

BRANDSCHUTZ- FORSCHUNG

DER BUNDESLÄNDER

BERICHTE

Untersuchung der Löschverfahren und Löschmittel
zur Bekämpfung von Bränden gefährlicher Güter –
Literatur-Recherche über Stoffe mit unterschied-
lichen Löschmittel-Empfehlungen in europäischen
Gefahrstoff-Merkblättern (Text)

112,1

ARBEITSGEMEINSCHAFT DER INNENMINISTERIEN DER BUNDESLÄNDER
ARBEITSKREIS V – AUSSCHUSS FÜR FEUERWEHRANGELEGENHEITEN,
KATASTROPHENSCHUTZ UND ZIVILE VERTEIDIGUNG

Arbeitsgemeinschaft der Innenministerien der Bundesländer
Arbeitskreis V — Ausschuß Feuerwehrangelegenheiten

Forschungsbericht Nr. 112

Untersuchung der Löschverfahren und Löschmittel zur Bekämpfung von Bränden gefährlicher Güter – Literatur-Recherche über Stoffe mit unterschiedlichen Löschmittel-Empfehlungen in europäischen Gefahrstoff-Merkblättern

von
Dipl.-Ing. C. Axel Föhl

Forschungsstelle für Brandschutztechnik
an der Universität Karlsruhe (TH)

Karlsruhe
Dezember 1998

FORSCHUNGSBERICHT 112: KORREKTUREN

- Ergänzung
im Inhalts-
verzeichnis
- 4.3 Bewertung der zu Rate gezogenen Gefahrstoff-Literatur 44
- Seite 1,
letzte Reihe
- BLEVE Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion = Behälterexplosion als Folge der Dampfausdehnung beim Flüssigkeitssieden, weil das vorgeschädigte Behältermaterial der spontanen Drucksteigerung beim Wechsel vom flüssigen in den gasförmigen Aggregatzustand nicht mehr standhält; besonders gefährlich bei druckverflüssigten Gasen mit relativ niedriger kritischer Temperatur (sh. S. 32).
- Seite 4,
Reihe 21
- NFPA National Fire Protection Agency Association
- Seite 32,
3. + 4. Absatz
- Tatsächlich beruht das mit dieser amerikanischen Abkürzung bezeichnete Phänomen auf dem physikalischen Prinzip, daß sich Flüssigkeiten beim Übergang in die Gasphase (auf Grund von Wärmezufuhr) stark ausdehnen – Wasser beispielsweise auf das 1600-fache, was einen entsprechenden Druckanstieg zur Folge hat. Je näher das Temperaturniveau, auf dem die Wärmezufuhr stattfindet, bei der kritischen Temperatur liegt, desto schneller findet der Phasenübergang statt – beim Überschreiten der kritischen Temperatur schlagartig. Grundsätzlich herrscht während des Phasenübergangs in beiden Phasen dieselbe Temperatur. Wegen der schlechteren Wärmeleitung in der Gasphase kann dort jedoch eine punktuelle Erwärmung zu einer lokalen Überhitzung und damit zum Versagen des Behältermaterials führen.
- Beim plötzlichen Aufreißen des Behälters (alternativ verursacht von umherfliegenden Trümmern einer benachbarten Explosion) fällt bei druckverflüssigten Gasen mit dem nachlassenden Druck auch der Siedepunkt der Flüssigkeit, sie verdampft. Der damit einhergehende schnelle Druckanstieg vergrößert die schon vorhandene Öffnung explosionsartig, wobei große Teile des Behälterinhaltes nach draußen geschleudert werden. — Dieses Phänomen – Eruption des Behälterinhaltes wegen plötzlicher Siedepunktsenkung – setzt voraus, daß der Behälter druckverflüssigtes Gas enthält. Es tritt nicht auf bei lediglich verdichtetem Gas, denn dieses hat die entscheidende Volumenzunahme beim Sieden ja schon erfahren, und bei Flüssigkeiten tritt es ebenfalls nicht auf, wenn diese nicht zuvor über ihren Siedepunkt erhitzt wurden. Der BLEVE-Definition im ERIC-Einführungskapitel fehlt die physikalische Begründung für die “Behälterexplosion infolge von Dampfausdehnung beim Flüssigkeitssieden” und entsprechend falsch sind dann auch die Warnhinweise in vielen Gruppenmerkblättern. Ungenügende Erklärungen sind im Übrigen auch bei anderen Autoren [10, 50, 52] zu finden — im NFPA-Code 921 und im Fire Protection Handbook [51] wird Behälterversagen wegen hydraulischer Überbeanspruchung in die Definition miteinbezogen, weil die im Brandfall auftretenden Temperaturen – trotz der geringen Wärmeausdehnungskoeffizienten von Flüssigkeiten – ausreichen, um eine Volumenzunahme von etwa 50 % zu verursachen.
- Seite 44,
Mitte
- ... genügend (mehr oder weniger korrekte) Übersetzungen gibt.
- 4.3 Bewertung der zu Rate gezogenen Gefahrstoff-Literatur
- Aus Zeit- und Platzgründen ist es im Rahmen dieser Untersuchungen nicht möglich, ...
- Seite 71,
Zeile 14
- ... Absätzen genügen. In der Zusammenfassung (Tabelle 10) findet sich ...

INHALTSVERZEICHNIS

VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN	1
1. EINLEITUNG	7
2. KENNZEICHNUNG VON GEFÄHRLICHEN STOFFEN	8
2.1 Kennzeichnung durch die Vereinten Nationen	8
2.2 NFPA-Kennzeichnung	9
2.3 Europäische Kennzeichnung	10
2.4 Britische Kennzeichnung	21
3. NEUE EUROPÄISCHE TRANSPORTUNFALL-MERKBLÄTTER	24
4. KENNZEICHNUNGS- UND ANWEISUNGSDIFFERENZEN	33
4.1 Stoffe, bei denen die Löschmittel-Empfehlungen in den in der Europäischen Gemeinschaft existierenden Gefahrstoff-Merk- blättern nicht übereinstimmen	33
4.2 Hinweise und Empfehlungen in der Fachliteratur für den Fall eines Brandes mit diesen Stoffen	34
5. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	71
6. LITERATURVERZEICHNIS	79
7. VERZEICHNIS DER BILDER UND TABELLEN	87

VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN

Kürzel	Bedeutung	Quelle
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists = Vereinigung der Gewerbeärzte	
ADI	Acceptable Daily Intake = zulässige tägliche Aufnahme	
ADNR	Accord Européen relatif au Transport International des Marchandises Dangereuses par voie de Navigation Interieure sur le Rhin	ZKR
ADR	Accord Européen relatif au Transport International des Marchandises Dangereuses par Route	UN-ECE
AIHA	American Industrial Hygiene Association	
ANSI	American National Standards Institute	
ASTM	American Society for Testing and Materials	
BAM	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin	
BArbBl.	Bundesarbeitsblatt	
BAT	biologischer Arbeitsstoff-Toleranzwert = höchstzulässige Menge eines Gefahrstoffes, die die Gesundheit nicht beeinträchtigt, auch wenn sie am Arbeitsplatz regelmäßig erreicht wird – definiert als Konzentrations-, Bildungs- oder Ausscheidungswert, z.B. bezogen auf das über die Nieren ausgeschiedene Kreatinin, dessen Menge der Muskelmasse proportional ist	[30, 33]
BG	Berufsgenossenschaft	
BGA	Bundesgesundheitsamt, Berlin (jetzt bgvv)	
BGBl.	Bundesgesetzblatt	
bgvv	Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin	
BIG	Belgische Gefahrstoffdatenbank	
BImSchG	Bundes-Immissionsschutz-Gesetz	
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion = Behälterexplosion als Folge der Dampfausdehnung beim Flüssigkeitssieden, weil das Behältermaterial der spontanen Drucksteigerung beim Wechsel vom flüssigen in den gasförmigen Aggregatzustand nicht mehr standhält. — Insbesondere dann, wenn bei druckverflüssigten Gasen im Behälter die relativ niedrige kritische Temperatur überschritten wird, muß auch das stärkste Behältermaterial versagen, weil sich oberhalb dieser Temperatur kein Gas mehr durch Druck verflüssigen läßt. — Nur wenn es sich beim Inhalt des Behälters um eine entflammare Flüssigkeit handelt, deren Dämpfe bei der explosionsartigen Freisetzung entzündet werden, bildet die Flammenfront einen sich mit hoher Geschwindigkeit ausbreitenden Feuerball.	

Kürzel	Bedeutung	Quelle
BMA	Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung	
BMV-Ref.A13	Referat für gefährliche Transportgüter im Bundesverkehrsministerium	
CARN	Chemical Abstracts Registry Number	
CAS	Chemical Abstracts Service	
CEC	Commission of the European Communities	
CEFIC	Conseil Européen des Fédérations de l'Industrie Chimique = Europäischer Rat der [nationalen] Chemieverbände (Europäischer Chemieverband)	
CFR, title 49	US-Code of Federal Regulations: Transport of Dangerous Goods	
CHEMIS	Chemikalien-Informationssystem	BGA
CHRIS	Chemical Hazard Response Information System	USCG
CIM	Convention Internationale concernant le Transport des Marchandises par Chemin de Fer = Anhang B von	COTIF
COTIF	Convention relative aux Transports Internationaux Ferroviaires	OCTI
CSA	Canadian Standards Association	
CTIF	Comité Technique International de Prévention et d'Extinction du Feu = internationales technisches Komitee für vorbeugenden Brandschutz und Feuerlöschwesen (internationaler Feuerwehrverband)	
DHHS	US-Department of Health and Human Services	
DIN	Deutsches Institut für Normung, Berlin	
DOT	US-Department of Transportation	
DVGW	Deutscher Verein für das Gas- und Wasserfach, Eschborn	
EAC	Emergency Action Code = Hazchem-Code	[29, 42]
EAEC	European Atomic Energy Community	
ECDIN	European Chemicals Data and Information Network	
ECE-WP15	Economic Commission for Europe - Working Party 15 = GE15 = Group of Experts on the Transport of Dangerous Goods	UN
ECOIN	European Core Inventory = Europäisches Basisverzeichnis von Altstoffen, Ispra	
ECOSOC	Economic and Social Council	UN
ECSC	European Coal and Steel Community	
EEC	European Economic Community	
EINECS	European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances = Europäisches Verzeichnis der auf dem Markt vorhandenen chemischen Stoffe (Altstoffverzeichnis)	ECSC-EEC-EAEC, 1987 [40, 62, 83]

Kürzel	Bedeutung	Quelle
ELINCS	European List of Notified (new) Chemical Substances = Europäisches Verzeichnis der angemeldeten (neuen) chemischen Stoffe	[40, 62, 83]
EmS	Emergency Schedules = Notfallmaßnahmen auf See	UN-IMO-MSC
EPA	Environmental Protection Agency	
ERIC	Emergency Response Intervention Card	CEFIC
ERPG	Emergency Response Planning Guidelines ERPG-1: die maximale Konzentration, der beinahe alle Per- sonen 1 Stunde exponiert werden können, ohne mehr als leichte, vorübergehende gesundheitliche Auswirkungen ERPG-2: dto., ohne sie so schwer zu beeinträchtigen, daß sie nicht mehr im Stande sind, Schutzmaßnahmen zu ergreifen ERPG-3: dto., ohne lebensbedrohende gesundheitliche Aus- wirkung	AIHA
ETW	Einsatztoleranzwert	vfdb-Richtlinie 10/01
FEMA	US Federal Emergency Management Agency	
FFB	Forschungsstelle für Brandschutztechnik an der Universität Karlsruhe (TH)	
FIZ	Fachinformationszentrum	
FTMS	Federal Test Method Standards	
GdBL	Gefahrstoffdatenbank des Bundes und der Länder	
GGVE	Gefahrgutverordnung Eisenbahn = Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher Güter mit der Eisenbahn einschl. Anlagen	BGBl. I, Seite 1560, 22.7.1985... BGBl. I, Seite 1876, 12.12.1996
GGVS	Gefahrgutverordnung Straße = Verordnung über die inner- staatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher Güter auf Straßen einschl. Anlagen A und B und Anhänge (insbesondere: B.5 und B.8)	BGBl. I, Seite 1886, 12.12.1996... BGBl. I, Seite 3985, 22.12.1998
GOST	staatliches Komitee der UdSSR für Standardisierung	
GS	Gefahrstoff(e)	
GSA	Gefahrstoff-Schnellauskunft	INFUCHS
GSA	General Services Administration	
GSBL	gemeinsamer Stoffdatenpool des Bundes und der Länder	
Hazchem	Hazardous Chemicals	
HIN	Hazard Identification Number = Gefahrnummer = Kemler-Zahl	

Kürzel	Bedeutung	Quelle
ICE	International Chemical Environment = internationale Zusammenarbeit der chemischen Industrie zum Schutz der Umwelt bei Transportunfällen	
IDLH	Immediately Dangerous to Life and Health = die Konzentration [ppm], die beim Menschen nach halbstündiger Exposition noch nicht zu irreversiblen Schäden führt	NIOSH
IGS	Informations- und Kommunikationssystem über gefährliche und umweltrelevante Stoffe	FIZ GS NRW
IMDG	International Maritime Dangerous Goods Code	UN-IMO-MSC
IMO	International Maritime Organization	UN
INFUCHS	Informationssystem für Umweltchemikalien, Chemieanlagen und Störfälle	UBA
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry	
iva	Industrieverband Agrar	
KG	Körpergewicht	
LC ₅₀	die Konzentration, die sich bei 1-stündigem Einatmen für 50 % der Testorganismen nach 14 Tagen letal auswirkt	[14]
LC _{low}	niedrigste veröffentlichte Konzentration in der Atemluft, die sich für die ersten der Testorganismen letal auswirkt	
LD ₅₀	die Dosis [kg/kg KG], die sich nach einmaliger Einnahme oder Adsorption durch die Haut für 50 % der Testorganismen nach 14 Tagen (nach 1 Tag [30]) letal auswirkt	[14]
LD _{low}	niedrigste veröffentlichte Dosis, die sich für die ersten der Testorganismen letal auswirkt	
LIS	Landesanstalt für Immissionsschutz NRW	
LM	Lösungsmittel	
LOEC	Lowest Observed Effect Concentration = TC _{low}	
LOLetC	Lowest Observed Lethal Concentration = LC _{low}	
MAK	maximale Konzentration eines Gefahrstoffes in der Luft am Arbeitsplatz (Wochenarbeitszeit: 40 h), die im allgemeinen die Gesundheit des Beschäftigten nicht beeinträchtigt	TRGS-900
MCA	Manufacturing Chemists' Association Inc., Washington	
MFAG	Medical First Aid Guide = Richtlinie Maritim 003: Leitfaden für medizinische Maßnahmen	UN-IMO-MSC
NFPA	National Fire Protection Agency	
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, Ohio	DHHS
NIST	National Institute of Standards and Technology	
NOAEL	No Observed Adverse Effect Level = untere Schwelle schädlicher Wirkungen	

Kürzel	Bedeutung	Quelle
NOEC	No Observed Effect Concentration = untere Wirkungsschwelle der Konzentration in der Atemluft	
NOEL	No Observed Effect Level = untere Wirkungsschwelle	
NRW	Nordrhein-Westfalen	
NTSB	National Transportation Safety Board	
OCTI	Comité International des Transports Ferroviaires – Commission d'Experts de l'Office Central des Transports Internationaux, Bern	
OSHA	Occupational Safety and Health Act	
OSHA	Occupational Safety and Health Administration	
ПДК (СССР)	zulässige Grenzkonzentration der Rauchgase, bei der die in der russischer Norm GOST 12.1.005-76ff definierte Mortalitätsrate bei den Testorganismen nicht überschritten wird	
ppm	parts per million (eins zu einer Million)	
PSM	Pflanzenschutzmittel	
RID	Règlement International concernant le Transport des Marchandises Dangereuses par Chemin de Fer	COTIF
RTECS	Registry of Toxic Effects of Chemical Substances	NIOSH
SBW	Störfall-Beurteilungswert	VCI
TC _{low}	die geringste Konzentration in der Atemluft, die eine toxische Wirkung zeigt	
TD _{low}	die geringste Dosis, die eine toxische Wirkung zeigt	
TEC(R)	Transport Emergency Card (Road) = TremCard, G in der Nr. bedeutet Gruppenmerkblatt, M gemischte Ladung	CEFIC
TLV-STEL	Threshold Limit Value (Short Term Exposure Limit)	ACGIH
TLV-TWA	Threshold Limit Value (Time Weighed Average) = amerikanischer MAK	ACGIH
TRbF	technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten	
TRgA	technische Regeln für gefährliche Arbeitsstoffe = ältere Bezeichnung von TRGS	
TRGS	technische Regeln für Gefahrstoffe	ChemG, GefStoff-VO
TRGS-102	= TRK = technische Richtkonzentrationen	BArbBl. 1995, Heft 5, S. 35
TRGS-200	Einstufung und Kennzeichnung von Stoffen, Zubereitungen und Erzeugnissen	BArbBl. 1995, Heft 11, S. 46
TRGS-220	Sicherheitsdatenblatt für gefährliche Stoffe und Zubereitungen	BArbBl. 1993, Heft 9, S. 36
TRGS-403	= Bewertung von Stoffgemischen	BArbBl. 1989, Heft 10, S. 71

Kürzel	Bedeutung	Quelle
TRGS-900	Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz (MAK- und TRK-Werte)	[66]
TRGS-903	biologische Arbeitsplatz-Toleranzwerte (BAT-Werte)	BArbBl. 1994, Heft 6, S. 53, BArbBl. 1995, Heft 7/8, S.53
TRGS-905	Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder und fortpflanzungsgefährdender Stoffe	BArbBl. 1995, Heft 4, S. 47
TRK	die technische Richtkonzentration ist die geringstmögliche Konzentration eines gefährlichen Stoffes in der Luft am Arbeitsplatz, die nach dem Stand der Technik erreicht werden kann, und dient bei Stoffen, für die kein MAK-Wert festgelegt wurde, als Richtgröße für angemessene Schutzmaßnahmen am Arbeitsplatz, um eine gesundheitliche Beeinträchtigung nach Möglichkeit zu mindern; da sie nur gemindert, nicht ausgeschlossen werden kann, sind durch technische Verbesserungen Konzentrationen weit unterhalb des TRK-Wertes anzustreben [47]	TRGS-102
TUIS	Transportunfall-Informations- und Hilfeleistungssystem	VCI
UBA	Umweltbundesamt, Berlin	
UMPLIS	Umweltplanungs- und Informationssystem	UBA
UN-ECE	United Nations - Economic Commission for Europe	
UN-IMO-MSC	United Nations - International Maritime Organization - Maritime Safety Committee	
USCG	US Coast Guard	
VbF	Verordnung über brennbare Flüssigkeiten	BGBl. I, Seite 1937, 13.12.1996, BGBl. I, Seite 447, 24.2.1997
VBG	Unfallverhütungsvorschrift des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften, St. Augustin	
VCI	Verband der Chemischen Industrie e. V., Frankfurt/M	
VDE	Verband Deutscher Elektrotechniker, Frankfurt/M	
VDI	Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf	
vfdb	Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V., Altenberge	
VO	Verordnung auf Basis eines Bundesgesetzes	
WGK	Wassergefährdungsklasse	
ZKR	Zentralkommission für die Rheinschifffahrt, Straßburg	

1. EINLEITUNG

Am 7. August 1975 trat in der Bundesrepublik Deutschland das Gesetz über die Beförderung gefährlicher Güter in Kraft [1], mit dem die bis dahin geltenden unterschiedlichen Regelungen der einschlägigen Einzelgesetze vereinheitlicht wurden. Dieses Gesetz betrifft den Transport auf der Straße, auf der Schiene, in der Luft und zu Wasser. Ausgenommen sind der innerbetriebliche Transport, die Post und der grenzüberschreitende Verkehr, da diese durch andere gesetzliche Vorschriften geregelt werden — letzterer durch zwischenstaatliche Verträge wie ADR (Accord Européen relatif au Transport International des Marchandises Dangereuses par Route [2]), RID (Règlement International concernant le Transport des Marchandises Dangereuses par Chemin de Fer [3]) oder ADN (Accord Européen relatif au Transport International des Marchandises Dangereuses par voie de Navigation Interieure sur le Rhin [4]).

Die im Rahmen dieses Gesetzes vom Bundesverkehrsminister erlassenen Verordnungen über den Transport gefährlicher Güter auf der Straße (GGVS [5]), mit der Eisenbahn (GGVE [6]) oder auf Binnenwasserstraßen [7] wurden weitgehend an die zwischenstaatlichen Verträge angepaßt [8]. Unter anderem regeln sie, wie Versandstücke, Beförderungsbehälter und Transportfahrzeuge zu kennzeichnen sind, welche Begleitpapiere (Unfallmerkblätter) mitgeführt werden müssen, welche Schutzvorkehrungen für das Beförderungspersonal erforderlich sind und darüber hinaus das Verhalten und die notwendigen Maßnahmen nach Unfällen mit Gefahrgütern.

Wörtlich die GGVS in der Fassung vom 22.7.1985, Randnummer 10.385: "Für das Verhalten bei Unfällen..., die sich während der Beförderung ereignen können, hat der Fahrzeugführer ... Unfallmerkblätter mitzuführen. Sie müssen für ein einzelnes Gut oder für eine Gruppe von gefährlichen Gütern aufgestellt sein. In ... knapper Form ist anzugeben

1. die Bezeichnung der beförderten gefährlichen Güter und die Art der Gefahr, die sie in sich bergen, sowie die erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen, um ihr zu begegnen;
2. die zu ergreifenden Maßnahmen..., falls Personen mit diesen Gütern ... in Berührung kommen;
3. die im Brandfall zu ergreifenden Maßnahmen...;

4. ...
 5. die mögliche Gefährdung von Gewässern ... und die in diesem Fall zu ergreifenden Maßnahmen und
 6. Name und Anschrift der ... Person, die dieses Unfallmerkblatt aufgestellt hat und für den Inhalt verantwortlich ist.
- ...

Fahrzeugführer und Beifahrer sind verpflichtet, vom Inhalt der Unfallmerkblätter vor Beförderungsbeginn Kenntnis zu nehmen und bei Gefahr die ... erforderlichen Maßnahmen zu treffen.”

Daß neben dem von ADR und RID vorgeschriebenen System andere, zum Teil mehr handlungsorientierte Kennzeichnungen entwickelt wurden, hat den Europäischen Chemieverband (CEFIC) veranlaßt, eine Vereinheitlichung beziehungsweise eine Kombination dieser Systeme vorzuschlagen [9].

2. KENNZEICHNUNG VON GEFÄHRLICHEN STOFFEN

2.1 Kennzeichnung durch die Vereinten Nationen

Internationale Organisationen haben schon früh versucht, die mit dem Transport gefährlicher Güter verbundenen Gefahren zu verringern, indem sie einen Vorschriftenkatalog entwarfen, in welchem für bestimmte Stoffe beziehungsweise Stoffklassen Vorsichts- und für den Schadensfall Verhaltensmaßnahmen festgelegt wurden. Die älteste dieser Verordnungen (mit lokalem Bezug) regelt den Transport mit Binnenschiffen auf dem Rhein und ist inzwischen über 160 Jahre alt [4, 10]. Sie wurde und wird fortgeschrieben — zuletzt 1994 von der Zentralkommission für die Rheinschifffahrt, von der Bundesregierung in der Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf Binnengewässern [7] und von der Arbeitsgemeinschaft der Rheinschifffahrt gemeinsam mit dem Verband der chemischen Industrie [11].

Wegen des mit großen Transportkapazitäten verbundenen, besonderen Gefahrenpotentials befaßt sich auch das älteste weltweit gültige Regelwerk mit dem Schiffstransport: der International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG) [12].

Der IMDG-Code sowie alle von der Bundesregierung erlassenen Verordnungen, die Beförderung gefährlicher Güter auf Straßen, Schienen, Flüssen und zur See betreffen [5...7, 13], stützen sich bei der Charakterisierung dieser Güter auf die Klassifizierung, wie sie von den Vereinten Nationen seit 1956 vorgeschlagen wird – jüngste, revidierte Fassung von 1997 [14]. Das Expertenkomitee der Vereinten Nationen teilt jedem klassifizierten Gefahrgut eine Identifikationsnummer zu und ordnet es in eine oder mehrere von insgesamt neun Gefahrenklassen ein. Diese UN-Nummern und die Klassifizierung dienen als Grundlage für mehrere Kennzeichnungssysteme, die im Falle einer Havarie den Einsatzkräften signalisieren sollen, welchem Stoff und damit welchem Gefahrenpotential sie konfrontiert sind, um Schlußfolgerungen für die zu ergreifenden Schutz- und Rettungsmaßnahmen ziehen zu können.

Bild 1 [14] zeigt die UN-Klassifizierung für Gefahrgüter. Ihre äußere Kennzeichnung erfolgt durch ein auf der Spitze stehendes quadratisches Etikett mit einem allgemein verständlichen Symbol in der oberen und – nicht immer – der Nummer der Gefahrenklasse in der unteren Hälfte. Die von den UN herausgegebene Liste der klassifizierten Gefahrgüter nennt neben der Freimenge, ab deren Überschreiten die Kennzeichnungspflicht einsetzt, auch eine Verpackungsgruppe, beziffert von I bis III für hohe bis geringere Gefährlichkeit, je nach dem wie giftig und/oder ätzend der Stoff ist, und gibt hierfür besondere Anweisungen.

2.2 NFPA-Kennzeichnung

Die National Fire Protection Association (NFPA) in den USA hat seit 1952 ein Gefahren-Kennzeichnungssystem entwickelt, das hazard identification signal oder hazard diamond [15], mit dem die Eigenschaften gefährlicher Stoffe auf den ersten Blick signalisiert werden können (vergl. Bild 2 [16]): In einem wie bei den UN auf der Spitze stehenden, hier jedoch gevierteilten Quadrat, kennzeichnet die Ziffer in dem linken, blau

unterlegten Viertel die von dem Stoff ausgehende Gesundheitsgefahr, die Ziffer im oberen, roten Viertel die Brandgefahr und die Ziffer im rechten, gelben Viertel das chemische Gefahrenpotential, steigend von 0 bis 4 — je höher desto gefährlicher. Für besondere Hinweise bleibt das untere Viertel: Ein durchgestrichenes W zeigt beispielsweise an, daß dieser Stoff nicht mit Wasser gelöscht werden darf, OX oder oxy steht für brandfördernde Eigenschaften. Im Einzelfall kann dieses Feld auch mehrere dieser Kürzel enthalten, damit in der Kennzeichnung nicht eine Gefährlichkeit von einer zweiten überdeckt wird. Von anderen Autoren wird an dieser Stelle noch ein Strahlensymbol als Hinweis auf Radioaktivität verwendet [16, 44, 59].

Der Gefahrendiamant ist nicht als Transportkennzeichnung gedacht. Gefahrgut-Transporte werden in den USA mit UN-Gefahrzetteln und UN-Nummern gekennzeichnet. Über letztere kann die Stoffidentität ermittelt und in einem vom Verkehrsministerium herausgegebenen Gefahrgut-Handbuch [72] nachgeschlagen werden, welche Einsatzmaßnahmen zu ergreifen sind. Das gleiche ermöglicht auch der NFPA-Code 49, der für jeden Stoff in der Titelzeile die Gefahren-Erstinformation des hazard signal enthält.

In Industrieanlagen oder Lagern werden Großbehälter mit dem Gefahrendiamant gekennzeichnet, damit den Einsatzkräften diese Erstinformationen schon von weitem sichtbar gemacht werden können. NFPA-Code 704 weist jedoch ausdrücklich darauf hin, daß die jeweiligen örtlichen Bedingungen bei der Interpretation des hazard signals nicht vernachlässigt werden dürfen.

2.3 Europäische Kennzeichnung

Das in der Bundesrepublik wie in den meisten europäischen Ländern gültige System der Gefahrgut-Transportkennzeichnung — festgelegt in den Verordnungen über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (GGVS) [5] beziehungsweise mit der Eisenbahn (GGVE) [6] — ist die Umsetzung der 1975 beschlossenen europäischen Verträge (ADR und RID) in nationales Recht. Diese, auf den gemeinsamen Tagungen der United Nations Economic Commission for Europe (ECE) [2] und des Comité International des Transports par Chemin de fer – Commission

de l'Office Central (OCTI) [3] in Genf erarbeiteten Verträge stützen sich auf die Klassifizierung der Vereinten Nationen und schreiben vor, Gefahrgut-Transporte mit orangefarbenen Warntafeln zu beschildern (Bild 3 [5, 6]), die in ihrer unteren Hälfte die Nummer zeigen (UN-Nummer — offizielle Bezeichnung: Nummer zur Kennzeichnung des Stoffes), unter der der transportierte Stoff in die "Dangerous Goods List" der Vereinten Nationen aufgenommen wurde [14]. In ihrer oberen Hälfte enthalten diese Tafeln eine Ziffernfolge (Kemler-Zahl — benannt nach dem französischen Delegationsleiter, der bei den gemeinsamen ECE/OCTI-Tagungen diesen Kennzeichnungsentwurf einbrachte; offizielle Bezeichnung: Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr), die die gefährlichen Eigenschaften des Stoffes wiedergibt.

Die Kemler-Zahl setzt sich aus zwei oder drei Ziffern zusammen, deren erste für die Hauptgefahr steht, die mit dem Transport dieses Stoffes verbunden ist. Wenn das Gefahrenpotential eines Stoffes durch diese Ziffer ausreichend charakterisiert werden kann, wird ihr eine 0 angefügt. Bei erhöhter Hauptgefahr wird die Ziffer verdoppelt. Reagiert der Stoff in gefährlicher Weise mit Wasser, wird ein X vorangestellt.

Die Ziffern selbst entsprechen im allgemeinen den Gefahrgutklassen-Nummern der Vereinten Nationen, was in der Gegenüberstellung ihrer Bedeutung als Kemler-Zahl respektive als UN-Gefahrenklassen-Nummer in Tabelle 1 [5, 6, 14] deutlich zu erkennen ist. Bei manchen Gefahrgut-Autoren¹⁾ geht die Identifizierung der beiden Kennzeichnungssysteme allerdings so weit, daß sie bei der Erläuterung des Kemlerzahlen-Schlüssels Explosivstoffe immer noch mit der "1" belegen. Diese ist zwar von den UN hierfür vorgesehen, im Kemler-Katalog aber nicht mehr enthalten, weil Explosivstoffe nicht unter die Gefahrgut-Verordnung, sondern unter das Sprengstoff-Gesetz fallen und weil ihnen deshalb eine Kemler-Zahl nicht zugeteilt wird.

Die letzten Ziffern der Kemler-Zahl weisen auf eventuell bestehende zusätzliche Gefahren hin — eine Wortwahl die für Mißverständnisse sorgt, weil unklar bleibt, ob die zusätzlichen Gefahren nun, verglichen mit der "Hauptgefahr", von nachgeordneter oder von gleichrangiger Bedeutung sind [22...24]. Denn obwohl sich die Ziffernfolge in der

¹⁾ noch verständlich bei den vor 1985 verlegten [8, 17, 18] — aber auch bei kontinuierlich aktualisierten, zum Teil erst 1996 aufgelegten, Nachschlagewerken zu finden [19...21]

Kemler-Zahl exakt am Orange Book der Vereinten Nationen orientiert [14], das “pre-dominant hazards” und “subsidiary risks” unterscheidet, konnte sich die durch Ziffernverdoppelung hervorgehobene, erhöhte Hauptgefahr auch an zweiter Position in der Kemler-Zahl befinden. Beispiel: 336 — giftige, leicht entflammbare Flüssigkeit (Schwefel-Kohlenstoff) und 633 — leicht entflammbare, giftige Flüssigkeit (Acryl-Nitril) [25].

Einige Zahlenkombinationen haben eine besondere, von den in Tabelle 1 beschriebenen, allgemeinen Regeln abweichende Bedeutung. Diese sind in Tabelle 2 [3, 8, 10, 25...32], in der die Erläuterungen aller möglichen Ziffernkombinationen zusammengestellt sind, fett hervorgehoben. Nicht nur die Anzahl dieser Sonderbedeutungen — früher nur 5, inzwischen offiziell 17, in Wirklichkeit 26, das ist mehr als ein Viertel aller Kemler-Zahlen — bewirkt, daß dieses System, obwohl es dem Prinzip nach einfach und stringent sein könnte, so aufgebläht wurde, daß zur Interpretation der Gefahrzahlen ein Entschlüsselungskatalog mitgeführt werden muß.

Auch der Umfang der im Vorspann des Anhangs B.5 zur Gefahrgut-Verordnung (GGVS) (inhaltlich übereinstimmend mit dem Anhang VIII zur GGVE) enthaltenen Liste der gültigen Kemler-Zahlen wuchs von 52 auf 98 Einträge. Obwohl von den in früheren Fassungen der GGVS/E enthaltenen Doppelbelegungen von Mehrfachgefährlichkeiten einige eliminiert wurden (236, 286, 293, 326, 328, 426, 428, 588, 633, 836), blieb doch ein Großteil bestehen (36 — 63, 368 — 638, 38 — 83, 568 — 856, 58 — 85, 68 — 86), weitere kamen sogar hinzu (362 — 623, 382 — 823, 46 — 64, 462 — 642, 48 — 84, 482 — 842, 56 — 65) und betonen eher die Ausrichtung des Kemler-Systems an der Gefahrgut-Klassifizierung der UN, als daß sie eine Orientierungshilfe für die Einsatzkräfte darstellen.

Darüber hinaus wurden inzwischen noch die radioaktiven Transportgüter mit 7er-Kemler-Zahlen in die Gefahrgut-Verordnung aufgenommen, obwohl sie analog zu der Zuordnung Explosiv-Stoffe/Sprengstoff-Gesetz in der auf dem Atomgesetz basierenden Strahlenschutz-Verordnung besser aufgehoben wären. Für Uran-Hexafluorid bietet die jüngste Fassung der Gefahrgut-Verordnung allerdings lediglich die Bezeichnung “radioaktives Gas (72)” oder “radioaktive, giftige Substanz (76)” — eine 276 oder 726 ist im Katalog nicht enthalten und auch kein Hinweis auf seine ätzenden Eigenschaften. Ähnliches gilt für Plutonium, dessen hohe Giftigkeit nur mit 76 statt mit 667 gekennzeichnet werden kann.

Eine Information über den Aggregatzustand des Gefahrgutes ist in der Kemler-Zahl nicht immer enthalten. Zwar firmieren Gase aller Gefährlichkeitsmerkmale unter 2; eine 3 an erster Position steht durchweg für entflammbare Flüssigkeiten (aber auch für die Entzündbarkeit eines Gases und die Selbstentzündungsneigung eines Feststoffes) und eine 4 kennzeichnet immer einen Feststoff (der aber nicht unbedingt selbst brennbar sein muß), doch signalisieren 5, 6, 7, 8 und 9 lediglich die in Tabelle 1 genannten Eigenschaften — eine Aussage über den Aggregatzustand wird nur in Einzelfällen geboten, etwa durch eine angeschlossene 4: Feststoff.

Die Kemler-Zahlen könnten eigentlich ein überzeugend einfaches System darstellen, um auf die wichtigsten Eigenschaften eines Gefahrgutes hinzuweisen, so wie dies auch das hazard signal in der Kopfzeile der Stoffbeschreibungen im Code 49 der NFPA [15] beziehungsweise der Gefahrendiamant im Handbuch der gefährlichen Güter [16] tun: Gesundheits-, Brand- und chemische Gefahr. In der Kemler-Zahl stehen dafür die 6 und die 7 (giftig bzw. radioaktiv), die 3, die 4 und die 5 (brennbar bzw. brandfördernd) und die 8 und die 9 (ätzend bzw. heftig reagierend). Diese Gefahrenpotentiale sollen gewichtet werden und zusätzlich soll noch über den Aggregatzustand des Gefahrgutes informiert werden. Die Schwierigkeit, diese Informationsfülle in einer Kennzahl zu komprimieren, wäre allein schon ausreichend, doch durch die Beschränkung dieser Kennzahl auf maximal drei Ziffern wird sie noch gesteigert. Eine optische Gliederung der verschiedenen Informationen durch Kommata, Punkte oder Striche oder graphisch wie bei der NFPA ist nicht vorgesehen.

Trotz dieser Einengung ergibt die Verquickung der verschiedenen Informationen eine Vielzahl von Ziffernkombinationen — zu entschlüsseln mit einer in der Gefahrgut-Verordnung enthaltenen Übersetzungsliste —, die denjenigen, der mit Hilfe dieses Systems adäquate Hilfsmaßnahmen ergreifen soll, durchaus auch verwirren können, wie eine öffentliche Diskussion unter Fachleuten belegt [23, 24]. Hinzu kommt, daß sich ein offen plakatiertes Gefahrgut-Kennzeichnungssystem nicht ausschließlich an Experten richtet. Sehr viel eher als wirkliche Gefahrgut-Sachverständige, die mit der Kenntnis der chemischen und physikalischen Eigenschaften eines mit Hilfe der UN-Nummer identifizierten Stoffes und auf Grund ihrer Erfahrung im Umgang mit diesem Stoff sinnvolle Einsatzentscheidungen treffen können, müssen "Experten auf einem anderen Gebiet"

(Freiwillige Feuerwehr, Ordnungskräfte, Rettungsdienst,...) versuchen, aus solchen Kennzeichen Schlußfolgerungen für Erstmaßnahmen abzuleiten.

Verwirrung scheint systemimmanent zum Thema Gefahrgut-Kennzeichnung zu gehören: Wenn verschiedene Experten (Ingenieure, Chemiker,...) verschiedene Ratschläge erteilen, wie ein Gefahrstoff zu handhaben sei, so kann dies, ähnlich wie bei den sprichwörtlichen Juristen, an der unterschiedlichen Würdigung der Rahmenbedingungen liegen. Wenn eine internationale europäische Arbeitsgruppe von Gefahrgut-Experten einen Kennzeichenkatalog erstellt und diesen in gewissen Abständen überarbeitet, sollte sich, wenn man diese verschiedenen Fassungen nebeneinanderhält, eine zeitliche Entwicklung mit einer gewissen Kontinuität ablesen lassen (sh. Tabelle 2). So gab es beispielsweise von der ersten Fassung des ADR/RID-Vertrages bis 1996 eine Kemler-Zahl 236 — entzündliches und giftiges Gas. In der letzten Novellierung wurde diese Ziffernkombination aufgehoben, was durch ○ in den letzten drei Spalten — anstelle des ✓ in den Spalten zuvor — zum Ausdruck kommt. Umgekehrt findet sich in den verschiedenen Fassungen der Gefahrgut-Verordnung vor 1997 keine Erklärung für die Ziffernkombination 43, weil die selbstentzündlichen Feststoffe erst mit der jüngsten Novellierung in den Kemler-Katalog aufgenommen wurden.

Erstaunlich ist aber, daß man bei der Steiermärkischen Landesregierung [25] bereits vor 1985 die 263 — giftiges und entzündliches Gas zur Gefahrgut-Kennzeichnung nutzte, obwohl sie von der Expertengruppe in Genf erst 1996 in das Kemlerzahlen-System aufgenommen wurde. Entsprechendes gilt für die 293, X 33, 436, 588 und die 633, die allerdings den Genfer Segen bis heute nicht erhielten.

Auch andere Ziffernkombinationen tauchen nur in einzelnen Nachschlagewerken auf: Die 326, X 326, 328, X 328, 426 und die 428 in den Schweizer Einsatzakten [28] und die 836 in der im britischen Emergency Action Code [29] abgedruckten Kemlerzahlen-Liste. Umgekehrt finden sich in den neuen Datenblättern für gefährliche Arbeitsstoffe [30] keine Kemler-Zahlen, die nicht ebenso in den anderen zeitnahen Quellen enthalten sind, obwohl deren Verfasser darauf hinweist, daß er nach eigenem Sachverstand auch aus anderen Rechtsvorschriften “abgeleitete Gefahrzahlen” ver gebe.

Beim Vergleich der verschiedenen Spalten der Tabelle 2 fällt auf, daß — bis auf zwei — keine der dort zitierten Literaturstellen mit einer anderen übereinstimmt — auch nicht die

aus demselben Jahr stammenden. In der letzten Zeile der Tabelle ist aufgeführt, wieviele der insgesamt 114 Gefahrzahlen im jeweiligen Werk definiert sind (✓) und wieviele fehlen (○). Die Ausnahme stellen tatsächlich der Gefahrgut-Schlüssel [31] und das Gefahrgut-Handbuch [10] dar: Ihre Wiedergabe der B.5-Liste nennt nicht nur korrekt die Quelle (Bundesgesetzblatt I 1996, Seite 1886), sondern sie stimmt auch mit jener überein. Dieser positive Eindruck wird im Gefahrgut-Handbuch aber wieder dadurch relativiert, daß es die Liste der Kemler-Zahlen noch in zwei weiteren Kapiteln wiedergibt, die nur zum Teil mit der hier zitierten Fassung übereinstimmen.

Einerseits fehlen in der offiziellen Aufzählung [5] der besonderen, sich nicht aus Tabelle 1 erschließenden, Bedeutungen die Kemler-Zahlen 223, 225, 36, 38, 43 und 99. Andererseits ließe sich die Zahl dieser Ausnahmebedeutungen erheblich verringern (auf 13), wenn dort, wo der Sinn des vorangestellten X erläutert wird, definiert würde: 22 = tiefkalt verflüssigtes Gas, 23 = bei Kontakt mit Löschwasser wird entzündliches Gas gebildet. Darüber hinaus kann die 539 = organisches Peroxid in dieser Aufzählung entfallen, denn 539 bedeutet nach Tabelle 1: brandfördernde, brennbare Substanz, die spontan und heftig reagieren kann — genau dies sind die typischen Eigenschaften organischer Peroxide [33, 34].

Die Bedeutung der Kemler-Zahl 20, wurde bislang mit "inertes Gas" angegeben. Daß auch ein reaktionsträges, also ungefährliches Gas ein Gefahrenpotential birgt, nämlich das der Verdrängung des Luftsauerstoffs, macht erst die ADR/RID-Neuformulierung durch "erstickend" deutlich.

Zur Beschreibung der Brandgefährlichkeit wurden früher wahlweise (im Einzelfall auch gleichzeitig [48]) die Begriffe brennbar, entflammbar, entzündbar benutzt. In der GGVS-Fassung von 1990 wurden dann Gase auf entzündbar vereinheitlicht — nur das gleichzeitig neu eingeführte radioaktive Gas war wieder brennbar. Da sich weder die Begriffsdefinitionen in der Fachliteratur (brennbar sind Stoffe, die verbrannt werden können [35]) noch die des Deutschen Instituts für Normung als besonders hilfreich erweisen (entzündbar ist ein Stoff, der fähig ist, entzündet zu werden; entflammbar, wenn er fähig ist, mit Flamme zu brennen [36]), sollen diese Bezeichnungen im Rahmen des vorliegenden Berichts im folgenden Sinne benutzt werden:

- “brennbar” als Oberbegriff für alle Substanzen deren Moleküle beispielsweise C, H,... enthalten, und die – mit oder ohne Flamme – mit Sauerstoff oder anderen Oxidationsmitteln exotherm reagieren;
- “entzündlich” ist eine Substanz – entzündet sich von selbst (!) –, wenn sie sich im *gasförmigen* Aggregatzustand und im richtigen Mischungsverhältnis (zwischen unterer und oberer Zünd- beziehungsweise Explosionsgrenze) mit Luft (Sauerstoff) befindet und über die Zündtemperatur (= Entzündungs-, Selbstentzündungstemperatur) erwärmt wird – die *Zündtemperatur* eines Stoffes ist die niedrigste Temperatur einer Wand, an der bei 1.013 hPa sein zündwilligstes Gas/Luft-Gemisch mit Flammenerscheinung verbrennt;
- “entflammbar” ist eine Substanz (“brennbare” Flüssigkeit), wenn sie so weit erhitzt wird, daß die Konzentration ihrer Dampfphase in der Luft über der Flüssigkeitsoberfläche die untere Zündgrenze überschreitet und sie mit Hilfe einer Energiequelle entflammt werden kann. Der *Flammpunkt* (Entflammungstemperatur) einer *Flüssigkeit* ist ihre Mindesttemperatur, bei der diese Dampfkonzentration bei 1.013 hPa erreicht wird (Bestimmung je nach Definition im offenen oder geschlossenen Tiegel). Bei Temperatursteigerung bis zum *Brennpunkt*, brennt der Dampf auch nach dem Entfernen der Zündquelle weiter.

Zur Hervorhebung bleibt bei pyrophoren Stoffen der Begriff “selbstentzündlich”.
Im Unterschied zur GGVS/E

Gefahrzahl 43: selbstentzündlicher (pyrophorer) ... Stoff

Gefahrzahl 333: pyrophorer ... Stoff

steht in Tabelle 2 durchweg der deutsche Ausdruck. Im gleichen Sinne wird statt des Chemiker-Fachwortes “oxidierend” der anschaulichere Begriff “brandfördernd” benutzt.

Die schwerfälligen Formulierungen “flüssiger Stoff” und “fester Stoff” (es fehlt nur noch der “gasförmige Stoff”) werden ersetzt durch Flüssigkeit und Feststoff. Um Verwechslungen Stoff/Feststoff zu vermeiden, wird dort, wo die Kemler-Zahl über den Aggregatzustand keine Aussage macht, der Begriff Substanz verwendet. Die Beschreibung der Zündfähigkeit, unter anderem durch den Flammpunkt, die in der GGVS/E bei Ziffernkombinationen, die eine 3 enthalten, mal wiederholt wird (36, 38, 63, 638, 639, 83, X 83, 839, X 839 und 883) und mal nicht (323, X 323, 362, X 362, 368, 382, X 382,

39 und 623), wird durchgehend ersetzt — bei entflammaren Flüssigkeiten durch den Bezug auf die Kemler-Zahl 30 und bei leicht entflammaren auf die 33.

Im Unterschied zur Verordnung über brennbare Flüssigkeiten (VbF) [37], in der auf Flammpunkt-Temperatur erwärmte Flüssigkeiten den leicht entflammaren gleichgestellt werden, werden sie in der Gefahrgut-Verordnung den entflammaren zugeordnet.

Die nur in den Schweizer Einsatzakten wiedergegebenen Kemler-Zahlen 326, 328, 426 und 428 ebenso wie die mit gleicher Bedeutung neu aufgenommenen 362, 382, 462 und 482 leiden unter der oben angesprochen Beschränkung auf 3 Ziffern, denn eigentlich sollten sie 3623, 3823, 4623 und 4823 lauten: giftige oder ätzende Flüssigkeit beziehungsweise Feststoff, bildet bei Kontakt mit Wasser entzündliche Gase (..23).

Neben den ätzenden und/oder leicht entflammaren Flüssigkeiten (X 80, X 88, X 886, X 83, X 338 und X 333) sind es vor allem jene Stoffe, die bei Berührung mit Wasser gefährlich reagieren und entzündliche Gase emittieren, deren besondere Gefährlichkeit durch ein vorangestelltes X gekennzeichnet wird. Im Unterschied zu älteren Fassungen der GGVS/E die bei selbstentzündlichen Flüssigkeiten und bei Wasserstoff bildenden Feststoffen nur die Version mit X enthielten, gibt es nach der neuesten Fassung zu jeder dieser "wasserscheuen" Substanzen ein Analogon, welches mit Wasser zwar gaserzeugend reagiert, aber nicht so gefährlich, daß vom Wassereinsatz beim Löschen abgeraten werden müßte.

Auch hier wieder eine Besonderheit: Unterscheiden sich die ansonsten gleichlautenden Bedeutungen der Kemler-Zahlen mit und ohne X lediglich durch die Gefährlichkeit der Reaktion mit Wasser (323 — X 323, 362 — X 362, 382 — X 382, 423 — X 423), wechselt bei den Kemler-Zahlen 462 und 482 mit zunehmender Gefährlichkeit und vorangeseztem X die Zusatzbeschreibung "giftig" beziehungsweise "ätzend" vom gekennzeichneten Stoff auf das gasförmige Reaktionsprodukt (eine Eigenart, die in der Fachliteratur nicht immer Erwähnung findet [38]), so daß diese Kemler-Zahlen in Anlehnung an die Bedeutung von ..23 besser X 426 und X 428 lauten müßten.

Neben den bei erhöhter Temperatur als Schmelze transportierten Gefahrgütern (in der Gefahrgut-VO wird die 44 mit "... fester Stoff, der sich bei erhöhter Temperatur in geschmolzenem Zustand befindet" — ein physikalischer Allgemeinplatz, der auf alle

Stoffe zutrifft) und den selbstentzündlichen sieht der Kemlerzahlen-Katalog zur Kennzeichnung von festen Gefahrstoffen folgende Ziffernkombinationen vor: 423, 446, 46, 462, 48, 482, 64, 642, 664, 74, 84 und 842. Auch hier werden, wie bei den Flüssigkeiten, die Zündfähigkeitsmerkmale mal wiederholt und mal nicht.

Unter den mehr als 2.300 Stoffen mit UN-Nummern > 1.000 (das sind alle im Orange Book registrierten, ohne die Explosivstoffe [14]) gibt es einige mit der Kemler-Zahl 423, wovon die meisten brennen, einige wenige jedoch nicht. Bei letzteren entspricht der Originaltext zur Erläuterung dieser Kemler-Zahl exakt der Beschreibung der UN-Klasse 4.3: Produziert bei Berührung mit Wasser entzündliches Gas — über gefährliche Eigenschaften des Stoffes selbst wird nichts ausgesagt. Die gleiche Ziffernfolge mit vorangestelltem X bezieht sich aber im Gegensatz dazu nur auf brennbare Feststoffe.

Die Kemler-Zahl 46 (und unnötigerweise die 64) bedeutet: brennbarer und/oder selbsterhitzungsfähiger, giftiger Feststoff. 462 ist jedoch ein bei Kontakt mit Wasser entzündliches Gas produzierender, giftiger Feststoff, über dessen Brandverhalten der B.5-Text keine Aussage macht. Die UN-Liste der am häufigsten transportierten Gefahrgüter [14] enthält 2 Stoffe: Einen brennbaren und einen nicht brennbaren. Zur Kemler-Zahl 482 (bedeutungsgleich mit 842) und 642 enthält diese Liste keine Beispiele.

Der Sinn einer Gefahrgut-Kennzeichnung zur Erstinformation kann nicht darin bestehen, Gefahren zu relativieren wie beispielsweise "ätzend oder schwach ätzend" für die Kemler-Zahl 8 oder "giftig oder schwach giftig" für die 6. Auch die Interpretation von 606 als "Ansteckungsgefahr" läßt eher an Schnupfen denken als an eine ernsthafte Gefährdung der Gesundheit und wird deshalb in Tabelle 2 mit krankheitserregend übersetzt. Wie in der Einleitung zu den ERI-Cards [39] erläutert, ist viel mehr nach dem worst case-Prinzip zu verfahren, das heißt, die aus der Information gezogenen Schlußfolgerungen müssen, möglichst alle Eventualitäten berücksichtigend, auf der sicheren Seite liegen. Es ist auszuschließen, daß eine Gefahr unterschätzt wird. Nicht nur bei den mit 423 gekennzeichneten Gefahrgütern, von denen die meisten ja tatsächlich brennbar sind, sondern bei allen Ziffernkombinationen, die die 4 enthalten, interpretiert deshalb Tabelle 2: brennbar oder selbsterhitzend.

Zwei weitere Beispiele aus dem Kemlerzahlen-Katalog, die dem worst case-Prinzip nicht genügen: Die 36 ("entzündbarer, flüssiger Stoff, schwach giftig, oder selbsterhitzungs-

fähiger flüssiger Stoff, giftig“) und die 38 (‘‘entzündbarer, flüssiger Stoff, schwach ätzend, oder selbsterhitzungsfähiger flüssiger Stoff, ätzend’’). Diese Formulierungen verweisen zum einen die beiden Kemler-Zahlen in die Gruppe der Sonderbedeutungen, denn aus den in Tabelle 1 genannten Bedeutungen von 3, 6 und 8 lassen sich diese Interpretationen nicht ableiten, machen zum anderen aber deutlich, weshalb neben den Kemler-Zahlen 36 und 38 noch die 63 und 83 erforderlich sind. Ähnlich feinsinnige Unterscheidungen zwischen 46 und 64 oder zwischen 48 und 84 sucht man aber vergebens.

Wenn 642 und 842 giftige beziehungsweise ätzende Feststoffe kennzeichnen, kann daraus geschlossen werden, daß die beiden mit 623 und 823 etikettierten Gasproduzenten flüssig sein müssen, so wie es in der B.5-Liste auch steht. Die beiden letztgenannten Zahlen stellen wirkliche Sonderbedeutungen dar, denn eigentlich ist in diesen Kemler-Zahlen keine Aussage über den Aggregatzustand enthalten. Analog kann es sich bei der Kemler-Zahl 70 nur um radioaktive Flüssigkeiten oder Feststoffe handeln, denn für radioaktive Gase steht die 72.

Im Gegensatz zu früher orientieren sich die Flammpunktgrenzen zur Unterscheidung der leicht entflammbaren von den entflammbaren Flüssigkeiten nicht mehr an der Verordnung über brennbare Flüssigkeiten (VbF) [37] beziehungsweise an der Gefahrstoff-Verordnung [40], sondern an der UN-Gefahrstoffklassifizierung [14]. In der folgenden Übersicht sind die Begriffe zur Beschreibung entflammbarer Flüssigkeiten mit ihren Flammpunkt- beziehungsweise Siedepunkt-Abgrenzungen einander gegenübergestellt, so wie sie in diesen Vorschriften definiert werden:

GGVS/E [5, 6]	UN-Verpackungs- gruppe [14]	VbF [37]	Gefahrstoff-VO [40]
	I: Sdp. < 35°C		hoch entzündlich (F+, R12): Sdp. < 35°C Flp. < 0°C
leicht entzündbar: Flp. < 23°C	II: 35°C < Sdp. Flp. < 23°C	A I: Flp. < 21°C	leicht entzündlich (F, R11): 0°C < Flp. < 21°C
entzündbar: 23°C < Flp. < 61°C	III: 35°C < Sdp. 23°C < Flp. < 61°C	A II: 21°C < Flp. < 55°C	entzündlich (R10): 21°C < Flp. < 55°C
		A III: 55°C < Flp. < 100°C	

Der B.5-Text zur Kemler-Zahl 663, der diese Gefahrzahl allen sehr giftigen und entflammaren Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt unter 61°C zuordnet, also auch solchen, deren Flammpunkt unter 23°C liegt, ist entweder falsch, weil in Wirklichkeit nur die entflammaren Flüssigkeiten gemeint sind, oder diese Kemler-Zahl muß in die Rubrik "Sonderbedeutungen" eingeordnet werden. Die einfache 3 würde demnach zur Kennzeichnung leicht entflammbarer Flüssigkeiten benutzt, weil die 3-Ziffrigkeit der Kemler-Zahl eine 6633 nicht zuläßt.

Unter diesem Mangel der 3-Ziffrigkeit leiden die radioaktiven entflammaren Flüssigkeiten nicht. Aber obwohl die B.5-Definition die leicht entflammaren miteinbezieht, lautet die Kemler-Zahl nur 73 und nicht 733. Der entsprechende Definitionszusatz in Tabelle 2 leitet sich deshalb von der Kemler-Zahl 30 ab und nicht von der 33. Er ist wie alle oben begründeten Abweichungen vom Originaltext kursiv gesetzt.

Bei der letzten Novellierung der Gefahrgut-Verordnung wurde die Kemler-Zahl 266 ersatzlos gestrichen. Bislang wurden beispielsweise Chlor und Phosgen (COCl_2) damit gekennzeichnet (heute beide: 268), zwei Stoffe, die in der Gefahrstoff-Verordnung, die ebenso wie die GGVS/E auf einer europäischen Rechtsvorschrift beruht [41], als sehr giftig eingestuft werden. Daß die Gefahrgut-Experten in Genf heute den Hinweis darauf, daß Phosgen ätzend oder schwach ätzend sei, für wichtiger erachten als die Betonung der besonderen Giftigkeit dieses Kriegskampfstoffes²⁾ ist erstaunlich — aber vielleicht ist ja nur die 2668 auf der Strecke geblieben.

Angaben über die ohne Kennzeichnungspflicht transportablen Freimengen enthält die GGVS für die einzelnen Gefahrgutklassen jeweils am Ende des ersten Kapitels der Klassenbeschreibungen in der Anlage A. In der Anlage B.8 (GGVS vom 22.7.85) werden Mengen genannt, bei deren Überschreitung eine besondere Genehmigung für den Transport der dort aufgelisteten Gefahrgüter erforderlich wird (trifft für die in diesem Bericht zu besprechenden Gefahrstoffe nicht zu).

²⁾ siehe Merkblatt 119 des UBA-Handbuches "Stoffdaten zur Störfall-Verordnung" [42]

2.4 Britische Kennzeichnung

Im Unterschied zum Gefahrgut-Kennzeichnungssystem nach Kemler, das die Einsatzkräfte in die Lage versetzen "soll", bei einem brennenden Tanklastzug

- Ladung z.B. Chlor-Ameisensäure-Ethylester, UN-Nummer 1182, Gefahrnummer 663, sehr giftig, leicht entflammbar, Information über die UN-Klassifizierung 8, ätzend, fehlt in der Kemler-Zahl
- oder Chlor-Ameisensäure-Allylester, UN-Nummer 1722, Gefahrnummer 668, sehr giftig, ätzend, Information über die UN-Klassifizierung 3, entflammbare Flüssigkeit, fehlt in der Kemler-Zahl
- oder Ammoniak, UN-Nummer 1005, Gefahrnummer 268, giftiges und ätzendes Gas, Information über seine Entzündbarkeit fehlt in der Kemler-Zahl

die richtigen Maßnahmen zu wählen, signalisiert der Emergency Action- oder Hazardous Chemicals Code direkt (Bild 4 [8]), welche Maßnahmen zur Schadensbegrenzung am sinnvollsten und sofort zu ergreifen sind — nicht erst, wenn der Sachverständige mit dem Gefahrgut-Einsatzwagen eintrifft:

- mit Wassernebel oder Sprühstrahl löschen;
- kann heftig bis explosionsartig reagieren, deshalb Chemikalien-Schutzanzug mit entsprechenden Schuhen und Handschuhen und umluft-unabhängiges Atemschutzgerät tragen;
- Eindringen in die Kanalisation und in offene Gewässer auf alle Fälle unterbinden, eindeichen und neutralisieren;
- Evakuieren des Gefahrenbereichs prüfen, obwohl es häufig sicherer ist, in den Häusern zu bleiben und Türen und Fenster zu schließen, Gefahrstoff-Sachverständigen konsultieren³⁾.

Diese Übersetzung der Zahlen-Buchstaben-Kombination 2WE (für die beiden ersten Beispiele oben, für das dritte wäre es 2PE) der von der Londoner Feuerwehr entwickelten und inzwischen von der Health and Safety Executive vorgeschriebenen Kennzeichnung von Transporten mit mehr als 3 m³ Gefahrgut erfordert einen Dechiffrierschlüssel,

³⁾ In der neuesten Fassung des Hazchem-Codes — List N^o 9 lautet diese Anweisung: "People should be warned to stay indoors with all doors and windows closed. Consult ... product expert. Evacuation may need to be considered."

der aber im Gegensatz zur Erläuterung der Kemler-Zahlen oder der R- und S-Sätze der Gefahrstoff-Verordnung bequem in der Brusttasche mitgeführt werden kann. Über Großbritannien hinaus wird diese Art der Gefahrgut-Kennzeichnung auch in Australien, Indien, Südafrika, Namibia und Singapur angewendet.

In Tabelle 3 [8, 10, 16, 28, 29, 31, 43, 44] sind die Bedeutungen der einzelnen Ziffern und Buchstaben dieses Codes zusammengestellt. Die empfohlenen Löschmittel — als wichtigste Information bei einem Gefahrgutbrand stehen sie an erster Stelle der Hazchem-Warntafel — werden von 1 bis 4 beziffert: vom Voll- über den Sprühstrahl und Schaum bis zum Trockenlöschmittel. Gase erhalten durchweg die Löschmittel-Empfehlung 2, weil mit dem Wassernebel/Sprühstrahl gefährliche Gas/Luft-Gemische niedergeschlagen werden sollen. Für Flüssigkeiten wird vorzugsweise Schaum (3) und für Feststoff-Brände der Vollstrahl (1) empfohlen. Die Ratschläge für das zu verwendende Löschmittel schließen als Alternative jeweils die höher bezifferten mit ein, die mit niedrigeren Ziffern jedoch aus. So ermöglicht beispielsweise die Löschmittel-Empfehlung "2 – Wassernebel/Sprühstrahl" auch den Einsatz von Schaum (3) oder von Trockenlöschmittel (4) nicht aber den des Vollstrahls (1).

Die der Löschmittel-Empfehlung folgenden Buchstaben (einer oder zwei von insgesamt acht) enthalten Hinweise für Leckagen und zu Personenschutzmaßnahmen. Mnemotechnisch sind sie genau so tauglich oder untauglich wie die 9 Ziffern des Kemler-Codes, haben aber den Vorteil, daß ihre Bedeutung nicht variiert. Die Bedeutung von W im Hazchem-Code lautet immer "... Chemikalien-Schutzanzug und umluft-unabhängiges Atemschutzgerät..." (sh. Seite 21) und wechselt nicht wie beispielsweise die ..62 bei Kemler, mit der einmal auf die Bildung entzündlicher Gase und das andere Mal auf die Bildung giftiger Gase hingewiesen wird, was in letzter Konsequenz nicht nur die Gesundheit von einigen Feuerwehrkräften tangieren kann.

Abgesehen von der in den Kürzeln P, S, W und Y ebenfalls enthaltenen Warnung vor möglicherweise heftiger bis explosionsartiger Reaktion des Gefahrgutes, von der in W, X, Y und Z steckenden Aufforderung, das Eindringen des Gefahrgutes in die Kanalisation und in offene Gewässer auf alle Fälle zu unterbinden, es statt dessen einzudeichen und zu neutralisieren, und abgesehen von dem Hinweis E, die Evakuierung der Gefahrenzone zu prüfen, bietet der Hazchem-Code selbst keine Informationen über Stoffeigen-

schaften, er enthält noch nicht einmal eine Aussage darüber, ob der fragliche Stoff selbst brennt.

Dennoch sind die vorgenannten Hinweise, verglichen mit dem Informationsangebot des Kemler-Codes, die wichtigsten: Der Gefahrstoff ist eine giftige oder ätzende Flüssigkeit oder bildet im Brandfall entsprechende Reaktionsprodukte (W, X, Y und Z); der Gefahrstoff ist ein giftiges oder ätzendes Gas oder bildet im Brandfall entsprechende Reaktionsprodukte (E). Diese oder andere Stoffeigenschaften im Rahmen der UN-Gefahrenklassifizierung werden, soweit es sich um die Hauptgefahr laut Orange Book handelt, auf der Gefahrguttransport-Warntafel (zusätzlich) durch das jeweilige UN-Etikett angezeigt, verdeutlicht noch durch Klarschrift-Text.

Wie bei der Gefahrgut-Transportbeschilderung nach ADR/RID enthält auch die Hazchem-Warntafel die UN-Nummer zur Stoffidentifizierung und ermöglicht es somit, weitere Informationen in der Fachliteratur nachzuschlagen. Das entsprechende Feld enthält sogar den offiziellen Namen des Gefahrgutes in Klarschrift, wodurch es einerseits verwechslungssicherer wird und andererseits dem Experten gestattet, sein Fachwissen ohne verzögerndes Zahlenentschlüsseln einzubringen. Detailinformationen können bezogen werden unter einer auf dem Schild genannten Telephonnummer, die während des Transportes des so beschilderten Gefahrgutes rund um die Uhr besetzt ist und eine Verbindung zum Unfallhilfe-System der britischen Chemical Industries Association sicherstellt [10, 31]. Im Gegensatz zum Transportunfall-Informations- und Hilfeleistungssystem (TUIS) des deutschen Chemieverbandes VCI [45] muß diese Telephonnummer nicht erst gesucht werden — Laien wissen gar nicht, daß sie existiert — und um sie anzurufen, muß nicht zuvor eine Behörde aktiviert werden. Letzteres stellt einen nicht zu unterschätzenden Vorteil bei der Beschleunigung der Hilfeleistung dar.

In der offiziellen Publikation des Emergency Action Codes [29] sind weitere Informationen enthalten, die unverständlicherweise auf den Gefahrgut-Kennzeichnungsschildern fehlen. So kann zum Beispiel mit einem Punkt vor den Löschmittel-Empfehlungen 2 und 3 darauf hingewiesen werden, daß vorzugsweise alkoholbeständiger Schaum eingesetzt werden sollte. Auch zusätzliche Hinweise zum Personenschutz, beispielsweise einen gasdichten Schutanzug oder ein Überdruck-Atemgerät zu tragen, verstecken sich dort. Ein + in dieser Liste bedeutet, daß für diese UN-Nummer kein EAC definiert werden kann, weil es sich um einen Sammelbegriff wie etwa "entflammbar und ätzende Flüssigkeit" handelt.

sigkeit" (UN-Nr. 2920, Kemler-Zahl 83) handelt. Von diesen Ausnahme abgesehen, existiert tatsächlich für jeden in der UN-Liste registrierten Stoff ein Hazchem-Code — eine Vollständigkeit, zu der sich die ADR/RID-Experten erst in ihrer jüngsten Sitzung aufrufen konnten.

Die Möglichkeit, bei leichten Havarien ohne Brand, wenn keine Vergiftungsgefahr besteht, auf das umluft-unabhängige Atemgerät zu verzichten, wird durch Farbumkehr des entsprechenden Buchstabens (S, T, Y oder Z) plakatiert und dient als Hinweis für die Polizei oder andere Hilfskräfte, die möglicherweise vor der Feuerwehr an der Einsatzstelle eintreffen. Für die Feuerwehr selbst, die bei Gefahrgut-Bränden immer umluft-unabhängiges Atemgerät trägt, ist dies nur von Bedeutung, wenn sie beispielsweise bei einer Leckage zu Hilfe gerufen wird, um den Personenschutz zu gewährleisten und Sicherungsmaßnahmen vorzunehmen.

3. NEUE EUROPÄISCHE TRANSPORTUNFALL-MERKBLÄTTER

Das ständig zunehmende Transportaufkommen gefährlicher Güter — verglichen mit der enormen Zunahme des Gesamt-Güteraufkommens sogar überproportional [8] — hat es schon früh erforderlich gemacht, Vorsorgemaßnahmen und Verhaltensanweisungen für den Fall einer Havarie, einer Leckage, eines Brandes festzulegen. Um Gefahren für die öffentliche Sicherheit, für das Leben und die Gesundheit von Menschen und Tieren und für wichtige Gemeingüter, die von solchen Transporten ausgehen können, nach Möglichkeit zu minimieren, wird in Warenbegleitpapieren, die zum Teil vom Gesetzgeber vorgeschrieben, zum Teil von den Berufsgenossenschaften der Hersteller oder der Transporteure erstellt werden, festgehalten, um welchen Stoff es sich handelt, welches Gefahrenpotential er darstellt, welche Personenschutzmaßnahmen vorzusehen sind, was bei einem Leck oder im Brandfall zu beachten ist und wie bei Personenschäden Erste Hilfe geleistet werden kann.

Deutliche Kennzeichnung des Gefahrgut-Transportes soll sicherstellen, daß diese Informationen mit Hilfe von Identifizierungsschlüsseln auch aus anderen Quellen bezogen

werden können, wenn beispielsweise im Falle eines Brandes die Begleitpapiere nicht mehr zugänglich sind. Auch die Gefahrgut-Kennzeichnung basiert, ebenso wie die rechtliche Regelung des Gefahrgut-Transportes insgesamt, auf einer langjährigen Entwicklung. Ihre historischen Wurzeln sind in den Gefahrzetteln nach der Gefahrstoff-Verordnung noch deutlich zu erkennen: Andreaskreuz, Reagenzglas, Totenkopf, Flamme, Flamme über einem Rohr, explodierende Bombe (Bild 5 [40]). Die Symbole wurden später durch Abkürzungen für die jeweilige gefährliche Eigenschaft ergänzt und mit Indices zur Bewertung der Gefährlichkeit versehen:

Kürzel	Bedeutung	
	englisch	deutsch
C	corrosive	ätzend
E	explosive	explosiv
F	flammable ⁴⁾	leicht brennbar
F+	highly flammable	hoch entzündlich
O	oxidizing	brandfördernd
T	toxic	giftig
T+	very toxic	sehr giftig
Xi	irritating	reizend
Xn	noxious	gesundheitsschädlich

Mit dieser und den schon in den Bildern 1, 3 und 4 vorgestellten Gefahrgut-Etiketten beziehungsweise -Warntafeln der Vereinten Nationen, der europäischen Gefahrgut-experten und der britischen Gesundheits- und Sicherheitsbehörde bestehen nun vier verschiedene Kennzeichnungssysteme nebeneinander. Sofern sie die Stoffidentifikations-Nummer der UN enthalten, bieten sie die Möglichkeit, zusätzlich zu den teilweise sehr knapp gehaltenen Formulierungen der Unfallmerkblätter weitere Stoffinformationen aus Gefahrstoff-Handbüchern oder -Datenbanken zu beziehen.

In Bild 6 [46] ist beispielsweise das Straßentransport-Unfallmerkblatt (Transport Emergency Card (Road) - TremCard (R) - TECR) des europäischen Chemieverbandes CEFIC für Tetrachlor-Silan wiedergegeben. Auf den ersten Blick gewinnt man den

⁴⁾ the word "flammable" has the same meaning as "inflammable" [14]

Eindruck, daß die Darstellung des Verbandseblems wichtiger ist als die Anweisungen für den Notfall, die in Kleinstschrift Selbstverständlichkeiten (Unbefugte von Gefahrenzone fernhalten, auf windzugewandter Seite bleiben) oder Merkwürdigkeiten (Zündquellen [deutsche Version beim zweiten Merkblatt-Verleger] fernhalten, Rauchverbot — bei einem nicht brennbaren Stoff) ausbreiten, es aber unter dem Stichwort "Feuer" versäumen, darauf hinzuweisen, daß dieser Stoff mit Wasser heftig reagiert, weshalb sowohl der Hazchem- als auch der NFPA-Code und das Handbuch der gefährlichen Güter [16] Trockenlöschmittel vorschreiben. Das gleiche signalisieren die Merkblätter und die Datenblätter für gefährliche Arbeitsstoffe [30, 47] mit dem durchgestrichenen Löschwassereimer. Aber die Kemler-Zahl bedeutet schlicht "ätzend", beziehungsweise korrekt "ätzend oder schwach ätzend", was nicht besonders besorgniserregend klingt.

Die geänderten rechtlichen Bestimmungen sehen vor, die Warenbegleitpapiere einschließlich der Anweisungen für den Notfall zukünftig nur noch als Anweisungen an den Fahrer zu verstehen und sie deshalb auch nur in dessen Sprache anstatt in der des durchfahrenen Landes abzufassen. Bei internationalen Transporten werden sich also die örtlichen Hilfsorganisationen im Schadensfall die notwendigen stoffspezifischen Informationen nicht mehr aus den mitgeführten Unterlagen beschaffen können. Dies und die oben angeführten Diskrepanzen zwischen den bestehenden Gefahrgut-Kennzeichnungssystemen für den Straßentransport haben den europäischen Chemieverband veranlaßt, neue Hinweise für den Einsatz mit gefährlichen Stoffen zu entwickeln: Emergency Response Intervention Cards – ERIC [39]: Bild 7.

Hierfür wurden bei den Stoffen der UN-Liste [14] die Kennzeichen nach Hazchem und nach Kemler verglichen. Alle Stoffe, die die gleiche Kombination dieser beiden Kürzel aufweisen, beispielsweise 3 WE / 663, werden in einer Gruppe zusammengefaßt, um für sie ein gemeinsames Merkblatt zu erstellen. Dort, wo Widersprüche auftraten, wurde versucht, diese zu klären. Im wesentlichen sind dies diejenigen, bei denen der Hazchem-Code Trockenlöschmittel vorschreibt, die Kemler-Zahl aber nicht. Tabelle 4 [9] zeigt die Zusammenstellung dieser Stoffe nach dem Stand vom 20.3.95. (Nicht aufgenommen wurden Sammelbegriffe wie "ätzende, entflammbare, nicht anderweitig schon genannte Flüssigkeiten".)

An dieser Zusammenstellung fällt zweierlei auf: Zum einen enthält sie nur 28 Stoffe, obwohl in der UN-Liste mehr als dreimal so viel Stoffe (wieder ohne die Sammel-

begriffe) mit diesem Widerspruch zu finden sind [16, 29], und zum zweiten sind es durchweg Kombinationen von EAC-4 ohne Kemler-X — der umgekehrte Fall Kemler-X ohne EAC-4 kommt in dieser Liste nicht vor. Bei etwa einem Drittel dieser Stoffe haben die Kommissionen, die für die richtige Gefahrgutkennzeichnung verantwortlich sind, ihre Einordnung revidiert. Auffällig ist, daß es bei den Stoffen der Tabelle 4 durchweg die Genfer Kemler-Experten waren, die bei den nun harmonisierten Kennzeichen ebenfalls von der Verwendung von Wasser als Löschmittel abraten. Bei den oben angesprochenen, in Tabelle 4 nicht enthaltenen Stoffen wurden in etwa gleich vielen Fällen die Hazchem-Codes geändert. Und bei einem Stoff haben kurioserweise beide Kommissionen eine Neubewertung vorgenommen: Thio-Phosphoryl-Chlorid, UN 1837, wird jetzt mit X 80 und 2 XE ausgezeichnet.

Das die Idee zur Schaffung der ERICs mitbestimmende Vorhaben, die Bewertung der Gefahrstoffe in den unterschiedlichen, eingeführten Kennzeichnungs-Systemen zu harmonisieren, konnte noch nicht in vollem Umfang verwirklicht werden. Manche Stoffe scheinen ihre Einordnung lediglich der Code-Kombination zu verdanken, bei anderen kann nachvollzogen werden, daß die Kommission korrigierend eingegriffen und einen, oft auch beide Codes abgeändert hat. So wird Sauerstoff, UN-Nummer 1072, nun in der neuesten Fassung der GGVS tatsächlich eine brandfördernde Wirkung attestiert — in der GGVS-Fassung von 1995 war er noch als inertes, gar erstickendes Gas eingestuft [9, 16, 32]! Und ebenfalls als Gewinn dieser Bemühungen ist zu werten, daß die Zahl der Stoffe aus der UN-Liste, die noch nicht mit einer Kemler-Zahl ausgestattet waren, nun spürbar verringert worden ist. Kemler hat diesbezüglich zu Hazchem aufgeschlossen.

Bei der Gestaltung von Unfallmerkblättern bestehen grundsätzlich zwei Möglichkeiten: Entweder werden die Gefahrstoffe in Gruppen mit ähnlichen brandrelevanten Eigenschaften zusammengefaßt, die dann ein gemeinsames Merkblatt erhalten, oder es wird für jeden einzelnen Stoff ein individuelles Merkblatt geschaffen. Das erstgenannte Verfahren hat den Vorteil, daß der Umfang dieses Nachschlagewerkes überschaubar bleibt (Die Schweizer Einsatzakten [28] enthalten etwa 150 solcher Gruppenmerkblätter, das Emergency Response Guidebook [72] kommt mit der Hälfte aus und der kleine Gefahrguthelfer [49] mit lediglich 9 — eines für jede UN-Klasse).

Zur Bestimmung des passenden Gruppenmerkblattes wird im allgemeinen die UN-Nummer herangezogen. Je größer die Kombinationsmöglichkeit von UN-Nummern (etwa

2.300) und Zahl der Gruppenmerkblätter, umso größer wird auch die Wahrscheinlichkeit eines Irrtums, da im gewählten Merkblatt die Identifikationsnummer ja nicht mehr erscheint, statt dessen nur eine knappe Charakterisierung wie "giftige, entflammbare Flüssigkeit". Der Umfang der ERI-Cards mit 229 Blättern erreicht schon eine Größenordnung, bei der die Unterschiede zwischen den einzelnen Blättern so gering werden, daß Verwechslungen nicht mehr auffallen. Eine Einzelstoff-Merkblattsammlung, die dann allerdings den etwa fünffachen Umfang hätte, böte hier deutlich mehr Sicherheit.

Bei einer Sammlung von Gruppenmerkblättern erhebt sich allerdings die Frage, ob es tatsächlich erforderlich ist, für die leicht entflammbaren Flüssigkeiten (weder giftig noch ätzend) vier verschiedene Merkblätter vorzusehen. Der Unterschied, ob die gefährlichen Dämpfe einer solchen Flüssigkeit auch noch narkotische Wirkung haben oder nicht, dürfte vernachlässigbar sein, wenn grundsätzlich vorgeschrieben wird, umluft-unabhängigen Atemschutz zu tragen. Der Unterschied, ob die Flüssigkeit mit Wasser mischbar ist oder nicht, leichter oder schwerer als Wasser ist, kann vernachlässigt werden, wenn er sich in den vorgeschlagenen Einsatzmaßnahmen nicht auswirkt. Ein Unterschied bleibt und findet sich so auch im kompakteren Emergency Response Guidebook: angeratenes Löschmittel "Schaum" oder "alkoholbeständiger Schaum". Irritierend ist aber wieder, daß von den 110 UN-Stoffen, die zum ERIC-Gruppenmerkblatt 3-11 gehören, worin kein alkoholbeständiger Schaum gefordert wird, 43 % einen Hazchem-Code mit einem Punkt vor der Löschmittelziffer 3 (Schaum) führen — in guter Übereinstimmung mit den amerikanischen Löschmittel-Empfehlungen [72].

Daß der von manchen Fachleuten bei einigen Stoffen heftig umstrittene Hinweis auf Trockenlöschmittel sich auf die Empfehlung reduziert, unbeschädigte Natriumbehälter aus der Wärmestrahlung zu entfernen (ERIC Nr. 4-30), Behälter mit Beryllium/Magnesium-Legierung dagegen mit Wasser zu kühlen (ERIC Nr. 4-15), ist so erstaunlich wie die Tatsache, daß diese beiden Blätter ansonsten in der Tat absolut gleich lauten. Daß die Stoffe, für die das erste Blatt gilt, ein X in der Kemler-Zahl führen und sich hierdurch von denen des zweiten Blattes unterscheiden, ist nicht zu erkennen, denn auch bei jenen wird wegen der gefährlichen Reaktion mit Wasser und wegen der dabei entstehenden entzündlichen Gase von Wasser und Schaum abgeraten und statt dessen Pulver als Löschmittel angegeben.

In den gängigen Gefahrgut-Nachschlagewerken enthält die Kopfzeile eine Kurzinformation über den zu beschreibenden Stoff oder die Stoffgruppe. Bei Einzelstoffen stehen hier zum Beispiel Identifikationsmerkmale (UN- oder CAS-Nummer, chemische Formel,...) und Erstinformationen (NFPA-, Hazchem- oder Kemler-Code, Gefahrgutkennzeichnung nach Gefahrstoff-VO,...). Letzteres ist auch bei Gruppenmerkblättern möglich, wie die Schweizer Einsatzakten eindrucksvoll belegen.

Bei den ERI-Cards hat man hierauf bedauerlicherweise verzichtet. Noch nicht einmal die als Gruppeneinteilungs-Kriterium ursprünglich verwendete Kemler/Hazchem-Code-Kombination wird geboten. Statt dieser für den Fachmann, und nur an diesen wenden sich diese Hinweise, wirklich aussagekräftigen Codes (trotz der oben formulierten Vorbehalte gegenüber einzelnen Kemler-Zahlen) stehen in den Kopfzeilen seitenweise wiederholte Merkblatt-Titel wie "unter Druck verflüssigtes Gas, entzündbar, giftig" und neue Ordnungsnummern ohne jegliche inhaltliche Bedeutung, abgesehen davon, daß deren erste Ziffer mit der UN-Gefahrenklasse übereinstimmt.

Das Argument, der EAC dürfe nicht mit dem Kemler-Code kombiniert werden, ist nicht stichhaltig, weil die Verwechslungsgefahr Kemler-2 (Gas) — EAC-2 (Sprühstrahl) keine Gefahr darstellt, sondern eher, wie bei der Erläuterung des Hazchem-Codes ausgeführt, eine sinnvolle Korrelation. Das gleiche gilt für die 3 (entflammbare Flüssigkeit — Schaum) und bei der 4 (brennbarer Feststoff — Trockenlöschmittel) ist es zumindest nicht schädlich, auch wenn die Kemler-Jünger deutlich zurückhaltender sind bei der Empfehlung von Trockenlöschmitteln als ihre britischen Kollegen. Viel gravierender ist die Verwechslungsgefahr zwischen den verwandten Kennzeichnungssystemen der UN und der GGVS/E: UN-2.3 (giftiges Gas) firmiert bei Kemler nicht unter 23, sondern unter 26, Kemler-23 (entzündliches Gas) dagegen bezeichnen die UN mit 2.1. — Oder: UN-Klasse 4.3 umfaßt Stoffe, die bei Kontakt mit Wasser entzündliche Gase entwickeln, bei Kemler steht 43 dagegen für selbstentzündliche Feststoffe, die von den UN mit 4.2 gekennzeichnet werden.

Die im Vorspann zum Anhang B.5 der GGVS enthaltene Erläuterung der Kemler-Zahlen ordnet diese Zahlen alphanumerisch. Das hat zur Folge, daß auf die "30 — entflammbare Flüssigkeit, Flammpunkt zwischen 23°C und 61°C" die "33 — leicht entflammbare Flüssigkeit, Flammpunkt unter 23°C" folgt und daß eine mit X versehene Kemler-Zahl direkt nach der entsprechenden ohne X steht. In einem Vorbereitungspapier zur

Erstellung der ERI-Cards [9] wurden dagegen die Code-Kombinationen numerisch nach der Kemler-Zahl geordnet, wobei das vorangestellte X wie eine fiktive 1 behandelt wurde. Diese Eigenwilligkeit, aus der die zweite Hälfte der ERIC-Numerierung entsteht, bewirkt, daß die leicht entflammaren giftigen Flüssigkeiten (336) nicht nach den leicht entflammaren (33) eingeordnet werden, sondern mit den Flüssigkeiten, die beim Kontakt mit Wasser entzündliche Gase entwickeln (323) nach den ätzenden giftigen Gasen (286). Und die mit Wasser gefährlich reagierenden ätzenden Stoffe (X 80) rangieren nicht nach den ätzenden (80), sondern nach den sonstigen oder umweltgefährdenden Stoffen (90). Das gleiche gilt für die mit Wasser gefährlich reagierenden und Wasserstoff entwickelnden Feststoffe (Paradebeispiel Natrium — X 423), die nicht nach ihren ansonsten gleichartig aber nicht so gefährlich reagierenden Verwandten (Erdalkalimetalle — 423) zu finden sind, sondern nach den ätzenden entflammaren Flüssigkeiten, die mit Wasser gefährlich reagierenden und Wasserstoff entwickelnden (X 382).

Diese "Systematik" hat zur Folge, daß sich beispielsweise zwischen ERIC Nr. 4-15 (Barium, Calcium,... mit der Kemler-Zahl 423) und ERIC Nr. 4-30 (Kalium, Natrium,... mit der Kemler-Zahl X 423) noch 14 weitere Blätter befinden, die geschmolzene, giftige oder ätzende Feststoffe betreffen. Ein Irrtum in der Blattauswahl wäre hier sicherlich nicht unerheblich und — wenn man die absolut ungewöhnliche Ordnung im "alphabetischen" Inhaltsverzeichnis betrachtet — auch nicht unwahrscheinlich. Im Gegensatz zum Chemiker-Alphabet, bei dem Stellungsziffern und Strukturangaben zur chemischen Formel eben nicht berücksichtigt werden, sind sie im ERIC-Verzeichnis eingeordnet: 1-Hexen steht deshalb ganz zu Beginn des Verzeichnisses, auch als Hex-1-en rangiert es noch vor Hexan, Di-n-amyl-... kommt hinter Dimethyl-... und Ethyl-2-Chlor-Propionat eine Seite vor Ethyl-Chlorid.

Daß bei der Wiedergabe des Hazchem-Codes im ERIC-Inhaltsverzeichnis auf den farb-negativen Druck jener Buchstaben verzichtet wird, die sich auf Schadensereignisse ohne Brand beziehen, ist — mit der Begründung, die ERICs wenden sich nur an die Feuerwehr — nur scheinbar einleuchtend, denn der Aufgabenbereich der Feuerwehren erschöpft sich ja nicht mehr nur im Löschen von Bränden. Das Fehlen der zusätzlichen Personenschutzanweisungen und der Hinweis auf den alkoholbeständigen Schaum ist aber auch unter dieser eingeeengt feuerwehrspezifischen Betrachtungsweise ein Mangel.

Daß die Anweisungen in den ERICs aus Standardsätzen aufgebaut sind, ist unbedingt als Vorteil zu werten, weil ansonsten kleine Formulierungsvariationen zu unbeabsichtigten Interpretationsdifferenzierungen herausfordern. Darüber hinaus würde es der Übersichtlichkeit dienen, wenn die Anweisungen auch durchgängig in derselben Reihenfolge gegeben würden. Statt dessen findet sich der Hinweis, daß gefährliche Dämpfe entwickelt werden, bei den leicht entflammaren Flüssigkeiten mal an erster, mal an dritter Stelle, mal vor, mal nach der Warnung vor der Gefahr für Augen und Atemwege, diese wieder mal an erster, mal an vierter Stelle und die Warnung vor explosionsfähigen Gemischen mit Luft steht mal unter "Eigenschaften" und mal unter "Gefahren".

Der Übersichtlichkeit dient es auch, wenn die Informationen so knapp wie möglich gehalten werden (vergl. hierzu die leider eingestellte Merkblattsammlung Gefährliche Stoffe [17]). Aufforderungen wie "Schutzausrüstung bereits vor dem Betreten des Gefahrenbereichs anlegen", "Zündquellen ausschließen", "Zahl der Einsatzkräfte im Gefahrenbereich beschränken", "Lecks wenn möglich schließen", "aus Umweltschutzgründen Löschmittel zurückhalten", "mit dem Wind vorgehen", ... sollten sich erübrigen, wenn sich die ERIC-Sammlung, wie in der Einleitung mehrfach betont, an Feuerwehrleute mit einer speziellen Ausbildung für den Gefahrstoffeinsatz richtet. Ebenso überflüssig ist die Aufforderung, Brandgase mit dem Sprühstrahl niederzuschlagen, wenn vier Zeilen darüber dieselbe Anweisung für Dämpfe steht, oder der doppelte Hinweis auf sowohl gefährliche als auch reizende und ätzende Dämpfe. Selbst der Hinweis auf Drucksteigerung und Berstgefahr (BLEVE), der bei jedem flüssigen Stoff genannt wird, ist für einen Fachmann eigentlich überflüssig — aber wenn schon, dann wäre er zuallererst bei den druckverflüssigten Gasen angebracht!

Viel wichtiger wäre — wenn vor gefährlichen Dämpfen gewarnt wird — zu sagen, ob es die Substanz selbst ist, von deren Dämpfen die Gefahr ausgeht, oder ob sie von im Brand gebildeten Reaktionsprodukten verursacht wird, und ob es sich um giftige (Atemschutz) oder um ätzende (Körperschutz) Dämpfe beziehungsweise Flüssigkeiten handelt. Und wenn die Kurzbeschreibung aus der Titelzeile jedes Blattes in der Rubrik Eigenschaften wiederholt wird, dann sollte sie, um Mißverständnisse zu vermeiden, komplett wiederholt werden — nicht wie bei den selbstentzündlichen Flüssigkeiten, bei denen in dieser Rubrik gerade dieses Charakteristikum fehlt (ERIC Nr. 3-12).

Zu wünschen wäre auch, daß das im ERIC-Ordner angehäufte Fachwissen sorgfältig und zuverlässig zusammengetragen worden wäre. Zweifel daran können aufkommen, wenn man die im Einleitungskapitel wiedergegebene Definition von "BLEVE" betrachtet:

"BLEVE: Eine **B**oiling **L**iquid **E**xpanding **V**apor **E**xplosion (Behälterexplosion) ist möglich, wenn ein Feuer einen Behälter von außen oberhalb des Flüssigkeitsspiegels aufheizt, eine Schwächung des Metalls verursacht und es anschließend durch ansteigenden inneren Druck zu einem plötzlichen Aufreißen kommt."

Tatsächlich beruht das mit dieser amerikanischen Abkürzung bezeichnete Phänomen auf dem physikalischen Prinzip, daß sich oberhalb der kritischen Temperatur auch unter stärkstem Druck kein Gas mehr verflüssigen läßt [33]. In der Praxis bedeutet dies, daß sich ein druckverflüssigtes Gas beim Überschreiten seiner kritischen Temperatur (bei CO₂: 31 °C) schlagartig auf das 200- bis 300-fache seines bisherigen Volumens ausdehnt und seinen Behälter sprengt⁵). — Es kommt also nicht darauf an, ob die hierfür erforderliche Wärmezufuhr von außen oder von innen erfolgt, schon gar nicht kommt es auf die Erwärmung der Dampfphase an, denn diese hat die entscheidende Volumenzunahme ja schon erfahren. Allein die Steigerung der Flüssigkeitstemperatur auf den Siedepunkt ist ausschlaggebend. Die dadurch verursachte Volumenzunahme ist auch vom stärksten Behältermaterial nicht zu bändigen.

Die Schwächung der Behälterwand berücksichtigt nur die Möglichkeit, daß BLEVE mit verminderter Sprengkraft auch schon vor dem Erreichen der kritischen Temperatur eintreten kann — nämlich dann, wenn der Behälter dem Druck, der erforderlich ist, um die über ihren Siedepunkt erhitzte Flüssigkeit flüssig zu halten, nicht mehr standhält. Die Formulierung im ERIC-Einführungskapitel stellt nur hierauf ab und unterschlägt die physikalisch korrekte Übersetzung: "Behälterexplosion infolge von Dampfausdehnung beim Flüssigkeitssieden". Im Übrigen ist auch in den NFPA-Codes Nr. 49 und Nr. 921 wie bei vielen anderen Autoren [10, 50...52] eine ungenügende Definition zu finden.

⁵) Die hierfür benutzte Bezeichnung "Explosion" beschreibt die Gefährlichkeit der Druckwelle und der umhergeschleuderten Splitter — sie meint nicht, daß die Flüssigkeit selbst brennbar sein muß [15].

4. KENNZEICHNUNGS- UND ANWEISUNGSDIFFERENZEN

4.1 Stoffe, bei denen die Löschmittel-Empfehlungen in den in der Europäischen Gemeinschaft existierenden Gefahrstoff-Merkblättern nicht übereinstimmen

Bei den Stoffen in der Tabelle 4, die von den verschiedenen Experten noch unterschiedlich eingeordnet werden ("the Hazchem Coding Committee is not convinced that EAC-4 should be reduced to EAC-2" [9]), handelt es sich durchaus nicht um sogenannte Exoten (am ehesten noch bei den drei Magnesium- und Mangan-Verbindungen mit ausgesprochen schmalem Informationsspektrum). Ihre vergleichsweise niedrigen UN-Nummern belegen ebenso wie ihre niedrigen Ordnungszahlen im Handbuch der gefährlichen Güter [16] und in den Merkblättern gefährliche Arbeitsstoffe [47], daß sie nicht zu unrecht im Verzeichnis der am häufigsten transportierten Güter [14] geführt werden. Drei von ihnen sind sogar in der ältesten hier zu Rate gezogenen Gefahrgut-Merkblattsammlung enthalten, den Chem-Cards der Manufacturing Chemists' Association von 1965, die überhaupt nur 85 Stoffe umfaßt [53].

26 der 28 Stoffe der Tabelle 4 stellen anorganische Verbindungen dar, 2 in gasförmigem, 16 in flüssigem und 10 in festem Aggregatzustand. Bei den meisten handelt es sich um Halogen-Verbindungen, wovon wiederum die (Leicht-)Metall-Halogenide die größte Gruppe bilden:

- 2 Aluminium-Halogenide (fest und ätzend),
- 3 Antimon-Halogenide (2 flüssig, 1 fest, ätzend, z.T. sehr giftig),
- 3 Halogen-Verbindungen mit 4-wertigen Metallen (2 flüssig, 1 fest, ätzend, z.T. sehr giftig) und
- 5 Silicium-Chloride (2 per-, 3 teil-chloriert, 2 gasförmig, 3 flüssig, ätzend, z.T. brennbar bis explosiv, die mit Wasser H_2 entwickeln, z.T. giftig).

Die weiteren Stoffe der Tabelle 4 lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- 3 Halogen-Halogenide (flüssig, ätzend, giftig und brandfördernd),
- 4 Schwefelsäure-Derivate (flüssig, ätzend, z.T. sehr giftig, z.T. brandfördernd),
- 4 Phosphor-Verbindungen (1 flüssig, 3 fest, die 3 Halogenide ätzend bis sehr giftig, die Schwefel-Verbindung brennbar und mit Wasser H_2S entwickelnd) und

- 2 Magnesium-Verbindungen (fest und brennbar, die eine selbstentzündlich, die andere mit Wasser H_2 entwickelnd).

Zu den organischen Verbindungen sind lediglich

Acetyl-Bromid (flüssig, ätzend und brennbar) und das

Pflanzenschutzmittel Maneb (fest, brennbar und mit Wasser H_2 entwickelnd) zu rechnen.

Die Gesundheitsgefährdung durch die meisten dieser Stoffe wird im NFPA-Diamanten mit 4 oder 3 angegeben. Die Expertengruppe der UN stuft sie ihrer Gesundheits-Gefährlichkeit wegen in der höchsten oder zweithöchsten Verpackungsgruppe ein, so daß von der Hälfte dieser Stoffe nach UN-Vorschriften noch nicht einmal Kleinstmengen unter 1 kg ohne Warenbegleitschein und Gefahrgutkennzeichnung transportiert werden dürfen.

Bei einigen dieser Stoffe ist das Informationsangebot ausgesprochen dürftig, zum Teil auch widersprüchlich. Monochlor-Silan müßte beispielsweise seinen physikalisch/chemischen Eigenschaften nach in derselben UN-Klasse rangieren wie Dichlor-Silan: 2.3 + 2.1 + 8 — sogar noch mit einer führenden 4.3 wegen seiner gefährlichen Reaktion mit Wasser. Obwohl eindeutig gasförmig, ist es statt dessen in 3 + 8 eingestuft. Viele dieser Stoffe brennen zwar nicht selbst, doch fachen sie die Verbrennung anderer Stoffe an oder sie reagieren in so gefährlicher Weise mit anderen Materialien, insbesondere auch mit Wasser (stark exotherm, heftig bis explosionsartig), daß der Entscheidung über die zweckmäßigsten Mittel und Verfahren zur Bekämpfung von Bränden, in deren Gefährdungsbereich solche Stoffe zu finden sind, eine ausschlaggebende Bedeutung zukommt.

4.2 Hinweise und Empfehlungen in der Fachliteratur für den Fall eines Brandes mit diesen Stoffen

Da die Forschungsstelle für Brandschutztechnik nicht über die Sonderlabors verfügt, die erforderlich sind, um mit derartigen Stoffen realitätsnahe Brand- und Löschversuche durchführen zu können, beschränkt sich die "Untersuchung der Löschverfahren und Löschmittel zur Bekämpfung von Bränden gefährlicher Güter" bei diesen Stoffen auf eine, dieses Forschungsthema abschließende, Untersuchung und Gegenüberstellung der

Fachliteratur, um noch einmal die Wichtigkeit der Klärung der hier aufgezeigten Differenzen zu betonen.

Um eine Vergleichbarkeit der verwendeten Literatur zu ermöglichen, wird als erstes geprüft, welche der im Rahmen dieses Themas relevanten Informationen in den zu Rate gezogenen Nachschlagewerken enthalten sind: Tabelle 5 [11, 15...17, 19...21, 27...31, 33, 35, 39, 40, 42...44, 46...48, 53...69, 71...77, 93]. Danach erweisen sich die Sicherheitstechnischen Kennzahlen [20], die neuen Datenblätter für gefährlich Arbeitsstoffe nach der Gefahrstoff-Verordnung [30], die ChemCards [19], die Chemie-Brände [35] und die Merkblätter gefährliche Arbeitsstoffe [47] als die ergiebigsten Quellen.

Als nächstes ist in Tabelle 6 [11, 15...17, 19, 27...30, 39, 40, 47, 48, 54, 55, 58, 59, 67, 69, 70, 72] zusammengestellt, in welchen Abschnitten der jeweiligen Stoffmerkmale diese Informationen zu finden sind. Das Hazardous Chemicals Data Book [59] und besonders das Handbuch der gefährlichen Güter [16] erscheinen relativ unübersichtlich, weil Informationen zu einem Thema (z.B. brandrelevante Stoffeigenschaften) über mehrere Abschnitte verteilt angeboten werden. In ähnlichem Maße gilt dies auch für die ChemCards [19], die neuen Datenblätter für gefährlich Arbeitsstoffe [30], die Chemical Safety Data Sheets [67] und selbst für den Code 49 der NFPA [15]. Die Beschreibung der Informationsverteilung in Tabelle 6 beschränkt sich auf jene Quellen, aus denen in Tabelle 8 Detailinformationen wiedergegeben werden.

Tabelle 7 [15...17, 19...21, 27...35, 39, 40, 42...44, 46...48, 53...76, 78, 79, 89] zeigt, welche der 28 in Tabelle 4 genannten Einzelstoffe in der untersuchten Gefahrstoff-Literatur beschrieben werden (in der Σ -Spalte: Zahl der Quellen, die diesen Stoff führen) und unter welchem Kürzel sie dort zu finden sind. Die gefundenen Informationen über diese Stoffe werden dann in Tabelle 8 [14...17, 19...21, 27...35, 39, 40, 44, 46...48, 53...60, 62...67, 69...85, 89, 90, 93] zusammengetragen und miteinander verglichen.

Tabelle 4 ist nach UN-Nummern, Tabelle 7 und 8 sind alphabetisch geordnet, mit Ausnahme der Chlor-Silane, die in der Reihenfolge ihres Chlor-Gehaltes zusammenstehen, zuerst die lediglich ätzenden perchlorierten, dann die darüber hinaus auch brennbaren teilchlorierten.

Tabelle 8 beginnt für jeden Stoff mit einer neuen Seite, die oben den Stoffnamen trägt, gefolgt von einer Zusammenstellung anderer gebräuchlicher Bezeichnungen (bei heute nicht mehr nachvollziehbaren Synonyma wird in Klammern die Quelle angegeben). Der nächste Absatz enthält eine Kurzbeschreibung nach Aggregatzustand, Farbe und Geruch und anschließend die Registriernummern in verschiedenen Stoffverzeichnissen sowie die chemischen Formeln.

Auf die einzig eindeutige Stoffidentifizierungs-Nummer, die Registriernummer beim Chemical Abstracts Service, folgt die UN-Nummer und, abgetrennt durch einen Schrägstrich, die Klasse und Nummer unter der der Stoff in der Anlage A zum ADR (Fassung vom 29.3.1996) geführt wird. Sowohl die CAS-Nr. als auch die RTECS-Nr. werden entgegen dem offiziellen Usus mit Tausenderpunkt geschrieben, um die Leserlichkeit zu verbessern.

Entsprechend der EG-Richtlinie Nr. 548 von 1967 tragen Stoffe, die vor dem 18.9.1981 in Verkehr gebracht wurden, eine 6-stellige Nummer, die mit einer 2 beginnt: EINECS (früher: ECOIN [20] bzw. EG.-Nr. [68]). Stoffe, die nach diesem Datum in Verkehr gebracht werden, erhalten eine, die mit einer 4 beginnt: ELINCS. Damit nicht zu verwechseln ist die darüber vermerkte, systematische Index-Nummer (früher: EG-Nr. [19]), die den registrierten Substanzen (nach welchen Kriterien? — jedenfalls nicht allen EINECS-Stoffen) von der EG-Kommission zusätzlich zugeteilt wird: Ihre ersten drei Ziffern bezeichnen bei organischen Stoffen die maßgebliche funktionelle Gruppe, bei anorganischen die Ordnungszahl des charakteristischen chemischen Elementes im Periodensystem (z.B. 51 für Antimon), die folgenden Ziffern dienen der fortlaufenden Numerierung innerhalb dieser Stoffgruppe, die letzte Ziffer hat wie auch in den anderen Numerierungssystemen lediglich Kontrollfunktion.

Diese Numeritis ist so unnötig wie ein Kropf, stiftet durch fortlaufende Variation des Systemnamens nur Verwirrung und erweckt den Anschein der Eindeutigkeit, obwohl in Wirklichkeit Einzelstoffe und Stoffgruppen durcheinander geworfen werden:

EG-Index	Stoffidentifikation [40, 47]
051-001-00-8	Antimon-Trichlorid
051-002-00-3	Antimon-Pentachlorid
051-003-00-9	Antimon-Verbindungen mit Ausnahme von Diantimon-Pentoxid, Diantimon-Tetraoxid, Diantimon-Trisulfid und jenen Antimon-Verbindungen, die (in diesem Verzeichnis) gesondert aufgeführt werden
051-004-00-3	Antimon-Trifluorid
051-005-00-X	Diantimon-Trioxid

Die Störfall-Verordnungs-Nummer ist dem Kapitel 9/4.3 der neuen Störfall-Verordnung [74] entnommen. Sie gibt die entsprechende Nummer aus dem Anhang II des Gesetztextes wieder (aus formalen Gründen auf 6 Ziffern aufgefüllt — vergleiche die Spalten [73] und [74] in der Tabelle 7) und ordnet Einzelstoffe, die dort nicht genannt werden, systemgerecht ein.

Die Strukturformel unterscheidet die verschiedenen Bindungsarten bei Nichtmetallen und Metallen [76, 89]. Die homöopolare Bindung zwischen ersteren wird, je nach dem ob es sich um eine Bindung durch ein oder durch zwei Elektronenpaare handelt, mit einfachen oder mit doppelten Valenzstrichen (—, =) dargestellt. Für Ein-Elektronenbindungen stehen verkürzte Valenzstriche (-). Tritt diese Bindungsart doppelt auf, so werden die Valenzstriche zur Verdeutlichung nicht nebeneinander, sondern nacheinander gesetzt (--). Bei der heteropolaren Ionen-Bindung zwischen Metallen und Nichtmetallen wird das diese Bindungsart charakterisierende elektrische Potential angegeben.

Bei den chemisch/physikalischen Eigenschaften werden neben den Umwandlungspunkten, der Dichte, der Löslichkeit und dem Dampfdruck in einer zweiten Spalte die für das Brandverhalten ausschlaggebenden Eigenschaften genannt: Flammpunkt, Zündtemperatur und Explosionsgrenzen. Die genannten Werte beziehen sich auf den technischen Normalzustand mit 20°C Raumtemperatur und einem Umgebungsdruck von 1.013 hPa. Falls die Literatur nur Werte bietet, die unter anderen Bedingungen ermittelt wurden, ist dies mit “@” vermerkt. Bei differierenden Angaben werden jeweils nur der niedrigste und der höchste gefundene Wert wiedergegeben. Bei gleichlautenden Angaben werden maximal zwei Quellen zitiert. Ein “—” in dieser Tabelle kann zum einen bedeuten, daß der

entsprechende Wert nicht existiert, zum Beispiel ein Schmelzpunkt neben einem Sublimationspunkt, zum anderen kann es aber auch lediglich anzeigen, daß dieser Wert in der zu Rate gezogenen Fachliteratur nicht zu finden war.

Bei den Angaben zur Wasser-Löslichkeit, von Interesse wegen der VbF-Einordnung (sh. Seite 41), sind die meisten Quellen nur mit Vorsicht zu genießen, denn "gut löslich", "reagiert", "hydrolisiert" und "zersetzt sich" werden häufig gleichgesetzt wie beispielsweise bei Antimon-Pentafluorid und bei Aluminium-Bromid.

Der Umrechnungsfaktor für Konzentrationsangaben von [ppm] auf [mg/m³] entspricht dem Kehrwert der absoluten Dampfdichte dieses Stoffes, die definiert ist als Quotient aus Molekulargewicht [kg] und Molvolumen (= 24,1 m³ bei 20°C für ideale Gase) [30]. Die in der Literatur gefundenen Werte genügen weitgehend dieser Definition, obwohl der Dampf der hier besprochenen Feststoffe und Flüssigkeiten nur näherungsweise einem idealen Gas gleicht. Ausgerechnet die Angabe für den einzigen in der Literatur belegten gasförmigen Stoff weicht deutlich ab: 0,177 statt 0,239 für Dichlor-Silan. Werte ohne Literaturangabe wurden selbst berechnet.

Die Berechnung der relativen Dampfdichten aus den oben ermittelten absoluten liegt zum Teil so weit neben den in der Literatur gefundenen Werten, daß die Differenzen nicht nur mit dem Unterschied ideales/reales Gas zu begründen sind: Antimon-Pentachlorid [16, 55], Antimon-Pentafluorid [16, 55, 67], Tetrachlor-Silan [17, 55, 59]. Werte ohne Quellenangabe stellen wieder Eigenberechnungen dar.

Im nächsten Absatz folgt die Aufzählung der verschiedenen Gefährlichkeits-Einstufungen, beginnend mit der Gefahrenklasse, der Verpackungsgruppe und der von den UN gebilligten Freimenge, die ohne Gefahrgut-Kennzeichnung *transportiert* werden darf, abgetrennt durch ein Semikolon die von der GGVS gebilligte Freimenge. Die folgende Zeile enthält die Mengenschwelle, bei deren Überschreiten im *Betrieb oder Lager* die 4. und/oder die 12. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutz-Gesetzes eingehalten werden müssen — beispielsweise muß eine Sicherheitsanalyse angefertigt werden [73].

Die Störfall-VO [73] definiert verschiedene Stoff-Mengenschwellen: In Spalte 1 ihres Anhangs II werden für einige Einzelstoffe in genehmigungspflichtigen Verarbeitungs-

betrieben diese Grenzwerte festgeschrieben. (Im Anhang I werden diese Betriebe zuvor im einzelnen aufgezählt, unter anderen solche, "zur Herstellung von Stoffen durch chemische Umwandlung" oder "zur Behandlung von Stoffen mit physikalischen Verfahren" — womit sich die ganze Aufzählung eigentlich erübrigt.) Spalte 2 des Anhangs II enthält die analogen Werte für räumlich aufgeteilte Betriebe, wenn deren Einzelbetriebe nicht mehr als $\frac{1}{2}$ km voneinander entfernt sind. (Die Gefahrenagglomeration durch benachbarte Konkurrenzbetriebe — Nähmaschinenfabriken in Karlsruhe, Kugellagerfabriken in Schweinfurt, Chemieindustrie im Baseler Dreiländereck — fällt unter den Tisch.) Anhang III enthält entsprechende Werte für Lager. Stoffe, die in diesen Listen nicht selbst genannt werden, müssen ihren Eigenschaften nach entsprechenden Sammelkategorien zugeordnet werden, um so die für sie gültigen Mengenschwellen zu ermitteln.

Auch in der 4. VO zur Durchführung des BImSchG [73] werden solche Mengenschwellen aufgeführt. Tabelle 8 nennt von diesen vier möglichen Werten nur den jeweils geringsten (zitiert nach der Zusammenstellung im Kapitel 9/4.3 der kommentierten Störfall-Verordnung [74] — in der Hoffnung daß die Zuverlässigkeit dieser Liste unter dem explikatorischen Niveau ihrer Kommentatoren nicht gelitten hat): Die meisten der Stoffe, die in diesen beiden Verordnungen mit einer niedrigen Mengenschwelle (< 20 t) genannt werden, haben auch eine geringe oder gar keine UN-Freimenge. Ausnahmen bilden Trichlor-Silan, Chlor-Sulfonsäure, Phosphor-Trichlorid und Titan-Tetrachlorid, die nach dem BImSchG weniger gefährlich eingestuft werden als von den UN — nur für Nitrosyl-Schwefelsäure gilt das Umgekehrte. Bei etwa der Hälfte der Stoffe, bei welchen die UN keine Freimenge einräumen, läßt auch die GGVS keine zu, bei einigen anderen zum Teil Minimengen von 100 cm^3 , bei Hexachlor-Disilan und bei Titan-Tetrachlorid auch 1.000 cm^3 . Ansonsten liegen die von der GGVS gebilligten Freimengen meist um den Faktor 2 oder 3 über denjenigen der UN.

Die beiden konkurrierenden Gefahrgut-Transportkennzeichen nach Kemler und Hazchem (einschließlich der Anweisungen für zusätzliche persönliche Schutzausrüstung — ein Punkt für alkoholbeständigen Schaum kommt nicht vor, weil alle Hazchem-Codes in Tabelle 8 mit 4 beginnen) stehen in den nächsten Zeilen. Sie belegen, daß einige der noch in Tabelle 4 dokumentierten Gefahrenbewertungs-Unterschiede inzwischen beigelegt sind. Dort, wo die zitierten Gefahrgut-Nachschlagewerke von der Einstufung der Genfer Experten-Kommission abweichen, ist dies dokumentiert.

Die sowohl von der NFPA [15] als auch vom Handbuch der gefährlichen Güter [16] zur Charakterisierung von Gefahrstoffen verwendeten Gefahrendiamanten werden beide wiedergegeben. Es zeigt sich, daß sie in den seltensten Fällen übereinstimmen: Mit etwa gleicher Häufigkeit wird die Gesundheitsgefährdung durch einen Stoff mal vom Handbuch, mal von der NFPA höher eingestuft; bei zwei Stoffen warnt das Handbuch vor der Verwendung von Wasser als Löschmittel, während die NFPA es zuläßt (zumindest dem Symbol **W** nach!), bei zwei anderen Stoffen ist das Umgekehrte der Fall; etwa 7:1 lautet das Verhältnis Handbuch:NFPA in den Fällen, in denen die chemische Gefahr höher bewertet wird; bei der Bewertung der Brandgefahr dreht sich das Verhältnis auf 4:25 um, wobei es sich meist um krasse Unterschiede handelt, bei denen das Handbuch die Gefahr auf 0 minimiert, während ihr die NFPA den maximalen Wert 4 zuordnet! — In einem Falle (Dichlor-Silan) gibt es sogar 3 Gefahrendiamanten, weil die NFPA mit sich selbst uneins ist: Code 325 stimmt nicht mit Code 49 überein, obwohl sie aus demselben Jahr stammen.

Das vom Verband der Berufsgenossenschaften vorgeschriebene Schild mit dem durchgestrichenen Löschwassereimer zur Kennzeichnung von Plätzen, an denen Stoffe verarbeitet oder gelagert werden, die nicht mit Wasser gelöscht werden dürfen, wird im gleichen Sinne von den Merkblättern und den Datenblättern für gefährliche Arbeitsstoffe [30, 47] benutzt. Wenn einer der beiden Autoren dieses Symbol verwendet (bei 2 Stoffen verwenden es sogar alle beide), ist es in Tabelle 8 mit einem ✓ vermerkt.

In den nächsten Zeilen folgen die von der Gefahrstoff-Verordnung vorgeschriebenen Buchstaben-Symbole zur Kennzeichnung von Gefahrstoffen (sh. Tabelle auf Seite 25) und die Zahlenschlüssel für die Risiko- und die Sicherheits-Sätze. Kombinierte Sätze, wie in der Gefahrstoff-Verordnung vorgesehen, werden nicht zitiert, weil sie, wie im folgenden Beispiel dargestellt, als unnötige Aufblähung des Systems einzustufen sind: R20 = gesundheitsschädlich beim Einatmen; R21 = gesundheitsschädlich beim Berühren mit der Haut; R22 = gesundheitsschädlich beim Verschlucken; R20/21/22 = gesundheitsschädlich beim Einatmen, Verschlucken und Berühren mit der Haut!

Zuletzt werden in diesem Block die Brandklasse, die VbF-Gefahrenklasse, die DIN-Explosionsgruppe und die DIN-Temperaturklasse genannt, denen dieser Stoff zuzuordnen ist. Informationen über die Brandklasse finden sich im Wesentlichen in drei Nach-

schlagewerken [35, 47, 54], die, was die Löschmittel-Empfehlungen für die einzelnen Klassen betrifft, nicht ganz übereinstimmen:

Brandklasse Löcher, Löschmittel	A glutbildende Feststoffe	B Flüssigkeiten	C Gase	D Metalle
Wasser	[35, 47, 54]	[54]	[54]	
Schaum	[35, 54]	[54]		
BC-Pulver		[35, 47, 54]	[35, 47, 54]	
ABC-Pulver	[35, 47, 54]	[35, 47, 54]	[35, 47, 54]	
Kohlensäure-Schnee		[47]		
Kohlensäure-Gas		[35]	[35, 47, 54]	
Halon		[35, 47, 54]	[35, 47, 54]	
Metallbrand-Sonderpulver				[35, 47, 54]

Die Einstufungen nach der Verordnung über brennbare Flüssigkeiten (VbF) richtet sich, wie folgende Zusammenstellung zeigt, nach dem Flammpunkt und danach, ob die Flüssigkeit sich mit Wasser mischt, weil diese Eigenschaften wesentlich ihr Brandverhalten und die Löschmöglichkeiten bestimmen. Nur bei Flüssigkeiten, die sich mit Wasser mischen, kann durch die Verdünnung und die Abkühlung die Konzentration der Dampfphase über der brennbaren Flüssigkeit soweit gesenkt werden, daß der Flammpunkt unterschritten wird.

VbF-Klasse	Mischverhalten	Flammpunkt
A I	nicht mit Wasser mischbar	Flp. < 21°C
A II		21°C < Flp. < 55°C
A III		55°C < Flp. < 100°C
B	vollständig mit Wasser mischbar	Flp. < 21°C

Brennbare Gase und mit Wasser mischbare Flüssigkeiten, die einen Flammpunkt über 21°C haben, unterliegen nicht der VbF.

Einer DIN-Explosionsgruppe ist nur einer der 28 hier besprochenen Stoffe zugeteilt. Die verschiedenen Gruppen unterscheiden die zu bewertenden explosionsfähigen Stoffe (und die als Zündquelle dienenden Betriebsmittel) nicht nach den Explosionsgrenzen, sondern nach Grenzspaltweite und Mindestzündstrom [71].

Brennbare Stoffe werden nach DIN entsprechend ihrer Zündtemperatur in Temperaturklassen (früher VDE-Zündgruppen) wie folgt eingeteilt:

Temperaturklasse [DIN 57.165]	Zündtemperatur ϑ_z	bisherige Zündgruppe [VDE]
T1	$450^{\circ}\text{C} < \vartheta_z$	G1
T2	$300^{\circ}\text{C} < \vartheta_z < 450^{\circ}\text{C}$	G2
T3	$200^{\circ}\text{C} < \vartheta_z < 300^{\circ}\text{C}$	G3
T4	$135^{\circ}\text{C} < \vartheta_z < 200^{\circ}\text{C}$	G4
T5	$100^{\circ}\text{C} < \vartheta_z < 135^{\circ}\text{C}$	G5
T6	$85^{\circ}\text{C} < \vartheta_z < 100^{\circ}\text{C}$./.

Die Temperaturklasse T6 hat keine nach unten offene Grenze, sie beginnt bei 85°C . Offen bleibt, in welche Klasse Substanzen mit einer niedrigeren Zündtemperatur einzuordnen sind, beispielsweise Dichlor-Silan mit einer Zündtemperatur $\vartheta_z = 58^{\circ}\text{C}$.

Zur Verdeutlichung und weil die Auffassungsunterschiede hierüber den Anstoß zu dieser Literaturrecherche gaben, werden Hinweise, nicht mit Wasser zu löschen, fett gedruckt:

- 4.3 als UN-Gefahrenklasse: brennbare Feststoffe, die bei Berührung mit Wasser entzündliche Gase produzieren,
- X** in der Kemler-Zahl,
- 4** im Hazchem-EAC,
- W** in den Gefahrendiamanten,
- ✓** als Bestätigung für das VBG-Schild mit dem Löschwassereimer,
- 14** R-Satz: reagiert heftig mit Wasser,
- 15** R-Satz: reagiert mit Wasser unter Bildung leicht entzündlicher Gase,
- 29** R-Satz: reagiert mit Wasser unter Bildung giftiger Gase,
- 43** S-Satz: zum Löschen ... verwenden (geeignetes Löschmittel ist vom Hersteller anzugeben; wenn Wasser die Gefahr erhöht, ist anzufügen: Kein Wasser verwenden!),
- D** Brandklasse brennbare Metalle, Sonderlöschpulver.

In der Spalte daneben werden noch verschiedene gesundheitliche Toleranzwerte wiedergegeben: Wassergefährdungsklasse (von WGK0 = nicht bis WGK3 = stark gefährdend), maximale Arbeitsplatzkonzentration nach deutscher, amerikanischer und russi-

scher Norm, technische Richtkonzentration, biologischer Arbeitsplatz-Toleranzwert und Meßergebnisse aus Tierversuchen. Die Bedeutung der einzelnen Werte ist im Abkürzungsverzeichnis am Anfang dieses Berichtes erläutert. Nach Anhang I, Nr. 1 der Gefahrstoff-VO sind Stoffe als sehr giftig einzustufen, wenn ihr $LD_{50(Ratte, oral)}$ -Wert 25 mg/kg KG unterschreitet oder wenn ihr $LC_{50(Ratte, inhal./4h)}$ -Wert unter 500 mg/m³ Atemluft liegt. Dies trifft auf 4 der hier besprochenen Stoffe zu und ist dort vermerkt.

Der in der vfdb-Richtlinie 10/01 zur Bewertung von Schadstoff-Konzentrationen im Feuerwehreinsatz definierte Einsatz-Toleranzwert (ETW), bei dessen Überschreiten für die Einsatzkräfte Atemschutz vorgeschrieben wird, ist in dieser Rubrik nicht enthalten, weil er bislang überhaupt nur für 29 luftgetragene Substanzen festgelegt werden konnte (darunter für keinen der hier besprochenen Stoffe) und weil seine Definition, verglichen mit anderen Grenzwerten, noch so jung ist, daß er in keinem der hier verwendeten Nachschlagewerke verzeichnet ist.

Die nächste Seite beginnt mit Stichworten zum Vorkommen und zur Verwendung des besprochenen Stoffes, bevor im wichtigsten Abschnitt dieser Tabelle die verschiedenen Aussagen zu den Gesundheits-, Brand- und chemischen Risiken und zu den empfohlenen Löschmaßnahmen einander gegenübergestellt werden. Der Vergleichbarkeit halber werden diese Zitate nicht wortgetreu übernommen, sondern nach einem einheitlichen Raster in 10 Punkten geordnet:

1. Brandverhalten (z.B.: hochentzündlich,... leicht flüchtig, brennt selbst nicht, facht als starkes Oxidationsmittel die Verbrennung anderer Stoffe an, Behälterexplosion,...),
2. chemisches Gefahrenpotential (z.B.: entwickelt im Brand ..., bei Reaktion mit ... giftige, ätzende Dämpfe von ...),
3. Löschmittel und -verfahren (z.B.: jedes Löschmittel, alkoholbeständiger Schaum, Pulver, nicht löschen, sondern ausbrennen lassen,...),
4. Gesundheitsgefahren (z.B.: Vergiftung, Verätzung, Lungenödem,...),
5. Personenschutz-ausrüstung (z.B.: Schutzkleidung, Atemschutz,...),
6. Einsatztaktik - Gefahrstoffbehälter (z.B.: mobile Behälter, Waggons, LKW,... aus der Gefahrenzone entfernen, kühlen, trocken halten,...),
7. Einsatztaktik - Gefährdung durch Dämpfe, kontaminiertes Löschwasser,

8. Einsatztaktik – freigesetztes Gefahrgut und Löschwasser-Rückstände (z.B.: eindeichen, verdünnen, neutralisieren, aufnehmen,...),
9. Einsatztaktik – Reaktionen mit Einsatzmaterialien (z.B.: die meisten Metalle, organische Stoffe werden angegriffen,...),
10. Einsatztaktik – zusätzliche Schutzmaßnahmen (z.B.: Katastrophenalarm, Gefahrenzone evakuieren, Experten hinzuziehen).

Nach den gleichen Themenblöcken sind auch die Tabellen 5 und 6 geordnet. Daß durch dieses Vergleichsraster zusätzliche Informationen (Dämpfe schwerer als Luft, tiefer gelegene Bereiche meiden, Explosionsgefahr in der Kanalisation, aufräumen nur unter Experten-Aufsicht,...) unterdrückt werden, wird aus Gründen der Konzentration in Kauf genommen. — Zitate aus angloamerikanischen Quellen werden im Original übernommen, mit den Einschränkungen, die das oben skizzierte Raster verlangt. Die Ausnahme bildet lediglich der Hazchem-Code, zum einen weil er der "Hauptkonkurrent" zum etablierten Kennzeichnungssystem ist, und zum anderen weil es aus diesem Grund schon genügend (mehr oder weniger korrekte) Übersetzungen gibt.

Aus Zeit- und Platzgründen ist es im Rahmen dieser Untersuchungen nicht möglich, die gesamte durchgesehene Gefahrstoff-Literatur zu dokumentieren. Von den im Literaturverzeichnis genannten Werken können nur die wichtigsten durchgehend auf alle 28 Stoffe der Tabelle 4 angewendet werden: [14...17, 19, 29, 30, 39, 40, 47, 48, 54, 55, 63, 65, 80...85]. Die anderen [20, 21, 27, 28, 31...35, 44, 46, 53, 56...60, 62, 64, 66, 67, 69...79, 89, 90, 93] werden beispielhaft beim Trichlor-Silan beziehungsweise bei der Chlor-Sulfonsäure zitiert, weil diese beiden Stoffe in den meisten der zu Rate gezogenen Quellen enthalten sind. Ansonsten muß die Tabelle 5 genügen, um einen Eindruck zu vermitteln, was in diesen Nachschlagewerken oder Datenbanken gefunden werden kann und bei welcher Art von Information jeweils der Schwerpunkt liegt: physikalisch/chemische Stoffdaten, Gefährlichkeits-Kennzeichnung, Toxikologie, Einsatzmaßnahmen,... Im folgenden werden die Stärken und Schwächen der einzelnen Gefahrstoff-Handbücher in aller Kürze kommentiert (Reihenfolge entsprechend dem Literaturverzeichnis):

Die *Schriftlichen Weisungen nach Randnummer 10.385 des ADNR (Unfall-Merkblätter für die Rheinschifffahrt)* [11] enthalten für 200 Einzelstoffe stichwortartige Beschreibungen der Stoffe, ihres Brandverhaltens, ihrer chemischen und Gesundheitsgefährlichkeit, Hinweise auf die Brandbekämpfung, den Personenschutz und auf Erste Hilfe-Maß-

nahmen, alles auf einer Seite in übersichtlicher Anordnung. Wie eingangs festgestellt, sind die hier zu besprechenden Stoffe zwar keine "Exoten", aber doch nicht so ubiquitär, daß zu ihrem Transport Lastkähne eingesetzt werden müßten: Von den 28 Stoffen ist in dieser Merkblattsammlung keiner vertreten. Unfallmerkblätter für andere Stoffe zeigen jedoch nach Aufmachung und Inhalt eine große Ähnlichkeit mit den Schriftlichen Weisungen der Deutschen Bahn [27] und den Straßentransport-Unfallmerkblättern des CEFIC [46] — bis hin zur Wortwahl: Auch Binnenschiffer sprechen nicht von Luv und Lee, sondern von der windzu- und windabgewandten Seite (!), und wohl auch nicht von Wassergefährdung — im Notfall wird alles außenbords gespült.

Das *Orange Book* der Vereinten Nationen [14] stellt, weil international verbindlich, die wichtigste Bezugsgröße bei der Gefahrstoff-Bewertung dar. Es enthält die UN-Identifikationsnummern für etwa 3.300 Stoffe (und Stoffgruppen), nennt in tabellarischer Form die Zuordnung zur Haupt- und Neben-Gefahrenklasse, die Verpackungsgruppe und die Freimenge. Darüber hinaus enthält es noch eine Spalte mit besonderen Angaben für einzelne Stoffe und ein ausführliches Kapitel, in dem die Gefahrenklassen definiert werden. Seit der 10. Auflage [1997] erscheint es nicht mehr als getippte Kladde, sondern in sauber gedruckter Form.

Die Verpackungsgruppen I, II und III orientieren sich an der Gesundheitsgefährdung (giftig, ätzend) und bei brennbaren Gasen und Flüssigkeiten an ihrem Flamm- beziehungsweise Siedepunkt (sh. Tabelle auf Seite 19). Pyrophore oder heftig mit Wasser reagierende Feststoffe gehören in die Verpackungsgruppe I, selbsterhitzende oder mit Wasser reagierende in die Verpackungsgruppe II und solche die nur langsam mit Wasser reagieren in die Verpackungsgruppe III. Freimengen gibt es nicht für Stoffe der Gefahrenklasse 1, 2.1, 2.3, 4.2, 5.2, 6.2 und 7 und nicht für solche der Verpackungsgruppe I.

Die Erläuterung der 5 Abstufungen für die Gesundheits-, die Brand- und die Reaktions-Gefährlichkeit im Gefahrendiamant (hazard signal) der *National Fire Protection Agency (NFPA)* [15] steht sowohl im Code 49 als auch im Code 704, die für die Gesundheitsgefahr in ersterem auch noch auf Seite 5 und auf Seite 147. Diese 2 (bzw. 3) Formulierungen sind nicht deckungsgleich, was in der Sekundärliteratur [15, 19, 59] interessante Folgen zeitigt, da sie sich jeweils nur auf eine dieser Quellen stützt. Zwei weitere NFPA-Variationen betreffen die Angaben zum Flammpunkt (-62°F im Code 49, -35°F im Code 325) und zur Gesundheitsgefahr im hazard signal (4 im Code 49, 3 im Code

325) von Dichlor-Silan. Die Bedeutung der einzelnen hazard signal-Werte ist in Tabelle 9 [15, 16, 59] zusammengefaßt und verglichen mit der Interpretation zweier "Konkurrenten". Die im NFPA-Text eingeklammerten, sich teilweise widersprechenden Aussagen zeigen die Unterschiede zwischen den verschiedenen Quellen. — Die Idee, die NFPA-Einstufung der Gesundheitsgefährlichkeit an die UN-Verpackungsgruppe zu koppeln ($\Sigma\{\text{Gefährlichkeitsstufe} + \text{Verpackungsgruppe}\} = 5$), klingt einleuchtend, wird aber bei Trichlor-Silan, Fluor-Sulfonsäure, Iod-Pentafluorid, Phosphor-Pentasulfid und Vanadium-Tetrachlorid nicht befolgt.

Nach der Kurzinformation durch den Gefahrendiamanten werden im Code 49 in knapper Form für 323 Stoffe Ratschläge für den Fall einer Leckage oder eines Brandes erteilt, gefolgt von den wichtigsten chemisch/physikalischen Stoffeigenschaften. Die Ordnung im Informationsangebot ist, wie Tabelle 6 zeigt, noch verbesserungswürdig. Für Phosphor-Pentasulfid besteht bei anderen Autoren ein breites Spektrum an Löschmittel-Empfehlungen: von Wasser (Brandklasse A) über Pulver bis "brennen lassen" — nur die NFPA fordert wegen der UN-Klasse 4.3 Metallbrandlöschpulver. Bei Trichlor-Silan wird sogar *expressis verbis* die Löschmittel-Empfehlung begründet: 6 %iger Mittelschaum, weil andere, häufig vorgeschlagene, nach offenbar selbst gesammelten Erfahrungen "may be ineffective".

Das *Handbuch der gefährlichen Güter* [16] orientiert sich mit dem Gefahrendiamanten eindeutig an dem entsprechenden Symbol der NFPA, stimmt aber, was die Einstufung der damit ausgezeichneten Stoffe betrifft, selten mit der amerikanischen Bewertung überein — um genau zu sein: bei Aluminium-Chlorid, bei Vanadium-Tetrachlorid und bei Zirconium-Tetrachlorid: sechs mal 302 ~~W~~! Auch die ausführlichen Erläuterungen der Gefährlichkeitsstufen entsprechen dem Original nur näherungsweise, konkrete Grenzwerte fehlen (sh. Tabelle 9). In der anschaulichen Graphik (Bild 2) finden sich diese Erläuterungen nur bruchstückhaft wieder, auf der Rückseite der Stoffmerkblätter, bei den Einsatzmaßnahmen häufig gar nicht. Das vierte Feld des Gefahrendiamanten wird nur für Löschmittel- und Strahlenhinweise genutzt, brandfördernde Eigenschaften werden nicht herausgestellt.

Das Handbuch gilt zwar als Klassiker der Gefahrgut-Literatur, zeigt für den praktischen Einsatz aber doch einige Mängel. 1.825 Stoffe in 6 großformatigen Bänden sind eigentlich nur noch als CD-ROM zu handhaben. Aber auch die pro Stoff gebotene Doppelseite

ist zu umfangreich, von der Stoffbeschreibung über sein Verhalten an Luft und im Kontakt mit Wasser bis zu den Einsatzmaßnahmen und Erste Hilfe-Anweisungen, als daß sie im Einsatz als Merkblatt dienen könnte, zumal die einzelnen Informationen auch noch über mehrere Abschnitte verstreut sind. Wenn auch auf den ersten Blick die am Gefahrendiamanten orientierte Einfärbung der Abschnitte logisch und hilfreich erscheint — es steht durchaus nicht alles, was die Feuerwehr interessiert, in dem roten Abschnitt "Bekämpfung der Unfallfolgen, Feuer" (vergl. Tabelle 6).

Bei den Angaben zur Toxizität geraten häufig die Begriffe durcheinander (z.B. Merkblatt 216: Acetyl-Bromid). Bei einer Mengenangabe, die auf ein Volumen bezogen wird, handelt es sich natürlich um eine Konzentration und nicht um eine Dosis, die in Menge pro Körpergewicht des Probanden gemessen wird. Die Angabe eines Siedepunktes für Antimon-Pentachlorid (63°C über der Zersetzungstemperatur) erscheint ebenso erklärungsbedürftig wie die des Schmelzpunktes 585°C nach der Zersetzung (in diesem Fall in guter Gesellschaft mit dem MERCK-Index [62]). Dampfdrücke von Flüssigkeiten scheinen besonders umstrittene Größen zu sein: Bei Titan-Tetrachlorid liegt der hier angegebene Wert um einen Faktor 10^3 unter dem Wert in den ChemCards [19], bei Fluor-Sulfonsäure um den Faktor 30 unter dem Wert in der VCI-Altstoffliste [63], bei Brom-Pentafluorid um 10^3 über dem Wert im AUER-Technikum [21] und bei Aluminium-Chlorid gar um den Faktor 10^5 über dem dort genannten.

Auch bei den Empfehlungen zum Personenschutz ist noch zu spüren, daß der Verfasser nicht bei der Feuerwehr, sondern bei der Wasserschutzpolizei auf die Gefahrstoff-Problematik aufmerksam wurde: In den Erläuterungen findet sich unter dem Punkt 13.4 der Hinweis, daß unter "volle Schutzkleidung" eine vollständige Bekleidung des gesamten Körpers zu verstehen sei und daß in den meisten Fällen die übliche Schutzkleidung der Feuerwehr genüge. Bei der Erläuterung des Gefahrendiamanten wird daraus dann aber ein gasdichter Anzug.

Diese Kritik an den Empfehlungen zur persönlichen Schutzausrüstung betrifft nahezu alle Gefahrstoff-Handbücher, besonders natürlich jene, die auf der Gefahrstoff-Verordnung aufbauen und sich eigentlich an den chemischen Betrieb wenden. Ausnahmen: Merkblätter gefährlicher Stoffe, Hazchem-Code und ERIC [17, 29, 39].

Quelle	Personenschutzmaßnahmen
NFPA [15]	full protective clothing prevents direct contact of gases, vapors, liquids and solids with the skin, includes fire fighters coats and pants, rubber boots, gloves and self-contained breathing apparatus — dagegen ohne weitere Erläuterung: special protective clothing und chemical protective clothing
Einsatzakten [28]	die verwendeten Begriffe Einsatzkleidung, Brand-, Hitze-, Voll- und Chemieschutzkleidung werden nicht definiert
Welzbacher [30]	die in den Blättern verwendeten Ausrüstungsbezeichnungen Schutzkleidung, Schutzanzug, Chemieschutzanzug werden nicht definiert
Kühn-Birett [47]	bei den 13 Stoffen der Tabelle 4, die hier besprochen werden, wird dichtschießender Chemieschutzanzug empfohlen
Nüßler [48]	die verwendeten Begriffe Brandschutzanzug, bei Leck Schutzkleidung oder Vollschutzanzug werden nicht definiert
Lenga [55]	Ausrüstungsvarianten bei Leck: Augenschutz, Atemgerät, Gummischuhe und -handschuhe; umluft-unabhängiges Atemgerät, Gummischuhe und -handschuhe; voller Schutz, chemikalienfester, gasdichter Anzug z.B. aus Butyl-Kautschuk und umluft-unabhängiges Atemgerät

Ein weiterer problematischer Punkt, der alle Gefahrstoff-Handbücher betrifft: Ein Hinweis, etwa "Löschwasser und ausgelaufenes Produkt eindeichen, nicht in Gewässer oder Kanalisation gelangen lassen" kann, wenn er einmal verwendet wurde, bei weiteren Stoffen nur noch weggelassen werden, wenn er tatsächlich nicht erforderlich ist, weil das Fehlen sonst als Absicht interpretiert wird. Eine gewisse Sicherung wäre, um bei diesem Beispiel zu bleiben, grundsätzlich entweder diesen Hinweis oder sein Gegenteil "nicht wassergefährdend, kann in die Kanalisation gespült werden" aufzunehmen. Speziell in der HOMMEL-Redaktion herrscht eine spürbare Uneinheitlichkeit:

- trotz des **W** auf der Vorderseite wird auf der Rückseite Wasser als Löschmittel empfohlen (bei Chlor-Sulfonsäure mit dem Zusatz, nichts davon in den Behälter gelangen zu lassen, bei Fluor-Sulfonsäure und bei Iod-Pentafluorid ohne diesen Zusatz und ohne spezielle Löschmittel-Empfehlung),
- entstehende Salzsäuredämpfe sollen mal mit Sprühwasser niedergeschlagen werden, mal nicht,
- Brom-, Chlor- und Fluor-Wasserstoff sind mal ätzend, mal giftig, mal hoch giftig, mal stark ätzend, mal beides und mal ganz ohne Adjektiv,
- mal wird auf giftige Rückstände im Löschwasser hingewiesen, mal nicht,

- auf fast allen Merkblättern wird davor gewarnt, daß Metalle angegriffen werden — daß dabei Knallgas gebildet wird, fehlt häufig,
- Silane scheinen besonders tückische Gefahrstoffe zu sein: Bei der Verbrennung von Dichlor-Silan entstehen gleichzeitig Chlor-Wasserstoff- und Salzsäure-Dämpfe und bei Trichlor-Silan wird gleich zweimal angeraten, einen Experten hinzuzuziehen.

Statt von windzu- und windabgewandter Seite zu sprechen, wäre “gegen” und “mit dem Wind” verständlicher und ein Fehler wie bei der Erklärung des Gefahrendiamanten “Entfernen in Windrichtung” (oder sollte hier die meteorologische Richtung gemeint sein?) hätte vielleicht vermieden werden können.

Die *Merkblätter gefährlicher Stoffe* [17] stellen eine Sammlung mit etwa 400 vorbildlichen, übersichtlichen, klar gegliederten Merkblättern dar, deren Fortführung leider eingestellt wurde (Bild 8). Der Informationsgehalt ist auf das Wesentliche reduziert: Wenige brandrelevante Stoffeigenschaften, knappe, praxisbezogene Anweisungen nach dem Schema wenn ..., dann ... Die Warnung, organische Materialien werden angegriffen, wird ausschließlich in diesen Blättern durch den erläuternden Hinweis auf die Einsatzkleidung ergänzt (leider nicht durchgängig). Bei aller Bewunderung für diese Merkblätter, ein, zwei Haare in der Suppe finden sich auch hier: Der Text könnte noch überzeugender, knapper und damit stoffbezogener sein, wenn auf Hinweise wie “auf windzugewandter Seite bleiben” oder “Strahlrohre in Stellung bringen” verzichtet worden wäre und wenn nicht mit “Eindringen von Flüssigkeit in ... Kanalisation ... verhindern” in Verbindung mit “mit Sprühstrahl niederschlagen und mit großen Wassermengen nachspülen” eine gewisse Widersprüchlichkeit vertreten würde (Blatt C 22).

Verglichen mit anderen Gefahrstoff-Datenblättern bieten die *ChemCards* [19] zwar viel Information, aber Aufbau, Terminologie und (vor allem!) Schriftgröße machen deutlich, daß sie im Gegensatz zu den Ausführungen im Einleitungskapitel nicht als Unfallmerkblätter entworfen wurden. In solchen müßten Kürze und Übersichtlichkeit des Informationsangebotes Priorität genießen. Die etwa 1.000 ChemCards stellen — der Untertitel der holländischen Originalausgabe macht es deutlich — eine Anleitung zum sicheren Umgang mit gefährlichen Stoffen im Chemielabor dar. Besonders deutlich wird dies bei den Hinweisen zum Personenschutz und zur Handhabung freigesetzter Gefahrstoffe, die im Falle einer LKW-Havarie als völlig unangemessen bewertet werden müssen.

Widersprüchlichkeiten beim Stichwort Wasser sind auch in diesem Werk anzutreffen. So wird für Phosphor-Trichlorid unter "Leck, Lagerung" betont, daß dieser Stoff niemals mit Wasser besprüht werden darf, um in demselben Satz noch den Hinweis anzufügen, Gaswolken mit Wasserschleier niederzuschlagen.

Als positiv ist hervorzuheben, daß bei Zersetzungs- und Reaktionsprodukten des jeweils besprochenen Gefahrstoffes fast immer auch deren gefährliche Eigenschaften mitgenannt werden — bedauerlicherweise nicht durchgängig, denn bei Phosphor-Pentachlorid fehlt zum Beispiel der Hinweis auf die Giftigkeit des bei der Zersetzung entstehenden Chlor-Gases, die zwar für den analogen Prozeß bei Phosphor-Trichlorid betont wird, allerdings unter Vernachlässigung der hohen Giftigkeit des mit Wasser gebildeten Phosphins. Der chemisch nicht versierte Leser — ein anderer bedarf dieser Lektüre nicht — wird durch das Fehlen dieses Hinweises in falscher Sicherheit gewiegt. Konkretisierende Erläuterungen (z.B. Chlor-Gas) bei Reaktionsprodukten wie "giftige Dämpfe", die im Original nicht enthalten sind, werden in Klammern gesetzt.

Die *Sicherheitstechnischen Kennzahlen* [20] bieten eine umfangreiche Sammlung physikalischer und chemischer Stoffdaten, nennen Kennzahlen in diversen Stoffverzeichnissen und weiterführende Fachliteratur. Kennzeichnungen und R- und S-Sätze nach der Gefahrstoff-Verordnung werden zum Teil selbst zugeordnet. Als einziges Nachschlagewerk neben dem Tabellenwerk der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt [71] führen sie die Einteilungskategorie "Explosionsgruppe", zum Beispiel IIC für Dichlor-Silan. Bedauerlicherweise nennt der Verfasser, genausowenig wie die Verfasser der anderen hier besprochenen Gefahrstoff-Handbücher, die Quellen seiner gesammelten Daten. Von der pauschal angegebenen Literatur kommen nur die Sicherheitstechnischen Kennzahlen brennbarer Gase und Dämpfe [71] als Ursprung für die Explosionsgruppenangabe in Frage. Aber gerade in dieser Datensammlung wird Dichlor-Silan nicht geführt, nur Trichlor-Silan ist enthalten, das dort allerdings keiner Explosionsgruppe zugeordnet wird.

Zur Zeit befinden sich die Sicherheitstechnische Kennzahlen in dem Fluß, in dem die Pferde — sprich die Ordnungszahlen — gewechselt werden. Nachvollziehbar ist, daß mit dem Anwachsen der Datenflut gerade auf dem Gefahrstoffsektor auch Ordnungssysteme erweitert werden müssen — das Dezimalsystem wäre eine klassische Lösung. Statt dessen wird eine neue Numerierung eingeführt, die mit der alten aber auch gar nichts zu

tun hat. In der Spalte [20] der Tabelle 7 sind die neuen Nummern daran zu erkennen, daß auf den führenden Buchstaben erst 3 Ziffern folgen und dann 2, früher war es umgekehrt. Die Suche wird unnötig kompliziert und lästig, denn das Register zu über 16.000 Stoffen, deren Datenblätter zum Teil noch geliefert werden müssen, ist nur mit der Lupe zu lesen. Nach neuesten Informationen wurde der Wechsel der Bezugsnummern inzwischen zur Verlagsmarotte erhoben: Beim Gefahrstoff-Schlüssel werden sie jährlich ausgetauscht — das unterschiedliche Zahlenformat in Spalte [68] stammt von 1995 und von 1997.

Das *AUER-Technikum* [21] (3.375 Stoffe) und der *Gefahrgut-Schlüssel* [31] (3.300 Stoffe) sind kompakte kleine Datensammlungen (besonders hervorzuheben das erstgenannte!) ohne textliche Empfehlungen oder Anweisungen. In Tabellenform werden die wichtigsten Kennzahlen und Merkblattnummern genannt.

Die *Unfallmerkblätter in der Anlage 7 der Bestimmungen über sicherheitstechnische Maßnahmen nach Freiwerden gefährlicher Stoffe im Anhang II zur Betriebsunfallvorschrift* der Deutschen Bahn [27] ähneln, wie schon erwähnt, den Merkblättern für die Binnenschiffer [11] (und jenen für den Straßentransport [46]). Ihre Anzahl (etwa 400) ist größer, so daß für fast die Hälfte der fraglichen Stoffe ein Merkblatt vorliegt. Von den CEFIC-Merkblättern unterscheiden sie sich dadurch, daß die Sofortmaßnahmen für den Fahrzeugführer hier Notfallmaßnahmen heißen, daß sie (bis auf die Ausnahme Titan-Tetrachlorid) die dort stereotyp wiederholte Aufforderung, die zuvor definierte Schutzausrüstung anzulegen, nicht enthalten und daß sie im Unterschied zu den Merkblättern für die Binnenschiffahrt und jenen für den Straßentransport die Wassergefährdungsklasse angeben. Bei Stoffen, die im CEFIC-Merkblatt als farbig bezeichnet werden, wird hier die Farbe genannt. Was dort nebulös als geeigneter Atemschutz bezeichnet wird, wird hier konkret zum umluft-unabhängigen Atemschutzgerät, ebenso wie die dort unbenannten ätzenden Gase hier als Salzsäure-Nebel identifiziert werden. Der die Notfallmaßnahmen befolgende Zugführer wird aber im Falle einer Havarie vor deutlich größere Probleme gestellt als sein Kollege auf der Landstraße, wenn er den Waggon mit Tetrachlor-Silan oder den mit Phosphor-Trichlorid in freies Gelände schieben soll.

Die *Einsatzakten für Chemieereignisse und Strahlenschutz* [28] des Schweizerischen Feuerwehrverbandes enthalten 144 Merkblätter darunter auch einige für Einzelstoffe, mit detaillierten Informationen. Die Anordnung kann trotz ihrer Ausführlichkeit noch als

übersichtlich gelten, obwohl der Umfang pro Stoff(gruppe) schon zwei Seiten in Anspruch nimmt. Allgemeinplätze stehen in einem eigenen Absatz, gefolgt von drei stoffbeziehungswise stoffgruppen-bezogenen Absätzen: Havarie mit und ohne Brand und Brand ohne Behälterleck. Zuletzt ein Absatz mit Erste Hilfe-Maßnahmen. Die Warnung vor der Explosionsgefahr durch Selbstentzündung sollte schon am Beginn des Merkblattes bei den stoffspezifischen Gefahren stehen und nicht erst beim Punkt Auffanggefäße. In einer separaten Liste werden die MAK- und die IDLH-Werte von 365 giftigen, flüchtigen Stoffen aufgeführt.

Die Standardphrasen zur Umsetzung des *Hazchem-Codes* [29, 43] in die Punkte 1...10 der Tabelle 8 sind Tabelle 3 zu entnehmen. Sie orientieren sich an Übersetzungen, wie sie in verschiedenen Gefahrgut-Nachschlagewerken zu finden sind [8, 10, 16, 28, 31, 44] und schließen die Hinweise zur zusätzlichen Personenschutz-ausrüstung ein. Die Ausführungen im Kapitel 2.4 zur weiteren Interpretation des Hazchem-Codes werden berücksichtigt und mit einem “?” unter Punkt 4 in Tabelle 8 aufgenommen. Zu den Punkten 1, 6, 7 und 9 macht der Code systemgemäß keine Aussagen. Hazchem-Codes existieren für die 2.300 Stoffe mit UN-Nummern > 1.000.

Die *neuen Datenblätter für gefährlich Arbeitsstoffe nach der Gefahrstoff-Verordnung* [30] verwenden zur Kennzeichnung ebenso wie die Merkblätter [47] den VBG-Eimer in eigener Verantwortung. Zusätzlich teilen sie, ebenfalls nach eigenem Urteil, Stoffen, die nicht in der B.5-Liste der GGVS geführt werden, Kemler-Zahlen zu. Jeweils auf vier DIN A5-Seiten werden für etwa 1.200 Stoffe chemisch/physikalische Daten, ausführliche Angaben über toxikologische und gesetzliche Grenzwerte und über die Einordnung und Kennzeichnung nach der Gefahrstoff-VO und nach anderen Vorschriften zusammengestellt. Die letzte Seite enthält klar gegliederte Ratschläge für den Brandfall und detaillierte Hinweise für die Erste Hilfe. Auf Seite 2 von Blatt 38 wird Aluminium-Chlorid (AlCl_3) zu heftig mit Wasser reagierendem Allyl-Chlorid ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{Cl}$)!

Die in der *Hauptstoffliste* [32] “zusammengeführten Informationen zu gefährlichen Stoffen und Zubereitungen aus den wichtigsten Vorschriften” leisten keinen nennenswerten Beitrag zur Verbesserung der Information über Gefahrstoffe. Sie enthält einige Bewertungsziffern, die in den von demselben Verlag herausgegebenen Datenblättern [30] ebenfalls enthalten sind, und darüber hinaus eine verlagsinterne Stoffnummer, unter der die Hälfte dieser Stoffe in jenen Merkblättern eben nicht zu finden ist.

RÖMPPs Chemie-Lexikon [33] enthält natürlich keine Anweisungen zur Feuerwehr-Einsatztaktik. Aber zum chemischen und gesundheitlichen Gefahrenpotential (Punkte 1, 2, 4 und 9 des Vergleichsrasters in Tabelle 8) kann dieses außerordentlich informative und reichhaltige Lexikon — mit sechs Bänden und zusätzlich fünf themenbezogenen Ergänzungsbänden das klassische chemische Nachschlagewerk schlechthin — mit Erfolg zu Rate gezogen werden. Warum aber nach der Erklärung, die Sulfonsäuren seien $-\text{SO}_3\text{H}$ -Derivate der Schwefelsäure (H_2SO_4), dennoch Chlor-Sulfonsäure unter Chloro-Schwefelsäure (noch mit einem eingeklammerten Hinweis auf den richtigen IUPAC-Namen) und Fluor-Sulfonsäure unter Fluoro-Schwefelsäure (ohne diesen Hinweis) eingeordnet wird, bleibt so rätselhaft wie der Pleonasmus "hydrolisiert in Wasser". Die CAS-Nummer 7.783-33-5 bei Iod-Pentafluorid ist falsch.

Die beiden *Lehrbücher der organischen und der anorganischen Chemie* [34, 76] werden ergänzend zum Chemie-Lexikon konsultiert und geben hier im wesentlichen Auskunft über den chemischen Aufbau des Stoffes und über sein Verhalten gegenüber Wasser.

Das Nachschlagewerk *Gefährliche Chemische Reaktionen* [35, 56] bietet in einer übersichtlich gestalteten Tabelle (Kapitel I-3) einiger wichtiger Stoffe der Gefahrstoff-VO Informationen über deren Verbrennungsprodukte und ihre Wassergefährdungsklasse — jedoch keine Löschmittel-Empfehlungen. Nach einer Kurzbeschreibung wird in Kapitel II an Hand von Pictogrammen das Reaktionsverhalten von 1.300 Stoffen gegenüber anderen Chemikalien ausgewiesen, pro Stoff für etwa 6 Reaktionen. Auch Trichlor-Silan findet sich hier, obwohl es im zugehörigen Register fehlt. Magnesium-Diamid wird Selbstentzündlichkeit attestiert (ebenso in [20] und [62]), ohne daß Zündtemperatur oder Explosionsgrenzen genannt werden, genau wie in den beiden anderen Quellen. — Das Kapitel III enthält konkrete Unfallbeschreibungen und detaillierte Stoffinformationen von 120 Substanzen. Die Erläuterung der EG-Indexnummer basiert allerdings auf einem Irrtum: Die zweite Zifferngruppe *kennzeichnet* die Substanz nicht, sondern ist eine willkürliche Zählung (sh. Tabelle auf Seite 37).

In den für die Stoffe der Tabelle 4 gültigen *Emergency Response Intervention Cards* [39] (Gesamtzahl: 229 zweiseitige DIN A4-Blätter) variieren die Anweisungen für den Personenschutz zwischen "chemikalienbeständige Kleidung und umluft-unabhängiger Atemschutz" und "Chemikalienschutzanzug CSA-Vollschutz". In den einführenden Erläuterungen zu den ERICs werden dagegen folgende drei Ausrüstungsvarianten

definiert: "umluft-unabhängiger Atemschutz und chemikalienbeständige Handschuhe und Gummistiefel", "umluft-unabhängiger Atemschutz und chemikalienbeständige Kleidung" und "umluft-unabhängiger Atemschutz und (gasdichter?) Chemikalienschutzanzug". (Eine korrekte Syntax würde es erfordern, im Katastrophenfall die Gefahrenzone zu evakuieren, und nicht die sich dort aufhaltenden Personen.)

Im Blatt 8-43 steht, wie bei allen flüssigen und bei allen nicht-gasförmigen Gefahrstoffen (d.h. in der zugrundeliegenden Kemler-Zahl ist keine Definition des Aggregatzustandes enthalten), eine Warnung vor BLEVE = boiling liquid... Zirconium-Tetrachlorid und Phosphor-Pentachlorid, für die dieses Blatt auch gilt, sind aber Feststoffe mit Siedepunkten bei 330°C beziehungsweise 160°C.

Im Unterschied zu Blatt 8-43 werden in Blatt 8-44 die unter "Gefahren" genannten ätzenden und reizenden Dämpfe unter "Eigenschaften" nicht als gefährlich bezeichnet und werden nicht mit dem Sprühstrahl niedergeschlagen — Gefahr für die Öffentlichkeit besteht nicht, Fenster und Türen können offen bleiben. Blatt 8-48 unterscheidet sich von Blatt 8-43 dadurch, daß die infragekommenden Stoffe nicht nur ätzend, sondern auch giftig sind — einsatztaktisch sind die beiden Blätter identisch. Blatt 8-50 unterscheidet sich von Blatt 8-43 dadurch, daß die infragekommenden Stoffe nicht nur ätzend, sondern stark ätzend sind — einsatztaktisch sind die beiden Blätter ebenfalls identisch. Auch die Blätter 8-42 und 8-44 sind deckungsgleich, bis auf die Heftigkeit der Reaktion mit Wasser. Gleiches gilt für die Blätter für brennbare Feststoffe (4-12, 4-16, 4-17 und 4-18): Die empfohlenen Einsatzmaßnahmen stimmen so weit überein, daß ein einziges Blatt genügen würde.

Die *Gefahrstoff-Verordnung* [40] enthält in ihren Risiko- und Sicherheits-Sätzen einige Handhabungs-Empfehlungen, die auch unter dem Brandbekämpfungsaspekt von Interesse sind, so zum Beispiel den im S-Satz 43 vom Hersteller verlangten Hinweis auf das anzuwendende Löschmittel, wenn Wasser für ungeeignet gehalten wird, weil der Stoff heftig mit Wasser reagiert (R 14) oder weil er mit Wasser unter Bildung leicht entzündlicher (R 15) oder giftiger (R 29) Gase reagiert. Ansonsten liegt der Schwerpunkt der hier zusammengestellten Anweisungen aber auf dem Erste Hilfe-Sektor. Die vier genannten Hinweise werden in der Tabelle 8 fett gedruckt. Doch so wie die Temperaturgrenzen zur Unterscheidung der entflammbaren von den leicht entflammbaren Flüssigkeiten in der Definition der UN und in der der Gefahrstoff-VO nicht übereinstimmen, so differieren

auch häufig schon die Klassenzuteilungen: Beispiel Phosphor-Trichlorid in der UN-Klasse 6.1 (giftig) und 8 (ätzend) bei der Gefahrstoff-VO C (ätzend) und Xi (reizend).

Die Liste in der nach § 4a der Gefahrstoff-VO die gefährlichen Stoffe aufgeführt sind, die dieser Verordnung unterliegen, ist ein schöner Beleg dafür, daß ein eigenes Nummerierungssystem auch Vorteile haben kann: Wegen eines Schreibfehlers "Aluminum" rangiert in der vom Computer alphabetisch sortierten Gefahrstoffliste Aluminium-Chlorid hinter Aluminium-Trinatrium... Im übrigen ist diese Liste in einer winzigen und liederlichen Typographie veröffentlicht, die der Leistungsfähigkeit des eingesetzten Gerätes Hohn spricht. Die Aufmachung der gleichen Liste in den Merkblättern gefährliche Arbeitsstoffe [47] zeigt, daß es auch anders geht.

Das *Handbuch Stoffdaten zur Störfall-Verordnung* [42] des Umweltbundesamtes enthält für den einzelnen Stoff eine ausführliche und übersichtliche Zusammenstellung seiner Identifikationsnummern, seiner physikalischen und chemischen Eigenschaften, seines Gefahrenpotentials einschließlich der Toxizitätsangaben und der Hinweise auf das Vorkommen des Stoffes und das geeignete Löschmittel. Die Zahl der besprochenen Stoffe ist gering und widerspricht dem Anspruch im Titel der Datensammlung: Noch nicht einmal alle Stoffe der Störfall-VO sind enthalten, von den 28 hier zu besprechenden Stoffen keiner. Die Registerbenutzung erfordert das Studium eines Erläuterungskapitels und wird auch dadurch erschwert, daß sich Fluor... im Alphabet zwischen Brom-Ethyl und bromierten Biphenylen versteckt.

Die *Schnellinformation Gefahrgut* [44] ist ein Handbuch, das sogar in *eine* Hand paßt. Für 1.042 Stoffe ist zusammengetragen und durch 22 Pictogramme veranschaulicht, in welchem Aggregatzustand sich der Stoff befindet, ob er schwerer ist oder leichter als Wasser beziehungsweise Luft, ob er sich in Wasser löst oder gefährlich mit Wasser reagiert und welche Gefahren von ihm ausgehen. Darüber hinaus enthält es den IMDG-, den Hazchem-, den NFPA- und den Kemler-Code, die Merkblattnummern im HOMMEL [16] und bei KÜHN-BIRETT [47] und eine Liste von Stoffen, die als Behältermaterial geeignet oder ungeeignet sind.

Ein Auslöser für die Entwicklung der ERI-Cards war die Entscheidung der Genfer Gefahrgut-Arbeitsgruppe (WP 15), den Informationsgehalt der bislang gültigen *Schriftlichen Weisungen für Transportunfälle — Transport Emergency Cards, TremCards (TEC)*

des Europäischen Chemieverbandes [46] auf Anweisungen an den Fahrer einzuschränken. Sowohl die an diesen als auch die an die Hilfskräfte gerichteten Hinweise

- auf die Art der von dem speziellen Gefahrgut ausgehenden Gefahr (*kann* brennen, *kann* sowohl schwere als auch schwache Verätzungen verursachen, *kann* giftig sein,...),
- auf die Mindestschutzausrüstung (“geeigneter” Atemschutz),
- auf zu ergreifende Sofortmaßnahmen (Schutzausrüstung vor Betreten der Gefahrenzone anlegen!) und
- auf Maßnahmen bei Leck und Feuer

sind so überladen von Allgemeinplätzen, daß die wenigen stoffspezifischen Informationen darin untergehen. Während vom Fahrer artistische Fähigkeiten erwartet werden, beispielsweise Straße sichern, andere warnen, Unbefugte fernhalten, dabei auf Luv bleiben (wie hält er dann die Gaffer in Lee fern?), funkenfreies Werkzeug benutzen (wozu?) und zuvor noch sein verunfalltes Fahrzeug in freies Gelände bringen, stellt die oben genannte Entscheidung der WP 15 für die Feuerwehr keinen großen Verlust dar.

Was die Anordnung der verschiedenen Hinweise in den TremCards betrifft, geben sie sich deutlich als Vorfahren der ERICs zu erkennen: Auch hier finden sich Gesundheitsgefahren mal in der ersten Zeile, mal in der letzten und für das Brandverhalten gilt das gleiche. Für etwa ein Drittel der untersuchten Stoffe werden keine Löschmittelvorschläge gemacht, wobei es sich durchaus nicht nur um die nicht brennbaren Stoffe handelt, sondern je zur Hälfte um brennbare und um nicht brennbare.

Die künstlerische Möglichkeit, einen Text in Großbuchstaben, quasi als Schrift-Teppich zu fassen, mag sich für die Gestaltung eines Gedenksteines eignen, für wichtige Textpassagen auf einem Gefahrgut-Merkblatt stellt sie eine Unsitte dar, die erfreulicherweise wieder zurückgedrängt wird. Das Sicherheits-Datenblatt von Aldrich/Fluka für Fluor-Sulfonsäure steht als abschreckendes Beispiel für diese Unart, die die vorgeschriebenen Informationen unbrauchbar macht, weil sie sich im Ernstfall als unleserlich erweisen. Ein erfreuliches Gegenbeispiel stellt das sauber und übersichtlich gestaltete Sicherheitsblatt von MERCK/SCHUCHARDT für Tetrachlor-Silan dar.

Die Unverbindlichkeit der in den TEC(R) enthaltenen Anweisungen wird noch übertroffen von der Unverbindlichkeit der Zuordnung dieser Blätter zu konkreten Gefahr-

stoffen: Von zwei Fachverlagen wurden für die hier behandelten 28 Stoffe "gültige" Unfallmerkblätter ausgeliefert, die in 11 Fällen übereinstimmten und in 17 eben nicht:

- Für 9 Stoffe, die laut der von dem einen Verlag gelieferten Blätter mal brennbar, mal entzündbar, mal keines von beidem waren, lieferte der andere Verlag ein Blatt, das die Möglichkeit andeutete, die betroffenen Stoffe könnten brennen.
- Der eine Verlag schickt Blätter, in denen Antimon-Pentafluorid und Fluor-Sulfonsäure als giftig bezeichnet werden, im Blatt des anderen Verlags wird diese Gefahr nicht erwähnt.

Die Rechnungen der beiden Verlage schließen mit dem freundlichen Hinweis, daß die Verantwortung für die (richtige) Auswahl der Unfallmerkblätter ausschließlich beim Versender des Gefahrgutes liegt, was bei diesem den verständlichen Wunsch wecken wird, die Sammel- oder Gruppenmerkblätter würden endlich aus dem Verkehr gezogen und durch Einzelstoff-Merkblätter ersetzt, denn bei diesen haben sich die beiden Lieferanten nur einmal geirrt. Irreführende Zuordnung von einzelnen TremCards zu bestimmten Gefahrstoffen leisten sich aber nicht nur diese Fachverlage, sondern auch angesehene Gefahrstoff-Nachschlagewerke [29, 31, 47], die für Trichlor-Silan auf die Merkblätter 43G04, 43G11 und 4236 verweisen anstatt auf 611.

Die *Merkblätter gefährliche Arbeitsstoffe* [47] zitieren nicht nur die Gefahrstoff-Verordnung, sondern machen bei Stoffen, die in der Liste der Gefahrstoff-VO nicht enthalten sind, eigenständig von deren Kennzeichnungssymbolen Gebrauch. Das gleiche gilt auch für den VBG-Eimer, für dessen Zuordnung zu bestimmten Stoffen es keine Vorschriften gibt. Die Berufsgenossenschaft regelt lediglich das äußere Bild dieser Warn-tafel. Die etwa 1.350 Merkblätter sind primär für den Chemiebetrieb gemacht: Vorsichtsmaßnahmen bei der Handhabung und Lagerung von Gefahrstoffen. Die Angaben sind sauber gegliedert, weiterführende Literatur wird auf jedem Merkblatt angegeben. Wenn die Löschmaßnahmen, die zu jener Brandklasse gehören, in die die Autoren einen Stoff einordnen, nicht deckungsgleich sind mit denjenigen, die auf der Rückseite des jeweiligen Merkblattes empfohlen werden, sind sie in Tabelle 8 in Klammern angefügt.

Im Falle von Dichlor-Silan scheinen die Autoren schon bei der Brandklasse unschlüssig zu sein: Im ebenfalls von ihnen herausgegebenen Gefahrgutschlüssel [31] rangiert es in Klasse C, nicht in B wie hier. Ein ähnliches Problem besteht bei Phosphor-Pentasulfid: Obwohl, analog zur NFPA, die Empfehlung "Trockenlöschmittel" (u.a. NaCl) lautet,

wird die Brandklassen-Zuordnung nicht modifiziert, bleibt bei A, womit auch Wasser in Frage kommt — wie ebenfalls von den neuen Datenblätter für gefährliche Arbeitsstoffe angeraten [30]. Ausgerechnet in dieser Merkblattsammlung, eines der wenigen Nachschlagewerke, das die Kemler-Zahlen wiedergibt (in der Kopfzeile!), fehlt eine detaillierte Erläuterung dieses Kennzeichnungssystems: Die Kapitel III-1.7 und V-1.2, auf die hierfür verwiesen wird, existieren in Wirklichkeit nicht.

Eine weitere Sammlung von 75 Gruppenmerkblättern, die mit dem Problem zu kämpfen hat, Stoffgruppen, die sich ähneln, voneinander abzugrenzen, ist das *Handbuch für Gefahrgut-Transport-Unfälle — Gefahrgut-Ersteinsatz* [48]. Es ist die Übersetzung des vom US-amerikanischen Transportministerium (DOT) herausgegebenen *Guidebook for Hazardous Materials Incidents — Emergency Response Guidebook* [72]. Die Übereinstimmung zwischen den beiden Handbüchern (endlich einmal stimmt dieses Wort) zeigt sich beim identischen Aufbau der Merkblattseiten und geht bis in die Seitencolorierung der verschiedenen Stoffverzeichnisse — einmal alphabetisch, einmal nach UN-Nummern, zuletzt nach Merkblatt-Nummern.

Und doch findet sich für die besprochenen 28 Stoffe ein Unterschied: Für Trichlor-Silan ist einmal das Gruppenmerkblatt 38 [48], das andere Mal das Blatt 30 [72] zuständig. Versuche, diese Differenz als Irrtum bei der Drucklegung zu interpretieren und an Hand der anderen zur Verfügung stehenden Gefahrgut-Literatur zu korrigieren, scheitern, weil sich diese beiden Blätter genauso weit voneinander unterscheiden⁶⁾ wie die gesamte sonstige Literatur zu diesem Stoff, wie in Tabelle 10 verdeutlicht wird.

Wie fast alle hier besprochenen Quellen leiden auch diese beiden Nachschlagewerke an der Krankheit, sich an ausgebildete Feuerwehrleute zu wenden und diese so lange mit Ratschlägen aus dem ersten Lehrjahr einzudecken, bis der Satz, auf den es im jeweiligen Blatt ankommt, überlesen wird. Es werden sogar zwei wertvolle, bisher sonst nicht gefundene Hinweise geboten: Ein Absperr-Radius und der Ratschlag, sich nicht im Bereich der Tank-Stirnseiten aufzuhalten. Letzteres – allerdings nur bei liegenden Tanks sinnvoll – berücksichtigt, daß die Klöpperböden die physikalisch/werkstofftechnische

⁶⁾ in der nachfolgenden Auflage des DOT-Emergency Response Guidebook [72] von 1990 wird für HSiCl_3 ebenfalls auf das Blatt 38 verwiesen, wohingegen im Gefahrgut-Ersteinsatz [48] ... sh. Seite 59/60

Schwachstelle zylindrischer Behälter darstellen. Ob eine Sicherheitszone mit einem Durchmesser von 2 km, Umfang also 6 km, realistisch ist, erscheint fraglich. Die Schweizer Einsatzakten empfehlen 60 m...120 m.

Bei den Löschmittelvorschlägen wird durchgängig zwischen großem und kleinem Brand unterschieden. Die einzelnen Abschnitte sind klar gegliedert, Wiederholungen beziehungsweise Streuung eines Informationsthemas über mehrere Abschnitte kommt nicht vor. Die Abfassung der Gefahrenhinweise und der Einsatzratschläge als Fließtext spart zwar Platz, beeinträchtigt aber die Übersichtlichkeit. Die Löschempfehlungen bieten nicht nur die schlichte Alternative Sprühstrahl oder Pulver, sondern stoffbezogene, individuelle Anweisungen (z.B. brennen lassen bei Magnesium-Silicid, Maneb und Phosphor-Pentasulfid), wie man sie bei Gruppenmerkblättern nicht erwarten würde, was für eine sinnvoll gewählte Gruppeneinteilung zu sprechen scheint.

Die Gliederung chemischer Stoffbezeichnungen mit Bindestrichen verbessert die Lesbarkeit, die optische Trennung auch noch der Zählbegriffe erscheint übertrieben, die Verwendung von Majuskeln kontraproduktiv: DI-CHLOR-DI-FLUOR-METHAN, TRI-CHLOR-FLUOR-METHAN UND CHLOR-DI-FLUOR-METHAN, GEMISCHE

In der Auflage von 1995 wird im Gefahrgut-Ersteinsatz⁷⁾ — genau wie in der *aktuellen* Version 3.1 von IGS-fire [60] — für Trichlor-Silan nun das Blatt 29 genannt, das im Gegensatz zu früher (entflammbar, ätzende Flüssigkeiten) jetzt für leicht entflammbar, ätzende Flüssigkeiten, die heftig mit Wasser reagieren, zuständig ist. Inhaltlich unterscheidet es sich vom alten Blatt 29 nur dadurch, daß auf die Gefahrenzone "Tankstirnseite" nicht mehr hingewiesen wird. Statt dessen wird empfohlen, zusätzliche Informationen nicht nur aus Nachschlagewerken, sondern auch aus Gefahrgut-Datenbanken zu beziehen.

⁷⁾ Maneb wird in dieser Ausgabe im Blatt 37 "selbstentzündlich" behandelt, anstatt wie früher im Blatt 40 "bei heftiger Reaktion mit Wasser entstehen entzündliche Gase", wo es bei ERIC aber nach wie vor eingeordnet wird

In der neuesten Auflage von 1997 — die Tankstirnseiten gelten jetzt wieder als Gefahrenzone — wird HSiCl_3 jetzt als Stoff eingestuft, der bei der Reaktion mit Wasser entzündliche und giftige Gase bildet, wofür laut Inhaltsverzeichnis das Blatt 139X zuständig ist, jedoch

1. die Seite 139X gibt es nicht — das X im Inhaltsverzeichnis ist lediglich eine Reminiszenz an Kemler;
2. durch detaillierte Ausführungen über Absperrungsmaßnahmen (in einem Blatt werden Sicherheitsradien von 25 m, 50 m, 100 m, 250 m und 500 m besprochen), durch Verweise auf Markenartikel (MET[®], AMBU[®],...) und durch auf die Spitze getriebene Allgemeingültigkeiten (1. Stichwort unter der Überschrift Sicherheitshinweise: Anfahren — offenbar hält es der Verfasser für notwendig, die Feuerwehr aufzufordern, sich zum Einsatzort zu begeben) ist es gelungen, die Informationen, die bislang auf einer Seite untergebracht waren, auf zwei Seiten auszudehnen;
3. die Zahl der Seiten ist im Vergleich zur alten Auflage nahezu verdoppelt, der Aufblähungsfaktor bei der Zahl der inhaltsähnlichen also entsprechend größer und
4. sind die dort empfohlenen Maßnahmen eher unübersichtlicher als bisher.

So fehlt bei Trichlor-Silan der Hinweis, daß der Stoff selbst und nicht nur seine Reaktionsprodukte leicht entflammbar und explosionsgefährlich ist. Als Löschmittel wird jetzt wie von der NFPA für Schaum plädiert, obwohl die Chlor-Silane einem Merkblatt zugeordnet werden, in dem grundsätzlich von der Verwendung von Schaum abgeraten wird. — Hier wäre ein eigenständiges Merkblatt sinnvoller.

Die *Chem-Cards — Transportation Emergency Guide* [53] der Manufacturing Chemists' Association (1965 etwa 85 Blätter, sh. Bild 9) enthalten alle wesentlichen Informationen über den Stoff und konkrete, knappe Hinweise zur Brandbekämpfung. Es fehlen Angaben, die den Umweltschutz im Auge haben (Rückstände im Löschwasser, eindeichen) und die Aufforderung, einen Experten hinzuzuziehen. Die übersichtliche Aufmachung diene offenbar als Vorlage für die Merkblätter gefährlicher Stoffe [17].

Die *Brandschutz- und sicherheitstechnischen Kennwerte gefährlicher Stoffe* [54] (etwa 1.600 Stoffe) bieten eine der wenigen Quellen, in denen Hinweise darauf zu finden sind, wo die besprochenen Gefahrstoffe denn vorkommen, wenn sie sich nicht auf einem LKW befinden. Diese Information ist sicher von Vorteil, wenn die Feuerwehr zu einem

Einsatz bei einer Lager- oder Produktionsstätte gerufen wird (das früher angesprochene Gefahrstoff-Kataster läßt ja wohl weiterhin auf sich warten [91, 92]). Formulierungen wie "zur Herstellung technischer Erzeugnisse" bei Magnesium-Silicid (sh. Seite 217) genügen aber diesem Anspruch nicht, sondern dokumentieren eher die politisch/wirtschaftlichen Bedingungen, unter denen dieses Werk entstand. Der Grund für diese vage Formulierung findet sich dann auch in der anschließend zitierten Quelle.

Darüber hinaus stellt es sicher die solide Grundlage der akademischen Ausbildung des Feuerwehr-Nachwuchses der DDR dar, doch für den Gebrauch im täglichen Einsatz sind sie nach Aufbau (die Tabellenseiten haben noch nicht einmal eine erklärende Kopfzeile) und Typographie ungeeignet. Da die Information über einen Stoff in einer breit angelegten Tabelle über mehrere Seiten verteilt ist und weil der Stoffname nicht wiederholt wird, kann es leicht geschehen, daß man beim Umblättern in die falsche Zeile gerät und "Informationen" gewinnt, die zum alphabetisch benachbarten Stoff gehören. (Etwa so fatal, wie wenn man von der Industrie für Phosphor-Pentachlorid das Sicherheits-Datenblatt von Phosphor-Pentasulfid geschickt bekommt.) Das AUER-Technikum [21] zeigt, wie auch bei strenger Raumökonomie eine sichere Orientierung möglich ist. Wenn die Löschmaßnahmen, die mit jener Brandklasse korrelieren, der der Autor einen Stoff zuordnet, nicht deckungsgleich sind mit denjenigen, die in der jeweiligen Spalte dieses Tabellenwerkes empfohlen werden, sind sie in Tabelle 8 in Klammern angefügt.

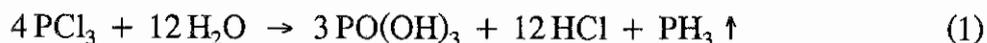
Die *Sigma-Aldrich Library of Chemical Safety Data* [55] richtet sich ebenfalls, wie wiederum leicht an den Handhabungs-, Lager- und Entsorgungsanweisungen zu erkennen, eher an den Chemielaboranten als an den Feuerwehrmann. (Der unter diesem Aspekt sinnvolle Hinweis auf Kohlenstoff-Monoxid und -Dioxid bei den Zersetzungsprodukten ist, weil für die Feuerwehr selbstverständlich, nicht in die Zitate in Tabelle 8 übernommen worden.) Insbesondere was die Gesundheitsgefahren der besprochenen Gefahrstoffe angeht, bietet sie ausführliche Information — zu mehr als 14.500 Gefahrstoffen. Die Größe dieser Zahl verführt zu der Schlußfolgerung, daß ein Stoff, der in dieser Sammlung nicht enthalten ist, deshalb fehlt, weil er kein Gefahrstoff ist. Bei den angegebenen Daten fehlen häufig die Dimensionen, die sich dann aus dem Vergleich mit anderen Werken erschließen. Nicht so die Explosionsgrenzen von Chlor-Sulfonsäure — es bleibt offen, ob es sich hier um Volumen- oder Gewichtsanteile handelt. Auch den

Toxizitätsangaben fehlt häufig der Zeitbezug, oder es wird einer genannt, der der Definition nicht entspricht.

Die die Feuerwehr interessierenden Angaben sind über mehrere Absätze verstreut, wodurch das Werk für diesen Leserkreis etwas unübersichtlich wird: Angaben zum Brandverhalten finden sich unter "extinguishing media" und "handling and storage", solche zum chemischen Gefahrenpotential in demselben Abschnitt aber auch unter "incompatibility" und "decomposition products", Hinweise zur Einsatztaktik sind unter "incompatibility", "handling and storage" und unter "extinguishing media" zu suchen, und solche zum Personenschutz unter "handling and storage" und "procedures for spills and leaks" — Widersprüche eingeschlossen: So werden bei Dichlor-Silan einmal chemikalien-resistente Handschuhe, das andere Mal gasdichter Vollschutzanzug vorgeschrieben. Im Gegensatz zu manchen anderen Gefahrstoff-Datenblättern werden keine Allgemeinplätze wie "Rauchverbot" oder "Feuerwehr alarmieren" geboten — bis auf eine Ausnahme: Bei verschüttetem Dichlor-Silan wird dem Einsatzpersonal empfohlen, auf Luv zu bleiben (— falls während des Laborunfalls Wind aufkommen sollte).

Die Anweisungen für Brand und Leckage werden nur verschlüsselt geboten und müssen mit Hilfe einer beiliegenden Karte übersetzt werden. Dieses Verfahren spart zwar im eigentlichen Nachschlagewerk Platz, weil nicht identische Phrasen immer wiederholt werden müssen. Aber es bietet auch zusätzliche Möglichkeiten des Irrtums — eine Gefahr die bei dem Lay-out dieses Werkes schon groß genug ist. Darüber hinaus ließen sich auch alle anderen Stoffangaben in platzsparenden Kürzeln verstecken.

Daß bei der Reaktion von Phosphor-Halogeniden mit Wasser neben der Phosphor- und der Salzsäure auch das hochgiftige Phosphin gebildet wird, wird außer hier nur noch von der NFPA und in den ChemCards zum Ausdruck gebracht:



Für PBr_3 findet es dagegen bei keinem Autor Erwähnung. Ansonsten sind die Hinweise auf Zersetzungs-, Verbrennungs- und Reaktionsprodukte ähnlich vielfältig wie bei Trichlor-Silan.

Das *Handbook of Reactive Chemical Hazards* [57] enthält Informationen zu 4.596 Gefahrstoffen als Kurzfassung von Originalliteratur, in der Unfälle mit diesen Stoffen dokumentiert werden, aber keine Stoffdatensammlung oder Verhaltensempfehlungen.

Das Handbuch *Dangerous Properties of Industrial Materials* [58] hat inzwischen die 9. Auflage und einen Umfang erreicht (in der 6. Auflage: schon 18.000 Stoffe), der es neben dem Handbuch der gefährlichen Güter [16] zum Studium prädestiniert aber vom akuten Einsatz ausschließt. So weit verfügbar (?) bietet es in knapper, übersichtlicher Form chemische und physikalische Daten (bei Zirconium-Tetrachlorid auch einen Siedepunkt oberhalb der Sublimationstemperatur), Stoffbeschreibung und stichwortartige Hinweise auf chemische, Gesundheits- und Brandgefährlichkeit. Der Schwerpunkt liegt bei toxikologischen Daten und Arbeitsplatz-Grenzkonzentrationen, Löschmittel-Empfehlungen werden nicht immer gegeben. Der in der Einleitung enthaltene Hinweis, alle Einträge führten die CAS- und die RTECS-Nummer, bewahrheitet sich nicht bei allen Stoffen — deshalb das ? hinter "verfügbar".

Das *Hazardous Chemicals Data Book* [59] enthält ein außerordentlich reichhaltiges, (klar) gegliedertes Informationsangebot — eine Seite pro Stoff, insgesamt 1.016 Stoffe: Kurzbeschreibung, Brandgefährlichkeit und -bekämpfung, Gesundheitsgefährdung und -schutz, Reaktionsgefahren, Einstufung der Gefahren, Wassergefährdung, Identifikationsnummern, Kennzeichnungen, physikalische und chemische Eigenschaften,... Zur Entzifferung einer solchen Seite reicht eine Lupe nicht, ein Mikroskop wäre angebracht, weshalb sich das gewichtige Werk auch trotz des betonten Feuerwehrbezuges eher für das Studium als für den Einsatz eignet.

Als einziges Nachschlagewerk (neben dem Tabellenwerk der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt [71] und der GSA [93]) verzeichnet es Temperatur und Druck des für die BLEVE-Definition so wichtigen kritischen Punktes und tatsächlich als einziges unterscheidet es bei der Flammpunktdefinition offenen und geschlossenen Tiegel! Bei der Erläuterung des NFPA-Diamanten werden konkrete Werte für die Abstufung der Gesundheits- und der Brandgefährlichkeit genannt, die allerdings mit den von der NFPA selbst angegebenen nicht übereinstimmen (sh. Tabelle 9). Eher hilflos mutet die Erklärung der Reaktionsgefährlichkeiten an, in der die eine Stufe über die anderen definiert wird, die wiederum... Die Ratschläge für die persönliche Schutzausrüstung (Schutzbrille...) stammen von den Herstellern der besprochenen Gefahrstoffe oder von der Sicherheitsbehörde und sind zwar für den Brand- oder Havariefall gedacht, haben aber eindeutig den Arbeiter oder Laboranten im Chemiebetrieb im Visier und nicht die Einsatzkräfte, das gleiche gilt für die empfohlenen Beseitigungsmaßnahmen.

Die *Stoffliste IGS-fire* [60] des Fachinformationszentrum des nordrhein-westfälischen Landesumweltamtes gibt ein anschauliches Beispiel dafür, wie man in Megabytes schwelgen kann, ohne tatsächlich mehr Information zu bieten als andere Quellen auch, es sei denn als "mehr" gilt der Hinweis darauf, daß "Gas/Dampf mit Luft explosiv innerhalb der Zündgrenzen" ist. Ohne Luft wohl kaum, und außerhalb der Zündgrenzen wohl auch nicht, wobei an dieser Stelle die Zündgrenzen nicht genannt werden, und später nur die untere. Dafür wird aber in der Rubrik Physik/Chemie die Dichte viermal angegeben, in [kg/m³], in [kg/l] und in [g/cm³] und (!) im Verhältnis zu Wasser von 4°C. Die Bezifferung des Dampfdrucks einer Flüssigkeit bei einer Bezugstemperatur jenseits ihres Siedepunktes ist nur dann sinnvoll, wenn sie konkretisiert wird — die Angabe "> 1 bar" ist eine physikalische Selbstverständlichkeit.

In der Rubrik Straße findet sich die Angabe der UN-Gefahrenklasse sechsmal, verblüffend daß sie bei ADR und GGVS gleich lautet — was wohl unter der Überschrift Schiene steht? Als Beleg für die Richtigkeit der CAS-Nummer werden 7 Quellen angegeben, nur der Chemical Abstracts Service ist nicht darunter. Die etwas wirre Aufzählung in Tabelle 8 entspricht dem Original, einschließlich der mangelhaften Orthographie. Darüber hinaus werden die Einsatzmaßnahmen aus dem Handbuch für Gefahrgut-Transport-Unfälle [48] wiedergegeben — allerdings die aus einer veralteten Auflage.

Der *MERCK-Katalog auf Disketten* [61] bietet im Gegensatz zur früheren Buchform nur noch die gesetzlich vorgeschriebenen Hinweise der Gefahrstoff-Verordnung, keine physikalischen Daten und keine Literaturverweise mehr.

Der *MERCK-Index (Encyclopedia of 10.100 Chemicals, Drugs and Biologicals)* [62] ist eine ausführliche Dokumentation der stoffspezifischen Fachliteratur, macht biologische und toxikologische Angaben, gibt knappe Hinweise zu Vorkommen und Verwendung, nennt wenige physikalische Daten, diese aber meist differenziert in ihrer Temperaturabhängigkeit, weist deutlich auf chemische Unverträglichkeiten und gefährliche Reaktionsprodukte hin. Bei Phosphor-Pentachlorid scheint, vergleicht man die verschiedenen Zitate für die Umwandlungspunkte, eine gewisse Unklarheit über die Abhängigkeit seiner Aggregatzustände von der Temperatur zu bestehen, die in der Nennung eines ohne einschränkende Druckangaben bezifferten Siedepunktes gipfelt, nachdem PCl₅ eine Zeile zuvor unterhalb des Schmelzpunktes sublimiert ist.

Der Informationsgehalt der *Altstoff-Datenbank des VCI* [63], mal AIDA, mal EUCLID genannt, ist bezogen auf das hier angewendete Vergleichsraster ausgesprochen mager — und die Stoffausbeute ist es auch: Nur 7 der hier besprochenen Stoffe sind im VCI-Altstoff-Verzeichnis enthalten, von 2 Stoffen waren die Datenblätter nicht aufzutreiben. Bei manchen Stoffen fehlen sogar die schlichten physikalischen Daten. Reichlich geboten werden Toxizitätswerte und eine für einen Chemieverband erstaunliche Schreibweise chemischer Formeln: CL3P für PCl_3 — wie wäre wohl bei dieser Schrift Schwefel-Monoxid von Osmium zu unterscheiden?

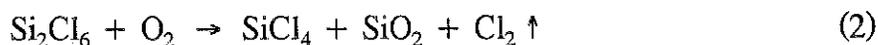
Das *Handbook of Chemistry and Physics* [64] liefert beispielsweise physikalische Daten für Hexachlor-Disilan, die in der Gefahrstoff-Literatur nicht zu finden sind.

In Tabelle 7 ist in Spalte [65] mit einem ✓ markiert, für welche Stoffe ein *DIN-Sicherheitsblatt* nach der EG-Richtlinie vorliegt. Wenn in dieser Spalte ein + erscheint, so handelt es sich um Fachauskünfte der Werksfeuerwehr der BASF. Der Inhalt und die Gestaltung dieser Sicherheitsblätter ist sehr unterschiedlich. Das liegt nicht an der Unterschiedlichkeit der beschriebenen Stoffe, sondern an der unterschiedlichen Mühe, die die Industrie sich bei der Erstellung dieser Blätter gibt:

- physikalisch/chemische Daten fehlen häufig — wer, wenn nicht die chemische Industrie, wäre wohl in der Lage, diese zu ermitteln?
- das Sicherheitsblatt für Maneb enthält noch nicht einmal dessen chemische Formel;
- im Blatt für Phosphor-Trichlorid fehlt die Angabe der Hauptgefahr laut UN: giftig — das subsidiary risk ist dafür aber viermal genannt;
- mögliche Zersetzungs- und Reaktionsprodukte (im Brand) sind so gleichmäßig über das Sicherheitsblatt für Phosphor-Trichlorid verteilt, daß man 8 DIN A4-Seiten lesen muß, um sie alle zu finden;
- der Geruch von Phosphor-Pentasulfid nach faulen Eiern [53], Hinweis auf den sich bildenden hochgiftigen, leicht entzündlichen Schwefel-Wasserstoff, wird mit dem Euphemismus “charakteristisch” geschönt, in der TEC [46] gar nur als “wahrnehmbar” bezeichnet;
- als Quelle für ökotoxikologische Angaben wird das Handbuch der gefährlichen Güter [16] zitiert — nicht gerade das, was man unter Primärliteratur versteht;
- Anmerkungen zur äußeren Gestaltung: siehe Seite 56;

- bei Stoffen, bei welchen die Empfehlungen der Werksfeuerwehr von jenen des Sicherheitsblattes abweichen, ist dies durch kursive Schrift in Tabelle 8 hervorgehoben;
- bei praktisch allen Stoffen der Tabelle 4 (zur Erinnerung: Stoffe, deren Kemler-Zahl kein X enthält), zu welchen die Werksfeuerwehr der BASF Auskünfte über Löschmittel-Empfehlungen erteilt hat, wird von Wasser abgeraten, teilweise erst bei Stoffmengen von mehr als 10 l (!), teilweise in deutlichem Widerspruch zu den Herstellern, in deren Empfehlungen sich die Auswahl des Löschmittels an der Umgebung orientiert oder in welchen direkt zu Wasser geraten wird – das DIN-Sicherheitsblatt mit dem zuletzt zitierten Rat stammt von der BASF und betrifft Chlor-Sulfonsäure;
- bei Maneb besteht eine vollkommene Übereinstimmung zwischen den Aussagen des von der BASF herausgegebenen DIN-Sicherheitsblattes und denen der Werksfeuerwehr derselben Firma, jedenfalls soweit es die 10 Punkte des hier zu Grunde gelegten Vergleichsrasters betrifft.

Manche Unterschiede zwischen den Stoffbewertungen der verschiedenen Autoren sind dadurch zu erklären, daß im einen Falle die Aussagen nur den Stoff selbst bewerten, im anderen Falle aber seine Zersetzungsprodukte in die Beurteilung miteinbeziehen. Beispielsweise wird, was logisch erscheint, mit Ausnahme von drei Quellen [55, 65, 89] das perchlorierte Hexachlor-Disilan in allen Nachschlagewerken als nicht brennbar eingestuft. Die Werksfeuerwehr der BASF berücksichtigt dagegen die über 300°C beginnende Zersetzung zu chlor-gesättigtem Tetrachlorid und oxidierendem Silicium, während in *Dangerous Properties of Industrial Materials* [58] nur das freigesetzte Chlor erwähnt wird:



Die *Chemical Safety Data Sheets* [67] der Royal Society of Chemistry sind ein nach Stoffgruppen geordnetes sechsbändiges Werk, das sich eher an den Chemiker im Labor oder in der Industrie als an die Feuerwehr richtet. In übersichtlicher Aufmachung werden für etwa 450 Stoffe Informationen über Registriernummern, physikalische Eigenschaften, Grenzwerte, Verpackungs- und Transportvorschriften, Gesundheitsgefährdung und Erste Hilfe, Handhabung, Entsorgung und Feuerlöschmaßnahmen geboten, vervollständigt durch Angabe der verwendeten und weiterführender Literatur.

Der *Gefahrstoff-Schlüssel* [68] ist ein reiner Registerband, nahezu identisch mit Band 1 der Merkblätter gefährliche Arbeitsstoffe [47], und bietet außer mehreren Spalten mit Registriernummern keine Gefahrstoff-Informationen.

Die *Gefahrgut-Merkblätter* [69] stellen die Fortführung der ehemals vom Chemieverband CEFIC herausgegebenen und vom Bundesverkehrsministerium gebilligten Unfall-Merkblätter für den Straßenverkehr dar. Umfang inzwischen: 1.300 Einzel- und Gruppen-Merkblätter, die nach Inhalt und Aufmachung jenen nach Rn. 10.385 der GGVS [46] vorgeschriebenen entsprechen.

Die *Sicherheitstechnische Kennzahlen brennbarer Gase und Dämpfe* [71], ein Tabellenwerk das von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt herausgegeben wird, stellen – wenigstens teilweise – die einzige Primärliteratur zum Thema Gefahrstoffe dar, die hier ausgewertet wird. Wie der Titel sagt, werden keine gefährlichen Flüssigkeiten oder Feststoffe behandelt. Von den über 800 Gasen und verdampften Flüssigkeiten werden jedoch alle Werte geboten, die für die Titelseite jedes Stoffes in Tabelle 8 benötigt werden. Die physikalischen Randbedingungen, unter denen diese Daten ermittelt wurden, werden in einem Einführungskapitel exakt definiert. Ausführungen zum chemischen Verhalten sind nur in sehr knapper Form, solche zur Gesundheitsgefährdung und zu Löschmitteln gar nicht enthalten.

Das Merkblatt M 051-2/97 *Gefahrstoffe – gefährliche chemische Stoffe* der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie [75] enthält Gefahrstoff-Informationen über relativ wenige (30) Einzelstoffe und den Verweis auf ein weiteres Merkblatt der BG über allgemeine Arbeitsschutzmaßnahmen beim Umgang mit Gefahrstoffen, weil es “nicht möglich ist, für jeden als gefährlich eingestuften Stoff ein gesondertes Merkblatt herauszugeben”, wobei unterstellt werden darf, daß “jeder gefährliche Stoff” nicht im Sinne Paracelsus’ gemeint ist. Der Umfang dieses Bändchens steht in ebenso krassem Widerspruch zu den bei diesem Industriezweig vermuteten Ressourcen an Mitteln und Sachverstand, wie die Aussage “nicht möglich ... ein gesondertes Merkblatt herauszugeben” der EG-Richtlinie 155 vom 5.3.1991 widerspricht, die für jeden in Verkehr gebrachten Stoff genau dies vorschreibt!

Das *Compendium of Safety Data Sheets for Research and Industrial Chemicals* [77] ist eine umfangreiche, amerikanische Zusammenstellung von 1.600 Sicherheitsdatenblättern

in 6 Bänden und enthält bedauerlicherweise keinen der Stoffe aus Tabelle 4. Das Werk ist sehr übersichtlich angelegt und bietet für jeden Stoff auf zwei gegenüberliegenden Seiten Informationen über physikalische und chemische Eigenschaften, Gefahrenpotential und -klassifizierung, Erste Hilfe-Maßnahmen und Hinweise für den Fall einer Leckage. Schwerpunktmäßig richtet es sich an das Chemielabor oder die Industrie, wie die auf die Wahl der richtigen Handschuhe eingeschränkten Personenschutzmaßnahmen belegen. Hinweise für den Brandfall enthält es nicht, und deshalb auch keine Löschmittel-Empfehlung. — Die graphische Aufmachung verströmt den Charme einer Reiseschreibmaschine, übertrifft aber deutlich das gestalterische Niveau der von den Vereinten Nationen, von der Europäischen Kommission oder vom deutschen Gesetzgeber publizierten Drucksachen.

Die Stoffzusammenstellung *Matières et Marchandises* [78] der belgischen Association Nationale pour la Protection contre l'Incendie et l'Intrusion (ANPI) ist eine für den Gefahrguteinsatz völlig ungeeignete Tabelle, in der in kleiner Schrift und mit so weiten Spaltenabständen, daß man immer wieder in die falsche Zeile gerät, mit einem gewöhnungsbedürftigen Abkürzungssystem die Stoffeigenschaften aufgelistet werden, die auch durch die Kemler-Zahl symbolisiert werden. Von den 28 ERIC-Stoffen sind darin nur drei enthalten. Auffällig ist, daß als Referenz nur deutsche und englische Fachliteratur genannt wird, keine französische.

Die in Tabelle 7 ebenfalls enthaltenen Quellen *Medical First Aid Guide* [79] und *Emergency Procedures for Ships Carrying Dangerous Goods* [70] zeichnen sich durch besondere Benutzerfreundlichkeit aus: Auf Seite 2 dieses 148,- DM teuren Ergänzungsbandes zum IMDG-Code ist von einem Gesamtverzeichnis die Rede und von einem UN-Nummernverzeichnis, um die Suche nach den richtigen MFAG- und EmS-Seiten zu erleichtern, von dazugehörenden Erläuterungen und davon, wie man nach der Methode "Geld oder Liebe" mit Hilfe einer in cartesischer Anordnung zweigeteilten UN-Nummer die gesuchten Seitenzahlen findet — und dann fehlen genau diese Verzeichnisse ebenso wie die in Aussicht gestellten Erläuterungen, so wie sie in der voraufgegangenen Auflage auch schon fehlten!

Verständlicherweise kennen die Emergency Procedures (EmS) nur eine Priorität: klar Schiff!, wobei der Umweltschutz zurückstehen muß. — Auf den in Gefahrstoffmerkblättern häufig genannten MFAG-Seiten stehen nur die Symptome, die eine Inkorpora-

tion dieser Stoffe zur Folge hat. Die eigentlichen Erste Hilfe-Maßnahmen müssen dann in einem weiteren Sammelkapitel, auf das hier nur verwiesen wird, nachgeschlagen werden.

GMELINS Handbuch der anorganischen Chemie [89] liefert hier physikalische Daten und Kurzfassungen des chemischen Verhaltens von jenen Stoffen, bei denen sich die Verfasser der Gefahrstoff-Literatur nicht die Mühe machten, die entsprechenden Werte und ihre Bandbreite in der Originalliteratur zu eruieren. Die in Kurzfassung zitierte Originalliteratur wird allerdings nicht kommentiert, denn sonst könnte nicht bei Phosphor-Pentasulfid ein Siedebereich genannt werden, der mehr als 200°C über der Zersetzungstemperatur liegt.

Das vom Industrieverband Agrar herausgegebene Handbuch *Wirkstoffe in Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmitteln* [90] soll deren physikalisch-chemische und toxikologische Daten zusammenfassen. Bei Maneb, dem einzigen hier vertretenen Pflanzenschutzmittel tut es das mit mäßigem Erfolg (es sei denn man verstehe darunter die Aufzählung von 19 Handelsnamen): Die in Tabelle 8 wiedergegebenen Schmelz-, Zersetzungs- und Zündtemperaturen fehlen, die Dichte fehlt, noch nicht einmal die EG-Nr. wird genannt.

Das vom Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (bgvv) herausgegebene *Chemie-Informationssystem CHEMIS* [93] enthält eine auf die Bedürfnisse der Feuerwehr zugeschnittene Datenbank "Gefahrstoff-Schnellauskunft (GSA)". Sie enthält praktisch alle für die Tabelle 8 erforderlichen Daten, bei den physikalischen sogar jene des kritischen Punktes und die Angabe der Geruchsschwelle, eine ausführliche Darlegung der Gesundheitsgefährlichkeit und der notwendigen Erste Hilfe-Maßnahmen und eine Liste von TUIS-Notrufnummern. Die Handhabung auf dem PC ist noch verbesserungswürdig und der Datenbestand mancher Substanzen verlangt noch nach Vervollständigung beispielsweise mit Hilfe von *GMELINS Handbuch der anorganischen Chemie*. Angaben über Sublimations- oder Zersetzungstemperaturen fehlen, dafür liegt bei Aluminium-Chlorid der Schmelzpunkt 10°C über dem Siedepunkt.

Die chlorierten Silane, Verbindungen mit quasi organischem Molekülaufbau, worin das Silicium- an die Stelle des Kohlenstoff-Atoms tritt, stellen unter dem Gesichtspunkt der Klassifizierung ein besonderes Problem dar, denn sie sind alle mehr oder weniger leicht

entflammbar, ätzend, brandfördernd und bilden bei Berührung mit Wasser Wasserstoff wie beispielsweise Trichlor-Silan:



Die meisten dieser Stoffe sind ätzende Flüssigkeiten. Wenn sie einen Flammpunkt unter 23°C haben, werden sie der GGVS-Klasse 3 zugeordnet und rangieren, wenn nicht im einzelnen genannt, unter der UN-Sammelnummer 2985. Liegt ihr Flammpunkt zwischen 23°C und 61°C, gehören sie in die Klasse 8 (Ziffer 37b) und tragen, wenn nicht als Einzelverbindung genannt, die UN-Nummer 2986. Bei einem Flammpunkt über 61°C gehören sie ebenfalls in die Klasse 8 (Ziffer 36b) aber zur UN-Nummer 2987. Laut Handbuch der gefährlichen Güter [16] liegt bei zwei Stoffen der zuletzt genannten Gruppe (Pentyl- und Hexyl-Trichlor-Silan) der Flammpunkt allerdings unter 61°C, so daß sie eigentlich zur Ziffer 37b der Klasse 8 gehören. Bei dieser Gruppe wiederum würde es der Flammpunkt erlauben, sie komplett der Klasse 3 zuzuschlagen. Die Zuordnung der Substanzen in Klasse 3, entweder zur Ziffer 21a oder zur Ziffer 21b, bleibt unklar — weder Siede- noch Flammpunkt können als Unterscheidungskriterium herhalten.

Lediglich drei der im Anhang B.5 der GGVS genannten chlorierten Silane (und die nicht spezifizierten mit der UN-Nummer 2988) gehören zur Klasse 4.3, obwohl durchweg alle Chlor-Silane heftig mit Wasser reagieren. Wie weit dabei die Produktion von Wasser- oder die von Sauerstoff (wenn statt des SiO_2 in Gleichung (3) Siloxane gebildet werden) im Vordergrund steht, geht aus den verwendeten Gefahrstoff-Handbüchern nicht hervor.

Die einfachste der hier besprochenen Verbindungen, Monochlor-Silan, fällt durch dieses Raster: Sie hat einen sehr niedrigen Flammpunkt, ist jedoch nicht flüssig (im Gegensatz zur Aussage der Gefahrstoff-Schnellauskunft [93]), sondern gasförmig und müßte deshalb nicht unter der UN-Nummer 2985, sondern wie das ebenfalls gasförmige Dichlor-Silan eingestuft werden. Auch IGS-fire [60], die Feuerwehr-Datenbank in Nordrhein-Westfalen, bietet, wenn man konkret SiH_3Cl mit Hilfe seiner CAS-Nummer aufruft, nur die zu den UN-Nummern 2985, 2986 und 2988 gehörenden Informationen.

Zur Problematik der UN-Klassifizierung noch ein aktuelles Beispiel, das die Folgen einer mangelhaft bestimmten Gefahrzahl veranschaulicht: Am 9.8.1998 explodiert im Industriegelände Linz ein Kesselwaggon, beladen mit Cyan-Amid in 50%iger wässriger,

stabilisierter Lösung, Nummer zur Kennzeichnung des Stoffes: 1760, Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr: 80 — also eine ätzende oder schwach ätzende Substanz, von der keinerlei weitere Gefahren ausgehen, wie die 0 nach der 8 signalisiert. Nichts deutet darauf hin, daß der Stoff hochgiftig ist, was mit 668 anzuzeigen wäre, und kein Hinweis darauf, daß Cyan-Amid bei Temperaturen über 20°C (August!) dazu neigt, aus der Lösung auszukristallisieren und heftig zu polymerisieren. Wenigstens eine 9 in der Kemler-Zahl wäre hier erforderlich, treffender eine 1. (Daß in Wirklichkeit die orangen Warntafeln oben mit 60 und unten mit 3287 doppelt falsch beschriftet waren, ist nicht der Genfer Expertenkommission anzulasten, zeigt aber, daß auch ein stimmiges Kennzeichnungssystem nicht gegen Fehler des Anwenders gefeit wäre.)

Da es hier nicht möglich ist, alle Unterschiede zwischen den genannten Gefahrstoff- Informationsangeboten darzulegen — schon die inhaltlichen Differenzen würden den Rahmen dieses Berichtes sprengen —, muß die kurze Kritik in den vorausgegangenen Absätzen genügen. In der Zusammenfassung findet sich ein knapp gehaltener inhaltlicher Vergleich am Beispiel von Trichlor-Silan.

Bei der großen Zahl von Zitaten aus der Fachliteratur kann trotz sorgfältigster Kontrolle — wofür vor allem Herrn Dipl.-Ing. Christoph Altheim besonderer Dank gebührt — nicht ausgeschlossen werden, daß auch in diesem Bericht Übertragungsfehler unentdeckt geblieben sind.

5. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

In diesem letzten Forschungsbericht zum Thema "Löschmittel für gefährliche Güter" wird in einer Literaturrecherche der gegenwärtige Stand der Gefahrgut-Information dargestellt. Zu Grunde liegt eine neue Gefahrgutdatenblatt-Sammlung, mit der der europäische Chemieverband (CEFIC) die Diskrepanzen zwischen den bestehenden Kennzeichnungs- und Anweisungssystemen für Gefahrgut-Transporte und die damit verbundenen Unfallrisiken beheben wollte.

Das in der Bundesrepublik wie in den meisten europäischen Ländern gültige System der Gefahrgut-Transportkennzeichnung ist die Umsetzung der 1975 beschlossenen europäischen Verträge (ADR und RID) in nationales Recht. Diese Verträge stützen sich auf die Klassifizierung der Vereinten Nationen und schreiben vor, Gefahrgut-Transporte mit orangefarbenen Warntafeln zu beschildern, die in ihrer unteren Hälfte die Nummer zeigen, unter der der transportierte Stoff in die "Dangerous Goods List" der Vereinten Nationen aufgenommen wurde. In ihrer oberen Hälfte enthalten diese Tafeln eine Ziffernfolge (Kemler-Zahl), die die gefährlichen Eigenschaften des Stoffes wiedergibt.

Die Kemler-Zahl setzt sich aus zwei oder drei Ziffern zusammen, deren erste für die Hauptgefahr steht, die mit dem Transport dieses Stoffes verbunden ist. Wenn das Gefahrenpotential eines Stoffes durch diese Ziffer ausreichend charakterisiert werden kann, wird ihr eine 0 angefügt. Bei erhöhter Hauptgefahr wird die Ziffer verdoppelt. Reagiert der Stoff in gefährlicher Weise mit Wasser, wird ein X vorangestellt. — Die Ziffern selbst entsprechen den Gefahrgutklassen-Nummern der Vereinten Nationen

Die Problematik der Gefahrgut-Kennzeichnung beginnt nicht erst beim Vergleich verschiedener Kennzeichnungsmethoden, sondern besteht schon innerhalb der derzeit gültigen, auf den UN-Empfehlungen beruhenden GGVS (in der jüngsten Fassung vom 22.12.1998). Abschließend sei am Beispiel Dichlor-Silan (H_2SiCl_2) illustriert, wie weit sich die Kennzeichnung innerhalb dieses einen Systems komplizieren läßt: Auf 4 verschiedene Arten werden 6 Eigenschaften dieser Substanz angezeigt (✓) oder nicht angezeigt (○).

	UN- Gefahrzettel [14, Seite 169, 317]	Kemler- Zahl [5, Seite 512]	GGVS	
			Klasse [5, Seite 79]	Gefahrzettel [5, Seite 340]
Klassifizierung	2.3+2.1+8	263	2, 2TFC	6.1+5+8
gasförmig	✓	✓	✓	○
verflüssigt	○	○	✓	○
entzündlich	✓	✓	✓	○
brandfördernd	○	○	○	✓
ätzend	✓	○	✓	✓
giftig	✓	✓	✓	✓

Im Unterschied zum Gefahrgut-Kennzeichnungssystem nach der GGVS signalisiert der britische Emergency Action- oder Hazardous Chemicals Code direkt, welche Maßnahmen zur Schadensbegrenzung am sinnvollsten und sofort zu ergreifen sind, zum Beispiel: mit Wassernebel oder Sprühstrahl löschen — kann heftig bis explosionsartig reagieren, deshalb Chemikalien-Schutzanzug und umluft-unabhängiges Atemschutzgerät tragen — Eindringen in die Kanalisation und in offene Gewässer auf alle Fälle unterbinden, eindeichen und neutralisieren — Evakuieren des Gefahrenbereichs prüfen.

Diese beiden Kennzeichnungssysteme unterscheiden sich nicht nur nach der Art des Informationsangebotes, nicht selten widersprechen sie sich auch, was die Einschätzung des gekennzeichneten Stoffes betrifft: Im wesentlichen bei den Löschmittel-Empfehlungen, wenn der Hazchem-Code Trockenlöschmittel vorschreibt, die Kemler-Zahl aber nicht — der umgekehrte Fall kommt praktisch nicht vor.

Für 28 exemplarische Stoffe, auf die dieser Unterschied zutrifft, wird deshalb recherchiert, welche Gefahrstoff-Informationen in der Fachliteratur neben den beiden oben vorgestellten Quellen noch geboten werden. Viele dieser Stoffe sind selbst nicht brennbar, doch fachen sie die Verbrennung anderer Stoffe an oder sie reagieren in so gefährlicher Weise mit anderen Materialien, insbesondere auch mit Wasser (stark exotherm, heftig bis explosionsartig), daß der Entscheidung über die zweckmäßigsten Mittel und Verfahren zur Bekämpfung von Bränden, in deren Gefährdungsbereich solche Stoffe zu finden sind, eine ausschlaggebende Bedeutung zukommt.

In einer umfangreichen Synopse werden von allen Stoffen ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften zusammengestellt, ihre Gefahrstoff-Kennzeichen aufgelistet und zitiert, welche Anweisungen für den Brandfall die 50 zu Rate gezogenen Quellen bieten. Der Vergleichbarkeit halber werden diese Zitate nicht wortgetreu übernommen, sondern nach einem einheitlichen Raster geordnet: 1. Brandverhalten, 2. chemisches Gefahrenpotential, 3. Löschmittel und -verfahren, 4. Gesundheitsgefahren, 5. Personenschutzmaßnahmen und 6. Einsatztaktik.

Tabelle 10 zeigt für einen dieser 28 Stoffe, wie weit die wichtigsten Gefahrstoff-Merkblattsammlungen auseinander liegen: Von 32 Autoren halten 16 Trichlor-Silan für leicht entflammbar, 12 für selbstentzündlich, 19 für explosionsgefährlich, nur 5 kennzeichnen es mit allen drei Eigenschaften. 14 Autoren halten es für giftig, 16 für ätzend, 7 für

beides. 9 mal wird als Löschmittel Wasser oder Schaum empfohlen, 19 mal davon abgeraten. Daß als Verbrennungs- oder Reaktionsprodukte während des Löschens Wasserstoff- und Chlor-Wasserstoff-Gas entstehen, darauf weisen 10 Autoren hin, 2 nur auf Wasserstoff- und 6 nur auf Chlor-Wasserstoff-Gas. Im Handbuch der gefährlichen Güter [16] und im Hazardous Chemicals Data Book [59] wird darüber hinaus vor Phosgen gewarnt. Wenn dieser alte Kampfstoff tatsächlich auftreten kann, wäre er "würdig", in allen Merkblättern erwähnt zu werden, wenn nicht, besteht nach dem Motto "der Wolf!, der Wolf!" die Gefahr, daß solche Hinweise vom Hilfessuchenden irgendwann nicht mehr ernst genommen werden.

Aufgabe dieser Literaturrecherche ist es nicht, bei widersprüchlichen Angaben herauszufinden, welcher Autor mehr oder welcher weniger recht hat oder in welcher Datensammlung sich ein Druckfehler eingeschlichen hat. Diese Nachschlagewerke sind so, wie sie vorliegen, das heißt mit ihren Mängeln und Unzulänglichkeiten im Handel, ohne daß sie kurzfristig korrigiert werden könnten, und so werden sie bei der Entscheidungsfindung zu Rate gezogen. Der Sinn dieser Literaturrecherche ist, darauf hinzuweisen, welche Diskrepanzen die Fachliteratur bei diesen wenigen beispielhaften Stoffen enthält, und hervorzuheben, daß diese Unterschiede, dort wo sie nicht allein auf fehlerhafter Datenübertragung beruhen, sondern Auffassungsunterschiede wiedergeben, geklärt werden sollten, um durch abgesicherte Informationen dazu beizutragen, daß sinnvolle Entscheidungen über angemessene Einsatzmaßnahmen getroffen werden können.

So positiv die CEFIC-Initiative zur Schaffung eines einheitlichen Gefahrgut-Informationssystems zu bewerten ist, so bedauerlich ist es, daß dieser Versuch über die Eliminierung einiger widersprüchlicher Löschmittel-Empfehlungen (es bleiben mehr erhalten als beseitigt wurden) nicht hinausgekommen ist. In Wirklichkeit ist der Versuch, ein einheitliches Kennzeichnungssystem zu schaffen, auf der Strecke geblieben.

Wenn man jedoch berücksichtigt, mit welcher Zähigkeit die Anhänger des Kemler-Systems ihre Kennzahlen verteidigen, dann ist es schon ganz beachtlich, zu wie vielen Korrekturen sie sich durchgerungen haben — wenn auch nur im Rahmen der für die ERICs formulierten Löschmittelanweisungen: Bis auf Dichlor-Silan steht nun bei allen 28 hier besprochenen Stoffen die Empfehlung "mit Pulver löschen, nicht mit Wasser oder Schaum löschen". Demgegenüber erscheint dann das Festhalten an den doppelten

Kemler-Zahlen — “giftiger Stoff, ätzend” neben “ätzender Stoff, giftig” — eher läßlich und erinnert daran, daß es früher im Kemler-System eine Haupt- und eine Zweitgefahr gab. Im ERIC-Katalog hat es lediglich aufblähende Wirkung, weil er neben der Karte 6-42 eine weitere mit der Nummer 8-26 enthält, die sich von der erstgenannten durch nichts als diese Nummer unterscheidet. Entsprechendes gilt für die anderen Kombinationen zweier Gefahrstoff-Eigenschaften.

Die auch in Zukunft unterstützenswerten Anstrengungen, zu einer einheitlichen Gefahrstoff-Bewertung und zu einem einheitlichen Kennzeichnungssystem zu kommen, sollten nicht durch falsche Vergleiche torpediert werden — bei allem Verständnis für den Respekt einer französischen Fachzeitschrift gegenüber ihrem alten Delegationsleiter [88]: Der Kemler-Zahl bei der Beschilderung den Vorzug zu geben, weil man aus ihr im Gegensatz zu den Warntafeln mit dem Hazchem- oder dem NFPA-Code die Art der Gefahr (leicht entflammbar, giftig,...) ablesen könne, heißt Äpfel mit Birnen vergleichen, denn 1. gibt der EAC – der Name sagt es – nur Handlungsanweisungen (die man sich in anderen Kennzeichnungssystemen wünschen würde) und 2. ist der NFPA-Code gar keine Transport-Kennzeichnung [10, 15]. Transporte werden in Amerika mit den UN-Schildern (Bild 1) gekennzeichnet, vervollständigt durch die UN-Nummer, die ebenso in den britischen und den kontinentaleuropäischen Kennzeichnungen enthalten ist und als Schlüssel zu Detailinformationen dient.

Der Entwurf einer vollständigen Gefahrgut-Kennzeichnung (Bild 10), die sich sowohl auf die bislang vom ADR vorgeschriebenen Warntafeln als auch auf den Emergency Action Code stützt, könnte etwa folgendermaßen aussehen:

- das erste Feld links oben enthält den Einsatzcode mit der Löschmittel-Empfehlung vorneweg (im Hinblick auf die angestrebte internationale Gültigkeit und Verständlichkeit sollten statt der Hazchem-Buchstaben A, B, P, R, S, T, W, X, Y und Z für den Personenschutz lieber solche gewählt werden, die auch im griechischen und im kyrillischen Alphabet enthalten sind: A, B, E, H, K, M, O, P, T und X – die arabischen Zahlen sind erfreulicherweise international⁸⁾ entzifferbar [52]),

⁸⁾ mit Ausnahme des arabischen Raumes

- das zweite Feld daneben enthält eine modifizierte Kemler-Zahl, bei der die Aufzählung der verschiedenen Eigenschaften des Gefahrgutes durch Punkte getrennt werden, wodurch die Einschränkung auf nur drei Ziffern aufgehoben und die Entschlüsselung vereinfacht wird – der Löschmittelhinweis X kann entfallen, da diese Information schon im ersten Feld geboten wird,
- im dritten Feld links unten stünde der Name der Substanz, auch dieser zur Verbesserung der Lesbarkeit mit Bindstrichen untergliedert und
- im vierten Feld stünde die UN-Nummer – unter der Kemler-Zahl wie bisher auch.

In einer etwas umfangreicheren Variante könnten diese Felder auch untereinander angeordnet werden, so daß – ähnlich wie in den großen Hazchem-Tafeln – Platz bliebe für die anschaulichen Gefahrgut-Etiketten der UN – in unterschiedlicher Größe für Haupt- und zusätzliche Gefahr. Die Nummer der Gefahrenklasse in der unteren Spitze der Etiketten könnte dann entfallen, weil diese Information ja schon in der Kemler-Zahl steckt. Statt dessen könnten an dieser Stelle die gefährlichen Eigenschaften nochmal in Klarschrift angegeben werden. Am unteren Rand dieser Warn-, besser Informations-Tafel wäre noch Platz für eine TUIS-angebundene Notruf-Nummer.

Klarschriftangaben waren bislang vorzugsweise im angelsächsischen Raum verbreitet, und können trotz der Vielsprachigkeit in Europa heute nicht mehr als problematisch gelten, weil inzwischen einerseits alle europäischen Sprachen von Anglizismen (Amerikanismen in Wirklichkeit) infiziert sind und weil andererseits die Fachausdrücke in den verschiedenen Sprachen eben gar nicht so verschieden sind, in der Aussprache noch eher als im schriftlichen Erscheinungsbild.

In einem Gefahrstoff-Merkblatt könnte – ähnlich wie die Symbole der Gefahrstoff-Verordnung in den Daten- oder Merkblättern gefährliche Arbeitsstoffe [30, 47] – diese Transportkennzeichnung zu Beginn der Stoffinformationen abgebildet werden, begleitet von einer dem Gefahrendiamanten entsprechenden Information, die die Gefährlichkeit der einzelnen Abschnitte der neuen Kemler-Zahl wichtet.

Ziel der Gefahrgut-Kennzeichnung muß es sein, nicht nur die Einsatzkräfte schnell und sicher zu informieren. Auch feuerwehrtechnische Laien wie Polizei, Rettungsdienst, hilfsbereite Mitmenschen und nicht zuletzt die Gefahrgutfahrer selbst sollten in die Lage

versetzt werden, die Bedeutung einer solchen Kennzeichnung zu interpretieren. Sie muß deshalb klar, deutlich und eindeutig sein — und widerstandsfähig gegen mögliche Beschädigung.

Die gleichen Anforderungen sind an ein Stoffmerkblatt zu stellen, das sich tatsächlich an den Bedürfnissen der Einsatzkräfte orientiert und der Feuerwehr neben der Kennzeichnungstafel zusätzliche Informationen bieten soll. Diese müssen mit der sicheren Identifikation beginnen (deshalb eine Stoff-Kurzbeschreibung und die Wiederholung der Transportkennzeichnung auf dem Blatt) und *vor* dem Detailwissen des Experten enden. Die Informationen, die gegenwärtig für den Fahrer in den Straßenunfall-Merkblättern enthalten sind, gehen über die Aussagen der Warntafel nicht hinaus und stellen eine Anhäufung von Selbstverständlichkeiten dar, die nicht für jeden Gefahrstoff ein eigenes Merkblatt rechtfertigen.

Einzelstoff-Merkblättern ist der Vorzug zu geben, weil nur sie die erforderliche Identifikation erlauben und es ermöglichen, das Besondere dieses Stoffes deutlich hervorzuheben und es abzusetzen von allgemein gültigen Anweisungen, die, wenn sie schon auf einem solchen Blatt stehen müssen, in einem eigenen Block zusammenzufassen sind, wie das beispielhaft in den Schweizer Einsatzakten geschieht.

Je knapper der Inhalt eines solchen Blattes gehalten ist und je strikter die Ordnung der angebotenen Information

- in welcher Rubrik,
- an welcher Stelle,
- in welcher Reihenfolge,
- ohne Wiederholungen,
- möglichst in Alternativen: “brennbar” — “nicht brennbar”, “normale Feuerwehreinsatzkleidung” — “Chemikalienspritzschutzkleidung” — “gasdichter CSA”, “eindämmen” — “verdünnen”,...

eingehalten wird, um so eher kann sichergestellt werden, daß es auch Anwendung findet. Durch Informationsfülle wird nur die Gefahr heraufbeschworen, in Beachtung all dessen, was auf einem eng bedruckten, zweiseitigen DIN A4-Papier untergebracht werden kann (ganz zu schweigen von den Megabytes in einem Kleinrechner!), die durch die örtlichen und die Witterungsbedingungen bestimmte Individualität jedes Gefahrgutunfalles aus dem Auge zu verlieren. Von besonderer Bedeutung ist deshalb auch eine klare und übersicht-

liche Gliederung, wie sie beispielsweise die beiden Blätter in Bild 8 [17] und 9 [53] zeigen (obwohl auch hier noch allgemeingültige Anweisungen eingespart werden könnten).

Die für den Einzelstoff spezifischen Anweisungen, die ja deshalb erforderlich sind, weil sie von der Norm abweichen, sollten mit einer kurzen Begründung versehen sein, nach Möglichkeit mit der Unterscheidung kleiner/großer Brand, um im Einzelfall und bei besonderer äußeren Bedingungen oder wegen besseren Wissens des Einsatzleiters relativiert werden zu können.

Nicht sachdienlich sind Merkblätter für mangelhaft oder zu grob zusammengewürfelte Gruppen von Stoffen; in denen beispielsweise auf entstehenden Wasserstoff hingewiesen wird, wenn lediglich einer der zur Gruppe gehörenden Stoffe diese Eigenschaft aufweist. Der Respekt vor dieser Warnung wird verblaßt sein, wenn im Gefahrguteinsatz dieser einzelne Wasserstoffproduzent schließlich doch auftritt.

Der europäische Gesetzgeber, beziehungsweise die Experten-Arbeitsgruppe WP 15 in Genf, und die europäische Chemie-Industrie bleiben aufgerufen, sich dieser Problematik anzunehmen und sie einer sinnvollen, praxis-orientierten und einvernehmlichen Lösung zuzuführen. Die ERICs stellen einen ersten, zwar noch unbefriedigenden, aber doch begrüßenswerten Schritt auf diesem Wege dar.

6. LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Deutscher Bundestag:
Gesetz über die Beförderung gefährlicher Güter (Gefahrgut-Gesetz),
BGBl. I, Seite 2121, Bonn, 6.8.1975,
letzte Änderung: BGBl. I, Seite 3114,
29.9.1998
- [2] United Nations - Group of Experts on the Transport of Dangerous Goods of the Economic Commission for Europe (ECE):
Accord Européen relatif au Transport International des Marchandises Dangereuses par Route (ADR), Genf, 30.9.1957,
14. Änderungsverordnung vom 29.9.1998,
BGBl. II, Heft 42, Seite 2618
- [3] Comité International des Transports ferroviaires - Commission d'Experts de l'Office Central des Transports Internationaux (OCTI):
Convention relative aux Transports Internationaux Ferroviaires (COTIF), Anhang B: Convention Internationale concernant le Transport des Marchandises par Chemin de Fer (CIM), Anlage I: Règlement International concernant le Transport des Marchandises Dangereuses par Chemin de Fer (RID)
Bern, 1.1.1990
(Bundesbahndirektion Hannover)
- [4] Zentralkommission für die Rheinschifffahrt (ZKR):
Accord Européen relatif au Transport International des Marchandises Dangereuses par voie de Navigation Interieure sur le Rhin (ADNR),
Straßburg, 1.4.1970,
letzte Änderung vom 24.11.1994
- [5] Bundesminister für Verkehr:
Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher Güter auf Straßen einschl. Anlagen A und B und Anhänge, insbesondere unter Randnummer 250.000: B.5 und B.8 (Gefahrgutverordnung Straße - GGVS)
BGBl. I, Seite 1886, Bonn, 12.12.1996,
letzte Änderung: BGBl. I, Seite 3985,
22.12.1998
- [6] Bundesminister für Verkehr:
Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher Güter mit der Eisenbahn einschl. Anlagen, insbesondere unter Randnummer 1.800: Anhang VIII (Gefahrgutverordnung Eisenbahn - GGVE)
BGBl. I, Seite 1560, Bonn, 22.7.1985,
letzte Änderung: BGBl. I, Seite 1876,
12.12.1996
- [7] Bundesminister für Verkehr:
Verordnung zur Inkraftsetzung der Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf dem Rhein (Anlage 1 = ADNR, einschl. Anlagen A, B.1 und B.2) und der Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Mosel (Anlage 2),
BGBl. II, Seite 3830, Bonn, 21.12.1994,
letzte Änderung: BGBl. II, Seite 2123,
4.12.1997
- [8] Dorias, Heinz:
Gefährliche Güter - Eigenschaften, Handhabung, Lagerung und Beförderung
Springer-Vlg., Berlin, New York, ... 1984
- [9] Conseil Européen des Fédérations de l'Industrie Chimique (CEFIC - Europäischer Rat der [nationalen] Chemieverbände, Europäischer Chemieverband), International Chemical Environment (ICE - internationale Zusammenarbeit der chemischen Industrie zum Schutz der Umwelt bei Transportunfällen), ERIC-Task-Force:
A Manual for the Drafting of Emergency Response Intervention Cards (Ein Leitfaden für den Entwurf von Notfallmaßnahmen-Merkblättern), 3. Überarbeitung,
Brüssel, 22.8.1994
- [10] Ridder, Klaus:
Gefahrgut Handbuch, 110. Ergz.,
ecommed-vlg., Landsberg, München 1998

- [11] Arbeitsgemeinschaft der Rheinschiffahrt e.V. und Verband der chemischen Industrie e.V. (VCI):
Schriftliche Weisungen gemäß Rn. 10.385 der Anlage B.1 zur Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf dem Rhein (ADNR-Unfallmerkkblätter),
Binnenschiffahrtsvlg., Duisburg 1980...86
- [12] United Nations – International Maritime Organization (IMO) – Maritime Safety Committee (MSC):
Amtliche deutsche Übersetzung des International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG) in der Fassung des Amendments 28/96 vom 27.5.1997,
Bundesanzeiger Nr. 146(a), Seite 9961, 8.8.1997
- [13] Bundesminister für Verkehr:
Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter mit Seeschiffen (Gefahrgutverordnung See – GGVSee),
BGBl. I, Seite 419, Bonn, 4.3.1998
- [14] United Nations – Committee of Experts on the Transport of Dangerous Goods of the Economic and Social Council (ECOSOC):
Recommendations on the Transport of Dangerous Goods (Orange Book = UN-Empfehlungen für die Klassifizierung und Kennzeichnung gefährlicher Güter), 10th Ed., in Kapitel 2: List of Dangerous Goods most commonly carried,
New York 1997
(K.O.Storek-Vlg., Hamburg)
- [15] National Fire Protection Association (NFPA):
National Fire Codes (Code 49: Hazardous Chemicals Data; Code 325(M): Guide to Fire Hazard Properties of Flammable Liquids, Gases and Volatile Solids (einschließlich Löschmittel-Empfehlungen); Codes 491 und 491M: Manual of Hazardous Chemical Reactions; Code 704: Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response; Code 921: Guide for Fire and Explosion Investigations),
Quincy (Massachusetts) 1998
- [16] Hommel, Günter et al.:
Handbuch der gefährlichen Güter,
11. Aufl.,
Springer-Vlg., Berlin, New York,... 1999
- [17] Graf, Werner; Peter Eulenburg und Dietrich Webner:
Merkkblätter gefährlicher Stoffe,
Kohlhammer-Vlg., Stuttgart 1970...79
- [18] Widetschek, Otto:
Transport gefährlicher Güter – Gefahren, Verhaltensmaßnahmen und Erste Hilfe bei Unfällen,
L.Stocker-Vlg., Graz 1980
- [19] Dutch Chemical Industry Association et al.:
Chemical Safety Sheets – working safely with hazardous chemicals (früher: Handling Chemicals safely),
Samson Chemical Publ., Dordrecht 1991
und Niederländischer Verband der Sicherheitskräfte et al.:
ChemCards – Internationale Sicherheitsdatenblätter für gefährliche Stoffe,
ecommed-vlg., Landsberg, München 1996
- [20] Sorbe, Günter:
Sicherheitstechnische Kenndaten – Gefahrenindex chemischer Stoffe,
ecommed-vlg., Landsberg, München 1993
- [21] Auergesellschaft mbH:
AUER-Technikum, Ausg. 12,
Berlin 1988
- [22] Anonym:
Règlement d'Instruction et de Manœuvre des Sapeurs-Pompiers Communaux,
France-Sélection, Paris 1978
- [23] Widetschek, Otto:
Neue Vorschriften für den Transport gefährlicher Güter,
brandschutz / Deutsche Feuerwehr-Zeitung, 40. Jgg. (1986), Heft 2, Seite 71
- [24] Stürzer, Hugo:
Neue Vorschriften für den Transport gefährlicher Güter,
brandschutz / Deutsche Feuerwehr-Zeitung, 40. Jgg. (1986), Heft 6, Seite 238...240

- [25] Petrovits, Helmut:
Schnellinformation – Transport gefährlicher Güter,
Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Abteilung für Katastrophenschutz und Landesverteidigung, Graz 1975...85
- [26] Anonym:
Ab 1. August 1985: Neue Vorschriften für den Transport gefährlicher Güter, brandschutz / Deutsche Feuerwehr-Zeitung, 39. Jgg. (1985), Heft 12, Seite 479...482
- [27] Deutsche Bundesbahn:
Anhang II zur Betriebsunfallvorschrift – Bestimmungen über sicherheitstechnische Maßnahmen nach Freiwerden gefährlicher Stoffe (DS 423/II), daraus Anlage 7: Unfallmerkmale lt. § 12 GGVE, Bundesbahn-Zentralamt, Minden (Westfalen) 1987
- [28] Schweizerischer Feuerwehrverband (SFV) und schweizerische Gesellschaft für chemische Industrie (SGCI):
Einsatzakten für Chemieereignisse und Strahlenschutz, 4. Aufl., Bern, Zürich 1993
- [29] Home Office – Fire and Emergency Planning Department – Joint Committee on Fire Brigade Operations and National Chemical Emergency Centre:
Hazchem List N° 8 (9) – Emergency Action Codes and Supplementary Information for Dealing with Incidents Involving Dangerous Substances Conveyed in Bulk by Road or Rail,
London, Harwell 1993 (1997)
- [30] Welzbacher, Ulrich et al.:
Neue Datenblätter für gefährliche Arbeitsstoffe nach der Gefahrstoffverordnung, WEKA-Fachvlg., Augsburg 1995
- [31] Kühn, Robert und Karl Birett:
Gefahrgut-Schlüssel, 17. Ausg., ecomed-vlg., Landsberg, München 1997
- [32] Quellmalz, Eberhard; Ulrich Welzbacher und Reinhold Störmann:
Hauptstoffliste – zusammengeführte Informationen zu gefährlichen Stoffen und Zubereitungen aus den wichtigsten Vorschriften,
WEKA-Fachvlg., Augsburg 1998
- [33] Neumüller, Otto-Albrecht:
RÖMPPs Chemie-Lexikon, 8. Aufl., Franckh'sche Vlgd., Stuttgart 1979...88
und Falbe, Jürgen und Manfred Regitz:
RÖMPP Chemie-Lexikon, 9. Aufl., Thieme-Vlg., Stuttgart 1989...93
- [34] Holleman, Arnold Frederik und Friedrich Richter:
Lehrbuch der organischen Chemie, 41. Aufl., de Gruyter-Vlg., Berlin 1961
- [35] Roth, Lutz und Ursula Weller:
Chemie-Brände – Brandtabellen, Fallbeispiele, Risiken und Vorsorgemaßnahmen, ecomed-vlg., Landsberg, München 1990
- [36] Deutsches Institut für Normung:
Prüfung des Brandverhaltens von Werkstoffen und Erzeugnissen (DIN 50.060), Beuth-Vlg., Berlin 1995
- [37] Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung et al.:
Verordnung über Anlagen zur Lagerung, Abfüllung und Beförderung brennbarer Flüssigkeiten zu Lande (Verordnung über brennbare Flüssigkeiten – VbF), BGBl. I, Seite 1937, Bonn, 13.12.1996, letzte Änderung: BGBl. I, Seite 447, 24.2.1997
- [38] Rodewald, Gisbert und Reiner Heuschen:
Gefährlicher Stoffe und Güter, Kohlhammer-Vlg., Stuttgart 1994

- [39] Conseil Européen des Fédérations de l'Industrie Chimique (CEFIC - Europäischer Rat der [nationalen] Chemieverbände, Europäischer Chemieverband), International Chemical Environment (ICE - internationale Zusammenarbeit der chemischen Industrie zum Schutz der Umwelt bei Transportunfällen):
Hinweise für den Einsatz mit gefährlichen Stoffen - Emergency Response Intervention Cards (ERIC),
Brüssel, Januar 1998
- [40] Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung - Ausschuß für Gefahrstoffe (bei Quellenangabe für TRGS) et al.:
Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Gefahrstoff-Verordnung - GefStoffV, früher: Arbeitsstoff-Verordnung - ArbStoffV),
BGBl. I, Seite 1782, Bonn, 26.10.1993, letzte Änderung: BGBl. I, Seite 1286, 12.6.1998,
und Bekanntmachung (vom 11.5.94) der Liste der gefährlichen Stoffe und Zubereitungen nach § 4a der GefStoffV (= Anhang I der EG-Richtlinie 548 vom 27.6.1967),
Bundesanstalt für Arbeitsschutz Dortmund RW 14 und 23,
Wirtschafts-Vlg. Bremerhaven 1995
- [41] Kommission der Europäischen Gemeinschaft (EG):
EG-Richtlinie 379 vom 7.6.1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedsstaaten für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Zubereitungen,
EG-Amtsblatt Nr. L187, Seite 14, einschließlich 22. Anpassung vom 30.7.1996
- [42] Austenat, Lutz; Christoph Zink et al.:
Handbuch Stoffdaten zur Störfall-Verordnung, Band I...III,
Forschungsbericht 10.409.105 (85-024) des Umweltbundesamtes,
E.Schmidt-Vlg., Berlin 1985
- [43] Health and Safety Commission:
Road Traffic (Carriage of Dangerous Substances in Road Tankers and Tank Containers) Regulations 1992 - Road Tanker Approved List - approved substances identification numbers, emergency action codes and classifications for dangerous substances carried in road tankers or tank containers,
Her Majesty Stationary Office (HMSO), London 1992
- [44] Anonym:
six - Schnellinformation Gefahrgut - Handbuch umweltgefährdender Stoffe,
Medienvlg., Karlsruhe 1988
- [45] Verband der Chemischen Industrie (VCI):
TUIS - Videokassette zum Transport-Unfall-Informations- und Hilfeleistungssystem der chemischen Industrie,
Frankfurt 1991
- [46] Chemical Industries Association:
Transport Emergency Cards (Road) - TremCards - TEC(R), London
und Conseil Européen des Fédérations de l'Industrie Chimique (CEFIC - Europäischer Rat der [nationalen] Chemieverbände, Europäischer Chemieverband):
Unfallmerkbücher für den Straßentransport,
Vlg. Dössel und Rademacher,
Hamburg 1997
und TremCard-Service Stelmaszyk,
Tamm 1998
- [47] Kühn, Robert und Karl Birett:
Merkbücher Gefährliche Arbeitsstoffe,
10. Aufl.,
ecommed-vlg., Landsberg, München 1995
- [48] Nüßler, Hans-Dieter:
Gefahrgut-Ersteinsatz - Handbuch für Gefahrgut-Transport-Unfälle,
K.O.Storck-Vlg., Hamburg 1988
- [49] Widetschek, Otto:
Der kleine Gefahrguthelfer - richtiges Verhalten bei Gefahrgutunfällen,
L.Stocker-Vlg., Graz 1987

- [50] Schott, Lothar und Manfred Ritter:
Die Feuerwehr im Gefahrguteinsatz,
S&W-Vlg., Marburg 1994
- [51] Cote, Arthur E. et al.:
Fire Protection Handbook, 18th Ed.,
National Fire Protection Association
Quincy (Massachusetts) 1997
- [52] Widetschek, Otto:
Gefahren, Gefahrenabwehr und Einsatz-
erfahrungen bei Gasen,
Vortrag auf der ecomed-Tagung "Gefähr-
liche Stoffe beim Feuerwehreinsatz",
13. bis 15. Okt. 1998 in Köln
- [53] Manufacturing Chemists' Association
(MCA):
Chem-Cards -
Transportation Emergency Guide
und deutsche Übersetzung von Gerd Magnus,
Washington (D.C.), Karlsruhe 1965
- [54] Steinleitner, Hans-Dieter et al.:
Brandschutz- und sicherheitstechnische
Kennwerte gefährlicher Stoffe (früher:
Tabellenbuch brennbarer und gefährlicher
Stoffe),
Staatsvlg. d. DDR, Berlin 1988
- [55] Lenga, Robert E.:
The Sigma-Aldrich Library
of Chemical Safety Data, 2nd Ed.,
Sigma-Aldrich Corporation,
Milwaukee (Wisconsin) 1988
- [56] Roth, Lutz und Ursula Weller:
Gefährliche Chemische Reaktionen,
ecom-ed-vlg., Landsberg, München 1995
- [57] Bretherick, Leslie:
Handbook of Reactive Chemical Hazards,
4th Ed.,
Butterworth-Publ., London, Boston...
1990
- [58] Sax, Newton Irving et al.:
Dangerous Properties
of Industrial Materials, 6th Ed.,
Van Nostrand Reinhold Comp.,
New York... 1984
- [59] Weiss, G.:
Hazardous Chemicals Data Book, 2nd Ed.,
Noyes Data Corporation, Park Ridge
(New Jersey) 1986
- [60] Fachinformationszentrum des Landes-
umweltamtes (LUA) Nordrhein-Westfalen:
Stoffliste IGS-fire, Version 3.1,
Essen 1998
- [61] E. Merck:
ChemCAT 1, der Katalog von Merck
unter Windows, Version 1.36,
Darmstadt 1998
- [62] Budavari, Susan et al.:
The MERCK-Index - an Encyclopedia of
Chemicals, Drugs and Biologicals,
11th Ed.,
Merck & Co., Rahway (New Jersey) 1989
- [63] Verband der chemischen Industrie (VCI):
Altstoffdatensätze von Substanzen mit ei-
nem Produktionsvolumen von mehr als
1.000 t/a,
Diskettensatz, 8. Lieferung,
Frankfurt/Main 1995
- [64] Weast, Robert C. et al.:
Handbook of Chemistry and Physics,
70th Ed.,
Chemical Rubber Comp.(CRC)-Press Inc.,
Boca Raton (Florida) 1989/90
- [65] Badische Anilin- und Soda-Fabrik
(BASF AG):
DIN-Sicherheitsdatenblätter gemäß EG-
Richtlinie 91/155 und persönliche Aus-
kunft der BASF-Werksfeuerwehr,
Ludwigshafen 1996
- [66] Deutsche Forschungsgemeinschaft - Se-
natskommission zur Prüfung gesundheits-
schädlicher Arbeitsstoffe, Mitteilung 32:
MAK- und BAT-Werte-Liste 1996,
Vlg. Chemie, Weinheim, New York,... 1996
- [67] Royal Society of Chemistry:
Chemical Safety Data Sheets, Vol. 1...5,
Cambridge 1988...92
- [68] Birett, Karl und Helmut Vogler:
Gefährstoff-Schlüssel, 3. Ausg.,
ecom-ed-vlg., Landsberg, München 1996

- [69] Kühn, Robert und Karl Birett:
Gefahrgut-Merkblätter, 5. Ausg.,
(1300 Einzel- und Gruppen-Unfallmerk-
blätter, z.T. identisch mit den bis 1983
vom BMV und vom CEFIC gebilligten
und nach Rn. 10.385 GGVS vorgeschrie-
benen Unfall-Merkblättern für den Stra-
ßenverkehr),
ecommed-vlg., Landsberg, München 1996
- [70] Bundesminister für Verkehr und United
Nations – International Maritime Organi-
zation (IMO) – Maritime Safety Commit-
tee (MSC):
Unfallmaßnahmen für Schiffe, die gefähr-
liche Güter befördern (Emergency Proce-
dures for Ships carrying Dangerous
Goods) – Gruppenunfallmerkblätter (Group
Emergency Schedules – EmS) (früher in
der Richtlinie Maritim (RM 002) jetzt im
Ergänzungsband zum IMDG-Code [12]),
Bundesanzeiger 13/98, Bonn, 4.12.1997,
(K.O.Storck-Vlg., Hamburg)
- [71] Nabert, Karl und Gerhard Schön:
Sicherheitstechnische Kennzahlen brenn-
barer Gase und Dämpfe, 2. Aufl.,
und Redeker, Tammo und Gerhard Schön:
6. Nachtrag zu Sicherheitstechnische
Kennzahlen brennbarer Gase und Dämpfe,
Deutscher Eich-Vlg., Braunschweig 1990
- [72] US-Department of Transportation (DOT) –
Research and Special Programs Admini-
stration – Materials Transportation Bureau:
Emergency Response Guidebook – Guide-
book for Hazardous Materials Incidents
(DOT P 5800.4),
Washington (DC) 1987
- [73] Bundesminister für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit:
Zwölfte Verordnung zur Durchführung des
Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Störfall-
Verordnung),
BGBl. I, Seite 1891, Bonn, 20.9.1991,
letzte Änderung: BGBl. I, Seite 723,
20.4.1998
und Vierte Verordnung zur Durchführung des
Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Ver-
ordnung über genehmigungsbedürftige An-
lagen)
BGBl. I, Seite 1586, Bonn, 24.7.1985,
letzte Änderung: BGBl. I, Seite 723,
20.4.1998
- [74] Wefers, Heinrich; Ludwig Reimers und
Bruno Deuster:
Die neue Störfallverordnung,
WEKA-Fachvlg., Augsburg 1996
- [75] Berufsgenossenschaft der chemischen
Industrie (BG Chemie):
Gefahrstoffe – gefährliche chemische
Stoffe, Merkblatt M 051-2/97,
Jedermann-Vlg., Heidelberg 1997
- [76] Holleman, Arnold Frederik
und Egon Wiberg:
Lehrbuch der anorganischen Chemie,
101. Aufl.,
de Gruyter-Vlg., Berlin 1995
- [77] Keith, Lawrence H.
und Douglas B. Walters:
Compendium of Safety Data Sheets for
Research and Industrial Chemicals,
Parts I...VI,
Vlg. Chemie, Weinheim 1985...87
- [78] Association Nationale pour la Protection
contre l'Incendie et l'Intrusion (ANPI) –
Belgische Nationale Brandschutzvereini-
gung (NVBB):
Matières et Marchandises,
ANPI-magazine, N° 131, dossier supplé-
mentair N° 112, Juni 1996

- [79] Bundesminister für Verkehr und United Nations – International Maritime Organization (IMO) – Maritime Safety Committee (MSC):
Leitfaden für medizinische Erste-Hilfe-Maßnahmen bei Unfällen mit gefährlichen Gütern (Medical First Aid Guide – MFAG) im Ergänzungsband zum IMDG-Code [12],
Bundesanzeiger 13/98, Bonn, 4.12.1997, (K.O.Storek-Vlg., Hamburg)
- [80] American Chemical Society:
Chemical Abstracts Service – Registry Number Handbook,
Vlg. Chemie, Weinheim, New York, ... 1974
- [81] Kommission der Europäischen Gemeinschaft (EG):
EG-Richtlinie 548 vom 27.6.1967 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe an den technischen Fortschritt (betr. EG-Index),
EG-Amtsblatt Nr. 196 Seite 1,
zuletzt geändert durch EG-Richtlinie 69 vom 19.12.1994
EG-Amtsblatt Nr. L 381/1
- [82] Kommission der Europäischen Gemeinschaft (EG):
Mitteilung gemäß Artikel 13 der EG-Richtlinie 548 vom 27.6.1967 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe (European Inventory of Existing Commercial chemical Substances – EINECS),
EG-Amtsblatt Nr. 90/C 146 A/01
- [83] Kommission der Europäischen Gemeinschaft (EG):
Mitteilung gemäß Artikel 2 des Beschlusses 71 der EG-Kommission vom 21.12.1984 über das Verzeichnis der Stoffe, die auf Grund der EG-Richtlinie 548 vom 27.6.1967 angemeldet wurden (European List of Notified Chemical Substances – ELINCS),
EG-Amtsblatt Nr. C361, Seite 2, 17.12.94
- [84] US-Department of Health and Human Affairs, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH):
Registry of Toxic Effects of Chemical Substances (RTECS) in order to the Occupational Safety and Health Act (OSHA),
Cincinnati (Ohio) 1987
- [85] Fluck, Ekkehard und Theodor Heumann:
Periodensystem der Elemente unter Berücksichtigung der IUPAC-Empfehlungen,
Vlg. Chemie, Weinheim, New York, ... 1988
- [86] American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH):
Threshold limit values and biological exposure indices for chemical substances,
Cincinnati (Ohio) 1998
- [87] UdSSR-Norm GOST 12.1.005-76:
Zulässige Grenzkonzentration für Rauchgase,
Moskau, 30.12.1986
- [88] Becker, Jean-François:
Honneur à Kemler,
revue générale de sécurité (rgs) 1988,
Heft 79, Seite 52...55
- [89] Gmelin-Institut in der Max Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften:
GMELINS Handbuch der anorganischen Chemie, 8. Aufl.,
Vlg. Chemie, Weinheim, 1922..., später Springer-Vlg., Berlin, New York, ... 1997
- [90] Industrieverband Agrar e.V. (iva):
Wirkstoffe in Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmitteln – physikalisch-chemische und toxikologische Daten,
2. Aufl.,
Bayrischer Landwirtschaftsvlg. (BLV), München, Wien... 1990
und Industrieverband Pflanzenschutz e.V. (ips):
IPS-Leitlinie – Brandschutz in Pflanzenschutzmittellägern,
Frankfurt am Main 1988

- [91] Föhl, C. Axel:
Untersuchung der Löschverfahren und
Löschmittel zur Bekämpfung von Bränden
gefährlicher Güter,
Forschungsbericht Nr. 69 der Arbeitsge-
meinschaft der Innenministerien der Bun-
desländer – Arbeitskreis V, Unterausschuß
“Feuerwehrangelegenheiten”,
Karlsruhe 1989
- [92] Albracht, Gerd et al.:
Die hessische zentrale Gefahrstoff-
datenbank,
Hessisches Ministerium für Wirtschaft und
Technik,
Wiesbaden 1987
- [93] Bundesinstitut für gesundheitlichen Ver-
braucherschutz und Veterinärmedizin:
Chemieinformationssystem CHEMIS –
Gefahrstoff-Schnellauskunft, Version 9.0,
Berlin 1999