaß (z. B. in Anzahl von Verletzten, Todesfällen oder aber auch z. B. als freigesetztes Volumen eines gefährlichen Stoffes).

Wenn man um eine Risikominderung bemüht ist, so muß man bestrebt sein, h und/oder k zu verkleinern. Bezogen auf den Transport brennbarer Flüssigkeiten heißt das, daß die menschlichen und technischen Einflußgrößen auf das Risiko optimiert bzw. verbessert werden müßten. Eine detaillierte Diskussion wichtiger Einflußgrößen wird in den folgenden Abschnitten vorgenommen.

Aus den statistischen Angaben zum Transportaufkommen und zu Unfällen, bei denen es zur Freisetzung kam und die sich speziell auf brennbare Flüssigkeiten wie Benzin oder Vergaserkraftstoff beziehen (s. Abschnitt 2.1 und 2.2) wurde ansatzweise eine Risikobetrachtung herausgezogen, deren Ergebnis in Tabelle 6 zusammengefaßt ist. Man erkennt, daß die Anzahl der Unfälle auf der Straße wesentlich größer als auf der Eisenbahn ist. Bezieht man die Zahl der Unfälle auf das beförderte Volumen, so liegt der Straßenverkehr (> 50 km) um etwa den Faktor 1,5, der Straßenverkehr (≤ 50 km) um etwa den Faktor 3 ungünstiger als der Eisenbahntransport; d. h. beim mengenbezogenen Vergleich der Unfallhäufigkeit ist die Relation zugunsten der Eisenbahn nicht mehr ganz so hoch wie beim absoluten Zahlenvergleich.

Für einen Risikovergleich nicht unbedeutend ist die Tatsache, daß das ausgelassene Volumen pro Unfall im Mittel bei der Eisenbahn um den Faktor 10 höher liegt als auf der Straße. Bezieht man deshalb bei der Ermittlung einer "Risiko-Kennzahl" R' (letzte Spalte in Tabelle 6) neben der Unfallanzahl, der beförderten Gesamtmenge auch das beim Unfall freigesetzte Volumen mit ein, so wird die Relation sogar für den Straßentanktransport günstiger. Eine Zahl, in der das freigesetzte Volumen eine Rolle spielt, ist jedoch eher zur Beurteilung von Um-

5.2 Alternativen und die Voraussetzungen zur Erzielung gleichwertiger Sicherheit

5.2.1 Vorbemerkungen

Im vorhergehenden Abschnitt war dargelegt worden, daß das Risiko, welches der Tanktransport von Gefahrgut auf der Schiene birgt,

- für geringer zu halten ist, als das Risiko des Gefahrguttransportes auf der Straße,
- als gesellschaftlich vertretbar angesehen wird,
- daher das Maß für die Einführung und Bewertung entsprechender Alternativen für den gleichartig sicheren Tanktransport auf der Straße darstellen kann bzw. muß.

Die Möglichkeiten, das Risiko des Tanktransportes auf der Straße dem des Tanktransportes auf der Schiene anzugleichen, liegen in der Reduzierung der Unfallhäufigkeit einerseits und in der Verringerung von Konsequenzen aus der Gefahrgutfreisetzung andererseits. Die Konsequenzen stellen sich wie erwähnt als Funktion der Menge (bzw. des Volumens) möglicherweise freiwerdenden Gefahrgutes, der Fahrzeugtechnik und der Umschließungssicherheit (Tanksicherheit) dar. Tankinhalte (Füllmengen) sind ihren Obergrenzen nach als näherungsweise festliegend anzusehen. Die Tanks von TF und TC sind üblicherweise kleiner als die Tanks von KW, so daß diesbezüglich von um bis zu ca. 50 % geringeren Konsequenzen bei Versagen von Tanks im Straßenverkehr ausgegangen werden kann. Es soll im folgenden also nur auf Maßnahmen (Alternativen) eingegangen werden, die der Reduzierung der Unfallhäufigkeit zumindest in qualitativer Hinsicht sowie der Anhebung der fahrzeugtechnisch bedingten Sicherheit und der Tanksicherheit dienen, damit das Risiko des Straßentanktransportes dem des Tanktransportes auf der Schiene insgesamt als gleichsetzbar angesehen werden kann, wobei die folgenden Ausführungen auf den Tanktransport mit TF und TC dem Sinne nach in gleicher Weise anwendbar sind.

5.2.2 Maßnahmen, die den Risikofaktor "Unfallhäufigkeit" beim Straßentanktransport beeinflussen

Zu diesem Unterabschnitt können nur einige Maßnahmen aufgeführt werden, deren quantitative Auswirkungen auf die Unfallhäufigkeit nicht beurteilbar sind, da verlässliche Angaben über Unfälle und deren Ursachen nach wie vor nur unzureichend zur Verfügung stehen. Es handelt sich also um Vorschläge qualitativer Art, von deren Berücksichtigung nach hiesiger Auffassung positive Einflüsse auf die

Unfallhäufigkeit ausgehen würden, und die überwiegend bereits in anderen Zusammenhängen vorgestellt worden sind, ohne daß mit ihrer Einführung erhebliche Kosten verbunden wären.

a) Fahrtrouten

Um eine gleichbleibende Überwachbarkeit und eine von Wohngebieten möglichst entfernte Beförderung von Listengütern oder diesen gleichzusetzenden gefährlichen Stoffen zu gewährleisten, sollten bei der Beförderung dieser Stoffe über eine Entfernung, deren Länge noch genauer festzulegen wäre (beispielsweise 50 km), nur vorgeschriebene Fahrtrouten benutzt werden dürfen. Es wäre zweckmäßig, diese Fahrtrouten zu einem bundesweiten "Gefahrgut-Wegenetz" zusammenzufassen. Dies böte die Möglichkeit, die Routen mit gefahrgutspezifischen Hinweis-, Warn-, Gebots- und Verbotsschildern zu sichern. Alternativ könnten "Gefahrgut-Strecken-karten" eingeführt werden, um gefährdende Fahrtroutengegebenheiten für den Fahrer nicht überraschend auftreten zu lassen.

b) Verkehrsverbote

Bei extremen Wetterlagen (Glatteis, Schnee, Nebel) sollte den Straßenverkehrsbehörden die Möglichkeit zur Erteilung von Verkehrsverboten eingeräumt werden; dies könnte gänzlich oder an bestimmte Auflagen geknüpft (Mitführen von Streumitteln, Schneeketten usw.) geschehen.

c) Kenntlichmachung

Durch eine besondere Beleuchtungs- (z. B. Rundumlicht, besondere Begrenzungsleuchten) und Farbausstattung sollten die Fahrzeuge für andere Verkehrsteilnehmer als Fahrzeuge, auf die in besonderer Weise Rücksicht zu nehmen ist, kenntlich gemacht werden. Die Überwachung von Listenguttransporten würde erleichtert werden.

d) Sonstige Maßnahmen

Es befinden sich eine Reihe von tariflichen, fahrer-, betreiber- und verladerbezogenen Maßnahmen in der Diskussion bzw. vor der Einführung, so daß an dieser Stelle der Katalog allgemeiner und administrativer Maßnahmen nicht um Punkte erweitert werden soll, die anderweitig ausführlich dargestellt sind.

5.2.3 Maßnahmen, die den Risikofaktor "Konsequenz" tankseitig beeinflussen

a) Festlegung der Mindestwanddicke

Bei Tanks von TF für die Beförderung von Listengütern ist die nach Rn 211 127

Abs. 3 der GGVS für Baustahl vorgesehene oder bei Verwendung anderer Metalle gleichwertig zu ermittelnde Mindestwanddicke von 5 bzw. 6 mm für Tanks mit Durchmessern von bis zu oder mehr als 1,8 m grundsätzlich vorzusehen und einzuhalten. Bei Verwendung anderer Werkstoffe ist zu beachten, daß das Arbeitsaufnahmevermögen der Tankwand dem einer 5 bzw. 6 mm dicken Baustahlwand zu entsprechen hat. Wanddickenreduzierungen sind nur zulässig, wenn die gleiche Sicherheit (Schutz gegen Beschädigungen) gegeben ist. Dies wird wie folgt erzielt:

1. Bei Tanks, die als Doppelwandtank mit Vakuum-Isolierung gebaut sind, muß die Summe der Dicke der metallischen Außenwand und der des Tanks der wie vorstehend festgelegten Wanddicke entsprechen; die Wanddicke des Tanks selbst darf nicht geringer sein als 3 bzw. 4 mm je nach Tankdurchmesser bis oder über 1,8 m und bezogen auf Baustahl.
2. Bei Tanks, die als Doppelwandtanks mit einer Feststoffzwischenwand von mindestens 50 mm Dicke gebaut sind, muß die Außenwand eine Dicke von mindestens 0,5 mm haben, wenn sie aus Baustahl und mindestens 2 mm, wenn sie aus glasfaserverstärktem Kunststoff besteht. Als Feststoffzwischenwand darf Hartschaum verwendet werden, der ein Schlagabsorptionsvermögen hat wie Polyurethanschaum.
3. Den vorstehend beschriebenen Maßnahmen sicherheitstechnisch gleichstehende Lösungen sind denkbar und ihre Realisierung dürfte nicht behindert werden: Es ist vorstellbar, daß wanddickenreduzierte Tanks - auch aus anderen metallischen Werkstoffen als Stahl - durch das Aufbringen geeigneter Schutzmaßnahmen (z. B. glasfaser- oder kohlefaserverstärkte Kunststoffe in jeweils genügender Schichtdicke) auf den gesamten Tankmantel - also nicht nur als "Bauchbinde" - ebenfalls genügend integrale Sicherheit gegen Einwirkungen von außen bieten können.

Bei Verwendung anderer Werkstoffe als Baustahl ist in diesen Fällen ebenfalls zu beachten, daß das Arbeitsaufnahmevermögen der Wandungsaufbauten dem einer 5 bzw. 6 mm dicken Baustahlwand zu entsprechen hat.

Das Arbeitsaufnahmevermögen ist in allen Fällen nach der in den Technischen Richtlinien festverbundener Tanks und Aufsetztanks TRTF 001 "Zusätzlicher Schutz für wanddickenreduzierte Tanks" /14/ enthaltenen Vorgehensweise zu ermitteln.

b) Beachtung empfohlener Konstruktionskriterien

Empfohlen wird bei derzeitigem Stand der Kenntnisse die Verwendung von austenitischen Stählen (große Bruchdehnung, gutes Zähigkeitsverhalten, hohes Arbeitsaufnahmevermögen) sowohl als Tankwerkstoff als auch als Werkstoff einer evtl. Abdeckung.

Es wird weiterhin empfohlen, die Tanks als Doppelwandtanks mit Feststoff-zwischenschicht zu bauen (vollisolierte Tanks). Ein vollständig isolierter Tank bietet verbesserten Schutz gegen Wärmeeinwirkung bei einem Unfallfeuer und gegen mechanische Einwirkungen beim Umkippen oder Schleifen des Tanks auf der Straße. Ein vollständig isolierter Tank wird länger auf Einfüll- bzw. Referenztemperatur gehalten, und auf diese Weise wird das Auftreten hoher Dampfdrücke (Betriebsdrücke) behindert und ein gleichmäßigeres betriebliches Beanspruchungsniveau erzielt.

c) Festlegung eines Mindestprüfüberdruckes

Die Tanks der TF sollten auf einen Mindestprüfüberdruck von 4 bar ausgelegt sein. Hierdurch ergeben sich folgende Vorteile:

- Es ergibt sich der Zwang zu zylindrischer Bauform mit den in Abschnitt 3 erläuterten Formvorteilen bzw. es ergäbe sich eine Erhöhung der Wanddicke bei kofferförmigen bzw. elliptischen Tanks über die Mindestwanddickenanforderungen hinaus.
- Der "geschlossene" Transport wird möglich bzw. erforderlich und damit entfällt das permanente unkontrollierte Austreten von dampfförmigem Füllgut (Explosions- und Umweltgefährdungen werden gemindert).
- Der Tank muß berechnet werden und damit erfolgt eine druckbedingte Auslegung aller konstruktiven Details; durch Spannungsüberhöhungen bedingte Schwachstellen entfallen.
- Einbauten wie Schwall- und Trennwände können der zylindrischen Tankform besser angepaßt werden.
- Höherwertige, besser ausgelegte Ausrüstungsteile (Tankanschlüsse, Armaturen, wie z. B. Mannlöcher oder Stutzen) müssen vorgesehen werden.
- Explosionsdruckstoßfeste Bauweise wird möglich.

d) Verbesserung des Befüll- und Entleervorganges

Die Befüllung bzw. Entleerung des Tanks sollte zweckmäßigerweise auf reine Unterbefüllung und -entleerung umgestellt werden. Druckbefüllung und -entleerung ist möglich.

Es ergibt sich ein verbesserter Armaturenschutz durch den Fahrzeugaufbau. Die Einsteigeöffnung könnte ebenfalls in einen geschützten Bereich verlegt oder stabil gestaltet werden (Chemiedom), da diese nicht mehr für Füll- und Entleerzwecke geöffnet werden und daher nicht mehr zwangsläufig im Tankscheitel angeordnet werden müssen.

5.2.4 Maßnahmen, die den Risikofaktor "Konsequenz" fahrzeugtechnisch beeinflussen

a) Verbesserung der Bremsanlage

Bremsanlagen von TF zum Transport von Listengütern müssen ausreichend bemessen sein, d. h. das "Betriebsbremssystem" (Fußbremse, Handbremse, Schaltgetriebe) eines TF muß für sich allein in der Lage sein, ein TF unter normalen Betriebsbedingungen (Gefällestrecken auf Gefahrgutrouten) zum Stillstand zu bringen. Verschleißlose Zusatzbremsen ("Retarder") dürfen tatsächlich nur zusätzlich wirken. Blockierverhinderer für Fahrzeug- und Tanksattelaufleger sind vorzusehen, ebenso wie Antischlupf-Regelungen.

b) Maßnahmen zur Gewährleistung ausreichender Kippstabilität

Der Hauptnachteil der zylindrischen Bauform bei Tanks von TF besteht gegenüber koffertförmigen Tanks in der höheren Schwerpunktlage bei zylindrischen Tanks. Durch geeignete fahrzeugtechnische Maßnahmen ist zu gewährleisten, daß die Kippstabilität eines Sattelauflegers mit zylindrischem Tank zumindest der eines Sattelauflegers mit Koffertank herkömmlicher Art entspricht. Hier kommen z. B. Änderungen am Fahrwerk (Luftfederung, Stabilisatoren) und der Bereifung (Niederquerschnittreifen) in Betracht, ebenso wie auf dem Ausnahmewege zugelassene Breitenüberschreitungen (Spurverbreitungen werden dann möglich) in Erwägung zu ziehen wären.

c) Sonstige Maßnahmen

Auch für die fahrzeugtechnische Seite ist eine Fülle von Maßnahmen in Diskussion bzw. vor der Einführung, die ebenfalls anderweitig ausführlich dargestellt sind, so daß hier nur auf die im Sinne des Gutachtens unbedingt erforderlich erscheinenden Abweichungen zum gegenwärtigen Stand der Fahrzeugtechnik eingegangen wurde.

5.3 Vorteile der Alternativen zur Erhöhung der Sicherheit des Straßentanktransportes

Mit einer geeigneten Kombination von Alternativmaßnahmen, wie sie in den Abschnitten 5.2.2 bis 5.2.4 beschrieben sind, läßt sich ein dem Tanktransport auf

der Schiene vergleichbares niedriges Risiko auch für den Tanktransport auf der Straße erzielen. Dies böte die Möglichkeit, von den restriktiven Maßnahmen des § 7 Abs. 3 Satz 2 ff. GGVS Abstand zu nehmen und den Tanktransport von Gütern der Anlage B Anhang B.8 Rn 280 001 Liste I bzw. von entzündbaren flüssigen Stoffen mit einem Flammpunkt unter 21 °C, die in die Liste I aufgenommen werden sollen, entfernungsmäßig uneingeschränkt zuzulassen. Bei entsprechender Änderung der GGVS, ihrer Anhänge und Anlagen entfielen für die letztgenannten Stoffe sogar die Notwendigkeit der Aufnahme in die Liste I überhaupt. Diese Vorgehensweise wäre mit außerordentlich großen Vorteilen wirtschaftlicher und sicherheitstechnischer Art verbunden:

- Der wirtschaftlich erhebliche Aufwand wegen erforderlicher Änderungen der Infrastruktur bei Bahn, Speditionen, Tanklagerbetreibern usw. wäre nicht erforderlich. Die wirtschaftlichen Nachteile, die sich aus dem erhöhten Aufwand hinsichtlich Tank- und Fahrzeugtechnik ergäben, fallen dagegen größenordnungsmäßig nicht ins Gewicht.
- Die Erhaltung einer flexiblen und grundsätzlich leistungsfähigen Wirtschaftsstruktur (mit Speditionsbetrieben) stellt ebenfalls einen erheblichen wirtschaftlichen Vorteil dar.
- Der zusätzlich erforderliche Verwaltungsaufwand bei der Aufnahme der genannten Stoffe in die Liste I entfielen. Die Vielzahl sonst bevorstehender zu erteilender Erlaubnisse könnte vermieden werden, Aufsichtsdefizite und Überwachungsprobleme entstünden gar nicht erst. Wenn Aufsicht und Überwachung jedoch nicht gewährleistet werden könnten, müssen erhebliche Zweifel an einem Sicherheitsgewinn durch die Aufnahme der betroffenen Güter in die Liste I angemeldet werden.
- Eine Vielzahl von Umsetz- und Umfüllvorgängen mit den damit verbundenen besonderen Risiken für die Umwelt wäre entbehrlich.
- Die einem entsprechend ausgestalteten Tanksystem für die Straße (als TF- und/oder TC-System) eigene inhärente Sicherheit wäre für das Transportwesen - erhöhte Sicherheit auch bei Transporten über Entfernungen unterhalb von 100, 200 oder 400 km auf der Straße - und den Umweltschutz - Vermeidung unnötiger Umsetzungen und Umfüllvorgänge sowie kein betriebsmäßiges Entweichen von Füllgut bei geschlossener Betriebsweise - von außerordentlichem Vorteil.

6. Zusammenfassende Bewertung

Ausgehend von der Betrachtung des Transportaufkommens gefährlicher Güter, den zugänglichen Angaben über das Unfallgeschehen beim Tanktransport gefährlicher Güter und einem Vergleich zwischen den vorhandenen Transportmitteln Eisenbahnkesselwagen, Tankcontainer und Straßentankfahrzeug - die jeweils dem Stand der für sie geltenden Vorschriften entsprechen - muß die Bewertung der derzeitigen Situation zu dem Schluß führen, daß der Tanktransport auf der Schiene (in Eisenbahnkesselwagen) nur auf unmittelbare Personen- und Sachschäden bezogen für sicherer zu halten ist, als der Gefahrguttransport auf der Straße (in Straßentankfahrzeugen). In Bezug auf Umweltschäden ist das Risiko beim Tanktransport in Kesselwagen (wegen der großen freigesetzten Mengen) wenigstens so hoch - wenn nicht höher - anzusetzen als beim Tanktransport in Tankfahrzeugen auf der Straße. Als am relativ sichersten ist augenscheinlich der Tanktransport in Tankcontainern bei allen Verkehrsträgern zu bewerten, wobei dieser Eindruck unter Umständen lediglich Folge des unzureichend vorliegenden Zahlenmaterials ist. Das Unfallgeschehen beim Straßentransport wird hierbei wiederum von Unfällen dominiert, die sich mit wanddickenreduzierten Koffertanks aus Aluminiumlegierungen für den Benzintransport ereignet haben.

Der wesentliche Gegensatz hinsichtlich der verwendeten Transportmittel beim Benzintransport ist zwischen dem für diesen Zweck ausgelegten Eisenbahnkesselwagen einerseits und dem Straßentankfahrzeug andererseits zu sehen:

Der Tank des Kesselwagens ist nicht wanddickenreduziert, er weist zylindrische Form auf und ist üblicherweise aus Baustahl gefertigt; demgegenüber ist der Tank des Straßentankfahrzeuges üblicherweise wanddickenreduziert, kofferrförmig und aus Aluminiumlegierung hergestellt.

Einige spektakuläre Unfälle, die sich mit Straßentankfahrzeugen ereignet haben, deren Tanks die vorstehend aufgeführten charakteristischen Merkmale aufwiesen, haben zu undifferenzierten, einschneidenden Vorschriftenänderungen geführt, und weitere Verschärfungen sind im Gespräch. Wesentlicher Punkt dieser Verschärfungen ist nach § 7 GGVS die Verlagerung des Straßentransportes von Gefahrgut (Listengütern) oberhalb bestimmter Entfernungen auf die Schiene. Dem Vernehmen nach soll überdies die Liste der Güter, die von diesen Maßnahmen betroffen sind, um entzündbare flüssige Stoffe mit Flammpunkt unter 21 °C - also auch Benzin - erweitert und die höchstzulässigen Entfernungen für den Straßentransport sollen weiter verringert werden.

Als undifferenziert werden diese Absichten deshalb bezeichnet, weil hierbei Straßentankfahrzeuge unterschiedlichster baulicher Ausprägung miteinander verglichen wurden: Das Benzin-Tankfahrzeug mit wanddickenreduziertem, kofferrörmigem, aus Aluminiumlegierung gefertigtem Tank, wird mit dem "Chemie-Tankfahrzeug" gleichgesetzt, dessen Tank überwiegend aus austenitischem Stahl gefertigt, zylinderförmig und bis 4 bar druckfest ist, also sicherheitstechnisch praktisch dem Eisenbahnkesselwagen entspricht.

Des Weiteren sind die erwähnten erfolgten und beabsichtigten Vorschriftenänderungen aus folgenden Gründen äußert kritisch zu bewerten:

- Die erforderliche Infrastruktur, die Vorbedingung für eine teilweise Verlagerung des Tanktransportes gefährlicher Güter von der Straße auf die Schiene ist, steht in erforderlicher Größenordnung und sicherheitstechnisch unbedenklicher Ausgestaltung nicht zur Verfügung.
- Es ist nicht erkennbar, wie der als hoch anzunehmende Personalmehraufwand, der sich sowohl infrastrukturbedingt als auch bedingt durch vermehrt erforderliches administratives Handeln (Ausstellen von Erlaubnissen nach § 7 GGVS, Überwachung erlaubnispflichtiger Transporte usw.) ergibt, abgedeckt werden könnte.
- Sicherheitstechnischer Fortschritt im vom Verordnungsgeber erwarteten Maße wird sich nicht einstellen können, da
 1. das Transportrisiko lediglich zum Lager- und Umschlagrisiko hin verschoben wird;
 2. ein Benzin-Straßentankfahrzeug - auch wenn es auf der Schiene transportiert wird - nach wie vor gegenüber einem Kesselwagen die sicherheitstechnisch geringerwertige Alternative darstellt;
 3. wegen der höher anzunehmenden betrieblichen Transportbeanspruchungen im Schienenverkehr davon auszugehen ist, daß Straßentankfahrzeuge diesen betrieblichen Beanspruchungen nicht notwendigerweise gewachsen sein müssen;
 4. eine Verlängerung der durchschnittlichen Transportdauer zu einer erhöhten Anzahl von im Verkehr befindlichen Transporttanks führen muß und sich somit die gleichzeitig transportierte Gefahrgutmenge in nicht wünschbarer Weise erhöht.

Die nach hiesiger Auffassung einzig sinnvolle Alternative zur Verlagerung der Beförderung bestimmter Güter, die in der Anlage B Anhang B.8 Rn 280 001 Liste I der GGVS bereits erfaßt sind oder noch erfaßt werden sollen, von der Straße auf die Schiene, bestünde darin, den Tanktransport in Straßentankfahrzeugen weiterhin oder wieder zu ermöglichen, wobei

- die Tanks der Tankfahrzeuge baulich entsprechend der in Abschnitt 5.2.3 enthaltenen Vorgaben zu Mindestwanddicken (oder ersatzgleichen Maßnahmen), empfohlenen Konstruktionskriterien, Mindestprüfdrücken, Füll- und Entleervorgänge verbessernden Maßnahmen zu gestalten wären;
- Die Tankfahrzeuge insbesondere Verbesserungen nach Abschnitt 5.2.4 bezüglich Bremsanlagen und Kippstabilität erfahren und sonstige Maßnahmen, wie sie fahrzeugseitig näherungsweise im TOPAS-Projekt des Bundesministers für Forschung und Technologie aufgegriffen wurden, verwirklicht werden müßten.

Der Katalog dieser Maßnahmen allein würde u. E. ausreichen, den Tanktransport gefährlicher Güter auf der Straße genauso sicher wie den auf der Schiene abwickeln zu können.

Zusätzliche Maßnahmen entsprechend Abschnitt 5.2.2 könnten dazu führen, daß der Tanktransport auf der Straße sicherheitstechnisch auf ein Niveau gehoben wird, wie es bei integraler Betrachtung derzeit bei keinem Verkehrsträger vorhanden ist. Sinngemäß lassen sich diese Aussagen selbstverständlich auch auf den Tanktransport mit Tankcontainern übertragen.

Bedauerlicherweise muß jedoch angemerkt werden, daß diese wünschenswerte Alternative kurzfristig nicht realisierbar ist, da die vorhandene Tankkapazität nicht in der geschilderten Weise ersetzt werden kann, ohne die Versorgungslage der Bundesrepublik Deutschland mit Massengütern wie Benzin mehr oder weniger lange zu gefährden bzw. zu beeinträchtigen.

Für eine Übergangsfrist, deren Dauer noch näher zu bestimmen wäre, müßten also Alternativen auf sicherheitstechnisch niedrigerem Niveau als eben dargestellt, zulässig bleiben. Es wird vor dem Hintergrund der in diesem Gutachten niedergelegten Ausführungen empfohlen, den Tanktransport von Gütern der Liste I (mit Erlaubnis) und entzündbaren flüssigen Stoffen mit einem Flammpunkt unter 21 °C (also auch Benzin) - dies ohne Erlaubnisvorbehalt - auf der Straße

1. entfernungsmäßig uneingeschränkt in Tankfahrzeugen ("Chemie-Tankfahrzeugen") und Tankcontainern zuzulassen
 - deren Tanks aus Stahl bestehen,
 - die nicht wanddickenreduziert sind,
 - die wanddickenreduziert sind, aber deren Tankwand mit zusätzlich aufgebrachtem Schutz ("Bauchbinde", Isolierung u. ä.) ein Arbeitsaufnahmevermögen aufweist, wie es einer 6 mm dicken Tankwand aus Baustahl entspricht,
 - die zylinderförmig gestaltet sind,
 - die einen Prüfdruck von wenigsten 3 bar aufweisen;

2. entfernungsmäßig ebenfalls uneingeschränkt in Tankfahrzeugen und Tankcontainern zuzulassen
 - deren Tanks aus Stahl oder anderen metallischen Werkstoffen bestehen,
 - die entweder nicht wanddickenreduziert oder
 - die wanddickenreduziert sind,
 - die nicht zylinderförmig sein müssen,wenn ihre Tankwand unter Anwendung einer Schutzmaßnahme - jedoch keiner Bauchbinde allein - in allen Teilen ein Arbeitsaufnahmevermögen aufweist, das dem einer 6 mm dicken Tankwand aus Baustahl entspricht;

3. in allen anderen Fällen entfernungsmäßig im Sinne der derzeitigen Bestimmungen des § 7 GGVS zu beschränken, womit bei Überschreiten der darin genannten Entfernungen dann die Verlagerung von der Straße auf die Schiene erfolgen müßte.

Die vorstehend erläuterte Konstruktion böte die Möglichkeit, innerhalb einer wie erwähnt noch festzulegenden Übergangsfrist, sicherheitstechnisch höherwertige Lösungen zu diskutieren und gegebenenfalls in einem sinnvoll ausfüllbaren Zeitraum sukzessive einzuführen.

Überdies würde damit die Möglichkeit geboten, die Ergebnisse von Forschungsvorhaben zu Unfallabläufen, Versagensgrenzen von Tanks usw., die gerade erst anzulaufen beginnen, in festzuschreibende endgültige Lösungsvorschläge einzuarbeiten.

Es sollte abschließend nicht unerwähnt bleiben, daß - ganz gleich welche Vorstellungen tatsächlich verwirklicht werden - diese sinnvoll nur anwendbar sind, wenn sie in entsprechender Weise auf den grenzüberschreitenden Verkehr übertragen werden.

Literatur und verwendete Unterlagen

- /1/ Tagesspiegel, Berlin, 20.3.1988
"Immer mehr Gefahrguttransporte auf bundesdeutschen Straßen"
- /2/ DB Kundenbrief Nr. 2/1988, S. 22/23
"Gefährliche Güter auf der Bahn - Sicherheitshalber"
- /3/ Statistisches Bundesamt, Wiesbaden (Hrsg.)
Statistisches Jahrbuch 1987 für die Bundesrepublik Deutschland
Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart u. Mainz, Aug. 1987
- /4/ Mineralölwirtschaftsverband e. V. MWV, Hamburg
Auswertung der vom MWV durchgeführten Erhebung (September 1987)
- Verkehrsstromanalyse für die Tankstellenversorgung durch Benzin
- Vorschläge zur Risikoverminderung im Gefahrguttransport
als Konsequenz aus den Tankfahrzeugunfällen der letzten Zeit
12. Oktober 1987
- /5/ Verband der Chemischen Industrie e. V., Frankfurt
Transport gefährlicher Güter, Klasse 3
Verkehrsstromanalyse
13. Oktober 1987
- /6/ Verband des Deutschen Chemikalien-Groß- und Außenhandels e.V., Köln
Transport gefährlicher Güter - Verkehrsstromanalyse -
Oktober 1987
- /7/ Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
Fachserie 8 - Verkehr -
Reihe 1 - Güterverkehr der Verkehrszweige - 1986
Verlag W. Kohlhammer, September 1987
- /8/ Institut für Bahntechnik (IFB)
Vorläufige Erkenntnisse einer Forschungsstudie
"Ermittlung des Verlagerungspotentials von der Straße auf die Schiene
und die Binnenwasserstraßen bei entzündbaren Flüssigkeiten (Gefahr-
gutklasse 3)"
Anlage 2 zur Niederschrift über die 7. Sitzung des Gefahrgut-Verkehr-
Beirats am 26.11.1987 in Bonn

- /9/ Beirat beim BMV
"Lagerung und Transport wassergefährdender Stoffe (LTWS)"
Ergebnisbericht zur Statistik der Unfälle bei der Lagerung und beim
Transport wassergefährdender Stoffe 1983-1985
Februar 1987
- /10/ Projekt Sicherheitsstudien Entsorgung (PSE)
- Fachband 7, Sicherheitsanalyse der Transporte von radioaktiven
Materialien für den Verkehrsträger Schiene (K. Schneider, C. Jobst)
- Fachband 8, Sicherheitsanalyse der Transporte von radioaktiven
Materialien für den Verkehrsträger Straße (A. Tully et al.)

Berlin, Januar 1985; BMFT-Kennzeichen: KWA 3116/8
und KWA 3119/0
- /11/ Batelle Pacific Northwest Laboratory
G.A. Geffen et al.
An Assessment of the Risk of Transporting Propane by Truck and Train
March 1980
DOE - Contract DE-AC 06-76 RLO 1830
- /12/ Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung
gefährlicher Güter auf Straßen (Gefahrgutverordnung Straße-GGVs) vom
22. Juli 1985; (BGBL. I S. 1550)
in der Fassung der Ersten Verordnung zur Änderung der Gefahrgutverordnung
Straße (1. Straßen-Gefahrgutänderungsverordnung) vom 21. Dezember 1987;
(BGBL. I S. 2858)
- /13/ Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung
gefährlicher Güter mit Eisenbahnen (Gefahrgutverordnung Eisenbahn - GGVE)
vom 22. Juli 1985; (BGBL. I S. 1560)
in der Fassung der Ersten Verordnung zur Änderung der Gefahrgutverordnung
Eisenbahn (1. Eisenbahn-Gefahrgutänderungsverordnung) vom 21. Aug. 1986;
(BGBL. I S. 1347)
- /14/ Technische Richtlinien festverbundener Tanks und Aufsetztanks TRTF 001
"Zusätzlicher Schutz für wanddickenreduzierte Tanks"; VwBL. 1987, S. 382

Anhang 1

(aus /7/)

Das Gesamtaufkommen des Güterverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland in 1986 (nach /7/)

10 GÜTERVERKEHR NACH VERKEHRSZWEIGEN UND GÜTERHAUPTGRUPPEN 1986

		1 000 T						
GÜTERHAUPTGRUPPE	ZUSAMMEN	EISENBAHN	STRASSE	BINNEN-SCHIFFFAHRT	SEE-SCHIFFFAHRT *)	LUFTFAHRT	ROHRFERN-LEITUNGEN	
00	LEBENDE TIERE	1 045,6	61,6	980,6	0,5	-	6,6	
01	GETREIDE	11 464,5	1 166,0	3 326,6	6 971,6	-	0,1	
02	KARTOFFELN	2 764,6	356,3	2 408,3	-	-	0,0	
03	FRISCHE FRÜCHTE, FRISCHES UND GEFRORENES GEMÜSE	10 639,7	1 820,5	8 751,1	25,8	-	34,3	
04	SPINNSTOFFE UND TEXTILE ABFÄLLE	1 965,6	559,3	1 295,6	110,7	-	0,2	
05	HOLZ UND KORK	17 305,4	3 753,6	12 601,0	750,6	-	0,2	
06	ZUCKERRÜEBEN	4 453,4	4 202,6	248,2	2,7	-	0,0	
09	SONSTIGE PFLANZLICHE, TIE- RISCHE UND VERWANDTE ROH- STOFFE	3 745,2	289,6	3 386,3	33,5	-	35,8	
11	ZUCKER	2 402,9	539,1	1 681,9	181,9	-	0,0	
12	GETRÄNKKE	16 443,8	687,5	15 647,4	106,5	-	2,4	
13	GENUSSMITTEL UND NÄHRUNGS- MITTELBEREITUNGEN A.N.G.	9 527,0	876,4	8 563,0	83,7	-	3,9	
14	FLEISCH, FISCH, FLEISCH- UND FISCHWAREN, EIER, MILCH UND MILCHERZEUG- NISSE, SPEISEFETTE	20 165,0	501,2	19 207,0	41,5	-	15,2	
16	GETREIDE, OBST- UND GE- MÜSEERZEUGNISSE, HOPFEN	12 726,7	425,5	11 696,3	606,2	-	0,7	
17	FUTTERMittel	18 130,5	2 339,3	10 219,6	5 571,6	-	0,1	
18	DELSAATEN, OELFRÜCHTE, PFLANZ- LICHE U. TIERISCHE OELE UND FETTE (AUSGEN. SPEISEFETTE)	9 412,6	801,5	3 254,2	5 356,9	-	0,1	
21	STEINKOHLE UND STEINKOHLEN- BRIKETS	84 343,4	60 383,3	1 704,7	22 253,7	-	1,7	
22	BRAUNKOHLE, BRAUNKOHLENBRIKETS UND TORF	10 184,9	6 993,6	2 855,3	336,0	-	0,0	
23	STEINKOHLEN- UND BRAUNKOHLEN- KOKS	15 557,0	13 912,6	410,9	1 233,3	-	0,0	
31	ROHE ERDOEL	60 886,9	1 669,6	6,4	116,6	-	0,0	
32	KRAFTSTOFFE UND HEIZÖL	77 951,8	19 514,9	16 621,1	41 815,7	-	0,0	
33	NATUR-, RAFFINIERE- UND VERWANDTE GASE	3 656,6	1 733,8	963,9	960,8	-	0,0	
34	MINERALÖLERZEUGNISSE A.N.G.	8 162,3	2 476,6	2 984,5	2 701,2	-	0,1	
41	EISENERZE (AUSGEN. SCHWEFELKIES- ABBRÄENDE)	56 251,7	24 270,6	12,1	31 969,0	-	0,0	
45	NE-METALLERZE, -ABFÄLLE UND -SCHROTT	7 250,0	1 747,0	1 702,7	3 800,1	-	0,1	
46	EISEN- UND STAHLABFÄLLE UND -SCHROTT, SCHWEFELKIESABBRÄENDE ..	17 672,8	11 107,0	2 806,1	3 757,6	-	0,0	
51	ROHEISEN, FERROLEGIERUNGEN, ROHSTAHL	10 199,5	6 591,8	2 156,7	1 449,0	-	0,1	
52	STAHLHALBZEUG	21 924,0	16 662,3	559,0	2 702,4	-	0,2	
53	STAB- UND FORMSTAHL, DRAHT, EISENBANNOBERBAUMATERIAL	17 810,6	8 636,3	5 729,3	3 445,2	-	0,1	
54	STAHLBLECHE, BANDSTAHL, WEISS- BLECH UND -BAND	24 437,8	11 637,6	6 351,5	4 446,6	-	0,0	
55	ROHRE U. AE. AUS STAHL, ROHE GIESSEREIERZEUGNISSE UND SCHMIEDE- STÜCKE AUS EISEN UND STAHL	9 839,6	4 874,0	4 373,1	592,0	-	0,6	
56	NE-METALLE UND NE-METALLHALBZEUG ..	7 125,9	1 107,3	4 783,9	1 233,1	-	1,7	
61	SAND, KIES, BIMS, TON, SCHLACKEN ..	68 578,6	7 109,8	17 936,1	43 532,9	-	0,0	
62	SALZ, SCHWEFELKIES, SCHWEFEL	6 856,2	2 730,0	1 227,5	4 900,6	-	0,0	
63	SONSTIGE STEINE, ERDEN UND VERWANDTE ROHMINERALIEN	37 436,2	11 896,3	15 092,5	10 446,9	-	0,5	
64	ZEMENT UND KALK	15 884,4	4 042,6	10 216,4	1 625,4	-	0,0	
65	GIPS	1 705,5	130,5	1 184,1	390,9	-	0,0	
69	SONSTIGE MINERALISCHE BAUSTOFFE U.A. (AUSGEN. GLAS)	22 345,9	1 099,9	20 685,6	559,9	-	0,4	
71	NATUERLICHE DÜNGEMITTEL	2 650,6	770,5	347,8	1 532,2	-	0,0	
72	CHEMISCHE DÜNGEMITTEL	15 086,8	7 827,7	2 402,6	4 856,5	-	0,0	
81	CHEMISCHE GRUNDSTOFFE (AUSGEN. ALUMINIUMOXID UND -HYDROXYD)	32 059,1	11 490,5	10 043,6	10 517,6	-	7,4	
82	ALUMINIUMOXID UND -HYDROXYD	1 747,6	731,8	170,7	845,1	-	0,0	
83	BENZÖL, TEERE U.AE. DESTILLATIONS- ERZEUGNISSE	3 345,1	1 211,4	544,0	1 593,8	-	0,0	
84	ZELLSTOFF UND ALTPAPIER	7 603,9	2 278,9	3 354,1	1 970,9	-	0,0	
89	SONSTIGE CHEMISCHE ERZEUGNISSE (EINSCHL. STAERKE)	32 318,2	4 488,9	27 364,5	431,1	-	33,8	
91	FAHRZEUGE	17 264,1	7 099,8	9 980,1	157,0	-	27,2	
92	LANDWIRTSCHAFTLICHE MASCHINEN	954,0	320,5	567,1	66,1	-	0,3	
93	ELEKTROTECHNISCHE ERZEUGNISSE, ANDERE MASCHINEN	12 056,5	1 896,3	9 631,1	387,9	-	139,3	
94	BAUKONSTRUKTIONEN AUS METALL: EBM-WAREN	10 506,3	998,9	9 279,9	220,4	-	7,1	
95	GLAS, GLASWAREN, FEINKERAMISCHE U.AE. MINERALISCHE ERZEUGNISSE ...	7 462,8	777,2	6 558,3	125,0	-	2,4	
96	LEDER, LEDERWAREN, TEXTILIEN, BEKLEIDUNG	4 597,3	291,5	4 214,9	13,5	-	77,4	
97	SONSTIGE HALB- UND FERTIGWAREN	44 159,8	4 239,2	39 430,9	429,4	-	60,4	
99	BESONDERE TRANSPORTGÜTER (OHNE STUECKGUT)	59 960,7	16 862,0	40 908,6	2 232,6	-	257,6	
	INSGESAMT	982 042,2	302 102,8	390 633,1	229 493,8	-	718,3	
							59 094,2	

Brennbare Flüssigkeiten

*) Zahlen lagen noch nicht vor

Anhang 2

Transportierte Mengen entzündbarer Flüssigkeiten/ Verkehrsträger

(1985, 1986, aus /7/)

Brennbare
Flüssigkeiten
mit Flammpunkt
< 21 °C

(ohne See-Schiff)

2 QUARTERVERKEHR NACH HAUPTVERKEHRSBEZIEHUNGEN UND QUARTERGRUPPEN JAHR 1986

TONNEN

VERKEHRS- ZWEIG	VERKEHR INNERHALB D. BUNDESGB. V. A. E.	VERKEHR MIT DER DOR UND BERLIN (OST)		ORIENTIERUNGSSCHREITENDER VERKEHR		GESAMTVERK. OHNE DURCHGANGS- VERKEHR		DURCHGANGSVERKEHR DAR. MIT DER ODR UND BERLIN (OST)		GESAMTVERKEHR EINSCHL. DURCHGANGSVERKEHR DAGEGEN 1985	
		V	E	V	E	INSGESAMT	BERLIN (OST)	1986	1985		
310 ROMES ERDOEL											
EISENBHVN	1 669 518	.	.	93	1 669 611	.	.	1 669 611	1 100 259	.	.
STRASSE	2 493	.	.	1 019	6 043	397	.	6 440	5 811	.	.
BI-SCHIFF	101 191	.	.	10 690	113 935	2 714	.	116 649	204 362	.	.
SEE-SCHIFF	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
LUFT	.	.	.	0	0	.	.	.	.	.	.
ROHR	14 796 468	.	.	44 297 686	59 094 154	.	.	59 094 154	56 790 257	.	.
ZUSAMMEN	16 569 670	.	.	4 583 44 309 488	60 883 743	3 112	.	60 886 855	58 104 668	.	.

321 MOTORENBENZIN U. A.E.

EISENBHVN	5 009 821 v	13 447	846 004	183 332	300 429	6 353 233	16 165	.	6 369 398	6 762 965
STRASSE	6 011 758	.	.	67 419	62 915	6 142 093	4 853	3	6 146 946	5 482 650
BI-SCHIFF	2 865 926	.	.	616 979	5 654 502	9 137 407	811 190	.	9 948 597	10 297 907
SEE-SCHIFF	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
LUFT	.	.	.	7	3	12	8	.	20	15
ZUSAMMEN	13 887 505	13 448	846 004	867 937	6 017 851	21 632 743	832 216	3	22 464 961	22 548 537

323 ANO. KRAFTSTOFFE

EISENBHVN	706 039 v	171	782	11 392	112 812	832 196	19 664	.	851 860	766 774
STRASSE	222 393	.	.	14 720	32 064	269 435	2 574	188	272 009	251 452
BI-SCHIFF	743 168	.	.	24 258	1 137 246	1 924 672	93 235	.	2 017 907	1 920 571
SEE-SCHIFF	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
LUFT	.	.	.	1	2	3	20	.	23	12
ZUSAMMEN	1 671 600	429	782	50 371	1 303 124	3 026 306	115 493	188	3 141 799	2 938 809

325 DIESELOEL, L. HEIZOEL

EISENBHVN	8 450 653	.	363 431	99 939	214 561	10 128 584	57 585	.	10 186 169	9 538 683
STRASSE	7 359 294	.	.	108 777	234 479	7 762 591	3 994	4	7 766 545	6 939 178
BI-SCHIFF	7 163 150	.	.	676 972	13 170 714	21 030 836	2 647 505	.	23 678 341	19 254 375
SEE-SCHIFF	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
LUFT	.	.	.	0	1	1	1	.	2	4
ZUSAMMEN	23 033 097	1	363 431	885 688	13 639 755	38 921 972	2 709 085	4	41 631 057	35 732 210

327 SCHWERES HEIZOEL

EISENBHVN	711 896	5 258	913 880	76 786	398 604	2 106 424	1 057	.	2 107 481	3 312 804
STRASSE	1 718 508	.	.	347 321	368 103	2 433 932	1 681	.	2 435 613	2 173 640
BI-SCHIFF	2 567 961	.	20 951	331 545	3 097 416	6 017 875	152 981	.	6 170 856	7 029 842
SEE-SCHIFF	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
LUFT	.	.	.	0	1	1	2	.	3	1
ZUSAMMEN	4 958 365	5 258	934 831	755 652	3 664 126	10 558 232	155 721	.	10 713 953	12 516 487

EISENBahn	1	039 399	11	862	100	314	233	329	285	967	1	670	671	62	921	3	855	1	733	792	7	932	728	
STRASSE		790 246		642	281		127	323	41	262		959	760	4	178	135			963	936		822	904	
BI-SCHIFF		411 536		-	-	-	68	136	47:	062		953	834	6	956	-			960	810		1	076	638
SEE-SCHIFF		-		-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-			-	-	-	-	-	-
LUFT		-		-	-	-	-	3	1	1		4		10		-			-	14		13		
ZUSAMMEN	2	244 301	12	504	100	595	426	791	796	296	3	564	489	74	065	3	990	3	658	554	3	834	283	
341 SCHMIERÖLE, -FETTE																								
EISENBahn		591 505	9	804	9	741	21	566	9	794		642	410	46	935	22	166		689	345		760	975	
STRASSE		408 049	4	479	479		81	167	105	277		594	578	32	742	256			627	720		632	906	
BI-SCHIFF		438 929	-	-	-	-	1	818	38	501		479	248	8	327	-			487	579		489	799	
SEE-SCHIFF		-		-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-			-	-		-	-	
LUFT		-		-	-	-	28		15			43		19		-			-	63		55		
ZUSAMMEN	1	438 463	9	810	10	220	104	579	153	587	1	716	679	88	023	22	422	1	804	703	1	863	735	
343 BITUMEN U.A.E.																								
EISENBahn		429 107	260		118	853	17	141	39	640		605	021	14	526	-			619	547		598	399	
STRASSE	1	313 328	38		13	726	471	424	238	230	2	036	746	11	361	103			2	048	107	1	903	643
BI-SCHIFF		35 822	-	-	-	-	1	300	46	942		84	064	1	366	-			85	430		92	910	
SEE-SCHIFF		-		-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-			-	-		-	-	
LUFT		-		-	-	-	0		0			0		0		-			-	1		1		
ZUSAMMEN	1	778 257	298		132	579	469	865	324	832	2	725	831	27	253	103			2	753	065	2	594	953
348 ANO-MINERALÖLERZIN.																								
EISENBahn		908 719	25	042	33	897	86	152	46	069	1	149	879	17	837	4	675		1	167	716	1	215	908
STRASSE		76 859	-	-	-	-	133	263	73	297		203	415	25	225	7	694			308	640		305	328
BI-SCHIFF		253 672	-	-	-	-	160	469	1	223	728	1	637	869	490	305	-		2	128	174	1	799	233
SEE-SCHIFF		-		-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-			-	-		-	-	
LUFT		-		-	-	-	6		4			10		19		-			-	29		47		
ZUSAMMEN	1	269 246	25	042	33	897	378	690	1	343	098	3	071	173	533	386	12	369	3	604	559	3	320	517
831 BENZOL																								
EISENBahn		47	-	-	546		-	-	-	-		593		-	-	-			-	593		330		
STRASSE		38 865	-	-	-	-	779		13	179		52	823	386		-			-	53	209		21	497
BI-SCHIFF		355 280	-	-	-	-	-	-	412	427		767	707	-	-	-			-	767	707		820	615
SEE-SCHIFF		-		-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-			-	-		-	-	
LUFT		-		-	-	-	6		0			6		0		-			-	6		2		
ZUSAMMEN		394 192	-	-	546		785		425	606		821	129	386		-			-	821	515		842	444
839 TEER, PECH U.A.E.																								
EISENBahn		561 735	1	837	392	366	84	963	134	736	1	175	637	35	179	15	528		1	210	816	1	268	967
STRASSE		194 030	70		189		110	272	176	482		481	043	9	702	243				490	745		528	682
BI-SCHIFF		364 269	-	-	-	-	105	116	331	427		820	812	5	250	-			-	826	062		677	533
SEE-SCHIFF		-		-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-			-	-		-	-	
LUFT		-		-	-	-	-	-	1			1		0		-			-	1		0		
ZUSAMMEN	1	140 034	1	907	392	555	300	351	642	646	2	477	493	50	131	15	771	2	527	624	2	495	182	

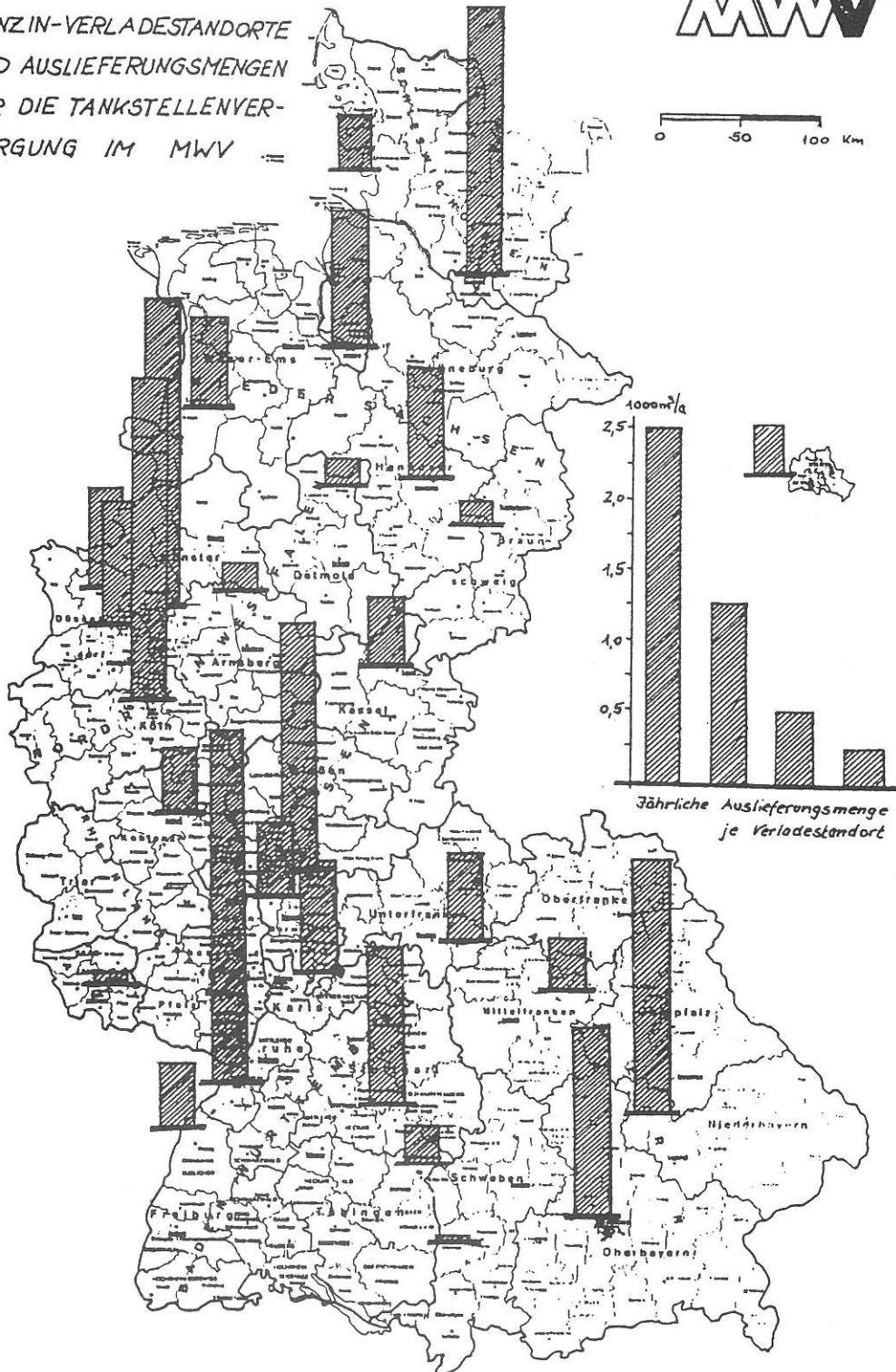
Anhang 3

(nach /4/)

MINERALÖLWIRTSCHAFTSVERBAND E.V.



BENZIN-VERLADESTÄNDE
UND AUSLIEFERUNGSMENGEN
FÜR DIE TANKSTELLENVER-
SORGUNG IM MWV

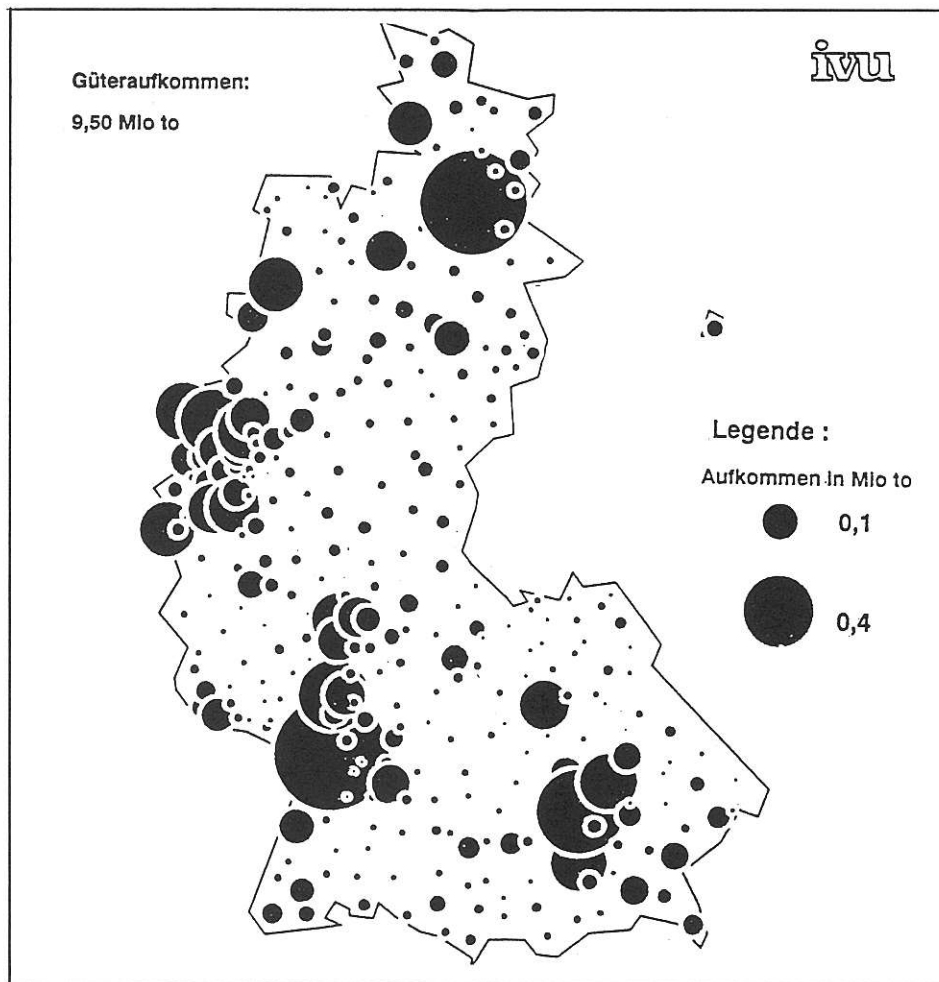


Hamburg, den 12. Oktober 1987
27/mü

Raffinerie und Tank- läger für die Benzin- versorgung von Tank- stellen	Jährliche Aus- lieferungsmenge in 1000 cbm
Heide	370,6
Hamburg	1.885,2
Bremen	796,8
Hannover	761,3
Braunschweig/Salzgitter	92,5
Lingen	630,2
Minden	161,2
Dinslaken	667,9
Duisburg	851,9
Gelsenkirchen/Essen	2.173,1
Hamm	178,0
Köln/Godorf/Wesseling	2.269,2
Kassel	351,6
Koblenz/Andernach	433,8
Frankfurt/Flörsheim, Raunheim,Offenbach,Hanau	1.754,4
Mainz/Bingen	484,8
Mannheim, Speyer	872,2
Ludwigshafen	
Saarbrücken	80,1
Stuttgart/Heilbronn	1.068,6
Ulm	246,7
Karlsruhe/Wörth	2.492,3
Kehl (Reichstett F)	324,3
Nürnberg	725,5
Würzburg	360,3
Ingolstadt/Vohburg/Neustadt	1.755,1
München	1.299,7
Memmingen	32,8
<u>Berlin</u>	<u>469,5</u>
Summe	23.589,6

Anhang 4
(aus /8/)

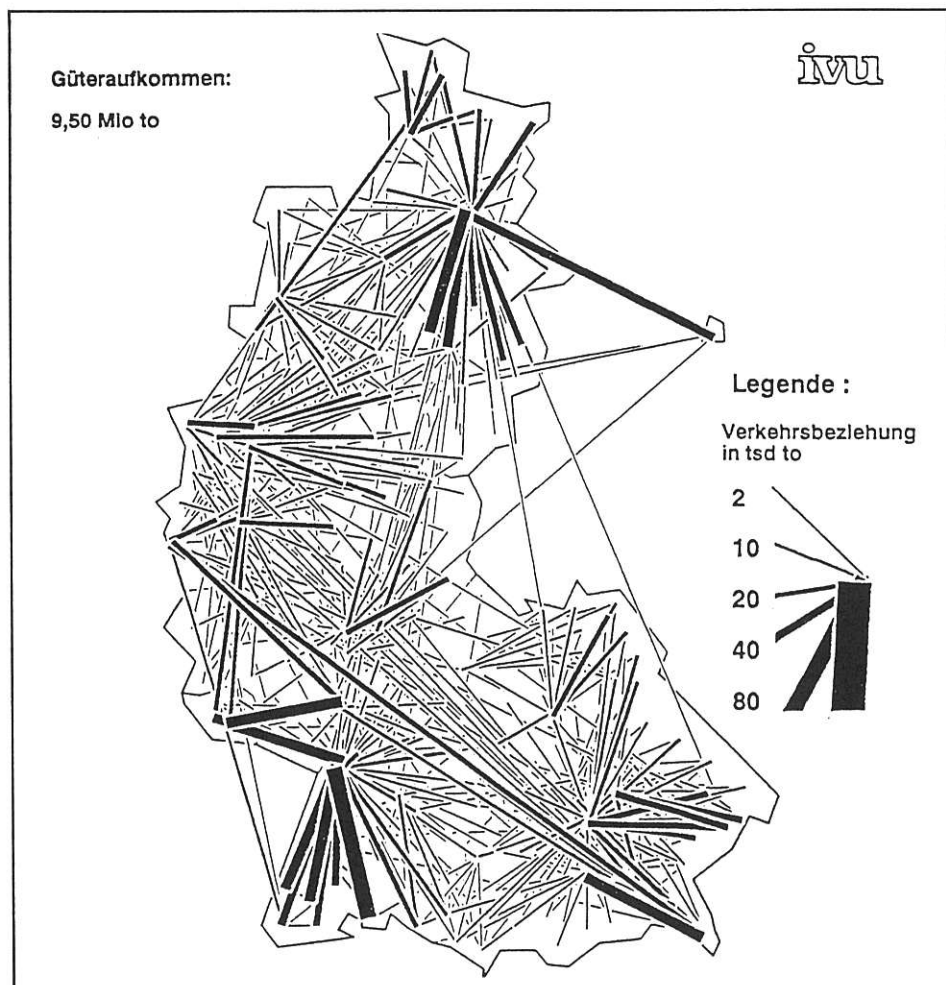
QUELLVERKEHRSaufKOMMEN IN TONNEN
BINNEN- UND AUSLANDSVERKEHR BESTAND 1986
MINERALÖL- UND CHEMISCHE PRODUKTE
SONDERGRUPPE: FLAMMPUNKT UNTER 21°C



Institut für Bahntechnik GmbH

IFB

VERKEHRSBEZIEHUNGEN IN TONNEN
BINNEN- UND AUSLANDSVERKEHR BESTAND 1986
MINERALÖL- UND CHEMISCHE PRODUKTE
SONDERGRUPPE: FLAMMPUNKT UNTER 21°C



Institut für Bahntechnik GmbH

IFB

Anhang 5

Ausgaben zur Unfallstatistik beim Transport Wassergefährdeter Stoffe

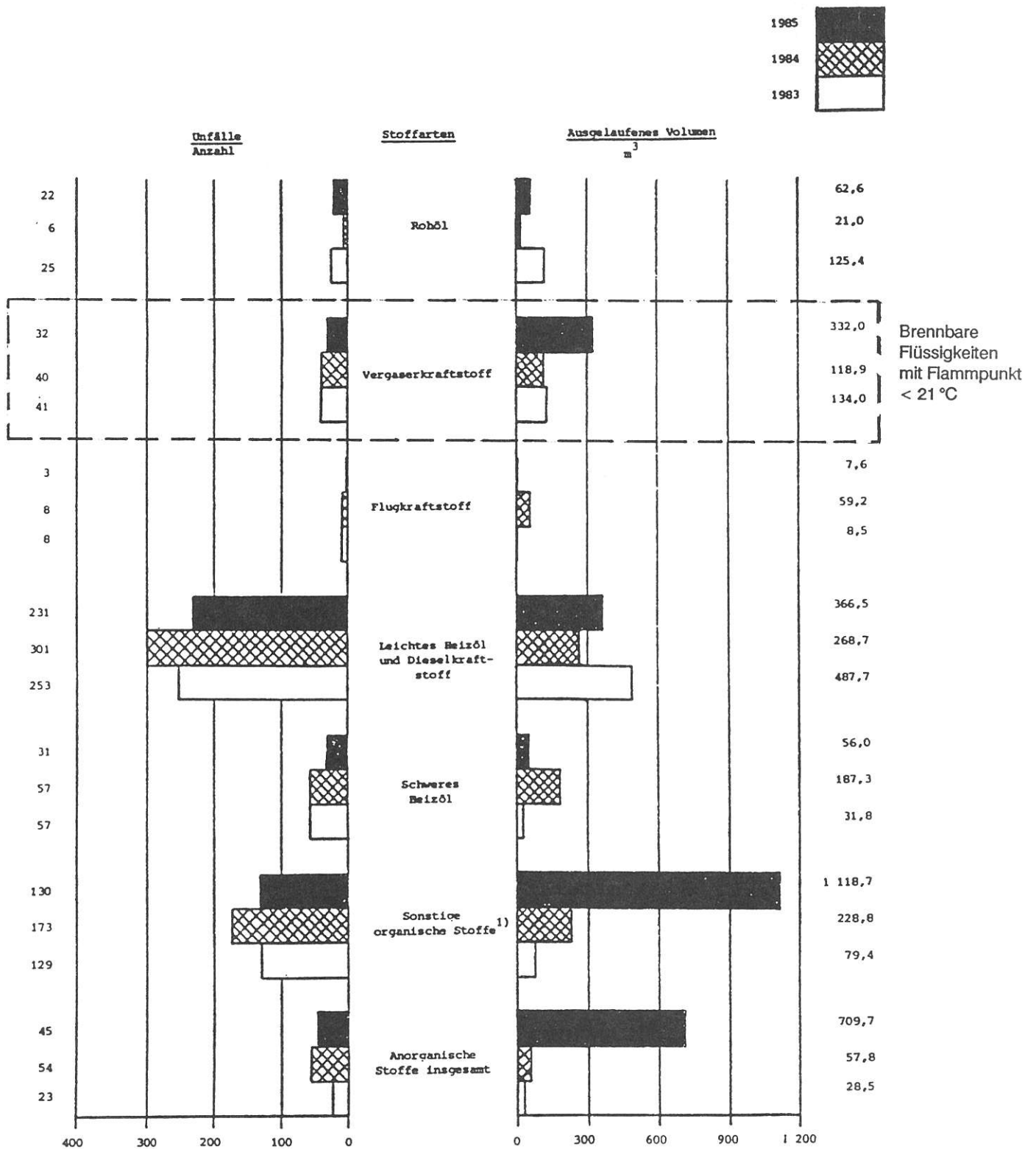
(aus /9/)

Tabelle 5-1: Ausgelaufenes und wiedergewonnenes Volumen

Jahr	Unfälle beim Transport	Ausgelaufenes Volumen	Wiedergewonnenes Volumen	
	Anzahl	m ³		Anzahl
1983	538	895	555	273
1984	641	942	799	356
1985	495	2 653	787	286

Tabelle 5-2: Anzahl der Unfälle und ausgelaufenes Volumen
nach Art des Transportmittels

Jahr	Straßen- fahrzeug	Eisenbahn- wagen	Binnen- schiff	See- schiff	Luft- fahrzeug	Rohr- leitung
- Anzahl -						
1983	279	17	99	91	6	38
1984	343	36	121	62	5	52
1985	302	27	61	32	1	56
Ausgelaufenes Volumen - m ³ -						
1983	291	53	289	68	7	173
1984	470	79	153	61	9	156
1985	413	342	399	58	1	1 438



1) Andere Mineralölprodukte, Altöl, organische Säuren, Benzol und sonstige organische Stoffe.

Abb. 1: Unfälle beim Transport

Statistik der Unfälle beim Transport wassergefährlicher Stoffe (10 UStatG) 1985

Tabelle 5-3
Unfälle nach Transportmittel und Art des Verkehrs

Unfallbeschreibung	Unfälle insgesamt	Ausgelaufenes Volumen m ³	Wiedergewonnenes Volumen m ³	Unfall beim Fahren, Rangieren usw.	Beschreibung/Ursache 1)					Menschliches Verhalten, (ohne Spalte 5)	Sonstiges	
					Fahrzeugen		nicht fahrzeugseitigen Anlagen und Sicherheitenrichtungen 2)	7	8			9
					Behälteranlage	Armaturen							Anzahl
Transportmittel	Anzahl	m ³	m ³	4	5	6	6	7	8	9		
1 Insgesamt	495	2 653,1	787,3	191	30	63		23	181	121		
darunter:												
2 Tankfahrzeuge (einschl. Silofahrzeug)	160	290,5	167,0	67	15	34		15	57	20		
3 Fahrzeug mit Aufsetztank	46	62,3	46,9	28	3	7		1	14	6		
4 Andere LKW	96	59,9	53,7	69	8	2		1	20	30		
5 Eisenbahnkessel-Silowagen ...	17	197,0	162,0	5	2	4		2	6	4		
6 Anderer Eisenbahnwagen	10	145,4	143,8	4	1	1		-	3	2		
7 Binnentankschiff	50	398,3	52,9	16	1	11		3	24	13		
8 Anderes Binnenschiff	11	1,0	0	1	-	1		-	8	2		
9 Seetankschiff	10	2,8	1,1	-	-	2		1	6	4		
10 Anderes Seeschiff	22	55,5	5,4	-	-	1		-	20	-		
11 Rohrleitung	56	1 437,7	153,7	1	1	1		1	16	38		
12 Luftfahrzeug	1	0,6	0,6	-	-	-		-	1	-		

1) Doppelzählungen möglich.
2) Umschlagunfälle.

Tabelle 5-4
Unfälle nach Transportmittel und Art des Verkehrs

Transportmittel	Art des Verkehrs		Unfälle insgesamt	Ausgelaufenes Volumen	Straßengüter- Meh- verkehr		Fern- verkehr		Fahrzeugzulassung/Platte	
	Anzahl	Anzahl			Anzahl	Anzahl	Inländisch	Ausländisch	Anzahl	Anzahl
1 Insgesamt	495	2 653,1							237	97
darunter										
2 Tankfahrzeug (einschl. Silofahrzeug)	160	290,5			96		40		97	23
3 Fahrzeug mit Aufsetztank	46	62,3			19		18		25	14
4 Andere LKW	96	59,9			48		43		56	19
5 Eisenbahnkessel-Silowagen	17	197,0							10	-
6 Anderer Eisenbahnwagen	10	145,4							5	-
7 Binnentankschiff	50	398,3							24	15
8 Anderes Binnenschiff	11	1,0							6	2
9 Seetankschiff	10	2,8							2	7
10 Anderes Seeschiff	22	55,5							4	16
11 Rohrleitungen	56	1 437,7								
12 Luftfahrzeug	1	0,6							-	-

Tab. 5-5: Transport-Unfälle mit Folgen
- Anzahl -

Jahr	Unfälle mit Folgen insgesamt	Und zwar ¹⁾					Sekundär-folgen
		Verunreinigung				Gefährdung	
		des Bodens	einer Kana-lisation	eines Ge-wässers	einer Wasser-versorgung		
1983	495	239	94	270	1	19	74
1984	584	287	117	309	1	12	100
1985	443	279	107	182	2	24	69

1) Mehrfachzählungen

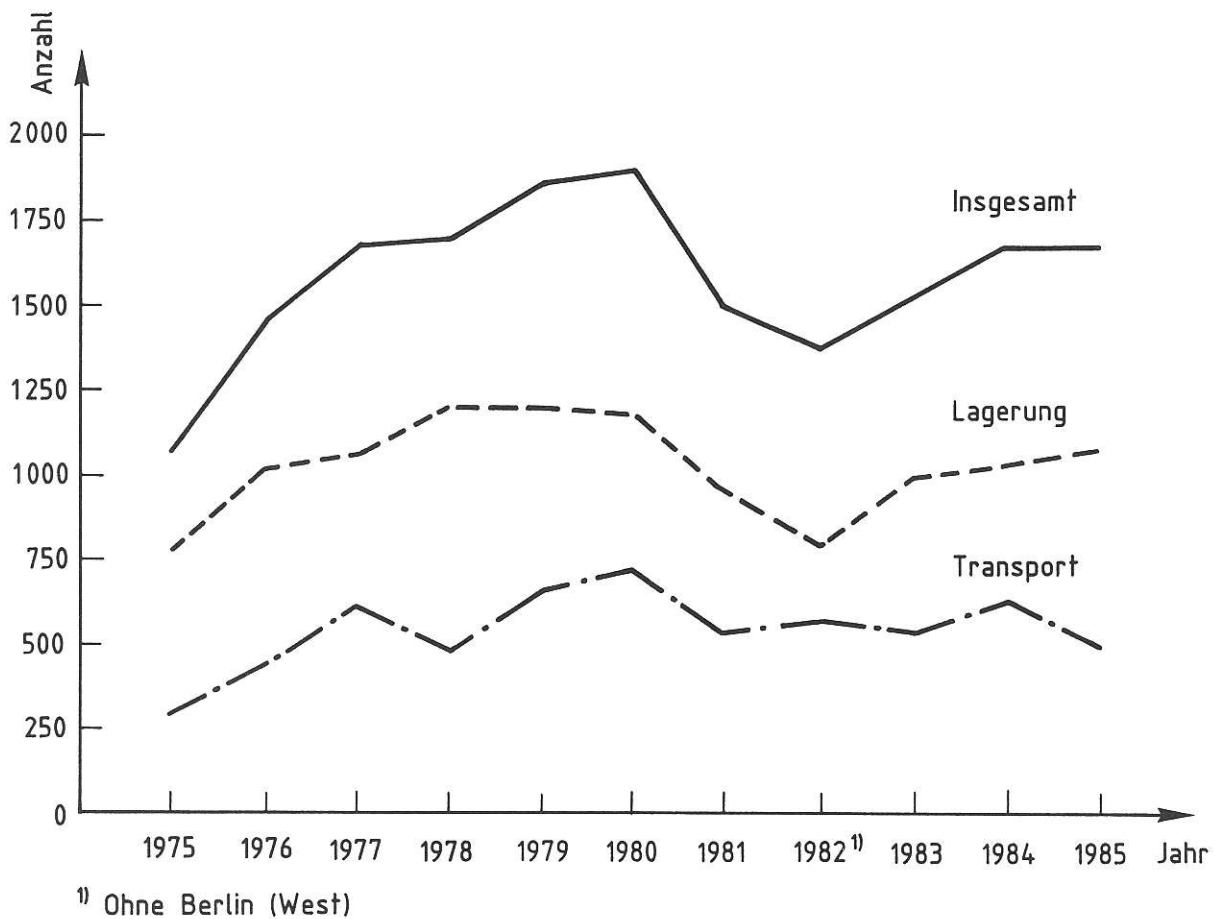


Abb. 2: Entwicklung der Unfälle bei der Lagerung und beim Transport

Bisher erschienene Forschungsberichte der BAM

- Nr. 1/1968
Forschung und Entwicklung in der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM)
Rechenschaftsbericht für den Bundesminister für Bildung und Wissenschaft
- Nr. 2/1970 (vergriffen)
G. Andreae
Zum Problem des Feuchtigkeitsschutzes von Dehnungsmeßstreifen und Halbleitergebern
- Nr. 3/1970
J. Ziebs
Über das mechanische Verhalten von Aluminium-Stahl-Freileitungsseilen als Beispiel für Verbundbauteile
- Nr. 4/1970 (vergriffen)
A. Burmester
Formbeständigkeit von Holz gegenüber Feuchtigkeit – Grundlagen und Vergütungsverfahren
- Nr. 5/1971
N. Steiner
Die Bedeutung der Netzstellenart und der Netzwerkkettendichte für die Beschreibung der elastischen Eigenschaften und des Abbaus von elastomeren Netzwerken
- Nr. 6/1971
P. Schneider
Zur Problematik der Prüfung und Beurteilung des Luftschallschutzes von Bauelementen bei unterschiedlichen Einbaubedingungen
- Nr. 7/1971
H.-J. Petrowitz
Chromatographie und chemische Konstitution – Untersuchungen über den Einfluß der Struktur organischer Verbindungen auf das Verhalten bei der Dünnschicht-Chromatographie
- Nr. 8/1971
H. Veith
Zum Spannungs-Drehungs-Verhalten von Baustählen bei Wechselbeanspruchung
- Nr. 9/1971
K.-H. Möller
Untersuchung über die sichernde Wirkung poröser Massen in Acetylenflaschen
- Nr. 10/1972
D. Aurich, E. Martin
Untersuchungen über die Korngrößenbestimmung mit Ultraschall zur Entwicklung einer für die Praxis geeigneten zerstörungsfreien Meßmethode
- Nr. 11/1972
H.-J. Krause
Beitrag zur Kenntnis der Schnittriefenbildung und Schnittgütwerte beim Brennschneiden
- Nr. 12/1972
H. Feuerberg
Über Veränderungen von Nylon-6-Fasern beim Texturieren
- Nr. 13/1972
K.-H. Habig, K. Kirschke, W.-W. Maennig, H. Tischer
Festkörpergleitreibung und Verschleiß von Eisen, Kobalt, Kupfer, Silber, Magnesium und Aluminium in einem Sauerstoff-Stickstoff-Gemisch zwischen 760 und $2 \cdot 10^{-7}$ Torr
- Nr. 14/1972
E. Fischer
Untersuchungen zur Amplitudenabhängigkeit der Ultraschalldämpfung in Metallen bei 20 kHz
- Nr. 15/1972
H. Pohl
Studie und Probleme der chemischen Edelmetall-Analyse
- Nr. 16/1972
E. Knublauch
Über Ausführung und Assagefähigkeit des Normbrandversuches nach DIN 4102, Blatt 2, im Hinblick auf die Nachbildung natürlicher Schadensfeuer
- Nr. 17/1972
P. Reimers
Aktivierungsanalyse mit schnellen Neutronen, Photonen und geladenen Teilchen
- Nr. 18/1973
W. Struck
Das Spröbruchverhalten des Baustahles RSt 37-2 N in geschweißten Konstruktionen, dargestellt mit Hilfe der Methode des Temperaturvergleiches
- Nr. 19/1973
K. Kaffanke, H. Czichos
Die Bestimmung von Grenzflächentemperaturen bei tribologischen Vorgängen
- Nr. 20/1973
R. Rudolphi
Brandrisiko elektrischer Leitungen und Installationen in Wänden
- Nr. 21/1973
D. Klaffke, W. Maennig
Die kontinuumsmechanische Erfassung des zeitlichen Ablaufs der elastisch-plastischen Dehnungen bei der Zerrütung
- Nr. 22/1973
R. Rudolphi, E. Knublauch
Untersuchungen für ein Prüfverfahren zur Bemessung der Brandschutzbekleidung von Stahlstützen
- Nr. 23/1973
W. Ruske
Reichs- und preußische Landesanstalten in Berlin Ihre Entstehung und Entwicklung als außeruniversitäre Forschungsanstalten und Beratungsorgane der politischen Instanzen
- Nr. 24/1973
J. Stanke, E. Klement, R. Rudolphi
Das Brandverhalten von Holzstützen unter Druckbeanspruchung
- Nr. 25/1973
E. Knublauch
Über das Brandgeschehen vor der Fassade eines brennenden Gebäudes unter besonderer Berücksichtigung der Feuerbeanspruchung von Außenstützen
- Nr. 26/1974
P. Jost, P. Reimers, P. Weise
Der Elektronen-Linearbeschleuniger der BAM – Eigenschaften und erste Anwendungen
- Nr. 27/1974
H. Wüstenberg
Untersuchungen zum Schallfeld von Winkelprüfköpfen für die Materialprüfung mit Ultraschall
- Nr. 28/1974
H. Heinrich
Zum Ablauf von Gasexplosionen in mit Rohrleitungen verbundenen Behältern
- Nr. 29/1974
P. Schneider
Theorie der dissipativen Luftschalldämmung bei einem idealisotropen porösen Material mit starrem Skelet für senkrechten, schrägen und allseitigen Schallenfall
- Nr. 30/1974 (vergriffen)
H. Czichos, G. Salomon
The Application of Systems Thinking and Systems Analysis to Tribology
- Nr. 31/1975
G. Fuhrmann
Untersuchungen zur Klärung des Verhaltens thermoplastischer Kunststoffe bei Wechseldehnungsbeanspruchung
- Nr. 32/1975
R. Rudolphi, B. Böttcher
Ein thermo-elektrisches Netzwerkverfahren zur Berechnung stationärer Temperatur- und Wärmestromverteilungen mit Anwendungsbeispielen
- Nr. 33/1975
A. Wagner, G. Kieper, R. Rudolphi
Die Bestimmung der Temperaturleitfähigkeit von Baustoffen mit Hilfe eines nichtstationären Meßverfahrens
- Nr. 34/1976 (vergriffen)
H.-J. Deppe
Untersuchungen zur Vergütung von Holzwerkstoff Nr. 35/1976
- E. Limberger
Der Widerstand von Platten, die als Beplankungsmaterial leichter Wände verwendet werden, gegenüber dem Aufprall harter Körper – Vorschlag für ein Prüfverfahren –
- Nr. 36/1976 (vergriffen)
J. Hundt
Wärme- und Feuchtigkeitsleitung in Beton unter Einwirkung eines Temperaturgefälles
- Nr. 37/1976
W. Struck
Die stoßartige Beanspruchung leichter, nichttragender Bauteile durch einen mit der Schulter gegenprallenden Menschen – Vorschlag für ein Prüfverfahren –
- Nr. 38/1976
K.-H. Habig
Verschleißuntersuchungen an gas-, bad- und ionisiertem Stahl 42 CrMo 4
- Nr. 39/1976
K. Kirschke, G. Kempf
Untersuchung der viskoelastischen Eigenschaften von Flüssigkeiten (mit nicht-Newtonschem Fließverhalten) insbesondere bei höherer Scherbeanspruchung
- Nr. 40/1976
H. Hantsche
Zum Untergrundabzug bei energiedispersiven Spektren nach verschiedenen Verfahren
- Nr. 41/1976
B. Böttcher
Optische Eigenschaften cholesterinischer Flüssigkeiten
- Nr. 42/1976
S. Dietlen
Ermittlung der Mindestzündenergie brennbarer Gase in Mischung mit Luft
- Nr. 43/1976
W. Struck
Das Spröbruchverhalten geschweißter Bauteile aus Stahl mit zäh-sprödem Übergang im Bruchverhalten, dargestellt mit Hilfe der Methode des Temperaturvergleiches
- Nr. 44/1976
W. Matthees
Berechnung von räumlichen, linear elastischen Systemen, die aus finiten Stab- und Balkenelementen zusammengesetzt sind, unter Verwendung des Programms „Stab-Werk“
- Nr. 45/1976
W. Paatsch
Untersuchung des Elektrodenverhaltens im Vakuum aufgedampfter Metallschichten
- Nr. 46/1977 (vergriffen)
G. Schickert, H. Winkler
Versuchsergebnisse zur Festigkeit und Verformung von Beton bei mehraxialer Druckbeanspruchung Results of Test Concerning Strength and Strain of Concrete Subjected to Multiaxial Compressive Stresses
- Nr. 47/1977
A. Plank
Bautechnische Einflüsse auf die Tragfähigkeit von Kunststoffdübeln für Fassadenbekleidungen
- Nr. 48/1977
U. Holzlöhner
Setzung von Fundamenten infolge dynamischer Last, angewendet auf die Fundamente einer geplanten Schnellbahn
- Nr. 49/1977
G. Wittig
Untersuchungen zur Anwendung von Mikrowellen in der zerstörungsfreien Prüfung
- Nr. 50/1978 (vergriffen)
N. Czaika, N. Mayer, C. Amberg, G. Magiera, G. Andreae, W. Markowski
Zur Meßtechnik für die Sicherheitsbeurteilung und -überwachung von Spannbeton-Reaktordruckbehältern
- Nr. 51/1978
J. Sickfeld
Auswirkung von chemischen und physikalisch-technologischen Einflußfaktoren auf das Beständigkeitsverhalten von Oberflächenbeschichtungen auf der Basis von Reaktionsbeschichtungsstoffen
- Nr. 52/1978
A. Tomov
Zum Einfluß der Gleitgeschwindigkeit auf das tribologische Verhalten von Werkstoffen hoher Härte bei reiner Festkörperreibung
- Nr. 53/1978
R.-G. Rohrmann, R. Rudolphi
Bemessung und Optimierung beheizbarer Straßen- und Brückenbeläge
- Nr. 54/1978
H. Sander
Magnetisches Verhalten dünner Eisenschichten bei mechanischer Wechselbeanspruchung
- Nr. 55/1978
D. Klaffke
Beobachtung und Orientierungsbestimmung der Oberflächenkristallite polykristalliner 99,999 %-Al-Proben bei Biegewechselbeanspruchung
- Nr. 56/1979
W. Brüner, C. Langie
Stabilität von Sandwichbauteilenn
- Nr. 57/1979
M. Stadthaus
Untersuchungen an Prüfmitteln für die Magnetpul-

- verprüfung Investigations on Inspection-Media for Magnetic-Particle-Testing**
 Nr. 58/1979
 W. Struck
Ermittlung des Bauteilwiderstandes aus Versuchsergebnissen bei vereinbartem Sicherheitsniveau
- Nr. 59/1979
 G. Plauk
Ermittlung der Verformungen biegebeanspruchter Stahlbetonbalken mit der Methode der Finiten Elemente unter besonderer Berücksichtigung des Verbundes zwischen Beton und Stahl
- Nr. 60/1979
 H. Spreckelmeyer, R. Helms, J. Ziebs
Untersuchungen zur Erfassung der Kaltformbarkeit von Feinblechen beim Strecken
- Nr. 61/1979
 K. Richter
Beschreibung von Problemen der höheren Farbmetrik mit Hilfe des Gegenfarbensystems
- Nr. 62/1979
 W. Gerisch, G. Becker
Geomagnetobiologisch bedingter Zusammenhang zwischen der Fraßaktivität von Termiten und der Zahl der Sterbefälle
- Nr. 63/1979
 E. Behrend, J. Ludwig
Untersuchungen an Stopfbuchsen von Ventilen und Schiebern für Gase
- Nr. 64/1980
 W. Rücker
Ermittlung der Schwingungserregung beim Betrieb schienengebundener Fahrzeuge in Tunneln sowie Untersuchung des Einflusses einzelner Parameter auf die Ausbreitung von Erschütterungen im Tunnel und dessen Umgebung
- Nr. 65/1980
 P. Schmidt, D. Aurich, R. Helms, H. Veith, J. Ziebs
Untersuchungen über den Einfluß des Spannungszustandes auf bruchmechanische Kennwerte
- Nr. 66/1980
 M. Hattwig
Auswirkung von Druckentlastungsvorgängen auf die Umgebung
- Nr. 67/1980
 W. Matthees
Beitrag zur dynamischen Analyse von vorgespannten und vorbelasteten Feder-Masse-Systemen mit veränderlicher Gliederung unter stoßartiger Beanspruchung
- Nr. 68/1980
 D. Petersohn
Oberflächenmeßverfahren unter besonderer Berücksichtigung der Stereomeßtechnik. Entwicklung eines volleuzentrischen Präzisions-Goniometers
- Nr. 69/1980
 F. Buchhardt, P. Brandl
Untersuchungen zur Integrität des Liners von Reaktorsicherheitsbehältern (Containments) in Stahlbeton- und Spannbetonbauweise
- Nr. 70/1980 (vergriffen)
 G. Schickert
Schwellenwerte beim Betondruckversuch
- Nr. 71/1980
 W. Matthees, G. Magiera
Untersuchungen über durch den Boden gekoppelte dynamische Wechselwirkungen benachbarter Kernkraftwerksbauten großer Masse unter seismischen Einwirkungen
- Nr. 72/1980
 R. Rudolphi
Übertragbarkeit der Ergebnisse von Brandprüfungen am Beispiel von Stahl- und Holzstützen
- Nr. 73/1980
 P. Wegener
Vergleichende Untersuchungen zum Tragverhalten von Klemmkupplungen für Stahlrohrgerüste nach bestehenden deutschen Prüfvorschriften und geplanten europäischen bzw. internationalen Prüfnormen
- Nr. 74/1980
 R. Rudolphi, R. Müller
ALGOL-Computerprogramm zur Berechnung zweidimensionaler instationärer Temperaturverteilungen mit Anwendungen aus dem Brand- und Wärmeschutz
- Nr. 75/1980
 H.-J. Heinrich
Beitrag zur Kenntnis des zeitlichen und örtlichen Druckverlaufs bei der plötzlichen Entlastung unter Druck stehender Behälter und Behälterkombinationen
- Nr. 76/1980
 D. Klaffke, W.-W. Maennig
Deformationsverhalten von Rein- und Reinstaluminium sowie Cu 99,9 und St 37 bei Biegewechselbeanspruchung im Rasterelektronenmikroskop
- Nr. 77/1981
 M. Gierloff, M. Maulzsch
Untersuchung des Verhaltens von Lagerzementen
- Nr. 78/1981
 W. Rücker
Dynamische Wechselwirkung eines Schienen-Schwellensystems mit dem Untergrund
- Nr. 79/1981
 V. Neumann
Ein Beitrag zur Untersuchung der wasserstoffbeeinflußten Kalttribneigung höherfester niedriglegierter Feinkornbaustähle mit dem Implantversuch
- Nr. 80/1981
 A. Plank, W. Struck, M. Tzschätzsch
Ursachen des Teileinsturzes der Kongreßhalle in Berlin-Tiergarten
- Nr. 81/1981
 J. Schmidt
Graphisch-rechnerisches Verfahren zum Erfassen der Zündhäufigkeit zündbarer Stoffe; Anwendung auf Datenmaterial aus dem Bereich der Statistik
- Nr. 82/1982
 R. Helms, H.-J. Kühn, S. Ledworuski
Zur werkstoffmechanischen Beurteilung des Kerbschlagbiegeversuches
Assessment of the mechanical behaviour of materials in the notched bar impact test
- Nr. 83/1982
 H. Czichos, P. Feinle
Tribologisches Verhalten von thermoplastischen Kunststoffen
- Kontaktdeformation, Reibung und Verschleiß, Oberflächenuntersuchungen -
- Nr. 84/1982
 R. Müller, R. Rudolphi
Übertragbarkeit der Ergebnisse von Brandprüfungen im Kleinprüfstand (Vergleichsversuche)
- Nr. 85/ISBN 3-88314-231-X/1982
 H. Czichos
Technische Materialforschung und -prüfung
- Entwicklungstendenzen und Rahmenvorschläge für ein EG-Programm „Basic Technological Research“ - Materials Research and Testing
- Development Trends and Outline Proposals for a Community Programme "Basic Technological Research" -
- Nr. 86/ISBN 3-88314-232-8/1982
 K. Niesel, P. Schimelwitz
Zur quantitativen Kennzeichnung des Verwitterungsverhaltens von Naturwerksteinen anhand ihrer Gefügekennmerkmale
- Nr. 87/ISBN 3-88314-240-9/1982
 B. Isecke, W. Stichel
Einfluß baupraktischer Umgebungsbedingungen auf das Korrosionsverhalten von Spannstählen vor dem Injizieren
- Nr. 88/ISBN 3-88314-254-9/1983
 A. Erhard
Untersuchungen zur Ausbreitung von Longitudinalwellen an Oberflächen bei der Materialprüfung mit Ultraschall
- Nr. 89/ISBN 3-88314-263-8/1983
 D. Conrad, S. Dietlen
Untersuchungen zur Zerfallsfähigkeit von Distickstoffoxid
- Nr. 90/ISBN 3-88314-264-6/1983
 K. Brandes, E. Limberger, J. Herter
Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen
Kinetic Load Bearing Capacity of Impulsively Loaded Reinforced Concrete Members
- Nr. 91/ISBN 3-88314-265-4/1983
 M. Weber
Dreidimensionale Analyse von unbewehrtem Beton mit nichtlinear-elastischem Materialgesetz
- Nr. 92/ISBN 3-88314-266-2/1983
 L. Auersch
Ausbreitung von Erschütterungen durch den Boden
- Nr. 93/ISBN 3-88314-283-2/1983
 P. Studt
Unterdrückung stick-slip-induzierter Kurvengeräusche schienengebundener Fahrzeuge durch eine physikalisch-chemische Oberflächenbehandlung der Schienen
- Nr. 94/ISBN 3-88314-284-0/1983
 Xian-Quan Dong
Untersuchungen der Störerschwingungen beim Kerbschlagbiegeversuch und deren Abschwächungen
- Nr. 95/ISBN 3-88314-289-1/1983
 M. Römer
Über die Fokussierung des Schallfeldes von Ultraschall-Prüfköpfen mit Fresnelschen Zonenplatten
- Nr. 96/ISBN 3-88314-296-4/1983
 H. Eifler
Verbundverhalten zwischen Beton und geripptem Betonstahl sowie sein Einfluß auf inelastische Verformungen biegebeanspruchter Stahlbetonbalken
- Nr. 97/ISBN 3-88314-297-2/1983
 G. Fuhrmann, W. Schwarz
Typische Bruchflächenausbildung thermoplastischer Kunststoffe nach wechselnder mechanischer Beanspruchung
- Nr. 98/ISBN 3-88314-312-X/1983
 E. Schnabel
Bestimmung des elastischen Verhaltens von Maschinenwaren
- Stretch- und Erholungsvermögen -
- Nr. 99/ISBN 3-88314-317-0/1983
 K. Brandes, E. Limberger, J. Herter
Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen
Kinetic Load Bearing Capacity of Impulsively Loaded Reinforced Concrete Members
- Nr. 100/ISBN 3-88314-298-0/1984
 G. Klamrowski, P. Neustupny
Untersuchungen zur Prüfung von Beton auf Frostwiderstand
- Nr. 101/ISBN 3-88314-327-8/1984
 P. Reimers, J. Goebbels, H. Heidt, P. Weise, K. Wilding
Röntgen- und Gammastrahlen Computer-Tomographie
- Nr. 102/ISBN 3-88314-335-9/1984
 G. Magiera
Weiterentwicklung des hydraulischen Kompensationsverfahrens zur Druckspannungsmessung in Beton
- Nr. 103/ISBN 3-88314-328-6/1984
 D. Schnitger
Radiographie mit Elektronen aus Metallverstärkerfolien
- Nr. 104/ISBN 3-88314-339-1/1984
 M. Gierloff
Beeinflussung von Betoneigenschaften durch Zusatz von Kunststoffdispersionen
- Nr. 105/ISBN 3-88314-345-6/1984
 B. Schulz-Forberg
Beitrag zum Bremsverhalten energieumwandelnder Aufsetzpuffer in Aufzugsanlagen
- Nr. 106/ISBN 3-88314-360-X/1984
 J. Lehnert
Setzung von Fundamenten infolge dynamischer Last
- Nr. 107/ISBN 3-88314-361-8/1984
 W. Stichel, J. Ehreke
Korrosion von Stahlradiatoren
- Nr. 108/ISBN 3-88314-363-4/1984
 L. Auersch
Durch Bodenerschütterungen angeregte Gebäudeschwingungen - Ergebnisse von Modellrechnungen
- Nr. 109/ISBN 3-88314-381-2/1985
 M. Omar
Zur Wirkung der Schrumpfbehinderung auf den Schweißspannungszustand und das Sprödbruchverhalten von unterpulverschweißten Blechen aus St E 460 N
- Nr. 110/ISBN 3-88314-382-0/1985
 H. Walde, B. Kropp
Wasserstoff als Energieträger
- Nr. 111/ISBN 3-88314-383-9/1985
 K. Ziegler
Über den Einfluß der Initiierung auf die detonative Umsetzung von Analex-Sprengstoffen unter Berücksichtigung sicherheitstechnischer Gesichtspunkte
- Nr. 112/ISBN 3-88314-409-6/1985
 W. Lützwow
Zeitstandverhalten und strukturelle Veränderungen von vielfach wiederverarbeiteten Polyethylenen
- Nr. 113/ISBN 3-88314-410-X/1985
 R. Helms, H. Henke, G. Oelrich, T. Saito
Untersuchungen zum Frequenzeinfluß auf die Schwingungskorrosion von Offshore-Konstruktionen
- Nr. 114/ISBN 3-88314-419-3/1985
 P. Rose, P. Raabe, W. Daum, A. Szameit

Neue Verfahren für die Prüfung von Reaktorkomponenten mittels Röntgen- und Gammastrahlen

Nr. 115/ISBN 3-88314-420-7/1985

K. Richter

Farbempfindungsmerkmal Elementaruntunten und Buntheitsabstände als Funktion von Farbart und Leuchtdichte von In- und Umfeld

Nr. 116/ISBN 3-88314-460-6/1985

F.-J. Kasper, R. Müller, R. Rudolphi, A. Wagner

Theoretische Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Fensterkonstruktionen unter besonderer Berücksichtigung der Rahmenproblematik

Nr. 117/ISBN 3-88314-468-1/1985

H. Czichos, G. Sievers

Materials Technologies and Techno-Economic Development

A Study for the German Foundation for International Development (Deutsche Stiftung für Internationale Entwicklung)

Nr. 118/ISBN 3-88314-469-X/1985

H. Treumann, H. Andre, E. Blossfeld, N. Pfeil, M.-M. Zindler

Brand- und Explosionsgefahren explosionsgefährlicher Stoffe bei Herstellung und Lagerung. Modellversuche mit pyrotechnischen Sätzen und Gegenständen

Nr. 119/ISBN 3-88314-472-X/1985

J. Herter, K. Brandes, E. Limberger

Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen

Versuche an Stahlbetonplatten, Teil I

Kinetic Load Bearing Capacity of Impulsively Loaded Reinforced Concrete Members

Tests on Reinforced Concrete Slabs, Part I

Nr. 120/ISBN 3-88314-514-9/1986

A. Hecht

Zerstörungsfreie Korngrößenbestimmung an austenitischen Feinblechen mit Hilfe der Ultraschallrückstreuung

Nr. 121/ISBN 3-88314-530-0/1986

P. Feinle, K.-H. Habig

Versagenskriterien von Stahlgleitpaarungen unter Mischreibungsbedingungen: Einflüsse von Stahlsammensetzung und Wärmebehandlung

Nr. 122/ISBN 3-88314-521-1/1986

J. Mischke

Entsorgung kerntechnischer Anlagen

Sonderkolloquium der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) am 10. 12. 1985 mit Beiträgen von B. Schulz-Forberg, K.E. Wieser und B. Droste

Nr. 123/ISBN 3-88314-531-9/1986

D. Rennoch

Physikalisch-chemische Analyse sowie toxische Beurteilung der beim thermischen Zerfall organischer chemischer Baustoffe entstehenden Brandgase

Nr. 124/ISBN 3-88314-538-6/1986

H.-M. Thomas

Zur Anwendung des Impuls-Wirbelstromverfahrens in der zerstörungsfreien Materialprüfung

Nr. 125/ISBN 3-88314-540-8/1986 (vergriffen)

B. Droste, U. Probst

Untersuchungen zur Wirksamkeit der Brandschutzisolierung von Flüssiggas-Lagertanks

Nr. 126/ISBN 3-88314-547-5/1986

W. Stichel

Korrosion und Korrosionsschutz von Metallen in Schwimmhallen

Nr. 127/ISBN 3-88314-564-5/1986 (vergriffen)

E. Limberger, K. Brandes, J. Herter, K. Berner

Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen

Kinetic Load Bearing Capacity of Impulsively Loaded Reinforced Concrete Members

Versuche an Stahlbetonbalken, Teil I

Tests on Reinforced Concrete Beams, Part I

Nr. 128/ISBN 3-88314-568-8/1986 (vergriffen)

E. Limberger, K. Brandes, J. Herter, K. Berner

Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen

Kinetic Load Bearing Capacity of Impulsively Loaded Reinforced Concrete Members

Versuche an Stahlbetonbalken, Teil II

Tests on Reinforced Concrete Beams, Part II

Nr. 129/ISBN 3-88314-569-6/1986 (vergriffen)

K. Brandes, E. Limberger, J. Herter, K. Berner

Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen

Kinetic Load Bearing Capacity of Reinforced Concrete Members under Impact Load

Zugversuche an Betonstahl mit erhöhter Dehnungsgeschwindigkeit

Reinforcing Steel Tension Tests with high strain rates

Nr. 130/ISBN 3-88314-570-X/1986

W. Struck

Einfache Abschätzung der Durchbiegung und der Energieaufnahme von Trägern aus duktilem Material bei Belastung durch eine Einzelkraft

Nr. 131/ISBN 3-88314-585-8/1986

E. Limberger, K. Brandes, J. Herter

Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen

Kinetic Load Bearing Capacity of Reinforced Concrete Members under Impact Load

Versuche an Stahlbetonplatten, Teil II

Tests on Reinforced Concrete Slabs, Part II

Nr. 132/ISBN 3-88314-595-5/1987

Chr. Herold, F.-U. Vogdt

Ermittlung der Ursachen von Schäden an bituminösen Dachabdichtungen unter besonderer Berücksichtigung klimatischer Beanspruchungen

Nr. 133/ISBN 3-88314-609-9/1987 (vergriffen)

M. Woydt, K.-H. Habig

Technisch-physikalische Grundlagen zum tribologischen Verhalten keramischer Werkstoffe

Nr. 134/ISBN 3-88314-615-3/1987

G. Andreae, G. Niessen

Über den Kernstrahlungseinfluß auf Dehnungsmeßstreifen

Nr. 135/ISBN 3-88314-618-8/1987

J. Ludwig, W.-D. Mischke, A. Ulrich

Untersuchungen über das Verhalten von Tankcontainern für unter Druck verflüssigte Gase bei Fallbeanspruchungen

Nr. 136/ISBN 3-88314-636-6/1987

H.-J. Deppe, K. Schmidt

Untersuchung zur Beurteilung von Brettschichtverleimungen für den Holzbau

Nr. 137/ISBN 3-88314-637-4/1987

D. Aurich

Analyse und Weiterentwicklung bruchmechanischer Versagenskonzepte auf der Grundlage von Forschungsergebnissen auf dem Gebiete der Komponentensicherheit

Nr. 138/ISBN 3-88314-635-8/1987

M. Dogunke, F. Buchhardt

Zur geowissenschaftlichen Einordnung des Gebietes der Bundesrepublik Deutschland und einer sicheren Auslegung technischer Systeme gegen den Lastfall Erdbeben.

Nr. 139/ISBN 3-88314-658-7/1987

J. Olschewski, S.-P. Scholz

Numerische Untersuchung zum Verhalten des Hochtemperaturwerkstoffes Nimonic PE 16 unter monotoner und zyklischer Belastung bei Verwendung verschiedener plastischer und viskoplastischer Materialmodelle

Nr. 140/ISBN 3-88314-643-9/1987

K. Brandes, E. Limberger, J. Herter

Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen

Kinetic Load Bearing Capacity of Impulsively Loaded Reinforced Concrete Members

Nr. 141/ISBN 3-88314-694-3/1987

F. Buchhardt, W. Matthees, G. Magiera, F. Mathiak

Zum Einfluß des Sicherheits- und Auslegungserdbebens auf die Bemessung von Kernkraftwerken

Nr. 142/ISBN 3-88314-695-1/1987

H. Treumann, G. Krüger, N. Pfeil, S. von Zahn-Ullmann

Sicherheitstechnische Kenndaten und Gefährzahlen binärer Mischungen aus oxidierenden und verbrennlichen Substanzen

Nr. 143/ISBN 3-88314-701-X/1987

K. Brandes, E. Limberger, J. Herter

Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen

Kinetic Load Bearing Capacity of Impulsively Loaded Reinforced Concrete Members

Experimentelle und numerische Untersuchungen zum Trag- und Verformungsverhalten von Stahlbetonbauteilen bei Stoßbelastung

Experimental and numerical Investigations concerning Load Bearing Behaviour of Reinforced Concrete Members under Impact Load

Nr. 144/ISBN 3-88314-702-8/1987

F. Buchhardt, G. Magiera, W. Matthees, M. Weber, J. Altes

Nichtlineare dynamische Berechnungen zum Penetrationsverhalten des AVR-Reaktorgebäudes

Nr. 145/ISBN 3-88314-711-7/1987

U. Holzlöhner

Untersuchung selbstähnlicher Systeme zur Bestimmung von Materialeigenschaften von Reibungsböden

Nr. 146/ISBN 3-88314-714-1/1987

W. Schön, M. Mallon

Untersuchungen zur Wirksamkeit von Wasserberieselungseinrichtungen als Brandschutzmaßnahme für Flüssiggas-Lagertanks

Nr. 147/ISBN 3-88314-720-6/1987

H.-D. Kleinschrodt

Lösung dynamischer Biege- und Torsionsprobleme von Stabsystemen aus dünnwandigen elastischen Stäben mit offenem Querschnitt mittels frequenzabhängiger Ansatzfunktionen

Nr. 148/ISBN 3-88314-774-5/1988

W. Müller

Theoretische Untersuchung von Variationsprinzipien für elastoplastisches Materialverhalten sowie Entwicklung und numerische Erprobung von Finite-Element-Verfahren für den ebenen Spannungszustand

Nr. 149/ISBN 3-88314-775-3/1988

U. Holzlöhner

Bestimmung baugruddynamischer Kenngrößen aus der Untersuchung von Bodenproben

Nr. 150/ISBN 3-88314-776-1/1988

M. Weber

VG3D Zeichenprogramm für Vektorgraphische Darstellung dreidimensionaler Strukturen

Nr. 151/ISBN 3-88314-785-0/1988

L. Auersch-Saworski

Wechselwirkung starrer und flexibler Strukturen mit dem Baugrund insbesondere bei Anregung durch Bodenerschütterungen

Nr. 152/ISBN 3-88314-796-6/1988

G. Plauk, G. Kretschmann, R.-G. Rohrmann

Untersuchung des baulichen Zustandes und der Tragfähigkeit vorgespannter Riegel von Verkehrszeichenbrücken der Berliner Stadtautobahn

Nr. 153/ISBN 3-88314-797-4/1988

H. Sander, W.-W. Maennig

Magnetisches Verhalten von Eisenproben bei mechanischer Wechselbeanspruchung

Nr. 154/ISBN 3-88314-822-9/1988

K. Breikreutz, R. Uttech, K. Haedecke

Druckgesinterte Stähle als zertifiziertes Referenzmaterial für die Spektrometrie

Nr. 155/ISBN 3-88314-825-3/1988

L. Auersch

Zur Entstehung und Ausbreitung von Schienenverkehrerschütterungen: Theoretische Untersuchungen und Messung am Hochgeschwindigkeitszug Intercity Experimental

Nr. 156/ISBN 3-88314-887-3/1989

G. Klamrowski, P. Neustupny, H.-J. Deppe, K. Schmidt, J. Hundt

Untersuchungen zur Dauerhaftigkeit von Faserzementen

Nr. 157/ISBN 3-88314-888-1/1989

E. Limberger, K. Brandes

Versuche zum Verhalten von Stahlbetonbalken mit Übergreifungsstößen der Zugbewehrung unter stoßartiger Belastung

Nr. 158/ISBN 3-88314-889-X/1989

R. Wäsche, K.-H. Habig

Physikalisch-chemische Grundlagen der Feststoffschmierung – Literaturübersicht –

Nr. 159/ISBN 3-88314-890-3/1989

R. Müller, R. Rudolphi

Berechnung des Wärmedurchlaßwiderstandes und der Temperaturverteilung im Querschnitt von Hausschornsteinen nach DIN 18160 Teil 6

Nr. 160/ISBN 3-88314-917-9/1989

W. Matthees

Entwicklung eines Makroelementes durch Kondensation am Beispiel der Lastfälle Flugzeugabsturz und Erdbeben bei Boden-Bauwerk-Wechselwirkung mit biegeweichen Fundamenten

Nr. 161/ISBN 3-88314-920-9/1989

G. Mellmann, M. Maultzsch

Untersuchung zur Ermittlung der Biegefestigkeit von Flachglas für bauliche Anlagen

Nr. 162/ISBN 3-88314-921-7/1989

W. Brünner

Untersuchungen zur Tragfähigkeit großer Glasscheiben

Nr. 163/ISBN 3-88314-922-5/1989

W. Brünner, G. Mellmann, W. Struck

Biegefestigkeit und Tragfähigkeit von Scheiben aus Flachglas für bauliche Anlagen

Nr. 164/ISBN 3-88314-934-9/1989

R. Helms, B. Jaenicke, H. Wolter, C.-P. Bork

Zur Schwingfestigkeit großer geschweißter Stahlträger

Nr. 165/ISBN 3-88314-935-7/1989

P. Göbel, L. Meckel, W. Schiller

**Untersuchung zur Erarbeitung von Kennwerten bei
Einrichtungsmaterialien (Holzwerkstoffen, Möbeln
und Textilien) hinsichtlich der Formaldehyd-
Emission.**

Teil B: Textilien

Nr. 166/ISBN 3-88314-936-5/1989

K. Breitzkreutz

Modelle für Stereologische Analysen

Nr. 167/ISBN 3-88314-937-3/1989

A. Mitakidis, W. Rücker

**Erschütterungsausbreitung im elastischen Halbraum
bei transienten Belastungsvorgängen**

Nr. 168/ISBN 3-88314-958-6/1990

F.-J. Kasper, R. Müller, R. Rudolphi

**Numerische Untersuchung geometriebedingter Wär-
mebrücken (Winkel und Ecken) unter Einsatz hochau-
flösender Farbgraphik bei Berücksichtigung der Tau-
wasserproblematik und des Mindestluftwechsels**

Nr. 169/ISBN 3-88314-959-4/1990

Chr. Kohl, W. Rücker

**Integration der Untergurndynamik in das Programm-
system MEDYNA, dargestellt am Beispiel des Intercity
Experimental (ICE)**

Nr. 170/ISBN 3-88314-960-8/1990

P. Studt, W. Kerner, Tin Win

**Untersuchung der mikrobiologischen Schädigung
wassergemischter Kühlschmierstoffe mit dem Ziel
der Verbesserung der Arbeitshygiene, der Minderung
der Geruchsbelastung und der Menge zu entsorgen-
der Emulsionen**

Nr. 171/ISBN 3-88314-997-7/1990

F. Buchhardt

**Ein Operator zur Koppelung beliebig benachbarter dy-
namischer Systeme am Beispiel der Boden-Bauwerk-
Wechselwirkung**

Nr. 172/ISBN 3-88314-998-5/1990

J. Vielhaber, G. Plauk

Grenztragfähigkeit großer Verbundprofilstützen

Nr. 173/ISBN 3-88314-999-3

B. Droste, J. Ludwig, B. Schulz-Forberg

**Höherwertige Transporttechnik und ihre Konsequen-
zen für die Beförderung gefährlicher Güter**

**Bundesanstalt
für Materialforschung
und -prüfung (BAM)**

**Federal Institute
for Materials
Research and Testing**

**Institut Fédéral pour la
Recherche et l'Essai des
Materiaux**

Unter den Eichen 87
D-1000 Berlin 45

Telefon (030) 8104-1
Telex 183 261 bamb d
Telegramme BAM BERLIN

Telefax (030) 8 112 029
Teletex 2627-308 372=bamb

- ***Berichte***
- ***Gutachten***
- ***Zulassungen***
- ***Zertifikate***
- ***Tagungspapiere***
- ***Prüfungszeugnisse***
- ***Prüfstellenanerkennungen***

