Institut der Feuerwehr
Nordrhein-Westfalen

Lernunterlage B3-351

Mess- und Nachweisgeräte im ABC-Einsatz

Dezernat B3: Verbandsführer, ABC-Schutz und Medizinische Rettung

Ausgabe Februar 2026 66 Seiten

Inhalt

Diese Lernunterlage enthält eine Übersicht über häufig verwendete Strahlenschutz- und Chemikalienmess- und warngeräte. Um die Arbeitsweise und Grenzen der Geräte zu verstehen, sind die Messprinzipien erläutert.
Die in dieser Lernunterlage vorgestellten Mess- und Nachweisgeräte der unterschiedlichen Anbieter sollen einen möglichen Querschnitt der verfügbaren Technik darstellen. Eine Empfehlung des Instituts der Feuerwehr NRW ist damit nicht verbunden.

Urheberrecht
© IdF NRW, Münster 2026, 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.

IdF

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 ... 5
2 Allgemeine Anforderungen an ABC-Messgeräte ... 6
2.1 Allgemeine Anforderungen ... 6
2.2 Zusätzlich für elektronische Nachweisgeräte gilt: ... 6
2.3 Technische Anforderungen für kontinuierlich messende elektronische Geräte ... 7
3 Explosionsschutz ... 9
3.1 ATEX-Richtlinien der Europäischen Union ... 9
3.2 Zoneneinteilung ... 9
3.3 Gerätegruppen ... 10
3.4 Zündschutzarten ... 11
3.5 Explosionsgruppen ... 13
3.6 Temperaturklassen ... 13
3.7 Kennzeichnung ... 14
4 Messgeräte im A-Einsatz ... 15
4.1 Funktionsweise ... 15
4.1.1 Absorption und Thermolumineszenz ... 15
4.1.2 Ionisationskammer ... 15
4.1.3 Geiger-Müller-Zählrohr ... 16
4.1.4 Proportionalzählrohr ... 17
4.1.5 Szintillationszähler ... 18
4.2 Gerätearten ... 19
4.2.1 Dosisleistungsmessgeräte ... 19
4.2.2 Teleskop-Sonde ... 20
4.2.3 Dosisleistungswarner ... 22
4.2.4 Dosiswarner ... 22
4.2.5 Kontaminationsnachweisgerät ... 23
4.2.6 Personendosimeter (Thermolumineszenz-Dosimeter TL-DOS) ... 25
4.2.7 NBR-Szintillationssonde ABCErkKW ... 26
4.2.8 Messwerterweiterung -Radiologie- (MER-1) ABCErkKW ... 28
4.2.9 Gammaspektrometer ... 29
4.2.10 Neutronendetektoren ... 30
4.3 Überprüfung, Eichung von Strahlenschutzmessgeräten ... 30
5 Messgeräte im B-Einsatz ... 31
5.1 Allgemeines ... 31
6 Messgeräte im C-Einsatz ... 32
6.1 Prüfröhrchen ... 32
6.1.1 Prüfröhrchen-Typen (Auswahl) ... 33
6.1.2 Pumpen ... 34
6.1.3 Durchführen einer Prüfröhrchenmessung ... 35
6.1.4 Auswertung der Anzeige ... 35
6.1.5 Querempfindlichkeit ... 37
6.2 Chip-Messsystem CMS ... 38
6.3 Gaswarn- und Messgeräte ... 39
6.3.1 Anzeige und Funktionstest ... 39
6.3.2 Wartungsfreie Geräte ... 40
6.3.3 Funktionsweisen ... 41
6.3.3.1 Infrarot-Sensoren ... 41
6.3.3.2 Wärmetönungssensor ... 42
6.3.3.3 Wärmeleitung ... 43
6.3.3.4 Elektrochemischer Sensor ... 43
6.3.3.5 Photoionisationsdetektor PID ... 44
6.3.4 Eingasmessgeräte ... 44
6.3.5 Explosionswarngeräte ... 45
6.3.5.1 Kalibrierung/Justierung von Explosionswarngeräten ... 45

6.3.5.2 Alarmschwellen von Explosionswarngeräten ... 46
6.3.6 Mehrfachgasmessgeräte ... 46
6.4 Photoionisationsdetektor PID (ABCErkKW) ... 47
6.4.1 Funktionsweise ... 47
6.4.2 Responsefaktor/Korrekturfaktor ... 49
6.4.3 Einsatz auf dem ABCErkKW ... 50
6.5 Ionenmobilitätsspektrometer IMS ... 51
6.5.1 Funktionsweise ... 51
6.5.2 Messbetrieb ... 52
6.5.3 Detektierbare Substanzen ... 54
6.5.4 Querempfindlichkeiten ... 55
7 Sonstige Geräte zum Nachweis ... 56
7.1 Universalindikatorpapier (pH-Papier) ... 56
7.2 Öltestpapier ... 57
7.3 Wassernachweispaste ... 57
7.4 Kampfstoffpapier und Spürpulver ... 58
8 Spezielle Messtechnik der Analytischen Task Force ATF ... 59
8.1 E²M Gaschromatograph mit Massenspektrometer (GC-MS) ... 60
8.2 AP4C Flammenspektrophotometrie ... 60
8.3 SIGIS 2-System (HI 90 Hyperspectral Imager) ... 61
8.4 Röntgenfluoreszenzanalyse ... 61
8.5 TruDefender FTX FTIR-Spektrometer ... 61
8.6 FirstDefender RM ... 61
8.7 Isotopenanalysator ... 62
8.8 Gamma-Neutronen Messung ... 62
9 Sonstiges ... 63
10 Zusammenfassung ... 64
I Literaturverzeichnis ... 65

1 Einleitung

Ein wichtiger Bestandteil der Lageerkundung und der Beurteilung im ABC-Einsatz ist die Erkenntnis, ob eine Freisetzung von atomaren, biologischen und chemischen Stoffen stattgefunden hat. Beispiele sind Entscheidungen über den Verbleib von Personen in einem betroffenen Gebiet, Festlegungen von Gefahrenbereichsgrenzen, die Auswahl geeigneter Sonderausrüstung für die Einsatzkräfte oder die Kontrolle über die Wirksamkeit von einsatztaktischen Maßnahmen. Den Feuerwehren stehen für die Messung oder den Nachweis von AC-Gefahrstoffen eine Reihe verschiedener Geräte zur Verfügung, von denen in dieser Lernunterlage einige Gerätetypen beispielhaft vorgestellt werden. Für B-Gefahrstoffe gibt es für den Feuerwehreinsatz z. Z. noch keine verlässlichen Messverfahren, die eine zeitnahe Identifikation der Stoffe zulassen. Hier beschränkt man sich in der Regel auf die Anwendung geeigneter Probenahmeverfahren[1] und deren Auswertung in Laboren.

[1] Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe BBK „Empfehlungen für die Probenahme zur Gefahrenabwehr im Bevölkerungsschutz“

2 Allgemeine Anforderungen an ABC-Messgeräte

Anforderungen an feuerwehrtaugliche Geräte (nach vfdb-RL 10-05) [2]

2.1 Allgemeine Anforderungen

- Möglichst deutschsprachige, verständliche Bedienungsanleitung.
- Mobile Nachweissysteme und Zubehör müssen in handelsüblichen Transportbehältern (möglichst mit Normabmessungen) untergebracht werden können.
- Stationäre (fahrzeuggebundene) Geräte müssen entsprechend der geltenden Vorschriften in Fahrzeugen gegen unkontrolliertes Bewegen zu sichern sein. Die Bedienbarkeit und Funktion von während der Fahrt nutzbaren Nachweissystemen darf dadurch nicht eingeschränkt werden.
- Feuerwehrtaugliche Nachweissysteme müssen einfach und mit wenigen Bedienungselementen bedienbar sein.
- Feuerwehrtaugliche Nachweissysteme für die mobile Nutzung müssen zusätzlich auch bei angelegter Schutzkleidung (Feuerwehrhandschuhe, CSA) zu bedienen sein.
- Schutz-Taschen dürfen die Bedienung der Nachweissysteme sowie deren Funktion nicht behindern.
- Nachweissysteme, die an Schadensstellen eingesetzt werden, müssen nach dem Stand der Technik zu reinigen/dekontaminieren sein. Die gewählten Verfahren und Mittel dürfen die Funktion des Nachweissystems nicht beeinflussen.

2.2 Zusätzlich für elektronische Nachweisgeräte gilt:

- Notwendige Bedienelemente sind deutschsprachig zu beschriften bzw. deren Bedeutung ist über gängige Symbole/Piktogramme verständlich zu erklären.
- Die Beschriftung muss haltbar und deutlich sichtbar angebracht sein sowie gegenüber üblicher Reinigung resistent sein.
- Die Anzeige muss deutlich auch bei Dunkelheit lesbar sein. Die Lesbarkeit muss bei Geräten, die im Gefahrenbereich zum Einsatz kommen sollen, auch unter CSA gegeben sein.
- Warn- und Alarmschwellen müssen – auch unter Schutzkleidung – deutlich wahrnehmbar sein.
- Messbereichsüberschreitungen einer oder mehrerer Messgrößen eines Nachweissystems müssen deutlich erkennbar angezeigt werden. Werden mehrere Messbereiche abgedeckt, soll automatisch auf den nächsten Messbereich umgeschaltet werden. Die Umschaltung muss angezeigt und quittiert werden.
- Getrennte Menüführung zwischen Einsatz- und Administrations-, Wartungs- bzw. Service-Menü.

2.3 Technische Anforderungen für kontinuierlich messende elektronische Geräte

Allgemein

- Nachweissysteme, die im Freien bei großräumigen Schadstoffausbreitungen eingesetzt werden, sollen eine Geocodierung der Messergebnisse zum Beispiel über ein Funkuhr- und ein GPS-Modul erlauben.
- Alle Daten sollen an ein stationäres Auswertesystem übertragbar (standardisiertes Datenformat) sein.
- Das Gerät erfordert zur Aufrechterhaltung der Einsatzverfügbarkeit nur einen geringen Wartungs- und Pflegeaufwand
- Der Wechsel von Batterien und externen Filtern, sofern benötigt, muss durch geschulte Anwender erfolgen können.
- Eine Justier-/Kalibriermöglichkeit durch den Betreiber ist gegeben.
- Das Gerät verfügt über einen automatischen Selbsttest.
- Das Gerät verfügt über einen Selbsttest mit aussagefähiger Anzeige der restlichen Betriebszeit.
- Funktionstests durch einfache Standards.
- Bei elektronischen Messsystemen, die den Anwender vor Erreichen von Grenzwerten warnen sollen, sind die Alarmschwellen voreinstellbar. Die Alarmgebung erfolgt mit optischen und akustischen Signalen. Die Voralarme sind abschaltbar.
- Der Einsatztemperaturbereich liegt mindestens zwischen -20 °C bis + 40 °C
- Als Schutzart sollte mindestens IP 54 erfüllt werden.
- Ex-Zulassung für Messgeräte, die auch in Ex-Zonen zum Einsatz kommen können, mindestens: II 2 G EEx IIC T4 (nur für C-Messgeräte). Sofern für spezielle Aufgaben Messgeräte mit geringerem Explosionsschutz eingesetzt werden sollen, ist dafür eine gesonderte Gefährdungsanalyse durchzuführen und es sind besondere Schutzmaßnahmen für den Einsatz festzulegen.

Energieversorgung

- Ist ein netzunabhängiger Betrieb vorgesehen, so sollte das Gerät mit handelsüblichen Akkus oder Batterien, sofern die Ex-Schutz-Anforderungen und die Betriebsdauer damit erfüllt werden, betrieben werden können.
- Betriebsdauer für netzunabhängig nutzbare Geräte sollte mindestens fünf Stunden (ETW plus eine Stunde Sicherheit) betragen.

Datensicherung

- Messwerte müssen speicherbar sein. Dabei sollte eine Wahlmöglichkeit zwischen der Speicherung von Spitzenwerten und Intervallspeicherungen vorhanden sein.
- Alle Werte einer aktuellen Messreihe müssen während des Einsatzes nachträglich abrufbar sein. Eine Sicherheitsabfrage vor dem Abschalten oder eine automatische Speicherung muss vor Datenverlusten schützen.
- Nach dem Einschalten sollen alle angezeigten Datenspeicher auf null stehen (in der Anzeige dürfen nicht die Werte der letzten Messung angezeigt werden).
- Bei vollem Datenspeicher werden die ältesten Daten überschrieben.
- Für die Auswertung mit einem externen Datenverarbeitungssystem ist eine handelsübliche Schnittstelle vorzusehen.
- Die Daten sind in einem handelsüblichen Format zusammen mit Datum und Uhrzeit zu speichern, um sie zur Beurteilung auswerten zu können.

3 Explosionsschutz

In den Bereichen, in denen die Entstehung explosionsfähiger Gemische aus brennbaren Stoffen und Luft durch Maßnahmen des primären Explosionsschutzes nicht verhindert werden kann, sind besondere Maßnahmen zur Vermeidung von Explosionen erforderlich. Für die gesamte elektrische Ausrüstung in explosionsgefährdeten Bereichen gelten daher besondere Baubestimmungen. Das gilt auch für die in diesen Bereichen eingesetzt Messgeräte der Feuerwehren.

3.1 ATEX-Richtlinien der Europäischen Union

Die Bezeichnung ATEX leitet sich aus der französischen Abkürzung für ATmosphères EXplosibles ab. Die Richtlinie umfasst zurzeit die ATEX-Produktrichtlinie 2014/34/EU und die ATEX-Betriebsrichtlinie 1999/92/EG, die Geräte und Schutzsysteme abdecken, welche in explosionsgefährdeten Bereichen Verwendung finden sollen. [4][5]

3.2 Zoneneinteilung

Ein Bereich, in dem explosionsfähige Atmosphäre in solchen Mengen auftreten kann, dass besondere Schutzmaßnahmen für die Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer erforderlich werden, gilt als explosionsgefährdeter Bereich.

Explosionsgefährdete Bereiche werden nach Häufigkeit und Dauer des Auftretens von explosionsfähiger Atmosphäre in Zonen unterteilt. Aus dieser Einteilung ergibt sich der Umfang der zu ergreifenden Maßnahmen.

Zone 0	ist ein Bereich, in dem explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln **ständig, über lange Zeiträume oder häufig** vorhanden ist.
Zone 1	ist ein Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb **gelegentlich** eine explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln bilden kann.
Zone 2	ist ein Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln **normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig** auftritt.
Zone 20	ist ein Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbaren Staub **ständig, über lange Zeiträume oder häufig** vorhanden ist.
Zone 21	ist ein Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb **gelegentlich** gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub bilden kann.

Zone 22	ist ein Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbaren Staub **normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig** auftritt.

3.3 Gerätegruppen

Die elektrischen Geräte werden nach der ATEX-Richtlinie 2014/34/EU in Gerätegruppen und verschiedenen Gerätekategorien unterschieden.

Gerätegruppe I gilt für Geräte, die in Untertagebetrieben von Bergwerken sowie deren Übertageanlagen, die durch Grubengas und/oder brennbare Stäube gefährdet sind, verwendet werden. Diese Gruppe wird hier nicht näher betrachtet.

Gerätegruppe II gilt für Geräte zur Verwendung in den übrigen Bereichen, die durch eine explosionsfähige Atmosphäre gefährdet werden können.

Gerätegruppe III Die oben genannte ATEX-RL unterteilt nur in die aufgeführten zwei Gruppen. Bei der Einführung der EN 60079-0:2009 für explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel wird eine dritte Gruppe unterschieden, die Geräte umfasst, die in Bereichen mit Stäuben eingesetzt werden. Auch diese werden hier nicht näher betrachtet.

Gerätekategorie 1: Die Geräte sind zur Verwendung in Bereichen bestimmt, in denen eine explosionsfähige Atmosphäre ständig oder langzeitig oder häufig vorhanden ist (Zone 0). Die Geräte müssen selbst bei selten auftretenden Gerätestörungen das erforderliche Maß an Sicherheit gewährleisten und weisen Ex-Schutzmaßnahmen auf, so dass

- beim Versagen einer apparativen Schutzmaßnahme mindestens eine zweite unabhängige apparative Schutzmaßnahme die erforderliche Sicherheit gewährleistet, oder
- beim Auftreten von zwei unabhängigen Fehlern die erforderliche Sicherheit gewährleistet wird.

Gerätekategorie 2: Die Geräte sind zur Verwendung in Bereichen bestimmt, in denen eine explosionsfähige Atmosphäre gelegentlich auftritt (Zone 1). Die apparativen Ex-Schutzmaßnahmen gewährleisten selbst bei häufigen Gerätestörungen oder Fehlerzuständen, die üblicherweise zu erwarten sind, das erforderliche Maß an Sicherheit.

Gerätekategorie 3: Die Geräte sind zur Verwendung in Bereichen bestimmt, in denen nicht damit zu rechnen ist, dass eine explosionsfähige Atmosphäre durch Gase, Dämpfe, Nebel oder aufgewirbelten Staub auftritt, aber wenn sie dann doch auftritt, dann aller Wahrscheinlichkeit nach nur selten oder während eines kurzen Zeitraums (Zone 2). Die Geräte gewährleisten bei normalem Betrieb das erforderliche Maß an Sicherheit.

Übersicht für die Gerätegruppe II (nur für die Stoffgruppe Gase und Dämpfe):

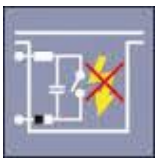
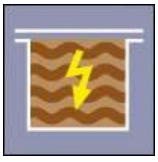
Gerätegruppe II			
Geräte zur Verwendung in ex-gefährdeten Gas- und Dampfatmosphären			
	Gerätekategorie 1	**Gerätekategorie 2**	**Gerätekategorie 3**
Gefahr	ständig, häufig, über längere Zeit	gelegentlich	selten, kurzzeitig
Anforderung	sehr hohe Sicherheit	hohe Sicherheit	normale Sicherheit
Zone	Zone 0	Zone 1	Zone 2

Tabelle 1: Übersicht Gerätegruppen [IdF NRW]

3.4 Zündschutzarten

Aus der Zone ergibt sich die Anforderung an den Explosionsschutz für das elektrische Gerät. Die Hersteller können aus verschiedenen Zündschutzarten wählen, um den geforderten Explosionsschutz zu erreichen. Elektrische explosionsgeschützte Betriebsmittel können für gasexplosionsgefährdete Bereiche nach der Normenreihe DIN EN 60079 in verschiedenen Zündschutzarten ausgeführt werden.

Eine Übersicht über die verschiedenen Zündschutzarten ist in den nachfolgenden Tabellen wiedergegeben:

Zünd-schutzart	Darstellung	Grundprinzip	Anwendungs-beispiel
Zündschutzarten, bei denen die Energie von Funken und Lichtbögen sowie Temperaturen von Oberflächen so klein gehalten werden, dass sie nicht mehr zündfähig sind.			
Erhöhte Sicherheit **„e"**		Maßnahmen, die verhindern, dass unzulässig hohe Temperaturen und das Entstehen von Funken und Lichtbögen im Innern oder an äußeren Teilen entstehen.	Leuchten, Anschlusskästen
Eigen-sicherheit **„i“**		Maßnahmen, die verhindern, dass keine thermischen Effekte und kein Funke eine Zündung verursachen.	Messtechnik, Sensoren
Zündschutzarten, bei denen das explosionsfähige Gemisch von Teilen, an denen zündfähige Funken, Lichtbögen oder Temperaturen auftreten, ferngehalten wird.			
Überdruck-kapselung **„p“**		Im Innern eines Gehäuses wird durch ein Schutzgas ein Überdruck erzeugt, dass das ggf. brennbare Gemisch verdünnt.	Schaltschränke, große Motoren, Analysegeräte
Öl-kapselung **„o“**		Teile, die eine Zündung hervorrufen können, sind in einer Schutzflüssigkeit (z.B.: Öl) eingetaucht, die verhindert, dass eine Ex-Atmosphäre außerhalb der Kapselung nicht gezündet werden kann.	Transformatoren, Anlasswiderstände
Verguss-kapselung **„m“**		Teile, die eine Zündung hervorrufen können, sind in einer Vergussmasse so eingebettet, dass eine Ex-Atmosphäre nicht gezündet werden kann.	Sensoren, Anzeigegeräte

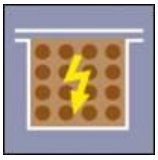
Zündschutzarten, bei denen das in die Gehäuse eingedrungene explosionsfähige Gemisch durch Funken, Lichtbögen oder Temperaturen gezündet wird, die Explosion sich aber nicht in den explosionsgefährdeten Raum fortsetzen kann			
Druckfeste Kapselung **„d“**		Teile, die eine Ex-Atmosphäre zünden können, sind in ein Gehäuse eingeschlossen, das eine Explosion im Innern aushält und eine Übertragung nach außen verhindert.	Leuchten, Schaltgeräte, Motoren
Sand-kapselung **„q“**		Das Gehäuse wird mit feinkörnigem Material gefüllt (z.B.: Sand), dass eine Zündung durch Lichtbögen nach außen verhindert.	Sensoren, Anzeigegeräte

Tabelle 2: Übersicht Zündschutzarten [IdF NRW]

3.5 Explosionsgruppen

Für die Zündschutzarten "Druckfeste Kapselung d" und "Eigensicherheit i" der Gerätegruppe II sind die Untergruppen IIA, IIB, und IIC vorgeschrieben. Die Einteilung verschiedener Gase beruht bei der "druckfesten Kapselung" auf der experimentell ermittelten Grenzspaltweite (Maximale Weite eines Spaltes einer Flammendurchschlagsicherung, durch den eine Zündung nicht mehr übertragen werden kann) und bei "eigensicheren" elektrischen Betriebsmitteln auf die Energie des eigensicheren Stromkreises

Unter-gruppe	**IIA**	**IIB**	**IIC**
Beispiele	Diesel, Benzin, Ethan, Methan, Kohlenmonoxid, …	Stadtgas, Schwefelwasserstoff, Ethylen, …	Wasserstoff, Acetylen, Schwefelkohlenstoff, Trichlorsilane

Tabelle 3: Übersicht und Beispiele Gerätegruppen [IdF NRW]

3.6 Temperaturklassen

Die Zündtemperaturen der verschiedenen Gase unterscheiden sich stark. Während ein Gemisch aus Luft und Erdgas erst bei 560 °C gezündet wird, kommt ein Benzin-Luft-Gemisch bereits bei etwa 250 °C zur Zündung. Die

maximale Oberflächentemperatur eines elektrischen Betriebsmittels muss daher stets kleiner sein als die Zündtemperatur des Gas- bzw. Dampfgemisches, in dem es verwendet wird.

Temperaturklasse	max. Oberflächentemperatur		Stoffbeispiele	Zündtemperatur IGS-fire 2025-11
T1	450°C		Propan	470°C
			Erdgas (Methan)	595°C
T2	300°C		Acetylen	305°C
T3	200°C		Benzin (Ottokraftstoff)	250 - 325°C
			Dieselkraftstoff	220°C
T4	135°C		Diethylether	175°C
T5	100°C		tert-Butylperoxybenzoat	130°C
T6	85°C		Schwefelkohlenstoff	100°C

Tabelle 4: Temperaturklassen und Beispiele [IdF NRW]

3.7 Kennzeichnung

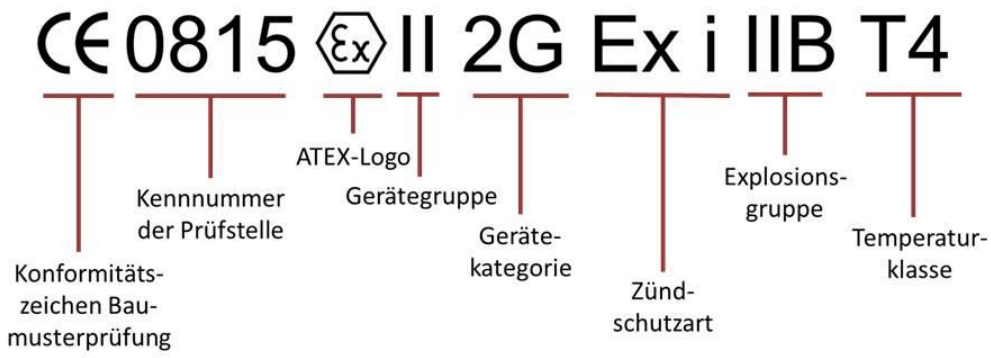


Abbildung 1: Beispiel Ex-Kennzeichnung nach ATEX 2014/34/EU [Grafik: IdF NRW]

Neben der Ex-Kennzeichnung muss eine CE-Kennzeichnung erfolgen.

Mit der Anbringung der CE-Kennzeichnung wird die Übereinstimmung der Erzeugnisse mit den entsprechenden grundlegenden Anforderungen aller für das Produkt zutreffenden Richtlinien bestätigt.

4 Messgeräte im A-Einsatz

4.1 Funktionsweise

Wenn ionisierende Strahlung Materie durchdringt, kommt es zu Wechselwirkungen zwischen den α-, β-Teilchen oder γ-Strahlung mit den Atomen der Materie. Das Prinzip der Messung basiert auf dem Nachweis der von der Strahlung in Materie hervorgerufenen Anregungen und Ionisation. Man unterscheidet zwischen indirekt (γ-Strahlung) und direkt (α- und β-Strahlung) ionisierender Strahlung. Die bei der Ionisation entstehenden Ladungen (negative Elektronen und positive Ionen) können entweder direkt über elektrischen Strom oder durch eine sekundäre Wirkung (z.B. Absorption) nachgewiesen werden.

4.1.1 Absorption und Thermolumineszenz

Das Prinzip der Absorption und Thermolumineszenz wird unter anderem zum Nachweis der Dosis mit Personendosimetern genutzt. Die Strahlung beeinflusst im ersten Schritt die Elektronen der Atome eines Kristalls (z. B.: Lithiumflourid mit Magnesium und Titan dotiert). Die Elektronen werden durch die auftreffende Strahlung angeregt und werden in diesem angeregten Stadium ugs. „eingefangen“ (Adsorption) oder „gespeichert“. Bei der anschließenden Auswertung des TL-DOS Dosimeters durch die zuständige Messstelle wird die Kristallstruktur erwärmt („Thermo“) und die zuvor „eingefangenen“ Elektronen verlassen den angeregten Zustand. Dabei wird ein Lichtsignal („Lumineszenz“) erzeugt, dessen Stärke ein Maß für die gespeicherte Dosisinformation ist.

4.1.2 Ionisationskammer

Eine Kammer besteht im einfachsten Fall aus einem zylinderförmigen Rohr, welches mit Zählgas (Methan, Butan, Propan oder Edelgase) gefüllt ist, und einem nachgeschalteten Verstärker und einer Anzeigeschicht.

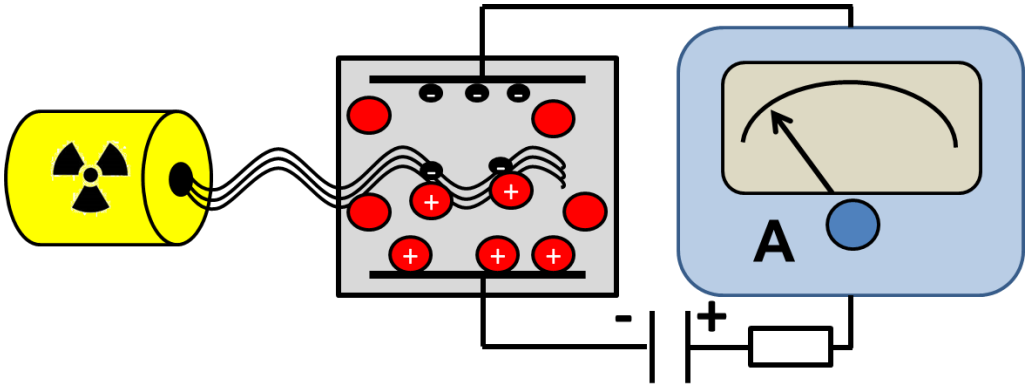


Abbildung 2: Schematische Darstellung einer Ionisationskammer [Grafik: IdF NRW]

Die Ionisationskammer nutzt die Eigenschaft der Strahlung aus, beim Durchgang durch Materie Ionen zu erzeugen. Die Ionen werden im elektrischen Feld beschleunigt und bewegen sich zu den Elektroden. Dieser Ladungstransport stellt einen elektrischen Strom dar, der nur noch verstärkt und

angezeigt werden muss. Die Stärke des Stroms ist dabei allein von der Stärke der Strahlenquelle abhängig.

Man kann zwei Messprinzipien unterscheiden:

- Ein vorher geladener Kondensator wird von den durch Ionisation entstehenden Ladungen entladen. Damit kann man die Strahlungsmenge über einen bestimmten Zeitraum hinweg aufsummieren, d.h. man erhält eine Dosismessung **(Prinzip Dosiswarner)**.
- An den Elektroden der Kammer liegt eine konstante Spannung an. Die gebildeten Ladungen erzeugen einen Strom, den man messen kann (**Prinzip Dosisleistungsmessgerät**).

4.1.3 Geiger-Müller-Zählrohr

Zählrohre sind die im Strahlenschutz gebräuchlichsten Strahlennachweisgeräte. Hierbei handelt es sich im Prinzip um eine Ionisationskammer, bei der eine Elektrode durch einen sehr dünnen Draht ersetzt ist.

Das Geiger-Müller-Zählrohr besteht aus einem mit Luft oder einem anderen Gas (Edelgas) unter verminderten Druck gefülltem, meist dünnwandigen Metallrohr, durch welches in der Achse isoliert ein dünner Metalldraht ausgespannt ist. An der Rohrwandung ist ein negativer Pol (-) angelegt. Der Draht fungiert als positiver Pol (+) und als Zähldraht. Dazwischen liegt eine hohe Spannung. Das Zählrohr wirkt zunächst als Ionisationskammer. Sobald die Strahlung auf die Gasatome trifft, werden dabei Elektronen aus den Gasatomen herausgeschlagen (**Ionisation**). Durch diesen Vorgang entstehen positiv geladene Gasionen und freie Elektronen.

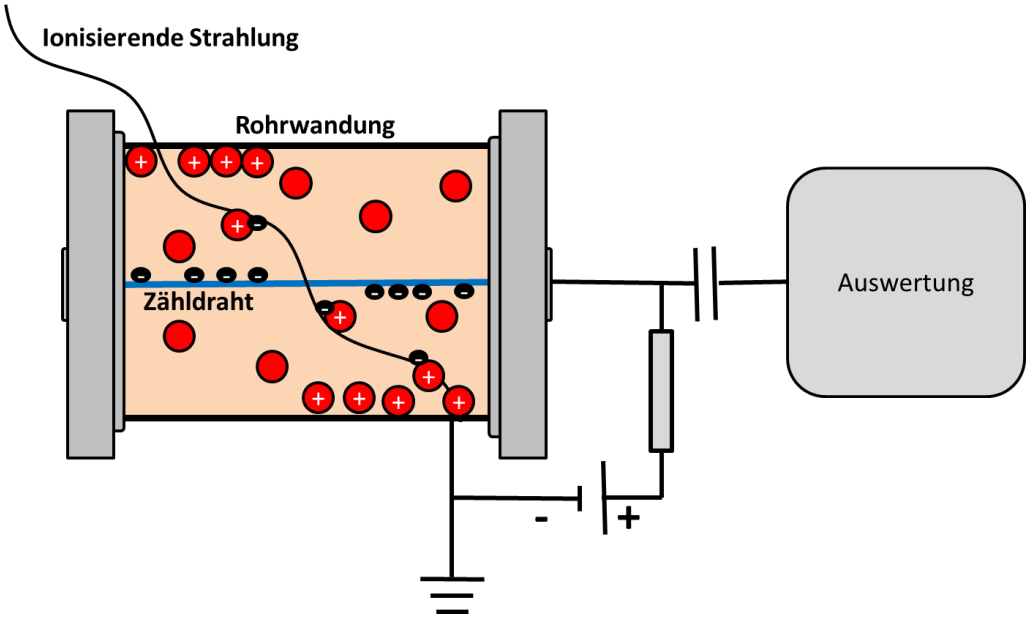


Abbildung 3:Schematische Darstellung eines Geiger-Müller-Zählrohres [Grafik IdF NRW]

Im elektrischen Feld des Zählrohres wandern die Elektronen zum positiven Draht, auf diesem Weg ionisieren sie weitere Gasatome, so dass ein kräftiger Stromstoß entsteht, der sich nach mäßiger Verstärkung leicht nachweisen lässt. Durch die Art der Schaltung, insbesondere durch einen hohen Widerstand, kann erreicht werden, dass die gezündete Entladung sofort wieder abreißt und das Zählrohr für ein neues zu zählendes Teilchen bereit ist. Man erreicht diesen Effekt auch, wenn man dem Gasinhalt mehratomige Moleküle, wie Alkoholdampf, beigemengt. Derartige Zählrohre haben eine bessere zeitliche Auflösung und erlauben daher eine höhere Zählgeschwindigkeit. Der im Zählrohr entstehende Stromstoß wird elektronisch ausgewertet und kann über eine Anzeige sichtbar oder über einen Lautsprecher akustisch wahrnehmbar gemacht werden.

4.1.4 Proportionalzählrohr

In den Proportionalzählrohren (Flächenzählrohre der Kontaminations-nachweisgeräte) befinden sich hinter einer dünnen Eintrittsfläche von etwa 160 -180 cm^2 nebeneinander angeordnete Zähldrähte. Das Proportionalzählrohr wird mit einer wesentlich höheren Spannung betrieben als eine Ionisationskammer. Die eintretenden direkt ionisierenden Teilchen, wie α- und β-Teilchen rufen im Zählgas Ionisationen hervor. Der Nachweis der γ-Strahlung im Zählrohr geschieht dadurch, dass einzelne elektromagnetische Wellen im Material der Zählrohrwandung Elektronen auslösen, welche in das Zählgas eintreten und dort Ionisationen hervorrufen. Die dabei freigesetzten Elektronen werden im Hochspannungsfeld des Zähldrahtes so stark beschleunigt, dass lawinenartig weitere Ionisationen entstehen. Ein Ionenpaar kann dabei mehrere Elektronen bzw. Ionen erzeugen.

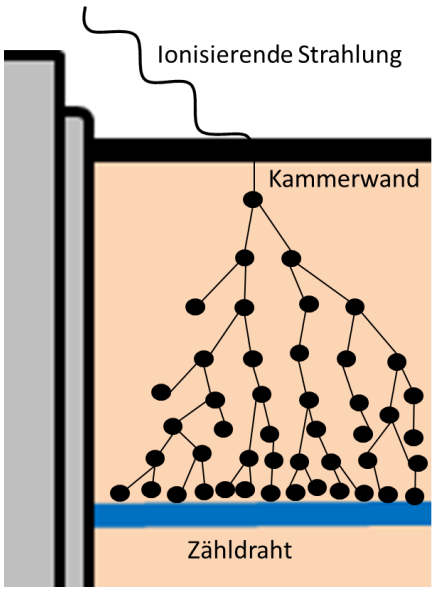


Abbildung 4: Schematische Darstellung Proportionalzählrohr [Grafik IdF NRW]

Es entsteht also ein recht kräftiger Stromstoß, der an einem Widerstand einen Spannungsabfall verursacht. Somit können einfallende Strahlen einzeln registriert werden. Das Proportional-Zählrohr ist somit für die Teilchenzählung (Impulszählung) geeignet.

Solange im Zählrohr eine Entladung stattfindet, kann kein weiteres Teilchen registriert werden. Die Zeit, die vergeht, bis das Zählrohr nach der Registrierung eines Teilchens wieder arbeitsbereit ist, wird Totzeit genannt. Die positiven Ionen müssen zur Kathode wandern und die Spannung zwischen Kathode und Anode muss sich erneut aufbauen. Bei hochwertigen Zählrohren ist die Totzeit $< 10^{-4}$ Sekunden.

Die Anzahl der Impulse ist proportional der Zahl der auf die Zähldrähte treffenden Ionenpaare und wird als Impulse pro Sekunde als Messergebnis angezeigt. Die Nachweiswahrscheinlichkeit der Strahlung variiert sehr stark mit der Energie der nachzuweisenden Strahlung. Ohne Kenntnis der Energie kann man aus der Anzeige „Impulse pro Sekunde“ [IPS] keinen Rückschluss auf die Oberflächenaktivität [Bq] oder [Bq/cm²] ziehen.

4.1.5 Szintillationszähler

Szintillationszähler weisen die Gammastrahlung besser nach als Zählrohrsysteme. Sie haben außerdem den großen Vorteil, dass die Spannungs- und Ladungsimpulse, welche sie an das Registriersystem abgeben, in ihre Größe proportional zur Energie der einfallenden γ-Strahlen sind. Man kann damit aus der Impulshöhe direkt die Energie der γ-Strahlung bestimmen und damit einzelne Nuklide identifizieren.

Der Szintillationszähler kann als Detektor verschiedene Materialien besitzen, häufig aber einen Natriumjodid-Kristall mit Thalliumeinlagerungen. Die Gammastrahlung erzeugt durch verschieden Prozesse (z.B. Photoeffekt) tausende langsame Elektronen. Diese regen das Thallium zur Aussendung von Lichtblitzen an. Die Lichtblitze verursachen an der Photokathode durch den Photoeffekt ein Herauslösen von Elektronen. Diese werden durch die anliegende Hochspannung beschleunigt, und lösen an den Sekundärelektroden (Dynoden) lawinenartig weitere Elektronen aus. Dies ist das Prinzip der Photomultiplier.

Das so verstärkte Signal kann nun entsprechend seiner Stärke einer auslösenden Energie zugeordnet werden. Einzelne Zähler übernehmen dann das Registrieren der Quanten bestimmter Energien.

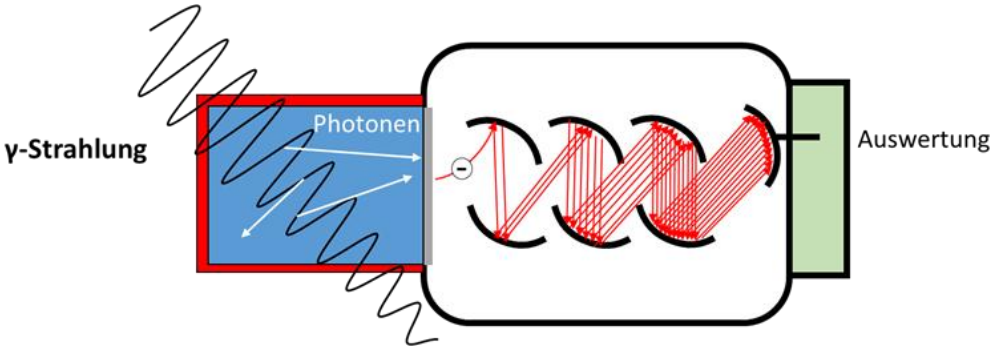


Abbildung 5: Schematische Darstellung Szintillationszählrohr [Grafik: IdF NRW]

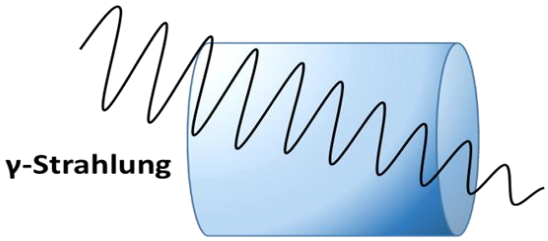


Abbildung 6: Anregung eines Natriumiodidkristalls [Grafik: IdF NRW]

Auf der Basis eines Plastikszintillationsdetektors ist eine Methode zur Schnellerkennung von γ-Kontaminationen entwickelt worden. Das NBR-Verfahren (Natural Background Reduction) kann insbesondere stark abgeschirmte oder weit entfernte Strahlenquellen durch die Unterdrückung der natürlichen Umgebungsstrahlung in extrem kurzen Messzeiten wesentlich empfindlicher nachweisen als mit herkömmlichen Verfahren. Dieses Verfahren wird auf dem ABC-Erkundungskraftwagen verwendet.

4.2 Gerätearten

Die Verwendung von Strahlenmess- und Nachweisgeräten nimmt im Feuerwehreinsatz eine wichtige Rolle ein. Die Geräte ermöglichen es – bei richtiger Verwendung – Gefahren durch ionisierende Strahlung zu erkennen und zu bewerten. Vor dem Einsatz der Geräte muss jeder Einsatzkraft (Führungskraft und Bediener) klar sein, was mit den Geräten gemessen bzw. nachgewiesen werden kann.

4.2.1 Dosisleistungsmessgeräte

Ein Dosisleistungsmessgerät ist ein Messgerät, das im Strahlenschutz zur Messung der Dosisleistung von elektromagnetischer Strahlung (γ-Strahlung) eingesetzt wird. Dosisleistungsmessgeräte, die bei Feuerwehren üblicherweise eingesetzt werden, enthalten als Strahlungsdetektor meist ein Geiger-Müller-Zählrohr [siehe 4.1.3]. Wegen der Messträgheit dieser Zählrohre sollte man bei der Suche von Strahlenquellen langsam zur Einsatzstelle vorgehen. In einigen Fällen können die Geräte auch mit Szintillationszählrohren [siehe 4.1.5] ausgestattet sein.

Die Geräte geben die augenblickliche Äquivalentdosis pro Zeiteinheit an [Sv/h; mSv/h; µSv/h; nSv/h].



Abbildung 7: Messwert der Dosisleistung in µSv/h [Bild: IdF NRW]

Dosisleistungsmessgeräte können elektromagnetische Wellenstrahlung nur in einem bestimmten Energiebereich, z.B. 60 keV – 1,3 MeV, nachweisen. [siehe Abbildung 8: Angaben von Anzeige-, Mess- und Energiebereich eines Dosisleistungsmessgerätes AD2 und 5 Fa. automess [Bilder: IdF NRW]]



Abbildung 8: Angaben von Anzeige-, Mess- und Energiebereich eines Dosisleistungsmessgerätes AD2 und 5 Fa. automess [Bilder: IdF NRW]

Über Steckverbindungen können an die Geräte verschiedene Außenzählrohre angeschlossen werden, so dass die Geräte für verschiedenste Messaufgaben verwendet werden können. Durch das Außenzählrohr wird in der Regel auch der Anzeige- und Messbereich automatisch verändert.

Hinweis:

Nach der Strahlenschutzverordnung sind ab 2011 für Personendosimetrie die Tiefen-Personendosis $H_p(10)$ und für die Ortsdosis die Umgebungs-Äquivalentdosis $H^*(10)$ verbindlich festgelegt. Da die Aufgaben der Feuerwehr nicht unter die Definition der „beruflichen Strahlenexposition“ fallen, fallen auch Messaufgaben im Einsatz nicht unter die StrSchV bzw. RöV und erfordern deshalb auch nicht zwingend Messgeräte, die die neuen Messgrößen verwenden.

Für die in der FwDV 500 festgelegten Richtwerte können Messgeräte sowohl mit alten wie neuen Messgrößen verwendet werden.

4.2.2 Teleskop-Sonde

Die Teleskop-Sonde wird in Verbindung mit einem Dosisleistungsmessgerät verwendet und misst γ-Strahlung. Bei einigen Geräten kann durch Entfernen einer Schutzkappe ein Endfenster freigelegt werden, so dass auch der Nachweis von β-Strahlung möglich ist. [siehe Abbildung 9]

Durch die ca. 3-4 m lange, ausziehbare Teleskopstange, die insbesondere bei der Strahlersuche eingesetzt wird, wird der Abstand der Einsatzkräfte zur Strahlenquelle vergrößert. Dabei wird die Dosisleistung aufgrund des quadratischen Abstandsgesetzes auf einen Bruchteil für den vorgehenden Trupp verringert, wobei der Strahlungsdetektor dicht an die Quelle gehalten werden kann.

Einige Geräte besitzen eine zusätzliche Taste, die es ermöglicht den Messwert der Dosisleistung an der Spitze der Teleskop-Sonde auszublenden und den Messwert des Basisgerätes anzuzeigen. Beim Loslassen der Taste wird automatisch wieder der Messwert des Detektors an der Spitze der Teleskop-Sonde angezeigt. Damit sind Unterschiede der Dosisleistung am Ort der Teleskop-Sonde und am Ort des Basisgerätes (Ort des Trupps) jederzeit feststellbar. [siehe Abbildung 10]



Abbildung 9: Teleskop-Sonde Fa. automess mit abnehmbarer Kappe zum Messen von β-Strahlung [Bild: IdF NRW]



Abbildung 10: Umschalttaste (roter Pfeil) zwischen Sonde und Basisgeräte [Bild: IdF NRW]

4.2.3 Dosisleistungswarner

Das Dosisleistungswarngerät dient der Überprüfung der Grenze des Gefahrenbereichs. Bei Erreichen der eingestellten Gamma-Dosisleistung von 25 µSv/h geben die Geräte einen Warnton ab, der bei Unterschreiten des Wertes wieder verstummt.



Abbildung 11: Dosisleistungswarner mit der Warnschwelle von 25 µSv/h Fa. Thermo [Bild: IdF NRW]

4.2.4 Dosiswarner

Das Dosiswarngerät kann aufgrund seiner Bauform ausschließlich γ-Strahlung wahrnehmen. Es hat die Aufgabe, die aufgenommene Personendosis zu registrieren und den Träger beim Erreichen des einsatzbezogenen Referenzwertes zu warnen. Das Gerät wird in Brusthöhe getragen, um als Referenzpunkt der Ganzkörperdosis zu dienen und die Möglichkeit von Schaltvorgängen im Einsatz zuzulassen. Die aufgenommene Dosis kann nach dem Einsatz ausgelesen werden.

Folgende Warnschwellen müssen einstellbar sein: 1 mSv, 20 mSv[2], 100 mSv und 250 mSv.

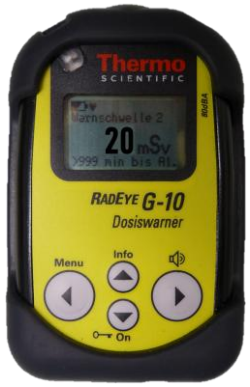


Abbildung 12: Dosiswarner mit der Warnschwelle von 20 mSv Fa. Thermo [Bild: IdF NRW]

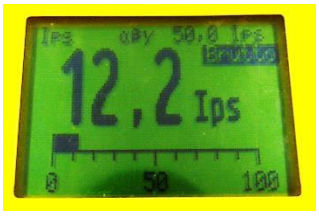
[2] Der Referenzwert von 20 mSv bei Einsätzen zum Schutz der Umwelt oder von Sachgütern entspricht den aktuellen Vorgaben des Strahlenschutzgesetzes. Dosiswarngeräte, die für diesen Einsatzanlass nur den früheren Wert von 15 mSv zulassen, dürfen weiterverwendet werden. Innerhalb einer ABC-Einheit müssen gleiche Referenzwerte verwendet werden. [Quelle: FwDV 500 [1] Kap. 2.4.1 Erkundung und Beurteilung]

4.2.5 Kontaminationsnachweisgerät

Kontaminationsnachweisgeräte sind Geräte, die bereits auf geringste Kontamination mit radioaktiven Stoffen ansprechen. Als Detektoren werden Großflächenzählrohre (siehe 4.1.4) oder Szintillationszählrohre (siehe 4.1.5) verwendet.

Der Messwert „Impulse pro Sekunde“ wird auf den Displays der Geräte nicht immer einheitlich angezeigt.

Dabei gilt: IPS = Imp/s = CPS (engl.) = 1/s = s^{-1}

a) 

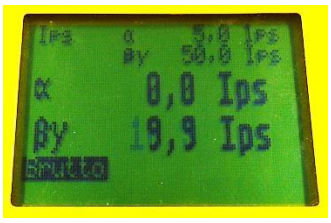
b) 

Abbildung 13: Anzeige Como 170 Fa. S.E.A GmbH für αβγ-Gesamtzählrate (a) und differenziert nach α- und βγ-Strahlung in getrennter Ansicht (b) in IPS [Bild: IdF NRW]

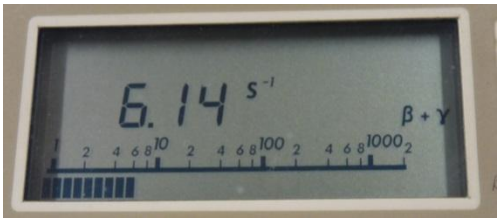


Abbildung 14: Anzeige FHT Fa. ThermoFischer für βγ-Strahlung in der Einheit s^{-1} [Bild: IdF NRW]

a) 

b) 

Abbildung 15: Anzeige Kontaminationsmonitor Fa. automess mit der Anzeige "ext0" für das Flächenzählrohr in der Einheit s^{-1} (a) mit der Schalterstellung „αβγ“ (b) [Bild: IdF NRW]

Der Nachweis der Kontamination erfolgt dabei über den Vergleich der gemessen Impulsrate mit der zuvor gemessenen **Nullrate**, die je nach Fläche des Zählrohres bei der Einstellung „αβγ“ **um die 10 IPS** liegen sollte. Wird ausschließlich α-Strahlung gemessen, liegt die Nullrate bei ~ 0 IPS.

Kontaminationsnachweisgeräte können mit unterschiedlichen Großflächen-detektoren ausgestattet sein, die unterschiedlich empfindlich auf verschiedene Strahlungsarten und -energien reagieren. Hierauf ist im Einsatz besonders zu achten.

Butanzählrohr:

Das Zählrohr ist in der Lage, Alpha- und Beta- Strahlung (auch geringe Gammaenergien) nachzuweisen. Das Zählrohr muss vor und bei längerem Betrieb auch während der Messung mit Butangasgemisch gespült werden. Das Butanzählrohr kann aufgrund der physikalischen Eigenschaften (Siedepunkt) von Butan nur in einem Temperaturbereich von +10 bis +40 °C eingesetzt werden.

Xenonzählrohr:

Das Zählrohr kann nur β- und γ-Strahlung nachweisen. Es ist so abgedichtet, dass es nicht gespült werden muss. Das Zählrohr kann in einem Temperaturbereich von -10 bis +40°C eingesetzt werden. [siehe Abbildung 14]

Zählrohre mit Gasgemischfüllungen

Diese Zählrohre sind in der Lage αβγ-Strahlung nachzuweisen und können ebenfalls im Temperaturbereich von –10 bis +40°C eingesetzt werden.

Die Geräte besitzen Schaltmöglichkeiten um zwischen α-Strahlung und αβγ-Strahlung unterscheiden zu können: [siehe Abbildung 15]

In der Stellung „α“ ist die Sonde bei abgenommenen Diskriminatorblech nur auf Alpha-Strahlung empfindlich. In der Stellung „αβγ“ werden alle Strahlungsarten erfasst. Setzt man in dieser Stellung das Diskriminatorblech auf das Zählrohr wird α- und β-Strahlung absorbiert, es gelangt nur noch γ-Strahlung an das Zählrohr.

Zählrohre mit Szintillationstechnik

Diese Kontaminationsnachweisgeräte sind nicht mehr mit Gas gefüllt, sondern besitzen eine Kunststoffplatte, in der aus ionisierender Strahlung „Lichtblitze“ entstehen. Kunststoffe mit diesen Eigenschaften nennt man Szintillator. Damit lassen sich β- und γ-Strahlung nachweisen. Mit Hilfe einer bestimmten Beschichtung (Zinksulfid) auf dem Plastikszintillator kann separat α-Strahlung nachgewiesen werden. Der Temperaturbereich dieser Geräte liegt von -10 bis +40 °C, Sonderversionen erlauben bis -20 °C. [siehe Abbildung 13]

Hinweis: Bauartbedingt führt bereits eine minimale Perforation der Zählrohrfolie, besonders wenn das Zählrohr in die Sonne gehalten wird, zu einem Lichteinfall und dieser zu einem erhöhten Messwert. Das Zählrohr kann erst nach einer Reparatur weiterverwendet werden!

Wirkungsgrade von Kontaminationsnachweisgeräten

Da die Zählrohre nicht nur unterschiedlich auf die Strahlungsarten, sondern auch auf deren Energien reagieren, kann die angezeigte Impulsrate [IPS] nicht mit der Einheit Becquerel [Bq = 1/s] ohne genaue Kenntnis der vorliegenden Radionuklide gleichgesetzt werden.

Für jedes Radionuklid gibt es einen bestimmten Wirkungsgrad, der einen Zusammenhang zwischen Impulsrate [IPS] und Oberflächenkontamination [Bq] herstellt.

Beispiel: Eine Oberflächenkontamination von 100 Bq des Radionuklid P-32 (Phosphor-32) führt aufgrund des Wirkungsgrades von 25% zu einer Impulsrate von ca. 25 IPS.

Wirkungsgrade für verschiedene Radionuklide (Quelle S.E.A. GmbH für CoMo 170[3])					
Radio-nuklid	Wirkungsgrad (ca.)	Radio-nuklid	Wirkungsgrad (ca.)	Radio-nuklid	Wirkungsgrad (ca.)
C-14	14%	Co-60	27%	Cs-137	35%
F-18	18%	Sr-89	27	Au-198	23%
P-32	25%	Tc-99m	3%	Tl-204	43%
S-35	5%	In-111	8%	Am-241	22%
Cl-36	42%	I-123	7%	Pu-238	12%
K-40	30%	I-125	12%	U-238	26%
Co-57	7%	I-131	21%		

Tabelle 5: Wirkungsgrade für Radionuklide [IdF NRW]

4.2.6 Personendosimeter (Thermolumineszenz-Dosimeter TL-DOS)

Das TL-DOS Personendosimeter ist ein Ganzkörperdosimeter für Röntgen- und Gammastrahlung. Es dient zur Dokumentation der im Einsatzverlauf aufgenommenen Personendosis durch Absorption der Strahlung auf einem Detektorblister. Dieser absorbiert die Strahlung sehr ähnlich dem menschlichen Gewebe und speichert die Dosisinformation bis zur Auswertung.

Es ist für die amtliche Dokumentation der aufgenommenen Tiefen-Personendosis $H_p(10)$ von γ- und Röntgenstrahlung im Energiebereich zwischen 20 keV und 7000 keV und im Messbereich von 0,1 mSv bis 1 Sv geeignet.

Der Einfluss von Beta-Strahlung auf die Anzeige des TL-DOS Dosimeters ist verschwindend gering.

[3] Die nuklidbezogenen Wirkungsgrade des Szintillationsdetektors sind laut Hersteller vergleichbar mit Wirkungsgraden herkömmlicher Zählrohre.

Das Dosimeter wird unter der Kontaminationsschutzkleidung im Brustbereich getragen, damit es nicht kontaminiert wird. Dabei ist darauf zu achten, dass es nicht durch andere Ausrüstungsgegenstände, außer von der Kontaminationsschutzkleidung, überdeckt wird.

Das vom MPA NRW zugelassene TL-DOS Personendosimeter (MPA TL-DOS GD 01) besteht aus einer zweiteiligen Kassette mit transparenter Oberschale und farbiger Rückschale. In die Kassette wird ein Detektorblister eingelegt, in dem zwei Thermolumineszenz-Detektoren eingeschweißt sind. (siehe Abbildung 16)

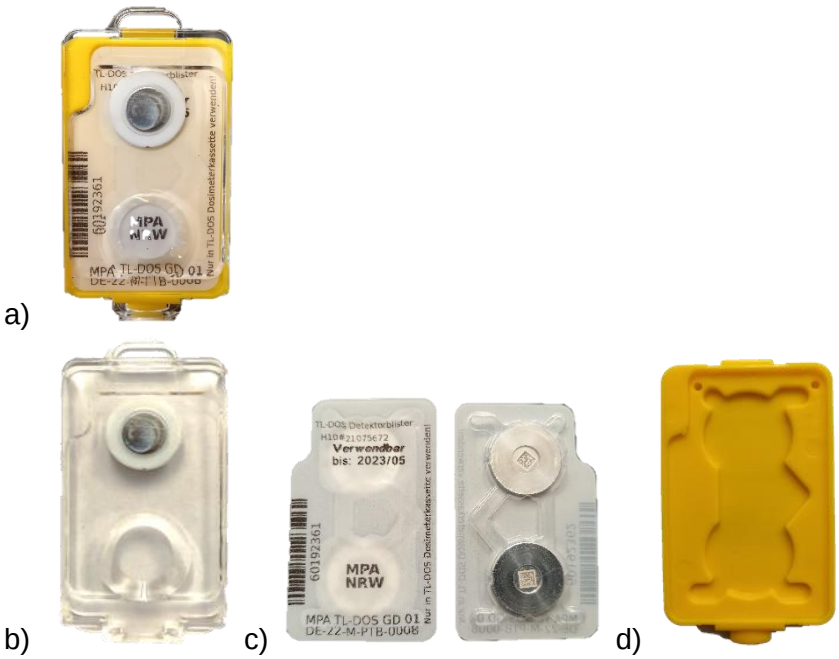


Abbildung 16: Personendosimeter im (a) zusammengesetzten Zustand und in Einzelteilen: b) Oberschale (transparent), c) Detektorblister Ansicht: Vorderseite und Rückseite, d) Rückschale (gelb) [Bild: IdF NRW]

Weitere Informationen zu den Personendosimetern sind beim MPA NRW hinterlegt. [17][18]

4.2.7 NBR-Szintillationssonde ABCErkKW

Im ABCErkKW wird ein Dosisleistungsmessgerät mit einer Szintillationssonde kombiniert. Die Geräte decken gemeinsam den Dosisleistungsmessbereich von etwa 10 nSv/h bis zu 1 Sv/h ab.

Für den Dosisleistungsbereich bis 100 µSv/h wird eine Szintillationssonde mit einem Plastikszintillator eingesetzt. Die Technik erlaubt in Verbindung mit der sehr hohen Empfindlichkeit des Detektors eine besonders im Umweltbereich interessante Auswertung mit dem NBR-Verfahren (Natural Background Reduction). Mit dieser Technik ist es möglich, vor einem örtlich und zeitlich stark schwankenden natürlichen Strahlungshintergrund auch geringe Beimischungen von künstlichen Strahlenquellen zu detektieren. Dies ermöglicht auch eine hochempfindliche Suche von Punktquellen.

a) 

b) 

Abbildung 17: NBR-Sonde des ABCErkKW (a) und Dosisleistungsmessgerät PRD-ER (b) Fa. Thermo [Bild: IdF NRW]

Die natürliche ionisierende Strahlung besteht aus einem bestimmten Verhältnis niederenergetischer und mittelenergetischer elektromagnetischer Strahlung. Dieses Verhältnis bleibt, auch wenn die Quantität der natürlichen Strahlung höher oder niedriger wird, in einem bestimmten Toleranzbereich immer konstant. Künstlich erzeugte ionisierende Strahlung besteht ebenfalls aus nieder- und mittelenergetischer Strahlung. Diese stehen allerdings in einem anderen Verhältnis. Wenn neben der natürlichen Strahlung auch ein Anteil künstlicher Strahlung detektiert wird, ändert sich das Gesamtverhältnis der nieder- und mittelenergetischen Strahlung. Durch diesen Unterschied erkennt die Software des radiologischen Messsystems die künstlich erzeugte elektromagnetische Strahlung. [siehe Abbildung 18 und Abbildung 19]

Die von der Messhardware gelieferten Daten können in einem Rechner aufbereitet und visualisiert werden. Bei Überschreiten voreingestellter Alarmwerte erzeugt die Software einen optischen und akustischen Alarm. Alle Diagramme können sowohl über die Zeit wie auch über den Weg dargestellt werden.

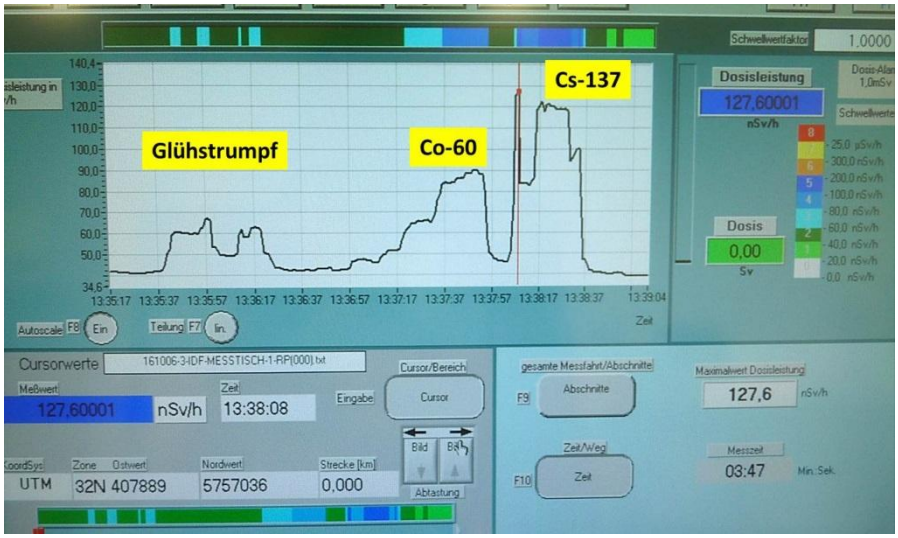


Abbildung 18: Anzeige der Dosisleistung über die Zeit von drei verschiedenen Strahlenquellen [Bild: IdF NRW]

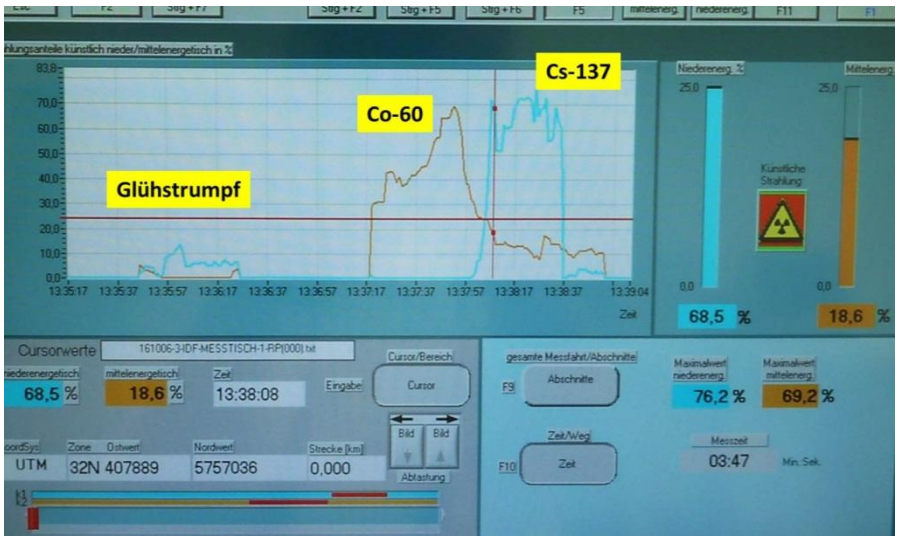


Abbildung 19: Anzeige der Anteile künstlicher Strahlung dreier unterschiedlicher Strahlenquellen [Bild: IdF NRW]

4.2.8 Messwerterweiterung -Radiologie- (MER-1) ABCErkKW

Die Messerweiterung Radiologie (MER-1) ist eine Ergänzung der radiologischen Messmöglichkeiten des ABC-Erkunders und dient dem Nachweis von α- und $\beta\gamma$-Kontaminationen in flüssigen und festen Proben sowie Wischproben. Sie besteht aus einer Handsonde, einer Messvorrichtung und diversem Zubehör.



Abbildung 20:Messerweiterung Radiologie (MER-1) [Bilder: IdF NRW]

Die Messungen erfolgen in einem Messingabschirmbehälter, der zur Verminderung des Beitrags der Umgebungsstrahlung dient, eine sichere Halterung für die Sonde darstellt und mit gleichbleibendem Abstand zur Probe eine Vergleichbarkeit der Messungen gewährleistet.

Vor jeder Probenmessung ist eine Messung der Nullrate [Hinweis: hier < 1 IPS] erforderlich, um einen aussagekräftigen Messwert zu erhalten. Alle Messwerte können im angeschlossenen Dosisleistungsmessgerät gespeichert werden und nach Abschluss aller Probenmessungen zur Dokumentation in die Software des ABC-Erkunders eingelesen und anschließend dargestellt werden.

4.2.9 Gammaspektrometer

Durch die Szintillationstechnik (siehe 4.1.5) sind diese Geräte in der Lage neben der Bestimmung der Dosis und Dosisleistung auch Nuklide durch Aufzeichnung und Auswertung des Energiespektrums der γ-Strahlung zu identifizieren.



Abbildung 21: identiFINDER2 Fa. FLIR im Modus "Finder" und „Identifizieren“ [Bilder: IdF NRW]

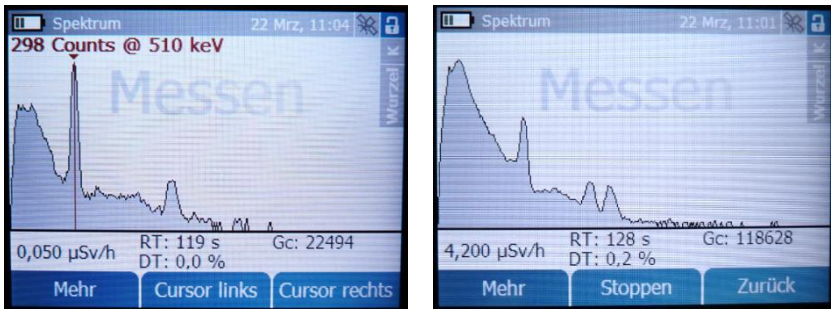


Abbildung 22: Energieverteilung zweier künstlicher Strahlenquellen mit typischen Peaks gemessen mit dem identiFINDER2 [Bild: IdF NRW]

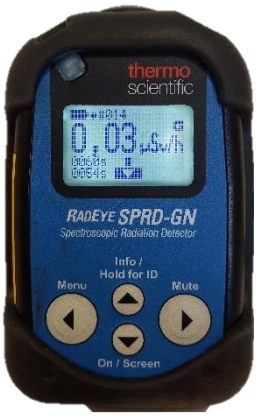


Abbildung 23: SPRD-GN zum Detektieren, Lokalisieren und Identifizieren von radioaktiver Gammastrahlung [Bild: IdF NRW]

Die Bestimmung des Nuklids ist bei diesen Geräten bereits bei relativ kleinen Dosisleistungen möglich und kann sogar außerhalb des Gefahrenbereichs von 25µSv/h durchgeführt werden.

An seine Grenzen kommt diese Technik, wenn zwei unterschiedliche Radionuklide vorliegen und sich deren Energiespektren überlagern. Eine Identifizierung ist dann meist nicht möglich.

4.2.10 Neutronendetektoren

Neutronendetektoren dienen dem Nachweis und der Messung von freien Neutronen. Da Neutronen selbst nicht ionisierend wirken, müssen sie über Streuung an Atomkernen oder über Kernreaktionen nachgewiesen werden, bei denen ionisierende Strahlung oder ein Radionuklid entsteht.

Da die Messung von freien Neutronen nicht zum primären Aufgabenspektrum der Feuerwehr im Strahlenschutzeinsatz gehört und die entsprechenden Mess- und Nachweisgeräte selten zur Ausstattung der Feuerwehr gehören, wird auf diese Geräte nicht weiter eingegangen.

4.3 Überprüfung, Eichung von Strahlenschutzmessgeräten

Geräte, von deren korrekten Funktion die Sicherheit von Menschen abhängt, bedürfen der regelmäßigen Funktionskontrolle.

Aus §1, Abs. (3) Mess- und Eichverordnung vom 11.12.2014 ergibt sich, dass Strahlenschutzmessgeräte nicht geeicht sein müssen, wenn sie nicht für Messungen nach Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) oder Röntgenverordnung (RöV) verwendet werden. Das trifft auf den Einsatz der Strahlenschutzmessgeräte zu. Sie werden zum Erkennen und Markieren von Gefahrenbereichen bzw. kontaminierten Gebieten in Verbindung mit Grenzwerten nach FwDV 500 verwendet. Die Geräte dienen nicht der Überwachung der Personen hinsichtlich der aufgenommenen Personendosis. Daraus ergibt sich, dass die Geräte **nicht der Eichpflicht** unterliegen.

Das gilt nicht für Geräte (mind. ein Gerät) der Feuerwehr, die zur Kontrolle der Personendosis beim Besitz von überwachungspflichtigen Übungsstrahlern verwendet werden.

Die in den Bedienungsanleitungen vorgeschriebenen Funktionskontrollen und Prüfungen sind überwiegend durch den Standort zu erledigen. Die Funktionsprüfung ist auch ohne Prüfstrahler möglich, indem die ortsübliche Dosisleistung im Rahmen der statistischen Schwankung als Grundlage herangezogen wird. Messwerte der natürlichen Strahlung werden mit früheren Werten verglichen. Prüf- und Checklisten sind anzulegen.

Das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe BBK empfiehlt mindestens alle 6 Wochen die Funktionstüchtigkeit zu überprüfen. [19]

5 Messgeräte im B-Einsatz

5.1 Allgemeines

Der Nachweis von biologischen Agenzien (Bakterien, Viren, Pilzen) und Toxinen mit bioterroristischem Potenzial stellt besondere Anforderungen an die Diagnostik und wird in dafür spezialisierten Laboratorien durchgeführt. Da sich diese Gruppen in ihrer Nachweisbarkeit sehr unterscheiden, existiert kein Verfahren, mit dem alle Gruppen sicher identifiziert werden können. Hierfür stehen in Deutschland Landesgesundheitsämter und Nationale Referenzzentren und Konsiliarlaboratorien zur Verfügung. Unterschiedliche Verfahren kommen bei der Labordiagnostik von Erregern zum Einsatz, die immunologische und molekularbiologische Nachweistechniken, Elektronenmikroskopie, Spektroskopie und klassische Kultivierungsmethoden einschließen. Im Rahmen von BBK-Forschungsvorhaben sind molekulare Nachweismethoden zur Detektion von ausgewählten Erregern entwickelt worden. Sie bildeten die Grundlage für Ringversuche und die Bildung eines Labornetzwerkes unter Beteiligung renommierter Laboreinrichtungen in Deutschland.

Mobile Detektion

Die schnelle und zuverlässige Erkennung von biologischen Agenzien ist eine wichtige Voraussetzung, um in einer Gefahrenlage rasch geeignete Schutzmaßnahmen ergreifen zu können. Während im Bereich der chemischen und radiologischen Detektion mobile Messtechnik zur Verfügung steht, ist bisher für die Detektion von potenziell biologischen Kampfstoffen vor Ort kein leistungsfähiges technisches System auf dem Markt verfügbar. Der Nachweis biologischer Agenzien ist meist komplex und zeitintensiv. Trotz rasanter Fortschritte in den vergangenen Jahren besteht hinsichtlich der Etablierung einer mobilen B-Komponente immer noch erheblicher Entwicklungsbedarf.

Die ATF-B gewährleistet eine qualifizierte Probennahme und eine Erstanalyse vor Ort. Der Einsatzleitung wird damit die Möglichkeit geeigneter Erstmaßnahmen eröffnet. Hierzu stehen der ATF-B die mobile PCR (Polymerase-Kettenreaktion) und Schnelltests zum Nachweis ausgewählter Erreger zur Verfügung.

Da bei der B-Detektion zur Erzielung aussagekräftiger Ergebnisse mehrere unterschiedliche Testverfahren erforderlich sind, werden bei der Evaluierung verschiedene Technologien einbezogen. Dieses sind zum Beispiel molekulargenetische Methoden, immunologische Verfahren, sowie neue Biochip-Entwicklungen



Abbildung 24: Schnelltest "Ricin" Fa. miprolab [Bild: IdF NRW]

6 Messgeräte im C-Einsatz

Die natürliche Umgebungsluft mit ihren Hauptbestandteilen Stickstoff, Sauerstoff und Kohlendioxid, sowie Edelgasen ist existenziell für das Überleben von Mensch, Tier und Umwelt. Eine Änderung der üblichen Konzentrationen dieser Bestandteile oder die Beimengung weiterer Gase und Dämpfe zur Umgebungsluft kann potentielle Auswirkungen auf die Gesundheit haben. Zur Bewertung eines Gefährdungspotentials durch diese Gase und Dämpfe ist die Ermittlung der Konzentration mit geeigneten Gasmessgeräten unerlässlich. Die Auswahl der geeigneten Messgeräte ist dabei stark abhängig von dem zu messenden Stoff. Es gibt kein Universalmessgerät mit dem alle möglichen Gase und Dämpfe gemessen werden können, da die Zahl der chemischen Stoffe zu groß ist.

Je mehr über einen Stoff oder ein Stoffgemisch bekannt ist, umso einfacher kann die Messaufgabe durchgeführt werden. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass bei unbekannten Stoffen oder komplexen Stoffgemischen die einzelnen Messgeräte an die Grenzen ihrer Nachweistechnik stoßen und unter Umständen verschiedene Messgeräte und komplexe Messverfahren eingesetzt werden müssen, um brauchbare Ergebnisse zu erzielen.

6.1 Prüfröhrchen

Prüfröhrchen sind bei den Feuerwehren ein wichtiges und häufig eingesetztes Hilfsmittel zur Beurteilung von Gefahren durch toxische Gase und Dämpfe. Ein Prüfröhrchen kann ohne aufwendige Vorbereitung relativ schnell eingesetzt werden und liefert nach wenigen Minuten Informationen.

Prüfröhrchen stellen gewissermaßen ein “konserviertes” Labor dar. In eine Glasampulle werden ein oder mehrere chemische Präparate gefüllt und an beiden Seiten verschmolzen. Das Präparat ist somit von der Umgebungsatmosphäre abgeschottet. Dadurch wird eine Lagerfähigkeit und stabiles Anzeigeverhalten von 2 Jahren erreicht. Beim Öffnen der Glasampulle auf beiden Seiten und dem Ansaugen der Umgebungsluft, reagiert der zu messende Stoff mit dem chemischen Präparat in der Glasampulle unter Farbänderung.

Der Umgang erfordert von dem Bediener eine richtige Handhabung, da bei fehlerhaften Bedienungen unbrauchbare oder mit erheblichen Fehlern behaftete Ergebnisse erzielt werden. Auch bei der Auswertung erfordern Prüfröhrchen viel Erfahrung und gute Kenntnisse des Systems, um die Ergebnisse richtig zu interpretieren. Bei der Messung von Gasen mit Prüfröhrchen sind die Grenzen des Verfahrens zu beachten. Eine wichtige Voraussetzung ist dabei die Kenntnis potentieller Querempfindlichkeiten.

6.1.1 Prüfröhrchen-Typen (Auswahl)

Kurzzeitröhrchen mit Anzeigeschicht

Bei diesen Röhrchen dient die gesamte Füllschicht als Anzeigeschicht.

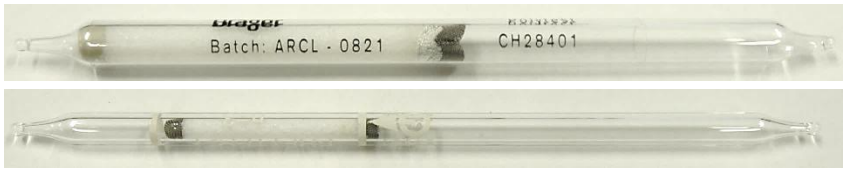


Abbildung 25: Prüfröhrchen mit Anzeigeschicht: Polytest (Fa. Dräger) und Polytec (Fa. GASTEC) [Bild: IdF NRW]

Kurzzeitröhrchen mit einer oder mehreren Vorschichten

Hier sind zur Anzeigeschicht ein oder mehrere Vorschichten vorhanden, die dazu dienen, Feuchtigkeit zu absorbieren, Störsubstanzen zurück zu halten oder Substanzen durch eine Vorreaktion und messbarer Substanzen umzuwandeln.

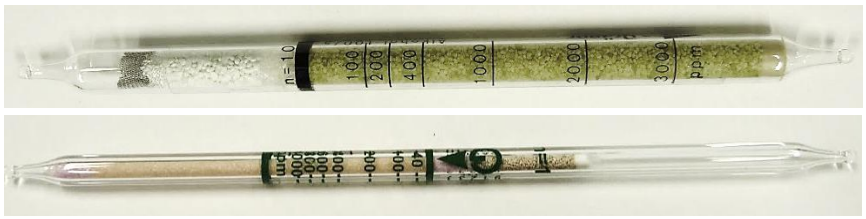


Abbildung 26: Prüfröhrchen mit Vorschicht: Alkohol 100/a (Fa. Dräger) und Methanol (Fa. GASTEC) [Bild: IdF NRW]

Kombination von Röhrchen

Hier werden zwei Prüfröhrchen über einen Schrumpfschlauch miteinander verbunden. Zu Beginn der Messung müssen zu den äußeren Spitzen auch die inneren Spitzen der Glasampullen abgebrochen werden, damit die zu prüfende Luft durch die Röhrchen gesaugt wird.

Eine Besonderheit stellen die Röhrchen da, die vom Bediener nach dem Abbrechen der Spitzen erst mit einem Verbindungsschlauch zusammengesetzt werden müssen. Die Bedienungsanleitung ist dabei zu beachten.



Abbildung 27: Prüfröhrchen mit Schrumpfschlauch Phosgen 0,02/a (Fa. Dräger) [Bild: IdF NRW]

Kurzzeitröhrchen mit Reagenzampulle

Da aus Gründen der Lagerfähigkeit nicht alle Reagenzien zusammen in der Glasampulle enthalten sein dürfen, befindet sich ein Teil dieser Substanzen innerhalb der Glasampulle in separaten Glasröhrchen. Das Präparat kann dampfförmig, flüssig oder körnig sein und je nach Bedienungsanleitung vor oder nach der Messung zu Öffnen.

Röhrchen zur Simultanmessung

Für bestimmte Einsatzsituationen (z.B. Brandrauch) sind Systeme entwickelt worden, die als Set aus mehreren Prüfröhrchen bestehen oder mehrere Anzeigeschichten in einer Glasampulle besitzen. Das Ergebnis der Messungen lassen allerdings nur qualitative oder halbquantitative Aussagen zu.

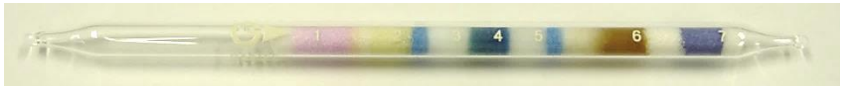


Abbildung 28: Polytec IV (Fa. GASTEC) [Bild: IdF NRW]



Abbildung 29: Simultantest Leitsubstanzen (Fa. Dräger) [Bild: IdF NRW]

6.1.2 Pumpen

Die Prüfröhrchenmesssysteme bestehen aus den Prüfröhrchen und den zugehörigen Pumpen. Jedes Prüfröhrchen enthält ein hochempfindliches Reagenzsystem, das immer dann präzise Messergebnisse ermöglicht, wenn die technischen Eigenschaften der verwendeten Pumpen auf die Reaktionskinetik des Reagenzsystems im Röhrchen exakt abgestimmt sind. Deshalb müssen bei einer Pumpe das Fördervolumen und der zeitliche Ablauf des Volumenstromes, die so genannte Saugcharakteristik, auf das Röhrchen abgestimmt sein. Deshalb wird in der Regel die Verwendung von Prüfröhrchen mit einer dazu passenden Pumpe des gleichen Herstellers gefordert.



Abbildung 30: Pumpen für Prüfröhrchen, Fa. Dräger, Fa. GASTEC [Bilder: IdF NRW]

Um zu überprüfen, ob die Pumpen einwandfrei funktionieren, ist vor dem Gebrauch eine Dichtheitsprüfung je nach Herstellerangaben durchzuführen.

Für Kurzzeitmessungen mit höheren Hubzahlen werden auch menügesteuerte, automatische Pumpen angeboten.

6.1.3 Durchführen einer Prüfröhrchenmessung

- Wählen Sie das für den zu messenden Stoff geeignete Prüfröhrchen aus.
- Achten Sie auf das Verfallsdatum und nutzen nur aktuelle Prüfröhrchen.
- Überprüfen Sie vor jedem Einsatz die Dichtigkeit der Gasspürpumpe.
- **Lesen Sie die Gebrauchsanleitung für das Prüfröhrchen gründlich durch**. Achten Sie auf mögliche Beeinträchtigungen des Gebrauchs hinsichtlich Temperatur, Druck und Luftfeuchtigkeit. Versichern Sie sich, dass alle eventuell auftretenden Effekte bezüglich der Querempfindlichkeit bekannt sind.
- Brechen Sie die Spitzen des Röhrchens ab. Bei Prüfröhrchen mit eingebauter Ampulle bzw. Zweier-Röhrchen sind diese gemäß der Gebrauchsanleitung zu brechen.
- Der aufgedruckte Pfeil zeigt die Richtung des Prüfluftdurchflusses an und weist zur Pumpe. Das Röhrchen wird entsprechend eingesetzt.
- Führen Sie die angegebene Anzahl von Pumpenhüben durch, in dem Sie die Gasspürpumpe bestimmungsgemäß verwenden.
- **Beobachten Sie das Röhrchen während der Messung.**
- Sofern die Gebrauchsanleitung nicht etwas anderes vorschreibt, **beurteilen Sie die Anzeige sofort nach Abschluss des Tests**, da Länge und Farbe der Anzeige sich mit der Zeit verändern können.
- Entfernen Sie das benutze Röhrchen von der Pumpe und spülen Sie die Pumpe mit Frischluft, um korrosive Verunreinigungen zu entfernen.

6.1.4 Auswertung der Anzeige

Die Auswertung der Prüfröhrchenanzeige sollte möglichst unter folgenden Bedingungen vorgenommen werden:

- ausreichende Beleuchtung, aber kein direktes Sonnenlicht
- Röhrchen vor einen hellen Hintergrund (weißes Blatt Papier) halten
- unbenutztes Röhrchen zum Vergleich neben benutztes Röhrchen halten

Prüfröhrchen liefern mit dem zu messenden Gas eine Farbanzeige, deren Länge oder Intensität ausgewertet wird. Dabei kann man vier Auswerteprinzipien unterscheiden:

1. Farbanzeigemethode
   Der Test wird mit der vorgeschriebenen Anzahl von Hüben durchgeführt. Die Länge der Verfärbung wird an der auf dem Röhrchen aufgedruckten Skala ausgewertet. (siehe Abbildung 31: a)

   Sollte die Anzeige “schräg” verlaufen, sind längste und kürzeste Verfärbung abzulesen und dann der Mittelwert zu bilden. (siehe Abbildung 31: b)

   Bei Skalen-Röhrchen wird immer die gesamte Länge der Verfärbung ausgewertet, auch wenn verschiedene Farben gleichzeitig vorliegen. Ein diffuser Verlauf der Anzeige erschwert die Auswertung, es sollte dann der Endpunkt dort ermittelt werden, wo die schwache Verfärbung noch gerade zusammenhängend erkennbar ist. (siehe Abbildung 31: c)

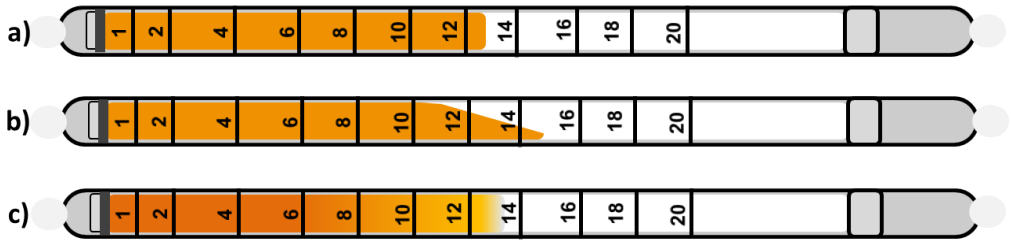


Abbildung 31: Skalenanzeige Prüfröhrchen, alle mit Wert 13 ppm [Grafik: IdF NRW]

2. Farbvergleichsmethode
   Hierbei ist die Intensität der Verfärbung maßgeblich. Durch Vergleich mit den Farbstandards, die sich in einem Extra-Röhrchen befinden, erfolgt die Auswertung.

3. Markierungsmethode
   Hier wird nicht mit vorgegebener Hubzahl gearbeitet, sondern es wird solange Luft angesaugt, bis die Verfärbung den Markierungsstrich erreicht hat. Die hierzu erforderliche Hubzahl ist die Basis für die Berechnung des Messwertes, der einer Tabelle entnommen wird, in der verschiedene Hubzahlen und die dazugehörenden Konzentrationen gegenübergestellt sind.

4. Farbabgleichsmethode
   Wie bei der Markierungsmethode wird nicht mit vorgegebener Hubzahl gearbeitet. Der Test ist beendet, wenn die gesamte Anzeigeschicht eine Färbung angenommen hat, die in ihrer Intensität dem vorgegebenen (im Prüfröhrchen eingebauten) Farbstandart entspricht. Mit Hilfe der benötigten Hubzahl lässt sich aus einer Tabelle dann der Messwert ermitteln.

Abweichende Anzeigen vom Sollwert

Wie jede Messmethode ist auch das Prüfröhrchenverfahren mit Abweichungen behaftet. Unterschieden wird hierbei zwischen zufälligen und systematischen Fehlern.

Die zufälligen Fehler können wie folgt beschrieben werden:

- Schwankungen in Füllmenge und Packungsdichte
- verschiedene Beobachter (Übung, Sehschärfe, Farbtüchtigkeit, Einfluss der Lichtverhältnisse)
- geringe Schwankungen von Temperatur und Druck bei der Messung

Systematische Fehler:

- falsche Kalibrierung
- Lagereffekt
- Soll-Volumen wird nicht gefördert (Undichtigkeit)
- Saugleistung (Verstopfung) nicht gewährleistet
- falsche Pumpe verwendet
- Temperatur beim Eintritt in das Prüfröhrchen zu hoch
- Querempfindlichkeit zu anderen Gasen und Dämpfen

6.1.5 Querempfindlichkeit

Oftmals ist es im Feuerwehreinsatz so, dass nicht nur eine Komponente (Gas), sondern mehrere Komponenten in der Luft vorhanden sind.

Reagiert dabei die zu messende Gaskomponente spezifisch mit dem Füllpräparat des Prüfröhrchens, so spricht man von Selektivität.

Wird die Anzeige jedoch von anderen, ebenfalls vorhandenen und ähnlich reagierenden Komponenten beeinflusst, so liegt eine Querempfindlichkeit vor. Die Querempfindlichkeit kann man durch folgende Aussagen beschreiben:

- Die in der Luft vorhandenen Gase und Dämpfe können miteinander reagieren. Es ist eine katalytische Reaktionsbeschleunigung und damit falsches Anzeigeverhalten der Prüfröhrchen möglich.
- Das Vorschichtpräparat (Oxidationsmittel) kann auch mit anderen, reduzierend wirkenden Gasen und Dämpfen reagieren. Aufgrund dessen kann es zur Verminderung der Oxydationskapazität der Vorschicht kommen, wodurch keine quantitative Umwandlung der zu bestimmenden Komponente mehr gewährleistet wird.
- Aufgrund von Umwandlungsvorgängen in der Vorschicht werden die nachzuweisenden Stoffe so verändert, dass sie nicht mehr mit dem Reagenzsystem nachgewiesen werden können.
- Es ist keine Sorption in der Vorschicht aufgrund der Reaktivität der Störkomponenten mit dem Reagenzsystem möglich.

6.2 Chip-Messsystem CMS

Das CMS wird als Messsystem zur quantitativen Bestimmung von gas- und dampfförmigen Stoffen in der Luft eingesetzt. Die Messungen erfolgen als Kurzzeitmessungen vergleichbar mit Prüfröhrchenmessungen. Das System besteht aus einem Chip mit 10 Messmöglichkeiten, vergleichbar mit 10 einzelnen, aber gleichartigen Prüfröhrchen und einem Analyser, der die Messungen im Gerät optisch auswertet. Dadurch werden Ablesefehler auf ein Minimum reduziert.



Abbildung 32: Chip-Messsystem CMS mit Chip „Kohlenstoffmonoxid 5 – 150 ppm“ und Analyzer (Fa. Dräger) [Bilder: IdF NRW]

Das Messprinzip des CMS basiert auf einer konzentrationsabhängigen, d.h. dynamischen Dosismessung. Die Grundlage hierzu bildet die chemische Reaktionskinetik, nach der die Anstiegsgeschwindigkeit der chemischen Reaktion in einer Kapillare konzentrationsabhängig ist. Die Messzeit ist nicht konstant, sondern passt sich automatisch der vorliegenden Konzentration an; je höher die Konzentration, umso kürzer ist die Messzeit. Durch die entsprechende Anordnung der Optik im Analyser ist das Messsystem in der Lage, unmittelbar die Anstiegsgeschwindigkeit des Reaktionsproduktes in der Kapillare festzustellen und gemäß der Beziehung

Konzentration = Anstiegsgeschwindigkeit

die Messung bei vorliegenden höheren Konzentrationen früher zu beenden. Das Ergebnis wird als Konzentration in ppm angezeigt.

Mit dem Einschalten des Analyser erfolgt eine selbständige Systemüberprüfung. Dadurch ist das Messsystem einsatzbereit. Nachdem die integrierte Mechanik eine dichte Verbindung des gesamten Gasführungssystems mit der geöffneten Kapillare des Chips hergestellt hat, saugt ein spezielles Pumpsystem einen konstanten Luftmassenstrom durch die Kapillare.



Abbildung 33: Anzeige: Messergebnis für eine Konzentration von 0 ppm Aceton. Messbereich des Chips 40 - 600 ppm [Bild: IdF NRW]

6.3 Gaswarn- und Messgeräte

6.3.1 Anzeige und Funktionstest

Die Merkblätter T 023 [13] und T 021 [12] der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemischen Industrie, BG RCI, fordern Sichtkontrollen und Anzeigetest mit Aufgabe geeigneter Prüfgase vor jeder Arbeitsschicht. Die Merkblätter der BG RCI gelten im Bereich Explosionsschutz als anerkannte Regel der Technik und sind daher anzuwenden. Bei der Festsetzung der dort genannten Prüfungen stand im Vordergrund, das Leben von Menschen (Einsatzkräften) zu schützen.

Wenn absehbar ist, dass ein Gerät über den Schichtwechsel hinaus eingesetzt wird, kann die Kontrolle auch arbeitstäglich erfolgen. Die Kontrolle muss so zeitnah vor dem Einsatz erfolgen, dass in dem dazwischenliegenden Zeitintervall der Eintritt einer Funktionsbeeinträchtigung sicher ausgeschlossen werden kann.

Ein Sturz des Gaswarngerätes, auch wenn das Gerät ihn augenscheinlich ohne Schaden überstanden hat, kann trotzdem die Messfunktion dauerhaft beeinträchtigt haben. Auch die oberflächliche Entfernung von Schmutz, Staub oder Flüssigkeiten auf dem Gerät oder den Gaszutrittsöffnungen kann nicht sicherstellen, dass beispielsweise die Filter unmittelbar vor den Sensoren noch gasdurchlässig oder im Gehäuseinnern keine Schäden durch Schmutz oder Flüssigkeiten entstanden sind. Außerdem existiert eine Vielzahl von Stoffen, sogenannte Sensorgifte, die bestimmte, weit verbreitete Sensoren so stark schädigen können, dass sie ihre Messfunktion verlieren. **Dieser Einfluss ist durch eine selbstüberwachende Elektronik im Gerät nicht erkennbar!**

Durch die beschriebenen Vorfälle verursachte Fehlfunktionen treten kurzfristig ein. Der nachfolgende Nutzer kann sie nur durch einen Anzeigetest, der die Aufgabe von Prüfgas zwingend beinhaltet, feststellen.

Standorte, die gemäß den Merkblättern arbeiten wollen, sollten sie im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung übernehmen. Auch Abweichungen davon können in der Gefährdungsbeurteilung beschrieben und per Dienstanweisung o.ä. als Verfahren festgelegt werden. Das schriftlich beschriebene Verfahren muss aber mindestens den in den Merkblättern beschriebenen Schutzzielen entsprechen. Unter diesen Voraussetzungen wird ein örtlich festgelegtes Vorgehen rechtssicher.

Die BG RCI stellt in einem weiteren Merkblatt T055*: Gaswarneinrichtungen und -geräte für den Explosionsschutz - Antworten auf häufig gestellte Fragen,* eine pragmatische Lösung für die Feuerwehren vor: [14]

„Abschnitt 2.13: Wie kann die Einsatzbereitschaft tragbarer Gaswarngeräte für Notfalleinsätze sichergestellt und welche Kontrollen sollten zu diesem Zweck durchgeführt werden?

Die Vorgaben der Merkblätter T 023 und T 021 stellen den Stand der Technik dar. Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (z. B. Feuerwehr,

Polizei, Rettungsdienst, Zoll, Hilfsorganisationen, Technisches Hilfswerk, Einheiten des Katastrophenschutzes) müssen sich ebenso wie Industrieunternehmen am Stand der Technik orientieren.

Im Gegensatz zum Einsatz von Gasmessgeräten in der Industrie, der üblicherweise planbar ist, ist der Notfalleinsatz unvorhersehbar und zeitkritisch. Dabei bleibt in der Praxis keine Zeit für den geforderten Anzeigetest mit der Aufgabe von Prüfgas. Daher kann bei Geräten für Notfalleinsätze bei ehrenamtlichen Einsatzkräften von den Vorgaben zu Sichtkontrolle und Anzeigetest wie folgt abgewichen werden:

- **Es ist vor der direkten Verwendung nur eine Sichtkontrolle und kein Anzeigetest durchzuführen.**
- **Dafür muss nach der Verwendung (hierzu zählen Einsätze und Übungen) ein Anzeigetest auf Genauigkeit (nach dem Verfahren 2 gemäß Merkblatt T 055 Frage 3.9) durchgeführt werden.**
- **In jedem Fall sind alle 4 Wochen Sichtkontrolle und Anzeigetest durchzuführen.**

Bei Anwendung dieses Verfahrens sind auf eine geeignete Lagerung der Geräte zu achten und entsprechende Vorgaben der Hersteller einzuhalten (z. B. Vermeidung einer Vergiftung von Sensoren durch bestimmte Substanzen, geeignete Temperatur und Luftfeuchtigkeit, stoß- und vibrationsarme Lagerung).

Für geplante Tätigkeiten mit Gaswarngeräten – außerhalb von Notfalleinsätzen – gelten die Regelungen der Merkblätter T 023 und T 021 unverändert. Dies gilt beispielsweise für Feuerwehren, die Gaswarngeräte im Rahmen eines betrieblichen Sicherheitsmanagementsystems einsetzen, betreuen oder warten (z.B. Werkfeuerwehren, CO-Warner im Rettungsdienst). [11]

6.3.2 Wartungsfreie Geräte

Auch dieser Hinweis ist dem Merkblatt T055 der BG RCI entnommen und dementsprechend verbindlich:

Von verschiedenen Herstellern werden Geräte mit dem Attribut „Wartungsfrei“ beworben. Dieser Begriff ist nicht definiert und wird von den Herstellern unterschiedlich ausgelegt. Beispielsweise kann es sich hierbei um Geräte handeln, bei denen keine Justierung möglich ist oder Batterien und Sensoren nicht gewechselt werden können.

Die Regelungen im Merkblatt T 023 und T 021, insbesondere in Bezug auf die durchzuführenden Kontrollen und deren Intervalle, **gelten auch für als „wartungsfrei“ bezeichnete Geräte.**

6.3.3 Funktionsweisen

Bei den kontinuierlich arbeitenden Gaswarn- und Messgeräten können verschiedene physikalische und chemische Messmethoden unterschieden werden. Dabei werden für Messaufgaben der Feuerwehr häufig folgende Messprinzipien angewendet:

6.3.3.1 Infrarot-Sensoren

Infrarot-Strahlung ist unsichtbare elektromagnetische Strahlung, die sich zu längeren Wellenlängen an das rote Licht des sichtbaren Bereichs anschließt. Eine Vielzahl von Stoffen absorbiert diese infrarote Strahlung. Auf mikroskopischer Skala betrachtet, werden die Stoffmoleküle durch Energieaufnahme bei der Absorption in Schwingungen versetzt. Diese Schwingungen haben bestimmte und für das Molekül charakteristische Frequenzen. Nur bei diesen, den Frequenzen entsprechenden Wellenlängen, wird Strahlung absorbiert. Die Absorption ist im Prinzip leicht messbar. Man benötigt eine Lichtquelle, die Infrarot-Strahlung aussendet und einen empfindlichen Detektor, der durch die Strahlung der Quelle aufgewärmt wird.

Die zu überwachende Umgebungsluft gelangt durch Diffusion oder Pumpe in die Messküvette. Von der Lichtquelle gelangt breitbandige Infrarot-Strahlung durch ein Fenster in die Küvette, wird am Spiegel reflektiert und fokussiert, durchtritt ein weiteres Fenster und fällt auf einen Strahlteiler. Der vom Strahlteiler durchgelassene Teil der Strahlung durchläuft ein breitbrandiges Interferenzfilter, den so genannten Messfilter, im Gehäusedeckel des pyroelektrischen Messdetektors und wird in ein elektrisches Signal umgewandelt. Der vom Strahlteiler abgelenkte Strahlungsanteil gelangt durch das Referenzfilter in den Referenzdetektor. Enthält die Umgebungsluft in der Küvette einen Anteil eines durch Infrarot-Strahlung anregbaren Gases oder Dampfes, so wird ein Teil der Strahlung im Wellenlängenbereich des Messfilters absorbiert. Der Detektor kühlt sich messbar ab und der Messdetektor liefert ein verringertes elektrisches Signal. Das Signal des Referenzdetektors bleibt unverändert. Schwankungen der Leistung der Lichtquelle, durch Verschmutzung des Spiegels und der Fenster, sowie Störungen durch Staub- oder Aerosolbelastung der Luft wirken auf beide Detektoren in gleichem Maß und werden vollständig kompensiert. Daher zeichnen sich Sensoren mit diesem Messprinzip durch eine geringe Drift und hohe Genauigkeit aus.

Typische Anwendungsgebiete sind die Messung von Kohlendioxid und brennbarer Gase. Es gibt Hersteller, die kombinierte CO_2 und Ex-Sensoren anbieten, was die Anzahl der Sensoren im Messgerät reduziert.

Nach einem ähnlichen Prinzip arbeitet die Infrarot-Spektroskopie, ein Verfahren, welches von der Analytischen Task Force (siehe Kap. 8) zur Bestimmung von Stoffen eingesetzt werden kann.

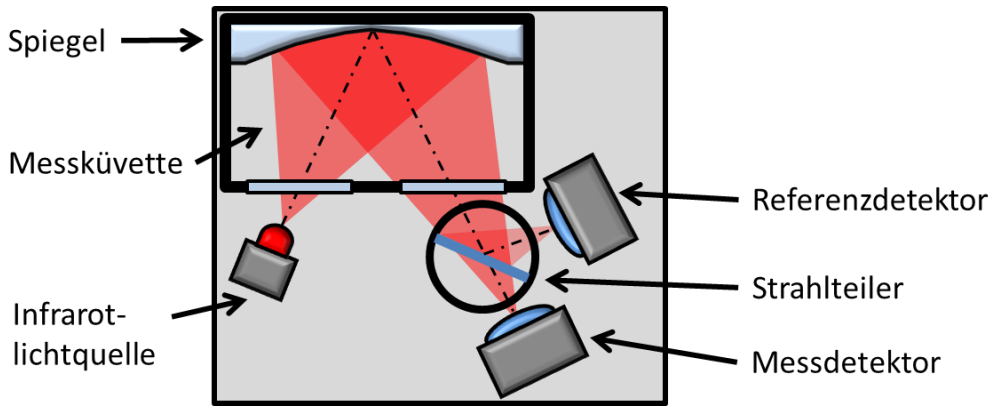


Abbildung 34: Schematischer Aufbau eines Infrarot-Sensors [Grafik: IdF NRW]

6.3.3.2 Wärmetönungssensor

Ein Wärmetönungssensor ist prinzipiell für die Detektion aller brennbaren Gase und Dämpfe geeignet. Die Empfindlichkeit in Bezug auf verschiedene Gase und Dämpfe ist allerdings sehr unterschiedlich.

Die zu überwachende Umgebungsluft diffundiert durch eine Sintermetallscheibe in den Sensor. Diese Scheibe soll eine Ausweitung der Verbrennung auf den umgebenden Raum verhindern, gleichzeitig jedoch einen ungehinderten Zutritt der brennbaren Messgase zum Sensor ermöglichen. In dem Sensor befindet sich ein Detektorelement, das aus einem dünnen gewendelten Platindraht besteht, der von einer ca. 1 mm großen Keramikperle mit einer katalytisch aktiven Oberfläche umgeben ist. Der Katalysator hat dabei die Aufgabe, bei möglichst niedrigen Temperaturen eine ausreichend hohe Oxidationsrate sicherzustellen. Die brennbaren Gase werden an dem aufgeheizten Detektorelement katalytisch verbrannt. Der für die Verbrennung notwendige Sauerstoff wird aus der Umgebungsluft entnommen. Durch die entstehende Verbrennungswärme wird das Detektorelement zusätzlich erwärmt. Diese Erwärmung hat eine Widerstandsänderung des Detektorelementes sowie des Platindrahtes zur Folge. Sie ist proportional der Konzentration der explosiblen Gase.

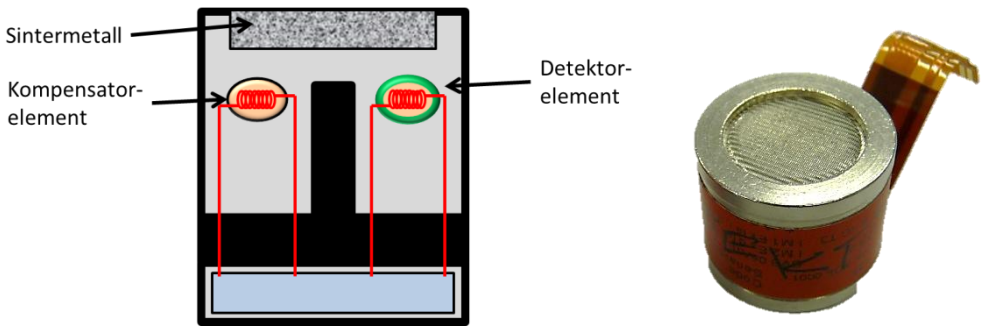


Abbildung 35: Schematischer Aufbau eines Wärmetönungssensor [Grafik: IdF NRW] und CatEx-Sensor (Fa. Dräger) [Bild: IdF NRW]

Im Sensor befindet sich außer dem katalytisch aktiven Detektorelement ein ebenfalls aufgeheiztes inaktives Kompensatorelement. Umwelteinflüsse wie

Temperatur, Luftfeuchte oder Wärmeleitung der zu überwachenden Umgebungsluft wirken auf beide Elemente in gleichem Maße ein, wodurch diese Einflüsse auf das Messsignal nahezu vollständig kompensiert werden.

Der Messbereich dieses Sensors liegt bei Konzentrationen, **die bis zur unteren Explosionsgrenze gehen (< 100%-UEG).**

Bei Konzentrationen weit oberhalb dieser Grenze nimmt aufgrund der niedrigen Sauerstoffkonzentration die Messempfindlichkeit ab. Dies kann zu Fehlinterpretationen der Messergebnisse führen. Durch die Auswertung der Wärmeleitung (siehe 6.3.3.3) der zu überwachenden Luft liefern Sensoren eine zusätzliche Information, mit der man dann für bestimmte Gase auch unter diesen Bedingungen ein eindeutiges Signal erhalten kann.

Durch Katalysatorgifte am Einsatzort kann die Anwendbarkeit der Sensoren begrenzt sein. Die Katalysatoren können schon durch niedrige Konzentrationen von speziellen Gasen vergiftet werden, z.B. von Schwefelverbindungen (H_2S), silikonhaltigen Stoffen (aus Ölen oder Reinigungsmitteln), flüchtigen Metallverbindungen (Tetraethylblei in Benzin), Halogenkohlenwasserstoffen (z.B. Kaltreinigern) oder Stoffen, die polymerisieren, z.B. Styrol. Die Lebensdauer eines Sensors wird außerdem über einen längeren Zeitraum reduziert, wenn die Ex-Konzentrationen größer 99% UEG sind z.B. beim Aufgeben von Feuerzeuggas auf die Messzelle bei Vorführungen.

6.3.3.3 Wärmeleitung

Die Wärmeleitung und spezifische Wärme eines Messgases, die sich von der der Luft unterscheiden, werden gemessen, indem sie den Widerstand eines Sensors beeinflussen. Das Messgas geht dabei keine Reaktionen am Sensor ein, Sauerstoff wird nicht verbraucht. Das Messprinzip der Wärmeleitung wird bei Gaskonzentrationen oberhalb der UEG angewendet. Auch hier gilt, wie bei der Wärmetönung, dass nicht selektiv auf einzelne Gase gemessen wird, sondern aller brennbaren Gase und Dämpfe mit unterschiedlicher Empfindlichkeit angezeigt werden.

6.3.3.4 Elektrochemischer Sensor

Die Messzelle ist eine elektrochemische Zelle die in ihrem Aufbau einem galvanischen Element entspricht, wie man sie als Batterien für Taschenlampen benutzt. Diese Elemente bestehen aus zwei Elektroden und einem Elektrolyten zwischen den Elektroden. Batteriezellen sind so aufgebaut, dass alle für die elektrochemischen Reaktionen erforderlichen Partner enthalten sind.

Wenn man nun eine Zelle aufbaut, bei der ein erforderlicher Reaktionspartner, in diesem Fall das Messgas, zur Funktion fehlt, so liefert eine solche Zelle keine Spannung.

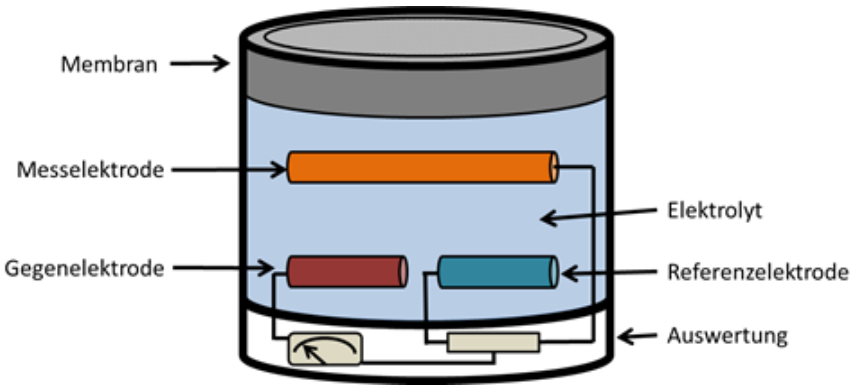


Abbildung 36: Schematische Darstellung eines elektrochemischen Sensors [Grafik: IDF NRW]

Gelangt nun das Messgas über Diffusion in die Zelle, so wird die Zelle eine Spannung abgeben. Bei geeignetem Aufbau des Systems ist diese Spannung abhängig von der Konzentration des Messgases in der Atmosphäre, die die Zelle umgibt. Da dieses Messprinzip bei höheren Gaskonzentrationen aufgrund der hohen Ströme und dem daraus resultierenden Spannungsabfall unbrauchbare Messsignale liefern würde, wird in einige Sensoren eine Referenzelektrode eingebaut, die es ermöglicht, die Spannung an der Messelektrode zu messen und gegebenenfalls zu korrigieren. Dies führt auch zu einer längeren Lebensdauer dieser elektrochemischen Sensoren.

6.3.3.5 Photoionisationsdetektor PID

Die Hersteller von Mehrgasmessgeräten bieten auch PID-Sensoren an, die in diese Geräte eingebaut werden können. Ihre Funktionsweise wird in Abschnitt 6.4 beschrieben.

6.3.4 Eingasmessgeräte

Wenn sich die Gefahr durch toxische Gase oder Dämpfe auf Einzelgase oder Leitsubstanzen beschränken lässt, können Eingasmessgeräte verwendet werden. Die Geräte werden direkt an der Arbeitskleidung getragen und überwachen die Umgebungsluft. In den Geräten sind meist zwei Alarmschwellen programmiert, um die Einsatzkraft akustisch, optisch und/oder per Vibration beim Überschreiten der Schwellen zu warnen.



Abbildung 37: CO-Warner Pac 5500 Fa. Dräger und ALTAIR Fire CO Fa. MSA [Bilder: IdF NRW]

Ein typisches Anwendungsbeispiel ist der CO-Warner, der bei der Erkundung oder im Rettungsdienst getragen wird. Er ist mit einem elektrochemischen Sensor ausgerüstet und meist langzeitstabil. Einige Hersteller bieten diese Geräte bereits als Einweggeräte an. Kalibrierung/Justierung und Batterie sowie Sensorwechsel sind dann über längere Zeiträume nicht notwendig und möglich. [Beachte aber 6.3.2, Wartungsfreie Geräte!]

Als sinnvolle Alarmschwellen können folgende Konzentrationsgrenzwerte angesehen werden:

Alarmschwelle 1: 33 ppm (ETW-4)

Alarmschwelle 2: 83 ppm (ETW-1).

6.3.5 Explosionswarngeräte

Überall dort, wo brennbare Gase und Dämpfe vorkommen, herrscht ein erhöhtes Explosionsrisiko. Um dieses Risiko zu erfassen werden Explosionswarngeräte genutzt, die mit Infrarot- oder Wärmetönungssensoren bestückt sind. Diese Sensoren erfassen typischerweise Gaskonzentrationen im Bereich der UEG. [Infrarot-Sensoren können keinen Wasserstoff nachweisen.] Für das am häufigsten eingesetzte Sensorprinzip des Wärmetönungssensors zur UEG-Messung ist ein Mindestsauerstoffgehalt notwendig. Daher empfiehlt sich zur Sicherstellung einer solchen Ex-Messung insbesondere für die Behälterüberprüfung die Kombination mit einem Sauerstoff-Sensor in einem Ex/O_2-Messgerät. [2]



Abbildung 38: Explosionswarngerät X-am 2000 mit Ex-Sensor und Sauerstoffsensor Fa. Dräger [Bild: IdF NRW]

6.3.5.1 Kalibrierung/Justierung von Explosionswarngeräten

Kalibrieren ist das Einstellen einer Geräteanzeige auf die vom Hersteller vorgegebene Stoffkonzentration. Wird die Anzeige zur Korrektur entsprechend neu eingestellt, spricht man von Justierung. Hierzu wird der Sensor einer

bekannten Gaskonzentration ausgesetzt und die Anzeige so eingestellt, dass der richtige Messwert angezeigt wird.

Die Kalibrierung wird in der Regel erstmalig vom Hersteller vorgenommen. Um jedoch einwandfreie Messungen für die gesamte Lebensdauer zu erreichen, ist die Justierung durch entsprechend geschulten Personals in regelmäßigen Abständen zu wiederholen. Zu Festlegungen der Intervalle sind die Angaben der Hersteller verbindlich, da diese von Gerät zu Gerät schwanken und auch Umwelteinflüsse (z.B. Katalysatorgifte) berücksichtigt werden müssen. Die Merkblätter der BG RCI legen ebenfalls Orientierungswerte fest, die bei fehlenden Herstellerangaben herangezogen werden können.

Da beim Kalibrieren von Explosionswarngeräte die Messanzeige des Sensorsignals nur für das verwendete Kalibriergas richtig eingestellt wird, kann das Gerät auch nur diesen Stoff exakt messen. **Andere Stoffe werden mit positiven oder negativen Abweichungen angezeigt.** Deshalb ist bei unbekannten brennbaren Gasen und Dämpfen mit dem angezeigten Messwert keine eindeutige Aussage über die tatsächliche Konzentration des Stoffes und somit über die tatsächliche Explosionsgefahr möglich.

6.3.5.2 Alarmschwellen von Explosionswarngeräten

Zur Kalibrierung/Justierung von Explosionswarngeräte wird in vielen Fällen Methan benutzt. Allerdings reagiert ein auf Methan kalibriertes Gerät auf verschiedene brennbare Gase und Dämpfe mit abweichender Empfindlichkeit, häufig zu unempfindlich. Hier ist also eine frühzeitige Alarmierung festzulegen, die auch bei einer relativen ungenauen Messung frühzeitig Alarm auslöst.

Daher werden die Alarmschwellenwerte üblicherweise so eingestellt:

Alarmschwelle 1 bei 10%-UEG und Alarmschwelle bei 20%-UEG.

6.3.6 Mehrfachgasmessgeräte

Können im Gefahrenbereich verschiedene Gase und Dämpfe auftreten ist der Einsatz eines Mehrfachgasmessgerätes sinnvoll. Es bietet die Möglichkeit unterschiedliche Messprinzipien (Infrarot-, Wärmetönungs-, PID- und elektrochemische Sensoren) in einem Gerät zu nutzen und parallele Messungen durchzuführen. Es ist somit möglich die Stärken der einzelnen Messprinzipien zu nutzen und die Schwächen ggf. zu kompensieren.

Hersteller bieten eine Vielzahl von verschiedenen Geräten mit unterschiedlichen Sensortypen an. Dabei hat der Anwender die Möglichkeit auf Grundlage einer Gefährdungsanalyse die Zusammenstellung der Sensoren individuell zusammen zu stellen.

Folgende Kombination hat sich dabei für den Feuerwehreinsatz bewährt:

- Ex-Sensor
- Sauerstoff-Sensor
- Kohlenmonoxid-Sensor
- Kohlendioxid-Sensor
- Elektrochemische Sensoren für im Ausrückebereich häufig vorkommende Gase (z.B. Chlor, Ammoniak oder Schwefelwasserstoff)



Abbildung 39: Mehrgasmessgerät ALTAIR mit 4 Sensoren [Bilder: IdF NRW]

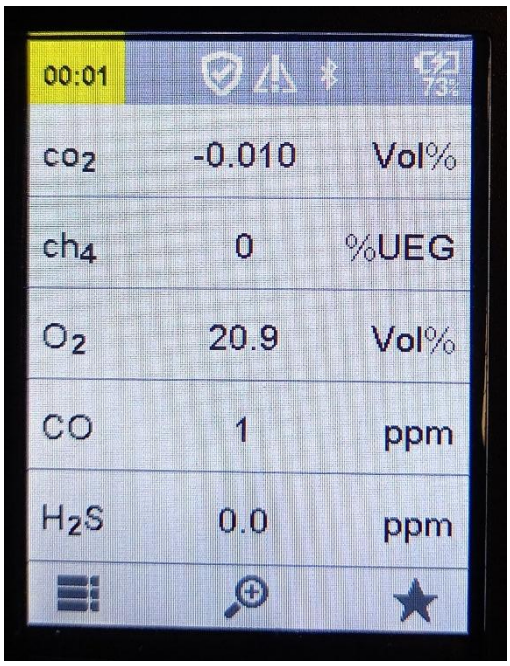


Abbildung 40: Messwertanzeige X-am 8000 mit 5 Sensoren Fa. Dräger [Bild: IdF NRW]

6.4 Photoionisationsdetektor PID (ABCErkKW)

6.4.1 Funktionsweise

Die Umgebungsluft wird über eine Pumpe in eine Messkammer geleitet. Dort erzeugt eine UV-Lampe ultraviolettes Licht mit einer Energie von **10,6 eV** [Elektronenvolt], welches bestimmte Gas- oder Dampfmoleküle ionisiert.

Lampen mit anderen Energien sind grundsätzlich vorhanden, werden aber im Bereich „Feuerwehr“ aus bestimmten Gründen nicht eingesetzt.

Alle Gase deren Ionisationsenergie unterhalb dieser 10,6 eV liegt, lassen sich durch das UV-Licht ionisieren. Zufälligerweise lassen sich Gase, die permanent in der Umgebungsluft anzutreffen sind, wie Sauerstoff, Stickstoff, Edelgase, Kohlendioxid, und Wasserdampf nicht ionisieren, da ihre Ionisierungsenergie über 10,6 eV liegt. Daher stören sie die Messung nicht.

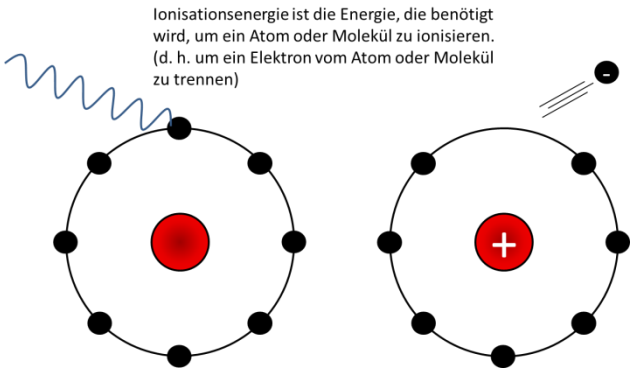


Abbildung 41: Schematische Darstellung der Ionisation eines Atoms [Grafik: IdF NRW]

In der Messkammer wird zwischen zwei Elektroden ein elektrisches Feld erzeugt. Mit Hilfe der erzeugten Ionen kann ein Strom in diesem Feld fließen, der abhängig von der Konzentration des Gases ist.

MERKE

Sind mehrere ionisierbare Stoffe in dem Gasgemisch, werden alle Stoffe als Summensignal angezeigt. Eine Differenzierung ist dann nicht mehr möglich. (zum Beispiel: Brandrauch)

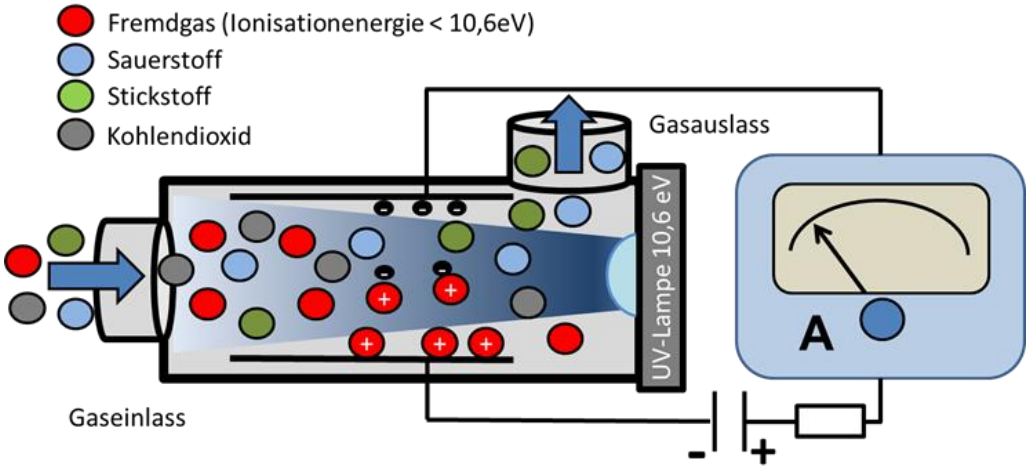


Abbildung 42: Schematische Darstellung PID-Sensor [Grafik: IdF NRW]

Hinweis

Feuerwehreinsatztypische Stoffe wie Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Schwefeldioxid, Chlorwasserstoff, und Blausäure, die häufig im Brandrauch anzutreffen sind, können mit dem PID nicht detektiert werden.

6.4.2 Responsefaktor/Korrekturfaktor

Für die Kalibrierung/Justierung eines PID wird in der Regel das Gas „Isobuten“ eingesetzt. Die Empfindlichkeit anderer Gase und Dämpfe unterscheidet sich teilweise erheblich gegenüber dem Kalibriergas. Die Empfindlichkeit der unterschiedlichen Substanzen wird über den sogenannten Responsefaktor ausgedrückt.

Diese Faktoren sind in einer Liste des BBK zusammengestellt. [20]

Substanz	Ionisationsenergie [eV]	Responsefaktor
Ammoniak	10,1	8,5
Brom	10,5	15,0
Chlor	11,5	nicht messbar
Ethanol	10,5	11,0
Isobuten (Kalibriergas)	9,2	1
Toluol	8,8	0,5

Tabelle 6: Ionisationsenergien und Responsefaktoren einiger Substanzen für den TigerPhoCheck (UV-Lampe 10,6 eV) [Tabelle: IdF NRW]

Mit dem Responsefaktor kann auf die tatsächliche Konzentration des Messgases umgerechnet werden, ohne das Gerät jeweils auf das neue Gas zu kalibrieren.

C = RF x A

- C = tatsächliche Konzentration,
- RF = Responsefaktor,
- A = Anzeige des auf Isobuten kalibrierten Gerätes

Liegt der Responsefaktor unterhalb von 1 werden die Substanzen empfindlicher, oberhalb von 1, unempfindlicher angezeigt.

Hersteller bieten PID-Listen mit Ionisationsenergien und Responsefaktoren für viele Substanzen an. Die Faktoren sind in der Menüsoftware der Geräte hinterlegt und lassen sich über Tastenkombinationen durch den Bediener vor Ort auswählen.

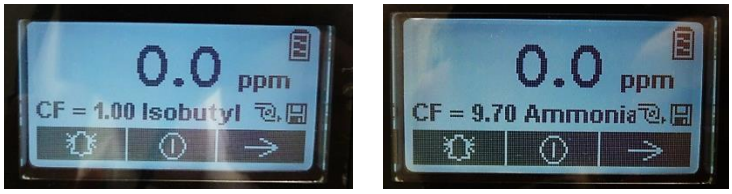


Abbildung 43: Displayanzeige mineRAE 3000 für Isobuten (Korrekturfaktor = 1) und Ammoniak (Korrekturfaktor = 9,70) [Bilder: IdF NRW]

Beispiel 1:

An der Einsatzstelle tritt eine unbekannte Flüssigkeit aus. Das PID ist auf „Isobuten“ eingestellt und liefert einen Messwert von 36 ppm „Isobuten“ an einem bestimmten Ort.

Durch Erkundung wird festgestellt, dass es sich dabei um den **einzelnen Stoff** „Ethanol“ handelt. Daraus lässt sich mit Hilfe von Tabelle 6 und der oben genannten Formel ermitteln, dass eine wahre Konzentration von

C = 11,0 x 36 ppm = 396 ppm Ethanol vorliegt.

Beispiel 2:

An der Einsatzstelle tritt eine unbekannte Flüssigkeit aus. Das PID ist auf „Isobuten“ eingestellt und liefert einen Messwert von 36 ppm „Isobuten“ an einem bestimmten Ort.

Durch Erkundung kann nicht festgestellt werden, um welchen Stoff es sich handelt. Der Stoff kann nicht mit dem PID identifiziert werden. Die Aussage, die getroffen werden kann, ist, dass ein Fremdgasanteil in der Luft zu messen ist. Änderungen der Konzentration werden ebenfalls angezeigt.

6.4.3 Einsatz auf dem ABCErkKW

Der PID wird auf den ABCErkKW Bund und NRW eingesetzt.



Abbildung 44: TigerPhoCheck Fa. ISM [Bild: IDF NRW]

Durch den Anschluss an die Messsoftware werden die Messwerte sowohl im Gerät als auch im PC sekündlich gespeichert und können als Diagramm über die Zeit oder als farblicher Fahrweg wiedergegeben werden.

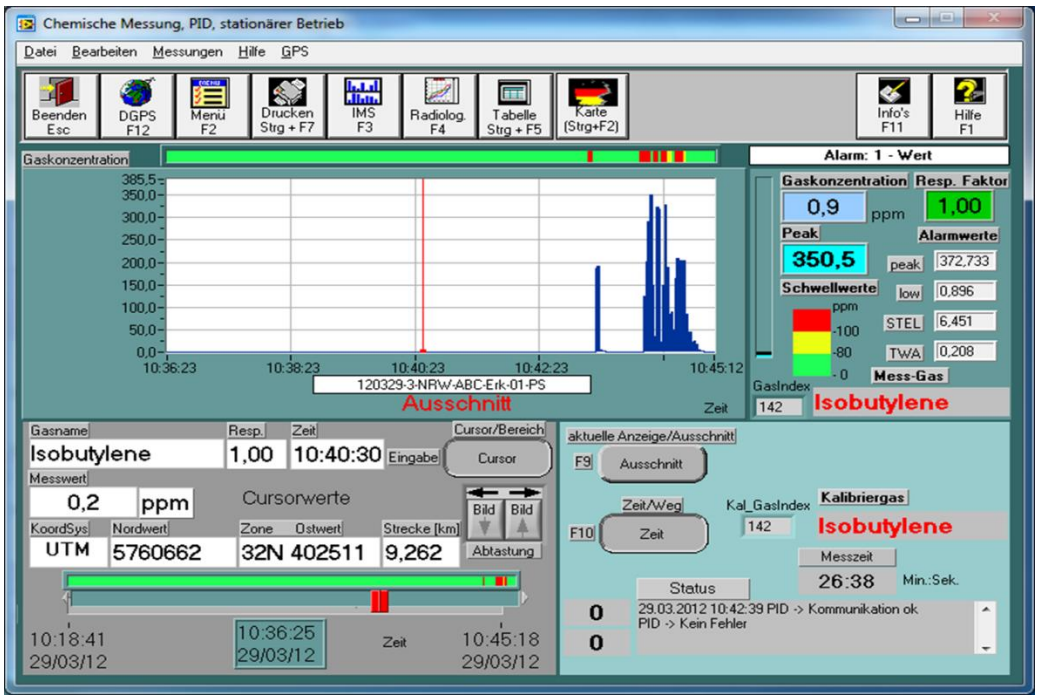


Abbildung 45: Diagramm ABCErkKW NRW: Messwerte des PID über die Zeit für das Kalibriergas „Isobuten“ [Bild: IdF NRW]

6.5 Ionenmobilitätsspektrometer IMS

Das Ionenmobilitätsspektrometer dient im ABCErkKW zum Nachweis von chemischen Kampfstoffen in der Luft. Mit einem IMS können die Kampfstoffe identifiziert und auch mengenmäßig bestimmt werden. Für die Identifizierung wird eine EDV-gestützte Stoffbibliothek genutzt. Bei einigen Geräten kann zwischen den Stoffbibliotheken gewechselt werden, sodass auch eine überschaubare Anzahl von Industriegasen identifiziert werden kann.

6.5.1 Funktionsweise

Beim Ionenmobilitätsspektrometer werden Wasserdampfmoleküle aus der Umgebungsluft in einer Ionisationskammer durch die β-Strahlung einer Ni-63-Quelle oder durch eine HEPI- (High Energy Photoionisation-)Quelle ionisiert. Dabei bilden sich positive und negative Reaktant-Ionen (RIP und RIN). (siehe Abbildung 46)

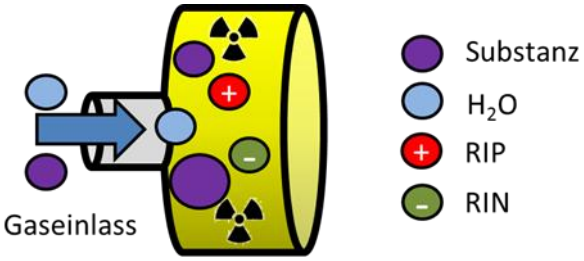


Abbildung 46: Schematische Darstellung der Ionisation durch eine Ni-63-Quelle [Grafik: IdF NRW]

Die Reaktant-Ionen lagern sich an die Gasmoleküle der Substanz und bilden Produktionen, die durch ein Schaltgitter in die Driftkammer gelangen. (siehe Abbildung 47) Die Elektrode schaltet in kurzen Abständen zwischen einem positiven und negativen Potential um, sodass jeweils immer nur positive oder negative Produktionen das Gitter passieren können.

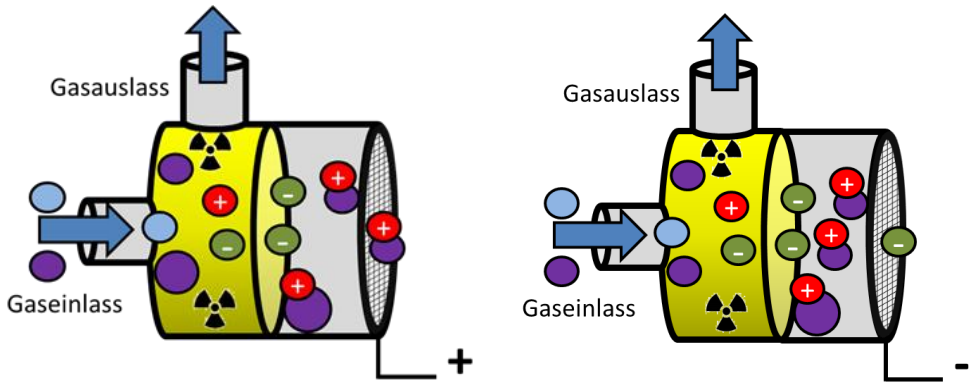


Abbildung 47: Schematische Darstellung der Produktionen mit positiven und negativen Schaltgitter [Grafik: IdF NRW]

In der Driftkammer werden diese geladenen Teilchen in einem Hochspannungsfeld beschleunigt und driften entgegen dem Driftgas zur Detektorelektrode. Da die Fluggeschwindigkeit der Moleküle in der Driftkammer hauptsächlich von der Masse und der Molekülgeometrie abhängt (kleine Moleküle fliegen am schnellsten), können so verschiedene Stoffe durch charakteristische Flugzeiten unterschieden und bedingt quantitativ bestimmt werden. (siehe Abbildung 48)

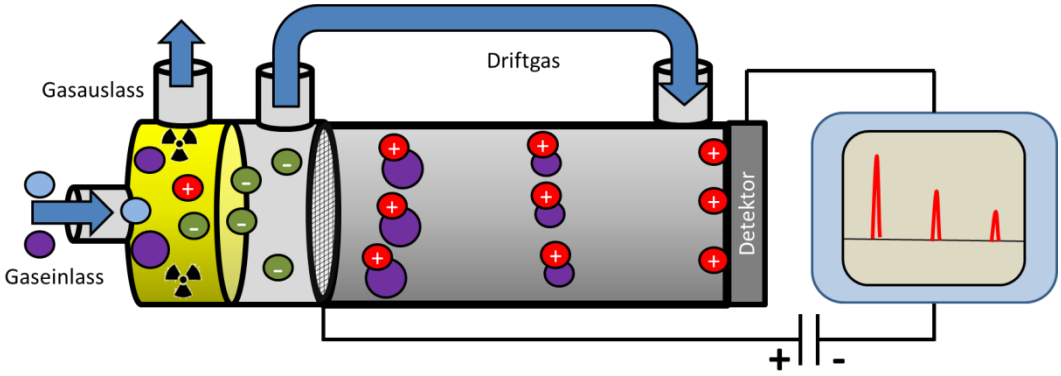


Abbildung 48: Schematische Darstellung Funktionsweise IMS (hier nur positive Produktionen) [Grafik: IdF NRW]

6.5.2 Messbetrieb

Da das IMS hauptsächlich für die Detektion von Kampfstoffen im ABCErkKW gedacht ist, wird dem Gerät durch eine permeable Glasampulle ständig eine geringe Menge an Ammoniak zugesetzt. Dadurch wird eine bessere Detektion der Kampfstoffe, insbesondere Nervenkampfstoffe, ermöglicht. Bei der Detektion von Industriegasen führt dies zu einer erheblichen Einschränkung.

Vor dem Messbetrieb durchläuft das Gerät eine Aufwärmphase und eine Selbsttestphase. Ist das Gerät längere Zeit nicht benutzt oder nach dem letzten

Einsatz nicht ausreichend an frischer Luft gespült worden, können die Vorlaufzeiten bis zu mehreren Minuten andauern, bevor das Messgerät einsatzbereit ist.



Abbildung 49: Anzeige Display RAID M-100: Selbsttest [Bild: IDF NRW]

Im abgesetzten Messbetrieb werden im Anzeigefeld keine Konzentrationswerte angegeben, sondern eine Balkenanzeige, bei dem jeder einzelne Balken für einen bestimmten Konzentrationsbereich steht. Die identifizierte Substanz wird als Kürzel (siehe Tabelle 7) vor der Balkenanzeige im Display angezeigt.

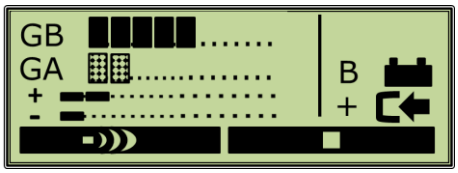


Abbildung 50: Anzeige Display RAID M-100: Identifizierung der Simulationssubstanzen und Balkenanzeige [Bild: IdF NRW]

Im Online-Modus des ABCErkKW wird die Konzentration der identifizierten Substanz als Zahlenwert dargestellt. Die Substanz wird sowohl als Kürzel als auch in Langnamen dargestellt. Die Software ist in der Lage fünf verschiedene identifizierte Substanzen zu speichern, wobei immer nur jeweils zwei über ein Auswahlmenü in Diagrammen angezeigt werden können.

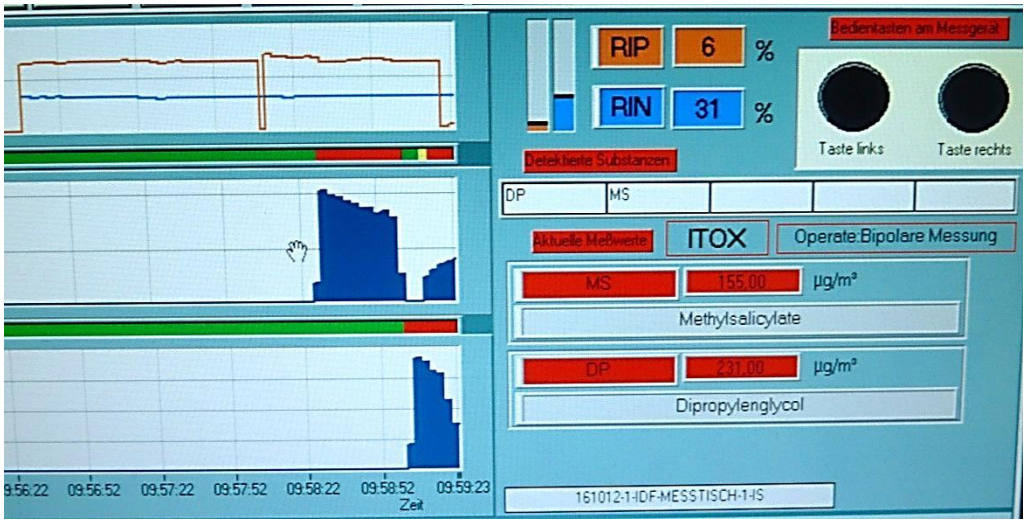


Abbildung 51: Anzeige der ABCErkKW-Software für eine IMS-Messung mit der Anzeige der Reaktant-Ionen (1.Diagramm) den identifizierten Substanzen MS (2. Diagramm) und DP (3. Diagramm) mit Langnamen sowie die Angaben der Konzentrationen in µg/m³ [Bild: IdF NRW]

Gasfluss

Für den Betrieb benötigt das IMS verschiedene Gasströme. Über eine Pumpe wird die Außenluft in die Ionisationskammer geführt (Betriebsart „Messen“). Da das IMS empfindlich auf eine Überladung reagiert, wird bei bestimmten

Konzentrationen die Gaszufuhr gestoppt und die Flussrichtung über einen eingebauten Filter umgekehrt (Betriebsart: „Rückspülen“). Dieser Modus wird solange aufrechterhalten, bis die Messkammer wieder „sauber“ ist.

In dieser Zeitspanne wird keine Umgebungsluft mehr gemessen, sodass die Messung (Fahrstrecke, abgesetzte Messung) unterbrochen werden muss.

a)

b)

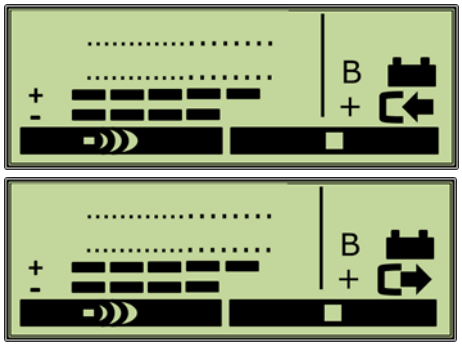


Abbildung 52: Anzeige Display: a) Betriebsart "Messen" und b) Betriebsart "Rückspülen"; angezeigt durch den Pfeil unten rechts [Grafiken: IdF NRW]

Das Driftgas wird mit Außenluft betrieben, die über Kreislauffilter gereinigt wird.

6.5.3 Detektierbare Substanzen

Die Geräte auf den ABCErkKW NRW und Bund unterscheiden sich in der Anzahl der detektierbaren Substanzen:

Substanzname	Symbol	Eigenschaft
Tabun	**GA**	Nervenkampfstoff
Sarin	**GB**	Nervenkampfstoff
Soman (GD)	**GDF**	Nervenkampfstoff
Cyclosarin (GF)		Nervenkampfstoff
VX	**VX**	Nervenkampfstoff
VXR	**VX**	Nervenkampfstoff
Schwefellost	**HD**	Hautkampfstoff
Stickstofflost (HN1)	**HNX***	Hautkampfstoff
Stickstofflost (HN2)		Hautkampfstoff
Stickstofflost (HN3)	**HN3**	Hautkampfstoff
Lewisit	**L**	Hautkampfstoff
Chlor	**CL**	
Blausäure (AC)	**ACK**	Blutkampfstoff
Chlorcyan (CK)		Blutkampfstoff
Dipropylenglykolmonomethylether	**GSI**	Simulationssubstanz
Methylsalicylat	**HSI**	Simulationssubstanz

Tabelle 7: Auflistung einiger detektierbaren Substanzen (Chemische Kampfstoffe) des RAID M-100 (1) [Tabelle: IdF NRW]

6.5.4 Querempfindlichkeiten

Es gibt durchaus weitere chemische Substanzen, auf die das IMS ebenfalls reagiert. Einerseits ist dieses zu bemerken, indem man die Werte für die Anzahl der Reaktant-Ionen (RIP und RIN) beobachtet. Fallen diese jeweils, ist davon auszugehen, dass eine chemische Substanz in der Umgebungsluft vorhanden ist. Eine Identifizierung oder quantitative Bestimmung ist nicht möglich.

Andererseits ist es möglich, dass das IMS „Querempfindlichkeiten“ zu anderen Stoffen besitzt und diese falsch zur Anzeige bringt. Es ist, besonders bei der Anzeige von chemischen Kampfstoffen, immer eine Plausibilitätskontrolle durchzuführen.

7 Sonstige Geräte zum Nachweis

7.1 Universalindikatorpapier (pH-Papier)

In der Regel wird bei Feuerwehreinsätzen zum Messen des pH-Wertes ein Universalindikator verwendet. Bei diesem Indikator handelt es sich um ein Gemisch aus verschiedenen Indikatoren, um bei jedem pH-Wert einen möglichst anderen Farbumschlag zu erzeugen, der optisch gut wahrzunehmen ist. Das Universalindikatorpapier eignet sich deshalb gut, um einen unbekannten pH-Wert im Bereich von 0 bis 14 grob zu bestimmen. Dazu werden Papierstreifen, die bereits mit dem Universalindikator imprägniert wurden, mit der zu prüfenden Lösung benetzt. Anschließend vergleicht man die Farbe des Papierstreifens mit der Farbskala und bestimmt den pH-Wert der Lösung.



Abbildung 53: Universalindikatorpapier mit der Skala pH 1-14. Drei benetzte Papierstreifen (von oben) mit einer Säure (pH <1), einer neutralen Lösung (pH 7) und einer Lauge (pH 14). [Bild: IdF NRW]

Das Indikatorpapier muss direkt nach dem benetzten mit Flüssigkeit mit der Farbskala verglichen werden um eindeutige Werte zu erhalten, da das Papier durch Verdunstung der Flüssigkeit wieder trocknet und ein Farbumschlag ggf. wieder eintritt, der das Ergebnis verfälscht.

Da mit diesem Verfahren nur der pH-Wert von Flüssigkeiten bestimmt werden kann, macht es im Feuerwehreinsatz durchaus Sinn, den vorgehenden Trupps einen zusätzlichen Streifen angefeuchtetes Papier mitzugeben. Darin lösen sich saure oder alkalische Gase/Dämpfe oder Feststoffe und können so zur Anzeige gebracht werden.

Der Nachweis über den Farbumschlag kommt auch an die Grenze, wenn die Flüssigkeit selbst gefärbt ist. Manchmal kann man sich behelfen, indem man die Flüssigkeit von dem pH-Papier aufsaugen lässt. Ein genauer Wert lässt sich dann allerdings nicht festlegen.

7.2 Öltestpapier

Öltestpapier ist ein Indikatorpapier zum Nachweis von Kohlenwasserstoffen wie Petrolether, Benzin, Heiz-, Schmier-, Mineral- und Erdöl in Wasser oder Erdreich.[4] Die Teststreifen bestehen hauptsächlich aus mikrokristalliner Cellulose. Die Funktionsweise basiert auf der Benetzung des Papiers und der Cellulose mit dem Öl, wodurch es zum Eindringen des Öls in das Papier kommt und somit zu einer deutlich tiefblauen Verfärbung des Papieruntergrundes.

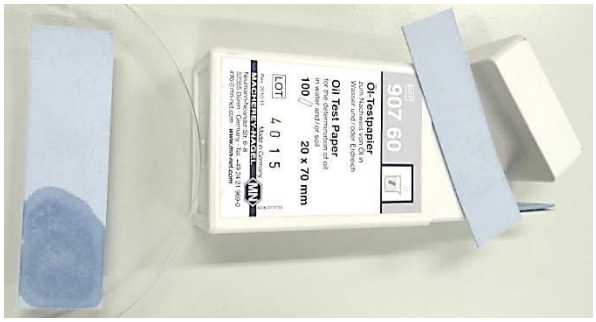


Abbildung 54: Verfärbung des Öl-Testpapiers durch Benetzen mit Petroleum (unten links) [Bild: IdF NRW]

Eine Bodenprobe wird getestet, indem der Teststreifen gegen die Probe gepresst und mit klarem Wasser abgespült wird. Andere Kohlenwasserstoffe wie Ethanol oder Aceton führen auch zu einer blasseren Verfärbung.

7.3 Wassernachweispaste

Die Paste dient zum Nachweis von Wasser in Behältern, die mit Treibstoffen, Heizöl oder sonstigen mit Wasser nicht mischbaren Flüssigkeiten gefüllt sind.[5]

Infolge des scharfen Farbumschlags von grau nach rosa ermöglicht sie sowohl die Erkennung von Wasser, als auch die Messung der Höhe einer vorhandenen Wasserschicht, indem man einen Stab (Eisen o. Holz) mit der Paste bestreicht und ihn bis zum Boden eines Behälters eintaucht.

Beim Vorhandensein von wässrigen Säuren bleibt der Farbumschlag aus!



Abbildung 55: Nachweis von Wasser in einer unbekannten Flüssigkeit durch deutliche rosa Verfärbung der Paste [Bild: IdF NRW]

[4] Beipackzettel Öl-Testpapier Macherey und Nagel
[5] Beipackzettel Wassernachweispaste Merck

7.4 Kampfstoffpapier und Spürpulver

Das Kampfstoffspürpapier dient zum Nachweis flüssiger Kampfstoffe auf Oberflächen. Nervenkampfstoffe verursachen eine dunkelgrüne (VX) oder ockergelbe (Tabun, Sarin), Hautkampfstoffe eine rote Verfärbung des Papiers.

Spürpulver kann zu einer schnellen Überprüfung kontaminationsverdächtiger Flächen eingesetzt werden. Schadstoffe werden durch einen Farbumschlag von Ocker zu Rot angezeigt.

Bei niedrigeren Umgebungstemperaturen kann der Farbumschlag von Spürpapier und Spürpulver bis zu zwei Minuten dauern. Beide Nachweismethoden sind vergleichsweise unspezifisch und können daher nur für einen groben Überblick verwendet werden. Da Spürpapier und Spürpulver viele Querempfindlichkeiten aufweisen, ist das Ergebnis bei einem Positivnachweis immer mit weiteren Nachweismethoden auf Plausibilität zu überprüfen.

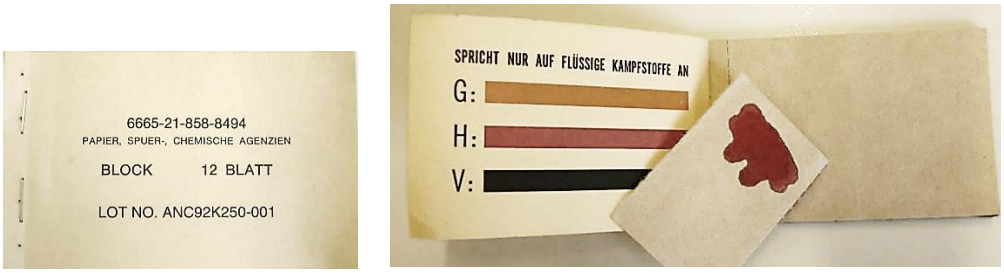


Abbildung 56: Kampfstoffpapier vom ABCErkKW: Simulation von Blut- und Hautkampfstoffen durch Benetzung mit Lösungsmittel [Bild: IdF NRW]

8 Spezielle Messtechnik der Analytischen Task Force ATF

Im Juni 2002 haben sich Bund und Länder auf die „Neue Strategie zum Schutz der Bevölkerung in Deutschland“ verständigt. Diese beinhaltet eine am konkreten Bedarf orientierte Vorhaltung und Verteilung von Ressourcen. Das Engagement des Bundes und der Länder ist dabei auf der Basis von Risikokategorien an Versorgungsstufen auszurichten.

Die höchste Schutzstufe stellt dabei der Sonderschutz mit Hilfe von Spezialkräften, so genannten „Task Forces“, dar. Eine der als notwendig erachteten Spezialressourcen ist eine Task Force zur Schnellanalytik bei chemischen Lagen („Analytische Task Force“).

Bei der Analytische Task Force (ATF) handelt es sich um hoch spezialisierte mobile Einsatzkräfte mit herausragenden Fähigkeiten vor allem auf dem Gebiet der chemischen Analytik, die über die üblichen Möglichkeiten der kommunalen Gefahrenabwehr in Verantwortung der Länder hinausgehen. Sie soll zum Einsatz kommen, wenn die Möglichkeiten der kommunalen Gefahrenabwehr erschöpft sind. Dabei baut die ATF auf die bestehenden Strukturen der ABC-Gefahrenabwehr auf und soll diese auf keinen Fall ersetzen.

In NRW haben sich die Standorte Köln und Dortmund (AC-Gefahrstoffe) und Essen (B-Gefahrstoffe) bereit erklärt diese Aufgaben zu übernehmen.

Die Ausstattung der ATF ist dergestalt ausgelegt, dass eine Luftverlastung möglich ist, um die ATF von ihrem Standort innerhalb von etwa zwei Stunden nach Alarmierung an jeden Ort innerhalb eines Aktionsradius von etwa 200 km zu verbringen. Für diejenigen Fälle, in denen ein Lufttransport nicht sinnvoll erscheint (z. B. bei Entfernungen bis 100 km) sind die ATF-Standorte mit zusätzlichen Fahrzeugen ausgestattet. Die ATF ist dabei in der Lage, innerhalb kurzer Zeit (etwa zwei Stunden) nach Alarmierung am Schadensort einzutreffen.

Der Einsatz einer ATF kann die dem jeweiligen Gefahrenpotential angemessenen (Vor-)Planungen und Maßnahmen der örtlich zuständigen Gefahrenabwehr(-behörde), wie z. B.

- die Umsetzung des ABC-Schutz-Konzeptes »Messzug NRW«1
- die Bestellung von geeigneten (ABC-)Fachberatern
- die Hilfeleistung im Rahmen des Transport-Unfall-Informations- und Hilfeleistungssystem (TUIS) der deutschen chemischen Industrie

nicht ersetzen, sondern lediglich ergänzen.

Sämtliche ATF sind bundesweit mit identischer Gerätetechnik ausgestattet und verfügen daher über ein einheitlich definiertes Leistungsspektrum für Analysen im A- und C-Bereich. Im Folgenden sind die Leistungen, die von den ATF erbracht werden können, beschrieben.

8.1 E²M Gaschromatograph mit Massenspektrometer (GC-MS)

E²M Gaschromatograph mit Massenspektrometer (GC-MS) für gasförmige Proben und verdampfbare Flüssigkeiten.

Das E²M ist ein mobiles und kompaktes GC/MS System. Der Gaschromatograph und das Massenspektrometer bieten eine schnelle und zuverlässige Vor-Ort-Detektion und Identifizierung von gefährlichen Chemikalien aus Boden, Wasser und Luft innerhalb von Minuten (GC/MS-Modus) oder sogar Sekunden (Luft- und Oberflächen-Probe-Modus).

Das Gerät wird von den ATF auf einem Fahrzeug fest installiert mitgeführt und kann vor Ort nur außerhalb des Gefahrenbereichs eingesetzt werden, d. h. zu analysierende Proben müssen zum Gerät gebracht werden. Gasförmige Proben werden über Adsorptionsröhrchen (Tenax) zugeführt, flüssige Proben müssen in der Regel zuvor durch die ATF aufgearbeitet werden.

Das Gerät nimmt zunächst im Gaschromatographen eine Trennung von Stoffgemischen vor. Das nachgeschaltete Massenspektrometer identifiziert die einzelnen Substanzen des Gemischs. Für den Einsatz des GC-MS ist in der Regel eine Aufbereitung der Proben mit nasschemischen Methoden erforderlich. Hierfür steht den ATF Dortmund und Köln ein mobiles Analysenlabor in Form eines Abrollbehälters (AB-ATF) zur Verfügung.

8.2 AP4C Flammenspektrophotometrie

Die Flammenspektrophotometrie ist ein analytisches Verfahren zur Identifizierung der chemischer Elemente P (Phosphor), N (Stickstoff), As (Arsen) und S (Schwefel). Sie nutzt das Prinzip, dass Atome bestimmter Elemente in einer heißen Flamme Licht in ganz spezifischen Farben aussenden.

Das Gerät saugt Luft an und verbrennt sie in einer wasserstoffreichen Flamme. Die Hitze wandelt die Probe in freie Atome um und führt den Valenzelektronen Energie zu. Durch die Hitze springen die Elektronen auf ein höheres Energieniveau. Da dieser Zustand instabil ist, fallen sie sofort in ihren Grundzustand zurück und geben dabei die aufgenommene Energie als Licht (Photonen) ab. Da jedes Element ein einzigartiges „Fingerabdruck“-Muster an Wellenlängen aussendet, wird das Licht durch einen Monochromator oder Filter geleitet, um nur die gewünschte Wellenlänge zu isolieren. Ein Detektor misst die Intensität des Lichts. Je heller die Flamme in der spezifischen Farbe leuchtet, desto höher ist die Konzentration des Elements in der Probe. Wenn beispielsweise Phosphor (in Nervenkampfstoffen) oder Schwefel (in Senfgas) vorhanden sind, erzeugen diese charakteristische Lichtsignale, die das System erkennt.

8.3 SIGIS 2-System (HI 90 Hyperspectral Imager)

SIGIS 2-System Fourier-Transformations-Infrarotspektrometer (FT-IR) zur Fernerkundung.

Das SIGIS 2-System eignet sich zur Identifikation, Quantifizierung und Visualisierung von Gefahrstoffwolken aus großen Entfernungen (ca. 5 km). Die Messung zeichnet sich durch eine hohe Selektivität und niedrige Nachweisgrenzen aus. Ein identifizierter Stoff wird dem Anwender/-in direkt mit dem Stoffnamen angezeigt. Ergänzend wird der Stoff auf einem hochauflösenden Bildschirm visualisiert. Der Anwender kann somit unmittelbar erkennen, wo sich die ansonsten unsichtbare Gaswolke befindet, wie groß sie ist und aus welchem Stoff sie besteht. Das SIGIS ist fest in dem ELW-ATF verlastet. Von einem geeigneten Standort aus ermöglicht dieses Verfahren das zeitnahe Verfolgen einer Schadstoffausbreitung und eine entsprechend schnelle Reaktion der Gefahrenabwehr.

8.4 Röntgenfluoreszenzanalyse

Zur anorganischen Elementanalytik nutzt man das Röntgenfluoreszensanalysegerät. Bei der Röntgenfluoreszenzanalyse wird die Technik der Fluoreszenzspektroskopie auf Röntgenstrahlung angewendet. Die Materialprobe wird mit Röntgenstrahlung bestrahlt. Dabei werden kernnahe Elektronen von inneren Schalen des Atoms herausgeschlagen und Elektronen aus höheren Energieniveaus fallen dadurch auf die inneren zurück. Die dabei freiwerdende Energie wird in Form von elementspezifischer Fluoreszenzstrahlung abgegeben. Diese Fluoreszenzstrahlung kann von einem Strahlungsdetektor ausgewertet werden. Die Röntgenfluoreszenzanalyse ermöglicht eine Identifizierung und Konzentrationsbestimmung aller Elemente ab Ordnungszahl Z = 5 (Bor] in den unterschiedlichsten Zusammensetzungen.

8.5 TruDefender FTX FTIR-Spektrometer

Das FTIR-Spektrometer eignet sich zur Identifikation und Messung von Flüssigkeiten oder Feststoffen, Gemischen und wässrigen Lösungen. Das Gerät bietet die Möglichkeit einer Messung durch Gefäßwände aus Glas (und teilweise Kunststoff) oder einsetzbare Küvetten hindurch. Mit Hilfe eines Laserstrahls wird das Schwingungsverhalten von Molekülen untersucht und mit einer Datenbank verglichen. Die Geräte können von den Einsatzkräften auch unter Vollschutz bedient werden.

8.6 FirstDefender RM

Das Gerät ist ein tragbares Raman-Spektrometer zur schnellen, berührungslosen Identifizierung unbekannter Feststoffe und Flüssigkeiten vor Ort. Es bestrahlt eine Probe mit einem Laser, analysiert das gestreute Licht (Raman-Effekt) und vergleicht den charakteristischen "Fingerabdruck" in mit einer internen Datenbank, selbst durch transparente Verpackungen hindurch.

8.7 Isotopenanalysator

Für den Bereich der A-Analytik steht neben herkömmlichen Strahlenschutzgeräten (Kontaminationsnachweisgerät, Dosis- und Dosisleistungsmessgeräte, NBR-Sonde) für den radiologischen Nachweis auch ein Isotopenanalysator (Messung der charakteristischen Gammastrahlung) (vgl. Kap.4.2.9) zur Verfügung, mit dem eine Identifikation des Radioisotops möglich ist.

8.8 Gamma-Neutronen Messung

Für die Messung von freien Neutronen, die mit herkömmlichen A-Messgeräten nicht detektierbar sind, steht dieses Messgerät zur Verfügung. Freie Neutronen stellt man künstlich mit Hilfe von Neutronenquellen her oder im Kernreaktor bei der Kernspaltung oder Kernfusion.

9 Sonstiges

Natürlich gibt es noch weitere Messgeräte, die zur Detektion, Messung oder Identifizierung von ABC-Gefahrstoffen eingesetzt werden können wie

- Gammaspektrometer mit speziell dotierten Szintillationsdetektoren
- Neutronendetektoren
- Flammenionisationsdetektoren
- Analytische Laborverfahren
- spezielle Drohnen.

Da diese Geräte aber nicht flächendeckend bei den Feuerwehren zum Einsatz kommen und in ihrer Anwendung und der Interpretation von Messergebnissen ein gewisses Maß an Expertenwissen notwendig ist, wird auf eine ausführliche Beschreibung in dieser Lernunterlage verzichtet.

10 Zusammenfassung

Die in dieser Lernunterlage vorgestellten Geräte stellen die in Nordrhein-Westfalen gebräuchlichsten Mess- und Warngeräte dar.

Für den Bediener, der in der Regel eine ABC I-Ausbildung genossen hat, ist es entscheidend, die Funktion und Bedienelemente der einzelnen Mess- und Warngeräte zu kennen, um Fehlbedienungen auszuschließen. Obwohl die Bedienung in einigen Fällen recht einfach ist, benötigt man jedoch einen regelmäßigen praktischen Umgang mit den Mess- und Warngeräten, um im Einsatz zu verwertbaren Messergebnissen zu kommen.

Für die Gruppen- und Zugführer in ABC-Einsätzen mit einer ABC II-Ausbildung ist es unerlässlich, dass die Funktion der eingesetzten Geräte in den Grundzügen bekannt ist, um Fehlinterpretationen der Messergebnisse und Querempfindlichkeiten beurteilen zu können. Bei zweifelhaften Messergebnissen ist eine zweite Messung mit einem anderen Gerät oder Gerätetyp durchzuführen. Eine Plausibilitätskontrolle der Messergebnisse ist immer durchzuführen.

Denn verwertbare und zuverlässige Messergebnisse stellen im ABC-Einsatz eine wichtige Größe in der Lagefeststellung sowie der Beurteilung der Gefahrenlage dar.

Diese Lernunterlage enthält Links zu weiterführenden Informationen.

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

I Literaturverzeichnis

[1] FwDV 500 „Einheiten im ABC-Einsatz“ (2022-06)

[2] vfdb-Richtlinie 10-05 ABC-Gefahrstoffnachweis im Feuerwehreinsatz

[3] Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe BBK „Empfehlungen für die Probenahme zur Gefahrenabwehr im Bevölkerungsschutz“

[4] Richtlinie 2014/34/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 26.02.2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen.

[5] Richtlinie 1999/92/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 16.12.1999 über Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können.

[6] „Messtechnik im Feuerwehreinsatz“ 2. Auflage 2010; Jens Rönnfeld, Mario König; Verlag W. Kohlhammer

[7] „Einsatzmöglichkeiten und –grenzen von Strahlenmess- und Nachweisgeräten“ Gabor Müller, Fachartikel Brandschutz 2012-01;

[8] Mess- und Nachweistechnik (für B-Gefahrstoffe), BBK Stand 2020

[9] Dräger Röhrchen und CMS-Handbuch 16. Auflage 2011; Dräger Safety AG & Co. KGaA

[10] DrägerSensor- & Gasmessgeräte-Handbuch 2. Ausgabe 2011, Dräger Safety AG Co. KGaA

[11] DGUV Verfahrensweise zur Durchführung von Anzeigetests bei tragbaren Gaswarngeräten (02-2025)

[12] BG RCI T021(10-2023) Gaswarneinrichtungen und -geräte für toxische Gase/Dämpfe und Sauerstoff: Einsatz und Betrieb

[13] BG RCI T023 (10-2023) Gaswarneinrichtungen und -geräte für den Explosionsschutz: Einsatz und Betrieb

[14] BG RCI T055 (10-2023): Gaswarneinrichtungen und -geräte für den Explosionsschutz: Antworten auf häufig gestellte Fragen

[15] Information des Referat 10 – Umweltschutz - der vfdb zur Änderung des Arbeitsplatzgrenzwertes von Kohlenstoffmonoxid (CO)

[16] ABC-Schutz-Konzept NRW – Teil 6 »Analytische Task Force NRW« (ATF NRW) Ministerium für Inneres und Kommunales des Landes Nordrhein-Westfalen (12/2011)

[17] MPA Dortmund Dosimetrie

[18] MPA Dortmund: Technisches Datenblatt TL-DOS GD 01

[19] Wartung von Strahlenmessgeräten des Bundes im Bevölkerungsschutz BBK, Stand 2015

[20] Stoffliste für den PID Tiger PhoCheck: BBK Stand: Juli 2019