

Technische Universität Hamburg-Harburg
Arbeitsbereich Messtechnik
21079 Hamburg

Task Force für die Schnellanalytik bei großen Chemieunfällen und Bränden

Auftrags-Nr.
1028/98-BZS-XA2

Abschlussdatum
02/2001

Autoren:
Matz, Gerhard
Schillings, Alfred
Rechenbach, Peer

Anmerkung:

Dieser Bericht ist vom AN im Auftrag der Bundesrepublik Deutschland im Rahmen des Vorhabens „Task Force für die Schnellanalytik bei großen Chemieunfällen und Bränden“ erstellt worden. Die Verantwortung für den Inhalt liegt allein bei den Autoren. Insbesondere gibt dieser Bericht die Meinung und Auffassung des Auftragnehmers wieder und muss nicht mit der Meinung der Auftraggeberin übereinstimmen.

Inhalt

1	Einleitung	8
1.1	Ausgangssituation	8
1.2	Ziel des Projektes	10
1.3	Stoffauswahl	11
1.4	Kooperation	11
2	Einsatzszenarien	12
2.1	Chemieunfall in einem Industriebetrieb.....	12
2.2	Transportunfall.....	14
2.3	Bersten eines Transportbehälters	16
2.4	Brand.....	17
2.5	Naturereignisse	18
2.6	Schadstofffreisetzung infolge von Terroranschlägen oder Kriegshandlungen	22
3	Auswertung bestehender Techniken	26
3.1	Fragebogenaktion.....	26
3.1.1	Auswertung der Fragebogenaktion	27
3.2	Einsatztaktik.....	38
3.2.1	Regelwerke und Dienstvorschriften.....	38
3.2.2	Messkonzepte.....	38
3.3	Kommunikationsmittel	39
3.4	Messtechniken	40
3.4.1	Grundsätze zur Auswahl der geeigneten Messverfahren	40
3.4.2	Ausstattung bei ausgewählten Feuerwehren	42
3.4.3	Regionale Besonderheiten der genannten Feuerwehren	43
3.4.4	Bewertung verfügbarer Messtechniken und -verfahren.....	47
3.4.5	Prüfröhrchen	47
3.4.6	Explosionsgrenzenmessgeräte	49
3.4.7	Geräte für das Monitoring.....	49
3.4.8	Geräte für die Ferndetektion von Gefahrstoffwolken	52
3.4.9	Geräte für die Identifizierung im Gemisch	53
3.4.10	Probenahmeverfahren GC-MS.....	56
3.4.11	Analyse von Schwermetallen.....	60
3.4.12	Trends in der Analysentechnik	62
3.5	Softwaresysteme	62
3.5.1	Gefahrstoffdatenbanken.....	62
3.5.2	Internet Ressourcen.....	65
3.5.3	Ausbreitungsprogramme, Expertensysteme, Managementsysteme, und GEO-Informationssysteme (GIS).....	67
4	Analytische Task Force (ATF)	71
4.1	Aufgaben der ATF	71
4.2	Grundlagen.....	71
4.2.1	Vorhandene Taktische Regeln	72
4.3	Grundsätzliches Einsatzkonzept	72
4.4	Funktionsbereiche in der ATF	73
4.4.1	Leiter der ATF (Chief officer).....	75
4.4.2	Einsatzleiter der ATF (chief officer in charge).....	75
4.4.3	Communication-, Control- and Coordination-Center (CCC).....	75
4.4.4	Einsatzleitung der ATF (OSOCC).....	76
4.4.5	System-Operatoren	76
4.4.6	Einsatzlenkung der Spür- und Messtrupps.....	77

4.4.7	Fachberater.....	77
4.4.8	Informationen von bestimmten Institutionen.....	77
4.4.9	Externe Fachberater (Off-Site-Specialist).....	78
4.4.10	Interne Fachberater (On-Site-Specialist).....	78
4.5	Gefahrenanalyse.....	78
4.5.1	Besondere Risiken und Gefahren.....	79
4.5.2	Anlagen und Einrichtungen.....	79
4.5.3	Brandrauch und Pyrolyseprodukte.....	80
4.5.4	Besondere Erscheinungsformen.....	82
4.5.5	Freigesetzte Stoffe und deren Reaktionsprodukte.....	82
4.6	Einsatzszenarien.....	83
4.7	Beurteilung der Gefahren.....	83
4.8	Grundanforderungen für den Einsatz.....	84
4.9	Persönlicher Schutz der Einsatzkräfte.....	84
4.10	Grundausrüstung der ATF.....	85
4.11	Einsatz der ATF.....	86
4.11.1	Anforderung und Alarmierung.....	88
4.12	Maßnahmen des CCC.....	88
4.13	Einsatz der operativen Einheit der ATF.....	97
4.13.1	Grundlegende Maßnahmen der ATF während der Anfahrt.....	97
4.13.2	Grundlegende Einsatzmaßnahmen der ATF am Schadensort.....	98
4.13.3	Detektion von Gefahrstoffen.....	99
4.13.4	Identifizierung mit GC-MS.....	100
4.13.5	Fernerkundung mit FTIR.....	103
1.1.6	Monitoring mit GDA.....	110
1.1.7	Taktik der Spürtrupps.....	114
Anschluss von Experten.....		119
1.1.8	Datenfernübertragung zum Experten.....	119
4.13.9	Experte Analytik.....	123
4.13.10	Experte Toxikologie/Notfallmedizin.....	132
4.13.11	Lagedarstellung.....	136
5	Konzept für ein Expertensystem.....	137
5.1	Allgemeine Anforderungen.....	137
5.2	Komponenten eines Expertensystems.....	137
6	Planspiele und Demonstration der ATF.....	144
6.1	Planspiele.....	144
6.1.1	Ergebnisse der Planspiele.....	144
6.2	Demonstration der ATF.....	146
6.2.1	Einweisung.....	146
6.2.2	Schadenseintritt.....	146
6.2.3	Ausgangslage.....	146
6.2.4	Maßnahmen des Coordination-, Controll- und Kommunikation-Centres.....	148
6.2.5	Einsatz der ATF am Schadensort.....	149
7	Schlussbemerkung und Ausblick.....	151
7.1	Installation einer Analytischen Task Force.....	151
7.1.1	Nutzung bestehender Strukturen.....	152
7.1.2	Mögliche Standorte von operativen Einheiten.....	153
7.1.3	Unterstützung im Großschadensfall.....	153
7.1.4	Expertenteam.....	154
7.1.5	Diskussions-Foren und Workshops.....	154
7.1.6	Ausrüstung.....	154
7.1.7	Euro-Task-Force.....	155

8	Literatur- und Quellenverzeichnis	157
9	Anhang.....	168

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Trotz gesteigerter sicherheitstechnischer Vorkehrungen kommt es bei der Produktion, dem Transport sowie der Verarbeitung von Chemikalien immer wieder zu ungewollten Schadstofffreisetzungen [1]. Weiterhin ist die Freisetzung von hoch toxischen Substanzen als Folge von Kriegshandlungen, Terroranschlägen oder Sabotage nicht ausgeschlossen. Verschiedene Studien und Datensammlungen beschäftigen sich mit den Auswirkungen größerer Chemieunfälle [2,3,4,5,6,7,8,9,10,11]. Beispiele aus der Vergangenheit, wie z.B. die Katastrophe in Bhopal (I, 1984), der Großbrand bei Schweizerhalle (CH, 1986), die Kriegseinflüsse in Jugoslawien (1999) oder der Untergang des Chemikalien-Tankers "IEVOLI SUN" (F, 2000) belegen, dass die Bedrohung des Menschen und der Umwelt durch sogenannte „C-Gefahren“ ein aktuelles Thema darstellt. Besonders die Gefährdung durch chemische Kampfstoffe wird aufgrund ihrer relativ einfachen Herstellung im Bereich des Zivilschutzes seit dem Terroranschlag in der U-Bahn von Tokio (J, 1995) verstärkt diskutiert [12]. Die möglichst schnelle Bereitstellung moderner Analysetechnik und der Anschluss an ein unabhängiges Team von Experten ist erforderlich, um die für die Beurteilung der Schadenslage erforderlichen Stoffinformationen zu erhalten, das Ausmaß der Schadstofffreisetzung bewerten und Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung sowie der Einsatzkräfte einleiten zu können.

Im Prinzip ist bei unkontrollierten Reaktionen mit Schadstofffreisetzung mit einer kaum überschaubaren Anzahl von verschiedenen Stoffen zu rechnen. Im Chemical Abstract Service (CAS) der American Chemical Society sind zur Zeit über 16 Millionen organische und anorganische Substanzen (Stoffe mit sogenannter CAS-Nr.) registriert [13]. Nur ein kleiner Teil dieser genannten Stoffe wird in größerem Maßstab hergestellt und transportiert. In verschiedenen Untersuchungen wurden statistische Erhebungen erstellt, welche Stoffe bei bestimmten Schadensereignissen (z. B. Transportunfällen auf der Straße) in welcher Häufigkeit auftreten und welche Mengen dabei durchschnittlich freigesetzt werden. Sofern bei dem Schadensereignis keine Reaktionsprodukte gebildet und freigesetzt werden, erfassen diese Statistiken die freigesetzten Stoffe weitgehend vollständig. Bei Schadensereignissen, bei denen infolge chemischer Prozesse und in Abhängigkeit von verschiedenen Parametern Pyrolyse- und Reaktionsprodukte gebildet werden, sind keine umfassenden Statistiken bekannt. In der Studie „Untersuchungen der Praxisanforderung an die Analytik bei der Bekämpfung großer Chemieunfälle“ [26] sind 149 Chemieunfälle und Brände untersucht worden. Dabei wurden in 19 % der Fälle zunächst unbekannte Stoffe freigesetzt.

Aus verschiedenen Statistiken ist die Häufigkeit der Freisetzung eines bestimmten Stoffes (Freisetzungereignisse) zu entnehmen. Die Gegenüberstellung der Auswertung von Informationen über Stoffe bei Chemieunfällen aus verschiedenen Chemieunfalldatenbanken wurde in einer Studie des amerikanischen „Department of the Environment, Transport and the Regions“ realisiert (Tabelle 1.1 [11]). Sie zeigt, dass bei der Vielzahl von Stoffen, die infolge eines Chemieunfalls freigesetzt werden können, deren sichere Detektion vor-Ort (Identifizierung und Quantifizierung) nur mit einer effektiven Kombination von verschiedenen mobilen Messtechniken zu bewältigen ist.

Bei vielen Chemieunfällen sind Informationen über die freigesetzten Stoffe zunächst nicht vorhanden oder werden aus verschiedensten Gründen (rechtliche, versicherungstechnische, politische) nicht herausgegeben. Als erste Informationsquellen bei Unfällen mit gefährlichen Stoffen dienen in der Praxis häufig einfache Nachschlagewerke wie der GEFÄHRGUTSCHLÜSSEL, die MERKBLÄTTER GEFÄHRLICHE STOFFE, der GEFÄHRGUT-ERSTEINSATZ, die ERI-CARDS oder der HOMMEL sowie Gefahrstoffdatenbanken wie RESY, CHEMIS oder die Datenbank GEFÄHRLICHE STOFFE [14]. Darüber hinaus hat die Verfügbarkeit von Informationen durch das Internet in den letzten Jahren stark zugenommen [15]. Die jeweilige Qualität einzelner Datenquelle im Internet kann jedoch nur von Experten sachgerecht bewertet werden.

Tabelle 1.1: Bei Chemieunfällen beteiligte Stoffe, aus 4 Datenbanken (prozentuale Verteilung, n = Zahl der Ereignisse)

Verbindung	MARS ¹ n = 121	AHE ² n = 6928	UK Feuerwehr ³ n = 521	ASHMIR ⁴ n = 52
Flüssig Petroleum	-	-	2,7	50,5
Methan	-	-	-	10,1
Flüssig Petroleum Gas	-	-	8,1	6,9
Salzsäure	5	3,1	12,7	3,3
Ammoniak	10	3,7	12,5	2,5
Acetylen	-	-	2,7	1,1
Dimethylamin	-	-	-	0,8
Trichlorethylen	-	-	4,4	0,8
Chlor	17	3,5	-	0,8
Xylol	-	-	-	0,6
Salpetersäure	-	1,7	5,2	0,6
Ethylacrylat	-	-	-	0,6
Natriumhydroxid	-	2,6	5,8	0,6
Calciumhypochlorit	-	-	-	0,6
Essigsäure	-	-	1,9	0,6
Schwefelsäure	-	6,5	6,4	0,6
Kerosin	-	-	-	0,6
Polychlorierte Biphenyle	-	23,0	-	-
Toluol	-	1,4	1,9	-
Chlormethan	-	1,4	-	-
Methanol	-	-	4,8	-
Formaldehyd	-	-	4,8	-
Isopropylalkohol	-	-	3,3	-
Perchlorethylen	-	-	3,3	-
Natriumhypochlorit	-	-	2,7	-
Schwefel	-	-	2,5	-
Wasserstoff	9	-	-	-
Phosphorsäure	-	-	2,5	-
Ameisensäure	-	-	2,3	-
Phosphor	-	-	2,1	-
Arsen	-	-	2,1	-
Arsenrichlorid	-	-	1,9	-
Wasserstoffperoxid	-	-	1,9	-
Ammoniumnitrat	4	-	1,9	-
Phenol	-	-	1,9	-
Ethylenoxid	-	6	-	-
Stickoxide	-	6	-	-
Flußsäure	3	-	-	-
sonstige	60	51,5	-	19,2

¹ Drogaris, 1993 [16], ² EPA, 1985 [17], ³ Maclean, 1980 [18], ⁴ Winder et al. 1992 [19]

Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, initiiert aus der Schutzkommission oder Forschungsvorhaben verschiedener Bundesministerien, haben im Bereich von Analytik, Ausbreitungsrechnungen, Toxikologie und Medizin zu einem hohen Stand des Wissens und der Technik geführt. Toxikologische Studien haben zur Aktualisierung der Einsatz-Toleranz-Werte (ETW) [20] sowie zur Erarbeitung der EMERGENCY RESPONSE PLANNING GUIDELINES (ERPG) und ACUTE EXPOSURE GUIDELINE LEVELS (AEGL) geführt. Ausbreitungsmodelle lassen bei bekannten Quellparametern, meteorologischen und topographischen Daten die Vorhersage der zeitlichen und räumlichen Verteilung von gefährlichen Stoffen in der Luft bezüglich der Schadstoffkonzentration in Gebäuden sowie im Gelände zu.

Für das Management bei Katastrophen werden verschiedene rechnergestützte Expertensysteme mit integrierten Modulen zur Ausbreitungsrechnung von Gefahrstoffen, wie z.B. COMPAS®, DISMA®, MET®, und Gefahrstoffdatenbanken von verschiedenen Herstellern bereitgestellt [21]. Die Berliner Feuerwehr entwickelt das geogestützte Feuerwehr-Entscheidungshilfesystems (Geo-FES), das neben Übersichts-, Grund- und Spezialkarten über Komponenten aus DISMA® zur Ausbreitungsrechnung verfügt [22]. Die Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre ist jedoch ein Vorgang, der von einer Vielzahl von Einflussgrößen bestimmt wird [23]. In der Kombination mit der Messtechnik kann die Anwendung von modellbasierten Verfahren zur Abschätzung der Schadstoffausbreitung dazu beitragen, Schadstoffmessungen gezielt durchzuführen.

Zur messtechnischen Erfassung von Gefahrstoffen sind verschiedene einfache Messtechniken zur Detektion und Überwachung (Monitoring) verfügbar. Weiterhin stehen komplexe Techniken zur Analyse von Stoffgemischen zur Verfügung [24,25,26]. Die neuen Erkundungskraftwagen des ABC-Dienstes (ABC-ErkKw) sind mit entsprechenden Geräten zum Messen, Spüren, Melden und Dokumentieren radioaktiver und/oder chemischer Kontaminationen ausgestattet. Das Fahrzeug ist u. a. mit einem Navigationssystem, chemischen Mess-Systemen wie Ionenmobilitätsspektrometer (IMS) und Photoionisationsdetektor (PID) ausgerüstet [27]. Neue Entwicklungen stellen die Gefahrstoff-Detektoren-Arrays (GDA) dar, bei denen verschiedene Sensoren in einem Gerät kombiniert sind und alle Stoffe aus der Liste der Einsatztoleranzwerte (ETW) detektiert werden. Ebenfalls gibt es neue Entwicklungen auf dem Gebiet der Ferndetektion von Gefahrstoffwolken durch die passive Fourier-Transform-Infrarot-Technik [28]. Für diese Technik werden derzeit an der Technischen Universität Hamburg-Harburg (TUHH) Verfahren zur automatischen Identifizierung und Visualisierung von Gefahrstoffwolken entwickelt. Der Einsatz mobiler Massenspektrometer-Technik mit vorgeschaltetem Gaschromatographen (GC-MS-System) ist inzwischen so weit fortgeschritten [29,30], dass sich diese Technik an mehreren Standorten (Marseille, Prag, Frankfurt am Main, Heyrothsberge, Mannheim und Hamburg) zur Gefahrenabwehr im Einsatz befindet. Die Schadstoffunfallbekämpfungs-Schiffe (SUBS) der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung „MELLUM“, „NEUWERK“ und „SCHARHÖRN“ für Nord- und Ostsee sind ebenfalls mit mobiler GC-MS-Technik zur Gefahrstoffdetektion ausgestattet. Neben den Feuerwehren verfügt die Bundeswehr ebenfalls über spezielle Ausrüstungen zur Gefahrstoffdetektion in Form der leistungsgesteigerten Kampfeinheiten „Spürfuchs“ und Fahrzeugen mit Laborausstattung zur ABC-Abwehr [31]. Mit der internationalen Vereinbarung zur Überwachung des Abkommens zum Verbot, der Entwicklung, der Herstellung, der Vorhaltung und Anwendung von Chemiewaffen und ihrer Vernichtung ist die ORGANISATION FOR THE PROHIBITION OF CHEMICAL WEAPONS (OPCW) der VEREINTEN NATIONEN (UN) mit mobilen Massenspektrometern ausgerüstet und wird zu entsprechenden Ad-hoc Inspektionen ausgesendet.

Gerätetechniken wie die GC-MS-Technik oder FTIR-Technik, die aufgrund der hohen Kosten für den allgemeinen Einsatz nicht flächendeckend vorgehalten werden, sowie geeignete rechnergestützte Methoden können nur von entsprechend qualifizierten Spezialisten bedient werden. Selbst bei optimalem Einsatz von Technik und Personal vor-Ort bleiben Fragen bei der Bekämpfung von Chemieunfällen offen, die nur von Experten beantwortet werden können. Um bei der unmittelbaren Gefahrenabwehr sowohl Messtechnik als auch verfügbare Informationsquellen bzw. Expertensysteme optimal einsetzen zu können, sind eine für diesen Fall ausgerüstete und geschulte Schnelleinsatzgruppe, effiziente Messstrategien und ein Team von Experten mit qualifiziertem Sachverstand erforderlich.

1.2 Ziel des Projektes

Ziel des Projektes ist die Erstellung eines Gesamtkonzeptes, das die technische Ausstattung, die Organisationsform und die Einsatztaktik einer Spezialeinsatzgruppe zur Messung und zur Berechnung der Ausbreitung von Gefahrstoffen ganzheitlich zusammenfasst.

Im Projekt „Task Force für die Schnellanalyse bei großen Chemieunfällen und Bränden“ wird ein Konzept für eine mobile Spezialeinsatzgruppe für den „C-Fall“ erarbeitet. Diese Analytische Task Force (ATF) hat beratende Funktion und soll bei Großschadensfällen die Einsatzleitung vor-Ort

unterstützen. Die konkreten Aufgaben liegen im analytischen Bereich und den sich aus den Analysenergebnissen ableitenden medizinisch-toxikologischen Bewertungen und Empfehlungen. Der Aufbau der ATF wird modular gestaltet, um sowohl bestehende Strukturen als auch zukünftige Entwicklungen in ein Gesamtkonzept zu integrieren.

Die Maßnahmen der ATF sind ein wesentliches Mittel zur Erkundung der tatsächlichen Gefahrenlage und deren weiterer Entwicklung. Sie dient der örtlich zuständigen Einsatzleitung bei der Beurteilung der Gefahren für Bevölkerung und Einsatzkräfte (Rettungsdienst, Polizei, Feuerwehr, THW und dgl.) sowie bei der Diagnose und Therapie von verletzten Personen. Nur wenn die Erkenntnisse der ATF so frühzeitig zur Verfügung stehen, dass sie eindeutige Auswirkungen auf die Maßnahmen zur Gefahrenabwehr, zur medizinischen Versorgung der verletzten Personen, zur Information und Warnung der betroffenen Bevölkerung sowie den erforderlichen Schutzmaßnahmen für die Einsatzkräfte hat, können sie sach- und fachgerecht Berücksichtigung finden.

1.3 Stoffauswahl

Die ATF wird im Schadensgebiet mit der gesamten Bandbreite von chemischen Reaktionsprozessen und deren Wechselwirkungen bei der Schadstoffausbreitung konfrontiert. Bei der unüberschaubaren Vielzahl von chemischen Verbindungen und deren möglichen Reaktionen ist es ausgeschlossen, eine allumfassende Vorbereitung bezüglich der analytischen Ausrüstung sowie dem dafür erforderlichen Know-how zu treffen.

Mit dem Entwurf einer vfdb-Richtlinie [32] wurden sogenannte Einsatztoleranzwerte (ETW) für eine Reihe von Stoffen definiert. In den Vereinigten Staaten wurden von der Organization Resources Counselors (ORC) und der American Industrial Hygiene Association (AIHA) sogenannte Emergency Response Planning Guidelines (ERPG) für die Planung der sicherheitstechnischen Maßnahmen bei der Verwendung bestimmter Stoffe herausgegeben. Auf der Grundlage der unterschiedlichen Definitionen [33] der verschiedenen Grenzwerte für gefährliche Stoffe und der Notwendigkeit einheitlicher Betrachtungen im Störfall, wird derzeit international über die Weiterentwicklung diskutiert. Dabei dient als Diskussionsgrundlage die Definition des sogenannten Acute Exposure Guideline Levels (AEGL). Seitens des Europäischen Chemieverbandes (CEFIC) wird über die Einführung des sogenannten Emergency Exposure Indices (EEI) diskutiert. Dabei wird von allen beteiligten Stellen angestrebt, dass die Werte (EEI + AEGL) sowie deren Definitionen kompatibel sind.

Seitens der Feuerwehren (CTIF COMITÉE TECHNIQUE INTERNATIONALE DE PREVENTION ET D'EXTINCTION DU FEU) wird auf internationaler Ebene diskutiert, ob und inwieweit sich bezüglich der notwendigen Maßnahmen zur Gefahrenabwehr einheitliche Standards definieren lassen. Mit dem sogenannten Einsatz-Action-Code (EAC) sollen stufenartige Basismaßnahmen für bestimmte Stoffgruppen einheitlich definiert werden [34].

Derzeit sind im Entwurf der genannten vfdb-Richtlinie Einsatztoleranzwerte für 33 Stoffe definiert. Für 35 Stoffe stehen die ERPG-Werte zur Verfügung. Im Rahmen der genannten internationalen Diskussion sollen mittelfristig AEGL/EEI-Werte für 157 Stoffe erarbeitet werden. Zunächst wurden für ca. 72 Stoffe AEGL-Werte in die Diskussion eingebracht.

Die von den genannten Stellen getroffene Auswahl der Stoffe, die aufgrund ihrer Eigenschaften besondere Risiken bei Störfällen verursachen, muss die Arbeitsgrundlage für die ATF bilden. Auf Basis der in der Störfallkommission geführten Diskussion über Konzentrationsleitwerte [35] und den bisher getroffenen Regelungen der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes (vfdb) wurde deshalb die im Anhang genannte Stoffauswahl (Tabelle 9.1) als Arbeitsgrundlage definiert.

1.4 Kooperation

Der vorliegende Bericht sowie die notwendigen Erprobungen, Tests, Planspiele, Demonstrationen und Untersuchungen wurden in enger Kooperation mit der projektbegleitenden Arbeitsgruppe, der Firma MOBILAB GmbH (Hamburg) und der Feuerwehr Hamburg realisiert.

2 Einsatzszenarien

Um die Funktionsweise der analytischen Task Force bezüglich der

- Anwendung der entwickelten Analysetechnik
- optimalen Einsatztaktik
- Zusammenspiel am Einsatzort

in Planspielen überprüfen und deren Schwachstellen aufzudecken, war es notwendig, entsprechende Einsatzszenarien zu entwickeln. Dazu sind in einem ersten Schritt reale Fälle aus verschiedenen Studien und Datenbanken untersucht und typische auslösende Elemente und Wirkungen zusammengefasst worden. Die Auswertung einer Vielzahl von Ereignissen konnte dahingehend interpretiert werden, dass die folgenden sechs auslösenden Elemente weit überwogen:

- Chemieunfall in einem Industriebetrieb
- Transportunfall (Straße, Schiene, See- oder Binnenwasserstraße, Luftverkehr)
- Bersten eines Behälters oder einer Rohrleitung infolge einer ungewollten chemischen oder physikalischen Reaktion oder Materialfehler
- Brand
- Naturereignis
- Terroranschlag oder Kriegseinwirkungen mit Kampfstoff- oder Schadstofffreisetzung

Diese Szenarien zeigen grundsätzlich folgende Wirkungen:

- direkte Gesundheitsgefährdung von Personen
- Ausbreitung einer Schadstoffwolke
 - Schadstofffreisetzung ohne Reaktionsprodukte
 - Schadstofffreisetzung mit Reaktionsprodukten
- Rauchgaswolke
- Ausbreitung einer Druckwelle
- Flächenkontamination
- Eintrag von Schadstoffen in Gewässer

In einem zweiten Schritt sind Referenzszenarien ausgewählt worden, anhand derer die Planspiele durchgeführt wurden. Die im folgenden aufgestellten Szenarien und Referenzereignisse sollen die auslösenden Elemente und Wirkelemente gleichmäßig abdecken. Eine Übersicht über die Referenzereignisse und die dabei beteiligten Stoffe ist Tabelle 2.1 zu entnehmen.

2.1 *Chemieunfall in einem Industriebetrieb*

Bei einem Chemieunfall kommt es infolge einer Explosion, Bersten eines Behälters oder Rohrleitung, Leckage, oder Sabotage zu einer Freisetzung von Chemikalien. Gegebenenfalls breitet sich eine Schadstoffwolke aus und kann eine Flächenkontamination verursachen.

Referenzereignisse:

- Chemieunfall, Frankfurt-Griesheim (D), 22.02.1993

Infolge eines Bedienungsfehlers in einem Chemiebetrieb wurde eine zunächst unbekannt Substanz (2-Nitroanisol) freigesetzt und kontaminierte eine Fläche von ca. 0,75 km² außerhalb des Werksgeländes (Stadtteile Griesheim, Schwanheim und Goldstein) mit einer klebrigen, gelbbraunen Masse [3]. Das freigesetzte Reaktionsgemisch, ca. 10 t, hatte folgende Inhaltsstoffe (s.a. Tabelle 2.2): 2-Nitroanisol, Dichlorazoxybenzol, 2-Chloranilin, 2-Chlornitrobenzol, o-Anisidin, o-Chloranisol, Natriumformiat, Natronlauge [3,36]. Das Hauptprodukt 2-Nitroanisol wurde in der Frühphase des Unfalls durch die Berufsfeuerwehr Frankfurt/M., die mit einem

mobilen GC-MS-Gerät vor-Ort ist, in Luftproben nachgewiesen [37]. Es folgen umfangreiche Reinigungs- und Sanierungsarbeiten. Unmittelbare Reinigungsaktionen wurden von der Feuerwehr und von Hilfsorganisationen durchgeführt. Wegen der schlechten Löslichkeit des Reaktionsproduktes war die Reinigung problembehaftet. Die Werkfeuerwehr der Hoechst AG stellte einen Absetztank mit Ethanol zur Verfügung. Treppenläufe, Kinderspielplatzgeräte, Straßenschilder, Fassaden u.a. wurden mit ethanolgetränkten Putztüchern gereinigt. Zu den weiteren Sanierungsmaßnahmen gehörten das Abtragen kontaminierter Straßenbeläge, das Abtragen von Erdreich und die Demontage und Erneuerung der Dächer von Gartenhütten. Der Einsatz der Berufsfeuerwehr Frankfurt/M. wurde erst nach 20 Tagen am 13.03.1993 beendet.

Tabelle 2.1: Übersicht zu den beteiligten Stoffen der Referenzereignisse

Szenario	Ref.-Szenario			beteiligte Stoffe	Anm.	Ref.
	Datum	Ort	Nation			
Chemieunfall in einem Industriebetrieb						
	22.03.93	Frankfurt a.M.	D	2-Nitroanisol, Reaktionsprodukte	Tabelle 2.2	[36]
	20.11.87	Hamburg	D	Trichlorpropanon		[38,39]
	20.03.89	Janova	LT	Ammoniak		[40]
Transportunfall						
	16.08.84	Brunnsee	A	Methylbromid		[41]
	15.04.88	Rothenburg	D	Toluoldiisocyanat		
	01.06.96	Schönebeck	D	Vinylchlorid, Chlor, Chlorwasserstoff	200 t	[8,43]
	Jan. 94	„ApronPlus“	NL/D	Metalaxyl, Carboxin, Furathiocarb	-	[30]
	18.07.89	„Oostzee“	D	Epichlorhydrin	-	[46]
Bersten eines Transportbehälters						
	09.08.98	Linz	A	Cyanamid, Dicyandiamid, Ammoniak	-	[48]
Brand						
	04.04.85	Hamburg	D	„Methylisothiocyanat“	-	[3]
	01.11.86	Schweizerhalle	CH	Agrochemikalien	Tabelle 2.3	[50]
	05.08.93	Shenzen	VR	Pflanzenschutzmittel		[53]
	04.10.92	Lengerich		flüchtige chlororganische Verbindungen, PAKs, PCDD, PCDF	-	[54]
Naturereignis						
	Dez. 94	Heiligenhafen	D	Calciumphosphid, Phosphin	-	[55]
	Feb. 00	Venezuela	YV	z.Zt. unbekannt		[56]
Terroranschlag						
	27.06.94	Matsumoto	J	Sarin		[60]
	20.05.95	Tokio	J	Sarin	Tabelle 2.4	[60]
Kriegseinflüsse						
	Mai 99	Jugoslawien	YU		Tabelle 2.5	[64]
Kampfstoff-freisetzung						
	1978	Hamburg	D	Reiz- und Kampfstoffe		[63]

Tabelle 2.2: Abschließende Analyse des freigesetzten Stoffgemisches beim Störfall im Werk Griebheim am 22. Februar 1993 (Stand: 16. April 1993) [36]

Stoff	Anteil in %
0-Nitroanisol	27,8
Ameisensäure-Natriumsalz	14,0
Wasser	12,2
Kochsalz	11,6
2,2'-Dichlorazoxybenzol	7,8
2,2'-Dichlorazobenzol	4,9
Dimethoxyazoxybenzol	4,2
o-Nitrophenol-Natriumsalz	3,5
Chlormethoxyazoxybenzol	2,5
o-Chloranilin	1,5
o-Chlornitrobenzol	1,4
Methanol	1,1
Natriumcarbonat	0,9
substituierte Biphenyle	0,8
o-Anisidin	0,7
2,2'-Chlornitrodiphenylamin	0,7
Chlormethoxyazobenzol	0,6
Natriumnitrit	0,3
Nitrobenzol	0,3
Chlorhydroxyazobenzol	0,3
Phenazin	0,1
Natronlauge	0,1
Dimethoxyazobenzol	0,1
o-Chloranisol	0,1
Halogenierte Dioxine/Furane	< ng TE/kg

- Chemieunfall, Hamburg (D), 20.11.1987

Infolge eines geborstenen Reaktionsbehälters breitete sich eine Schadstoffwolke (Trichlorpropanon) aus. Die Klimaanlage eines Bürogebäudes verteilte die Schadstoffe in alle Etagen. Über 50 Personen wurden geschädigt [38,39].

- Chemieunfall, Janova (LT), 20.03.1989

Infolge eines geborstenen Lagerbehälters breitete sich eine Schadstoffwolke (Ammoniak) aus. Insgesamt wurden 32.000 Menschen evakuiert, 57 wurden verletzt und 7 getötet [40].

2.2 Transportunfall

Infolge eines Unfalls auf der Straße, Schiene oder Wasser werden Gefahrgüter freigesetzt. Die Stoffe breiten sich in der Luft, dem Boden und dem nahen Oberflächengewässer aus. Es kommt zur Kontamination von Flächen und Gewässer.

Referenzereignisse:

- Transportunfall Straße, Brunnsee (A), 16.08.1984

Infolge eines Unfalls wurden über 200 kg Methylbromid freigesetzt [41].

- Transportunfall Schiene, Rothenburg (D), 15.04.1988

Infolge eines Güterzugunfalls kam es zur Freisetzung von Toluylendiisocyanat.



Abbildung 2.1: Gefahrgutunfall 01.06.1996 in Schönebeck/Elbe (Vinylchlorid), Bilder des IdF [42,43]

- Transportunfall Schiene, Schönebeck (D), 01.06.1996

Infolge eines Güterzugunfalls kam es zur Freisetzung von Vinylchlorid. Der Güterzug bestand aus 18 Kesselwagen mit jeweils 58 Tonnen flüssigem Vinylchlorid. Der drittletzte Wagen des Zuges entgleiste und stieß gegen einen Mast der Oberleitung. Ein Lichtbogen aus der herabgefallenen Oberleitung zündete das im Druckbehälter befindliche Gas, so dass der Wagen explodierte mit anschließender Feuerwalze. Drei weitere Wagen sprangen aus den Schienen und gingen in Flammen auf. Die örtlichen Feuerwehren und die später hinzugezogene Werkfeuerwehr der BASF ließen die Kesselwagen kontrolliert ausbrennen und kühlten neun weitere mit Wasser. Vom mobilen Messfahrzeug „MOBLAB“ des Instituts der Feuerwehr Sachsen-Anhalt wurden vor-Ort Messungen mit Prüfröhrchen, Photoionisationsdetektor und dem GC-MS-System vorgenommen. Im Bereich der Einsatzstelle wurden hohe Konzentrationen von Vinylchlorid nachgewiesen. Neben Vinylchlorid wurde Chlor und Chlorwasserstoff freigesetzt. Es wird geschätzt, dass etwa 290 Tonnen Vinylchlorid unkontrolliert frei wurden, die sich jedoch zum überwiegenden Teil im Verbrennungsprozess chemisch umgesetzten [8,43,44,45].

- Transportunfall Seeschifffahrt, Englischer Kanal (NL/D), Januar 1994

Ein Frachtschiff verlor infolge eines schweren Sturms einen Container mit Agrochemikalien. An der Nordseeküste von Belgien, den Niederlanden und Deutschland wurden Plastikbeutel mit dem Pflanzenschutzmittel (ApronPlus®, wesentliche Inhaltsstoffe: Metalaxyl, Carboxin, Furathiocarb) angeschwemmt [30].

- Transportunfall Seeschifffahrt, Elbe (D) ,18.07.1989

Das niederländische Frachtschiff „MS OOSTZEE“ war auf der Fahrt von Rotterdam nach Leningrad in einen Sturm geraten. Die Ladung bestand aus Stückgütern und rund 4000 Fässern der hochgiftigen und brennbaren Flüssigkeit Epichlorhydrin. Die Fässer verrutschten, wurden erheblich beschädigt oder schlugen leck und setzten zunächst unbemerkt Flüssigkeit und Gase frei. Im Rahmen des Großeinsatzes zur Bergung der freigesetzten Chemikalie wurden der Firma DOW CHEMICAL (Stade) 263 beschädigte Fässer und rd. 2200 L Epichlorhydrin zur endgültigen Entsorgung zugeführt [46].



Abbildung 2.2: Gefahrgutunfall 01.06.1996 in Schönebeck/Elbe (Vinylchlorid), Bilder des IdF [42,43]

2.3 *Bersten eines Transportbehälters*

Auf dem Gleisgelände der Bahn birst ein Kesselwagen. Eine Giftgaswolke wird freigesetzt und die Reaktionsprodukte kontaminieren eine Fläche von 2 ha.

Referenzereignisse:

- Bersten eines Transportbehälters, Linz (A), 09.08.1998

Ein Kesselwagen mit 60 Tonnen 50-prozentiger Cyanamid-Lösung barst und beschädigte benachbarte Gebäude und einige Waggons. Das Cyanamid polymerisierte zu Dicyandiamid und kontaminierte die unmittelbare Umgebung. Die Druckwelle schleuderte zwei benachbarte, leere Güterwaggons über die Gleisanlagen. Ein direkt daneben befindlicher, mit 48 Tonnen Ammoniak beladener Kesselwaggon wurde umgeworfen, blieb aber dicht. Teile des zerstörten Kesselwaggons wurden bis zu 400 m über das Hafenbecken auf ein Schiff und ein benachbartes Tanklager geschleudert. Zahlreiche Kesselwaggons mit Gefahrgut befanden sich im unmittelbaren Gefahrenbereich. Im Umkreis von etwa 200 m war der Boden mit einem weißen Pulver kontaminiert. Die im unmittelbaren Gefahrenbereich vorgefundene orange Tafel mit der UN-Nr. 3287 und der Gefahrzahl 60 erschwerte die Stoffidentifizierung, da keine eindeutige Zuordnung zu dem zerstörten Waggon zulässig war und unter der UN-Nr. 3287 zahlreiche Stoffe zusammengefasst sind. Freigesetzte Stoffe: Cyanamid, Dicyandiamid, Ammoniak [47,48].

2.4 Brand

Ein Großbrand eines Lagers verursacht die Freisetzung von Schadstoffen in den Brandgasen und im Löschwasser.

Referenzereignisse:

- Großbrand, Hamburg (D), 04.04.1985

Bei einem Großbrand in einem Hafenumschlagsbetrieb bestand der Verdacht der Verbrennung von „Methylisothiocyanat“ [3]. Nach Eintreffen der Feuerwehr am Schuppen 74 im Hamburger Hafen ereigneten sich zwei heftige Explosionen von Fässern mit 16,2 t Kaliumchlorit. Im Verlauf des Feuers brannten außerdem 20000 Sack Kaffee und 2000 t Rohkautschuk. Die Dokumentation der gelagerten Güter war zeitweise unklar. Weitere Ladepapiere wiesen angeblich noch 20,1 t chlororganischer Pestizide aus, die sich jedoch zum Zeitpunkt des Brandes in einem anderen Schuppenabschnitt befanden. Erst nachdem Messungen an der Einsatzstelle keinen Schwefeldioxidanteil im Rauchgas ergeben hatten, ging die Einsatzleitung davon aus, dass kein Methylisothiocyanat im Schuppen gelagert war. Die Schadstoffmessungen erforderten die Zusammenarbeit mit der Polizei, die die Messungen außerhalb des Einsatzgebietes durchführte.

- Großbrand, Schweizerhalle (CH), 01.11.1986

Bei einem Großbrand im Lager eines Chemiewerks der Fa. SANDOZ mit sogenannten Agrochemikalien (s. Tabelle 2.3) wurden 14 Personen verletzt. Es kam zur Verschmutzung des Rheins mit Unterbrechung der Trinkwasserversorgung entlang des Rheins. Beteiligte Stoffe: Disulfoton, Insektizide, Herbizide, Fungizide [49]. Das Feuer wurde um 00.19 Uhr in dem Lagerhaus B956 der Fa. SANDOZ entdeckt. Drei Minuten später wurde Alarm ausgelöst. Wenige Minuten später war die Werkfeuerwehr der Fa. Sandoz vor-Ort. Es folgte die Benachrichtigung weiterer Feuerwehren, da der Brand sich weiter ausbreitete. Eine Stunde später waren etwa 15 Feuerwehren mit über 200 Feuerwehrleuten im Einsatz. Die Flammen erreichten eine Höhe von über 50 m. Explodierende Fässer wurden in die Luft und durch das Dach geschleudert. Die zunächst getroffenen Einsatzmaßnahmen sollten verhindern, dass das Feuer auf benachbarte Gebäude, auf Produktionsstätten und im Freien gelagerte Fässer übergreift. Versuche, das Feuer mit Schaum zu löschen waren ineffektiv, es wurde daher weiterhin Wasser verwendet (bis zu 25 m³/min). Die Temperaturen erreichten über 1100 °C, in einigen Teilen bis zu 1500 °C. Die hohen Temperaturen erzeugten einen starken thermischen Auftrieb, die Rauchgase wurden einige 100 m nach oben transportiert, frische Luft aus der Umgebung wurde vom Brandort angesogen. Es wurde angenommen, dass wegen der hohen Temperaturen während dieser Phase des Brandes eine vollständige Zersetzung der organischen Verbindungen zu Molekülen wie H₂O, CO₂, P₂O₅, NO_x stattfand. Aufgrund der thermischen und hydrolytischen Zersetzung bei Temperaturen oberhalb von 300 °C wurde die Verdampfung von Phosphorsäureester als unwahrscheinlich angesehen. Ungefähr nach drei Stunden nahmen die Temperaturen in einigen Bereichen, begleitet durch eine erhebliche Geruchsbelästigung (möglicherweise durch organische Schwefelverbindungen, z.B. Mercaptane), ab. Um 03.40 Uhr wurde durch die „Emergency Task Force“ der lokalen Behörden Alarm für die Region Basel ausgelöst. Um 07.00 Uhr war das Feuer gelöscht und der Alarm wurde aufgehoben [50]. Der Fall SANDOZ führte zu weiteren Untersuchungen der meteorologischen Bedingungen, der Computersimulation der Ausdehnung der Rauchgaswolke und der Beeinträchtigung durch Geruchsbelästigung im Raum Basel [51]. Weiterhin musste die Belastung von Atemschutzfiltern mit verschiedenen Schadstoffen [52] analysiert werden.

- Großbrand, Shenzen (VR), 05.08.1993

Brand im Lager einer Fabrik mit Pflanzenschutzmittel [53].

- Großbrand, Lengerich (D), 04./05.10.1992

Großbrand im Kunststofflager der Firma MICRO-PLAST mit PVC-Abfällen [54]. Der Brand des Kunststofflagers war mit der Verschwelung großer Kunststoffmengen, der Freisetzung von Schadstoffen, insbesondere Chlorwasserstoffe, der Bildung von halogenierten Dioxinen und Furanen sowie der Kontamination großer Löschwassermengen, besonders durch Salzsäure, verbunden und führte zu weitreichenden Umweltbeeinträchtigungen. Der starke Wind drückte den Brandrauch in Bodennähe. Dabei entwickelten sich Rauchschwaden, verstärkt durch eine Verwirbelung infolge der umlaufenden Winde, die eine starke Gefährdung der Einsatzkräfte verursachten. Im Verlaufe des Einsatzes traten bei insgesamt 35 Personen (Feuerwehr- und Rettungsdienstpersonal) akute Beschwerden wie Reizungen der Atemwege und der Hautoberflächen im Gesichtsbereich auf. Es wurden kontinuierlich Brandrauch- und Schadstoffmessungen durch Messfahrzeuge von Freiwilligen Feuerwehren und durch die Landesanstalt für Immissionsschutz (LIS) durchgeführt.

Tabelle 2.3: Fall „Schweizerhalle“, Chemikalien in der Lagerhalle [50]

Chemikalienart	aktiver Bestandteil	Konzentration in %	Menge in t
1. Agrochemikalien Organophosphate			
	Disulfoton	92	304
	Disulfoton	50	29
	Thiometon	50	206
	Thiometon	25	107
	Etrimfos	65	89,3
	Etrimfos	10	16
	Propetamphos	92	11,9
	Fenithron	96	10,8
	Ethylparathion	5	14,7
	Ethylparathion		9
	Quinalphos		0,6
Chlororganische Verbindungen			
	Metoxuron	97	11,9
	Tetradifon		2,3
	Endosulfan		2,0
	Endosulfan		2,0
	Captafol		0,16
	Dichlorvos		0,1
Organische Quecksilberverbindungen			
	Ethoxyethyl-Hg-OH	16	8,6
	Phenyl-Hg-acetat		1,5
weitere Agrochemikalien			
	Dinitro-o-kresol	90	73,2
	Oxadixyl	97	26
	sonstige		1,5
Summe Agrochemikalien:			982,66
2. sonstige Chemikalien: Färbemittel, Lösungsmittel, Emulgatoren, Stabilisatoren, Rohmaterialien			354,09

2.5 Naturereignisse

Infolge von Naturereignissen werden Lagerflächen mit Chemikalien überflutet. Teilweise reagieren die Chemikalien und setzen eine Schadstoffwolke frei. Das Wasser löst teilweise die Chemikalien oder schwemmt sie aus.

Referenzereignisse:

- Naturereignis, Heiligenhafen (D), Dezember 1994

Der Keller- und das Erdgeschoss eines Getreidespeichers wurden infolge einer Sturmflut überschwemmt. Bestände von Calciumphosphid reagierten und setzten eine Schadstoffwolke frei. Durch Hydrolyse von Calciumphosphid wurde Phosphin freigesetzt [55].

- Naturereignis, La Guaira Port (YV), 1999

Infolge einer Schlammlawine wurden im Hafengebiet von La Guaira Port (Abbildung 2.3), 500 m vom Flughafen Caracas (Venezuela) entfernt, über hundert Container mit Gefahrgütern verschüttet bzw. durcheinander gewirbelt (Abbildung 2.4). Lagerhallen mit Gefahrgütern waren z.T. bis zur Decke mit Geröll gefüllt (Abbildung 2.5).



Abbildung 2.3: Luftbildaufnahme von La Guaira Port nach der Schlammlawine



Abbildung 2.4: La Guaira Port: durcheinander gewirbelte Container



Abbildung 2.5: Lagerhallen in La Guaira Port, mit Geröll gefüllt

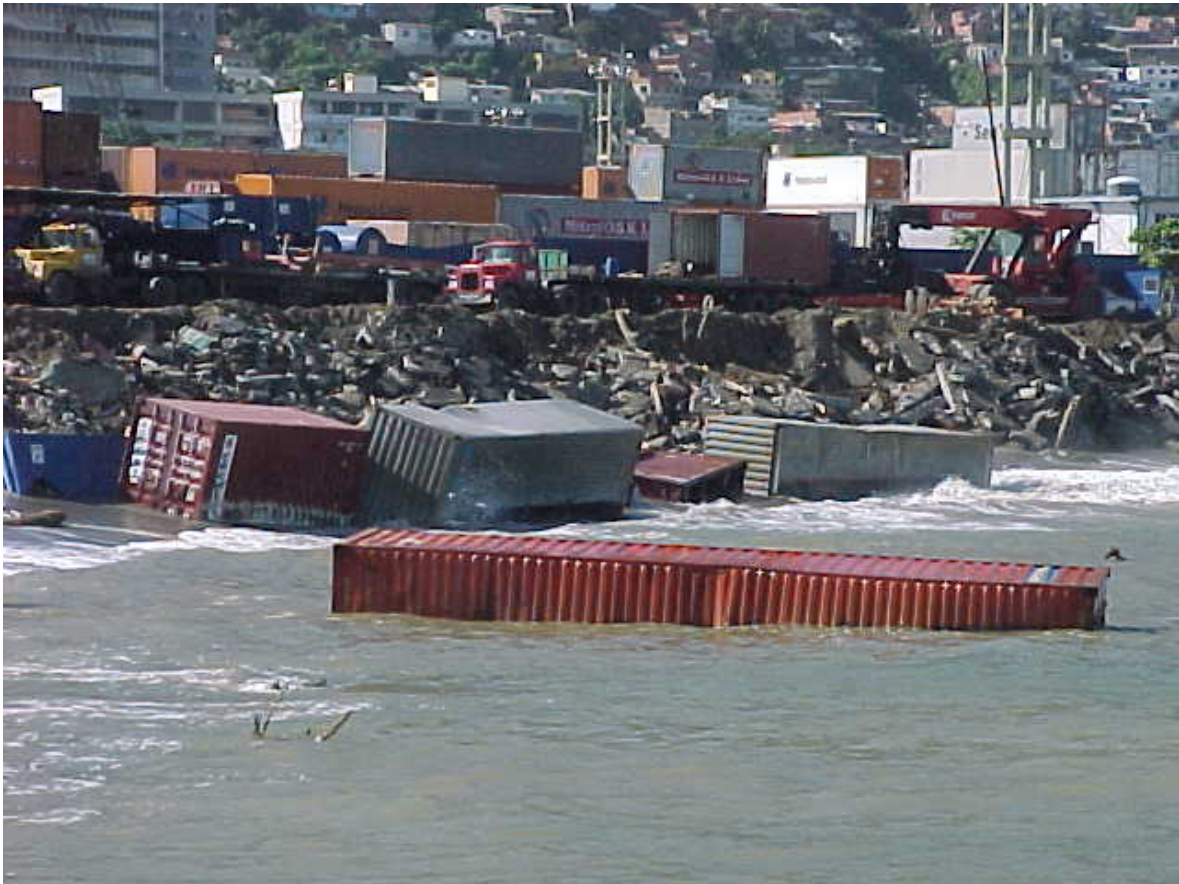


Abbildung 2.6: La Guaira Port: Container im Hafenbecken

Teilweise hatten Reaktionen statt gefunden. Das Wasser im Hafenbecken war durch Container (Abbildung 2.6) an einigen Stellen verfärbt. Aus zwei Containern trat Gas aus und es fehlte an technischen Möglichkeiten zum Kühlen der Behälter. Die Menge verschiedener Gefahrgüter wurde auf über 90 t geschätzt. Die zur Verfügung stehenden Stofflisten stimmten nicht mit den vorgefundenen Gefahrgütern überein. 2000 Menschen aus der näheren Umgebung sollten evakuiert werden. Der Hafbereich wurde in drei Sektionen eingeteilt (Abbildung 2.7). Der Sektor A hatte die höchste Priorität aufgrund des höchsten Gefährdungspotentials [56,57]. An die Berufsfeuerwehr Hamburg wurde eine UN-Anfrage gestellt, ob ein mobiles Messfahrzeug mit GC-MS-System und unabhängiger Strom- und Wasserversorgung für einen 24 h-Einsatz mit 6 Einsatzkräften bereitgestellt werden kann [58].

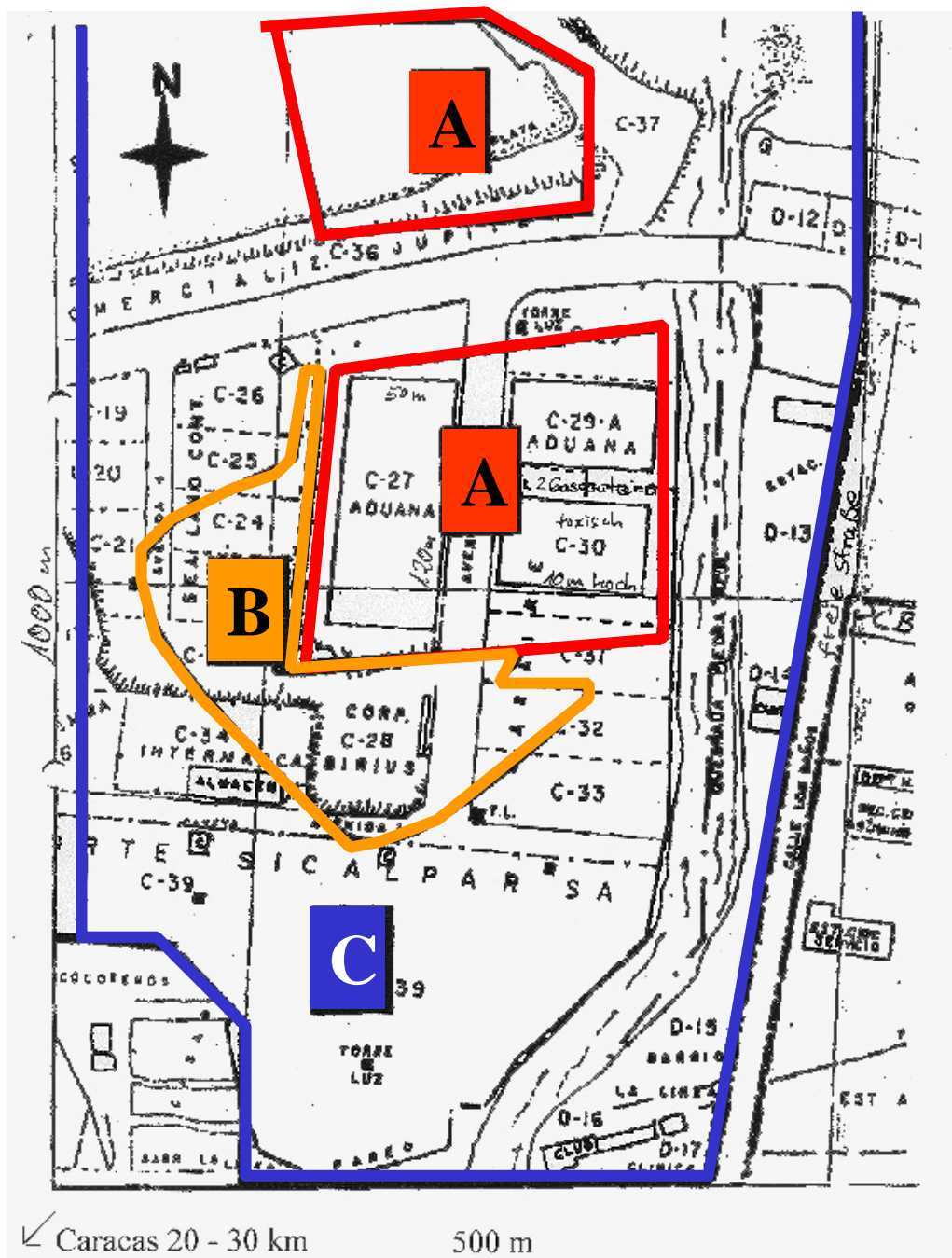


Abbildung 2.7: Lageplan des Hafens La Guira Port mit Sektoreneinteilung

2.6 Schadstofffreisetzung infolge von Terroranschlägen oder Kriegshandlungen

Die in Kriegen durchgeführten Kampfhandlungen verursachen Schadstoff- oder sogar Kampfstofffreisetzungen. Infolge von Anschlägen durch Terroristen oder durch Altlasten aus früheren Kriegen können Schadstoffe gleichermaßen freigesetzt werden. Eine Schadstoffwolke breitet sich aus, es kommt zu einer Flächenkontamination. Die folgenden Referenzereignisse stehen stellvertretend für die in Abbildung 2.8 und Abbildung 2.9 dargestellten chemischen Kampfmittel und chemischen Kampfstoffe [12].

Referenzereignisse:

- Terroranschlag, Matsumoto (J), 27.06.1994

Zwischen 22.40 Uhr und 22.50 Uhr wurden 12 Liter Sarin mit einem Heizlüfter von einem Lkw in einem Wohnbereich von Matsumoto, Japan, abgeblasen. Aufgrund der warmen Temperaturen schliefen viele Bewohner bei offenem Fenster. Infolge der Kampfstofffreisetzung wurden 7 Menschen getötet und 58 verletzt. Insgesamt waren 600 Personen betroffen. Der Nachweis des Giftes erfolgte erst sieben Tage später, am 04. Juli 1994 [59], durch Analyse einer Wasserprobe aus einem Teich im Gartens eines nahegelegenen Hauses [60].

- Terroranschlag, Tokio (J), 20.05.1995

In den besetzten U-Bahn-Zügen wurde von Mitgliedern der Aum Shinrikyo Sekte der Kampfstoff Sarin ausgebracht. Der Anschlag erfolgte nahezu gleichzeitig in fünf U-Bahnwagen unterschiedlicher Züge. Der erste Anschlag wurde um 08.05 Uhr gemeldet. Der erste Nachweis von Sarin erfolgte zwei Stunden später um 10.20 Uhr. Infolge der Kampfstofffreisetzung wurden 12 Menschen getötet, 54 erheblich sowie 984 mittelgradig vergiftet [61,62]. In der Fabrikationsstätte der Sekte wurden am 22. März 1995 von der Polizei verschiedene Ausgangsstoffe zur Herstellung von Sarin beschlagnahmt (s. Tabelle 2.4). Das in Tokio eingesetzte Sarin enthielt kleine Mengen an Diisopropylmethylphosphonat, einem typischen Nebenprodukt bei der Sarinherstellung.

- Gelände mit Altlasten (Kampfstoff- oder Reizstoffe) , Hamburg (D), 1978

Auf dem Gelände eines ehemaligen Chemiebetriebes wurden erhebliche Mengen von Reiz- und leerer Kampfstoffmunition gefunden [63].

- Kriegsbedingte Schadstofffreisetzung, Jugoslawien (YU), Mai 1999

Infolge der Bombardierung der serbischen Industrieanlagen wurden erhebliche Mengen von Schadstoffen in die Luft und in die Oberflächengewässer geleitet. Große Flächen wurden kontaminiert. (z.B. Pancevo: Industrieanlage zur Produktion von Vinylchlorid; Reaktionsprodukte: Phosgen, Chlor, Chloroxide, Stickoxide, s. Tabelle 2.5) [64,65].

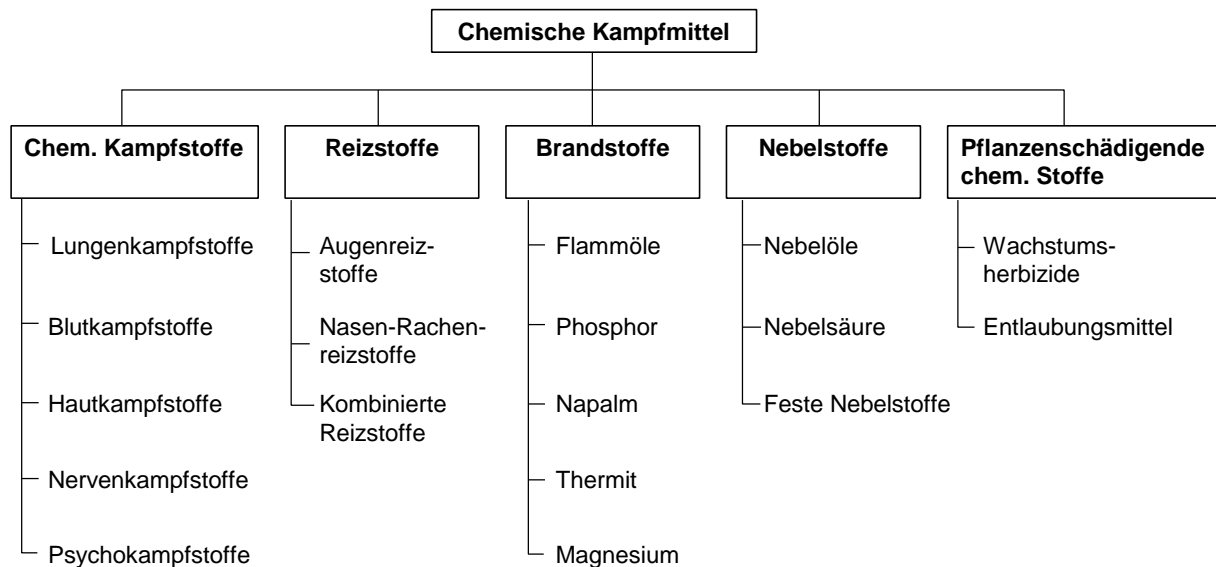


Abbildung 2.8: Übersicht der chemischen Kampfmittel [12]

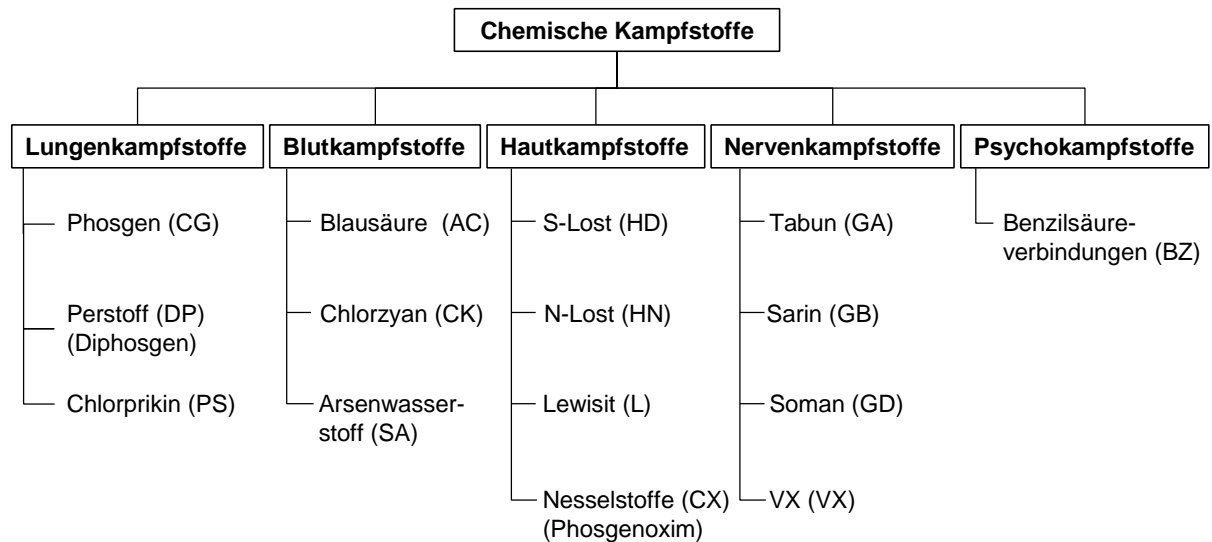


Abbildung 2.9: Übersicht der wichtigsten chemischen Kampfstoffe [12]

Tabelle 2.4: Bei der AUM Shinrikyo Sekte beschlagnahmte Chemikalien [60]

Produkt	Menge
Aceton	nicht genannt
Acetonitril	206 Halb-Liter-Flaschen
Acetylcholinesterase	- nicht genannt
Aktivkohle	- nicht genannt
Aluminiumchlorid	- nicht genannt
Ammoniumchlorid	- nicht genannt
Atropin	- nicht genannt
Calciumchlorid	1,2 t
Kohlenmonoxid	10 2-m Zylinder
Chloroform	2 t
Diethylanilin	- nicht genannt
Dimethylaminoethanol	- nicht genannt
Dimethylmethylphosphonat	- nicht genannt
Ether	100 20-L Kanister
Ethanol	2 t
Glycerin	60 t
Fluorwasserstoff	- nicht genannt
Isopropanol	einige Kanister
Magnesiumchlorid	- nicht genannt
Magnesiumnitrat	50 Tüten
Methanol	große Mengen
Methyliodid	- nicht genannt
Salpetersäure	1,5 t
Pepton	200 Kanister 30x30x50 cm
Phenylacetonitril	- nicht genannt
Phosphortrichlorid	50 t
Kaliumiodid	- nicht genannt
2-PAM (2-Pyridinaldoximethiodid)	600 Ampullen
PB (Pyridostigimin)	- nicht genannt
Natriumcarbonat	- nicht genannt
Natriumcyanid	80 kg
Natriumfluorid	10 t
Natriumhypochlorit	- nicht genannt
Schwefel	- nicht genannt
Schwefelsäure	- nicht genannt

Tabelle 2.5: Freisetzung infolge von Kriegseinflüssen in Jugoslawien [64]

Ausbreitungspfad	Stoff	Freisetzung/Ort	Anmerkung
<u>1. Wasser</u>	PCBs	vermutet: aus Transformator-Stationen	-
	Ölprodukte > 50 t	in die Donau (Novi Sad, Pancevo)	Emulsion
	Ammoniak > 100 t	in die Donau („Azotara“-Industrieanlage, Pancevo)	-
	Ethylendichlorid > 1000 t	in die Donau (Luftangriffe auf Petrochemische Anlage in Pancevo)	-
	Natriumhydroxid (40 %-ig) > 1000 t	in die Donau, (Petrochemische Anlage in Pancevo)	-
	Salzsäure (33 %-ig) ca. 1000 t	in die Donau, (Pancevo)	-
<u>2. Luft (Atmosphäre):</u>	Vinylchlorid > 1000 t	Zerstörung einer Produktionsanlage f. Vinylchlorid („Petrohemija“, Pancevo)	10000-fache Grenzwertüberschreitung im Raum Pancevo, Ausbreitung einer Gaswolke mit Reaktionsprodukten (Phosgen, Chlor, Chloroxide, Stickoxide)
	Chlorgas	Bombardierung einer petrochemischen Industrieanlage (Pancevo)	-
	Rauchgase	Brand einer Ö Raffinerie bzw. Öldepots (Novi Sad, Pancevo, Smederevo),	1,5 km breite und 20 km lange Rauchgaswolke (Pancevo) weitere Stoffe: SO ₂ , Chlororganische Verb., BTEX, Mercaptane, Formaldehyd
	Fluorwasserstoff	Zerstörung der Produktionsanlage „Prva Iskra“ (Baric)	nicht bestätigte Daten
	Schwermetalle	Zerstörung von Industrieanlagen (Kragujevac, Valjevo, Cazak)	Cadmium, Chrom, Kupfer, Zink

3 Auswertung bestehender Techniken

3.1 Fragebogenaktion

Um einen Überblick der in der Gefahrenabwehr vorhandenen Analysetechnik, Messkonzepte, Ausbreitungsmodelle, Gefahrstoffdatenbanken sowie der Fahrzeuge für Spür- und Messtrupps, auf die eine ATF im Katastrophenfall u.U. zugreifen kann, zu erhalten, wurde eine entsprechende Fragebogenaktion realisiert. Weiterhin wurde die Verfügbarkeit interner und externer Fachberater sowie die Akzeptanz einer ATF (ATF) im Bundesgebiet abgefragt. Die Fragebögen wurden an die Landkreise, kreisfreien Städte sowie die Berufsfeuerwehren im Bundesgebiet versendet worden. Insgesamt wurden 437 Fragebögen verschickt, von denen 180 auswertbar zurückgesendet wurden. Die Beteiligung liegt damit bei 41 % und ist in Abbildung 3.1 graphisch für das Bundesgebiet dargestellt.

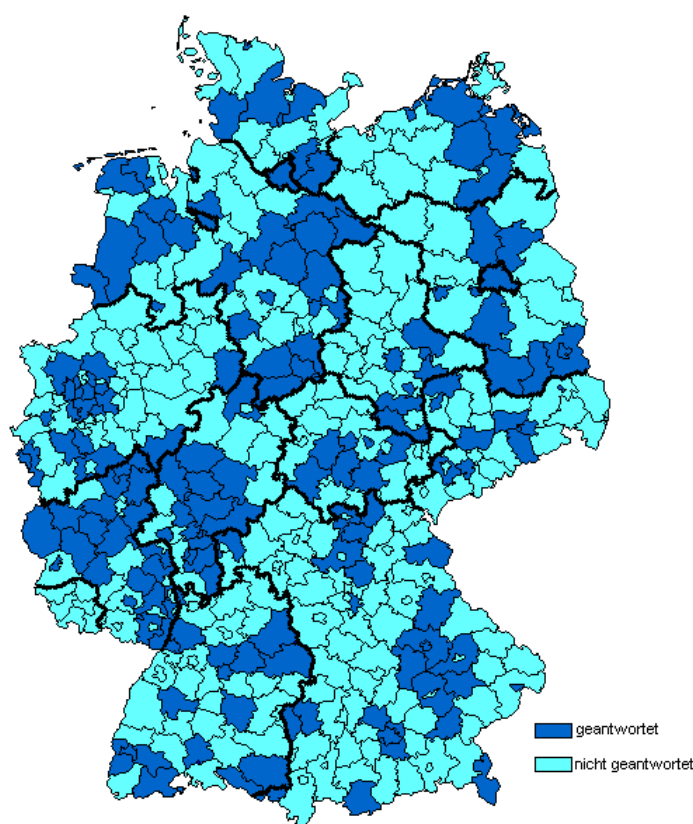


Abbildung 3.1: Graphische Darstellung der Beteiligung im Bundesgebiet

Die Beteiligung entspricht weitgehend der Fragebogenaktion, die im Rahmen des Forschungsprojektes „Untersuchung an die Praxisanforderung an die Analytik bei der Bekämpfung großen Chemieunfälle“, die 166 Bedarfsträger aus dem Bereich der Feuerwehren als Zielgruppe hatte, überein. Die Fragen wurden im Rahmen dieses Projektes zielorientiert auf Messkonzepte, Gefahrstoffdatenbanken, Ausbreitungsmodelle sowie Verfügbarkeit von Messfahrzeugen und Fachberatern sowie einem erweiterten Teilnehmerkreis ausgerichtet. Insgesamt wurden 16 Fragen, teilweise mit weiteren Positionen, gestellt, die sich auf folgende Ereigniskategorien bezogen:

- A Leck in Anlage ohne Brand
- B Anlagen- und Chemielagerbrand
- C Transportunfall ohne Brand
- D Transportunfall mit Brand
- E Explosion, Verpuffung mit großvolumigen Chemikalienaustritt

F	Deponiestörfall
G	Rüstungsaltslasten
H	Undefinierbarer Geruch
I	Terroranschlag
K	Sonstige

Die Fragen und Antworten wurden in eine Datenbank eingetragen und graphisch ausgewertet. Im folgenden werden die einzelnen Fragen und die statistische Auswertung diskutiert.

3.1.1 Auswertung der Fragebogenaktion

Frage 1: In welchen Fällen halten Sie eine chemische Analytik für notwendig?

Die Frage, in welchen der in Abbildung 3.2 genannten Ereigniskategorien eine chemische Analysetechnik für notwendig erachtet wird, wird durchgängig für alle Kategorien von über 50 % der Befragten mit ja beantwortet. Als besonders wichtig werden die Fälle Explosion, Transportunfall mit Brand und Anlagen- und Chemielagerbrand angesehen, also Stofffreisetzung infolge von Brand oder Explosion.

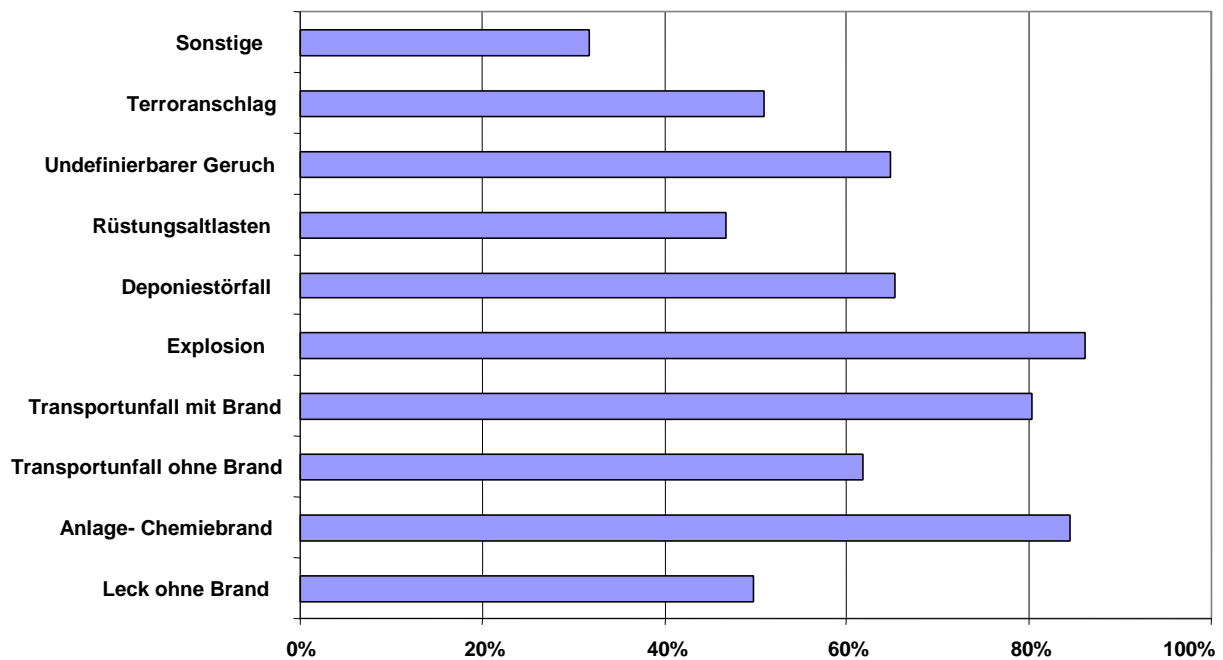


Abbildung 3.2: Notwendigkeit der Analytik bei unterschiedlichen Fällen

Frage 2: Hatten Sie (Ihre Dienststelle) bereits Ereignisse mit Gefahrstoffen bzw. akut gefährlichen Stoffen? (Kategorie A-K). Welche Stoffe sind aufgetreten (Aggregatzustand oder Name)?

Abbildung 3.3 zeigt die Verteilung der unterschiedlichen Gefahrstoffunfälle und die Verteilung der beteiligten Stoffen nach Art der Phase. Transportunfälle, Anlagen- und Chemielagerbrände sowie Leckagen werden als häufigste Ereignisse genannt. Bei den Transportunfällen werden im wesentlichen Flüssigkeiten freigesetzt. Bei den meisten anderen Fällen spielen gasförmige Stoffe vor den Flüssigkeiten die wichtigste Rolle.

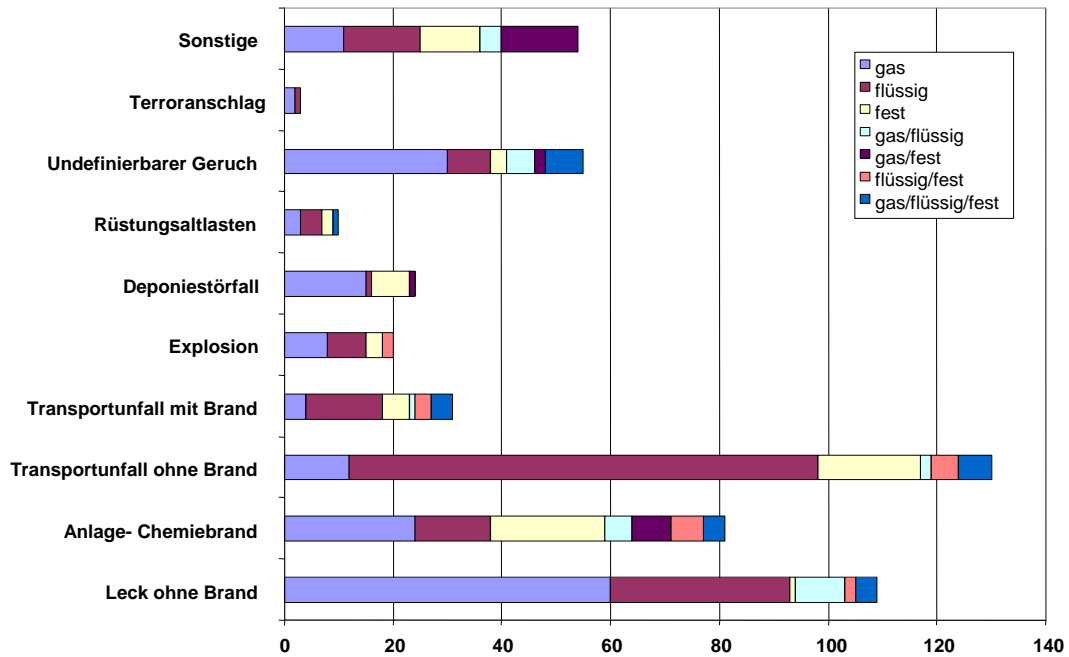


Abbildung 3.3: Eigene Erfahrungen bei Ereignissen mit gefährlichen Stoffen

Frage 3a: Für welche Fälle (A-K) liegen a) Messkonzepte vor? b) besteht Bedarf?

Abbildung 3.4 zeigt prozentual, für welche der genannten Fälle Messkonzepte bei den Befragten vorhanden sind. Nur für die Fälle Leckage, Anlagen- und Chemielagerbrand sowie Transportunfall ohne Brand stehen bei mehr als 30 % der Befragten Messkonzepte zur Verfügung. Grundsätzlich besteht Bedarf an Messkonzepten. Diese Frage wird von 71 % der Befragten positiv beantwortet (Abbildung 3.5).

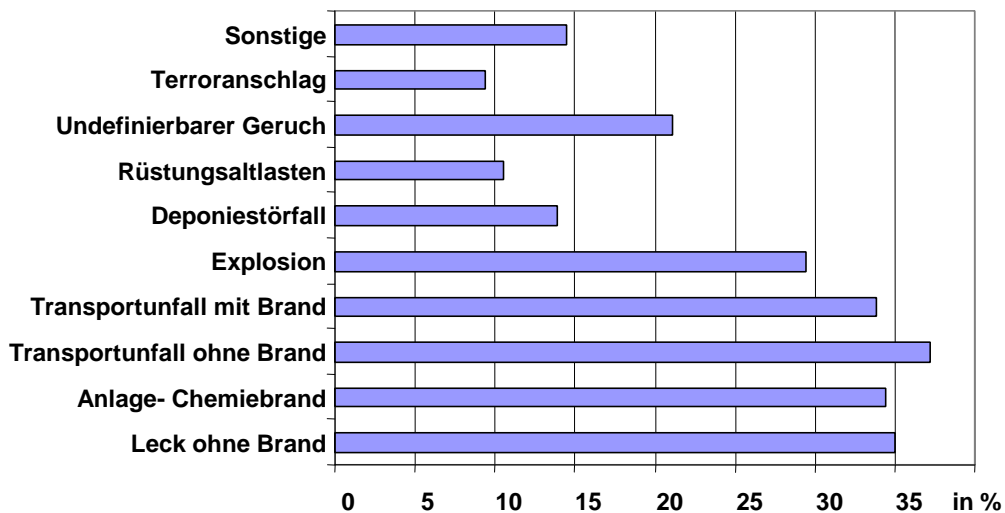


Abbildung 3.4: Vorhandene Messkonzepte für die Fälle A-K

Einige Landkreise bzw. Feuerwehren, wie z.B. Kreis Offenbach und Landkreis Aschaffenburg, haben eigene Messkonzepte entwickelt.

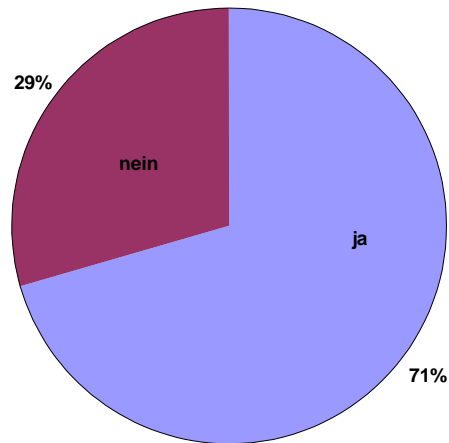


Abbildung 3.5: Bedarf an Messkonzepten

Frage 4: Welche Größen bzw. Daten werden protokolliert?

Bei Messungen wird in der Regel, d.h. bei über 80 % der Befragten, der Einsatzort, der Messort und die Messzeit protokolliert (s. Abbildung 3.6). Von den probenspezifischen Parametern wird meist noch der pH-Wert (58 %) protokolliert, während Parameter wie Farbe (47 %), Matrix (20%) und Geruch (37%) deutlich geringere Priorität besitzen.

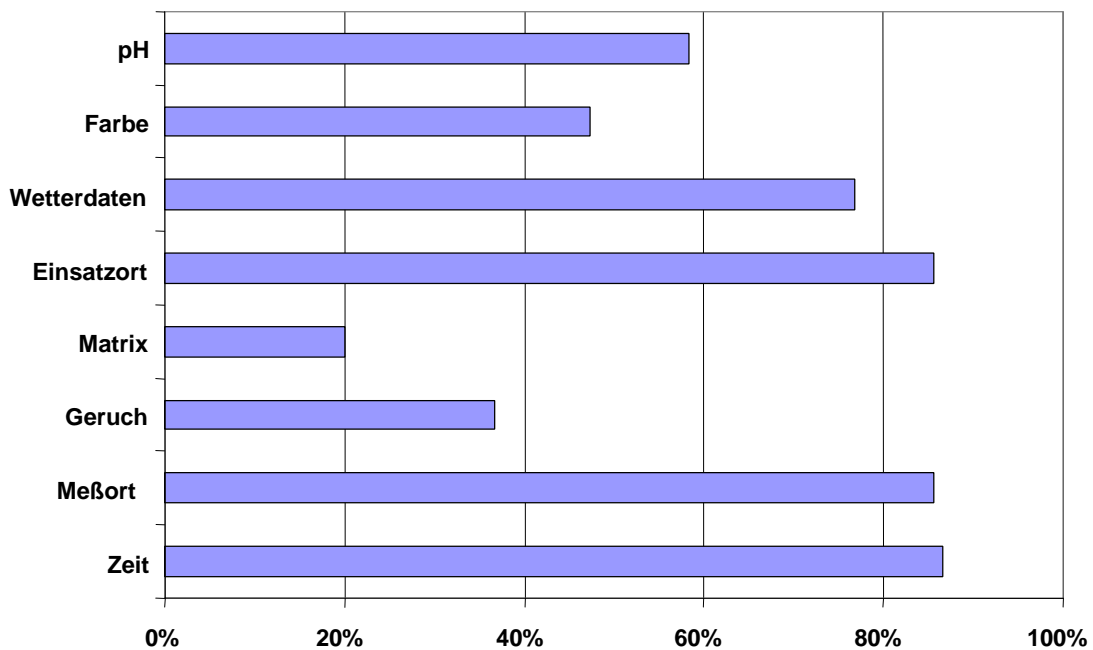


Abbildung 3.6: Protokollierte Parameter

Frage 5a: Welche Messgeräte für Gefahrstoffe sind Ihnen bekannt?

Bei meist über 80 % der Befragten sind im wesentlichen einfache und gängige Messtechniken wie Prüfröhrchen, Ex-Meter, Teststreifen, CO₂-Meßgeräte und Sauerstoffwarner bekannt.

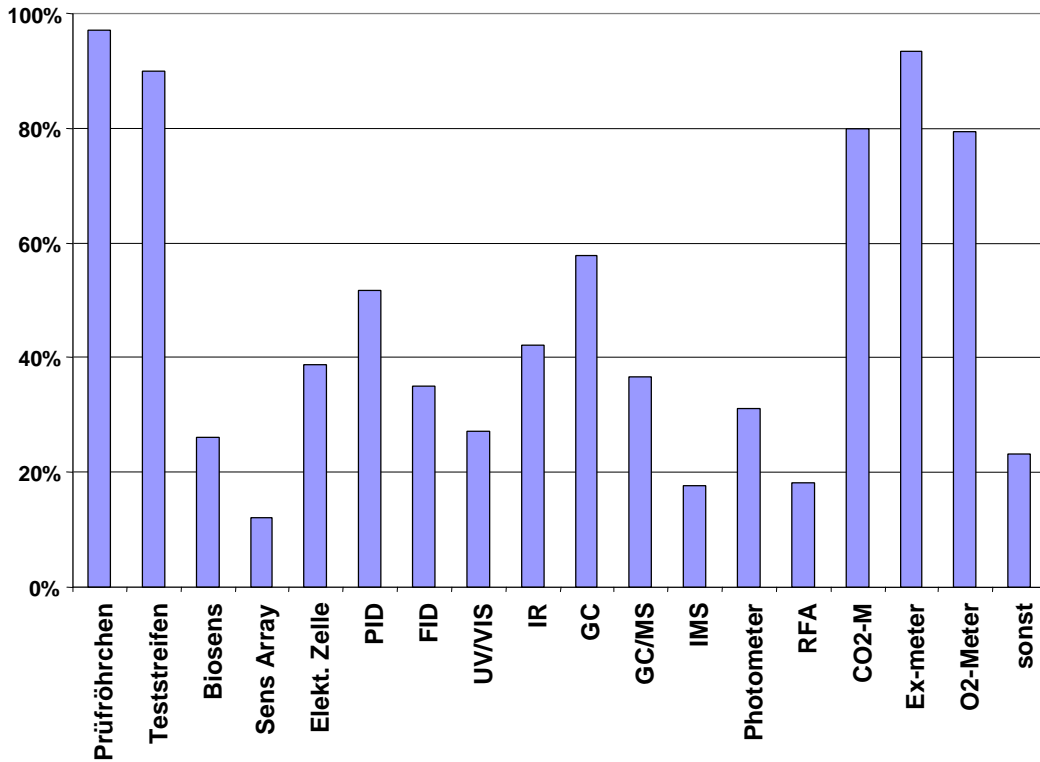


Abbildung 3.7: Bekannte Messtechniken

Frage 5b: Welche sind vorhanden?

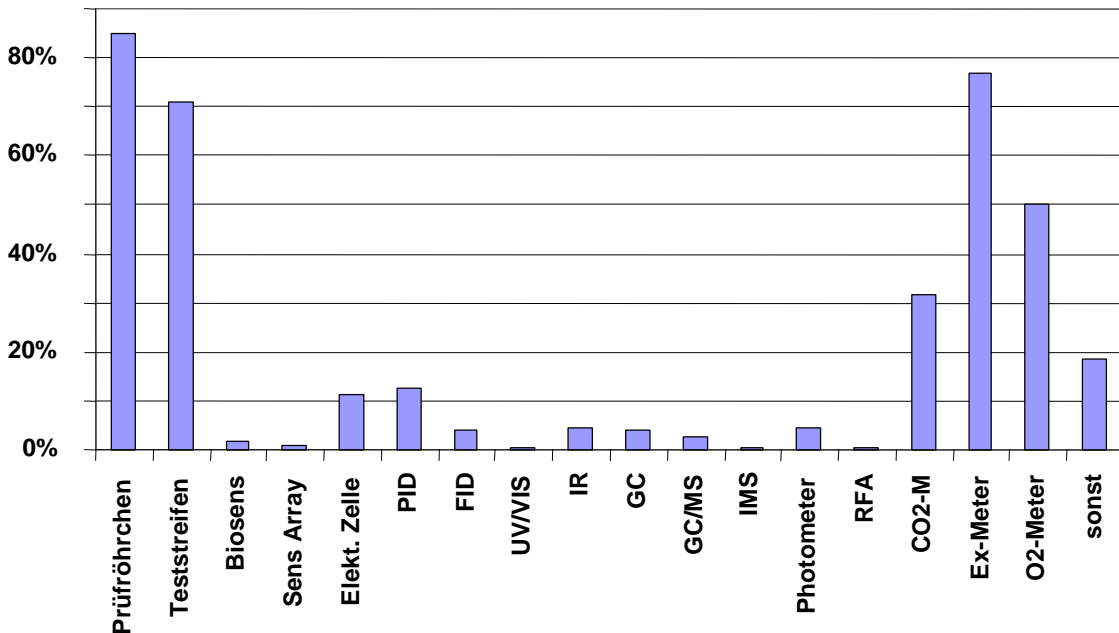


Abbildung 3.8: Bei den Befragten vorhandene Messtechniken

Prüfröhrchen (85%), Ex-Meter (77%) und Teststreifen (71%) sind bei einem Großteil der Befragten als Grundausstattung vorhanden. Sauerstoffwarner (50 %) und CO₂-Messgerät (32 %) sind häufig vertreten. Weniger als 20 % der Befragten besitzen weitere Messtechniken.

Frage 5c: Welche Prüfröhrchen benutzen Sie?

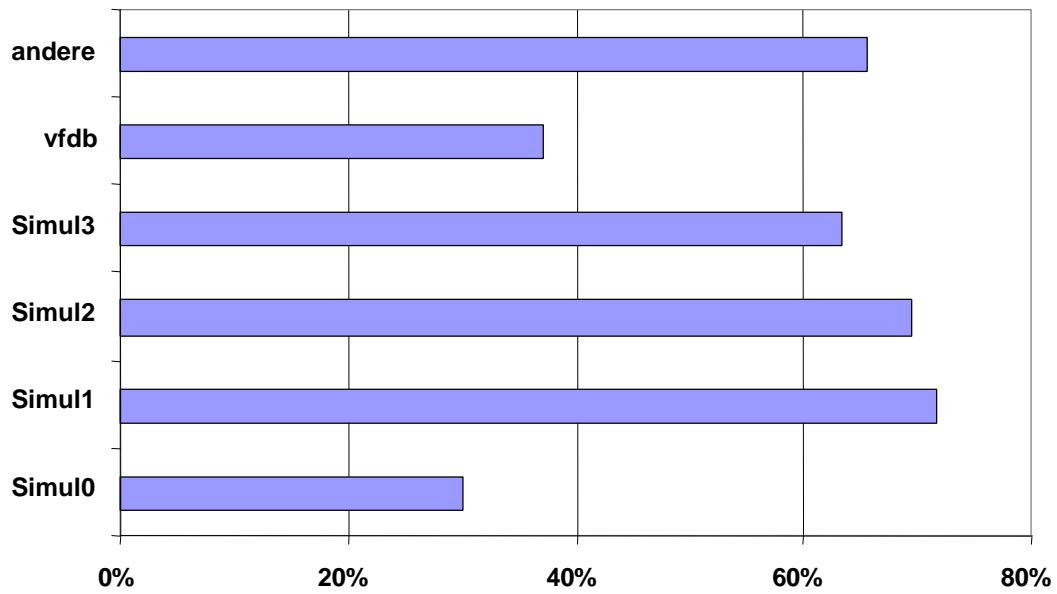


Abbildung 3.9: Von den Befragten verwendete Prüfröhrchen

Die Art der bei den Befragten verwendeten Prüfröhrchen ist in Abbildung 3.9 dargestellt. Meist werden die Simultantest-Sets I bis III (s. Kap. 3.4.5) sowie spezielle Prüfröhrchen verwendet.

Frage 6: Steht für die Messung von Gefahrstoffen speziell ausgebildetes Personal zur Verfügung?

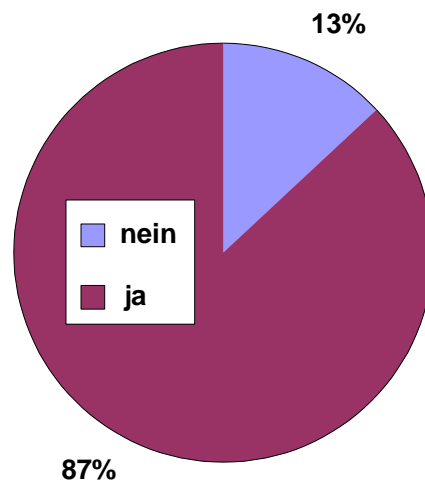


Abbildung 3.10: Ausgebildetes Personal zur Messung von Gefahrstoffen

Bei 87 % der Befragten steht für den Messdienst speziell ausgebildetes Personal zur Verfügung.

Frage 7: Aus- und Fortbildung der Mitarbeiter im Meßdienst?

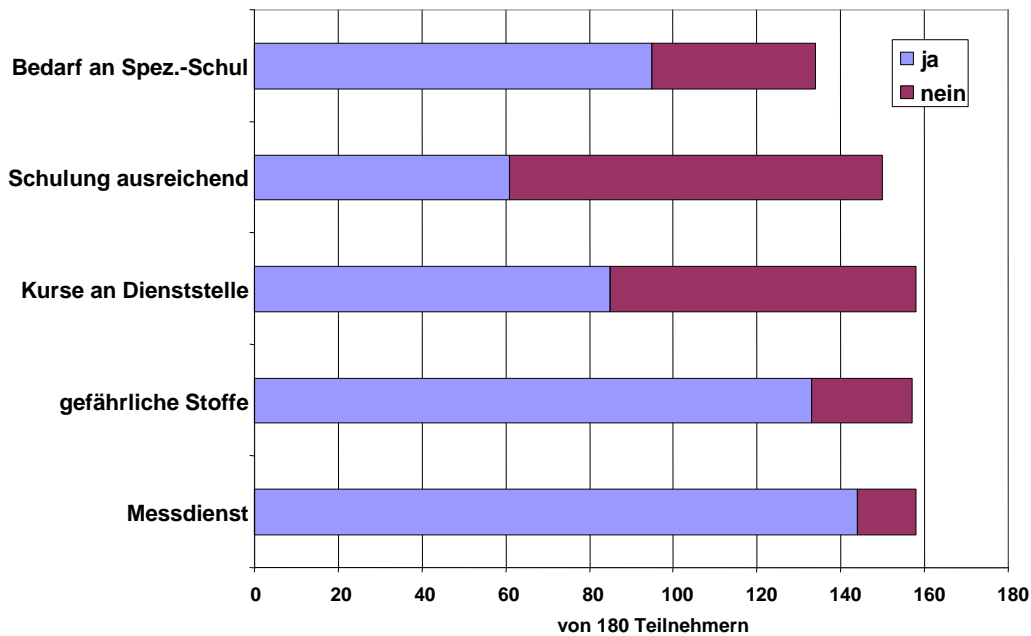


Abbildung 3.11: Aus- und Fortbildungsbedarf der Mitarbeiter im Messdienst

Aus Abbildung 3.11 geht hervor, dass allgemein ein großer Bedarf an Fortbildung für die Mitarbeiter im Messdienst und im speziellen Umgang mit gefährlichen Stoffen besteht. Ungefähr bei der Hälfte derjenigen, die auf diese Fragen geantwortet haben, finden Kurse an der Dienststelle statt, wobei die Mehrheit die Schulung nicht für ausreichend hält und einen Bedarf an Spezialschulungen deutlich ist.

Frage 8: Wie viele Spür- und Messfahrzeuge, ABC-Erkundungsfahrzeuge oder vergleichbare Fahrzeuge sind in Ihrem Wirkungskreis verfügbar?

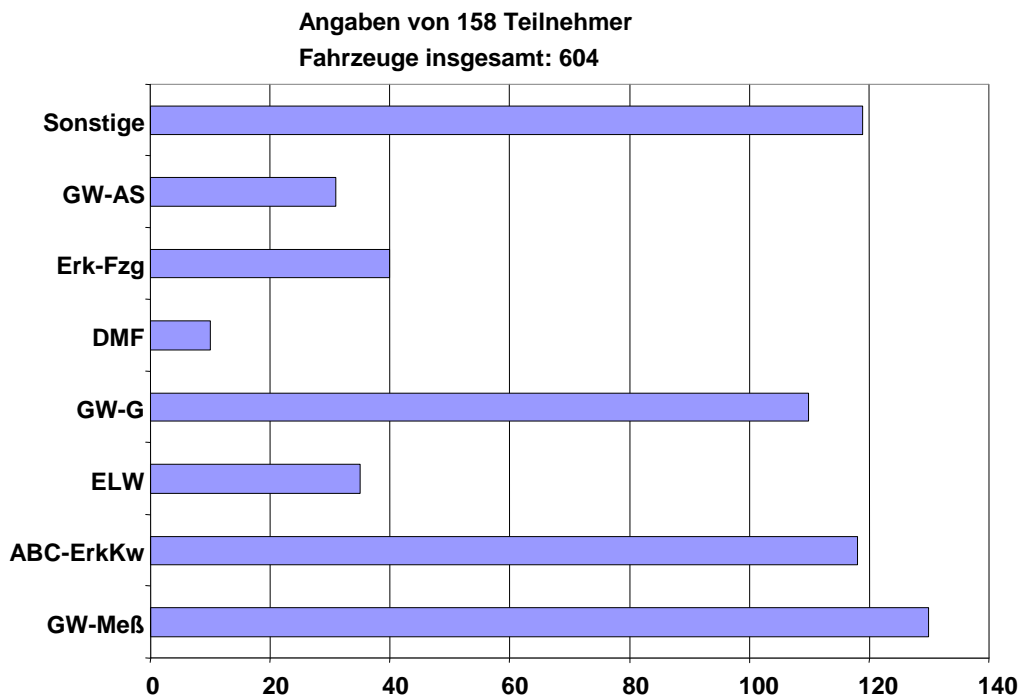


Abbildung 3.12: Art und Zahl der verfügbaren Messfahrzeugen (ohne BF Hamburg)

Abbildung 3.12 zeigt die Verteilung von 604 unterschiedlichen Messfahrzeugen bei 158 Teilnehmern. Dabei handelt es sich in den meisten Fällen um Gerätewagen-Mess, ABC-Erkundungskraftwagen und Gerätewagen Gefahrgut. Weitere 80 Fahrzeuge dieser Art sind bei der Berufsfeuerwehr Hamburg verfügbar.

Frage 9: *Wie werden Probenahme, -ort und -zeit festgelegt?*

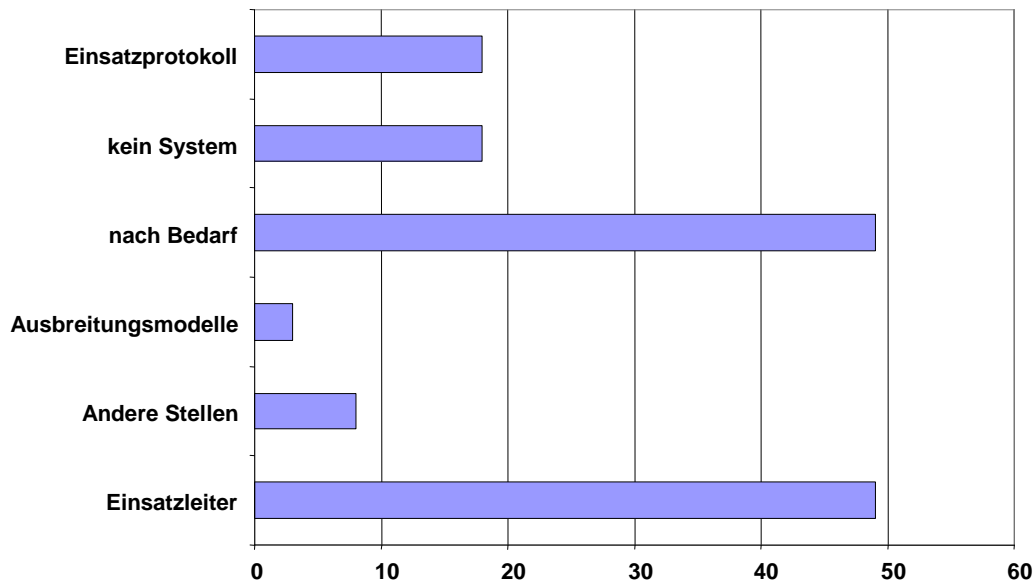


Abbildung 3.13: Art der Festlegung von Probenahmeorten und -zeiten

Ort und Zeit der Probenahme wird in den meisten Fällen operativ durch den Einsatzleiter oder nach Bedarf und Lage vor-Ort festgelegt. Nur in wenigen Fällen wird ein Ausbreitungsmodell verwendet. Zum Teil werden auch Fachberater Chemie oder Einsatzprotokolle und Alarmpläne für diesen Zweck genutzt.

Frage 10: *Welche Ausbreitungsmodelle für Schadstoffe in Luft, Wasser, Boden setzen Sie ein?*

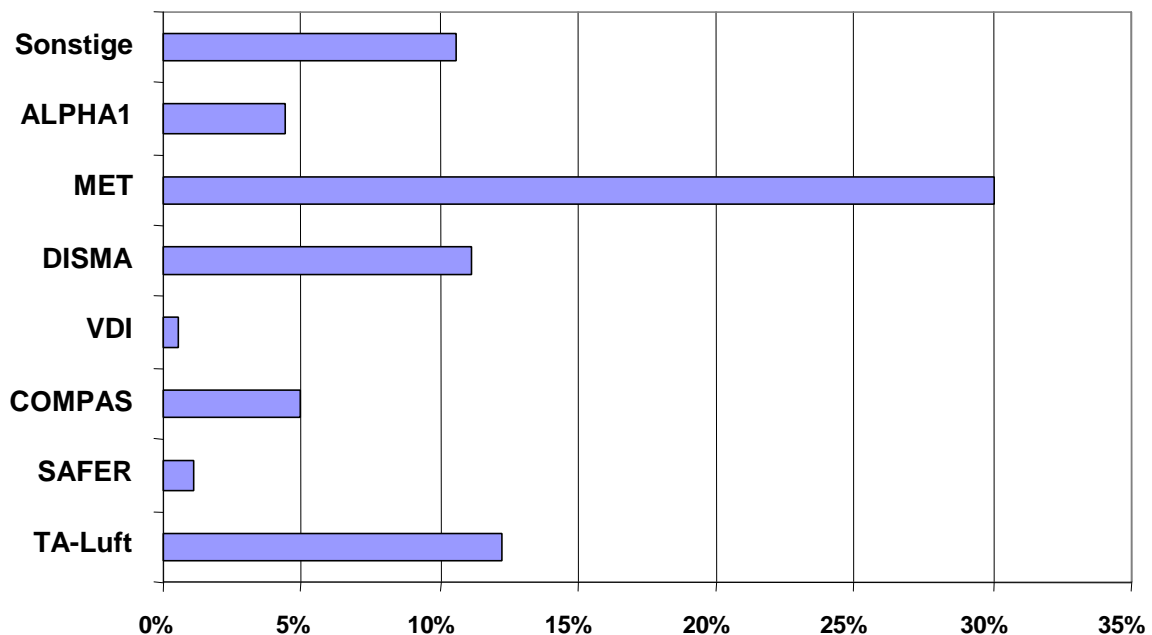


Abbildung 3.14: Von den Befragten verwendete Ausbreitungsmodelle

Abbildung 3.14 zeigt die von den Beteiligten verwendeten Ausbreitungsmodelle. Das meistverwendete Programm ist das MET-Modell, wobei nicht unterschieden wurde, ob dies als

Software oder in Form von Tabellen eingesetzt wird. Weiter folgt die Ausbreitungsrechnung nach TA-Luft, DISMA, COMPAS und ALPHA1. Unter sonstige wurden folgende Angaben gemacht:

- Keulenmodelle, (eigene) Schablonen,
- Zoneneinteilung nach Feuerwehrvorschrift
- HEARTS

Frage 11: Welche Gefahrstoff-Datenbanken stehen Ihnen zur Verfügung?

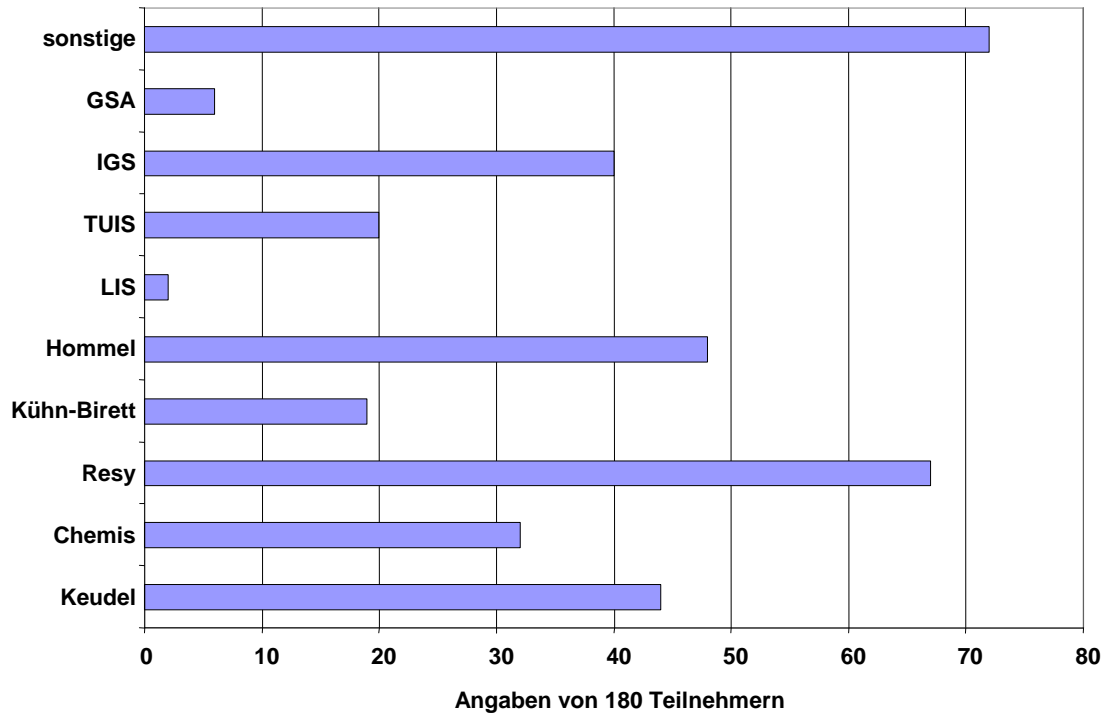


Abbildung 3.15: Von den Befragten verwendete Gefahrstoffdatenbanken

Häufig verwendete Gefahrstoffdatenbanken sind RESY, Hommel, Keudel, IGS und CHEMIS (vgl. Abbildung 3.15). Neben den in Abbildung 3.15 dargestellten Datenbanken wurden unter sonstige folgende Angaben gemacht:

- AUER DATA
- CHEMCARD
- CHEMDAT (MERCK)
- CHEMSAFE
- DRÄGER
- ECOBASE
- ECOMED
- ERI-CARDS
- GEFAHRGUT-ERSTEINSATZ
- GEFAHRGUTSCHLÜSSEL
- GG-DAT
- GIFTLISTE GEFÄHRLICHE STOFFE
- INTERNET (ALLGEMEIN)
- MERKBLÄTTER GEFÄHRLICHE ARBEITSSSTOFFE
- PROSIDA
- RÖMPP
- SIX
- WEKA-DATENBANK
- UBA

- VIA
- Winbis

Frage 12: Werden Fachberater in der Gefahrenabwehr einbezogen?

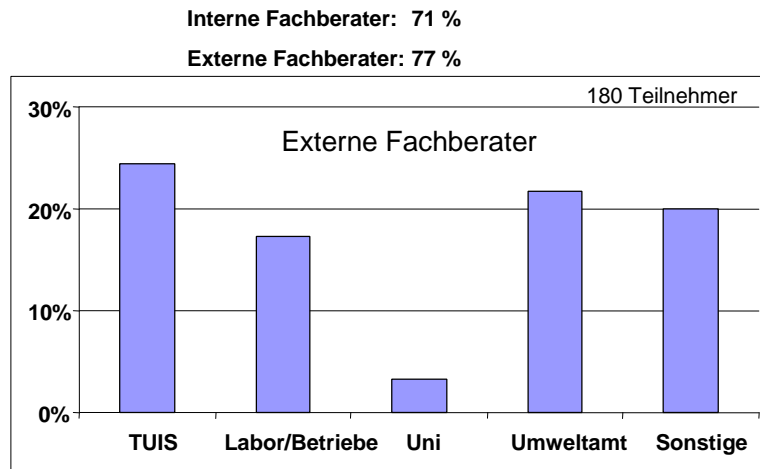


Abbildung 3.16: Fachberater bei den Befragten

Bei 71 % der befragten Institutionen stehen interne Fachberater und bei 77 % externe Fachberater zur Verfügung. Als externe Fachberater wurde häufig TUIS genannt (Abbildung 3.16). Weiterhin werden oft Chemiker, Umweltingenieure, Laboranten oder Gefahrstoffspezialisten aus Laboren, Betrieben, Umweltämtern oder Universitäten herangezogen bzw. Einrichtungen wie MEDITOX genutzt.

Frage 13a: Sind bei Ihren Einsätzen Situationen eingetreten oder sind Ihnen Einsätze bekannt, in denen (zusätzliche) Analysetechnik wertvoll gewesen wäre?

Frage 13b: Wo wäre bei Ihren Einsätzen weitere Analysetechnik sinnvoll gewesen?

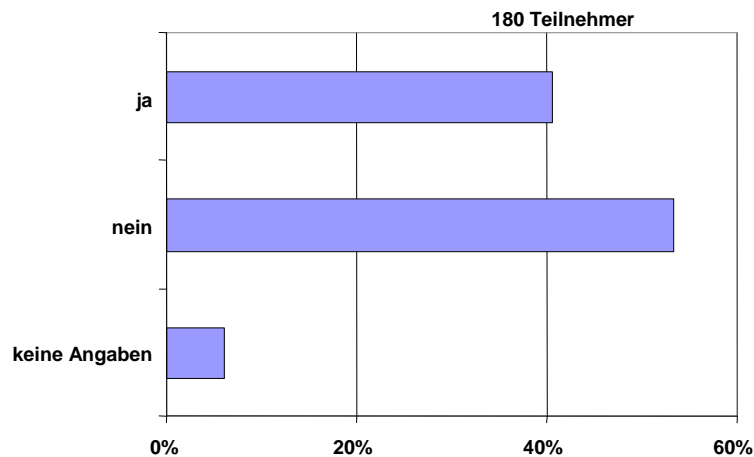


Abbildung 3.17: Situationen und Einsätze, bei denen weitere Analysetechnik wertvoll gewesen wäre

41 % der Befragten hatte Einsätze, bei denen zusätzliche Analysetechnik wertvoll gewesen wäre (Abbildung 3.17), wobei Brände den Großteil der Einsätze bzw. Situationen ausmachen (Abbildung 3.18). Weiterhin wurden verschiedene Situationen unter Beteiligung unbekannter Substanzen sowie Transportunfälle, undefinierbarer Geruch und die Löschwasserproblematik genannt.

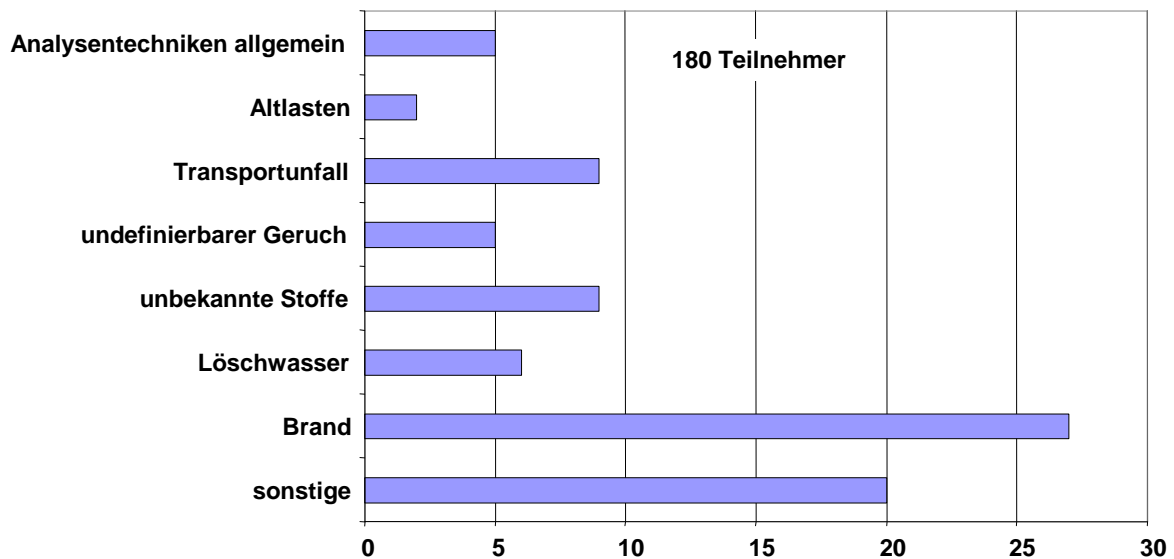


Abbildung 3.18: Fälle, bei denen weitere Analysentechnik wertvoll gewesen wäre

Frage 14: Welche und wie viele (ca.) potenzielle Risiken sind in Ihrem Zuständigkeitsbereich vorhanden?

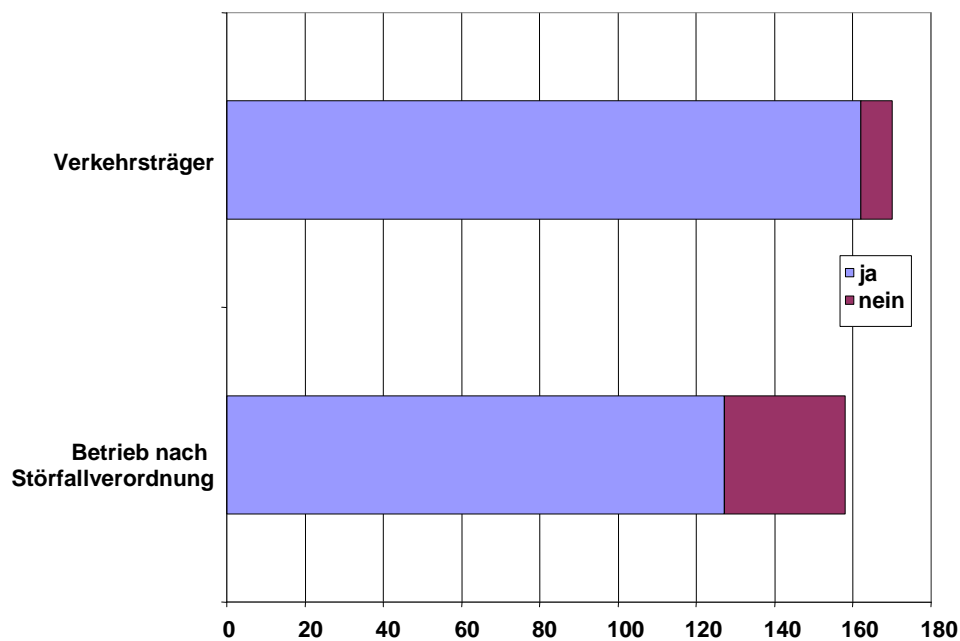


Abbildung 3.19: Potenzielle Risiken im Zuständigkeitsbereich der Befragten

Abbildung 3.19 zeigt, dass die Mehrzahl der Befragten potenzielle Risiken in ihrem Zuständigkeitsbereich sieht, sowohl in Form von Verkehrsträgern als auch Betriebe nach Störfallverordnung.

Frage 15: In welchen Fällen können Sie sich eine Änderung der Einsatztaktik aufgrund von Analysenergebnissen vorstellen? (Welche Fälle und wie viele haben Sie gehabt?)

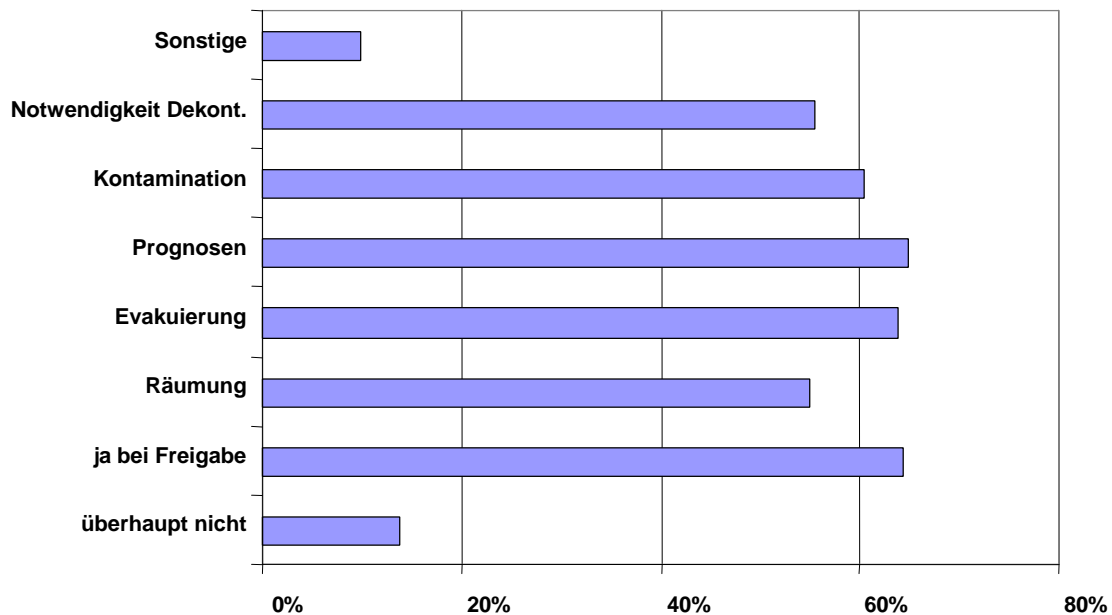


Abbildung 3.20: Fälle, bei denen eine Änderung der Einsatztaktik aufgrund von Analysenergebnissen vorstellbar ist

Von den in Abbildung 3.20 genannten Fällen können jeweils über 50 % der Befragten sich vorstellen, dass Analysenergebnisse Einfluss auf die Einsatztaktik hat. Nur 14 % der Befragten sind der Auffassung, dass Analysenergebnisse überhaupt keinen Einfluss auf die Einsatztaktik haben können. Als weitere Fälle wurde unter Sonstige z.B. folgende Situationen genannt:

- Gefahrenbewertung nach Identifikation des Stoffes
- wenn die strukturmäßigen Techniken nicht ausreichen
- Überprüfung von Ergebnissen aus Schnelltests
- Gefahren für das Einsatzpersonal
- Kontrolle eingeleiteter Maßnahmen
- Behandlung von Löschwasser
- Erweiterung der Schutzausrüstung
- Entsorgungsfrage
- Nach-Löscharbeiten
- Analyse der eingesetzten Einsatzmittel, Atemgasanalyse bei Vergiftungen

Frage 16: Würden Sie in Ihrem Verantwortungsbereich auf eine überregionale Task Force für komplexe Analyseaufgaben (Eintreffzeit ca. 60 min) mit einem Netzwerk von Experten zugreifen?

Von den Befragten würden 89 % auf eine Analytische Task Force mit einem Netzwerk von Experten zugreifen. Damit kann die Akzeptanz einer ATF als hoch angesehen werden. Als Gründe, die gegen eine Anforderung einer ATF sprechen, wurden im wesentlichen die zu erwartenden Kosten und die Eintreffzeit von 60 min genannt. In einigen Fällen ist die benötigte Messtechnik bereits am Standort vorhanden (z.B. BF Hamburg, BF Frankfurt/M., BF Mannheim) oder es besteht die Möglichkeit des Zugriffs auf bestehende Messtechnik in der näheren Umgebung (z.B. am IdF Sachsen-Anhalt, LUA Essen, Landesamt für Umweltschutz München). In anderen Fällen sind im Verantwortungsbereich der Befragten keine potenzielle Gefahren vorhanden.

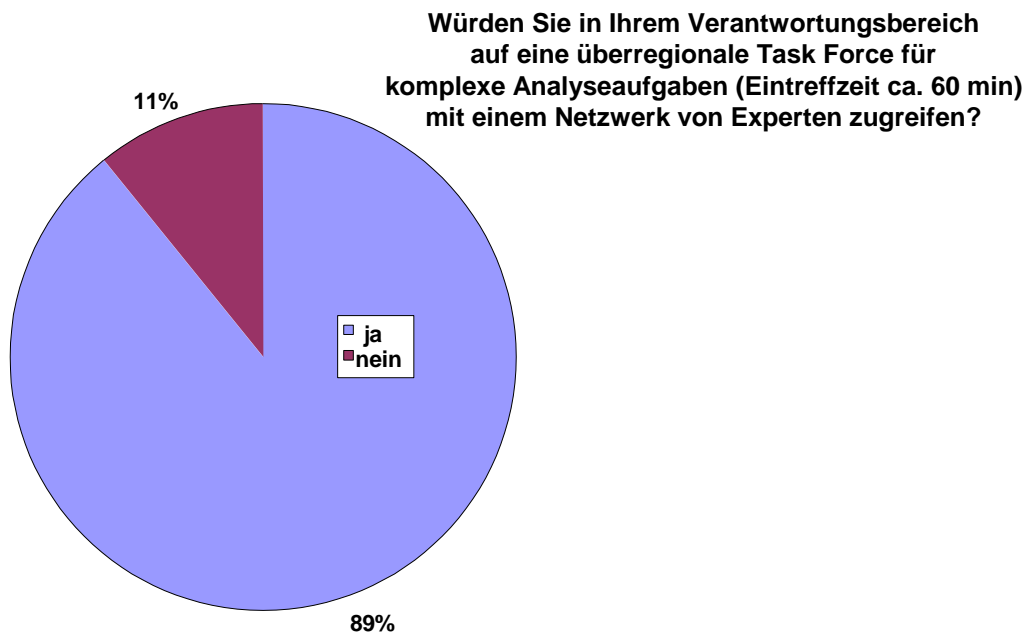


Abbildung 3.21: Zugriff auf eine überregionale Analytische Task Force mit Netzwerk von Experten

3.2 Einsatztaktik

3.2.1 Regelwerke und Dienstvorschriften

Für die Erarbeitung einsatztaktischer Grundsätze der ATF sind vorhandene Einsatztaktiken sowie entsprechende Fachberichte [66,67,68,69,70,71,72] ausgewertet worden. Neben der Bewertung der Dienstvorschriften (s. Kap. 4.2.1) des Katastrophenschutzes, der Feuerwehren und der Polizei wurden insbesondere die Regelwerke des Vereins zur Förderung des Deutschen Brandschutzes (vfdb), des Verbandes der Deutschen Ingenieure (VDI) und der einschlägigen Rechtsvorschriften in die Auswertung einbezogen. Weiterhin wurden die taktischen Grundsätze der Feuerwehren der Vereinigten Staaten berücksichtigt. Im Rahmen der „International Conference on Disaster Management and Medical Relief“ im Mai 1999 in Amsterdam wurde mit Experten aus Rotterdam, Marseille und San Franzisko Informationen bezüglich der Einsatzmaßnahmen zur Versorgung verletzter Personen bei der Freisetzung von Schadstoffwolken diskutiert. Eine wesentliche Basis der Einsatzmaßnahmen stellte dabei die zwingende Notwendigkeit zur Identifizierung der freigesetzten Stoffe am Schadensort dar.

Die entsprechenden Dienstvorschriften der Bundeswehr sind kurzfristig ausgewertet worden, um einen umfassenden Überblick der taktischen Grundsätze zu gewinnen. Weiterhin konnte ein Teil der Einsatztaktiken des sogenannten Entgiftungsdienstes aus dem 2. Weltkrieg, einschlägiger Hinweise der Zivilverteidigung der DDR und der offenen vorbereitenden Einsatzmaßnahmen zum Abtransport der chemischen Waffen aus Rheinland-Pfalz (Aktion LINDWURM) ausgewertet werden.

3.2.2 Messkonzepte

In die Auswertung wurden das Mess- und Dekontaminations-Konzept des Landkreises Aschaffenburg [73], das Messleitkonzept der Berufsfeuerwehr Nürnberg [74] und das überörtliche Probenahmeprojekt der Berufsfeuerwehr Frankfurt [75] einbezogen.

3.3 *Kommunikationsmittel*

Grundsätzlich ist eine kontinuierliche Datenübertragung über die handelsüblichen Mobiltelefone mit entsprechender Zusatzsoftware möglich. Die technischen Voraussetzungen sind erfolgreich geprüft und getestet worden (s. Kap. 4.13.8). Mit der Einführung eines digitalen Funknetzes (TETRA25 oder TETRAPOL) in Deutschland in den nächsten 10 Jahren durch die Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) [76] ist eine digitale Informationsübertragung außerhalb der handelsüblichen Mobiltelefone gesichert. Deshalb wurde dieser Sachverhalt im Rahmen des vorliegenden Projektes nicht weiter getestet.

3.4 Messtechniken

Der Einsatz von Spür- und Messtechniken dient der Erkundung der Schadenslage und bildet mit anderen Informationen die Grundlage für den Einsatzleiter, die Schadenslage zu beurteilen und entsprechende Abwehrmaßnahmen einzuleiten [70]. Dabei müssen die gewonnenen Anzeigergebnisse der Meßsysteme von entsprechend ausgebildeten Einsatzkräften bezüglich der möglichen Messfehler und Rahmenbedingungen bewertet werden, bevor sie vom Einsatzleiter in seine Beurteilung einfließen können. Die Ergebnisse der verschiedenen Meßsysteme bilden grundsätzlich nicht das ausschließliche Kriterium, auf das die Entscheidungen des Einsatzleiters abgestellt sind. Sie ergänzen die gewonnenen Ergebnisse der Lageerkundung und fließen gleichermaßen in die Beurteilung ein.

Die verschiedenen Meßsysteme und deren Verfügbarkeit bei den Feuerwehren wurden im Grundsatz analysiert. Die Analyse zeigt insbesondere die stark divergierende Verfügbarkeit von einzelnen Prüfröhrchen bezüglich der verschiedenen Gruppen genormter Feuerwehrfahrzeuge im Gegensatz zu den tatsächlich vorhandenen Prüfröhrchen. Die besonderen örtlichen Einsatzerfahrungen in Verbindung mit den jeweiligen Gefahrenpotentialen (z. B. Störfallbetriebe) sind augenscheinlich Ursache für die Varianz. Dabei wird auch ein Vergleich der Ausstattung der Feuerwehr Marseille (BMPM) mit den in Deutschland üblichen Systemen vorgenommen. Um einen differenzierten Überblick zu gewinnen, wurde eine Umfrage realisiert. Dabei wurde ein repräsentativer Querschnitt der Landkreise und kreisfreien Städte gezogen, um eine optimierte Darstellung der tatsächlichen Verfügbarkeit von Meßsystemen zu gewinnen. Der überregionale Einsatz bestimmter Messtechniken ist deutlich erkennbar.

Die Auswertung der Einsatzszenarien (s. Kapitel 2) und die Auswertung der Planspiele (Kapitel 6) zeigen, dass Analysentechnik als Basisausstattung für die folgenden Zwecke erforderlich ist:

1. Monitoring und Warnung beim Aufspüren von Stoffquellen und bei großvolumigen Schadstoffausbreitungen mit tragbaren Geräten oder aus dem Fahrzeug heraus.
2. Ferndetektion von Gefahrstoffwolken.
3. Identifizierung von Gefahrstoffen im Gemisch in Luft-, Wasser und Bodenproben.

In der Studie „Untersuchungen der Praxisanforderung an die Analytik bei der Bekämpfung großer Chemieunfälle“ [26] sind verschiedene Messverfahren, die prinzipiell für die Erfassung von Gefahrstoffen geeignet sind, beschrieben und auf die Belange der Gefahrenabwehr hin untersucht worden. Eine Übersicht über die zur Zeit bei Feuerwehren eingesetzten Messtechniken wurde von Rönfeldt [25] zusammengefasst. Maßgebende Veränderungen sind derzeit nicht bekannt. Die zur Zeit bei speziellen Feuerwehren eingesetzten Verfahren der instrumentellen Messtechnik werden kurz in ihrer Funktion beschrieben und hinsichtlich ihres Einsatzes für eine ATF bewertet.

3.4.1 Grundsätze zur Auswahl der geeigneten Messverfahren

Die verfügbaren physikalischen oder chemischen Messtechniken lassen grundsätzlich die Detektion, Identifizierung und/oder die Quantifizierung bestimmter Stoffgruppen, einzelner Stoffe oder Stoffgemische zu. Die dabei erforderlichen Mess- und Probenahmeverfahren sowie die ggf. notwendige Probenaufbereitung einschließlich der dafür erforderlichen technischen Ausstattung ist nur in wenigen Fällen für die Detektion, Identifizierung und/oder Quantifizierung unter den Bedingungen der akuten Gefahrenabwehr unter Einsatzbedingungen geeignet. Dabei muss berücksichtigt werden, dass das verfügbare Einsatzpersonal nur begrenzt in der Probenahme und -aufbereitung geschult ist. Die im Einsatzfall anwendbaren Messtechniken sind durch diese Rahmenbedingungen eingeschränkt. Bei der Auswahl für den Einsatz geeigneter Messtechniken kommen nur die Systeme und Verfahren zum Einsatz, die den Bedingungen der akuten Gefahrenabwehr ausreichend gerecht werden bezüglich der:

- relativ einfachen Probenahmeverfahren (sofern erforderlich),

- relativ einfachen Probenaufbereitung (sofern erforderlich),
- schnellen Verfügbarkeit der Anzeigergebnisse,
- relativ einfachen Bewertung
- eindeutigen Fehlerbegrenzung
- Verfügbarkeit einfacher Mittel zur Probenahme

Systeme, die aufgrund der physikalischen/chemischen Messtechniken im Labor sehr gute Ergebnisse erzielen, sind nicht gleichzeitig für den Einsatz bei der akuten Gefahrenabwehr geeignet. Im Zusammenhang mit der akuten Gefahrenabwehr sind Messtechniken problematisch, die keine Anzeige liefern, obwohl eine gefährliche Schadstoffkonzentration vorliegt (negativer Fehler). Systeme, die ein Alarmsignal melden, obwohl keine gefährliche Schadstoffkonzentration vorliegt (sogenannter positiver Fehler), sind für die Gefahrenabwehr grundsätzlich besser geeignet.

Um die analytischen Messaufgaben entsprechend den genannten Szenarien bei großen Chemieunfällen und Bränden vor Ort zu erfüllen, sind grundsätzlich folgenden Messtechniken zu differenzieren:

- Messtechnik zur kontinuierlichen Detektion und Alarmanzeige
- Messtechnik zum Nachweis von Stoffgruppen und Alarmanzeige
- Messtechnik zur Identifizierung von einzelnen Stoffen
- Messtechnik zur Identifizierung der Zusammensetzung von Stoffgemischen
- Messtechnik zur Ferndetektion von Gefahrstoffwolken und Alarmanzeige

Die verschiedenen messtechnischen Systeme sind folgenden grundlegenden Geräteklassen [26] zugeordnet:

- chemische Messverfahren mit Farbumschlag (z. B. Prüfröhrchen, Teststreifen, Indikatorsysteme oder dgl.)
- elektrische mobile Messgeräte für den Betrieb unter Einsatzbedingungen
- mobile Analysegeräte für den Betrieb im Fahrzeug unter Einsatzbedingungen

Entsprechend der möglichen und verfügbaren physikalisch/chemischen Messprinzipien sind analytische Messinstrumente in drei Klassen zu unterteilen [26]:

- eindimensionale Messtechnik:
mit Sensoren wird ein Messsignal, das für den Stoff je nach Sensor mehr oder weniger spezifisch und proportional zur Konzentration des Stoffes ist, über die Zeit erfasst.
- zweidimensionale Messtechnik:
mit Spektrometern oder Gaschromatographen werden Stoffe oder einfache Gemische durch das zugehörige Spektrum oder das Chromatogramm partiell oder über die Zeit erfasst, wobei das Messsignal proportional zur Konzentration ist.
- dreidimensionale Messtechnik:
mit einem Gaschromatograph/Massenspektrometer System wird der einzelne Stoff und Stoffe im Gemisch nach gaschromatographischer Trennung eindeutig durch das Massenspektrum identifiziert und quantifiziert.

Die messtechnische Ausstattung bei den verschiedenen Feuerwehren ist sehr unterschiedlich und hängt offensichtlich von den örtlichen Gegebenheiten (z. B. Anzahl und Art von sogenannten Störfallbetrieben) und/oder den gewonnenen Einsatzerfahrungen in Abhängigkeit zu deren Häufigkeit ab (z. B. Häufung von Gefahrguteinsätzen durch Transportunfälle auf Autobahnabschnitten). Bei Feuerwehren, die mit Gerätewagen (z. B. GW-Gefahrgut, GW-Strahlenschutz, GW-Umweltschutz oder dgl.) ausgerüstet sind, gehören Explosionsgrenzenmessgeräte, Teststreifen (pH-Wert, Öl-Test u. dgl.) und Prüfröhrchen üblicherweise zur Basisausstattung. Die entsprechenden Normen des Fachnormenausschusses Feuerwehrwesen (FNFW) im Deutschen Institut für Normung (DIN e. V.) sehen die genannten Meßsysteme in Rüst-, Einsatzleit- und Gerätewagen sowie in

Löschgruppenfahrzeugen bindend oder optional vor. In der Tabelle 9.3 im Anhang sind die vom Fachnormenausschuss Feuerwehrwesen vorgegebenen Ausstattungen der genormten Feuerwehrfahrzeuge mit Prüfröhrchen zusammengefasst. Gleichzeitig ist die tatsächliche Ausstattung einzelner Feuerwehren mit verschiedenen Prüfröhrchen dargestellt (Tabelle 9.4). Aus der Gegenüberstellung der Tabellen ist ersichtlich, dass keine einheitliche Ausstattung auf der Basis einer gemeinsamen Strategie vorhanden ist.

Spezielle Messtechniken werden nur an wenigen speziellen Standorten (Stützpunktfeuerwehren, Kreisfeuerwehren oder aufgrund örtlicher Risiken) vorgehalten. Diesbezügliche Regelwerke zur Ausstattung und Funktionalität liegen nicht vor. Gleichwohl wird die Beschaffung bestimmter Systeme von den Länderinnenministerien im Bedarfsfall finanziell gefördert. Insbesondere folgende Messtechniken sind im Einsatz:

- Photoionisationsdetektor (PID)
- Flammenionisationsdetektor (FID)
- Flammenphotometrischer Detektor (FPD)
- Ionenmobilitätsspektrometer (IMS)
- Infrarotspektrometer (IR)
- Mobiles Gaschromatograph-Massenspektrometer-System (GC-MS-System)
- Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)

Im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sind Gefahrstoff-Sensoren-Arrays (GDA) und Systeme zur Fernerkundung von Gefahrstoffwolken mit Fourier-Transform-Infrarot-Spektrometern (FTIR) bei ausgewählten Feuerwehren in der Erprobungs- und Testphase. Diese Geräte sind auch für die Detektion von Kampfstoffen bei den Streitkräften von besonderer Bedeutung. Es ist deshalb grundsätzlich zu erwarten, dass diese Systeme oder entsprechend weiterentwickelte Techniken dort in wenigen Jahren zum Einsatz und in großen Stückzahlen auf den Markt kommen.

3.4.2 Ausstattung bei ausgewählten Feuerwehren

Im Rahmen des Projektes wurde eine exemplarische Auswertung der messtechnischen Ausstattung von Feuerwehren vorgenommen, die eine erweiterte meßtechnische Ausstattung vorhalten. Eine Übersicht der Auswertung ist in Tabelle 3.1 gegeben.

Tabelle 3.1: Übersicht der verfügbaren Messtechnik verschiedener Feuerwehren

	Berlin	Frankfurt/M	Hamburg	IdF	Mannheim	Marseille	Wien
CMS	-	x	-	x	-	-	-
Mehrgasdetektor	x	x	-	x	x	-	x
PID	x	x	-	x	x	-	x
FID	x	-	-	x	x	-	-
FPD	-	-	-	-	-	x	-
IMS	-	-	-	x	x	-	-
GDA	-	Test	Test	-	Test	-	-
RFA	-	-	-	-	-	-	x
IR	-	-	-	-	Miran	-	-
GC-MS	-	MM1	EM640	EM640	EM640	EM640	HP G1801B
sonstige Detektionsgeräte		Spektroquant SQ 118, Wasseranalyse-koffer		Leucht-bakterientest (LUMISmini)	Wasser-analyse-koffer		Leucht-bakterientest (LUMISmini) Reflekt-quant

Tabelle 3.2: Übersicht der verfügbaren Gefahrstoff-Datenbanken, Ausbreitungsmodelle und geographischen Informations-Systemen bei den Feuerwehren

	Berlin	Frankfurt/M.	Hamburg	IdF	Mannheim	Marseille	Wien
Gefahrstoff-datenbanken	Chemis	Chemis, Gefährliche Stoffe (Keudel), Resy	Chemis, Gefährliche Stoffe (Keudel), Resy	diverse	Chemis, Gefährliche Stoffe (Keudel), IGS, Resy	CAMEO	IGS, BIG
Ausbreitungsmodellierung	DISMA	MET			Alpha 1, VDI-Modell Schwergase, VDI-Modell Leichte Gase, MET	CAMEO (ALOHA)	MET
geographische Informations-Systeme	Geo-FES	digitale Stadtkarte Luftbilder	digitale Stadtkarte Luftbilder		digitale Stadtkarte Luftbilder	CAMEO (MARPLOT)	ü. MATLAB
automatische Standortbestimmung mit dem GPS	x				x		x

Neben der messtechnischen Ausstattung ist in Tabelle 3.2 eine Übersicht der verfügbaren Gefahrstoff-Datenbanken, der Ausbreitungsmodelle und der geographischen Informationssystemen gegeben.

3.4.3 Regionale Besonderheiten der genannten Feuerwehren

3.4.3.1 Berliner Feuerwehr

Bei der Berliner Feuerwehr wurde ein Softwaresystem zur Entscheidungsunterstützung bei Großschadensereignissen entwickelt. Dieses auf der Basis eines geographischen Informations-Systems speziell für die Belange der Feuerwehr entwickelte "geogestützte Feuerwehr-Entscheidungshilfesystem" (Geo-FES) ist auf einem Messfahrzeug und in der Feuerwehreinsatzzentrale und Rettungsleitstelle der Berliner Feuerwehr in der Erprobung. Es enthält wichtige Komponenten, die im Rahmen der Konzeption eines Expertensystems für die ATF von Bedeutung sind. Geo-FES ist in folgende drei Komponenten gegliedert:

- Datenverwaltung auf der Basis des geographischen Informations-Systems (GIS)
- Raumbezogene Simulation der Schadstoffausbreitung
- Datenanalyse und die Bereitstellung von entscheidungsunterstützenden Informationen für einsatztaktische Maßnahmen auf der Basis des geographischen Informations-Systems

Weiterhin ist die Ermittlung der Standorte von Messtrupps mit einer automatischen Standortbestimmung (GPS) vorgesehen.

3.4.3.2 Feuerwehr Frankfurt/M.

Der Umweltschutzzug der Feuerwehr Frankfurt/M. besteht aus folgenden vier Basiskomponenten:

- Gefahrstoffmessfahrzeug (GMF)
- Gefahrstoffschutzfahrzeug (GSF)
- Abrollbehälter Gefahrstoff (AB „Gefahrstoff“) mit Wechselladerträgerfahrzeug
- Hilfeleistunglöschfahrzeug (HLF)

Die sieben Löschzüge führen eine Basisausrüstung für den Gefahrstoffnachweis im Rahmen der Lageerkundung (Explosionsgrenzenwarngerät, Nachweisgeräte für ionisierende Strahlung, Prüfröhrchen mit Gasspürpumpe für Chlor und Ammoniak) sowie ein Probenahmeset für luftgetragene Schadstoffe (TENAX) mit. Drei weitere Sonderfahrzeuge (ABC-Zug) auf der Feuer- und Rettungswache 7 führen Ausrüstung für Spür- und Erkundungsaufträge bei großräumigen Schadstoffausbreitungen mit.

Das Gefahrstoffmessfahrzeug der Feuerwehr Frankfurt/M. ist mit einem mobilen GC-MS-System vom Typ MM1 ausgestattet. Aufgrund des hohen Gewichts (ca. 150 kg) ist die Verlastung im Hubschrauber nur eingeschränkt möglich. Damit die Reaktionszeit bei Schadensfällen außerhalb des Stadtgebietes möglichst kurz ist, wird von der Feuerwehr Frankfurt/M. ein Probenahmeprojekt im Regierungsbezirk Darmstadt realisiert. Im Jahr 1998 kam es zu 15 Einsätzen und im Jahr 1999 zu 22 Einsätzen. Dabei wurden 1998 in acht und 1999 in 12 Fällen die Proben durch die örtliche Feuerwehr per Kurier nach Frankfurt/M. zur Auswertung transportiert. In allen anderen Fällen war das Gefahrstoffmessfahrzeug der Berufsfeuerwehr Frankfurt/M. am Einsatzort. Im Rahmen dieses Probenahmeprojektes wurden zunächst nur Sammelröhrchen vom Typ TENAX für die Analyse luftgetragener Schadstoffe verteilt. Eine Erweiterung der Probenahmeausrüstung für die Entnahme von Boden- und Wasserproben ist für Anfang 2001 geplant.

Für die präklinische Versorgung von Notfallpatienten wurden von der Berufsfeuerwehr Frankfurt am Main fünf sogenannte „Großunfall-Sets“ eingerichtet. In jedem Großunfall-Set sind Notfallmedikamente, Antidote und Infusionslösungen für 60 Personen vorhanden. Die Großunfall-Sets sind in handelsüblichen Aluminium-Kisten untergebracht, auf Krankentragen montiert und auf die vier Notarztstandorte der Berufsfeuerwehr (BG-Unfallklinik, Städt. Kliniken F-Höchst, Uni-Klinikum und Krankenhaus Nordwest) dezentral im Stadtgebiet aufgeteilt. Das fünfte Großunfall-Set ist in dem an der Feuer- und Rettungswache 6 stationierten Großraumrettungswagen (GRTW) der Berufsfeuerwehr untergebracht und steht damit im Erstabmarsch zur Verfügung. Mit dieser Ausstattung können 300 Personen unter Einhaltung der rettungsdienstlichen Eingriffszeiten versorgt werden.

3.4.3.3 Feuerwehr Hamburg

Neben der Ausstattung aller Löschfahrzeuge der Feuer- und Rettungswachen mit einem Explosionsgrenzenmessgerät, einem Sauerstoffwarner und einem Prüfröhrchensatz mit entsprechender Gasspürpumpe sind die speziellen Einsatzmittel für die Bekämpfung von Kampfstoffen und Umweltgefahren an einer Dienststelle konzentriert. Mit folgenden Spezialfahrzeugen werden die speziellen Gefahren bei der Schadstofffreisetzung infolge von Chemieunfällen oder Bränden bekämpft:

- Einsatzleitwagen Umweltdienst (ELW 1 U-Di)
- Rüstwagen ÖL (RW-ÖL)
- Atemschutzgerätewagen (GW-AS)
- Spür- und Messfahrzeug (AB-S+M)
- Dekontaminationsfahrzeug (AB-DEKON)

Mit Ausnahme des ELW 1 des Umweltdienstes sind alle anderen Fahrzeuge als Abrollbehälter (vgl. Abbildung 3.22) mit einem fest zugeordneten Trägerfahrzeug (WLF) technisch realisiert. Alle sogenannten Abrollbehälter sind grundsätzlich kranbar. Damit ist der Einsatz dieser Einsatzmittel auf Seeschiffen im Hafen bzw. auf See oder bei größeren Entfernungen im Binnenland grundsätzlich realisierbar. Das Spür- und Messfahrzeug ist u. a. mit einem mobilen GC-MS-System ausgestattet. Das GC-MS-System ist auch ohne das Spür- und Messfahrzeug mit einer vorhandenen Trageeinrichtung in jeden Rettungshubschrauber verlastbar und funktionsfähig.

Für die rettungsdienstliche und notfallmedizinische Versorgung einer Vielzahl von betroffenen Menschen stehen vier Gerätewagen Rettungsdienst (GW-RD) und ein Set mit Gegengiften (Antidot)

zur Verfügung. Die Notärzte des Rettungsdienstes, die Leitenden Notärzte sowie die Landesfeuerwehrärzte sind entsprechend eingewiesen.

Die speziellen Besonderheiten bei den sogenannten Störfallbetrieben sowie den Hafenumschlagsbetrieben sind in behördenübergreifenden Einsatzplänen nach einer einheitlichen Struktur festgelegt. Mit dem Datenkommunikations-System (DAKOSy) der Hafenumschlagsbetriebe besteht für die Feuerwehr jederzeit ein online-Zugriff auf den Datenbestand der Hafenumschlagsbetriebe. Es wird den eingesetzten Einsatzkräften unmittelbar bekannt gegeben, welche gefährlichen Güter sich in den gefährdeten Bereichen befinden.



Abbildung 3.22: Abrollcontainer der Berufsfeuerwehr Hamburg

3.4.3.4 Feuerwehr Mannheim

Im Land Baden-Württemberg gehört die Deutsche Rettungsflugwacht e. V. (DRF) zu den gesetzlichen Trägern des Rettungsdienstes und hat mit dem Land eine Rahmenvereinbarung über die Durchführung der Luftrettung geschlossen. Die Kommunikationswege der Deutschen Rettungsflugwacht stellen den Anschluss des medizinischtoxikologischen Informationssystems „MEDITOX“ mit dem Bereitschaftsdienst der Toxikologen und Notfallmediziner sicher.

Die Feuerwehr Mannheim ist mit einem mobilen GC-MS-System vom Typ EM640 ausgestattet. Auf Anforderung durch Feuerwehren oder durch die Alarmzentrale der Deutschen Rettungsflugwacht kann das GC-MS-System außerhalb des Stadtgebietes eingesetzt werden. Bei einem Einsatzradius von weniger als 50 km oder nachts erfolgt der Transport des GC-MS-Systems und der Probenahmeausstattung mit dem Gerätewagen Umwelt. Bei weiter entfernten Einsatzstellen wird das GC-MS in einen Hubschrauber der Deutschen Rettungsflugwacht verladen und auf dem Luftweg zur Einsatzstelle transportiert (Abbildung 3.23). Ein überörtliches Probenahmeprojekt, wie im Land Hessen durch die Feuerwehr Frankfurt/M., ist bei der Feuerwehr Mannheim in Vorbereitung.

Außer dem GW-Mess (früher GW-Umwelt) wird wie bei anderen Wehren vorgehalten:

- ein GW-Atemschutz
- ein KdoW für den U-Dienst
- ein Abrollbehälter Gefahrgut
- ein Abrollbehälter Pumpen
- ein Absetztank
- ein Tankcontainer
- drei Erkundungskraftwagen (Einsatz für Erkundungsaufgaben mit GW-Mess)

Berufsfeuerwehr Mannheim



Abbildung 3.23: Verlastung des GC-MS-Systems mit einem Hubschrauber vom Typ BK 117

3.4.3.5 Feuerwehr Wien

Die Feuerwehr Wien betreibt zur Bewältigung von Chemieunfällen ein Umweltmessfahrzeug mit verschiedenen Detektions- und Analysegeräten. Kernstück bildet dabei ein GC-MS-System vom Typ HP G1801B sowie ein Röntgenfluoreszenzanalyse-Gerät.

3.4.3.6 Feuerwehr Marseille

Die Feuerwehr Marseille ist der französischen Marine angegliedert (Bataillon de marins-pompiers de Marseille). Sie betreibt in ihrem Messfahrzeug „Laboratoire Mobile de Spectrometrie de Masse“ ein GC-MS-System vom Typ EM640 [77]. Neben Explosionsgrenzenmessgerät, Sensoren zur Messung von Chlor, Ammoniak, Kohlendioxid, u. dgl. ist das Messfahrzeug mit einem Flammenphotometrischen Detektor (FPD) zur Detektion von C-Kampfstoffen ausgerüstet. Als Expertensystem wird das von der U.S. Environmental Protection Agency (EPA) und der National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) entwickelte Programmpaket CAMEO (Computer-Aided Management of Emergency Operations) mit integrierter Gefahrstoffdatenbank, Ausbreitungsmodul (ALOHA) und Kartenmaterial (MARPLOT) eingesetzt.

3.4.4 Bewertung verfügbarer Messtechniken und -verfahren

3.4.5 Prüfröhrchen

Das sogenannte Prüfröhrchenmessverfahren ist prinzipiell für die Überwachung von Schadstoffkonzentrationen in Innenräumen unter definierten Bedingungen (Raumtemperatur 20 °C und rel. Feuchte 50 %) entwickelt worden. Für diesen Aufgabenbereich stehen über 300 verschiedene Prüfröhrchen unterschiedlicher Hersteller für einzelne Stoffe oder Stoffgemische in unterschiedlichen Konzentrationsbereichen zur Verfügung. Die jeweiligen Verfahrensschritte zur Erzeugung einer Anzeige sind relativ einfach und werden in der Regel von allen Einsatzkräften der Feuerwehren, der Polizeien, der Bundesanstalt Technisches Hilfswerk und anderer, in den Katastrophenschutz integrierter Organisationen, beherrscht. Die Bewertung der Anzeigeergebnisse erfordert in der Regel eine detaillierte Schulung und setzt zwingend die Erkundung weiterer Lageinformationen voraus. Erfolgt die Messung unter anderen Rahmenbedingungen, dienen die Anzeigeergebnisse ausschließlich der Orientierung. Ein eindeutiges Ergebnis wird grundsätzlich nicht abgeleitet.

Messstrategie beim Einsatz der Prüfröhrchen

Zur Messung von Schadstoffen bei Chemieunfällen oder Bränden wurde von der Dräger AG ein „Mess-Strategie-Vorschlag“ zur Bewertung von Schadstoffkonzentrationen im Feuerwehreinsatz erarbeitet [78]. Grundlage bildet die Liste der Einsatztoleranzwerte (ETW) nach der vfdb-Richtlinie 10/01. Die Mess-Strategie beginnt mit der Überwachung der Explosionsgefahr bzw. Kontrolle der Sauerstoffkonzentration mit dem Dräger Multiwarn II oder dem Dräger PAC-EX.

Ist der Stoff bekannt, wird gezielt mit einem entsprechenden Prüfröhrchen der vorhandene Konzentrationsbereich eingegrenzt. Ist der Stoff nicht bekannt, wird neben der Einzelstofferrfassung die Ermittlung von Stoffgruppen hinsichtlich der Stoffeigenschaften vorgenommen [79]. Dazu werden sogenannte Simultantest-Sets eingesetzt, die zur Verkürzung der Messzeit aus jeweils fünf parallel in einer Manschette angeordneten Prüfröhrchen bestehen.

Das Konzept (Dräger AG) beinhaltet folgende Mess-Systeme:

Multiwarn II oder PAC EX

Simultantest Set Leitsubstanzen	
Kombinationsprüfröhrchen	Konzentration bei max. Farbumschlag
Kohlenstoffmonoxid (CO)	100 ppm
Blausäure (Cyanwasserstoff)	5 ppm
Salzsäure (Chlorwasserstoff)	5 ppm
Nitrose Gase (Stickoxide)	1 ppm
Formaldehyd	1 ppm

Simultantest-Set I		
Kombinationsprüfröhrchen	1. Markierung der Konzentration	2. Markierung der Konzentration
Saure Gase (Salzsäure)	5 ppm	25 ppm
Blausäure (Cyanwasserstoff)	5 ppm	25 ppm
Kohlenstoffmonoxid (CO)	30 ppm	100 ppm
Basische Gase	50 ppm	250 ppm
Nitrose Gase (Stickoxide)	1 ppm	5 ppm

Simultantest-Set II		
Kombinationsprüfröhrchen	1. Markierung der Konzentration	2. Markierung der Konzentration
Schwefeldioxid		25 ppm
Chlor	1 ppm	3 ppm
Schwefelwasserstoff	10 ppm	50 ppm
Kohlenstoffdioxid	1 vol. %	2,5 vol. %
Phosgen		0,5 ppm

Simultantest-Set III		
Kombinationsprüfröhrchen	1. Markierung der Konzentration	2. Markierung der Konzentration
Ketone (Aceton)	1000 ppm	5000 ppm
Alkohole (Methanol)	200 ppm	1000 ppm
Aromaten (Benzol)	20 ppm	150 ppm
aliph. KW (Hexan)	100 ppm	200 ppm
chlorierte Kohlenwasserstoffe (Perchlorethylen)	50 ppm	100 ppm

Es wird dabei zwischen dem Simultantest-Set Leitsubstanzen, dem Simultantest-Set I oder Simultantest-Set II gewählt. Der Simultantest-Set III wird bei Messungen von organischen Lösungsmitteln eingesetzt (z. B. Transportunfälle).

Die Prüfröhrchen in den Simultantest-Sets verfügen über zwei Markierungen. Überschreitet die Farblängenanzeige eines oder mehrerer Röhrchen die erste oder zweite Markierung, wird für das Gas die tatsächliche Konzentration mit einem entsprechenden Prüfröhrchen nachgemessen.

Mittelfristig wird das sogenannte Träger Chip-Mess-System (CMS) die üblichen Prüfröhrchen ersetzen. Das Träger Chip-Mess-System ist ein Mess-System zur vor-Ort-Messung von Momentan-Konzentrationen mit Auswerteeinheit und stoffspezifischen Chips. Die Messwerte werden digital angezeigt. Es werden bis zu 50 Messwerte gespeichert. Über einen Barcode werden Parameter wie der Chip-Typ und die erforderliche Messzeit automatisch in das System gelesen. Im Vergleich zu den Prüfröhrchen werden Messfehler aufgrund falscher Bedienung weitgehend ausgeschlossen.

Sowohl die beschriebene Mess-Strategie zur Erkundung, welche Stoffe oder Stoffgruppen freigesetzt wurden, als auch die eingesetzten Geräte sind in diesem Fall vom genannten Hersteller abhängig. Eine allgemeingültige Strategie, die unabhängig von einem Hersteller nur bestimmte Prüfröhrchen oder andere Messtechniken zum Einsatz bringt, ist nicht bekannt.

Vorteile der Prüfröhrchenmesstechnik

Der Vorteil liegt in der einfachen Bedienbarkeit und dem geringen Wartungsaufwand der Röhrchen. Bei Bränden wird mit Hilfe der Simultantest-Sets eine Grenzwertüberwachung anorganischer Gase aus der Liste der ETW z. B. an der Einsatzstelle vorgenommen. Sind die freigesetzten Stoffe bekannt, werden, soweit für diesen Stoff oder die Stoffgruppe die entsprechenden Röhrchen vorliegen, von Messtrupps punktuell Konzentrationsbestimmungen vorgenommen.

Ist der freigesetzte Stoff unbekannt, ist die beschriebene Mess-Strategie zeitaufwendig. Die Identifizierung und Quantifizierung bei Einzelstoffen und insbesondere bei Stoffgemischen führt aufgrund der Querempfindlichkeiten bestimmter Röhrchen zu falschen Anzeigeergebnissen und damit zur falschen Bewertung. Die Simultantest-Sets haben einen kleinen dynamischen Bereich und sind deshalb zur Detektion von Schadstoffausbreitungen nur bedingt geeignet.

Nachteile der Prüfröhrchenmesstechnik

Der Einsatz der Prüfröhrchen erfordert die Akzeptanz relativ hoher Fehlertoleranzen. In der Regel wird das Anzeigeergebnis nur zur Orientierung genutzt. Der erforderliche Zeitaufwand (10 Hübe mit

einem Prüfröhrchen für Chlorgas im Bereich von 1 ppm dauern ca. 3 Minuten) liefert insbesondere bei der Ausbreitung einer Schadstoffwolke nur relativ langsam wichtige Ausbreitungsinformationen, die für die Bewertung der Gefahrenlage in der Regel zu spät vorliegen. Liegen keine Informationen über den freigesetzten Stoff vor, ist die Wahl eines geeigneten stoffspezifischen Prüfröhrchens nicht möglich. Aufgrund der Querempfindlichkeiten bei bestimmten Prüfröhrchen (siehe z. B. Simultantest-Set III) ist die Anwendung vieler Prüfröhrchen geboten. Sofern das spezifische Prüfröhrchen nicht verfügbar ist, werden relativ viele überflüssige Röhrchen verbraucht.

3.4.6 Explosionsgrenzenmessgeräte

Bei einer Vielzahl von Feuerwehren sind seit vielen Jahren entsprechende Geräte von unterschiedlichen Herstellern im Einsatz. Das Messprinzip basiert auf der sogenannten Wärmetönung. Durch die explosionsgeschützte Ausführung ist die Feststellung, ob ein explosives Gas-Luft-Gemisch vorliegt, möglich. Die Alarmschwelle ist üblicherweise auf den Wert von 20 % der unteren Explosionsgrenze eingestellt. Das jeweilige Gerät wird grundsätzlich auf ein bestimmtes Gas kalibriert. Erfolgt die Messung bei anderen Gasen oder Gasgemischen ist die Anzeige entsprechend falsch. Dabei tritt ein sogenannter positiver Fehler auf, wenn die untere Explosionsgrenze höher ist als die des zur Kalibrierung verwendeten Gases. Ein negativer Fehler tritt auf, wenn die untere Explosionsgrenze des gemessenen Gases niedriger ist als die des zur Kalibrierung verwendeten Gases.

Mess-Strategie beim Einsatz der Explosionsgrenzenmessgeräte

Der Nachweis eines explosiven Gas-Luft-Gemisches erfolgt jeweils zu einem bestimmten Zeitpunkt und an einem bestimmten Ort. Alternativ kann in einer zunächst unkritischen Atmosphäre eine kontinuierliche Überwachung der bis zum Erreichen der unteren Explosionsgrenze erfolgen. In übersättigten Gas-Luft-Gemischen (Konzentration oberhalb der oberen Explosionsgrenze) ist eine kontinuierliche Überwachung nicht möglich. Die Verfolgung einer Gaswolke ist in Abhängigkeit zu den Ausbreitungsparametern und den Freisetzungsbedingungen in der Regel nur mit stationären Messpunkten möglich. Mit mobilen Explosionsgrenzenmessgeräten kann der kontinuierliche Nachweis grundsätzlich nur gelingen, wenn mehr als fünf entsprechend ausgestattete Spürtrupps zeitgerecht eingesetzt werden.

Vorteile der Explosionsgrenzenmessgeräte

Die Geräte sind leicht und einfach in der Handhabung. Bei der Verwendung von Ethanol als Kalibriergas ist nur ein positiver Fehler möglich, weil kein anderes Gas eine niedrigere untere Explosionsgrenze hat.

Nachteile der Explosionsgrenzenmessgeräte

Eine sichere Detektion des explosiven Gas-Luft-Gemisches mit Konzentrationen oberhalb der oberen Explosionsgrenze ist nicht möglich. Bei der Verwendung von Ethanol als Kalibriergas reagieren die Geräte in der Regel sehr empfindlich und zeigen bei Störeinflüssen gefährliche Konzentrationen an, obwohl keine Gefahr vorliegt.

3.4.7 Geräte für das Monitoring

Für das Monitoring sind prinzipiell online Messgeräte notwendig.

3.4.7.1 Photoionisationsdetektor (PID)

Im PID werden organische Gase durch UV-Licht ionisiert und die Ionen zwischen Elektroden gemessen. Dazu sind UV-Lampen mit Strahlungsenergien bis 11,8 eV erhältlich. Der Stoffnachweis

ist abhängig vom Ionisationspotential. Bei den verwendeten Energien werden Sauerstoff, Stickstoff, Kohlendioxid und Wasser als Hauptbestandteile der Luft nicht ionisiert. Auch kurzkettige gesättigte Kohlenwasserstoffe besitzen, außer beim Einsatz einer 11,8 eV Lampe, ein zu hohes Ionisationspotential und geben kein oder ein sehr kleines Signal. Der Detektor ist leicht, unproblematisch in der Handhabung und gut geeignet für das Monitoring. Die Geräte sind ausgereift und werden von verschiedenen Herstellern angeboten. Nachteilig ist, dass Gefahrstoffe mit Ionisationspotentialen, die größer sind als die Energie der verwendeten UV-Lampe, nicht detektiert werden. Gemische werden als Summenparameter detektiert.

3.4.7.2 *Flammenionisationsdetektor (FID)*

Bei dem Flammenionisationsdetektor werden organische Stoffe in einer Wasserstoff/Luft-Flamme durch Verbrennung ionisiert. Der durch die Verbrennung in der heißen Flamme entstehende Ionenfluss wird von einer Kollektorelektrode gesammelt und als Kollektorstrom detektiert. Die Energie der Flamme ist groß genug, um organische Verbindungen mit einem Ionisierungspotential von 15,4 eV oder kleiner zu ionisieren [24]. Gemische werden als Summenparameter detektiert.

3.4.7.3 *Flammenphotometrische Detektor (FPD)*

Beim FPD werden schwefel- oder phosphorhaltige Stoffe durch Verbrennen in einer Wasserstoffflamme zur Chemolumineszenz angeregt. Der Stoffnachweis beim FPD ist elementspezifisch für schwefel- und phosphorhaltige Verbindungen. Mit einem optischen Filter werden die elementspezifischen Resonanzlinien herausgefiltert und in einem Photomultiplier detektiert. Der Vorteil des FPD ist, dass kein Fehlalarm durch Verbindungen, die weder Schwefel noch Phosphor enthalten, hervorgerufen wird. Der FPD ist daher in erster Linie als Warngerät für die Detektion von S- bzw. P-haltigen Kampfstoffen geeignet. Gemische werden als Summenparameter detektiert.

3.4.7.4 *Ionen-Mobilitäts-Spektrometer (IMS)*

Im IMS werden in einer Ionisationskammer durch Einstrahlung von Elektronen aus einer geeigneten Strahlen-Quelle positive und negative Reaktant-Ionen gebildet. Probengasmoleküle diffundieren durch eine Membran, die den Probengasraum von der Ionisationszone trennt, und werden von den Reaktant-Ionen eingefangen. Ein eingebautes Gitter lässt abwechselnd positive und negative Ionen in eine Driftkammer, wo die Ionen beschleunigt und entgegen einem Driftgas zur Detektorelektrode driften. Die Driftgeschwindigkeit ist abhängig von der Gestalt bzw. Größe der gebildeten Ionen. Sie erlaubt neben der Quantifizierung auch eine Stoffidentifizierung. Mit dem IMS können viele anorganische und organische Gase (HCN, HCl, Cl₂, NH₃) nachgewiesen werden. Es ist besonders nachweisstark für polare Verbindungen wie chemische Kampfstoffe. Gemische werden als überlagerte IMS-Spektren detektiert.

3.4.7.5 *Gefahrstoff-Detektoren-Array (GDA)*

Das GDA ist ein Array aus verschiedenen Detektoren, mit dem, mit Ausnahme von CO₂, alle Substanzen der Liste mit ETW detektiert werden können [80,81]. Neben einem IMS ist im GDA ein Photo-Ionisations-Detektor eingebaut. Mit einem IMS und einem PID zusammen können eine Vielzahl der Stoffe aus der genannten Liste detektiert werden. Zur Detektion von Stoffen wie Formaldehyd und Acrolein sind zwei Halbleitersensoren (HL) und zur Detektion von Phosgen und Phosphin noch eine elektrochemische Zelle (EZ) in das Gerät integriert.

Dem sehr nachweisstarken IMS ist eine Verdünnungseinheit vorgeschaltet, um es vor hohen Konzentrationen zu schützen. Es sind Verdünnungen von 1:10 und 1:100 möglich. Standardmäßig

wird mit einer Verdünnung von 1:100 gearbeitet. Die gebildeten positiven und negativen Schadstoffionen-Cluster können vor oder nach den Reaktant-Ionenpeaks im Spektrum erscheinen. Dem IMS können daher je nachdem, ob die aus den Schadstoffmolekülen gebildeten Ionen vor oder nach dem Reaktant-Ionenpeaks erscheinen und je nachdem, ob das IMS im negativen oder positiven Mode geschaltet ist, insgesamt 4 Kanäle zugeordnet werden. Zusammen mit den anderen Sensoren werden insgesamt 8 Kanäle für die Auswertung herangezogen.

Vorteil des Gerätes ist, dass durch die Kombination geeigneter Sensoren sowohl anorganische Gase wie z.B. Chlor, Ammoniak, Schwefeldioxid, Schwefelwasserstoff als auch organische Stoffe aus der Liste der ETW sowie Kampfstoffe gleichzeitig detektiert werden können. Das Gerät kann am Mann getragen werden. Die Anzeige erfolgt dann über ein LCD-Display. Beim Betrieb im Fahrzeug wird das Gerät an ein Notebook angeschlossen. Der Signalverlauf der Sensoren wird kontinuierlich dargestellt. Jeder Stoff mit ETW gibt im GDA ein charakteristisches Muster. Diese ETW-Muster sind auf einem Notebook des GDA hinterlegt. Mit einer Mustererkennungssoftware kann eine Identifizierung vorgenommen werden. Bei Stoffgemischen erhält man überlagerte Muster. Darüber hinaus können in einem gesonderten Modus die IMS-Spektren dargestellt und ausgewertet werden.

Vom GDA existieren zur Zeit nur vier Prototypen. Das Gerät weist noch Mängel im Bereich der Auswertesoftware und der Wartungsfreundlichkeit auf. Die Weiterentwicklung des GDA findet derzeit an der Technischen Universität Hamburg-Harburg statt. Zur Kontaminationsüberwachung von Chemikalienschutzanzügen wird ein Zusatzmodul entwickelt.



Abbildung 3.24: Gefahrstoff-Detektoren-Array

3.4.7.6 Infrarot-Technik (IR) zur kontinuierlichen Überwachung

Ein Infrarot-Spektrometer besteht aus einer IR-Lichtquelle, einem Filter oder Michelson-Interferometer zur Selektion der charakteristischen Wellenlängen und einem Detektor. Durch Wechselwirkung mit Strahlung im Infrarotbereich werden Moleküle mit Dipolmoment zur Schwingung angeregt. Dadurch wird in Abhängigkeit von der Molekülstruktur bei charakteristischen Wellenlängen Strahlung absorbiert. Über die IR-Spektren ist eine Identifizierung bzw. eine Zuordnung zu Stoffklassen möglich.

Mit tragbaren Infrarot-Spektrometern wie vom Typ Miran Saphir können IR-aktive Substanzen im ppm-Bereich gemessen werden. Der Analysator ist für die Mehrkomponentenanalyse von 5 Gasen gleichzeitig bei jeweils einer analytischen Wellenlänge ausgelegt. Mögliche Bandenüberlagerungen untereinander sowie von maximal 5 weiteren Komponenten werden rechnerisch korrigiert. Von dem Gerät sind verschiedene Versionen zur Messung einzelner Gase mit einer unterschiedlichen Zahl an werkseitig vorkalibrierten Komponenten und Speicherplätzen für eigene Kalibrierungen erhältlich. Bei komplexen Stoffgemischen oder einem hohen Anteil von Wasserdampf ist eine Identifizierung in der Regel nicht mehr möglich.

3.4.8 Geräte für die Ferndetektion von Gefahrstoffwolken

3.4.8.1 Passive Fourier-Transform-Infrarot-Spektrometrie (passive FTIR)

Geräte zur Ferndetektion und Visualisierung von Gefahrstoffwolken existieren bei den in die Bewertung einbezogenen Feuerwehren zur Zeit nicht. Für diesen Zweck prinzipiell geeignet ist die passive FTIR-Spektroskopie. Diese Technik kommt ohne die Positionierung einer „externen IR-Lichtquelle“ aus und ist daher zum „Scannen“ von Gefahrstoffwolken geeignet. Passive FTIR-Geräte vom Typ M21 sind bereits im Golfkrieg zur Detektion von C-Kampfstoffen eingesetzt worden. Katastrophenschutztaugliche Systeme für Gefahrenabwehrmaßnahmen bei der unfallbedingten Freisetzung großer Mengen von Chemikalien in die Atmosphäre sind bereits entwickelt worden [28], es fehlen jedoch noch effektive Verfahren und geeignete Einsatzstrategien.

Voraussetzung für diese Technik sind Temperaturunterschiede zwischen der Gefahrstoffwolke und dem Hintergrund. Ist die Wolke wärmer als der Hintergrund, so wird ein Emissionsspektrum des Stoffes erhalten. Ist die Wolke kälter, so erhält man ein Absorptionsspektrum.

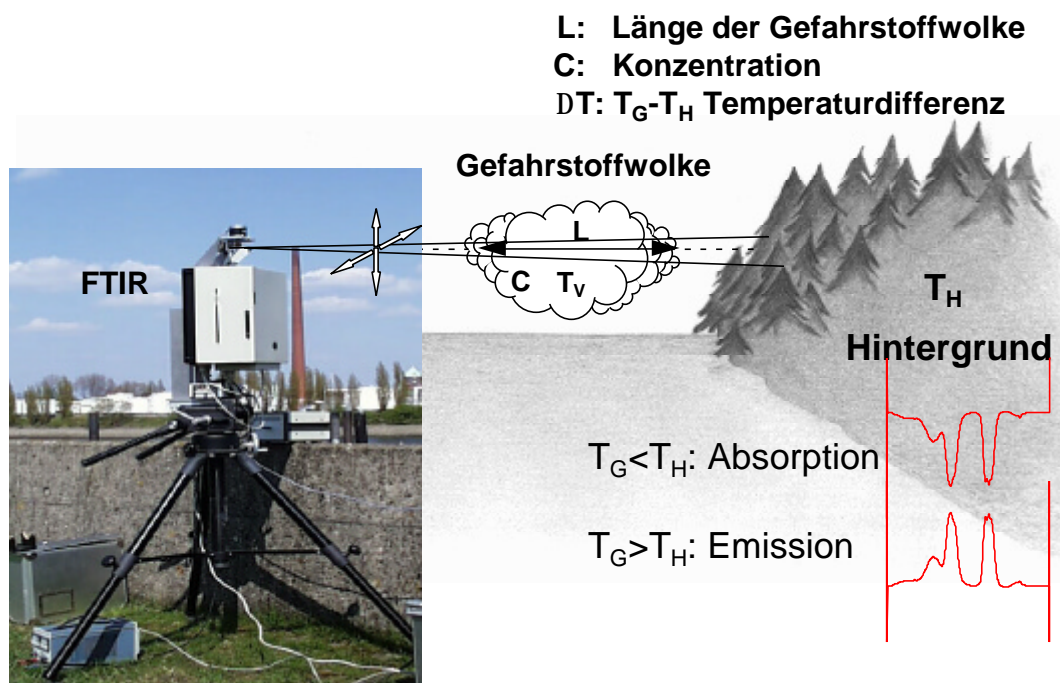


Abbildung 3.25: FTIR Gerät mit Scannersystem und Prinzip der passiver FTIR-Fernerkundung

Die Nachteile dieser Technik sind die der IR-Technik, d.h. es werden nur IR-aktive Substanzen detektiert. Homonukleare Moleküle wie z.B. Halogene (F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2) können nicht detektiert werden. Die Detektierbarkeit eines Stoffes hängt unter anderem von Temperaturunterschieden zwischen der Schadstoffwolke und dem Hintergrund ab. Um möglichst niedrige Nachweisgrenzen zu erhalten, müssen geeignete Hintergründe ausgewählt werden. Dazu können z.B. IR-Kameras

eingesetzt werden. Für die Auswertung wird der Spektralbereich von 8 bis 12 μm (atmosphärisches Fenster) herangezogen.

Geeignete Methoden, diese Technik im Bereich einer ATF einzusetzen, werden zur Zeit an der TUHH für ein Gerät vom Typ Bruker Rapid entwickelt [82,83,84,85]. Dazu gehören geeignete Scannersysteme sowie spezielle Auswertalgorithmen, mit deren Hilfe eine automatische Identifizierung des freigesetzten Stoffes sowie eine Visualisierung der Stoffausbreitung möglich ist [86].

3.4.9 Geräte für die Identifizierung im Gemisch

3.4.9.1 Gaschromatograph-Massenspektrometer (GC-MS)

Die aus dem Labor bekannte Gaschromatographie-Massenspektrometrie (GC-MS) stellt das Messverfahren dar, mit dem die größte Zahl der in Frage kommenden Substanzen in unter komplexen Gemischen identifiziert und deren Konzentration bestimmt werden kann. Mit der GC-MS-Technik sind alle anorganischen und organischen Stoffe nachweisbar, die sich unzerstört verdampfen lassen und deren Spektrum sich nicht mit dem des Trägergases überlagern. Für die Detektion in komplexen Gemischen ist die Trennung durch den Gaschromatographen (GC) erforderlich. Die Qualität der Trennung hängt von dem verwendeten GC-Verfahren ab. Probenahme- und GC-Verfahren werden häufig für verschiedene Flüchtigkeitsbereiche (VVOCs, VOCs und SVOCs, vgl. Tabelle 3.3) optimiert.

Tabelle 3.3: Klassifizierung von organischen Verbindungen durch die Weltgesundheitsorganisation (WHO) [87]

Beschreibung	Abkürzung	Siedepunktbereich	
		von °C	bis °C
Sehr flüchtige organische Verbindungen	VVOC	< 0	50 - 100
Flüchtige organische Verbindungen	VOC	50 – 100	240 - 260
Schwerflüchtige organische Verbindungen	SVOC	240 – 260	380 - 400
Partikelgebundene organische Verbindungen	POM	> 380	

Die gekoppelte GC-MS-Technik liefert folgende Informationen:

- stoffspezifische Retentionszeit
- Strukturinformation in Form des Massenspektrums am Maximum des GC-Peaks
- die Fläche des GC-Peaks in Einheiten von „counts“ bzw. Zahl der gebildeten Ionen in counts pro Sekunde (cps)

Neben dem für die Bundeswehr entwickelten Massenspektrometer vom Typ MM1 existieren zur Zeit drei kommerziell erhältliche feldtaugliche mobile GC-MS-Systeme:

- Typ Hapsite, Fa. Inficon, Inc.
- Typ SpectraTrak 672, Fa. Bruker Daltonics
- Typ EM640, Bruker Daltonics

Für diese drei Geräte liegen „Environmental Technology Verification Reports“ der US EPA vor, die die grundsätzliche Eignung der Geräte im Feldeinsatz belegen und die Vergleichbarkeit mit Laborgeräten beschreiben [88,89,90].

Das Gerät vom Typ HAPSITE ist ein GC-MS-System für die VOC-Analyse, das mit einem Tragesystem auf dem Rücken getragen und zur Schadstoffquelle bzw. zur Probe transportiert werden kann. In dieser Anwendung ist es für die sogenannte „Target-Analyse“, d.h. für eine Auswahl bekannter zuvor programmierter und kalibrierter Stoffe ausgelegt, die automatisch identifiziert und quantifiziert werden. Hierfür ist eine gute Trennung erforderlich. Eine VOC-Analyse bis o-Xylol dauert knapp 10 min. Für die Analyse unbekannter Substanzen wird ein externer Rechner benötigt.

Das SpectraTrak 672 ist ein mobiles GC-MS-System für die VOC- und SVOC-Analyse von für Luft-, Wasser und Bodenproben. Zur Probenzuführung stehen wahlweise zwei Injektoren zur Verfügung. Im on-column-Injektor können Extrakte direkt in die GC-Säule gegeben werden. Der Thermodesorber dient als Injektor für Gase. Das GC-MS-System wird in der Regel durch festgelegte Temperaturprogramme und Standardroutinen betrieben, die für leichtflüchtige Stoffe ca. 10 min dauern; nach Säulenwechsel können schwerflüchtige Stoffe wie z.B. Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs) in 20 - 25 min analysiert werden.

Das EM640 ist ein modular aufgebautes GC-MS-System. Die einzelnen Injektor-, GC- und Sondenmodule lassen sich innerhalb kürzester Zeit wechseln [91]. Es kann mit einer sogenannten Schnelleinlass-Sonde für das Monitoring betrieben werden. Mit dieser Sonde sind kontinuierliche Messungen aus einem Fahrzeug heraus oder stationär eine kontinuierliche Überwachung der Einsatzstelle möglich. Auf den Schadstoffunfall-Bekämpfungsschiffen (Abbildung 3.26) wird die Sonde standardmäßig zur Überwachung der Luftqualität eingesetzt. Eine spezielle Auswertesoftware wertet die Analysen automatisch aus. Bei Überschreitung eines festgesetzten Schwellenwertes wird Alarm ausgelöst.

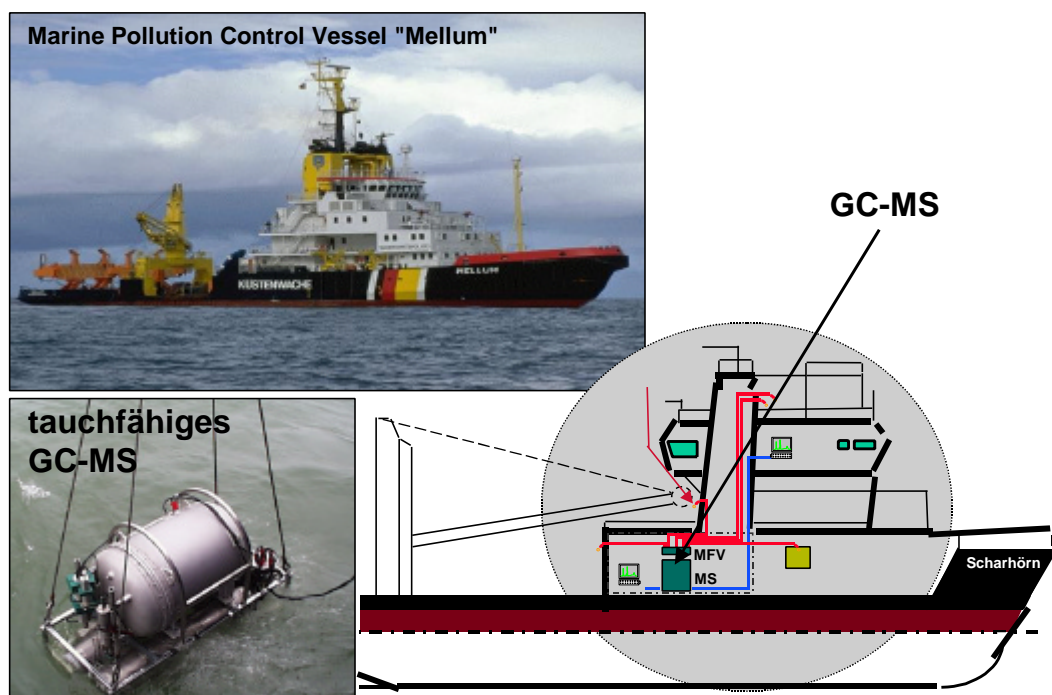


Abbildung 3.26: GC-MS-System an Bord der Schadstoffunfall-Bekämpfungsschiffe

Für das EM640 wurde speziell für die Störfallanalytik Standardverfahren zur Probenahme- und Probenaufbereitung für Luft-, Boden-, Wasser- und Oberflächenproben an der TUHH entwickelt [30,92,93]. Die Verfahren beinhalten Adsorptionsmedien für VVOCs, VOCs und SVOCs. Im Rahmen der GC-Verfahren wurden zwei GC-Module für die Analyse von VOCs und SVOCs ausgestattet. Darüber hinaus steht eine spezielle graphische Benutzeroberfläche zur Verfügung, die es ermöglicht, dass geschultes Personal aus dem Bereich des Katastrophenschutzes selbständig Analysen durchführen kann. Für die automatische Auswertung sind spezielle Spektrenbibliotheken sowie Gefahrstoffdatenbanken in dem Auswerterechner integriert. Die Analysen dauern üblicherweise 5 - 10 min.

Auf einem Tragesystem montiert (Abbildung 3.27) kann es mit den Rettungsfahrzeugen oder mit Rettungshubschraubern transportiert werden. Die GC-MS-Technik erfordert speziell geschultes Personal. Entsprechende Schulungen für das EM640 werden regelmäßig von der Landesfeuerwehrschule in Hamburg angeboten. Dort steht entsprechendes Schulungspersonal zur Verfügung, das im Rahmen von GC-MS-Lehrgängen über die Gerätetechnik hinaus die erforderlichen Kenntnisse in Chemie, in Probennahmetechniken, im Umgang und der Kennzeichnung von Gefahrgütern sowie spezielle EDV-Kenntnisse vermittelt.



Abbildung 3.27: GC-MS EM640 auf Tragesystem

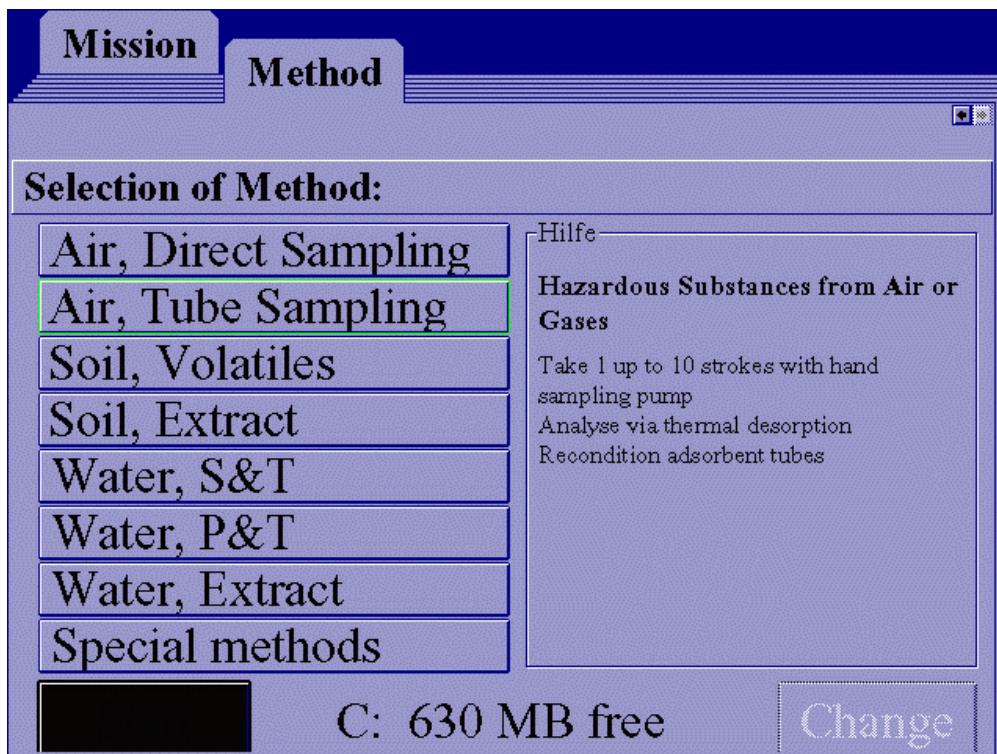


Abbildung 3.28: Graphische Benutzeroberfläche, Seite zur Methodenwahl

3.4.10 Probenahmeverfahren GC-MS

Mit Ausnahme spezieller analytischer Fragestellungen erfolgt die Entwicklung und Optimierung von GC-MS-Verfahren üblicherweise für die in Tabelle 3.3 gegebenen Stoffklassen. Probenahmeverfahren werden für die Matrices Luft, Wasser und Boden sowie für Oberflächen benötigt.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Schnellanalyse bei Chemieunfällen und Bränden mit mobilem GC-MS-System wurden standardisierte Probenahmeverfahren (SOP, standard operation procedures) für VOCs und SVOCs entwickelt [29,30,92,93]. Die Standardgeräteparameter wurden in eine Bedieneroberfläche integriert (s. Abbildung 3.28), die sich bereits bei verschiedenen Institutionen im Einsatz befindet. Es wird deshalb grundsätzlich auf diese Verfahren zurückgegriffen. Für die Anreicherung von Schadstoffen und deren Injektion auf die GC-Säule werden Adsorptionsmedien für VVOCs, VOCs und SVOCs eingesetzt:

3.4.10.1 Adsorptionsmedien

Adsorbentien für VVOCs: Kohlenstoffmolekularsiebe

Kohlenstoffmolekularsiebe stellen das Kohlenstoffgerüst dar, das nach der Pyrolyse synthetischer Polymere verbleibt. Oberflächeneigenschaften, Partikelgröße sowie Porenstruktur werden vom Ausgangsmaterial und dem Herstellungsprozess bestimmt. Die Adsorptionseigenschaften hängen vom Porendurchmesser, vom Moleküldurchmesser der zu adsorbierenden Moleküle und von der chemischen Beschaffenheit der Oberfläche ab.

Hydrophobe Kohlenstoffmolekularsiebe wie CARBOXEN 569, CARBOSIEVE SIII und ANASORB CMS unterscheiden sich von den Aktivkohlen durch einen größeren Anteil von Mikroporen [94]. Sie besitzen je nach Herstellungsprozess und Ausgangsmaterial in unterschiedlichem Ausmaß funktionelle Gruppen (Oberflächenoxide) und somit hydrophile Bereiche. Die spezifischen Oberflächen liegen zwischen 400 und 1200 m²/g. Aufgrund der großen aktiven Oberfläche sind sie zur Anreicherung kleinerer Moleküle geeignet.

Adsorbentien für VOCs: TENAX TA

TENAX TA ist ein thermisch stabiles poröses Polymer (Poly-2,6-diphenyl-p-phenylenoxid), dessen Porenradien in dem Bereich zwischen 12 und 7500 nm liegen [95]. Es findet in der Analytik trotz seiner verhältnismäßig geringen Oberfläche von 35 m²/g eine sehr weite Anwendung. Die Vorteile liegen in seiner Temperaturstabilität bis 450 °C, das geringe Rückhaltevermögen für Wasser und der guten Desorbierbarkeit der angereicherten Moleküle. Da es ein Polymer ist, kann zusätzlich zur Oberflächenadsorption auch die Einlagerung der Substanzen zwischen den Molekülketten des Polymers stattfinden. Bei langen Desorptionszeiten (12 min) können selbst polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe bis zu einem Molekulargewicht von etwa 228 amu vollständig desorbiert werden [96].

Adsorbentien für SVOCs: SILICOAT

Eine Möglichkeit zum Sammeln von höhermolekularen Verbindungen besteht in der Verwendung von Silikon, meist Polydimethylsiloxan (PDMS), oder mit Silikon belegten Oberflächen. Die Retentionseigenschaften beruhen auf der Löslichkeit von organischen Stoffen im PDMS. Silikon lässt sich in feiner Verteilung auf Oberflächen wie z.B. Glasfaserfilter auftragen. Das sogenannte „SILICOAT“, ein Glasfasermaterial mit einem PDMS-Anteil von ca. 3 % [97], ist für die thermische Desorption von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAKs) und polychlorierten Biphenyle [98] geeignet. Neben seiner Funktion als Anreicherungsmedium für schwerflüchtige Luftinhaltsstoffe, findet es, auf die Innenwand eines Desorptionsröhrchens gelegt, Anwendung bei der Injektion von Boden- und Wasserextrakten über einen Thermodesorber und als Medium für die Extraktanreicherung [97,99].

3.4.10.2 Standardverfahren

Die folgenden Verfahren für Luft-, Boden-, Wasser- und Oberflächenproben wurden als „Standardverfahren“ für eine vor-Ort-Analytik bei Feuerwehren und Katastrophenschutzdiensten entwickelt:

- LS: Luft/Sammelröhrchen
- WL: Wasser/Leichtflüchtige (Spray&Trap, Purge&Trap)
- WE: Wasser/Extrakt (Flüssig-Flüssig-Extraktion)
- BL: Boden/Leichtflüchtige (Headspace)
- BE: Boden/Extrakt
- OF: Spezialmethoden/Oberflächen

Verfahren LS für Luftproben:

Einsatzabhängig werden folgende Adsorptionsmedien zur Anreicherung flüchtiger Substanzen aus der Luft eingesetzt [100,101]:

1. Gasaustritt

Kombinationsröhrchen bestehend aus 80 mg TENAX TA, 250 mg CARBOXEN 569, und 100 mg CARBOSIEVE SIII. Im Rahmen der Standardisierung ist nur eine qualitative Analyse vorgesehen. Für die Quantifizierung müssen zur Applikation der internen Standards mit Hilfe von Permeationsröhrchen geregelte Pumpen eingesetzt werden.

2. Brände

TENAX-Röhrchen bestehend aus 150 mg TENAX TA

Mit einer Handpumpe werden 10 Hübe entsprechend einem Probenvolumen von 1 L genommen. Die internen Standards werden in methanolischer Lösung vor der Probenahme auf das TENAX-Röhrchen appliziert.

Verfahren WL, Purge & Trap

Die Wasserproben werden in 250 ml Flaschen gesammelt und zur Aufbereitung mit einem speziellen Schraubverschluss versehen. Der Schraubverschluss besitzt einen Tefloneinsatz, in dem ein Glasrohr mit einer Fritte und eine Swagelokverschraubung zum Anschluss an eine Sammelkartusche integriert sind. Für die Extraktion wird die Wasserprobe mit 1 L aktivkohlefilterter Luft (10 Hübe mit der Handpumpe) durchspült und die Analyten auf TENAX (150 mg) angereichert. Das Purge & Trap Verfahren ist einfach auszuführen. Die Methode beschränkt sich jedoch auf Wasserproben ohne schäumende Löschmittelzusätze, die im Feuerwehreinsatz beim Löschen üblicherweise eingesetzt werden.

Verfahren WL, Spray & Trap

Wegen der erwähnten Probleme der Schaumbildung beim Purge & Trap Verfahren wird die Extraktion nach dem Spray & Trap Verfahren, bei dem diese Probleme vermieden werden, bevorzugt. Bei diesem Verfahren wird die Wasserprobe in eine Vorratsflasche gefüllt und von dort in eine Auffangflasche gepumpt. Dabei wird sie durch einen kontinuierlichen Fluss des Spray-Gases zerstäubt und die Analyten auf TENAX (150 mg) angereichert. Die Methode eignet sich vor allem zur Analyse hochkontaminierter Wasserproben, da diese besonders zum Schäumen neigen. Die Erfahrungen eines Feldversuchs haben gezeigt, dass in vielen Fällen ein Verdünnen der Probe (um den Faktor 10) notwendig ist, um ein Überladen des Systems zu vermeiden. Die Spray & Trap Apparatur ist in einem Gehäuse mit Energieversorgung und Gasversorgung montiert.

Verfahren WE, Flüssig-Flüssig-Extraktion schwerflüchtiger organischer Verbindungen in Wasserproben

Zur Extraktion schwerflüchtiger Verbindungen werden 250 ml einer Wasserprobe in eine PE-Flasche (250 ml) gefüllt. Da in den meisten Fällen stark kontaminierte Proben aufbereitet und sofort vermessen werden, führt der Stoffverlust durch Adsorption an den PE-Wänden zu keinem messbaren Einfluss auf die Analysenergebnisse. Zur Extraktion wird die Probe mit 5 ml n-Hexan, in dem die internen Standards d_8 -Naphthalin, d_{10} -Anthracen und d_{10} -Pyren gelöst sind, ausgeschüttelt. Nach Absetzen der organischen Phase wird ein Entnahmeaufsatz mit Steigrohr auf die Flasche geschraubt und durch Zusammendrücken der Flasche die Flüssigkeit in das Steigrohr befördert, so dass ein Volumen von 5 μ l Hexanextrakt entnommen und auf ein Extraktörhrchen injiziert werden kann. Das Extraktörhrchen wird thermisch desorbiert.

Verfahren BL, Headspace-Analyse von Bodenproben

Mit einer in einem Schraubdeckel integrierten PE-Spritze (20 ml) werden 10 ml Bodenprobe genommen. Der Schraubdeckel wird für den Transport zum GC-MS auf ein 100 ml Glas geschraubt und die Probe vollständig in das Glas überführt. Zur Aufbereitung der Probe werden 5 μ l methanolische Standardlösung mit den internen Standards d_6 -Benzol, d_8 -Toluol, d_{10} -o-Xylol und d_8 -Naphthalin zugegeben und ein spezieller Headspacedeckel aufgeschraubt. Der Headspacedeckel besitzt Swagelok-Verschraubungen für eine Belüftungskapillare mit Belüftungskappe sowie eine Verschraubung zum Anschluss von Sammelkartuschen. Die Probe wird bei 80 °C im Wasserbad thermostatisiert. Nach Öffnen der Belüftungsschraube wird der Gasraum im Glas durch Entnahme von einem Hub (100 ml) mit der Handpumpe zur Anreicherung auf das TENAX (150 mg) gesogen.

Verfahren BE, Aceton-Ultraschall-Extraktion von Bodenproben

Mit einer in einem Schraubdeckel eines Reagenzglases integrierten PE-Spritze (5 ml) werden 2 ml Boden genommen. Für den Transport zum GC-MS wird dieser Bodenprobennehmer auf das Reagenzglas geschraubt. Zur Extraktion wird die Probe vollständig in das Reagenzglas überführt und 10 ml Aceton, das die internen Standards d_8 -Naphthalin, d_{10} -Anthracen und d_{10} -Pyren enthält, versehen. Nach 5 min Ultraschallbehandlung werden 5 μ l Acetonextrakt entnommen, auf ein Extrakt-Rörhrchen injiziert und analysiert.

Verfahren OF, Analyse von Oberflächenkontaminationen

Die Ausrüstung zur Analyse von Oberflächenkontaminationen besteht aus drei verschiedenen Sätzen zur Probenahme. Für die Aufnahme von Flüssigkeiten und Feststoffen auf Oberflächen kommen zwei Arten von Nadelprobennehmer zum Einsatz. Kleine Tröpfchen, Partikel oder Kristalle mit einer Menge von 10 - 100 ng werden mit diesen Nadelprobennehmern aufgenommen und auf ein Extraktörhrchen gestreift. Es folgt die thermische Desorption des Rörhrchens. Wischproben werden mit einem kleinen Bausch aus gereinigter silanisierter Glaswolle genommen. Dieser ist an das eine Ende eines Metallstabes befestigt. Das andere Ende des Metallstabes ist in einen Reagenzglasdeckel eingebaut. Nach der Probenahme wird die silanierte Glaswolle in ein leeres Adsorptionsrörhrchen überführt und thermisch desorbiert.

Mit Ausnahme des Spray&Trap-Verfahrens ist die gesamte Ausrüstung in einem Probenahmekoffer (Abbildung 3.29) untergebracht [29,30]. Er enthält das analytische Material für die gesamte Probenahme und Probenaufbereitung. Damit können unabhängig vor-Ort Analysen ausgeführt werden. Das Material für die Verfahren WL (Purge & Trap), WE, BL, BE und OF ist in verschiedenen Kunststoffbehältern zusammengefasst. Ein weiterer Behälter enthält drei Flaschen der Lösungen mit den internen Standards, die zur Lagerung im Kühlschrank aufbewahrt und kurz vor dem Einsatz in den Koffer gestellt werden.



Abbildung 3.29: Probenahmekoffer

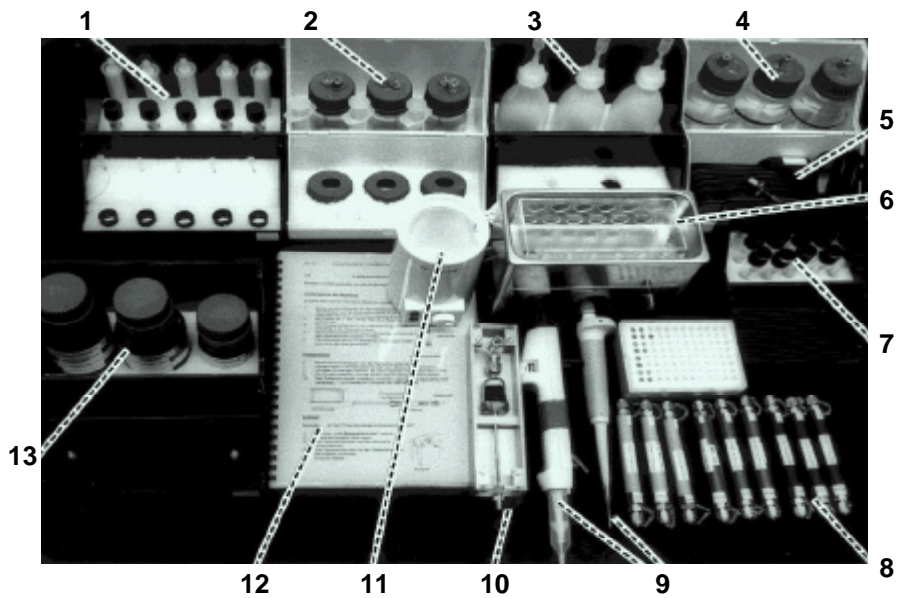


Abbildung 3.30: Inhalt des Probenahmekoffers

1. Aceton-Ultraschall-Extraktion von Bodenproben
2. Headspace-Analyse von Bodenproben
3. Flüssig-flüssig Extraktion von Wasserproben
4. Purge & Trap von Wasserproben
5. Handpumpe
6. Ultraschallbad
7. Analyse von Oberflächenkontaminationen
8. Kartuschen mit verschiedenen Sammelmedien
9. Pipetten (20 μ l, 10 ml)
10. Standardaufgabeapparat
11. Wasserbad
12. Arbeitsanweisungen
13. Lösungsmittel mit internen Standards

Zur weiteren Ausrüstung gehören je 3 Sammelkartuschen mit TENAX-, Kombinations- und Extraktörhchen, ein Ultraschallbad, ein Wasserbad, eine Handpumpe, eine Apparatur zur Standardaufgabe, ein Satz Arbeitsanweisungen und zwei Pipetten für große und kleine Lösungsmittelmengen. Die Pipetten und die Sammelkartuschen sind farblich codiert, um bei der Arbeit unter Einsatzbedingungen eine schnelle Zuordnung zu den Verfahren bzw. Verfahrensschritten zu ermöglichen. Das Gesamtgewicht des Koffers beträgt 17 kg.

Weitere Ausrüstungsgegenstände sind Teleskopstange (9 m) mit Adapter für die Wasser- und Luftprobenahme, ferngesteuerte Probenahmeverrichtung, Bohrgestänge, Desorptionsofen, analytische Kleinmaterialien, Standardlösungen, Schlauchmaterialien sowie Gefäße für Rückstellproben.

3.4.11 Analyse von Schwermetallen

3.4.11.1 Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)

Bei der Röntgenfluoreszenzanalyse handelt es sich um ein physikalisches Messverfahren zur qualitativen und quantitativen Elementanalytik. Bei der Bestrahlung der Atome (z.B. Schwermetallatome) einer Probe mit Röntgenstrahlung von ausreichend hoher Energie werden Elektronen aus der K-Schale herausgeschlagen. Die dadurch entstehenden Lücken werden von Elektronen von weiter außen liegenden Schalen besetzt. Bei diesen Übergängen wird Energie in Form von sekundärer Röntgenstrahlung ("Röntgenfluoreszenz") frei. Durch Auswertung der Wellenlängen der ausgesandten Strahlung kann die qualitative Elementzusammensetzung der Probe ermittelt werden. Aus der Intensität dieser Fluoreszenzstrahlung ergeben sich die quantitativen Elementgehalte.

3.4.11.2 Zusammenfassende Bewertung

Jede der genannten Messtechniken ist prinzipiell für den Einsatz im einer Rahmen ATF geeignet. Die Grenzen liegen z.T. in der Detektierbarkeit von Stoffen, in der Einfachheit der Durchführung, Größe und Kosten sowie Ausbildungs- und Personalbedarf. Des weiteren hängt der Einsatz vom jeweiligen Szenario ab. Der optimale Einsatz durch eine Kombination verschiedener Messtechniken wird im Rahmen der Planspielen diskutiert.

Für das Monitoring werden einfache tragbare Geräte benötigt, die eine möglichst große Zahl an Gefahrstoffen, inklusive Kampfstoffe, in-time detektieren können. Der Begriff in-time bedeutet, dass die Zeitauflösung der Messung bzw. Analyse groß genug ist, um den Prozess hinreichend beschreiben zu können. Das gleiche gilt für Geräte, die stationär zur Warnung eingesetzt werden sollen. Von den genannten Techniken ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt das Gefahrstoff-Detektoren-Array, das für diese Aufgabe am besten geeignet ist. Nachteil ist, dass zur Zeit nur vier Prototypen existieren.

Für die Ferndetektion von Gefahrstoffwolken ist die passive FTIR die einzige sinnvolle Technik. Strategien für den Einsatz im Bereich der Störfallanalytik werden derzeit für ein Gerät vom Typ Rapid entwickelt.

Für die Identifizierung von Gemischen ist der Einsatz der GC-MS-Technik erforderlich. Die hierfür notwendigen Standardverfahren zur Probenahme- und Probenaufbereitung für das GC-MS-System vom Typ EM640 entsprechen weitgehend den Belangen für den Einsatz im Rahmen der ATF. Schwachpunkte bestehen im Bereich der GC-Verfahren für die Analyse von sehr leichtflüchtigen Substanzen (VVOCs). Der Ausbildungsbedarf für diese Technik ist hoch. Entsprechende Schulungen finden z.B. an der Landesfeuerwehrschule in Hamburg statt. Die Anwendung wird sich im wesentlichen auf die Identifizierung beschränken. Größe, Gewicht und Kosten kommerziell erhältlicher Systeme schränken den Einsatz zum Monitoring zur Zeit noch ein.

Für die Analyse von Schwermetallen ist eine Röntgenfluoreszenzanalyse erforderlich. Der Einsatz beschränkt sich allerdings auf wenige Szenarien. Einfache Handgeräte sind kommerziell erhältlich (z.B. Typ NITON 700).

Eine vereinfachende zusammenfassende Bewertung der Messtechnik unter Berücksichtigung der verschiedenen Szenarien ist in Tabelle 3.4 dargestellt. Die Basisausrüstung für die Task Force kann danach folgendermaßen aussehen:

- vier GDAs für das Monitoring
- ein mobiles Ferndetektionssystem vom Typ RAPID
- ein mobiles GC-MS-System vom Typ EM640 mit Probenahmeausrüstung
- und abhängig vom Szenario:
ein mobiles Gerät für die RFA (z.B. Typ NITON 700)

Umfang und Ausrüstung z.B. an Verbrauchsartikeln für die Probenahme bei länger andauernden Einsätzen sowie die optimale Kombination verschiedener Messtechniken bei den einzelnen Szenarien werden im Rahmen der Planspiele erörtert. Darüber hinaus wird geklärt, was an weiterer Technik wie z.B. Prüfröhrchen und Schnelltests in den einzelnen Fällen in Ergänzung zur Basisausrüstung benötigt wird und wie bestehende Strukturen in ein Gesamtkonzept integriert werden können.

Tabelle 3.4: Zusammenfassende Bewertung vorhandener Messtechnik

Messgerät	Stoffnachweis	Gemisch	Monitoring	Ferndetektion	Identifizierung im Gemisch	Detektion ETW	Schwermetalle	Matrix
PID	abh. vom Ionisationspotential	Summenparameter	ja	nein	nein	nein	nein	Luft
FID	organ. Stoffe	Summenparameter	ja	nein	nein	nein	nein	Luft
FPD	elementspezifisch: S, P	Summenparameter	ja	nein	nein	nein	nein	Luft
IMS	polare Substanzen IMS-Spektren	überlagerte Spektren	ja	nein	ja/nein	nein	nein	Luft
GDA	Array: IMS, PID, HL, EZ, Mustererkennung	überlagerte Muster	ja	nein	ja/nein	ja ¹⁾	nein	Luft
IR	IR-aktive Substanzen, IR-Spektren	überlagerte Spektren	ja	nein	nein	nein	nein	Luft
Passive FTIR	IR-aktive Substanzen, IR-Spektren	überlagerte Spektren	ja	ja	ja/nein	nein	nein	Luft
GC-MS	gekoppelte Technik MS: universell, Massenspektren	Stofftrennung, Retentionsindizes	nein	nein	ja	nein	nein	Luft Wasser Boden
RFA	Fluoreszenzspektren	überlagerte Spektren	nein	nein	ja	nein	ja	Wasser Boden

¹⁾ Ausnahme CO₂,

Bezüglich der Protokollierung der gewonnenen Messergebnisse wird auf die Softwarelösung der Feuerwehren in Nordrhein-Westfalen zurückgegriffen. Das System wurde für den Einsatz von Prüfröhrchen entwickelt und erscheint grundsätzlich erweiterungsfähig, um als allgemeines Protokoll genutzt zu werden.

3.4.12 Trends in der Analystechnik

Die Teilnahme an folgenden Tagungen dienen der Erfassung von Informationen aus dem Bereich Katastrophenmanagement sowie neuer für die Belange der Task Force geeigneter Entwicklungen aus dem Bereich Analystechnik:

1. International Conference on Disaster Management and Medical Relief, 12. bis 16. Juni 1999, Amsterdam
2. Pittsburgh Conference on Analytical Chemistry and Applied Spectroscopy, Pittcon 2000, 12. bis 17. März 2000, New Orleans

Neue Entwicklungen zeigen sich derzeit im Bereich der Miniaturisierung von Massenspektrometern [102] und bei der Entwicklung von passiven FTIR-Geräten. Auf der Analytik-Messe Pittcon 2000 wurde von der Fa. OptiGas Ltd. ein passives FTIR-Gerät (GasCam) vorgestellt. Das GasCam ist feldtauglich und besitzt eine eingebaute Videokamera [103].

Von der Fa. Mass Sensors wurde ein Massenspektrometer von der Größe einer Geldmünze vorgestellt [104], das einen Massenbereich von 1 - 200 amu erreicht. Es ist zu erwarten, dass diese Geräte aufgrund kleinerer Bauart in Zukunft für das Monitoring eingesetzt werden. In der Kombination mit neuen online-Sonden [105] sind vielfältige Anwendungen für kontinuierliche und quasi-kontinuierliche Analysen zu erwarten.

3.5 Softwaresysteme

3.5.1 Gefahrstoffdatenbanken

GSBL

Gemeinsamer zentraler Stoffdatenpool Bund/Länder. Die derzeitige Version 2.0 des GSBL enthält Informationen zu 43.955 Stoffen.

GDL

Die GDL ist ein Gefahrstoffinformationssystem, das von den ständigen Mitgliedern der Fachgruppe GDL, die sich aus Fachleuten der Arbeitsschutzbehörden der Bundesländer und des Bundes zusammensetzt, aufgebaut wurde. Die im Internet zugängliche "public"-Version der GDL enthält keine vertraulichen Daten. Aus Gründen des Datenschutzes sind vertrauliche Daten nur in der CD-Rom-Version enthalten, die ausschließlich den Behörden, die Zuständigkeiten in Katastrophenschutzfällen haben, zur Verfügung gestellt wird. In der GDL sind Informationen zu Stoffen, Zubereitungen und Stoffgruppen den genannten Themenbereichen vorhanden. Der GDL Datenbestand enthält zur Zeit 24.000 Stoffdatensätze, davon ca. 10.000 Reinstoffe, 3.000 Stoffgruppen und 11.000 Zubereitungen, mit bis zu 200 Einzelmerkmalen pro Datensatz [106]. Die Daten der Komplettversion sind nur für Behörden zugänglich. Die Internetversion (<http://www.gefahrstoff-info.de/gdl/index.htm>) enthält nur einen Teilbestand der GDL, vor allem Verordnungen im Arbeitsschutzbereich und Grunddaten zu Stoffen.

CHEMIS

Chemilakieninformationssystem des Bundesinstitutes für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BGVV) enthält ca. 16000 Stoffe, darunter alle Stoffe der Gefahrstoff-Verordnung (GefVO) sowie der Liste der MAK-Werte [106]. Je nach Informationsbedarf kann die CHEMIS mit unterschiedlichen Masken für folgende Zwecke betrieben werden:

- Feuerwehr
- Gesundheitsschutz
- Umweltschutz

Die Variante „Gesundheitsschutz“ enthält zusätzlich zur Variante „Feuerwehr“ auch toxikologische Daten und Bewertungen, die Variante „Umweltschutz“ enthält zusätzlich ökotoxikologische Daten. Der Zugriff auf die Datenbank CHEMIS zur automatischen Auswertung von GC-MS-Läufen ist im Auswerteprogramm DataAnalysis des GC-MS-Systems vom Typ EM 640 (BRUKER-DALTONIK) implementiert. Für die PC-Version ist ein Hardwareschlüssel (Dongle) erforderlich.

CHEMSAFE

Datenbank für bewertete sicherheitstechnische Kenngrößen. Die Datenbank Chemsafe ist ein Gemeinschaftsprojekt der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB), der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) und der Deutschen Gesellschaft für Chemisches Apparatewesen, Chemische Technik und Biotechnologie e.V. (DECHEMA). Die Datenbank enthält bewertete sicherheitstechnische Kenngrößen brennbarer Gase, Flüssigkeiten und Stäube.

<http://www.dechema.de/deutsch/iud/pages/csioverview.html>

RESY2000

DV-gestütztes **R**ufbereitschafts- und **E**rsteinsatzinformationssystem zur überregionalen Nutzung für den Bereich Wasser, Boden und Luft. RESY wurde im Auftrage des Umweltbundesamtes, des Bundesministeriums für Verkehr (BMV) und der Küstenländer von der Rufbereitschaft der Umweltbehörde Hamburg entwickelt. Ziel und Inhalt des Projektes RESY war die Erarbeitung einer Gefahrstoffdatenbank als Erstinformationssystem speziell vor dem Erfahrungshintergrund des Hamburger Hafens. Die RESY enthält ca. 3600 Stoffe mit über 21000 Stoffnamen, in erster Linie wassergefährdende Stoffe und Chemikalien, die in Seehäfen im Bulk umgeschlagen werden, mit über 120 Einzelangaben zu:

- Stoffeigenschaften
- Regelwerken
- Gefahren
- Einsatzmaßnahmen

Für die Zukunft ist eine umfassende Aufnahme aller transportierten Gefahrstoffe, eine Erweiterung der Einsatztexte sowie die Zuordnung von Produktnamen geplant. Der Zugriff auf die Datenbank RESY zur automatischen Auswertung von GC-MS-Läufen ist im Auswerteprogramm DataAnalysis des GC-MS-Systems vom Typ EM 640 (BRUKER-DALTONIK) implementiert.

Gefährliche Stoffe 2000 (Keudel av-Technik GmbH)

Die Datenbank Gefährliche Stoffe bietet folgende Module [107]:

- Feuerwehr
- Rettungsdienst

Das Modul Gefährliche Stoffe/Feuerwehr bietet eine feuerwehrgerechte Aufbereitung der chemischen und physikalischen Stoffdaten für den Feuerwehreinsatz unter den Aspekten Gefahrenbeschreibung und Gefahrenbeseitigung: Maßnahmen bei Leckage und bei Feuer mit Angabe von Atem- und Körperschutz, Beständigkeit von Schutzanzügen, Werkstoffbeständigkeit, Bindemittel, Löschmittel, Prüfröhrchen, Hersteller- und TUIS-Adressen und Literaturangaben. Das Modul Gefährliche Stoffe/Rettungsdienst ("Erste Hilfe") beinhaltet die wichtigsten Informationen zur Versorgung und Therapie der verunfallten und kontaminierten Personen im Rahmen der Rettungskette qualifizierter Ersthelfer, Rettungsdienst, Notarzt, Krankenhaus mit folgenden Angaben: Akutgefährdung, Wirkung, Toxizität, Symptomatik, Primärmaßnahmen, Ärztliche Maßnahmen mit Therapieempfehlungen, Antidota. Integriert ist ein umfangreiches Adressenverzeichnis: Giftinformationszentren Deutschland / Ausland, Gegengiftdepots, Antidota-Hersteller, Toxikologische Labors, Druckkammern Deutschland / Ausland, Ärztliche Beratung Hyperbare Medizin, Strahlenschutzzentren, Verbrennungszentren

Deutschland / Ausland, Versorgungssets für Schwerbrandverletzte, Überregionale Einrichtungen der Luftrettung, Rettungshubschrauber, Großraum-Rettungshubschrauber, Luftrettung Ausland.

Zusatzmodule:

- SISy Strahlenschutz-Information
- Modell für Effekte mit Toxischen Gasen MET

Das Modul SISy Strahlenschutz-Information ist integraler Bestandteil von Gefährliche Stoffe / Feuerwehr und Gefährliche Stoffe / Rettungsdienst; es bietet zum einen eine Auflistung von physikalischen Daten und administrativen Grenzwerten und zum anderen die Berechnung dosimetrischer Größen, die zur Bewertung einer Strahlengefahr erforderlich sind. Das Modell für Effekte mit Toxischen Gasen MET ermöglicht eine schnelle Abschätzung der Wirkung giftiger Gase auf Menschen, die sich entweder im Freien oder im Schutz von Häusern aufhalten. Es besteht die Möglichkeit, die berechneten Daten von einem GIS-System einzulesen und auf einer digitalen Karte darzustellen.

IGS (Informationssystem Gefährliche/umweltrelevante Stoffe, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen NRW, Kisters AG)

- IGS-check 3.2 für Anwendungen ohne Zeitdruck
- IGS-fire 3.2 für Anwendungen unter Zeitdruck, Feuerwehren
- IGS-check 4.0

IGS-fire ist als Gefahrstoffinformationssystem für Feuerwehren im Einsatzfall mit Gefahrstoffen ausgelegt. Insgesamt enthält IGS-fire 3.2 Informationen zu mehr als 15000 Stoffen, die unter ca. 100000 unterschiedlichen Namen (Produktnamen, Handelsnamen, Trivialnamen, chemische Bezeichnungen) recherchierbar sind. Je Stoff sind bis zu 300 Informationen abrufbar. Die Stoffinformationen können passend zur Einsatzlage dargeboten werden. Hierfür existiert ein speziell konfigurierbares Informationsprofil, das durch Themen mit bis zu je 30 Stoffmerkmalen unterlegt ist. Voran steht die Kurzinformation für eine erste Einschätzung der Gefahrensituation. Zusätzlich ist eine Herstellernachweisdatei des Verbandes der chemischen Industrie (VCI) hinterlegt, die für ca. 211.000 Handelsprodukte den direkten Kontakt zum Hersteller ermöglicht.

ICSC, International Chemical Safety Cards, BGVV

Datenbank GEFAHRGUT (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, BAM)

Die Datenbank GEFAHRGUT ist Teil eines Gefahrstoff-/Gefahrgut-Informationssystems der Bundesrepublik Deutschland und liefert aufbereitete und komprimierte Informationen, die für einen sicheren Transport gefährlicher Güter benötigt werden. Sie wendet sich an Behörden und Private, die mit der Planung und Durchführung sowie der Kontrolle von Gefahrguttransporten befasst sind. Eine PC-Einzelplatz-Version sowie eine Netz-Server-Version sind nunmehr auf CD-ROM verfügbar. An einer über das Internet abrufbare Recherche-Version der Datenbank GEFAHRGUT wird derzeit gearbeitet.

GESTIS-Stoffdatenbank

Gefahrstoffinformationssystem der gewerblichen Berufsgenossenschaften. Die GESTIS-Stoffdatenbank enthält Informationen für den sicheren Umgang mit chemischen Stoffen am Arbeitsplatz, wie z.B. die Wirkungen der Stoffe auf den Menschen, die erforderlichen Schutzmaßnahmen und die Maßnahmen im Gefahrenfall (inkl. Erste Hilfe). Darüber hinaus wird der Nutzer über wichtige physikalisch-chemische Daten der Stoffe sowie über spezielle gesetzliche und berufsgenossenschaftliche Regelungen zu den einzelnen Stoffen informiert. Es sind Informationen zu etwa 7000 Stoffen enthalten.

In dem Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zum Thema „Medizinische Versorgung beim Massenanfall Verletzter bei Chemikalienfreisetzung“ im Auftrage des BZS sind durch Herrn Prof. Pfenninger vom Klinikum der Universität Ulm zehn Gefahrstoffdatenbanken getestet worden [108]. Das Ergebnis der Bewertung ist in Tabelle 3.5 dargestellt. Die Keudel-Gefahrstoffdatenbank erhielt die beste Bewertung (gut), es folgten zwei englische Datenbanken (ebenfalls gut), eine deutsche mit ausreichend und sechs deutsche mit mangelhaft.

Tabelle 3.5: Rangliste von Datenbanken durch Bewertung nach Pfenninger [108]

	Datenbank	Punkte	Bewertung
1.	Keudel	48,8	Gut (20 bis 59)
2.	TOMES	33,4	
3.	Med. Informationssystem	33,1	
4.	Gefahrgut-CD-ROM	-12,2	Ausreichend (19 bis -19)
5.	SIGEDA	-25,1	Mangelhaft (-20 bis -59)
6.	IGS	-31,5	
7.	CHEMIS	-46,7	
8.	WEKA - Praxissoftware	-47,3	
9.	RESY - B	-52,5	
10.	Giftliste	-54,4	
Maximal erreichbare Punkte: 80		sehr gut: 60 bis 80 Punkte	

ERI-Cards (Emergency Response Intervention Cards)

ERI-Cards sind für Gefahrgutunfälle konzipiert, bei denen größere Stoffmengen beteiligt sind. Es wird ausschließlich von einem landgebundenen Transport ausgegangen. Sie sind bei Unfällen in anderen Situationen daher nicht ohne weiteres anwendbar.

3.5.2 Internet Ressourcen

Einige der oben genannten Gefahrstoffdatenbanken sind in modifizierte Form online im Internet zugänglich. Darüber hinaus stehen im Internet umfangreiche Stoffdatenbanken wie z.B. das NIST Chemistry WebBook zur Verfügung. Weiterhin sind Metadatenbanken und Suchmaschinen wie Chemfinder oder ANAVISTA bei der gezielten Suche nach Stoffinformationen sehr hilfreich. In Tabelle 3.6 ist eine Übersicht über ausgewählte Online-Datenbanken und Suchmaschinen und deren URL-Adresse im Internet gegeben (s.a. [15]).

Die Daten im Internet dienen insbesondere einem Experten (Kap. 0) als weitere Informationsquelle. Darüber hinaus ist in Kap. 4.13.10 eine besondere Zusammenstellung von Internet-Links gegeben, die von MEDITOX als Links zu Intoxikationen im Rahmen einer Recherche ausgewählt werden. Eine Zusammenstellung von Internet-Informationen zum Thema Analytische Task Force findet sich im Internet unter [www. chemieunfall.de](http://www.chemieunfall.de).

Tabelle 3.6: Übersicht über Datenbanken und Suchmaschinen im Internet

Name	URL	Fachgebiet/Bem.
Ausgewählte Gefahrstoffdatenbanken		
ICSC, International Chemical Safety Cards via BGVV	http://www.cdc.gov/niosh/ipcs/german.html	
GDL-public, Die Internet-"public"-Version der GDL ohne vertraulichen Daten.	http://www.gefahrstoff-info.de/gdl/index.htm	
CIVS, Chemikalieninformationssystem für verbraucherrelevante Stoffe	http://www.bgvv.de/fbs/chem/civs/_civs.htm	
Chemikalien: Sicherheitsdaten FU-Berlin	http://www.chemie.fu-berlin.de/chemistry/safety/chemsafety.html	
IGS-public, Informationssystem gefährliche/umweltrelevante Stoffe	http://www.LUA.NRW.de/igs/igsframe.htm	
Datenbank GEFAHRGUT, BAM	http://www.bam.de/dgg/index.html	
CHEMSAFE	http://www.dechema.de/deutsch/iud/pages/csioverview.html	
Chemical Warfare Agents,	http://www.sbccom.apgea.army.mil/RDA/msds/index.htm	MSDS
ERI-Cards, Emergency Response Intervention Cards, CEFIC ¹⁾ -ERICarddatenbank	http://www.ericards.net/german/index.asp	ERI-CARDS
Stoffdaten		
NIST Chemistry WebBook	http://webbook.nist.gov/chemistry/	
ChemDAT online - Die Merck Chemie Datenbank	http://194.196.248.66/labor.html	Information on approximately 12,000 Merck products.
ChemFinder, Databases and Internet Searching	http://www.chemfinder.com/	
Metadatenbanken für Gefahrstoffe		
DAIN-Metadatenbank	http://dino.wiz.uni-kassel.de/dain/	
„Where to Find Material Safety Data Sheets on the Internet“	http://www.ilpi.com/msds/index.html	MSDS
Suchmaschinen		
Chemfinder	http://www.chemfinder.com/	
ANAVISTA	http://www.anavista.de/	

1) CEFIC: European Chemical Industry Council

3.5.3 Ausbreitungsprogramme, Expertensysteme, Managementsysteme, und GEO-Informationssysteme (GIS)

ALPHA 1 (van Loh)

Das Programm ALPHA1 dient im wesentlichen als Ausbildungs- und Lernprogramm als Hilfe für Ausbreitungsprognosen, mit dem folgende Grundszenarien modelliert werden können [109]:

- Kontinuierliche Emission
- Schlagartige Emission
- BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion)

Das Programm ist als DOS-Version verfügbar. Die Menü-Steuerung erfolgt über die Tastatur.

CAMEO® (Computer-Aided Management of Emergency Operations)

CAMEO ist ein Datenbank- und Informationsmanagementsystem, das gemeinsam von der U.S. Environmental Protection Agency (EPA) und der National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) nach den Anforderungen „Emergency Planning and Community Right to Know Act“ (SARA Title III) entwickelt worden ist. Es besteht aus drei integrierten Software-Anwendungen:

- CAMEO®-Datenbank
- MARPLOT®-Kartenmaterial
- ALOHA®-Ausbreitungsmodul

Die CAMEO®-Datenbank enthält Daten von über 6.000 gefährlichen Chemikalien, von 80.000 Synonymen und von Handelsnamen der Produkte. Es werden chemikalien-spezifische Informationen über Feuer und explosive Gefahren, Gesundheitsrisiken, feuerbekämpfende Techniken, Reinigungsprozeduren und Schutzkleidung angegeben. CAMEO® enthält grundlegende Informationen zu Herstellern, die Chemikalienlagern, zum Bestand von Chemikalien bei Herstellern und zur Notplanung.

MARPLOT® (Mapping Applications for Response, Planning, and Local Operational Tasks)

Mit MARPLOT® werden Informationen auf digitalem Kartenmaterial dargestellt. Bereiche mit potentieller oder tatsächlicher Kontaminierung von Chemikalienfreisetzungsszenarien werden graphisch dargestellt, um mögliche Auswirkungen festzustellen und mögliche Gefahrbereiche zu zeigen.

ALOHA® (Areal Locations of Hazardous Atmospheres)

ALOHA® ist ein atmosphärisches Ausbreitungsmodul zur Bewertung der Freisetzungen von gefährlichen chemischen Dämpfen. Es erlaubt die Ausbreitung einer Gefahrstoffwolke auf Basis toxikologisch/physikalischer Eigenschaften, atmosphärischer Zustände, und der spezifischen Umstände der Freisetzung abzuschätzen und auf MARPLOT® darzustellen sowie gefährdete Standorte wie Krankenhäuser und Schulen anzuzeigen. Spezifische Informationen zu diesen Standorten können dem CAMEO®-Informations-Modul entnommen werden.

COMPAS (Echtzeit-Entscheidungshilfe für das Störfallmanagement, Brenk Softwaresysteme)

COMPAS ist in einer Grundversion und in zwei verschiedenen Ausbaustufen verfügbar [110]. Alle Versionen von COMPAS berücksichtigen die Freisetzungsm modellierung, die Einbindung von Immissionsmessungen, die Quelltermrückrechnung, die Schwergasmodellierung und die On-line-Verarbeitung der meteorologischen Messdaten. Die Versionen unterscheiden sich bei der Modellierung der Ausbreitung. Verschiedene Ausbaustufen von COMPAS können innerhalb eines

Systems installiert werden. Zum Beispiel kann für die Gefahrenabwehrplanung die Ausbaustufe 2 genutzt werden und für den Einsatz die COMPAS-Grundversion. Die COMPAS-Grundversion verwendet zur Berechnung der Ausbreitung ein Gauß-Wolkenmodell nach VDI-Richtlinie 3945, Bl. 1. Hierbei wird die innerhalb eines bestimmten Zeitraums freigesetzte Schadstoffmenge als eine einzelne Wolke betrachtet, die mit dem Wind transportiert und durch die Turbulenz der Atmosphäre größer wird. Bei der Grundversion geht man von einem horizontal homogenen Windfeld über ebenem Gelände aus. Bei der Ausbaustufe 1 wird ebenfalls ein Gauß-Wolkenmodell verwendet. Es können jedoch auch räumlich inhomogene Windfelder verwendet werden. Die Ausbaustufe 1 ist besonders geeignet für Standorte in komplexem Gelände. Die Ausbaustufe 2 berücksichtigt den Einfluss von Gebäuden und des Geländes. Bei komplexer und dichter Bebauung, z.B. in Innenstädten, wird der Transport von Schadstoffen im Nahbereich der Quelle stark von Gebäuden beeinflusst. Um den Einfluss der Gebäude bei der Ausbreitung geeignet modellieren zu können, wird das Partikelmodell nach Lagrange genutzt. Hierbei wird der freigesetzte Schadstoff durch eine Vielzahl von Partikeln repräsentiert. Mit COMPAS lassen sich Karten im Bitmap- oder im Vektorformat darstellen. COMPAS arbeitet mobil in einem Messfahrzeug oder stationär angebunden an eine Leitzentrale.

Ausbreitungsrechnungen werden alle fünf Minuten automatisch gestartet und laufend mit den eingehenden Messdaten abgeglichen. COMPAS berechnet bei jedem Rechenschritt automatisch Prognosen über die weitere Entwicklung der Situation. Zusätzlich erlaubt COMPAS eine benutzerdefinierte Prognose. Es können konstante oder sich zeitlich ändernde meteorologische Bedingungen angenommen werden. Auch der Zeitpunkt des Endes der Freisetzung kann angegeben werden. Mess- und Rettungstrupps lassen sich kurzfristig zu den kritischen Einsatzorten leiten. COMPAS wird in folgenden drei Ausbaustufen angeboten:

- Grundversion: Gauß-Wolkenmodell + homogenes Windfeld
- Ausbaustufe 1: Gauß-Wolkenmodell + inhomogenes Windfeld
- Ausbaustufe 2: Partikelmodell + gebäudebeeinflusste Windfelder

DISMA[®] (Rechnergestütztes Beratungssystem für das Krisenmanagement bei chemischen Unfällen)

Das Programmsystem DISMA[®] (Disaster Management) für PC ist ein Hilfsmittel für das Gefahrenabwehrmanagement in Katastrophenschutzbehörden, Stäbe der Katastrophenschutzleitungen, Leitstellen, Technische Einsatzleitungen und in einer angepassten Version für betriebliche Einsatzleitungen [21].

Die Funktionen von DISMA[®] sind in folgende Regiezentren zusammengefasst:

- Abwehr
- Vorsorge
- Datenbasis
- Anpassung

Das Regiezentrum *Abwehr* unterstützt die Prognose, Lagefeststellung und Lageführung. Es bietet Funktionen zur Unterstützung der Gefahrenabwehr. Das Regiezentrum *Vorsorge* bietet Funktionen zur Gefahrenabschätzung, zum rechnerunterstützten Erstellen und Verwalten von Plänen (Katastrophenschutzpläne, Sonderschutzpläne u.a.). Das Regiezentrum Datenbasis ermöglicht die Erfassung von Gebietsdaten, die Anzeige von Stoffdaten, die Pflege von Informationen zu Übungen und Erfahrungen und die Recherche in den Gebietsdaten. In den Regiezentren *Abwehr* und *Vorsorge* sind Funktionen zur Ermittlung von Gefahrenfeldern verfügbar. Quellterme können abgeschätzt oder eingegeben werden. Es werden Gefahrenfelder und Zeitverläufe bestimmt (vgl. Abbildung 4.6). Gegenwärtig stehen in DISMA Modelle für folgende Ereignisarten zur Verfügung:

- Stofffreisetzung
- Explosion
- Spezialbrand
- Lachenbrand

Geo-FES (Geogestütztes Feuerwehr-Entscheidungshilfesystem)

Gemeinsam mit der Fa. WASY GmbH und dem TÜV Rheinland/Berlin wurde eine Software zur Entscheidungshilfe für den täglichen Einsatz und bei Großschadensereignissen entwickelt [22]. Das Programm Geo-FES hat die Aufgabe, geographische Informationen zu analysieren und in einer Karte darzustellen. Dieses Programm wurde mit Hilfe der Werkzeuge vom Desktop-GIS (Geografisches-Informationen-System) - ArcView - der Firma ESRI entwickelt. Zur Berechnung der Gefahrenbereiche bei Ausbreitung von Schadstoffen sind ausgewählte Berechnungsmodelle aus DISMA[®] über eine Schnittstelle in Geo-FES eingebunden. Geo-FES ist für den stationären und für den mobilen Einsatz konzipiert [111]. Geo-FES lässt sich im wesentlichen in drei Komponenten untergliedern:

- GIS - gestützte Datenverwaltung
- Raumbezogene Simulation der Schadstoffausbreitung
- GIS-gestützte Datenanalyse und die Bereitstellung von entscheidungsunterstützenden Informationen für einsatztaktische Maßnahmen.

Der Datenbestand von Geo-FES setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen:

- Übersichtskarte
- Grundkarten
- Spezialkarten der Feuerwehr
- Adressdatenbank - RBS (Regionales Bezugssystem)
- Sonstige Daten

Zur raumbezogenen Simulation der Schadstoffausbreitung stehen in Geo-FES ausgewählte Berechnungsmodelle aus DISMA[®] für folgende Ereignisarten zur Verfügung:

- Stofffreisetzung
- Explosion
- Spezialbrand
- Lachenbrand

Eine interne Stoffdatenbank mit ca. 100 verschiedenen Stoffen, sowie CHEMIS stehen in diesem System zur Verfügung. Mit Hilfe eines Analysetools können durch die Vorgabe eines definierten Bereiches Objekte, Straßen, Bevölkerung usw. schnell ermittelt werden. Dieser Bereich kann durch einen Kreis, ein Polygon oder durch Simulation mittels DISMA (vgl. Abbildung 4.18) ausgewiesen werden. Mit Geo-FES werden die Ergebnisse einer Analyse in einer Karte und in Listen dargestellt. Weiterhin besteht die Möglichkeit, Photos und Videos zu hinterlegen.

Neben den mit DISMA berechneten Gefahrenbereichen können auch frei gewählte Geometrien (Kreis um Ereignisort, Polygon) zur Beschreibung der Gefahrenfelder dienen. Mit Geo-FES können Lagepläne erstellt werden. Dazu sind taktische Zeichen in einer Symbolbox implementiert worden.

MET (Modell für Effekte mit Toxischen Gasen)

MET ist ein Ausbreitungsmodell für toxische Gase, das mit wenigen Eingaben Distanzen für die Wirkungen auf den Menschen im Freien, und geschützt durch Häuser, liefert. Damit fallen die schwierigen meteorologischen und toxikologischen Interpretationen von Konzentrationen weg, und die Wirksamkeit einfacher Maßnahmen ist direkt ersichtlich [112]. MET wird als Zusatzmodul in der Datenbank Gefährliche Stoffe, Keudel av-Technik GmbH, angeboten.

REMUS (Rechnergestütztes Maritimes Unfallmanagementsystem, STN ATLAS ELEKTRONIK)

Erstellt wurde REMUS hauptsächlich als Instrument zur Beschaffung bzw. Bewertung von Informationen und als Entscheidungshilfe-Instrument bei der Rettung von Menschenleben sowie zur Bekämpfung von Meeresverschmutzungen in See- und Küstenbereichen [113]. Darüber hinaus unterstützt REMUS den täglichen Melde- und Informationsbetrieb und ist gleichzeitig im Übungs-/Simulationsmodus einsetzbar. Zur Informationsbeschaffung von externen Informationssystemen stellt REMUS folgende Schnittstellen zur Verfügung:

- eine Datenschnittstelle zum gemeinsamen Rechenzentrum des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) und des Deutschen Wetterdienstes (DWD), über die periodisch Hydrographiedaten sowie Seewetterdaten in REMUS eingespielt werden; außerdem können über diese Schnittstelle modellbasierte Rechenergebnisse des BSH für Verdriftungen- und Ausbreitungen von Körpern und Schadstoffen abgefragt werden
- Datenschnittstellen zu verschiedenen Verkehrszentralen über die periodisch neue Verkehrsdaten in REMUS verfügbar sind
- eine Datenschnittstelle zum Zentralen Meldesystem (ZMS), das gemäß der EU-Melderichtlinie 93/75/EWG Schiffs- und Gefahrgutmeldungen aufnimmt und auf Anfrage an REMUS (und andere anfragenden Stellen) weitergibt.

Unterstützungsfunktionen:

- Gefahrstoffdatenbank RESY2000
- Alarmpläne
- Zugriff auf Rechenergebnisse des Drift- und Ausbreitungsmodells des BSH (Prognosen für Verdriftungen von Körpern im Wasser bzw. für Verdriftungen und Ausbreitungen von Gewässerverunreinigungen im /auf dem Wasser)
- Ausbreitungsmodell für Schwergase DEGADIS (Dense Gas Dispersion Model) zur Bestimmung von mit Gas kontaminierter Seegebiete
- Darstellungskomponente: das Seekartendarstellungs- und Informationssystem ECDIS (Electronic Chart Display and Information System)
- rechnergestützte Suchplanung in Verbindung mit den Ergebnissen von Drift-/Ausbreitungsrechnungen nach den Modellen des BSH und DEGADIS
- Maßnahmen zur Bekämpfung von Gewässerverunreinigungen und zur Bergung von Objekten
- Modell zur Bewertung der Wirksamkeit von Bekämpfungsmaßnahmen gegen Ölverschmutzungen

REMUS ist seit dem ersten Quartal 1998 im Probebetrieb. Nach Beendigung dieser Projektphase wird das System seiner Nutzung im „heißen“ Betrieb übergeben. Für die Zukunft sind Ausbaustufen vorgesehen, in die u.a. Erfahrungen aus der REMUS-Nutzung einfließen sollen. Darüber hinaus wird im Rahmen eines laufenden Projekts die maritime Luftüberwachung mit Datenübertragung via INMARSAT in REMUS einbezogen und die bordseitige REMUS-Version für das neuerstellten Mehrzweckschiff „Neuwerk“ entwickelt.

Neben den genannten Systemen, die sich in der Gefahrenabwehr im Einsatz befinden, finden sich im Internet Informationen zu weiteren Softwaresystemen wie z.B. *RISKWARE* [114], *CATS (Consequences Assessment Tool Set)* [115] sowie das von der Bundeswehr eingesetzte Programm *NBC-ANALYSIS* der Fa. Bruhn Newtech [116].

4 Analytische Task Force (ATF)

4.1 Aufgaben der ATF

Die ATF für große Chemieunfälle und Brände (Analytical Task Force for Chemical Disaster) informiert die örtlich zuständige Einsatzleitung und deren Einsatzkräfte über

- die freigesetzten Stoffe oder Stoffgemische,
- das Gefahrenpotential der freigesetzten Stoffe gegenüber den betroffenen Menschen und der Umwelt,
- das Ausbreitungsverhalten der Schadstoffe in Luft, Boden und Oberflächengewässern,
- die eingetretene Kontamination von Gebäuden-, Anlagen oder Geländeoberflächen,
- die Möglichkeiten zur Schadensbegrenzung und Dekontamination,
- die Möglichkeiten zur Warnung oder Information der Bevölkerung,
- die Möglichkeiten zur rettungsdienstlichen und notfallmedizinischen Versorgung der verletzten Personen.

Dabei werden die örtlichen Parameter (Meteorologie, Anlagen- und Geländebeschaffenheit und dgl.) berücksichtigt. In Abhängigkeit zur Lageentwicklung werden zeitgerecht Prognosen abgeben, damit der örtlich zuständigen Einsatzleitung ausreichend Zeit zur Reaktion bleibt.

Mit dem Einsatz spezieller Spür- und Messmethoden und den dafür erforderlichen Geräten sowie den verfügbaren Informationen zur Schadenslage erfolgt die Identifizierung und weitgehende Quantifizierung der freigesetzten Stoffe und Stoffgemische in den Ausbreitungspfaden Luft, Wasser und Boden. Entsprechend der vorhandenen Anlagen, Gebäuden und Flächen sowie der Meteorologie erfolgen kontinuierliche Prognosen zum weiteren Verlauf der Schadstoffausbreitung. Die Grenze der Ausbreitung und Kontamination wird durch gezielte Spür- und Messeinsätze eingegrenzt und überwacht. Die Wirksamkeit der Maßnahmen zur Dekontamination von Personen, Flächen, Anlagen oder Geräten wird messtechnisch überwacht.

Auf der Basis der gewonnenen Messergebnisse, der Informationen aus Datenbanken sowie der Beteiligung von entsprechenden Fachberatern werden Hinweise zur Information oder Warnung der betroffenen Bevölkerung erarbeitet und der örtlichen Einsatzleitung zur Verfügung gestellt. Weiterhin werden Maßnahmen zur Bindung, Neutralisation, Dekontamination bzw. Eingrenzung und Aufnahme der freigesetzten Schadstoffe vorgeschlagen.

Die analytischen Ergebnisse zur Bestimmung der freigesetzten Stoffe oder Stoffgemische werden von externen oder internen Fachberatern (z. B. Toxikologen und Notfallmedizinern) bewertet.

Für die eingesetzten Spür- und Messtrupps werden entsprechende Vorgaben zum Spür- und Messeinsatz, zu den verwendeten Messtechniken und -methoden, zu den Probenahmeorten und -verfahren ausgearbeitet und entsprechend umgesetzt. Die Spür- und Messtrupps werden über geeignete Kommunikationsmittel gelenkt. Die gewonnenen Spür- und Messergebnisse werden in Abhängigkeit zu den sonstigen Lageinformationen entsprechend bewertet.

Alle Ergebnisse des Spür- und Messeinsatzes, der Ausbreitungsrechnung, der Lageentwicklung und der Meteorologie werden kontinuierlich in einer Lagekarte visuell dargestellt. Dabei wurde in Anlehnung an die Regelungen zur Katastrophenabwehr im Umfeld von kerntechnischen Anlagen die dort übliche Sektoreneinteilung weiterentwickelt und dient als Grundlage für die Lenkung der Spür- und Messtrupps sowie der Lagedarstellung. Weiterhin wird die Wirksamkeit der Abwehrmaßnahmen sowie die Prognosen zur weiteren Lageentwicklung dargestellt.

4.2 Grundlagen

Die im folgenden dargestellten Regelungen bilden eine Grundlage für die verantwortungsbewusste Aufgabenwahrnehmung des/der jeweiligen Einsatzleiters/Einsatzleiterin definiert in Abhängigkeit zur

tatsächlichen Gefahrenlage, den äußeren Rahmenbedingungen und der individuellen Leistungsfähigkeit des verfügbaren Personals in Verbindung mit den Einsatzmitteln, die konkreten Maßnahmen der Analytischen TASK FORCE weitgehend abschließend.

Die Regelungen umfassen nur lokale einzelne Ereignisse, bei denen grundsätzlich uneingeschränkt auf die übliche Infrastruktur der Bundesrepublik Deutschland zurückgegriffen werden kann. Die Regelungen müssen insbesondere bezüglich der Logistik deutlich erweitert werden, wenn der Einsatz der ATF bei überregionalen Ereignissen, bei Schadensfällen im Ausland (z. B. Erdbeben oder dgl.) oder bei einer Vielzahl gleichzeitiger ähnlicher Ereignisse erfolgen muss.

4.2.1 Vorhandene Taktische Regeln

Als Grundlage für die Einsatztaktischen Rahmenempfehlungen wurden insbesondere die bestehenden taktischen Regeln und Einsatzgrundsätze folgender Einrichtungen ausgewertet:

- Bundeswehr [117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126]
- Zivilschutz [127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136]
- Feuerwehr [137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145]
- Polizei [146, 147]
- Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes [148, 149, 150]
- National Fire Protection Association [151, 152, 153, 154]
- International Fire Service Training Association [155, 156]

Unter Berücksichtigung von Teilbereichen der Diskussionen im Rahmen der „INTERNATIONAL CONFERENCE ON DISASTER MANAGEMENT AND MEDICAL RELIEF“ im Juni 1999 in Amsterdam, wurden die Möglichkeiten der Integration und Auswahl geeigneter interner und externer Experten in die ATF diskutiert. Weiterhin wurden Berichte und Informationen zu den in Kapitel 2 genannten Referenzereignissen ausgewertet.

4.3 Grundsätzliches Einsatzkonzept

Grundsätzlich erfolgt der Einsatz der ATF gemäß den folgenden drei Stufen:

- Einsatzstufe A

Unmittelbar nach Eintritt einer besonderen Einsatz- und Gefahrenlage (Chemieunfall, Brand mit kritischen Chemikalien und dgl.) informiert die örtliche Einsatzleitung das Kommunikation-, Control- and Coordination-Center (CCC) der ATF. Das CCC sammelt sofort alle Lageinformationen und bewertet diese bezüglich eines möglichen Einsatzes. Dabei werden die internen und externen Fachberater über entsprechende Kommunikationsmittel einbezogen. Auf der Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse, die im wesentlichen auf den Informationen der örtlichen Einsatzleitung und der Medien basieren, erfolgt eine Lageeinschätzung und –prognose zur möglichen Entwicklung der Gefahrenlage. Dabei werden im Bedarfsfall konkrete Hinweise zum Einsatz der

- verfügbaren Mess- und Spürtechniken (z. B. Prüfröhrchen)
- zur Warnung der Bevölkerung mit Verhaltensmaßnahmen
- zur Information der Bevölkerung
- zum Schutz der Einsatzkräfte

gegeben.

- Einsatzstufe B

Sofern die erste unmittelbare Bewertung der Einsatz- und Gefahrenlage, eine erhebliche Gefährdung der Bewohner oder Einsatzkräfte nicht eindeutig ausschließt, entsendet das Kommunikation-, Control- and Coordination-Center (CCC) der ATF ein **Erkundungsteam** in Abstimmung mit der örtlichen Einsatzleitung. Das CCC sammelt weiterhin alle

Lageinformationen und bewertet diese. Durch den gezielten Einsatz spezifischer Messtechnik wird am Schadensort das Gefahrenpotential analysiert und der örtlichen Einsatzleitung aufgezeigt. Eine weitergehende abschließende Bewertung erfolgt durch die örtliche Einsatzleitung.

Einsatzstufe C

In Abstimmung mit der örtlichen Einsatzleitung entsendet das Kommunikation-, Control- and Coordination-Center (CCC) die komplette ATF. Das CCC sammelt weiterhin alle Lageinformationen und bewertet diese. Die internen und externen Fachberater werden teilweise in den Einsatz vor Ort einbezogen oder über entsprechende Kommunikationsmittel kontinuierlich informiert. Auf der Basis

- einer identifizierenden Analyse der freigesetzten Gefahrstoffe,
- einer weitgehenden messtechnischen Erfassung der Ausbreitung der Schadstoffe in der Luft, in Oberflächengewässern und im Boden

erfolgt eine detaillierte Bewertung bezüglich der

- Gefährdung der Bevölkerung,
- Gefährdung der Einsatzkräfte
- Gefahren durch Kontamination
- Maßnahmen zur Diagnose der durch die freigesetzten
- Gefahrstoffe gesundheitlich geschädigten Personen
- Maßnahmen zur Behandlung der durch die freigesetzten
- Gefahrstoffe gesundheitlich geschädigten Personen
- Maßnahmen zur Dekontamination

sowie die Prognose zur weiteren Entwicklung der Gefahrenlage.

4.4 Funktionsbereiche in der ATF

Die ATF strukturiert sich in folgende drei Module:

1. Lenkungebene
2. Operative Einheit
3. Ergänzungseinheiten

Die Lenkungebene ist der Teil der ATF, der die Koordination des Einsatzes vornimmt und in der Frühphase des Einsatzes Informationen sammelt und diese bereitstellt sowie den Anschluss externer Fachberater veranläßt. Zur Lenkungebene gehören der Leiter der ATF (Chief officer), ein Communication-, Control- and Coordination-Center (CCC) und externe Fachberater (s. Abbildung 4.1).

Die Operative Einheit setzt sich aus dem benötigten Personal und der Ausrüstung der ATF, das an die Einsatzstelle transportiert wird, zusammen. Neben der technischen Ausrüstung - Messtechnik und Schutzausrüstung - besteht das Personal der operativen Einheit aus einem Einsatzleiter (chief officer in charge), den verschiedenen Systemoperatoren sowie internen Fachberatern. Der Einsatzleiter erhält von der örtlichen Einsatzleitung den Messauftrag, weist den Systemoperatoren die speziellen Aufgaben zu und koordiniert vom On-site Operation- and Coordination Center (OSOCC) den Einsatz der Ergänzungseinheiten (Abbildung 4.2). Die Ergänzungseinheiten bestehen aus dem benötigten Personal und den Fahrzeugen (z.B. ABC-ErkKw) zur Ausrüstung von Spür- und Messtrupps, das vor Ort bereitgestellt werden muss.

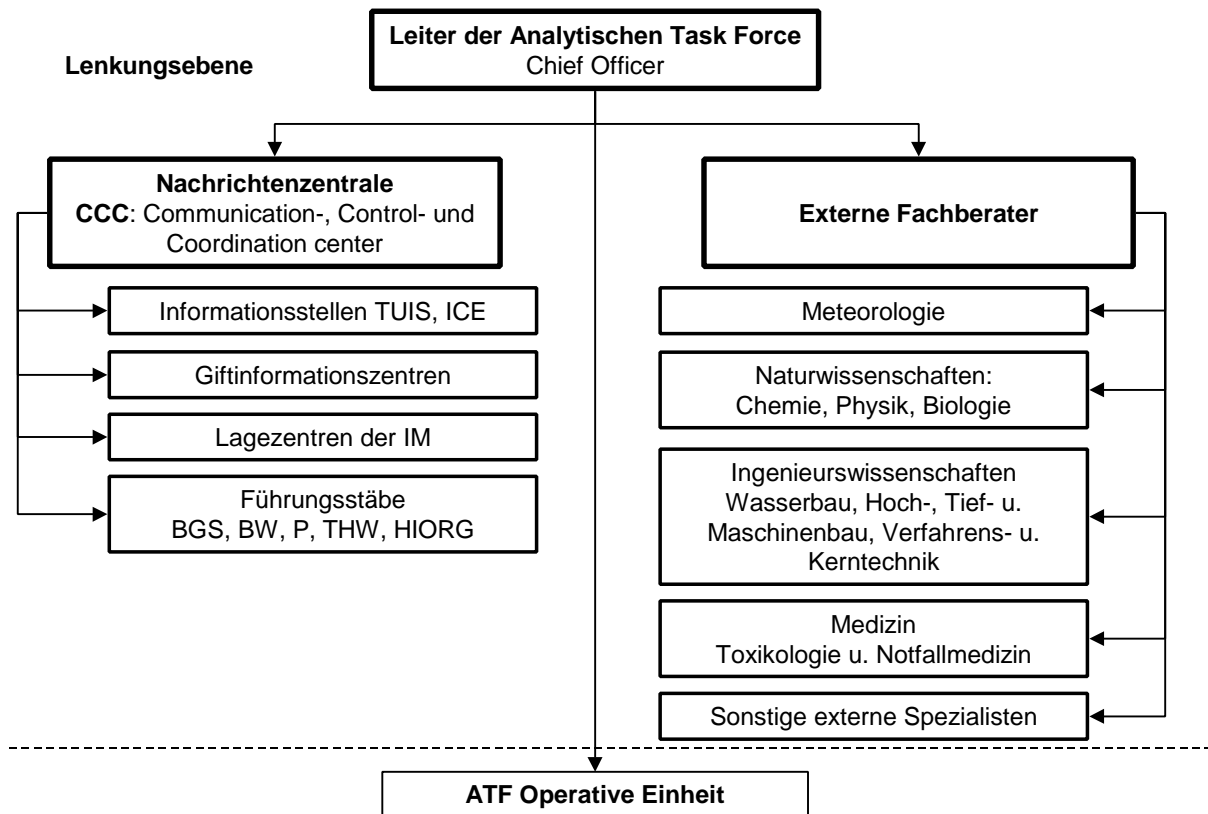


Abbildung 4.1: Organigramm der Lenkungebene der ATF

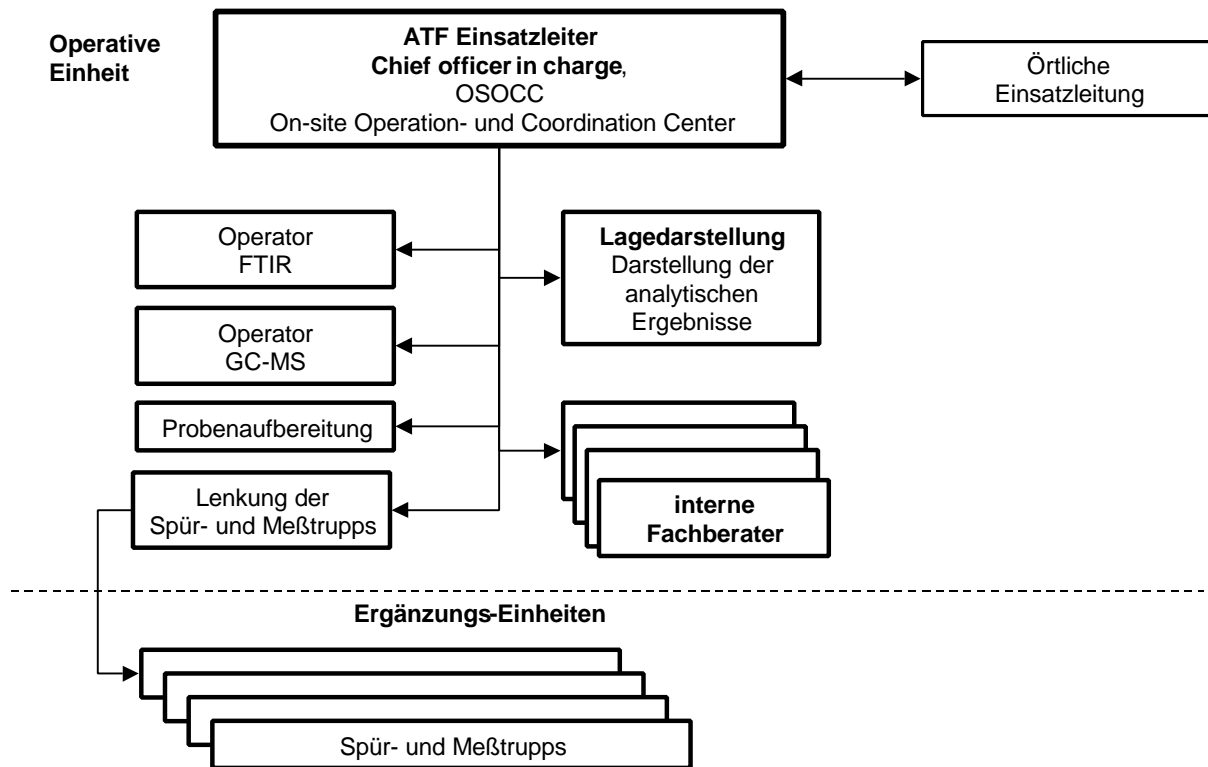


Abbildung 4.2: Organigramm der operativen Einheit der ATF

4.4.1 Leiter der ATF (Chief officer)

Die Analytische Task Force (ATF) wird von einem/einer Leiter/Leiterin in organisatorischer, fachlicher und personeller Hinsicht geführt. Der/die Leiter/Leiterin der ATF entscheidet über den Einsatz, die Ausstattung und ist Dienstvorgesetzter/Dienstvorgesetzte für alle haupt- und nebenamtlichen Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen. Dem/der Leiter/Leiterin der ATF obliegt die Fachaufsicht. Der/die Leiter/Leiterin der ATF fungiert im Bedarfsfall auch als Einsatzleiter/Einsatzleiterin.

Der/die Leiter/Leiterin der ATF muss über eine langjährige Einsatz- und Führungserfahrung bei der Bewältigung von Großschadenslagen haben. Er/sie muss über qualifizierte Kenntnisse in der Führung und Lenkung von Einheiten zur technischen Gefahrenabwehr sowie über die technischen Möglichkeiten und Grenzen der Einsatzmittel zur Gefahrenabwehr verfügen. Auf der Basis eines natur- oder ingenieurwissenschaftlichen Studiums muss er/sie die grundsätzlichen Reaktionsmechanismen von Störfällen und die Einsatzmöglichkeiten und -grenzen der analytischen Messgeräte kennen. Er/sie muss als Führungspersönlichkeit anerkannt sein.

4.4.2 Einsatzleiter der ATF (chief officer in charge)

Der/die Einsatzleiter/Einsatzleiterin führt die Analytische Task Force im Einsatz. Der/die Einsatzleiter/Einsatzleiterin hält den Kontakt zu den örtlich zuständigen Einsatzkräften der Gefahrenabwehr und den sonstigen am Einsatz beteiligten Stellen (Behörden, Wirtschaftsbetriebe und dgl.). Der/die Einsatzleiter/Einsatzleiterin stimmt die Maßnahmen der ATF mit der örtlich zuständigen Einsatzleitung ab, koordiniert diese mit anderen beteiligten Stellen und setzt die entsprechenden Maßnahmen mit den eigenen Einsatzkräften und internen Fachberatern sach- und fachgerecht um. Der/die Einsatzleiter/Einsatzleiterin entscheidet letztendlich über

- die einzusetzenden Messtechniken und
- die anzuwendende Messtaktik,
- das Probenahmeverfahren
- die spezielle Probenaufbereitung,
- die erforderlichen Schutzmaßnahmen
- die Einbeziehung interner oder externer Fachberater
- die Darstellung der Lage sowie die daraus resultierenden Prognosen.

Der/die Einsatzleiter/Einsatzleiterin grenzt dabei die Aufgaben ab und koordiniert die Maßnahmen.

Der/die Leiter/Leiterin der ATF muss über eine entsprechende Einsatz- und Führungsausbildung zur Bewältigung von Großschadenslagen haben. Er/sie muss ausreichende Kenntnisse in der Führung und Lenkung von Einheiten zur technischen Gefahrenabwehr sowie über die technischen Möglichkeiten und Grenzen der Einsatzmittel zur Gefahrenabwehr verfügen. Auf der Basis eines natur- oder ingenieurwissenschaftlichen Studiums muss er/sie die grundsätzlichen Reaktionsmechanismen von Störfällen und die Einsatzmöglichkeiten und -grenzen der analytischen Messgeräte kennen. Er/sie muss als Führungspersönlichkeit anerkannt sein.

4.4.3 Communication-, Control- and Coordination-Center (CCC)

Das Communication-, Control- und Coordination-Center (CCC) nimmt das Hilfeersuchen der örtlichen Einsatzleitung an die ATF entgegen und alarmiert diese. Weiterhin wird sofort mit der Erfassung, Fortschreibung und Darstellung aller Lageinformationen (Schadensort, Schadensausmaß, Wetterdaten, Wetterentwicklung und dgl.) begonnen. Die gewonnenen Informationen werden der ATF schon während der Anfahrt sowie am Schadensort kontinuierlich übermittelt. Auf der Basis der erfassten Lageinformationen werden die internen und externen Fachberater alarmiert und kontinuierlich informiert. Das CCC setzt alle Bedarfsanforderungen der ATF schnellstmöglich um und

stellt die übergeordnete uneingeschränkte Kommunikation sicher. Das CCC legt die Beförderungswege fest und organisiert die Transportmittel und für den Transport (Stufe B + C) der Einsatzkräfte sowie der Ausrüstung. Das CCC stellt die Zuführung der internen Fachberater zur Schadensstelle sicher.

Der/die Leiter/Leiterin des CCC muss für die ATF alle notwendigen Informationen beschaffen und kontinuierlich die Kommunikation zum Schadensort und zu den externen Fachberatern halten. Er/sie muss über eine entsprechende Einsatz- und Führungsausbildung zur Bewältigung von Großschadenslagen haben. Er/sie muss ausreichende Kenntnisse in der Kommunikationstechnik und Informationsbeschaffung sowie über die technischen Möglichkeiten und Grenzen der Einsatzmittel der ATF verfügen. Weiterhin muss er/sie über detaillierte Kenntnisse bezüglich der erforderlichen Transportkapazitäten und der Beschaffung von Transportmitteln verfügen. Auf der Basis eines Studiums an einer Fachhochschule muss er/sie die grundsätzlichen Einsatzmöglichkeiten und -grenzen der analytischen Messgeräte sowie die Integration der externen Fachberater kennen.

4.4.4 Einsatzleitung der ATF (OSOCC)

Alle Einsatzmaßnahmen der ATF werden in enger Kooperation mit der örtlich zuständigen Einsatzleitung realisiert. Die Lenkung der Spür- und Messtrupps, die Koordinierung der Mess-Systeme sowie die Aufgabenzuordnung innerhalb der ATF wird mit einer eigenen Einsatzleitung (OSOCC On-Site Operations- + Coordination-Center) unmittelbar im Bereich des Schadensortes realisiert. Diese ad hoc einzurichtende Befehlsstelle wird grundsätzlich in einem entsprechend geeignetem Raum (z. B. Hotel, Schulgebäude oder dgl.) installiert. Die Räumlichkeiten müssen die Nutzung entsprechender Fernmeldeverbindungen (z. B. ISDN-Anschluss) und den provisorischen Aufbau mobiler Antennenanlagen (BOS 2 m + 4 m Band, GSM-Netze) zulassen. Für die Darstellung der Lage sowie die Prognose zur Lageentwicklung müssen geeignete Projektionsflächen verfügbar sein. In Ausnahmefällen wird das OSOCC in einem Fahrzeug (z. B. ELW 2) installiert. Das erforderliche Equipment für die Projektion der Einsatz- oder Schadenslage, der Messergebnisse, der Ausbreitungsberechnung sowie der fernmeldetechnischen Anschlusseinheiten (mobile Antennenanlage, FAX- + Telefon-Verbindung und Funkgeräte) gehört zur Ausstattung der ATF und entspricht weitgehend der Beladung und Ausrüstung eines Einsatzleitfahrzeuges vom Typ ELW 2 (siehe DIN 14507 Teil 3 Stand: 07.99).

4.4.5 System-Operatoren

Für die einzusetzenden Messsysteme, insbesondere dem

- Mobilen Massenspektrometer-System mit vorgeschaltetem Gaschromatographen (GC-MS-System)
- Fourier-Transform-Infrarot-Spektrometer (FTIR-System)
- Gefahrstoff-Detektoren-Array (GDA)

ist jeweils ein/eine System-Operator/Operatorin verantwortlich.

Der/die jeweilige Operator/Operatorin entscheidet wie, wo und wann die jeweilige Messung oder Probenahme durchgeführt und mit welchem Verfahren die Aufbereitung der Proben realisiert wird. Der/die Operator/Operatorin bedient die jeweilige Messeinheit, weist entsprechende Spür- und Messtrupps ein und wertet die Ergebnisse unter Berücksichtigung der erkundeten und gewonnenen Randparameter aus. Grundsätzlich ist jeweils ein/eine System-Operator /Operatorin für

- die Identifizierung der freigesetzten Gefahrstoffe (z. B. GC-MS-System)
- die Fernerkundung luftgetragener Schadstoffe (z. B. FTIR-System)
- die Probenahme und -aufbereitung
- das Monitoring mit Sensorgeräten (z. B. GDA) oder Prüfröhrchen

vorzusehen. Die verschiedenen System-Operatoren können in Abhängigkeit zur Einsatzlage verschiedene Systeme gleichermaßen betreuen. Ergänzende Messsysteme (z. B. Prüfröhrchen oder dgl.) werden von allen System-Operatoren/Operatorinnen angewandt.

4.4.6 Einsatzlenkung der Spür- und Messtrupps

Sofern zur

- Erkundung der Gefahrenlage,
- der Ausbreitung bestimmter Stoffe oder Leitsubstanzen in Luft, Boden oder Wasser, sowie
- zur Ermittlung der Kontamination

Probenahmen oder eine kontinuierliche Überwachung (Monitoring) am Schadensort (disaster area) oder im Umfeld (surrounding area) erforderlich sind, werden Spür- und Messtrupps zur Probenahme oder Messung eingesetzt. Die Lenkung der Spür- und Messtrupps erfolgt durch einen entsprechenden Operator der ATF. Dabei werden die Spür- und Messverfahren bzw. die Probenahmeverfahren sowie die Messtaktik genau definiert und allen Trupps in einem entsprechendem Spür- + Messbefehl vorgegeben. Die Messorte bzw. Probenahmeorte, die entsprechenden Zeiten und besondere Verhaltensmaßregeln sowie der Eigenschutz sind festgelegt. Die einzelnen Spür- und Messtrupps bleiben kontinuierlich über entsprechende Kommunikationsmittel mit der Einsatzlenkung im Kontakt. Die Spürtrupps dokumentieren die Spür- und Messverfahren, die Messzeiten und -orte sowie alle besonderen Parameter am Messort. Von der Einsatzlenkung der Spür- und Messtrupps werden die Anzeigergebnisse in der Lagekarte zusammengefasst und bewertet.

4.4.7 Fachberater

Um spezielle Probleme sach- und fachgerecht einer Lösung zuzuführen, wird geeigneter Sachverstand zusätzlich herangezogen. Die speziellen Kenntnisse, Bewertungen, Informationen oder Prognosen können von bestimmten Institutionen oder speziellen Personen gewonnen werden. Grundsätzlich erfolgt folgende Differenzierung:

Auskunft durch eine spezielle Institution

- relativ imaginärer Sachverhalt (z. B. allg. Wetterlage)
- spezieller Sachverhalt, der sich aus der konkreten laufenden Einsatzlage ergibt (z. B. Wetterprognose für den Schadensort, Giftinformationszentrale)

Auskunft durch eine spezielle Person

- Relativ imaginäre Fragestellung (z. B. Langzeitwirkung bestimmter Giftstoffe)
- Konkreter Sachverhalt, der sich nur durch die direkte Lagebeurteilung am Schadensort bewertet werden kann

Unmittelbar nachdem erste Lageinformationen vom Schadensort vorliegen, erfolgt eine erste Bewertung mit dem Ziel, speziellen Sachverstand zur Beurteilung einzelner Detailprobleme heranzuziehen. Die entsprechenden Institutionen und speziellen Personen werden unmittelbar durch das CCC mittels einer EREIGNISMELDUNG (Situation Report SITREP) über den Schadensfall informiert. Gleichzeitig wird die kontinuierliche Erreichbarkeit über entsprechende Kommunikationsmittel festgelegt.

4.4.8 Informationen von bestimmten Institutionen

Zur Bewertung bestimmter Gefahrenlagen sind zusätzliche Informationen zu bestimmten Stoffen oder Hilfsmitteln geboten. Eine Vielzahl von Institutionen wie z. B. TUIS (Transport-Unfall-Informations-

System), ECI (European Chemical Industry), DWD (Deutscher-Wetter-Dienst), BSH (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie) und dgl. liefern entsprechende Informationen. Es muss im Rahmen der Einsatzvorbereitung detailliert erfasst werden, welche Daten von welcher Institution wann, wie schnell und in welchem Format (mündlich, schriftlich, elektronisch) bereitgestellt werden. Dabei werden die verfügbaren Möglichkeiten der Informations- und Kommunikationstechnik ausgeschöpft.

4.4.9 Externe Fachberater (Off-Site-Specialist)

Bei externen Fachberatern handelt es sich im wesentlichen um Experten (spezielle besonders qualifizierte Personen), die nicht unmittelbar am Schadensort tätig werden, sondern auf Basis der übertragbaren Informationen Empfehlungen, Prognosen oder Bewertungen aussprechen. Deren Integration in die ATF ist in Abbildung 4.1 dargestellt. Weiterhin geben sie, soweit möglich, Rahmenempfehlungen für bestimmte notwendige Handlungsabläufe am Schadensort.

Insbesondere sind Kontakte zu hochqualifizierten

- Naturwissenschaftlern (Physik, Chemie und dgl.),
- Ingenieurwissenschaftlern (Wasserbau, Hochbau, Tiefbau, Verfahrenstechnik, Kerntechnik und dgl.) und
- Medizinern (Notfallmedizin, Toxikologie und dgl.)

herzustellen. Grundsätzlich erfolgt für spezielle Themenbereiche eine Auswahl entsprechend qualifizierter Experten. Mit den jeweiligen Personen wird die kontinuierliche Erreichbarkeit soweit sichergestellt, dass innerhalb von maximal 60 Minuten eine uneingeschränkte Kommunikation gewährleistet wird. Nur in wenigen besonderen Fällen müssen spezielle Experten herangezogen werden, die nicht im Rahmen der Vorplanung erfasst sind.

4.4.10 Interne Fachberater (On-Site-Specialist)

Experten (spezielle besonders qualifizierte Personen), die aufgrund ihrer besonderen Kenntnisse und Fähigkeiten unmittelbar am Schadensort eingesetzt werden, sind als interne Fachberater zu bezeichnen. Sie rücken unmittelbar mit der operativen Einheit der ATF. Sie sind mit den besonderen Gefahren und Risiken sowie den persönlichen Schutzausrüstungen vertraut. Die Alarmierung und Organisation der Zuführung zum Schadensort obliegt dem CCC.

4.5 Gefahrenanalyse

Für die einsatztaktischen Rahmenempfehlungen wurde in Anlehnung an die einschlägigen Vorschriften des Arbeits- und Gesundheitsschutzes [157,158] eine Gefahrenanalyse vorgenommen. Dabei wurden insbesondere folgende Parameter berücksichtigt:

- Mögliche Strukturen potentieller Einsatzstellen
- Zuwegung
- Mögliche stationäre Einrichtungen zur Gefahrenbekämpfung
- Elektrische Betriebsmittel und -anlagen
- Verfügbare Einsatzmittel
- Besondere Gefahrenquellen
- Mögliche störfallbegrenzende Vorkehrungen

Bei der Bearbeitung der Gefahrenanalyse wurden alle genannten Positionen weitgehend berücksichtigt. Dabei sind insbesondere die Erfahrungen aus den Berichten (s. Tabelle 2.1) der tatsächlichen Schadensfälle ausgewertet. Die baulichen, betrieblichen und organisatorischen Einrichtungen und Betriebsabläufe der Schadensstelle sind insoweit hinreichend gewürdigt, wie es in Rahmenempfehlungen realisiert werden kann.

Ziel dieser Analyse ist die ganzheitliche Untersuchung der Gefahren, auf die sich Mitglieder der ATF bei der Gefahrenabwehr einstellen müssen, um das verbleibende Risiko auf ein hinnehmbares Maß zu begrenzen [159]. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Mitglieder der ATF im unmittelbaren Gefahrenbereich keine Aufgaben zur Bekämpfung realisieren, sondern ausschließlich zur Lageerkundung, zur Probenahme, zur Schadstoffdetektion bzw. zur Überwachung in den Gefahrenbereich eindringen.

Für die ganzheitliche Gefahrenanalyse [160,161] sind insbesondere folgende Risiken zu berücksichtigen:

Anlagen und Einrichtungen

- Elektrizität
- Einsturz
- Druckgasbehälter
- Räumliche und bauliche Gegebenheiten
- Anlagen und Einrichtungen
- Energieversorgung

Brandrauch und Pyrolyseprodukte

- Brandrauch
- Pyrolyseprodukte

Besondere Erscheinungsformen

- Giftgaswolken
- Kontaminiertes Löschwasser
- Kontaminierte Flächen

Freigesetzte Stoffe und deren Reaktionsprodukte

- Explosive Stoffe
- Brennbare gasförmige Stoffe
- Brennbare flüssige Stoffe
- Brennbare feste Stoffe
- Brandfördernde Stoffe
- Organische Peroxide
- Giftige Stoffe
- Sehr giftige Stoffe
- Kampfstoffe
- Radioaktive Stoffe
- Ätzende Stoffe
- Heftig reagierende Stoffe
- Thermisch instabile Stoffe

Durch die genannten Risiken werden Maßnahmen verursacht, die eine Gefährdung der Mitglieder der ATF begrenzen oder weitgehend ausschließen.

4.5.1 Besondere Risiken und Gefahren

4.5.2 Anlagen und Einrichtungen

Infolge von Störfällen ist zu erwarten, dass die betrieblichen Anlagen und Einrichtungen und die durch die Schadensauswirkungen betroffenen Bereiche ganz oder teilweise zerstört und in der üblichen

Funktionsweise erheblich beeinträchtigt sind. Das bedeutet, dass die Einrichtungen zur Energieversorgung und -verteilung bzw. zur Entsorgung (Gas, Elektrizität, Wasser und Abwasser) nicht mehr funktionsfähig sind. Elektrische Anlagen (insbesondere Leitungen und Kabel) stehen ungeschützt und Spannung und gefährden alle Personen, die damit in Berührung kommen. Die Gasversorgung ist möglicherweise undicht, so dass Gas weiter ausströmt oder ausgeströmtes Gas sich in bestimmten Bereichen gesammelt hat. Hier entstehen erhebliche Explosionsgefahren oder Gefahren für die Atmung. Mit der Beeinträchtigung der Entsorgung werden möglicherweise Schadstoffe nicht mehr ordnungsgemäß herausgefiltert oder nicht zeitgerecht abgeführt. Gebäudeteile, Einrichtungen und Anlagen sind möglicherweise aufgrund der Störfallwirkungen ganz oder teilweise zerstört. Trümmer behindern das Eindringen in den Schadensort. Fehlende Sicherungen (Brüstungen, Geländer und dgl.) gefährden die Einsatzkräfte. Abrutschende bzw. einstürzende Bauteile stellen ein besonderes Risiko dar.

4.5.3 Brandrauch und Pyrolyseprodukte

Grundsätzlich werden bei allen Bränden unterschiedliche Schadstoffe freigesetzt. Bei der Verbrennung bestimmter Gefahrgüter (z. B. sehr giftige und giftige Stoffe) werden zusätzliche gefährliche Stoffe [162] freigesetzt. Grundsätzlich verfügen diese über ein vergleichbares toxisches Gefahrenpotential [163,164,165,166,167,168], wie die sonst üblichen Brandgase (z. B. Kohlenmonoxid).

Bei einem Brand (Pyrolyse, Verschwelung oder Verbrennung) variiert die Zusammensetzung des Rauches [169] aufgrund

- der beteiligten Ausgangsstoffe,
- der jeweiligen Verbrennungstemperatur,
- des zeitlichen Brand- und Temperaturverlaufes sowie
- der Sauerstoffzufuhr (Ventilation).

Schon in der Entstehungsphase werden Rauchgase freigesetzt. In dieser ersten Phase liegen die Verbrennungstemperaturen im Bereich von 250 °C bis 450 °C. Bei einer offenen Verbrennung mit ausreichender Sauerstoffzufuhr steigen die Temperaturen schnell auf den Bereich von 600 °C bis 800 °C. In geschlossenen Räumen nimmt aufgrund der Rauchgasfreisetzung und der laufenden Verbrennung der Sauerstoffgehalt ab. Bei unzureichender Sauerstoffzufuhr bildet sich in der Regel ein Schmelbrand mit Temperaturen von 450 °C bis 900 °C aus. Der Anteil des Kohlenmonoxides im Brandrauch steigt bei unzureichender Sauerstoffzufuhr überproportional an.

In der Reaktionszone des Brandes treten Temperaturen von ca. 350 °C bis 900 °C auf. Die genannten Inhaltsstoffe des Rauches werden unmittelbar in dieser Reaktionszone gebildet. Der Ruß, die Aerosole und die gasförmigen Bestandteile des Rauches breiten sich infolge der Thermik aus. Dabei kondensieren der Wasserdampf und andere gasförmige Inhaltsstoffe in Abhängigkeit zum Temperaturverlauf entlang der Ausbreitungsachse aus. Der intensive Kontakt der gasförmigen Anteile mit den festen Rußteilchen führt zur Adsorption von Schadstoffen am Ruß. Der Rauch breitet sich im Gebäude aus und schlägt sich am gesamten Inventar sowie an allen Wänden und Decken nieder. In Abhängigkeit zu den beteiligten Stoffen am Verbrennungsprozess und den Verbrennungstemperaturen sind am Ruß verschiedene Schadstoffe angelagert.

Insbesondere in geschlossenen Räumen sind bei Bränden hohe kritische Konzentrationen von giftigen und explosiven Gasen vorhanden. Neben dem deutlich sichtbaren Anteil von Ruß und Wasserdampf in den Brandgasen treten grundsätzlich folgende Schadstoffe mit sehr hohen toxischen Konzentrationen auf:

Gruppe I (akute toxische Wirkung)

- Kohlenmonoxid
- Kohlendioxid

- Chlorwasserstoff (Salzsäure)
- Bromwasserstoff (Bromsäure)
- Cyanwasserstoff (Blausäure)
- Stickoxide
- Schwefeldiooxide
- Ammoniak
- Acrolein

Die toxischen Wirkungen dieser Bestandteile in den Rauchgasen sind sehr unterschiedlich. Die genannten Schadstoffe treten grundsätzlich in unterschiedlichen Konzentrationen bei fast jedem Brand auf.

Infolge der Pyrolyse, Verschmelzung und Verbrennung werden weitere Stoffe gebildet. Dabei sind insbesondere folgende Schadstoffe der Gruppe II zuzuordnen:

Gruppe II

- aromatische Kohlenwasserstoffe
 - Benzol
 - Xylol
 - Toluol
 - Styrol
 - Alkylbenzole
 - Alkenylbenzole
 - Alkinylbenzole
- aliphatische Kohlenwasserstoffe
- alicyclische Kohlenwasserstoffe
- Carbonylverbindungen
- Phenole
- stickstoffhaltige Verbindungen

Üblicherweise sind die Konzentrationen der Gruppe II unterhalb der akut wirkenden Toxizität. Gleichwohl addiert sich das schädigende Wirkpotential zu den genannten akut wirkenden Stoffen der Gruppe I. Eine Reihe von Stoffen der Gruppe II (z. B. Benzol) sind als krebserregend eingestuft. Die Schadstoffe dieser Gruppe II verursachen bei regelmäßiger Exposition teilweise chronische Krankheiten.

Untersuchungen der Technischen Universität Hamburg-Harburg [29] haben gezeigt, dass ca. 250 verschiedene organische Stoffe (mit den Molmassen von 50 amu bis ca. 350 amu) in den Rauchgasen häufig nachgewiesen werden.

Die nachfolgend genannten Stoffe werden überdurchschnittlich häufig in den Rauchgasen detektiert:

- Toluol
- Naphthalin
- Styrol
- Benzol
- Xylol
- Aceton
- Biphenyl
- Furfural

Bei Bränden mit Materialien, in denen halogenierte Verbindungen (insbesondere Chlor- und Bromverbindungen) enthalten sind, entstehen zusätzlich folgende Schadstoffe der Gruppe III:

Gruppe III

- Polyzyklische aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK)
- halogenierte Dibenzodioxine
- halogenierte Dibenzofurane

Diese Stoffe haben teilweise ein sehr hohes toxisches Wirkpotenzial, so dass trotz sehr niedriger Konzentrationen umfangreiche Schutz- und Sicherungsmaßnahmen einzuleiten sind. Die Stoffe sind teilweise als kanzerogen (krebserregend), mutagen (erbgutschädigend) oder teratogen (fruchtschädigend) eingestuft. Weiterhin können sie insbesondere bei regelmäßiger Exposition zu chronischen Krankheiten führen. In der öffentlichen Diskussion werden häufig die sogenannten „Dioxine“ angesprochen. Dabei wird insbesondere auf das hohe toxische Wirkpotential von 2,3,7,8-Tetrachlordibenzo(p)dioxin (sogenanntes SEVESO-Gift) Bezug genommen.

Das toxische Wirkpotenzial einer Rauchgaswolke wird eindeutig durch die Vielzahl der verschiedenen Inhaltsstoffe bestimmt. Die Konzentrationen insbesondere der verschiedenen polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) bewirken bei vielen Bränden im Ergebnis ein deutlich höheres toxisches Wirkpotenzial, als dies von der Gruppe der sogenannten „Dioxine“ erreicht wird [165, 167]. Bei Bränden in Wohnungen, Büroräumen oder vergleichbaren Einrichtungen entstehen in der Regel keine bedenklichen Konzentrationen dieser Gruppe III. Der Anteil von Kunststoffen (z. B. PVC) in den üblichen Einrichtungen ist relativ hoch; diese führt beim Brand auch unter ungünstigen Bedingungen in der Regel noch nicht zu kritischen Werten [170].

Eine detaillierte Information, um welche Stoffe, Stoffgemische oder Zubereitungen es sich bei dem jeweils eingetretenen Schadensfall handelt, kann nur im konkreten Einzelfall ermittelt werden.

Bei Bränden in Lagern oder Produktionsstätten für Chemikalien oder Pflanzenschutzmitteln sind neben den genannten üblicherweise auftretenden Brandgasen in kritischen Konzentrationen der Gruppe I, folgende zusätzlichen Stoffe oder Stoffgruppen mit hohem toxischen Wirkpotential nicht auszuschließen:

- Phosphoroxide
- Phosgen
- Phosphorwasserstoff
- Phosphorsäuren
- Isocyanate
- Schwefelwasserstoff
- Schwermetalloxide
- Quecksilberverbindungen

Ob und inwieweit diese genannten Stoffgruppen tatsächlich kritische Konzentrationen erreichen, wird im konkreten Fall geprüft.

4.5.4 *Besondere Erscheinungsformen*

Mit dem Eintritt eines Störfalles, der zum Einsatz der ATF führt, kann die Ausbildung einer Giftgaswolke, die Kontamination des Löschwassers und der Gelände sowie Gebäudeoberflächen einhergehen. Bereits während der Anfahrt in das eigentliche Operationsgebiet kann der Kontakt mit einer Schadstoffwolke oder mit kontaminierten Flächen nicht ausgeschlossen werden.

4.5.5 *Freigesetzte Stoffe und deren Reaktionsprodukte*

Im Brandfall, bei transportbedingten Beschädigungen von Behältern, bei Terroranschlägen oder bei unerwarteten Reaktionen, die zur Zerstörung der Behälter führen, werden Gefahrgüter oder sonstige

gefährliche Stoffe freigesetzt oder gebildet. Entsprechend dem jeweiligen Aggregatzustand und dem Reaktionsverhalten mit Luftsauerstoff oder in Verbindung mit anderen Materialien außerhalb der Verpackung treten teilweise heftige Reaktionen ein [171]. Dabei breiten sich die gesundheitsschädlichen Produkte aus. Bei handelsüblichen Produkten, die infolge des Störfalles freigesetzt wurden, ist eine Gefahrenbeurteilung aufgrund der vorliegenden Produktinformationen in der Regel problemlos möglich. Die Beurteilung der detektierten und identifizierten Reaktionsprodukte erfordert umfangreiche Recherchen in verschiedenen Datenbanken, um eine verwertbare Aussage treffen zu können [20]. Bei Störfällen, die im unmittelbaren Zusammenhang mit belasteten Flächen oder Kampfmitteln aus den beiden Weltkriegen stehen, sind häufig ungekennzeichnete Stoffe mit entsprechenden Alterungs- und Reaktionsprodukten anzutreffen. Nur mit detaillierte Analysen ist eine abschließende Beurteilung der konkreten Gefahren möglich.

Bei Bränden sind insbesondere in der Phase der Nachlöscharbeiten die Schadstoffkonzentrationen der genannten Stoffe aus den Gruppen II und III überdurchschnittlich hoch.

Die jeweiligen Volumina der einzelnen Transportgebilde begrenzen die maximal mögliche Schadstofffreisetzung. Lediglich im Brandfall, bei Schadensereignissen in Produktionsbetrieben mit großen Lager- und Fertigungsanlagen oder bei Terroranschlägen, kann das gesamte Potenzial an gefährlichen Gütern letztendlich freigesetzt werden.

Sofern radioaktive Stoffe im Störfall beteiligt sind (z.B. Messsysteme in der Prozesssteuerung, medizinische Diagnosemittel), können sich Reaktions- oder Zersetzungsprodukte sowie radioaktiver Dampf, Aerosol oder Staubteilchen ausbreiten. Dabei besteht eine hohe Inkorporations- und Kontaminationsgefahr.

4.6 Einsatzszenarien

Die Planung der Gefahrenabwehrmaßnahmen orientiert sich an theoretischen Einsatzszenarien, die mit hoher Wahrscheinlichkeit die verschiedenen Hauptvarianten der Gefahrenzustände abbilden. Auf der Basis der folgenden Einsatzszenarien wurden die einsatztaktischen Rahmenempfehlungen definiert.

- Chemieunfall in einem Industriebetrieb
- Brand in einem Recyclingbetrieb
- Transportunfall auf einem Frachtschiff
- Terroranschlag/Kampfstofffreisetzung
- Transportunfall/Behälterzerknall

4.7 Beurteilung der Gefahren

Mit der Gefahrenanalyse wird dem jeweiligen potentiellen Risiko ein Äquivalent aus den verfügbaren Maßnahmen zugeordnet. Ist dies direkt nicht möglich, muss die Summe aller Maßnahmen das spezielle Einzelrisiko mit abdecken. Bei allen Bränden, Not- und Unglücksfällen bestehen für die betroffenen Personen, die Einsatzkräfte und die Bevölkerung Gefahren. Unter der Voraussetzung, dass die Mitarbeiter/Mitarbeiterinnen der ATF grundsätzlich keinen höheren Risiken ausgesetzt sind, als die mit der Gefahrenabwehr betrauten Einsatzkräfte, ist die Schutzausstattung der Einsatzkräfte auch für die ATF weitgehend ausreichend.

Die Mitarbeiter/Mitarbeiterinnen der ATF werden folgenden besonderen Gefahrenmomenten bei der Aufgabenwahrnehmung ausgesetzt sein:

Explosionsgefahr

- Sturzgefahren
- Stoss, Schlag, Aufschlag, Druckwellen
- Strahlungswärme
- Stichflammen

Atemgifte

- Narkotisierende Wirkung
- Erstickende Wirkung
- Ätzende Wirkung
- Wirkung auf Nerven und Zellen

Hautgifte

- Ätzende Wirkung
- Hautresorption

Mechanische Gefahren

- Sturzgefahren
- Absturzgefahr
- Stoss, Stich, Schlag, Aufschlag, Druckwelle

Elektrischen Gefahren

- Verbrennungen
- Stromschlag (Herzkammerflimmern, Muskelkrampf)

Gefahr der Inkorporation

- Wirkung über die Atemwege und Lunge
- Wirkung über den Magen- und Darmtrakt
- Wirkung über die Schleimhäute

Die schädigenden Wirkungen sind auch bei der Kontamination der Schutzkleidung außerhalb des eigentlichen Gefahrenbereiches nicht auszuschließen.

Die persönliche Schutzausstattung entsprechend den gültigen Regelwerken muss grundsätzlich für alle Mitglieder der ATF gleichermaßen zur Verfügung stehen.

4.8 Grundanforderungen für den Einsatz

Alle Mitglieder der ATF müssen eine umfangreiche Ausbildung bezüglich der Gefahren an entsprechenden Einsatzstellen sowie dem Umgang mit der persönlichen Schutzausrüstung (Wirkungsweise und -grenzen) erfolgreich absolvieren. Weiterhin müssen sie über umfangreiche Kenntnisse über Transportmittel, Anlagen und Prozessstrukturen sowie den ggf. notwendigen Dekontaminationsmaßnahmen verfügen. Als Grundlage können entsprechende Teile der Ausbildung aus dem entsprechenden Curriculum für den gehobenen feuerwehrtechnischen Dienst übernommen werden.

4.9 Persönlicher Schutz der Einsatzkräfte

Um bei einem Großbrand oder sonstiger Gefahrenlage den verschiedenen genannten Risiken und Gefahren [172) wirksam zu begegnen, müssen die Mitarbeiter/Mitarbeiterinnen der ATF mit folgender persönlicher Schutzausstattung ausgerüstet sein:

1. Feuerwehrschanzanzug
 - Überjacke mit Flammschutzhaube
 - Überhose
2. Feuerwehrsicherheitsstiefel
3. Schutzhandschuhe

4. Feuerwehrhelm
5. Atemschutzmaske
6. Kombinationsatemfilter (Typ A1B2E2K1HgCO NO-P3)

Die gültigen Regelwerke [173, 174, 175, 176] decken die Ergebnisse der Risikoanalyse für die Mitarbeiter /Mitarbeiterinnen der ATF sach- und fachgerecht ab. Die im folgenden beschriebene Ausstattung gewährleistet einen sicheren Grundschutz.

Die Schutzkleidung (Feuerwehrrüberjacke + Feuerwehrrüberhose) muss den Anforderungen der Norm DIN EN 469 (Stand: 01.96) oder den Teilen I + IV (Feuerwehrrüberjacke + Feuerwehrrüberhose Typ B) der Herstellungs- und Prüfbeschreibung für eine universelle Feuerwehrschutzkleidung (HuPF Stand: 08.99) entsprechen.

Die Feuerwehrsicherheitsstiefel müssen der Norm DIN EN 345 mit der Kategorie S 5 in der Grundanforderung II entsprechen und leicht dekontaminierbar sein.

Der Feuerwehrhelm muss den Anforderungen der DIN EN 443 (Stand: 12.97) entsprechen.

Die Feuerwehrschutzhandschuhe (z. B. Leder mit Innenfutter aus KEFLAR®) müssen mindestens der DIN EN 659 (Stand: 02.96) entsprechen.

Für den Umgang mit gefährlichen Gütern müssen zusätzlich Kopfschutzhauben, Schutzjacken, Schürzen, Latzhosen und Fingerhandschuhe (z. B. ISOPANT®) vorgehalten werden. Damit wird ausgeschlossen, dass Flüssigkeiten oder Feststoffen unmittelbar an die Hautoberflächen gelangen. Um eine Reaktion mit der Schutzkleidung auszuschließen, müssen die Einsatzkräfte, die das Produkt bei der Probenahme aufnehmen, Gummihandschuhe und Gummischürze tragen.

Weiterhin sind für die Mitglieder der ATF Chemikalienschutzanzüge (CMF-A) entsprechend der vfdB-Richtlinie 08/01 für den eingeschränkten Einsatz (Absperren und Überwachen von Gefahrenbereichen, Aufspüren und Messen von Gefahrstoffen) vorzuhalten [177,178]. Die dafür erforderliche Unterbekleidung sowie Ersatzkleidung ist ebenfalls vorzuhalten. Mit diesen Chemikalienschutzanzügen wird gewährleistet, dass während der Aufgabenwahrnehmung (z. B. Probenahme) in kontaminierten Bereichen oder bei hohen Schadstoffkonzentrationen ein unmittelbarer Hautkontakt, die Inhalation oder die Inkorporation ausgeschlossen ist.

Für den Einsatz der ATF bei Schadstofffreisetzungen müssen alle Mitglieder (einschließlich der Fachberater, die für den vor Ort-Einsatz vorgesehen sind) den Anforderungen an die Tauglichkeit für Atemschutzgeräteträger (Gerätegruppe 3) entsprechen [179]. Alle Mitglieder der ATF müssen mit einer Atemschutzmaske und Kombinationsatemfilter als sogenanntes Fluchtgerät ausgestattet sein. Als Kombinationsatemfilter ist ein Filter vom Typ A1B2E2K1HgCO NO-P3 (z. B. DRÄGER 620 St) erforderlich. Als Einsatzvorrat sind mindestens 50 Filter vorzuhalten.

4.10 Grundausrüstung der ATF

Folgende Einsatzmittel müssen einer ATF zur Verfügung stehen:

- 1 Stück Massenspektrometer-System (GC-MS-System), z. B. BRUKER EM 640 mit Probenahmezubehör
- 1 Stück Fourier-Transform-Infrarot-System (FTIR-System), z. B. Bruker
- 3 Stück Explosionsgrenzenmessgeräte, z. B. AUER EX-METER II (NONAN)
- 3 Stück Sauerstoffüberwachungsgeräte, z. B. AUER OX-PEM
- 3 Stück Photoionisationsdetektoren (PID), z. B. DRÄGER MULTI-PID
- 3 Stück Ionenmobilitätsspektrometer, (z. B. RESCUE-RAID® BRUKER-SAXONIA ANALYTIK GmbH)
- 3 Stück Gasspürpumpen mit Prüfröhrchensatz, z. B. DRÄGER QUANTIMETER 1000
- 3 Stück CHIP-Mess-System (CMS®)*, z. B. DRÄGER CMS-ANALYZER SET

- 9 Stück Chemikalienschutzanzüge (CMF-A)
- 9 Sätze Unterkleidung
- 9 Sätze Ersatzkleidung
- 6 Sätze Sprechgarnitur für CSA-Einsatz
- 1 Satz Kommunikationstechnik
- 1 Satz Informationstechnik

* noch nicht für alle erforderlichen Stoffe verfügbar

Ob die genannte Ausstattung auf einem speziellen Fahrzeug oder als Ergänzung auf die vorhandenen Fahrzeuge verlastet wird, muss im Rahmen der technischen Konzeption geprüft werden. Eine detaillierte Aufstellung der gesamten Ausstattung, der Transportgewichte und -volumina ist in der in Tabelle 9.5 im Anhang gegeben.

4.11 Einsatz der ATF

Der Ablauf des ATF-Einsatzes lässt sich in die in Abbildung 4.3 dargestellten Phasen untergliedern und dient der Optimierung des Lagebildes, wobei die einzelnen Lagebilder der verschiedenen Einsatzzentren der örtlichen Einsatzleitung, des CCC und des OSOCC zueinander in Wechselwirkung stehen und sich gegenseitig beeinflussen, korrigieren und optimieren (vgl. Abbildung 4.4).

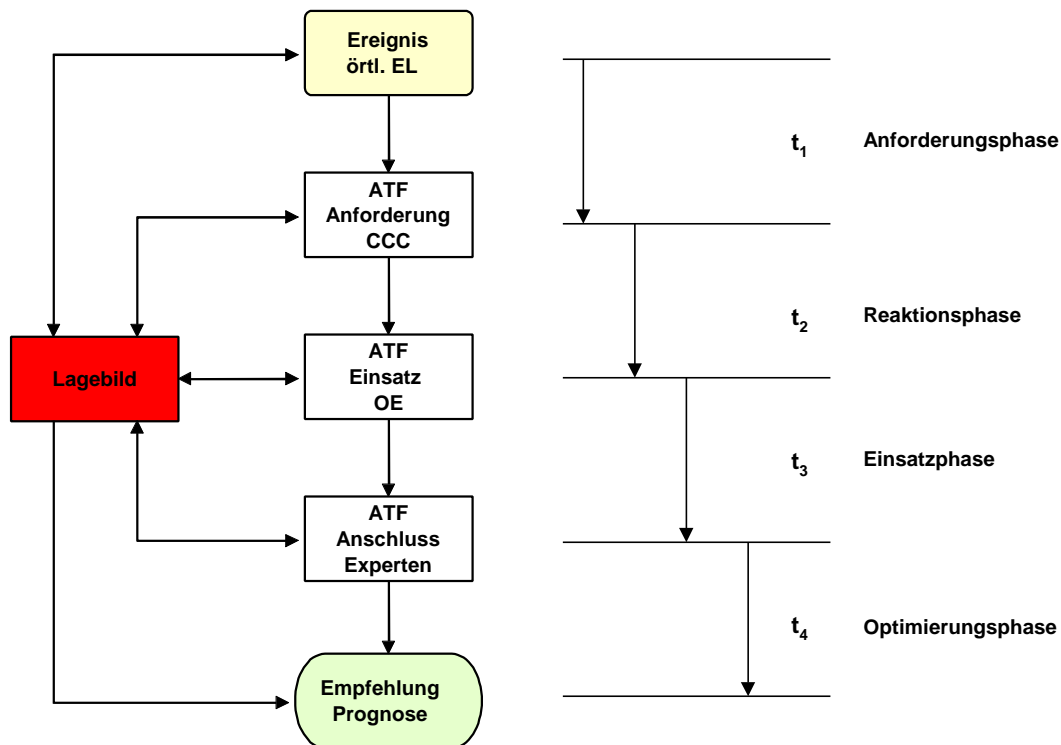


Abbildung 4.3: Phasen des ATF-Einsatzes

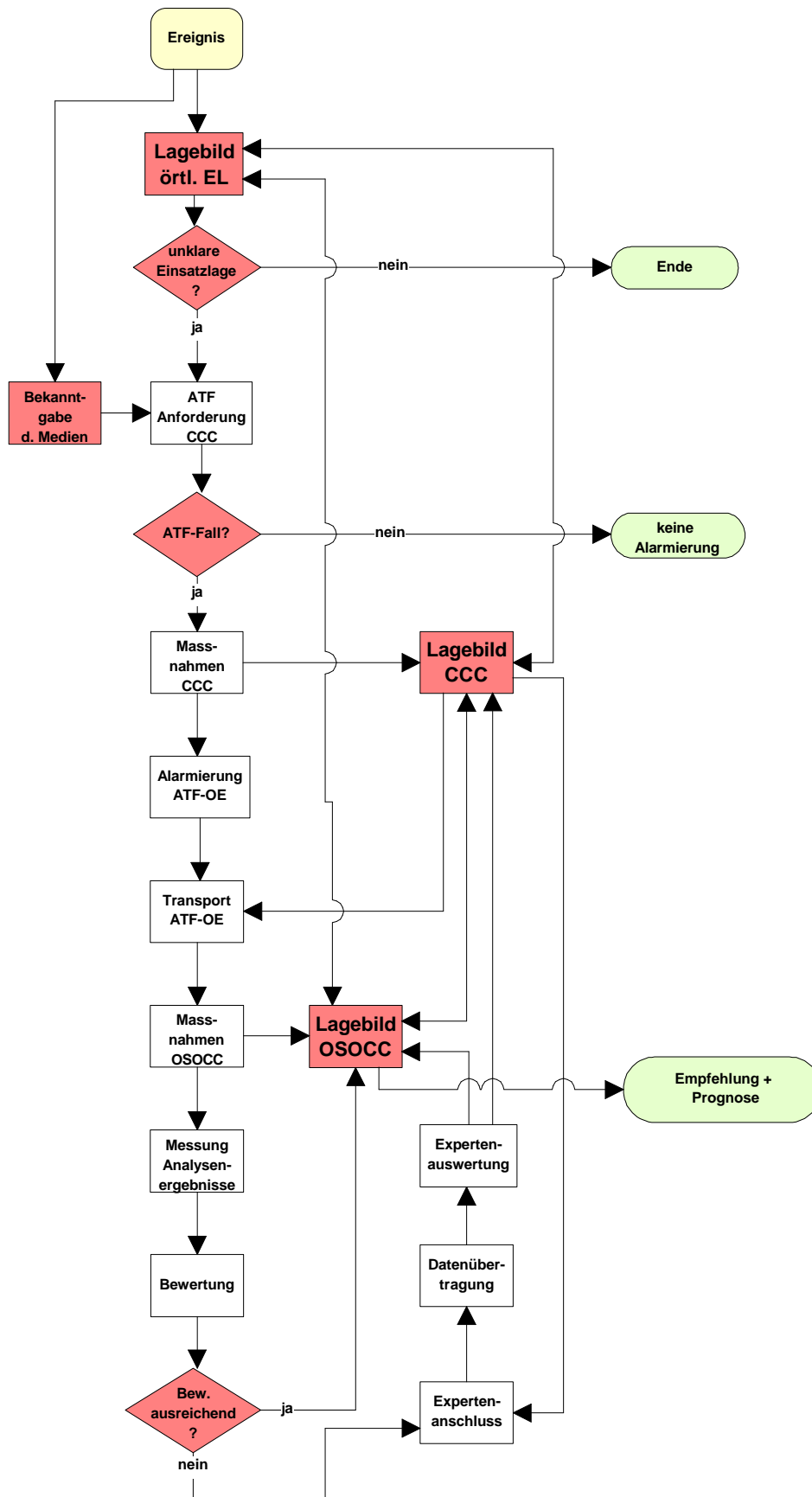


Abbildung 4.4: Informationsfluss und Wechselwirkung zwischen den Einsatzzentren

4.11.1 Anforderung und Alarmierung

Für einen möglichst effektiven Einsatz der ATF muss der Zeitraum vom Beginn des Ereignisses über die Anforderung der ATF (Anforderungszeit t_1) bis zum Eintreffen der ATF (Reaktionszeit t_2) kurz gehalten werden. Das auslösende Moment für die Anforderung und Alarmierung der ATF ist die unklare Einsatzlage, die z.B. durch folgende Punkte hervorgerufen wird:

- Schadstoff ist unbekannt, Identifizierung wird benötigt
- die Schadstoffausbreitung kann nicht beurteilt werden
- Informationen über den Stoff stimmen nicht mit der Situation vor-Ort überein
- Krankheitssymptome stimmen nicht mit Stoffinformationen überein
- unklare Lageentwicklung z. B. aufgrund von Änderungen der äußeren Bedingungen (Wetter, Temperatur)
- unklare Lageentwicklung z. B. aufgrund möglicher Reaktionen der beteiligten Stoffe
- Überwachung der Dekontamination ist erforderlich
- besondere Verdachtsmomente: z. B. am Brand beteiligte Chemikalien (PCB usw.)
- es handelt sich um einen bestimmten Stoff, der auf einer ausgewiesenen Liste (z. B. im Rahmen des Chemiewaffenabkommens) ist.

Der Zeitraum bis zur Alarmierung der ATF kann im Zuständigkeitsbereich freiwilliger Feuerwehren länger dauern als in den Planspielen (s. Kap. 6) dargestellt. Es hat sich bei der Durchführung der Planspiele allgemein gezeigt, dass die Alarmierung der ATF in der Regel zu spät erfolgt. Als grundlegende auslösende Elemente für die Anforderung der ATF können folgende Fälle definiert werden:

- Großvolumige Schadstofffreisetzung
- Massenansturm von Verletzten (MANV) infolge von Chemikalien
- Gefährdung für die Umwelt
- Detektion von Stoffen ist vor-Ort nicht möglich

Die ATF sollte grundsätzlich bei Großschadensfällen/Katastrophen bzw. bei Einsätzen mit akut toxischen Substanzen (Kampfstoffanschlag) oder bei einem Massenansturm von Verletzten infolge von Chemikalieneinwirkungen angefordert werden. Darüber hinaus ist die Anforderung der ATF bei einer Gefährdung der Umwelt durch Chemikalien oder in dem Fall, in dem eine Detektion von Chemikalien durch die Messtechnik der Einsatzkräfte vor-Ort nicht möglich ist, sinnvoll.

Die Effektivität des Einsatzes der ATF kann deutlich gesteigert werden, wenn die örtlichen Einsatzkräfte in der ersten Phase bereits Proben sachgerecht für die Analyse zur Stoffidentifikation nehmen. Dies kann nach dem Vorbild der Feuerwehren Frankfurt und Mannheim, die in Form von überörtlichen Probenahmeprojekten Probenahmematerialien (Sammelröhrchen vom Typ Tenax) dezentral in verschiedenen Bezirken verteilt haben, realisiert werden. Über die Alarmierung der operativen Einheit entscheidet das CCC.

4.12 Maßnahmen des CCC

Zur Erstellung des Lagebildes müssen zunächst alle zur Beurteilung des Schadensfall relevanten Informationen gesammelt werden. Dazu gehören die äußeren Bedingungen wie Wetterdaten (aktuelle Temperaturen, Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Luftfeuchtigkeit, Niederschlagsmenge, Niederschlagswahrscheinlichkeit u. dgl.). Die Entscheidung über die Alarmierung der operativen Einheit erfolgt im wesentlichen nach den in Abbildung 4.5 gegebenen Kriterien.

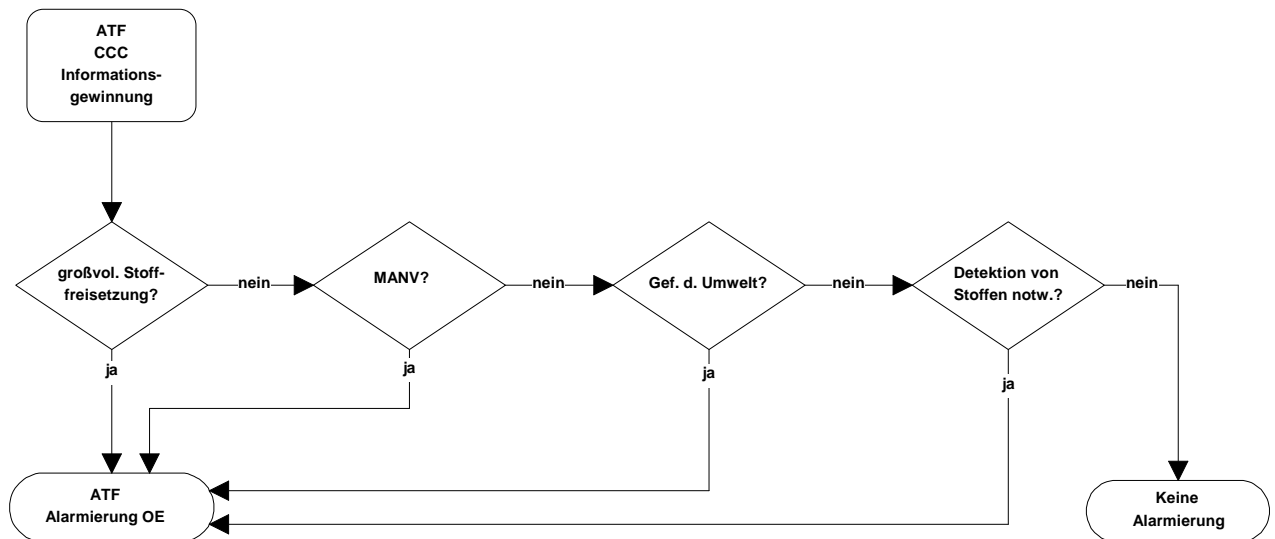


Abbildung 4.5: Grundlegende Kriterien zur Alarmierung der Operativen Einheit durch das CCC

Unter Führung des Leiters der ATF werden vom CCC folgende grundsätzlichen einsatzvorbereitenden Maßnahmen realisiert:

- Erschließung verschiedener Informationsquellen:
 - Auswahl und Benennung von internen und externen Fachberatern aus unterschiedlichen Fachdisziplinen
 - Festlegung der Alarmierungs- und Kommunikationsmöglichkeiten zu speziell ausgewählten Institutionen
 - Festlegung der Alarmierungs- und Kommunikationsmöglichkeiten zu den ausgewählten Fachberatern
- Erschließung verschiedener alternativer Transportwege und -mittel für die Stufen B + C
- Auswertung nationaler und internationaler Schadensereignisse bezüglich des Einsatzes der ATF
- Regelmäßiges Training der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen einschließlich der Fachberater

Mit der konkreten Anforderung der ATF werden unter Führung des/der Leiters/Leiterin folgende einsatzvorbereitenden Maßnahmen realisiert:

- Feststellung der Einsatzstufe B oder C
- Alarmierung der Einsatzkräfte der ATF
- Festlegung der Operationsbasis
- Festlegung der Anfahrstrecke zum Schadensort, dabei wird berücksichtigt, dass die Anfahrstrecke nicht mit einer potentiellen Schadstoffwolke kollidiert (s. Abbildung 4.17)
- Festlegung der Transportmittel
- Auswahl eines geeigneten Raumes für die örtliche Einsatzleitung der ATF (OSOCC)
- Abfrage aller nutzbaren Informationsquellen (Medien, Internet und dgl.) bezüglich des Schadensortes und der Anlagen bzw. Einrichtungen
- Abfrage von nutzbaren Probenahmematerialien am Schadensort (vgl. dezentrales Probenahme-projekt) für die erste orientierende GC-MS-Analyse
- Alarmierung und Information der externen Fachberater:
 - Sicherstellung der uneingeschränkten Erreichbarkeit und Festlegung der Kommunikationsmittel
- Abfrage der aktuellen Wetterlage und Prognose für die nächsten 4, 8, 12 und 24 Stunden
- Sofern möglich, ist bei einer luftgetragenen Schadstofffreisetzung oder einem Großbrand eine orientierende Ausbreitungsberechnung mit einem geeigneten Rechenmodell (MET[®], COMPASS[®], DISMA[®], CAMEO, ALPHA1[®] oder dgl.) und vorläufige Festlegung des Warn- und

Gefahrenbereiches zu realisieren. Dabei wird, sofern keine anderen Informationen vorliegen, zunächst mit Chlor als Bezugsstoff gerechnet (vgl. Abbildung 4.6)

- Prüfung, ob und inwieweit während der Anfahrt der ATF Kontakt zur Schadstoffwolke eintreten kann und mittels des FTIR-Systems eine Fernerkundung der Schadstoffwolke möglich und sinnvoll ist (s. Abbildung 4.17)
- Darstellung des Warnbereiches auf einer digitalen Grundkarte (z. B. MAP POINT®). Zunächst wird der Warnbereich begrenzt durch zwei Schenkel links und rechts der Hauptwindrichtung mit jeweils 45° (vgl. Kap. 5.2)
- Darstellung der Ergebnisse einer vorläufigen Ausbreitungsberechnung auf der digitalen Grundkarte (z. B. MAP POINT®) oder einer vektororientierten digitalen Grundkarte (vgl. Kap. 5.2)
- Darstellung der Sektorenkarte zur Lenkung der Spür- und Messtrupps (vgl. Kap. 4.13.7 u. 5.2)
- Abfrage von nutzbaren Fahrzeugen für die Ergänzungseinheiten (Monitoring, s. Abbildung 4.9)
- Sammlung, regelmäßige Zusammenfassung und Darstellung aller für die Lagebeurteilung notwendigen Fakten und kontinuierliche Übertragung der gewonnenen Lageinformationen in das On-Site Operation- and Coordination-Center (OSOCC) der operativen Einheit der ATF sowie an alle Fachberater

Die Ergebnisse dieser einsatzvorbereitenden Maßnahmen werden der auf der Anfahrt befindlichen operativen Einheit der ATF kontinuierlich übermittelt. Die prinzipielle Informationsfluss ist in Abbildung 4.7 dargestellt. In Abbildung 4.8 ist beispielhaft der Schadensort und der Bereitstellungsraum abgebildet.

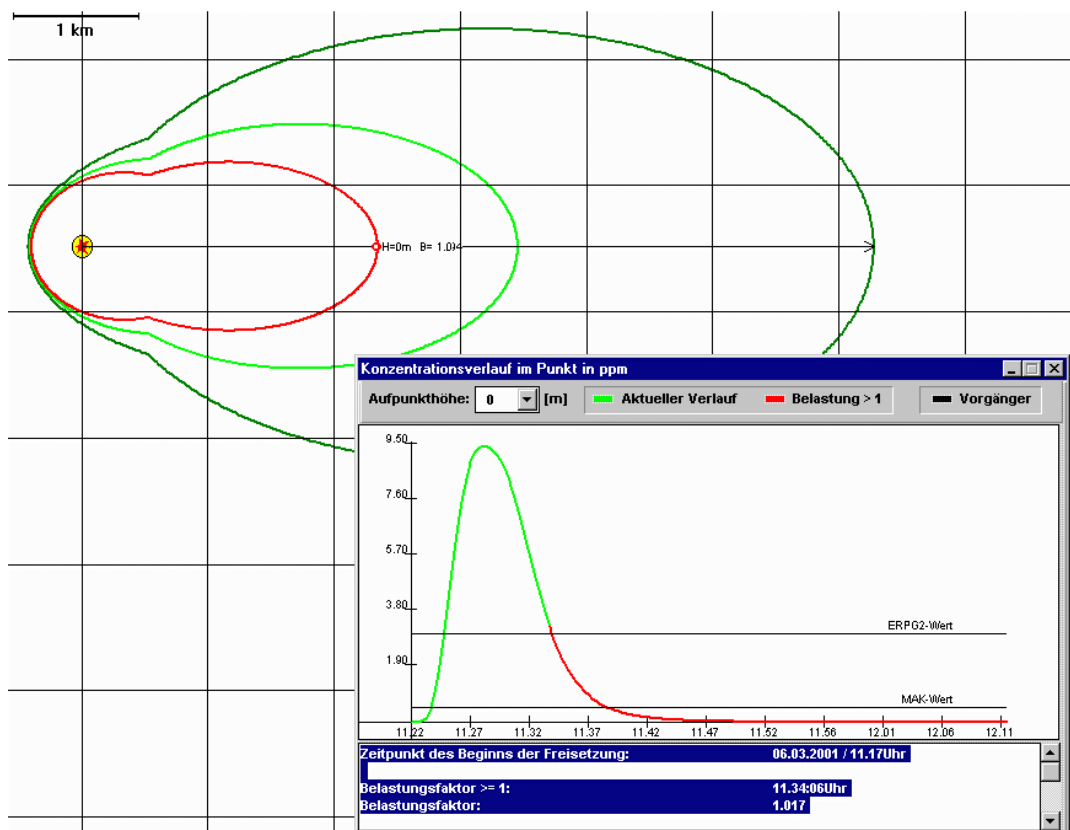


Abbildung 4.6: Ausbreitungsrechnung am Beispiel DISMA® (DEMO-Version), spontane Freisetzung von 30 t Chlor

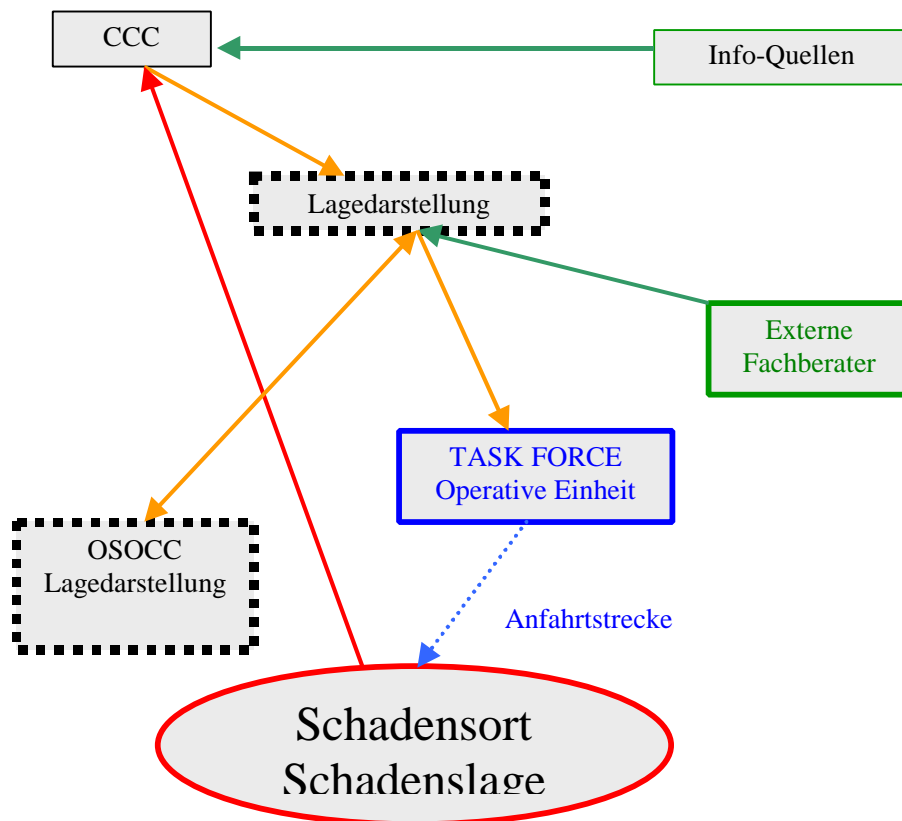


Abbildung 4.7: Prinzipielle Darstellung des Informationsflusses

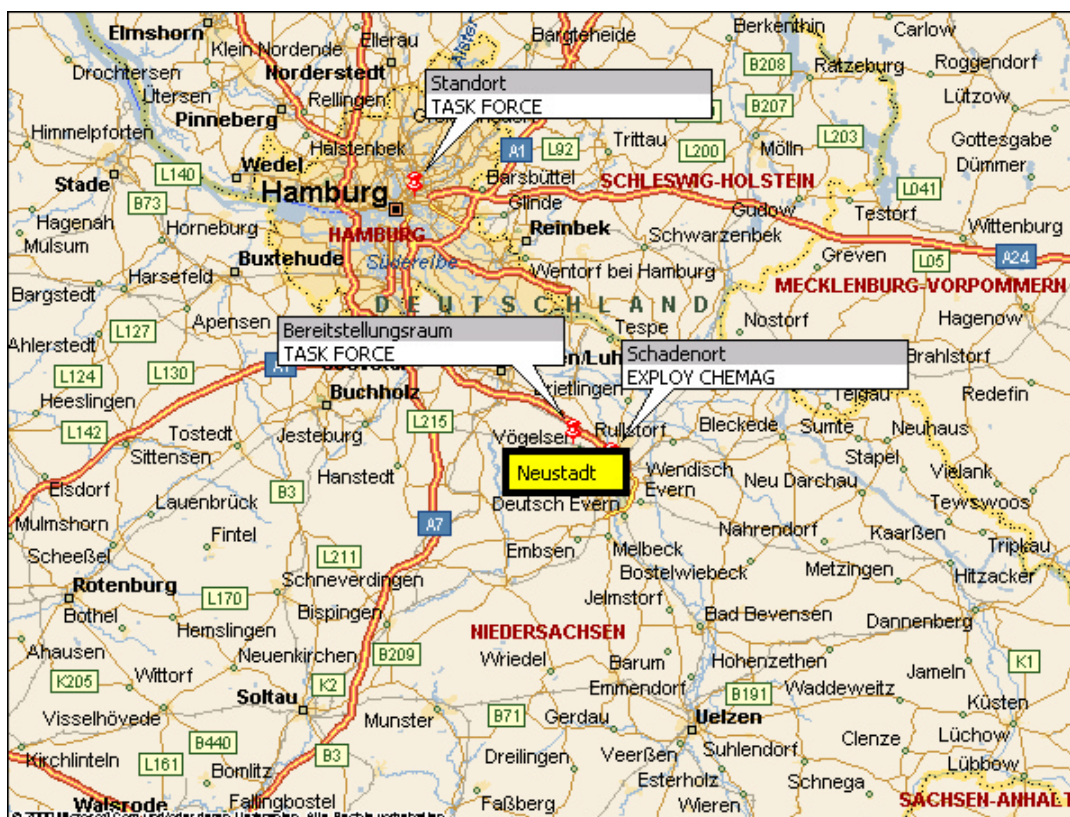


Abbildung 4.8: Beispielhafte Darstellung des Schadensortes

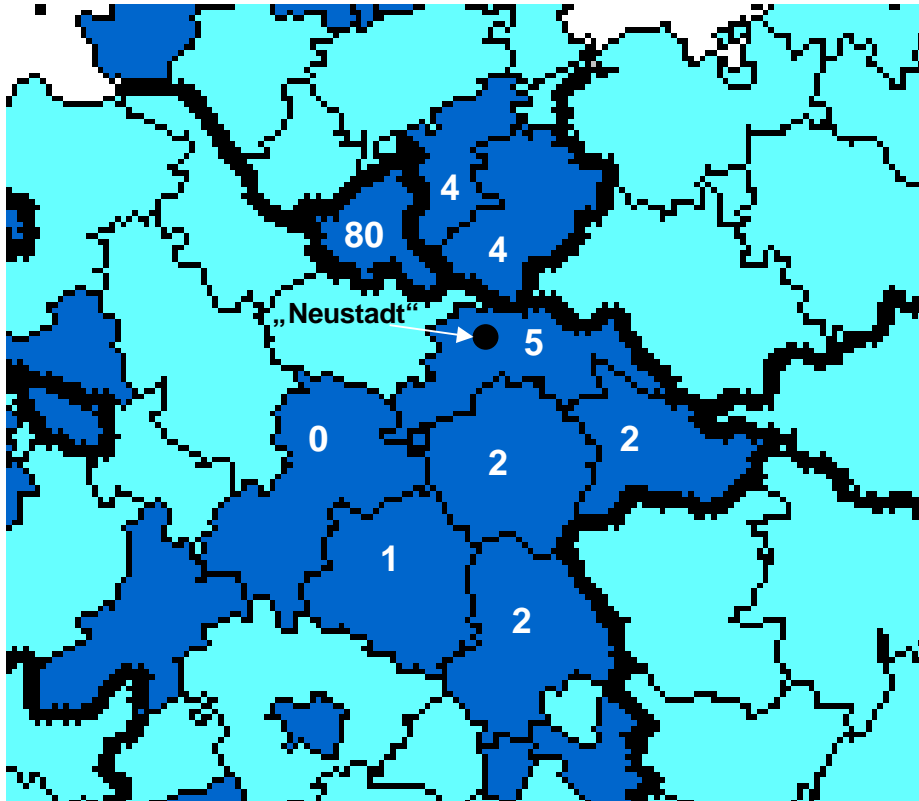


Abbildung 4.9: In der näheren Umgebung des Schadensortes verfügbare Fahrzeuge zum Monitoring (ABC-ErkKw oder ähnliche, Daten aus der Fragebogenaktion Kap. 3.1)

4.12.1.1 Bestimmung der Einsatzstufe und Transportmittel

Je nach Art des Einsatzes und der damit verbundenen Fragestellungen kann die ATF in verschiedenen Stufen angefordert bzw. beratend zu Hilfe gerufen werden. In Zusammenhang mit der Organisationsform sind einsatztaktische Grundlagen festgelegt worden, die die Anforderung und die Auswahl der Transportmittel betreffen (Kapitel 4.3). Grundsätzlich erfolgt der Einsatz der ATF gemäß den in Abbildung 4.10 dargestellten drei Stufen.

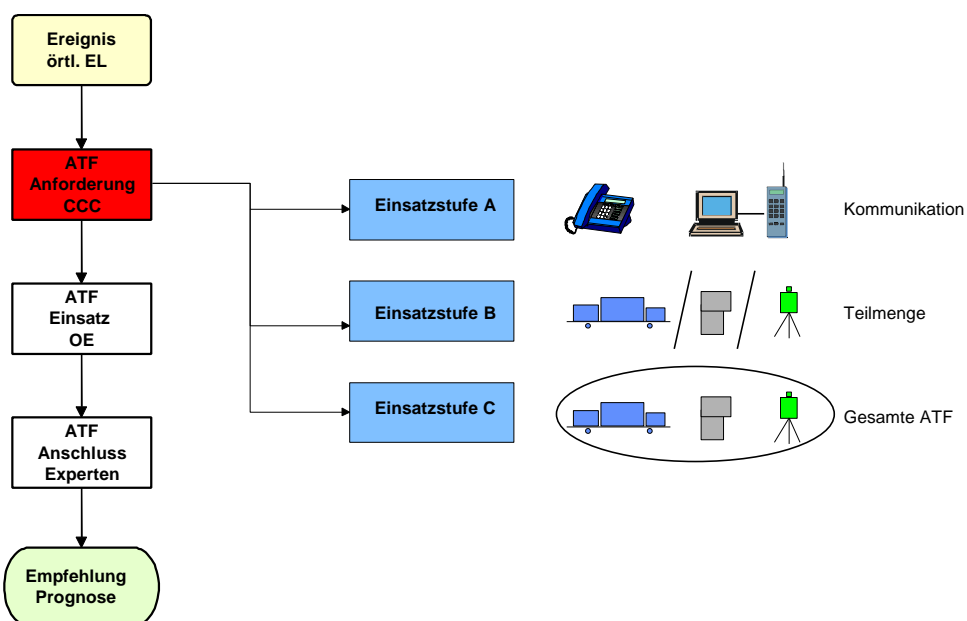


Abbildung 4.10: Bestimmung der Einsatzstufe

Das benötigte Personal, die Ausrüstung und die Transportmittel werden vom CCC festgelegt (Diagramm zur Transportlogistik s. Abbildung 4.15). Je nach Einsatzlage werden unterschiedliche Transportmittel für den Transport der operativen Einheit oder von Fachberatern erforderlich. Lageabhängig können unterschiedliche Teilmengen der ATF entsendet bzw. beratend hinzugezogen werden:

- Stufe A: Beratung auf Kommunikationswegen (CCC)
- Stufe B: Geräte und Personal (lageabhängige Teilmenge der ATF)
 - Fachberater: 2 Mann + persönliche Ausrüstung f. Beratung
 - Identifizierungstrupp: 1 Mann + GC-MS-Tragesystem + Box
 - Monitoring-Trupp: 1 Mann und 4 GDA
 - Fernerkundungstrupp: 1 Mann + FTIR-Box
- Stufe C: Gesamte ATF

Welche Transportmittel eingesetzt werden, ist von der Einsatzstufe A oder B abhängig. Grundsätzlich wird in der Einsatzstufe B der Straßentransport bis zu Entfernungen von 50 km bevorzugt. Entfernungen über 50 km bis ca. 800 km sollten soweit möglich mit dem Hubschrauber erfolgen. In der Einsatzstufe C erfolgt bis ca. 100 km der Straßentransport. Bei Entfernungen über 100 km bis ca. 500 km sollte der Hubschraubertransport genutzt werden. Oberhalb der genannten Entfernungen erfolgt zunächst die Zuführung mit dem Flugzeug. Die erforderlichen Entscheidungsprozesse sind in Abbildung 4.15 dargestellt.

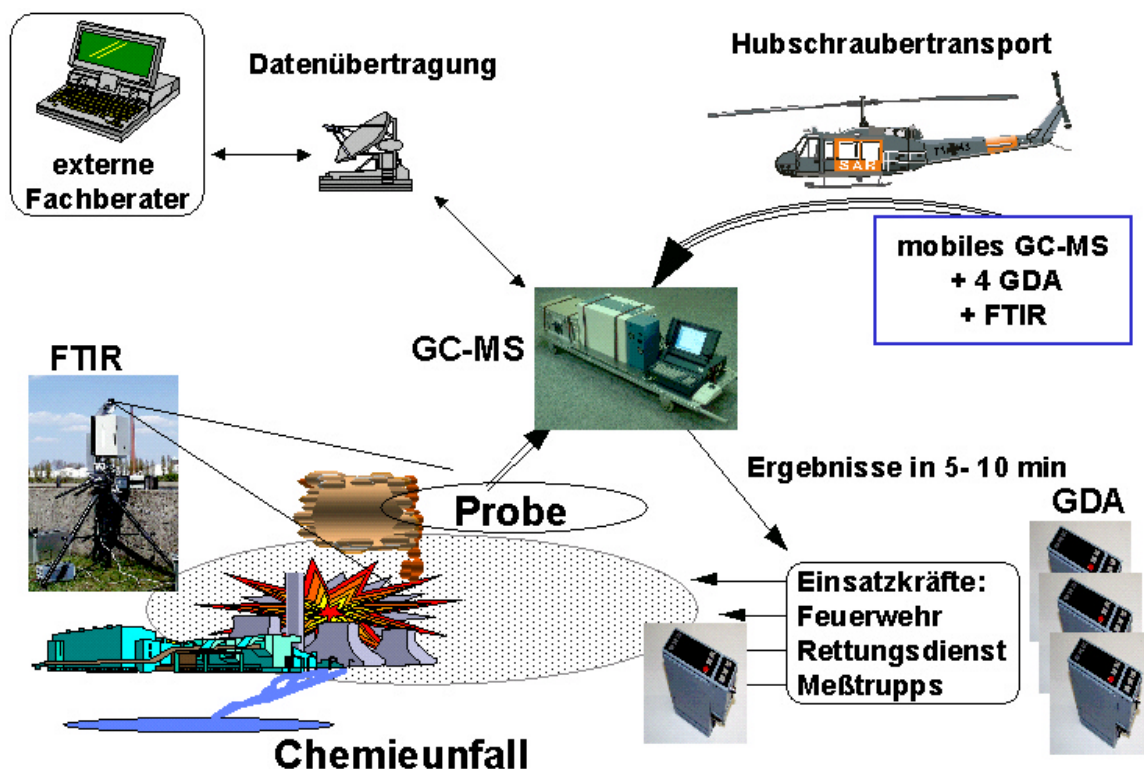


Abbildung 4.11: Einsatz-Szenario der ATF

Der ATF-Einsatz nach Stufe A erfolgt über Kommunikationsmittel. Stufe B stellt eine lageabhängige Teilmenge der kompletten ATF dar, die sich je nach Tageszeit, Entfernung und spezifischen Gegebenheiten der Anfahrtswege mit Einsatzfahrzeugen oder Hubschraubern z.B. vom Typ Bell

UH1D (Abbildung 4.13), dem Eurocopter (Abbildung 4.14) oder BK 117 (Abbildung 3.23) transportieren lässt. Je nach Einsatzlage kann z.B. ein Identifizierungs-, ein Monitoring- oder ein Fernerkundungstrupp entsendet werden. Bei einem ATF-Einsatz unter Beteiligung der Schadstoffunfallbekämpfungsschiffe können die an Bord befindlichen GC-MS-Systeme genutzt werden (Abbildung 3.26). In diesem Fall reduziert sich der Identifizierungstrupp auf den Operator zur Bedienung des GC-MS-Systems und auf die je nach Anforderungsprofil erforderliche Ausrüstung zur Probenahme und Probenaufbereitung. Bei Bedarf kann das FTIR-System oder die Gefahrstoffdetektorenarrays zu den Schiffen transportiert werden.

Überschreitet das Gewicht der zu transportierenden Teilmengen das Transportgewicht des zur Verfügung stehenden Hubschraubers, erfolgt ein Einsatz nach Stufe C. Stufe C stellt die gesamte Ausrüstung der ATF, z.B. in Form eines Messcontainers (Abbildung 3.22) dar, dessen Inhalt inform von Boxen oder als Ganzes durch Transporthubschrauber vom Typ Seaking oder CH53 transportiert wird.

Bei Entfernungen über 1000 km (Auslandseinsätze) erfolgt der Lufttransport mit entsprechenden Transportflugzeugen. In Abbildung 4.15 ist ein Entscheidungsdiagramm zur Transportlogistik nach Einsatzstufe B für einen Landeinsatz gegeben.

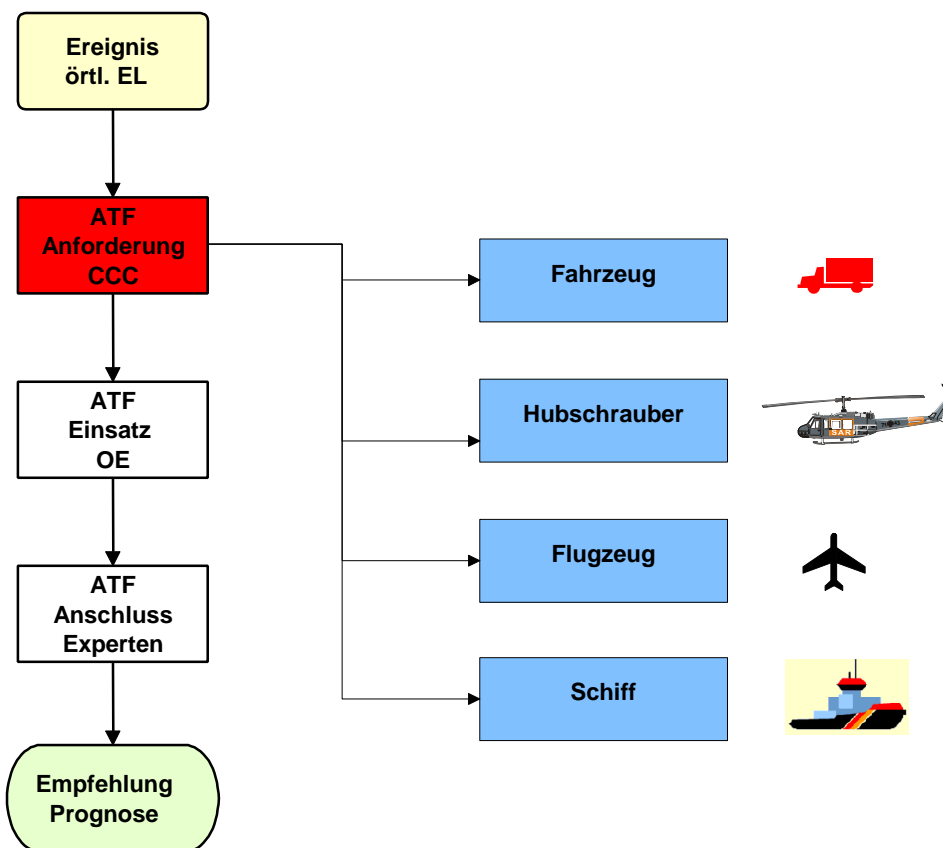


Abbildung 4.12: Wahl der Transportmittel



Abbildung 4.13: Verlastung des GC-MS-Systems mit einem Hubschrauber vom Typ Bell UH1D



Abbildung 4.14: Verlastung des GC-MS-Systems mit einem Hubschrauber vom Typ Eurocopter

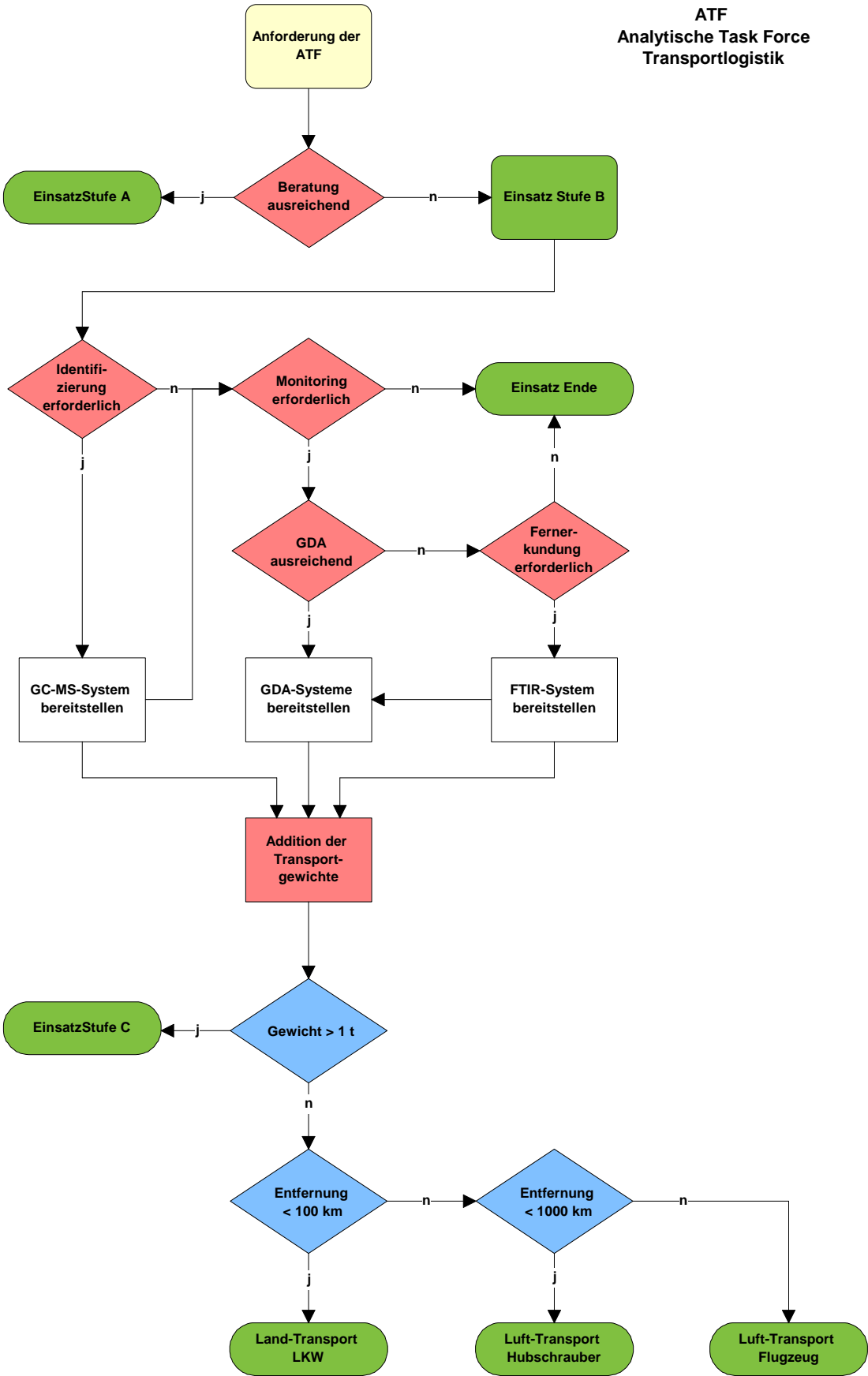


Abbildung 4.15: Transportlogistik für einen ATF-Einsatz nach Stufe B

4.13 Einsatz der operativen Einheit der ATF

Der Einsatz der operativen Einheit am Schadensort umfasst folgende Schwerpunkte:

- Maßnahmen während der Anfahrt an den Schadensort
- Einsatzauftrag
- erste orientierende Messung
- Spür- und Messauftrag
- Kontaminationsnachweis
- Auswertung der Messergebnisse
- Ausbreitungsprognose
- Anschluss von Experten
- Erstellen des Lagebildes

4.13.1 Grundlegende Maßnahmen der ATF während der Anfahrt

Bei der Anfahrt zum Schadensort müssen folgende Fragestellungen geklärt werden:

- sind Teile der Anfahrt im potenziellen Ausbreitungsbereich der Schadstoffwolke?
- wo erfolgt die Bereitstellung und Einweisung in die Schadensstelle?
- welche besonderen Gefahren bestehen am Schadensort?
- ist der Einsatz von Messgeräten auf der Anfahrt möglich?

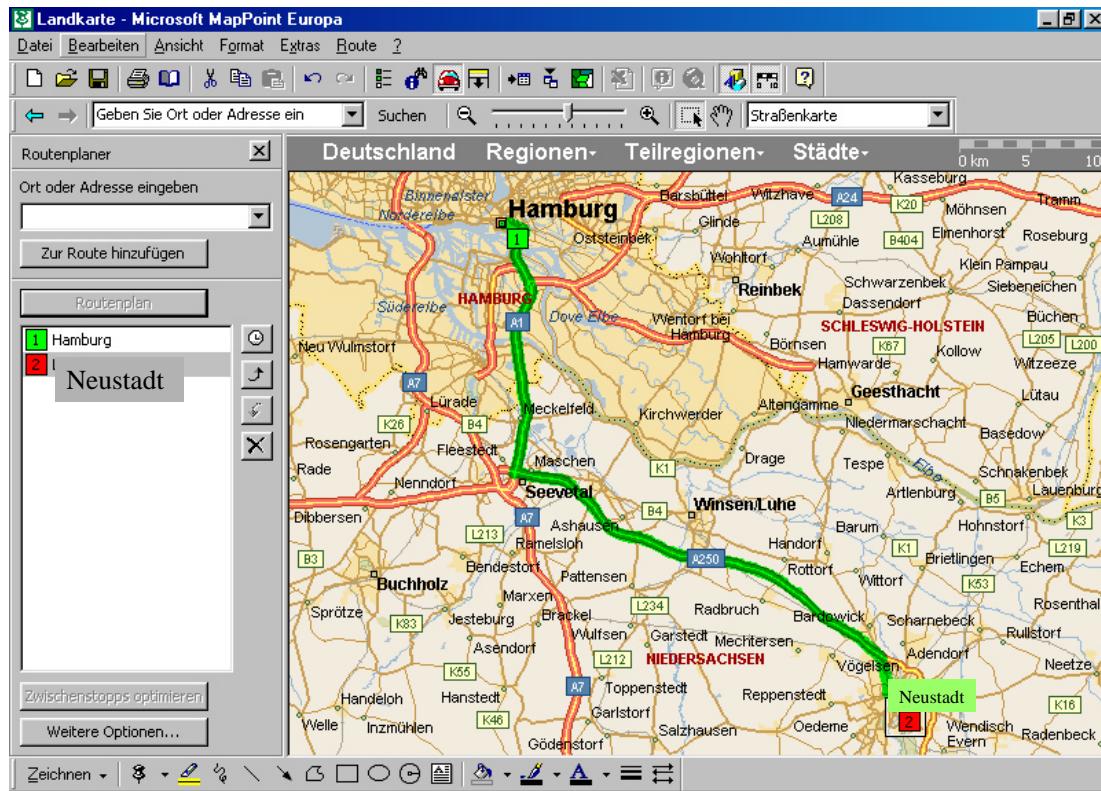


Abbildung 4.16: Beispielhafte Darstellung der Anfahrtsstrecke

Soweit möglich, koordinieren die Mitglieder unter Leitung des/der Einsatzleiters/Einsatzleiterin die Maßnahmen auf der Grundlage der vorliegenden Informationen. Dabei werden die kontinuierlich übermittelten Informationen zur Einsatzlage vom CCC berücksichtigt. Über die Kommunikationsmittel wird der Kontakt zur örtlichen Einsatzleitung im Schadensgebiet aufgenommen und, soweit möglich, Lageinformationen ausgetauscht und der Einsatzauftrag abgestimmt.

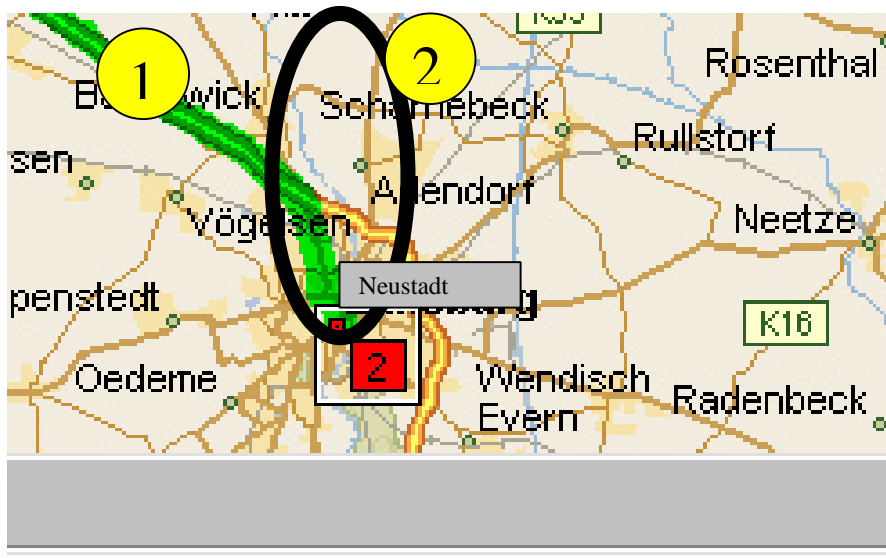


Abbildung 4.17. Beispielhafte Darstellung der Kollision der Anfahrtstrecke (1) mit der potenziellen Schadstoffwolke

Mit dem Fernerkundungs-System wird schon während der Anfahrt die Möglichkeit genutzt, eine Messreihe aufzunehmen. In Abhängigkeit zu den freigesetzten Stoffen ist ggf. auch eine Identifizierung des freigesetzten Stoffes möglich.

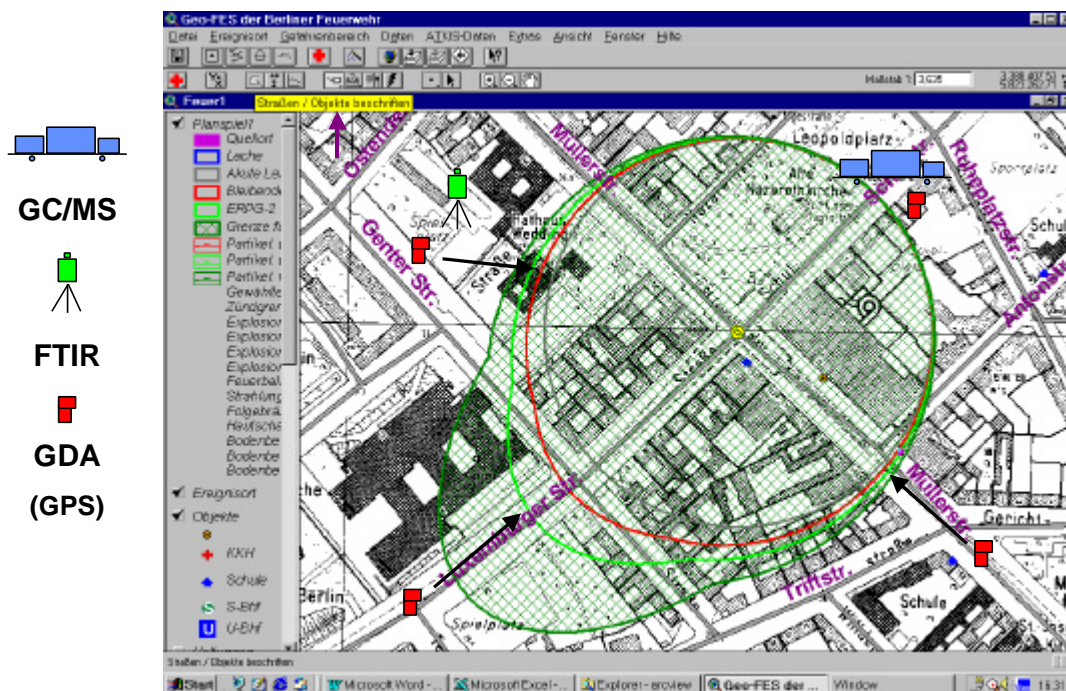


Abbildung 4.18: Positionierung der Messtechnik und Ausbreitungsmodell (Beispiel DISMA/Geo-FES, [180])

4.13.2 Grundlegende Einsatzmaßnahmen der ATF am Schadensort

Unmittelbar nachdem der Bereitstellungsraum erreicht ist, nimmt der/die Einsatzleiter/Einsatzleiterin direkten Kontakt mit der örtlich zuständigen Einsatzleitung auf. Dabei wird der konkrete Einsatzauftrag für die ATF abgestimmt und die weiteren Maßnahmen koordiniert. Die anderen Mitglieder der ATF bereiten sich auf ihre Aufgaben vor. Dabei werden insbesondere

- die Kommunikationswege geschaltet

- zum CCC
- zur örtlichen Einsatzleitung
- zur örtlichen Katastrophenschutzleitung
- die einzelnen Mess-Systeme für den Einsatz vorbereitet
- die Probenahmeausstattung bereitgehalten
- die Verfahren zur Probenaufbereitung vorbereitet
- die Lagedarstellung aktualisiert

Die genannten Maßnahmen werden üblicherweise in einem entsprechend geeignetem Raum (Schule, Gemeindsaal, Hotel oder dgl.) realisiert. Die Fernmeldeverbindungen (ISDN-Anschluss, Mobiltelefon, Mobilfax und BOS-Funk) werden eingerichtet. Dabei wird ein Internet-Zugang geschaltet und ggf. externe Antennen aufgebaut. Für die Darstellung der Einsatzlage sowie die Visualisierung der Prognosen ist eine Projektionsfläche (weiße Wand) erforderlich.

Die gesamte Ausrüstung der ATF wird grundsätzlich außerhalb des akuten Gefahrenbereiches oder kontaminierter Zonen aufgestellt. Im Rahmen des notwendigen Eigenschutzes werden alle Messungen und Probenahmen am Schadensort mit einem Explosionsgrenzenmessgerät überwacht und unter Einsatz der erforderlichen persönlichen Schutzausstattung realisiert. Dabei werden auch örtliche Einsatzkräfte für Unterstützungsaufgaben (z. B. Atemschutzüberwachung, Rettungstrupp und dgl.) herangezogen. Mit dem Einsatz der Wärmebildkamera wird sichergestellt, dass alle Reaktions- und Brandbereiche erkannt werden.

Alle Einsatzmaßnahmen werden mit der üblichen Feuerwehrschutzkleidung realisiert. Sofern ätzende, sehr giftige oder giftige Stoffe mit hautresorptiven Eigenschaften freigesetzt sind, werden die notwendigen Arbeiten in Chemikalienschutzanzügen durchgeführt. Besteht aufgrund der Kontaminationsgefahr eine Trennung zwischen dem kontaminierten Bereich (HOT ZONE) und der Außenzone (WARM ZONE) erfolgt die Probenahme oder Messung grundsätzlich durch örtliche Einsatzkräfte, die die Proben unter Beachtung der Kontaminationsgefahr an die Mitglieder der ATF am Kontrollpunkt außerhalb der Gefahrenbereiche (COLD ZONE) zur weiteren Aufbereitung und Auswertung übergeben.

Offensichtlich kontaminierte Einsatzkleidung ist grob zu dekontaminieren und anschließend fachgerecht zu entsorgen. Eine abschließende vollständige Dekontamination ist in der Regel kostenintensiver als der unmittelbare Ersatz. Welche Lösungs-, Reinigungs-, Neutralisations- oder Bindemittel zur groben Dekontamination einzusetzen sind, ist vom konkreten Schadstoff abhängig und wird im Einzelfall geklärt.

4.13.3 Detektion von Gefahrstoffen

Grundsätzlich wird zunächst das Ziel verfolgt, die freigesetzten Schadstoffe eindeutig zu identifizieren. Mit der Identifizierung ist eine Beurteilung der Gefahren für Menschen und Tiere möglich und können rettungsdienstliche bzw. notärztliche Maßnahmen zur Diagnose und Therapie der verletzten Personen eingeleitet werden. Weiterhin wird messtechnisch kontrolliert, ob und inwieweit eine Schadstoffwolke mit kritischen Konzentrationen gezogen ist. Dabei wird gleichzeitig geprüft, ob und inwieweit eine Kontamination der Flächen oder Gebäuden eingetreten ist. Auf der Basis der gewonnenen Erkenntnisse erfolgt eine Bewertung der Schadenslage sowie ein Prognose zur weiteren Entwicklung der Schadenslage [26, 50, 181,182,183,184].

4.13.3.1 Identifizierung der Schadstoffe

Für die Identifizierung der freigesetzten Schadstoffe stehen grundsätzlich folgende Mess-Systeme zur Verfügung:

- Massenspektrometer-System mit vorgeschaltetem Gaschromatographen (GC-MS-System)
- Fernerkundungs-System (passives Fourier-Transform-Infrarot-Spektrometer FTIR-System)

- Gefahrstoff-Detektoren-Array (GDA)
- Prüfröhrchen-Messverfahren (inkl. CHIP-System®)

sowie verschiedene ergänzende Spürtechniken (Wärmebildkamera, Explosionsgrenzenmessgerät, Teststreifen und dgl.). Weitere Mess-Systeme erhöhen lediglich die Redundanz, führen jedoch nicht zu qualitativ besseren Ergebnissen. Mit den genannten Systemen ist es möglich, die im Anhang (vgl. Tabelle 9.2) genannten Stoffe zu identifizieren. Dabei werden grundsätzlich verschiedene Systeme in Kombination eingesetzt und mit den am Schadensort verfügbaren Informationen zur Schadenslage verglichen [25,78, 79,185,186,187,188,189,190].

Parallel zu den genannten ersten Maßnahmen wird am Schadensort sofort eine sogenannte Schnellanalyse realisiert. Dabei wird, sofern eine Probe zum GC-MS-System transportiert werden kann, mit der Schnelleinlass-Sonde des GC-MS-Systems eine orientierende Messung vorgenommen. Ansonsten wird mittels Probenahmesatz eine Luft-/Schadstoff-Probe auf ein TENAX-Röhrchen gezogen und mit dem GC-MS-System analysiert. Gleichzeitig erfolgt eine Mustererkennung mit dem Gefahrstoff-Detektoren-Array (GDA). Ist mit dieser Methode eine direkte Identifizierung der Schadstoffe nicht abschließend möglich, so werden weitere Proben genommen, entsprechend aufbereitet und ggf. mit der langen Säule des Gaschromatographen weiter differenziert.

4.13.3.2 Erste orientierende Messung

Liegen beim Eintreffen der ATF am Schadensort keinerlei Informationen zu den ausgetretenen Stoffen vor, so werden im ersten Schritt von der Operativen Einheit orientierende Messungen durchgeführt, um die Art der freigesetzten Stoffe zu bestimmen (Identifizierung) und das Ausmaß der Ausbreitung abzuschätzen:

- Identifizierung: Probenahme zur GC-MS-Analyse an der Austrittsstelle
- Monitoring: Einsatz eines Gefahrstoff-Detektoren-Arrays zur Musteraufnahme an der Austrittsquelle sowie zur Eigensicherung an der Einsatzstelle
- Fernerkundung: Einsatz des Fernerkundungs-Systems zur Abschätzung der Ausbreitung einer Schadstoff- oder Rauchgaswolke und soweit möglich Identifizierung der Schadstoffe.

4.13.4 Identifizierung mit GC-MS

Für die erste orientierende Messung wird vom Einsatzleiter der ATF die entsprechende Methode zur Probenahme GC-MS festgelegt. Er entscheidet über die Priorität und den Ablauf der verschiedenen Probenahmen. In Abbildung 4.19 ist ein Diagramm zur Methodenwahl GC-MS dargestellt. Primäres Auswahlkriterium ist die Matrix, d.h. ob Luft-, Wasser-, Boden- oder Oberflächenproben analysiert werden sollen, wobei von der Ausbreitung über den Luftpfad die größte akute Gefährdung ausgeht. Sekundäres Auswahlkriterium ist die Flüchtigkeit der Stoffe. Hier wird zwischen VVOCs, VOCs und SVOCs unterschieden, deren Analyse unterschiedliche Adsorptionsmedien und GC-Methoden erfordern (vgl. Kap. 3.4.10). Liegen zunächst keine Informationen über die Stoffe vor, wird vom Messtrupp zur Musterwertaufnahme durch GDA an der Quelle parallel eine Luftprobenahme auf TENAX (VOC) und Kombinationsröhrchen (VVOC) genommen.

Liegen Informationen über den Stoff vor, werden gezielt Probenahmeverfahren ausgewählt, um Analysenergebnisse zu verifizieren oder die Verteilung bzw. den Ausbreitungspfad zu bestimmen. Aufgrund der Analysenergebnisse durch das GC-MS-System können folgende Maßnahmen vorgenommen werden:

- Interpretation der GDA-Muster
- Verifikation der FTIR-Ergebnisse
- Festlegen von Prüfröhrchen für Spür- und Messtrupps
- Überprüfung der Schutzausrüstung

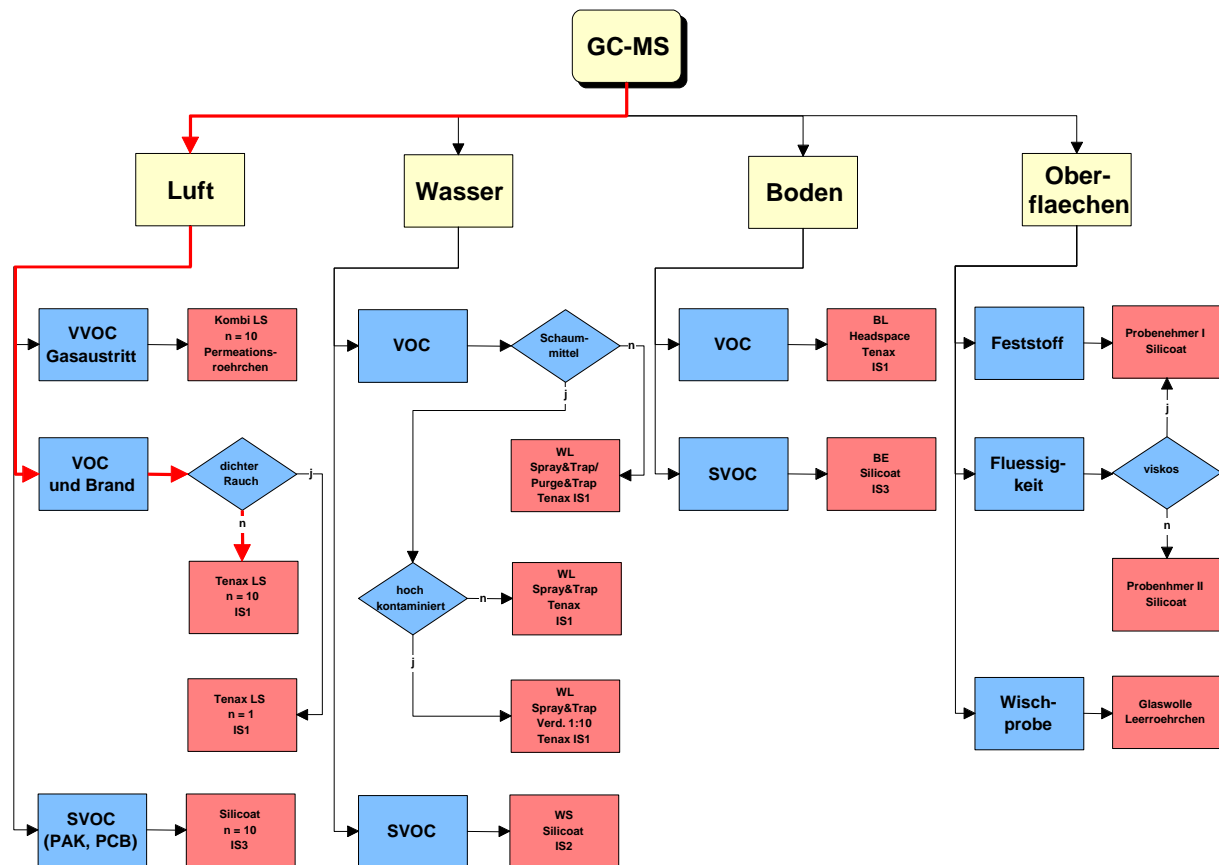


Abbildung 4.19: Methodenwahl GC-MS

Für den Kontaminationsnachweis müssen lageabhängig folgende Schritte eingeleitet werden:

- Wischproben von Geländeoberfläche
- Auslage von „Sammelfolien“ in Ausbreitungsrichtung
- Aufnahme von Wasserproben
- Aufnahme von Bodenproben
- Bewertung der Stoffidentifizierung

Auswertung GC-MS

Die GC-MS-Technik liefert folgende Information:

- stoffspezifische Retentionszeit
- Strukturinformation in Form des Massenspektrums am Maximum des GC-Peaks
- die Fläche des GC-Peaks in Einheiten von „counts“ bzw. Zahl der gebildeten Ionen in counts pro Sekunde (cps)

Automatische Auswertung GC-MS

Die Identifizierung unbekannter Stoffe kann über Spektrenvergleich der gemessenen Massenspektren mit Referenzspektren aus Massenspektren-Bibliotheken vorgenommen werden. Dafür stehen Referenzbibliotheken wie die NIST98- oder Wiley-Bibliothek mit über 100000 Massenspektren zur Verfügung. Für den Störfalleinsatz sind optimierte Bibliotheken erforderlich. Auf diese Weise lassen sich ein Großteil der umweltrelevanten Gefahrstoffe identifizieren.

Massenspektrenbibliotheken

Für die automatische Identifizierung mit Hilfe von Separationsalgorithmen steht eine hierarchische Struktur von vier verschiedenen Referenzbibliotheken zur Verfügung:

- TUHH
- FW
- BFA
- NIST98

Die Bibliotheken werden für die Identifizierung in der angegebenen Reihenfolge durchsucht (s. Abbildung 4.20). Weiterhin kann bei der Auswertung auf die Gefahrstoff-Datenbank CHEMIS oder RESY zugegriffen werden. Damit besteht die Möglichkeit, Gefahrstoffhinweise sowie MAK-Werte zu den identifizierten Stoffen in das Suchergebnis zu integrieren.

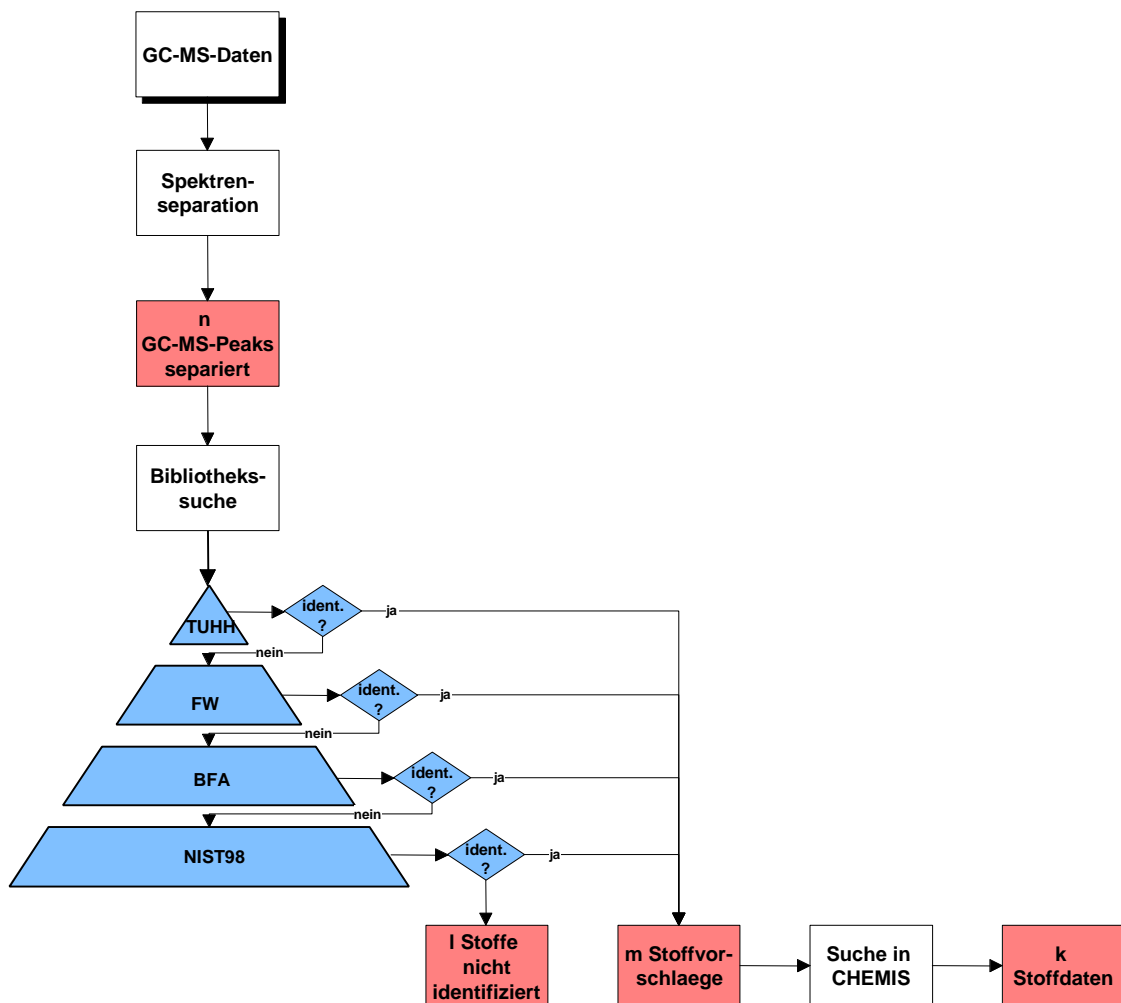


Abbildung 4.20: Automatische Auswertung mit GC-MS

Die Bibliothek TUHH enthält insgesamt 126 Verbindungen. 70 dieser Verbindungen stammen aus Kalibriermessungen mit dem EM640 und enthalten neben dem Massenspektrum deren Retentionsindizes auf einer unpolaren Phase vom Typ DB1. Die Retentionsindizes werden im Suchergebnis dargestellt. Damit kann ein Plausibilitätstest vorgenommen werden. Werden die identifizierten Peaks nach ihren Retentionszeiten geordnet, so müssen die dazugehörigen Retentionsindizes in einer steigenden Reihenfolge angeordnet sein. Als weitere Information enthält diese Bibliothek die Responsefaktoren zur Quantifizierung von 70 Stoffen. Der Responsefaktor ist ein reziproker Kalibrierfaktor und stellt die relative Anzeigeempfindlichkeit des Detektors für eine

Substanz bezogen auf die einer Standardsubstanz dar. Darüber hinaus sind die Massenspektren der deuterierten Verbindungen, die bei den Verfahren als interne Standards dienen, und Stoffe aus der ETW-Liste und der ERPG-Wert-Liste in diese Datenbank aufgenommen worden.

Für 230 Verbindungen, die in Proben eines Feldversuchs nachgewiesen worden sind, sind Massenspektren aus der NIST-Bibliothek zu einer feuerwehrspezifischen Spektrenbibliothek zusammengefasst worden. Diese FW-Lib ist an zweiter Stelle in der Hierarchie angeordnet. Die BFA-Lib enthält etwa 1000 Verbindungen. Diese entsprechen dem organischen Teil der im Hommel [191] verzeichneten Verbindungen. Als unterste und letzte Bibliothek der Hierarchie wird die NIST98-Bibliothek benutzt. Sie hat in der neuesten Version 129.000 Einträge [192,193]. Die Spektrenseparation, Bibliotheksvergleich und Integration der separierten Peaks sowie der Zugriff auf die CHEMIS erfolgt im Störfalleinsatz automatisch unter der graphischen Benutzeroberfläche. Weiterhin ist an der TUHH als Ergebnis einer Literaturrecherche eine neue Bibliothek für den speziellen Einsatz in der Gefahrenabwehr mit 4900 Stoffeinträgen entwickelt worden.

4.13.5 Fernerkundung mit FTIR

Luftgetragene Gefahrstoffe können mittels Infrarotspektrometrie aus der Ferne identifiziert werden. Befindet sich eine Wolke mit infrarot-aktiven Molekülen im Gesichtsfeld (momentane Peilrichtung) eines Spektrometers, so treten bei einer Temperaturdifferenz ΔT zwischen der Wolke und dem Hintergrund charakteristische Abweichungen im Spektrum auf. Ist die Temperatur der Wolke niedriger als die Temperatur des Hintergrunds, wird ein Absorptionsspektrum beobachtet. Ist der Hintergrund kälter, liegt ein Emissionsspektrum vor.

Im Gegensatz zur Laborspektrometrie und aktiven Ferndetektionsverfahren wird bei der passiven Methode keine künstliche Lichtquelle eingesetzt. Der Hintergrund des Gesichtsfelds des Spektrometers, die Gase der Atmosphäre und das zu messende Gas sind die Strahlungsquellen. Der Spektralbereich wird durch die zur Verfügung stehende spektrale Strahldichte, die durch das Plancksche Strahlungsgesetz abgeschätzt werden kann, und durch die Transmission der Atmosphäre begrenzt. Spurengase wie Wasser, Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4), Distickstoffmonoxid (N_2O) und Ozon (O_3) absorbieren Strahlung im zur Verfügung stehenden Spektralbereich. Im Spektralbereich zwischen 780 cm^{-1} und 1200 cm^{-1} sind sowohl die Transmission der Atmosphäre als auch die spektrale Strahldichte bei Oberflächentemperaturen von $T \approx 290\text{ K}$ groß. Dieser Bereich ist Teil der sogenannten Fingerprint-Region des Spektrums, in dem die meisten organischen Moleküle Absorptionsbanden besitzen. Deshalb eignet sich dieser Spektralbereich zur passiven Ferndetektion.

4.13.5.1 Automatische Identifikation von Gefahrstoffen

Nach der Kalibrierung eines Spektrometers mit Referenzstrahlungsquellen kann mit der Umkehrfunktion des Planckschen Strahlungsgesetzes bezüglich der Temperatur aus einem gemessenen Spektrum der spektralen Strahldichte $L(\sigma)$ ein Strahlungstemperaturspektrum $T(\sigma)$ berechnet werden [194, 195]. Die Strahlungstemperatur ist die Temperatur, die ein idealer schwarzer Strahler, der Strahlung der Wellenzahl σ und der spektralen Strahldichte $L(\sigma)$ emittiert, besitzt.

Viele Oberflächen, die als Hintergrund des Gesichtsfelds des Spektrometers bei Feldmessungen dienen, besitzen im genutzten Spektralbereich hohe Emissionsgrade $\epsilon \geq 0,8$ [196], die oft nur schwach wellenzahlabhängig sind. Ihre Temperaturspektren sind daher ebenfalls nur schwach wellenzahlabhängig und ergeben als Hintergrund des Gesichtsfelds einer passiven Messung eine fast konstante Basislinie im Spektrum. Durch die Auswertung von Strahlungstemperaturspektren kann eine Gefahrstoffidentifikation ohne vorherige Messung eines Hintergrundspektrums erfolgen. Dies ist insbesondere bei Unfällen wichtig, da hier in den meisten Fällen zum Zeitpunkt der ersten Messung bereits eine Gefahrstoffwolke vorhanden ist und die Messung von Hintergrundspektren schwierig oder unmöglich ist.

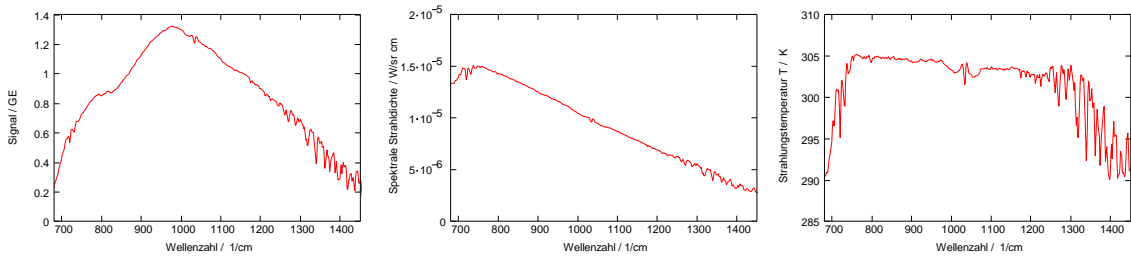


Abbildung 4.21: Beispiel eines Spektrums mit einem atmosphärischen Absorptionsweg (400 ppm m Methanol, Konzentration: $1 \text{ ppm} = 1 \cdot 10^{-6}$ in mol/mol). Links: Nicht kalibriertes Spektrum; Mitte: Spektrum der Strahllichte; Rechts: Temperaturspektrum.

Das realisierte Identifikationsverfahren beruht auf der Methode der Anpassung von Referenzspektren an das gemessene Spektrum. Es werden Spektren von einem Zielstoff, von Stoffen, die eventuell gleichzeitig auftreten könnten, sowie von Wasser und Ozon angepasst.

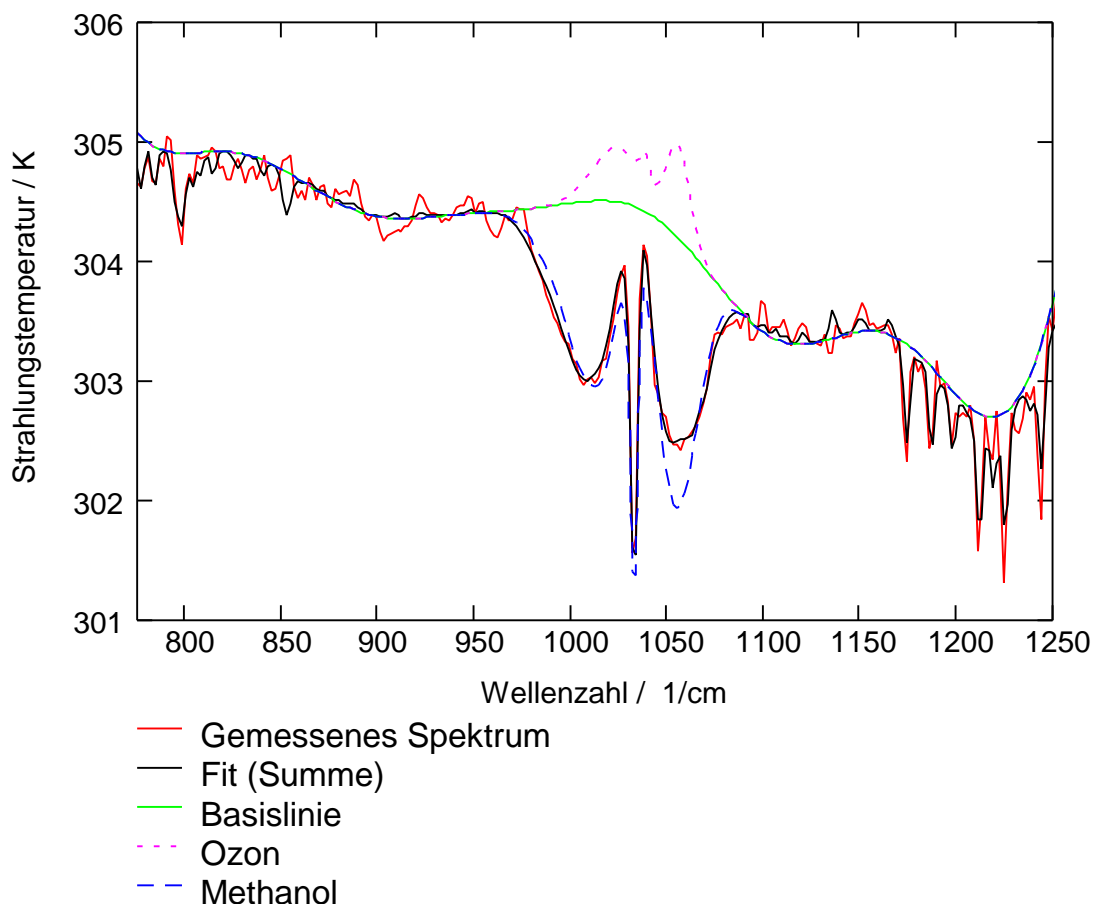


Abbildung 4.22: Spektrum nach der Basislinienkorrektur (rot), angepasstes Spektrum (schwarz), angepasste Spektren von Ozon und Methanol (gestrichelt: magenta, blau).

Zur Basislinienkorrektur existieren verschiedene Algorithmen, die für Messungen mit Laborspektrometern (mit aktiver IR-Quelle) entwickelt worden sind. Mit Laborspektrometern gemessene Spektren enthalten jedoch im Regelfall keine überlagerten Absorptions- und Emissions-Signaturen im gleichen Spektrum. Deshalb ist ein neuer Basislinienalgorithmus realisiert worden. Im realisierten Verfahren werden die Basislinienkorrektur und die Anpassung der Zielstoffe im gleichen Schritt durchgeführt. Neben den oben genannten Spektren werden breite Gauß-Funktionen an das gemessene Spektrum angepasst.

Zunächst wird mittels linearer Regression eine Ausgleichsgerade mit allen Datenpunkten des Spektrums berechnet und vom gemessenen Spektrum subtrahiert. Anschließend werden Referenzspektren und breite Gaußfunktionen angepasst. Die Basislinie und die angepassten Spektren aller Stoffe außer dem Spektrum des gesuchten Stoffs werden subtrahiert. Zur Identifikation wird anschließend das erhaltene Spektrum mit dem angepassten Spektrum des Zielstoffs verglichen.

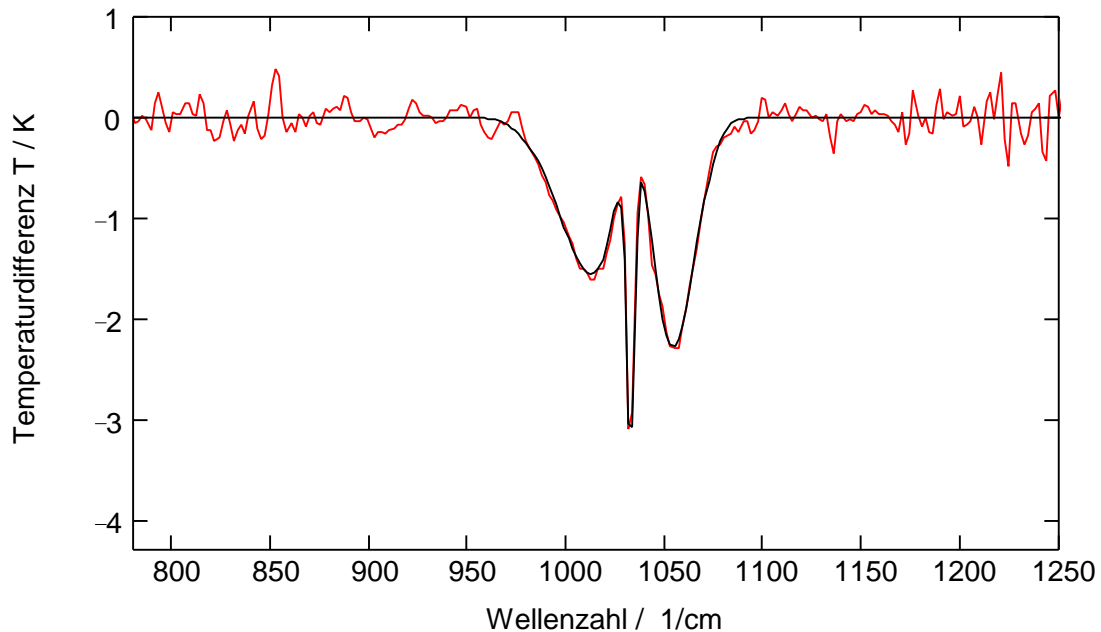


Abbildung 4.23: Spektrum, von dem die angepassten Signaturen von Wasser, Ozon und Ammoniak (Störstoff) subtrahiert wurden (rot), Vergleichsspektrum von Methanol (schwarz).

Um zu entscheiden, ob das Referenzspektrum und das gemessene, wie oben beschrieben verarbeitete Spektrum übereinstimmen (Abbildung 4.23), wird eine Korrelationsanalyse durchgeführt. Hierzu werden Spektralbereiche (Fenster) definiert, in denen der untersuchte Stoff Absorptionsbanden besitzt. Für jedes Fenster wird ein Schwellwert für den Korrelationskoeffizienten definiert. Außerdem wird ein Schwellwert für das Signal-Rausch-Verhältnis definiert. Darüber hinaus wird der Korrelationskoeffizient R_G zwischen dem Spektrum nach der Basislinienkorrektur und dem angepassten Spektrum berechnet. R_G wird zur Entscheidung genutzt, wie gut das gemessene Spektrum mit den verwendeten Referenzspektren dargestellt werden kann. R_G kann zur Detektion, ob unbekannte Stoffe vorhanden sind, genutzt werden. Liegen alle berechneten Korrelationskoeffizienten als auch das Signal-Rausch-Verhältnis über dem jeweiligen Schwellwert wird der Stoff identifiziert. Dieses Verfahren wird für jeden Zielstoff sequentiell durchgeführt.

4.13.5.2 Visualisierung von Gefahrstoffwolken

Zur Untersuchung großer Bereiche und zur Visualisierung von Gefahrstoffwolken ist ein abbildendes Spektrometer entwickelt worden. Das System besteht aus dem im Rahmen des Forschungsvorhabens „Tragbares Ferndetektions-System für die chemische Gefahrenabwehr“ des Bundesamts für Zivilschutz entwickelten Interferometer Bruker OPAG 22 (Bruker Saxonia, Leipzig), einem um zwei Achsen beweglichen Spiegel, einem Steuer- und Auswertungssystem mit einem digitalen Signalprozessor (DSP) und einem PC.

Die automatisierte Messung mit dem abbildenden System minimiert den Einfluss des Benutzers des Ferndetektionsgerätes auf die Wahrscheinlichkeit der Detektion, Ortung und Identifikation von Gefahrstoffwolken.

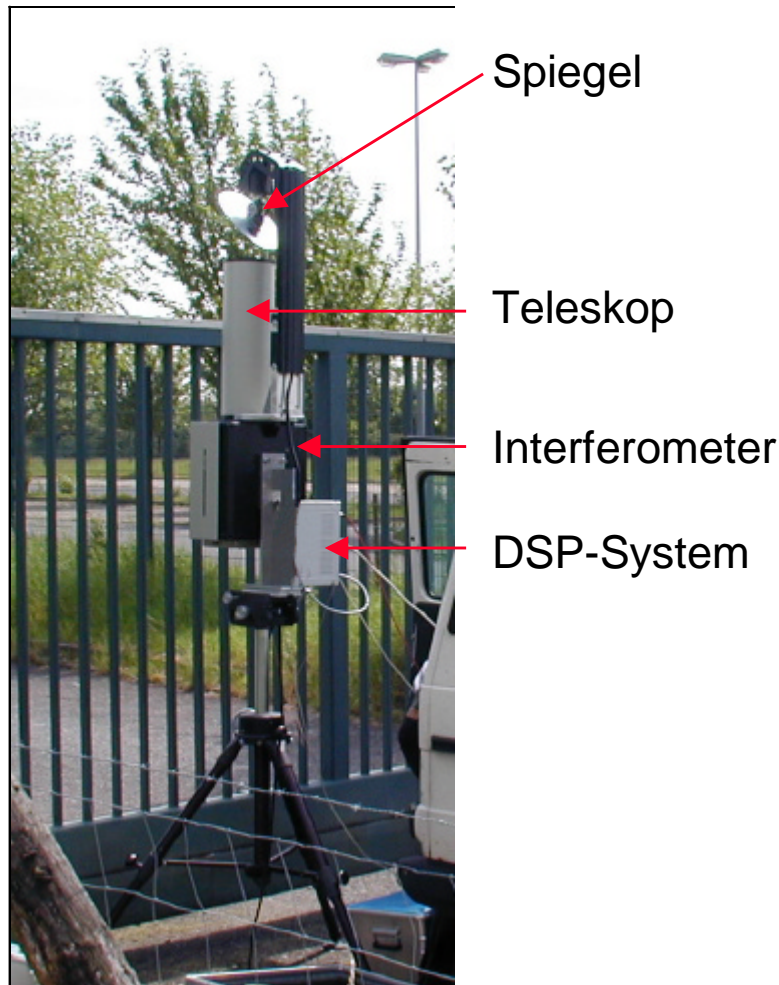


Abbildung 4.24: Das abbildende Ferndetektionsspektrometer

Mit dem beweglichen Spiegel werden alle Peilrichtungen des Beobachtungsfelds sequentiell abgetastet. Die Fourier-Transformation der gemessenen Interferogramme wird vom DSP durchgeführt. Das Spektrum wird zum PC übertragen. Der automatische Identifikationsalgorithmus wird angewendet. Wird kein Stoff identifiziert, wird der Messwert (Korrelationskoeffizient) gleich 0 gesetzt, was durch ein schwarzes Feld im Bild gekennzeichnet wird. Wird einer der Zielstoffe, die in einer Stoffbibliothek enthalten sind, identifiziert, wird der Peilrichtung der entsprechende Messwert zugeordnet. Für jeden Stoff der Zielstoffbibliothek wird ein Bild erstellt. Während der Auswertung wird jeweils das Spektrum der nächsten Peilrichtung gemessen. Es werden ca. 7 Peilrichtungen pro Sekunde ausgewertet. Die Aufnahme eines Gefahrstoffbildes mit 15 x 6 Peilrichtungen dauert also ca. 13 s.

Das Scanner-System ist in verschiedenen Messkampagnen getestet worden. Am 15.10.1999 wurde ein Freisetzungsvorversuch mit Schwefelhexafluorid durchgeführt, bei dem die Messungen aus einer Entfernung von $d \approx 2,5$ km erfolgten. Schwefelhexafluorid ist mit einem Fluss von ca. $3 \text{ Nm}^3/\text{h}$ freigesetzt worden. Pro Peilrichtung sind 4 Interferogramme gemessen worden. Mit dem Scanner-System ist ein Beobachtungsfeld mit 15 x 6 Peilrichtungen abgetastet worden (Abbildung 4.26).

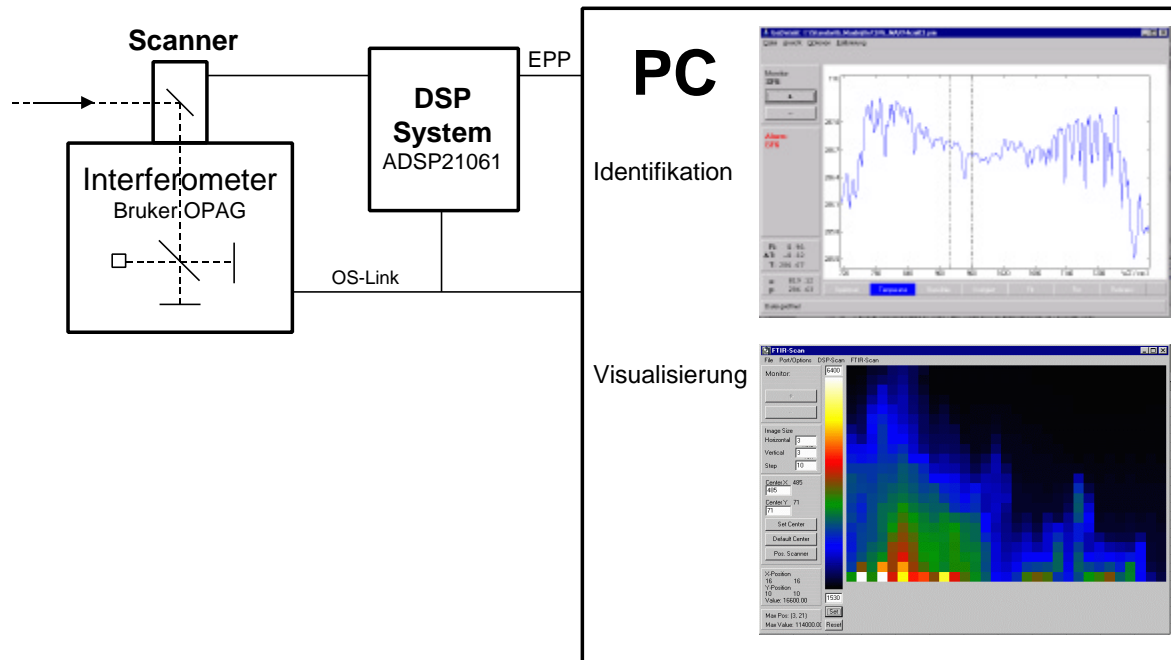


Abbildung 4.25: Blockbild des Systems



Abbildung 4.26: Bild der einer Schwefelhexafluorid-Wolke, gemessen aus einer Entfernung von ca. 2,5 km. In den Peilrichtungen, in denen Schwefelhexafluorid identifiziert wurde ist das Signal-Rausch-Verhältnis gemäss der abgebildeten Farbskala dargestellt.

Mit dem realisierten abbildenden Ferndetektions-System ist es möglich, Gefahrstoffwolken aus der Ferne zu finden, zu identifizieren und zu visualisieren. Es ist möglich, die Ausbreitung der Wolke zu messen und den Freisetzungsort zu finden.

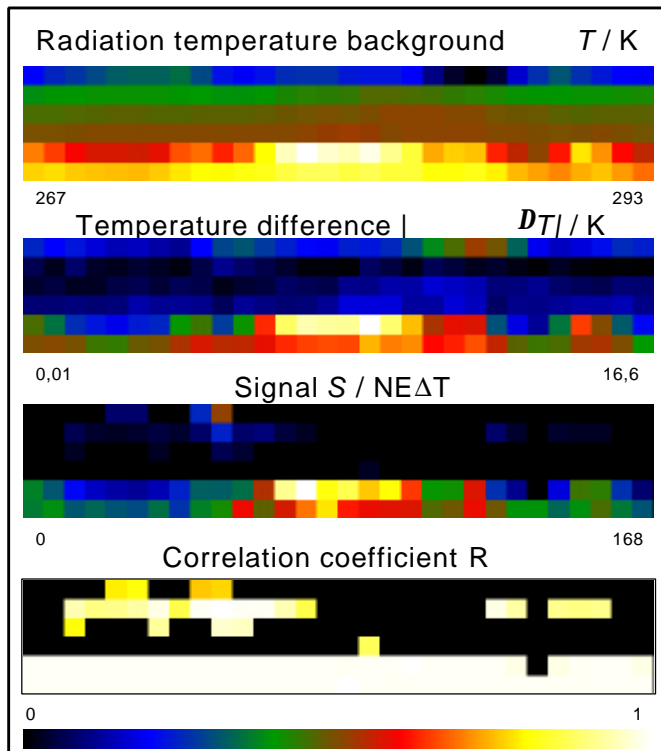


Abbildung 4.27: Vier Stufen der Signalauswertung (linkes Teilbild) einer Ammoniakwolke mit passiver FTIR

Die Detektion von Schadstoffwolken kann aus einem Fahrzeug heraus oder stationär von exponierten Punkten vorgenommen werden. Als Ergebnis des FTIR-Scans wird ein Bild der Schadstoffwolke erhalten (Abbildung 4.27). Wird dieses auf Kartenmaterial übertragen, so erhält man prinzipiell den Winkel der Ausbreitung der Schadstoffwolke. Dabei ist die Detektion vorzugsweise von der Seite der Gefahrstoffwolke, d.h. quer zur Windrichtung vorzunehmen, da die maximale Ausdehnung der Wolke in Windrichtung besser erfasst wird (vgl. Abbildung 4.28 und Abbildung 4.29).

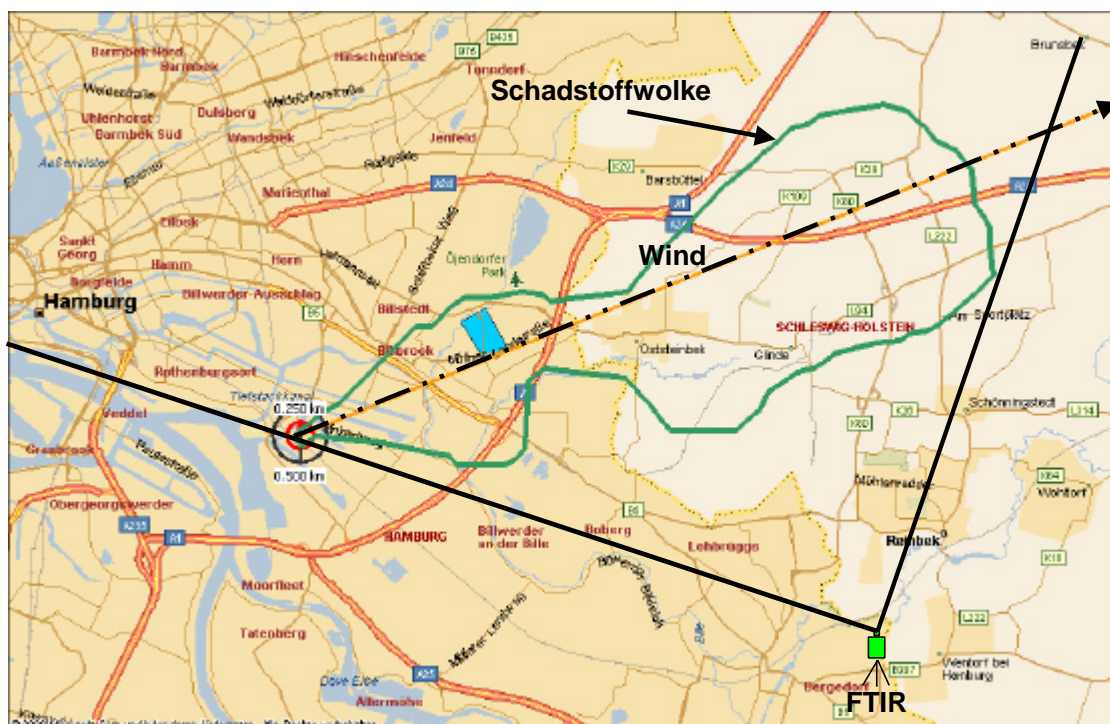


Abbildung 4.28: FTIR-Scan einer Schadstoffwolke quer zur Windrichtung

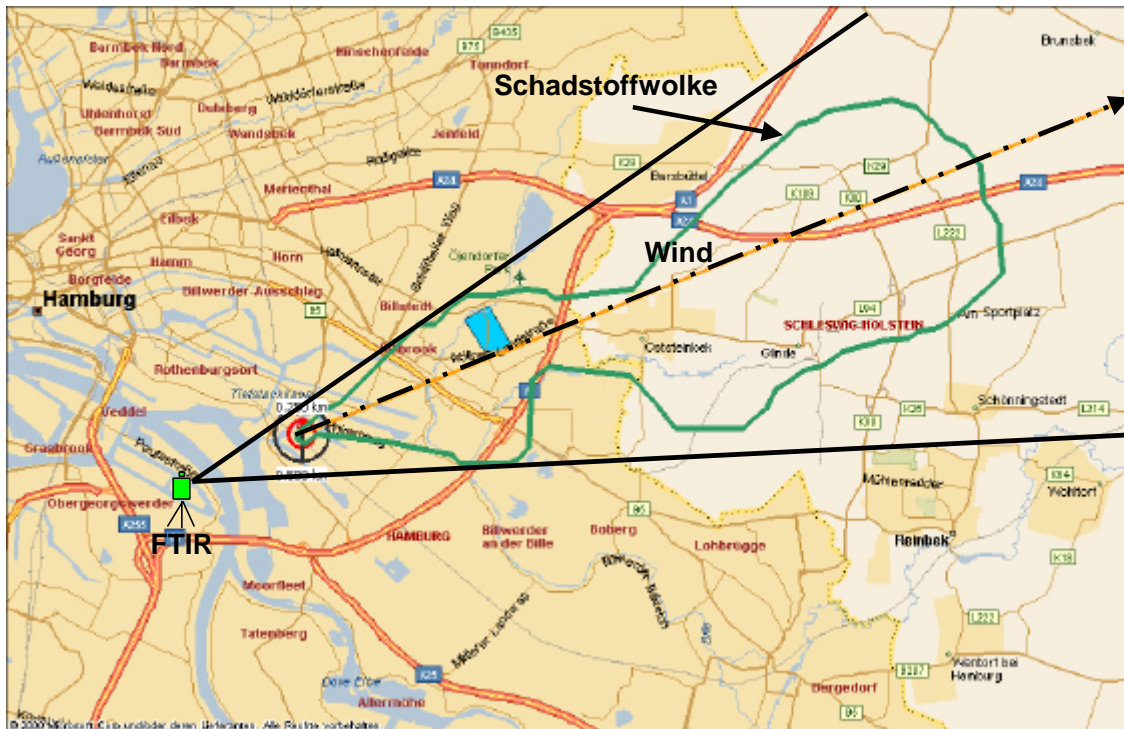


Abbildung 4.29: FTIR-Scan einer Schadstoffwolke in Windrichtung

Handelt es sich bei der Schadstoffwolke um einen unbekanntes Stoff, wird zunächst mit hoher Auflösung die Schadstoffidentifizierung vorgenommen. Ist der Stoff identifiziert, wird mit niedriger Auflösung die Lokalisierung und Visualisierung der Schadstoffwolke vorgenommen. Die Vorgehensweise der FTIR-Ferndetektion ist in Abbildung 4.30 dargestellt.

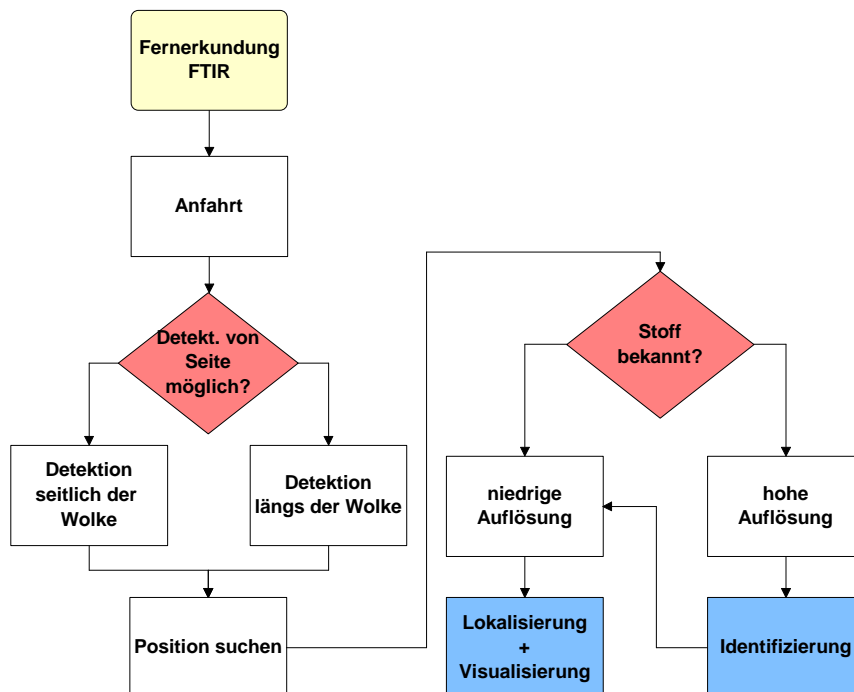


Abbildung 4.30: Ferndetektion mit FTIR

4.13.6 Monitoring mit GDA

Das GDA ist eintragbares Gerät und in seiner derzeitigen Konfiguration auf zwei verschiedene Arten eingesetzt werden:

- als tragbares Gerät am Mann getragen werden die einzelnen Signale der verschiedenen Kanäle des GDA als Balkenanzeige auf einem LCD-Display angezeigt. Bei der Musterwertaufnahme an einer Quelle wird das GDA standardmäßig mit der höchsten Verdünnung von 1:100 betrieben. In Abbildung 4.31 ist exemplarisch das GDA-Muster von 1,1,1-Trichlorpropanon dargestellt. Dieser Stoff zeigt einen intensiven Messwert des IMS (Kanal B) an, der charakteristisch für diesen Stoff ist.
- stationär zur Sicherung oder aus einem Fahrzeug heraus zum Monitoring von Schadstoffausbreitungen wird es an ein Notebook angeschlossen und standardmäßig ohne Verdünnung des Probengases betrieben. Der Signalverlauf der einzelnen Kanäle kann kontinuierlich dargestellt werden (Abbildung 4.32). Weiterhin sind die Muster der Stoffe aus der Liste der ETW in einer Bibliothek auf dem Notebook hinterlegt. Über eine Software zur Mustererkennung ist es grundsätzlich möglich, eine Einzelstoffidentifikation vorzunehmen [80]. Diese Option soll bei der Weiterentwicklung des GDA berücksichtigt werden.

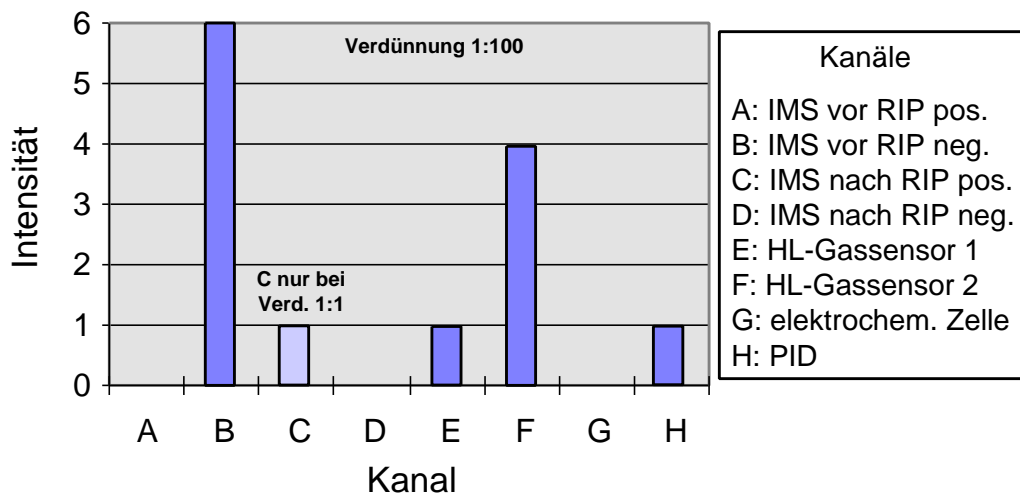


Abbildung 4.31: GDA-Muster von 1,1,1-Trichlorpropanon

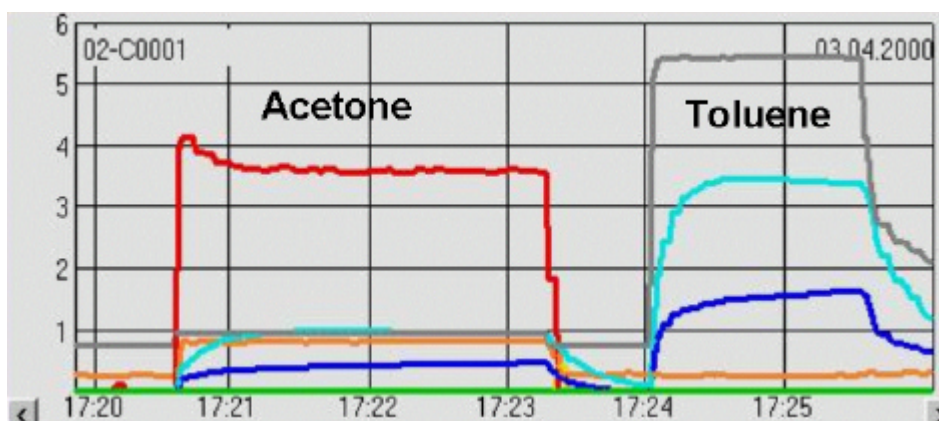


Abbildung 4.32: Kontinuierliche Darstellung des Signalverlaufs von Aceton und Toluol mit dem GDA.

Eine Entscheidungshilfe für die Suche nach einem Stoff aus der Liste der ETW ist in Abbildung 4.34 gegeben.

Auf der Vorderseite der Entscheidungstafel befindet sich eine Tabelle, bei der jeder der acht Kanäle auf der LCD-Anzeige des GDA dargestellten Kanäle durch eine Spalte repräsentiert ist. In den Spalten

sind die Substanzen eingetragen, für die der zugehörige Kanal beim Einsatztoleranzwert das jeweils höchste Signal anzeigt. Beim Auftreten eines Signals auf einem der Kanäle ermöglicht diese Tabelle eine Vorauswahl der gemessenen Substanzen.

GDA Gefahrstoff-Detektoren-Array Für Gase mit Einsatz-Toleranz-Wert	Entscheidungshilfe für Stoffbestimmung Anzeige: wichtigster Kanal für ETW-Stoff							
	A	B	C	D	E	F	G	H
1. Sicherheit: Keine Anzeige Kein ETW Stoff in der Luft Sehr wahrscheinlich kein Schadstoff vorhanden	Ammoniak	Blausäure	Aceton	Stickstoffdioxid Toluylen-diisocyanat	Explosive Gase Brennbare Gase für andere Stoffe nicht signifikant	Phosgen Chlor	Aceton Benzol Chlorbenzol	
		Chlor Chlorcyan Schwefelkohlenstoff	Acrolein Acrylnitril Hydrazin Ethanol					n-Hexan
2. Achtung: Anzeige <i>klein</i> ETW-Stoff (oder anderer) in der Luft, weniger als ETW- Konzentration		1,1,2-Trichlorethan	Salzsäure			n-Hexan Methanol Phosphin	n-Hexan Phosphin	
		Trichlorethan	Schwefeldioxid Formaldehyd Styrol			Styrol	Styrol	
3. Warnung: Anzeige <i>groß</i> ETW-Konzentration in der Luft überschritten (oder Nicht-ETW-Stoff in der Luft)		1,1,1-Trichlorethan	Essigsäure			Phosphin	Tetrachlorethen Toluol Trichlorethen Vinylchlorid	

Abbildung 4.33: : Entscheidungstafel für die Interpretation bei der Suche nach Stoffen aus der ETW-Lsiste (Vorderseite)

Suche nach ETW-Stoff			Anzeige für Kanal x: M muß K kann		
Stoff	Anzeigekanal		Stoff	Anzeigekanal	
	M	K		M	K
1. Aceton	C, E, F, H		18. Hydrazin	C	H
2. Acrolein	C	E, F, H	19 Phosgen	G	B
3. Acrylnitril	C	E, F	20. Phosphin	F	E, H
4. Ammoniak	A	E, F, H	21. Salzsäure	C	D, E, F
5. Benzol	H	E, F	22. Schwefeldioxid	C	E, F
6. Blausäure	B	E, F, G	23. Schwefelkohlenstoff	B, F	E, H
7. Chlor	B	G	24. Schwefelwasserstoff	E, F	C, D, G, H
8. Chlorbenzol	E, F, H		25. Stickstoffdioxid	D	
9. Chlorcyan	B	E, F	26. Styrol	C, H	E, F
10. Essigsäure	C, D	E, F	27. Tetrachlorethen	B, H	E, F
11. Ethanol	C, E, F	H	28. Toluol	E, F, H	C
12. Fluorwasserstoff	B		29. Toluylendiisocyanat	D	E, F
13. Formaldehyd	C	E, F	30. 1,1,1-Trichlorethan	B, C, F	E
14. Kohlendioxid	-	-	31. 1,1,2-Trichlorethan	B, F	C, E
15. Kohlenmonoxid	F	E	32. Trichlorethen	B, H	E, F
16. Methanol	E, F		33. Vinylchlorid	F, H	C, E
17. n-Hexan	E, F, H				

Abbildung 4.34: Entscheidungstafel für die Interpretation bei der Suche nach Stoffen aus der ETW-Lsiste (Rückseite)

Auf der Rückseite der Entscheidungstafel sind die in der Liste der ETW enthaltenen Substanzen aufgelistet. Direkt hinter den Substanzen sind die Kanäle angegeben, die ein Signal anzeigen müssen, wenn die entsprechende Substanz bei der Grenzkonzentration des Einsatztoleranzwertes vorliegt. Die in der folgenden Spalte aufgelisteten Kanäle können bei deutlich höheren Konzentrationen ebenfalls Signale anzeigen.

Mit der Entscheidungstafel und den vom GDA angezeigten Signalmustern ist es möglich, die in Frage kommenden Substanzen einzugrenzen bzw. das Vorhandensein bestimmter Stoffe auszuschließen.

Abbildung 4.35 zeigt die grundsätzliche Vorgehensweise der Messtrupps am Beispiel von vier GDA (alternativ Kombination aus PID und IMS). Nach Funktionsüberprüfung (s. Abbildung 4.37) und Einweisung des Personals in die Geräte wird ein GDA zur Sicherung der Einsatzstelle bereitgestellt.

Ein weiteres GDA dient der Musteraufnahme des Stoffes an der Quelle. In Abhängigkeit von den Konzentrationen an der Austrittsstelle werden von einem Messtrupp mit entsprechender Schutzausrüstung die Signale des GDA direkt an der Quelle und in einiger Entfernung dazu aufgenommen und an das OSOCC gemeldet. Parallel dazu werden an der Austrittsstelle vom Messtrupp Luftproben genommen.

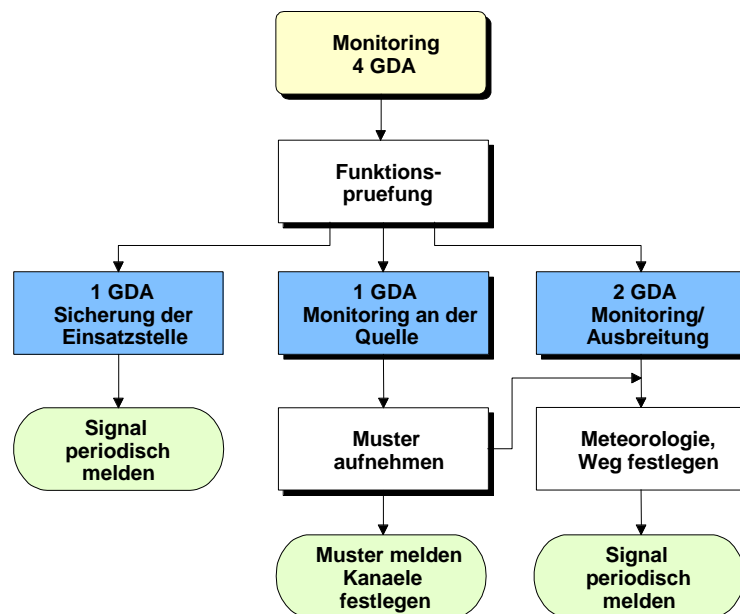


Abbildung 4.35: Ausrüsten von Messtrupps mit GDA

Im OSOCC wird das GDA-Muster auf charakteristische Signale hin untersucht. Das Ergebnis der Musterwertaufnahme wird nach der GC-MS-Analyse mit dem Ergebnissen der Stoffidentifizierung verglichen. Die einzelnen Muster von Stoffen aus der Liste der ETW sind auf dem Notebook des GDA hinterlegt. Nach der Musterwertaufnahme an der Austrittsstelle wird das GDA zum Monitoring in der Umgebung eingesetzt. Dazu werden drei Spürtrupps mit GDA-Systemen ausgerüstet. In Abhängigkeit von Meteorologie und den örtlichen Gegebenheiten wird der Spürweg bzw. -sektor zugewiesen (vgl. Kap. 4.13.7). Der Spür- und Messauftrag muss folgende Elemente umfassen:

1. Einsatzmittel
 - Fahrzeug
 - Fußweg
2. Messtechnik
 - PID
 - IMS
 - GDA
 - Ex-Meter
 - Prüfröhrchen

- CHIP-Messtechnik
- 3. Spürweg
- 4. Spürsektor
- 5. Spürtaktik
- 6. Umkehrkonzentration
- 7. Meldekonzentration
- 8. Spürzeiten
- 9. Spürorte
- 10. Meldewege
- 11. Probenahme

Ein Formblatt für den Spür- und Messauftrag ist in Tabelle 9.6 im Anhang dargestellt.



Abbildung 4.36: Spürtrupp mit GDA bei der Musterwertaufnahme und Probennahme

Funktionsprüfung

Bei Geräten wie dem Gefahrstoffdetektorenarray muss in regelmäßigen Abständen eine Funktionsprüfung durchgeführt werden. Dazu sind drei Permeationspatronen, die mit Toluol, Aceton bzw. 1,1,1-Trichlorethan gefüllt sind, vorgesehen. Mit diesen Permeationspatronen können alle Sensoren des GDA überprüft werden. Zur Überprüfung der elektrochemischen Zelle steht ein Katalysatorvorsatz zur Verfügung, der zwischen das GDA und der Permeationspatrone mit 1,1,1-Trichlorethan platziert wird. Abweichungen von den Bibliotheksmustern müssen dem OSOCC

gemeldet werden. Weiterhin ist in der Funktionsprüfung in Abbildung 4.37 eine Fehleroutine beschrieben, die es ermöglicht, das GDA (Prototypen) bei fehlerhafter Startprozedur über die IMS-Software zu starten.

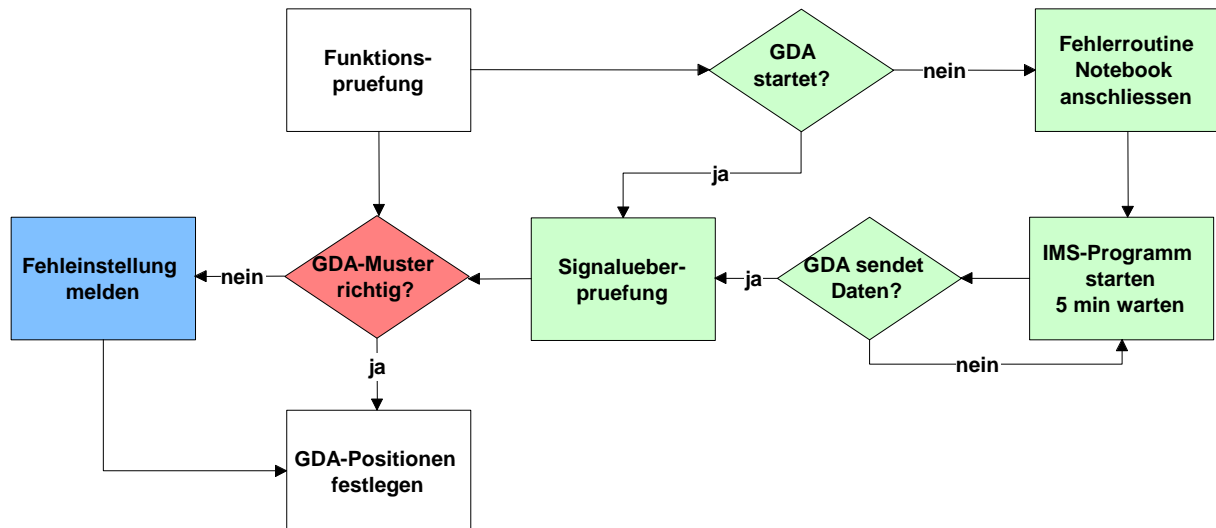


Abbildung 4.37: Funktionsprüfung GDA

4.13.7 Taktik der Spürtrupps

Bei Großbränden und Explosionen oder sonstigen Störfällen kann eine Gefährdung der Bevölkerung nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden. Bei einem Vollbrand oder einem Störfall mit der Ausbreitung einer Schadstoffwolke in Verbindung mit einer Inversionswetterlage mit niedrigen Windgeschwindigkeiten können schädliche Konzentrationen im unmittelbaren Bereich der Quelle aus auch in größeren Entfernung in Richtung der Hauptwindrichtung auftreten. Die wirksamste Methode zum Schutz der betroffenen Bevölkerung ist der Aufenthalt in geschlossenen Gebäuden. Dabei muss sichergestellt sein, dass alle Fenster, Türen und Lüftungsschächte geschlossen sowie Klimaanlage abgeschaltet sind. Im konkreten Gefahrenfall ist die betroffene Bevölkerung in Hauptwindrichtung durch entsprechende Lautsprecherdurchsagen zu warnen. Diese Warnung muss grundsätzlich vorgenommen werden, bevor die Spür- und Messergebnisse vorliegen. Es muss sichergestellt sein, dass mit der Beseitigung des Gefahrenzustandes gleichermaßen eine Information an die Bevölkerung gegeben wird. Die Warnung der Bevölkerung kann durch Lautsprecherdurchsagen, Sirenenwarnung oder Medieninformationen (z.B. Radio, lokales Fernsehen) mit entsprechenden Verhaltensmaßregeln realisiert werden.

Für die Prognose der Gefahren, die von einer sich ausbreitenden Schadstoffwolke ausgehen, ist die Lenkung der Spür- und Messtrupps sowie die Warnung oder Information der Bevölkerung mit einfachen und eindeutigen Hilfsmitteln zwingend geboten. Die visuelle Darstellung des möglichen Gefahren- und Warnbereiches einer sich ausbreitenden Schadstoffwolke ist ein notwendiges Hilfsmittel. Verschiedene Feuerwehren und Katastrophenschutzbehörden haben unterschiedliche Festlegungen getroffen, um die Ausbreitung, Warnung und Information einfach zu handhaben. Teilweise werden die Prognosen durch rechnergestützte Ausbreitungsprogramme (z. B. MET[®], COMPASS[®], DISMA[®], CAMEO[®], ALPHA1[®] SAFER[®] oder dgl.) unterstützt. Die Einsatzvarianten reichen dabei von der Ermittlung sogenannter einfacher „Gaus-Keulen“ unter Berücksichtigung der Quellstärke, der Stoffeigenschaften, der Windgeschwindigkeit und der Witterung (Zuordnung nach Pasquill), bis hin zu komplexen Berechnungen unter Einbeziehung inhomogener Windfelder auf der Basis ausführlich berechneter Gegebenheiten der Bebauung und Topographie. In Teilbereichen wird

lediglich auf einfache Ausbreitungskeulen unterschiedlicher Größe, die in Abhängigkeit des freigesetzten Stoffes oder der Witterung eingesetzt werden. In allen Fällen wird für bestimmte Bereiche der Region eine Gefährdung zu einem bestimmten Zeitpunkt angenommen. Für die Warnung der Bevölkerung und für die Lenkung der Spür- und Messtrupps müssen diese Gefährdungsbereiche schnellstmöglich definiert und bezüglich der Warnmeldung oder des Spürauftrages über die Fernmeldemittel übertragen werden. Um auszuschließen, dass langwierige Beschreibungen des Gefahrenbereiches mit der Nennung der Begrenzungsstrassen übermittelt werden müssen, ist die Definition bestimmter Sektoren schneller. Der Einsatz der Spür- und Messtrupps erfolgt grundsätzlich nach folgenden drei taktischen Varianten:

Grenzmessung

Der Spürtrupp geht weitgehend quer zur Hauptwindrichtung auf den Gefährdungsbereich zu, führt in Abständen von ca. 100 m eine Messung durch und kehrt zurück, wenn eine definierte Grenzkonzentration erreicht bzw. überschritten ist.



Abbildung 4.38: Spürtaktik „Grenzmessung“

Eintauchen

Der Spür- und Messtrupp geht weitgehend quer zur Hauptwindrichtung auf den Gefährdungsbereich zu, führt unter spezieller persönlicher Schutzausstattung in Abständen von ca. 100 m eine Messung durch. Der Trupp kehrt um, wenn neben der definierten Grenzkonzentration eine zweite Umkehrkonzentration erreicht bzw. überschritten ist. Wird diese Umkehrkonzentration nicht erreicht durchkreuzt der Trupp den Gefährdungsbereich.

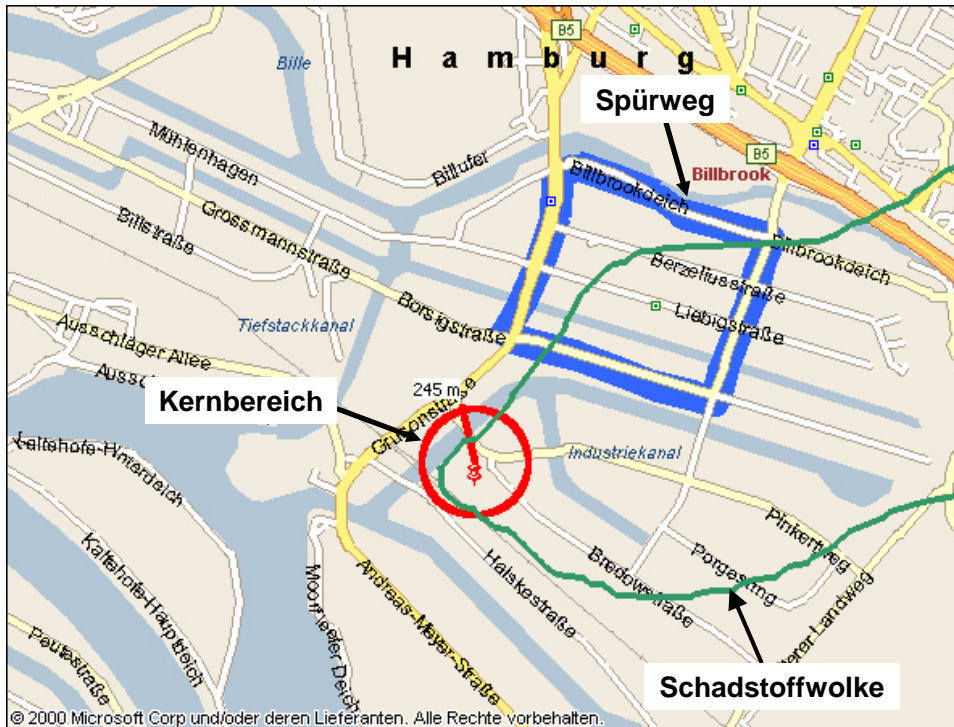


Abbildung 4.39: Spürtaktik „Eintauchen“

Kreuzung

Der Spür- und Messtrupp durchkreuzt den Gefährdungsbereich quer zur Hauptwindrichtung und führt unter spezieller persönlicher Schutzausstattung ca. alle 100 m eine Messung durch.



Abbildung 4.40: Spürtaktik „Kreuzen“

Die Einsatzlenkung einzelner Spür- und Messtrupps (ca. drei Trupps) bei Schadstoffausbreitungen bis zu einer Entfernung von ca. 5 km kann von der Einsatzleitung mit Führungsstab in der Regel realisiert werden. Bei großflächigen oder langwierigen Schadstoffausbreitungen sowie großen kontaminierten

Flächen (> 5 km²) muss eine Vielzahl von Spür- und Messtrupps gelenkt werden. Um die Einsatzlenkung der Trupps sowie die Erfassung und Beurteilung der einzelnen Ergebnisse effektiv realisieren zu können, werden den einzelnen Trupps sogenannte Sektoren zum Spüren zugewiesen. Weiterhin wird die jeweilige Spürtaktik („Grenzmessung“, „Eintauchen“ oder „Kreuzen“) sowie die ggf. erforderlichen Grenzwerte vorgegeben. Der Einsatz der Spürtrupps erfolgt weitgehend eigenverantwortlich in den zugewiesenen Sektoren. Meldungen werden nur dann übermittelt, wenn außergewöhnliche Erkenntnisse oder Effekte eintreten. Unter Berücksichtigung der Regelungen aus den „Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen“ [197,198] wurde für die Warnung oder Information der Bevölkerung sowie die Lenkung der Spür- und Messtrupps die Einteilung des Warn- und Gefahrenbereiches der Schadstoffausbreitung in eine neue Struktur von Sektoren entwickelt.

In einem Abstand bis zu 500 m von der Quelle (Kernbereich) erfolgt zunächst keine Unterteilung in Sektoren.

In einem Abstand von 500 m bis 5.000 m erfolgt die Einteilung in 12 Sektoren (01 bis 12). Dabei wird das Zentrum der Sektoreneinteilung auf den Ort der Schadstoffquelle gelegt. Der Sektor 01 mit einer Breite von 30° zeigt dabei symmetrisch zur Nordrichtung.

Die konzentrischen Kreise mit den Radien 0,5 km, 1,0 km, 1,5 km und so fort, werden von innen nach außen mit 01 beginnend fortlaufend gezählt.

In einem Abstand von 5.000 m bis 10.000 m werden die bestehenden 12 Sektoren in 12 weitere Teilsektoren untergliedert (Teilsektoren 01 a bis 12 b). Die Ausrichtung der 12 Sektoren ändert sich dabei nicht.

In einem Abstand von 10.000 m bis 15.000 m werden die bestehenden 12 Sektoren in 24 weitere Teilsektoren untergliedert (Teilsektoren 01 a bis 12 c). Die Ausrichtung der 12 Sektoren ändert sich dabei nicht.

In einem Abstand von 15.000 m bis 20.000 m werden die bestehenden 12 Sektoren in 36 weitere Teilsektoren untergliedert (Teilsektoren 01 a bis 12 d). Die Ausrichtung der 12 Sektoren ändert sich dabei nicht.

In einem Abstand von 20.000 m bis 25.000 m werden die bestehenden 12 Sektoren in 48 weitere Teilsektoren untergliedert (Teilsektoren 01 a bis 12 e). Die Ausrichtung der 12 Sektoren ändert sich dabei nicht.

In einem Abstand von 25.000 m bis 30.000 m werden die bestehenden 12 Sektoren in 60 weitere Teilsektoren untergliedert (Teilsektoren 01 a bis 12 f). Die Ausrichtung der 12 Sektoren ändert sich dabei nicht.

Mit dieser Einteilung der Teilsektoren wird erreicht, dass die jeweiligen Flächen nur in einem Bereich von ca. 700.000 m² bis 1.300.000 m² variieren. Damit ist jeder Teilsektor eindeutig mit einer prägnanten Bezeichnung bestimmt. Dabei wird mit der ersten beiden Ziffern (01 bis 12) der Sektor (alle 30°) bezeichnet. Mit der dritten und vierten Ziffer (einschließlich der ggf. vorangestellten Null) wird der Abstand vom Zentrum angegeben. Mit dem Buchstaben (kleingeschrieben) wird der Teilsektor bestimmt. Die Nomenklatur der eindeutigen Bezeichnung ergibt sich aus folgenden Beispielen:

- 11/10/b
- 05/08/a
- 07/16/d
- 02/02/-

Grundsätzlich erfolgt die Sektorenkennzeichnung immer vollständig. Die jeweiligen Angaben werden durch einen Schrägstrich getrennt.

Wird in einem Teilsektor von einem Spür- und Messtrupp an einem der Messorte ein Wert oberhalb der Grenzkonzentration gemessen, so gilt die Teilsektor als betroffen. Desgleichen gilt, wenn der Teilsektor durch die Ergebnisse der Ausbreitungsberechnung oder der vorgeplanten Ausbreitungskeule berührt wird. Durch eine unterschiedliche farbige Markierung (bzw. entsprechende Schraffur) der Teilsektoren kann visuell dargestellt werden, ob der Sektor im Warnbereich, im vorausberechneten Gefährdungs- oder im tatsächlichen Gefährdungsbereich liegt. Als Warnbereich sollte grundsätzlich die Region definiert werden, die jeweils links und rechts Winkel von 45° zur Hauptwindrichtung liegt. Der Gefährdungsbereich ist die Region, die aufgrund der vorausgerechneten Ausbreitung betroffen oder aufgrund der real gewonnenen Messergebnisse tatsächlich betroffen ist.

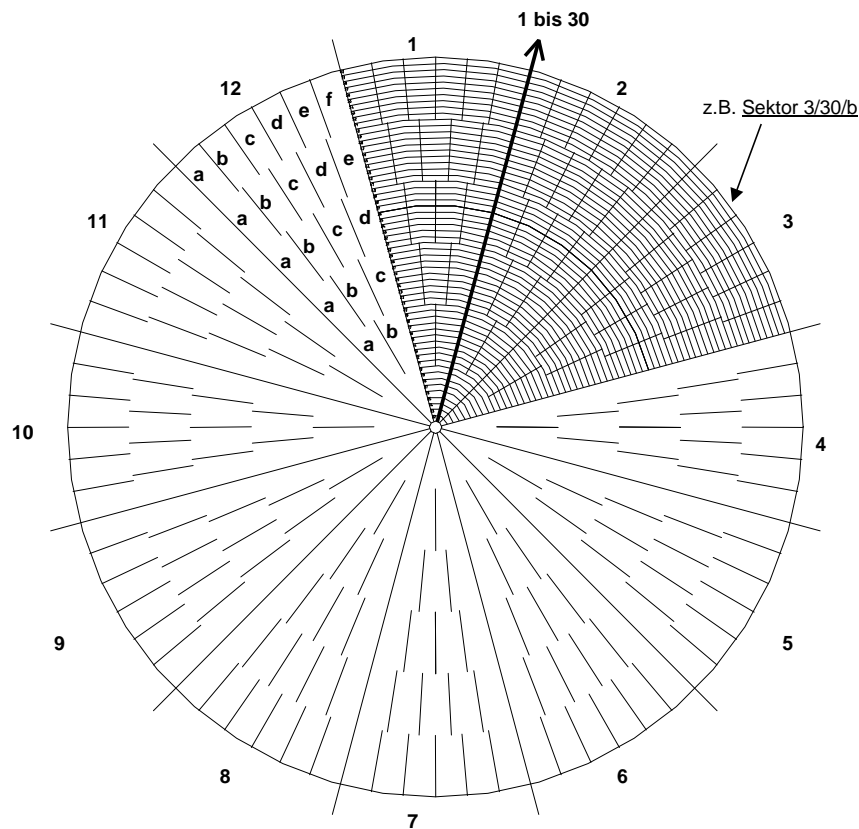


Abbildung 4.41: Darstellung der Sektorenkarte

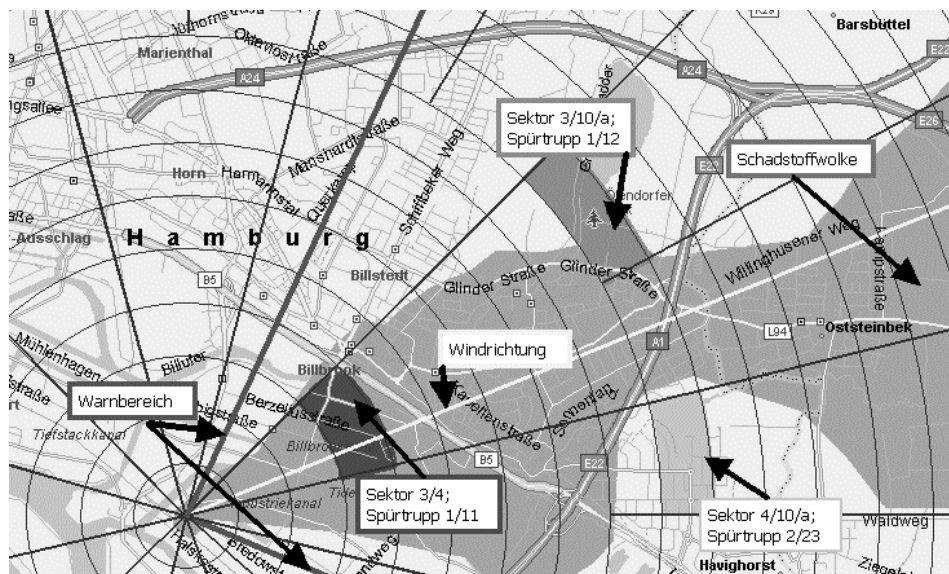


Abbildung 4.42: Darstellung belasteter Sektoren

Anschluss von Experten

4.13.8 Datenfernübertragung zum Experten

Mittels Fernsteuerungsprogrammen und Techniken der Datenfernübertragung ist es allgemein möglich, die vor-Ort durch die operative Einheit gewonnenen Analysedaten zu einem Experten zu senden bzw. eine Fernsteuerung von Mess-Systemen vorzunehmen (Abbildung 4.43). Von besonderem Interesse ist die Übertragung von GC-MS-Daten für die Bewertung durch einen Analytiker bzw. Toxikologen oder Mediziner.

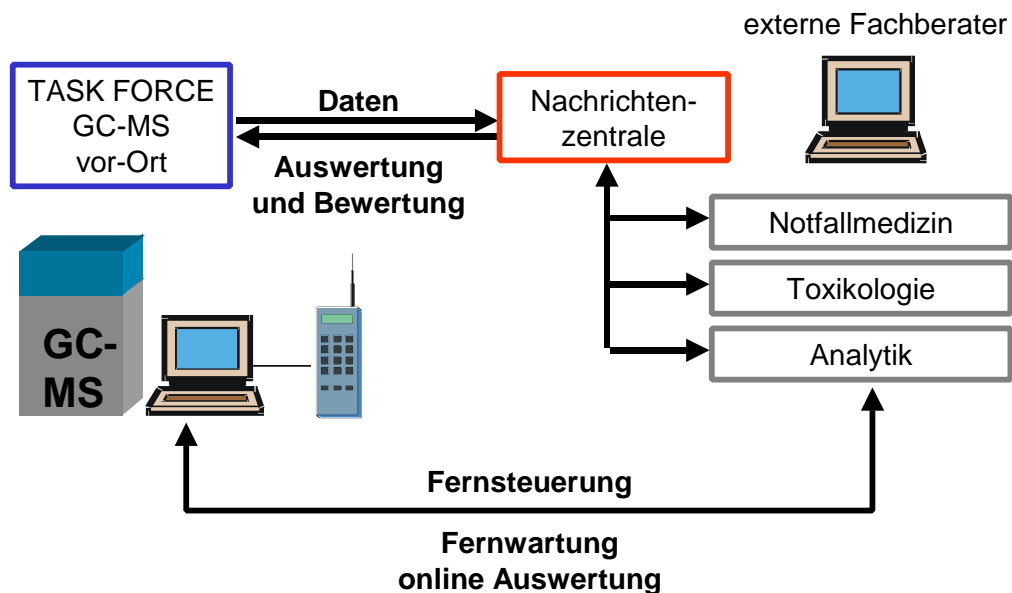


Abbildung 4.43: Übertragung von Analysedaten und Zusammenspiel zwischen operativer Einheit und externen Fachberater

4.13.8.1 Übertragung von GC-MS-Daten

Der Prozessrechner des GC-MS-Systems arbeitet unter dem Betriebssystem OS/2. Um den Anschluss an moderne Mobiltelefone (nicht OS/2-fähig) zu ermöglichen, wird der OS/2-Prozessrechner über Ethernet und TCP/IP mit einem unter Windows NT laufenden Rechner verbunden, auf dem die Software für die Datenfernübertragung über Mobilfunknetze installiert ist (Abbildung 4.44). Ein nicht vor Ort befindlicher Analytikexperte kann sich über Modem oder ein weiteres Mobiltelefon in das Analysesystem einwählen, das GC-MS-System fernsteuern bzw. die aktuellen Analysedaten online auswerten und interpretieren. Toxikologen und Mediziner können die Analysedaten übermittelt werden.

Als Fernsteuersoftware wurde im Rahmen des Projektes Remote Services Management (RSM) benutzt. Remote Services Management (RSM) ermöglicht den Fernzugriff auf Netzwerkrechner unter den Betriebssystemen DOS, Windows 3.1/95/98/NT sowie OS/2 über verschiedenste Netzwerkprotokolle (TCP/IP, NetBIOS 1/3/4, IPX/SPX, ISDN, X25, APPC/APPN).

Die Dauer der Übertragung wird u.a. von der Größe des GC-MS-Laufes beeinflusst. Zur Untersuchung der Übertragungszeiten wurde ein größerer GC-MS-Lauf mit 889 kByte mit 52 separierten Peaks und einer Analysendauer von 10 min herangezogen (s. Abbildung 4.45).

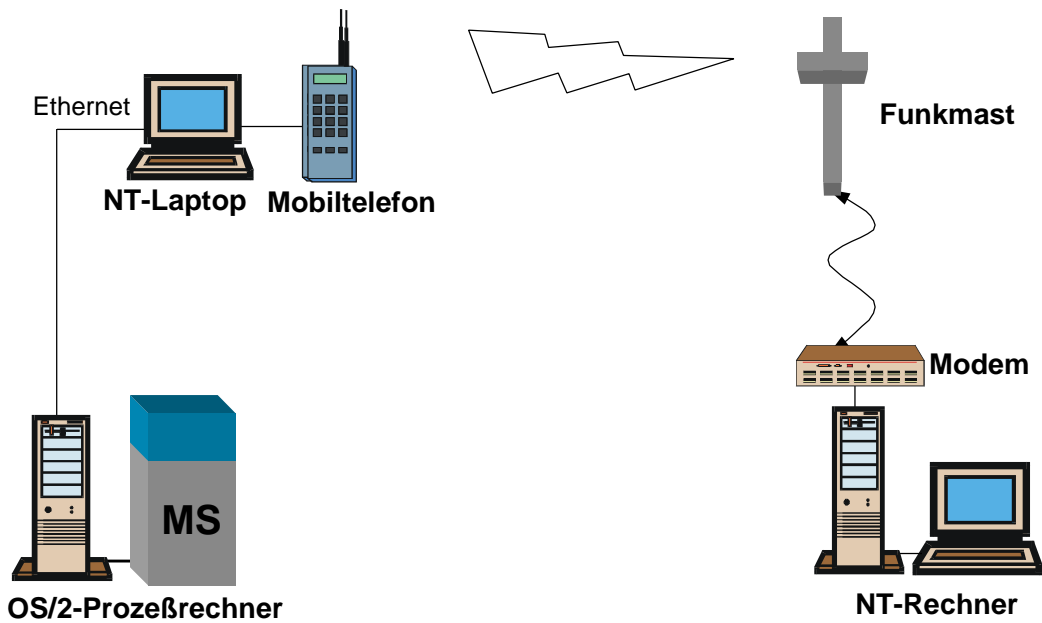


Abbildung 4.44: Fernsteuerung des GC-MS-Systems EM640 über Mobiltelefon zur Anbindung von Experten

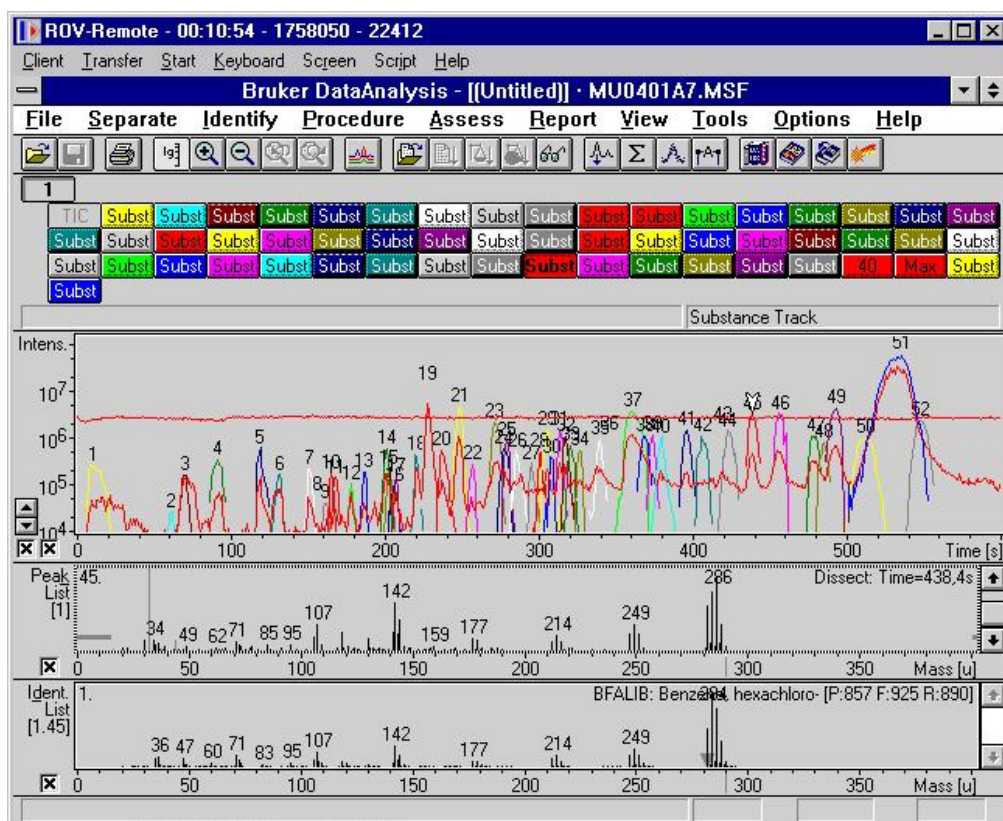


Abbildung 4.45: Remote-Bildschirm des GC-MS-Auswerteprogramms DataAnalysis

Neben den GC-MS-Rohdaten (MSF-Datei) wird vom Auswerteprogramm DataAnalysis (Bruker Daltonik GmbH) des GC-MS-Systems EM640 nach der Auswertung eine Datei für das Auswertergebnis (MSR-Datei) angelegt, das die Daten der Nachbearbeitung durch Spektrenseparation, der Bibliothekssuche, aus Gefahrstoffdatenbanken und andere GC-MS-spezifische Informationen enthält. Da die Größe der MSR-Dateien kleiner als die der MSF-Dateien ist, reicht es

für eine rein rechnergestützte Auswertung durch den Analytikexperten aus, lediglich die MSR-Datei zurückzusenden.

Für die Übertragung von GC-MS-Daten ergeben sich damit folgende Varianten:

- Übertragung von MSF- und MSR-Dateien von der Einsatzstelle über das Command- und Coordination-Center (CCC) zum Experten (Analytik/Tox/Med)
- Expertenauswertung durch den Analytiker (MSR-Datei) über das CCC zur operativen Einheit vor-Ort und zum Experten für Notfallmedizin und Toxikologie

Der Informationsfluss wird idealer Weise durch das CCC koordiniert.

4.13.8.2 Übertragungszeiten

Die im folgenden aufgenommenen Übertragungszeiten beziehen sich auf das derzeit zur Verfügung stehenden GSM-System (Global System for Mobile Communications). Als Fernsteuersoftware wurde Remote Services Management (RSM) benutzt.

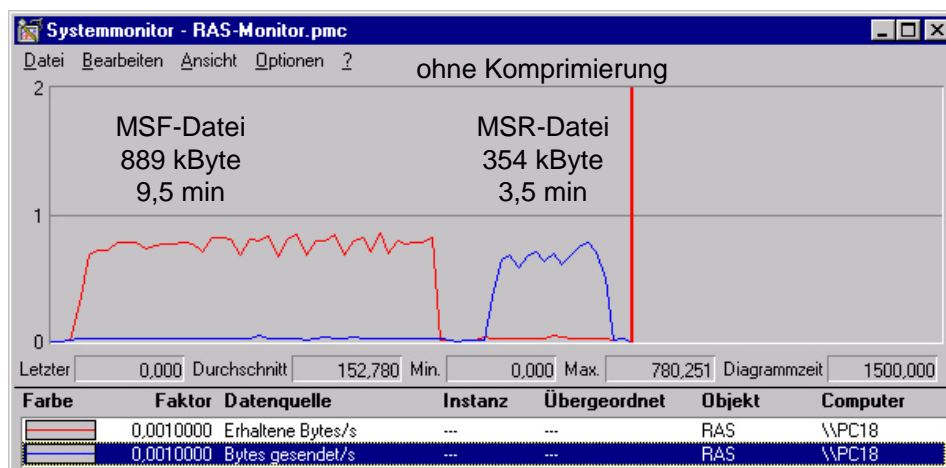


Abbildung 4.46: Datenfernübertragung ohne Komprimierung. MSF-Datei von OS/2-Prozessor auf NT-Rechner, MSR-Datei von NT-Rechner auf OS/2-Prozessor

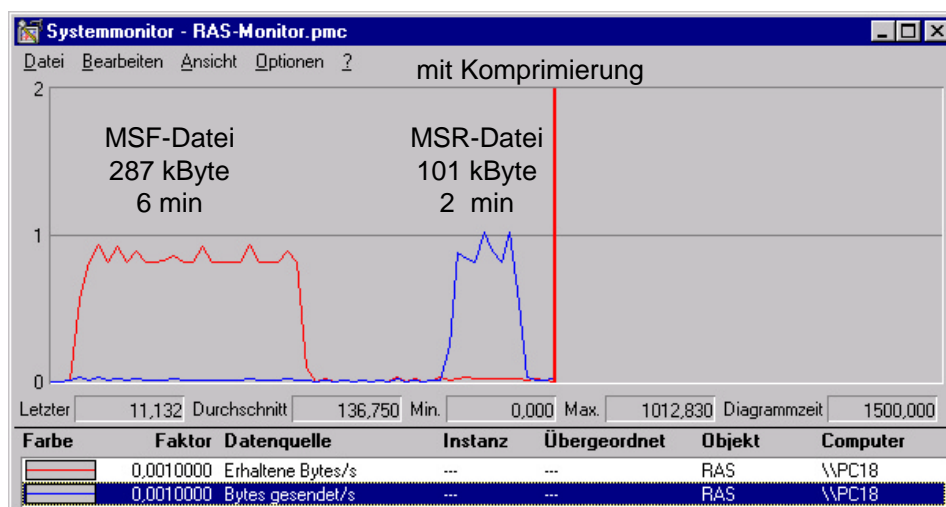


Abbildung 4.47: Datenfernübertragung mit Komprimierung MSF-Datei von OS/2-Prozessor auf NT-Rechner, MSR-Datei von NT-Rechner auf OS/2-Prozessor

Zur Untersuchung der Übertragungsraten ist der GC-MS-Lauf und die Auswertedatei zunächst ohne vorherige Komprimierung übertragen worden. Für die MSF-Datei von 889 kByte ist eine

Übertragungszeit von 9,5 min gemessen worden. Die dazugehörige Auswertedatei hat eine Größe von 354 kbyte. Die Übertragungszeit hierfür beträgt 3,5 min.

Tabelle 4.1: Übertragungszeiten GC-MS-Daten

	ohne Komprimierung		mit Komprimierung	
	Größe in kByte	Übertragungszeit in min	Größe in kByte	Übertragungszeit in min
GC-MS-Datei (MSF)	889	9,5	287	6
Auswertedatei (MSR)	354	3,5	101	2

RSM führt intern bei der Übertragung der Daten eine Komprimierung durch. Die Übertragungszeiten lassen sich zusätzlich durch vorherige Komprimierung (zip-Format) um ca. 1/3 reduzieren (vgl. Abbildung 4.47). Die entsprechenden Übertragungszeiten sind in Tabelle 4.1 zusammengefasst.

4.13.8.3 Fernsteuerung und online Zugriff auf GC-MS-Daten

Neben der Übertragung der GC-MS-Daten besteht mit RSM die Möglichkeit, eine Fernsteuerung des GC-MS-Systems (z.B. zur Änderung der Konfiguration oder zu Wartungszwecken) durchzuführen oder die Aufnahme der GC-MS-Daten online zu verfolgen und zu bewerten. In Abbildung 4.48 ist der Zugriff auf den Remote-Bildschirm des GC-MS-Steuerprogramms LabStar dargestellt.

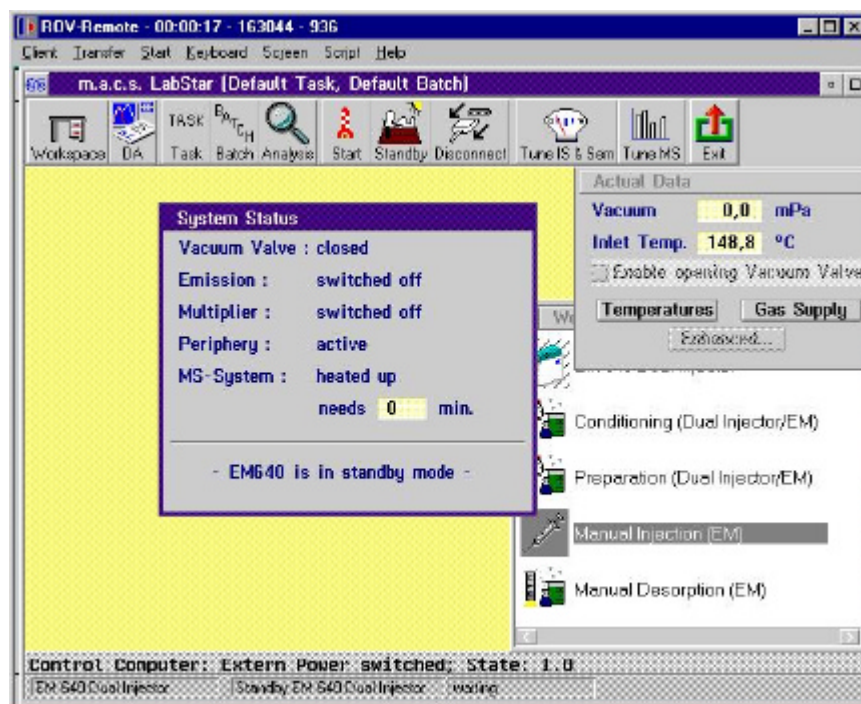


Abbildung 4.48: Remote-Bildschirm des GC-MS-Steuerprogramms LabStar

Von dort können in Abhängigkeit von den Zugriffsrechten des Bedieners die unterschiedlichen Eigenschaften des GC-MS-Systems verändert oder ferngesteuert Methoden gewählt sowie Analysen gestartet und ausgewertet werden.

Die Bedienung über RSM erfolgt per Maus und Tastatur, und ist vergleichbar mit der Bedienung eines lokal installierten Programms, lediglich die Geschwindigkeit des Bildaufbaus und die Reaktionszeit auf Eingaben sind langsamer. Die Daten können in unterschiedlichen Komprimierungsstufen übertragen werden. Zusätzlich ist die Anzahl der übertragenen Farben wählbar. Die durchschnittlich

benötigte Datenrate beträgt abhängig von der Farbenanzahl, Komprimierung und Anwendung zwischen 1 bis 8 kByte/s.

Zur Untersuchung wurde beispielhaft ein einfaches Fernsteuerungsszenario durchgespielt, das die in Tabelle 4.2 dargestellten Phasen umfasst. Parallel dazu wurden die benötigte Zeit inklusive des Verbindungsaufbaus sowie die gesendeten und empfangenen Datenraten aufgezeichnet (vgl. Abbildung 4.49).

Tabelle 4.2: Phasen des Fernsteuerungsszenario

Phase	Funktion	Zeitfenster
I:	RAS*/RSM Verbindungsaufbau	0 - 50 s
II:	Aufbau LabStar-Fenster	50 - 70 s
III:	Start einer GC-MS-Analyse	70 - 100 s
IV:	Wechsel zum DataAanalysis-Fenster	100 -130 s
V:	Spektrenaufnahme online verfolgt	130 - 500 s
VI:	Wechsel zum Labstar-Fenster	500 - 530 s
VII:	Tune der Ionenquelle	530 - 830 s

*RAS-Dienst (Remote Access Service) unter WindowsNT

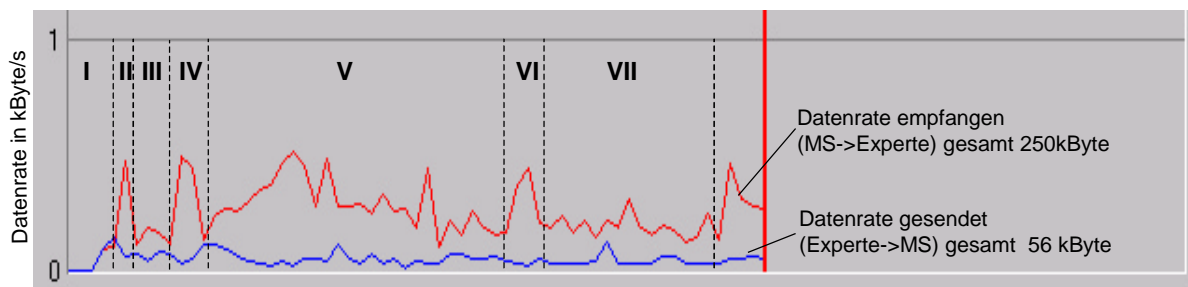


Abbildung 4.49: Szenario zur Fernsteuerung des GC-MS-Systems

Der Verbindungsaufbau (I, Einwahl und Aufbau der Fernsteuerungssoftware) benötigt ca. 50 s. Anschließend wurde zum LabStar-Fenster (II) gewechselt, eine Analyse gestartet (III) und zum Verfolgen der aktuellen Spektren zum Auswerteprogramm DataAnalysis (DA) gewechselt. Im Auswerteprogramm DA werden alle 5 s die GC-MS-Daten aktualisiert.

Die Übertragungszeiten sind ausreichend, um den Bildaufbau über die Fernsteuerungssoftware im 5 s-Takt zu verfolgen. Weitere Aktionen, wie gezielte Spektrenseparation und Bibliothekssuche, werden jedoch nur verzögert übertragen. Mit der Einführung des UMTS-Standards (Universal Mobile Telecommunications Systems) werden die Übertragungszeiten voraussichtlich keine entscheidende Rolle mehr spielen und die Fernsteuerung komfortabler gestalten.

4.13.9 Experte Analytik

Spezielles Fachwissen im Bereich Analytik besteht bei folgenden Einrichtungen:

- Institut der Feuerwehr Sachsen-Anhalt
- Berufsfeuerwehr Mannheim
- Bundeswehr ABC-Abwehrschule Sonthofen
- Feuerwehr Hamburg
- Feuerwehr Frankfurt am Main
- Landesumweltamt Nordrhein Westfalen
- Landesumweltamt Brandenburg
- Technische Universität Hamburg-Harburg, Arbeitsbereich Messtechnik

4.13.9.1 Verifikation und Interpretation der Messdaten

Nach der Datenfernübertragung an den Experten liegen diesem die Stoffvorschläge der FTIR-Analyse, die Signalfolge des GDA und der GC-MS-Lauf vor.

4.13.9.2 Beurteilung der Ergebnisse der FTIR- und GDA-Messungen

Die Bearbeitung der FTIR-Signale wird am Gerät selbst durchgeführt und ist nicht durch den Experten beeinflussbar. Dementsprechend wird dieser Stoffvorschlag als weiterer Hinweis übernommen.

Die 8 Signalkanäle des GDA erlauben eine erste Klassifizierung der detektierten Stoffe. Charakteristische Aussagen sind besonders von den Kanälen A-D, den Signalen des IMS, zu erwarten, da besonders selektiv polare Stoffe angezeigt werden. Es gibt zwei Arten das IMS zu betreiben: den Negativ-Ionen- und den Positiv-Ionen-Betrieb. Hier gilt es noch zu unterscheiden zwischen Stoffsignalen die vor bzw. nach dem Reaktantenpeak (RIP) auftreten, so dass insgesamt vier Signalkategorien (dargestellt in Kanälen A-D) zu beachten sind. Die Art der Stoffe, die bei den jeweiligen Betriebsarten typischerweise auftreten können, sind in der folgenden Auflistung dargestellt.

- Kanal A (positive Ionen vor RIP)
einziger relevanter Stoff: Ammoniak
- Kanal B (negative Ionen vor RIP)
Blausäure, kurzkettige Halogenkohlenwasserstoffe
- Kanal C (positive Ionen nach RIP)
Moleküle mit Carbonylfunktion, stickstoffhaltige Verbindungen, Aromaten mit ungesättigter Seitenkette
- Kanal D (negative Ionen nach RIP)
Isocyanate, eher unspezifischer Response,

Die Signale in Kanal E und F werden durch Halbleitersensoren erzeugt. Aufgrund unterschiedlicher Ausfertigung differieren sie im Ansprechverhalten. Dies ist allerdings weniger von diagnostischen Wert, sondern eher bei der Stoff-Erkennung über Musterzuordnung nützlich.

Die Signale in Kanal G stammen von einer elektrochemischen Zelle die spezifisch für die Detektion von Phosgen ausgelegt ist. Querempfindlichkeiten bestehen gegenüber Chlor und Schwefelwasserstoff.

Kanal H zeigt die Signale eines Photoionisationsdetektors (PID) an. Signale werden vorzugsweise von Kohlenwasserstoffen bzw. Kohlenwasserstoffanteilen im Molekül und durch Aromaten erzeugt.

Als Beispiel soll die Interpretation des im Einsatzszenarium vorgeschlagenen Stoffes, 1,1,1-Trichlorpropanon, angeführt werden (GDA-Signal s. Abbildung 4.50). Das Ansprechen der Kanäle B und C (IMS) weist auf einen Stoff mit Halogenanteil hin. Das Signal bei C deutet lässt eine Carbonylfunktion vermuten. Das Ansprechen des PID (Kanal H) könnte durch Kohlenwasserstoffbindungen erzeugt werden.

Alle Informationen, die aus FTIR und GDA erhalten werden bilden eine wichtige Ergänzung zur Interpretation der Massenspektren des GC-MS-Laufes.

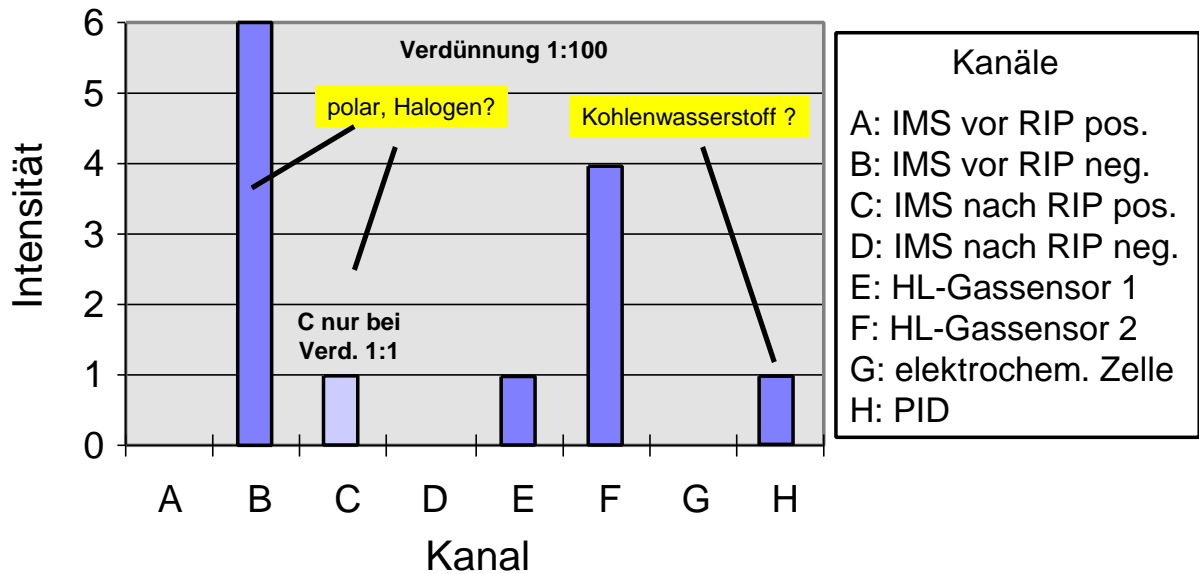


Abbildung 4.50: GDA-Signale in Gegenwart von 1,1,1-Trichlorpropanon

4.13.9.3 Expertenauswertung GC-MS

Die Analyse von Proben, die zur Kategorie I und II gehören (Kategorie I: Chemieunfall, Austritt einer Einzelsubstanz, Kategorie II: Chemieunfall mit Reaktion, Austritt mehrerer Substanzen, Kategorie III: Brände, hoch komplexes Stoffgemisch) [29], werden damit in der Regel mit großer Wahrscheinlichkeit automatisch analysiert. Bei komplexen Proben der Kategorie III muss zur Verifikation des Analyseergebnisses ein Analytikexperte herangezogen werden. In diesem Fall muss eine Datensicht vorgenommen und weitere Auswertemethoden herangezogen werden. Die aufgenommenen überlagerten Massenspektren, die separierten Massenspektren, die dazugehörigen Bibliotheksvorschläge sowie die Retentionszeiten bzw. Retentionsindizes der Substanzvorschläge müssen überprüft werden.

Spektrenseparation

Die Spektrenseparation kann mit Hilfe des AMDIS (Automated Mass Spectral Deconvolution and Identification System) Separationsalgorithmus überprüft werden. Dieser Separationsalgorithmus ist als Programm neben einem Interpretationsprogramm für Massenspektren und einem Isotopenkalkulations-Programm in der NIST98 integriert. Dieses Separationsprogramm ist prinzipiell für die Analyse sogenannter „Target“-Verbindungen ausgelegt und ursprünglich für die automatische GC-MS-Analyse von chemischen Kampfstoffen im Rahmen des Chemiewaffen-Abkommens der OPCW (Organization for the Prohibition of Chemical Weapons) entwickelt worden.

Im Suchergebnis wird die Zahl der separierten Massenspektren und die Zahl der gefundenen Target-Verbindungen angegeben. Letztere ist abhängig von der zuvor gewählten Target-Bibliothek. Dafür stehen sechs Bibliotheken für Substanzen aus unterschiedlichen Bereichen zur Verfügung:

- NISTCW: 62 Einträge, Chemiewaffen
- NISTDRUG: 778 Einträge, Drogenanalytik
- NISTEPA: 1106 Einträge, Umweltanalytik, Target-Komponenten der US-EPA (Environmental Protection Agency der USA)
- NISTFDA: 419 Einträge, Lebensmittelanalytik, Target-Komponenten der FDA (Food and Drug Administration der USA)
- NISTTOX: 1251 Einträge, Toxikologie
- NISTFF: 993 Einträge, Aroma- und Duftstoffe

Im Rahmen von Störfalleinsätzen ist die Auswertung mit dem AMDIS-Verfahren für die Überprüfung von GC-MS-Läufen durch Analytikexperten geeignet. Für den Routineeinsatz muss die Auswertung automatisch erfolgen. Dies ist z.Zt. nur unter der graphischen Benutzeroberfläche in Kombination mit den erstellten feuerwehrspezifischen Datenbanken möglich.

3D-Darstellung und AMDIS

Zur Visualisierung der gesamten Information, die ein GC-MS-Lauf liefert, wurde die in Abbildung 4.51 gezeigte 3D-Darstellung einer einfachen GC-MS-Analyse (Dissect vgl. Abbildung 4.52, AMDIS vgl. Abbildung 4.53) entwickelt.

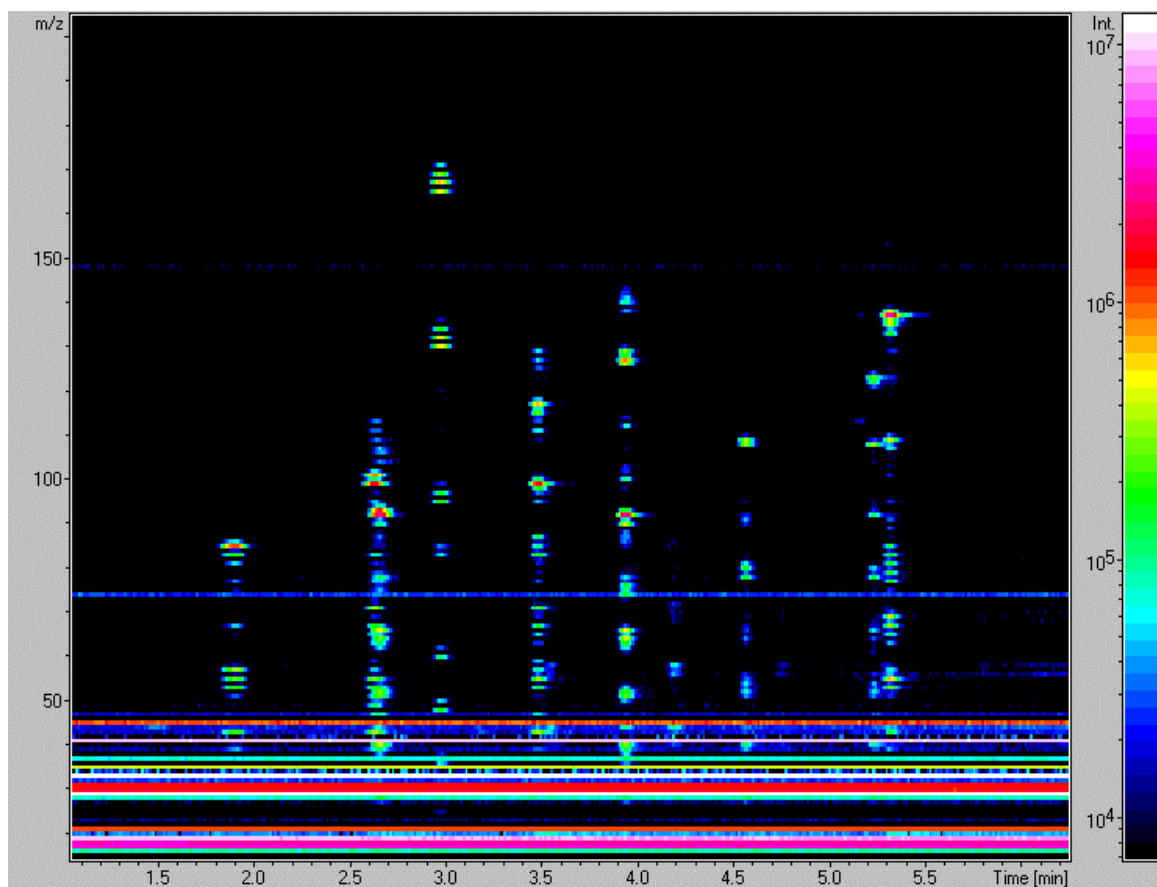


Abbildung 4.51: 3D-Darstellung einer GC-MS-Analyse. Die Intensität der Ionen ist logarithmisch dargestellt.

Innerhalb der Papierebene ist auf der x-Achse die Zeit, zu der die Stoffe am Ende der GC-Kapillare eluieren, und auf der y-Achse das m/z-Verhältnis aufgetragen. Die Intensität der detektierten Ionen wird durch einen unterschiedlichen Farbverlauf (oder Graustufen bei einer Schwarz/Weiß-Darstellung) wiedergegeben. Die Ionen-Intensität ist hier in logarithmischer Skalierung dargestellt. Im unteren Massenbereich erscheinen die Ionen, die kontinuierlich durch die Ionisierung des Trägergases gebildet werden, als durchgezogene Linien. Diese Darstellung erlaubt einen schnellen Überblick über die gewonnenen Daten und kann z.B. zur Identifizierung von chlororganischen Verbindungen bei GC-Läufen mit starker Peaküberlagerung herangezogen werden.

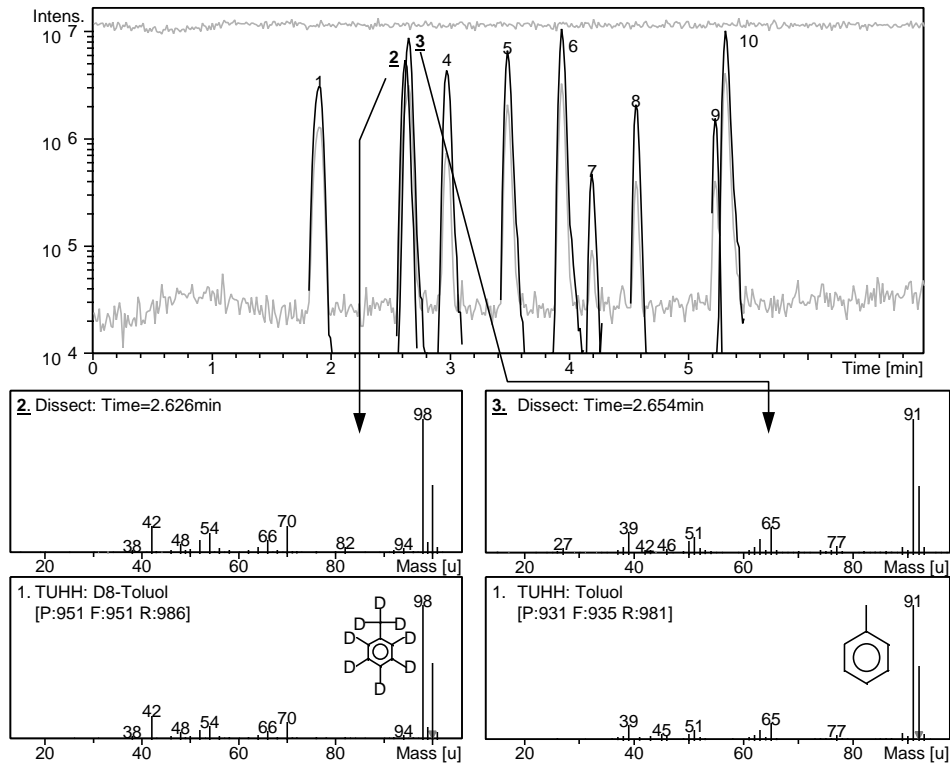


Abbildung 4.52: Separiertes Substanzchromatogramm (Dissect) und die separierten Massenspektren mit Referenzspektren aus einer MS-Bibliothek für Peak 2 und 3. Identifizierte Verbindungen: 1: d₆-Benzol, 2: d₈-Toluol, 3: Toluol, 4: Tetrachlorethen, 5: d₁₀-o-Xylol, 6: p-Chlortoluol, 7: Undecan, 8: m-Kresol, 9: 3,4-Dimethylphenol, 10: d₈-Naphthalin

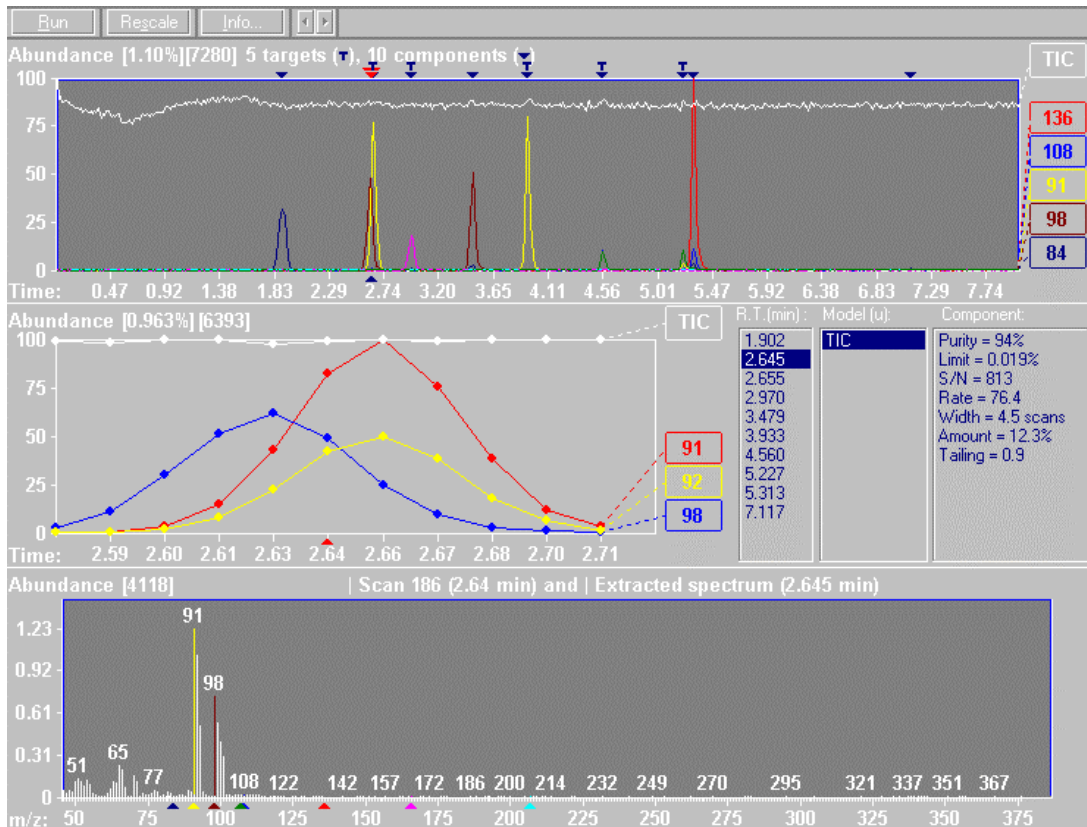


Abbildung 4.53: Spektrenseparation mit AMDIS, gleiche Analyse wie unter Abbildung 4.52

Bei starker Peaküberlagerung von Stoffen mit großen Konzentrationsunterschieden können Stoffe mit niedrigen Konzentrationen teilweise nicht mehr durch den Separationsalgorithmus erkannt werden. In Abbildung 4.54 ist ein GC-MS-Lauf einer Rauchgasprobe eines Brandes in einem Chemikalienlager in Form einer 3D-Darstellung in logarithmischer Skala abgebildet, auf dem bei 1,4 min deutlich ein Chlor-Isotopenmuster zu sehen ist.

Das entsprechende Ergebnis der Spektrenseparation ist in Abbildung 4.55 zu sehen. In dem vorliegenden Fall ist der zu diesem Isotopenmuster gehörende GC-Peak durch die Spektrenseparation nicht erkannt worden. Das Isotopenmuster gehört zu Tetrachlormethan, das kurz nach d_6 -Benzol eluiert und von diesem überlagert wird (s. Abbildung 4.55).

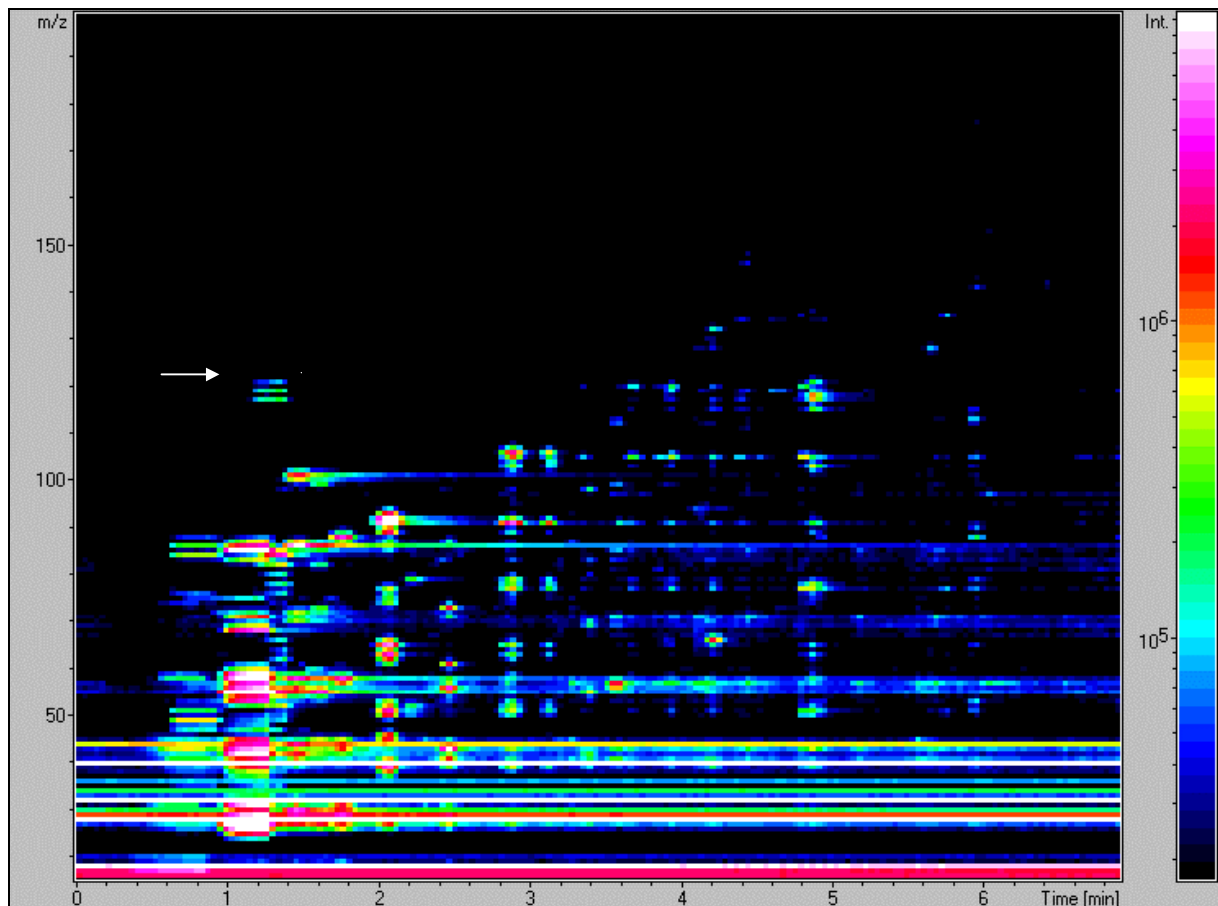


Abbildung 4.54: 3D-Darstellung einer GC-MS-Analyse. Der eingekreiste Bereich zeigt ein Chlor-Isotopenmuster. Die Intensität der gebildeten Ionen ist logarithmisch dargestellt.

Besonders bei Großbränden wird die Frage nach halogenierten Dibenzodioxinen (PCDD) oder Dibenzofuranen (PCDF) gestellt. Zahlreiche Untersuchungen haben sich in der Vergangenheit mit der Entstehung und Freisetzung von PCDD und PCDF auseinandergesetzt [199,200,201]. Diese können mit den Methoden der vor-Ort-Analytik nicht direkt nachgewiesen werden, da sie in Konzentrationen auftreten, die eine aufwendige Anreicherung und Stofftrennung über mehrere Stunden erfordert.

Der Nachweis flüchtiger chlorierter und bromierter organischer Verbindung spielt jedoch im Rahmen der Gefahrstoffanalytik bei Feuerwehren eine große Rolle, da diese als Leitstoffe für PCDD und PCDF dienen können [165,202]. Charakteristische Brom- und Chlorisotopenmuster können mit der 3D-Darstellung schnell erkannt werden.

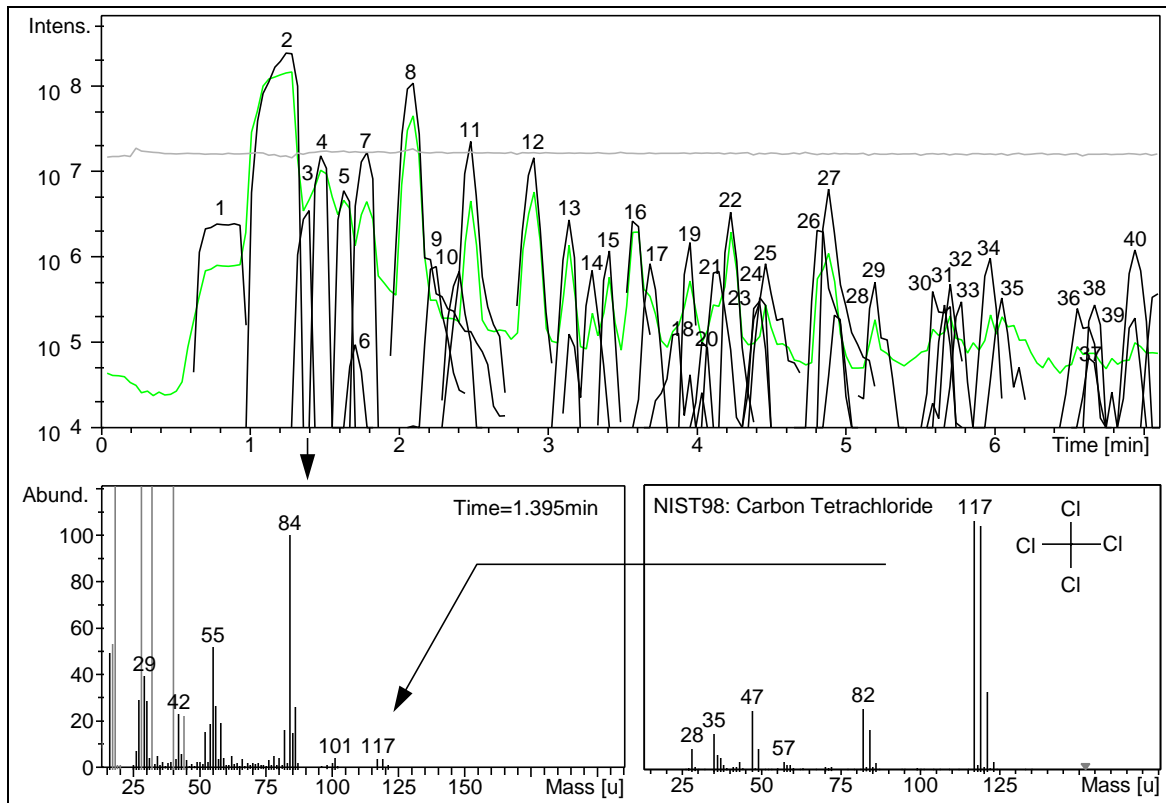


Abbildung 4.55: GC-MS-Analyse einer Rauchgasprobe von einem Brand in einem Chemikalienlager. oberes Teilbild: Substanzionenchromatogramm; Peak 3: d_6 -Benzol, 4: Triethylamin; unteres Teilbild links: überlagertes Massenspektrum bei 1,4 min zwischen Peak 3 u. 4; die Massen 117, 119 und 121 gehören zu Tetrachlormethan (Teilbild rechts), das kurz nach d_6 -Benzol eluiert und in diesem Lauf nicht separiert worden ist.

Beim Einsatz der analytischen Task Force im Großschadensfall werden die GC-MS-Daten einem Team von Experten übermittelt. Abbildung 4.56 zeigt schematisch die Auswertung der gewonnenen GC-MS-Daten durch einen Experten aus dem Bereich Analytik. Der Analytikexperte kann die Daten auch online verfolgen und über geeignete Kommunikationsmittel unmittelbar eine vorläufige Beurteilung der Analysedaten vornehmen.

In komplizierten Fällen werden die GC-MS-Daten sowie protokollierte Daten zur Probenahme und zu äußeren Bedingungen übermittelt und der Analytikexperte nutzt die ihm zur Verfügung stehenden Mittel für eine Expertenauswertung. Anhand der Retentionszeiten bzw. -indizes wird ein Plausibilitätstest der Bibliotheksvorschläge vorgenommen. In der 3D-Darstellung werden die Daten auf Chlor- bzw. Brom-Isotopenmuster hin untersucht. Die Qualität der Spektrenseparation wird im Zweifelsfall mit dem AMDIS-Verfahren überprüft. Die Massenspektren von Stoffen, die nicht in den zur Verfügung stehenden MS-Bibliotheken enthalten sind, müssen, wenn möglich, interpretiert werden.

Zur Einschätzung der Gefährlichkeit der identifizierten Stoffe stehen ihm Stoff- bzw. Gefahrstoffdatenbanken und, um sich ein allgemeines Bild der Lage zu verschaffen, Ausbreitungsmodelle und digitales Kartenmaterial zur Verfügung. Wenn erforderlich, werden in Absprache mit dem Kommunikationszentrum und der operativen Einheit in Abhängigkeit von der Lageentwicklung vor-Ort Probenahmeraster festgelegt und optimiert. Je nach Fragestellung wird das Resultat der Auswertung durch den Analytikexperten an das Kommunikationszentrum und an Experten aus dem Bereich Notfallmedizin/Toxikologie weitergeleitet.

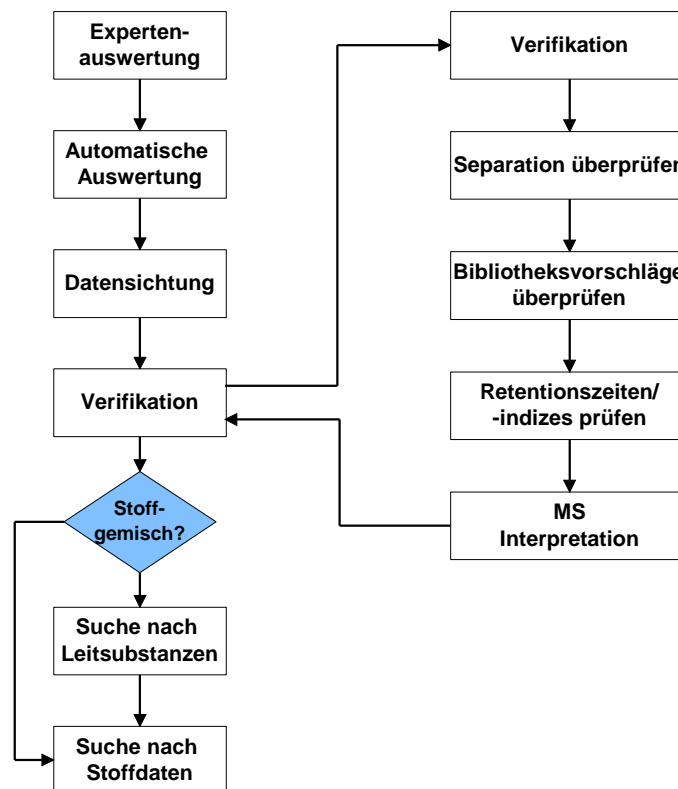


Abbildung 4.56: Expertenauswertung GC-MS

4.13.9.4 Beurteilung der Ergebnisse von GC-MS-Läufen

In jedem MS-Lauf sind die beigefügten 4 internen Standards zu sehen. Signalhöhen und -formen sollten der von Referenzläufe entsprechen. Niedrigere Standardsignale, gemeinsam mit einer niedrigeren Argonlinie weisen auf Falschfunktion des MS hin (schlechte Massenkalisierung, Verschleiß des Detektors). Breite Peaks bzw. einseitige Verbreiterung des Peakfusses (tailing) kennzeichnet Fehler in der gaschromatographischen Trennung (kalte Stellen, Verschleiß der Trennsäule). Ist der GC-MS-Lauf ohne derartige Auffälligkeiten, ist also von einer fehlerfreien Analyse auszugehen, wird die Interpretation des Laufes durchgeführt.

Die Zeit, in der die Stoffe das MS nach der Trennung erreichen (Retentions- oder Elutionszeit), ist bei der verwendeten Trennphase ein typisches Maß für deren Flüchtigkeit. Bei der Spektreninterpretation sehr früh eluierender Verbindungen sind z.B. bei unterschiedlichen Strukturvorschlägen mit nahezu gleichen Massenspektren Moleküle mit höherem Molekulargewicht auszuschließen und umgekehrt niedermolekulare Stoffe bei spät eluierenden Stoffen.

Wird kein Strukturvorschlag von Seiten der Datenbanken gemacht, oder ist dieser fragwürdig, interpretiert der Experte das Massenspektrum aufgrund typischer, für unterschiedliche Molekülstrukturen beschriebenen Zerfallsregeln (Zitat Seibel o.ä.) [203,204]. Neben Regeln wie z.B. der McLafferty-Umlagerung, Fragmentierung in der Nähe von Heteroatomen oder Abspaltung über zyklische Übergangszustände ist das Auffinden von Isotopenmustern von besonders hohem diagnostischen Wert. So können anhand dieser Muster das Auftreten von Chlor oder Brom in einer Verbindungen aufgezeigt werden.

Als Beispiel soll die Interpretation des Massenspektrums des im Einsatzszenarium vorgeschlagenen Stoffes, 1,1,1-Trichlorpropanon, angeführt werden (s. Abbildung 4.57). Das sehr dominante Signal der Masse 43 m/e weist auf eine leicht abspaltbare Kohlenstoffwasserstoffgruppierung an einer Verzweigung oder eine Methoxy-Gruppe hin. Hier handelt es sich um die bevorzugte Abspaltung von CH_3^+ , da dieser Molekülteil, aufgrund der Verzweigung und durch elektronischer Effekte innerhalb der im Rest

befindlichen Heteroatome (Cl, O), begünstigt abspaltet. Ein Molekülsignal tritt scheinbar nicht auf, was im Einklang mit der leichten Fragmentierung mit dem Fragment 43 m/e steht. Bei näherem Hinsehen sind schwache Signale mit typischem Chlor-Isotopenmuster zu erkennen.

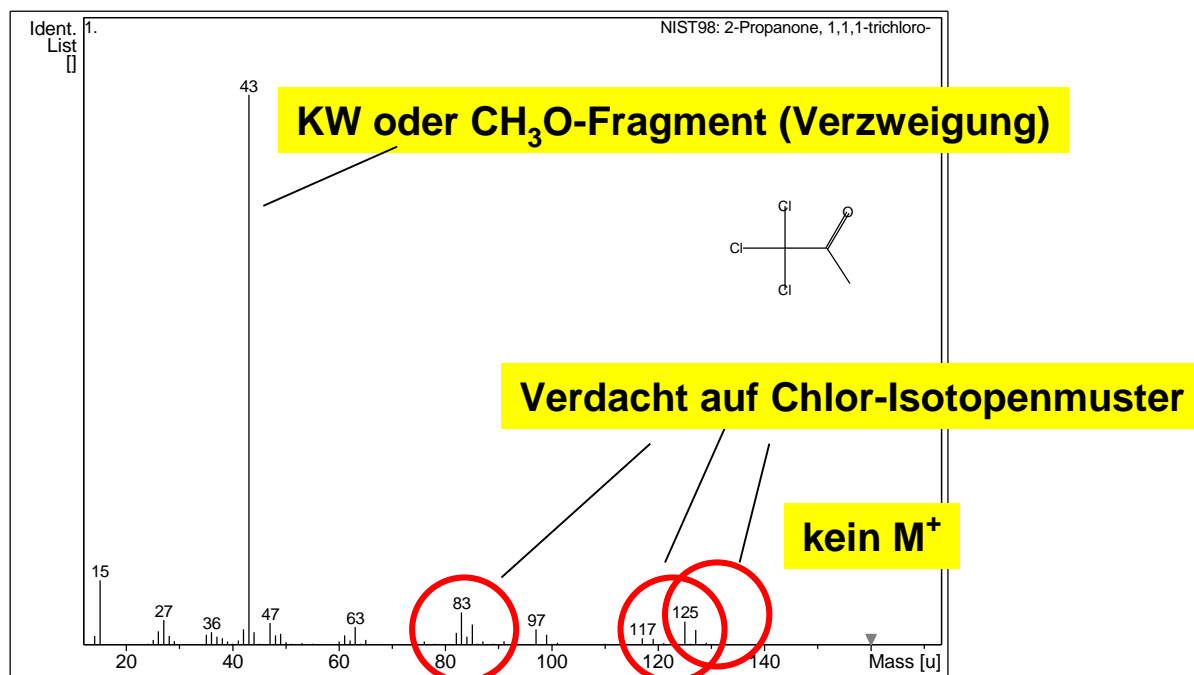


Abbildung 4.57: Massenspektrum von 1,1,1-Trichlorpropanon in der Übersicht

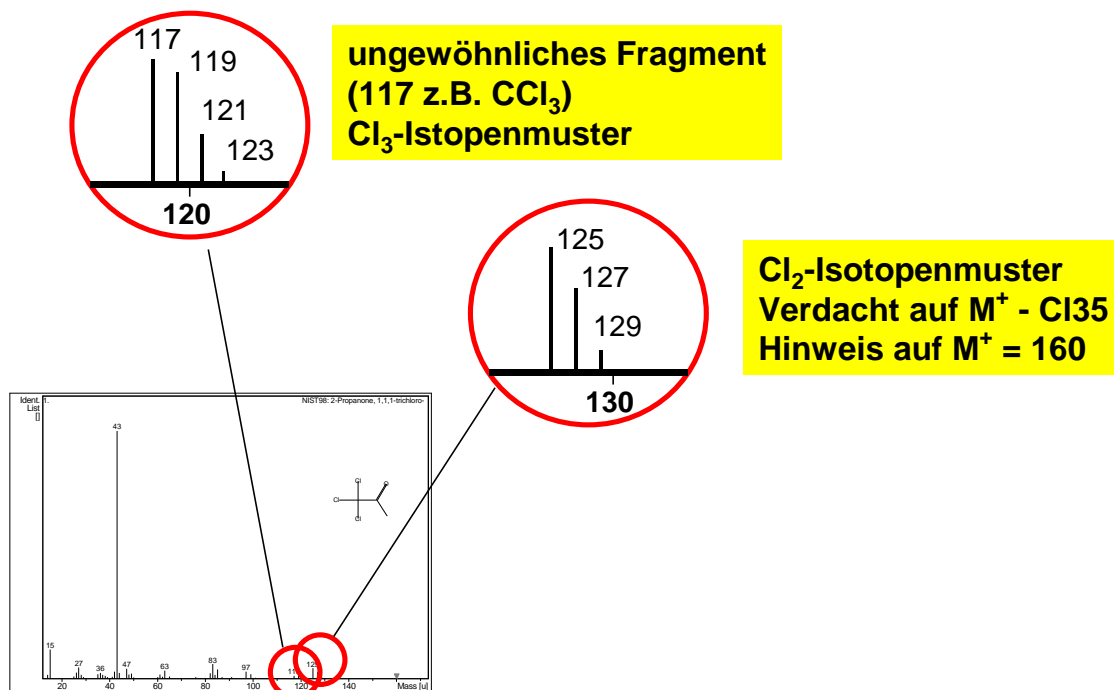


Abbildung 4.58: Massenspektrum von 1,1,1-Trichlorpropanon, Details der Chlor-Isotopenmuster.

Es treten für CCl₃- bzw. CCl₂-typische Chlor-Isotopenmuster auf. Sie stehen im Einklang mit den anderen Fragmenten des Spektrums. Die Masse 125 m/e rührt von einer Cl³⁵-Abspaltung her und weist demnach auf ein mögliches Molekulargewicht von 160 m/e hin. Im Falle des Demonstrations-Szenarium galt es, das von der Datenbank angebotene Spektrum zu verifizieren. Die Interpretation ist

plausibel und der Strukturvorschlag in hohem Maße wahrscheinlich. Ohne Spektrumsvorschlag wäre eine definitive Aussage schwieriger geworden. Der Experte hätte sich auf Vorschläge von Strukturdetails wie "Chlorkohlenwasserstoff, polar, Masse unter 200 m/e)" beschränken müssen.

4.13.9.5 Suche nach Stoffdaten

Ist ein Stoff identifiziert, eröffnet sich die Möglichkeit, weitere (nicht auf Spektren basierende) Datenbanken zu befragen. Am besten eignet sich hierzu die CAS-Nummer, die bei Vorschlägen aus Spektrendatenbanken mitgeliefert wird. Im Rechner des am Szenarium beteiligten Experten sind NIST/AMDIS-, KEUDEL- und CHEMIS-Datenbanken installiert (näheres zu den Datenbanken in Kap. 3.5.1). Außer weiteren Spektrendaten und wenigen physikalischen Eigenschaften von 1,1,1-Trichlorpropanon wurde keine Informationen gefunden. Deshalb wurde die Recherche auf das Internet ausgedehnt. Dem Experten liegt eine umfangreiche Liste von Internetadressen (Links) vor, die von ihm gepflegt und regelmäßig erweitert werden. So kann er auf die NIOSH/NIST Datenbank in den USA und diverse Sicherheitsdatenblätter unterschiedlicher Anbieter zugreifen. Im Falle der Szenariensubstanz lieferte diese Suche keine Ergebnisse. Dies wird an das CCC bzw. an das OSOCC weitergeleitet. Hier wird entschieden, weitere Experten zu Rate zu ziehen.

Um dennoch weitere Informationen zu erhalten, modifiziert der Experte die Struktur des Moleküls um nach anderen Stoffstrukturen zu suchen, die basierend auf seinem Fachwissen ähnliche toxische bzw. sensorische Auswirkungen erwarten lassen. Der Stoff 1,3-Dichlorpropanon ist wegen der geringeren Masse durch den Wegfall eines Chloratoms leichterflüchtig, hat aber durch die Position der Chloratome in der Nähe der Carbonylgruppe ein ähnlich auf die Schleimhäute reizende Auswirkung. Toxikologische, physikalische und andere Daten, die so erhalten werden, leitet der Experte an das CCC weiter. Sie dienen als behelfsmäßige Grundlage zur Gefahrenabschätzung, solange keine weiteren Daten über den tatsächlichen Stoff von anderen Experten eintreffen.

Rein physikalische Daten erlangt der Experte schließlich, indem er nur noch grobe Grundstrukturen des Moleküls übernimmt und z.B. Moleküle mit ähnlichem Molekulargewicht und vergleichbarer Summenformel zur Recherche verwendet. Die Qualität der Daten und deren Vergleichbarkeit mit dem tatsächlich emittierten Stoff verringert sich natürlich von Modifikation zu Modifikation erheblich.

4.13.10 Experte Toxikologie/Notfallmedizin

Spezielles Fachwissen im Bereich Toxikologie und Notfallmedizin besteht u.a. bei folgenden Einrichtungen:

- Klinikum Bruchsal, MEDITOX
- Klinikum der Universität Ulm
- Technische Universität München, Institut für Toxikologie und Umwelthygiene
- Universität Göttingen, Institut für Biochemie und Molekulare Zellbiologie

MEDITOX ist eine Medizinisch-Toxikologische Informationszentrale für Gefahrgutunfälle, die seit Ende 1996 störungsfrei im Betrieb ist. Durch die Integration vernetzter Datenbanken, der Alarmzentrale der Deutschen Rettungsflugwacht, aller aktuellen Telekommunikationsmöglichkeiten und eines Bereitschaftsdienstes kompetenter Toxikologen kann eine örtliche Einsatzleitung unmittelbar unterstützt werden [205]. Im Land Baden-Württemberg gehört die Deutsche Rettungsflugwacht e. V. (DRF) zu den gesetzlichen Trägern des Rettungsdienstes und hat mit dem Land eine Rahmenvereinbarung über die Durchführung der Luftrettung geschlossen. Die Kommunikationswege der Deutschen Rettungsflugwacht stellen den Anschluss des medizinischtoxikologischen Informationssystems MEDITOX mit dem Bereitschaftsdienst der Toxikologen und Notfallmediziner sicher.

Im Rahmen des Projektes wurde die MEDITOX-Beratung als bestehendes Expertenteam im Bereich Notfallmedizin/Toxikologie für die Bearbeitung der Planspiele genutzt. Durch die enge

Zusammenarbeit mit der Berufsfeuerwehr Mannheim sind bei MEDITOX umfangreiche Erfahrungen bei der toxikologischen Bewertung von GC-MS-Läufen vorhanden.

Die MEDITOX-Bearbeitung bzw. -Beratung umfasst folgende Positionen [206]:

1. Recherche in der Datenbank Gefährliche Stoffe (KEUDEL).
2. Recherche in 5 weiteren Datenbanken auf CD-ROM.
3. Recherche im Internet, Zugriffe als "Favoriten" gebahnt.
4. Algorithmus Rauchgase wird obligat bei Bränden mitgeschickt.
5. Datenblätter Feuerwehr und erste Hilfe aus KEUDEL-Datenbank, ggf. Auch als "homologe Verbindungen".
6. MET-Berechnungen, falls meteorologische Angaben vorliegen und/oder die Berechnung gewünscht wird.

Die Vorgehensweise entspricht im wesentlichen der des Experten Analytik in Kap.4.13.9.5. Bei der Internet-Recherche werden von MEDITOX folgende Links zu Intoxikationen berücksichtigt:

1. Giftpflanzen , Gifttiere
 - www.botanikus.de/gift/ordnung3.html
 - www.gifte.de/pflanzen.htm
 - www.vetpharm.unizh.ch/giftdb/gift.htm
 - <http://pharm1.pharmazie.uni-greifswald.de/allgemei/serturn/se-start.htm>
2. Gefahrstoffe und Chemikalien:
 - www.dgg.bam.de/index.htm
 - www.cdc.gov/search.htm
 - www.chemfinder.com
 - www.bgvv.de/fbs/chem/civs/_civs.htm
 - <http://ace.ace.orst.edu/info/extoxnet>
 - www.lua.nrw.de/igs/igsframe.htm
 - www.chemie.de/metaxchem/
 - www.cdc.gov/niosh/homepage.html
 - www.siri.org/links.html
 - <http://hazard.com/msds/index.html>
 - www.ilpi.com/msds/index.html
 - www.kft.de
3. Pflanzenschutzmittel
 - www.bba.de/psm/psmright.htm
 - www.cdpr.ca.gov/docs/epa/epachem.htm
 - www.arsusda.gov/rsml/ppdb.html
 - www.fiz-agrar.de/PSM/fr_sf_be.htm
 - www.gifte.de/begasung.htm
 - www.schaedlinge-online.de/helpline.htm
4. Drogen
 - www.suchtzentrum.de/drugscouts/main.html
 - www.drugs.indiana.edu/slang/home.html
 - www.bg-dvr.de/asp/
5. Allgemeine Links
 - <http://home.t-online.de/home/schild.andre/links.htm>
 - www.chemie-datenbanken.de/

6. Unfälle / Störfälle

- www.umweltdaten.de/zema
- www.grs.de/sfktaaid.htm
- www.dechema.de/deutsch/dechema/pages/dechge4.htm
- <http://mahbsrv.jrc.it/mars/default.html>
- www.dne.bnl.gov/etd/csc/
- www.csb.gov/circ/
- www.nts.gov/Publictn/Z_Acc.htm
- www.miacc.ca/
- www.chemsafety.gov/info/report.htm
- www.unepie.org/apell/accident.html
- www.uscg.mil/hq/nrc/insum.htm
- www.osha-slc.gov/html/dbsearch.html
- www.epa.gov/swercepp/ap-chan.htm
- www.epa.gov/ERNS/
- www.icheme.org/she/accident_db.html
- www.open.gov.uk/hse/infoserv/mhidas.htm
- www.mep.tno.nl/wie_we_zijn_eng/organisatie/afdelingen/industrielle_veiligheid/software_IV_eng.html

7. Analytik

- www.mannheim.de/feuerwehr/technik/messtech/umwelt/
- www.chemieunfall.de

4.13.10.1 Ergebnis einer MEDITOX-Anfrage zu 1,1,1-Trichlorpropanon

Als Beispiel für eine MEDITOX-Recherche ist in Abbildung 4.59 das Informationsdatenblatt zu 1,1,1-Trichlorpropanon dargestellt. Es werden Informationen zu folgenden Positionen gegeben:

- Bewertung der Substanz
- Leitsymptome
- Primärmaßnahmen
- Arzt
- Gefahrenbereich
- Betreuung außerhalb des Gefahrenbereichs
- Information für die Bevölkerung
- Analytik/Beweisführung



MINISTERIUM FÜR ARBEIT, GESUNDHEIT UND
SOZIALORDNUNG BADEN-WÜRTTEMBERG



Medizinisch-Toxikologisches Informationssystem

DEUTSCHE RETTUNGSFLUGWACHT

Anfrage Ansprechpartner	Explosion CHEMOS NN. BF Hamburg	FAX-Nr.: 040-XXXXXXX								
Datum /Uhrzeit	20.11.1987 / 19.30 Uhr									
Probe (Art/Nummer)	Keine Probe									
Art	Freisetzung im Rahmen eines Brandes / Explosion									
Angefragte Substanz	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nr</th> <th>NAME</th> <th>CAS-Nr.</th> <th>Konzentration</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1,1,1-Trichlorpropanon</td> <td>918-00-3</td> <td>unbekannt</td> </tr> </tbody> </table> <p>Technische Daten (verschiedene Literaturquellen): Synonym: 1,1,1-Trichloracetone Molekulargewicht 161,41, Klare rötliche Flüssigkeit, Schmelzpunkt -39,5°C, Siedepunkt 132,5°C, Dampfdruck 10,9 mbar bei 20°C, Flammpunkt 64°C, Zündtemperatur 510°C, Ex-Grenzen nicht bekannt, Wasserlöslichkeit 28,15 g/l (20°C). Spezifisches Gewicht 1,435</p> <p>Toxikologische Daten: Zu der angefragten Substanz existieren keine toxikologischen Daten. Für die Abschätzung werden Werte aus der homologen Reihe chlorierter Ketone verwendet (hier: 1,3-Dichloracetone LC50 (inhalativ) 27 ppm/2h (Maus).</p> <p>Ausbreitungsabschätzung (MET-Modell): Es werden die toxikologischen Daten von 1,3-Dichloracetone verwendet. Physikalische Daten wie oben beschrieben.</p>		Nr	NAME	CAS-Nr.	Konzentration	1	1,1,1-Trichlorpropanon	918-00-3	unbekannt
Nr	NAME	CAS-Nr.	Konzentration							
1	1,1,1-Trichlorpropanon	918-00-3	unbekannt							
Bewertung der angefragten Substanz (Dr. Spörri, MEDITOX)	<p>Siehe auch Datenblatt 1,3-Dichloracetone der KEUDEL-Datenbank „Gefährliche Stoffe“)</p> <p>Es handelt sich bei der freigesetzten Substanz um ein mehrfach chloriertes Keton, das als Eigenwirkung bereits eine erhebliche Reizwirkung an Auge, Haut und Schleimhäuten verursacht. Unter thermischer Belastung (Brand / Explosion) entstehen zusätzlich Produkte mit Reizwirkung, insbesondere Salzsäuregas sowie Kohlenmonoxid und Kohlendioxid. Phosgenbildung ist ebenfalls möglich. Nach starker Exposition kann es mit Latenzzeit (bis 36 Stunden) auch zu einem TOXISCHEN LUNGENÖDEM kommen. Die Substanz wird in 3 verschiedenen Datenbanken (NTP, IARC, OSHA) als mutagen bewertet. Damit ist die Freisetzung der Substanz im Rahmen eines Brandes von toxikologischer Seite als bedenklich einzustufen.</p>									
Leitsymptome	<ol style="list-style-type: none"> 1 Sehr starke Reizwirkung an allen betroffenen Schleimhäuten (Auge, Haut, Atemwege) 2 Dermatitis (allergisch-toxisch) 3 Neurotoxische Wirkung möglich (nach starker Exposition) 4 Leber- und Nierenschäden möglich (nach starker Exposition) 5 Toxisches Lungenödem nach Latenzphase möglich 									
Primärmaßnahmen (innerhalb des Gefahrenbereichs)	<p>* Rettung mit umluftunabhängigem Atemschutz, ggf. CSA. * Dekontamination</p> <p>* Bei Atemnot Oberkörperhochlagerung, inhalierbares Glucocorticoid; jedes inhalierbare Glucocorticoid ist im Notfall geeignet. Beispiel Auxilison: initial 5Hb, weiter 2Hb alle 10 min. bis beschwerdefrei.</p> <p>* Bei manifester respiratorischer Insuffizienz (Zyanose, Bronchospastik) zusätzlich hochdosiert intravenöses Glucocorticoid, Sauerstoffinsufflation (Maske), klinische Überwachung.</p> <p>* Ggf. reizlindernde oder anästhesierende Augentropfen</p> <p>* Bei Bewusstlosigkeit symptomorientierte notärztliche Therapie, ggf. Intubation bis zum spontanen Aufklaren.</p>									
Arzt	<p>Behandlungsmaßnahmen siehe Stoffdatenblatt und Algorithmus RAUCHGASEXPOSITION</p> <p>Bei prädisponierten Personen (Asthmatiker, Kinder, kranke Personen) können durch die Inhaltsstoffe auch in niedrigen Konzentrationen Reizwirkungen ausgelöst werden, eine symptomatische Therapie ist ausreichend. In der Klinik: Blutgasanalyse mit COHb, Laktat (Verlaufskontrollen), Röntgen-Thorax (ggf. Kontrolle nach 6-12 Stunden). Falls möglich: Peak-flow-Messungen (Verlaufskontrollen).</p>									
Festlegung des Gefahrenbereichs	<p>Einsatztoleranzwerte: CO 100 ppm, CO2 10000 ppm, HCl 5 ppm, Aceton 500 ppm, Chlor 1 ppm, Phosgen 0,1 ppm und/oder Auftreten objektiver Reizsymptome.</p>									
Betreuung (außerhalb des Gefahrenbereichs)	<p>* Bei Fehlen von objektiven Symptomen einer tiefen Atemwegsschädigung oder Bewusstseins Einschränkung oder nach Sistieren der Reizsymptomatik ist nach derzeitiger Erkenntnis eine Hospitalisierung nicht erforderlich.</p> <p>* Bei Atemwegsreizung inhalierbares Glucocorticoid, Aufklärung des Patienten über Anwendung (ggf. Info-Blatt), Wiedervorstellung beim Arzt/Klinik bei Verschlechterung.</p> <p>* Bei fortbestehender Atemnot / schmerzhafter Atmung, sowie beim Auftreten erneuter Atemprobleme nach einem freien Intervall von mehreren Stunden (bis 36 Stunden) Klinikeinweisung.</p>									
Information der Bevölkerung	<p>* Klar im Vordergrund stehende Reizwirkung und Geruchsbelästigung betonen!</p> <p>Bei bestehender Reizwirkung und Geruchsbelästigung unnötigen Aufenthalt im Freien vermeiden, tiefergelegene Abschnitte meiden. In Gebäuden Fenster und Türen geschlossen halten.</p> <p>* Klimaanlage ausschalten. * Unnötigen Aufenthalt in abhängigen Gebäudeteilen vermeiden.</p> <p>* Nach Abklingen der Geruchsbelästigung Wohnungen lüften.</p> <p>* Nahrungsmittel im Immissionsbereich: Nach derzeitiger Kenntnis bestehen keine Bedenken gegen den Verzehr gewaschener oder geschälter Nahrungsmittel an Orten mit Geruchsbelästigung, aber ohne Niederschlag.</p>									
Analytik/Beweisführung	<p>* Spürröhrchen für Ersteinschätzung ausreichend; Spürröhrchen für CO, CO2, Aceton, Phosgen, HCl sind gemäß DIN 14555 Bestandteil der Ausrüstung von Feuerwehr-Gefahrgutzügen.</p> <p>* Zur definitiven Klärung wird Adsorption einer Gasprobe auf Tenax-GC oder Carbotrap empfohlen. Analyse von Gasgemischen bei BF Hamburg, Mannheim, BF Frankfurt/M (GC-MS) möglich.</p> <p>Anmerkung: Sehr kleine Moleküle wie NH3, SO2, HCl, Cl2, H2S, NOx, HCN etc. werden von der GC/MS nur schlecht erfasst! Hier müssen andere Methoden zur Beweisführung eingesetzt werden (z.B. Spürröhrchen)</p>									
Rückfragen	<p>Meditox Stuttgart 0711 – 7089292 (Alarmzentrale DRF) Direktkontakt (nur für diesen Einsatz): 0171-XXXXXXX</p>									

Abbildung 4.59: Informationsdatenblatt der MEDITOX-Recherche zu 1,1,1-Trichlorpropanon

4.13.11 Lagedarstellung

Nach Auswertung aller Messdaten und nach der Aus- bzw.- Bewertung durch die Experten kann auf Basis der neu gewonnenen Informationen zu den ausgetretenen Stoffen eine verbesserte Ausbreitungsprognose vorgenommen werden (Abbildung 4.60). Die Informationen fließen in die Lagedarstellung ein.

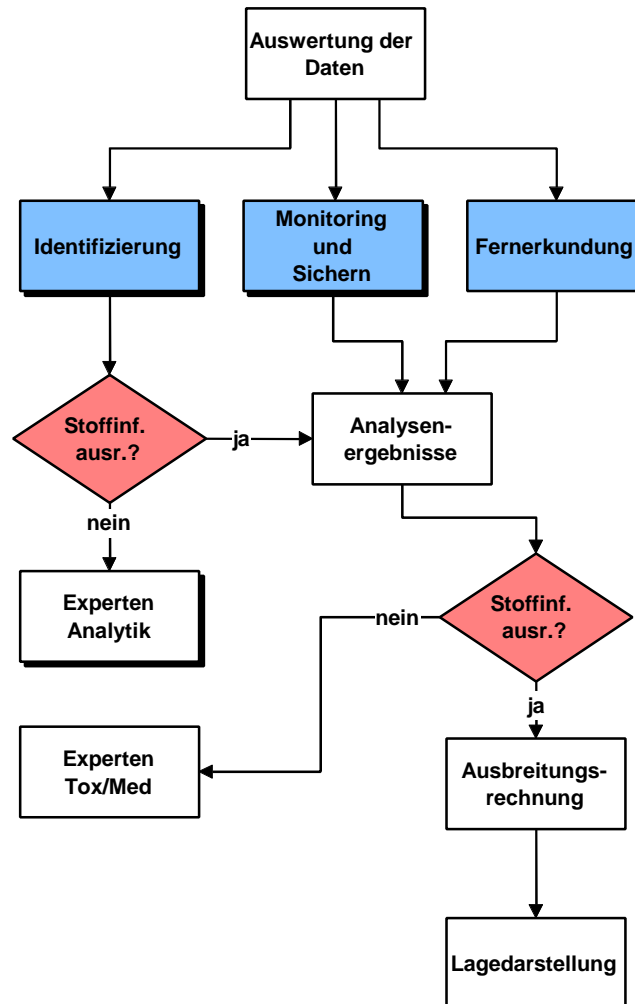


Abbildung 4.60: Flussdiagramm zur Aus- und Bewertung der Messdaten bis zur Lagedarstellung

Alle für die Bewertung der Einsatzlage notwendigen Informationen werden gesammelt, ausgewertet und so dargestellt, dass der Einsatzleiter der ATF eine abschließende Bewertung vornehmen kann und die örtliche Einsatzleitung detailliert informiert wird. Dabei fließen auch die Erkenntnisse und Informationen ein, die vom CCC gesammelt und bereitgestellt werden. Die Darstellung der Lage sowie alle Informationen, die am Schadensort gewonnen werden, werden unmittelbar zum CCC übertragen, um den beteiligten externen Fachberatern die Erkenntnisse gleichermaßen zugänglich zu machen.

Ein wichtiges Werkzeug zur Lagedarstellung und für die Bereitstellung und Darstellung von Informationen ist ein Expertensystem, d.h. die Darstellung von Daten auf einer Bildschirmkarte. Für den Anschluss an Experten ist eine Schnittstelle für die Datenfernübertragung erforderlich. Ideal ist die Übertragung über das Internet.

5 Konzept für ein Expertensystem

Im Rahmen dieses Projektes wird die Gestaltung eines Expertensystems modellhaft umrissen und die speziellen Anforderungen beschrieben, die sich aus Sicht einer Analytischen Task Force, d.h. einer analytischen Spezialeinsatzgruppe, ergeben.

5.1 Allgemeine Anforderungen

Die Auswertung der Fragebogenaktion hat gezeigt, dass die Ausstattung der jeweiligen Einrichtungen des Katastrophenschutzes mit Gefahrstoffdatenbanken und Ausbreitungsmodellen sehr unterschiedlich ist. Die Ausarbeitungen der vorangegangenen Kapitel und die Ergebnisse der Planspiele werden berücksichtigt, um ein Expertensystem zu konzipieren, das auf die Belange einer Analytischen Task force ausgerichtet ist. Ein derartiges Expertensystem wird sowohl im CCC als auch im OSOCC benötigt. Diese beiden Expertensysteme müssen nicht unbedingt identisch sein; für eine möglichst reibungslose Kommunikation zwischen den beiden Lagezentren ist es jedoch erforderlich, dass beide Systeme hinsichtlich der Datenübertragung kompatibel sind. Informationen zur Lagedarstellung, Lagebilder und Anfahrtswege müssen schnell übertragen werden können. Die Übertragung größerer Bilder/Graphiken ist zeitaufwendig. In diesem Fall wäre es daher ideal, wenn nicht die gesamte Information, sondern nur die erforderlichen Änderungen übertragen werden. Je nach Darstellung der Information könnte ein Expertensystem für verschiedene Zwecke genutzt werden und z.B. folgende Anwendungsebenen besitzen:

- Einsatzebene: es wird nur einsatzrelevante Information dargestellt
- Schulungsebene: es wird zusätzlich Hintergrundinformation und Lehrmaterial zu den verschiedenen Komponenten der ATF dargestellt.

5.2 Komponenten eines Expertensystems

Im Rahmen der Projektbearbeitung wurden im wesentlichen die Komponenten berücksichtigt, die nicht bereits als fertige Softwarelösungen zur Verfügung stehen. Programmierbare ATF-spezifische Abläufe wurden in Form von Flussdiagrammen definiert und optimiert worden. Darüber hinaus sind spezielle Komponenten, die im Bereich Analytik erforderlich sind, festgelegt.

Unter Berücksichtigung vorhandener Softwarelösungen (s. Kap. 3.5), geplanter internationaler Vorhaben (z.B. CEDIS: Co-Operative Environmental Disaster Information System) und der Planspiele werden ein ATF-Expertensystem voraussichtlich folgende Komponenten benötigt:

- ATF-spezifische Abläufe
- Datenbasis
- Ausbreitungsrechnung
- Schnittstellen
- Planungswerkzeuge und Lagedarstellung
- Schreib- und Kalkulationsprogramme
- Internet/e-mail-Zugang
- sonstige, z.B. Videobilder

Wichtige Elemente aus dieser Liste sind bereits in Programm-Paketen wie z.B. Geo-FES der Berliner Feuerwehr, COMPAS[®] oder DISMA[®] integriert.

ATF-spezifische Abläufe

Die ATF-spezifischen Abläufe bestehen aus den in Kap. 4 beschriebenen Flow-charts. Damit sind die wesentlichen Abläufe der ATF beschrieben. Sie bilden die Grundlage für die Vorgehensweise der ATF und können inhaltlich mit entsprechendem Lehrmaterial für Ausbildungszwecke logisch verknüpft werden.

Ausbreitungsrechnung

Zur Abschätzung der Schadstoffausbreitung über den Luftpfad kann z.B. das Programm DISMA[®] als Modul im Expertensystem genutzt werden. Weiterhin wird in einigen Fällen ein Modell zur Abschätzung der Schadstoffausbreitung in Fließgewässern erforderlich sein.

Schnittstellen

Entsprechende Schnittstellen sind zur Online-Verarbeitung von meteorologischen Daten, GPS-Daten, sowie zur Datenfernübertragung zum Experten erforderlich.

Datenbasis

Die Datenbasis des Expertensystems sollte folgende Positionen umfassen:

- Kartenmaterial (ATKIS-Daten)
- Gefahrstoffdatenbanken (z.B. CHEMIS, KEUDEL, RESY, NIST98 u.a.)
- Schuldaten, Krankenhausdaten, gefährdete Gebäude, Einwohnerstatistik
- Szenarien zu Übungszwecken
- Adresslisten (interne/externe Fachberater)
- DEKO-Konzepte für sesshafte Schad- oder Kampfstoffe

Ein Teil dieser Positionen findet sich z.B. in dem Programm Geo-FES. Vektordaten auf der Grundlage des Amtlichen Topographische-Kartographischen Informationssystems (ATKIS) der Länder enthalten topographische Objekte und Einwohnerzahlen in den Verwaltungsbezirken. Darüber hinaus hat es sich bei der Bearbeitung der Planspiele gezeigt, dass bei der Suche nach Stoffinformationen mehrere Gefahrstoffdatenbanken benutzt werden müssen. Für diesen Zweck ist auch die Massenspektrendatenbank NIST98 verwendet worden. Diese Datenbank enthält Einträge zu über 100.000 Stoffen einschließlich einer Vielzahl von Synonymen zu einem Stoff. Fertige Szenarien, wie die im Rahmen dieses Projekts durchgeführten Planspiele, können zu Übungszwecke genutzt werden. Die Namen und Adressen von speziellen Fachberatern auf analytischem und medizinisch-toxikologischem Gebiet müssen im Datensystem abgespeichert und regelmäßig aktualisiert werden. Für besonders toxische Stoffe (Kampfstoffe) müssen Konzepte zur Dekontamination vorliegen. Sicherheitsdatenblätter mit umfangreichen Informationen auch zur Dekontamination finden sich im Internet bei SBCCOM ONLINE [207].

Planungswerkzeuge und Lagedarstellung

- Routenplaner
- Festlegen von Warnbereichen
- Sektoreinteilung
- Positionierung GC-MS, FTIR, GDA (Spür- und Messtrupps mit GPS)
- Taktische Zeichen
- Mess- und Probenahmeorte
- Raster für Probenahme

Die Anfahrtswege können im Prinzip mit einem einfachen Routenplaner festgelegt und dargestellt werden (s.a. Kap. 4.13.1). Ebenso kann die Positionierung der operativen Einheit im Bereich des Einsatzortes mit einem Routenplaner durchgeführt werden sowie die Fahrtwege von Spür- und Messtrupps (vgl. Abbildung 4.38 bis Abbildung 4.40). Im Rahmen des Projektes ist z.B. Microsoft MapPoint für diese Zwecke genutzt worden. Neben der Darstellung des Warnbereichs (links und rechts im Winkel von 45° zur Hauptwindrichtung) lassen sich mit der Werkzeugpalette dieses Programms Mess- und Probenahmeorte setzen (Abbildung 5.2) und die entsprechenden Informationen zu den Punkten eingeben und speichern. Weiterhin können alle Informationen zu einem definierten Messort bzw. einer definierten Strecke mit mehreren Messorten in einer EXCEL-Tabelle verarbeitet werden.

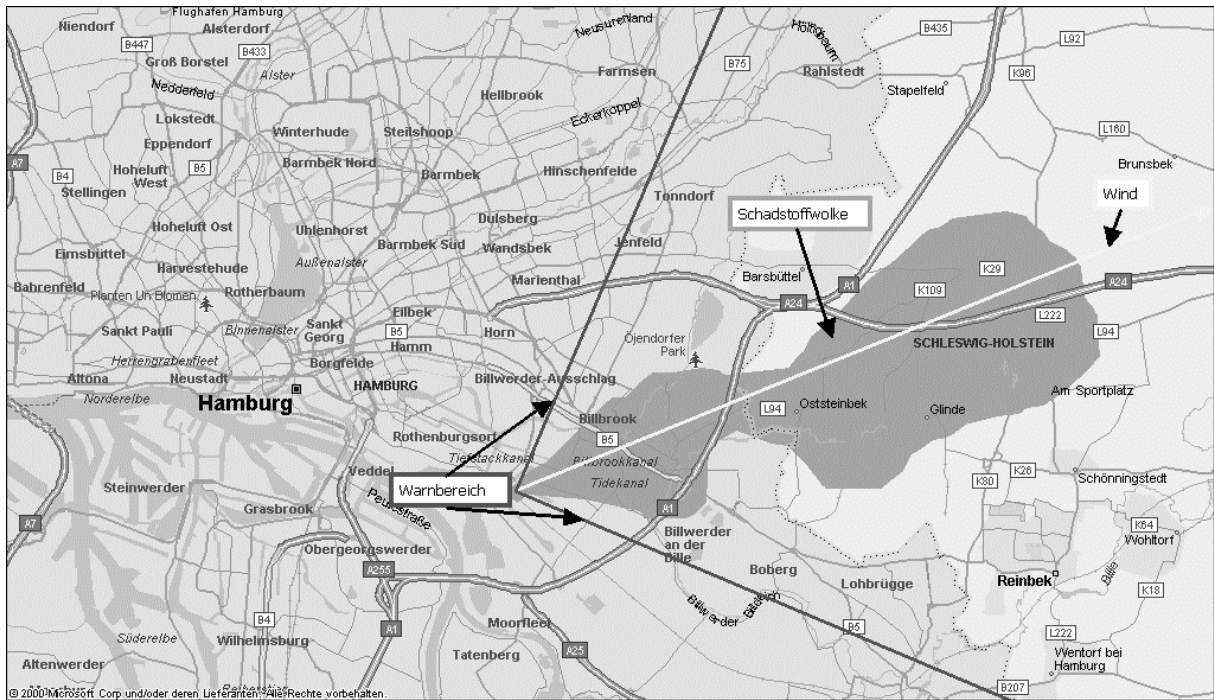


Abbildung 5.1: Darstellung des Warnbereichs

Ebenso ist über Zwischenschritte die graphische Darstellung einer Ausbreitungsprognose mit diesem Programm möglich. In Abbildung 5.4 sind Daten aus einer Ausbreitungsrechnung mit dem Modell MET dargestellt.

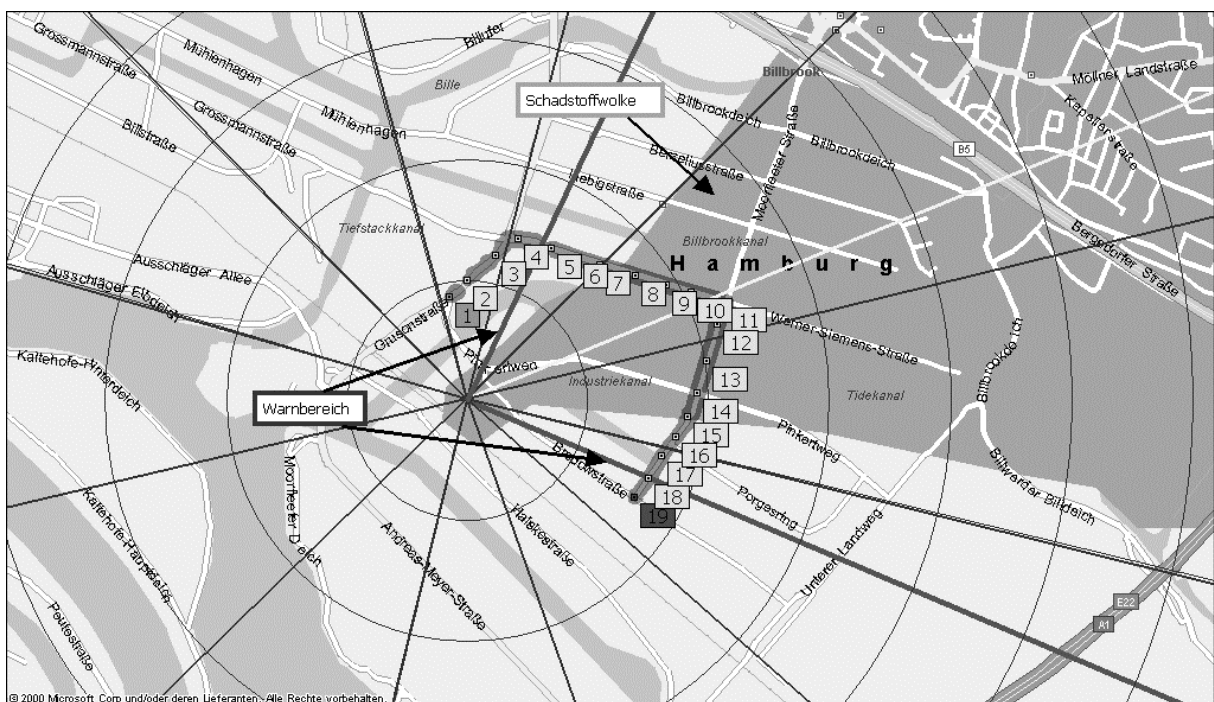


Abbildung 5.2: Beispielhafte Darstellung eines Spürwegs mit Mess- bzw. Probenahmeorten

Die Sektorenkarte (Abbildung 4.41) ist ein wichtiges Werkzeug zur Führung von Messtrupps bei großflächigen Schadstoffausbreitungen mit einer Ausdehnung über 5 km. Eine graphische Darstellung der Sektorenkarte in Zusammenhang mit der Übersichtskarte von Hamburg ist in Abbildung 5.3 gezeigt. In diesem Zusammenhang muss es möglich sein, Sektoren bzw. Teilsektoren, die aufgrund von Messungen oder von Ausbreitungsrechnungen als belastet angesehen werden können, auf dem Kartenmaterial, wie in Abbildung 5.5 und Abbildung 5.6 gezeigt, kenntlich zu machen.

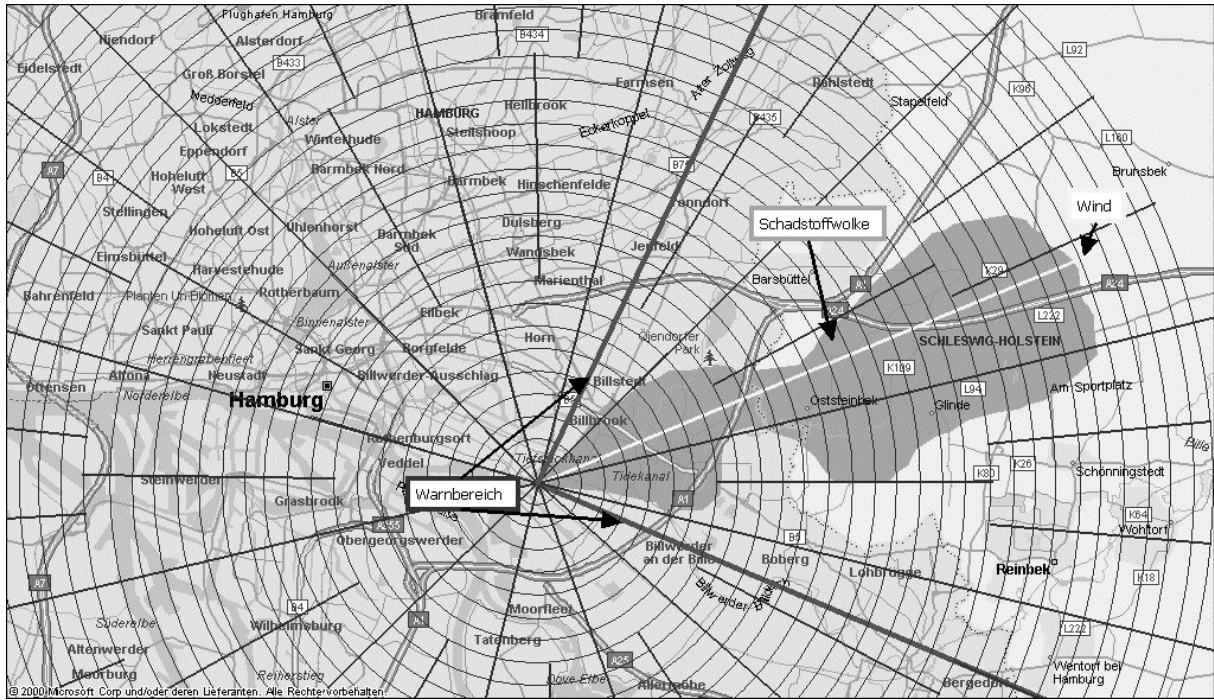


Abbildung 5.3: Darstellung der Sektorenkarte (Radius 30 km) am Beispiel der Übersichtskarte von Hamburg

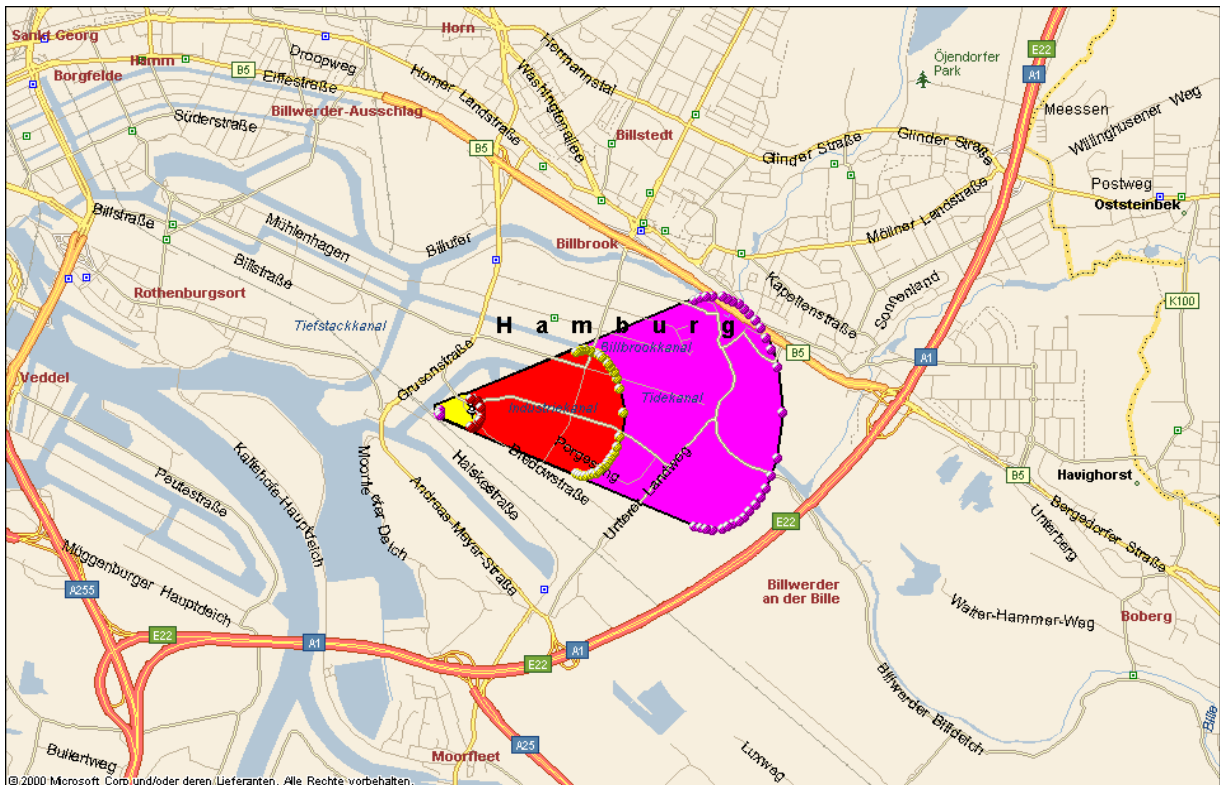


Abbildung 5.4: Ausbreitungsrechnung am Beispiel MET (in MapPoint)

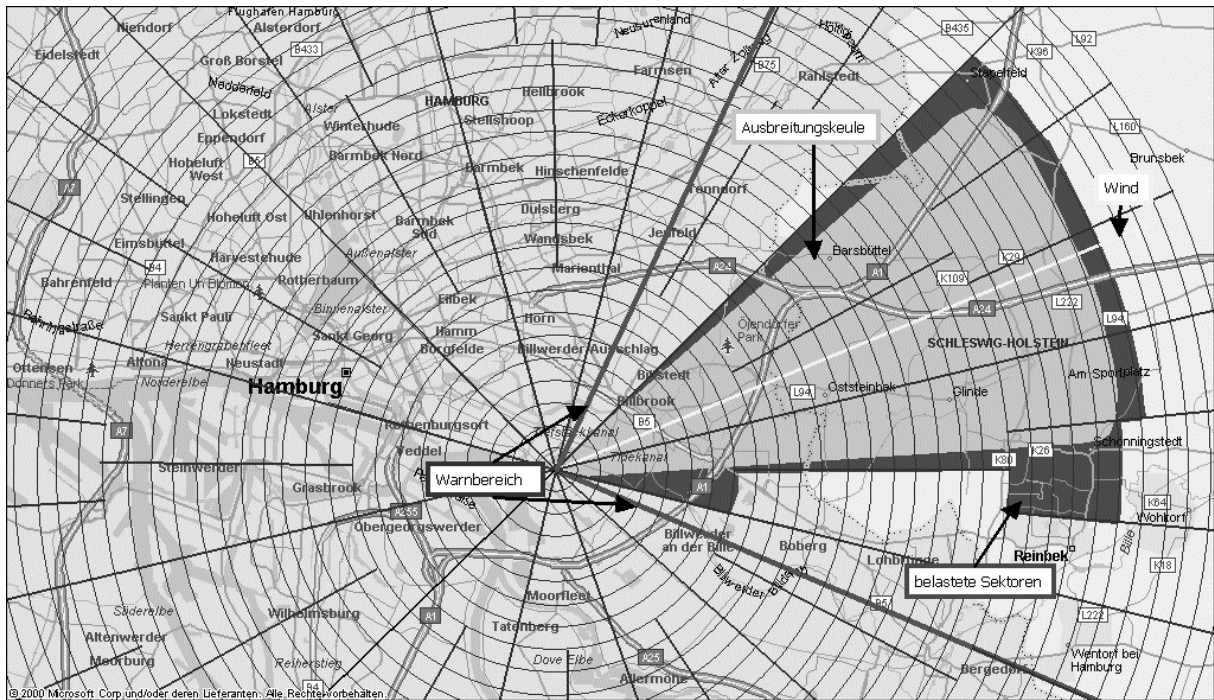


Abbildung 5.5: Kennzeichnung belasteter Sektoren aufgrund einer Ausbreitungskeule

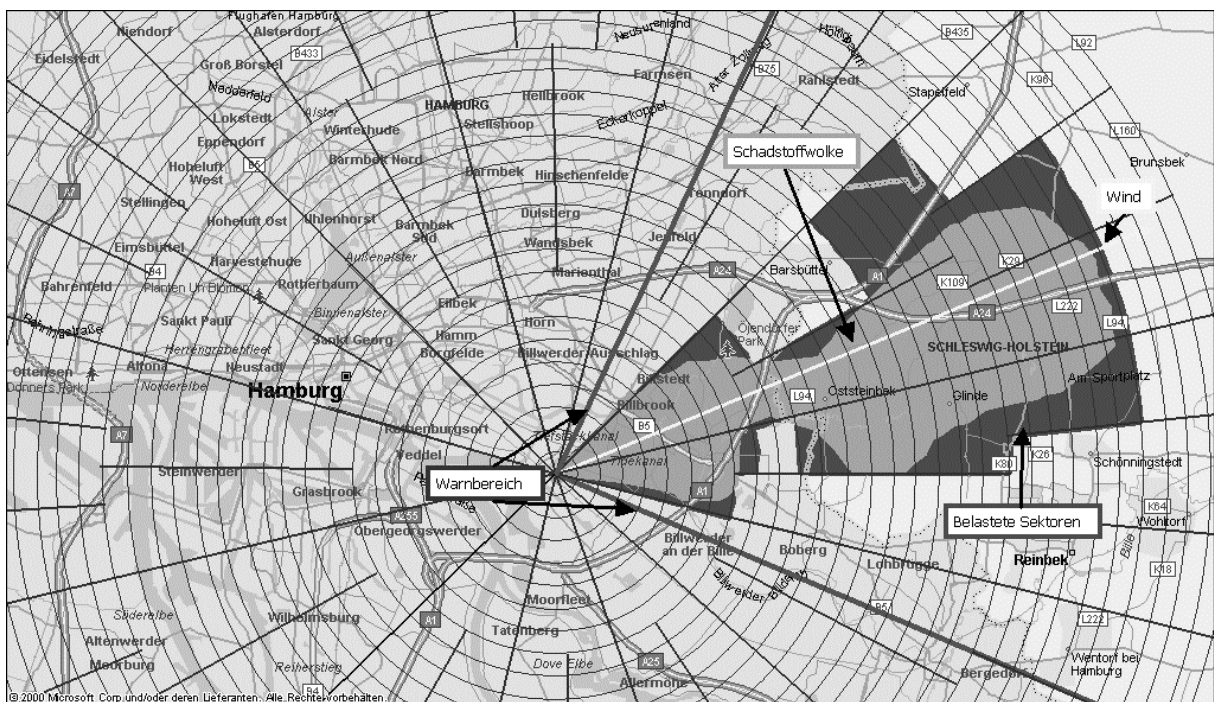


Abbildung 5.6: Kennzeichnung belasteter Sektoren (farbig oder Schraffur) aufgrund der gemessenen tatsächlichen Ausbreitung

Das Festlegen von Probenahmeorten für die Luftprobenahme kann in Zusammenhang mit einer Ausbreitungsprognose vorgenommen werden. Signifikante Punkte können z.B. aufgrund der prognostizierten Länge und Breite einer Gefahrstoffwolke oder von Gefahrenfeldern und Konzentrationslinien vorgenommen werden (vgl. Abbildung 5.7).

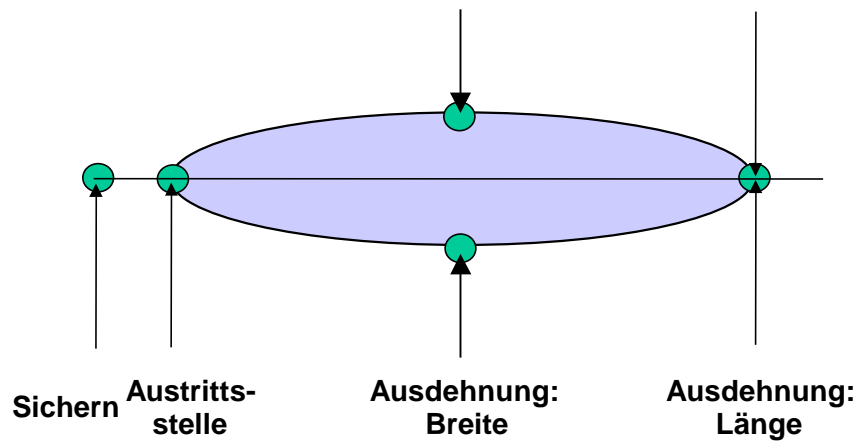


Abbildung 5.7: Signifikante Messpunkte in einer Zone

Darüber hinaus gibt es verschiedene Raster für die Probenahme für die Bodenprobenahme [208,209,210], die sich prinzipiell in ein Expertensystem integrieren lassen.

- Muster, die von keiner speziellen Annahmen zur speziellen Stoffverteilung ausgehen
- Muster, die auf bekannten Stoffverteilungen und bekannten Hot Spots aufbauen
- Muster, die auf linienhaften Verteilungen aufbauen
- Muster, die auf streifenhaften Verteilungen aufbauen.

Als Beispiel ist in Abbildung 5.8 ein kreisförmiges (polares) Raster zur Probenahme von Bodenproben dargestellt.

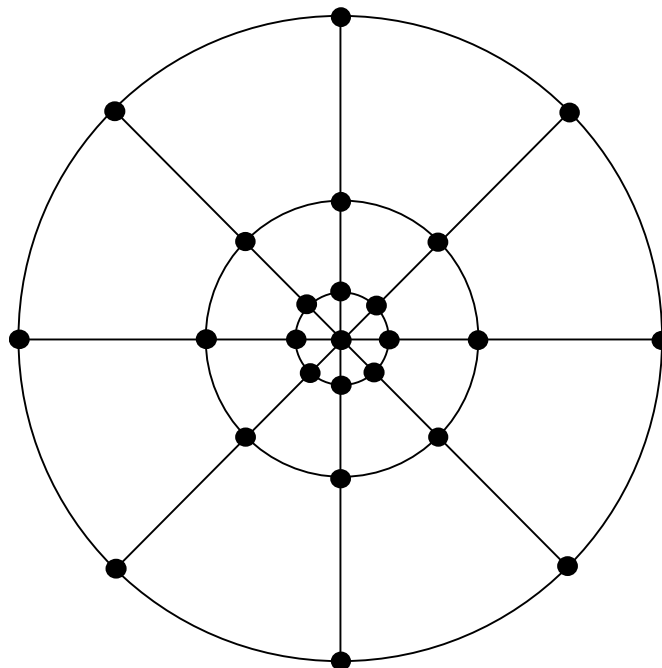


Abbildung 5.8: Kreisförmiges Raster zur Probenahme von Bodenproben, Probenahmestellen sind durch Punkte markiert.

Die wesentlichen Kriterien zur Auswahl eines geeigneten Rasterplans sind in Abbildung 5.9 dargestellt [211].

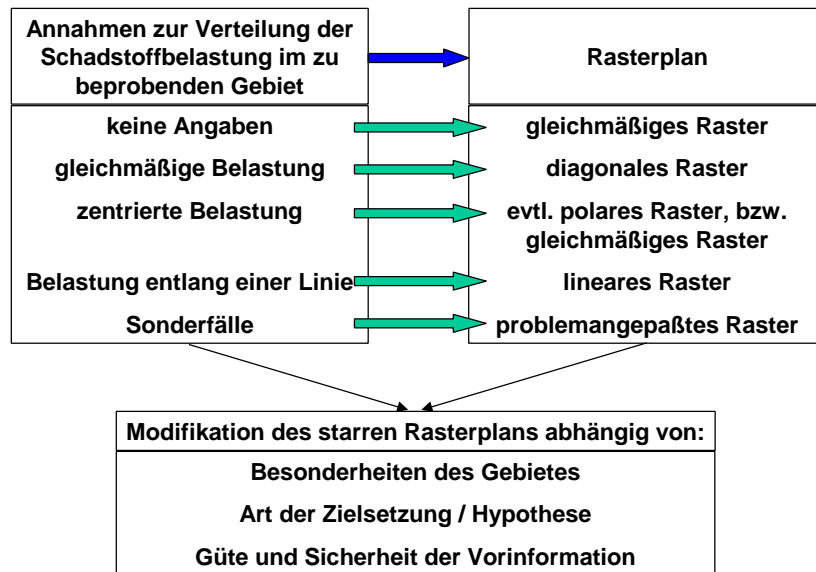


Abbildung 5.9: Auswahl und Anpassung eines Plans zur Probenahme

Formblätter für den Mess- und Spürauftrag und für die Protokollierung für das Monitoring bzw. für Messungen mit GC-MS sind im Anhang (Tabelle 9.7 und Tabelle 9.8) dargestellt.

6 Planspiele und Demonstration der ATF

6.1 Planspiele

Zur Untersuchung der kompletten Funktion der ATF sind unter Berücksichtigung realer Ereignisse im Rahmen einer „Arbeitsgruppe Einsatzszenarien“ bei der Berufsfeuerwehr Hamburg folgende Planspiele durchgeführt worden:

- Planspiel 1: Chemieunfall in einem Industriebetrieb: Trichlorpropanon
Referenzereignis: Chemieunfall/Hamburg, 20.11.1987 (Trichlorpropanon)
- Planspiel 2: Brand in einem Recyclingbetrieb: Brandgase, chlororganische KW, PCB
Referenzereignis: Brand/Lengerich, 04.10.1992
- Planspiel 3: Transportunfall auf einem Frachtschiff: Methylbromid
Referenzereignis: Transportunfall, 16.08.1984 Brunnsee (Methylbromid) und Transportunfall Seeschiffahrt „Oostzee“, 18.07.1989 (Epichlorhydrin)
- Planspiel 4: Terroranschlag/Kampfstofffreisetzung: Sarin
Referenzereignis: Kampfstoffanschlag Matsumoto, 27.06.1994 (Sarin) und Tokio, 20.05.1995 (Sarin)
- Planspiel 5: Transportunfall/Behälterzerknall: Cyanamid/Dicyandiamid
Referenzereignis: Explosion eines Kesselwagens/Linz, 09.08.1998 (Cyanamid)

Bei den Planspielen sind die verschiedenen Elemente von der Alarmierung, dem Transport, dem Einsatz der Messtechnik, der Anwendung von Expertensystemen bis zu einsatztaktischen Maßnahmen durchgespielt, überprüft und Schwachstellen aufgedeckt worden. Die einzelnen Planspiele sind in Tabelle 9.10 bis 9.14 (s. Anhang) dargestellt. Planspiel 1, der Chemieunfall in einem Chemiebetrieb, war die Grundlage für das Szenario bei der Demonstration der ATF am 04.12.2000 an der Landesfeuerwehrschule in Hamburg. Der Ablauf des Szenarios wird in Kap. 6.2 beschrieben.

6.1.1 Ergebnisse der Planspiele

Ein Großteil der Ergebnisse, die sich aus den Diskussionen im Rahmen der Planspielen ergeben haben, ist bereits in die Beschreibung der ATF in Kap. 4 eingeflossen. Schwachstellen bzw. spezielle Anforderungen an die ATF haben sich in folgenden Punkten ergeben:

- Alarmierung der ATF
- Reaktionszeit
- Fehlende Stoffdaten
 - Spektrenbibliothek
 - Kalibrierdaten
 - Gefahrstoffdatenbanken
 - Datenbestand der Ausbreitungsprogramme
- Fernerkundung bei hohem Seegang
- Medienbetreuung
- Konzepte für die Dekontamination toxischer Substanzen
- Lageabhängiger Einsatz der ATF

Alarmierung der ATF

Auslösende Momente für die Anforderung und Alarmierung der ATF sind in Kap. 4.11.1 beschrieben.

Reaktionszeit

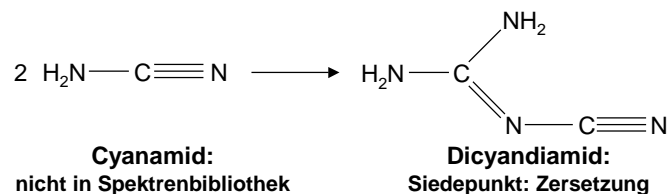
Die Effektivität des Einsatzes der Analytischen Task Force kann deutlich gesteigert werden, wenn die örtlichen Einsatzkräfte in der ersten Phase bereits Proben sachgerecht für die Analyse zur Stoffidentifikation nehmen (vgl. Kap. 4.11.1).

Fehlende Stoffdaten

Fehlende Stoffdaten in den Datenbanken machen den Anschluss von Experten notwendig. Im Falle des Chemieunfalls (Freisetzung von 1,1,1-Trichlorpropanon, CAS-Nr.: 918-00-3, Planspiel 1) fehlten sowohl Kalibrierdaten zur Konzentrationsbestimmung als auch toxikologische Daten zur Gefahrenabschätzung. Fehlende Kalibrierdaten machen den Anschluss eines Analytikexperten erforderlich. Dieser nimmt anhand der relativen Peakintegrale und der Art des betreffenden Stoffes eine Abschätzung der Konzentration vor. Voraussetzung dafür ist die Verwendung von internen Standards sowie eine Abschätzung des relativen Responsefaktors (Analogieschlüsse).

Für die Gefährdungsabschätzung ist der Anschluss an einen Experten für Notfallmedizin/ Toxikologie erforderlich, der z.B. über Analogieschlüsse eine Bewertung des Stoffes vornimmt. Im Rahmen dieses Planspiels ist exemplarisch eine Anfrage an MEDITOX gestellt worden. Das Ergebnis der Anfrage ist in Kap. 4.13.10.1 dargestellt.

Im Falle des Behälterzerknalls (Planspiel 5) kam es zur einer Polymerisation von Cyanamid zu Dicyandiamid:



In diesem Fall ist die Stoffidentifizierung problematisch. Das Polymerisationsprodukt zersetzt sich beim Erhitzen und lässt sich mit dem GC-MS-System nicht messen. Rückschlüsse über die Reaktion können nur getroffen werden, wenn das Edukt noch vorhanden ist (z.B. an der Austrittsstelle oder an Behälterteilen) und einer Probenahme zugänglich ist. Ein weiteres Problem in diesem Planspiel besteht darin, dass für Cyanamid kein Massenspektrum in den Referenzbibliotheken vorhanden ist und somit die Identifizierung über Bibliotheksvergleich nicht möglich ist. Dieser Fall macht daher den Anschluss an einen Analytikexperten mit Kenntnissen zur Interpretation von Massenspektren notwendig. Dieser kann aufgrund seines Sachverstandes und mit Hilfe spezieller Software (Mass Interpreter) versuchen, eine Interpretation des gemessenen Massenspektrums vorzunehmen.

Einsatz der Fernerkundung

Der Einsatz der passiven FTIR bei hohem Seegang (Planspiel 3) ist erschwert. Die Stoffidentifizierung wird dadurch grundsätzlich nicht eingeschränkt. Der hohe Seegang lässt jedoch nur eine grobe Visualisierung bzw. Lokalisierung der Schadstoffwolke zu.

Medienbetreuung

Die Medienbetreuung ist in der Struktur der ATF (vgl. Kap. 4.4) nicht explizit aufgeführt worden. Sie spielt aber aufgrund der Brisanz einiger Fälle eine wichtige Rolle. Da in diesen Fällen mit einem erheblichen Interesse der Medien gerechnet werden muss, ist unmittelbar nach den ersten Maßnahmen (nach ca. einer Stunde) eine Presseerklärung abzugeben. Dies muss anschließend alle 30 bis 45 Minuten aktualisiert werden.

Dekontamination

Das Planspiel Terroranschlag (Planspiel 4) hat gezeigt, dass für Fälle, bei denen besonders toxische Stoffe beteiligt sind, fertige Konzepte für die Dekontamination im Expertensystem hinterlegt und im CCC verfügbar sein müssen, um die entsprechenden Maßnahmen zur Dekontamination so schnell wie möglich durchführen zu können.

6.2 Demonstration der ATF

In Anlehnung an Planspiel 1 Chemieunfall in einem Industriebetrieb ist am 04.12.2000 an der Landesfeuerwehrschule in Hamburg der Ablauf eines ATF-Einsatzes demonstriert worden. Der Ablauf des Szenarios wird im folgenden beschrieben.

6.2.1 Einweisung

Die Teilnehmer werden in den zeitlichen und organisatorischen Ablauf der Präsentation der ATF folgendermaßen eingewiesen:

Besichtigung des Schadensortes und der mobilen Einheiten der ATF

- Schadensort
- ELW-K U-Dienst
- AB Spüren + Messen
- AB Atemschutz
- AB Dekontamination
- Befehlswagen (OSOCC)

6.2.2 Schadenseintritt

Auf dem Übungsgelände (Freigelände Tankanlage) erfolgt um **15.15 Uhr** eine Explosion (Zündung eines entsprechenden Donnerschlages). Gleichzeitig wurden die Rauchgasgeneratoren gestartet und der Brand an der Tankanlage gezündet. Die Koordinierung der Lagedarstellung im Übungsgelände wird vom Befehlswagen gesteuert. Der Nebel der Rauchgasgeneratoren symbolisiert die Ausbreitung der nebligen Schadstoffwolke. Der Ablauf der Präsentation orientierte sich an den am 04.12.2000 tatsächlichen Witterungsbedingungen. In einer Audio-Präsentation wurde dargestellt, wie der Notruf die Feuerwehreinsatzzentrale erreicht und entsprechende Einsatzkräfte auf das Alarmstichwort EXPLY alarmiert werden. Gleichzeitig werden die Objektpläne eines entsprechenden Betriebes (ohne besonderen Störfallplan) vorgestellt.

6.2.3 Ausgangslage

Das hier vorgestellte Szenario entspricht weitgehend einer Einsatzlage, wie sie 1988 in Hamburg tatsächlich eingetreten ist. Der zeitliche Ablauf entspricht weitgehend einem vergleichbaren Ereignis, wie es im Mai 2000 im Hamburger Umland eingetreten ist.

In einer fiktiven Kreisstadt mit ca. 60.000 Einwohnern sind verschiedene Betriebe in einem Gewerbegebiet an der Umgehungsstrasse angeordnet. Die Stadt verfügt über eine Freiwillige Feuerwehr mit 12 Ortswehren und einer hauptamtlichen Wachbereitschaft. Gleichzeitig ist die Kreisfeuerwehrezentrale mit einer zusätzlichen feuerwehrtechnischen Ausstattung vorhanden. Die Rettungsleitstelle des Kreises ist mit der Feuerwehreinsatzzentrale kombiniert. Der Kreis führt den Rettungsdienst mit eigenen Kräften (3 Rettungswagen, 6 Krankenwagen, 2 Notarzteinsatzfahrzeuge, 1 leitender Notarzt) durch. Die vier Hilfsorganisationen wirken in der Krankenbeförderung mit. Die Entfernung der Kreisstadt zum Stützpunkt der ATF beträgt ca. 40 km.

In einem Betrieb zur Herstellung chemischer Grundprodukte ist infolge einer fehlerhaften Beschickung einer Reaktionskolonne der Prozess durchgegangen. Versuche des Betriebspersonals, die

Reaktion zu stoppen, schlagen fehl. Die in großen Mengen auftretenden Reaktionsprodukte werden zunächst in zwei Drucktanks zu je 20 m³ geleitet. Da die exotherme Reaktion nicht gestoppt werden kann und der Druck über die Berstventile nicht ausreichend abgebaut wird, kommt es zum Bersten beider Behälter und der entsprechenden Rohrleitungen. Dabei wird auch die Hauptgasleitung zerstört, die als große Fackel brennt. Infolge der Explosion kommt es an einigen Stellen zu Entstehungsbränden. Die Reaktionsprodukte werden als pastöse klebrige Masse auf dem Fabrikgelände großflächig (> 1.800 m²) verteilt. Unbekannte Reaktionsprodukte dampfen aus der Masse als sichtbare neblige Wolke ab und werden mit dem Wind fortgetragen. In der Startphase beim Bersten der Behälter werden größere Mengen des Reaktionsproduktes als Aerosol freigesetzt und mit dem Wind fortgetragen, so dass auch in einer Entfernung von ca. 300 m eine Flächenkontamination vorliegt. Infolge der Explosion werden die sechs anwesenden Werksangehörigen teilweise schwer verletzt. Die Klimaanlage eines benachbarten Gebäudes verteilt einen Teil der nebligen Wolke in weitgehend alle Räume, so dass ca. 80 Mitarbeiter über eine erhebliche Reizung der Atemwege und Schleimhäute klagen. Bei einigen Personen zeigen sich apathische oder panikartige Reaktionen. Seitens des Chemiebetriebes ist keine der Personen ansprechbar und kann über die freigesetzten Stoffe oder Reaktionen Auskunft geben.

Aufgrund des Einsatzobjektes und der Schadensmeldung werden folgende Einsatzkräfte von der Leitstelle alarmiert:

Löschzug der Altstadt mit

- 2 Löschfahrzeuge (TLF 16 + LF 16/12)
- 1 Drehleiter mit Rettungskorb (DLK 23-12)
- 1 Rüstwagen (RW 1)
- 1 ELW-K (Stadtbrandmeister)

Löschzug der Ortsfeuerwehren Unterstadt und Vorstadt

- 2 Löschfahrzeuge (LF 16/12)
- 1 Drehleiter (DL 23-12)

Aufgrund der vielen Notrufe schließt die Feuerwehreinsatzzentrale und Rettungsleitstelle auf ein gravierendes Schadensereignis. Da insbesondere die Notrufe aus dem benachbarten Gebäude auf die Freisetzung giftiger Stoffe deuten, entschließt sich die Leitstelle zur Alarmierung folgender zusätzlicher Einsatzkräfte:

Einsatzkräfte der Kreisfeuerwehrezentrale

- 1 Gerätewagen Atemschutz (GW-AS)
- 1 ELW 1 (Kreisbrandmeister)

Einsatzkräfte des Rettungsdienstes

- 2 Rettungswagen (RTW)
- 1 Krankentransportwagen (KTW)
- 1 Notarzteinsetzfahrzeug (NEF)

Gleichzeitig wird der Oberkreisdirektor und der Stadtdirektor über die Explosion und die noch unklare Einsatzlage informiert.

Die Einsatzkräfte des Rettungsdienstes und der Feuerwehr retten zunächst die verunglückten Betriebsangehörigen und betreuen die vielen Verletzten aus dem benachbarten Gebäude. Alle Einsatzkräfte klagen ebenfalls über eine starke Reizung der Atemwege und der Schleimhäute. Die Rettungsarbeiten werden weitgehend mit umluftabhängigen Atemschutzgeräten (Filter und Maske) realisiert. Für den Rettungsdienst steht keine entsprechende Schutzausstattung zu Verfügung. Die

Feuerwehr bemüht sich, mit einem Wasserschleier die austretenden Dämpfe niederzuschlagen. Dies gelingt aufgrund der unzureichenden Löschwasserversorgung nur mangelhaft. Der Stadtbrandmeister löst aufgrund der vielen verletzten Personen das Einsatzstichwort **MANV** (Massenanfall von Verletzten) aus. Die Rettungsleitstelle alarmiert folgende zusätzlichen Einsatzkräfte des Rettungsdienstes:

- 1 Rettungswagen (RTW)
- 3 Krankentransportwagen (KTW)
- 1 Rettungshubschrauber (RTHub)
- 3 Rettungswagen aus den benachbarten Kreisen
- 1 Schnelleinsatzgruppe Rettungsdienst einer Hilfsorganisation
- 1 Leitenden Notarzt (LNA)
- 1 Organisatorischen Leiter Rettungsdienst (ORGL)

Der Kreisbrandmeister löst über die Polizei die Medienwarnung „**Fenster und Türen schließen**“ für die nähere Umgebung aus. Gleichzeitig fordert er die Schnelleinsatzgruppe ABC-Dienst des Kreises an, die von der Leitstelle alarmiert wird. Der Oberkreisdirektor löst im Einvernehmen mit dem Stadtdirektor Katastrophenvoralarm (Herstellung der Einsatzbereitschaft des Katastrophenschutzabteilung) aus.

Aufgrund der Schadenslage mit der Freisetzung und Ausbreitung unbekannter Stoffe fordert der Kreisbrandmeister die ATF an.

Die ATF muss für die örtliche Einsatzleitung kurzfristig folgende Aufgaben lösen:

- Identifizierung der freigesetzten Stoffe,
- die tatsächliche Kontamination des Geländes erkunden,
- die Ausbreitung der Schadstoffwolke ermitteln,
- die möglichen toxikologischen Auswirkungen auf die verletzten Personen bewerten,
- die speziell notwendigen therapeutischen Maßnahmen vorschlagen und
- die Möglichkeiten der Dekontamination aufzeigen.

*Die Maßnahmen der örtlichen Feuerwehreinheit sowie des Rettungsdienstes wurden **nicht** durchgeführt. Lediglich die Funktion des „Einsatzleiters der Feuerwehr (Kreisbrandmeister)“ wurde als Ansprechperson dargestellt. Dadurch ergab sich ein zeitlicher Sprung im Ablauf der Darstellung des Szenarios von 60 bis 90 Minuten.*

6.2.4 Maßnahmen des Coordination-, Controll- und Kommunikation-Centres

Mit der Anforderung an die ATF beginnt das CCC sofort mit folgenden Maßnahmen:

- Feststellung der Einsatzstufe A, B oder C
Aufgrund der Ausbreitung einer unbekanntes Schadstoffwolke und der hohen Zahl verletzter Personen erfolgt der Einsatz der Stufe C.
- Alarmierung der Einsatzkräfte der ATF.
- Festlegung der Anfahrtstrecke zum Schadensort.
- Festlegung der Transportmittel
Aufgrund der Entfernung von ca. 40 km zum Schadensort wird als Transportweg die Straße festgelegt.
- Zusammenfassung und Darstellung aller für die Lagebeurteilung notwendigen Fakten.
- Alarmierung der externen Fachberater.
Sicherstellung der uneingeschränkten Erreichbarkeit und Festlegung der Kommunikationsmittel
- Abfrage der aktuellen Wetterlage und Prognose für die nächsten 4, 8 und 12 Stunden.
- Abschätzung der möglichen Ausbreitung und Festlegung des Warn- und Gefahrenbereiches.

- Kombinierte Darstellung folgender taktischer Grundelemente:
 - Darstellung des Warnbereiches auf der digitalen Stadtkarte (MAP POINT®) entsprechend der Giftgasrichtlinie (links und rechts der Hauptwindrichtung jeweils 45°)
 - Darstellung des vermuteten Gefahrenbereiches auf der digitalen Stadtkarte (MAP POINT®) mit der Hamburger Keule (Bezugsstoff Chlor)
- Übertragung der gewonnenen Lageinformationen an die operative Einheit der ATF. Für den Empfang der Daten sowie deren Präsentation steht der Befehlswagen zur Verfügung (On-Site Operations- and Coordination-Centre OSOCC).

6.2.5 Einsatz der ATF am Schadensort

Unter günstigen zeitlichen Bedingungen kann die ATF den Schadensort nach ca. 60 Minuten erreichen. Dadurch ergibt sich ein zeitlicher Sprung im Ablauf der Darstellung des Szenarios von 30 bis 45 Minuten.

Unmittelbar nach dem Eintreffen der ATF am Schadensort nimmt der Einsatzleiter der ATF unmittelbaren Kontakt mit der örtlichen Einsatzleitung (Kreisbrandmeister) auf. Dabei nimmt er den detaillierten Einsatzauftrag entgegen und lässt sich in die Gefahrenlage einweisen.

In der OSOCC werden auf der Basis der vorliegenden Wetterdaten und -prognosen erste Ausbreitungsberechnungen vorgenommen und mit den visuellen Wahrnehmungen am Schadensort verglichen und bewertet.

- Darstellung der Ausbreitungsberechnung mit **DISMA** (Demoversion) auf der digitalen Stadtkarte (MAP POINT® oder der vektororientierten digitalen Stadtgrundkarte)
- Symbolische Darstellung der Ausbreitungsberechnung (Vergleichsstoff „1,3-DICHLOR-ACETON“) mit **MET** auf der digitalen Stadtkarte (MAP POINT® oder der vektororientierten digitalen Stadtgrundkarte)
- Darstellung der Sektorenkarte zur Lenkung der Spür- und Messtrupps

Schon während der Einweisung in die Einsatzlage beginnt die ATF routinemäßig mit der Herstellung der Einsatzbereitschaft, der Sicherung des Einsatzraumes (Monitoring mit einem GDA) und den ersten orientierenden Messungen bzw. Probenahmen sowie der Erfassung der lokalen Wetterdaten. Aufgrund der schon während der Anfahrt ermittelten Witterungsbedingungen und dem Kartenmaterial von der Einsatzstelle wurden erste Vorbereitungen zur Realisierung der ersten Probenahme für das GC-MS-System, der Musteraufnahme durch ein GDA-System an der Austrittsstelle sowie für den Aufstellungsort des Fernerkundungs-Systems getroffen. Diese Maßnahmen werden unmittelbar nach dem Eintreffen realisiert.

Nachdem der Einsatzauftrag vorliegt, wird ein Spürtrupp zur Probenahme mit Sammelröhrchen (TENAX + parallel auf Kombinationsröhrchen) in den unmittelbaren Bereich der Fabrikationsanlage entsandt. Der Spürtrupp nimmt gleichzeitig eine Messung im unmittelbaren Gefahrenbereich mit dem Gefahrstoffdetektoren-Array (GDA) vor. Gleichzeitig wird mit dem Fernerkundungs-System (FTIR) die Ausbreitung der Schadstoffwolke erkundet und, soweit möglich, gleichzeitig eine Identifizierung der Stoffe vorgenommen. Alle Maßnahmen werden protokolliert und in der Lagekarte dargestellt (OSOCC) sowie an das CCC übermittelt.

Vom Operator des GC-MS-Systems erfolgt die Identifizierung der Schadstoffe auf der Basis der genommenen Luftproben mit einem Standardverfahren (Verfahren LS, Kap. 3.4.10). Das Analyseergebnis wird dem Leiter der ATF übermittelt, in der Lagekarte des OSOCC dargestellt und an das CCC weitergeben. Die Anzeigeergebnisse des GDA werden ebenfalls ausgewertet und bilden die Basis für weitere Messungen zusätzlicher Spürtrupps mit GDA.

Alle Maßnahmen der eingesetzten Trupps sowie die gewonnenen Messergebnisse werden im OSOCC in der Lagekarte dargestellt und an das CCC übermittelt.

Alle Maßnahmen der ATF sowie die gewonnenen Messergebnisse werden im CCC in der Lagekarte dargestellt und an die externen Fachberater übermittelt.

Von der ATF werden drei externe Spürtrupps mit GDAs ausgestattet und eingewiesen. Die Einsatzlenkung der Spür- und Messtrupps legt die Messtaktik und die Messorte sowie die Fernmeldeverbindung fest. Die drei Spürtrupps starten mit entsprechenden ABC-Erkundungskraftwagen (ABC-ErkKw). Die Spüraufträge werden anhand der Sektorenkarte und den vorliegenden Ausbreitungsberechnungen erteilt und dargestellt.

Die fernmeldetechnische Übertragung der Anzeigeergebnisse an den verschiedenen Spürorten der drei eingesetzten Spürtrupps wurde nur simuliert. Die gewonnenen Ergebnisse wurden unmittelbar in die Lagekarte des OSOCC eingetragen und an das CCC übermittelt..

Die von der OSOCC gemeldeten Informationen werden in der Lagekarte des CCC dargestellt und an die Fachberater weitergegeben. Dabei wird die kombinierte Darstellung der Ergebnisse der Ausbreitungsberechnungen und der Sektorenkarte verwendet.

Die Ergebnisse der FTIR Messungen werden in der Lagekarte des OSOCC dargestellt und an das CCC übermittelt.

Die gewonnenen Ergebnisse werden von den beiden Operatoren und dem Einsatzleiter der ATF bewertet. Es ist notwendig, dass die GC-MS-Analyse durch einen externen Fachberater bewertet wird. Die GC-MS-Analyse wird online an den externen Fachberater übermittelt.

Der externe Fachberater bewertet die GC-MS-Analyse und gibt wichtige Hinweise zur Interpretation der gewonnenen Daten (Stoffdaten, Hinweise zur Dekontamination und Toxikologie). Weiterhin ist die Einschaltung eines weiteren Experten für die toxikologische Bewertung geboten.

Die Ergebnisse des externen Fachberaters werden unmittelbar in die Lagekarte des OSOCC übernommen und an das CCC übermittelt.

Aufgrund der Hinweise des externen Fachberaters werden die Ergebnisse von der ATF zusammengefasst. Es ist erforderlich, dass bezüglich der Notfallmedizin sowie der Toxikologie ein weiterer externer Fachberater aktiviert wird. Die Lageinformationen werden mündlich an den externen Fachberater übermittelt.

Der externe Fachberater bewertet die analytischen Ergebnisse in rettungsmedizinischer und toxikologischer Hinsicht und meldet die Ergebnisse an die Einsatzleitung der ATF.

Die Ergebnisse des externen Fachberaters werden unmittelbar in die Lagekarte des OSOCC übernommen und an das CCC übermittelt.

Mit einer abschließenden Bewertung der gewonnenen analytischen Messergebnisse und der Informationen durch die externen Fachberater werden der örtlichen Einsatzleitung die Ergebnisse

- zur Identifizierung des freigesetzten Stoffes,
- der Kontamination des Geländes,
- zur Ausbreitung der Schadstoffwolke,
- zu den toxikologischen Auswirkungen auf die verletzten Personen,
- den speziell notwendigen therapeutischen Maßnahmen und
- den Dekontaminationsmaßnahmen

gegeben.

7 Schlussbemerkung und Ausblick

Die Ergebnisse aus der Untersuchung realer Chemieunfälle und Brände (Kap. 2) sowie bestehender Einsatztaktiken, Messtechniken und Informationssysteme (Kap. 3) sind in die Gestaltung einer Analytischen Task Force (ATF) eingeflossen. In die Untersuchungen sind Feuerwehren in Berlin, Frankfurt/M., Hamburg, Mannheim, Marseille und Wien einbezogen worden. Durch eine Fragebogenaktion ist ein Überblick über verfügbare Analystechnik, Ausbreitungsmodelle, Gefahrstoffdatenbanken und Messkonzepte im Bundesgebiet erhalten worden.

Der Aufbau, die Funktionsbereiche, die Ausrüstung sowie die Aufgaben und die Vorgehensweise dieser Schnelleinsatzgruppe sind in Kap. 4 beschrieben worden. Danach untergliedert sich die Struktur ATF in eine Lenkungsebene mit einem Communication-, Control- and Coordination-Center (CCC) und einem Leiter sowie einer operativen Einheit und Ergänzungseinheiten. Die operative Einheit ist der Teil der ATF, der als Schnelleinsatzgruppe an den Schadensort transportiert wird und vor-Ort die wesentlichen Aufgaben der ATF wahrnimmt. Zur operativen Einheit gehören ein Einsatzleiter sowie verschiedene Systemoperatoren zur Bedienung der Messtechniken und zur Probenaufbereitung. Bei Bedarf müssen Ergänzungseinheiten hinzugezogen werden. Diese bestehen aus dem benötigten Personal und den Fahrzeugen zur Ausrüstung von Spür- und Messtrupps. Unterstützt wird die operative Einheit durch ein spezielles ATF-Expertenteam mit analytischem und medizinisch-toxikologischem Sachverstand, das über Datenfernübertragung die Analysenergebnisse zugespielt bekommt, diese bewertet sowie die operative Einheit und die Lenkungsebene beratend unterstützt.

Die Aufgaben und speziellen Maßnahmen der einzelnen Funktionsbereiche sowie die Möglichkeiten, die neue Messmethoden wie die Ferndetektion von Gefahrstoffwolken mit passiver FTIR und das Monitoring mit Gefahrstoffdetektorenarrays bieten, sind beschrieben worden. Damit sind die Grundlagen für die Installation einer ATF gelegt worden.

Die Funktionsweise und das Zusammenspiel der einzelnen Funktionsbereiche der ATF ist in fünf verschiedenen Planspielen untersucht und optimiert worden. Unter Einbezug aller Komponenten der ATF ist der Ablauf eines Einsatzes am Beispiel eines Chemieunfalls in einem Industriebetrieb an der Landesfeuerwehrschule vor Publikum demonstriert worden. Bei den durchgeführten Planspielen hat sich gezeigt, dass die Reaktionszeit der ATF ein kritischer Punkt innerhalb der Einsatzabläufe darstellt. Die Reaktionszeit kann durch folgende Maßnahmen minimiert werden:

- flächendeckende Verteilung der Stützpunkte für die operative Einheit
- flächendeckende Verteilung von Gefahrstoffdetektorenarrays
- flächendeckende Verteilung von Probenahmeausstattung
- frühzeitige Alarmierung der ATF

Bei der Alarmierung der ATF sind psychologische Implikationen zu beachten. So können die zu erwartenden Kosten durch einen ATF-Einsatz oder die erwartende Aufmerksamkeit durch die Medien eine frühzeitige Alarmierung verzögern oder verhindern.

7.1 *Installation einer Analytischen Task Force*

Eine flächendeckende Verteilung von Probenahmeausstattung kann in der Art des überregionalen Probenahmeprojektes der Berufsfeuerwehr Frankfurt/M. durchgeführt werden. Insbesondere ist eine Ausrüstung der ABC-ErkKw sowie der Schadstoffunfallbekämpfungsschiffe mit Probenahmekoffer sinnvoll. Die ABC-ErkKw sind mit Photionsisationsdetektoren und Ionenmobilitätsspektrometer ausgerüstet. Ein Ersatz dieser Geräte durch Gefahrstoffdetektorenarrays würde die Effektivität des Monitorings prinzipiell erhöhen. Für die Installation einer Analytischen Task Force können bestehende Strukturen genutzt werden.

7.1.1 Nutzung bestehender Strukturen

Bestehende Strukturen mit Ausrüstung für operative Einheit finden sich bei verschiedenen öffentlichen Institutionen. Besonders die im Rahmen des Projektes berücksichtigten Berufsfeuerwehren besitzen gut ausgerüstete Umweltfahrzeuge, die bereits als regionale Task Force in ihrem Einsatzgebiet tätig werden. Darüber hinaus finden sich bei verschiedenen Landesumweltämtern und Forschungseinrichtungen gut ausgerüstete mobile Labors, die aufgrund der Verfügbarkeit von GC-MS-Systemen grundsätzlich in ein Konzept für eine Task Force eingebunden werden können. Im folgenden wird zunächst eine Übersicht von mobilen GC-MS-Systemen zum gegenwärtigen Kenntnisstand gegeben.

7.1.1.1 Institutionen mit mobilen GC-MS-Systemen:

Feuerwehren und Institutionen der Feuerwehr mit mobilen GC-MS-Systemen:

- Frankfurt/M. (MM1)
- Hamburg (EM640)
- Mannheim (EM640)
- Institut der Feuerwehr Sachsen-Anhalt (EM640)

Landesumweltämter mit mobilen GC-MS-Systemen:

- Brandenburg (Potsdam, EM640)
- Nordrhein-Westfalen (Essen, MM1 und EM640)

Polizei mit mobilen GC-MS-Systemen:

- LKA Berlin (MM1)
- LKA Wiesbaden (MM1)

Forschungseinrichtungen mit mobilen GC-MS-Systemen:

- GBF, Gesellschaft für Biotechnologische Forschung mbH, Braunschweig (EM640)
- Technische Universität Hamburg-Harburg (EM640)
- UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH (EM640)

Mobile GC-MS-Systeme der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung der Bundesrepublik Deutschland:

Betreiber der Mehrzweckschiffe des Bundes „Mellum“, „Neuwerk“ und „Scharhörn“ für Nord- und Ostsee (Seeschifffahrt):

- Wasser- und Schifffahrtsamt Cuxhaven (Neuwerk, EM640)
- Wasser- und Schifffahrtsamt Wilhelmshaven (Mellum, EM640)
- Wasser- und Schifffahrtsamt Lübeck (Scharhörn, EM640)

Standorte Spürfuchs der ABC-Abwehrtruppen:

37 leistungsgesteigerte Spürfuchs mit MM1 (ansonsten über 100)

- Albersdorf
- Höxter
- Prenzlau
- Bruchsal
- Sonthofen

7.1.2 Mögliche Standorte von operativen Einheiten

Als mögliche Standorte (s. Abbildung 7.1) für den Einsatz einer unabhängigen Task Force mit ausgebildeten Personal für Chemieunfälle sind die Berufsfeuerwehren und Landesumweltämter mit Rufbereitschaft geeignet.

Für den Bereich der Nord- und Ostsee stehen die Mehrzweckschiffe „Mellum“, „Neuwerk“ und „Scharhörn“ zur Verfügung. Diese sollten, insbesondere was die Unterstützung durch ein Team von Experten betrifft, in ein Konzept für die Analytische Task Force, wie in Planspiel 3 (s. Anhang, Tabelle 9.12) gezeigt, eingebunden werden.



Abbildung 7.1: Mobile GC-MS-Systeme bei Feuerwehren, Landesumweltämtern sowie bei Wasser- und Schifffahrtsämtern

7.1.3 Unterstützung im Großschadensfall

Die Einbeziehung der durch die Bundeswehr verfügbaren Systeme vom Typ MM1 im Spürfuchs ist im Rahmen der projektbegleitenden Arbeitsgruppensitzung diskutiert worden. Mit diesen Systemen ist eine Analyse großer Flächen, die mit hochgradig toxischen Substanzen kontaminiert sind, aus einem geschützten Fahrzeug heraus möglich. Eine Übersicht der Standorte ist in Abbildung 7.2 gegeben. Ein spezieller Auftrag für den Einsatz im Rahmen von großen Chemieunfällen besteht seitens der Bundeswehr nicht. Die Einbindung dieser Systeme für den Katastrophenfall und für Übungen bzw. Planspiele wird im Rahmen des Projektes empfohlen.

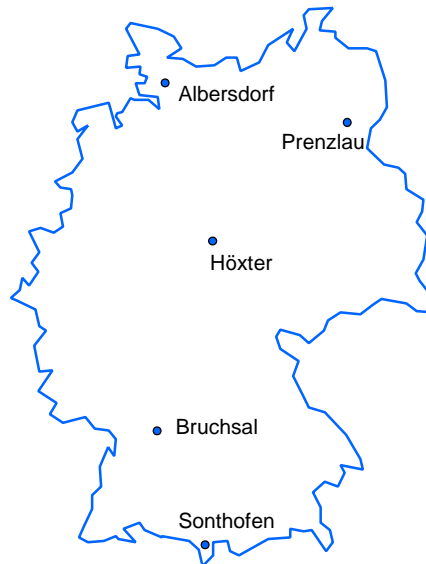


Abbildung 7.2: Standorte der Spürfuchs der ABC-Abwehrtruppen der Bundeswehr

7.1.4 Expertenteam

Im Rahmen dieses Projektes ist der Sachverstand der Medizinisch-Toxikologische Informationszentrale MEDITOX genutzt worden. Durch die intensive Zusammenarbeit mit der Berufsfeuerwehr Mannheim konnten umfangreiche Erfahrungen im Bereich der Gefahrgutunfälle und besonders im Bereich der toxikologischen Bewertung von GC-MS-Läufen gesammelt werden. Darüber hinaus sind bei MEDITOX versicherungstechnische Fragestellungen berücksichtigt worden. Das Angebot durch MEDITOX war zunächst nur auf das Land Baden-Württemberg beschränkt, soll in Zukunft aber auf das gesamte Bundesgebiet ausgedehnt werden.

7.1.5 Diskussions-Foren und Workshops

Die Fortführung der Ausarbeitungen bzw. Etablierung von Teilbereichen der ATF sollte in kleineren Gruppen durchgeführt werden, die aus den in den jeweiligen Bereichen zur Verfügung stehenden Experten bestehen. Dazu bieten sich u.a. spezielle Diskussions-Foren und Workshops an. Zur Qualitätssicherung- und Kontrolle im Bereich der Auswertung GC-MS können Ringtests organisiert werden. Der Erfahrungsaustausch in den speziellen Bereichen der ATF kann über die Einrichtung eines Internet-Forems, z.B. chemieunfall.de, relativ unkompliziert realisiert werden.

7.1.6 Ausrüstung

Aufgrund der realisierten Planspiele, der Demonstration, des Arbeits- und Gesundheitsschutzes der Angehörigen der ATF und der Einsatzkonzeption ist als Basisausstattung die im Anhang (Tabelle 9.5) zusammengestellte Grundausrüstung mit einem Volumen von ca. 6 m³ und einem Gewicht von ca. 0,8 t erforderlich. Diese Ausrüstung kann in einem handelsüblichen Kleintransporter mit den Transportkisten verlastet und zur Einsatzstelle verbracht werden. Die Angehörigen der ATF benötigen zusätzlich einen geeigneten Kleinbus. Die Ausrüstung kann mit den Hubschraubern der Bundeswehr (SEAKING oder CH 53) vollständig oder mit der BELL UH 1D teilweise transportiert werden. Die begrenzte Basisausstattung für den Einsatz der Stufe B kann mit den üblichen Rettungs- oder Polizeihubschraubern befördert werden.

7.1.7 Euro-Task-Force

In Europa werden GC-MS-Systeme an verschiedenen Standorten vorgehalten, wie z.B. in Brunn, Graz, Marseille, Paris, Prag, Rom, Triest, Warschau und Wien (s. Abbildung 7.3). In einem weiteren Schritt kann auf Basis des vorliegenden Konzeptes für die ATF an die Erweiterung auf europäischer Basis, d.h. den gemeinsamen Aufbau einer Euro-Task-Force, gedacht werden. Diese könnte den europa- bzw. weltweiten Einsatz zum Ziel haben. Damit wird die internationale Hilfe für Staaten, die noch nicht über ein derartiges System verfügen, durch die Analytische Task Force bei bestehender Organisation mit relativ geringen Mitteln möglich.



Abbildung 7.3: GC-MS-Systeme in Europa bei Katastrophenschutzeinrichtungen

Danksagung

Besonderer Dank bei der Erstellung des vorliegenden Forschungsberichtes gebührt Herrn Dr. Spörri (MEDITOX) sowie der projektbegleitenden Arbeitsgruppe.

Des weiteren gebührt Dank

Feuerwehr Hamburg

- Einer Vielzahl verschiedener Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Leistungs- und Servicezentren
- Landesfeuerwehrschule und Akademie für Rettungsdienst und Gefahrenabwehr
- Leistungszentrum Technik- und Umweltschutzwache Hamburg Wilhelmsburg F 32
- Servicezentrum Einsatzabteilung

Herr M. Kanzler (EINSATZDOKUMENTATIONS-System EDS Vers. 1.2), Frau Such (GEO-FES, Berliner Feuerwehr), Herrn Kaiser (TÜV Berlin) sowie der Brenk-Systemtechnik und der DRÄGER AG Niederlassung Nord (VOICE 3.1) für die kostenlose zeitlich begrenzte Bereitstellung spezieller Software.

8 Literatur- und Quellenverzeichnis

- [1] Cozzani, V.; Smeder, M.; Zanelli, S.: „Formation of hazardous compounds by unwanted reactions in industrial accidents“, *Journal of Hazardous Materials A* 63 (1998), S. 131-142,
- [2] Müller, G: „Kriterien für Evakuierungsempfehlungen bei Chemikalienfreisetzungen“, *Zivilschutzforschung, Neue Folge Band 32*, 1998
- [3] Hesel, D.; Kopp, H.; Roller, U.: „Erfahrungen aus Abwehrmaßnahmen bei Chemieunfällen“, *Zivilschutzforschung, Neue Folge Band 29*, 1997
- [4] TÜV Rheinland e.V., „Ermittlung von Schwachstellen bei der Bekämpfung chemischer Unfälle“, (Bd. 1 Endbericht, Bd. 2 Fallstudien), BZS-Forschungsbericht
- [5] ZEMA, Zentrale Melde- und Auswertestelle für Störfälle und Störungen in verfahrenstechnischen Anlagen, Jahresberichte ab 1993
- [6] MARS - Database; European Commission Joint Research Centre, TP 670, <http://mahbsrv.jrc.it/mars/AccSearchStdForm.html>
- [7] CIRC, The Chemical Incident Reports Center, U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board (CSB), <http://www.csb.gov/misc/search.cfm>
- [8] GUNDI, Gefahrgut-Unfall-Datenbank im Internet (Storck-Verlag): <http://www.gefahrgut.de/gundi.100/recherchemenue.de.asp>
- [9] ERNS: Emergency Response Notification System, US EPA (<http://www.epa.gov/ERNS/>)
- [10] Chemical Emergency Preparedness and Prevention Office (CEPPO) (<http://www.epa.gov/swercepp/pubs/accsumma.html>)
- [11] „Environmental Follow-up of Industrial Accidents“, US Department of the Environment, Transport and the Regions, 1997, ISBN 011753457
- [12] Schulz, St.: „Ein altes Thema – noch immer aktuell, Chemische Kampfstoffe im Blickpunkt“, *Bevölkerungsschutz, Magazin für Zivil und Katastrophenschutz*, 2 (2000), S.17 - 25
- [13] CAS, Chemical Abstracts Service Homepage, <http://www.cas.org/>
- [14] Kamphausen, H.: „Nachschlagewerke und Datenbanken, Informationsmöglichkeiten im Einsatz“, *BrandO.1999 Fachtagung für praktischen Brandschutz 09/1999, Umsicht-Schriftenreihe Band 16*, Fraunhofer IRB Verlag 1999, S. 2.1 – 2.17
- [15] Voigt, K: „Gefahrstoffinformationen im Internet“, *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft* 60, Nr.9 (2000), S. 345 - 349
- [16] Drogaris, G.; *Major Accident Reporting Systems, Lessons learned from accidents notified*, Elsevier, Amsterdam.
- [17] EPA US, *Acute Hazardous Events Data Base*, Industrial Economics, Inc., Cambridge, MA, 1985
- [18] Maclean, A.: *Chemical incidents handled by the United Kingdom fire service in 1980*, *J. Hazard. Mater.* 5 (1981), S. 340

- [19] Winder, C.; Tottszer, A.; Navratil, J.; Tandon, R.; Hazardous materials incidents reporting: results of a nation-wide trial, *J. Hazard. Mater.* 31 (1992), S. 119-134.
- [20] Buff, K.; Greim, H.: „Abschätzung der gesundheitlichen Folgen von Großbränden“ *Zivilschutzforschung*, Neue Folge Band 25, 1997, ISSN 0343-5164
- [21] Kaiser, W.; Schindler, M.: „Rechnergestütztes Beratungssystem für das Krisenmanagement bei chemischen Unfällen“, *Zivilschutz-Forschung*, Neue Folge Band 38, ISSN 0343-5164
- [22] Herweg, H.; Such, V.: „Einsatzleitwagen-Umwelt, Einsatz eines mobilen geogestützten Feuerwehr-Entscheidungshilfesystems zur Unterstützung der Einsatzleitung“, *Brandschutz* 1 (2000), S. 23 - 28
- [23] Seifert, U.: „Ausbreitung von Gefahrstoffen: Schätzverfahren und Modellrechnungen“, *BrandO.1999* Fachtagung für praktischen Brandschutz 09/1999, Umsicht-Schriftenreihe Band 16, Fraunhofer IRB Verlag 1999, S. 3.1 - 3.6
- [24] Maslansky, C.; Maslansky St.: „Air Monitoring Instrumentation, A Manual for Emergency, Investigatory, and Remedial Responders“, Van Nostrand Reinhold, New York 1993, ISBN 0-442-00973-9
- [25] Rönfeldt, J.: „Meßtechnik im Feuerwehreinsatz“, Verlag Kohlhammer 1995, ISBN 3-17-013 705-0.
- [26] Matz, G.: „Untersuchungen der Praxisanforderung an die Analytik bei der Bekämpfung großer Chemieunfälle“, *Zivilschutzforschung*, Neue Folge Band 30 (1998).
- [27] „Messen, Spüren und Dokumentieren, Der ABC-Erkundungskraftwagen – Eine technische Kurzbeschreibung“, *Bevölkerungsschutz, Magazin für Zivil- und Katastrophenschutz*, 2 (2000), S. 7 - 11
- [28] Braun, K.; Marzi, W.: „Ein Projekt für die Zukunft, Mobiles Ferndetektionssystem für die chemische Gefahrenabwehr“, *Bevölkerungsschutz, Magazin für Zivil- und Katastrophenschutz*, 1 (2000), S. 3 - 6
- [29] Matz, G.; Harder, A.; Schillings, A.; Rechenbach, P.: „Schnellanalyse bei Chemieunfällen und Bränden mit mobilem GC-MS-System“, *Abschlußbericht BMBF 01 VQ 9109/3*, 1995.
- [30] Matz, G.; Harder, A.; Schillings, A.; Rechenbach, P.: „Schnellanalyse bei Chemieunfällen und Bränden mit mobilem GC-MS-System“, *Abschlußbericht BMBF 01 ZF 9503/9*, 1998.
- [31] Müller, K.: „Chemiker und Physiker an die Front, Die ABC-Untersuchungsstelle - Eine neue Qualität der ABC-Aufklärung“, *Truppenpraxis/Wehrausbildung* 5 (1998), S. 323 – 326.
- [32] vfdb-Richtlinie 10/01, „Bewertung von Schadstoffkonzentrationen im Feuerwehreinsatz“, 2. Entwurf 1997
- [33] Kriterien zur Beurteilung akzeptabler Schadstoffkonzentrationen des Arbeitskreises Schadstoffe (Luft) der Störfallkommission Köln 1993
- [34] Schleidt, K.: *ECOMED Gefahrguttagung*, 112 - *Magazin der Feuerwehr*, 1999
- [35] Konzept zur Begründung der Konzentrationsleitwerte im Störfall des Arbeitskreises Schadstoffe (Luft) der Störfallkommission Köln, 1999
- [36] Vennen, H: "Störfall in Serie ?, Die Ereignisse bei Hoechst zwischen dem 22. Februar und 2. April 1993, Ursachen - Folgen - Konsequenzen", Hoechst AG, Frankfurt a.M. 1993, S. 7
- [37] Brunn, W.: „Der Nitroanisol -Störfall bei Hoechst AG“, *interner Bericht, Feuerwehr Frankfurt/M.*, 1993

- [38] Einsatzbericht Feuerwehr Hamburg Nr. 166 vom 20.11.1987 Gasausbruch Freisetzung von Trichlorpropanon
- [39] Rechenbach, P.: „Spread models and their practical application after incidents and accidents involving the release of toxic gases -Possible applications for simple models in averting danger“, Seminar of Chemical Accidents, Akademie für Notfallplanung und Zivilschutz im Bundesamt für Zivilschutz, Ahrweiler 1995
- [40] Kukkonen, J.; Savolainen, A.; Valkama, I.; Juntto, S.; Vesala, T.: „Folgen eines schweren Chemieunfalls in Jonava/Litauen“, DER MASCHINENSCHADEN Heft 6 (1992), S. 236 ff
- [41] Zwittnig, L.: „Unfall mit Nervengas“, BLAULICHT, Sept. 1984, S. 3 ff
- [42] INSTITUT der FEUERWEHR Sachsen-Anhalt, Schadensbilder: http://www.uni-magdeburg.de/org/idf/bilder/sbk_foto.htm
- [43] Grabski, R., Fiedler, S.; Mehr, H.; Starke, H.: „Vinylchlorid-Unfall in Schönebeck/Elbe - Analyse eines Eisenbahn-Gefahrgutunfalls“, Brandschutz Deutsche Feuerwehr-Zeitung 3 (1997), S. 127-134
- [44] Grabski, R.; Starke, H.: „Bahnbetriebsunfall der Deutschen Bahn AG (DBAG) mit Brandfolge und erheblicher Gefährdung der Umgebung – Gefahrgutunfall am 01.06.1996 Schönebeck/Elbe, MOBLAB-Einsatz“, Institut der Feuerwehr Sachsen-Anhalt, Institutsberchicht Nr. 346
- [45] Steinbach, K.: „Einsatzerfahrungen und Ergebnisse aus der Sicht des Fachberaters Umweltschutz“, Symposium Gefährliche Stoffe, Umwelt- und Atemschutz, Akademie für Rettungsdienst und Gefahrenabwehr, Landesfeuerwehrschule Hamburg, 25.09.1999
- [46] Feuerwehr Hamburg Pressestelle, „MS Oostzee, Giftalarm auf der Elbe, 18.07.1989“, Pressesammlung 7/99
- [47] Jonas, D.; Rubicko, E.: „Explosion eines Eisenbahnkesselwagens in Linz – Probleme bei Stoffidentifizierung und Bergung“, Brandschutz 1/2000, S. 39 - 44
- [48] Jonas, D.: „Kesselwagen Explodiert, Beladung: Giftige Stoffe“, Blaulicht, Blaulicht 2 (1999), S. 26 ff.
- [49] Kier, B; Müller, G.: „Handbuch Störfälle, Dokumentation über Störfälle in Chemieanlagen“, Datenblatt-Nr. 86197, Materialien / Umweltbundesamt, Erich Schmidt Berlin 1983, ISBN: 3-503-02385-2
- [50] Frei, K.; Gruntz, U.: „The Fire“, Chemosphere 19 (1989), S. 1025 - 1028
- [51] Mona, R.; Moser, H.: „Local Climatic Situation and Diffusion of Combustion Gases“, Chemosphere 19 (1989), S. 1020 - 1024
- [52] Gruntz, U.; Duhr, M.: „Analytical Investigations of Filter Extracts“, Chemosphere 19 (1989), S. 1035 - 1065
- [53] Wang Li: „Brand in Gefahrstofflager in Shenzhen (China)“, NOTRUF 112 Nr. 6 (1994), S. 350 ff
- [54] „Großbrand eines Kunststofflagers in Lengerich im Oktober 1992 – Dokumentation“ Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft, Innenministerium des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf 1994.
- [55] Einsatzbericht Feuerwehr Hamburg Nr. 352 vom 04.11.1995, Schadstofffreisetzung in Heiligenhafen
- [56] Lindemann, H.: „Mein Einsatztagebuch über den Katastropheneinsatz in Venezuela“, Feuerwehr Magazin Nr. 10 (2000), S. 40 ff

- [57] Lindemann, H.; German UN Team/Berufsfeuerwehr Hamburg, persönl. Mitteilungen
- [58] Elger, U.; Smith, M.: „German Specialist Situation Report No. 3, La Guaira Port Disaster“, German UN Team, produced for UNEP/OCHA Environment Unit Disaster Response Branch OCH, Geneva, Feb. 2000
- [59] Szinicz, L.: „Militärische Gefahrstoffe, Erfahrungen aus den Anschlägen in Matsumoto und Tokio“, Meditox Fachtagung Gefahrstoffunfälle, Stuttgart, 16.10.1999
- [60] Tu, A.: „Overview of Sarin Terrorist incidents in Japan in 1994 and 1995“, Proceedings from the 6th CBW Protection Symposium, Stockholm, Sweden, May 10-15, 1998, S. 13 - 18
- [61] Schattka: „Giftgasanschläge auf die Tokioter U-Bahn“, Bundeskriminalamt Wiesbaden.
- [62] Global Proliferation of Weapons of Mass Destruction: A Case Study on the Aum Shinrikyo, Senate Government Affairs Permanent Subcommittee on Investigations, October 31, 1995 Staff Statement, http://www.fas.org/irp/congress/1995_rpt/aum/index.html
- [63] Senatsbericht über die Ereignisse der Firma Dr. Stolzenberg, unveröffentlicht, Senat der Freien und Hansestadt Hamburg
- [64] The regional Environment Center for Central Eastern Europe, „Assessment of the Environmental Impact of Military Activities During the Yugoslavia Conflict“, <http://www.rec.org/REC/Announcements/yugo/contents.html>
- [65] UNEP Balkan Task Force, „The Kosovo Conflict: Consequences for the Environment & Human Settlements“, Final Report 1999, <http://www.grid.unep.ch/btf/final/index.html>
- [66] Marzi, W.: "Schutz vor Gaswolken in Wohngebäuden" Bevölkerungsschutz, Magazin für Zivil und Katastrophenschutz, 2 (1999), S. 19 - 22
- [67] Rönnfeldt, J.: „Fünf Thesen zum Messen, Meßstrategie an Feuerwehreinsatzstellen“, BrandSchutz Deutsche Feuerwehr-Zeitung 7/1998, S.617-623.
- [68] Krawczyk, B.: "Entwickeln sie ein optimiertes Verfahren zur mobilen flächendeckenden Gefahrstoffmessung und -interpretation für betroffene und gefährdete Gebiete nach ABC-Waffenwirkung im V-Fall unter Berücksichtigung derzeitiger Fahrzeugkonzepte" unveröffentlichte Hausarbeit für die 2. Staatsprüfung für den höheren feuerwehrtechnischen Dienst 1999.
- [69] Rönnfeldt, J.: „Möglichkeiten und Grenzen von Messtechnik im Umwelt- und Gefahrstoffeinsatz“, BrandO.1999 Fachtagung für praktischen Brandschutz 09/1999, Umsicht-Schriftenreihe Band 16, Fraunhofer IRB Verlag 1999, S. 6.1-6.10
- [70] Rechenbach, P.: „Spüren und Messen, Messen wir richtig?“, Brandschutz Deutsche Feuerwehr-Zeitung 11 (1997), S. 912-916
- [71] Lambrecht, V.: „Erfahrungen mit einem Meßkonzept“, Drägerheft 352 (1992), S. 30-33
- [72] Halpaap, W.: „Ausbreitung, Messung und Bewertung von Gaswolken – Stand der Erkenntnisse und Folgerungen für die Gefahrenabwehr“, Drägerheft 352 (1992), S. 22-29
- [73] Mess- und Deko Konzept des Landkreis Aschaffenburg, vertonte Powerpoint-Demonstration auf CD-ROM, Bereitstellung durch Herrn Kreisbrandmeister K. Bernd, Großostheim
- [74] Kling, H.: „Messleitkonzept“, Abschnittsarbeit im Vorbereitungsdienst für den gehobenen feuerwehrtechnischen Dienst, Berufsfeuerwehr Nürnberg, November 1999

- [75] Rönfeldt, J.: Überörtliche Zusammenarbeit – Probenahmeprojekt, Unterlagen zur Projektbeschreibung, Branddirektion Frankfurt am Main, Sachgebiet Umweltschutz, 1998
- [76] Rechenbach, P.: „Sprech- und Datenfunksystem Neues Funksystem für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS)“, Brandschutz Deutsche Feuerwehr-Zeitung 3 (1999), S. 237-240
- [77] Coursier Fabienne: „Le Laboratoire Mobile de Spectrometrie de Masse“, N° 56 Dossier Bataillon de marins-pompiers de Marseille, Division Santé
- [78] Denker, St.; Mußmann, B.: „Meßstrategie zur Bewertung von Schadstoff-Konzentrationen im Feuerwehreinsatz“, Drägerheft 366/12 (1997), S. 31-36.
- [79] Ott, D.: „Strategievorschlage zur Meßtechnik bei Schadensereignissen“, Drägerheft 355/9 (1993), S. 2-5.
- [80] Hunte, T.: „Gas-Detektoren-Arrays mit Meßbereichs-anpassung zur Erfassung von Gefahrstoffen bei Chemieunfällen und Emissionen“, Diss. Technische Universität Hamburg-Harburg, VDI Fortschrittberichte (1999), ISBN 3-18-377408-9
- [81] Matz, G.; Hunte, T.; Schroeder, W.: „Hand Portable Gas Detector Array (GDA) for Rapid Field Detection and Identification of Chemical Threat“, Field Analytical Chemistry and Technology, in Vorbereitung.
- [82] Beil, A.; Daum, R.; Matz, G.; Harig, R.: „Remote sensing of atmospheric pollution by passive FTIR spectrometry“ in Spectroscopic Atmospheric Environmental Monitoring Techniques, Klaus Schäfer, Herausgeber, Proceedings of SPIE Vol. 3493, 32-43 (1998).
- [83] Matz, G.; Harig, R.: „Kampfstoffaerosole Durchführen von definierten qualifizierten Meß- und Analyseaufgaben“ Abschlußbericht, Studie im Auftrag des Bundesministeriums der Verteidigung, 1998.
- [84] Matz, G.; Harig, R.: „Fortführung theoretischer und praktischer Untersuchungen zur Stoffidentifikation mit passiven IR-Ferndetektionsgeraten unter Berücksichtigung von Umwelt- und Gefechtsfeldeinflussen“ Abschlußbericht, Studie im Auftrag des Bundesministeriums der Verteidigung, 2000.
- [85] Beil, A., Daum, R., Matz, G., Harig, R.: „Ferndetektion luftgetragener Schadstoffe mit passiver FTIR-Spektrometrie“ Düsseldorf: VDI Berichte 1443: „Neuere Entwicklungen bei der Messung und Beurteilung der Luftqualität“ 1999, 697-706.
- [86] Matz, G.; Schröder, W.; Dittmer, M.; Harig, R.: „Scanner System for Imaging Passive Infrared Remote Sensing of Hazardous Vapors in the Atmosphere“, Pittsburgh Conference on Analytical Chemistry and Applied Spectroscopy, Pittcon 2000, No. 1294, 2000, <http://www.pittcon.org/pittcon2000.html>
- [87] World Health Organization (WHO); Indoor air quality: organic pollutants. EURO Reports and Studies No. 111. Copenhagen: WHO Reg. Office for Europe, 1989.
- [88] Environmental Technology Verification Report, Field Portable Gas Chromatograph/Mass Spectrometer, Bruker Franzen Analytical Systems, Inc. EM640, EPA/600/R-97/149, Dezember 1997.
- [89] Environmental Technology Verification Report, Field Portable Gas Chromatograph/Mass Spectrometer, Viking Instruments Corporation SpectraTrak672, EPA/600/R-97/148, Dezember 1997.
- [90] Environmental Technology Verification Report, Field-Portable Gas Chromatograph/Mass Spectrometer, Inficon, Inc. HAPSITE, EPA/600/R-98/142, November 1998.

- [91] Matz, G.; Harder, A.; Schillings, A.; Schröder, W., Rechenbach, P.: „Fast Analysis of Hazardous Organics in Fire and Chemical Accidents by Mobile GC/MS“, Conference on „Field Analytical Methods for Hazardous Wastes and Toxic Chemicals, Las Vegas 1997.
- [92] Matz, G.; Schröder, W.; Harder, A.; Schillings, A.; Rechenbach, P.: „Fast On-Site GC/MS Analysis of Hazardous Compound Emissions from Fires and Chemical Accidents“, *Field Analytical Chemistry and Technology* 1/4 (1997), S. 181-194.
- [93] Matz, G.: „Determination of VOCs in Fire and Chemical Accidents by Mobile GC/MS“, *Current Protocols in Field Analytical Chemistry, UNIT 1 B.2, CD-ROM ISBN 0-471-18529-9, John Wiley & Sons, Inc. 1999.*
- [94] Baya, M.; Siskos, P.: „Evaluation of Anasorb CMS and Comparison With Tenax TA for the Sampling of Volatile Organic Compounds in Indoor and Outdoor Air by Breakthrough Measurements“, *The Analyst* 121 (1996), 303-307.
- [95] Sakodynskii, K.; Pania, L. Klinskaya, N.: „A Study of Some Properties of Tenax, a Porous Polymer Sorbent“, *Chromatographia* 7 (1974), S. 339-344.
- [96] Sye, W.; Chang, C.: „Adsorption/Thermal Desorption with Tenax-GC for the Collection and Analysis of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Chlorinated Compounds“, Taipei, Tamkang Univ., Dept. of Chemistry 1992.
- [97] Kibelka, G.: „Methoden zur Anreicherung organischer Verbindungen aus verdünnten wäßrigen Lösungen“, Diplomarbeit Technische Universität Hamburg-Harburg 1994.
- [98] Matz, G.; Schröder, W.; Ollesch, T.: „A new fast method for field screening of polychlorinated biphenyls in air“, *J. Chromatogr.* 750 (1996), S. 151-153.
- [99] Dahl, J.: „Beschreibung eines Anreicherungsgerätes mit Hilfe der statistischen Versuchsplanung“, Studienarbeit Technische Universität Hamburg-Harburg 1997.
- [100] Matz, G.; Schillings, A.; Harder, A.; Schröder, W.: „Sample Preparation For A Mobile GC-MS-System“, 44. Conference on Mass Spectrometry and Allied Topics der American Society of Mass Spectrometry (ASMS), Portland 1996
- [101] Matz, G.; Schillings, A.; Harder, A.; Schröder, W.: „Portable Sampling Tools For On-Site Analysis With A Mobile GC-MS-System“, Pittsburgh Conference on Analytical Chemistry (Pitcon), Atlanta 1997
- [102] Liebram, A.: „Kompaktes, nicht-scannendes Magnet-Massenspektrometer zur zeitlich hochaufgelösten Analyse von Gasgemischen“, Diss. TUHH 1999, Fortschritts-Berichte VDI Reihe 8, Nr. 780, ISBN 3-18-378008-9
- [103] <http://www.optigas.com/>
- [104] <http://www.mass-sensors.com/>
- [105] Schillings, A.; Matz, G.; Schröder, W.; Gohl, M.: „Micro controller based online probe with an integrated enrichment unit for monitoring hazardous compound emissions with a mobile GC/MS system“, Pittsburgh Conference on Analytical Chemistry and Applied Spectroscopy, Pittcon 2000, No. 1809P, 2000, <http://www.pittcon.org/pittcon2000.html>
- [106] „Gefahrstoffdatenbanken der öffentlichen Hand“, Workshop des Instituts der Feuerwehr Sachsen-Anhalt (IdF LSA), Heyrothsberge, 16.11.1999
- [107] Lange, C.: „Informationssystem für gefährliche Stoffe und Güter, Vorstellung der Gefahrstoff-Datenbank keudel-av“, *Brandschutz Deutsche Feuerwehr-Zeitung* 1 (2000), S.18-22

- [108] Pfenninger, E.: „Medizinische Versorgung beim Massenanfall Verletzter bei Chemikalienfreisetzung“, Zivilschutz Forschung - Neue Folge, herausgegeben vom Bundesamt für Zivilschutz, Band 44 in Vorbereitung
- [109] Garvs, W.: „EDV-Anwendungen, Gefahrstoffinformationen und Ausbreitungsprognosen“, Brandschutz Deutsche Feuerwehr-Zeitung 1 (1995), S. 36-40
- [110] COMPAS: Echtzeit-Entscheidungshilfe für das Störfallmanagement, Brenk Softwaresysteme, <http://www.brenk.com/software/index.htm>
- [111] Herweg, H.; Such, V.: „Gefahrenabwehrsystem“, interner Bericht zu Geo-FES der Berliner Feuerwehr, 2000
- [112] Bützer, P.: „Modell für Effekte mit toxischen Gasen (MET)“, SWISS CHEM 14 (1992) Nr. 1, S. 7-20
- [113] „REMUS - Ein DV-gestütztes System zum Schutz von Menschenleben und Umwelt“, STN ATLAS ELEKTRONIK, Informationsmaterial von D. Reichenbach, HSB
- [114] <http://www.ess.co.at/RISK/>
- [115] <http://cats.saic.com/>
- [116] <http://www.bruhn-newtech.com/cer-products.html>
- [117] Wirkung und Abwehr von ABC-Kampfmitteln, ZDv 5/110, 1983
- [118] ABC-Abwehr aller Truppen, ZDv 5/300, 1998
- [119] Führungsunterstützung im Heer, HDv 100/200, 1998
- [120] Führungsbegriffe, ZDv 100/, 1998
- [121] Die Bataillone und Kompanien der ABC-Abwehrtruppe, ZDv 331/100, 1990
- [122] Der Dekontaminationszug, AnwFE 333/110, 1991
- [123] ABC-Wetterdienst, AnwFE 337/200, 1977
- [124] Der ABC-Aufklärungstrupp mit dem Spürpanzer Fuchs, AnwFE 334/100, 1998
- [125] Stabsdienstordnung für das Brigadekommando Anweisung für die Ausbildung Nr.: 99
- [126] Stabsdienstordnung für das Divisionskommando Anweisung für die Ausbildung Nr.: 100
- [127] Leitfaden für die Vollausbildung der Helfer des ABC-Dienstes im Katastrophenschutz, Bundesamt für Zivilschutz, 1987
- [128] Die ABC-Melde- und Auswertestelle Katastrophenschutzdienstvorschrift KatS-Dv 113, Bundesamt für Zivilschutz, 1985
- [129] Geräte und Hilfsmittel des ABC-Zuges, Katastrophenschutzdienstvorschrift KatS-Dv 520, Bundesamt für Zivilschutz, 1990
- [130] Geräteausstattungen aller Fachdienste Katastrophenschutzdienstvorschrift KatS-Dv 120, Bundesamt für Zivilschutz, 1988

- [131] Schutz der Einheiten und Einrichtungen des Katastrophenschutzes vor ABC-Gefahren, Katastrophenschutzdienstvorschrift KatS-Dv 140, Bundesamt für Zivilschutz, 1985
- [132] Der ABC-Zug (Vorläufer) Katastrophenschutzdienstvorschrift KatS-Dv 509, Bundesamt für Zivilschutz, 1976
- [133] Führung und Einsatz Katastrophenschutzdienstvorschrift KatS-DV 100 Bundesamt für Zivilschutz, 1981
- [134] Instruktion ZV 1/77 über die Erarbeitung und Führung der Führungsdokumentation der Führungsorgane der Einsatzkräfte der Zivilverteidigung, Ministerrat der DDR, 1977
- [135] Starosta, A.: „Havarien und Katastrophen, ihre Folgen sowie Maßnahmen zu deren Bekämpfung“, DDR Staatsverlag, 1984
- [136] Abwehr von Gasangriffen, Industrieller Luftschutz 2. Merkblatt, 1932
- [137] Führung und Leitung im Einsatz; Feuerwehrdienstvorschrift FwDV 100; Deutscher Gemeindeverlag; 1999
- [138] Die Staffel im Löscheinsatz; Feuerwehrdienstvorschrift FwDV 3; Deutscher Gemeindeverlag; 1986
- [139] Die Gruppe im Löscheinsatz; Feuerwehrdienstvorschrift FwDV 4; Deutscher Gemeindeverlag; 1986
- [140] Die Zug im Löscheinsatz; Feuerwehrdienstvorschrift FwDV 5; Deutscher Gemeindeverlag; 1986
- [141] Atemschutz; Feuerwehrdienstvorschrift FwDV 7; Deutscher Gemeindeverlag; 1986
- [142] Einsatzleitung; Feuerwehrdienstvorschrift FwDV 12/1; Deutscher Gemeindeverlag; 1986
- [143] Die Gruppe im technischen Hilfeleistungseinsatz; Feuerwehrdienstvorschrift FwDV 13/1; Deutscher Gemeindeverlag; 1986
- [144] Gefährliche Stoffe und Güter; Feuerwehrdienstvorschrift FwDV 14; Deutscher Gemeindeverlag; 1986
- [145] Sprechfunkdienst ; Feuerwehrdienstvorschrift FwDV 810; Deutscher Gemeindeverlag; 1986
- [146] Führung und Einsatz; Polizeidienstvorschrift PDV 100; Führungsakademie der Polizei; 1981
- [147] Einsatz der Fernmeldemittel ; Polizeidienstvorschrift PDV 800; Führungsakademie der Polizei; 1981
- [148] Schadstoffe bei Bränden; vfdb-Richtlinie 10/03; 1997
- [149] Dekontamination bei Feuerwehreinsätzen mit gefährlichen Stoffen und Gütern; vfdb-Richtlinie 10/04; 1. Entwurf; 1997
- [150] Richtlinie für den Feuerwehreinsatz in Anlagen mit biologischen Arbeitsstoffen; vfdb-Richtlinie 10/02; 1994
- [151] Recommended Practice for Responding to Hazardous Materials Incidents; ANSI/NFPA 471; American National Standard; 1992
- [152] Standard for Professional Competence of Responders to Hazardous Materials Incidents; ANSI/NFPA 472; American National Standard ; 1992
- [153] Standard for Professional Competencies for Emergency Medical Service Personal; Responding to Hazardous Materials Incidents; ANSI/NFPA 473; American National Standard ; 1992

- [154] Tokle; G.: "Hazardous Materials Response Handbook", NFPA, 1996
- [155] Essentials of Fire Fighting, International Fire Service Training Association, 2000
- [156] Hazardous Materials for First Responders, International Fire Service Training Association, 1999
- [157] Ammann, K.; Kausch, A.; Pasternack, A.; Schlobohm, J.; Bresser, G.; Eulenburg, P.: „Untersuchung der Praxisanforderungen an Atem- und Körperschutzausstattung zur Bekämpfung von Chemieunfällen“, Drägerwerk AG, Hauptstelle für das Grubenrettungswesen, Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes, 1994
- [158] Heudorfer, W.; Bulheller, S.: „Untersuchung der Wirksamkeit von Selbstschutzausstattung bei Chemieunfällen“, Gesamthochschule Wuppertal, 1996
- [159] Weiß, H.: „Risikobeurteilung für den Feuerwehreinsatz“, BRANDSCHUTZ, 1998
- [160] Schubert, R.: „Brandgefahrenanalyse“, Staatsverlag der DDR, 1976
- [161] März, R.: „Schutz des Feuerwehrmannes vor Schadstoffen“, BRANDSCHUTZ S. 304 ff, 992
- [162] Workshop Brandrauch, Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik, 1997
- [163] Roth, L.; Weller, U.: „Chemie-Brände“, ecomed Verlag, 1989
- [164] Föhl, A.; Basmer, P.; Schwarz, J.: „Untersuchung der Löschverfahren und Löschmittel zur Bekämpfung von Bränden gefährlicher Güter“, Forschungsstelle für Brandschutztechnik, 1998
- [165] Föhl, A.: „Entstehung von Dioxinen und Furanen im Brandfall und erforderliche Abwehrmaßnahmen“, Forschungsstelle für Brandschutztechnik, 1991
- [166] Petter, F.: „Bewertung von Brandrückständen“, BRANDSCHUTZ Nr. 1 Seite 10 ff, 1994
- [167] Analyse des Brandes am 11.04.1996 Empfehlungen und Konsequenzen für den Rhein-Ruhr-Flughafen Düsseldorf, Unabhängige Sachverständigenkommission, 1997
- [168] Troitzsch, J.; Rechenbach, P.: "Smoke Toxicity and Pollutants from Fires", KUNSTSTOFFE PLAST EUROPE Vol. 89 P. 47-48,
- [169] Hosser, D.; Blume, G.; Will, J.: „Brandschutz in Chemikalienlagern“, Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, Heft 151, 2000
- [170] "Empfehlungen zur Reinigung von Gebäuden nach Bränden", Bekanntmachungen des Bundesgesundheitsamtes Berlin , 1990
- [171] Beard, A.; Marzi, T.; Stein, J.; Danzig, J.: „Integration von Daten zu Brand und Zersetzungsprodukten in das Informationssystem für gefährliche umweltrelevante Stoffe (IGS), Abschlußbericht des Instituts für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik e. V., 1995
- [172] Rechenbach, P.; Rechenbach, J.: „Arbeitssicherheit an Feuerwehreinsatzstellen“, Brandschutz Nr. 11 Seite 878 ff, 1997
- [173] Gesetz zur Umsetzung der EG-Rahmenrichtlinie Arbeitsschutz und weiterer Arbeitsschutz-Richtlinien, Bundesgesetzblatt 1996 Teil I Nr. 43, 1996

- [174] Richtlinie 91/383/EWG des Rates vom 12. Juni 1989 über die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit, Abl. EG Nr. L 183 S. 1, 1989
- [175] Richtlinie 89/391/EWG des Rates vom 25. Juni 1991 zur Ergänzung der Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer mit befristeten Arbeitsverhältnis oder Leiharbeitsverhältnis, Abl. EG Nr. L 206 S. 19, 1991
- [176] Ermittlung von physikalischen, biologischen oder chemischen Risiken im Hinblick auf die Verwendung persönlicher Schutzausrüstungen, Anhang I der EG-Richtlinie über Mindestvorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Benutzung persönlicher Schutzausrüstungen durch Arbeitnehmer bei der Arbeit (89/656/EWG)
- [177] Richtlinie für den Bau und die Prüfung von Chemikalienschutzanzügen, vfdb-Richtlinie 0801, 1999
- [178] Regeln für die Auswahl von Atemschutzgeräten und Chemikalienschutzanzügen für Einsatzaufgaben bei den Feuerwehren, vfdb-Richtlinie 0802, 1999
- [179] Auswahlkriterien für die spezielle arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 26 „Atemschutzgeräte“, ZH 1/600.26
- [180] Such, V.: „Verkehrsunfall an einer Kreuzung mit einem Ammoniaktransporter – Konstanter Leckstrom mit Einsatz von GeoFES“, Planspiel der Berliner Feuerwehr, 2000
- [181] Müller, G.: „Ermittlung von Kriterien für Evakuierungsempfehlungen bei Chemikalienfreisetzungen“, RWTÜV Anlagentechnik GmbH, 1995
- [182] Marzi, W.: „Schutz vor Gaswolken in Wohngebäuden“, Bevölkerungsschutz 2 (1999), S. 19-22
- [183] Jendsch, W.: „MEDITOX - Wenn etwas in der Luft liegt“, Rettungs-Magazin Sept./Okt. 1999 S. 68 ff
- [184] Farrenkopf, D.: „Chemiewaffenabzug Rheinland-Pfalz“, mündliche Informationen
- [185] Rechenbach, P.: „Spüren und Messen“, Brandschutz Nr. 11 (1997), S. 912 ff
- [186] Matz, G.; Harder, A.; Schillings, A.; Rechenbach, P.: „Mobiles Massenspektrometer im Feuerwehreinsatz“ Brandschutz Nr. 1 (1995), S. 41 ff
- [187] Matz, G.; Harder, A.; Rechenbach, P.: Spürtrupp unter Vollschutzanzug zur Probenahme vor! Brandschutz Nr. 3 (1993) S. 207 ff
- [188] Lechnitz, K.: „Einfache Schadstoffanalytik beim Feuerwehreinsatz“ DRÄGERHEFT 352, 1992
- [189] Krawczyk, B.: „Entwickeln sie ein optimiertes Verfahren zur mobilen flächendeckenden Gefahrstoffmessung und -interpretation für betroffene und gefährdete Gebiete nach ABC-Waffenwirkung im V-Fall unter Berücksichtigung derzeitiger Fahrzeugkonzepte unveröffentlichte Hausarbeit für die 2. Staatsprüfung für den höheren feuerwehrtechnischen Dienst, 1999
- [190] Franke, S.: „Lehrbuch der Militärchemie“ Band I + II, Militärverlag der DDR, 1976
- [191] Hommel, G.: „Handbuch der gefährlichen Güter“, Springer, Berlin 1986
- [192] NIST/EPA/NIH Mass Spectral Database; National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, 1998
- [193] McLafferty, F.; Stauffer, D.; Loh, St.: „Unknown Identification Using Reference Mass Spectra. Quality Evaluation of Databases“, J Am Soc Mass Spectrom 10 (1999), S. 1229-1240.

- [194] Stephens, G.: „Remote Sensing of the Lower Atmosphere“ New York: Oxford University Press 1994.
- [195] Flanigan, D. F.: „Prediction of the limits of detection of hazardous vapors by passive infrared with the use of Modtran“ *Applied Optics* 35 (1996), 6090-6098.
- [196] Wolfe, W., Zissis, G.: „The Infrared Handbook“ Revised Edition, Washington, DC: Office of Naval Research: 1985.
- [197] Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen
Beschluss der Umweltministerkonferenz 01.12.1988
- [198] Franke, D.: „Eingreifrichtwerte statt Dosisrichtwerte, Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen wurden novelliert“, *Bevölkerungsschutz* 3 (2000), S. 23-28
- [199] Bumb, R.; Crummet, W.; Cutie, S.; Gledhill, J.; Hummel, R.; Kagel, R.; Lamparski, L.; Luoma, E.; Miller, D.; Nestruck, T.; Shadhoff, L.; Stehl, R.; Woods, J.: „Trace Chemistry of Fire: A Source of Chlorinated Dioxins“, *Science* 210 (1980), S. 385-390.
- [200] Christmann, W.; Kasiske, D.; Klöppel, K.; Partscht, H.; Rotard, W.: „Combustion of Polyvinylchloride - An Important Source for the Formation of PCDD/PCDF“, *Chemosphere* 19 (1989), S. 387-392.
- [201] Wintermeyer, D.; Rotard, W.: „Dioxin-Emission und -Deposition in der Bundesrepublik Deutschland - Versuch einer Bilanzierung“, *Staub - Reinhaltung der Luft* 54 (1994), S. 81-86.
- [202] Crummet, W.; Townsend, D.: „The Trace Chemistry of Fire Hypothesis: Review and Update“, *Chemosphere* 13 (7) (1984), S. 777-788.
- [203] McLafferty, F.; Turecek, F.: „Interpretation von Massenspektren“, Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg, ISBN3-86025-148-1, 1995
- [204] Hesse, M.; Meier, H.; Zeh, B.: „Spektroskopische Methoden in der organischen Chemie“, ISBN 3-13-576103-7, Thieme Verlag Stuttgart, 1987
- [205] Spörri, R., Walther, R.: „MEDITOX im praktischen Einsatz bei Gefahrstoffunfällen“, Meditox Fachtagung Gefahrstoffunfälle, Stuttgart, 16.10.1999
- [206] Spörri, R., pers. Mitteilung
- [207] <http://www.sbccom.apgea.army.mil/RDA/msds/index.htm>
- [208] Matz, G.: „Schnelle Vor-Ort-Analyse von kontaminierten Böden“, Forschungsvorhaben D4, Sonderforschungsbereich 188 der DFG, Reinigung kontaminierter Böden, Abschlußbericht 2001
- [209] DIN ISO 10381-1, Bodenbeschaffenheit – Probenahme Teil 1: Anleitung zur Aufstellung von Probenahmeprogrammen
- [210] DIN ISO 10381-5, 1998 (Entwurf), Bodenbeschaffenheit – Probenahme Teil 5: Anleitung zur Vorgehensweise bei Untersuchungen von Bodenkontaminationen auf urbanen und industriellen Standorten
- [211] Nothbaum, N.; Scholz, R.; May, Th.: „Probenplanung und Datenanalyse bei kontaminierten Böden“, Schadstoffe Umwelt Band 13, Erich Schmidt Verlag, Berlin 1994, ISBN 3 503 03677 6

9 Anhang

Tabelle 9.1: Stoffliste und Grenzwerte

Stoff oder Stoffgruppe	CAS-Nr.	ETW (ppm)	ERPG 1 (ppm)	ERPG 2 (ppm)	ERPG 3 (ppm)	AEGL 1 ²⁾ (ppm)	AEGL 2 ²⁾ (ppm)	AEGL 3 ²⁾ (ppm)	MAK (ppm)	MAK (mg/m ³)	TRK (ppm)	TRK (mg/m ³)
Acetaldehyde	75-07-0		0,1	0,5	3				50	90		
Acetic Acid	64-19-7	20	2	50	750				10	25		
Acetone	67-64-1	500							500	1.200		
Acetone Cyanohydrin	75-86-5					1,1	6,9	21	-	-		
Acrolein	107-02-8	0,2				0,03	0,18	2,5	0,1	0,25		
Acrylnitrile	107-13-1	20							3	7		
Acrylylchloride	814-68-6								-	-		
Acrylic Acid	79-10-7					1	30	260	-	-		
Allyl Alcohol	107-18-6					1,8	9,6	25	2	4,8		
Allyl Amine	107-11-9					0,2	4,2	40		5		
Allyl Chloride	107-05-1		3	40	300				1	3		
Ammonia	7664-41-7	50	25	200	1.000	25	160	1.600	50	35		
Aniline	62-53-3					16	24	40	2	8		
Arsine (SA)	7784-42-1					na	0,21	0,63	0,05	0,2		
Arsenic Trichloride	7784-34-1											
Benzene	71-43-2	20									1 ⁴⁾	3,2 ⁴⁾
Blausäure (AC)	74-90-8								10	11		
Benzyl Chloride	100-44-7									0,2		
Beryllium	7440-41-7									0,002		
Bis(Chlor- methyl)Ether	542-88-1								³⁾	³⁾	³⁾	³⁾
Borane Trichloride	10294-34-5					0,6	14	57	-	-		
Borane Trifluoride	7637-07-2								1	3		
Borane Trifluoride with Methylether	353-42-4											
Bromine	7726-95-6		0,2	1	5	0,033	0,33	12	0,1	0,7		
1,3 Butadiene	106-99-0		10	50	5.000				5	11		
n-Butyl Acrylate	141-32-2								10	55		
n-Butyl Isocyanate	111-36-4											
Carbon Disulfide	75-15-0	10	1	50	500							
Carbon Monoxide	630-08-0	100							30	33		
Carbon Dioxide	124-38-9	10.00 0							5.000	9.000		
Carbon Tetrachloride	56-23-5					16	90	230	10	65		
3- Chinuclidinyl- benzilate (BZ)	6581-06-2											
Chlorine	7782-50-5	1	1	3	20	1	3	31	0,5	1,5		

Stoff oder Stoffgruppe	CAS-Nr.	ETW (ppm)	ERPG 1 (ppm)	ERPG 2 (ppm)	ERPG 3 (ppm)	AEGL 1 ²⁾ (ppm)	AEGL 2 ²⁾ (ppm)	AEGL 3 ²⁾ (ppm)	MAK (ppm)	MAK (mg/m ³)	TRK (ppm)	TRK (mg/m ³)
Chlorobenzene	108-90-7	100							10	46		
Chlorine Dioxide	10049-04-4								0,1	0,3		
Chlorine Trifluoride	7790-91-2					0,7	6,2	27	0,1	0,4		
Chloracetyl Chloride	79-04-9		0,1	1	10					0,2		
1-Chloro-1, 1-Difluorethane	75-68-3								1.000	4.170		
Chlormethyl Methyl Ether	107-30-2					na	0,076	1,2	³⁾	³⁾	³⁾	³⁾
Chloroform	67-66-3					na	120	920	10	50		
Chloropicrin (PS)	76-06-2		na	0,2	3				0,1	0,7		
Chlorsulfonic Acid	7790-94-5		2 ¹⁾	10 ¹⁾	30 ¹⁾				-	-	-	-
Chlorotrifluoro ethylene	79-38-9		20	100	300				-	-	-	-
trans-Crotonaldehyde	123-73-9					0,19	8,9	27	0,34	1		
cis-Crotonaldehyde	4170-30-3		2	10	50	0,19	8,9	27				
Cyanogen Chloride (CK)	506-77-4									0,75		
Cycloheximide (CX)	66-81-9											
Cyclohexyl-methyl-phosphor (GF)	329-99-7					0,0003 ₁₎	0,0035 ₁₎	0,027 ₁₎				
Cyclohexyl-amine	108-91-8					1,8	11	38	10	40		
Diborane	19287-45-7					nr	2	7,3	0,1	0,1		
cis-1,2-Dichloro-ethylene	156-59-2					140	500	850	200	790		
trans-cis-1,2-Dichloro-ethylene	156-60-5					280	1.000	1.700	200	790		
Diketene	674-82-8		1	5	50							
Dimethylamine	124-40-3		1	100	500				2	4		
Dimethyldi-chlorosilane	75-78-5					0,9	26	106				
Dimethyl Disulfide	624-92-0								-	-	-	-
Dimethyl-formamide	68-12-2								10	30		
1,1-Dimethyl-hydrazine	57-14-7					na	6	22			⁴⁾	⁴⁾
1,2-Dimethyl-hydrazine	540-73-8					na	6	22			⁴⁾	⁴⁾
Diethyl Sulfide	75-18-3								-	-	-	-
Epichloro-hydrin	106-89-8		2	20	100	5	53	160			3	12
Ethanol	64-17-5	3.000							1.000	1.900		
Ethyl Acrylate	140-88-5								5	20		

Stoff oder Stoffgruppe	CAS-Nr.	ETW (ppm)	ERPG 1 (ppm)	ERPG 2 (ppm)	ERPG 3 (ppm)	AEGL 1 ²⁾ (ppm)	AEGL 2 ²⁾ (ppm)	AEGL 3 ²⁾ (ppm)	MAK (ppm)	MAK (mg/m ³)	TRK (ppm)	TRK (mg/m ³)
Ethylene Diamine	107-15-3					nr	12	25	10	25		
Ethyleneimine	151-56-4					nr	9,8	18	0,5	0,9		
Ethylene Oxide	75-21-8					nr	80	360			1 ⁴⁾	2 ⁴⁾
Fluorine	7782-41-4					2	11	19	0,1	0,2		
Formaldehyde	50-00-0	1	1	10	25				0,5	0,6		
Freon 141 (HCFC141b)	1717-00-6					1.000	1.700	3.000				
Furan	110-00-9					na	13	46	-	-	-	-
Furfural	98-01-0											
n-Hexane	110-54-3	200							50	180		
Hexochloro- butadiene	87-68-3		3	10	30				⁵⁾	⁵⁾		
Hexafluoro- acetone and hydrates	684-16-2									0,7		
Hexafluoro- propylene	116-15-4											
Hydrazine	302-01-2	1				0,1	15	45			0,1 ⁴⁾	0,13 ⁴⁾
Hydrogen Chloride	7647-01-0	5	3	20	100	1,8	43	210	5	8		
Hydrogen Fluoride	7664-39-3	5	5	20	50	1	34	62	3	2		
Hydrogene Peroxide	7722-84-1								1	1,4		
Hydrogene Sulfide	7783-06-4	10	0,1	30	100	0,03	32	60	10	15		
Iodine	7553-56-2								0,1	1		
Iron Pentacarbonyl	13463-40-6					nr	0,4	1,2	0,1	0,8		
Isobutylnitrile	78-82-0		10	50	200	nr	8,7	26				
2- Isocyanatoethyl methacrylate	30674-80-7											
Isopropylchloro- formate	108-23-6									5		
Lewisit (L)	541-25-3											
Lithium Hydride	7580-67-8									0,025		
Methacrylo- nitrile	126-98-7					nr	1,5	4,5	-	-	-	-
Methanol	67-56-1	500				670	4.000	15.000	200	260		
Methyl Bromide	74-83-9								⁵⁾	⁵⁾		
Methyl Chloride	74-87-3								50	105		
Methylchloro- formate	79-22-1											
Methyl Iodide	74-88-4		25	50	125				0,3	2		
Methyl Isocyanate	624-83-9					na	0,13	0,4	0,01 ⁵⁾	0,024 ⁵⁾		
Methyl- hydrazine	60-34-4					na	2	6	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾
Methyl Mercaptan	74-93-1		0,005	25	100	0,5	7	31	0,5	1		

Stoff oder Stoffgruppe	CAS-Nr.	ETW (ppm)	ERPG 1 (ppm)	ERPG 2 (ppm)	ERPG 3 (ppm)	AEGL 1 ²⁾ (ppm)	AEGL 2 ²⁾ (ppm)	AEGL 3 ²⁾ (ppm)	MAK (ppm)	MAK (mg/m ³)	TRK (ppm)	TRK (mg/m ³)
Methylene Chloride	75-09-2											
Methylene Diphenyl Diisocyanate	101-68-8								0,005 ⁵⁾	0,5 ⁵⁾		
Methylnonafluorobutyl-ether	163702-07-6											
Methylnonafluoroisobutyl-ether	163702-08-7								-			
Methyltrichlorosilane	75-79-6					0,6	12	56	+			
Monomethylamine	74-89-5		10	100	500				10	12		
Nickel Tetracarbonyl	13463-39-3					nr	0,042	0,32	⁵⁾	⁵⁾	⁵⁾	⁵⁾
Nitric Acid	7697-37-2					0,5	5	27	2			
Nitric dioxide	10102-44-0					0,5	15	25	5			
Nitric Oxide	10102-43-9	1				0,5	15	25	25			
N-Lost (HN)	10159-53-3											
1,1,1-Trifluoroethane (HFC 134A)	811-97-2					8.000	13.000	27.000	-	-	-	-
Peracetic Acid	79-21-0					0,17	05	9,6	-	-	-	-
Perchlorameisenmethylester (DP)												
Perchloroethylene	127-18-4								50 ⁵⁾	⁵⁾		
Perchloroisobutylene	382-21-8		na	0,1	0,3				-	-	-	-
Perchloromethyl Mercaptan	594-42-3					0,018	0,044	0,38		0,8		
Phenylphosphate	115-86-6									3		
Phenol	108-95-2		10	50	200				5	19		
Phosgene	75-44-5	0,1	na	0,2	1	nr	0,6	1,5	0,1	0,4		
Phosphine	7803-51-2	0,5				na	0,38	1,4	0,1	0,15		
Phosphorus Pentoxide	1314-56-3		5 ¹⁾	25 ¹⁾	100 ¹⁾					1		
Phosphorus Trichloride	7719-12-2					na	na	1,1	0,5	3		
Phosphorus Oxychloride	10025-87-3					na	na	1,1	0,2	1		
Piperidine	110-89-4							54	-	-	-	-
Propionitrile	107-12-0					nr	9,6	51				
Propylchloroformate	109-61-5											
Propyleneimine	75-55-8					nr	25	50	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾
Propylene Oxide	75-56-9					110	510	1.100			205	6
Sarin (Agent GB)	107-44-8					0,0007 ¹⁾	0,009 ¹⁾	0,032 ¹⁾				
S-Lost (HD)	505-60-2											

Stoff oder Stoffgruppe	CAS-Nr.	ETW (ppm)	ERPG 1 (ppm)	ERPG 2 (ppm)	ERPG 3 (ppm)	AEGL 1 ²⁾ (ppm)	AEGL 2 ²⁾ (ppm)	AEGL 3 ²⁾ (ppm)	MAK (ppm)	MAK (mg/m ³)	TRK (ppm)	TRK (mg/m ³)
Sodium Hydroxide	1310-73-2									2		
Soman (Agent GD)	96-64-0					0,0003 ₁₎	0,0033 ₁₎	0,025 ₁₎				
Stibene	7803-52-3								0,1	0,5		
Styrene	100-42-5	40							20	85		
Sulfur Dioxide	7446-09-5	1	0,3	3	15				2	5		
Sulfuric Acid	7664-93-9		2 ¹⁾	10 ¹⁾	30 ¹⁾					1		
Sulfur Mustard	505-60-2					0,02	0,03	0,63	³⁾	³⁾	³⁾	³⁾
Sulfur Tetrafluoride	7783-60-0								-	-	-	-
Sulfur Trioxide	7446-11-9		2 ¹⁾	10 ¹⁾	30 ¹⁾				-	-	-	-
Oleum	8014-95-7		2 ¹⁾	10 ¹⁾	30 ¹⁾				-	-	-	-
Tabun (Agent GA)	77-81-6					0,0006 ₁₎	0,008 ₁₎	0,057 ₁₎				
Tetrachloroethylene	127-18-4	100				50	330	690				
Tetrachlorosilane	10026-04-7								-	-	-	-
Tetraethoxysilane	78-10-4								20	170		
Tetrafluoroethylene	116-14-3		200	1.000	10.000				-	-	-	-
Tetramethoxysilane	681-84-5		5 ¹⁾	20 ¹⁾	100 ¹⁾					6		
Tetramethyl Lead	75-74-1									0,05		
Tetranitromethane	509-14-8					0,46	1,1	2,3	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾
Titanium Tetrachloride	7550-45-0								-	-	-	-
Toluene	108-88-3	100				120	270	900	50	190		
2,4-Toluenediisocyanate	584-84-9					0,02	0,17	0,65	0,01	0,07		
2,6-Toluenediisocyanate	91-08-7	0,02				0,02	0,17	0,65	0,01	0,07		
Trichloroethylene	79-01-6	100							50 ⁵⁾	270 ⁵⁾		
1,1,1-Trichloroethane	71-55-6	300							200	1.080		
1,1,2-Trichloroethane	79-00-5	25							10 ⁵⁾	55 ⁵⁾		
Trichlorosilane	10025-78-2								-	-	-	-
Trimethoxysilane	2487-90-3											
Trimethylamine	75-50-3		0,1	100	500				-	-	-	-
Trimethylchlorosilane	75-77-4											
Uranium Hexafluoride	7783-81-5					3,6	19	100				
Vinyl Acetate	108-05-4		5	75	500				10 ⁵⁾	35 ⁵⁾		
Vinylchloride	75-01-4	100							³⁾	³⁾	2 ³⁾	5 ³⁾
VX Agent	50782-69-9					0,0001 ₁₎	0,0014 ₁₎	0,0049 ₁₎				
Xylenes	1330-20-7								100	440		

¹⁾ Werte in mg/m³, ²⁾ AEGL-Werte sind derzeit in der Diskussion. Die Werte beziehen sich auf eine Expositionszeit von 30 Minuten, na) not appropriate (Angabe eines Wertes nicht angemessen), ³⁾ Krebserregend Kategorie 1 ⁴⁾ Krebserregend Kategorie 2 ⁵⁾ Krebserregend Kategorie 3

Tabelle 9.2: Stoffliste und Mess-Systeme

Stoff oder Stoffgruppe	CAS-Nr.	GCMS	FTIR	GDA	Prüfröhrchen	CMS ®
Acetaldehyde	75-07-0	--		+	Acetaldehyd 100/a	-
Acetic Acid	64-19-7	+		+	Essigsäure 5/a	-
Acetone	67-64-1	+		+	Aceton 100/b	-
Acetone Cyanohydrin	75-86-5	+			-	-
Acrolein	107-02-8	+		+	Dimethylsulfid 1/a	-
Acrylnitrile	107-13-1	++		+	Acrylnitril 0,5/a	-
Acrylylchloride	814-68-6	+			-	-
Acrylic Acid	79-10-7	++			Acrylsäure 1/a	-
Allyl Alcohol	107-18-6	+		+	Alkohol 100/a	-
Allyl Amine	107-11-9	+		+	Ammoniak 5/a	
Allyl Chloride	107-05-1	+		+	Vinylchlorid 0,5/b	
Ammonia	7664-41-7	--		+	Ammoniak 10 - 150 ppm	Ammoniak 10 - 150 ppm
Aniline	62-53-3	+		+	Anilin 0,5/a	-
Arsine (SA)	7784-42-1	-		+	Arsenwasserstoff 0,05/a	-
Arsenic Trichloride	7784-34-1	++			-	-
Benzene	71-43-2	+		+	Benzol 0,2 - 10 ppm	Benzol 0,2 - 10 ppm
Blausäure (AC)	74-90-8	-		+	Blausäure 2/a	Blausäure 2 - 50 ppm
Benzyl Chloride	100-44-7	+		+	Chlorbenzol 5/a	-
Beryllium	7440-41-7	-			-	-
Bis(Chlormethyl)Ether	542-88-1	+			-	-
Borane Trichloride	10294-34-5	+			-	-
Borane Trifluoride	7637-07-2	+			-	-
Borane Trifluoride with Methylether	353-42-4	-			-	-
Bromine	7726-95-6	-		+	Chlor 0,2/a	-
1,3 Butadiene	106-99-0	+		+	Butadien 10/a-D	-
n-Butyl Acrylate	141-32-2	+			Methylacrylat 5/a	-
n-Butyl Isocyanate	111-36-4	+			-	-
Carbon Disulfide	75-15-0	-		+	-	-
Carbon Monoxide	630-08-0	-			Kohlenstoffmonoxid 5/c	Kohlenstoff- monoxid 5 - 150 ppm
Carbon Dioxide	124-38-9	-			Kohlenstoffdioxid 0,5 %/a	Kohlenstoff- dioxid 1 - 20 %
Carbon Tetrachloride	56-23-5	+		+	Tetrachlorkohlenstoff 1/a	-
3-Cinuclidinylbenzilate (BZ)	6581-06-2	+				
Chlorine	7782-50-5	-		+	Chlor 0,2/a	Chlor 0,2 - 10 ppm
Chlorobenzene	108-90-7	+		+	Chlorbenzol 5/a	-
Chlorine Dioxide	10049-04-4	-		+	Chlor 0,2/a	-
Chlorine Trifluoride	7790-91-2	-			-	-
Chloracetyl Chloride	79-04-9	+			-	-
1-Chloro-1, 1-Difluorethane	75-68-3	+			Halogenierte Kohlenwasserstoffe 100/a	-
Chlormethyl Mether Ether	107-30-2	+			-	-
Chloroform	67-66-3	+		+	Cloroform 2/a	
Chloropicrin (PS)	76-06-2	+			Tetrachlorkohlenstoff 1/a	-
Chlorsulfonic Acid	7790-94-5	-			-	-
Chlorotrifluoroethylene	79-38-9	+			-	-
trans-Crotonaldehyde	123-73-9	+			-	-
cis-Crotonaldehyde	4170-30-3	+			-	-
Cyanogen Chloride (CK)	506-77-4	-		+	Chlorcyan 0,25/a	-

Stoff oder Stoffgruppe	CAS-Nr.	GCMS	FTIR	GDA	Prüfröhrchen	CMS ®
Cycloheximide (CX)	66-81-9					
Cyclohexylmethylphosphor (GF)	329-99-7	+			-	-
Cyclohexylamine	108-91-8	+			Cyclohexyamin 2/a	-
Diborane	19287-45-7	-			-	-
cis-1,2-Dichloroethylene	156-59-2	+		+	Vinylchlorid 1/a	-
trans-cis-1,2-Dichloroethylene	156-60-5	+		+	Vinylchlorid 1/a	-
Diketene	674-82-8	+			-	-
Dimethylamine	124-40-3	++		+	Ammoniak 0,25/a	-
Dimethyldichlorosilane	75-78-5	+			-	-
Dimethyl Disulfide	624-92-0	+		+	Diemthylsulfid 1/a	
Dimethylformamide	68-12-2	+		+	Diemthylformamid 10/b	-
1,1-Dimethylhydrazine	57-14-7	+		+	Ammoniak 0,25/a	-
1,2-Dimethylhydrazine	540-73-8	+		+	-	-
Diethyl Sulfide	75-18-3	+		+	Demethylsulfid 1/a	
Epichlorohydrin	106-89-8	+		+	Epichlorhydrin 5/b	-
Ethanol	64-17-5	++		+	Ethanoal 500/a-L	-
Ethyl Acrylate	140-88-5	+		+	Methylacrylat 5/a	-
Ethylene Diamine	107-15-3	+			Ammoniak 0,25/a	-
Ethyleneimine	151-56-4	-		+	Ammoniak 0,25/a	-
Ethylene Oxide	75-21-8	-		+	Ethylenoxid 1/a	-
Fluorine	7782-41-4	-			Fluor 0,1/a	-
Formaldehyde	50-00-0	-		+	Formaldehyd 0,2/a	-
Freon 141 (HCFC141b)	1717-00-6	+			-	-
Furan	110-00-9	+		+	-	-
Furfural	98-01-0	+			-	-
n-Hexane	110-54-3	+		+	Hexan 100/a	
Hexochlorobutadiene	87-68-3	+			-	-
Hexafluoroacetone and hydrates	684-16-2	+			-	-
Hexafluoropropylene	116-15-4	+			-	-
Hydrazine	302-01-2	-		+	Hydrazin 0,2/a	-
Hydrogen Chloride	7647-01-0	-		+	Salzsäure 1/a	Salzsäure 1-25 ppm
Hydrogen Fluoride	7664-39-3	-		+	Fluorwasserstoff 1,5/b	-
Hydrogene Peroxide	7722-84-1	-			Wasserstoffperoxid 0,1/a	-
Hydrogene Sulfide	7783-06-4	++		+	Schwefelwasserstoff 0,2/a	Schwefelwasserstoff 2 - 50 ppm
Iodine	7553-56-2	++		+	-	-
Iron Pentacarbonyl	13463-40-6	+			Nickeltetracarbonyl 0,1/a	
Isobutylnitrile	78-82-0	+			-	-
2-Isocyanatoethylmethacrylate	30674-80-7	+			-	-
Isopropylchloroformate	108-23-6	+			-	-
Lewisit (L)	541-25-3	+				
Lithium Hydride	7580-67-8	-			-	-
Methacrylonitrile	126-98-7	+			-	-
Methanol	67-56-1	+		+	Alkohol 25/a	-
Methyl Bromide	74-83-9	+		+	Methylbromid 0,5/a	
Methyl Chloride	74-87-3	+		+	-	-
Methylchloroformate	79-22-1	+			-	-
Methyl Iodide	74-88-4	+		+	-	-
Methyl Isocyanate	624-83-9	+			-	-
Methylhydrazine	60-34-4	-			Hydrazin 0,2/a	-
Methyl Mercaptan	74-93-1	+		+	Mercaptan 0,5/a	-
Methylene Chloride	75-09-2	+			-	-
Methylene Diphenyl Diisocyanate	101-68-8	+			-	-

Stoff oder Stoffgruppe	CAS-Nr.	GCMS	FTIR	GDA	Prüfröhrchen	CMS ®
Methylnonafluorobutylether	163702-07-6	+			-	-
Methylnonafluoroisobutylether	163702-08-7	+			-	-
Methyltrichlorosilane	75-79-6	+			-	-
Monomethylamine	74-89-5	++		+	Triethylamin 5/a	-
Nickel Tetracarbonyl	13463-39-3	-		+	Nickeltetracarbonyl 0,1/a	-
Nitric Acid	7697-37-2	-			Salpetersäure 1/a	-
Nitric dioxide	10102-44-0	-		+	Stickstoffdioxid 0,5/c	Stickstoffdioxid 0,5 - 25 ppm
Nitric Oxide	10102-43-9	-			Nitrose Gase 0,5/a	Nitrose Gase 0,5 - 15 ppm
N-Lost (HN)	10159-53-3	+				
1,1,1-Trifluoroethane (HFC 134A)	811-97-2	+			-	-
Peracetic Acid	79-21-0	-			Essigsäure 5/a	-
Perchlorameisenmethylester (DP)						
Perchloroethylene	127-18-4	+		+	Perchlorethylen 0,1 /a	Perchlorethylen 5 - 150 ppm
Perchloroisobutylene	382-21-8	+			-	-
Perchloromethyl Mercaptan	594-42-3	+			-	-
Phenylphosphate	115-86-6	++			-	-
Phenol	108-95-2	+		+	Phenol 1/b	-
Phosgene (CG)	75-44-5	+			Phosgen 0,02/a	-
Phosphine	7803-51-2	++		+	Phosphorwasserstoff 0,1/a	-
Phosphorus Pentoxide	1314-56-3	-			-	-
Phosphorus Trichloride	7719-12-2	-			-	-
Phosphorus Oxychloride	10025-87-3	+			-	-
Piperidine	110-89-4	+		+	Ammoniak 0,25/a	-
Propionitrile	107-12-0	+				
Propylchloroformate	109-61-5	+				
Propyleneimine	75-55-8	++			Ammoniak 0,25/a	-
Propylene Oxide	75-56-9	+		+	Ethylenoxid 1/a	-
Sarin (Agent GB)	107-44-8	+				
S-Lost (HD)	505-60-2	+				
Sodium Hydroxide	1310-73-2	-			-	-
Soman (Agent GD)	96-64-0	+				
Stibene	7803-52-3	-			Arsenwasserstoff 0,05/a	-
Styrene	100-42-5	+		+	Styrol 10/a	-
Sulfur Dioxide	7446-09-5	-		+	Schwefeldioxid 0,1/a	Schwefeldioxid 0,4 - 10 ppm
Sulfuric Acid	7664-93-9	-			Schwefelsäure 1/a	
Sulfur Mustard	505-60-2	+			Thioether	-
Sulfur Tetrafluoride	7783-60-0	++			-	-
Sulfur Trioxide	7446-11-9	-			Schwefelsäure 1/a	-
Oleum	8014-95-7	-			Schwefelsäure 1/a	-
Tabun (Agent GA)	77-81-6	+				
Tetrachloroethylene	127-18-4	+		+		
Tetrachlorosilane	10026-04-7	-			-	-
Tetraetoxysilane	78-10-4	+			-	-
Tetrafluoroethylene	116-14-3	+		+	-	-
Tetramethoxysilane	681-84-5	+			-	-
Tetramethyl Lead	75-74-1	-		+		
Tetranitromethane	509-14-8	+			-	-
Titanium Tetrachloride	7550-45-0	-			-	-
Toluene	108-88-3	+		+	Toluol 5/a	Toluol 10 - 300 ppm
2,4- Toluenediisocyanate	584-84-9	++		+	Toluylendiisocyanat 0,02/A	-

Stoff oder Stoffgruppe	CAS-Nr.	GCMS	FTIR	GDA	Prüfröhrchen	CMS ®
2,6-Toluenediisocyanate	91-08-7	-+		+	Toluylendiisocyanat 0,02/A	-
Trichloroethylene	79-01-6	+		+	Trichlorethylen 10/a	-
1,1,1-Trichloroethane	71-55-6	+		+	Trichlorethan 50/d	-
1,1,2-Trichloroethane	79-00-5	+		+	Trichlorethan 50/d	-
Trichlorosilane	10025-78-2	+			-	-
Trimethoxysilane	2487-90-3	+			-	-
Trimethylamine	75-50-3	+		+	Triethylamin 5/a	-
Trimethylchlorosilane	75-77-4	+			-	-
Uranium Hexafluoride	7783-81-5	-			-	-
Vinyl Acetate	108-05-4	+		+	Formaldehyd 0,2/a	
Vinylchloride	75-01-4	+		+	Vinylchlorid 1/a	-+
VX Agent	50782-69-9	+				
Xylenes	1330-20-7	+			Xylol 10/a	-

Tabelle 9.3: Prüfröhrchenausstattung genormter Feuerwehrfahrzeuge

Prüfröhrchen	Bestell-Nr.		vfdb	BZS	Rüst- wagen	Geräte- wagen	Löschfahrzeuge	
							LF 8/6	LF 16/12
	DRÄGER	CHIP	10/01	ABC- ErkKw	RW 2	Gefahr- gut		
Acetaldehyd 100/a	6726665							
Aceton 100/b	CH 22901		x		x		x	x
Acrylnitril 5/b	CH 26901		x		x		x	x
Acrylnitril 0,5/a	6728591							
Alkohol 100/a	CH 29701				x			
Alkohol 25/a	8101631		x		x		x	x
Ameisensäure 1/a	6722701							
Amin-Test	8101061							
Ammoniak 5/a	CH 20501	6406130	x		x		x	x
Anilin 0,5/a	6733171							
Arsentrioxid 0,2/a	6728951							
Arsenwasserstoff 0,05/a	CH 25001							
Atem-CO-Prüfung	CH 00270							
Benzinkohlenwasser- stoffe 10/a	8101691	6406200						
Benzinkohlenwasser- stoffe 100/a	6730201	6406270						
Benzol 0,5/a	6728561	6406030	x		x		x	x
Benzol 0,5/c	8101841	6406160						
Benzol 15/a	8101741							
Benzol 2/a	8101231	6406100						
Blausäure 2/a	CH 25701		x		x		x	x
Chlor 0,2/a	CH 24301	6406010	x		x		x	x
Chlor 50/a	CH 20701							
Chlorameisensäure- ester 0,2/b	6718601							
Chlorbenzol 5/a	6728761							
Chlorcyan 0,25/a	CH 19801		x	x	x		x	x
Chloroform 2/a	6728861							
Chloropren 5/a	6718901							
Chromsäure 0,1/a	6728681							
Cyanid 2/a	6728791							
Cyclohexan 100/a	6725201							
Cyclohexylamin 2/a	6728931							
Diethylether 100/a	6730501							
Dimethylformamid 10/b	6718501							
Dimethylsulfat 0,005/c	6718701							
Dimethylsulfid 1/a	6728451		x		x		x	x
Epichlorhydrin 5 / b	6728111							
Erdgastest	CH 20001							
Essigsäure 5/a	6722101	6406330	x		x		x	x
Ethylacetat 200/a	CH 20201							
Ethylbenzol 30/a	6728381							
Ethylen 0,1/a	8101331							
Ethylenoxid 25/a	6728241							
Ethylglykolacetat 50/a	6726801							
Fluorwasserstoff 1,5/b	CH 30301		x		x		x	x

Prüfröhrchen	Bestell-Nr.		vfdb	BZS	Rüst- wagen	Geräte- wagen	Löschfahrzeuge	
							LF 8/6	LF 16/12
	DRÄGER	CHIP	10/01	ABC- ErkKw	RW 2	Gefahr- gut		
Formaldehyd 0,2/a	6733081		x		x		x	x
Formaldehyd 2/a	8101751							
H2S/SO2 0,2%/a	CH 28201							
Hexan 100/a	6728391		x		x		x	x
Hydrazin 0,2/a	6733121		x		x		x	x
Kohlenstoffdioxid 0,1%/a	CH 23501	6406070	x		x		x	x
Kohlenstoffdioxid 1%/a	CH 25101	6406210						
Kohlenstoffdioxid 100/a	8101811							
Kohlenstoffmonoxid 0,3%	CH 29901				x			
Kohlenstoffmonoxid 10/b	CH 20601	6406080	x		x		x	x
Kohlenwasserstoff	CH 25401							
Kohlenwasserstoff 0,1%/b	CH 26101				x			
Kohlenwasserstoffe 100/a	8101601							
Lewisit				x				
Mercaptan 0,5/a	6728981	6406360						
Mercaptan 20/a	8101871							
Methylacrylat 5/a	6728161							
Methylbromid 3/a	6728211							
Methylbromid 5/b	CH 27301							
Methylenchlorid 100/a	6724601							
N -Löst				x				
Nickeltetracarbonyl 0,1/a	CH 19501							
Nitrose Gase 0,5/a	CH 29401	6406060	x		x		x	x
Nitrose Gase 2/a	CH 31001	6406240						
Nitrose Gase 20/a	6724001				x			
Olefine 0,05%/a	CH 31201							
o-Toluidin 1/a	6728991							
Ozon 0,05/b	6733181	6406430						
Pentan 100/a	6724701							
Perchlorethylen 10/b	CH 30701							
Perchlorethylen 2/a	8101501	6406040	x		x		x	x
Phenol 1/b	8101641							
Phosgen 0,02 / a	8101521			x	x			
Phosgen 0,05/a	CH 19401	6406340						
Phosgen 0,25/b	CH 28301							
Phosphorsäureester 0,05/a	6728461			x				
Phosphorwasserstoff 0,1/a	CH 31101	6406400	x		x		x	x
Polytest	CH 28401				x			
Quecksilberdampf 0,1/b	CH 23101							
S - Löst				x				
Salpetersäure 1/a	6728311							

Prüfröhrchen	Bestell-Nr.		vfdb	BZS	Rüst- wagen	Geräte- wagen	Löschfahrzeuge	
							LF 8/6	LF 16/12
	DRÄGER	CHIP	10/01	ABC- ErkKw	RW 2	Gefahr- gut		
Salzsäure 1/a	CH 29501	6406090	x		x		x	x
Salzsäure 50/a	6728181							
Salzsäure/Salpeter- säure 1/a	8101681							
Sauerstoff 5%/B	6728081				x			
Säure-Test	8101121							
Schwefeldioxid 0,5/a	6728491	6406110						
Schwefeldioxid 1/a	CH 31701							
Schwefeldioxid 20/a	CH 24201	6406180	x		x		x	x
Schwefelkohlenstoff 3/a	8101891							
Schwefelkohlenstoff 5/a	6728351				x			
Schwefelsäure 1/a	6728781							
Schwefelwasserstoff 5/b	CH 29801	6406050	x		x		x	x
Schwefelwasserstoff 1/d	8101831	6406150			x			
Schwefelwasserstoff 2%/a	8101211							
Simultan-Test 1	8101735		x		x		x	x
Simultan-Test 2	8101736		x		x		x	x
Simultan-Test 3	8101770		x		x		x	x
Simultan-Test Leitsubstanz	8103170							
Stickstoffdioxid 0,5/c	CH 30001	6406120						
Stickstoffdioxid 2/c	6719101							
Styrol 10/a	6723301							
Styrol 10/b	6733141							
Tetrachlorethylen 10 ppm					x			
Tetrachlorkohlenstoff 0,2/b	8101791							
Tetrachlorkohlenstoff 1/a	8101021							
Tetrachlorkohlenstoff 5/c	CH 27401							
Tetrahydrothiophen 1/b	8101341							
Thioether	CH 25803							
Toluol 100/a	8101731							
Toluol 5/b	8101661	6406250						
Toluol 50/a	8101701							
Toluylendiisocyanat 0,02/a	6724501		x		x		x	x
Trichlorethan 50/d	CH 21101							
Trichlorethylen 10/a	CH 24401							
Trichlorethylen 2/a	6728541	6406320			x			
Trichlorethylen 50/a	8101881							
Triethylamin 5/a	6718401							
Vinylchlorid 0,5/b	8101721							
Vinylchlorid 1/a	6728031				x			

Prüfröhrchen	Bestell-Nr.		vfdb	BZS	Rüst- wagen	Geräte- wagen	Löschfahrzeuge	
							LF 8/6	LF 16/12
	DRÄGER	CHIP	10/01	ABC- ErkKw	RW 2	Gefahr- gut		
Vinylchlorid 100/a	CH 19601		x		x		x	x
Wasserstoff 0,2%/a	8101511							
Wasserstoffperoxid 0,1/a	8101041	6406440						
Xylol 10/a	6733161	6406260						
Summe			27	7	39	1	27	27

Tabelle 9.4: Prüfröhrchenausstattung bei ausgewählten Feuerwehren (Stand 1999)

Prüfröhrchen	Bestell-Nr.		Einsatz- leit- wagen	Hamburg			Mann- heim	Frank- furt	Mar- seille	Wien
				HLF	AB/ SM	ABC- ErkKw				
	DRÄGER	CHIP	ELW-K							
Acetaldehyd 100/a	6726665							x	x	
Aceton 100/b	CH 22901		x					x	x	x
Acrylnitril 5/b	CH 26901		x		x					
Acrylnitril 0,5/a	6728591							x		x
Alkohol 100/a	CH 29701							x		x
Alkohol 25/a	8101631		x						x	
Ameisensäure 1/a	6722701							x	x	
Amin-Test	8101061							x	x	x
Ammoniak 5/a	CH 20501	6406130	x	x	x	x		x	x	x
Anilin 0,5/a	6733171							x		
Arsentrioxid 0,2/a	6728951							x		
Arsenwasserstoff 0,05/a	CH 25001				x			x	x	
Atem-CO-Prüfung	CH 00270				x			x		
Benzinkohlenwasser- stoffe 10/a	8101691	6406200							x	x
Benzinkohlenwasser- stoffe 100/a	6730201	6406270						x		
Benzol 0,5/a	6728561	6406030	x						x	x
Benzol 0,5/c	8101841	6406160							x	
Benzol 15/a	8101741								x	
Benzol 2/a	8101231	6406100						x		
Blausäure 2/a	CH 25701		x	x	x	x		x	x	
Chlor 0,2/a	CH 24301	6406010	x	x	x	x		x	x	x
Chlor 50/a	CH 20701								x	
Chlorameisensäure- ester 0,2/b	6718601							x		
Chlorbenzol 5/a	6728761									
Chlorcyan 0,25/a	CH 19801		x		x	x		x	x	
Chloroform 2/a	6728861								x	x
Chloropren 5/a	6718901							x		
Chromsäure 0,1/a	6728681							x		
Cyanid 2/a	6728791							x	x	
Cyclohexan 100/a	6725201							x		x
Cyclohexylamin 2/a	6728931							x		
Diethylether 100/a	6730501							x		x
Dimethylformamid 10/b	6718501							x		
Dimethylsulfat 0,005/c	6718701							x	x	
Dimethylsulfid 1/a	6728451		x					x	x	
Epichlorhydrin 5 / b	6728111				x			x		
Erdgastest	CH 20001								x	x
Essigsäure 5/a	6722101	6406330	x					x	x	
Ethylacetat 200/a	CH 20201							x	x	x
Ethylbenzol 30/a	6728381							x		
Ethylen 0,1/a	8101331							x	x	x
Ethylenoxid 25/a	6728241							x		x
Ethylglykolacetat 50/a	6726801							x		

Prüfröhrchen	Bestell-Nr.		Einsatz- leit- wagen	Hamburg			Mann- heim	Frank- furt	Mar- seille	Wien
				ELW-K	HLF	AB/ SM				
	DRÄGER	CHIP								
Fluorwasserstoff 1,5/b	CH 30301		x		x			x		
Formaldehyd 0,2/a	6733081		x		x			x		
Formaldehyd 2/a	8101751								x	
H2S/SO2 0,2%/a	CH 28201				x					
Hexan 100/a	6728391		x					x	x	
Hydrazin 0,2/a	6733121		x					x	x	
Kohlenstoffdioxid 0,1%/a	CH 23501	6406070	x	x	x	x		x	x	
Kohlenstoffdioxid 1%/a	CH 25101	6406210						x		
Kohlenstoffdioxid 100/a	8101811								x	
Kohlenstoffmonoxid 0,3%	CH 29901			x	x	x				
Kohlenstoffmonoxid 10/b	CH 20601	6406080	x					x	x	
Kohlenwasserstoff	CH 25401							x		
Kohlenwasserstoff 0,1%/b	CH 26101							x	x	
Kohlenwasserstoffe10 0/a	8101601								x	
Lewisit					x	x				
Mercaptan 0,5/a	6728981	6406360						x	x	
Mercaptan 20/a	8101871								x	
Methylacrylat 5/a	6728161							x		
Methylbromid 3/a	6728211							x		
Methylbromid 5/b	CH 27301								x	
Methylenchlorid 100/a	6724601							x		
N -Lost					x	x				
Nickeltetracarbonyl 0,1/a	CH 19501				x			x		
Nitrose Gase 0,5/a	CH 29401	6406060	x	x	x	x		x	x	
Nitrose Gase 2/a	CH 31001	6406240						x		
Nitrose Gase 20/a	6724001									
Olefine 0,05%/a	CH 31201							x		
o-Toluidin 1/a	6728991							x		
Ozon 0,05/b	6733181	6406430						x	x	
Pentan 100/a	6724701							x		
Perchlorethylen 10/b	CH 30701							x		
Perchlorethylen 2/a	8101501	6406040	x						x	
Phenol 1/b	8101641							x	x	
Phosgen 0,02 / a	8101521			x	x	x				
Phosgen 0,05/a	CH 19401	6406340			x	x		x		
Phosgen 0,25/b	CH 28301								x	
Phosphorsäureester 0,05/a	6728461				x	x		x	x	
Phosphorwasserstoff 0,1/a	CH 31101	6406400	x	x	x	x		x	x	
Polytest	CH 28401							x	x	
Quecksilberdampf 0,1/b	CH 23101							x		

Prüfröhrchen	Bestell-Nr.		Einsatz- leit- wagen	Hamburg			Mann- heim	Frank- furt	Mar- seille	Wien
				ELW-K	HLF	AB/ SM				
S - Lost						x	x			
Salpetersäure 1/a	6728311							x	x	
Salzsäure 1/a	CH 29501	6406090	x	x	x	x			x	x
Salzsäure 50/a	6728181								x	
Salzsäure/Salpeter- säure 1/a	8101681							x		
Sauerstoff 5%/B	6728081									
Säure-Test	8101121							x		x
Schwefeldioxid 0,5/a	6728491	6406110						x		x
Schwefeldioxid 1/a	CH 31701							x	x	
Schwefeldioxid 20/a	CH 24201	6406180	x	x	x	x			x	
Schwefelkohlenstoff 3/a	8101891									x
Schwefelkohlenstoff 5/a	6728351			x	x	x			x	
Schwefelsäure 1/a	6728781								x	
Schwefelwasserstoff 5/b	CH 29801	6406050	x	x	x	x		x		x
Schwefelwasserstoff 1/d	8101831	6406150							x	
Schwefelwasserstoff 2%/a	8101211									
Simultan-Test 1	8101735		x		x			x		x
Simultan-Test 2	8101736		x		x			x		x
Simultan-Test 3	8101770		x		x					x
Simultan-Test Leitsubstanz	8103170									
Stickstoffdioxid 0,5/c	CH 30001	6406120						x		
Stickstoffdioxid 2/c	6719101								x	
Styrol 10/a	6723301							x	x	x
Styrol 10/b	6733141									
Tetrachlorethylen 10 ppm										
Tetrachlorkohlenstoff 0,2/b	8101791							x		
Tetrachlorkohlenstoff 1/a	8101021								x	
Tetrachlorkohlenstoff 5/c	CH 27401								x	
Tetrahydrothiophen 1/b	8101341							x		
Thioether	CH 25803							x	x	
Toluol 100/a	8101731								x	
Toluol 5/b	8101661	6406250			x					
Toluol 50/a	8101701							x		
Toluylendiisocyanat 0,02/a	6724501		x		x			x	x	
Trichlorethan 50/d	CH 21101							x		
Trichlorethylen 10/a	CH 24401									
Trichlorethylen 2/a	6728541	6406320							x	
Trichlorethylen 50/a	8101881							x		

Prüfröhrchen	Bestell-Nr.		Einsatz- leit- wagen	Hamburg			Mann- heim	Frank- furt	Mar- seille	Wien
				ELW-K	HLF	AB/ SM				
Triethylamin 5/a	6718401	CHIP						x	x	
Vinylchlorid 0,5/b	8101721							x		x
Vinylchlorid 1/a	6728031								x	
Vinylchlorid 100/a	CH 19601		x		x					
Wasserstoff 0,2%/a	8101511								x	x
Wasserstoffperoxid 0,1/a	8101041	6406440							x	x
Xylol 10/a	6733161	6406260						x		
Summe			27	12	32	18	0	80	62	36

Tabelle 9.5: Einsatzausrüstung der ATF

Gruppe	Persönliche Schutzausrüstung									
PSA	Kisten 01 bis 09									
lfd. Nr.	Artikel	Muster/Beispiel	Zahl	Breite (cm)	Länge (cm)	Höhe (cm)	Gewicht (kg)	Volumen (L)	Gesamtgewicht (kg)	Gesamtvolumen (L)
1	Transportkiste Alu	Zarges Eurobox B40703	9	60	40	41	5.200	98.4	46.8	885.6
2	Feuerwehrlhelm	DIN EN 443	9				0.500		4.5	0.0
3	Nackenschutzleder	für Helm DIN EN 443	9				0.100		0.9	0.0
4	Gesichtsschutz Klappvisier	für Helm DIN EN 443	9				0.200		1.8	0.0
5	Sicherheitsstiefel Gummi	DIN EN 345 Teil 2 Kategorie S 5	9				0.600		5.4	0.0
6	Schutzhandschuh Leder	DIN EN 420 z. B. 1530115 F/KEVLAR	9				0.500		4.5	0.0
7	Atemschutzmaske	AUER 3S Typ BD	9				0.500		4.5	0.0
8	Tragdose für Maske		9				0.500		4.5	0.0
9	Atemsfilter	A1 B2 E2 K1 Hg CO NO-P3 z. B. ST 620	9				0.500		4.5	0.0
10	Feuerwehrlüberjacke	DIN EN 469	9				1.200		10.8	0.0
11	Feuerwehrlüberhose	DIN EN 469	9				1.000		9.0	0.0
	Zwischensumme						10.800		97.2	885.6
Gruppe	Chemieschutz									
PSA	Kisten 10 bis 14									
lfd. Nr.	Artikel	Muster/Beispiel	Zahl	Breite (cm)	Länge (cm)	Höhe (cm)	Gewicht (kg)	Volumen (L)	Gesamtgewicht (kg)	Gesamtvolumen (L)
12	Transportkiste Alu	Zarges Eurobox B40705	5	80	60	41	7.500	196.8	37.5	984.0
13	Chemikalienschutzanzug	VAUTEX 3SL	5				8.500	0	42.5	0.0
14	Unterhemden	saugfähige Unterhemden	5				0.100	0	0.5	0.0
15	Unterhosen	saugfähige Unterhosen	5				0.200	0	1.0	0.0
16	Unterhemden	Wechselkleidung	5				0.600	0	3.0	0.0
17	Unterhosen	Wechselkleidung	5				0.500	0	2.5	0.0
18	Trainingsjacke	Wechselkleidung	5				0.500	0	2.5	0.0
19	Trainingshose	Wechselkleidung	5				0.200	0	1.0	0.0
20	Sportschuhe	Wechselkleidung	5				0.200	0	1.0	0.0
	Zwischensumme						18.300		91.5	984.0

Gruppe	Kommunikation									
IT	Kiste 15									
lfd. Nr.	Artikel	Muster/Beispiel	Zahl	Breite (cm)	Länge (cm)	Höhe (cm)	Gewicht (kg)	Volumen (L)	Gesamtgewicht (kg)	Gesamtvolumen (L)
21	Transportkiste Alu	Zarges Eurobox B40703	1	60	40	41	5.200	98.4	5.2	98.4
22	Mobiltelefon	D2	1				0.200	0	0.2	0.0
23	Mobiltelefon	E-Netz	1				0.200	0	0.2	0.0
24	Mobiltelefon	D1	3				0.200	0	0.6	0.0
25	Notebook	Handelsware	3				5.000	0	15.0	0.0
26	Handsprechfunkgeräte	2m-Band z. B. BOSCH FuG 11b Set	9				0.800	0	7.2	0.0
27	Ersatz-Akku		9				0.100	0	0.9	0.0
28	Handsprechfunkgeräte	4m-Band z. B. AEG FuG 13b Teleport	3				0.800	0	2.4	0.0
27	Ersatz-Akku		3				0.100	0	0.3	0.0
28	Antennensatz	4m- + 2m-Band + GSM	3				1.000	0	3.0	0.0
29	Antennenstativ	5 m Teleskopdreibeinstativ mit Aufnahme	1	150	30	30	20.000	0	20.0	0.0
30	Hör-Sprechgarnitur	z. B. Scorpion	9				0.400	0	3.6	0.0
	Zwischensumme								58.6	98.4
Gruppe	Fernerkundung									
FE	Kisten 16 bis 19									
lfd. Nr.	Artikel	Muster/Beispiel	Zahl	Breite (cm)	Länge (cm)	Höhe (cm)	Gewicht (kg)	Volumen (L)	Gesamtgewicht (kg)	Gesamtvolumen (L)
31	Transportkiste Alu	Zarges Eurobox B40705	4	80	60	41	7.500	196.8	30.0	787.2
32	FTIR		1				22.000	0.0	22.0	0.0
33	Umlenkspiegel		1				4.000	0.0	4.0	0.0
34	Stativ		1				3.000	0.0	3.0	0.0
35	Zubehör		1				4.000	0.0	4.0	0.0
36	Notebook		1				5.000	0.0	5.0	0.0
37	Energieanschluss		1				5.000	0.0	5.0	0.0
38							0.000	0.0	0.0	0.0
	Zwischensumme								73.0	787.2

Gruppe	Monitoring									
MO	Kisten 20 bis 24									
lfd. Nr.	Artikel	Muster/Beispiel	Zahl	Breite (cm)	Länge (cm)	Höhe (cm)	Gewicht (kg)	Volumen (L)	Gesamtgewicht (kg)	Gesamtvolumen (L)
39	Transportkiste Alu	Zarges Eurobox B40705	5	80	60	41	7.500	196.8	37.5	984.0
40	Gefahrstoff-detektorenarray	GDA kompl.	5				6.000	0.0	30.0	0.0
41	Photoionisations-detektor	Dräger Multi PID	5				4.000	0.0	20.0	0.0
42	Ionenmobilitäts-spektrometer	IMS z. B. RAID Bruker-Saxonia	5				4.000	0.0	20.0	0.0
43	Wasseranalyse-Set	AUER	5				2.000	0.0	10.0	0.0
44	Fernthermometer	AUER Raytec PM plus	1				1.000	0.0	1.0	0.0
45	Wärmebildkamera	AUER EEV ARGUS	1				2.000	0.0	2.0	0.0
46	Gasspürpumpe	Dräger Quantimeter 1000	3				2.000	0.0	6.0	0.0
47	Prüfröhrchen	Spez. Auswahl Set	3				1.000	0.0	3.0	0.0
48	Gefahrgutmesskoffer	Dräger	5				2.000	0.0	10.0	0.0
49	Explosionsgrenzen-messgerät	AUER EX-OX-Meter II Feuerwehr	5				1.500	0.0	7.5	0.0
	Zwischensumme								147.0	984.0
Gruppe	Massenspektrometer									
GCMS	Kisten 25 bis 28									
lfd. Nr.	Artikel	Muster/Beispiel	Zahl	Breite (cm)	Länge (cm)	Höhe (cm)	Gewicht (kg)	Volumen (L)	Gesamtgewicht (kg)	Gesamtvolumen (L)
50	Transportkiste Alu	Zarges Eurobox B40705	4	80	60	41	7.500	196.8	30.0	787.2
51	Massenspektrometer	EM 640 Bruker-Franzen	1				62.000	0	62.0	0.0
52	GC-Module	VVOC, SVOC	2				1.100	0	2.2	0.0
53	Probenahmekoffer	TUHH	1				17.000	0	17.0	0.0
54	Spray + Trapp-Koffer	TUHH	1				11.000	0	11.0	0.0
55	Datenfernübertragung	TUHH	1				1.000	0	1.0	0.0
56	Batteriesatz		1				50.000	0	50.0	0.0
57	Notebook	DOLCH-Rechner	1				10.000	0	10.0	0.0
58	Tragesystem		1	220	70	25	20.000	385.0	20.0	385.0
	Zwischensumme								203.2	1,172.2

Gruppe	Labor + Zubehör									
LAB	Kiste 29									
lfd. Nr.	Artikel	Muster/Beispiel	Zahl	Breite (cm)	Länge (cm)	Höhe (cm)	Gewicht (kg)	Volumen (L)	Gesamtgewicht (kg)	Gesamtvolumen (L)
59	Transportkiste Alu	Zarges Eurobox B40705	1	80	60	41	7.500	196.8	7.5	196.8
60	Laborschaukel	DARGATZ HDPE 350 mm	1				0.100	0	0.1	0
61	Laborschaukel	DARGATZ Aluminium 350 mm	1				0.100	0	0.1	0
62	Mikroliterspritzen	DARGATZ 10 µL	5				0.100	0	0.5	0
63	Mikroliterspritzen	DARGATZ 50 µL	5				0.100	0	0.5	0
64	Glas-Metallspritzen	DARGATZ 5 mL	5				0.100	0	0.5	0
65	Kanülen f. Spritzen	DARGATZ Nr: 1, 090 x 40, gelb	100				0.100	0	10.0	0
66	Laborfl. ACETON	DARGATZ 500 mL	1				0.600	0	0.6	0
67	Laborfl. Ethyl-Alk.	DARGATZ 500 mL	1				0.600	0	0.6	0
68	Laborfl. METHANOL	DARGATZ 500 mL	1				0.600	0	0.6	0
69	Laborfl. ISOPROPANOL	DARGATZ 500 mL	1				0.600	0	0.6	0
70	Laborfl. dest. Wasser	DARGATZ 500 mL	1				0.600	0	0.6	0
71	Trichter 80 mm	DARGATZ DURAN 80 mm	1				0.100	0	0.1	0
72	Trichter 80 mm	DARGATZ Polypropylen 80 mm	1				0.100	0	0.1	0
73	Mikro-Pipetierhelfer	Hecht MICRO-PIPEX 558/1	1				0.200	0	0.2	0
74	Einmalpipetten	ringcaps 10 uL	250				0.010	0	2.5	0
75	Einmalpipetten	ringcaps	250				0.010	0	2.5	0
76	Einmalpipetten	ringcaps	250				0.010	0	2.5	0
77	Mikroliterspritzen	HAMILTON 10 uL 701	5				0.200	0	1.0	0
78	Mischzylinder Glas	DARGATZ DURAN 100 mL	1				0.200	0	0.2	0
79	Mischzylinder PP	Polypropylen 100 mL	1				0.100	0	0.1	0
80	Laborwaage	Reis & Co. PT 1200	1				1.500	0	1.5	0
81	Vernichtungsbeutel	DARGATZ Poliamid 400 x 780	500				0.010	0	5.0	0
	Zwischensumme								37.9	196.8

Gruppe	Labor + Zubehör									
LAB	Kiste 30 bis 31									
lfd. Nr.	Artikel	Muster/Beispiel	Zahl	Breite (cm)	Länge (cm)	Höhe (cm)	Gewicht (kg)	Volumen (L)	Gesamtgewicht (kg)	Gesamtvolumen (L)
82	Transportkiste Alu	Zarges Eurobox B40705	2	80	60	41	7.500	196.8	15.0	393.6
83	Beutelschließer	DARGATZ CLAC	1				0.500	0	0.5	0
84	Ersatzr. f. Beutelschl.	DARGATZ	3				0.100	0	0.3	0
85	Rollrand-Ampullen	DARGATZ 5 mL N 20-5	100				0.010	0	1.0	0
86	Rollrand-Ampullen	DARGATZ 10 mL N 20-5	100				0.010	0	1.0	0
87	Ampullenverschlüsse	DARGATZ N 20-5	200				0.010	0	2.0	0
88	Alu-Bördelkappen	DARGATZ N 20 TB/OA	200				0.010	0	2.0	0
89	Verschlusszange N20	DARGATZ N 20	1				0.500	0	0.5	0
90	Augenwaschflasche	DARGATZ	2				1.000	0	2.0	0
91	Laborschutzbrille	DARGATZ	2				0.300	0	0.6	0
92	Schutzhandschuhe	Falter-Ch. 4 H	100				0.010	0	1.0	0
93	Innenhandschuhe	Baumwolle	100				0.050	0	5.0	0
94	Bechergläser	DARGATZ DURAN 100 mL	3				0.200	0	0.6	0
95	Bechergläser	DARGATZ DURAN 250 mL	3				0.200	0	0.6	0
96	Bechergläser	DARGATZ DURAN 1000 mL	3				0.200	0	0.6	0
97	Bechergläser	DARGATZ ECTFE 100 mL	3				0.200	0	0.6	0
98	Bechergläser	DARGATZ ECTFE 250 mL	3				0.200	0	0.6	0
99	Bechergläser	DARGATZ ECTFE 1000 mL	3				0.200	0	0.6	0
100	Bunsenbrenner	DARGATZ LABOGAS	1				1.500	0	1.5	0
101	Gaskartuschen	DARGATZ C 206	3				0.300	0	0.9	0
102	Dreifuß	DARGATZ für Bunsenbrenner	1				0.200	0	0.2	0
103	Drahtnetz	DARGATZ Eisen m. Keramik	1				0.200	0	0.2	0
104	Piezozünder	DARGATZ Jumbo	1				0.200	0	0.2	0
	Zwischensumme								37.5	393.6

Gruppe	Labor + Zubehör									
LAB	Kiste 32									
lfd. Nr.	Artikel	Muster/Beispiel	Zahl	Breite (cm)	Länge (cm)	Höhe (cm)	Gewicht (kg)	Volumen (L)	Gesamtgewicht (kg)	Gesamtvolumen (L)
105	Transportkiste Alu	Zarges Eurobox B40705	1	80	60	41	7.500	196.8	7.5	196.8
106	Spritzenbürste	DARGATZ 10 mm	1				0.100	0	0.1	0
107	Reagenzglasbürste	DARGATZ 15 mm	1				0.100	0	0.1	0
108	Becherglasbürste	DARGATZ 60 mm	1				0.100	0	0.1	0
109	Laborflasche	DARGATZ DURAN 100 mL	10				0.200	0	2.0	0
110	Laborflasche	DARGATZ DURAN 250 mL	10				0.200	0	2.0	0
111	Laborflasche	DARGATZ DURAN 500 mL	5				0.200	0	1.0	0
112	Weithalsflaschen	DARGATZ Polyethylen 100 mL	10				0.100	0	1.0	0
113	Weithalsflaschen	DARGATZ Polyethylen 250 mL	10				0.100	0	1.0	0
114	Weithalsflaschen	DARGATZ Polyethylen 500 mL	3				0.100	0	0.3	0
115	Indikatorstäbchen	DARGATZ pH-Test 0,0 - 14	100				0.010	0	1.0	0
116	Öl-Testpapier	DARGATZ	100				0.010	0	1.0	0
117	Arsen-Test	DARGATZ MERCKOQUANT	100				0.010	0	1.0	0
118	Ascorbinsäure-T.	DARGATZ MERCKOQUANT	100				0.010	0	1.0	0
119	Chlor-Test	DARGATZ MERCKOQUANT	100				0.010	0	1.0	0
120	Cyanid-Test	DARGATZ MERCKOQUANT	100				0.010	0	1.0	0
121	Nitrat-Test	DARGATZ MERCKOQUANT	100				0.010	0	1.0	0
122	Nitrit-Test	DARGATZ MERCKOQUANT	100				0.010	0	1.0	0
123	Peroxid-Test	DARGATZ MERCKOQUANT	100				0.010	0	1.0	0
124	Reagenzgläser	DARGATZ 14x130	100				0.050	0	5.0	0
125	Reagenzglasstände	DARGATZ 24	1				0.200	0	0.2	0
126	Fernglas mit Kompass	Handelsware	1				2.000	0	2.0	0
127	Flaschenträger	DARGATZ 4 Fächer	1				0.400	0	0.4	0
	Zwischensumme								31.7	196.8

Gruppe	Labor + Zubehör									
LAB	Kiste 33									
lfd. Nr.	Artikel	Muster/Beispiel	Zahl	Breite (cm)	Länge (cm)	Höhe (cm)	Gewicht (kg)	Volumen (L)	Gesamtgewicht (kg)	Gesamtvolumen (L)
128	Transportkiste Alu	Zarges Eurobox B40705	1	80	60	41	7.500	196.8	7.5	196.8
129	Weithalsflschen	DARGATZ Braunglas 500 mL	2				0.200	0	0.4	0
130	Schraubdeckel	DARGATZ Melaminharz PTFE-D.	30				0.010	0	0.3	0
131	Haftetiketten	Handelsware z. B. HERMA 52 x 100	100				0.001	0	0.1	0
132	Filzschreiber	Handelsware schwarz, wasserfest	10				0.010	0	0.1	0
133	Sammeldose	GAERNER 6 L, 204 mm	1				0.100	0	0.1	0
134	Ampullensäge	KOCH Baldnin	2				0.050	0	0.1	0
135	Druckerpapier	Handelsware	2				2.400	0	4.8	0
136	Ultraschallbad	DARGATZ BANDELIN RK 100 SK	1				4.000	0	4.0	0
137	Edelstahldeckel	DARGATZ BANDELIN D3B	1				0.300	0	0.3	0
138	Edelstahlkorb	DARGATZ BANDELIN K 3	1				0.400	0	0.4	0
	Zwischensumme								18.1	196.8

Gruppe	Ausrüstung									
LAB	Kisten 1 bis 33									
lfd. Nr.	Kisten	Inhalt	Zahl	Breite (cm)	Länge (cm)	Höhe (cm)	Gewicht (kg)	Volumen (L)	Gesamtgewicht (kg)	Gesamtvolumen (L)
139	01 bis 09	Persönliche Schutzausrüstung	9	60	40	41	10.800	98.4	97.2	885.6
140	10 bis 14	Chemieschutz	5	80	60	41	18.300	196.8	91.5	984.0
141	15	Kommunikation	1	60	40	41		98.4	38.6	98.4
142	16 bis 19	Fernerkundung	4	80	60	41		196.8	73.0	787.2
143	20 bis 24	Monitoring	5	80	60	41		196.8	147.0	984.0
144	25 bis 28	Massenspektrometer	4	80	60	41		196.8	183.2	787.2
145	29	Labor + Zubehör	1	80	60	41		196.8	37.9	196.8
146	30 bis 31	Labor + Zubehör	2	80	60	41		196.8	37.5	393.6
147	32	Labor + Zubehör	1	80	60	41		196.8	31.7	196.8
148	33	Labor + Zubehör	1	80	60	41		196.8	18.1	196.8
149	Tragesystem	Massenspektrometer	1	220	70	25		385.0	20.0	385.0
150	Antennenstativ	Teleskopdreibeinstativ 5 m	1	150	30	30		135.0	20.0	135.0
	Summe								795.7	6,030.4

Tabelle 9.6: Spür- und Messbefehl

Analytische TASK FORCE	Einheit:		Datum:	
Lage:				
Messtaktik:	Wegpunkte:	Grenzmessung	Eintauchen	Durchstoß
Umkehrkonzentration:	mg/m ³	ppm	Umkehrdosis:	
Transportmittel:	Kfz:	zu Fuß:		
Spürweg	Ort/Strasse/Fläche/Gebäude/Raum	Sektor	Koordinaten	
Ablaufpunkt				
Spürziel A				
Spürziel B				
Spürziel C				
Spürziel D				
Spürziel E				
Spürziel F				
Spürziel G				
Mess-Systeme	Probenahme	Prüfröhrchen	Anzeigemuster	Bemerkungen
Gasspürpume				
CHIP-System				
Ex-Meter				
Ox-Meter				
GDA				
PID				
IMS				
sonstiges				
Probenahme:	Luft:	Wasser:	Boden:	
Luftprobe:	Hubzahl	Medium:	TENAX	sonstiges
Wasserprobe	Organisch	Anorganisch		
Bodenprobe	Organisch	Anorganisch		
Schutzkleidung:	Einsatzschutzkleidung	CSF	CSF-A	CMF
Atemschutz:	Behältergerät	Filtergerät	Filtertyp:	
Dekontamination:	Nicht erforderlich	Erforderlich:	Dekoplatz:	
Fernmeldeverbindung:				
Auftrag erteilt:		um	Unterschrift	

Tabelle 9.7: Messprotokoll für GDA/EX-Meter/CHIP/Prüfröhrchen

Analytische TASK FORCE												Datum:					
Gefahrstoff ⇒																	
<input checked="" type="checkbox"/> Gasspürpumpe <input type="checkbox"/> CHIP <input type="checkbox"/> GDA <input type="checkbox"/> EX-Meter																	
Prüfröhrchen ⇒																	
Maßeinheit ⇒ <input checked="" type="checkbox"/> ppm <input type="checkbox"/> mg/m ³ <input type="checkbox"/> Vol.- % <input type="checkbox"/> % UEG <input type="checkbox"/> Raster																	
Einsatzart ⇒ <input type="checkbox"/> Gefahrstofffreisetzung <input type="checkbox"/> Brand <input type="checkbox"/> sonstiges																	
Code-Nr.		Zeit		Messgeräte-Anzeige				Wind- geschwindigkeit m/s		Wind- richtung °		Temperatur °C					
Messort ⇒																	
Code-Nr.		Zeit		Messgeräte-Anzeige				Wind- geschwindigkeit m/s		Wind- richtung °		Temperatur °C					
												3					
Messort ⇒																	
Code-Nr.		Zeit		Messgeräte-Anzeige				Wind- geschwindigkeit m/s		Wind- richtung °		Temperatur °C					
Messort ⇒																	
Code-Nr.		Zeit		Messgeräte-Anzeige				Wind- geschwindigkeit m/s		Wind- richtung °		Temperatur °C					
Messort ⇒																	
Code-Nr.		Zeit		Messgeräte-Anzeige				Wind- geschwindigkeit m/s		Wind- richtung °		Temperatur °C					
Messort ⇒																	
Florian TASK FORCE																	
weitergeleitet an												um		Uhr		Unterschrift Protokollführer	

Tabelle 9.8: Messprotokoll GC-MS: Vorderseite

Einsatznummer:		Datum:	
Einsatzort:		GEL:	
UDI:		UDI Begleiter:	

Luftprobe Nr.: <input type="checkbox"/>	Wasserprobe Nr.: <input type="checkbox"/>	Bodenprobe Nr.: <input type="checkbox"/>	Wischprobe Nr.: <input type="checkbox"/>
--	--	---	---

Probenahmeort:
(genaue Beschreibung inkl. Höhe)

Entnahmezeit:	Probennehmer (Name/Einheit):
---------------	------------------------------

Bei Feuer:
 Entstehungsbrand: Vollbrand: Nachlöscharbeiten: Aufräumarbeiten:
 Temperatur < 0°C 0 - 20 °C 20 - 50 °C höher als 50 °C
 (am Probenort)

Probenbeschreibung

Luftprobe	Wasserprobe	Bodenprobe
<u>Färbung</u>	<u>Färbung</u>	<u>Färbung</u>
klar <input type="checkbox"/>	klar <input type="checkbox"/>	sandhell <input type="checkbox"/>
farbig <input type="checkbox"/>	farbig <input type="checkbox"/>	verfärbt <input type="checkbox"/>
neblig <input type="checkbox"/>	dunkel <input type="checkbox"/>	braun <input type="checkbox"/>
rauchig <input type="checkbox"/>	schlammig <input type="checkbox"/>	dunkel <input type="checkbox"/>
dichter Rauch <input type="checkbox"/>	Grobschmutz <input type="checkbox"/>	
<u>Feuchte</u>	<u>Viskosität</u>	<u>Feuchte</u>
feucht <input type="checkbox"/>	dünnflüssig <input type="checkbox"/>	feucht <input type="checkbox"/>
trocken <input type="checkbox"/>	dickflüssig <input type="checkbox"/>	trocken <input type="checkbox"/>
<u>Geruch</u>	<u>Geruch</u>	<u>Geruch</u>
nicht wahrnehmbar <input type="checkbox"/>	nicht wahrnehmbar <input type="checkbox"/>	nicht wahrnehmbar <input type="checkbox"/>
wahrnehmbar <input type="checkbox"/>	wahrnehmbar <input type="checkbox"/>	wahrnehmbar <input type="checkbox"/>
stechend <input type="checkbox"/>	stechend <input type="checkbox"/>	stechend <input type="checkbox"/>
fruchtig <input type="checkbox"/>	fruchtig <input type="checkbox"/>	fruchtig <input type="checkbox"/>
faulig <input type="checkbox"/>	faulig <input type="checkbox"/>	faulig <input type="checkbox"/>
fäkal <input type="checkbox"/>	fäkal <input type="checkbox"/>	fäkal <input type="checkbox"/>
benzin- / ölarartig <input type="checkbox"/>	benzin- / ölarartig <input type="checkbox"/>	benzin- / ölarartig <input type="checkbox"/>
lösemittelartig <input type="checkbox"/>	lösemittelartig <input type="checkbox"/>	lösemittelartig <input type="checkbox"/>
spezifisch <input type="checkbox"/>	spezifisch <input type="checkbox"/>	spezifisch <input type="checkbox"/>

-1-

Tabelle 9.9: Messprotokoll GC-MS, Rückseite

Aufbereitung	Verfahren
<ul style="list-style-type: none"> Filtern <input type="checkbox"/> Verdünnen <input type="checkbox"/> Erwärmen <input type="checkbox"/> Ultraschallbad <input type="checkbox"/> Spray + Trap <input type="checkbox"/> 	<ul style="list-style-type: none"> Schnelleinlass-Sonde <input type="checkbox"/> Luft, Sammelröhrchen TENAX (LS) <input type="checkbox"/> Luft, Sammelröhrchen KOMBI (LS) <input type="checkbox"/> Wasser, Leichtflüchtige (WL) <input type="checkbox"/> Wasser, Schwerflüchtige (WE) <input type="checkbox"/> Boden, Leichtflüchtige (BL) <input type="checkbox"/> Boden, Schwerflüchtige (BE) <input type="checkbox"/> Spezial / Oberflächen (OF) <input type="checkbox"/>
<p>Erwartete Substanzen oder Substanzgruppen</p> <p>1.)</p> <p>2.)</p> <p>3.)</p> <p>4.)</p> <p>5.)</p> <p>6.)</p> <p>7.)</p>	<p>Unbekannte Probe / Keine Vermutungen <input type="checkbox"/></p>
<p>Gerätekonfiguration EM640</p> <ul style="list-style-type: none"> Schnelleinlass-Sonde (Widebore; 3,5m) <input type="checkbox"/> Lang GC (DB1; 7,5m) <input type="checkbox"/> Kurz GC (DB5; 3,5m) <input type="checkbox"/> Feuerwehroberfläche <input type="checkbox"/> Lab Star / DA <input type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> Desorber <input type="checkbox"/> Injektor <input type="checkbox"/> 	
<p>Analysenergebnis</p> <p>Dateibezeichnung: _____ .MSF</p> <p>Expertenanfrage an: (inkl. Uhrzeit)</p> <p style="text-align: center;"> Vor Ort <input type="checkbox"/> Telefonisch <input type="checkbox"/> Fax <input type="checkbox"/> </p> <p>Datenbankauswertung:</p> <ul style="list-style-type: none"> RESY <input type="checkbox"/> CHEMIS <input type="checkbox"/> KEUDEL <input type="checkbox"/> HOMMEL <input type="checkbox"/> WINGIS <input type="checkbox"/> RÖMPPS <input type="checkbox"/> MERKBLÄTTER <input type="checkbox"/> <p>Ausbreitungsrechnung:</p> <ul style="list-style-type: none"> ALPHA1 <input type="checkbox"/> COMPAS <input type="checkbox"/> DISMA <input type="checkbox"/> MET <input type="checkbox"/> 	

Tabelle 9.10: Planspiel 1, Chemieunfall in einem Industriebetrieb, Referenzereignis: Hamburg, 20.11.1987, Trichlorpropanon

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spielzeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
1			In einer Großstadt mit ca. 250.000 Einwohnern ist im innerstädtischen Bereich ein mittelständischer Chemiebetrieb angesiedelt. Der Betrieb unterliegt der Störfallverordnung (einfaches Anorderungsprofil). In dem Betrieb arbeiten ca. 80 Personen. Entsprechend den betrieblichen Anforderungen erfolgt die Produktion in einem Mehrschichtbetrieb. Für die Fertigung in der Nachtschicht sind in der Regel 5 Mitarbeiter tätig. Der Betrieb verfügt über eine ständig besetzte Pforte.		Für den Betrieb liegt ein einfacher Einsatzplan der Feuerwehr vor. Der Katastrophenabwehrplan enthält im wesentlichen Informationen über die verschiedenen Rohstoffe und Endprodukte sowie über die Erreichbarkeit der verantwortlichen Personen. Weiterhin sind im Katastrophenabwehrplan Informationen hinterlegt, die die verschiedenen Maßnahmen der Stadtverwaltung (Umweltamt, Gesundheitsamt Krankenhäuser und dgl.) betreffen.
2		18.00	Bedeckungsgrad 4/8 Temperatur 4 °C Windgeschwindigkeit 4 m/s Wind aus 225 ° (Südwest)		Diese Wetterdaten sind in der Feuerwehreinsatzzentrale und Rettungsleitstelle verfügbar.
3	X	18.04	Explosion in der Produktionshalle		
4	X + 1	18.05	Bei der Feuerwehreinsatzzentrale und Rettungsleitstelle sowie bei der Polizeinotrufzentrale gehen mehrere Notrufe der Bürger ein. Die Meldungen haben im wesentlichen folgenden Inhalt: Explosion bei CHEMOS. Zusätzlich läuft der Brandmelder der Fa. CHEMOS in der Feuerwehreinsatzzentrale ein.		
5	X + 2	18.06		Aufgrund der Anrufe und des Brandmelders werden auf der Basis des bestehenden Einsatzplanes CHEMOS folgende Einsatzkräfte von der Feuerwehreinsatzzentrale alarmiert: Löschzug Hauptwache 1/2/13/16 Löschzug Südliche 1/2/12/15 2 Rettungswagen Inspektionsdienst Direktionsdienst Gerätewagen Gefahrgut	

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spielzeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
				Gerätewagen Atemschutz	
6	X + 2	18.06		Die Polizei entsendet zwei Streifenwagen	
7	X + 4	18.08		Von der Feuerwehreinsatzzentrale werden aufgrund des besonderen Einsatzobjektes CHEMOS folgende Informationen gesammelt und den anrückenden Einsatzkräften über Sprechfunk mitgeteilt: Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Temperatur und Bedeckungsgrad.	
8	X + 5	18.09		Aufgrund der eingegangenen Meldungen ordnet der Zugführer des Löschzuges der Hauptwache die Ausrüstung mit umluftunabhängigen Atemschutz für zwei Angriffstrupps an. Die Trupps rüsten sich während der Anfahrt entsprechend aus. Alle weiteren Einsatzkräfte der Feuerwehr halten umluftabhängigen Atemschutz (Filtergeräte) zum Eigenschutz bereit.	
9	X + 6	18.10		Der Löschzug der Hauptwache, der Inspektionsdienst und ein Rettungswagen treffen an der Hauptzufahrt des Werkes ein.	
10	X + 6	18.10	Eine Vielzahl von Bürgern meldet über den Feuerwehrruf 112 und den Notruf 110 einen stechenden Geruch und klagt über erheblich Reizungen der Atemwege und Schleimhäute sowie über Atemnot.	Die Lokalisierung der Anrufe zeigt eindeutig auf die unmittelbare Umgebung der Firma CHEMOS und in nordostwärtige Richtung.	Kennzeichnung auf der Lagekarte in der Leitstelle.
11	X + 7	18.11	An der Hauptzufahrt wird der Pförtner angetroffen, der über starke Beschwerden der Atemwege klagt und keine Auskünfte zum Geschehen geben kann. Die ungeschützten Einsatzkräfte nehmen einen stechenden Geruch wahr, der die Atemwege und Schleimhäute stark reizt. Die Trupps können vielfältige Gebäuderümmen auf dem ganzen Betriebsgelände erkennen. Das	Zwei Trupps gehen unter umluftunabhängigen Atemschutz von der Hauptzufahrt zur Erkundung vor. Der Pförtner wird dem Rettungswagen zur rettungsdienstlichen Versorgung übergeben.	

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spielzeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
			Hauptproduktionsgebäude ist infolge einer Explosion stark beschädigt. Kein Rauch und keine Branderscheinung.		
12	X + 8	18.12	Die vorgehenden Trupps retten fünf weitere Betriebsangehörige. Diese fünf Personen sind teilweise erheblich verletzt. Sie können keine weiteren Hinweise zum Objekt oder zur Schadenlage geben, da die Atemwege und Schleimhäute stark gereizt sind.	Die fünf Personen werden ebenfalls dem Rettungswagen zur rettungsdienstlichen Betreuung übergeben. Die Auswertung des Feuerwehreinsatzplanes liefert keine eindeutigen Hinweise auf die offensichtlich freigesetzten Atemgifte.	
13	X + 8	18.12	Der zweite Löschzug sowie die alarmierten Sonderfahrzeuge und die Einsatzführungsdienste treffen an der Schadenstelle ein.		
14	X + 8	18.12	Starke Reizung der Atemwege und Schleimhäute.	Alle Einsatzkräfte der Feuerwehr legen umluftabhängigen Atemschutz (Filtergeräte) an. Die Polizei zieht sich aufgrund der offensichtlichen Gefahr weiter zurück.	
16	X + 10	18.14	Die infolge der Explosion freigesetzte Schadstoffwolke (Reaktionsbehälter mit ca. 22 t) besteht aus verdampfenden Tröpfchen sowie aus den Gasen, die von der pastösen Oberfläche des freigesetzten Reaktionsgemisches abdampfen.	Aufgrund der Lagemeldungen in Verbindung mit den Betriebsinformationen aus dem Feuerwehreinsatzplan sowie dem Katastrophenschutzplan wird Giftgasalarm ausgelöst. Aufgrund der bestehenden grundsätzlichen Einsatzplanungen wird ein Warnbereich von jeweils 45° links und rechts der Hauptwindrichtung definiert. Über die Polizeieinsatzzentrale wird ein folgender Warntext über die Rundfunkmedien verbreitet. „Infolge eines Störfalles bei der Firma CHEMOS in der Liebigstraße besteht eine Gefährdung für die Bevölkerung in den Stadtteilen Oberberg, Unterberg und Südstadt. Die Bewohner müssen sofort geschlossene Gebäude aufsuchen, alle Fenster und	

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spielzeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
				Türen schließen sowie die Klimaanlage abschalten. Informieren Sie bitte ihre Nachbarn. Nehmen sie bitte auch fremde Personen bei sich auf. Wir werden Sie über weitere notwendige Maßnahmen informieren.“	
17	X + 11	18.15		Den beiden städtischen Krankenhäusern wird mitgeteilt, dass mindestens fünfundzwanzig Verletzte zu erwarten sind.	Die im Katastrophenschutzplan geforderten Benachrichtigungen sind sowohl von der Notrufzentrale der Polizei als auch von der Feuerwehreinsatzzentrale abgeschlossen.
18	X + 15	18.19		Die auf dem Betriebsgelände großflächig verteilte dampfende pastöse Masse wird mit Wasser aus zwei C-Rohren besprüht, um die Gasentwicklung zu begrenzen bzw. die aufsteigenden Gase zu verwirbeln.	
19	X + 21	18.25		Der Direktionsdienst veranlasst Messungen mit Prüfröhrchen und Explosionsgrenzenmessgeräten	
20	X + 36	18.40	Ein Teil der verantwortlichen Führungskräfte der Stadtverwaltung trifft im Katastrophenstab der Stadt ein und nimmt unter Leitung des zuständigen Dezernenten die Arbeit auf.		
21	X + 37	18.41	Vier der eingesetzten Fahrzeuge sind an den Reifen mit der pastösen Masse kontaminiert. Die eingelieferten Patienten haben teilweise eindeutig kontaminierte Kleidung. Der Eingangsbereich beider Krankenhäuser ist ebenfalls kontaminiert.	Im unmittelbaren Bereich der Schadstoffwolke wurden vom Rettungsdienst der Feuerwehr mit RTW und KTW insgesamt 36 Personen mit starken Reizungen der Schleimhäute und Atemwege in die beiden städtischen Krankenhäuser befördert. Sechs Einsatzkräfte sind ebenfalls stark betroffen und müssen in den Krankenhäusern verbleiben.	
22	X + 38	18.42	Die Prüfröhrchen für ACETON und CHLOR zeigen einen eindeutigen Farbumschlag. Messungen mit dem Explosionsgrenzenmessgerät sind negativ.		

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spielzeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
23	X + 42	18.46	Der betriebswirtschaftliche Leiter wurde erreicht und ist auf dem Wege zur Unglücksstelle.	Es wird versucht, den technischen Leiter zu erreichen.	
24	X + 46	18.50	Der technische Leiter wird erreicht. Er gibt folgende telefonische Hinweise: „Die Stoffen können eigentlich nicht reagieren. Es ist völlig ausgeschlossen, dass es eine Explosion gegeben hat.“		Alternativ: Die Betreiber der Firma berufen sich auf ihr Recht, die Aussage zu verweigern. Dieser Sachverhalt würde keine grundsätzliche Änderung bewirken.
25	X + 51	18.55	Die behandelnden Ärzte in den beiden Krankenhäusern können keine spezifische Behandlung der Patienten einleiten, solange der Schadstoff nicht eindeutig bekannt ist. Die ärztlichen Maßnahmen beschränken sich auf unspezifische Grundmaßnahmen.		
26	X + 52	18.56		Die Katastrophenschutzleitung entscheidet aufgrund der unklaren Einsatzlage, dass die TASK FORCE angefordert werden muss. Die örtlichen Einsatzkräfte können die freigesetzten Schadstoffe nicht eindeutig identifizieren. Die behandelnden Ärzte können nur allgemeine unspezifische medizinische Versorgungsmaßnahmen für die betroffenen Patienten durchführen. Die Eingangsbereiche der Krankenhäuser, Einsatzfahrzeuge und das Betriebsgelände sind kontaminiert. Die Schadstoffkonzentration im Betriebsbereich (ca. 300 m) und in einer Länge von ca. 1800 m mit einer Breite von ca. 400 m in Hauptwindrichtung ist unverändert.	Für die Einrichtung einer analytischen TASK FORCE müssen grundlegende Elemente zur Alarmierung definiert werden.
27	X + 57	19.01		Alarmierung der TASK FORCE	Es muss grundsätzlich mit der Alarmierung definiert werden, welche Informationen der analytischen TASK FORCE als Grundinformation gegeben werden müssen.

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spielzeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
28	X + 58	19.02		Die Katastrophenschutzleitung entscheidet, dass aus dem betroffenen Bereich (ca. 1800 m Länge und 400 m Breite) alle Personen Evakuiert werden. Das Betriebsgelände der Firma CHEMOS wird von der Gas- und Stromzufuhr abgeschaltet.	Die Effektivität des Einsatzes der analytischen TASK FORCE kann deutlich gesteigert werden, wenn die örtlichen Einsatzkräfte in der ersten Phase bereits Proben sachgerecht für die Analyse zur Stoffidentifikation nehmen.
29	X + 88	19.32	Der technische Leiter der Firma CHEMOS trifft in der Katastrophenschutzleitung ein. Der technische Leiter kann keine Auskünfte zum Unglück machen. Die Ursache der Explosion kann von ihm nicht nachvollzogen werden. Die Freisetzung von Chlor und Aceton sei grundsätzlich möglich, jedoch für ihn nicht erklärbar.		
30	X + 148	20.32	TASK FORCE trifft ein.	Zur Identifizierung des freigesetzten Schadstoffgemischen wird sofort ein Probenahmetrupp mit Vollschutzanzug und umluftunabhängigen Atemschutz in das Betriebsgelände entsandt. Die Probenahme für die erste identifizierende Analyse erfolgt am zerstörten Reaktionsbehälter nach dem GC-MS Verfahren LS durch Adsorption flüchtiger Komponenten auf Tenax (10 Hübe). Parallel wird zur Sicherheit eine Probe auf einem Kombinationsröhrchen genommen (10 Hübe). Die Analyse erfolgt entsprechend mit dem GC-Modul für VOCs. Im unmittelbaren Explosionsbereich wird nach der Methode OF eine Probe der pastösen Masse genommen. Die Analyse erfolgt mit dem GC-Modul für SVOCs. Im Abstand von ca. 100 m wird eine Luftprobe (10 Hübe) auf TENAX-Röhrchen	Liegen die ermittelten bzw. Geschätzten Konzentrationswerte über 10 µg/L muss das Probenahmenvolumen auf 100 ml (1 Hub) reduziert werden. Um eine Gefahr für spezielle zu schützende Gebäude (Schulen, Kindergärten,-spielplätze, etc.) in der weiteren Umgebung auszuschließen, müssen u.U. weitere Probenahmeorte festgelegt werden. Nach der ersten identifizierenden Messung kann aufgrund des Analyseergebnisses geprüft werden, ob soweit vorhanden, weitere Messtechniken wie geeignete Prüfröhrchen, PID genutzt werden können.

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spielzeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
				gezogen. Im unmittelbaren Explosionsbereich wird eine Probe der pastösen Masse genommen. Die TENAX-Röhrchen werden in umgekehrter Reihenfolge einer GCMS-Analyse zugeführt. Zur Abschätzung der Quantität wird jedes TENAX-Röhrchen mit einem Standard (Verf. LS) dotiert.	
31	X + 191	21.15	Die Auswertung der ersten GCMS-Analyse liefert als Hauptkomponente den luftgetragenen Schadstoff 1,1,1-Trichlor-2-propanon (CAS-Nr. 918-00-3) sowie in Spuren einige aliphatische Kohlenwasserstoffe. Die Analyse der Probe mittels Kombinationsröhrchen liefert das gleiche Ergebnis. Das Analysenergebnis der pastösen Masse zeigt aliphatische Kohlenwasserstoffe von C10 bis C16 (Bestandteile von Dieselkraftstoff).	Zur Ermittlung der Schadstoffausbreitung (Länge und Breite) wird zunächst ein grobes Probenahmeraster festgelegt (kreisförmiges Probenahmeraster um die Austrittsstelle sowie entlang der Hauptwindrichtung anhand einer Ausbreitungskeule, Anpassung der Probenahmepunkte an die vor-Ort vorliegenden Informationen). Expertenanschluss: Da für 1,1,1-Trichlorpropanon keine Kalibrierdaten vorliegen, müssen die Konzentrationen abgeschätzt werden. Dazu wird ein Experte Analytik herangezogen, der anhand der relativen Peakintegrale und der Art des Stoffes (Trichlorpropanon) eine grobe Abschätzung der Konzentration vornimmt (Abschätzung des relativen Responsefaktors).	Schadstoffinformationen zu diesem Stoff sind in den Gefahrstoffdatenbanken RESY und CHEMIS nicht vorhanden. Weitere Informationen müssen bei TUIS abgefordert werden.
32	X + 192	21.16		Expertenanschluss: Die Datenbank „Gefährliche Stoffe“ (Testversion) liefert keine Stoffinformationen zu 1,1,1-Trichlorpropanon; Es wird ein Experte Notfallmedizin/Toxikologie herangezogen (Fachberatung z.B. über MEDITOX-Informationendienst) Die behandelnden Ärzte werden mit den toxikologischen Informationen von MEDITOX zum Stoff TRICHLORPROPANON	Die parallele Suche des CCC in online-Datenbanken (ICSC, CIVS, GDL-public, GESTIS, Gefahrgut, IGS-public, div. MSDS) liefert ebenfalls keine Stoffinformationen zu Trichlorpropanon.

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spiel-Zeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
				versorgt.	
33	X + 193	21.17		Dem Katastrophendienststab wird empfohlen, die Evakuierung solange aufrecht zu erhalten, bis die Schadstoffkonzentration unter 0,01 ppm abgesenkt wurde. Die kontinuierliche Überwachung der Schadstoffkonzentration erfolgt unter dem Einsatz von drei Gefahrstoff Detektoren Arrays. Die dafür erforderlichen Trupps arbeiten mit leichter Gasschutzkleidung und umluftabhängigen Atemschutz.	Dieser Wert muss vom Experten Med/Tox festgelegt/abgeschätzt werden; Nachweisgrenze GC-MS liegt bei ca. 10 ng (d.h. bei einem Sammelvolumen von 1 L Luft bei ca. 0,01 ppm);
34	X + 196	21.20		Zur Dekontamination wird im Freien die Anwendung von Aceton als Reinigungsmittel empfohlen.	
35	X + 206	21.30	In den Abend- und Nachtstunden wird die Außentemperatur aufgrund der Wettervorhersage auf ca. -2 °C bis + 1 °C absinken. In den späten Vormittagsstunden wird die Außentemperatur auf ca. 8 °C ansteigen. Der Bedeckungsgrad wird ca. 1/8 betragen. In den Abend- und Nachtstunden wird die Gasentwicklung deutlich zurückgehen. In den späten Vormittagsstunden des folgenden Tages ist aufgrund der zu erwartenden Sonneneinstrahlung mit einer deutlichen Zunahme der Gasentwicklung zu rechnen. Eine Überschreitung der definierten Schadstoffkonzentration und eine Gefährdung der Bewohner kann nicht ausgeschlossen werden.	Das Gebiet wird über die Abend- und Nachtstunden und am folgenden Tag kontinuierlich überwacht. Gefahrstoff Detektoren Arrays werden an der Einsatzstelle sowie in Windrichtung am Rande des kontaminierten Gebiets positioniert.	

Tabelle 9.11: Planspiel 2, Brand in einem Recycling Betrieb, Referenzereignis: Brand/Lengerich, 04.10.1992

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spiel-Zeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
1			In einer Kleinstadt mit ca. 8.000 Einwohnern ist im Randbereich ein mittelständischer Abfallbeseitigungsbetrieb angesiedelt. In dem Betrieb arbeiten Werktags ca. 8 Personen. Das Betriebsgelände umfasst ein Freilager mit ca. 20.000 m ² und zwei kleinere Lagerhallen mit einer Größe von 1.400 m ² und 800 m ² . In der großen Lagerhalle werden Abfallstoffe (Kunststoffe, Papier, Metalle und Glas) angeliefert und sortiert. Das Papier und die Kunststoffe werden zu großen Ballen (ca. 1m ³) gepresst und im Freilager gestapelt (bis zu einer Höhe von 5 m). Metalle und Gläser werden in entsprechenden Containern gelagert. Lose Abfälle werden kurzfristig in der kleinen Lagerhalle zwischengelagert.		Für den Betrieb liegt kein Einsatzplan der Feuerwehr vor. Es ist den Angehörigen der örtlichen Freiwilligen Feuerwehr aufgrund der Ortskenntnisse bekannt, dass in dem Gebiet die Wasserversorgung problematisch ist.
2		14.00	Bedeckungsgrad 1/8 Temperatur 16 °C Windgeschwindigkeit 2 m/s Wind aus 135 ° (Südost)		Die Wetterdaten sind in der Kreisleitstelle nicht verfügbar und müssen ggf. abgeschätzt oder beim Wetteramt abgefragt werden. Aufgrund der frühlingshaften Witterung halten sich viele Bewohner in den Gärten auf.
3	X	14.04	Brand einer ungenutzten Wiese (ca. 3.000 m ²) in unmittelbarer Nachbarschaft zum Recycling-Betrieb		
5	X + 2	14.06		Aufgrund des Anrufes wird die örtliche Freiwillige Feuerwehr von der Kreisleitstelle alarmiert und die Polizei informiert.	
6	X + 2	14.06		Die Polizei entsendet einen Streifenagen	
7	X + 4	14.08	Der Brand breitet sich aufgrund der leichten Hanglage von der Wiese auf die unmittelbar angrenzenden Papierballen des Recyclingbetriebes aus.		

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spielzeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
8	X + 8	14.12	Die örtliche Freiwillige Feuerwehr erreicht die brennende Wiese mit einem LF 8 und einer Einsatzstärke von 1/8/9.	Die ersten Einsatzmaßnahmen richten sich unter Einsatz von Feuerpatschen gegen die brennende Wiese.	Die Einsatzkräfte können von der talwärts liegenden Zufahrtsstrasse nicht sofort erkennen, dass der Brand sich auf die angrenzenden Papierballen des benachbarten Betriebes ausgebreitet hat.
9	X + 11	14.15	Das zweite Fahrzeug TSF der örtlichen Freiwilligen Feuerwehr erreicht die Brandstelle mit einer Einsatzstärke von 1/5/6.	Der Gruppenführer des ersten Feuerwehrfahrzeuges hat bei der Erkundung festgestellt, dass offensichtlich eine Brandausbreitung auf das Papierlager des Recyclingbetriebes erfolgt ist und beordert das TSF zur Lageerkundung in den Betrieb.	
10	X + 12	14.16	Einige Bürger melden über den Feuerwehrruf 112 und den Notruf 110 eine intensive Brandausbreitung auf das Papierlager des Recyclingbetriebes.	Die Kreisleitstelle fragt über Funk den örtlichen Einsatzleiter ob und inwieweit weitere Einsatzkräfte erforderlich sind.	
11	X + 38	14.42	Die Brandausbreitung auf weitere Bereiche des Papierlagers kann mit den derzeit verfügbaren Einsatzkräften nicht verhindert werden.	Aufgrund der Erkundungsergebnisse des Staffelführers fordert der Gruppenführer die Kreisleitstelle auf, Großbrandalarm im Landkreis auszulösen.	Der Staffelführer des TSF hat zwischenzeitlich die Recyclingbetriebe erreicht und festgestellt, dass die im Blocklager befindlichen Papierballen in einer Ausdehnung von ca. 12 m x 12 m im Vollbrand stehen.
12	X + 48	14.52		Von der Kreisleitstelle wird Großbrandalarm ausgelöst. Damit werden der Kreisbrandmeister 2 LF 16 - TS 2 LF 8 1 TSF 1 SW 2000 zur Einsatzstelle alarmiert. Weiterhin wird der Bürgermeister der Kleinstadt und der Landrat informiert. Das Lagezentrum der Bezirksregierung wird von der Polizei informiert.	
13	X + 66	15.10	Die Brandausbreitung auf dem Betriebsgelände nimmt rasant zu. Nachdem zunächst ca. 300 m ² Papierballen in Brand geraten sind, hat sich der Brand über mehrere Ballen mit Kunststoffen auf die Sortierhalle ausgebreitet.		

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spielzeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
14	X + 98	15.42	Die alarmierten Einsatzkräfte treffen nacheinander an der Großbrandstelle ein.	Unter Leitung des Kreisbrandmeister wird ein umfassender Löschangriff eingeleitet. Ziel der Löschmaßnahmen ist einen Vollbrand der Sortierhalle und eine weitere Brandausbreitung zu verhindern. Der örtliche Bürgermeister informiert sich vor Ort über die Löschmaßnahmen.	
15	X + 112	15.56	Zur Sicherstellung der Löschwasserversorgung müssen weitere Einsatzkräfte alarmiert werden.	Die Kreisleitstelle alarmiert 2 LF 8 2 TSF 1 LF 16/12	
16	X + 128	16.12	Infolge des großflächigen Abbrandes der Kunststoffballen klagen die Einsatzkräfte über Reizung der Atemwege.	Die im unmittelbaren Bereich der brennenden Kunststoffballen eingesetzten Kräfte werden mit umluftunabhängigen Atemschutz ausgerüstet.	
17	X + 161	16.45	Der Betriebsleiter des Recyclingbetriebes erscheint an der Einsatzstelle.		Von den anwesenden Vertretern der Medien wird die Frage nach Giftstoffen gestellt.
18	X + 166	16.50	Die deutlich sichtbare Rauchgaswolke führt zu besorgten Anrufen der Bewohner in der Kreisleitstelle.	Vom Kreisbrandmeister werden Messungen mit Prüfröhrchen (Polytest) angeordnet.	
19	X + 176	17.00	Der Betriebsleiter berichtet, dass derzeit 20 Fässer à 200 L mit CHLOPHEN®, eine nicht brennbare Kühlflüssigkeit für Transformatoren, in der Sortierhalle gelagert sind.	Die Kreisleitstelle wird aufgefordert über TUIS weitere Stoffinformationen einzuholen.	
20	X + 198	17.22	Die Kreisleitstelle informiert den Kreisbrandmeister über die gewonnenen Stoffinformationen zu dem CHLOPHEN®. Demnach enthalten die meisten CHLOPHENE fertigungsbedingt halogenierte Dioxine und Furane. Bei einer thermischen Belastung bis ca. 600 °C des CHLOPHENs® ist mit der Freisetzung von halogenierten Dioxinen und Furanen zu rechnen.	Der Kreisbrandmeister informiert den Bürgermeister über die gewonnenen Erkenntnisse und fordert den Atemschutzgerätewagen der Kreisfeuerwehrzentrale an.	
21	X + 206	17.30		Der Bürgermeister fordert die TASK FORCE an. Die örtlichen Einsatzkräfte können keine Aussage	

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spiel-Zeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
				treffen, ob und inwieweit die Freisetzung von halogenierten Dioxinen oder Furanen eingetreten ist und ob weitere gefährliche Schadstoffkonzentrationen durch den intensiven Abbrand von großen Mengen verschiedener Kunststoffe (z. B. PVC) zu erwarten sind. Die freigesetzten Schadstoffe können nicht eindeutig identifiziert werden.	
22	X + 209	17.33		Alarmierung der TASK FORCE	
23	X + 297	19.01	TASK FORCE trifft ein	In Abstimmung mit dem Einsatzleiter (Kreisbrandmeister) erfolgt eine umfassende Erkundung der gegenwärtigen Schadenslage sowie deren Entwicklung. Alle gewonnenen Erkenntnisse werden in einer Lagekarte dargestellt. Die bereits veranlassten Messungen mit Prüfröhrchen werden bezüglich der Messorte und -zeiten in der Lagekarte dargestellt.	
24	X + 314	19.18		Zur Identifizierung der freigesetzten Rauchgase wird sofort ein Probenahmetrupp mit Brandschutzkleidung und umluftunabhängigen Atemschutz in das Betriebsgelände entsandt. In der Sortierhalle werden je zwei Rauchgasproben auf TENAX-Röhrchen (1 und 10 Hübe) sowie auf Silicoat-Röhrchen (1 und 10 Hübe) gezogen. Im unmittelbaren Bereich der Brandstelle werden weitere fünf Rauchgasproben (1 Hub) auf TENAX-Röhrchen gezogen. Die TENAX-Röhrchen werden in umgekehrter Reihenfolge einer GCMS-Analyse zugeführt. Zur Abschätzung der Quantität wird jedes Röhrchen mit internem Standard (Tenax nach Verfahren LS, Silicoat nach Verfahren BE/WE) dotiert.	
25	X +	19.20	Die Intensität nimmt		

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spiel-Zeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
	316		aufgrund der Maßnahmen zur Brandbekämpfung deutlich ab. Die Rauchgasentwicklung an der Brandstelle nimmt infolge der starken Wasserdampfbildung und des intensiven Schmelbrandes zu.		
27	X + 496	22.20		Die Auswertung der GCMS-Analyse der Löschwasserproben zeigt eindeutig auf verschiedene übliche Brandfolgeprodukte. Chlorierte Biphenyle können nicht nachgewiesen werden.	Alternative: Auch im Löschwasser werden deutliche Spuren polychlorierter Biphenyle nachgewiesen.
28	X + 521	22.45	Das Löschwasser ist aus der Brandstelle ausgetreten und über die benachbarte Wiese in einen Entwässerungsgraben gelaufen.	Aufgrund der Ergebnisse der GCMS-Analyse der Rauchgase sowie des Löschwassers werden Bodenproben sowie Bewuchsproben (augenscheinlich kontaminierte Gräser) von der Wiese und Wasserproben aus dem Entwässerungsgraben entnommen. Weitere Bodenproben werden von den Bereichen der Wiese genommen, die offensichtlich nicht mit dem Löschwasser in Kontakt gekommen ist. In der Lagerhalle werden Wischproben der augenscheinlich mit Russ kontaminierten Flächen genommen.	kreisförmiges Probenahmeraster um die Austrittsstelle sowie entlang der Hauptwindrichtung anhand einer Ausbreitungskeule, Anpassung der Probenahmepunkte an die vor-Ort vorliegenden Informationen
29	X + 536	23.00		Die Boden und Bewuchsproben nach dem Verfahren BE aufbereitet. Von dem Acetonextrakt wird ein Auszug auf ein Röhrchen mit Silicoat gegeben und anschließend einer GCMS-Analyse unterzogen. Die Rußproben werden nach dem Verfahren OF analysiert. Die Wasserproben werden einem Leuchtbakterientest unterzogen. Weiterhin wird mit dem Spray- and Trap-Verfahren eine GCMS-Analyse vorgenommen. Zusätzlich wird der pH-Wert bestimmt und eine Probe zur Beweissicherung sachgerecht bereitgestellt.	
30	X +	00.30		Aufgrund der	Alternative:

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spiel-Zeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
	626			<p>Messergebnisse wird der Gemeindeverwaltung empfohlen, für die Sanierung der Halle eine detailliertes Sanierungs- und Abfallbeseitigungskonzept in Auftrag zu geben. Gemäß den Richtlinien des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Veterinärwesen ist die Brandstelle in die Kategorie 3 einzustufen. Bis zur Vorlage eines entsprechenden Konzeptes ist die Brandstelle zu sperren. Die noch vorhandenen Löschwassermengen können zunächst in der Brandstelle verbleiben. Die Bodeneinläufe und Abflüsse sind zu verschließen.</p>	<p>Aufgrund der positiven Messergebnisse bezüglich der Freisetzung der polychlorierten Biphenyle müssen detaillierte Analysen der Russablagerungen durchgeführt werden. Weitere offensichtlich mit Russ kontaminierte Flächen in und außerhalb der Lagerhalle müssen ebenfalls auf halogenierte Dibenzodioxine und -furane untersucht werden. Welches Sanierungskonzept umgesetzt werden muss, hängt von den Analyseergebnissen ab.</p>

Tabelle 9.12: Planspiel 3, Transportunfall auf einem Frachtschiff (25.000 BRT), Referenzereignis: „Oostzee“, 18.07.89

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spiel-Zeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
1			Das Frachtschiff MS ORION fährt von England kommend Richtung Skandinavien durch die Nordsee. Infolge eines schweren Sommersturmes (Windstärke 9 - 10 Bf) wird die Decksladung beschädigt (einige Container gehen über Bord) und im Laderaum 3 ist die gesamte Ladung verrutscht. Das Schiff hat ca. 6° Schlagseite (Backbord).		Reale Referenzereignisse: 16.08.1984 Brunsee (Transportunfall, - Methylbromid) und Fall Oostzee, 18.07.1989 (Seeschiffahrt, Epichlorhydrin)
2		14.00	Bedeckungsgrad 2/8 Temperatur 4 °C Windgeschwindigkeit 8 m/s Wind aus 270 ° (West)		
3	X	14.04	Der Kapitän fordert von der Position 55°40'12" N und 004° 10'20" E über GMDSS ärztliche Beratung bei der MRCC an. Ein Besatzungsmitglied ist schwer Verletzt und nicht mehr ansprechbar. Der Kapitän möchte sofort einen der nächsten Häfen anlaufen.	MRCC leitet die Rettung des verletzten Besatzungsmitgliedes mit einem SAR-Hubschrauber des Marinefliegergeschwaders ein. Weiterhin wird zum Schutz des Frachters der Rettungskreuzer WILHELM KAISEN von der Seestation HELGOLAND der DGzRS zur Begleitung des Frachters entsandt. Zum Zielhafen wird	

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spiel-Zeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
				Bremerhaven festgelegt.	
5	X + 22	14.26		SAR-Hubschrauber startet. Rettungskreuzer. WILHELM KAISEN von der Seestation HELGOLAND läuft aus.	
6	X + 32	14.36		In einem direkten Dialog zwischen dem Funkarzt und dem Kapitän wird offensichtlich, dass das Besatzungsmitglied beim Versuch die Ladung zu sichern sich offensichtlich verletzt hat. Die Person konnte mit eigener Kraft die Brücke erreichen, wo sie dann ohne ersichtlichen Grund zusammengebrochen ist und seitdem ohne Bewusstsein ist. Blutdruck 165/99 krampfartige Atmung. Das Verletzungsmuster kann vom Funkarzt aufgrund der vorliegenden Informationen nicht weiter differenziert werden.	
7	X + 124	16.08	Der SAR-Hubschrauber erreicht die MS ORION kann aber ohne Unterstützung des Seenotkreuzers die Übernahme des verletzten Seemannes nicht realisieren.	Für die gemeinsam notwendige Aktion wird als Übergabezeit 19.00 Uhr vereinbart.	
8	X + 318	19.22	In enger Kooperation zwischen dem SAR-Hubschrauber, dem Seenotrettungskreuzer und der Schiffsbesatzung der MS ORION konnte der verletzte Seemann auf den SAR-Hubschrauber gehoben werden.	Der verletzte Seemann wird nach Bremerhaven ins Krankenhaus geflogen. Der Seenotrettungskreuzer begleitet die MS ORION aufgrund der Schlagseite in Richtung Bremerhaven.	
9	X + 371	20.15	Die Diagnose im Krankenhaus Bremerhaven weist eindeutig auf akute Vergiftungserscheinungen hin.	Das Krankenhaus fragt bei der MRCC nach, mit welchen Stoffen der verletzte Seemann in Berührung kam bzw. eingeatmet hat.	
10	X + 401	20.45		In enger Kooperation zwischen dem Kapitän, der Reederei und der MRCC wird die Liste der gefährlichen Güter an Bord der MS ORION analysiert. Als potentieller Gefahrstoff werden 50 Fässer (200 L) Methylbromid (UN 1647 Kl. 6.1) identifiziert.	
11	X + 406	20.50		Die DGzRS fordert den Kapitän des	

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spiel-Zeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
				Seenotrettungskreuzers über die MRCC auf, aufgrund der Gefahrstofffreisetzung mindestens 0,5 sm in Luv zur MS ORION zu bleiben.	
12	X + 416	21.00		Der Kapitän wird von einem Fachberater für gefährliche Stoffe der Feuerwehr Bremen beraten. Dabei muss von der Besatzung sichergestellt werden, dass die möglicherweise austretenden Dämpfe des Laderaumes 3 nicht von Zuluftöffnungen (Brückenhaus, Kombüse oder Maschinenraum angesaugt werden. Es ist sicherzustellen, dass keinerlei offene Verbindung (offene Revisionsschotts und dgl.) zwischen dem Laderaum 3 und dem Maschinenraum besteht.	
13	X + 431	21.15	Die zuständige Hafenbehörde von Bremerhaven wird von der MRCC darüber informiert, dass im Laderaum 3 möglicherweise Methylbromid freigesetzt wurde.	Die zuständige Hafenbehörde verweigert der MS ORION das Einlaufen in den Hafen von Bremerhaven, solange die Gefahr durch eine Giftgaswolke nicht gebannt ist. Die MRCC informiert den Meldekopf in Cuxhaven von der Schadstofffreisetzung. Von der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung wird das Schadstoffunfallbekämpfungsschiff MS „Neuwerk“ von der Seeposition nördlich Helgoland zur MS ORION entsandt. Eintreffzeit ca. 22.45 Uhr.	
14	X + 451	21.35		Der Kapitän fordert nach Rücksprache mit der Reederei und der MRCC die TASK FORCE an. Mit den an Bord der MS ORION vorhandenen Mitteln kann die tatsächliche Gefährdung, die durch die offensichtlich freigesetzten gefährlichen Güter nicht abschließend erkundet und bewertet werden. Eine sichere Gefahrenbeseitigung auf hoher See oder im Hafen ist ohne Gefährdung der	

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spielzeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
				Besatzung bzw. der Bevölkerung ohne genaue Lageerkundung nicht möglich.	
15	X + 461	21.45		Alarmierung der TASK FORCE	
16	X +x 506	22.30		Die erforderliche Ausrüstung der TASK FORCE wird mit einem Hubschrauber als Außenlastcontainer zum Schadstoffunfallbekämpfungsschiff MS Neuwerk geflogen und auf dem Hubschrauberlandedeck abgesetzt. Die TASK FORCE - Mannschaft wurde auf das Schadstoffunfallbekämpfungsschiff abgewünscht.	
17	X + 551	23.15		Mit dem FTIR wird aus einer Entfernung von 0,5 sm eine Außenerkundung der MS ORION vorgenommen. Dabei wird eine Schadstoffausbreitung in Fahrtrichtung des Schiffes detektiert. Als Quelle werden die steuerbordseitigen Lüfterhauben mittschiffs identifiziert. Aufgrund der Fahrt der MS ORION mit ca. 10 kn weist das FTIR eine Schadstoffkonzentration unmittelbar am Brückenhaus nach. Der Kapitän wird aufgefordert die Fahrt auf 5 kn zu drosseln.	
18	X + 601	00.05		Die MS ORION wurde zweimal umrundet. Dabei wurden mehrfach mit dem Luftspürverfahren Proben genommen und mit dem GCMS-System automatisch analysiert. Es wurde eindeutig Methylbromid identifiziert.	
19	X + 661	01.05		Zwei Trupps wechseln vom Seenotrettungskreuzer auf die MS ORION. Schutzausrüstung und Probenahmesätze werden mitgeführt.	
20	X + 678	01.22		An den Lüfterhauben und im Laderaum 3 werden Luftproben auf TENAX und parallel auf Kombinationsröhrchen gezogen. Unter Einsatz von	Stoffdaten Methylbromid: CHEMIS Smp.: -93,66 °C Sdp.: 3,56 °C Dampfdruck: 189 kPa (20°C)

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spielzeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
				Chemikalienvollschutzanzügen wird von einem Trupp der Laderaum 3 begangen. Im Laderaum ist die gesamte Ladung verrutscht. Dabei ist erkennbar, dass mehrere Fässer mit der Kennzeichnung Giftig Kl. 6.1 beschädigt sind und Flüssigkeit ausgetreten ist. Welche Mengen dabei freigesetzt wurden, kann nicht ermittelt werden.	(VVOC) Gefahren/Hinweise: Stoff umweltschädigend Gas/Luftgemische sind explosibel. Druckerhöhung beim Erwärmen; Berstgefahr! Keine offenen Flammen oder Funken. Nicht rauchen.
21	X + 746	02.30		Die Proben werden zum Schadstoffunfallbekämpfungsschiff befördert und dort vom GCMS-System (Verfahren LS) analysiert. Die GC-MS-Analyse der Luftprobe ergibt eindeutig die Freisetzung von Methylbromid.	Kein Kontakt mit starken Oxidationsmitteln! Kein Kontakt mit heißen Gegenständen. Rückzündungsgefahr beachten!
22	X + 761	02.45		In allen benachbarten Räumen (Brückenhaus, Maschinenraum, Laderaum 2 und div. Revisionsöffnungen) wurden Luftproben genommen und ebenfalls einer GCMS-Analyse unterzogen.	
23	X + 821	03.45		Die Task Force empfiehlt, den Laderaum 3 weitgehend abzudichten und im Hafen von Bremerhafen die Decksladung (Container) zu entfernen. Anschließend muss die MS ORION eine Seeposition aufnehmen und dort die Luken des Laderaum 3 öffnen und bei Windstärken von mehr als 6 m/s und weniger als 10 m/s lüften. Ist die Gaskonzentration im Laderaum deutlich zurückgegangen, so kann mit der Ladungssicherung unter Einsatz bordeigener Ladegeschirre erfolgen. Die Einsatzkräfte müssen dabei mit Chemikalienvollschutzanzügen arbeiten. Dafür muss ein Chemikalienunfallbekämpfungsschiff der Bundeswasserstrassenverwaltung als Basisstation längsseits liegen.	CHEMIS Vollschutzanzug, gasdicht; Gesichtsschutz oder Augenschutz kombiniert mit Atemschutz. Gummi-/Kunststoffhandschuhe. Gefahrenbereich räumen lassen! Fachmann zu Rate ziehen! Belüften. Gasaustritt vermeiden.

Tabelle 9.13: Planspiel 4: Terroranschlag/Kampfstofffreisetzung, Referenzereignis: Sarinanschlag, Tokio, 20.05.1995

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spiel-Zeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
1			<p>In einer Großstadt mit über 600.000 Einwohner kreuzen sich am Rande des Innenstadtbereiches zwei U-Bahn-Linien an der Station WEST-TOR. Von dieser Station wird ein großer Teil des eigentlichen Innenstadtbereiches mit Geschäftshäusern und Bürogebäuden erschlossen. Die beiden U-Bahn-Linien haben während der morgendlichen und abendlichen Rush-Hour ein Zugfolge von 6 Minuten in alle vier Richtungen. Die Station wird täglich von ca. 20.000 Menschen zum Ein- bzw. Aus- oder Umsteigen genutzt. Während der Rush-Hour sind ca. 300 Menschen gleichzeitig in den drei verschiedenen Ebenen. Zusätzlich befinden sich in den Zügen jeweils ca. 400 Menschen. In der ersten Ebene wird die Straßenkreuzung unterquert und die Verteilung der Fahrgäste auf verschiedene Bahnsteigebenen vorgenommen. In dieser Ebene sind kleine Geschäfte mit div. Reisebedarfsartikeln (Imbiss, Zeitungsverkauf und Schlüsseldienst) angesiedelt. In der zweiten Ebene sind zwei Gleise in die Ost- bzw. Westrichtung angeordnet. In der dritten Ebene sind zwei Gleise in die Nord- bzw. Süd-Richtung angeordnet. Zum direkten Umsteigen besteht zwischen der zweiten und dritten Ebene eine weitere Treppenverbindung.</p>		<p>Reale Referenzereignisse: Matsumoto, 27.06.1994 Tokio, 20.05.1995 (Sarin-Anschlag)</p>
2		19.12	<p>Bedeckungsgrad 4/8 Temperatur 9 °C Windgeschwindigkeit 4 m/s Wind aus 0 ° (Nord)</p>		
3	X	19.12	<p>Im U-Bahnzug der Linie A, der in der zweiten Ebene fahrplanmäßig hält, wird die Notbremse betätigt. Der</p>		

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spiel-Zeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
			<p>Triebfahrzeugführer meldet diesen Sachverhalt der Zugbetriebszentrale über Zugfunk. Die Zugbetriebszentrale beobachtet über die Bahnsteigüberwachungskameras wie mehrere Personen fluchtartig einen Wagon verlassen. Fahrgäste die einsteigen wollen, kehren unmittelbar um. Ein Teil der Fahrgäste, die aus dem Zug kommen, brechen auf dem Bahnsteig zusammen. Es wird beobachtet, wie der Triebfahrzeugführer in den Wagon eindringt und einige Sekunden später wieder herauskommt und unmittelbar auf dem Bahnsteig zusammenbricht.</p>		
5	X + 2	19.14	<p>Die Zugbetriebszentrale beobachtet weiter, dass ständig weitere Menschen zusammenbrechen.</p>	<p>Aufgrund der Beobachtungen alarmiert die Zugbetriebszentrale die städtische Feuerwehr über einen Zugunfall an der Station WEST-TOR. Da weitere Personen aus verschiedenen Ebenen auf den Bahnsteig zueilen und auf dem Nachbargleis der Gegenzug hält, erfolgt eine Lautsprecherdurchsage mit dem Ziel, dass alle Reisenden den Bahnhof verlassen sollen. Aufgrund der Beobachtungen vermutet das Personal der Zugbetriebszentrale einen Brand und informiert die städtische Feuerwehr entsprechend.</p>	
6	X + 3	19.15	<p>Es wird weiter beobachtet, das ständig weitere Menschen auf dem Bahnsteig zusammenbrechen. Auch auf den Rolltreppen und in der ersten Ebene liegen Personen. Wenige Menschen helfen anderen Personen den Bahnhof zu verlassen. Die überwiegende Zahl versucht offensichtlich in panischer Flucht das Freie zu erreichen.</p>	<p>Die Feuerwehr alarmiert aufgrund der Meldung durch die Zugbetriebszentrale zunächst folgende Einsatzkräfte: LZ 1 Hauptwache mit 1/2/13/16 LZ 3 Westwachewache mit 1/2/11/14 LZ 5 Südwache mit 1/1/9/11 Inspektionsdienst 1/-/1/2 Rüstwagen Westwache 1/1/2 3 Rettungswagen 1 Notarzteinsatzfahrzeug</p>	
7	X + 4	19.18	<p>Im Bahnsteigbereich liegen</p>	<p>Aufgrund der erweiterten</p>	

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spielzeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
			ca. 50 Personen. In der Ebene 1 liegen ca. 12 Personen. In der Ebene 3 halten sich ca. 200 Personen auf. Wie viele Personen sich in den beiden Zügen aufhalten ist über die Überwachungskameras nicht erkennbar. Da für die Ebene 3 offensichtlich erkennbar ist, dass auf den Ebenen 1 und 2 ein akuter Gefahrenzustand herrscht, verbleiben die Personen auf der Ebene 3. Der Triebfahrzeugführer des zweiten U-Bahnzuges meldet über Funk, dass die betroffenen Menschen an Atemnot leiden. Danach bricht der Kontakt zum Triebfahrzeugführer ab.	Information der Zugbetriebszentrale alarmiert die Feuerwehr zusätzlich folgende Einsatzkräfte: Direktionsdienst 1/-/-/1/2 Atemschutzgerätewagen 1/1/2 Löschgruppe Bergstadt 1/8/9	
8	X + 8	19.20		Die Zugbetriebszentrale informiert die Feuerwehr und die Polizei über die gewonnenen Erkenntnisse.	
9	X + 8	19.20	Die Feuerwehr erreicht die verschiedenen Zugangstreppen an der Station WEST-TOR. Sie finden dort ca. 150 Personen, die offensichtlich keine äußeren Verletzungen haben, jedoch panikartig reagieren und kaum ansprechbar sind.	Der Einsatzleiter (Inspektionsdienst) löst das Einsatzstichwort für den Massenanfall von Verletzten aus (MANV) und fordert weitere Rettungswagen und Notärzte nach.	
10	X + 9	19.21		Die Rettungsleitstelle alarmiert die Sondereinsatzgruppe Rettungsdienst einer Hilfsorganisation sowie 2 NEF, 6 RTW und 5 KTW aus den umliegenden Landkreisen.	
11	X + 13	19.25		Die ersten beiden Löschzüge sowie die Fahrzeuge des Rettungsdienstes nehmen die Versorgung der verletzten Personen auf.	
12	X + 23	19.35		Der Direktionsdienst übernimmt die Einsatzleitung und beordert einen Erkundungstrupp unter Atemschutz in den Bahnhofsbereich. Ein weiterer Trupp wird zu einem ca. 350 m entfernten Notausstieg beordert und soll von dort den Bahnhof	Der Notausstieg hat direkte Verbindung mit dem Gleistunnel der zweiten Ebene.

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spielzeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
				erkunden.	
13	X + 28	19.40		Der Gerätewagen Atemschutz erhält den Auftrag im Bereich der Treppen mit dem Prüfröhrchen Polytest orientierende Messungen vorzunehmen.	
14	X + 39	19.51	Über die Zugbetriebszentrale wird der Einsatzleitung gemeldet, dass keine Personen im Überwachungsbereich der Kameras auf den Ebenen 1 und 2 mehr stehen, sondern ca. 60 - 80 Personen auf den Rolltreppen, Bahnsteigen oder Wandelgängen liegen oder sitzen. Der Bahnsteig der Ebene 3 ist voller Menschen. Auch dort liegen bzw. sitzen augenscheinlich ca. 25 verletzte Personen. Der Zugbetrieb ist vollständig eingestellt und der Fahrstrom ist abgeschaltet.	Die Polizei hat die Einsatzstelle großräumig abgesperrt. Drei Polizisten, die ohne Atemschutz in den Bahnhof bis zur Rolltreppe zur zweiten Ebene eingedrungen sind, zeigen ähnliche Verletztenreaktionen wie die Fahrgäste. Nähere Informationen können von den Polizisten nicht gewonnen werden.	
15	X + 56	20.08	Der leitende Notarzt hat an der Einsatzstelle die Sichtung übernommen. Nach seiner augenscheinlichen Diagnose sind die Personen über die Atemwege akut vergiftet worden. Die Ergebnisse der orientierenden Messungen mit den Polytest-Prüfröhrchen zeigen einen eindeutigen Farbumschlag.	Der Direktionsdienst setzt zwei weitere Spürtrupps mit dem Ziel ein, durch Einsatz verschiedener Prüfröhrchen eine weitere Eingrenzung der Stoffgruppe zu ermöglichen.	Produktverunreinigungen sowie Hydrolyse und Zersetzungsprodukte (z.B. Lösungsmittel, Isopropanol, Methylphosphonyldifluorid, Fluorwasserstoff)
16	X + 64	20.16	Einsatzkräfte, die unmittelbar zur Versorgung der offensichtlich am schwersten betroffenen Personen eingesetzt waren oder Personen aus dem Bahnhof ins Krankenhaus befördert haben, zeigen ebenfalls negative gesundheitliche Reaktionen und müssen aus dem Einsatz herausgelöst und ins Krankenhaus befördert werden.	Aufgrund dieser weiteren Verschlechterung der unklaren Einsatzlage sowie der fehlenden Informationen bezüglich einer potentiellen Schadstofffreisetzung entscheidet der Direktionsdienst die TASK FORCE anzufordern. Weiterhin müssen alle Einsatzkräfte umluftabhängigen Atemschutz (Maske + Filter) tragen. Die Einsatzkräfte des Rettungsdienstes und die behandelnden Notärzte eingeschlossen.	
17	X + 66	20.18		Alarmierung der TASK FORCE	

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spiel-Zeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
18	X + 118	21.10	Alle verletzten Personen konnten unter Atemschutz aus dem Bahnhof getragen werden und befinden sich auf der Straßenebene. Bei 12 Personen wird der Tod festgestellt. Die Personen der Ebene 3 werden über den nächsten Notausstieg in 500 m Entfernung von Einsatzkräften ins Freie geführt.	Der leitende Notarzt hat angeordnet, dass keine weitere Person in ein Krankenhaus befördert wird, solange nicht ausgeschlossen ist, dass das Krankenhaus kontaminiert wird.	
19	X + 133	21.25		Auf der Basis des Einsatzstichwortes MANV sind an der Einsatzstelle drei Versorgungszelte für die verletzten Personen errichtet worden. Die provisorische rettungsdienstliche Versorgung von 60 schwerverletzten Personen wird in den Zelten eingeleitet. Die Versorgung von weniger schwer betroffenen Personen erfolgt im Freien.	
20	X + 134	21.26	Erkundungstrupp der TASK Force trifft an der Schadenstelle ein.	Nach kurzer ergänzender Lageinformation durch den Inspektionsdienst werden sofort orientierende Messungen mit dem Ziel durchgeführt, den Schadstoff zu identifizieren.	Unmittelbar nach der Publikation des Schadenereignisses in den Medien hatte das Coordination-, Control- und Command-Center der ATF alle Lageinformationen gesammelt und für die Beurteilung sachgerecht aufbereitet. Somit stand für den Erkundungstrupp eine rechnergestützte Lagekarte, die vom Inspektionsdienst ergänzt wurde, zur Verfügung.
21	X + 144	21.36		Vom Erkundungstrupp wird unmittelbar unter Einsatz eines Chemikalienschutzanzuges eine orientierende Messung mit dem GDA im Versorgungszelt der verletzten Personen vorgenommen. Dabei wird sofort als möglicher Schadstoff SARIN detektiert. Da diese Messung zunächst als wenig wahrscheinlich eingestuft wird, werden weitere Messungen nach intensiver Spülung mit	Sarin: Nervenkampfstoff, sehr giftig; Vergiftungsmöglichkeiten über Atemwege, Haut, Augen und bei Aufnahme mit Speisen und Getränken. Löslichkeit in Wasser: leicht löslich, unbegrenzt mischbar; Thermische Zersetzung: Rasche thermische Zersetzung im Bereich des Siedepunktes; Gefährliche

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spielzeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
				gefilterter Luft und einem weiteren GDA im Treppenniedergang des U-Bahn-Schachtes vorgenommen. Gleichzeitig erfolgt eine Probenahme der Luft auf TENAX-Röhrchen mit 10 Hüben (Verfahren LS). Die persönliche Schutzausrüstung wird nochmals geprüft. Von der örtlichen Feuerwehr wird ein Rettungstrupp bereitgestellt und die Atemschutzüberwachung gewährleistet.	Zersetzungsprodukte: Dämpfe werden durch Luftfeuchtigkeit langsam unter Bildung von Fluorwasserstoff zersetzt.
22	X + 164	21.56	Drei weitere Patienten sind verstorben. Die Spür- und Messergebnisse im Treppenbereich des U-Bahn-Schachtes zeigen ebenfalls eindeutig SARIN.	Es wird von der TASK FORCE empfohlen, die Zelte zusätzlich mit leistungsstarken Ventilatoren zu belüften, um gefährliche Schadstoffkonzentrationen auszuschließen. Die Polizei und das CCC-Center der TASK FORCE wird über den Sachverhalt informiert.	Symptomatik : Pupillenverengung (bereits bei sehr geringen Konzentrationen), Atemnot, Würgen, Erbrechen, Muskelzucken ähnlich epileptischem Anfall, Krämpfe, Lähmung, starker Speichelfluss, Schwitzen, unwillkürlicher Kot und Urinabgang
20	X + 178	22.10		Das CCC-Center der TASK FORCE übermittelt alle Stoffinformationen der Gefahrstoffdatenbanken für SARIN. Weiterhin werden die verfügbaren toxikologischen Informationen an die behandelnden Ärzte und Krankenhäuser gegeben.	Sarin: Wassergefährdende Flüssigkeit. Bei Eindringen ins Grundwasser Gefahr für Trinkwasser. Freiwerdende Flüssigkeit geht sehr schnell in den Gaszustand über. Dämpfe werden von Kleidung, Holz, porösen Ziegeln, Beton u.a. leicht adsorbiert.
21	X + 183	22.15	Die gesamte technische Ausrüstung der TASK FORCE trifft an der Schadenstelle ein.	Die genommenen Luftproben werden zur eindeutigen Identifikation des Stoffes zur GC-MS-Analyse gegeben.	Atem- und Körperschutz erforderlich! Atemschutz: Vollmaske mit Filter KS 80, B2 P3, ABEK 2 P3 oder umgebungsunabhängiger Atemschutz (Preßluftatmer, Regenerationsgeräte) Körperschutz: Overgarment oder Chemikalienschutzkleidung nach prEN 943 T1 oder T2
22	X + 188	22.20		Es werden fünf Spürtrupps mit Chemikalienschutzanzügen	Dekontaminationsmittel: Natriumcarbonat (Soda) in Lösung oder

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spielzeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
				und TENAX-Sammelröhrchen ausgestattet. Die Trupps dringen über die verschiedenen Zugangstreppen und über den Notausstieg in die verschiedenen Ebenen des Bahnhofes ein und nehmen alle 20 m in Brusthöhe eine Luftprobe. Gleichzeitig wird mit einem Handanaemometer die Luftbewegung in Stärke und Richtung aufgenommen.	Seifenwasser,; Entgiftung: Wird durch Alkalilauge o. Ammoniak völlig zerstört.
23	X + 198	22.30	Die GC-MS-Analyse der ersten Luftprobe ergibt ein phosphororganisches Stoffgemisch mit fluororganischen Anteilen und einem sehr hohen Anteil von SARIN.	Das Ergebnis wird der Polizei aufgezeigt. Alle Krankenhäuser und die behandelnden Ärzte werden informiert.	
24	X + 253	23.25		Die Auswertung der gesammelten Luftproben der fünf Spür- und Messtrupps beginnt. Die Luftproben sind mit einem definierten internen Standard zur Abschätzung der jeweiligen Konzentration dotiert worden. Die Ergebnisse der Handanaemometermessungen werden in die Lagekarte mit dem eingescannten Feuerwehrplan der örtlichen Feuerwehr eingetragen.	
25	X + 283	23.55		Die Ergebnisse der GC-MS-Analysen mit der jeweiligen Abschätzung der Konzentration werden in die Lagekarte eingegeben. Gleichzeitig werden die Video-Informationen, die während der ersten Unglücksphase von der Zugbetriebszentrale aufgezeichnet wurden, in die Lagebeurteilung integriert.	
26	X + 313	00.25	Die Ergebnisse der Konzentrationsabschätzung in Verbindung mit den Video-Aufzeichnungen deuten auf eine entsprechende Schadstoffquelle im Zugangsbereich eines der U-Bahn-Waggons hin.	Zwei Erkundungstrupps mit Chemikalienschutzanzügen sollen den entsprechenden Bereich näher untersuchen. Das Veto der Polizei, keine Veränderungen am Tatort vorzunehmen wird vom Gesamteinsatzleiter verworfen, weil eine abschließende Beseitigung	

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spielzeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
				der Schadstoffquelle sonst nicht gewährleistet werden kann.	
27	X + 348	01.00	An der Schadenstelle wird am Waggon ein ca. 25 L fassender beheizter Behälter gefunden, der offensichtlich durch den einfahrenden Zug unmittelbar am Bahnsteig zerstört wurde und das Schadstoffgemisch offensichtlich mit einer erhöhten Temperatur freigesetzt hat. Im Gleisbett werden aufgrund der visuellen Wahrnehmungen noch weitere Reste des Stoffgemisches vermutet. Eine Abschätzung der Menge ist nicht möglich.	Die zerstörten Teile des Behälters werden geborgen.	Beweissicherung: Asservate müssen am Fundort luftdicht verpackt werden, als Gefahrstoff gekennzeichnet und isoliert transportiert und aufbewahrt werden.
28	X + 363	01.15		Die Erkundungsergebnisse fügen sich widerspruchsfrei in die Lagekarte ein. Die Abschätzung der bestehenden Schadstoffkonzentration in Verbindung mit den herrschenden Luftströmungen ergeben, dass unmittelbar am Schadensort eine Konzentration von derzeit 50 ppm bestehen muss.	
29	X + 393	01.45		Bei einem Quellterm von 50 ppm am Ausbruchsort ist auf der Basis einer Ausbreitungsberechnung bei den bestehenden Lüftungsverhältnissen eine gefährliche Schadstoffkonzentration in den anschließenden Bahnhöfen nicht zu erwarten. Da das Ausbreitungsmodell grundsätzlich für die Verhältnisse im Freien konzipiert wurde, werden entsprechende Messungen entlang der Tunnelstrecken (alle 50 m) von Spürtrupps mit dem GDA und der Luftprobennahme zur anschließenden GCMS-Analyse realisiert.	Ausbreitungsrechnung über die physikalisch/chemischen Stoffparameter von Sarin, ggf. Fachberater hinzuziehen
30	X + 423	02.15	Die Schadstoffkonzentration im Bereich des Bahnsteiges der Ebene 2 scheint seit mehreren Stunden	Zur Neutralisation des SARIN in der Luft und der Reste im Gleiskörper empfiehlt die TASK FORCE	

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spielzeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
			unverändert.	den Einsatz von Ammoniak oder Natriumcarbonat (Soda) in Lösung.	
31	X + 438	02.30		Von einem Chemiegroßbetrieb in ca. 45 km Entfernung wird das geforderte Ammoniak-Lösung in entsprechenden Behältern zugeführt.	
32	X + 468	03.00		Ca. 40 L Ammoniak-Lösung werden unmittelbar im Bereich der Freisetzungsstelle in das Gleisbett eingebracht. Weitere 120 L Ammoniak- bzw. Soda-Lösung werden in allen Ebenen großflächig ausgebracht. Die eingesetzten Einsatzkräfte tragen Vollschutzkleidung. Die Ausbringung erfolgt nach einem gestaffelten Zeitplan. Die Verteilung des abdampfenden Ammoniaks erfolgt mit dem Einsatz entsprechender wassergetriebener Lüftungsgeräte der örtlichen Feuerwehr. Die Bewohner der näheren Umgebung (ca. 2 km) müssen die Fenster und Türen geschlossen halten. Die Klimaanlage der umliegenden Geschäftshäuser wurden abgeschaltet. Die Umgebung wird kontinuierlich mit entsprechenden Prüfröhrchen von mit Atemschutzmasken ausgestatteten Spürtrupps überwacht.	
33	X + 523	03.55	Im unmittelbaren Bereich der Treppenaufgänge und den drei Notausstiegen werden Konzentrationen von Ammoniak von ca. 45 ppm gemessen.		
34	X + 588	05.00		Von allen vier benachbarten Bahnhöfen beginnend, werden alle 100 m Luftproben auf TENAX genommen und mit Prüfröhrchen die Ammoniak-Konzentration nachgewiesen.	
35	X + 693	06.45	Die Auswertung der TENAX-Sammelröhrchen mit internem Standard hat eine geringe Konzentration	Eine intensive weitere Belüftung und zusätzliche Kontrollmessung um 08.00 Uhr muss zu negativen	

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spielzeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
			<p>von fluororganischen Stoffen ergeben. SARIN konnte nicht mehr nachgewiesen werden.</p> <p>Die Konzentration von Ammoniak war im Bereich des Bahnhofes in der Ebene 2 bei ca. 110 ppm.</p>	Messwerten führen.	

Tabelle 9.14: Bersten eines Transportbehälters, Referenzereignis: Explosion eines Kesselwagens/Linz, 09.08.1998 (Cyanamid)

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spielzeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
1			<p>In einer Großstadt mit über 600.000 Einwohner befindet sich im Umfeld des Binnenschiffhafens ein Verschiebebahnhof mit diversen Abstellgleisen. Der Rangierbetrieb wird von einer Hafenumschlagsgesellschaft realisiert.</p>		
2		13.12	<p>Bedeckungsgrad 1/8 Temperatur 13 °C Windgeschwindigkeit 2 m/s Wind aus 225° (Südwest)</p>		
3	X	13.12	<p>Im Bereich von drei Abstellgleisen mit diversen Kesselwagen kommt es zu einer heftigen Explosion. Der explodierte Kesselwagen wird vollständig zerstört. Im Bereich des Explosionsortes entsteht ein Trichter mit einer Tiefe im Zentrum von ca. 0,6 m und einem Durchmesser von ca. 20 m. Trümmer fliegen über den angrenzenden Kanal (500 m) und Beschädigen ein Tankmotorschiff. Zwei Druckgaskesselwagen werden durch die Explosion aus den Schienen gehoben und stürzen um. Die Umgebung wird in einem Bereich von ca. 150 m um den Trichter mit einem weißen Pulver kontaminiert.</p>		
5	X + 2	13.14		<p>Aufgrund der Beobachtungen alarmiert der Fahrdienstleiter des Stellwerkes die Feuerwehr.</p>	
6	X + 3	13.15	<p>Im Bereich des Rangierbahnhofes ist ein deutlich stechender Geruch</p>	<p>Die Feuerwehr alarmiert aufgrund der Meldung durch den Fahrdienstleiter zunächst</p>	

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spielzeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
			nach Salmiakgeist wahrnehmbar.	folgende Einsatzkräfte: LZ 1 Westwache mit 1/2/13/16 LZ 3 Ringwache mit 1/2/11/14 Inspektionsdienst 1/-/1/2 1 Rettungswagen 1 Notarzteinsatzfahrzeug	
7	X + 7	13.19		Am Rande des Rangierbahnhofes bleiben die Einsatzfahrzeuge stehen. Der Inspektionsdienst ordnet aufgrund des stechenden Geruches umluftabhängigen Atemschutz für alle Einsatzkräfte an und bildet einen äußeren Absperrkreis von ca. 800 m. Zur Erkundung des unmittelbaren Schadensortes wird ein Trupp mit umluftunabhängigen Atemschutz eingesetzt.	
8	X + 13	13.25		Der Inspektionsdienst hat persönlichen Kontakt zum Fahrdienstleiter aufgenommen. Dieser kann jedoch keine weiteren Hinweise zu den Güterwaggons geben, da diese dort schon seit einigen Tagen abgestellt sind. Informationspapiere liegen ihm nicht vor.	
9	X + 16	13.28	Der Schiffsführer des Tankschiffes hat ebenfalls über Feuerwehrruf die Feuerwehr alarmiert.	Die Feuerwehreinsatzzentrale hat einen weiteren Löschzug (Hauptwache 1/2/13/16) zum Tankmotorschiff entsandt.	
10	X + 17	13.29	Der stechende Geruch hält an.	Der Trupp, der die unmittelbare Schadenstelle erkundet hat, berichtet, dass ein Druckgaskesselwagen mit der Gefahrzahl 268 und er UN-Nr. 1005 umgestürzt ist. Eine Beschädigung der Druckgaskesselwagen oder der sonstigen Kesselwagen konnte nicht festgestellt werden. Im Trümmerfeld des offensichtlich explodierten Kesselwagens wurde eine Warntafel mit der Gefahrzahl 60 und der UN-Nr. 3287 gefunden. Ob sie vom explodierten Kesselwagen stammt wird vermutet, da	CHEMIS: UN-Nr. 1005: Ammoniumhydroxid Ammoniak wasserfrei Ammoniak Lösung > 50 % UN-Nr. 3287: kein Eintrag ICSC: UN-Nr. 1005: Ammoniak wasserfrei Ammoniakgas UN-Nr. 3287: kein Eintrag

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spielzeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
				weiter Kesselwagen mit derselben Beschriftung vorhanden sind.	
11	X + 23	13.35		Die Informationen aus der Gefahrstoffdatenbank CHEMIS sowie die Informationen aus dem Handbuch „Gefährliche Güter“ von HOMMEL stehen teilweise im Widerspruch zur visuell wahrgenommenen Einsatzlage und können nicht sachgerecht interpretiert werden.	
12	X + 27	13.39		Aufgrund der unklaren Lage bezüglich der Identifizierung der gefährlichen Güter und der potentiell vorhandenen Gefährdung durch den stechenden Geruch wird über die Feuerwehreinsatzzentrale die TASK FORCE angefordert.	
13	X + 28	13.40		Alarmierung der TASK FORCE	
14	X + 33	13.45		Der Inspektionsdienst hat die Frachtpapiere insoweit ausgewertet, dass als Absender eine Firma in Italien und als Empfänger eine Chemiebetrieb in Schweden identifiziert werden können. Entsprechende Anfragen an die genannten Stellen werden von der Feuerwehreinsatzzentrale eingeleitet	
15	X + 36	13.48	Die Beschädigungen am Tankmotorschiff sind nicht so gravierend, dass eine Ausweitung der Gefahr eintritt	Der Löschzug der Hauptwache rückt ein.	
16	X + 37	13.49		Der Direktionsdienst informiert sich am Schadensort über die Einsatzlage und ordnet den Einsatz von Prüfröhrchen zur Schadstoffdetektion an.	
17	X + 78	14.30	Die Einsatzlage ist unverändert.	Mit den verfügbaren Prüfröhrchen konnte ein eindeutiger Farbumschlag beim Polyeströhrchen und beim Ammoniakröhrchen festgestellt werden. Eine detaillierte Prüfung aller Kesselwagen auf Leckagen	

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spielzeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
				verlief ohne Ergebnis.	
18	X + 118	15.10		Die TASK FORCE trifft am Schadensort ein.	
19	X + 133	15.25		Vom Erkundungstrupp wird unmittelbar unter Einsatz eines Chemikalienschutzanzuges eine orientierende Messung mit dem GDA. Gleichzeitig erfolgt eine Probenahme der Luft auf TENAX-Röhrchen mit 10 Hüben.	
20	X + 138	15.30		Die Anzeige des GDA deutet eindeutig auf Ammoniak hin.	
21	X + 148	15.40		Die erste Analyse der Luftprobe mit dem GCMS liefert ein Spektrum, dass im Vergleich mit den verfügbaren Datenbanken nicht zu einer eindeutigen Stoffidentifizierung führt.	
20	X + 198	16.30		Ein externer Fachberater meldet, dass es sich möglicherweise um Cyanamid handeln könnte. Er bittet um weitere Hintergrundinformationen über das Schadenereignis. Der zweite Experte kann das gemessene Spektrum nicht weiter interpretieren.	Das Spektrum von Cyanamid ist nicht in der NIST98 verzeichnet.
21	X + 203	16.35		Das CCC-Center der TASK FORCE übermittelt alle Stoffinformationen der Gefahrstoffdatenbanken für Cyanamid. Dabei wird deutlich, dass möglicherweise eine fehlerhafte Kennzeichnung falsche Rückschlüsse verursacht hat. Die Gefahrzahl für Cyanamid ist 66 mit der UN-Nr. 3276 bzw. 2811.	<p>CHEMIS: Cyanamid: CAS-Nr. 420-04-2 UN-NR. 3276 bzw. 2811 hygroskop. Kristalle (Plättchen); polymerisiert; farblos, durchscheinend; ab 120 °C Bildung von sehr giftigem Dicyandiamid; Explosionsgefahr! Berstgefahr! Polymerisationsgefahr des unstabilierten Stoffes mit starker Rauch-/Wärmeentwicklung; Bei Brand/Zersetzung Freisetzung von Ammoniak, Blausäure, Stickoxiden. Körperschutz bei Freisetzung: Schwerer Atemschutz; Leichter Chemikalienschutzanzug; Im weiteren Einsatzbereich Filtergerät</p>

Lfd. Nr.	Taktische Zeit	Spielzeit	Einsatzlage	Einsatzmaßnahmen	Bemerkungen
					B2-P3; Gummi-/Kunststoffhandschuhe, Gummistiefel. Fachmann zu Rate ziehen!
22	X + 228	17.00		Der Experte berichtet nach Rücksprache mit einem Hersteller, dass Cyanamid beim Transport mit Phosphorsäure gepuffert wird, damit es nicht exotherm polymerisiert. Die Phosphorsäure verbraucht sich unter Freisetzung von Ammoniak. Erfolgt der Transport über einen längeren Zeitraum, kann der Phosphorsäurepuffer vollständig aufgebraucht sein. Das Cyanamid polymerisiert exotherm zu Dicyandiamid (weißes Pulver). Ein Behälterzerknall ist die konsequente Folge.	CHEMIS Dicyandiamid: CAS-NR. 461-58-5 UN-Nr. 2811 Kristalle, Pulver, farblos; Nicht brennbar. Bei Brand/Zersetzung Freisetzung von giftigen Dämpfen (Ammoniak). Bei Brand Bildung reizender oder giftiger Dämpfe oder Gase. Augenschutz. Gummi-Kunststoffhandschuhe. Staubausbreitung vermeiden. Verschüttetes Material anfeuchten und in verschließbaren Behältern sammeln. An sicheren Ort bringen. Keinen Staub aufwirbeln.
23	X + 243	17.15		Die Dekontamination der kontaminierten Fläche kann mechanisch unter Einsatz von unluftabhängigen Atemschutz (Staubschutz) realisiert werden. Weitere Maßnahmen im Zusammenhang mit der Gefahrstofffreisetzung sind nicht erforderlich.	