



**IFA**

Institut für Arbeitsschutz der  
Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

# Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Exposition

**M.Sc. Christian Schumacher**

Referat Expositionsbewertung

Institut für Arbeitsschutz

der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

**C. Schumacher, DGUV Fachgespräch**

03. November 2015

# Ein zuverlässiges Messverfahren für alle Gefahrstoffe



# Inhalte

- Expositionsbewertung als Teil der Gefährdungsbeurteilung
  - Die intuitive Gefährdungsbeurteilung der Einsatzkraft
  - Die Einhaltung der Hierarchie der Schutzmaßnahmen
  - Die nichtmesstechnische Bewertung der Einsatzkraft



© fotomek - Fotolia.com

# Gefährdungsbeurteilung

- Ziel: erforderliche Maßnahmen für Sicherheit & Gesundheit bei der Arbeit festzulegen.
- ➔ Systematische Ermittlung & Bewertung relevanter Gefährdungen

Eine **Tätigkeit** mit **Gefahrstoffen** darf erst dann aufgenommen werden, nachdem eine Gefährdungsbeurteilung vorgenommen wurde & die erforderlichen Schutzmaßnahmen getroffen wurden.

## PLAN – DO – CHECK - ADJUST

- ➔ Bewertung Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen
- ➔ ggf. Festlegung zusätzlicher Schutzmaßnahmen



"Pompiers EPFL 2" by Rama - Own work. Licensed under CeCILL via Wikimedia Commons - [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pompiers\\_EPFL\\_2.jpg#/media/File:Pompiers\\_EPFL\\_2.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pompiers_EPFL_2.jpg#/media/File:Pompiers_EPFL_2.jpg)

# Intuitive Gefährdungsbeurteilung - Einsatztaktik

- Allgemeine Maßnahmen, u.a. **Sachkundige Hilfe** hinzuziehen
- Sach- & Fachkunde der (freiwilligen) Feuerwehrkraft
  - Ausbildungsthema **Gefährliche Stoffe** (& Güter)
  - Einführung in die Einsatztaktik
  - Feuerwehrdienstvorschriften
  - Lehrgänge, Lehrblätter & Filme ...
  - Merkblätter, Feuerwehrzeitschrift ...
- Besondere Maßnahmen, u.a. Möglichkeit der **Stoffausbreitung**
  - Abregnen der Brandgase & -rückstände, Löschmittel & -wasser



"HPIM0318" by Own work. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons  
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HPIM0318.jpg#/media/File:HPIM0318.jpg>

## Beispiel Schwefelwasserstoff

- 500 ppm - 1000 ppm ⇒ Letal bis unmittelbar letal, Kollaps
  - 300 - 500 ppm ⇒ Atemnot, Blutdruckabfall, Ohnmacht, starkes Angstgefühl, Lungenschaden
  - 150 ppm ⇒ Anstieg von Atemfrequenz, Puls, Blutdruck, Schweratmigkeit
  - ab ca. 100 ppm ⇒ **Ausfall Geruchswahrnehmung**
  - 10 ppm (KZW: 14,2 mg/m<sup>3</sup>) ⇒ Augenreizen, Kurzzeitwert (KZW)
  - 5 ppm (AGW: 7,1 mg/m<sup>3</sup>) ⇒ Arbeitsplatzgrenzwert (AGW)
  - 0,02 ppm - 0,15 ppm ⇒ Geruchsschwelle
- 

## Negativ Beispiel Kohlenstoffmonoxid

- 40000 ppm ⇒ Letal nach ca. 2 Min.
- 16000 ppm ⇒ Letal nach ca. 5 Min.
- 8000 ppm ⇒ Letal nach ca. 10 Min.
- 3000 ppm ⇒ Letal nach ca. 30 Min.
- 1500 ppm ⇒ Letal nach ca. 60 Min.
  
- 60 ppm (KZW 70 mg/m<sup>3</sup>) ⇒ Kurzzeitwert (KZW)
- 30 ppm (35 mg/m<sup>3</sup> AGW) ⇒ Arbeitsplatzgrenzwert (AGW)

# Nichtmesstechnische Bewertung - Gefahrstoffe

- **Gefahrenbereiche** (GB), z.B. entsprechend der VdS-Richtlinie 2357
- Je nach Belastung mit **brandbedingten Gefahrstoffen** werden Brandstellen in unterschiedliche Gefahrenbereiche eingeteilt.
  - Dabei werden **Brandverschmutzung, räumliche Ausdehnung, Art & Menge** der verbrannten Materialien & die **Brandbedingungen** berücksichtigt.
  - Es können mehrere Gefahrenbereiche unterteilt werden, z. B. bei unterschiedlich starker Verschmutzung.
  - Bis zur abschließenden Einstufung gilt Gefahrenbereich 3 (GB 3) = Atemschutz & hinzuziehen eines **Sachverständigen**
- **Einsatzstichworte**, z.B. Freisetzung chemischer Stoffe < 2000 l/kg

# Bewertung Schutzmaßnahmen

- **Erste Maßnahmen nach dem Brand**
  - Bei Unwohlsein sofort den Arzt aufsuchen
- **Technische Maßnahmen**
  - Ausgebrannte Räume über mehrere Stunden ausreichend lüften
- **Organisatorische Maßnahmen**
  - Keine Brandrückstände in saubere Bereiche verschleppen
- **Persönliche Schutzmaßnahmen**
  - Schutzkleidung, Schutzhandschuhe
  - Insbesondere bei staubenden Arbeiten Atemschutz

# Gefährdungsbeurteilung

- Informationsermittlung & Beurteilung geringe Gefährdung
- **Bewertung** Wirksamkeit **geplanter Schutzmaßnahmen**
- **Bewertung Exposition**
  - Wenn bei der Herstellung/Verwendung von Stoffen/Gemischen/Produkten **Gefahrstoffe** entstehen od. freigesetzt werden
  - **Anwendung nichtmesstechnischer Verfahren**
  - Anwendung messtechnischer Verfahren
- Ergebnis („Befund“) dokumentieren
  - ggf. Festlegung zusätzlicher Schutzmaßnahmen

# Expositionsbewertung

- 1. Schritt: die Emission
  - Emissionsquellen? Imitierte Stoffe?
- 2. Transmission
  - Entstehen neue oder andere Gefahrstoffe?
- 3. Möglichkeiten der Exposition -> Gefahrstoffausbreitung
  - Vor dem Einsatz
    - **Eintreffen – wann muss Schutzausrüstung angelegt werden**
    - Suche nach dem Brandherd
  - Nach dem Einsatz
    - **Brandschau – wann kann Schutzausrüstung abgelegt werden**
    - Brandwache

# Informationsermittlung nach TRGS 400

- Informationsbeschaffung zu
  - Verwendeten chemischen Arbeitsstoffen (=Löschmittel)
  - Arbeitsumfeld
  - Gefahrstoffe
  - Tätigkeiten
  - Möglichkeiten einer **Substitution**
  - Schutzmaßnahmen & deren Wirksamkeit
  - Schlussfolgerungen aus durchgeführter arbeitsmedizinischen Vorsorge (voriger Vortrag)

# Informationsermittlung

- Der Arbeitgeber hat die Gefährdungsbeurteilung unabhängig von der Zahl der Beschäftigten erstmals **vor Aufnahme der Tätigkeit** zu dokumentieren; dabei sind anzugeben
  1. die Gefährdungen am Einsatzplatz
  2. das Ergebnis der Prüfung auf Möglichkeiten einer Substitution
  3. eine Begründung für einen Verzicht auf eine technisch mögliche Substitution, sofern Schutzmaßnahmen zu ergreifen sind

# Informationsermittlung

- Der Arbeitgeber hat die Gefährdungsbeurteilung unabhängig von der Zahl der Beschäftigten erstmals **vor Aufnahme der Tätigkeit** zu dokumentieren; dabei sind anzugeben
4. die durchzuführenden Schutzmaßnahmen einschließlich derer,
- die wegen Überschreitung eines Beurteilungsmaßstabs zusätzlich ergriffen wurden,
  - sowie der geplanten Schutzmaßnahmen, die zukünftig ergriffen werden sollen, um den Beurteilungsmaßstab einzuhalten, oder
  - die bei mutagenen, krebserzeugenden, oder reprotoxischen Stoffen, zusätzlich oder zukünftig getroffen werden (Maßnahmenplan)

# Informationsermittlung

- Der Arbeitgeber hat die Gefährdungsbeurteilung unabhängig von der Zahl der Beschäftigten erstmals **vor Aufnahme der Tätigkeit** zu dokumentieren; dabei sind anzugeben
  5. eine Begründung, wenn von den bekannt gegebenen Regeln und Erkenntnissen abgewichen wird &
  6. die **Ermittlungsergebnisse**, die belegen, dass die ergriffenen technischen Schutzmaßnahmen wirksam sind

# Informationsquellen

- Branchen- oder tätigkeitsspezifische Hilfestellungen
  - Richtlinien, z.B. 10/01 „Bewertung v. Schadstoffkonzentrationen ...“, 10/03 „Schadstoffe bei Bränden“, 10/05 „Gefahrstoffnachweis im Feuerwehreinsatz“, 2357 „Brandschadensanierung“
- Branchenbezogene Gefahrstoff- und Produktbewertungen
  - **Leitsubstanzen**, Einsatztoleranzwerte
- Stoffinformationen der Bundesländer & Unfallversicherungsträger
  - Technische Regel (TRGS 521, 524, ...), DGUV Regel, Vorschrift, Information, GESTIS-Produkte: [www.dguv.de/ifa/de/gestis](http://www.dguv.de/ifa/de/gestis)
- Fachartikel (Projekte, Forschungsvorhaben)

# Nichtmesstechnische Bewertung - Emission

- Was kommt bei welchen Bränden frei?
  - Temperaturabhängig
  - Materialabhängig
  - Branddauer & Sauerstoffzufuhr
- Akut giftige Brandgase, hochflüchtige & brennbare Gase
- Giftige Stäube
- **Chronisch giftige Brandgase und Stäube** => krebserzeugende Stoffe (Karzinogene)

# Emissionsquellen

- Baumaterial
  - Decke, Wände (Holz, Flammschutzmittel), Böden (PVC) & Teppiche
  - Kunststoffe, Metalle
- Haushaltsgeräte
  - Kunststoffe, Metalle
- Zimmereinrichtung
  - Möbel, Polster, Tische, Matratzen, Vorhänge, Elektrogeräte ...
- Organisches Material,
  - z. B. Holz, Fett, Wolle

# Nichtmesstechnische Bewertung - Gefahrstoffe

- Asche, Brandrückstände, Kalte Rauche, Löschmittel, Ruß, Schlacke
  - Asbest
  - Bromorganische Stoffe (z. B. polybromierte Diphenylether)
  - Chlorparaffine, Chlorbenzole, Chlorphenole (z.B. Pentachlorphenol, PCP)
  - Mineralfasern (KMF)
  - Organochlorhaltige Materialien (z.B. PVC)
  - Polychlorierte Biphenyle (PCB)
  - Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)
  - ...

# Nichtmesstechnische Bewertung - Gefahrstoffe

- An **kalter Brandstelle** können in hoher Konzentration vorhanden sein
  - Asche, Ruß => E- & A-Staub, PAK
  - Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) & Nitrose Gase ( $\text{NO}_x$ )
  - Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) & Kohlenmonoxid ( $\text{CO}$ )
  - Chlor ( $\text{Cl}_2$ ), Chlorwasserstoff ( $\text{HCl}$  bzw. Salzsäuregas)
  - Bromwasserstoff ( $\text{HBr}$ ), Cyanwasserstoff ( $\text{HCN}$  bzw. Blausäure) & Phosgen ( $\text{COCl}_2$ )
  - Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ), Schwefelwasserstoff ( $\text{H}_2\text{S}$ )
- Des Weiteren können auftreten
  - Dioxine/Furane, Asbest, Mineralfasern (KMF) & Holzschutzmittel, Schlacke

# Messtechnische Bewertung

- Richtlinien 10/01 „Bewertung von Schadstoffkonzentrationen im Feuerwehreinsatz“
  - Es gibt für ca. 471 Stoffe Akute Expositionswerte
  - Es gibt für ~ 40 Stoffe Einsatztoleranzwerte für die Feuerwehr
  - Es gibt wenige Leitsubstanzen (Richtlinie 10/03)
- Erfahrungswerte zu chronisch wirkenden Gefahrstoffen sind in Deutschland wenig vorhanden, z.B.
  - **Formaldehyd**
  - Schwerflüchtige Schadstoffe in Brandrückständen
    - z.B. Dioxine, Furane
    - Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe wie Benzo(a)pyren

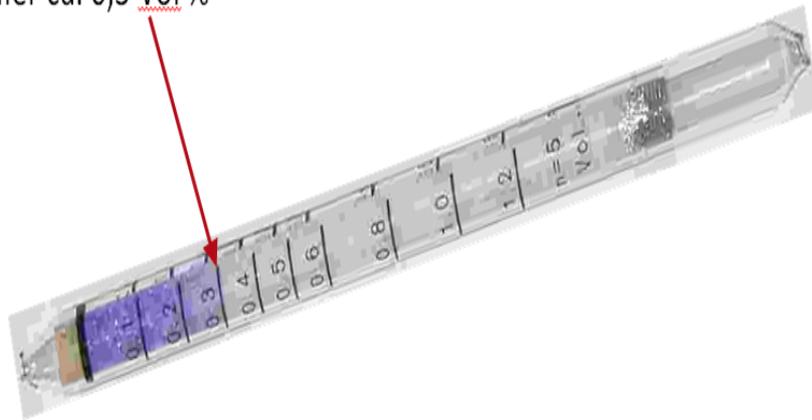
# Mögliche Leitsubstanzen für Karzinogene

- Acetaldehyd (Aldehyde)
- Benzol (niedere Aromaten)
- Formaldehyd
- Asbest - anlassbezogen
- Benzo[a]pyren (Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe)
- Polychlorierte Biphenyle - anlassbezogen
- Dioxine – anlassbezogen (2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin)

# Colorimetrisch-chemisch Messung

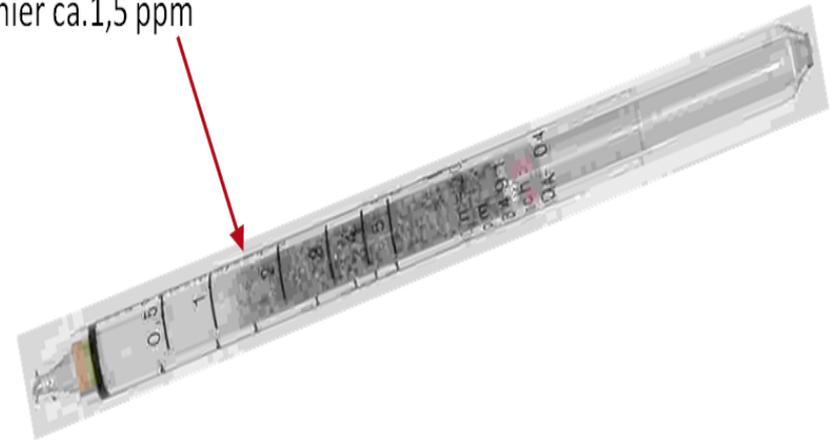
## Beispiel: CO<sub>2</sub>-Prüfröhrchen

Dräger CO<sub>2</sub> 0,1 % /a  
 Anzahl der Hübe n=5  
 Farbumschlag nach violett,  
 hier ca. 0,3 Vol %



## Beispiel: SO<sub>2</sub>-Prüfröhrchen

Dräger Schwefeldioxid 0,5/a  
 Anzahl der Hübe n=20  
 Farbumschlag nach weiss,  
 hier ca. 1,5 ppm



# Physikalische Messprinzipien für Aerosole

- Eigenschaften der Staubpartikel nutzen wie:
  - Masse
  - Beschleunigung der Partikel
  - Reflexion/Streuung optischer Strahlung
  - Abschwächung optischer Strahlung
  - Elektrische Aufladung
  - Abschwächung von Röntgenstrahlen (Masseneffekt)

# Weitere Messsysteme

- Elektrochemische Sensoren
- Ionenmobilitätsspektrometrie
- FT-Infrarotspektrometer
- Gravimetrie
- Photoakustische Spektroskopie
- Photoionisation
- ...

# Die Analytische Task Force (ATF)

## Informationen zu Leistungsspektrum und Anforderungswegen

**für die Innenbehörden der Länder,  
Kats-Behörden der Kreise / kreisfreien Städte  
und Führungskräfte der Feuerwehren  
und Hilfsorganisationen**



# Bewertung Messungen

- Eine Ausbreitungsberechnungssoftware (aktuell *DISMA 4.0*, TÜV Rheinland), um die Ausbreitung und die Auswirkungen einer chemischen Schadstofffreisetzung abzuschätzen
- Auf Grundlage der in der Lage zur Verfügung stehenden Informationen und der Messergebnisse kann eine Prognose der Lageentwicklung geleistet werden
- => Auch für die Zeit nach dem Brand?!

# Bewertung Schutzmaßnahmen

- **Substitution**

- Änderung des Vorgehens in Richtung geringerer Gefährdung
- Zeitlich wie örtlich Abstand halten = unnötiges Aufsuchen der Brandstelle vermeiden

- **Technische Maßnahmen**

- Lüften – dabei sollte man sich nicht in den Räumen aufhalten
- Türen zu unverschmutzten Räumen schließen
- Abdeckung und Auslegen feuchter Tücher in bestimmten Bereiche
- Staubminderung

# Bewertung Schutzmaßnahmen

- **Organisatorische Maßnahmen**
  - Keine Brandrückstände in saubere Bereiche verschleppen
  - Bei warmer Brandstelle => Atemschutz (FwDV 7)
  - Nur so lange wie nötig in den ausgebrannten Räumen aufhalten, möglichst nur mit Schutzhandschuhen & Atemmaske
- **Persönliche Schutzmaßnahmen**
  - Schutzanzug mit Kapuze aus verstärktem Papierfließ oder Kunststoff, ev. Schutzbrille
  - Filtrierende Halbmaske der Schutzgruppe FFP2/FFP3)
  - Schutzhandschuhe aus Leder- Textilkombination für Trockenarbeiten, Gummihandschuhe für Nassarbeiten

## Fazit

- Nichtmesstechnische Bewertung durch Experten vor Ort
  - Emissionsquellen, Gefahrstoff & Gefahrenbereich
- Substitution
  - Aus „warmer“ Brandstelle eine „kalte“ Brandstelle machen
- Technische & Organisatorische Schutzmaßnahmen anwenden, trainieren, schulen & weiterentwickeln
- Bei kalter Brandstelle, Lüftung und zeitlichem Abstand
  - Richtlinie 10/06 „Umgang mit kalten Brandstellen“; keine akute Gefahr; Fokus auf Schutzmaßnahmen
  - Erfahrungswerte zu langfristigen Gefahren ausbauen

# Empfehlung

- Keine eigene messtechnische Ermittlung im Schnellschussverfahren!
- Forschungsbedarf für messtechnische Bewertung
  - Experten vor Ort dokumentieren Gefahrstoffe & Gefahrenbereiche
  - Erfahrungswerte (Einsatzleitungen, Task Force) werden evaluiert
  - Kreuztabelle zu Gefahrstoff/Gefahrbereich & Häufigkeit
  - Abstimmung des Messverfahrens per Tätigkeit & Gefahrstoff

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

www.dguv.de

www.dguv.de/ifa



**DGUV**  
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung  
Spitzenverband

Blog | Kontakt | Sitemap | English

Google® Benutzdefinierte Suche

Prävention | Versicherung | Rehabilitation / Leistungen | Forschung | Internationales | Qualifizierung | Zahlen und Fakten | Presse / Medienzenter

Home

Prävention > Fachbereiche der DGUV > Feuerwehren, Hilfeleistungen, Brandschutz

**Fachbereich Feuerwehren, Hilfeleistungen, Brandschutz (FB FHB)**

Der Fachbereich befasst sich mit Fragen zu Sicherheit und Gesundheitsschutz für folgende Bereiche:

- öffentliche Feuerwehren (z. B. freiwillige Feuerwehren, hauptberufliche Feuerwehrbedienstete)
- Rettungsdienste (öffentliche wie private)
- Hilfeleistungsorganisationen (z. B. DRG, DRK, JUH, MHD, ASB)
- Katastrophenschutz
- Technisches Hilfswerk - THW.

Darüber hinaus werden hier alle Belange des betrieblichen Brandschutzes behandelt, wie z. B.

- betrieblicher Brandschutz als integraler Bestandteil des Arbeitsschutzes
- Ausstattung von Arbeitsstätten mit Feuerlöschern
- Löschanlagen
- Brandvermeidungsanlagen
- Brandschutzbeauftragte
- Brandschutz Helfer.

**Sachgebiete des Fachbereichs:**

- Feuerwehren, Hilfeleistungsorganisationen
- Betrieblicher Brandschutz

**Webcode**  
   
+ so geht's

**DGUV-Fachveranstaltung**

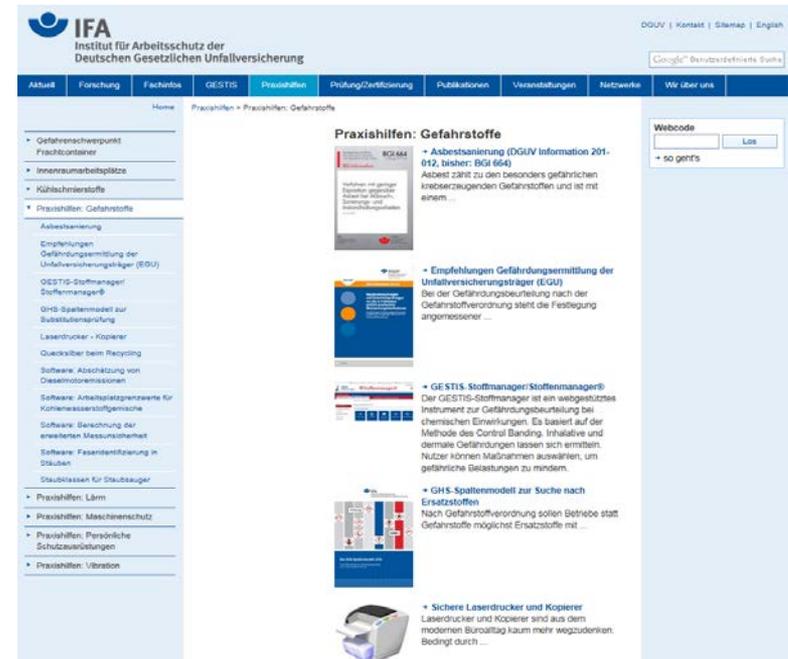
- + DGUV-Fachgespräch "Krebsrisiken bei Feuerwehreinsatzkräften", 03. November 2015, DGUV/ Sankt Augustin

**SiGe-Fachgespräch**

- + SiGe - Fachgespräch "Kinder und Jugendliche in Feuerwehren und Hilfeleistungsorganisationen" am 09.-10. Dezember 2014 in Dresden

**Ansprechpartner**

Dipl.-Biol. Tim Pelz  
Geschäftsstelle des Fachbereichs "Feuerwehren, Hilfeleistungen, Brandschutz" (FB FHB)  
c/o Unfallkasse Baden-Württemberg  
Tel.: 0711 9321-564  
E-Mail



**IFA**  
Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

DGUV | Kontakt | Sitemap | English

Google® Benutzdefinierte Suche

Aktuell | Forschung | Fachinfos | GESTIS | Praxishilfen | Prüfung/Zertifizierung | Publikationen | Veranstaltungen | Netzwerke | W/ über uns

Home

Praxishilfen > Praxishilfen: Gefahrstoffe

**Praxishilfen: Gefahrstoffe**

- Asbestsanierung (DGUV Information 201-012, bisher: BGI 664)**  
Arbeit zBst: zu den besonders gefährlichen krebs erzeugenden Gefahrstoffen und ist mit einem ...
- Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (EGU)**  
Bei der Gefährdungsbeurteilung nach der Gefahrstoffverordnung stellt die Festlegung angemessener ...
- GESTIS-Stoffmanager: Stoffenmanager®**  
Der GESTIS-Stoffmanager ist ein webbasiertes Instrument zur Gefährdungsbeurteilung bei chemischen Einwirkungen. Es basiert auf der Methode des Control Banding. Inhalative und dermale Gefährdungen lassen sich ermitteln. Nutzer können Maßnahmen auswählen, um gefährliche Belastungen zu mindern.
- GHS-Spaltenmodell zur Suche nach Ersatzstoffen**  
Nach Gefahrstoffverordnung sollen Betriebe statt Gefahrstoffe möglichst Ersatzstoffe mit ...
- Sichere Laserdrucker und Kopierer**  
Laserdrucker und Kopierer sind aus dem modernen Büroalltag kaum mehr wegzudenken. Bedingt durch ...

**Webcode**  
   
+ so geht's

# Messtechnische Bewertung Einsatztoleranzwerte

- Asbestfasern
- Aceton, Acrolein, Acrylnitril, Ammoniak, Anilin, Arsenwasserstoff, Benzol, Carbonylchlorid (Phosgen), Chlor, Chlorbenzol, Chlorcyan
- Epichlorhydrin, Essigsäure, Ethanol, Ethylendiamin, Ethylenoxid
- Fluor, Fluorwasserstoff, Formaldehyd
- Hexan, Hydrazin
- Kohlenstoffdioxid, Kohlenstoffdisulfid, Kohlenstoffmonoxid

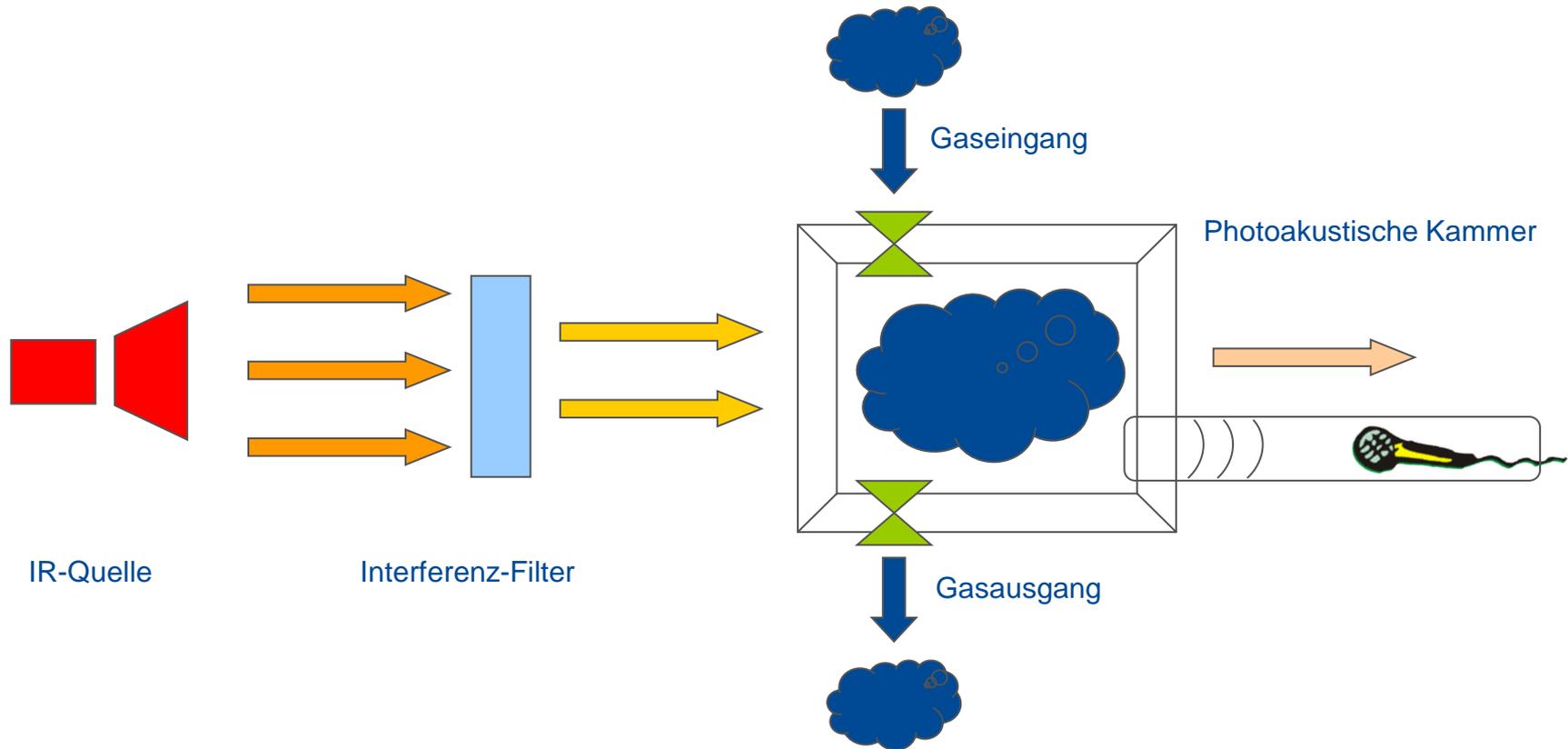
# Messtechnische Bewertung Einsatztoleranzwerte

- Methanol
- Methylmercaptan
- Phosphorwasserstoff
- Salpetersäure
- Schwefeldioxid, Schwefelwasserstoff, Stickstoffdioxid, Styrol
- Tetrachlorethen, Tetrachlorkohlenstoff, Toluol, Toluoldiisocyanat, Trichlorethan, Trichlorethen
- Vinylchlorid

# Messtechnische Bewertung Akute Giftstoffe

- Acrolein, Ammoniak,
- Bromwasserstoff
- Cyanwasserstoff (Blausäure)
- Fluorwasserstoff
- Kohlenstoffmonoxid, Kohlenstoffdioxid
- Nitrose Gase
- Salzsäure
- Schwefeldioxid

# Photoakustische Messung



# Elektrochemische Messung

- Gase gehen an Elektroden Redox-Reaktionen ein
- Es entsteht Elektronenfluss in äußerem Stromkreis von Anode zur Kathode
- Gaskonzentration wird direkt in messbaren elektrischen Strom umgesetzt
- Konzentration des Gases ist proportional zum elektrischem Signal



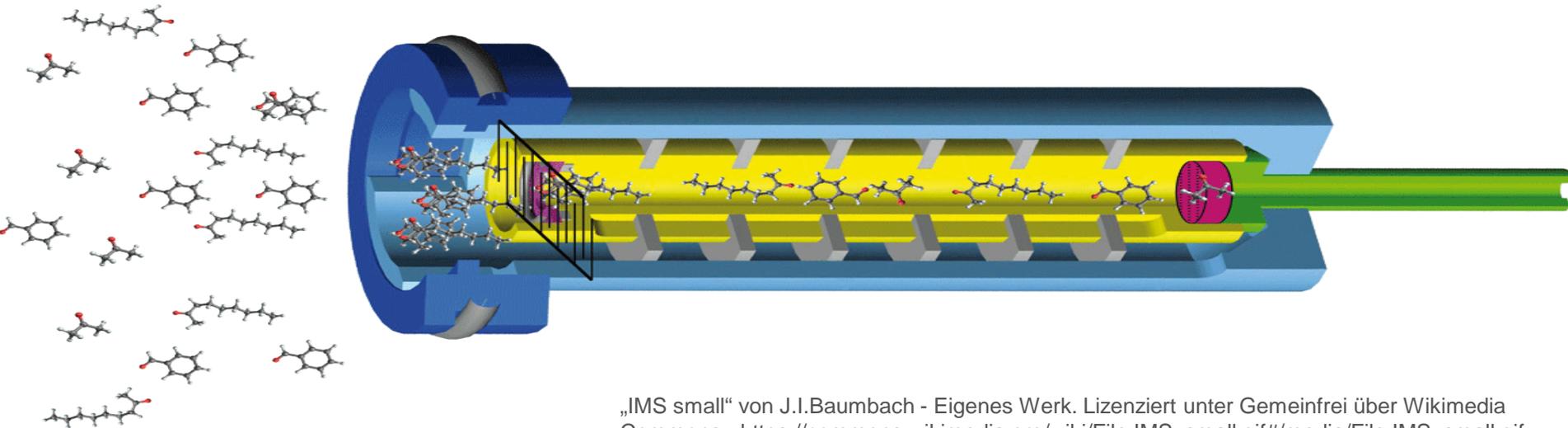
# Photoionisation Messung

- Ein Photoionisationsdetektor wird das Analyt UV-Licht (Gasentladungslampe) ausgesetzt. Wenn ionisierbare Substanzen in der Luft vorhanden sind, wird dies als Konzentration auf dem Display angezeigt



# Ionenmobilitätsspektrometrie Messung

- Analyt wird ionisiert, Ionen werden durch elektrischen Feld geführt
  - *Driftzeiten können zur Identifizierung der Molekülionen  $M \pm$  genutzt werden.*
  - *Der Ionenstrom widerspiegelt die Konzentration der Moleküle*



„IMS small“ von J.I.Baumbach - Eigenes Werk. Lizenziert unter Gemeinfrei über Wikimedia Commons - [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IMS\\_small.gif#/media/File:IMS\\_small.gif](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IMS_small.gif#/media/File:IMS_small.gif)

# FT-Infrarotspektrometer

- Im fernen Infrarot wird die Absorption der IR-Strahlung durch die Anregung von Gitterschwingungen hervorgerufen
- Durch Bestimmung von Bandenlagen und Intensitäten in einem IR-Spektrum lassen sich Substanzen charakterisieren



„FTIR 3000 2“ von Kkmurray - Eigenes Werk. Lizenziert unter CC BY-SA 3.0 über Wikimedia Commons - [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:FTIR\\_3000\\_2.jpg#/media/File:FTIR\\_3000\\_2.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:FTIR_3000_2.jpg#/media/File:FTIR_3000_2.jpg)