



Veranstaltung: F/B/K-Pers-MZT

Ausbildungseinheit: Grundlagen Schadstoffausbreitung

Thema:

Ausgabe: 24.05.2022

Zuständig: Abteilung 3

Bearbeitet von: Martin Reitz

Literaturhinweis: FwDV 500  
vfdb-Richtlinie 10/02  
KatSDV 510 HE



## Inhalt

<b>1</b>	<b>Gefährdungsanalyse .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Zeitliche und räumliche Ausdehnung von Schadstoffwolken .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Beurteilung von Gefahrstoffnachweisen .....</b>	<b>3</b>
3.1	Ermittlung der Gefährlichkeit von Schadstoffinkorporation.....	3
3.2	Beurteilungswerte .....	4
3.2.1	Einsatztoleranzwerte .....	4
3.2.2	AEGL-Werte.....	4
3.2.3	PAC Werte .....	5
3.2.4	Nachweis- und Probenahmetaktik.....	6
<b>4</b>	<b>Ausbreitungsmodelle .....</b>	<b>7</b>
4.1	Stufe 1: Absperr- und Gefahrenbereich .....	8
4.2	Stufe 2: Keulenmodelle .....	9
4.3	Stufe 3: MET; Bodenwetterauswertung.....	9
4.3.1	Modell für Effekte mit toxischen Gasen .....	10
4.3.2	Bodenwetterauswertung .....	18
4.4	Stufe 4: Ausbreitungsprogramme.....	18
<b>5</b>	<b>Einsatztaktik bei großflächigen Schadstoffausbreitungen .....</b>	<b>21</b>
5.1	Grenzmessung.....	23
5.2	Weitere Varianten .....	23
<b>6</b>	<b>Begriffe .....</b>	<b>24</b>
<b>7</b>	<b>Quellenverzeichnis .....</b>	<b>29</b>

# 1 Gefährdungsanalyse

Die Gefährdung von Einsatzkräften und der Bevölkerung nach Schadstofffreisetzungen ist sowohl von Parametern der Emission als auch vom aktuellen Wetter und der Topographie abhängig.

Auf Seiten des Schadensereignisses sind die Gefährlichkeit des Stoffes und die freigesetzte Stoffmenge von entscheidender Bedeutung, aber auch andere Einflussgrößen wie die Art der Freisetzung, der Untergrund und die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Gefahrstoffes, wie z. B. die Flüchtigkeit bzw. Sesshaftigkeit eines Schadstoffes.

Bei Wetter- und Geländefaktoren ist an erster Stelle die aktuelle Windgeschwindigkeit und -richtung zu nennen, denn der Schadstofftransport erfolgt mit dem Wind.

Weitere Einflussgrößen sind die aktuelle Umgebungstemperatur, die Stabilität der Wetterlage, das Gelände und eventuell vorhandener Niederschlag. Die genannten Wetterparameter sind aber nicht isoliert zu betrachten, denn sie beeinflussen sich gegenseitig. So gibt es für bestimmte Geländeformen charakteristische Winde oder die Windrichtung ist abhängig von der Bebauung. Die Art des Niederschlags ist abhängig von der Temperatur und die Stabilität einer Wetterlage ermitteln Meteorologen u. a. anhand der Temperaturveränderung in der Atmosphäre.

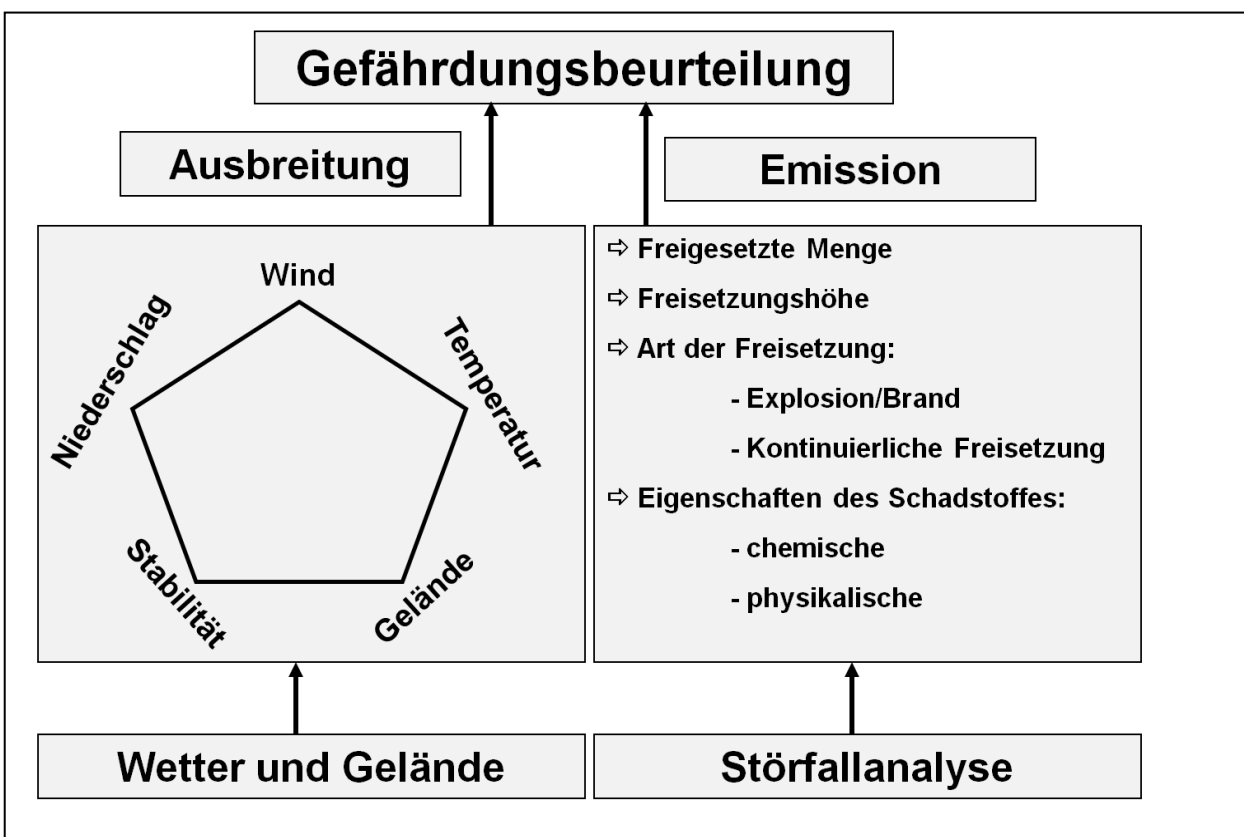


Abb. 1: Gefährdungsbeurteilung nach Schadstofffreisetzung  
Quelle: eigene Darstellung

## 2 Zeitliche und räumliche Ausdehnung von Schadstoffwolken

Eine Analyse von Gefährdungsbereichen und Zeiträumen nach tatsächlichen Schadensereignissen ergab, dass die Luftverunreinigungen eine Reichweite von bis zu 30 km haben und noch einen Tag nach Austrittsende zu Beeinträchtigungen der Luftqualität führen können. Eine Ausnahme hiervon ist die Reaktorkatastrophe von Tschernobyl, bei der durch die enorme Thermik die radioaktiven Partikel in sehr große Höhen und von einem kräftigen Ostwind Richtung Mitteleuropa transportiert wurden.

Tab. 1: Ausbreitungsdistanzen von Schadstoffen im Vergleich zu typischen Klimaerscheinungen

Vergleiche: U. Otte, DWD, Ausbildungsunterlage AKNZ

Klimaerscheinungen	Ausdehnung in Kilometern (km)	Zeitraum in Tagen (d) und Stunden (h)
Europaklima	3000 km	1 d bis 10 d
Talklima	1 km bis 30 km	1 h bis 1 d
Stadtklima	10 km	1 h bis 1 d
Taifun	300 km	1 d
Tornado	0,3 km	< 1 d
<b>Ausbreitung von Luftverunreinigungen</b>	<b>&lt; 1 km bis 30 km</b>	<b>&lt; 1 h bis 1 d</b>
Tschernobyl	3000 km	1 d bis 5 d

## 3 Beurteilung von Gefahrstoffnachweisen

### 3.1 Ermittlung der Gefährlichkeit von Schadstoffinkorporation

Zur Beurteilung, wie gefährlich ein Schadstoffaustritt für Bevölkerung und Einsatzkräfte ist, muss geklärt werden, in welcher Konzentration dieser vorliegt, wie lange die Personen den Schadstoffen ausgesetzt waren oder sein werden und welche Beurteilungswerte für diesen Stoff vorliegen:

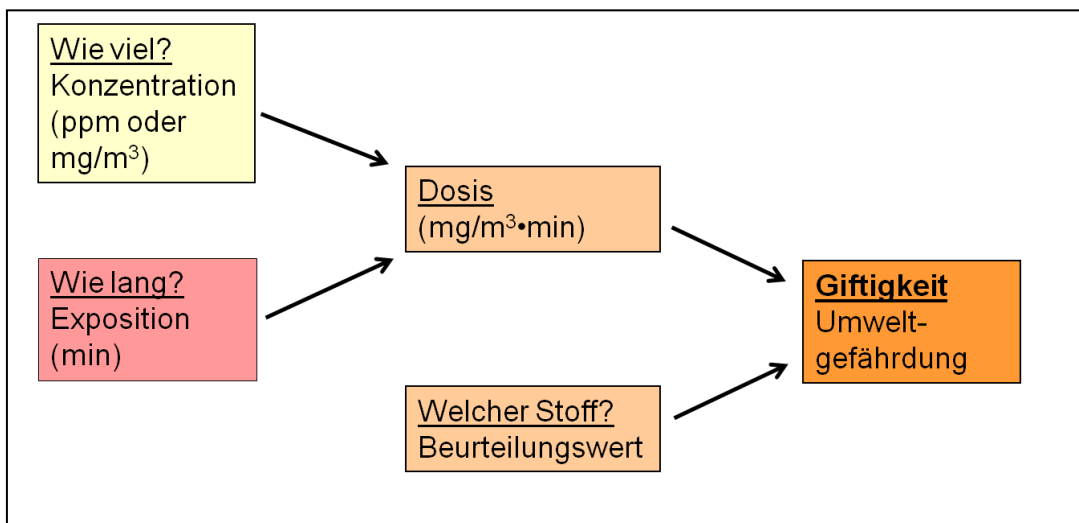


Abb. 2: Giftigkeit chemischer Stoffe

Quelle: eigene Darstellung

Beurteilung von Messwerten, Festlegung der Linien gleicher Schadstoffkonzentration anhand von Beurteilungswerten und daraus abzuleitende Maßnahmen müssen vom Fachberater GABC vorgenommen werden.

Hierzu sollten die Effektgrenzen anhand der folgenden Beurteilungswerte festgelegt und die Einsatzmaßnahmen auf die entsprechend zu dokumentierenden Messwerte abgestimmt werden.

## 3.2 Beurteilungswerte

### 3.2.1 Einsatztoleranzwerte

Nach Möglichkeit sollte als Beurteilungswert der **Einsatztoleranzwert – ETW** für einen in der Luft enthaltenen Gefahrstoff verwendet werden.

Der Einsatztoleranzwert (ETW) gilt grundsätzlich für zeitlich begrenzte Tätigkeiten von Einsatzkräften an Einsatzstellen mit einer Ausbreitung von Schadstoffen. Es werden in der vfdb-Richtlinie 10/01 für unterschiedliche erwartete Einsatzdauern von 4 bzw. 1 Stunde Werte angegeben: ETW-4 bzw. ETW-1.

Es ist zu beachten, dass in der Umgebungsluft ausreichend Sauerstoff enthalten sein muss (>17 Vol %, vgl. FwDV 7 – Atemschutz). Bei Einsätzen im Freien kann dies in der Regel vorausgesetzt werden.

Übersichtliche Einsatzlagen mit begrenztem Schadensumfang geben dem Einsatzleiter die Möglichkeit, Arbeiten im Gefahrenbereich sicher auf 1h zu begrenzen. Für derartige, klar begrenzte ABC-Einsätze kann der auf dem AEGL-2-Wert für 1h beruhende ETW-1 herangezogen werden.

So lange keine besonderen Bewertungen und Weisungen z. B. von der Umwelt- oder Gesundheitsbehörde vorliegen, kann der ETW auch zur Beurteilung der Gefahrenlage für die Bevölkerung herangezogen werden. Unterhalb der ETW ist im Allgemeinen keine Gesundheitsgefährdung zu befürchten (Ausnahme: extrem empfindliche Personen). Bei dennoch auftretenden gesundheitlichen Beschwerden ist umgehend eine Beratung durch einen Toxikologen in Anspruch zu nehmen (z.B. über regional zuständige Giftnotrufzentralen)

Liegt dieser nicht vor, sollte ein Acute Exposure Guideline Level – AEGL-Wert – ausgewählt werden:

### 3.2.2 AEGL-Werte

**AEGL-Werte** sind Spitzenkonzentrationswerte von Gefahrstoffen, die zur Abschätzung der Auswirkungen einer Exposition der Allgemeinbevölkerung gegen Chemikalien bei Störfällen dienen. Derzeit werden für fünf verschiedene Expositionsdauern (10 Minuten, 30 Minuten, 1 Stunde, 4 Stunden, 8 Stunden) jeweils drei Werte unterschieden, die nach Effektschwere abgestuft werden. Das ergibt für einen Gefahrstoff 15 verschiedene AEGL-Werte. Während z. B. Lebensmittel- oder Arbeitsplatzgrenzwerte die Benennung einer Konzentration zum Ziel haben, bei der keine Gesundheitseffekte mehr zu erwarten sind, beschreiben AEGL-Werte nach den definierten Expositionsdauern bestimmte Schweregrade von Gesundheitseffekten. Sie beziehen sich auf die Allgemeinbevölkerung und schließen somit auch empfindliche Personengruppen ein. Nicht eingeschlossen werden jedoch extrem empfindliche Einzelpersonen.

- **AEGL-1** ist die luftgetragene Stoffkonzentration (ausgedrückt in ppm oder mg/m<sup>3</sup>), ab der vorhergesagt wird, dass die Allgemeinbevölkerung ein spürbares Unwohlsein erleiden kann. Konzentrationen unterhalb des AEGL-1-Wertes bedeuten Expositionshöhen, die leichte Geruchs-, Geschmacks- bzw. andere sensorische Reizungen oder leichte Irritationseffekte (d. h. beispielsweise leichte Reizung an Augen und / oder Nase) hervorrufen können.

- **AEGL-2** ist die luftgetragene Stoffkonzentration (ausgedrückt in ppm oder  $\text{mg}/\text{m}^3$ ), ab der vorhergesagt wird, dass die Allgemeinbevölkerung irreversible oder andere schwerwiegende, lang andauernde Gesundheitseffekte erleiden kann oder bei der die Fähigkeit zur Flucht beeinträchtigt sein kann. Stoffkonzentrationen unterhalb des AEGL-2-, aber oberhalb des AEGL-1-Wertes bedeuten Expositionshöhen, die spürbares Unwohlsein hervorrufen können.

- **AEGL-3** ist die luftgetragene Stoffkonzentration (ausgedrückt in ppm oder  $\text{mg}/\text{m}^3$ ), ab der vorhergesagt wird, dass die Allgemeinbevölkerung lebensbedrohliche oder tödliche Gesundheitseffekte erleiden kann. Luftgetragene Stoffkonzentrationen unterhalb des AEGL-3-, aber oberhalb des AEGL-2-Wertes bedeuten Expositionshöhen, die irreversible oder andere schwerwiegende, lang andauernde Gesundheitseffekte hervorrufen oder die Fähigkeit zur Flucht beeinträchtigen können.

Da ab dem AEGL-2-Wert die Fähigkeit zur Flucht beeinträchtigt sein kann, ist im Regelfall dieser zu verwenden. Wie bei den Einsatztoleranzwerten wird von einer Expositionszeit von 4 h ausgegangen.

Achtung: Im Rahmen von Ausbreitungsprognosen zu Schadenszenarien wird oftmals der AEGL-2-Wert für 30 min verwendet. Dieser ist im Regelfall höher als der AEGL-2-Wert für 4 h. Er wird vor dem Hintergrund gewählt, dass 30 min nach Schadeneintritt der Gefahrstoffaustritt durch Maßnahmen der Gefahrenabwehr gestoppt sein wird.

Tab. 3: AEGL-Werte für Methanol **Die Werte kommen von der Homepage beim amerikanischen Umweltministerium. Url muss ich erst noch nachschauen**

<b>AEGL-WERTE FÜR METHANOL</b>					
(Dermale Aufnahme kann vorkommen, der direkte Hautkontakt mit der Flüssigkeit sollte vermieden werden.)					
<b>Klassifizierung (Effektschwelle)</b>	<b>10-Minuten</b>	<b>30-Minuten</b>	<b>1-Stunde</b>	<b>4-Stunden</b>	<b>8-Stunden</b>
AEGL-1 (Spürbares Unwohlsein)	670 ppm (880 $\text{mg}/\text{m}^3$ )	670 ppm (880 $\text{mg}/\text{m}^3$ )	530 ppm (690 $\text{g}/\text{m}^3$ )	340 ppm (450 $\text{mg}/\text{m}^3$ )	270 ppm (350 $\text{mg}/\text{m}^3$ )
AEGL-2 (schwerwiegende, lang andauernde oder fluchtbehindernde Wirkungen)	4000 ppm (5200 $\text{mg}/\text{m}^3$ )	4000 ppm (5200 $\text{mg}/\text{m}^3$ )	2100 ppm (2800 $\text{mg}/\text{m}^3$ )	720 ppm (940 $\text{mg}/\text{m}^3$ )	510 ppm (670 $\text{mg}/\text{m}^3$ )
AEGL-3 (Letale Wirkungen)	15000 ppm (20000 $\text{mg}/\text{m}^3$ )	15000 ppm (20000 $\text{mg}/\text{m}^3$ )	7900 ppm (10000 $\text{mg}/\text{m}^3$ )	2500 ppm (3300 $\text{mg}/\text{m}^3$ )	1600 ppm (2100 $\text{mg}/\text{m}^3$ )

### 3.2.3 PAC Werte

Die **PAC-Toxizitätswerte**, eingeführt vom U.S. Department of Energy, sind keine neuen Toxizitätswerte, sondern nur ein vereinfachender Weg, den wissenschaftlich bedeutendsten Toxizitätswert für einen akuten Unfall schnell wählen zu können. Die PAC-Werte sind auf eine Stunde ausgelegt.

Der PAC-2 entspricht dem

- AEGL-2 (1 h), wenn ein AEGL-2 Wert für den Gefahrstoff definiert ist, sonst entspricht der PAC-2 Wert dem
- ERPG-2 (1 h), wenn ein ERPG-2 Wert für den Gefahrstoff definiert ist, sonst entspricht der PAC-2 Wert dem
- TEEL-2 (1 h), wenn der TEEL-2 Wert für den Gefahrstoff definiert ist.

Die Definition der PAC-1, PAC-2 und PAC-3 Werte entspricht denjenigen der AEGL-1 (1h), AEGL-2 (1h) und AEGL-3 (1h) und den ERPG-1, ERPG-2 und ERPG-3 Werten.

Für den Einsatz sind die PAC-2-Werte von Bedeutung, da diese Grenzwerte beschreiben, bei denen irreversible Gesundheitsschäden auftreten können.

Mit Stand Februar 2012 stehen für 3387 Substanzen PAC-Werte zur Verfügung.

Diese können im Internet unter folgender Adresse gefunden werden:

<http://www.atlintl.com/DOE/teels/teel.html>

Zu ausgewählten Stoffen wird auch in Tabelle 1 des „Gefahrgut-Ersteinsatzes“ nach UN-Nummern sortiert der PAC-2-Wert angegeben.

Das Programm MEMPLEX® verwendet ab der Version 2015 ebenfalls die PAC-2-Toxizitätswerte.

### 3.2.4 Nachweis- und Probenahmetaktik

Bei Stoffgemischen sollte für die Bestimmung der Effektgrenze die Leitsubstanz und ein auf sie bezogener Beurteilungswert ausgewählt bzw. festgelegt werden. Einsatztaktisch sinnvoll und aussagekräftig sind Beurteilungswerte für die Effektgrenze, die toxikologisch begründet und in Nachschlagewerken oder Gefahrstoffdatenbanken, wie z. B. MEMPLEX®, enthalten sind.

Das Vorhandensein eines Gefahrstoffes ist systematisch zu ermitteln. Es bedarf einer Nachweis- und Probenahmetaktik.

Nach Erhalt des Einsatzauftrages erfolgt für die Einsatzabschnittsleitung „Messen“ bzw. die GABC-Messzentrale die Auswahl der geeigneten Nachweisgeräte und der geeigneten Probenahmeverfahren.

Zum **Nachweis** sind folgende notwendige Festlegungen zu treffen:

- nachzuweisende Stoffe oder Stoffgruppen,
- Auswahl des oder der Nachweisgeräte,
- Nachweismöglichkeiten und -grenzen des oder der ausgewählten Nachweisgeräte,
- geforderte und / oder erforderliche Nachweisgenauigkeit,
- Ausmaß der Querempfindlichkeiten,
- Schnelligkeit der Verfügbarkeit des Nachweisergebnisses.

Analog ist bei den **Probenahmen** vorzugehen.

Danach sind für die Vorgehensweise festzulegen:

- der Ablauf des Nachweises und / oder der Probenahme zum Erhalt einer gleichbleibenden Qualität für die Bewertung; z. B. kontinuierlich, diskontinuierlich, stichprobenartig, Hubzahl, Menge der zu entnehmenden Flüssigkeit, Größe der Fläche der Wischprobe usw.,
- Messpunkte und Ort des Nachweises und / oder der Probenahme; Koordinaten, wo genau, in welcher Höhe, z. B. Bodennähe oder Kopfhöhe,
- Reihenfolge und ggf. Markierung der Mess- und Probenahmepunkte,



- Aufarbeitung der Notfallprobe,
- Anzahl der Nachweise und / oder Probenahmen; z. B. wo, in welchem Zeitabstand, um ein repräsentatives Bild der Lage und der Lageänderung zu erhalten,
- Auswahl und Einsatz geeigneter persönlicher Schutzausrüstung; z. B. Atemschutz, Schutzanzug,
- die Einsatzgrenzen, der Beurteilungswert und die zugehörige Effektgrenze sowie die Umkehrkonzentration aufgrund
  - der stoffspezifischen Beurteilungswerte,
  - des Einsatzauftrages,
  - der verwendeten persönlichen Schutzausrüstung,
- Rückstellprobe zur internen Dokumentation; ja oder nein,
- Dokumentation,
- sofortige Rückmeldung.

Ist die GABC-Messzentrale in Betrieb, werden einige dieser Aufgaben durch sie erledigt. Eine Abstimmung ist dann erforderlich.

Hinweis: Messpunkte können individuell oder aus dem vorgeplanten Messpunktekataster ausgewählt werden.

## 4 Ausbreitungsmodelle

Informationen zur Schadstoffausbreitung und die Ermittlung gefährdeter Bereiche münden in folgenden Maßnahmen:

- ⇒ Festlegung von Bereichen, in denen die Bevölkerung zu warnen ist
- ⇒ Planung von Räumung
- ⇒ Errichtung von Straßensperren
- ⇒ gezielter Einsatz von Messtrupps, um Ausbreitungsprognosen zu überprüfen und die Gefährdungsabschätzung der Realität anzupassen

Das Stufenmodell der vfdb-Richtlinie 10/05 sieht für die verschiedenen Phasen eines Einsatzes unterschiedliche Ausbreitungsmodelle vor. Grundsätzlich gilt, je mehr Informationen zu der Schadstofffreisetzung bekannt sind, umso genauer ist eine Prognose möglich. Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass genaue Ausbreitungsprogramme, entsprechend der vielen einzugebenden Parameter, auch aufwändig in der Bedienung sein können.

Tab. 2: Stufenmodell für Ausbreitungsprognosen nach vfdb-RL 10/05

Stufen Nr.	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4
Bezeichnung	Erstmaßnahmen	Abschätzen	Eingrenzen	Berechnen
Methode	50 m Distanz (FwDV)	KEULE	MET	Programme
Personal	Alle Einsatzkräfte	GABC-Einsatz	GABC-Führen	Fachberater

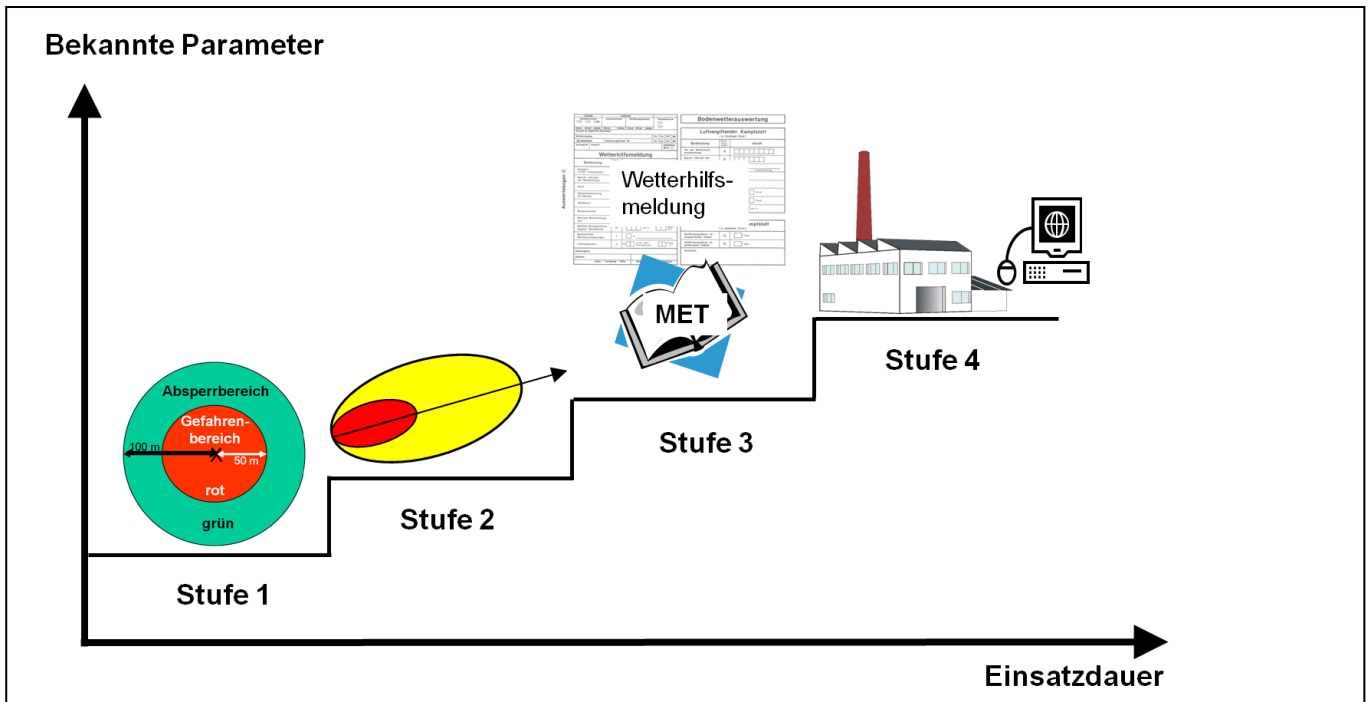


Abb. 3: Stufenmodell für die einzelnen Phasen des Einsatzablaufs  
Quelle: eigene Darstellung

## 4.1 Stufe 1: Absperr- und Gefahrenbereich

Die Stufe 1 des Stufenmodells beschreibt gemäß der FwDV 500 **erste Maßnahmen**, um die Sicherheit der Einsatzkräfte und der Bevölkerung in der frühen Phase des Einsatzes zu gewährleisten.

Wenn aufgrund erster Hinweise, wie Kennzeichnung, Feuerwehrpläne etc., davon ausgegangen werden muss, dass ABC-Gefahrstoffe freigesetzt wurden, sind um das Schadensobjekt ein Gefahrenbereich und ein Absperrbereich zu bilden. Dabei sind bezüglich der möglichen Ausbreitung die meteorologischen und topographischen Verhältnisse zu berücksichtigen. Folgende Abstände sind einzuhalten:

**Gefahrenbereich: 50 m**

(Zutritt nur für Einsatzkräfte unter persönlicher Sonderausrüstung)

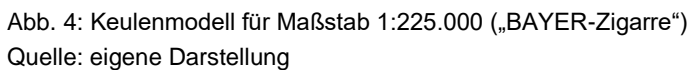
**Absperrbereich: 100 m**

(Zutritt nur für die erforderlichen Einsatz- und Unterstützungskräfte)

Ist bekannt oder wird nach Eintreffen an der Einsatzstelle bekannt, dass es sich um größere Mengen von **Explosivstoffen, militärische Munition oder größere Mengen (mehrere m<sup>3</sup>) druckverflüssigter Gase unter Brandeinwirkung** handelt, ist der Abstand vom Gefahrenobjekt bei ausreichender Deckung auf mindestens **300 m** und der Absperrbereich auf **1 000 m** zu erweitern.

Erst nach weiterer Erkundung und der Identifizierung bestehender Gefahren kann der Abstand angepasst und verringert werden.

In der Stufe 2 wird der Quellterm, also die Schadstofffreisetzung, grob **abgeschätzt**. Hierzu werden sogenannte Keulen verwendet. Bei den Keulenmodellen handelt es sich um vorgefertigte Schablonen, meist in Ellipsen- bzw. Zigarrenform, die in Zugrichtung auf das mitzuführende Kartenmaterial gelegt werden. Zur Ermittlung der gefährdeten Bereiche müssen die Windrichtung und nach Möglichkeit Informationen über Gefährlichkeit und Menge des ausgetretenen Schadstoffes bekannt sein.



Werden die Schadstoffe zunächst in höheren Luftschichten in Hauptzugrichtung fortgetragen und sinken wieder ab, so ist der Auftreffpunkt als der Punkt mit der höchsten Schadstoffkonzentration definiert. Dieser Ort ist fiktiv mit einer Ausbruchsstelle zu vergleichen.

Ziel der Ausbreitungsmodelle der Stufe 3 ist das **Eingrenzen**. Hierunter versteht man, gezielt Schutzmaßnahmen für gefährdete Bereiche anzuordnen. Für nicht gefährdete Bereiche, die zunächst pauschal gewarnt bzw. abgesperrt wurden, können andererseits Maßnahmen wie das Tragen von Atemschutz oder Chemikalienschutzkleidung zurückgenommen werden. Aufgrund der genaueren Ausbreitungsprognosen werden Absperrmaßnahmen angepasst und Messtrupps gezielt eingesetzt.

## 4.3.1 Modell für Effekte mit toxischen Gasen

Das **Modell für Effekte mit toxischen Gasen (MET)** wurde 1983 auf Grundlage von Erfahrungen, die bei großen Schadstofffreisetzungen gewonnen wurden, von der Zentralstelle für Gesamtverteidigung der Schweiz entwickelt und ist seit 1986 im Einsatz. Das MET wird in dem Buch „Gefahrgut-Ersteinsatz“ (Stork-Verlag) publiziert und ist somit weit verbreitet.

MET ist ein Ausbreitungsmodell für toxische Gase in der freien Atmosphäre und liefert Aussagen zu Wirkung auf den Menschen im Freien und geschützt in Häusern.

Es funktioniert mit wenigen Angaben, ist daher besonders für die Anfangsphase eines Einsatzes geeignet. Allerdings verlangt das MET eine meteorologisch, topographisch, chemisch, physikalisch, toxikologisch und situativ korrekte Beurteilung der Gesamtlage.

Diese Beurteilung sollte von Fachleuten vorgenommen werden.

Im Ereignisfall müssen folgende Punkte unbedingt beachtet werden:

- Alle ermittelten Werte von MET können nie besser sein als die eingegebenen Daten.
- Die Situation am Unfallort und in der Umgebung ist ständig zu verfolgen. Alle Eingabedaten sind der aktuellen Situation anzupassen.
- Im Ereignisfall ist möglichst früh mit Schadstoffmessungen zu beginnen. Konkrete Maßnahmen, wie z. B. die Entwarnung, sind aufgrund von Messungen vorzunehmen.

Obwohl das MET an vielen in der Literatur bekannten Störfällen getestet wurde und bisher zufriedenstellende Resultate lieferte, könnten trotzdem besondere Situationen bei Störfällen auftreten, die das MET mit seinem Modellansatz nur unzureichend zu beschreiben vermag. Diesem Umstand ist bei jeder Lagebeurteilung Rechnung zu tragen.

Die Grenzen der Anwendung von MET sind:

- Unbekannte Quellen
- Stoffaustritt aus unbekannten Reaktionen
- Langandauernde Stoffaustritte
- Grosse Hindernisse oder Kanalisierung
- Extreme Topografie
- Krebserregende (karzinogene) Stoffe

## Kurzanleitung MET:

**Hinweis: Die wichtigsten Definitionen, um das MET anwenden zu können, sind in Kapitel 7 *Begriffe* aufgelistet.**

1. Alarmieren
2. Minimale Absperrdistanzen in alle Windrichtungen festlegen.
3. Freigesetzte oder möglicherweise freiwerdende Masse realistisch abschätzen. Hierbei den sogenannten Mass-Faktor beachten, der die Flüchtigkeit und damit die freigesetzte Gasmenge bei Flüssigkeiten berücksichtigt.
  - Bei Zwischenwerten: Für ganz rasche Entscheidungen nächsthöheren Wert der Masse einsetzen.
  - Zwischenwerte ggf. interpolieren.
4. Toxizität in Tabellenwerken nachschlagen (Prioritäten beachten).
  - Bei Zwischenwerten: Für ganz rasche Entscheidungen nächsttieferen Wert der Toxizität einsetzen.
  - Zwischenwerte ggf. interpolieren.
5. Wetterdaten ermitteln (Windrichtung und Windgeschwindigkeit auf Ausbreitungshöhe angeben).
6. Ausbreitungsklasse (A, B, C, D, E, F, G) aus dem Entscheidungsdiagramm festlegen:
  - Bei intensivem Brand: Ausbreitungsklasse - 1 (also z. B. B statt C)
  - Bei tiefkalten Gasen: Ausbreitungsklasse + 1 (also z. B. D statt C)
  - Der Ausbreitungswinkel bleibt jeweils der gleiche.
7. Ausbreitungswinkel herauslesen.
8. In der Tabelle Distanz für Personen im Freien bestimmen.
9. In der Tabelle Distanz für Personen im Inneren von Häusern bestimmen.
10. Gefährdungsdistanzen in Karte einzeichnen
11. Mit Messungen und Beobachtungen sofort beginnen.
  - Freisetzung, Quelle
  - Ausbreitung (Windrichtung, Windgeschwindigkeit)
  - Auswirkungen (verzögerte Wirkungen beachten)
12. Situation laufend verfolgen.
13. Falls notwendig neue Beurteilungen durchführen und bekanntgeben.
14. Bei Ereignissen, die länger als 2 Stunden dauern, ist der Schutz der Häuser laufend durch Messungen zu überprüfen.
15. Entwarnung aufgrund von Messungen bekanntgeben.

## Beispiel für die Vorgehensweise mit dem MET:

### **Ereignis:**

Aus einem Druckgasbehälter treten  $m = 200 \text{ kg}$  Chlorcyan (UN-Nr. 1589) aus, weil die Armatur durch einen Sturz abgeschlagen wurde. Der Zwischenfall hat sich beim Abladen von einem Lastwagen an der Laderampe ereignet. Es strömt eine grünliche Gaswolke aus, die sich auf ein Wohnquartier in ca. 300 m Entfernung zu bewegt.

### **Wetter:**

Frühling (März); teilweise sonnig (Himmel zu 3/4 bedeckt);

Zeit: 14:00 Uhr; Wind ca.  $15 \text{ km/h} = 4,2 \text{ m/sec}$ ; Temperatur etwa  $5^\circ\text{C}$

## **Freisetzung**

Stoffname (alphabetisch sortiert)	Stoffname (Englisch)	UN- Nr.	PAC-2 (ppm)	Mass Factor
Chloracetylchlorid	Chloroacetyl chloride	1752	1,6	0,3
Chlorbenzol; Benzenchlorid	Chlorobenzene; Benzene chloride	1134	150	0,2
Chlorbutan, 1-	Chlorobutane, 1-	1127	25	1
<b>Chlorcyan; Cyanchlorid; CCIN</b>	Cyanogen chloride; CCIN; CK	1589	<b>0,4</b>	<b>1</b>
Chlordifluormethan; Kältemittel R 22	Chlorodifluoromethane; Refrigerant gas R-22	1018	2'100	1
Chlordioxin; $\text{ClO}_2$	Chlorine dioxide; $\text{ClO}_2$	9191	1,1	1

Abb. 5: MET Schritt 1 (Ermittlung von PAC-2 Wert und Mass Factor)

Quelle: FeuKos, Handbuch für ABC- Einsätze, 04. 2014, Kapitel 6 S. 47.



## Entscheidungsdiagramm

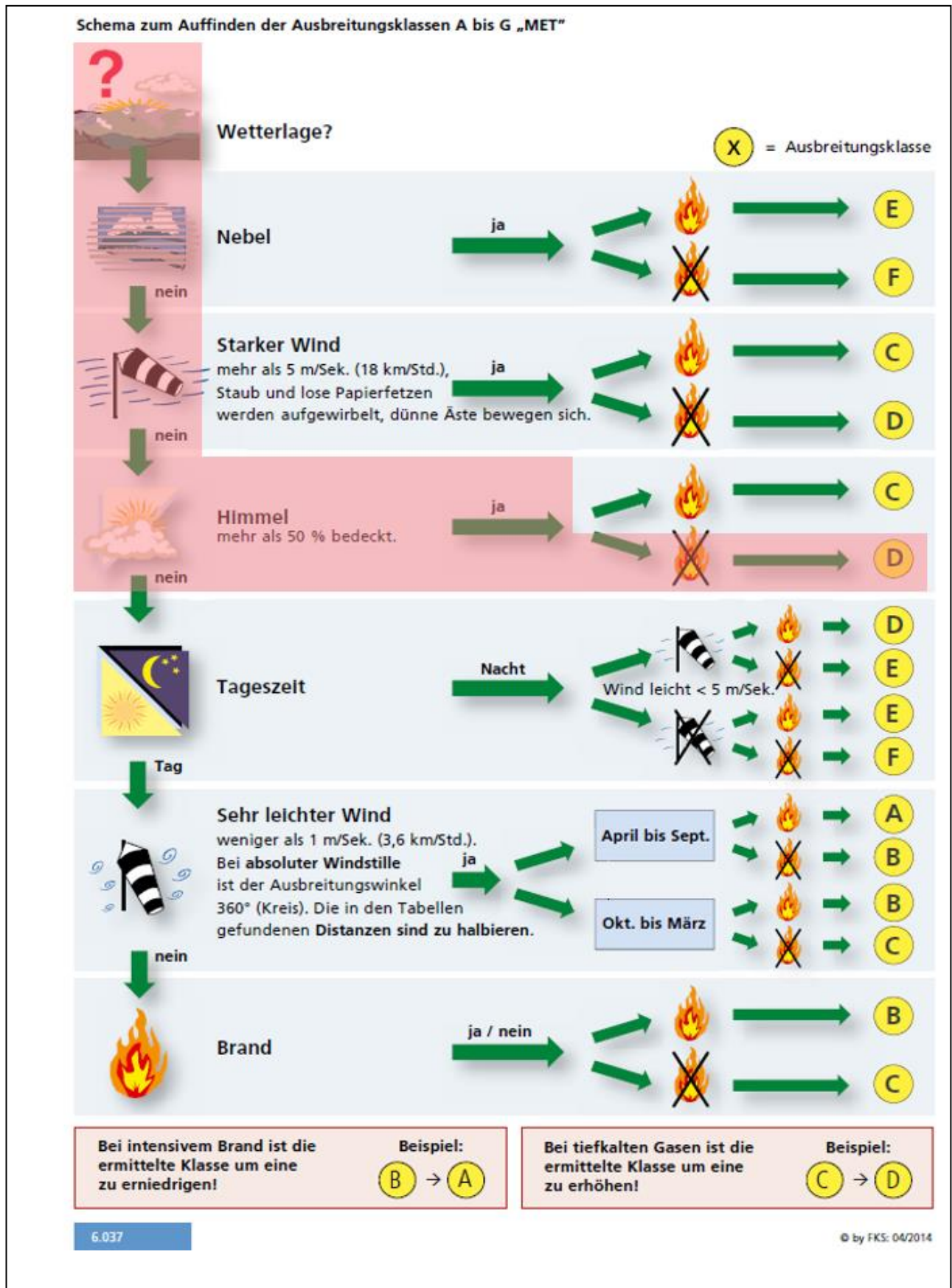


Abb. 6: MET Schritt 2 (Algorithmus entsprechend der Wetterdaten verfolgen, Ausbreitungsklasse ermitteln und ggf. erhöhen oder erniedrigen)

Quelle: FeuKos, Handbuch für ABC- Einsätze, 04. 2014, Kapitel 6 S. 37.

## MET

Ausbreitungsklasse: **D**  
Personen im Freien

Ausbreitungswinkel: **60°**  
Distanzen in Meter

Freigesetzte Menge Produkt in kg	4000	800	400	80	40	8	4	0.8	0.4	0.08	PAC-2 ppm
	1000	200	100	20	10	2	1	0.2	0.1	0.02	AEGL-2(4h) ppm
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	2550	4250	
2000	100	160	230	490	700	1200	1500	2600	3250	5400	
5000	140	240	340	750	1000	1650	2100	3550	4400	7300	
10000	180	320	460	950	1300	2100	2650	4500	5600	9250	
20000	230	440	650	1250	1700	2700	3400	5700	7050	11650	
50000	310	700	950	1800	2350	3700	4650	7750	9600	15850	

Ausbreitungsklasse: **D**  
Personen im Inneren von Häusern

Ausbreitungswinkel: **60°**  
Distanzen in Meter

Freigesetzte Menge Produkt in kg	4000	800	400	80	40	8	4	0.8	0.4	0.08	PAC-2 ppm
	1000	200	100	20	10	2	1	0.2	0.1	0.02	AEGL-2(4h) ppm
10	20	20	20	20	20	20	20	50	60	140	
20	20	20	20	20	20	30	30	60	90	200	
50	20	20	20	20	20	40	40	90	140	330	
100	20	20	20	20	30	40	50	130	190	470	
200	20	20	20	20	30	50	70	190	290	700	
500	20	20	20	30	50	80	120	320	480	1150	
1000	30	30	30	40	70	110	180	470	700	1600	
2000	30	30	30	60	100	170	270	700	1050	2300	
5000	30	30	30	110	140	290	460	1200	1700	3600	
10000	30	30	40	170	180	450	700	1700	2400	5050	
20000	40	40	60	230	240	700	1050	2450	3400	7050	
50000	40	60	130	310	460	1200	1750	3850	5350	10850	

Abb. 7: MET Schritt 3 (Bestimmung des Ausbreitungswinkels der ursprünglichen Ausbreitungsklasse)

Quelle: FeuKos, Handbuch für ABC- Einsätze, 04. 2014, Kapitel 6 S. 41.



Ausbreitungsklasse: D

Ausbreitungswinkel: 60°

Personen im Freien

Distanzen in Meter

Freigesetzte Menge Produkt in kg	4000	800	400	80	40	8	4	0.8	0.4	0.08	PAC-2 ppm AEGL-2(4h) ppm
	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	2550	4250	
2000	100	160	230	490	700	1200	1500	2600	3250	5400	
5000	140	240	340	750	1000	1650	2100	3550	4400	7300	
10000	180	320	460	950	1300	2100	2650	4500	5600	9250	
20000	230	440	650	1250	1700	2700	3400	5700	7050	11650	
50000	310	700	950	1800	2350	3700	4650	7750	9600	15850	

Abb. 8: MET Schritt 4 (Bestimmung der Gefährungsdistanz für Personen im Freien)

Quelle: FeuKos, Handbuch für ABC- Einsätze, 04. 2014, Kapitel 6 S. 47.

Ausbreitungsklasse: D

Ausbreitungswinkel: 60°

Personen im Innern von Häusern

Distanzen in Meter

Freigesetzte Menge Produkt in kg	4000	800	400	80	40	8	4	0.8	0.4	0.08	PAC-2 ppm AEGL-2(4h) ppm
	1000	200	100	20	10	2	1	0.2	0.1	0.02	
10	20	20	20	20	20	20	20	50	60	140	
20	20	20	20	20	20	30	30	60	90	200	
50	20	20	20	20	20	40	40	90	140	330	
100	20	20	20	20	30	40	50	130	190	470	
200	20	20	20	20	30	50	70	190	290	700	
500	20	20	20	30	50	80	120	320	480	1150	
1000	30	30	30	40	70	110	180	470	700	1600	
2000	30	30	30	60	100	170	270	700	1050	2300	
5000	30	30	30	110	140	290	460	1200	1700	3600	
10000	30	30	40	170	180	450	700	1700	2400	5050	
20000	40	40	60	230	240	700	1050	2450	3400	7050	
50000	40	60	130	310	460	1200	1750	3850	5350	10850	

Abb. 9: MET Schritt 5 (Bestimmung der Gefährungsdistanz für Personen im Innern von Häusern)

Quelle: FeuKos, Handbuch für ABC- Einsätze, 04. 2014, Kapitel 6 S. 47.

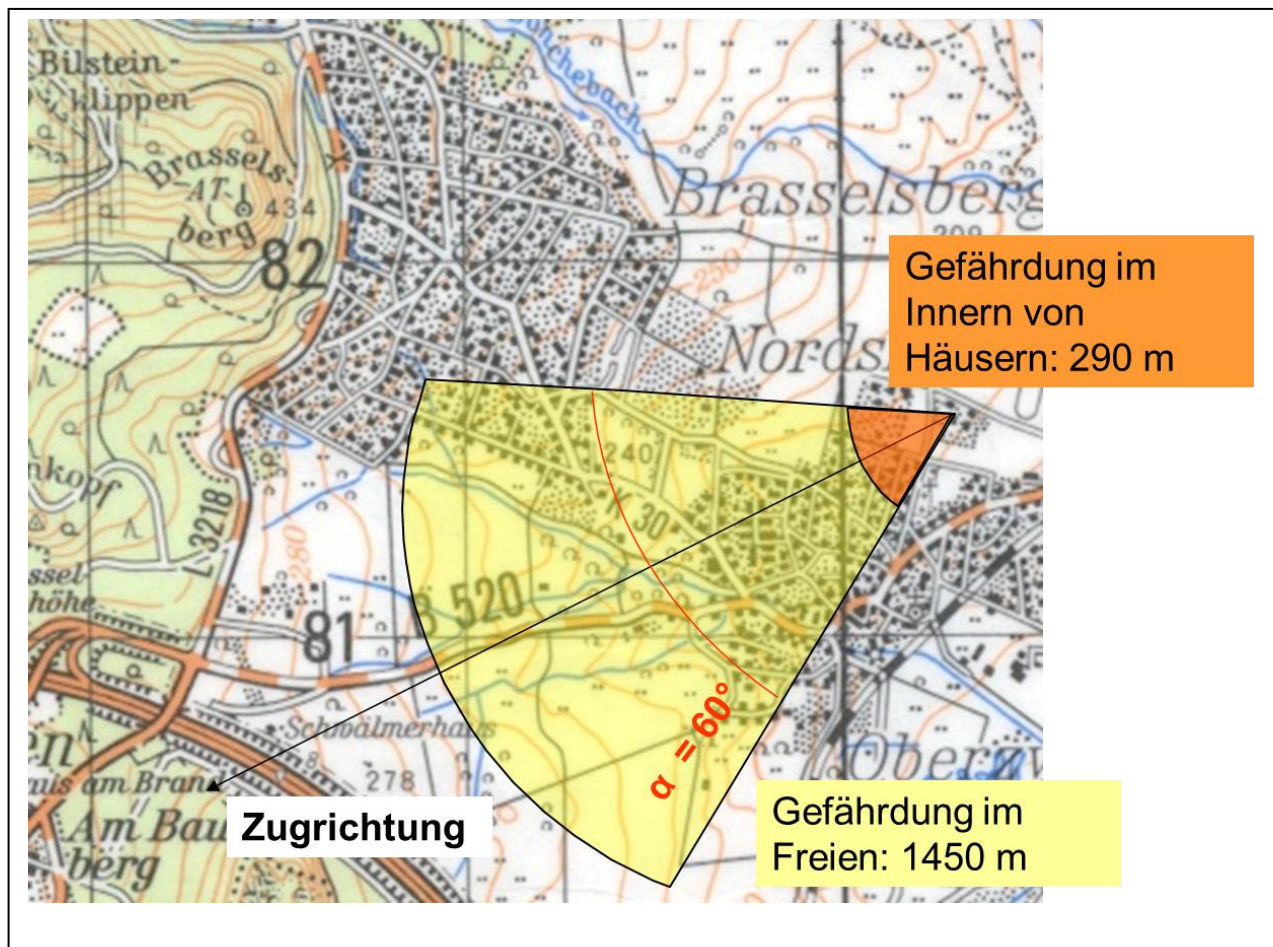


Abb. 10: MET Schritt 6 (Übertragung von Winkel und Distanzen auf Kartenmaterial)

Quelle: eigene Darstellung

Aus der MET Anwendung ergeben sich Ausbreitungswinkel und Effektgrenzen für Personen, die sich im Freien oder in Gebäuden befinden. Aufgabe der eingesetzten Messtrupps ist es, Effektgrenzen durch den Einsatz von Nachweisgeräten grob zu lokalisieren bzw. zu bestätigen. Messtrupps sollten an den angenommenen Effektgrenzen a) in Gebäuden, b) im Freien eingesetzt werden. Die bevorzugten Messpunkte liegen an den Außenkanten und in der Hauptzugrichtung jeweils in der Entfernung der Effektgrenzen.

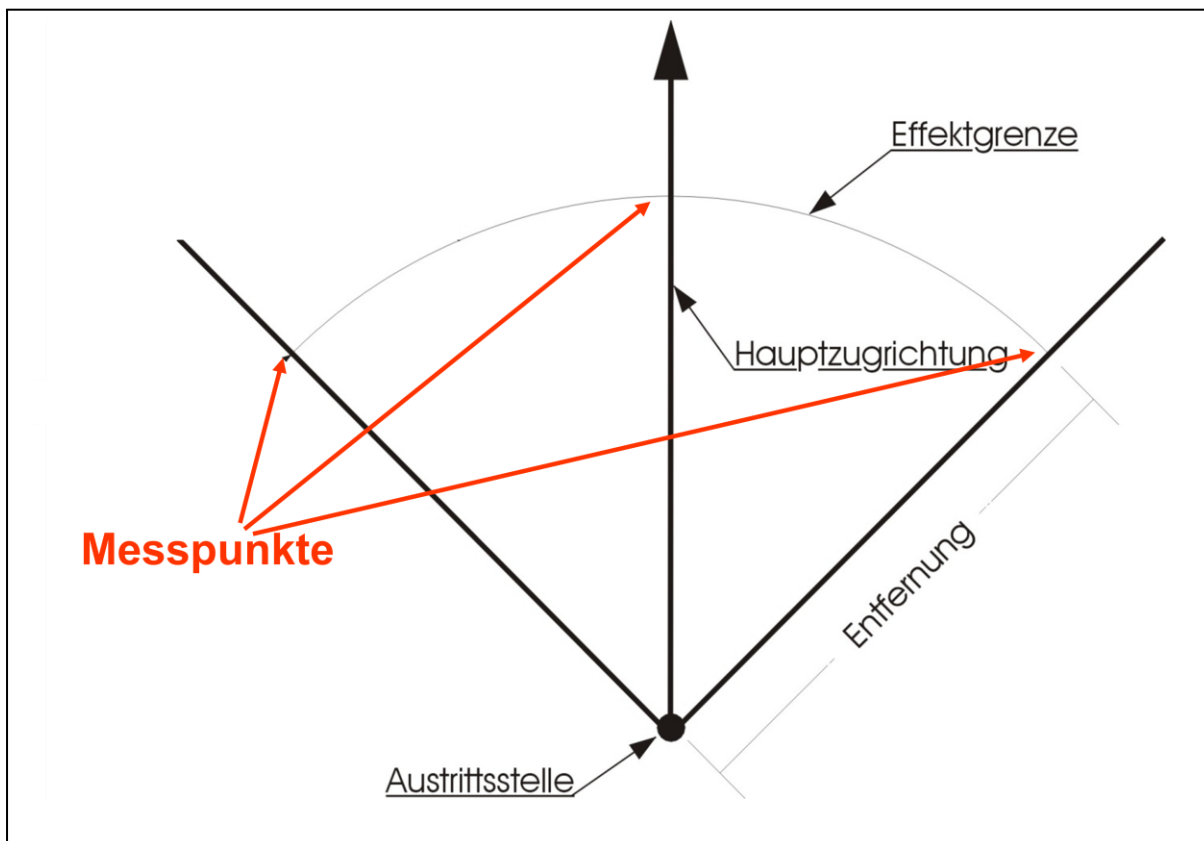


Abb. 11: MET- Bevorzugte Messpunkte

Quelle: eigene Darstellung

Auf Grundlage von Messungen werden im weiteren Verlauf die Grenzen der Gefährdungsbereiche angepasst. Sind die von den Messtrupps ermittelten Messwerte höher als der zu Grunde gelegte Luftgrenzwerte (z. B. ETW-Wert), muss der Gefahrenbereich vergrößert werden, liegen sie darunter, kann der Gefahrenbereich bis zum Erreichen des Grenzwertes reduziert werden.

### 4.3.2 Bodenwetterauswertung

Die Bodenwetterauswertung ist ein weiteres papiergebundenes Ausbreitungsmodell, welches im Katastrophenschutz (KatS DV 112 - Die ABC-Melde- und Auswertestelle) Verwendung fand. Um hier Gefährdungsbereiche zu ermitteln, benötigt man die Wetterdaten aus der auch heute noch weit verbreiteten Wetterhilfsmeldung. Da bei der Bodenwetterauswertung die Freisetzung von chemischen Kampfstoffen angenommen wurde, waren die Ausbreitungsdistanzen entsprechend groß und für die tägliche Gefahrenabwehr nur bedingt übertragbar.

### 4.4 Stufe 4: Ausbreitungsprogramme

Die rechnergestützten Ausbreitungsmodelle **berechnen** den Transport und die Verdünnung einer Schadgasfahne oder Geruchsfahne. Im Wesentlichen werden folgende mathematische Modellansätze unterschieden: Gauß-Modell, Euler-Modell oder Lagrange-Modell.

Geeignete Programme können auf Grundlage dieser Modelle verschiedene Freisetzungsszenarien (z. B. kontinuierliche Emission, Explosion, schlagartige Emission) mit wenigen Eingabedaten und mit kurzen Rechenzeiten eine Ausbreitungsprognose erstellen, die zur Abschätzung des gefährdeten Gebiets nutzbar ist. Entsprechend der tatsächlich vorhandenen Daten und Informationen (z. B. von den Messtrupps) kann das Ergebnis immer wieder angepasst werden.

**Einfache Programme** benötigen nur wenige Eingabedaten, haben kurze Rechenzeiten und können auch im Rahmen des Katastrophenschutzes von nur teilweise ausgebildeten Anwendern bedient werden.

**Komplexe Programme** können dort zum Einsatz kommen, wo sowohl die notwendigen vielfältigen stoff-, quell-, standortspezifischen und meteorologischen Parameter als auch das qualifizierte Personal zu ihrer Eingabe zur Verfügung stehen.

**Grundsätzlich ist festzustellen: Je genauer eine Berechnung erfolgen soll, umso schwieriger und zeitaufwändiger ist die Datenerhebung.**

Daher ist es notwendig, die Vor- und Nachteile einfacher und komplexer Modelle situations- und problembezogen abzuwägen.

Für erste Ausbreitungsberechnungen kann mit hinreichender Genauigkeit das einfache und in Hessen weit verbreitete Datenbankprogramm MEMPLEX® -Gefährliche Stoffe (Landeslösung Hessen) verwendet werden. Die Abschätzungen und Berechnungen beruhen auf dem Technischen Behelf für den Schutz bei C-Ereignissen - MET (Modell für Effekte mit toxischen Gasen).

Hierzu müssen Angaben zur Emission und zu den Wetterbedingungen eingegeben werden.

Suche nach  
Suchbegriff: Ammoniak

Stoffname: **Ammoniak, wasserfrei** UN-Nr: **1005** CAS-Nr: **7664-41-7** EU-Index-Nr: **007-001-00-5**

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

Eingabe Freisetzung Eingabe Wetter

Behälterwahl Freisetzung über Land Kein Brand Schlagartige Freisetzung

Masse: 48361,6 kg Behälter: 95 m³ Füllungsgrad: 80 %

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

Aufschlagpunkt	0 m	0	2000	4000	6000	8000	10000 m
<b>Sektoruell</b>							
Bereiche	7270 m	Geruch	<input checked="" type="checkbox"/>				
	490 m	Explosion	<input checked="" type="checkbox"/>				
<b>Gift</b>	1340 m	Im Haus	8,9 min	<input checked="" type="checkbox"/>			
	4890 m	Im Freien	32,5 min	<input checked="" type="checkbox"/>			
<b>Wolkenexplosion</b>	1100 m	Ohr	<input checked="" type="checkbox"/>				
	3990 m	Glasbruch	<input checked="" type="checkbox"/>				
<b>Tanexplosion</b>	80 m	Ohr	<input checked="" type="checkbox"/>				
	300 m	Glasbruch	<input checked="" type="checkbox"/>				
	420 m	Fragmente	<input checked="" type="checkbox"/>				
<b>BLEVE</b>	0 m	1. Grad	<input checked="" type="checkbox"/>				
	0 m	2. Grad	<input checked="" type="checkbox"/>				
<b>Radial</b>	0 m	Holz	<input checked="" type="checkbox"/>				

Berechnen Ausbreitung MET-Szenario Wetterstation aus Wetterdaten Abfrage Drucken

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

Abb. 12: MEMPLEX: Eingabe Freisetzung

Quelle: Memplex, Version 2024 R1, Keudel av-Technik GmbH

Suche nach  
Suchbegriff: Ammoniak

Stoffname: **Ammoniak, wasserfrei** UN-Nr: **1005** CAS-Nr: **7664-41-7** EU-Index-Nr: **007-001-00-5**

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

Eingabe Freisetzung Eingabe Wetter

Wind: 9 km/h Wind spürbar im Gesicht, Blätter säuseln, Windfahnen werden vom Wind bewegt 270 ° West

Kein Regen Kein Nebel Kein Bodennebel Tag Winterhalbjahr

Mehr als 50% bedeckter Himmel Lufttemperatur: 13 °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	2000	4000	6000	8000	10000 m
<b>Sektoruell</b>							
Bereiche	7270 m	Geruch	<input checked="" type="checkbox"/>				
	490 m	Explosion	<input checked="" type="checkbox"/>				
<b>Gift</b>	1340 m	Im Haus	8,9 min	<input checked="" type="checkbox"/>			
	4890 m	Im Freien	32,5 min	<input checked="" type="checkbox"/>			
<b>Wolkenexplosion</b>	1100 m	Ohr	<input checked="" type="checkbox"/>				
	3990 m	Glasbruch	<input checked="" type="checkbox"/>				
<b>Tanexplosion</b>	80 m	Ohr	<input checked="" type="checkbox"/>				
	300 m	Glasbruch	<input checked="" type="checkbox"/>				
	420 m	Fragmente	<input checked="" type="checkbox"/>				
<b>BLEVE</b>	0 m	1. Grad	<input checked="" type="checkbox"/>				
	0 m	2. Grad	<input checked="" type="checkbox"/>				
<b>Radial</b>	0 m	Holz	<input checked="" type="checkbox"/>				

Berechnen Ausbreitung MET-Szenario Wetterstation aus Wetterdaten Abfrage Drucken

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

Abb. 13: MEMPLEX: Eingabe Wetter

Quelle: Memplex, Version 2024 R1, Keudel av-Technik GmbH



Mit Hilfe dieser Werte bestimmt MEMPLEX die Bereiche, die bei der jeweiligen Schadstofffreisetzung durch Geruch, Giftstoff und die Begleiterscheinungen von Explosionen gefährdet sind. Diese lassen sich auch graphisch darstellen und mit digitalem Kartenmaterial verknüpfen.

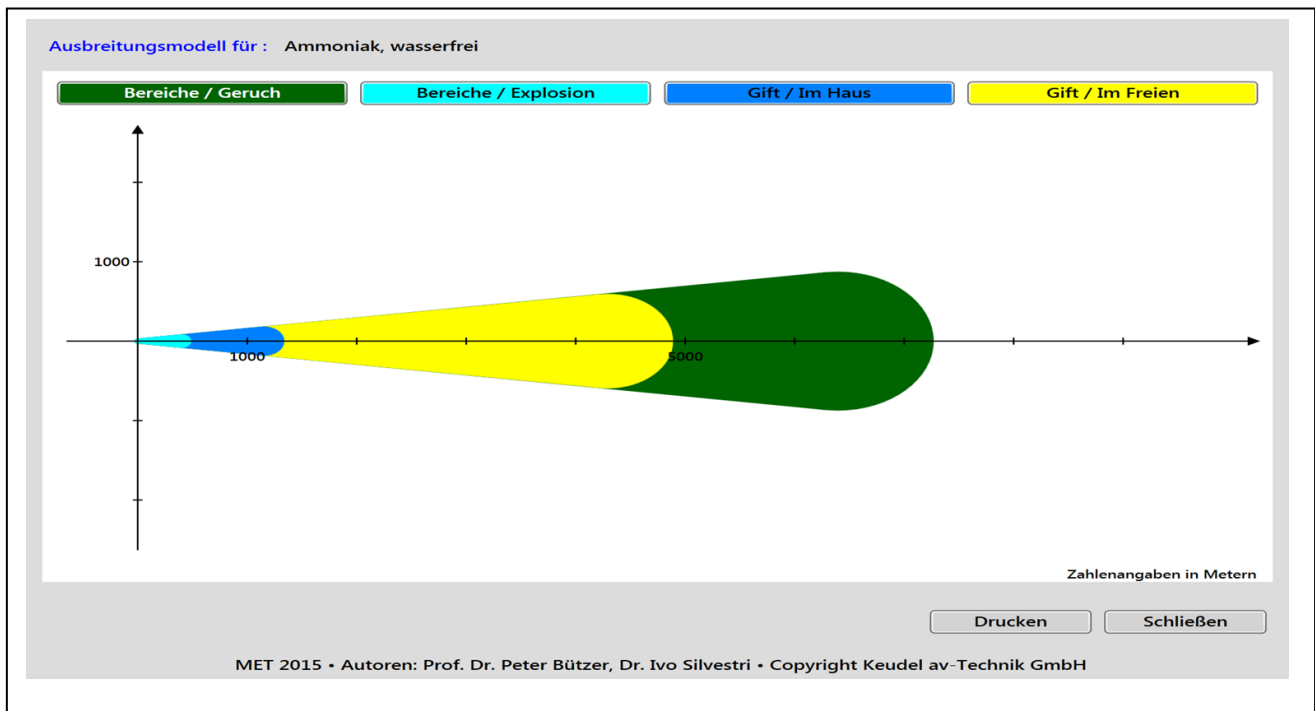


Abb. 14: MEMPLEX: Darstellung der errechneten Gefährdungsbereiche

Quelle: Memplex, Version 2024 R1, Keudel av-Technik GmbH

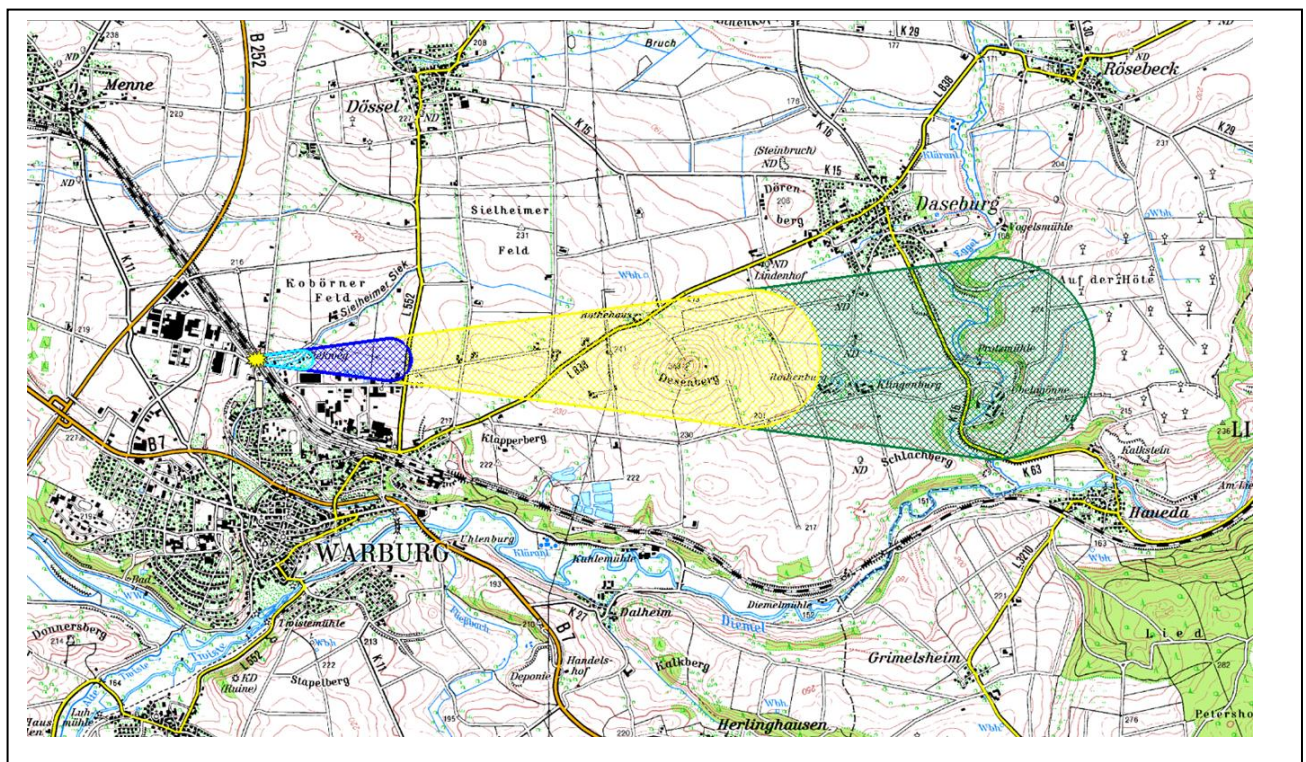


Abb. 15: MEMPLEX: Verknüpfung mit Kartenmaterial TOP 50

Quelle: Memplex, Version 2024 R1, Keudel av-Technik GmbH / (Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation, 2008)

Weitaus genauere Ausbreitungsberechnungen sind mit dem Programm DISMA® – Disaster Management möglich. Das setzt jedoch weitere Parameter voraus, die für eine verlässliche Berechnung bekannt sein und eingegeben werden müssen.

Mittels der Software „Hearts“ des Feuerwehr-Wetterinformationssystems FEWIS des Deutschen Wetterdienstes (DWD) kann der DWD für einige wenige gasförmige Stoffe eine Ausbreitungsrechnung erstellen. Vorteil dieses Ausbreitungsprogrammes ist, dass der Deutsche Wetterdienst nicht nur die Daten des aktuellen Wetters, sondern auch des zukünftigen Wetters bei der Ausbreitungsprognose berücksichtigt.

Zukünftig wird eine Verknüpfung von Ausbreitungsprogrammen mit GIS (Geographische Informationssystem) basiertem Kartenmaterial der Feuerwehr ein schnelleres und effizienteres Handeln ermöglichen. Neben den räumlichen Daten sind in geographischen Informationssystemen weitere einsatzrelevante Daten abrufbar. Nach Erstellung einer Ausbreitungsprognose lässt sich dann sehr schnell ermitteln, welche kritischen Infrastrukturen wie Krankenhäuser, Kindergärten etc. im gefährdeten Bereich liegen und wie viele Personen zu bestimmten Uhrzeiten in diesen Gebäuden anwesend sind.

## 5 Einsatztaktik bei großflächigen Schadstoffausbreitungen

Großflächige Ausbreitungen von Gefahrstoffen kommen meist nur durch luftgetragene Ausbreitungen von Gasen, Dämpfen und Stäuben vor, z. B. bei Gasaustritten, Leckagen mit leichtflüchtigen Flüssigkeiten, Störfällen im gewerblichen Bereich oder Rauchwolken von Großbränden. Es gilt der Grundsatz:

**Erst warnen, dann nachweisen.**

Die möglicherweise betroffene Bevölkerung in unmittelbarer Nähe muss schnellstens gewarnt werden. Die Zugrichtung der Gefahrstoffwolke ist hierbei zu berücksichtigen. Das Gebiet, in dem gewarnt wird, ist aus Gründen der Sicherheit immer größer anzunehmen als eine erste Gefährdungsabschätzung aussagt.

Zur Feststellung der tatsächlichen Ausbreitung sind mindestens vier Messfahrzeuge einzusetzen. Zur einheitlichen Führung ist eine der landesweit verfügbaren TMO-Gruppen „HE\_MESS1“ und „HE\_MESS2“ zu verwenden.



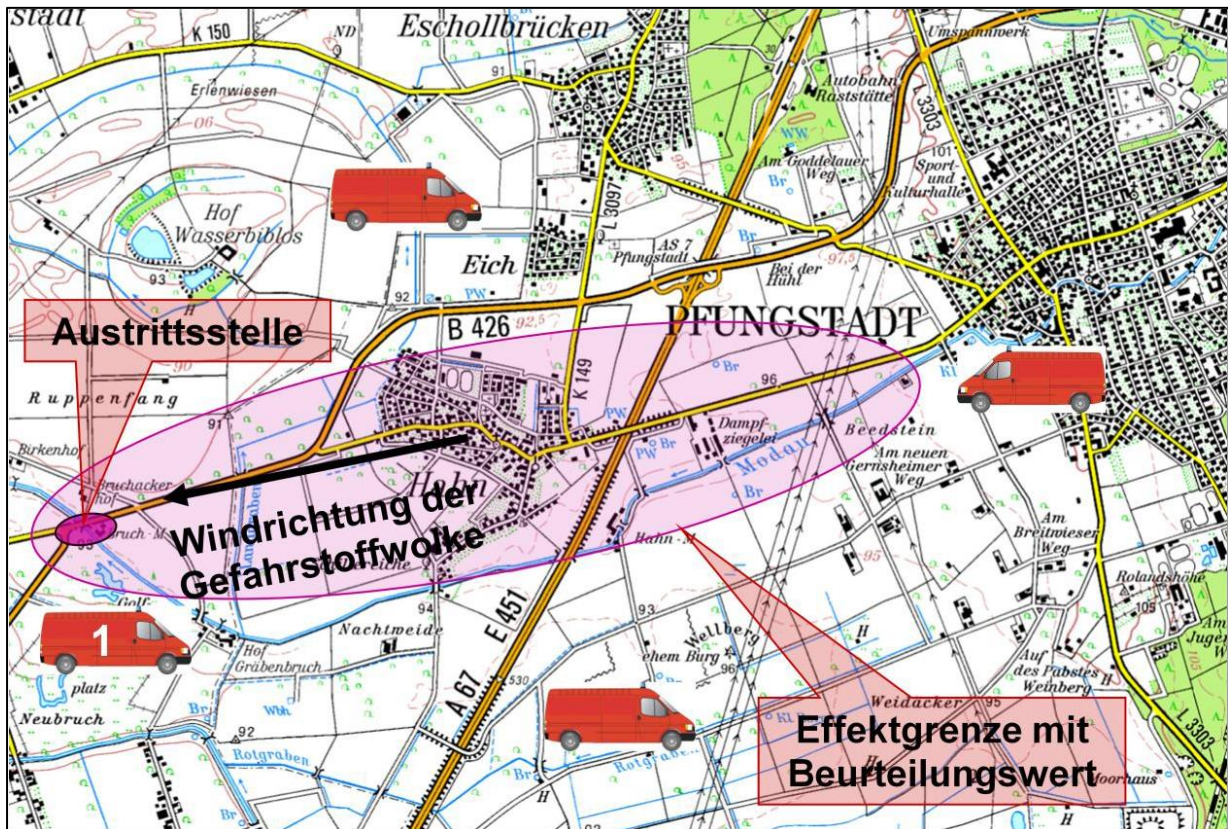


Abb. 16: Verteilung von Messfahrzeugen um ein großflächiges Ausbreitungsgebiet einer Gefahrstoffwolke  
Quelle: KatSDV 510 HE, 2013, S.84

Das erste Messfahrzeug fährt gemäß Einsatzauftrag zur Austrittsstelle und stellt die Leitsubstanz fest.

Die Einsatzabschnittsleitung „Messen“ bzw. die GABC-Messzentrale legt daraufhin für die Leitsubstanz den Beurteilungswert fest. Die tatsächliche Grenze des Ausbreitungsgebietes ergibt sich aus der Effektgrenze (s. Kapitel 4.3.1).

Zwei der weiteren Messfahrzeuge fahren die beiden seitlichen Flanken an. Das vierte Fahrzeug fährt entgegen der Zugrichtung (in Windrichtung) die Gefahrstoffwolke des angenommenen Ausbreitungsgebietes an.

Die Nachweise an den vorgegebenen Messpunkten erfolgen nur noch auf die Leitsubstanz.

Durch die Nachweise wird das tatsächliche Ausbreitungsgebiet bestimmt bzw. das mit MEMPLEX® abgeschätzte oder berechnete Ausbreitungsgebiet verifiziert.

Der tatsächliche geografische Verlauf der Effektgrenze und das Ausmaß des Ausbreitungsgebietes werden somit festgestellt.

**Hinweis: Eine Warnung der Bevölkerung nach Feststellung des Ausbreitungsgebietes des Gefahrstoffes ist in der Regel zu spät!**



## 5.1 Grenzmessung

Bei einer Grenzmessung geht der Messtrupp weitgehend quer zur Windrichtung auf die Flanken des vermuteten Ausbreitungsgebietes vor und führt je nach Messauftrag an vorgegebenen Messpunkten oder kontinuierlich Nachweise auf die Leitsubstanz durch. Wird die vorgegebene Effektgrenze überschritten, kehrt der Messtrupp um und setzt auf einem möglichst parallelen Weg seinen Messauftrag bis zum Wiedererreichen der Effektgrenze fort.

Hinweis: Es ist zu prüfen, ob geeignete Persönliche Sonderausrüstung nach FwDV 500 notwendig ist. Außerhalb des unmittelbaren Gefährdungsbereiches können aufgrund der Gefährdungslage Erleichterungen durch die Technische Einsatzleitung festgelegt werden. In vielen Fällen können beispielsweise bei Grenzmessungen ein Schutanzug der Form 2, eine Vollmaske mit ABEK-Kombinationsfilter oder eine FFP2-Halbmaske mit Ausatemventil, eine Vollsichtbrille, Chemikalienschutzhandschuhe ggf., mit langen Stulpen oder Einweg-Infektionsschutzhandschuhe, ausreichend sein.

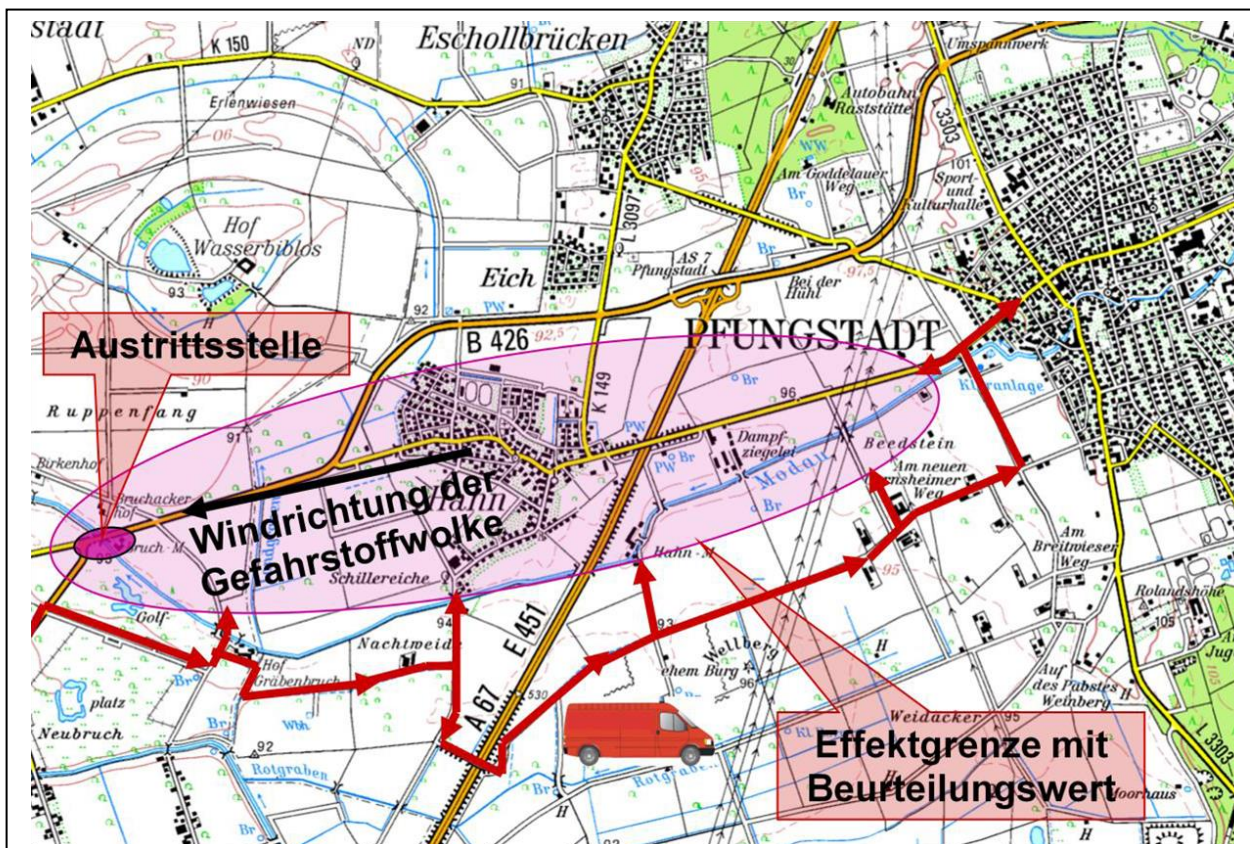


Abb. 17: Grenzmessung

Quelle: KatSDV 510 HE, 2013, S. 85

## 5.2 Weitere Varianten

Neben der Variante „Grenzmessung“ gibt es noch die Varianten „Eintauchen“ und „Durchstoßen“ bzw. „Kreuzen“, die jedoch aufgrund der zur Verfügung stehenden Messfahrzeuge und ihrer Ausrüstung in Bezug auf gasdichte Kapselung und Explosionsschutz nicht zu empfehlen sind.

## 6 Begriffe

### Analysieren

Analysieren ist die qualitative und / oder quantitative Identifizierung eines Stoffes, der in einer Zubereitung oder in einem Gemisch vorkommen kann. Der Stoff lässt sich meist nur durch Verwendung von Analysegeräten und / oder nach Aufbereitung einer Probe charakterisieren.

### Atmosphärische Grenzschicht

Die atmosphärische Grenzschicht ist die unterste Schicht im Aufbau der Atmosphäre, in der aufgrund der Rauigkeit der Erdoberfläche und der daraus resultierenden Reibung eine turbulente Strömung vorherrscht. Je nach Rauigkeit, vertikaler Temperaturschichtung und Windgeschwindigkeit kann die atmosphärische Grenzschicht etwa zwischen 100 m und 1500 m hoch sein. Die Höhe der atmosphärischen Grenzschicht hat wesentlichen Einfluss darauf in welche Höhe bodennah freigesetzte Schadstoffe gelangen und ob diese dann durch vorherrschende regionale Strömungen auch über größere Distanzen verfrachtet werden können.

### Beurteilungswert

Ein Beurteilungswert ist eine nach feuerwehrtaktischen Gesichtspunkten ausgewählte stoffbezogene Konzentration oder Anteil eines Stoffes. Er kann ein frei wählbarer Wert, ein festgelegter Wert aus dem Feuerwehrbereich, z.B. der Einsatztoleranzwert – ETW, oder ein aus anderen Rechtsbereichen übernommener Grenzwert, z. B. der Acute Exposure Guideline Level – AEGL-Wert oder der Arbeitsplatzgrenzwert – AGW (→ Kapitel 421.1), sein.

### Effektgrenze

Effektgrenze ist eine geografische Linie gleicher Stoffkonzentration, die ein Ausbreitungsgebiet anhand eines Effektes umschließt. Als Konzentration wird ein Beurteilungswert ausgewählt bzw. festgelegt, oberhalb dem mit einem bestimmten Effekt zu rechnen ist, z. B. toxische Wirkung eines Gefahrstoffes, Niederschlag eines Gefahrstoffes bzw. Kontamination mit einem Gefahrstoff in schädlicher Konzentration. Anmerkung: Je höher der Beurteilungswert eines Stoffes an der Effektgrenze gewählt wird, desto kleiner wird das Ausbreitungsgebiet und umso geringer ist der Abstand der Effektgrenze zum Austrittsort des Gefahrstoffes. Dies kann man sich anhand der steigenden AEGL-Werte (von AEGL-1 bis AEGL-3) und den mit ihnen verbundenen Effekten vor Augen führen.

### Einsatztoleranzwert

Beurteilungswert aus der vfdb Richtlinie 10/01 als Entscheidungshilfe für das Verhalten bei Einsätzen mit Freisetzungen von gefährlichen Stoffen und der Entwicklung von Schadstoffwolken. Bei Überschreitung der ETW-Werte können Einsatzkräfte nur mit Atemschutz tätig werden. Unterhalb des ETW-Wertes können Einsatzkräfte bis zu 4 Stunden ohne Atemschutz arbeiten. Gesunden Personen aus der Bevölkerung macht in der Regel die Einhaltung des ETW-Wertes keine Probleme. Vorsicht ist bei älteren und kranken Menschen, bei Kleinkindern und Allergikern geboten.

### Emission

Einbringen von Schadstoffen in die Atmosphäre (Schwebstaub, Gase ...). Für Ausbreitungsbetrachtungen ist es wichtig, die Höhe der Emissionsquelle zu ermitteln, denn eine bodennahe Emission (z. B. Lachenverdampfung) unterscheidet sich grundlegend von einer Emission in größerer Höhe (z. B. Industrieschornstein).

Bei Störfallemissionen ist ferner zu klären, ob Brände oder Explosionen aufgrund der vorhandenen Wärme für Thermikeffekte sorgen und so die Schadstoffe in größere Höhen transportieren.

## Geruchsschwelle

Kleinste Konzentration eines Stoffes, die von den meisten Menschen wahrgenommen wird. Die Geruchsschwelle ist kein absoluter Wert, sondern variiert von Mensch zu Mensch. Sie kann sogar bei ein und derselben Person zu verschiedenen Zeitpunkten unterschiedlich sein. Achtung: Der Geruch von gefährlichen Gasen und Dämpfen kann durch andere Gerüche überlagert werden und verschiedene Dämpfe können die Geruchsnerven ermüden.

## Grenzwert

Ein Grenzwert ist eine Stoffkonzentration oder ein Anteil eines Stoffes, dessen Erreichen eine Maßnahme erfordert. Ein Grenzwert ist stoffabhängig und hängt vom Anwendungsfall und Rechtsbereich ab. In einigen Fällen bestimmen auch örtliche Festlegungen der zuständigen Fachbehörden den Grenzwert. Tendenziell gilt:

**Je niedriger der Grenzwert eines Stoffes ist, desto gefährlicher ist der Stoff.**

## Immission

An einem beliebigen Ort in der Umgebung der Emissionsquelle nachweisbarer Teil der ursprünglichen Emission (Immissionskonzentration). Die **Immissionskonzentration** ist in hohem Maße (bei fester Emission und definiertem Immissionsort) von den meteorologischen Bedingungen in der Transmissionsphase abhängig.

## Leitsubstanz

Eine Leitsubstanz ist ein eindeutig und leicht nachweisbarer Stoff in einem Stoffgemisch. Sie vertritt das Stoffgemisch, da man davon ausgeht, dass die Konzentrationen der anderen Stoffe des Stoffgemisches in einem konstant gleichen Verhältnis zu ihrer Konzentration bleiben. Zum Nachweis des Stoffgemisches und zur Abschätzung der Gefahr, welche von dem Stoffgemisch ausgeht, kann die Leitsubstanz herangezogen werden.

Hinweis: Als Leitsubstanz von einem Stoffgemisch sollte der Stoff nach folgenden Prioritäten ausgewählt werden:

1. ist mit vorhandener Nachweisteknik eindeutig und leicht nachweisbar,
2. besitzt den niedrigsten toxikologischen Grenzwert aller Stoffe in diesem Stoffgemisch,
3. ist mit einem hohen Anteil in dem Stoffgemisch vertreten.

Meteorologische Einflüsse wie Regen oder Nebel können zu Auswaschungsprozessen führen, was das Verhältnis nicht mehr konstant gleichbleiben lässt.

## Messen

Messen ist die Konzentrationsbestimmung eines Stoffes oder Ermittlung einer von einem Stoff ausgehenden Gefahr durch Einzelmessung oder kontinuierliche Messung.

Anmerkung: Umgangssprachlich wird oftmals der Begriff „Messen“ verwendet, aber „Nachweisen“ oder „Spüren“ ist eigentlich gemeint. So spricht man beispielsweise von „Messtrupps“, die jedoch u. U. auch spüren, nachweisen und analysieren.

## Messgrößen

Folgende Messgrößen sind typisch für Nachweisgeräte der Feuerwehr:



Tab. 4: Messgrößen im Feuerwehreinsatz

Messgröße	Beispiel für ein Nachweisgerät	Bedeutung	Beispiel bezogen auf 1 m³= 1000 l
Vol.-%	Explosionsgrenzenwarngerät	hundertstel	10 l
ppm	Prüfröhrchen	millionstel	1 ml
ppb	Ionenmobilitätsspektrometer	milliardstel	0,001 ml

Die Umrechnung der Messgröße mg/m³, die manchmal bei Luftgrenzwerten Verwendung findet, in die Messgröße ppm erfolgt mit folgender Formel:

$$\frac{\text{Wert [mg/m}^3\text{]} \cdot 22,4}{\text{Molare Masse}} = \text{Wert [ppm] bei 1013 hPa und 0}^\circ\text{C}$$

Bei abweichenden Temperaturen muss das Ergebnis mit einem Korrekturfaktor multipliziert werden, der wie folgt berechnet wird:

$$\text{Temperaturkorrekturfaktor: } \frac{(273 + / - \text{Temperatur} [^\circ\text{C}])}{273}$$

## MET Bedeckungsgrad

Bereich: mehr als 50 %, weniger als 50 %. Dieser umschreibt den Anteil des Himmels, der von klar erkennbaren Wolken bedeckt ist. Mit einem leichten Dunst liegt keine Bedeckung vor.

## MET Bodennebel

Der Bodennebel besteht aus flachen Wolken bis zu einer Höhe von 10-20 m, die sich vorwiegend als Kälteseen in Geländesenken oder entlang von Flussläufen oder im Bereich von Gewässern bilden. **Die Inversionsschicht liegt dabei sehr tief, die vertikale Ausbreitung über die Wolkendecke hinaus ist fast vollständig eingeschränkt. Bei einem Brand wird die sehr tief liegende Inversionsschicht wegen der Thermik nicht berücksichtigt.**

## MET Brand

Das MET© unterscheidet zwischen zwei verschiedenen Brandarten.

Der erste Fall liegt vor, wenn in unmittelbarer Nähe des Schadenobjekts ein Brand aufgetreten ist, der durch Wärmeabgabe noch auf den ausfließenden Stoff einwirkt. Dieser Fall wird in den Entscheidungstabellen bereits berücksichtigt mit der Abfrage "Brand? JA / NEIN".

Der zweite Fall liegt vor, wenn es zu einem Vollbrand kommt, wobei das Schadenobjekt direkt in den Brand involviert ist (Flammen schlagen z. B. aus dem Dach des Gebäudes oder aus dem Behälter heraus). In diesem Fall ist in den Entscheidungstabellen die Option „Brand“ zu wählen und dann von der so erhaltenen Ausbreitungsklasse nochmals um eine zurückzugehen (z. B. ist statt der ermittelten Klasse D die Klasse C anzuwenden).

## MET Mass Factor

Mit Hilfe des sogenannten Mass Factors wird berücksichtigt, dass sich bei Stoffen mit einem Siedepunkt über 77 °C in einer Stunde nur ein Teil der freigesetzten Menge gasförmig über die Luft verbreiten kann (Flüchtigkeit).

Bei einem Mass Factor von 1 wird die gesamte involvierte Masse freigesetzt, bei einem Mass Factor von 0,5 hingegen tritt in 60 Minuten maximal die Hälfte der involvierten Masse in die Schadstoffwolke über.

Der Mass Factor gilt zunächst bei 20 °C. Pro 10 °C Temperaturerhöhung verdoppelt sich der angegebene Mass Factor.

Die austretende Schadstoffmenge ist also zunächst mit dem Mass Factor zu multiplizieren um die wahre freigesetzte Menge zu erhalten. Mit dieser werden dann die Ausbreitungsdistanzen ermittelt.

Mass Factor können ebenfalls für ausgewählte Stoffe aus Tabelle 1 des „Gefahrgut-Ersteinsatzes“ entnommen werden.

## **MET Nacht oder Tag**

Die Tagesdauer wird definiert als: Eine halbe Stunde nach Sonnenaufgang bis eine halbe Stunde vor Sonnenuntergang.

## **MET Nebel**

Darunter werden Wolken verstanden, die direkt im Ausbreitungsraum einer toxischen Wolke liegen und die Sichtweite einschränken. Sind die Wolken nicht hoch (ca. 10 bis 20 Meter), so muss Bodennebel gewählt werden (Bodennebel: Ausbreitungsklasse von Nebel + 1).

## **MET Sommerhalbjahr**

Die Monate: April, Mai, Juni, Juli, August, September gelten als Sommerhalbjahr, alle anderen Monate als Winterhalbjahr.

## **MET Tiefkalte Gase**

Unter tiefkalten Gasen werden hier unter Druck verflüssigte oder gekühlte Gase verstanden, die bei Umgebungstemperatur austreten. Bei der Freisetzung solcher Gase ist die Ausbreitungsklasse um eine zu erhöhen (z. B. ist statt der ermittelten Klasse D die Klasse E anzuwenden).

Außerdem ist festzuhalten, dass die durch Erhöhung oder Erniedrigung ermittelten neuen Ausbreitungsklassen nicht nur für die Gefährdungsdistanzen gelten, sondern neuerdings auch für die Ausbreitungswinkel.

## **MET Toxizitätswerte**

Nachfolgende in der Reihenfolge ihrer Aussagekraft genannten Werte werden nun für das MET© verwendet:

**PAC-2** (60 min) (Protective Action Criteria)

**AEGL-2** (4 h) (Acute Exposure Guideline Level)

Die PAC-Toxizitätswerte, eingeführt vom U.S. Department of Energy, sind keine neuen Toxizitätswerte, sondern nur ein vereinfachender Weg, den wissenschaftlich bedeutendsten Toxizitätswert für einen akuten Unfall schnell wählen zu können. Die PAC-Werte sind auf eine Stunde ausgelegt.

Der PAC-2 entspricht dem

- AEGL-2 (1 h), wenn ein AEGL-2 Wert für den Gefahrstoff definiert ist, sonst entspricht der PAC-2 Wert dem
- ERPG-2 (1 h), wenn ein ERPG-2 Wert für den Gefahrstoff definiert ist, sonst entspricht der PAC-2 Wert dem
- TEEL-2 (1 h), wenn der TEEL-2 Wert für den Gefahrstoff definiert ist.

Die Definition der PAC-1, PAC-2 und PAC-3 Werte entspricht denjenigen der AEGL-1 (1h), AEGL-2 (1h) und AEGL-3 (1h) und den ERPG-1, ERPG-2 und ERPG-3 Werten.

Für den Einsatz sind die PAC-2-Werte von Bedeutung, da diese Grenzwerte beschreiben, bei denen irreversible Gesundheitsschäden auftreten können.

Mit Stand Februar 2012 stehen für 3387 Substanzen PAC-Werte zur Verfügung.

Diese können im Internet unter folgender Adresse gefunden werden:  
<http://www.atlintl.com/DOE/teels/teel.html>

Zu ausgewählten Stoffen wird auch in Tabelle 1 des „Gefahrgut-Ersteinsatzes“ nach UN-Nummern sortiert der PAC-2-Wert angegeben.

Das Programm MEMPLEX® verwendet ab der Version 2015 ebenfalls die PAC-2-Toxizitätswerte.

## **MET Windstille**

Wettersituation, bei welcher kein Wind festgestellt (Windgeschwindigkeit etwa 0 km/h) werden kann und deshalb auch keine Windrichtung erkennbar ist. Hier muss eine Ausbreitung in alle Richtungen (360°) angenommen werden. Die Diffusion ist so langsam, dass die Zeiten bis zum Erreichen der vorgegebenen Schwellwerte sehr groß sind (oft mehrere Stunden). Die Folge dieser langsamen Ausbreitung ist, dass für Maßnahmen viel Zeit zur Verfügung steht, der Schutz durch Häuser aber wegen der langen Zeiten massiv abnimmt. Da die Maßnahmen zur Begrenzung der Auswirkung aber im Allgemeinen viel früher greifen, sind die Resultate in diesen Fällen sehr konservativ.

## **Nachweisen**

Nachweisen ist der Oberbegriff für Spüren, Messen oder Analysieren. Der Nachweis kann qualitativ und quantitativ erfolgen.

## **Notfallprobenahme**

Die Notfallprobenahme ist die Sicherstellung von gasförmigen, flüssigen oder festen Stoffen durch unterwiesene Einsatzkräfte unter Einsatzrahmenbedingungen.

## **Spüren**

Spüren ist die Suche nach freigesetzten Stoffen mit einfachen Nachweismöglichkeiten, die eine ja / nein-Aussage ermöglichen.

## **Transmission**

Transport des Schadstoffes von der Quelle zum Einwirkungsort.

## **Windrichtung**

Die Richtung, aus der der Wind kommt.

## **Zugrichtung**

Die Zugrichtung gibt an, in welche Richtung eine Schadstoffwolke zieht. Sie ist also die entgegengesetzte Windrichtung; z. B.: Wind kommt aus Richtung West und zieht in Richtung Ost. Für den Geltungsbereich der KatSDV 510 HE ist die Windrichtung maßgeblich (Wind aus), obwohl die Angabe der Zugrichtung erfahrungsgemäß zu weniger Verwechslungen führt.

## 7 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Gefährdungsbeurteilung nach Schadstofffreisetzung .....	2
Abb. 2: Giftigkeit chemischer Stoffe .....	3
Abb. 3: Stufenmodell für die einzelnen Phasen des Einsatzablaufs .....	8
Abb. 4: Keulenmodell für Maßstab 1:225.000 („BAYER-Zigarre“) .....	9
Abb. 5: MET Schritt 1 (Ermittlung von PAC-2 Wert und Mass Factor) .....	12
Abb. 6: MET Schritt 2 (Algorithmus entsprechend der Wetterdaten verfolgen, Ausbreitungsklasse ermitteln und ggf. erhöhen oder erniedrigen) .....	13
Abb. 7: MET Schritt 3 (Bestimmung des Ausbreitungswinkels der ursprünglichen Ausbreitungsklasse) .....	14
Abb. 8: MET Schritt 4 (Bestimmung der Gefährdungsdistanz für Personen im Freien) .....	15
Abb. 9: MET Schritt 5 (Bestimmung der Gefährdungsdistanz für Personen im Innern von Häusern) .....	15
Abb. 10: Abb. 10: MET Schritt 6 (Übertragung von Winkel und Distanzen auf Kartenmaterial) .....	16
Abb. 11: MET- Bevorzugte Messpunkte .....	17
Abb. 12: MEMPLEX: Eingabe Freisetzung .....	19
Abb. 13: MEMPLEX: Eingabe Wetter .....	19
Abb. 14: MEMPLEX: Darstellung der errechneten Gefährdungsbereiche .....	20
Abb. 15: MEMPLEX: Verknüpfung mit Kartenmaterial TOP 50 .....	20
Abb. 16: Verteilung von Messfahrzeugen um ein großflächiges Ausbreitungsgebiet einer Gefahrstoffwolke .....	22
Abb. 17: Grenzmessung .....	23

## 8 Quellenverzeichnis

1. U. Otte, DWD, Ausbildungsunterlage AKNZ,  
Tab. 1
2. vfdb-Richtlinie 10/05, 03/2004,  
Tab. 2
3. US Environmental Protection Agency, Office of Pollution Prevention and Toxics,  
Tab. 3
4. Hessische Landesfeuerwehrschule  
Tab. 4