

BRANDSCHUTZ- FORSCHUNG

DER BUNDESLÄNDER

BERICHTE

Bewertung von Gefahrstoffen entsprechend Feuerweh-Erfassungsmaske sowie Schaffung der Grundlagen zur Datengewinnung bei Bränden und/oder Gefahrstofffreisetzungen zwecks weiteren Ausbaus der Datenbasis

115

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

**Bewertung von Gefahrstoffen entsprechend Feuerwehr-
Erfassungsmaske sowie Schaffung der Grundlagen zur Daten-
gewinnung bei Bränden und/oder Gefahrstofffreisetzungen
zwecks weiteren Ausbaus der Datenbasis**

(Zwischenbericht für den Zeitraum vom 01.11.1997 bis 30.06.1998)

Forschungsbericht Nr. 115

Im Auftrag
der Arbeitsgemeinschaft der Innenministerien der Bundesländer
Arbeitskreis V - Ausschuß „Feuerwehrangelegenheiten“

Bearbeiter: Dipl.-Chem. Klaus Steinbach (Projektleiter)
Dr. rer. nat. Sabine Richter
Dipl.-Chem. Frank Schuppe

Institut der Feuerwehr Sachsen-Anhalt
Heyrothsberge
August 1998

ISSN 0170-0060

Inhaltsverzeichnis

1	Bewertung von Gefahrstoffen entsprechend Feuerwehr-Erfassungsmaske	3
1.1	Wissenschaftlich-technische Ergebnisse	3
1.2	Vergleich des Standes der Aufgabe mit der ursprünglichen Planung	4
1.3	Arbeiten im Rahmen des GSBL	4
1.3.1	Qualitätssicherung	4
1.3.2	Nutzersichten	4
1.4	Aktivitäten im Rahmen der Einführung der ERI-CARD's	5
1.5	Aussichten für die Erreichung des Vorhabenziels	5
2.	Schaffung von Grundlagen zur Datengewinnung bei Bränden und/oder Gefahrstofffreisetzungen zwecks weiteren Ausbaus der Datenbasis - Untersuchungen mit dem mobilen GC-MS	7
2.1	Reale Schadensereignisse	7
2.1.1	Probenahme unter Variation der Adsorptionsröhrchen	7
2.1.2	Auswertung der GC-MS-Analysen	12
2.2	Versuche	14
2.2.1	Laboruntersuchungen	16
2.2.2	Auswertung der GC-MS-Analysen	17
2.3	Auswertung der GC-MS-Daten zur Datengewinnung für die Gefahrstoffdatenbank CHEMIS	18
3	Zusammenfassung und Schlußfolgerungen	21
4	Literatur	22
	Anlage: Ergebnisse der GC-MS-Analysen	24
	Tabelle 8: Reale Schadensereignisse	26
	Tabelle 9: Versuche	40

1 Bewertung von Gefahrstoffen entsprechend Feuerwehr-Erfassungsmaske

1.1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Plausibilitätsprüfung

Die Bewertung von Gefahrstoffen entsprechend der von der Ad-hoc-AG „GSA-Feuerwehr“ vereinbarten Erfassungsmaske wurde durch das Institut der Feuerwehr Sachsen-Anhalt (IdF-LSA) weitergeführt. Im o.g. Berichtszeitraum konnten in Auswertung vereinbarter Pflichtquellen, weiterer Literaturquellen sowie durch Eigenbewertung 40 Stoffe bearbeitet werden. Die Bewertung erfolgte unter Verwendung von mit dem Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV) abgestimmten Standardsätzen, wobei die bewerteten Sachverhalte auf Erfassungsbelegen erfaßt wurden. Die bei bestimmten Stoffen nicht realisierbare Verwendung von Standardsätzen (Nichteignung bzw. ungenügende Präzision der Standardsätze) wurden durch Formulierungen im Rahmen von Freitextfeldern ersetzt. Bei unzureichenden Aussagen in den Informationsquellen erfolgte eine ergänzende Eigenbewertung auf der Grundlage von Analogieschlüssen zu in der Literatur beschriebenen, vergleichbaren Stoffen.

Vieraugenprüfschritt

Die im Rahmen der Plausibilitätsprüfung bearbeiteten Stoffe wurden stichprobenartig nochmals geprüft. Bei einem zum primären Prüfergebnis abweichenden Standpunkt wurde unter Bezug auf die ausgewerteten Quellen und das Bewerterhandbuch eine endgültige Bewertung vorgenommen.

Übernahme der Daten aus den Erfassungsbelegen in dv-lesbare Formate unter Verwendung eines Erfassungsprogramms und Übergabe der Daten an die Datenbankbetreiber in dv-lesbarer Form

Angewandt wird ein Datenerfassungsprogramm zur dv-technischen Übernahme der Bewertungsaussagen. Damit soll neben der formellen Weitergabe der Einzelinformationen an das Umweltbundesamt (UBA) bzw. das BgVV auch die exakte Übernahme dieser Informationen in die Datenbankebene realisiert werden (Zuordnung der Bewertungen in Form von Standardsätzen und Freitextfeldern in die relevanten Datenfelder der jeweiligen Datenbank). Das Programm beinhaltet das Erfassen, Korrekturmöglichkeiten und das Drucken der Stoffinformationen und Quellenangaben. Die Übergabedateien für das BgVV und das UBA werden durch ein spezielles Programm aus den Erfassungsdateien erzeugt.

Eingabe der Daten auf PC-Ebene

Im Rahmen der dv-technischen Umsetzung der Bewertungsergebnisse in Form der vom IdF-LSA realisierten PC-Feuerwehr-Erfassungsmaske wurden durch die am Projekt eingesetzten wissenschaftlichen Mitarbeiter(innen) 40 Stoffbewertungen als Daten in die PC-Erfassungs- und Übergabeprogramme eingegeben.

Überarbeitung von Standardsätzen und der Eingabemaske

Wenngleich die derzeit verwendeten, mit dem UBA, dem BgVV und dem Arbeitskreis „GSA-Feuerwehr“ abgestimmten Standardsätze entwicklungsbedingt nicht ständig eine ausreichend sichere Reflexion notwendiger Informationen garantieren, werden derzeit die 1996 abgestimmten Standardsätze konsequent angewandt. Veränderungen und Ergänzungen in

der Erfassungsmaske (Standardsätze, Gestaltung der Freitextfelder) werden erfaßt und nach eingehender Beratung in die aktuellen Redaktionen des Datenbestandes eingearbeitet (generelle Änderungen ca. aller zwei Jahre).

1.2 Vergleich des Standes der Aufgabe mit der ursprünglichen Planung

Aufgrund unzureichender und widersprüchlicher Angaben in den Pflichtquellen sowie aus weiteren Informationmaterialien ist, wie in der Berichterstattung 1997 zum Ausdruck gebracht, ein weiterer Anstieg des Rechercheaufwandes festzustellen (in der Regel fehlen Angaben über physikalisch-chemische Parameter bei Stoffen mit einer weniger starken Verbreitung bzw. Anwendung). Aus diesem Grund müssen insbesondere Recherchemöglichkeiten außerhalb des IdF-LSA, d.h. in entsprechenden Fachbibliotheken, genutzt werden. Derzeit muß mit einem durchschnittlichen Bewertungsaufwand von ca. **einem bis ein-einhalb** Arbeitstagen pro Stoff ausgegangen werden. Daraus resultiert, daß ca. 30...40 % der geplanten 6.000 Stoffe nur teilweise bzw. überhaupt nicht bewertet werden können. Folgende Grundaussagen lassen sich hieraus ableiten:

- Die fehlenden bzw. unzureichenden Ausgangsdaten lassen eine Eigenbewertung nicht mehr zu.
- Der Rechercheaufwand ist bei weiteren Stoffen unter Beachtung des vorgenannten Sachverhaltes in einem solchen Maße angestiegen, daß teilweise das Mehrfache des Aufwandes im Vergleich zu einem „gängigen“ Stoff aufgewandt werden müßte.
- Nicht belegbare Datenfelder sind mit einem geeigneten Eintrag wie **„Auf Grund des Fehlens von Basisdaten sind zum konkreten Sachverhalt derzeit keine Aussagen möglich“** zu versehen.

1.3 Arbeiten im Rahmen des GSBL

1.3.1 Qualitätssicherung

Insbesondere im Zusammenhang mit den Qualitätsanforderungen an die Daten über die Sachverhalte „Brand, Zersetzung, Freisetzung - Maßnahmen zur Bekämpfung“ galt es über Anforderungsstandards zu entscheiden. Dieser Problembereich wird zwar ausschließlich von den Feuerwehren (konkret durch das IdF-LSA) bearbeitet, doch sind hier insbesondere Abstimmungen zu den Standardtextformulierungen ausländischer Herkunft (WHO, Datenbank BIG aus Belgien) und den Aussagen der chemischen Industrie (Ursprung Sicherheitsdatenblätter) im Zusammenhang mit den abgestimmten Standardtexten der Feuerwehren (erarbeitet durch das IdF-LSA im Rahmen der IMK- und BMBF-Forschung) notwendig. Darüber hinaus wurde auch an den Qualitätskriterien für chemisch-physikalische Daten mitgewirkt. Die Arbeiten im Rahmen der Qualitätssicherung laufen auch im Jahre 1998 weiter, wobei derzeit eine Festlegung über weitere Arbeitsinhalte seitens des Lenkungsausschusses „Gemeinsamer Gefahrstoffdatenpool Bund/Länder“ (GSBL) vorbereitet wird.

1.3.2 Nutzersichten

Die Arbeit dieser Arbeitsgruppe des GSBL wurde Ende 1997 mit einer Empfehlung an den Lenkungsausschuß über die Basisanforderungen von Anwendersichten für Datenbanknutzer (Expertensicht, Endanwendersicht) beendet. Durch den Fortbestand der bekannten Endanwendersichten wie CHEMIS, RESY, IGS, GSA u.a. werden auch künftig dem Endanwender Feuerwehr erprobte und gut nutzbare Sichten, in absehbarer Zeit mit dem Datenhintergrund GSBL-Daten, zur Verfügung stehen. Hinweise für den Lenkungsausschuß GSBL über die existierenden Nutzersichten wurden gegeben. Die für die spezielle Sicht oder Bearbeitungsebene erforderlichen Daten bzw. Datenbereiche wurden durch den GSBL in Form des Erfassungsmodules zur Verfügung gestellt. Eine spezielle Nutzersicht „GSBL“

wird weder für Experten noch für Endanwender entwickelt.

1.4 Aktivitäten im Rahmen der Einführung der ERI-CARD's

- Die Aktivitäten des IdF-LSA waren im Berichtszeitraum darauf gerichtet, sowohl vom VCI als auch durch das CEFIC über den weiteren Fortgang der Arbeiten an den **ERI-CARD's - (Emergency - Response Intervention-Cards)** informiert zu werden. Der in diesem Zusammenhang ausgesprochenen Bitte nach Bereitstellung der Original-ERI-CARD's in englischer Sprache wurde durch die vorgenannten Einrichtungen nicht entsprochen.
- Das IdF-LSA versteht die ERI-CARD's, wie auch die Gefahrstoffdatenbanken, als jeweils **eine Form der Informationsbereitstellung** für den Feuerwehreinsatz bei Gefahrstoffunfällen.
- Das IdF-LSA unterstützt somit auch die Zielstellung, mit der Einführung der **ERI-CARD's** ein Informationsmittel zur **Erstinformation** bereitzustellen. Die **Zielgruppe** für die Merkblätter sollten dabei die **Einsatzleiter bzw. die Einsatzkräfte am Unfallort** sein.
- Eine weitergehende Informationsbereitstellung von **Einsatzinformationen** sollte im Bedarfsfall über die **Leitstellen** durch die Nutzung der vorgenannten **Gefahrstoff-Datenbanken** erfolgen.
- Somit ordnen sich auch die weiteren Aktivitäten hinsichtlich der Arbeiten zur Gefahrstoffbewertung als auch im Rahmen des GSBL gemäß dem Standpunkt des Deutschen Feuerwehrverbandes - **DFV** zu den **ERI-CARD's** ein, Gefahrstoffinformationen werden in vier qualitativ unterschiedlichen aber in sich selbständigen Stufen angeboten:

1. Stufe - **Sofortinformation (Gefahrzettel, Nr. zur Kennzeichnung der Gefahr u.a.)**
2. Stufe - **Kurzinformation (Unfallmerkblatt, nach Wegfall einsatzbezogener Informationen, Hinweise zum Feuerwehreinsatz aus den neu eingeführten ERI-CARD's u.a.)**
3. Stufe - **Nachschlagewerke und Informationsbereitstellung in Form von Datenbanken**
4. Stufe - **Mitwirkung von Experten in Form von Beratung und/oder Hilfe (z.B. TUIS)**

Das IdF-LSA hält seine Bereitschaft aufrecht, als die Stelle der öffentlichen Hand zur Gefahrstoffbewertung für die Feuerwehren an der weiteren Gestaltung der ERI-CARD's mitzuwirken zu wollen.

1.5 Aussichten für die Erreichung des Vorhabenziels

Zur Senkung des teilweise hohen Rechercheaufwandes außerhalb des IdF-LSA ist neben der ständigen Beschaffung neuer bzw. aktualisierter Fachliteratur (z.B. Sicherheitsdatenblätter von Merck auf CD-ROM, Merkblätter Kühn-Birett-Neuaufgabe) eine ständige Sichtung des Standardwerkes „Beilstein - Handbuch der Organischen Chemie“ an der Universität Magdeburg realisiert worden.

Zielstellung aller künftigen Aktivitäten muß sein, eine Verbesserung bei der Datenbereitstellung und deren Nutzung in Form konkreter Nutzersichten in den Bereichen der öffentlichen Hand zu erreichen. Diese Zielstellung gilt gleichermaßen für die Arbeiten, die im Rahmen der Gestaltung des GSBL zu leisten sind. Somit ist die Arbeit am IdF-LSA in der dargestellten Weise fortzuführen. Darüber hinaus sind weitere Aktivitäten notwendig, wie:

- Die Arbeit der ad-hoc-Arbeitsgruppe „GSA-Feuerwehr“ ist unter Einbeziehung der relevanten Datenbankbetreiber und ausgewählter Vertreter der Feuerwehren (in der Regel aus ad-hoc-AG) mit der Zielstellung abzusichern, bei Erfordernis schnellstens wieder in der ursprünglichen Zusammensetzung arbeitsfähig zu sein. Hierzu wurden im Berichtszeitraum Gespräche mit dem Leiter der ad-hoc-AG „GSA-Feuerwehr“ geführt und eine Beratung für Anfang September 1998 anberaunt.

- Mit den Datenbankbetreibern der öffentlichen Hand, deren Datenbanken bei den Feuerwehren genutzt werden, sind Realisierungswege und -möglichkeiten für eine Verbesserung des Handlings der Datenbanken zu erörtern (Benutzerhandbuch, mit großer Speicherkapazität ausgestattete Datenträger für die Update-Bereitstellung, moderne Anwender-Software für den Datenbanknutzer u.a.).
- Die notwendigen **fachlichen** Arbeiten in den vorgenannten Fachdisziplinen des GSBL (Datenqualität, Nutzersichten u.a.) sind durch die Mitwirkung von Mitarbeitern des IdF-LSA abzusichern.
- Durch die Übernahme von Basisdaten aus dem GSBL auf einer eigens für die Bearbeitung geschaffenen Expertensicht (Erfassungsmodul) ist eine Forcierung der Bearbeitung abzusichern.
- Über direkte Arbeitsvereinbarungen bzw. über Vereinbarungen zur arbeitsteiligen Zusammenarbeit mit den Datenbankbetreibern der öffentlichen Hand sind weitere Möglichkeiten der Ausgestaltung der Gefahrstoffdatenbanken der öffentlichen Hand durch das IdF-LSA zu schaffen.

2. Schaffung von Grundlagen zur Datengewinnung bei Bränden und/oder Gefahrstofffreisetzungen zwecks weiteren Ausbaus der Datenbasis - Untersuchungen mit dem mobilen GC-MS

Eine weitere Aufgabenstellung des Themas war, Ergebnisse von Schadstoffmessungen mit dem vorhandenen Gaschromatograph-Massenspektrometer-System hinsichtlich der Schaffung weiterer Grundlagen zur Datengewinnung bei Bränden und/oder Gefahrstofffreisetzungen zwecks Ausbaus der Datenbasis auszuwerten. Hierzu wurden sowohl reale Schadenslagen als auch Versuchsbrände herangezogen.

Die GC-MS-Untersuchungen wurden mit dem mobilen Massenspektrometer EM 640 der Fa. Bruker-Franzen Analytik GmbH, Bremen durchgeführt [1,2] .

2.1 Reale Schadensereignisse

Als reales Schadensereignis wird in erster Linie der Brand eines Schredderholz-Lagers ausgewertet, da umfangreiches Datenmaterial zur Verfügung steht.

Lagebeschreibung:

Am 23.05.1998 um 2.30 Uhr kam es in Barby/Elbe (Landkreis Schönebeck) zu einem Großbrand. Einsatzort war das Gelände eines ehemaligen Betriebes, auf dem ca. 30.000 t Schreddermaterial (Holz, Spanplatten - vorwiegend von Möbeln aus dem Sperrmüllaufkommen mehrerer Bundesländer) lagerten. Das Material sollte als Brennstoff für ein noch im Bau befindliches Heizkraftwerk dienen. Die geschätzte Ausdehnung der Lagerschüttung betrug 150 m x 100 m x 30 m. Infolge der schnellen Brandausbreitung und durch die Bildung von Glutnestern wurden große Mengen an Rauch freigesetzt, die sich allerdings aufgrund der Windverhältnisse nicht in Richtung Wohnbebauung ausbreiteten. Anfängliche Feststellungen von Formaldehyd durch Prüfröhrchen-Messungen und die Tatsache, daß es sich auch um Melamin-beschichtete Abfälle handelte, machte eine Überprüfung der Rauchgaszusammensetzung notwendig.

Zur Einschätzung einer möglichen Gefährdung der eingesetzten Kräfte der Gefahrenabwehr wurde das MOBLAB des IdF-LSA angefordert.

Neben Messungen mit Kurzzeit-Prüfröhrchen* und CMS** wurden über mehrere Tage qualitative GC-MS-Messungen durchgeführt.

Weiterhin kamen die Wärmebildkamera zur Beobachtung der Glutnester sowie die meteorologische Station zur Bestimmung der aktuellen Wetterdaten zum Einsatz.

2.1.1 Probenahme unter Variation der Adsorptionsröhrchen

Eine einfache Methode zur Probenahme von Luftschadstoffen und Dämpfen ist die Anreicherung auf einem geeigneten Medium durch Adsorption. Diese Methode gilt als die auch von der NIOSH/OSHA (NIOSH = National Institute for Occupational Safety and Health, OSHA = occupational Safety and Health Administration) empfohlene Hauptmethode zum Sammeln einer großen Anzahl von Schadstoffen am Arbeitsplatz in der Industrie.

Die auf der Adsorptionsmatrix gesammelten Stoffe werden durch entsprechende Verfahren, wie Lösungsmitteldesorption, Mikrowellenthermodesorption oder Thermodesorption freigesetzt und mit Hilfe der instrumentellen Analytik qualitativ und/oder quantitativ untersucht.

Ein Adsorptionsmittel, das für die Probenahme von Luftschadstoffen eingesetzt wird, muß hohe Anforderungen erfüllen, wie:

* der Firmen Auer und Dräger, ** Chip-Meß-System der Fa. Dräger

- vollständige Aufnahme der zu analysierenden Luftverunreinigungen in der Probe,
- unveränderte Speicherung der gesammelten (adsorbierten) Stoffe bis zur Durchführung der Analyse,
- großes Rückhaltevermögen für möglichst großen Flüchtigkeitsbereich,
- leichte Desorbierbarkeit der angereicherten Komponenten ohne Zersetzung,
- inerte hochreine Oberfläche,
- geringes Rückhaltevermögen für Wasser und andere Störkomponenten,
- reproduzierbare Adsorptionseigenschaften bei wiederholter Benutzung.

Auf dem Markt wird eine Vielzahl von Adsorptionsröhrchen mit den unterschiedlichsten Adsorbentien angeboten. Sie lassen sich je nach ihrer chemischen Zusammensetzung in 3 Gruppen einteilen: **anorganische Adsorbentien** (z.B. Kieselgel, zeolithische Molekularsiebe), **Adsorptionsmittel auf Kohlenstoff-Basis** (z.B. Aktivkohle, graphitisierte Ruße, Kohlenstoff-Molekularsiebe) sowie **poröse Polymere bzw. Polymerschäume** (z.B. XAD-Harze, Tenax, Polyurethane). Oftmals werden mehrere Schichten desselben Adsorbens verwendet (Rückhalteschichten) sowie verschiedene Adsorbentien kombiniert (Mehrbett-Adsorptionsröhrchen). Die große Vielfalt an Adsorptionsröhrchen ist auch deshalb so verwirrend, weil unterschiedliche Anbieter gleiche Zusammensetzungen unter speziellen Firmenbezeichnungen anbieten.

Die Auswahl des Adsorptionsmittels sollte sehr sorgfältig erfolgen. Sie ist vor allem abhängig von der Art und Menge der zu bestimmenden Stoffe und von der Desorptionsmethode.

In vielen Vorschriften (EPA, NIOSH/OSHA, DIN) werden für bestimmte Substanzen bzw. Substanzklassen das Adsorptionsmittel und die Variante der Desorption im Rahmen einer Gesamtmethode vorgeschrieben.

Die am IdF-LSA zur Verfügung stehenden analytischen Voraussetzungen (GC-MS mit Thermodesorber) und die Tatsache, daß mit den eingesetzten Adsorptionsmitteln ein möglichst breites Spektrum an Substanzen (von Niedrig- bis Hochsieder, polare und unpolare Stoffe) erfaßt werden sollen, schränkt das Spektrum geeigneter Adsorptionsröhrchen stark ein.

Viele Adsorptionsmittel, die vorwiegend zur Lösungsmittel- oder Mikrowellenthermodesorption verwendet werden, sind bei höheren Temperaturen (übliche Temperaturen bei Thermodesorption 220-240 °C) nicht stabil und somit für die Arbeiten am IdF-LSA nicht geeignet. Ein weiterer Aspekt ist auch die Wiederverwendbarkeit der Adsorptionsröhrchen nach vorheriger thermischer Reinigung (250-280 °C).

Ein Adsorptionsmittel, welches sich (auch in Kombination mit weiteren Adsorbentien) zur Analyse von Brandrauch bewährt hat, ist das **Tenax®** (Poly-2,6-diphenyl-p-phenylenoxid). Vorteile sind u.a. die relativ hohe thermische Stabilität und die geringe Affinität zu Wasser [4,5,6]. Eine umfangreiche Zusammenstellung zu Durchbruchsvolumina ist von Brown und Purnell gegeben [7]. Auch die fast 4jährigen Untersuchungen am IdF-LSA bestätigen die Eignung dieses Adsorptionsmittels.

Die Weiterentwicklung auf dem Gebiet der Adsorptionsmittel sowie die Bearbeitung spezieller Aufgaben (Untersuchung definierter Stoffe/Substanzklassen) führt zwangsläufig auch zur Testung neuer Adsorptionsröhrchen. Hierbei sind entsprechende Fachgespräche mit den Hersteller- bzw. Liefererfirmen effektiv; einige bieten Neu- und Weiterentwicklungen zu Testzwecken an. In einigen Erprobungsfällen waren Modifizierungen der käuflich erworbenen Adsorptionsröhrchen erforderlich [8].

Neben den Messungen mit dem Standard-Adsorptionsmittel Tenax sollten im Rahmen dieses Forschungsthemas weitere Adsorptionsmittel zur Sammlung und Anreicherung der

Luftschadstoffe unter Praxisbedingungen getestet werden. Dazu wurden an derselben Meßstelle unter Verwendung von Adaptern auf je 7 verschiedene Röhrchen zweimal jeweils 20 Hübe (2 l) mit der Probenahmepumpe gezogen.

Die verwendeten Adsorptionsröhrchen mit ihren wichtigsten Eigenschaften sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 1: Verwendete Adsorptionsröhrchen

Adsorptionsröhrchen	Eigenschaften des Adsorptionsmittels
ANASORB 747 (Teil A)	wird meist in Kombination mit Teil B bei anschließender Mikrowellenthermodesorption eingesetzt, lt. Hersteller für eine Vielzahl von polaren und unpolaren Substanzen geeignet, <i>spezifische Daten:</i> Oberfläche 989 m ² /g, synthetischer Kohlenstoff, geringe Affinität zu Wasser, geringer Aschegehalt, Röhrchen müssen für die Thermodesorption speziell vorbereitet werden.
Chromosorb 106 (50 mg) + TENAX® TA (100 mg)	Chromosorb = cross-lined Polystyrol <i>spezifische Daten:</i> Schüttgewicht: 0,3 g/ml, spezifische Oberfläche: 400 - 500 m ² /g nach der BET-Methode, durchschnittlicher Porendurchmesser: 0,0080 µm, Affinität zu Wasser: hydrophil, Temperaturlimit isotherm: 225 °C, Temperaturlimit im Programm: 250 °C, in der Praxis ist ein Überhitzen zu vermeiden (gelbe Verfärbung des Chromosorb)
GK-Sorb® 350	Kohlenstoff-Molekularsieb, in der Adsorptions- und Desorptionseffizienz der Aktivkohle überlegen, geeignet für Lösungsmittel- und Thermodesorption, hohe physikalische Stabilität, geringe Wasseraufnahme, <i>spezifische Daten:</i> Kugelform, 20/40 mesh, spezifische Oberfläche: 580 m ² /g nach BET-Methode, Porenvolumen: 0,60 ml/g, H ₂ O-Adsorption bei 81 % rel. Luftfeuchte: < 5 %
Molsieb 5 A	Zeolith mit definiertem Porendurchmesser von 5 Å, spezifische Oberfläche: 600-700 m ² /g
TENAX® GR	150 mg Sorbens, homogenisierte Mischung aus 70 % TENAX® TA und 30 % Graphit
TENAX® TA + GK-Sorb® 310	<i>spezifische Daten:</i> spezifische Oberfläche: 1100 m ² /g nach BET-Methode, Porosität: 0,74 ml/g, lt. Hersteller besondere Eignung für C ₁ - bis C ₅ -Kohlenwasserstoffe
TENAX® TA	poröses Polymer (Poly-2,6-diphenyl-p-phenylenoxid), für eine große Anzahl von Substanzen geeignet, geringe Wasseraffinität, <i>spezifische Daten:</i> Porenradius: 12-7500 nm, spezifische Oberfläche: ca. 19 m ² /g, T-beständig bis > 300 °C

Die Auswertung der GC-Läufe erfolgte immer mit der gleichen „Dissect“-Methode (Standard-Einstellungen in der Datenauswertesoftware).

Obwohl eine Aussage über die Eignung eines Adsorbens nicht allein über die Anzahl der detektierten Peaks (Vollständigkeit) getroffen werden kann, ist doch damit eine grobe Abschätzung möglich. Wenn mit einem Adsorbens grundsätzlich weniger Stoffe als mit vergleichbaren gefunden wird bzw. die Wiederfindungsrate sehr niedrig ist, so kann vermutet werden, daß entweder keine Adsorption erfolgt ist oder keine Desorption unter den gegebenen Bedingungen (z.B. Temperatur) möglich ist, da die Bindung an das Adsorbens zu stark ist. Ein weiterer Aspekt ist das Durchbruchverhalten des jeweils verwendeten Röhrchens.

Tabelle 2: Identifizierte Substanzen mit Standard-Auswertung (Anzahl Peaks)

Adsorptionsröhrchen	Probenahme 1	Probenahme 2
ANASORB 747 (Teil A) *)	6	4
Chromosorb 106 + TENAX® TA **)	42	17
GK-Sorb® 350 **)	11	10
Molsieb 5 A *)	31	19
TENAX® GR **)	44	16
TENAX® TA + GK-Sorb® 310 **)	44	49
TENAX® TA *)	54	30

Aus den beiden Probenahmen sollen die Hauptbestandteile des Brandgases (anhand Area%) genauer betrachtet werden. Es wird gezeigt, mit Hilfe welchen Adsorptionsmittels die Rauchgase nachgewiesen werden konnten. In den Tabellen sind hierbei die Purity-Werte (Maß der Übereinstimmung zwischen gemessenem Massenspektrum und Bibliotheksspektrum, maximaler Wert 1000 = 100 %) angegeben.

*) Firma SKC über MTC Meßtechnik-Chemie GmbH, Müllheim

**) Firma Günther Karl OHG, Gau Algesheim

**Tabelle 3: Hauptbestandteile des Brandrauches mit Purity-Angaben
(Probenahme 1)**

Substanz	Tenax TA	Molsieb 5A	Chrom. + Tenax	GK 350	Tenax + GK 310	Tenax GR	Anasorb
Acenaphthen	640	788	494	-	-	-	-
Anthracen	-	745	-	-	410	473	-
Benzaldehyd	-	729	711	689	-	-	-
Benzen	918	-	935	-	915	904	-
Benzonitril	837	555	555	-	-	660	-
Biphenyl	652	541	507	-	505	445	-
Dibenzofuran	738	657	-	-	632	570	-
Ethansäure	-	534	835	-	791	720	-
Fluoren	-	668	-	-	-	-	-
Furfural	898	690	901	-	906	901	-
2-Methoxyphenol	907	-	827	-	839	867	-
2-Methylnaphthalen	676	790	680	-	611	769	-
Naphthalen	928	913	795	-	923	903	-
Phenol	795	-	764	-	616	769	-
Styren	903	-	895	-	922	882	-
Toluen	929	-	919	-	903	930	-
Xylen	-	-	678	-	839	842	-
Σ	12	11	14	1	13	14	0

**Tabelle 4: Hauptbestandteile des Brandrauches mit Purity-Angaben
(Probenahme 2)**

Substanz	Tenax TA	Molsieb 5A	Chrom. + Tenax	GK 350	Tenax + GK 310	Tenax GR	Anasorb
Anthracen	-	754	-	-	-	-	-
Benzaldehyd	597	763	637	797	-	951	-
Benzen	779	-	823	-	732	401	-
Benzonitril	-	658	-	-	-	-	-
Biphenyl	-	489	-	-	-	-	-
Dibenzofuran	453	739	-	-	-	-	-
Ethansäure	515	-	885	-	-	-	-

Tabelle 4 (Fortsetzung): Hauptbestandteile des Brandrauches mit Purity-Angaben (Probenahme 2)

Substanz	Tenax TA	Molsieb 5A	Chrom. + Tenax	GK 350	Tenax + GK 310	Tenax GR	Anasorb
Fluoren	-	448	-	-	-	-	-
Furfural	822	-	857	-	697	-	-
2-Methoxyphenol	716	617	654	-	840	-	-
2-Methylnaphthalen	715	684	-	-	-	652	-
Naphthalen	708	-	483	-	699	731	-
Phenol	630	-	485	-	445	-	-
Styren	580	-	598	-	605	-	-
Toluen	841	-	841	-	882	912	-
Xylen	796	-	-	-	631	903	-
Σ	12	8	9	1	8	6	0

Die Ergebnisse zeigen, wie auch schon vorangegangene Laboruntersuchungen, daß sich das Adsorptionsmittel Tenax TA und die Kombination Chromosorb + Tenax sehr gut für den Nachweis der Hauptbestandteile des Brandrauches eignen. Wenig bzw. nicht geeignet unter den entsprechenden Bedingungen waren dagegen Anasorb 747 und GK-Sorb 310.

Das Molsieb 5A erwies sich besonders hinsichtlich der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) als durchaus geeignetes Adsorptionsmittel.

Die Arbeiten zur Variation von Adsorptionsmitteln, auch unter Einsatzbedingungen, werden fortgeführt [8].

2.1.2 Auswertung der GC-MS-Analysen

Im Rahmen des vorgenannten MOBLAB-Einsatzes wurden über einen Zeitraum von 5 Tagen nach einer festgelegten Meßstrategie (Fixierung von Meßpunkten: **direkt an der Brandstelle, im Abstand von 1-2 km in Windrichtung, mit Hubschrauber aus der Luft**; Zeitregimes) 35 GC-MS-Analysen mit der Standard-Einsatzmethode durchgeführt, zuzüglich der 14 Analysen zwecks Variation des Adsorptionsmittels. Außer Brandrauch und die Verdünnungen mit Luft in entsprechender Entfernung wurden nach vorheriger Aufbereitung auch einige Wasser- und Bodenproben analysiert, um Aussagen zur Gefährdung treffen zu können.

Repräsentativ wurden für die Auswertung Gefahrstoffinformationen zu den identifizierten Stoffen über die integrierte Gefahrstoffdatenbank „CHEMIS“ (CHEMIS- Auswertung) von 10 GC-MS-Läufen des Einsatzes ausgewählt.

Tabelle 5: Auswahl GC-MS-Analysen im Einsatz Barby

Datum	Analysen-Nr.	Bemerkung	Hauptkomponenten
23.05.98	388	1. Probe am Einsatzort, direkt an Brandstelle (5 Hübe)	Anthracen, Naphthalen, Acenaphthen, Inden, Methylbenzofuran, Toluol, Benzen, Styren
23.05.98	391	Probenahme 40 m entfernt in Windrichtung (10 Hübe)	Naphthalen, Benzen, Fluoren, Hydroxyanisol, Styren, Aceton, Benzofuran, Essigsäuremethylester, Furfural
23.05.98	393	Löschwasserprobe, leichtlösl. Komponenten, Spray&Trap (20 Hübe)	2-Furancarboxaldehyd, Butanon, Aceton, Methylfuran, Phenol, Essigsäuremethylester, Cyclopentanon
23.05.98	399	Probenahme 1,5 km von Brandstelle entfernt (10 Hübe)	subst. Benzaldehyd/Benzensulfonamid, Acetophenon, Nonansäure, Naphthalen, Benzaldehyd, Toluol
24.05.98	403	Probenahme direkt an Brandstelle (10 Hübe)	Benzen, Naphthalen, Toluol, Anthracen, Styren, Xylen, Aceton, Inden, Methylfuran, Essigsäure
24.05.98	412	Probenahme 20 m von Brandstelle entfernt (10 Hübe)	Anthracen/Phenanthren, Naphthalen, Benzen, Toluol, Aceton, subst. Phenole, Dibenzofuran
24.05.98	414	Löschwasserprobe, leichtlösl. Komponenten, Spray&Trap (10 Hübe)	Benzen, Acetophenon, Naphthalen, Toluol, Benzaldehyd, Styren
25.05.98	422	Probenahme vom Hubschrauber in Rauchwolke (10 Hübe)	Aceton, Essigsäure, Toluol, Benzen, Xylen, Decan-1-ol, subst. Benzene
26.05.98	421	Probenahme 15 m von Brandstelle entfernt (20 Hübe)	Benzen, Naphthalen, Methylfluoren, Toluol, 2-Methoxyphenol, Aceton, Dibenzofuran
27.05.98	435	Probenahme an Brandstelle (20 Hübe)	Toluol, Benzylalcohol, 2-Methoxyphenol, Naphthalen, Benzen, Aceton, Styren

Die Analysen ergaben in den meisten Fällen eine ähnliche Zusammensetzung des Brandrauches. Als Hauptbestandteile konnten identifiziert werden: **Aceton, Essigsäure, Essigester, Acetophenon, Benzaldehyd, Benzen, Toluol, Styren, Xylen, Phenol, Benzofuran, Dibenzofuran, Methylfurane, Furanaldehyd, Naphthalen, Methylnaphthalen, Phenanthren, Fluoren, Inden, Anthracen** (siehe Anlage).

Diese Ergebnisse stimmen gut mit den Untersuchungen von MARUTZKY [9] überein, der als typische Brand- und Zersetzungsprodukte für Holz folgende Stoffe ansieht: Kohlenmonoxid, Furan, Aceton, Methylfuran, Butanon, Benzen, Toluol, Essigsäure, Furfurol, Xylen, Styren, Benzofuran, Phenol, Inden, Naphthalen, Methylnaphthalen, Dibenzofuran, Phenanthren und Anthracen.

Eine ähnliche Zusammensetzung des Brandrauches für Holz ist auch in der Datenbank "Brandrauch" der vgbf/Universität Salzburg angegeben [10].

Auffällig ist der hohe Anteil an PAK's. Laut einer Studie des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz können bereits in unbehandeltem Altholz bis 35 mg/kg, in behandeltem Holz bis ca. 80 mg/kg PAK's vorkommen [11]. Durch unvollständige Verbrennung, wie dies auch bei Bränden von Holzlagern verstärkt auftritt, können weitere PAK's aus entsprechenden Ausgangskomponenten gebildet werden.

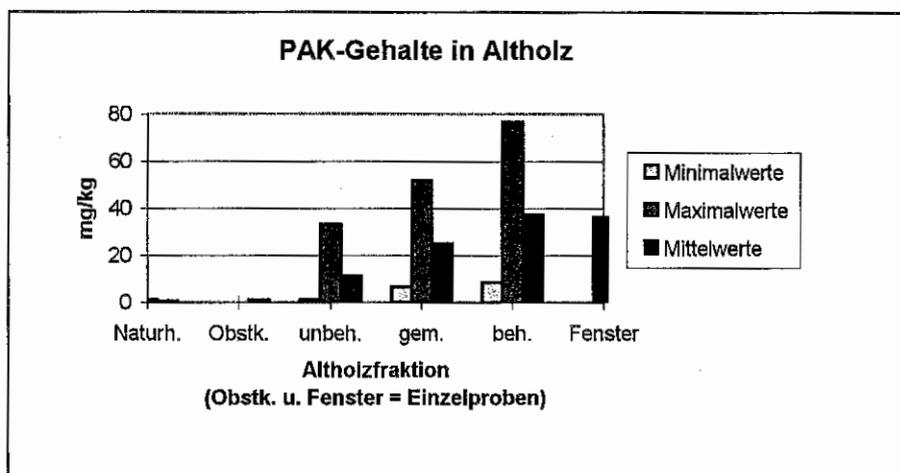


Abbildung 1: PAK-Gehalte in Altholz

2.2 Versuche

Einen Überblick über die im Rahmen dieser Auswertungen berücksichtigten Laboruntersuchungen gibt die Tabelle 6.

Tabelle 6: Laboruntersuchungen

Nr.	Versuch	Analysen-Nr.	Bemerkung	Material	gemessene Hauptkomponenten
1	Schrott/Erdreich-Gemisch vom Magdeburger Hafen	181 183	Bestimmung der flüchtigen Fraktion, Erwärmung der Bodenprobe, Headspace	ca. 20 g Erde	subst. Alkane (C8 -C12), Naphthalen
2	Zersetzungsprodukte Polyurethan (Sandwich-element)	493 491 499 547 501	Beprobung kalter Zustand bei 100 °C bei 150 °C bei 200 °C bei 250 °C	Sandwichelement (Hartschaum) 20 x 20 cm (auf Laborheizplatte erhitzt)	Trichlormonofluormethan (R 11), 1,2-Dichlorethan, Tri(2-chloroethyl)-phosphat, Toluol, subst. Dioxane
3a	PUR-Schaumstoff (Polstermaterial eines Sitzmöbels)	173 176 197	Abluft Thermoanalyse Abluft Thermoanalyse Kleinbrand (Laborabzug)	Weichschaum	TDI, Benzonitril, Aceton, Cyclohexanon, subst. Dioxane
3b	Vlies (Sitzmöbelzwischenlage)	178 184 201	Abluft Thermoanalyse Abluft Thermoanalyse Kleinbrand (Laborabzug)	Synthesefaservlies	Benzoessäure, Benzoylchlorid, Benzen, Benzonitril
3c	Bezugstoff (Sitzmöbel)	186 203	Abluft Thermoanalyse Kleinbrand (Laborabzug)	Baumwollmischgewebe	Furan-Verbindungen, Alkanale, Benzonitril, Cyclohexanon

2.2.1 Laboruntersuchungen

Untersucht wurde im Rahmen eines Amtshilfeersuchens ein kontaminiertes Schrott/Erdreich-Gemisch aus dem Magdeburger Hafen. Die Ergebnisse aus den GC-MS-Analysen (Hauptbestandteile: aliphatische Kohlenwasserstoffe $C_8 - C_{12}$) sowie die Messung mit Prüfröhrchen „Benzin-Kohlenwasserstoffe“ ließen eine Kontamination mit Produkten wie Öle, Schmierstoffe, Hydraulikflüssigkeit oder Benzin vermuten.

Gegenstand häufiger Untersuchungen sind Kunststoffe, wie sich dies im Rahmen von Gutachten sowie bei kleineren Aufträgen für die Industrie als notwendig erwies. Im Berichtszeitraum standen unterschiedliche Polyurethan-Schaumstoffe im Mittelpunkt. Während zu Brand- und Zersetzungsprodukten bei hohen Temperaturen ($> 800\text{ °C}$, Brennkammer nach DIN, Vdl-Ofen) vielfältige Arbeiten vor allem zur Toxizität vorliegen [12,13,14], stehen weniger Angaben zu Freisetzungs- und Pyrolyseprodukten bei niedrigeren Temperaturen ($< 300\text{ °C}$) zur Verfügung.

Zu letztgenanntem Aspekt wurden von Stahl-Sandwich-elementen mit Polyurethan-Hartschaum-Füllungen Untersuchungen zum thermischen Abbauverhalten und zur Charakterisierung möglicher Freisetzungs- und thermischer Spaltprodukte durchgeführt [15]. Bei den Temperaturstufen 100, 150, 200 und 300 °C wurden die Proben mit Hilfe von Gasspürpumpen*) in kurz vorher angebohrte Löcher auf Tenax-Adsorptionsröhrchen gezogen. Die Temperatureinstellung erfolgte mittels einer Laborheizplatte und 2 Thermo-elementen zur zusätzlichen Temperaturüberwachung.

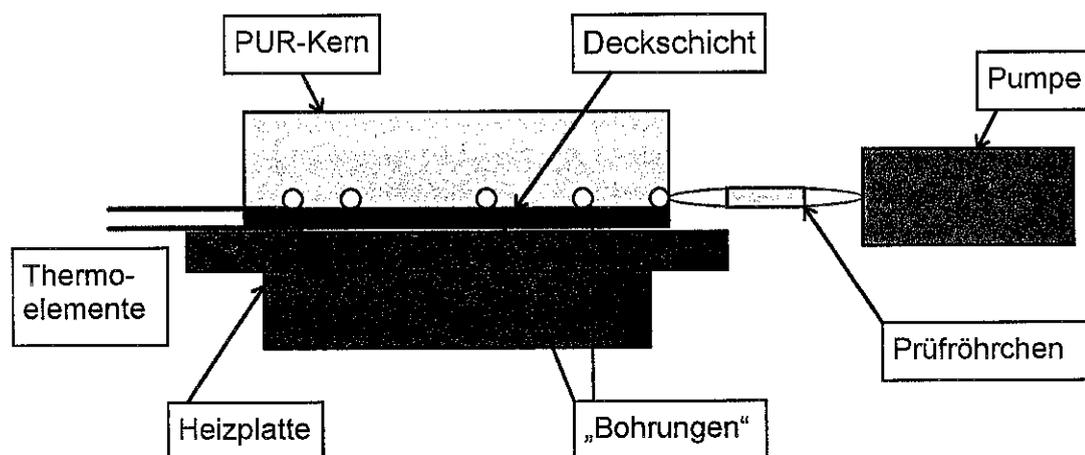


Abbildung 2: Versuchsaufbau

Weiterhin wurden mit Hilfe der Thermoanalyse (Differentialthermoanalyse kombiniert mit Thermogravimetrie **) parallel zu Untersuchungen von thermischen Effekten und Masseänderungen weitere Tenax-Adsorptionsröhrchen beladen, die danach mit GC-MS untersucht wurden. Zur Probenahme wurde das Adsorptionsröhrchen vor dem Ausgang des Heizsystems positioniert und bei Erreichen der definierten Temperaturstufe (s.o., Haltezeit 15 min) die Konstantflußpumpe***) (Flow 300 ml/min) in Betrieb genommen. Während der Untersuchungen wurde ein Luftstrom von 50 ml/min über die Proben geleitet.

*) Geräte der Firma Dräger („accuro“, „accuro 2000“)

***) Gerätesystem der Firma Seiko

****) Gerät der Firma Dräger („accuro constant“)

Untersuchungen zu Brand- und Pyrolyseprodukten wurden im Rahmen eines Gutachtens auch bei Materialien von Sitzmöbeln (PUR-Weichschaum, Synthefaser-Vlies und Bezugstoff aus Baumwollmischgewebe) durchgeführt. Hierzu wurden aus Kleinbränden im Labormaßstab und aus dem Spülgasstrom der Thermoanalyse (Luft) Proben auf Tenax-Adsorptionsröhrchen gezogen.

2.2.2 Auswertung der GC-MS-Analysen

Hinsichtlich der gemessenen Hauptkomponenten wird auf Tabelle 6 verwiesen, detaillierte Angaben zu den Untersuchungsergebnissen sind den GC-MS-Reports der Anlage zu entnehmen.

Von Interesse hierzu sind die Hinweise aus der Literatur zu Freisetzungs- und thermischen Spaltprodukten von FCKW-geschäumtem Hartschaum: So berichten KHALIL und RASMUSSEN [16,17] sowie MARUTZKY und SCHRIEVER [18] über die Freisetzung des Treibmittels Trichlormonofluormethan (R11) aus PUR-Hartschaum. Letztere führten auch Untersuchungen an frisch angeschnittenen Schäumen im kalten Zustand durch und bestimmten u.a. den zeitlichen Verlauf der R11-Konzentration bei einer PUR-Hartschaumstoffplatte in einer 1 m³-Kammer. Gleichgewichte stellten sich hierbei erst nach Monaten bis zu 2 Jahren ein [19]. HARTWELL [20] untersuchte Emissionen von PUR-Hartschaumproben bei 80 °C mittels dynamischer Headspace-GC-MS und konnte folgende Hauptbestandteile nachweisen: **Trichlormonofluormethan, Dichlormethan, Chloroform, Aceton, Butanon, Toluol, Chlorbenzen, Terpene, Cyclohexanon, Dichlorbenzene, weiterhin Polyol-Bestandteile wie verschiedene alkylsubstituierte 1,3-Dioxalane und 1,4-Dioxane sowie Amine.**

Es besteht eine gute Übereinstimmung mit den von uns nachgewiesenen Substanzen und Substanzklassen. Das zu einem relativ großen Anteil vertretene Tri(2-chlorethyl)-phosphat wurde laut Literatur [21] als Weichmacher und Flammschutzmittel in Polyurethanen verwendet, das sogenannte „Butylated Hydroxytoluol“ (CAS-Nr. 128-37-0) diente laut Literatur [21] als Antioxydationsmittel.

Beobachtet werden konnte weiterhin im Rahmen der Versuche mit PUR-Hartschaum, daß mit steigender Temperatur der Anteil an R11 abnimmt, entsprechend ansteigend ist der Anteil an sich bildenden Zersetzungsprodukten.

Polyurethan-Weichschaum stellt den überwiegenden Anteil der Schaumstoffe, die für Fahrzeugsitze sowie für Sitz- und Liegemöbelpolsterungen eingesetzt werden. Sie bestehen fast ausschließlich aus dem sogenannten Polyetherschaumstoff-Typ. Schaumstoffe vom Typ Polyester haben eine geringere Bedeutung. Ausgangsstoffe für die Herstellung sind vor allem **Methandiphenyldiisocyanat (MDI)** bzw. **Toluylendiisocyanat (TDI)** sowie Polyether-Polyole, die in der Regel aus Epoxiden sowie sogenannten Startalkoholen (Glycole, Glycerin, Trimethylolpropan) hergestellt werden. Weitere Zusatzstoffe wie Katalysatoren, Schaumstabilisatoren, Treibmittel und Flammschutzmittel werden zugegeben [19].

In unseren Untersuchungen konnten vor allem das **TDI** zu einem großen Anteil, weiterhin besonders **Aceton, Benzonitril, Isocyanate, Glycidol** und auch die unter [19] beschriebenen **Dioxane** nachgewiesen werden.

Das Synthefaser-Vlies bildet bei der Zersetzung überwiegend **Benzoessäure**. Bei dem Baumwollmischgewebe konnten verstärkt **Furan-Verbindungen** nachgewiesen werden, wie dies auch schon bei Versuchen zur Hitzebeständigkeit von Feuerwehrinsatzen (Baumwolle - beschichtet) beobachtet wurde [22].

2.3 Auswertung der GC-MS-Daten zur Datengewinnung für die Gefahrstoffdatenbank CHEMIS

Aus 10 GC-MS-Untersuchungen von realen Schadensereignissen (Einsatz Holzlager Barby) und 15 von Labor- bzw. Brandversuchen wurden die identifizierten Hauptbestandteile (mit einem Peakflächenanteil > 0,5 Area%, d.h. mehr als 0,5 % Anteil der entsprechenden identifizierten Substanz bezogen auf den Gesamtanteil aller identifizierten Substanzen) auf ihr Vorhandensein in der Gefahrstoff-Datenbank CHEMIS überprüft (siehe Tabellen 8 und 9 der Anlage). Hierbei wurde in Spalte 9 unterschieden in

- ja** → Substanz in CHEMIS enthalten, teilweise umfassend (u.a. feuerwehrspezifisch) bewertet, teilweise nur wenige Grunddaten angegeben, bei einigen Unterfunktionen [F2]: „Zu diesem Stoff keine Angaben!“
- nein** → Substanz nicht in CHEMIS enthalten

Einen allgemeinen Überblick über die Anzahl der identifizierten Hauptkomponenten zu jeder GC-MS-Analyse gibt Tabelle 7, wobei differenziert wurde nach Stoffen, die in CHEMIS enthalten sind, die nicht in CHEMIS enthalten sind und die in der Gefahrstoffverordnung enthalten sind. Doppelungen wurden nicht berücksichtigt.

Tabelle 7: Anwesenheit der Stoffe in CHEMIS

Teil 1: Reale Schadensereignisse

Analysen-Nr.	Substanzen gesamt	in CHEMIS	nicht in CHEMIS	in GefStoffV	in CHEMIS nicht GefStoffV	in GefStoffV nicht in CHEMIS
388	38	27	11	22	5	-
391	38	30	8	27	3	-
393	34	30	4	26	4	-
399	9	8	1	7	1	-
403	27	23	4	18	5	-
412	22	19	3	16	3	-
414	8	8	-	8	-	-
421	38	31	7	23	8	-
422	10	10	-	9	1	-
435	22	16	6	16	-	-
Σ	246	202	44	172	30	-

Tabelle 7: Anwesenheit der Stoffe in CHEMIS

Teil 2: Versuche

Analysen-Nr.	Substanzen gesamt	in CHEMIS	nicht in CHEMIS	in GefStoffV	in CHEMIS nicht GefStoffV	in GefStoffV nicht in CHEMIS
181	8	5	3	4	1	-
183	12	9	3	8	1	-
493	7	6	1	6	-	-
491	14	11	3	7	4	-
499	17	13	4	9	4	-
547	22	15	7	13	2	-
501	25	17	8	15	2	-
173	24	18	6	13	5	-
176	16	12	4	9	3	-
197	12	11	1	10	1	-
184	22	18	4	10	8	-
178	20	17	3	14	3	-
201	10	10	-	10	-	-
186	20	18	2	16	2	-
203	25	20	5	17	3	-
Σ	254	200	54	161	39	-

Allgemein kann festgestellt werden, daß die meisten identifizierten Substanzen in der CHEMIS enthalten sind. Hierbei handelt es sich um gängige, meist nach Gefahrstoffverordnung geregelte Stoffe.

Bezogen auf die Gesamtzahl der identifizierten Substanzen (500, gleich 100 % gesetzt), ergeben sich folgende Anteile:

- **Stoffe in CHEMIS:** **80,4 %** (82,1 % / 78,7 %)
- **nicht in CHEMIS enthalten:** **19,6 %** (17,9 % / 21,3 %)
- **Stoffe in GefStoffV enthalten:** **66,6 %** (69,9 % / 63,4 %)
- **in CHEMIS, nicht in GefStoffV:** **13,8 %** (12,2 % / 15,4 %)
- **in GefStoffV enthalten, nicht in CHEMIS:** **0,0 %**

Hierbei spielt es kaum eine Rolle, ob es sich um reale Brände oder Versuchsbrände/Pyrolyseuntersuchungen handelt (Prozentzahlen siehe oben). Die Tatsache, daß die bei Versuchen nachgewiesenen Zersetzungsprodukte zu einem unbedeutend geringeren Anteil in der CHEMIS enthalten sind, konnte schon im vorangegangenen Bericht [22] festgestellt werden.

Bei Stoffen, die nicht in CHEMIS enthalten sind, handelt es sich in den meisten Fällen um solche, die einmal sehr spezifisch sind und selten (oft nur als Zwischenprodukte mit kurzer Lebensdauer) vorkommen und nicht nach Gefahrstoffverordnung geregelt sind.

Die Mehrzahl dieser Verbindungen kann man in eine der folgenden Gruppierungen einordnen:

- Cyclische Verbindungen (Cycloalkane, -alkene, cycl. Ketone, Diene, Bicycloalkane, Bicycloalkandiene),
- substituierte Alkane, Alkene, Ketone (vorwiegend C5-C12),
- substituierte Benzene
- Indan-, Inden-, Indolverbindungen
- substituierte Furane und Benzofurane
- substituierte Dioxane, Dioxalane
- weitere ungesättigte Verbindungen wie Diene, Diine

Aufgrund der geringen Verbreitung bzw. Anwendung dieser Stoffe fehlen oft schon Angaben über physikalisch-chemische Parameter. Da diese Stoffe oftmals auch nicht nach dem Chemikaliengesetz geregelt sind, wäre schon deshalb ein hoher Rechercheaufwand nicht mehr gerechtfertigt, um diese Stoffe in CHEMIS zu integrieren.

Stoffe, die allerdings häufiger nachgewiesen wurden und keine ausgesprochenen „Exoten“ darstellen, sollten vorgemerkt werden:

Benzofuran, 4,7-methyl-	(2x)	CAS: 28715-26-6
Benzofuran, 2-methyl-	(6x)	CAS: 4265-25-2
Cyclopenten-1-on	(2x)	CAS: 930-30-3
Furan, 2,4-dimethyl-	(2x)	CAS: 3710-43-8
Benzen, 1,4-dimethoxy-2-methyl-	(3x)	CAS: 24599-58-4
Benzen, methyl(1-methylethenyl)-	(5x)	CAS: 26444-18-8

Es handelt sich hierbei vor allem um Substanzen mit hoher CAS-Nummer.

3 Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Entsprechend der Aufgabenstellung wurden im Berichtszeitraum weitere Stoffe mittels der vorgegebenen Erfassungsmaske feuerwehrspezifisch bewertet sowie Datenmaterial in maschinenlesbarer Form an die Datenbankbetreiber (UBA, BgVV) übergeben.

Die Arbeiten im Rahmen des GSBL, insbesondere zur Qualitätssicherung und im Arbeitskreis „Nutzersichten“ sowie in der ad-hoc-Arbeitsgruppe „GSA-Feuerwehr“ wurden konsequent unter aktiver Mitwirkung des IdF-LSA fortgeführt.

Zur Schaffung weiterer Grundlagen zur Datengewinnung und Ausbau der Datenbasis (CHEMIS) wurden GC-MS-Analysen von realen Schadensereignissen, Versuchsbränden und Laborexperimenten ausgewertet.

Die Untersuchung weiterer Adsorptionsmedien in Form konfektionierter Röhrchen zeigte neben der Bestätigung des Adsorptionsmittels „Tenax“, daß die Arbeiten zur Testung weiterer Materialien fortgeführt werden sollten. Diese Arbeiten sollen insbesondere zur Herausarbeitung weiterer geeigneter Methoden neben der „Standard-Einsatz-Methode“ mit „Tenax“ dienen, was gemessen an den bei realen Schadenslagen und bei Brandexperimenten zu erwartenden vielfältigen Stoffspektrum notwendig ist.

Bei der Auswertung des vorliegenden Datenmaterials zeigte sich, daß es hinsichtlich des Vorhandenseins der identifizierten Substanzen in CHEMIS (anteilmäßig) keine Unterschiede zwischen realen Schadensereignissen und Versuchsbränden gab (siehe Kapitel 2.2.1 und 2.2.2).

Allgemein kann festgestellt werden, daß die meisten bei realen Schadensereignissen und bei Versuchsbränden/Laborexperimenten identifizierten Substanzen in CHEMIS enthalten waren (ca. 80,5 %). Hierbei handelt es sich um auch meist nach Gefahrstoffrecht geregelte Stoffe.

Ca. 20 % der Stoffe, die im Verzeichnis von CHEMIS aufgeführt sind, werden ohne weitere wertende Aussagen, d.h. oft nur unter Angabe des Stoffnamens und der CAS-Nummer „angeboten“. Eine Feuerwehreinsatz-relevante Bewertung fehlt gänzlich. Dies ist ein Ansatzpunkt für die weitere Stoffbewertung im Rahmen des fortzuführenden Themas. Hierbei sollten insbesondere primär die Stoffe umfassend bewertet werden, die nach Gefahrstoffverordnung geregelt sind (siehe auch Tabellen 8 und 9 der Anlage).

Der Feststellung, daß in der Gefahrstoffverordnung „geregelte“ Stoffe noch nicht in CHEMIS „abgebildet“ sind, ist weiterhin Aufmerksamkeit zu widmen. Auf eine Integration in CHEMIS ist hinzuwirken.

Bei einigen Stoffen, die nicht in CHEMIS enthalten sind, handelt es sich meist um sehr spezielle Chemikalien, nicht selten um chemische Zwischenprodukte, die auch nicht nach Gefahrstoffverordnung geregelt sind. Aufgrund deren geringer Verbreitung bzw. Anwendung fehlen in den meisten Fällen auch Angaben zu den physikalisch-chemischen Parametern. Eine Integration in CHEMIS verbietet sich aufgrund des hohen Rechercheaufwandes (siehe auch Kapitel 1.2). Stoffe, die allerdings häufiger nachgewiesen werden, sollten vorgemerkt werden (siehe Kapitel 2.3).

Die Arbeiten im Rahmen der Entwicklung von weiteren Meßmethoden bzw. zur Herausarbeitung geeigneter Probenahmepraktiken und zur Gewinnung von Meßergebnissen aus realen Schadenslagen, aus Versuchsbränden bzw. Laborexperimenten sollten fortgeführt werden.

4 Literatur

- [1] Richter, S.: Mit „GC-MS“ den Gefahrstoffen auf der Spur, Feuerwehr in Sachsen-Anhalt, 7 (1997) 3
- [2] Steinbach, K.; Richter, S.; Schuppe, F.: Bewertung von Gefahrstoffen entsprechend Feuerwehr-Erfassungsmaske sowie Schaffung von Grundlagen zur Datengewinnung bei Bränden und/oder Gefahrstofffreisetzungen zwecks Ausbaus der Datenbasis, Forschungsbericht Nr. 110, Institut der Feuerwehr, 1997
- [3] Dräger Sicherheitstechnik GmbH Lübeck,
<http://www.dwhl.de/german/st/analytik/probenahme.htm>
- [4] Schillings, A.: Anreicherung von leichtflüchtigen Schadstoffen an unterschiedliche Adsorbentien zur thermischen Desorption und quantitative Analyse mit Gaschromatographie-Massenspektrometrie, Diplomarbeit, Technische Universität Hamburg-Harburg, 1993
- [5] Mueller, R.: Charakterisierung der Adsorptionseigenschaften von Poly-p-2,6-diphenylphenylenoxid (Tenax) unter besonderer Berücksichtigung seiner Verwendung als Adsorptionsmittel für die Probenahme bei der spurenanalytischen Untersuchung atmosphärischer Luft und von Bodenluft, Dissertation, Universität Oldenburg, 1993
- [6] Matz, G.; Harder, A.; Schillings, A.; Rechenbach, P.: Schnellanalyse bei Chemieunfällen und Bränden mit mobilem GC-MS, Forschungsbericht BMBF 01 VQ 9109/3, Technische Universität Hamburg-Harburg, 1995
- [7] Brown, R.; Purnell, C.: Collection and Analysis of trace organic vapour pollutants in ambient atmospheres - The performance of a Tenax GC adsorbent tube, J. Chromatogr. 178 (1979) 19 - 90
- [8] Trenn, A.: Ausarbeitung von Methoden für spezielle Substanzklassen zur Analytik mit dem GC-MS EM 640, Diplomarbeit, Institut der Feuerwehr/Fachhochschule Magdeburg, 1998
- [9] Marutzky, R.: Erkenntnisse zur Schadstoffbildung bei der Verbrennung von Holz und Spanplatten, Habilitationsschrift, Wilhelm-Klauditz-Institut (WKI) Fraunhofer-Arbeitsgruppe für Holzforschung, WKI-Bericht Nr. 26, 1991
- [10] CD-ROM „Sicherheit interaktiv“ der Vereinigung für Gefahrstoff- und Brandschutzforschung (vgbf) & AG Genetische und Umwelt-Toxikologie an der Universität Salzburg
- [11] Untersuchungen des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz,
<http://www.bayern.de/LFU/gen-uhyg/holzanalyse/holzanalyse1.htm>
- [12] Morikawa, T.; Yanai, E.: Toxic Gases and Smoke Evolution from Foam Plastic Building Materials Burning in Fire Environments, Advances in Combustion Toxicology, Pennsylvania, Technomic Publishing Company INC., 1992
- [13] Grant, C. E.; Pagni, P. J.: Smoke Toxicity and Toxic Hazards, Fire Safety Science - Proceedings of the First International Symposium, Springer-Verlag, Berlin, 1986

- [14] Prager, F. H.; Kimmerle, G.; Maertins, T.; Monn, M.; Pauluhn, J.: Toxicity of the Combustion and Decomposition Products of Polyurethanes, *Fire and Materials* 18(1994)2, 107 - 119
- [15] Steinbach, K.; Richter, S.: Thermisches Abbauverhalten und Identifizierung von Freisetzungs- und thermischen Spaltprodukten von FCKW-geschäumtem PUR-Hartschaum aus Container-Isolierungen, Institutsbericht-Nr. 365, Institut der Feuerwehr Sachsen-Anhalt, Heyrothsberge, 1998
- [16] Khalil, M. A. K.; Rasmussen, R. A.: The Release of Trichlorofluoromethane from Rigid Polyurethane Foam, *Journal Air Pollution Control Association*, JAPCA 36, 159 - 163
- [17] Khalil, M. A. K.; Rasmussen, R. A.: The Residence Time of Trichlorofluoromethane in Polyurethane Foams: Variability, Trends and Effects of Ambient Temperatures, *Chemosphere* 16, 759 - 775
- [18] Marutzky, R.; Schriever, E.: Emissionen von Trichlorfluormethan (R11) und Dichlordifluormethan (R12) aus Schaumkunststoffen für das Bauwesen, Sonderdruck aus VDI Berichte, Nr. 745, 821 - 830
- [19] Schriever, E.; Marutzky, R.: Literaturstudie zur Geruchs- und Schadstoffbelastung durch Baustoffe in Innenräumen, Wilhelm-Klauditz-Institut, Fraunhofer-Arbeitsgruppe für Holzforschung, Braunschweig, 1991
- [20] Hartwell, J. M.: Off-gasing of Polyurethane Foam, *Proceedings: 30th Annual Polyurethane Technical/Marketing Conference*, 1986, 184 - 186
- [21] Gefahrstoffdatenbank CHEMIS (Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin, Berlin)
- [22] Steinbach, K.; Richter, S.; Schuppe, F.: Bewertung von Gefahrstoffen entsprechend Feuerwehr-Erfassungsmaske sowie Schaffung der Grundlagen zur Datengewinnung bei Bränden und/oder Gefahrstofffreisetzungen zwecks weiteren Ausbaus der Datenbasis, Forschungsbericht 110 (Teilbericht), Institut der Feuerwehr Sachsen-Anhalt, Heyrothsberge, 1997

Anlage

Ergebnisse der GC-MS-Analysen

Tabelle 8: Reale Schadensereignisse

Tabelle 9: Versuche

Erläuterungen zu den Tabellen

In den Tabellen 8 und 9 wurden die Daten der GC-MS-Analysen aus den Reports des Datenauswerteprogramms (DA) des GC-MS EM 640 übernommen.

PUR - Polyurethan

Spalte 2: Area% - prozentualer Anteil der Substanz an der Gesamtmenge der identifizierten Substanzen (anhand Peakfläche). Es wurden die Hauptkomponenten bis ca. 0,5 Area% berücksichtigt.

Spalte 3: Die selben Substanzen können auf Grund der Suche in verschiedenen Spektrenbibliotheken in unterschiedlichen Schreibweisen (z.B. deutsch, englisch) angegeben sein, deshalb auch Angabe der CAS-Nr. in Spalte 4

Spalte 6: (*) - Suche über das DA in CHEMIS ergab kein Gefahrensymbol (d.h. Substanz nicht in GefStoffV)

Spalte 8: ja - Substanz nach GefStoffV bewertet
nein - Substanz nicht nach GefStoffV bewertet

Spalte 9: ja - Substanz in CHEMIS
(z.T. umfangreich feuerwehrrelevant bewertet,
z.T. nur einzelne Angaben)
nein - Substanz nicht in CHEMIS

Tabelle 8: Reale Schadensereignisse

Einsatz Barby, Analysen-Nr. 388						
No.	Area%	Substance	CAS-No.	UN-No.	Gef.Symb.	MAK [mg/m ³] in GefStoffV in CHEMIS
1	8,1	ANTHRACENE	120-12-7		Xn	ja ja
2	6,1	NAPHTHALENE	91-20-3	1334	Xn	ja ja
3	4,4	Naphthalene, 2-methyl-	91-57-6		Xn	ja ja
4	3,8	Indene	95-13-6	1993	(*)	nein ja
5	3,8	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	28715-26-6		(*)	nein nein
6	3,6	Acenaphthylene	208-96-8		Xi	ja ja
7	2,8	4-Hydroxyanisole	150-76-5		Xn	ja ja
8	2,8	BENZENE	71-43-2	1114	F T	ja ja
9	2,6	Phenol, 2-methoxy-6-(2-propenyl)-	579-60-2		(*)	nein ja
10	2,6	STYRENE	100-42-5	2055	Xn	85 ja ja
11	2,5	Benzofuran, 2-methyl-	4265-25-2		(*)	nein nein
12	2,4	Benzene, (1-methyl-2-cyclopropen-1-yl)-	65051-83-4		(*)	nein nein
13	2,4	TOLUENE	108-88-3	1294	F Xn	190 ja ja
14	1,8	BENZOFURAN	271-89-6	1993	(*)	nein ja
15	1,7	Phenol, 2-methoxy-4-methyl-	93-51-6		(*)	nein ja
16	1,5	BENZENE, 1,4-DIMETHOXY-2-METHYL-	24599-58-4		(*)	nein nein
17	1,4	8,9-Dihydrocyclopenta[def]phenanthrene	27410-55-5		(*)	nein nein
18	1,3	2-Propanone, 1-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-	2503-46-0		(*)	nein nein
19	1,3	Phenanthrene, 1,2,3,4-tetrahydro-	1013-08-7		(*)	nein nein
20	1,2	Fluorene	86-73-7		(*)	nein ja
21	1,2	Phenol	108-95-2	1671	T	19 ja ja
22	2,1	p-Xylene	106-42-3	1307	Xn	440 ja ja
23	1,0	2-FURANCARBOXALDEHYDE	98-01-1	1199	T	ja ja
24	1,0	PHENOL, 4-METHYL-	106-44-5	2076	T	22 ja ja
25	1,0	Dibenzofuran	132-64-9			ja ja
26	1,0	2-FURANCARBOXALDEHYDE, 5-METHYL-	620-02-0			ja ja
27	1,0	FLUORANTHENE	206-44-0		Xn	ja ja

Tabelle 8: Reale Schadensereignisse

Einsatz Barby, Analysen-Nr. 388 (Fortsetzung)

No.	Area%	Substance	CAS-No.	UN-No.	Gef.Symb.	MAK [mg/m ³]	in GefStoffV	in CHEMIS
28	1,0	.alpha.-Methylstyrene	98-83-9	2303	Xi	490	ja	ja
29	1,0	FURAN, 2-METHYL-	534-22-5		F Xn		ja	ja
30	0,9	Biphenyl	92-52-4	3077	Xi N	1	ja	ja
31	0,9	2,4-Hexadiene, 3,4-dimethyl-, (Z,Z)-	21293-01-6		(*)		nein	nein
32	0,8	D-Limonene	5989-27-5	2052	Xi		ja	ja
33	0,8	PHENANTHRENE, 9-METHYL-	883-20-5		(*)		nein	nein
34	0,7	Phenol, 3,5-dimethyl-	108-68-9	2261	T		ja	ja
35	0,7	DIBENZOFURAN, 4-METHYL-	7320-53-8		(*)		nein	nein
36	0,6	PYRENE, 4,5-DIHYDRO-	6628-98-4		(*)		nein	nein
37	0,1	Acetone	67-64-1	1090	F	1200	ja	ja
38	0,1	Acetic acid, methyl ester	79-20-9	1231	F	610	ja	ja

Tabelle 8: Reale Schadensereignisse

Einsatz Barby, Analysen-Nr. 391

No.	Area%	Substance	CAS-No.	UN-No.	Gef.Symb.	MAK [mg/m ³]	in GefStoffV	in CHEMIS
1	7,5	Benzene	71-43-2	1114	F T		ja	ja
2	6,2	NAPHTHALENE	91-20-3	1334	Xn		ja	ja
3	5,1	Anthracene	120-12-7		Xn		ja	ja
4	4,4	TOLUENE	108-88-3	1294	F Xn	190	ja	ja
5	4,1	FURAN, 2-METHYL-	2301		F Xn		ja	ja
6	3,6	ANTHRACENE, 2-METHYL-	613-12-7		(*)		nein	nein
7	3,3	MEQUINOL	150-76-5		Xn		ja	ja
8	2,4	STYRENE	100-42-5	2055	Xn	85	ja	ja
9	2,1	BENZENE, 1,4-DIMETHOXY-2-METHYL-	24599-58-4		(*)		nein	nein
10	1,9	Acetone	67-64-1	1090	F	1200	ja	ja
11	1,8	1,3,8-p-Menthatriene	21195-59-5		(*)		nein	nein
12	1,7	NAPHTHALENE, 1-METHYL-	90-12-0		Xn		ja	ja
13	1,6	Acetic acid, methyl ester	79-20-9	1231	F	610	ja	ja
14	1,5	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	28715-26-6		(*)		nein	nein
15	1,4	2-Cyclopenten-1-one	930-30-3		(*)		nein	nein
16	1,4	Benzene, (1-methyl-2-cyclopropen-1-yl)-	65051-83-4		(*)		nein	nein
17	1,4	2-FURANCARBOXALDEHYDE	98-01-1	1199	T		ja	ja
18	1,4	Xylene	106-42-3	1307	Xn	440	ja	ja
19	1,3	Indene	95-13-6	1993	(*)		nein	ja
20	1,3	Fluorene	86-73-7		(*)		nein	ja
21	1,1	DIBENZOFURAN	132-64-9				ja	ja
22	1,0	FURAN, 2,5-DIMETHYL-	625-86-5		F		ja	ja
23	1,0	Furan, 2,4-dimethyl-	3710-43-8		(*)		nein	nein
24	1,0	PHENOL	108-95-2	1671	T	19	ja	ja
25	0,9	Acenaphthylene	208-96-8		Xi		ja	ja
26	0,9	Benzofuran	271-89-6	1993	(*)		nein	ja
27	0,8	Benzofuran, 2-methyl-	4265-25-2		(*)		nein	nein

Tabelle 8: Reale Schadensereignisse

Einsatz Barby, Analysen-Nr. 391 (Fortsetzung)

No.	Area%	Substance	CAS-No.	UN-No.	Gef.Symb.	MAK [mg/m ³]	in GefStoffV	in CHEMIS
28	0,8	.alpha.-Methylstyrene	98-83-9	2303	Xi	490	ja	ja
29	0,7	Acetic acid ethenyl ester	108-05-4	1301	F		ja	ja
30	0,7	Nonanoic acid	112-05-0	3265	C		ja	ja
31	0,6	PHENOL, 2-METHYL-	95-48-7	2076	T	22	ja	ja
32	0,6	PHENOL, 3,4-DIMETHYL-	95-65-8	2261	T		ja	ja
33	0,6	2-Furanmethanol	98-00-0	2874	Xn	40	ja	ja
34	0,6	CYCLOPENTANONE	120-92-3	2245	Xi		ja	ja
35	0,5	Benzene, (1-methylethyl)-	98-82-8	1918	Xi	245	ja	ja
36	0,4	Pyrrrole	109-97-7	1265			ja	ja
37	0,3	PYRIDINE	110-86-1	1282	F Xn	15	ja	ja
38	0,3	2-Pyridinamine	504-29-0	2671	T	2	ja	ja

Tabelle 8: Reale Schadensereignisse

Einsatz Barby, Analysen-Nr. 393

No.	Area%	Substance	CAS-No.	UN-No.	Gef.Symb.	MAK [mg/m ³]	in GefStoffV	in CHEMIS
1	10,6	2-FURANCARBOXALDEHYDE	98-01-1	1199	T		ja	ja
2	8,0	2-BUTANONE	78-93-3	1193	F Xi	590	ja	ja
3	5,1	Acetone	67-64-1	1090	F	1200	ja	ja
4	4,3	FURAN, 2-METHYL-	534-22-5	2301	F Xn		ja	ja
5	4,1	Phenol, 2-methoxy-	90-05-1	2810	Xn		ja	ja
6	4,1	CYCLOPENTANONE	120-92-3	2245	Xi		ja	ja
7	3,1	Furan, 2,4-dimethyl-	3710-43-8		(*)		nein	nein
8	3,0	Benzaldehyde, 4-(diethylamino)-	120-21-8		(*)		nein	ja
9	2,8	2,3-Butanedione	431-03-8	2346	F Xn		ja	ja
10	2,8	Acetic acid, methyl ester	79-20-9	1231	F	610	ja	ja
11	2,7	Phenol, 2-methoxy-4-methyl-	93-51-6		(*)		nein	ja
12	2,6	PHENOL	108-95-2	1671	T	19	ja	ja
13	2,5	2-PENTANONE	107-87-9	1249	F Xn	700	ja	ja
14	2,4	Furan, 2,5-dihydro-2,5-dimethyl-	59242-27-2		(*)		nein	nein
15	2,3	Nonanal	124-19-6	2810	Xi		ja	ja
16	2,3	2-Propenal, 2-methyl-	78-85-3	2396	Xi		ja	ja
17	1,7	PYRROLE	109-97-7	1265			ja	ja
18	1,7	Benzonitrile	100-47-0	2224	Xn		ja	ja
19	1,5	Benzaldehyde	100-52-7	1990	Xn		ja	ja
20	1,4	Naphthalene	91-20-3	1334	Xn		ja	ja
21	1,4	ACETOPHENONE	98-86-2		Xn		ja	ja
22	1,4	1H-Indole, 2,3-dihydro-1,2,3,3-tetramethyl-	13034-76-9		(*)		nein	nein
23	1,3	PYRIDINE	110-86-1	1282	F Xn	15	ja	ja
24	1,3	2-FURANCARBOXALDEHYDE, 5-METHYL-	620-02-0				ja	ja
25	1,2	Furan, 2,3-dihydro-3-methyl-	1708-27-6		(*)		nein	nein
26	1,1	Nonanoic acid	112-05-0	3265	C		ja	ja
27	1,0	PHENOL, 3,4-DIMETHYL-	95-65-8	2261	T		ja	ja

Tabelle 8: Reale Schadensereignisse

Einsatz Barby, Analysen-Nr. 393 (Fortsetzung)

No.	Area%	Substance	CAS-No.	UN-No.	Gef.Symb.	MAK [mg/m ³]	in GefStoffV	in CHEMIS
28	0,9	Toluene	108-88-3	1294	F Xn	190	ja	ja
29	0,9	1H-PYRROLE, 1-METHYL-	96-54-8	1993			ja	ja
30	0,9	3-Buten-2-one	78-94-4	1251	F T	-	ja	ja
31	0,8	Propanoic acid, methyl ester	554-12-1	1248	F		ja	ja
32	0,8	PHENOL, 2-METHYL-	95-48-7	2076	T	22	ja	ja
33	0,6	Ethanone, 1-(2,4-dihydroxyphenyl)-	89-84-9		(*)		nein	ja
34	0,5	Indene	95-13-6	1993	(*)		nein	ja

Tabelle 8: Reale Schadensereignisse

Einsatz Barby, Analysen-Nr. 399

No.	Area%	Substance	CAS-No.	UN-No.	Gef.Symb.	MAK	in GefStoffV	in CHEMIS
1	25,0	Benzaldehyde, 4-(diethylamino)-	120-21-8		(*)		nein	ja
2	16,8	Phenol	108-95-2	1671	T	19	ja	ja
3	6,4	ACETOPHENONE	98-86-2		Xn		ja	ja
4	3,9	Nonanoic acid	112-05-0	3265	C		ja	ja
5	2,5	BENZALDEHYDE	100-52-7	1990	Xn		ja	ja
6	2,0	1H-Indole, 2-(1,1-dimethylethyl)-	1805-65-8		(*)		nein	nein
7	1,7	Nonanal	124-19-6	2810	Xi		ja	ja
8	1,2	Naphthalene	91-20-3	1334	Xn		ja	ja
9	1,1	TOLUENE	108-88-3	1294	F Xn	190	ja	ja

Tabelle 8: Reale Schadensereignisse

Einsatz Barby, Analysen-Nr. 403						
No.	Area%	Substance	CAS-No.	UN-No.	Gef.Symb.	MAK [mg/m ³] in GefStoffV in CHEMIS
1	7,3	BENZENE	71-43-2	1114	F T	ja ja
2	6,1	NAPHTHALENE	91-20-3	1334	Xn	ja ja
3	4,2	TOLUENE	108-88-3	1294	F Xn	190 ja ja
4	1,8	ANTHRACENE	120-12-7			ja ja
5	1,8	STYRENE	100-42-5	2055	Xn	85 ja ja
6	1,7	Xylene	106-42-3	1307	Xn	440 ja ja
7	1,6	Acetone	67-64-1	1090	F	1200 ja ja
8	1,5	Benzene, (cyclopropyldenemethyl)-	7555-67-1		(*)	nein nein
9	1,5	Indene	95-13-6	1993	(*)	nein ja
10	1,5	Ethanone, 1-(2,4-dihydroxyphenyl)-	89-84-9		(*)	nein ja
11	1,5	Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-, acetate	93-29-8		(*)	nein nein
12	1,5	Phenol, 2-methoxy-4-methyl-	93-51-6		(*)	nein ja
13	1,4	Phenol, 2-methoxy-	90-05-1	2810	Xn	ja ja
14	1,4	FURAN, 2-METHYL-	534-22-5	2301	F Xn	ja ja
15	1,0	Acenaphthylene	208-96-8		Xi	ja ja
16	0,9	PHENOL, 4-METHYL-	106-44-5	2076	T	22 ja ja
17	0,9	Fluorene	86-73-7		(*)	nein ja
18	0,9	Benzofuran, 2-methyl-	4265-25-2		(*)	nein nein
19	0,9	ACETIC ACID	64-19-7	2789	C	25 ja ja
20	0,9	2-FURANCARBOXALDEHYDE	98-01-1	1199	T	ja ja
21	0,8	Phenol	108-95-2	1671	T	ja ja
22	0,8	Benzofuran	271-89-6	1993	(*)	nein ja
23	0,7	Nonanoic acid	112-05-0	3265	C	ja ja
24	0,7	Phenol, 2-methoxy-6-(1-propenyl)-	1076-55-7		(*)	nein nein
25	0,6	Phenol, 3,5-dimethyl-	108-68-9	2261	T	ja ja
26	0,5	Pyrrrole	109-97-7	1265		ja ja
27	0,5	Biphenyl	92-52-4	3077	Xi N	1 ja ja

Tabelle 8: Reale Schadensereignisse

Einsatz Barby, Analysen-Nr. 412

No.	Area%	Substance	CAS-No.	UN-No.	Gef.Symb.	MAK [mg/m ³]	in GefStoffV	in CHEMIS
1	10,4	Anthracene	120-12-7		Xn		ja	ja
2	8,7	Acetone	67-64-1	1090	F	1200	ja	ja
3	7,0	Naphthalene	91-20-3	1334	Xn		ja	ja
4	6,7	Benzene	71-43-2	1114	F T		ja	ja
5	6,4	TOLUENE	108-88-3	1294	F Xn	190	ja	ja
6	6,1	Benzene, [(1-methyl-2-propenyloxy)-	22509-78-0		(*)		nein	nein
7	4,0	Ethanone, 2-hydroxy-1,2-diphenyl-	119-53-9		(*)		nein	ja
8	3,7	Phenol, 2-methoxy-	90-05-1	2810	Xn		ja	ja
9	3,1	Nonane, 1-chloro-	2473-01-0		(*)		nein	ja
10	2,7	2-Furancarboxaldehyde	98-01-1	1199	T		ja	ja
11	2,6	Phenol	108-95-2	1671	T		ja	ja
12	2,4	ACENAPHTHYLENE	208-96-8		Xi		ja	ja
13	2,4	BENZENE, 1,4-DIMETHOXY-2-METHYL-	24599-58-4		(*)		nein	nein
14	2,0	Dibenzofuran	132-64-9				ja	ja
15	2,0	BENZONITRILE	100-47-0	2224	Xn		ja	ja
16	1,7	FURAN, 2-METHYL-	534-22-5	2301	F Xn		ja	ja
17	1,5	Benzofuran, 2-methyl-	4265-25-2		(*)		nein	nein
18	1,4	Styrene	100-42-5	2055	Xn	85	ja	ja
19	1,3	Xylol	106-42-3	1307	Xn		ja	ja
20	1,2	Indene	95-13-6	1993	(*)		nein	ja
21	1,0	ACETIC ACID	64-19-7	2789	C	25	ja	ja
22	0,8	Naphthalene, 1-methyl-	90-12-0		Xn		ja	ja

Tabelle 8: Reale Schadensereignisse

Einsatz Barby, Analysen-Nr. 414

No.	Area%	Substance	CAS-No.	UN-No.	Gef.Symb.	MAK [mg/m ³]	in GefStoffV	in CHEMIS
1	17,2	Benzene	71-43-2	1114	F T		ja	ja
2	17,0	Acetophenone	98-86-2		Xn		ja	ja
3	13,1	NAPHTHALENE	91-20-3	1334	Xn		ja	ja
4	12,2	Glutaral	111-30-8	2810	T N	0,4	ja	ja
5	11,5	TOLUENE	108-88-3	1294	F Xn	190	ja	ja
6	9,9	BENZALDEHYDE	100-52-7	1990	Xn		ja	ja
7	8,7	Styrene	100-42-5	2055	Xn	85	ja	ja
8	6,9	Benzonitrile	100-47-0	2224	Xn		ja	ja

Tabelle 8: Reale Schadensereignisse

Einsatz Barby, Analysen-Nr. 421						
No.	Area%	Substance	CAS-No.	UN-No.	Gef.Symb.	MAK [mg/m ³] in GefStoffV in CHEMIS
1	8,9	BENZENE	71-43-2	1114	F T	ja ja
2	7,2	NAPHTHALENE	91-20-3	1334	Xn	ja ja
3	7,0	Anthracen	120-12-7		(*)	ja ja
4	6,1	TOLUENE	108-88-3	1294	F Xn	ja ja
5	5,4	Phenol, 2-methoxy-4-methyl-	93-51-6		(*)	nein ja
6	4,4	Phenol, 2-methoxy-	90-05-1	2810	Xn	ja ja
7	4,2	Acetone	67-64-1	1090	F	ja ja
8	3,8	BENZENE, 1,4-DIMETHOXY-2-METHYL-	24599-58-4		(*)	nein nein
9	3,1	Phenol, 2-methoxy-6-(1-propenyl)-	1076-55-7		(*)	nein nein
10	2,7	DIBENZOFURAN	132-64-9			ja ja
11	2,4	PHENOL, 4-METHYL-	106-44-5	2076	T	ja ja
12	2,4	Naphthalene, 1-methyl-	90-12-0		Xn	ja ja
13	2,2	2',4'-Dihydroxypropiophenone	5792-36-9		(*)	nein ja
14	2,2	Xylene	106-42-3	1307	Xn	ja ja
15	2,1	Phenol	108-95-2	1671	T	ja ja
16	2,0	STYRENE	100-42-5	2055	Xn	ja ja
17	1,9	Acetonitrile	75-05-8	1648	F T	ja ja
18	1,8	Benzene, 1-ethyl-4-methyl-	622-96-8	1993	(*)	nein ja
19	1,6	Benzofuran, 2-methyl-	4265-25-2		(*)	nein nein
20	1,6	Phenol, 4-(dimethylamino)-3,5-dimethyl-	6120-10-1		(*)	nein nein
21	1,5	2-FURANCARBOXALDEHYDE	98-01-1	1199	T	ja ja
22	1,5	Furan, 2-methyl-	534-22-5	2301	F Xn	ja ja
23	1,5	Benzonitrile	100-47-0	2224	Xn	ja ja
24	1,4	PHENOL, 2-METHYL-	95-48-7	2076	T	ja ja
25	1,4	Benzofuran	271-89-6	1993	(*)	nein ja
26	1,3	Octane, 1-chloro-	111-85-3	3082	(*)	nein ja
27	1,3	Biphenyl	92-52-4	3077	Xi N	ja ja

Tabelle 8: Reale Schadensereignisse

Einsatz Barby, Analysen-Nr. 421 (Fortsetzung)

No.	Area%	Substance	CAS-No.	UN-No.	Gef.Symb.	MAK [mg/m ³]	in GefStoffV	in CHEMIS
28	1,2	PHENOL, 3,4-DIMETHYL-	95-65-8	2261	T		ja	ja
29	1,1	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	28715-26-6		(*)		nein	nein
30	1,0	ACENAPHTHYLENE	208-96-8		Xi		ja	ja
31	0,9	2-Propen-1-ol, 2-methyl-, acetate	820-71-3		(*)		nein	ja
32	0,9	1,3-Isobenzofurandione, hexahydro-	85-42-7		Xi		ja	ja
33	0,9	Acetophenone, 4'-methoxy-	100-06-1		(*)		nein	ja
34	0,8	Benzaldehyde, 2,4-dihydroxy-3,6-dimethyl-	34883-14-2		(*)		nein	nein
35	0,7	Indene	95-13-6	1993	(*)		nein	ja
36	0,5	Benzene, 1-ethyl-4-methoxy-	1515-95-3		(*)		nein	nein
37	0,5	Pyrrrole	109-97-7	1265			ja	ja
38	0,4	PYRIDINE	110-86-1	1282	F Xn	15	ja	ja

Tabelle 8: Reale Schadensereignisse

Einsatz Barby, Analysen-Nr. 422									
No.	Area%	Substance	CAS-No.	UN-No.	Gef.Symb.	MAK [mg/m ³]	in GefStoffV	in CHEMIS	
1	13,5	Acetic acid, methyl ester	79-20-9	1231	F	610	ja	ja	ja
2	10,4	Acetone	67-64-1	1090	F	1200	ja	ja	ja
3	6,2	Butanoic acid	107-92-6	2820	C		ja	ja	ja
4	5,4	TOLUENE	108-88-3	1294	F Xn	190	ja	ja	ja
5	2,8	2-Nonen-1-ol, (Z)-	41453-56-9		(*)		nein		ja
6	4,1	BENZENE, 1,3,5-TRIMETHYL-	108-67-8	2325	Xi		ja	ja	ja
7	1,9	Benzene	71-43-2	1114	F T		ja	ja	ja
8	1,5	Xylene	106-42-3	1307	Xn		ja	ja	ja
9	1,4	ETHYLBENZENE	100-41-4	1175	F Xn	440	ja	ja	ja
10	0,9	ACETOPHENONE	98-86-2		Xn		ja	ja	ja

Tabelle 8: Reale Schadensereignisse

Einsatz Barby, Analysen-Nr. 435						
No.	Area%	Substance	CAS-No.	UN-No.	Gef.Symb.	MAK [mg/m ³] in GefStoffV in CHEMIS
1	9,6	TOLUENE	108-88-3	1294	F Xn	190 ja ja
2	8,3	Acetone	67-64-1	1090	F	1200 ja ja
3	6,9	Benzyl alcohol	100-51-6	2810	Xn	ja ja
4	6,1	Phenol, 2-methoxy-	90-05-1	2810	Xn	ja ja
5	5,8	NAPHTHALENE	91-20-3	1334	Xn	ja ja
6	5,8	BENZENE	71-43-2	1114	FT	ja ja
7	5,0	Phenol	108-95-2	1671	T	ja ja
8	4,3	Cyclopentene, 1-isopropyl-4,5-dimethyl-	7712-74-5		(*)	nein nein
9	3,9	Phenol, 2-methoxy-6-(1-propenyl)-	1076-55-7		(*)	nein nein
10	3,8	Benzene, (1-methylethyl)-	98-82-8	1918	Xi	245 ja ja
11	3,6	Styrene	100-42-5	2055	Xn	85 ja ja
12	3,4	Glutaral	111-30-8	2810	T N	0,4 ja ja
13	3,3	Benzonitrile	100-47-0	2224	Xn	ja ja
14	2,8	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy-	2785-89-9		(*)	nein nein
15	2,6	Benzofuran, 2-methyl-	4265-25-2		(*)	nein nein
16	2,5	Cyclopropane, tetramethylmethylene-	54376-39-5		(*)	nein nein
17	2,3	Xylene	106-42-3	1307	Xn	440 ja ja
18	2,0	Naphthalene, 1-methyl-	90-12-0		Xn	ja ja
19	2,0	Benzaldehyde	100-52-7	1990	Xn	ja ja
20	1,3	2-Furancarboxaldehyde	98-01-1	1199	T	ja ja
21	1,1	Pyridine	110-86-1	1282	F Xn	15 ja ja
22	0,6	2,5-Dihydroxypropiophenone	938-46-5		(*)	nein nein

Tabelle 9: Versuche

Erdreichgemisch, Analysen-Nr. 181

No.	Area%	Substance	CAS-No.	UN-No.	Gef.Symb.	MAK [mg/m ³] in GefStoffV	in CHEMIS
1	95,5	Octane, 3,5-dimethyl-	15869-93-9		(*)	nein	nein
		Dodecan	112-40-3		(*)	nein	ja
2	2,4	1-Octanol, 2,7-dimethyl-	15250-22-3		(*)	nein	nein
3	0,9	Isooctane, (ethenyloxy)-	37769-62-3		(*)	nein	nein
4	0,5	Alkan					
5	0,3	Naphthalene	91-20-3	1334	Xn	ja	ja
6	0,2	Benzene, 1,3-dichloro-	541-73-1	1610	Xn N	ja	ja
7	0,1	p-Xylene	106-42-3	1307	Xn	440	ja
8	0,1	Tetrachloroethylene	127-18-4	1897	Xn N	ja	ja

Tabelle 9: Versuche

Erdreichgemisch, Analysen-Nr. 183

No.	Area%	Substance	CAS-No.	UN-No.	Gef.Symb.	MAK [mg/m ³]	in GefStoffV	in CHEMIS
1	37,1	1-Octanol, 2,7-dimethyl-	15250-22-3		(*)		nein	nein
2	20,9	1-Decanol, 2-ethyl-	21078-65-9		(*)		nein	nein
3	12,9	Octadecane, 6-methyl-	10544-96-4		(*)		nein	nein
4	12,2	Alkan						
5	5,4	ANTHRACENE	120-12-7		Xn		ja	ja
6	3,6	NAPHTHALENE	91-20-3	1334	Xn		ja	ja
7	1,3	ETHYLBENZENE	100-41-4	1175	F Xn	440	ja	ja
8	1,2	Decane, 1-chloro-	1002-69-3		(*)		nein	ja
9	1,1	Naphthalene, 1-methyl-	90-12-0		Xn		ja	ja
10	0,8	BENZALDEHYDE	100-52-7	1990	Xn		ja	ja
11	0,6	Styrene	100-42-5	2055	Xn	85	ja	ja
12	0,3	Benzene	71-43-2	1114	F T		ja	ja

Tabelle 9: Versuche

PUR (kalt), Analysen-Nr. 493									
No.	Area%	Substance	CAS-No.	UN-No.	Gef.Symb.	MAK [mg/m ³]	in GefStoffV	in CHEMIS	
1	92,4	TRICHLOROMONOFLUOROMETHANE	75-69-4	1017	Xn	5600	ja	ja	
2	4,7	ETHANE, 1,2-DICHLORO-	107-06-2	1184	F T		ja	ja	
3	0,7	Dichlorodifluoromethane	75-71-8	1028		5000	ja	ja	
4	0,6	2-Propanol, 1-chloro-	127-00-4	2572	Xn		ja	ja	
5	0,3	Toluene	108-88-3	1294	F Xn	190	ja	ja	
6	0,2	BENZENE, METHYL(1-METHYLETHENYL)-	26444-18-8		(*)		nein	nein	
7	0,1	Cyclohexene	110-83-8	2256	F Xi	1015	ja	ja	

Tabelle 9: Versuche

PUR (100 grd C), Analysen-Nr. 491									
No.	Area%	Substance	CAS-No.	UN-No.	Gef.Symb.	MAK [mg/m ³]	in GefStoffV	in CHEMIS	
1	52,0	TRICHLOROMONOFUOROMETHANE	75-69-4	1017	Xn	5600	ja	ja	
2	18,1	BENZENE, METHYL(1-METHYLETHENYL)-	26444-18-8		(*)		nein	nein	
3	5,4	Tri(2-chloroethyl) phosphate	115-96-8	2810	Xn		ja	ja	
4	2,9	TOLUENE	108-88-3	1294	F Xn	190	ja	ja	
5	2,3	Ethane, 1,2-Dichloro-	107-06-2	1184	F T		ja	ja	
6	1,8	o-Isopropenyltoluene	7399-49-7		(*)		nein	nein	
7	1,6	BENZENE, 1,2-DIMETHYL-	95-47-6	1307	Xn	440	ja	ja	
8	1,5	Phenol, m-tert-butyl-	585-34-2	2430	(*)		nein	ja	
9	1,1	HEPTADECANE	629-78-7		(*)		nein	ja	
10	1,0	3-Buten-2-one, 4-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)-, (E)-	79-77-6		(*)		nein	ja	
11	0,8	PENTADECANE	629-62-9		(*)		nein	ja	
12	0,8	Ethanone, 1-(methylphenyl)-	26444-19-9		(*)		nein	nein	
13	0,2	Dichlorodifluoromethane	75-71-8	1028		5000	ja	ja	
14	0,1	S-DICHLOROETHYL ETHER	111-44-4	1916	T+	60	ja	ja	

Tabelle 9: Versuche

PUR (150 grd C), Analysen-Nr. 499

No.	Area%	Substance	CAS-No.	UN-No.	Gef.Symb.	MAK [mg/m ³]	in GefStoffV	in CHEMIS
1	45,1	BENZENE, METHYL(1-METHYLETHENYL)-	26444-18-8		(*)		nein	nein
2	33,2	Tri(2-chloroethyl) phosphate	115-96-8	2810	Xn		ja	ja
3	4,1	TRICHLOROMONOFUOROMETHANE	75-69-4	1017	Xn	5600	ja	ja
4	3,2	Ethane, 1,2-Dichloro-	107-06-2	1184	F T		ja	ja
5	3,0	TOLUENE	108-88-3	1294	F Xn	190	ja	ja
6	2,5	3-Buten-2-one, 4-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)-, (E)-	79-77-6		(*)		nein	ja
7	1,2	Ethanone, 1-(methylphenyl)-	26444-19-9		(*)		nein	nein
8	0,6	S-DICHLOROETHYL ETHER	111-44-4	1916	T+	60	ja	ja
9	0,5	BENZENE, CHLORO-	108-90-7	1134	Xn N	46	ja	ja
10	0,4	1H-Pyrazole, 1-phenyl-	1126-00-7		(*)		nein	ja
11	0,3	Benzene, 1-bromo-4-chloro-	106-39-8				nein	ja
12	0,2	1,9-Decadiyne	1720-38-3		(*)		nein	nein
13	0,2	Xylene	106-42-3	1307	Xn	440	ja	ja
14	0,2	Benzene, bis(1-methylethyl)-	25321-09-9	3082	(*)		nein	ja
15	0,2	Benzene, 2-ethenyl-1,3,5-trimethyl-	769-25-5		(*)		nein	nein
16	0,2	2-Butoxyethyl acetate	112-07-2	2810	Xn	135	ja	ja
17	0,2	1,4-DIOXANE	123-91-1	1165	F Xn	72	ja	ja

Tabelle 9: Versuche

PUR (200 grd C), Analysen-Nr. 547

No.	Area%	Substance	CAS-No.	UN-No.	Gef.Symb.	MAK [mg/m ³]	in GefStoffV	in CHEMIS
1	18,5	Ethane, 1,2-Dichloro-	107-06-2	1184	F T		ja	ja
2	11,5	Butylated Hydroxytoluene	128-37-0	2430	Xn		ja	ja
3	9,3	5-Isoquinolinamine	1125-60-6		(*)		nein	ja
4	7,8	BENZENE, METHYL(1-METHYLETHENYL)-	26444-18-8		(*)		nein	nein
5	6,2	Benzene, 1-ethenyl-3-ethyl-	7525-62-4		(*)		nein	nein
6	4,6	Tri(2-chloroethyl) phosphate	115-96-8	2810	Xn		ja	ja
7	2,6	TRICHLOROMONOFUOROMETHANE	75-69-4	1017	Xn	5600	ja	ja
8	2,5	1,8-Naphthyridine, 2,6-dimethyl-	1199-13-9		(*)		nein	nein
9	2,2	2-Propanol, 1-chloro-	127-00-4	2572	Xn		ja	ja
10	2,2	Toluene	108-88-3	1294	F Xn	190	ja	ja
11	1,9	TRIETHYLAMINE	121-44-8	1296	F C	4,2	ja	ja
12	1,6	Ethanone, 1-(4-methylphenyl)-	122-00-9		(*)		nein	ja
13	1,3	1,3,5-Cycloheptatriene, 2,3,4,5,7,7-hexamethyl-	74779-68-3		(*)		nein	nein
14	0,9	2-Propanol, 1-(1-methylpropoxy)-	53907-95-2		(*)		nein	nein
15	0,8	Xylene	106-42-3	1307	Xn	440	ja	ja
16	0,7	1,4-Dioxane, 2,5-dimethyl-	15176-21-3		(*)		nein	nein
17	0,4	S-DICHLOROETHYL ETHER	111-44-4	1916	T+	60	ja	ja
18	0,4	Cyclohexanone	108-94-1	1915	Xn		ja	ja
19	0,4	BENZENE, 1,2-DIMETHYL-	95-47-6	1307	Xn	440	ja	ja
20	0,2	Naphthalene	91-20-3	1334	Xn		ja	ja
21	0,2	1H-Indene, 2,3-dihydro-1,6-dimethyl-	17059-48-2		(*)		nein	nein
22	0,1	BENZENE, CHLORO-	108-90-7	1134	Xn N	46	ja	ja

Tabelle 9: Versuche

PUR (250 grd C), Analysen-Nr. 501

No.	Area%	Substance	CAS-No.	UN-No.	Gef.Symb.	MAK [mg/m ³]	in GefStoffV	in CHEMIS
1	18,0	Aniline	62-53-3	1547	T N	8	ja	ja
2	6,7	Benzenamine, N-propyl-	622-80-0		(*)		nein	nein
3	6,6	Benzenamine, N-butyl-	1126-78-9	2738	(*)		nein	ja
4	5,1	2-Propanol, 1-chloro-	127-00-4	2572	Xn		ja	ja
5	3,9	Aniline, N-methyl-	100-61-8	2294	T N	2	ja	ja
6	3,7	1,8-Naphthyridine, 3,6-dimethyl-	1199-13-9		(*)		nein	nein
7	3,6	ETHANE, 1,2-DICHLORO-	107-06-2	1184	F T		ja	ja
8	2,4	1,4-Dioxane, 2,5-dimethyl-	15176-21-3		(*)		nein	nein
9	2,3	BENZENE, METHYL(1-METHYLETHENYL)-	26444-18-8		(*)		nein	nein
10	1,5	2-Propanol, 1,1'-oxybis-	110-98-5		(*)		nein	ja
11	1,5	Benzenamine, N-ethyl-	103-69-5	2272	T		ja	ja
12	1,3	Xylene	106-42-3	1307	Xn	440	ja	ja
13	0,9	(S)-(+)-2-Chloro-1-propanol	19210-21-0		(*)		nein	nein
14	0,7	Benzenamine, N-ethyl-3-methyl-	102-27-2	2754	T		ja	ja
15	0,7	1,3-Dioxane	505-22-6		F Xn		ja	ja
16	0,7	Hydrazine, 1-ethyl-1-phenyl-	644-21-3		(*)		nein	nein
17	0,5	1,8-Naphthyridine, 2,7-dimethyl-	14903-78-7		(*)		nein	nein
18	0,4	Acetone	67-64-1	1090	F	1200	ja	ja
19	0,4	ISOQUINOLINE	119-65-3	2810	Xn		ja	ja
20	0,4	TRICHLOROMONOFUOROMETHANE	75-69-4	1017	Xn	5600	ja	ja
21	0,4	Toluene	108-88-3	1294	F Xn	190	ja	ja
22	0,4	E-2-Benzylidenecyclohexanone	1467-15-8		(*)		nein	nein
23	0,2	Tri(2-chloroethyl) phosphate	115-96-8	2810	Xn		ja	ja
24	0,1	Methane, dichlorofluoro-	75-43-4	1029		45	ja	ja
25	0,1	Propane, 1,3-Dichloro-	142-28-9	1105	F Xn		ja	ja

Tabelle 9: Versuche

PUR-Schaumstoff (Thermoanalyse), Analysen-Nr. 173

No.	Area%	Substance	CAS-No.	UN-No.	Gef.Symb.	MAK [mg/m ³]	in GefStoffV	in CHEMIS
1	22,1	Benzene, 1,3-diisocyanato-2-methyl-	91-08-7	2078	T	0,07	ja	ja
2	9,0	ACETONE	67-64-1	1090	F	1200	ja	ja
3	6,2	BENZONITRILE	100-47-0	2224	Xn		ja	ja
4	4,5	1-Decanol, 2-ethyl-	21078-65-9		(*)		nein	nein
5	3,4	N-PROPYL ACETATE	109-60-4	1276	F	840	ja	ja
6	3,1	Cyclohexanone	108-94-1	1915	Xn		ja	ja
7	2,8	Acetic acid ethenyl ester	108-05-4	1301	F	35	ja	ja
8	2,5	1,3-Dioxane, 2-methyl-	626-68-6		(*)		nein	nein
9	1,8	Dodecane	112-40-3		(*)		nein	ja
10	1,8	1-Undecene, 4-methyl-	74630-39-0		(*)		nein	nein
11	1,2	BENZENE, 1,2-DIMETHYL-	95-47-6	1307	Xn	440	ja	ja
12	1,1	Benzoyl chloride, 4-(1,1-dimethylethyl)-	1710-98-1		(*)		nein	ja
13	1,1	Decane, 1-chloro-	1002-69-3		(*)		nein	ja
14	1,0	Ethene, (2-methoxyethoxy)-	1663-35-0		(*)		nein	nein
15	0,9	Naphthalene, 1-methyl-	90-12-0		Xn		ja	ja
16	0,9	BENZOPHENONE	119-61-9		(*)		nein	ja
17	0,9	Naphthalene	91-20-3	1334	Xn		ja	ja
18	0,9	2-Propanol, 1-chloro-	127-00-4	2572	Xn		ja	ja
19	0,8	Pentadecane	629-62-9		(*)		nein	ja
20	0,8	Dibenzofuran	132-64-9				ja	ja
21	0,8	Cyclohexane, 2-propenyl-	2114-42-3		(*)		nein	nein
22	0,6	BENZALDEHYDE	100-52-7	1990	Xn		ja	ja
23	0,4	3-Hexanol, 2,4-dimethyl-	13432-25-2		(*)		nein	nein
24	0,4	Glycidol	556-52-5	2622	T	150	ja	ja

Tabelle 9: Versuche

PUR-Schaumstoff (Thermoanalyse), Analysen-Nr. 176

No.	Area%	Substance	CAS-No.	UN-No.	Gef.Symb.	MAK [mg/m ³]	in GefStoffV	in CHEMIS
1	35,4	Benzen, 1,3-diisocyanato-2-methyl	91-08-7	2078	T	0,07	ja	ja
2	5,4	Benzaldehyd	100-52-7	1990	Xn		ja	ja
3	4,2	1,2-Ethandiol, diacetate	111-55-7	2786	(*)		nein	ja
4	4,1	Cyclohexanone	108-94-1	1915	Xn		ja	ja
5	2,7	1,4-Dioxan, dimethyl-	25136-55-4	2707	(*)		nein	ja
6	1,6	Acetic acid, methyl ester	79-20-9	1231	F	610	ja	ja
7	1,4	ACETIC ACID	64-19-7	2789	C	25	ja	ja
8	1,1	1,4-Dioxane, 2,6-dimethyl-	10138-17-7		(*)		nein	nein
9	1,1	Propanal, 3-ethoxy-	2806-85-1		(*)		nein	nein
10	1,0	Butane	106-97-8	1011	F+	2350	ja	ja
11	0,9	BENZENE, 1,2-DIMETHYL-	95-47-6	1307	Xn	440	ja	ja
12	0,9	1,3-Dioxane, 4-methyl-	1120-97-4		(*)		nein	ja
13	0,8	Butanoic acid, 3-hydroxy-, butyl ester	53605-94-0		(*)		nein	nein
14	0,6	1,3-Dioxolane-4-methanol	86687-05-0		(*)		nein	nein
15	0,5	METHYL ISOBUTYL KETONE	108-10-1	1245	F	82	ja	ja
16	0,4	Glycidol	556-52-5	2622	T	150	ja	ja

Tabelle 9: Versuche

PUR-Schaumstoff (Kleinbrand), Analysen-Nr. 197

No.	Area%	Substance	CAS-No.	UN-No.	Gef.Symb.	MAK [mg/m ³]	in GefStoffV	in CHEMIS
1	89,0	Benzene, 1,3-diisocyanato-2-methyl-	91-08-7	2078	T	0,07	ja	ja
2	3,9	BENZONITRILE	100-47-0	2224	Xn		ja	ja
3	2,5	2-Benzoxazolamine, N-methyl-	19776-98-8		(*)		nein	nein
4	0,8	BENZENE, 1-ISOCYANATO-2-METHYL-	614-68-6	2206	(*)		nein	ja
5	0,5	DIBENZOFURAN	132-64-9				ja	ja
6	0,4	1H-BENZIMIDAZOLE	51-17-2				ja	ja
7	0,4	NAPHTHALENE	91-20-3	1334	Xn		ja	ja
8	0,2	ACETONE	67-64-1	1090	F	1200	ja	ja
9	0,2	BENZENE	71-43-2	1114	F T		ja	ja
10	0,2	Naphthalene, 1-methyl-	90-12-0		Xn		ja	ja
11	0,1	BENZENE, ISOCYANATO-	103-71-9	2487	T+	0,1	ja	ja
12	0,1	Benzene, (1-methylethyl)-	98-82-8	1918	Xi	245	ja	ja

Tabelle 9: Versuche

Vlies (Thermoanalyse), Analysen-Nr. 184

No.	Area%	Substance	CAS-No.	UN-No.	Gef.Symb.	MAK [mg/m ³]	in GefStoffV	in CHEMIS
1	47,6	BENZOIC ACID	65-85-0		Xi		ja	ja
2	6,0	Phenol, 3-methyl-4-(methylthio)-	3120-74-9		(*)		nein	ja
3	5,3	1H-Indol-2-ol, 2,3-dihydro-5-methoxy-1-methyl-	56588-19-3		(*)		nein	nein
4	3,9	BENZONITRILE	100-47-0	2224	Xn		ja	ja
5	2,7	2-Acetylbenzoic acid	577-56-0		(*)		nein	ja
6	2,1	Cyclohexanone	108-94-1	1915	Xn		ja	ja
7	1,4	Benzeneacetic acid, alpha.-oxo-, methyl ester	15206-55-0		(*)		nein	ja
8	1,0	Tetradecane, 1-chloro-	2425-54-9		(*)		nein	ja
9	1,0	n-propyl benzoate	2315-68-6		(*)		nein	ja
10	0,9	BENZENE, 1,2-DIMETHYL-	95-47-6	1307	Xn	440	ja	ja
11	0,8	Decane, 1-chloro-	1002-69-3		(*)		nein	ja
12	0,7	BENZALDEHYDE	100-52-7	1990	Xn		ja	ja
13	0,6	Naphthalene	91-20-3	1334	Xn		ja	ja
14	0,5	Terephthalic acid, methyl vinyl ester	4091-02-5		(*)		nein	nein
15	0,4	Naphthalene, 1-methyl-	90-12-0		Xn		ja	ja
16	0,3	Phenol	108-95-2	1671	T	19	ja	ja
17	0,3	Benzene, (3,3-dimethylbutyl)-	17314-92-0		(*)		nein	nein
18	0,3	Ethyl 4-acetylbenzoate	38430-55-6		(*)		nein	nein
19	0,3	2-Propenoyl chloride, 3-phenyl-	102-92-1		(*)		nein	ja
20	0,2	Styrene	100-42-5	2055	Xn		ja	ja
21	0,2	Malic Acid	6915-15-7		(*)		nein	ja
22	0,2	Dibenzofuran	132-64-9				ja	ja

Tabelle 9: Versuche

Vlies (Thermoanalyse), Analysen-Nr. 178

No.	Area%	Substance	CAS-No.	UN-No.	Gef.Symb.	MAK [mg/m ³]	in GefStoffV	in CHEMIS
1	65,5	BENZOIC ACID	65-85-0		Xi		ja	ja
2	3,8	Benzoyl chloride	98-88-4	1736	C		ja	ja
3	3,8	1H-Indol-2-ol, 2,3-dihydro-5-methoxy-1-methyl-	56588-19-3		(*)		nein	nein
4	3,0	BENZONITRILE	100-47-0	2224	Xn		ja	ja
5	2,7	Decane	124-18-5	2247			ja	ja
6	2,2	1,4-Benzenedicarboxylic acid, methyl ester	39379-10-7		(*)		nein	nein
7	2,1	Xylene	106-42-3	1307	Xn	440	ja	ja
8	1,6	Decane, 1-chloro-	1002-69-3		(*)		nein	ja
9	1,4	Phenol, 3-methyl-4-(methylthio)-	3120-74-9		(*)		nein	ja
10	1,1	Cyclohexene, 1-methyl-5-(1-methylethenyl)-	13898-73-2		(*)		nein	nein
11	1,0	Diphenyl ether	101-84-8	3077	Xi	7	ja	ja
12	1,0	Cyclohexanone	108-94-1	1915	Xn		ja	ja
13	0,8	Malic Acid	6915-15-7		(*)		nein	ja
14	0,8	DIBENZOFURAN	132-64-9				ja	ja
15	0,7	BENZALDEHYDE	100-52-7	1990	Xn		ja	ja
16	0,5	BENZENE	71-43-2	1114	F T		ja	ja
17	0,5	TOLUENE	108-88-3	1294	F Xn	190	ja	ja
18	0,5	Naphthalene, 1-methyl-	90-12-0		Xn		ja	ja
19	0,4	Styrene	100-42-5	2055	Xn	85	ja	ja
20	0,3	DIMETHYL ETHER	115-10-6	1033	F+	1910	ja	ja

Tabelle 9: Versuche

Vlies (Kleinbrand), Analysen-Nr. 201

No.	Area%	Substance	CAS-Nr.	UN-Nr.	Gef.Symb.	MAK [mg/m ³]	in GefStoffV	in CHEMIS
1	29,0	BENZOIC ACID	65-85-0		Xi		ja	ja
2	14,1	Benzene	71-43-2	1114	F T		ja	ja
3	14,7	Benzoyl chloride	98-88-4	1736	C		ja	ja
4	10,9	Oxirane, phenyl-	96-09-3	1760	T		ja	ja
5	5,1	Biphenyl	92-52-4	3077	Xi		ja	ja
6	4,8	NAPHTHALENE	91-20-3	1334	Xn		ja	ja
7	4,5	Dibutyl phthalat	84-74-2	2995	Xn		ja	ja
8	4,2	TOLUENE	108-88-3	1294	F Xn	190	ja	ja
9	3,4	Styrene	100-42-5	2055	Xn		ja	ja
10	3,2	Phenol	108-95-2	1671	T	19	ja	ja

Tabelle 9: Versuche

Stoff (Thermoanalyse), Analysen-Nr. 186

No.	Area%	Substance	CAS-No.	UN-No.	Gef.Symb.	MAK [mg/m ³]	in GefStoffV	in CHEMIS
1	48,3	2-Furanmethanol	98-00-0	2874	Xn	40	ja	ja
2	17,1	Undecanal	112-44-7		(*)		nein	nein
3	4,3	Heptanal	111-71-7	3056	Xi		ja	ja
4	3,5	Nonanoic acid	112-05-0	3265	C		ja	ja
5	2,4	2-FURANCARBOXALDEHYDE	98-01-1	1199	T		ja	ja
6	2,3	BENZONITRILE	100-47-0	2224	Xn		ja	ja
7	1,7	CYCLOHEXANONE	108-94-1	1915	Xn		ja	ja
8	1,5	Phenol, 3-methyl-4-(methylthio)-	3120-74-9		(*)		nein	ja
9	0,6	NONANE	111-84-2	1920			ja	ja
10	0,4	ETHANONE, 1-(2-FURANYL)-	1192-62-7	2811			ja	ja
11	0,4	BENZOIC ACID	65-85-0		Xi		ja	ja
12	0,4	ETHYLBENZENE	100-41-4	1175	F Xn	440	ja	ja
13	0,3	BENZALDEHYDE	100-52-7	1990	Xn		ja	ja
14	0,1	Phenol	108-95-2	1671	T	19	ja	ja
15	0,1	Xylene	106-42-3	1307	Xn	440	ja	ja
16	0,1	2-Cyclopentene-1,4-dione	930-60-9		(*)		nein	nein
17	0,1	Benzyl alcohol	100-51-6	2810	Xn		ja	ja
18	0,1	CYCLOPENTANONE	120-92-3	2245	Xi		ja	ja
19	0,1	1,3-Benzenedicarbonitrile	626-17-5		Xn		ja	ja
20	0,1	BENZOPHENONE	119-61-9		(*)		nein	ja

Tabelle 9: Versuche

Stoff (Kleinbrand), Analysen-Nr. 203

No.	Area%	Substance	CAS-No.	UN-No.	Gef.Symb.	MAK [mg/m ³]	in GefStoffV	in CHEMIS
1	44,943	2-Furanmethanol	98-00-0	2874	Xn	40	ja	ja
2	6,1596	Cyclohexanon, 2-isopropyl-2,5-dimethyl-	20144-44-9		(*)			
3	4,7823	Undecanal	112-44-7		(*)		nein	nein
4	4,3617	2-FURANCARBOXALDEHYDE	98-01-1	1199	T		ja	ja
5	3,381	Benzene	71-43-2	1114	F T		ja	ja
6	3,3043	1-Nonene	124-11-8				ja	ja
7	3,2768	Benzonitrile	100-47-0	2224	Xn		ja	ja
8	3,017	NAPHTHALENE	91-20-3	1334	Xn		ja	ja
9	2,9408	TOLUENE	108-88-3		F Xn	190	ja	ja
10	2,7443	STYRENE	100-42-5		Xn	85	ja	ja
11	2,6203	2(5H)-Furanone	497-23-4		(*)		nein	ja
12	2,0025	Benzaldehyde	100-52-7	1990	Xn		ja	ja
13	1,6541	Benzoyl chloride	98-88-4	1736	C		ja	ja
14	1,6123	1-Hexanethiol, 2-ethyl-	7341-17-5		(*)		nein	nein
15	1,4507	BENZOFURAN	271-89-6	1993	(*)		nein	ja
16	1,3573	Acetone	67-64-1	1090	F	1200	ja	ja
17	1,1366	2,5-Furandione, dihydro-3-methyl-	4100-80-5		(*)		nein	nein
18	1,0344	Carbon disulfide	75-15-0	1131	F T	16	ja	ja
19	0,9385	CYCLOHEXANONE	108-94-1	1915	Xn		ja	ja
20	0,9245	Phenol	108-95-2	1671	T	19	ja	ja
21	0,8494	FURAN, 2-METHYL-	534-22-5	2301	F Xn		ja	ja
22	0,8231	Benzofuran, 2-methyl-	4265-25-2		(*)		nein	nein
23	0,7311	BIPHENYL	92-52-4	3077	Xi N	1	ja	ja
24	0,6323	ACETOPHENONE	98-86-2		Xn		ja	ja
25	0,5451	2-Hexyne	764-35-2		(*)		nein	ja