



Lernunterlage B3-350

ABC-Messstrategie

Dezernat B3: Verbandsführer, ABC-Schutz und Medizinische Rettung

Ausgabe April 2024

35 Seiten

Inhalt

Durch geeignete Nachweismethoden und Messmöglichkeiten sind die Feuerwehren grundsätzlich in der Lage, einen bestehenden Anfangsverdacht über einen A(B)C-Gefahrstoff und dessen Ausbreitung zu verifizieren und zu konkretisieren.

Durch die Informationen über den Gefahrstoff und das Wetter können Ausbreitungsprognosen erstellt werden, die es dem EAL-Messen erlauben die Messtaktik und das Nachweisverfahren zu beurteilen und die Messeinheiten effizient einzusetzen. Die ermittelten Ergebnisse sind ein Teil der Entscheidungskriterien zur Auswahl geeigneter einsatztaktischer Gefahrenabwehrmaßnahmen zum Schutz von Mensch und Umwelt.

Urheberrecht

© IdF NRW, Münster 2024, alle Rechte vorbehalten.

Die vorliegende Lernunterlage darf, auch auszugsweise, ohne die schriftliche Genehmigung des IdF NRW nicht reproduziert, übertragen, umgeschrieben, auf Datenträger gespeichert oder in eine andere Sprache bzw. Computersprache übersetzt werden, weder in mechanischer, elektronischer, magnetischer, optischer, chemischer oder manueller Form.

Der Vervielfältigung für die Verwendung bei Ausbildungen von Einheiten des Brand- und Katastrophenschutzes des Landes Nordrhein-Westfalen wird zugestimmt.

Anmerkung

Eine Schreibweise, die beiden Geschlechtern gleichermaßen gerecht wird, wäre sehr angenehm. Da aber entsprechende neuere Schreibweisen in der Regel zu großen Einschränkungen der Lesbarkeit führen, wurde darauf verzichtet. So gilt für die gesamte Lernunterlage, dass die maskuline Form, wenn nicht ausdrücklich anders benannt, für beide Geschlechter gilt.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	4
2	Gründe für einen Gefahrstoffnachweis.....	5
3	Einsatzauftrag durch die Einsatzleitung	5
4	Aufgaben der EAL-Messen.....	6
4.1	Stoffinformationen sammeln	7
4.1.1	Aggregatzustand.....	7
4.1.2	Beurteilungswerte (Übersicht).....	7
4.1.2.1	Beurteilungswerte für den C-Einsatz:.....	8
4.1.2.2	Beurteilungswerte für den A-Einsatz:	10
4.1.3	Ausbreitungsverhalten	11
4.1.4	Erscheinungsbild	11
4.1.5	Weitere Stoffinformationen für C-Gefahrstoffe	12
4.1.6	Weitere Stoffinformationen für A-Gefahrstoffe	12
4.1.7	Weitere Stoffinformationen für Brandzersetzungsprodukte	12
4.1.8	Lagedarstellung Stoffinformation	12
4.2	Wetterdaten	13
4.2.1	Lagedarstellung Wetter.....	14
4.3	Ausbreitungsprognose	15
4.3.1	Erstmaßnahmen	15
4.3.2	Abschätzen.....	16
4.3.2.1	Ausbreitungskeule	16
4.3.2.2	ERG-Ausbreitungsprognose	16
4.3.3	Eingrenzen	18
4.3.3.1	Modell für Effekte mit toxischen Gasen „Gefahrgut-Ersteinsatz“ .	19
4.3.3.2	Modell für Effekte mit toxischen Gasen „Memplex Keudel av- Technik GmbH“.....	20
4.3.3.3	VOMATEC® SSA Modellberechnung zur Ausbreitung von chemischen Schadstoffen.....	22
4.3.3.4	Weitere Ausbreitungsmodelle	22
4.3.4	Berechnen	23
4.4	Einsatz der Messeinheiten planen	25
4.4.1	Messtaktik.....	25
4.4.1.1	Grenzmessung	25
4.4.1.2	Eintauchen.....	26
4.4.1.3	Kreuzen bzw. Durchstoßen.....	26
4.4.1.4	Messektoren festlegen	27
4.4.2	Messverfahren auswählen	27
4.4.3	Messaufträge und Dokumentation	28
4.5	Darstellung von Messergebnissen	29
4.5.1	Umweltinformationsgesetze	31
4.6	Lagevortrag	32
5	Probenahme	32
5.1	ATF CBRN.....	33
5.2	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW	33
6	Zusammenfassung	34
I	Literaturverzeichnis.....	35

1 Einleitung

Die Gefahrenabwehr bei Bränden und Technischen Hilfeleistungen verbunden mit der Freisetzung von ABC-Gefahrstoffen ist eine Aufgabe der Feuerwehren, sofern die Zuständigkeiten nicht in anderen, z.B. umwelt- oder atomrechtlichen, Rechtsnormen anderweitig geregelt sind.

Bei Schadensereignissen mit ABC-Gefahrstoffen können sowohl die Einsatzkräfte als auch Dritte durch Stofffreisetzungen gefährdet werden. Zur Gefahrenabwehr muss die örtliche Feuerwehr – auch bei (noch) nicht oder unvollständig vorhandenen Messergebnissen – vorsorgliche Maßnahmen treffen, um eine Gefährdung von Mensch und Umwelt so gering wie möglich zu halten.

Der Nachweis von Gefahrstoffen und die Probenahme durch Einsatzkräfte der Feuerwehren im ABC-Einsatz sind abhängig von der Lage, den personellen und gerätetechnischen Möglichkeiten sowie von den spezifischen Stoffeigenschaften der beteiligten Gefahrstoffe. Der Zeitpunkt und das Ergebnis des Gefahrstoffnachweises oder der Probenahme haben wesentlichen Einfluss auf die einsatztaktischen Entscheidungen der Einsatzleitung. Das Ergebnis kann genutzt werden, um erforderliche Folgemaßnahmen in Zusammenarbeit mit den dafür zuständigen Fachbehörden festzulegen.

Bei großflächigen ABC-Gefahrstofffreisetzungen, die mit umfangreichen Messungen verbunden sind, kann überörtliche Hilfe in erheblichem Umfang erforderlich werden. Das ABC-Schutz-Konzept NRW Teil 5 »Messzug NRW« beschreibt die Leistungsanforderungen an die Gefahrenabwehr in den Kreisen bzw. in den kreisfreien Städten an Hand von Szenarien. Das Konzept ist zweistufig aufgebaut: Für Messeinsätze zur überörtlichen Hilfe wurde für die Ebene der Kreise bzw. kreisfreien Städte in der Stufe 1 („ÜMessen 1“) der »Messzug NRW« konzipiert. Die darüber hinausgehende überörtliche Hilfe in der Stufe 2 („ÜMessen 2“) ist aus den Ressourcen in jedem Regierungsbezirk durch die jeweilige Bezirksregierung planerisch sicherzustellen.

vgl. [1]: vfdb-Richtlinie 10-05 ABC-Gefahrstoffnachweis im Feuerwehreinsatz

vgl. [2]: ABC-Schutzkonzept NRW Teil 5 „Messzug NRW“

2 Gründe für einen Gefahrstoffnachweis

Die folgende Liste stellt Gründe für einen Gefahrstoffnachweis in einem ABC-Einsatz dar:

- Anpassung des Gefahrenbereichs
- Beurteilung des Ausbreitungsverhaltens
- Warnung und Information der betroffenen Bevölkerung
- Warnung benachbarter Gebietskörperschaften
- Überprüfung der Wirksamkeit getroffener Maßnahmen
- Ortung von Leckagen
- Rücknahme von aufwendigen Einsatzmaßnahmen
- Feststellung von Personen-, Geräte- und Gebiets-Kontamination
- Bereitstellung von Messergebnissen für die med. Weiterbehandlung von verletzten Personen
- Zusammenarbeit mit zuständigen Fachbehörden und Firmen
- Dokumentation des Einsatzes
- Auswahl geeigneter Schutzausrüstung für die eingesetzten Kräfte
- Auswahl besonderer Lösch- und Bindemittel
- Auswahl geeigneter Geräte zur Gefahrenabwehr
- ...

Der Einsatz von Probennahme/Messtechnik macht aber nur dann Sinn, wenn das zu erwartende Ergebnis einen sinnvollen Beitrag zur Lageeinschätzung liefert.

Probennahme und Messen im Feuerwehreinsatz darf kein Selbstzweck sein, sondern muss zum Einsatzerfolg beitragen.

Abdichten oder Auffangen ist besser als Messen oder Probenahme!

MERKE

3 Einsatzauftrag durch die Einsatzleitung

Der Einsatzleiter befiehlt den Gefahrstoffnachweis mit dem Auftrag, Ergebnisse für die Erkundung und Beurteilung der Lage zu erhalten. Dabei kann ihn ein besonders qualifizierter Fachberater unterstützen. In dem Auftrag sollten folgende Punkte mindestens enthalten sein, sofern sie bekannt sind:

Lage:

- Einsatzort/Austrittsstelle
- beteiligter Gefahrstoff
- Mengenangaben
- bisheriger und geplanter weiterer Einsatzverlauf
- ...

Auftrag:

- Erstellung einer Ausbreitungsprognose
- zu messende Substanz(en)
- genaue Definition der erwarteten Ergebnisse, z.B.
 - Ermittlung der Sauerstoffkonzentration (Ox-Wert),
 - Bestimmung des Gefahrenbereichs auf Grundlage des
 - ETW oder
 - AEGL2-(4h) oder
 - AGW oder
 - sonstiges
 - Bestimmung der Leitsubstanzen des Brandrauches
- ...

Durchführung:

- Hinweise auf weitere Einsatzabschnitte
- Schnittstellen
- Zeitpunkt und Ort von Lagebesprechungen
- ggf. Dekontamination
- ...

Versorgung:

- Verbrauchsgüter wie z.B. Prüfröhrchen
- Kartenmaterial in der EL
- Kartenmaterial für den EA „Messen“
- Verpflegung
- ...

Führung und Kommunikation:

- Lage der Führungsstellen
- Kommunikationswege
- eigene Erreichbarkeiten
- ...

Auf Grundlage dieses definierten Befehls werden dann vom EAL-Messen die Aufgaben, Messgeräte, das Probenahmeverfahren sowie die Durchführung festgelegt.

4 Aufgaben der EAL-Messen

Aufgrund der besonderen Vielfalt der ABC-Gefahrstoffe ist die frühzeitige Identifizierung von Art und Menge der Gefahrstoffe besonders wichtig. Erst durch die Identifizierung können wichtige Stoffinformationen, die für die Beurteilung der Lage unerlässlich sind, zusammengetragen werden.

4.1 Stoffinformationen sammeln

Die nachfolgenden Punkte stellen eine Auswahl von wichtigen Stoffinformationen dar, die für die Beurteilung der Gefahrstoffausbreitung eine wesentliche Rolle spielen.

4.1.1 Aggregatzustand

Der Aggregatzustand eines AC-Gefahrstoffes spielt eine wichtige Rolle im Ausbreitungsverhalten.

Bei Feststoffen ist davon auszugehen, dass sich diese nicht wesentlich von der Austrittsstelle entfernen. Liegen die Feststoffe als Stäube oder Rußpartikel vor, können sie allerdings durch Luftbewegungen und/oder Thermik fortgetragen werden.

Bei Flüssigkeiten ist zu beachten, dass diese durch die Topographie in Senken oder Abflüsse fließen können und sich dort räumlich sammeln oder ausbreiten. Weiterhin ist der **Dampfdruck** und **Siedepunkt** einer Flüssigkeit zu beachten, um abzuschätzen, welcher Anteil der Flüssigkeit in die Dampfphase übergeht.

Gase und Dämpfe von Flüssigkeiten spielen bei der Ausbreitung von Gefahrstoffen die wesentliche Rolle, weil sie aufgrund ihres Aggregatzustands nicht ortgebunden sind und sich ggf. wesentlich weiter ausbreiten als Feststoffe und Flüssigkeiten.

4.1.2 Beurteilungswerte (Übersicht)

Bei der Verwendung von Beurteilungswerten ist zu berücksichtigen, für welchen Personenkreis / welches Kollektiv sie gelten.

Beurteilungswerte, die für die allgemeine Bevölkerung festgelegt wurden, können sowohl für die Bevölkerung als auch für Einsatzkräfte verwendet werden. Beurteilungswerte, die für Einsatzkräfte festgelegt wurden, sind deutlich konservativer, da bei der allgemeinen Bevölkerung auch jüngere und ältere Personen sowie Personen mit einer schlechten gesundheitlichen Disposition berücksichtigt werden.

Beurteilungswerte, die nur einen Teil der Bevölkerung, z.B. alle Berufstätigen, berücksichtigen, lassen sich nicht bedenkenlos auf ein größeres Kollektiv übertragen. In diesem Fall würde die Gefährdung für einige Personen unterschätzt.

Ebenso wenig können Beurteilungswerte mit einem bestimmten Faktor auf andere Bevölkerungsgruppen umgerechnet werden.

Solange keine Bewertung und Weisung von zuständigen Behörden vorliegen, werden folgende Grenzwerte zur Beurteilung der Gefahrenlage herangezogen:

MERKE

Beurteilungswerte				
Farbe	C-Stoffe	A-Stoffe		
		Dosisleistung	Kontamination	
			Unbekanntes Radionuklid	Bekanntes Radionuklid
Rot	> ETW <small>(vfdb-RL 10/01)</small> Alternativ: > AEGL-2 (4h) (> AGW)	> 25 µSv/h <small>(FwDV 500)</small>	> 300 IPS (α) > 6000 IPS (βγ) [Wert abgeleitet] <small>(Allgemeiner Notfallplan des Bundes nach § 98 des StrlSchG (ANoPI-Bund) IM NRW 15.03.2022)</small>	> Freigrenze <small>nach StrlSchV 30.05.2018 Anlage 4, Tabelle 1, Spalte 5 (Vorschlag: vfdb Referat 10))</small>
Gelb	< ETW <small>(vfdb-RL 10/01)</small> Alternativ: < AEGL-2 (4h) (< AGW)	> 1 µSv/h <small>(Allgemeiner Notfallplan des Bundes nach § 98 des StrlSchG (ANoPI-Bund) IM NRW 15.03.2022)</small>	> 3-fache Nullrate <small>(FwDV 500) [ca. 30 – 45 IPS]</small>	> 3-fache Nullrate <small>(FwDV 500) [ca. 30 – 45 IPS]</small>
Grün	Mit Feuerwehr-Nachweisteknik nicht nachweisbar	< 1 µSv/h <small>(Allgemeiner Notfallplan des Bundes nach § 98 des StrlSchG (ANoPI-Bund) IM NRW 15.03.2022)</small>	< 3-fache Nullrate <small>(FwDV 500) [ca. 30 – 45 IPS]</small>	< 3-fache Nullrate <small>(FwDV 500) [ca. 30 – 45 IPS]</small>
Blau	Geruch wahrnehmbar			

Tabelle 1: Beurteilungswerte für AC-Gefahrstoffe [Tabelle: IdF NRW]

4.1.2.1 Beurteilungswerte für den C-Einsatz:

ETW: Einsatztoleranzwert [vfdb-RL 10-01] siehe [3]

- **ETW-4:** für die Einsatzdauer von 4 Stunden
- **ETW-1:** für übersichtliche, klar begrenzte ABC-Einsätze mit einer Einsatzdauer von 1 Stunde

Die ETW sind toxikologisch so festgesetzt worden, dass unterhalb dieser Werte die Gesundheit und Leistungsfähigkeit von Einsatzkräften ohne Atemschutz bei etwa 4-stündiger (1-stündiger) Exposition während eines Einsatzes und in der Folgezeit nicht beeinträchtigt wird.

AEGL-2: Acute Exposure Guideline Level Schweregrad 2 [Environmental Protection Agency EPA] siehe [8]

- **AEGL-2 (4h)**
- **AEGL-2 (1h)**

Die AEGL sind toxikologisch begründete Schwellenwerte für die Wirkung auf menschliche Gesundheit der Allgemeinbevölkerung inklusive empfindlicher Personengruppen. Die Stufe 2 benennt in diesem Fall die Schwelle zur schwerwiegenden, ggf. irreversiblen Einschränkung der Gesundheit und Fluchtmöglichkeit für genannte Zeiträume fest.

Da die AEGL-2-Werte für 4 und 1 Stunden den ETW definitionsgemäß entsprechen, werden die ETW in der Regel durch finale AEGL-2-Werte ersetzt, sobald diese verfügbar sind.

AGW: Arbeitsplatzgrenzwert [TRGS 900] siehe [9]

Der Arbeitsplatzgrenzwert dient dem Schutz von Arbeitnehmern (gesunde, erwachsene Personen) am Arbeitsplatz. Er berücksichtigt tägliche Expositionen während eines gesamten Arbeitslebens.

Der AGW ist die höchstzulässige Konzentration eines Arbeitsstoffes als Gas, Dampf oder Schwebstoff in der Luft am Arbeitsplatz (in der Regel: täglich 8-stündige Exposition bei einer durchschnittlichen Wochenarbeitszeit von 40 Stunden), bei der im Allgemeinen die Gesundheit der Arbeitnehmer nicht beeinträchtigt wird.

Die AGW können derzeit nur als Auslegungs- und Anwendungshilfe herangezogen werden, wenn keine ETW oder AEGL-Wert zur Verfügung steht.

ERPG-2 (1h): Emergency Response Planning Guidelines Stufe 2 [American Industrial Hygiene Association (AIHA)] siehe [16]

ERPG-Werte sind Luftgrenzwerte für die allgemeine Bevölkerung, die nur für den Zeitraum der Einwirkung von 1h gelten. Es wird zurzeit daran gearbeitet, die ERPG-Werte durch die ähnlich definierten aktuellen AEGL-2-Werte zu ersetzen.

PAC-2 (1h): Protective Action Criteria Stufe 2 siehe [11]

Die PAC-2 Werte gelten ebenfalls nur für eine Einwirkdauer von 1h und sind eine Zusammenführung der Beurteilungswerte AEGL-2, ERPG-2, TEEL

4.1.2.2 Beurteilungswerte für den A-Einsatz:

Dosisleistung

- **25 µSv/h [FwDV 500]**

Der Grenzwert des Gefahrenbereichs für die Dosisleistung aus Gammastrahlung ist mit 25 µSv/h aus der FwDV 500 übernommen.

- **1 µSv/h**

Der Schwellenwert von 1 µSv/h ist dem „Allgemeinen Notfallplan des Bundes nach § 98 StrlSchG (ANoPI-Bund) IM NRW 15.03.2022“ entnommen und entspricht der Ortsdosisleistung (ODL), ab der Maßnahmen im Notfall ergriffen werden sollen. (Tabelle C.2, Radiologische Kriterien für das Vorliegen einer Gefahr und die Angemessenheit von Schutzmaßnahmen, C.1, Richtwert der ODL für Verhaltensempfehlungen für die Bevölkerung in der der Dringlichkeitsphase) [17]

Kontamination

- **Radionuklid unbekannt: 300 IPS (α) bzw. 6000 IPS (βγ)**

Die Grenzwerte sind abgeleitete Werte für Kontamination mit unbekanntem radiologischen Gefahrstoffen. Diese Kontaminationswerte entsprechen etwa Zählraten von 300 Impulsen pro Sekunde (IPS) (α) (z. B. CoMo 170, Wirkungsgrad 18% für Am-241) bzw. 6000 IPS (βγ) (z. B. CoMo 170, Wirkungsgrad 36% für Cs-137). Sie sind aus dem „Allgemeinen Notfallplan des Bundes nach § 98 StrlSchG (ANoPI-Bund) IM NRW 15.03.2022“ (Tabelle C.2, Radiologische Kriterien für das Vorliegen einer Gefahr und die Angemessenheit von Schutzmaßnahmen, C.3, Kontaminationsrichtwerte und Richtwerte der ODL für die Schutzmaßnahmen Evakuierung, Aufenthalt in Gebäuden und Abgrenzung eines Gefahrenbereichs) [17]

- **Radionuklid bekannt: Freigrenze nach StrlSchV Anlage 4, Tabelle 1, Spalte 5**

Solange keine Grenzwerte der zuständigen Behörden vorliegen, kann zur Beurteilung der Kontamination mit einem bekannten radioaktiven Stoff die Freigrenze für die Oberflächenkontamination aus der Strahlenschutzverordnung herangezogen werden.

Die Angaben sind in **Bq/cm²** aufgeführt. Sie sind nicht mit IPS zu verwechseln und keinesfalls gleichzusetzen. [vgl.: LU B3-052 „Mess- und Nachweisgeräte im ABC-Einsatz Kap. 4.2.5]

- **Dreifache Nullrate [FwDV 500]**

Die dreifache Nullrate aus der FwDV 500 kann als allgemeine Aussage für einen Grenzwert der Kontamination ausgelegt werden. Unterhalb dieses Wertes ist für Einsätze der Feuerwehr Kontaminationsfreiheit gegeben. Die Nullrate liegt in der Regel bei Werten von 10 bis max. 20 IPS bei einem Flächenzählrohr von 170 bis 180 cm².

Achtung

Sie ist vor einem Kontaminationsnachweis vor Ort zu bestimmen (oder ggf. sinnvoll festzulegen).

4.1.3 Ausbreitungsverhalten

Das Ausbreitungsverhalten von Gasen und Dämpfen wird durch die relative Luftvergleichszahl beschrieben. Sie ist der Quotient aus der Dichte eines Gases und der Dichte der Luft.

relative Luftvergleichszahl = 1: Gas/Dampf ist gleich schwer wie Umgebungsluft

relative Luftvergleichszahl > 1: Gas/Dampf ist schwerer als Umgebungsluft und sinkt ab

relative Luftvergleichszahl < 1: Gas/Dampf ist leichter als Umgebungsluft und steigt nach oben

Die Angabe der relativen Luftvergleichszahl gilt nur, wenn das Gas/Dampf und die Umgebungsluft die gleiche Temperatur und Druck besitzen. Tiefkalte Gase oder durch Brandrauch erhitzte Gase/Dämpfe können sich völlig gegensätzlich verhalten, bis sich die Temperaturen von Gas/Dampf und Umgebungsluft angeglichen haben.

Unter den o.a. physikalischen Bedingungen sind nur wenige Gase leichter als Luft.

Für das Ausbreitungsverhalten von Dämpfen von Flüssigkeiten lässt sich ausagen, dass sie, bis auf wenige Ausnahmen, schwerer als Luft sind.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass außer bei Bränden fast immer mit einer bodennahen Ausbreitung von Gasen und Dämpfen gerechnet werden muss.

MERKE

4.1.4 Erscheinungsbild

Der Geruch und die Geruchsschwelle des Gefahrstoffes, sowie dessen Farbe bei Freisetzung an Luft können ebenfalls interessante Informationen liefern.

Die Geruchsschwelle sollte mit dem Beurteilungswert verglichen werden.

Liegt die Geruchsschwelle unterhalb des Beurteilungswertes, kann der Stoff bereits wahrgenommen werden, ohne dass eine Gefährdung besteht. Dies kann beim Einsatz der Messtrupps und zur Festlegung des Gefahrenbereiches genutzt werden. Auch kann abgeschätzt werden, ob eine Änderung der Konzentrationen frühzeitig wahrgenommen werden kann oder nicht.

Die Kenntnis der Geruchsschwelle kann auch für die Beurteilung von zahlreichen Anrufen besorgter Bürger in den Leitstellen von Feuerwehr und Polizei eine Rolle spielen.

4.1.5 Weitere Stoffinformationen für C-Gefahrstoffe

- Brennbarkeit (UEG, Flammpunkt, Zündtemperatur, ...)
- Chemische Eigenschaften (ätzend, brandfördernd, ...)
- Reaktion mit Feuchtigkeit, Wasserlöslichkeit
- ...

4.1.6 Weitere Stoffinformationen für A-Gefahrstoffe

- Halbwertszeiten
- Zerfallsarten und -produkte
- Energie der Gammastrahlung
- offene oder umschlossene Strahlenquellen
- ...

4.1.7 Weitere Stoffinformationen für Brandzersetzungsprodukte

- betroffenes Brandgut
- Brandphase
- Brandbedingungen
- Löschmittel
- vfdb-RL 10-03 „Schadstoffe bei Bränden“
- ...

4.1.8 Lagerdarstellung Stoffinformation

Um die Daten allen Personen in der EAL-Messen zugänglich zu machen, können die einheitlichen Lagerdarstellungssysteme NRW genutzt werden.

Version 1.2 Stand: 09-2023 Institut der Feuerwehr Nordrhein-Westfalen

Numerus zur Kennzeichnung der Gefahr

Gefahren

Stoffname

CAS-Nummer

UN-Nummer

Gefahrendiamant

Brand

Gesundheit

Reaktion

Sonderfeld

Produktaustritt

Leckage

schlagartig

kontinuierlich

Austrittsmenge

Ladevolumen

Eigenschaften

Aggregatzustand

Rel. (Dampf-)Dichte

Wasserlöslichkeit

Siedepunkt

Farbigkeit

Geruch

Geruchsschwelle

Beurteilungswerte

Ex-Bereich

Flammpunkt

Zündtemperatur

ETW-4

ETW-1

AEGL-2 (4 h)

AGW

Messgeräte

Gasspürpumpe mit Prüfröhrchen

Bezeichnung

Messbereich

PID

Responsefaktor

Alarmwert

IMS

Ex-Warner

O₂-Sensor

Sonstige

Bemerkungen

Bemerkungen

Abbildung 1: Lagerdarstellung NRW, Stoffinformationen C-Gefahrstoff [Grafik: IdF NRW]

Abbildung 2: Lagedarstellung NRW, Stoffinformationen A-Gefahrstoff [Grafik: IdF NRW]

Alle Vorlagen des Lagedarstellungssystems NRW sind online auf den Seiten des IdF NRW [Feuerwehr-Lernkompasses](#) abrufbar vgl.: [10].

4.2 Wetterdaten

Wesentliche Faktoren bei der Ausbreitung von gas- und dampfförmigen Gefahrstoffen sind die im Einsatz vorherrschenden örtlichen Wetterbedingungen.

- **Windrichtung**

ist die Richtung aus der der Wind kommt.

Windpfeile auf Karten stellen die Zugrichtung von luftgetragenen Teilchen dar.



Abbildung 3: Windpfeil mit der Windrichtung "West" [Grafik: IdF NRW]

- **Windgeschwindigkeit**

Starker Wind kann luftgetragene Teilchen weiter forttragen, setzt aber auch gleichzeitig die Konzentration durch Verwirbelung mit Umgebungsluft herunter.

- Bewölkung**
 Durch den Grad der Bewölkung wird die Sonnenstrahlung auf die Erdoberfläche beeinflusst und somit die Thermik der Luft an der Einsatzstelle. Gefahrstoffe verbleiben bei bedecktem Himmel wesentlich länger im Bodenbereich.
- Nebel**
 Bei Nebel stellt sich eine besondere Wetterlage ein, die kaum eine Verwirbelung der Gefahrstoffe mit Luft zulässt. Die Konzentration der Gefahrstoffe im Bodenbereich bleibt über einen langen Zeitraum hoch.
- Niederschlag**
 Niederschläge können Gefahrstoffe aus der Luft waschen.
- Temperatur**
 Die Temperatur hat über die physikalischen Stoffeigenschaften indirekt Einwirkungen auf das Ausbreitungsverhalten.
- Tageszeit**
 Wegen der fehlenden Thermik werden Gefahrstoffe in der Nacht weniger schnell in höhere Luftschichten transportiert.
- Jahreszeit**
 Der Eintreffwinkel der Sonneneinstrahlung zu den verschiedenen Jahreszeiten hat ebenfalls Auswirkungen auf die Thermik der Luft an der Einsatzstelle.
- Sonstige**
 Inversionswetterlagen: Durch die Inversion wird die untere Luftschicht von der oberen abgeschirmt. Die Vermischung mit der darüber liegenden wärmeren Luftschicht wird weitgehend unterdrückt, sodass Schadstoffe nicht nach oben aufsteigen können. (z.B. Smog)

4.2.1 Lagedarstellung Wetter

Version 1.2 Stand: 09-2023		Ort der Messung: _____ <small>Adresse/Koordinaten</small>		Einsatzbeginn: _____ <small>Datum-Uhrzeitgruppe</small>	
Wetterdaten		Verantwortlich: _____ <small>Name/Dienstgrad</small>		_____ <small>Funkrufname</small>	
Witterung: <input type="checkbox"/> wolkenlos <input type="checkbox"/> bewölkt <input type="checkbox"/> Schauer <input type="checkbox"/> Regen <input type="checkbox"/> Gewitter <input type="checkbox"/> Schnee					
Wetterdaten: Zeit der Messung: <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>					
	Windgeschwindigkeit:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	km/h
	(alternativ Windstärke)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	bft
	Temperatur:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	°C
	Luftdruck:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	hPa
	Bewölkung:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	/ 8
<input type="checkbox"/> umlaufend	Niederschlag:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	mm/h
	Sicht:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	km
Prognose: 6 h <input type="text"/>					
12 h <input type="text"/>					
24 h <input type="text"/>					
Institut der Feuerwehr Nordrhein-Westfalen					

Abbildung 4: Lagedarstellung NRW, Wetterdaten [Grafik: IdF NRW]

4.3 Ausbreitungsprognose

In der Regel sind für Prognosen über die Ausbreitung von Schad- oder Geruchsstoffen Ausbreitungsrechnungen erforderlich. Als Ausbreitungsrechnung bezeichnet man Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Ausbreitung von Luftschadstoffen in der unteren Troposphäre. Ausbreitungsrechnungen sind vierdimensionale Prozesse in Raum und Zeit, die für die Anwendung bei ABC-Einsätzen der Feuerwehr stark vereinfacht werden.

Die wesentlichsten Einflussfaktoren auf die Schadstoffausbreitung stellen Wind und Schichtung der Erdatmosphäre dar. Letztere ist jedoch nur unter hohem Aufwand zu messen und wird daher in der Praxis über Tages- und Jahreszeit sowie Bewölkung und Windgeschwindigkeit abgeschätzt.

Als Ergebnis erhält man einen funktionalen Zusammenhang zwischen der Konzentration des Schadstoffs und der Entfernung zur Austrittsstelle. Da die Konzentration in der Regel nicht ausreicht, wird bei einigen Ausbreitungsmodellen auch die Dosis über einen bestimmten Zeitraum berücksichtigt.

Für diesen Zweck stehen der Feuerwehr unterschiedlichste Möglichkeiten zur Verfügung, von denen hier nur einige beispielhaft erläutert werden sollen. Eine Empfehlung des Instituts der Feuerwehr NRW ist damit nicht verbunden.

Topographische und infrastrukturelle Einflüsse werden bei den meisten Ausbreitungsmodellen nicht beachtet und erfordern eine gesonderte Beurteilung des Anwenders!

Merke

4.3.1 Erstmaßnahmen

Sind noch keine Informationen über Art und Menge des Stoffes und das Wetter bekannt, kann dennoch eine erste Prognose durch die Festlegung des Gefahrenbereichs nach FwDV 500 genutzt werden. In einem Bereich mit dem Radius von mind. 50 m wird abgesperrt und sich auf der dem Wind zugewandten Seite positioniert. Grobe Einschätzungen von Wind und Topographie können hinsichtlich der Form des Gefahrenbereichs bereits berücksichtigt werden.

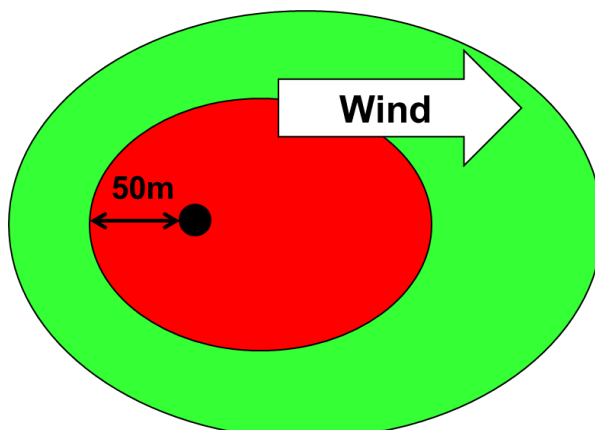


Abbildung 5: Erste Prognose: mind. 50 m Gefahrenbereich nach FwDV 500 angepasst an die Windbedingungen [Grafik: IdF NRW]

Um nun im weiteren Einsatzverlauf handlungsfähig zu bleiben, das Ausmaß der Gefährdung für die Einsatzkräfte, die Bevölkerung und die Umgebung ermitteln und die Absperrgrenzen und Schutzmaßnahmen anpassen zu können, geht man im ABC-Einsatz in Abhängigkeit von der Zeitschiene in weiteren 3 Stufen vor.

4.3.2 Abschätzen

Sind in der Anfangsphase nur wenige Ergebnisse über den Stoff bzw. die davon ausgehende Gefahr zu erhalten, muss man Ungenauigkeiten hinnehmen, indem man mit folgenden beispielhaften Methoden die Gefahr lediglich abschätzt.

4.3.2.1 Ausbreitungskeule

Eine Möglichkeit stellt die Anwendung einer bereits vorbereiteten Keule dar. Hier wurden die Parameter bereits im Vorfeld festgelegt und sind bei der Beurteilung der tatsächlichen Lage abzuwägen.

Bei der Prognose in Abbildung 6 wurden folgende Annahmen getroffen:

- eine größere Menge eines Produkts wird schlagartig freigesetzt
- Windgeschwindigkeit 4 m/s (14,4 km/h, Windstärke 3 Beaufort)
- labile Wetterlage
- Gesundheitsgefährdung (rote Zone bis 1200 m)
- Hustenreiz (gelbe Zone bis 2400 m)

Treffen diese Parameter nicht auf die vorgefundene Lage zu, wird die Ausbreitung des Gefahrstoffes deutlich von dieser Prognose abweichen!

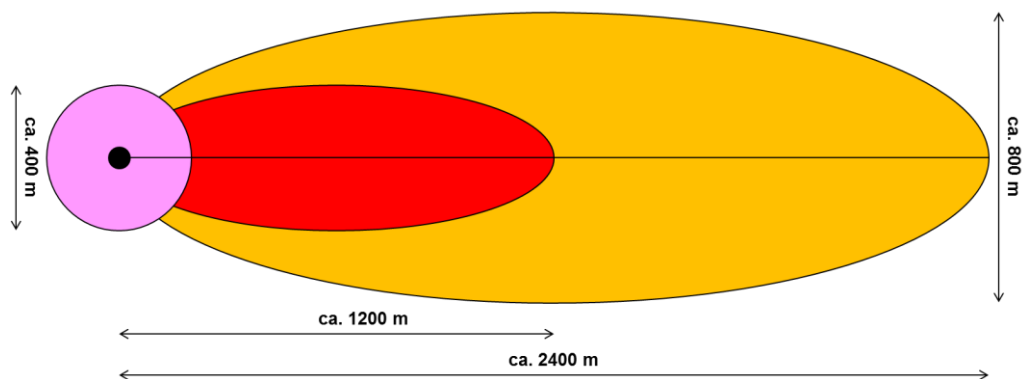


Abbildung 6: Ausbreitungsprognose in Anlehnung an die "Halpaapsche Keule" [Grafik: IdF NRW]

4.3.2.2 ERG-Ausbreitungsprognose

Das ERG (Emergency-Response-Guidebook) in der deutschen Übersetzung „Gefahrgut-Ersteinsatz“ [vgl.: [11]] bietet eine Ausbreitungsprognose für ausgewählte Stoffe.

Bei diesem System wird das Warnggebiet durch eine Ausbreitungskeule dargestellt, die anhand von Tabellenwerten für ausgesuchte Substanzen ermittelt

wird. Die Austrittsmenge wird dabei durch unterschiedliche Schadensszenarien, wie „kleine Leckage (z.B. Fässer) oder „große Leckage“ (viele Fässer, IBC, Tanks) bestimmt und bleibt somit relativ ungenau [siehe Abbildung 7]. Für einige Stoffe gibt es differenziertere Freisetzungsszenarien (z.B.: Eisenbahnkesselwagon, Tanksattelzug, großer Tank, ein Fass,).

Wetterbedingungen, die einen Einfluss auf die Ausbreitung haben, werden zum größten Teil vernachlässigt, lediglich die Tageszeit (teilweise auch Windgeschwindigkeiten) fließt als Parameter mit ein. Damit bleibt auch dieses System ungenau, liefert aber schnelle Informationen.

Beispiel: Aus einem Tank tritt eine größere Menge des Stoffes „Brom“ mit der UN-Nr.: 1744 aus. Uhrzeit 13:00 Uhr

Absperren, Warnen und Evakuieren

Produkt		Berechnen		Abschätzen					
UN-Nr.	Merkblatt	Grenzwerte zur Berechnung der Maßnahmedistanzen in MET		Maßnahmen bei kleiner Leckage (z.B. aus Fässern)			Maßnahmen bei großer Leckage (viele Fässer, IBC, Tanks)		
		PAC-2 ppm	Mass Factor	Allseits absperren	Gesundheitsschädliche Beeinträchtigung in Windrichtung beachten		Allseits absperren	Gesundheitsschädliche Beeinträchtigung in Windrichtung beachten	
					tags	nachts		tags	nachts
1744	154	0,24	1	60 m	800 m	2,3 km	300 m	3,7 km	7,5 km
1745	144			60 m	800 m	2,4 km	400 m	4,9 km	10,2 km
1746	144			30 m	100 m	200 m	30 m	300 m	500 m

Abbildung 7: Tabelle Warn und Evakuierungsdistanzen bei Gefahrgutfreisetzung [Gefahrgut-Ersteinsatz; vgl.: [11]]

Die daraus resultierende Ausbreitungsprognose wird folgendermaßen erzeugt: [siehe Abbildung 8]

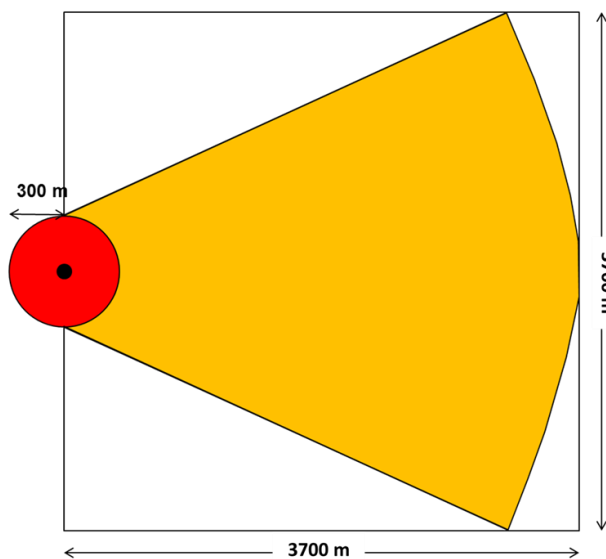


Abbildung 8: Ausbreitungsprognose für Austritt von Brom (größere Menge, tagsüber) [Grafik: IdF NRW]

Die Prognose kann auch direkt über das Internet erzeugt werden [siehe: Abbildung 9]. Dazu besteht die Möglichkeit die Verlinkung des Informationssystems IGS-fire ab Version 05-2022 zu nutzen. [siehe: Abbildung 10]



Abbildung 9: Screenshot IGS-fire “ERG-Ausbreitungsrechnung” [Screenshot: IdF NRW]



Abbildung 10: Screenshot IGS-fire 11-2022, Link zur ERG-Ausbreitungsrechnung [Screenshot: IdF NRW]

4.3.3 Eingrenzen

In diesem Schritt kann der Gefahrenbereich durch verschiedene Ausbreitungsmodelle im Wesentlichen durch vorherrschende Wetterbedingungen, die freigesetzte Masse und die stoffspezifischen toxikologischen Daten, wie ETW o.ä., berechnet werden. Dies setzt eine Kenntnis des Anwenders über die Handhabung, Vorgehensweise des Systems und Beurteilung der Ergebnisse voraus. Einige Modelle basieren dabei auf spezielle rechnergestützte Berechnungen, die die Aussagekraft erhöhen können.

4.3.3.1 Modell für Effekte mit toxischen Gasen „Gefahrgut-Ersteinsatz“

Das MET© Modell für Effekte mit toxischen Gasen und Dämpfen¹ im Handbuch „Gefahrgut-Ersteinsatz“ [vgl.: [11]] führt je nach Wetterlage und ggf. Brandereignis zu verschiedenen Ausbreitungsklassen, die jeweils Öffnungswinkel der Ausbreitungskeule von 90°, 60° oder 45° vorgeben.

Mit den Parametern der freigesetzten Menge und einem toxikologischen Beurteilungswert wird die Distanz der Ausbreitungskeule erzeugt, die dann mit Hilfe der Windrichtung auf eine Karte übertragen werden kann. Topographie und Rauigkeit des Geländes, sowie Umgebungstemperaturen werden hier nicht berücksichtigt. Deshalb liefert dieses System ein vertretbar schnelles und vertretbar ungenaues Ergebnis.

Beispiel: Aus einem Tank tritt der Stoffes „Brom“ mit der UN-Nr.: 1744 aus.

- Freigesetzte Menge: 2000 kg
- Uhrzeit: 13:00 Uhr (Januar)
- Lufttemperatur: 5°C
- AEGL-2 (4h): 0,13 ppm
- Wind: 4 m/s (14,4 km/h)
- Himmel mehr als 50% bedeckt.
- Mass Factor: 1

Mit Hilfe des Flussdiagramms können die Wetterbedingungen in das Modell einfließen und eine Ausbreitungsklasse erzeugt werden. [siehe: Abbildung 11]

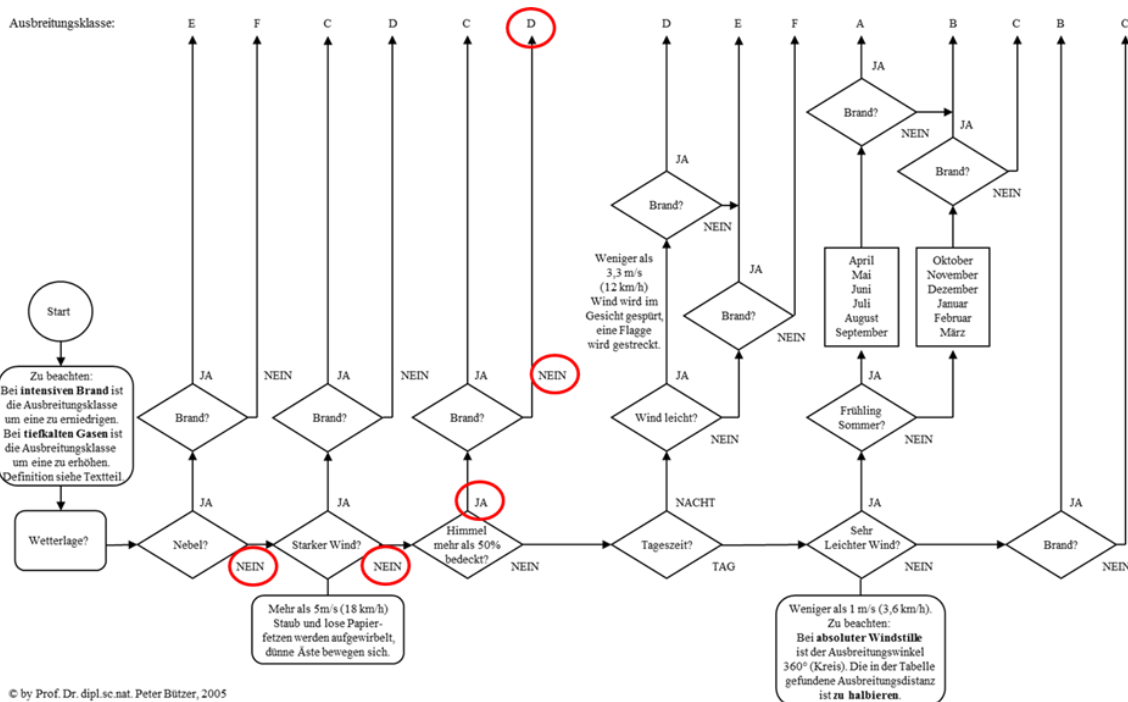


Abbildung 11: Zusammenstellung des Flussdiagramm MET aus "Gefahrgut-Ersteinsatz" vgl.: [11] zur Bestimmung der Ausbreitungsklasse [Grafik: IdF NRW]

¹ Copyright bei Prof. Dr. dipl. sc. nat. ETH Peter Bützer

Folgt man diesem Flussdiagramm bis in die Ausbreitungsklassen wird man automatisch auf die entsprechenden Ablesetabellen geleitet. Hier wird mit Hilfe der freigesetzten Menge und des toxikologischen Beurteilungswertes die Distanz der Ausbreitungskeule in Zugrichtung ermittelt.

Hinweis: Bei Flüssigkeiten mit „höheren“ Siedepunkten, kann sich in einer Stunde nur ein Teil der freigesetzten Menge dampfförmig über die Luft verbreiten. Dies wird mit dem sogenannten „Mass Factor“ vereinfacht berücksichtigt, der angibt, welcher Anteil für die Berechnung relevant ist.

Ausbreitungsklasse: D											Ausbreitungswinkel: 60°		Distanzen in Meter	
Personen im Freien														
Freige- setzte Menge Produkt in kg	Giftigkeit/Toxizität										PAC-2 ppm	AEGL-2 (4 h) ppm		
	4000	800	400	80	40	8	4	0,8	0,4	0,08				
	1000	200	100	20	10	2	1	0,2	0,1	0,02				
10	20	20	30	60	80	150	200	380	490	900				
20	20	30	40	70	100	190	260	490	650	1150				
50	30	40	50	100	140	280	370	700	900	1550				
100	30	50	70	140	190	370	490	900	1150	1950				
200	40	60	90	180	250	480	650	1150	1450	2450				
500	60	90	130	270	370	700	900	1600	2000	3350				
1000	80	120	170	360	500	900	1200	2050	2500	4250				
2000	100	160	230	490	700	1200	1500	2600	3250	5400				
5000	140	240	340	750	1000	1650	2100	3550	4400	7300				

Abbildung 12: Berechnungstabelle "Personen im Freien" für den Stoff Brom bei einer Freisetzung von 2000 kg mit einem Ausbreitungswinkel von 60° und einer Distanz von 3250 m [Gefahrgut-Ersteinsatz; vgl.: [11]]

4.3.3.2 Modell für Effekte mit toxischen Gasen „Mempex Keudel av-Technik GmbH“

Das "MET" steht für Modell für Effekte mit Toxischen Gasen² und ist in diesem Fall nicht nur ein Ausbreitungsmodell für giftige Gase, sondern bietet auch Modellrechnungen für Gefährdungsdistanzen brennbarer Substanzen.

Das Ziel des Modells ist es, eine realistische Gefahrenabschätzung zu ermöglichen. Dabei kommt es mit nur wenigen Eingaben zu Freisetzung und Wetter aus. Es bietet die Möglichkeit, Wetterdaten direkt aus einer angeschlossenen Wetterstation abzurufen. Die erforderlichen Stoffdaten werden automatisch aus der Datenbank von MEMPLEX® übernommen.

MET liefert Angaben zu folgenden Gefährdungen:

- Wirkung toxischer Gase auf Personen in Häusern und im Freien.
- Überdruck einer Explosion bei einer ausgebreiteten Gaswolke.

² Copyright bei Prof. Dr. dipl. sc. nat. ETH Peter Bützer

- Überdruck bei einer Tankexplosion.
- Trümmerflug primärer Tankteile bei einer Tankexplosion.
- Hitzestrahlung eines Feuerballs bei einem BLEVE

Die berechneten Werte können als Text mit Grafik ausgedruckt werden, parallel dazu können die Gefährdungszonen direkt auf digitalen Karten des GIS [GeoinformationsSystem] ausgegeben werden. [vgl.: [12]]

Stoffname: **Brom oder Brom, Lösung** UN-Nr: 1744 CAS-Nr: 7726-95-6 EU-Index-Nr: 035-001-00-5

Feuerwehr | Rettungsdienst | **MET (Ausbreitung)** | SISy | Incomp | Biomodul

Eingabe Freisetzung | Eingabe Wetter

Wind: 4 m/s | Blätter und dünne Zweige sind ständig in Bewegung, Wind streckt Wimpel | 270 ° West

Kein Regen | Kein Nebel | Kein Bodennebel | Tag | Winterhalbjahr

Mehr als 50% bedeckter Himmel | Lufttemperatur: 5 °C | Luftdruck: 1013 hPa | Rel. Feuchte: 20 %

Die gefährdete Zone im Freien kann mit durchschnittlicher Geruchsempfindlichkeit nicht immer sicher erkannt werden

Aufschlagpunkt	0 m	0	800	1600	2400	3200	4000 m
Sektoruell							
Bereiche	3330 m	Geruch	<input checked="" type="checkbox"/>	[Bar chart showing distance]			
	150 m	Explosion	<input checked="" type="checkbox"/>	[Bar chart showing distance]			
Gift	660 m	Im Haus	2,8 min <input checked="" type="checkbox"/>	[Bar chart showing distance]			
	1990 m	Im Freien	8,2 min <input checked="" type="checkbox"/>	[Bar chart showing distance]			
Wolkenexplosion	480 m	Ohr	<input type="checkbox"/>	[Bar chart showing distance]			
	1480 m	Glasbruch	<input type="checkbox"/>	[Bar chart showing distance]			
Tankexplosion	0 m	Ohr	<input type="checkbox"/>	[Bar chart showing distance]			
	0 m	Glasbruch	<input type="checkbox"/>	[Bar chart showing distance]			
	0 m	Fragmente	<input type="checkbox"/>	[Bar chart showing distance]			
BLEVE	k.A. m	1. Grad	<input type="checkbox"/>	[Bar chart showing distance]			
	k.A. m	2. Grad	<input type="checkbox"/>	[Bar chart showing distance]			
Radial	k.A. m	Holz	<input type="checkbox"/>	[Bar chart showing distance]			

Berechnen | Ausbreitung | MET-Szenario | Wetterstation aus | Wetterdaten Abfrage | Drucken

MET 2015 • Autoren: Prof. Dr. Peter Bützer, Dr. Ivo Silvestri • Copyright Keudel av-Technik GmbH

Abbildung 13: Screenshot Memplex® MET [vgl.: [12]] für Brom mit den Voraussetzungen aus 4.3.3.1 [Screenshot: IdF NRW]

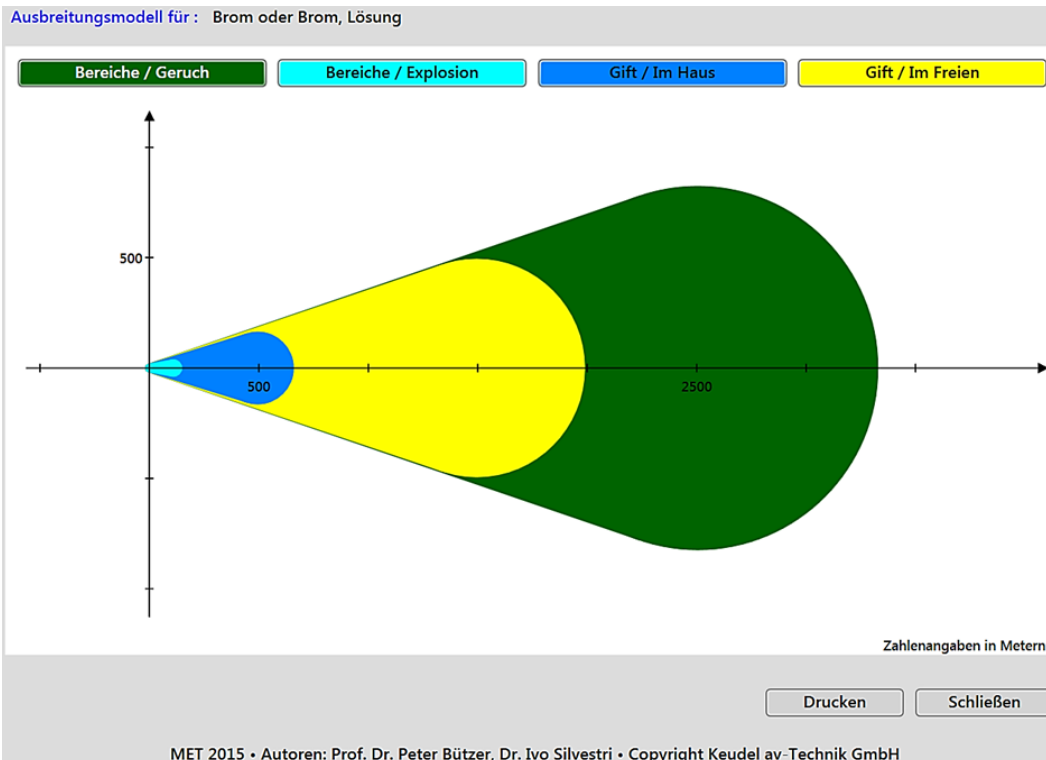


Abbildung 14: Ausbreitungsprognose MET aus Memplex® 2015 für oben genannte Voraussetzungen [Screenshot: IdF NRW]

4.3.3.3 VOMATEC® SSA Modellberechnung zur Ausbreitung von chemischen Schadstoffen

Die Software berechnet die ungefähre Ausbreitung chemischer Schadstoffe. Eine genauere Berechnung ist nicht vorgesehen, da hierfür eine Vielzahl zusätzlicher Umgebungsparameter erfasst werden müssten. Hierzu zählen unter anderem Erhebungen, Gebäude, unterschiedliche Luftströmungen in verschiedenen Höhen und dergleichen. Diese Parameter stehen in der Regel nicht sofort zur Verfügung. Daher beschränkt sich diese Software auf eine vereinfachte Berechnung auf Basis der üblicherweise zur Verfügung stehenden Umgebungs- und Stoffdaten. [vgl.: [13]]

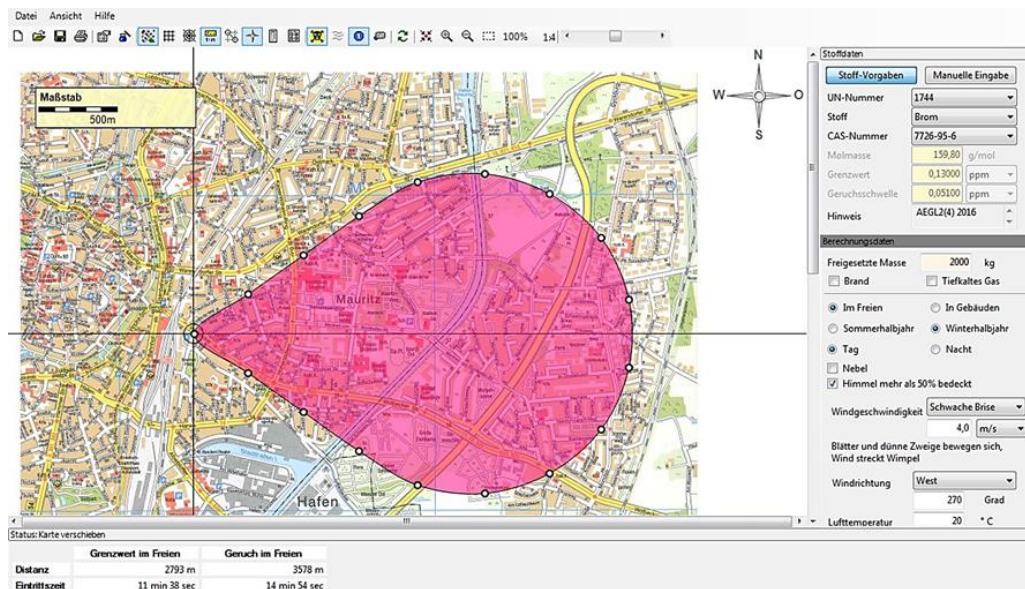


Abbildung 15: Ausbreitungsprognose von VOMATEC SSA für Brom mit einer Distanz von ca. 2800m unter den Voraussetzungen aus 4.3.3.1 [Screenshot: IdF NRW]

4.3.3.4 Weitere Ausbreitungsmodelle

DCMR/NIBRA-Werkblad: Ausbreitungsmodell für Gase und ausdampfende Flüssigkeiten in Abhängigkeit von Wetterlage, Windgeschwindigkeit, Tageszeit, schlagartiger oder kontinuierlicher Quellstärke und toxikologischem Beurteilungswert. Mit Hilfe eines Flussdiagramms, das die genannten Parameter einfließen lässt, wird der Anwender auf bestimmte Ausbreitungskeulen geleitet, die in Form von Overlays auf Top50 Karten angewendet werden können.

Weitere Ausbreitungsmodelle, die gleiche Zwecke erfüllen, sind vorhanden, sollen hier aber aus Gründe der Übersichtlichkeit nicht weiter aufgeführt werden.

4.3.4 Berechnen

Für die Ermittlung genauerer Ergebnisse, aber mit zum Teil deutlich mehr Zeitaufwand und teilweise unter Einbeziehung von Fachberatern, stehen dem Einsatzleiter weitere und detaillierte Modelle für die Lagebeurteilung zur Verfügung. Diese Ausbreitungsmodelle können allerdings nur dann genaue Ergebnisse liefern, wenn die Parameter durch exakte Messungen bestimmt werden und bereits vorhandene Messergebnisse berücksichtigt werden.

Zu diesem Zweck werden unterschiedlichste Computerprogramme angeboten, die Konzentration an bestimmten Orten, mögliche Windfelder, Verwirbelungen, Topographie, Rauigkeit des Geländes etc. zur Berechnung verwenden.

Beispiele für die Ausbreitungsmodelle:

- **LASAIR** (Lagrange-Simulation der Ausbreitung und Inhalation von Radionukliden)
Das Programmsystem LASAIR berechnet die Ausbreitung von radioaktiven Gasen und Partikeln in der planetarischen Grenzschicht, die durch eine unkonventionelle Spreng- und Brandvorrichtung (USBV) in die Luft freigesetzt werden.
- **RODOS** (Real-time Online Decision Support System for Nuclear Emergency Management)
Das RODOS Modell wird eingesetzt, um mit Hilfe der meteorologischen Datenfelder des Cosmo-EU Modells kleinräumige Ausbreitungsrechnungen für die Umgebung von kerntechnischen Anlagen in Deutschland und dem grenznahen Ausland zu liefern.
- **ALOHA** (Areal Locations of Hazardous Atmospheres)
Diese Software wird von der EPA (Environmental Protection Agency) Office of Emergency Management weiterentwickelt und angepasst. Sie steht dem Nutzer kostenlos zur Verfügung. Die Software steht nur in englischer Sprache zur Verfügung. ALOHA ermöglicht dem Anwender, Daten über eine tatsächliche oder potentielle chemische Freisetzung einzugeben, um dann Gefahrzonen für verschiedene Arten von Gefahren zu generieren. ALOHA kann Prognosen für giftige Gaswolken, brennbare Gaswolken, BLEVEs, Jet-Brände und Wolkenexplosionen erzeugen. Die Zonen werden auf einem Gitter in ALOHA angezeigt und können auch auf Karten in z.B. Google Earth und Google Maps dargestellt werden.
- **COMPAS**
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. In einer Datenbank werden alle Fakten zu den relevanten Stoffen, gefährlichen Anlagen und potentiell gefährdeten Objekten gespeichert.

COMPAS nutzt Konzentrationsmessungen, um die Quellstärke, die vom Freisetzungsmodell berechnet wurde, zu korrigieren.

- **SAFER**

Software für die Simulation der Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre. Die im SAFER Homeland Responder integrierte Softwarelösung wurde für den Einsatz mit einer Funkdetektorserie entwickelt und misst und analysiert Schwaden freigesetzter Gefahrstoffe. Dieses System lässt Echtzeitüberwachung der Luftzusammensetzung, chemische Messdaten und GPS-Koordinaten in Algorithmen einfließen, um die Auswirkungen von Gaswolken über komplexes Gelände zu verfolgen.

- **SAMS**

SAMS ist ein PC-gestütztes System zur Simulation der Ausbreitung von Luftschadstoffen nach Eintritt eines Schadensereignisses in stationären Anlagen oder beim Transport. Es berechnet unter Berücksichtigung der jeweiligen meteorologischen Verhältnisse die luftseitigen Konzentrationen des freigesetzten Stoffes in einem Bereich von ca. 30 km x 30 km. Als Rechenergebnis werden auf einer Umgebungskarte Isolinien der Konzentration dargestellt.

- **NAR (DWD)**

Bei Chemieunfällen oder Großbränden wird das Modellsystem NAR (Notfall-Ausbreitungsrechnung) des Deutschen Wetterdienstes (DWD) eingesetzt. Dabei werden die Daten der numerischen Wettervorhersagemodelle, z.B. des Cosmo-EU benutzt und zunächst kleinräumige Windfelder mit einer hohen räumlichen Auflösung erzeugt. Mit diesen hochaufgelösten Daten werden anschließend Ausbreitungsprognosen für Rauch- bzw. Abgasfahnen durchgeführt.

Für ca. 300 Stoffe

Bei Schadensfällen mit einer Ausbreitung von gefährlichen Schadstoffen kann bei den Meteorologen eine speziell berechnete Ausbreitungskarte angefordert werden. Die Karte zeigt die Ausbreitungsfahne in Abhängigkeit von der Windrichtung und dem ausgetretenen Schadstoff. Unterschiedliche Farbintensitäten zeigen die Gefahrenklasse an. Im Bedarfsfall können bei neuem Erkenntnisstand weitere Berechnungen erstellt werden.



Abbildung 16: Ausbreitungsprognose NAR des DWD für den Stoff Brom für den Zeitraum von 30 min, 90 min, und 180 min. [Bild: IdF NRW]

Hinweis

Durch das Programm **FeWis** (Feuerwehr-Wetterinformationssystem) steht den Leitstellen ein direkter Link zum Deutschen Wetterdienst (DWD) zur Verfügung, um die Prognosen dort anzufordern.

4.4 Einsatz der Messeinheiten planen

Neben der Ausbreitungsprognose und einer ersten theoretischen Abschätzung ist der Einsatz von einem oder mehreren Messtrupps erforderlich, um ein möglichst realistisches Bild der Gefahrenlage zu erhalten.

Die erste Warnmeldung ist unverzüglich nach Erstellung der Ausbreitungsprognose herauszugeben. Das Warten auf die Ergebnisse der Messtrupps würde einen zu hohen Zeitverlust darstellen. Messergebnisse können in der Regel nur dazu dienen, das betroffene Gebiet genauer festzulegen oder eine bereits durchgeführte Warnung auszuweiten, aufrecht zu erhalten oder zum Abschluss eine Entwarnung geben zu können.

MERKE

Deshalb gilt: **Erst konservativ abschätzen**

dann warnen,

dann nachweisen!

4.4.1 Messtaktik

Der Einsatz der Messtrupps erfolgt grundsätzlich nachfolgenden drei taktischen Varianten:

4.4.1.1 Grenzmessung

Der Messtrupp geht weitgehend quer zur Hauptwindrichtung auf den Gefährdungsbereich zu und führt in vorgegebenen Abständen seine Messungen durch. Nach Erreichen einer Schwellwertgrenze (Grenzkonzentration) kehrt der Messtrupp um und setzt auf einem möglichst parallelen Weg den Spürauftrag fort.

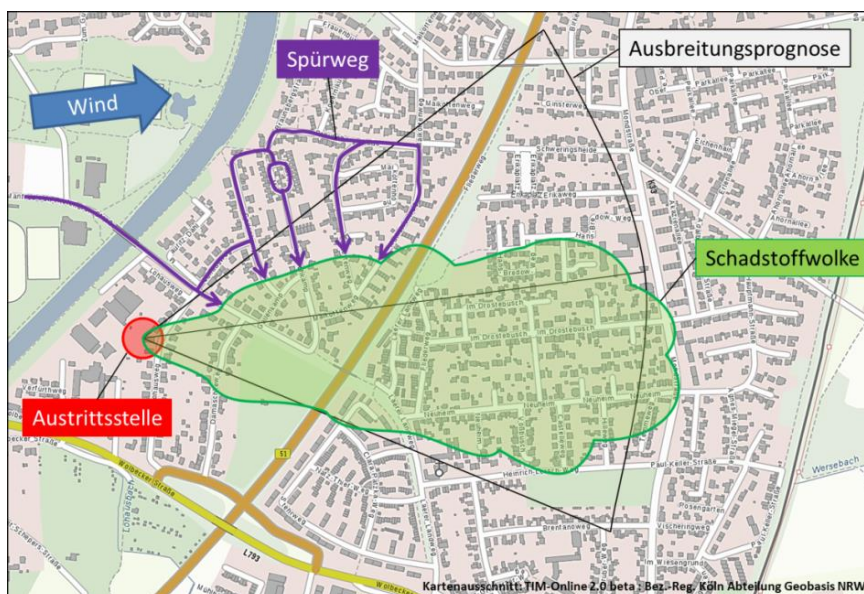


Abbildung 17: Grenzmessung nach vfdB-RL 10-05 [Grafik: IdF NRW]

4.4.1.2 Eintauchen

Der Messtrupp geht weitgehend quer zur Hauptwindrichtung auf den Gefährdungsbereich zu und führt unter geeigneter persönlicher Schutzausrüstung in vorgegebenen Abständen seine Messungen durch. Der Messtrupp kehrt um, wenn neben der definierten Grenzkonzentration eine zweite Umkehrkonzentration (festgelegte Konzentration, bei der der Messtrupp umkehren soll) erreicht bzw. überschritten wird.

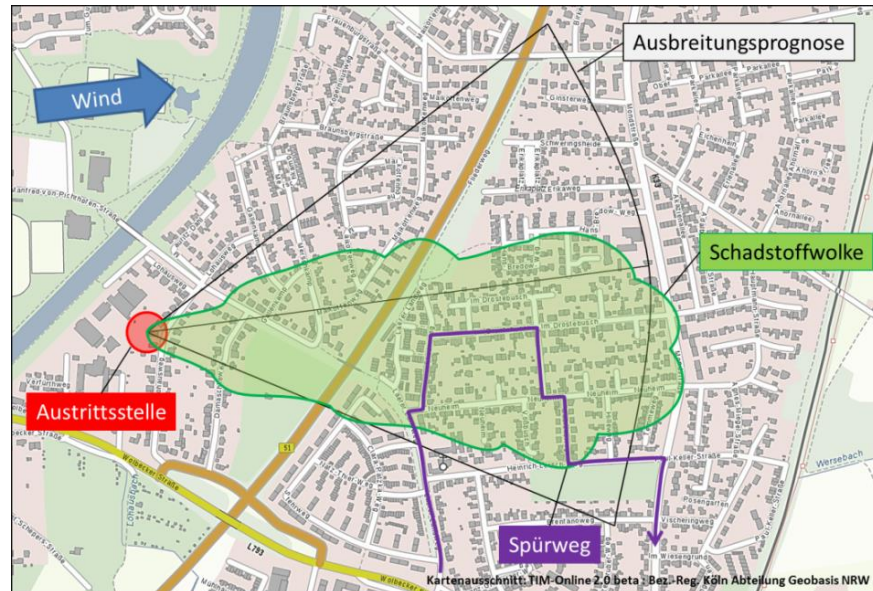


Abbildung 18: Eintauchen nach vfdb-RL 10-05 [Grafik: IdF NRW]

4.4.1.3 Kreuzen bzw. Durchstoßen

Wird diese Umkehrkonzentration aus dem Eintauchen nicht erreicht, durchkreuzt der Trupp den Gefährdungsbereich quer zur Hauptwindrichtung und führt unter geeigneter persönlicher Schutzausrüstung in vorgegebenen Abständen seine Messungen durch.

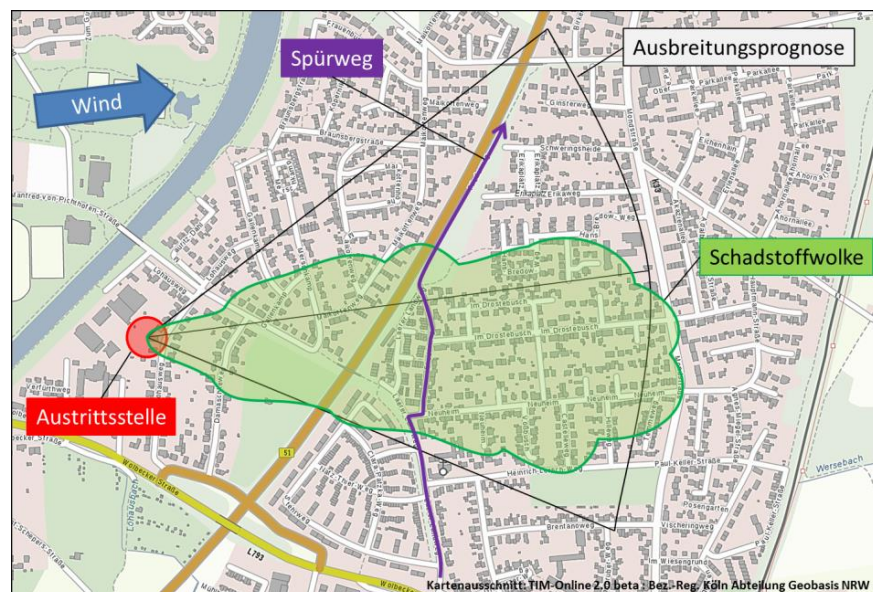


Abbildung 19: Kreuzen bzw. Durchstoßen nach vfdb-RL 10-05 [Grafik: IdF NRW]

4.4.1.4 Messsektoren festlegen

Bei mehreren Messfahrzeugen und/oder Messtrupps ist es sinnvoll, Messsektoren für die jeweiligen Einheiten zu planen. Diese können durch markante Landschaftspunkte oder -marken, wie Bundesstraßen, Flüsse/Kanäle, bebaute Wohngebiete o.ä. begrenzt oder definiert werden. Dies bietet den Einheiten leichte Orientierungsmarken beim Auffinden der Messpunkte.

Auch in der EAL-Messen lassen sich mit Hilfe dieser Sektoren Entscheidungen für neue Messpunkte und deren Zuordnung zu Messeinheiten leichter planen.

4.4.2 Messverfahren auswählen

Wenn der Stoff bekannt ist, kann **während** der Erstellung der Ausbreitungsprognosen und Messtaktik bereits die Auswahl der Nachweisgeräte erfolgen. Hierbei sind folgende Geräteparameter für die Nachweistaktik von Bedeutung:

- Nachweismöglichkeiten und -grenzen des Gerätes
- Querempfindlichkeit
- geforderte Messgenauigkeit
- Schnelligkeit der Verfügbarkeit des Messergebnisses

Die genauen Möglichkeiten der Geräte entnehmen Sie bitte der LU B3-351 „Mess- und Nachweisgeräte im ABC-Einsatz“.

Ist die Auswahl des Gerätes erfolgt, sind folgende Randbedingungen des Handlungsablaufs festzulegen:

- Festlegung des Nachweisablaufes und Festlegung der nachvollziehbaren standardisierten Messung (kontinuierlich, stichprobenartig, Hubanzahl, usw.), um eine gleichbleibende Qualität des Nachweises für die Bewertung zu erhalten
- Ort der Messung
- Häufigkeit der Messungen (z.B. wie oft wird wo ein Gefahrstoffnachweis durchgeführt, um ein repräsentatives Bild der Lage zu erhalten)

Will man Tendenzen erkennen, so ist die Festlegung der Zeitabstände der Gefahrstoffnachweise ebenso wichtig für die Beurteilung wie der zeitliche Abstand des Nachweises zum Freisetzungsbeginn. Das Vorhandensein eines Schadstoffes in einem Gebiet ist systematisch zu ermitteln.

4.4.3 Messaufträge und Dokumentation

Die oben festgelegten Randbedingungen gehen in den Einsatzbefehl für den Messtrupp ein. Beispiel:

- Lage:
 - Einsatzort
 - beteiligte Gefahrstoffe
 - Gefahrenbereich
 - Ausbreitungsprognose
- Auftrag:
 - Messektor
 - durchzuführende Messung
 - einzusetzende Messgeräte
 - Festlegung der Messpunkte oder -strecke
- Durchführung:
 - allgemeine Verfahrensweisen
 - Verhalten im Gefahrenfall
 - Lage des Dekon-Platzes
- Versorgung:
 - Verbrauchsmaterial
 - Verpflegung/Kraftstoff
- Führung und Kommunikation

Die Ergebnisse des Nachweises werden vom Messtrupp dokumentiert und der EAL-Messen übergeben. Um eine einheitliche Darstellung der Einsatzbefehle und der Dokumentation zu gewährleisten, werden die Messprotokolle NRW in der jeweils aktuellsten Version benutzt.


Version: 2.0 Datum: 21.11.2013	Messprotokoll für Messungen bei Bränden und Schadstofffreisetzungen		Datum: EAL-Messen Gesendet: : : Uhr Empfangen: : : Uhr	Datum: Messfahrzeug/-trupp Empfangen: : : Uhr Gesendet: : : Uhr		
Allgemeine Angaben zum Messpunkt						
A_(nton)	B_(erta)	C_(äsar)	D_(ora)	E_(mit)	F_(riedrich)	G_(ustav)
Messauftragsnummer	Messeinheit	Messort/-punkt: Messstrecke: Grenzwertmessung: Meldung wenn Grenzwert erreicht!	Eigenschutz 0: Keiner 1: Filter 2: PA 3: Form 2 4: Gebläsefilteranzug 5: CSA 6: Dosimetrie	Probenahme 0: Keine 1: Luft 2: Boden 3: Wasser 4: Wisch 5: Vegetation 6: Stofprobe	Geruch 0: Nein 1: Schwach 2: Stark	Niederschlag Gefahrstoff 0: Nein 1: Rauch 2: Ruß 3: Feststoff/Partikel
Messergebnisse						
H_(einrich)	I_(da)	J_(ulius)	K_(aufmann)	L_(udwig)	M_(antha)	N_(ardpo)
Laufende Messung (Reihenfolge)	Messgerät/ Schlüsselnummer (siehe Kodiertabelle)	Messgeräteeinsatz 0: Abgesetzt 1: vom Messfahrzeug aus	Uhrzeit Eine Uhrzeit für alle Messungen in diesem Auftrag	Messbereich 0: innerhalb 1: kleiner/unterhalb 2: größer/oberhalb	Messwert oder Gerät defekt	Einheit 0: nSv/(h) (nano) 1: µSv/(h) (mikro) 2: mSv/(h) (milli) 3: IPS 4: ppm 5: ppb 6: Vol.-% 7: SKT 8: µg/m³ 9: ...
1						
2						
3						
4						
Zusatzinformationen / Information aus der Bevölkerung / Zusätzliche Beobachtungen:						

Abbildung 20: Messprotokoll NRW Version 2.0 (2013-11) [Grafik: IdF NRW]

Die jeweilige aktuelle Kodierung für die Spalte I(da) ist durch die Kodiertabelle Version 2.0 (Nov. 2018) zu entnehmen.

Diese Tabelle wird nicht im Internet veröffentlicht. Sie ist für alle Feuerwehren in NRW unter der Email-Adresse: abc-schutzkonzept-nrw@idf.nrw.de zu bekommen.



4.5 Darstellung von Messergebnissen

Beim Austritt größerer Mengen von Schadstoffen ist häufig mit einer Schadstoffwolke zu rechnen, die – je nach Ort des Schadensereignisses – auch die Grenzen von Gebietskörperschaften überschreitet. Daraus resultiert die zwingende Notwendigkeit, die Lagedarstellung landesweit zu vereinheitlichen, um den Informationsaustausch zwischen den Gebietskörperschaften zu vereinfachen.

Ob dabei die Lagedarstellung direkt in elektronischer Form erfolgt oder aber zunächst manuell (= „handschriftlich“) auf Kartenmaterial, um anschließend digitalisiert (= „abfotografiert“) zu werden, ist von nachrangiger Bedeutung. Sicherergestellt werden muss jedoch, dass die Lagedarstellung zeitnah von der Einsatzabschnittsleitung (EAL) „Messen“ an die Einsatzleitung übermittelt wird. Dies wird i. d. R. in elektronischer Form erfolgen.

Folgende Schritte sind exemplarisch notwendig, um eine aktuelle Lagedarstellung über das tatsächliche Ausmaß der Ausbreitung luftgetragener Schadstoffe zu erhalten:

- möglichst frühe Prognose zur Erstabschätzung der Ausbreitung um den Ersteinsatz der Messeinheiten planen zu können [siehe 4.4]
- Eintragen der bewerteten Messpunkte in das Kartenmaterial
- Regelmäßiges lageabhängiges Sichern (z.B. alle 30 Minuten) der aktuellen Darstellung der Ergebnisse durch Abspeichern bzw. Fotografieren der Lagedarstellung;
- Regelmäßige lageabhängige Weitergabe (z.B. alle 30 Minuten) der aktuellen Darstellung der Ergebnisse an die Einsatzleitung.

Die Bewertung der Messergebnisse wird durch die festgelegte Farbgebung der Messpunkte in der Lagekarte wiedergegeben:

- schwarz: Schadensort;
- weiß: Vorgeplanter Messpunkt (Messauftrag ist / wird erteilt);
- grün: Messung durchgeführt (negativ – kein Geruch und / oder Niederschlag wahrnehmbar);
- blau: Messung durchgeführt (negativ – Geruch und / oder Niederschlag wahrnehmbar);
- gelb: Messung durchgeführt (positiv – unterhalb des Beurteilungswertes);
- rot: Messung durchgeführt (positiv – oberhalb des Beurteilungswertes).

Um die Messpunkte zweifelsfrei zu kennzeichnen, ist es sinnvoll, eine Nummerierung oder Kodierung in die Kreise einzutragen. Dabei ist es zwingend erforderlich, dass diese Benennung eindeutig erfolgt.

Um den chronologischen Ablauf der Messungen darzustellen, kann z.B. die Ziffernfolge 1, 2, 3, 4 usw. genutzt werden.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Kodierung der Messsektoren in die Nummerierung aufzunehmen.

Beispiel für drei Messsektoren:

1.1, 2.1, 3.1, dann 1.2, 2.2, 3.2 ...

oder A1, B1, C1, dann A2, B2, C2

Das Ergebnis der Erstabschätzung ist der Einsatzleitung und weiteren beteiligten Behörden (z.B. Polizei, Krisenstäbe/Einsatzleitungen betroffener und/oder benachbarter Gebietskörperschaften sowie Aufsichtsbehörden) unverzüglich bekannt zu geben. Sollte sich die Ausbreitung der Schadstoffe durch Änderung der Windrichtung oder basierend auf den Erkundungsergebnissen der Messeinheiten in der Realität anders darstellen, ist die aktualisierte Darstellung einschließlich einer Bewertung ebenfalls den genannten Behörden unverzüglich bekannt zu geben.

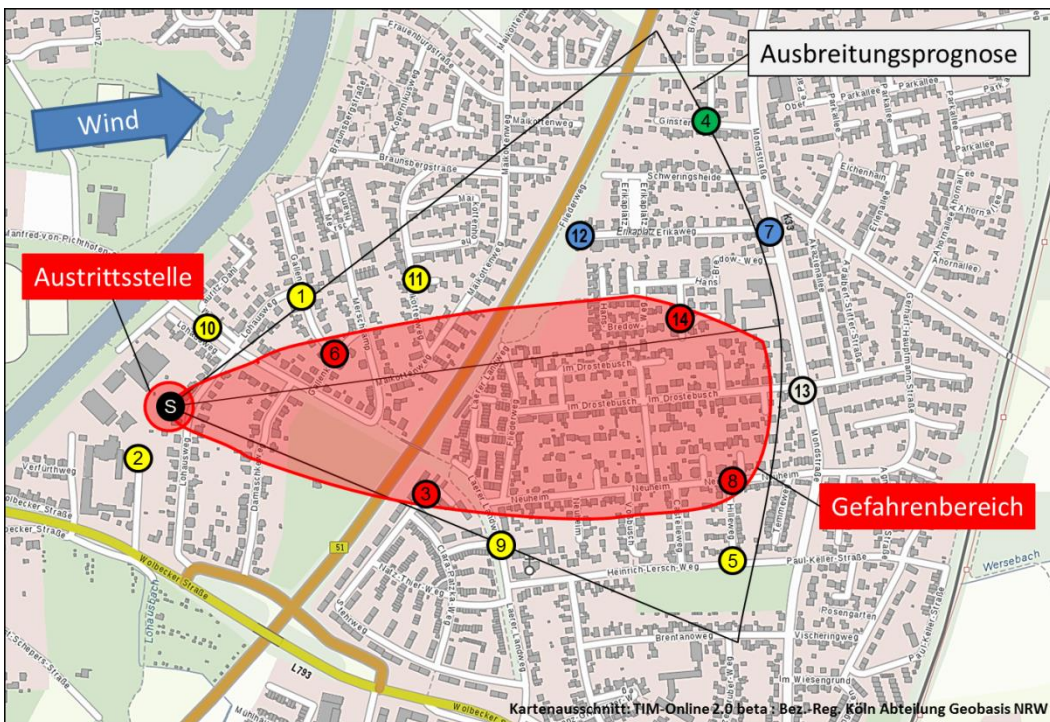


Abbildung 21: Grafische Darstellung von Messergebnissen und prognostiziertem Gefahrenbereich für die Einsatzleitung oder zust. Behörden [Grafik: IdF NRW]

4.5.1 Umweltinformationsgesetz

Daten (z. B. Messwerte, Beurteilungsrichtwerte), die bei einem Einsatz von der Feuerwehr erhoben werden, sind auch im Interesse Dritter (z.B. Presse). Dabei wird auch versucht, kurzfristig an Daten zu gelangen und diese selbst zu kommentieren. Diese Vorgehensweise birgt die Gefahr, dass die Daten falsch interpretiert werden.

Als Entscheidungshilfe kann folgendes gesagt werden:

Ein Anspruch an sofortige Herausgabe von Daten besteht auf Grundlage der Umweltinformationsgesetzte nicht. MERKE

Einzelne Messwerte müssen nicht herausgegeben werden, sondern nur ausgewertete Daten.

z.B. „Eine Gefährdung durch Atemgifte lag im betrachteten Gebiet zu folgenden Zeiten vor, da der ETW des Stoffes X überschritten war.“

Eine solche Aussage ist erst nach intensiver Datenauswertung möglich, niemals kurzfristig. [vgl.: [14]]

4.6 Lagevortrag

Auszug aus der vfdb-RL 10-05:

Der Verantwortliche für die Auswertung der Nachweisergebnisse, in der Regel der EAL-Messen, muss dem EL die Größenordnung der ermittelten Werte im Verhältnis zum ETW oder Schwellenwert erläutern, den Bezug zum Ziel des Nachweisauftrages darstellen sowie Grenzen der Bewertung aufzeigen.

Die Feuerwehranalytik stellt eine relativ grobe Nachweismethode dar, die keine genauen Werte erfordert, sondern Größenordnungen als Nachweisergebnisse abfordert. (Screening-Methode, d.h. man verlangt nicht die Ermittlung eines Punktwertes)

5 Probenahme

Die Probenahme im Gefahrenfall dient dazu, einen schnellen Nachweis über An- bzw. Abwesenheit eines Gefahrstoffes liefern zu können und zu dessen Identifizierung beizutragen. Es handelt sich in der Regel um einen qualitativen Nachweis. [vgl.:[5](#)]

Eine Norm für die Probenahme im Gefahrenfall gibt es zum jetzigen Zeitpunkt nicht. Für den Feuerwehrbereich finden die vfdb-Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung Anwendung. Dabei müssen nicht die in der Laboranalytik festgelegten Handlungsanweisungen für repräsentative Stichproben angewendet werden, sondern die in der Feuerwehrausbildung hierzu erlernten Grundsätze der Feuerwehrynachweismethodik. Wichtig ist, die genaue Art und Vorgehensweise bei der Probenahme und Probenaufbereitung zu dokumentieren, d.h. wo, wie oft, in welcher Höhe gemessen wurde und welche Besonderheiten wie Luftfeuchtigkeit, Wind usw. vor Ort vorlagen oder wie die genommene Probe aufzubereiten ist. Die Ergebnisse des Nachweises werden vom Messtrupp dokumentiert und dem Einsatzabschnittsleiter-Messen übergeben

Je nach Ausbringungsart kann eine sichtbare bzw. nicht sichtbare Kontamination vorliegen. Standardisierung der Probenahme, Probenaufbereitung sowie der Nachweise und der Geräteparameter sind sehr wichtig, **da sonst die erzeugten Fehler um Potenzen größer sein können, als die der Nachweismethode, d.h. des eingesetzten Gerätes.**

Für eine sichere und qualitativ gute Probenahme benötigen die durchführenden Personen passendes Material, Schulung und Übung.

Die weitere Bearbeitung der Proben erfolgt durch das Untersuchungslabor oder die alarmierte ATF CBRN (Analytische Task Force). Die nachfolgende Bewertung der Ergebnisse geschieht in Abstimmung mit qualifizierten Fachkräften vor Ort und dem Untersuchungslabor.

5.1 ATF CBRN

Bei der Freisetzung von hochgefährlichen gesundheitsgefährdenden Stoffen oder Agenzien, bei denen besondere Kenntnisse und besondere Vorgehensweisen in Bezug auf Lagebewertung, Einsatzstrategie und Personenschutz bei der Probenahme erforderlich sind, hält der Bund Spezialkräfte vor, die im Bedarfsfall von der Einsatzleitung zur Unterstützung angefordert werden können.

Mit der Analytischen Task Force (ATF) sind bundesweit solche Spezialeinheiten verfügbar. Die Länder haben die Meldewege zur Anforderung der ATF individuell festgelegt. Detailinformationen hierzu bietet die Broschüre „Die Analytische Task Force (ATF) – Informationen zu Leistungsspektrum und Anforderungswegen“, die auf der Internetseite des BBK abgerufen werden kann.

Der Schwerpunkt der ATF liegt auf der allgemeinen Beratung in CBRN-Lagen und dem Nachweis von chemischen Substanzen (Bezeichnung: ATF C-RN). Die Ausweitung der Fähigkeiten der ATF auf spezielle Beratung und die Schnellanalytik in biologischen Lagen (Bezeichnung ATF B) ist im Aufbau.

Die ATF bietet der Einsatzleitung vor Ort folgende Leistungen:

- Beratung der Einsatzleitung bei CBRN-Lagen
- Detektion, Identifikation und Lokalisation chemischer Substanzen
- Qualifizierte Probenahme bzw. fachliche Begleitung der Probenahme
- (Präventive) Überwachung großer Areale mittels Fernerkundung
- Situationsbewertung und Prognose der Lageentwicklung
- Empfehlung geeigneter Einsatzmaßnahmen

Die ATF C-RN verfügt über umfangreiche mobile Messtechnik zur Analytik fester, flüssiger und gasförmiger Substanzproben. Sie kann mit den Proben weiterführende Analytik an der Einsatzstelle durchführen.

Sofern die Probenahme vor Eintreffen der ATF erfolgt, wird die Kontaktaufnahme mit der ATF vor Beginn der Probenahme empfohlen. So kann die Art der Probenahme bestmöglich auf die messtechnischen Fähigkeiten der ATF abgestimmt werden. [vgl.: [6]]

5.2 Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW

Das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV NRW) unterhält einen rund um die Uhr einsatzbereiten Sondereinsatzdienst. Der Sondereinsatz hat die Aufgabe, die zuständigen Behörden in Nordrhein-Westfalen bei Schadens- und Gefahrenfällen mit Sachverstand und Messtechnik zu unterstützen. Die Sachverständigen des LANUV ermitteln Art, Menge, Herkunft,

Ausbreitung und Auswirkung der gefährdenden Immissionen und geben wichtige Entscheidungshilfen bei den einzuleitenden Maßnahmen. [vgl.: [15]]

6 Zusammenfassung

Durch geeignete Ausbreitungsprognosen, Nachweismethoden und Messmöglichkeiten sind die Feuerwehren grundsätzlich in der Lage, einen bestehenden Anfangsverdacht über einen ABC-Gefahrstoff und dessen Ausbreitung zu prognostizieren, verifizieren und zu konkretisieren. Die ermittelten Ergebnisse sind ein Teil der Entscheidungskriterien zur Auswahl geeigneter einsatztaktischer Gefahrenabwehrmaßnahmen zum Schutz von Mensch und Umwelt.

Sie sind als alleinige Grundlage für die Bewertung möglicher Langzeitschäden in der Regel unzureichend. Hierzu bedarf es geeigneter ergänzender Messungen und Bewertungen durch die zuständigen Gesundheits-, Arbeitsschutz- bzw. Umweltschutzbehörden.

Diese Lernunterlage enthält sowohl Links als auch QR-Codes zu weiterführenden Informationen.

Falls diese Verlinkungen nicht mehr funktionieren senden Sie bitte eine Nachricht mit einem entsprechende Hinweis an dezernatb3@idf.nrw.de.



I Literaturverzeichnis

- [1] [vfdb-Richtlinie 10-05 ABC-Gefahrstoffnachweis im Feuerwehreinsatz](#)
- [2] [ABC-Schutz-Konzept NRW Teil 5: „Messzug NRW“ \(2011-12\)](#)
- [3] [vfdb-Richtlinie 10-01 Bewertung von Schadstoffkonzentrationen im Feuerwehreinsatz \(2016-03\)](#)
- [4] [FwDV 500 „Einheiten im ABC-Einsatz“ \(2022\)](#)
- [5] [Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe BBK „Empfehlungen für die Probenahme zur Gefahrenabwehr im Bevölkerungsschutz“](#)
- [6] [ABC-Schutz-Konzept NRW – Teil 6 »Analytische Task Force NRW« \(ATF NRW\) Ministerium für Inneres und Kommunales des Landes Nordrhein-Westfalen \(10/2023\)](#)
- [7] [Strahlenschutzverordnung \(in Verbindung mit Strahlenschutzgesetz\) Anlage 4 Tabelle StrlSchV, 30.05.2018](#)
- [8] <https://www.epa.gov/aeql/access-acute-exposure-guideline-levels-aeql-values>
- [9] http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/TRGS-900.html_nnn=true
- [10] https://lernkompass.idf.nrw/goto.php?target=root_1&client_id=Feuer (Feuerwehr-Lernkompass)
- [11] Gefahrgut-Ersteinsatz, Dr.-Ing. Hans-Dieter Nüßler, ecomed Verlag Hamburg (2017)
- [12] Memplex ® Gefährliche Stoffe Version 2015, Autor MET: Prof. Dr. sc. nat. Peter Bützer, Dr. Ivo Silvestri; Keudel av-Technik GmbH
- [13] VOMATEC INTERNATIONAL GmbH, www.vomatec.de
- [14] [vfdb-Merkblatt „Empfehlung für den Feuerwehreinsatz zum Umgang mit Umweltinformationsgesetzen“ \(2023-03\)](#)
- [15] <https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/umweltschadensfaelle/sondereinsaetze>
- [16] <https://www.aiha.org/get-involved/aiha-guideline-foundation/erpgs>
- [17] [Allgemeinen Notfallplan des Bundes nach § 98 StrlSchG \(ANoPI-Bund\) IM NRW 15.03.2022](#)