

Gefahrstoffanalytik im MGU

K. Pitzke, D. Breuer

Um zu wissen, welche Gefahrstoffe an Arbeitsplätzen entstehen und die Gesundheit der Beschäftigten beeinträchtigen können, müssen diese Stoffe erfasst, eindeutig identifiziert und quantifiziert werden. Dieses Vorgehen bildet seit Jahrzehnten eine tragende Säule des heutigen Messsystems Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (MGU).

Der Weg zur Gegenwart

Vor rund 70 Jahren begann die Analytik ihre Arbeit in den Laboren des Staubforschungsinstituts (STF) des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG) in Bonn. Das erste analytische Angebot bestand im Wesentlichen aus Messverfahren für mineralische Gefahrstoffe wie Quarz, Asbest oder bestimmte Metalle und im Laufe der Jahre aus Analysen mittels einfacher photometrischer Methoden [1]. Im Jahr 1972 fiel der offizielle Startschuss für das MGU als Berufsgenossenschaftliches Messsystem Gefahrstoffe (BGMG) und damit auch für die rasante Entwicklung der Analytik von Gefahrstoffen – ein paar Jahre folgend auch von Biostoffen.

Mit dem Zusammenschluss verschiedener Institutionen im Jahr 1980 zum Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitssicherheit (BIA, ab 2007 BGIA) am Standort Sankt Augustin hat sich das Angebot der Gefahrstoffanalytik grundlegend geändert. Die Kapazitäten und analytischen Möglichkeiten wurden deutlich erweitert. Die Labore in Sankt Augustin wurden nach dem damaligen Stand der Technik konzipiert. Neben den „klassischen“ Gefahrstoffen wie Quarz standen nun auch immer häufiger organische Gefahrstoffe im Fokus der Analytik. Im Laufe der letzten 50 Jahre wurden somit leistungsfähige Abteilungen für die Analyse von Gefahrstoffen mittels Gaschromatographie und Flüssigchromatographie sowie die Bereiche Metallanalytik und Analyse von Stäuben und Fasern aufgebaut – mit dem Ziel, möglichst alle im Arbeitsschutz relevanten Gefahrstoffe analysieren zu können (Tabelle). Zu Beginn der 1990er-Jahre wurde die Identifizierung von Biostoffen am Arbeitsplatz zunehmend nachgefragt, sodass ebenfalls eine Abteilung für die Analyse von Biostoffen, als zentrales Labor der Unfallversicherungsträger (UVT), im BIA errichtet und im MGU etabliert wurde [2]. Nach der Fusion der Verbände von Berufsgenossenschaften und Unfallkassen zur Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) wirkt diese Vielzahl an Laboren des MGU seit 2010 unter dem heutigen Namen im Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA). Auch bei den UVT existieren spezielle analytische Labore, die im Verbund für das MGU tätig sind. Darüber hinaus bestehen seit Jahrzehnten enge Kontakte zu Laboren der Arbeitsschutzinstitutionen im Ausland, wie der Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt (SUVA) und der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt (AUVA) in Österreich.

Doch die Labore im IFA waren nach gut 35 Jahren Dienst im MGU nicht mehr zeitgemäß. Die vorhandene Technik und der benötigte Platz für empfindlichere Analysengeräte stießen aufgrund der stetig wachsenden Anforderungen des MGU an ihre

Tabelle Übersicht der im IFA zur Verfügung stehenden Analysetechniken und beispielhaft die damit untersuchten Gefahrstoffe.

Analysemethode	Gefahrstoffe (beispielhaft)
Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS), Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OES)	Metalle
Total Reflection X-ray Fluorescence Spectroscopy (TXRF)	Metalle
Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry (GF-AAS) mit und ohne Hydridtechnik	Beryllium, Arsen
Atomfluoreszenzspektroskopie (AFS)	Quecksilber
Gaschromatographie mit Flammenionisation (GC-FID)	Lösemittel, Alkohole, RCP
GC-ECD (ECD: Electron Capture Detector)	Halogenierte Stoffe, z. B. PCB
GC-NPD (NPD: Nitrogen Phosphorus Detector)	Amine, phosphororganische Stoffe
GC mit Massenspektrometrie-Kopplung (GC-MS) mit Thermodesorption	Innenraumluft, Benzol
GC-MS	Identifizierung von Stoffen
GC-TEA (TEA: Thermo-Energy-Analyzer)	Nitrosamine
HPLC-Fluoreszenzdetektion (HPLC: High Performance Liquid Chromatography)	PAK, Isocyanate
HPLC-DAD (DAD: Diodenarray-Detektor)	Aldehyde, Isocyanate, PAK (leichtflüchtig), Phthalate, kurzkettige Carbonsäuren
Ionenchromatographie (IC)-Leitfähigkeitsdetektion	Säuren, Laugen, Amine, Alkanolamine
IC-Wellenlängendetektion	Chrom(VI)-Verbindungen
UV/Vis-Spektrometrie (UV: ultraviolette Licht, Vis: sichtbares Licht)	Chrom(VI)-Verbindungen, Hydrizin, Phosphorwasserstoff
Röntgendiffraktion	Quarz
Elektronenmikroskopie	Fasern, Nanopartikel
Infrarotspektrometrie	Amorphe Kieselsäuren, Quarz, Asbest, Mineralöle, Kühlschmierstoffe, Bitumen
Wägung	A- und E-Staub
Coulometrie	Dieselmotoremissionen
Phasenkontrastmikroskopie	Abgelagerte Stäube, Partikel und Fasern
Lasergranulometrie	Korngrößenverteilungen
Online-GC, Selected Ion Flow Tube Mass Spectrometry (SIFT-MS)	Überwachung von Prüfgasen an der dynamischen Prüfgasstrecke

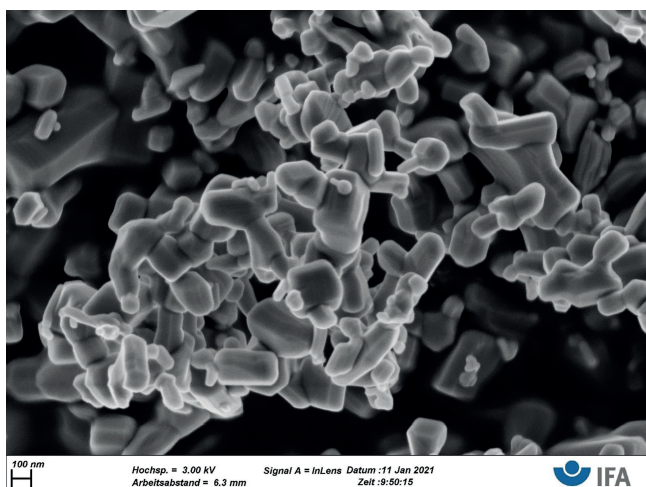


Bild 1 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von nano- bis mikroskaligem Zinkoxid (Darstellung der kristallinen Struktur und Flächen der einzelnen Zinkoxid-Partikel). Foto: IFA



Bild 2 Elektronenmikroskopie. Foto: IFA

Grenzen – insbesondere für die als krebserzeugend eingestuftes Gefahrstoffe. Nach fünf Jahren intensiver Erörterung der derzeitigen und zukünftigen Anforderungen an die Labore, der eigentlichen Planung und Bauphase wurde das neue Laborgebäude Ende 2019 am DGVV Standort Sankt Augustin bezogen. Dieses Gebäude mit seiner modernen Ausstattung soll die Leistungsfähigkeit der zentralen Dienstleistung des IFA im Rahmen des MGU, der Analyse von Gefahrstoff- und Biostoffproben, mindestens für die nächsten 30 Jahre sichern.

Was kann die Gefahrstoffanalytik am IFA heute?

Das neue Laborgebäude bietet optimale Voraussetzungen, um aktuelle Techniken in der Analytik von chemischen Gefahrstoffen und Biostoffen anzuwenden. Gerade im Hinblick auf die deutlich gestiegenen Anforderungen an die Nachweisstärke der Verfahren, insbesondere nach Einführung des Expositions-Risiko-Konzeptes für krebserzeugende Gefahrstoffe [3], wurden hervorragende bauliche Voraussetzungen geschaffen.

Die Luftführung ist so gestaltet, dass Querkontaminationen vermieden werden. So können hochempfindliche Analysensysteme mit massenspektrometrischen Detektoren in ihrer vollen Leis-

tungsfähigkeit genutzt werden. Ein besonderer Sprung wurde auch in der Analytik mittels Elektronenmikroskopie erreicht. Das Labor mit zwei Elektronenmikroskopen hat – neben einem deutlich verstärkten Boden mit Unterzügen – jetzt ein vom Gebäude entkoppeltes Fundament: Damit sind Bildauflösungen möglich, die im Altgebäude aufgrund von Vibrationen kaum erreichbar waren (Bild 1 und 2).

Die Anforderungen an die Analytik sind hoch und wachsen stetig. Als „Vollanbieter“ muss das IFA für die UVT ein möglichst umfassendes Spektrum an Messverfahren vorhalten, aber auch bei Bedarf neue Methoden entwickeln können. Die Messtechnischen Dienste der UVT können mehr als 500 Gefahrstoffe beim IFA analysieren lassen. Das beginnt bei den klassischen Methoden für alveolengängige und einatembare Stäube (A- und E-Staub), die auch nach mehr als 50 Jahren noch am häufigsten als Einzelanalyse im MGU angefragt werden. Den größten Anteil machen derzeit allerdings die organischen Stoffe aus, die mit gas- oder flüssigchromatographischen Analysemethoden untersucht werden, da aus einer Probe mehrere Gefahrstoffe ermittelt werden können. Einen starken Anstieg verzeichneten in den letzten Jahren die Analysen auf krebserzeugende Metalle wie Nickel, Cobalt oder Cadmium, was nicht zuletzt auf die Etablierung der Technik der Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) im IFA als Multielement-Standardanalysenverfahren für Metalle zurückzuführen ist.

Die im IFA eingesetzten Analysenverfahren wurden in den vergangenen Jahren zunehmend darauf ausgelegt, mehr Informationen der vorhandenen Gefahrstoffe am Arbeitsplatz aus einer Probe zu erhalten. Zahlreiche Analysemethoden wurden wesentlich leistungsfähiger: So können beispielsweise bei Innenraumproben, die für die Beurteilung von Büroarbeitsplätzen wesentlich sind, mittlerweile über 60 Gefahrstoffe parallel analysiert werden. Viel größer war der Schritt bei der Metallanalytik. Noch vor zehn Jahren war die Einzelelementbestimmung von Metallen mittels atomabsorptionsspektrometrischer Techniken (AAS) Standard. Multielementauswertungen waren nur beschränkt möglich und sehr aufwendig zu bearbeiten. Hier hat der Übergang zur standardmäßig eingesetzten empfindlichen ICP-MS-Technik als Multielementverfahren einen wesentlichen Fortschritt erbracht. Insgesamt lässt sich diese Entwicklung aus einer einfachen Zahl ablesen: Vor 25 Jahren (1997) wurden aus ca. 31 000 eingegangenen Proben im IFA knapp 68 000 Analyseergebnisse generiert. Dieses Verhältnis von 2,2 hat sich auf ca. 5,6 Analysen je Probe im Jahr 2019 (ca. 20 000 Proben mit 112 000 Analysen) mehr als verdoppelt.

Durch die Vielzahl der in den letzten 50 Jahren durchgeführten Analysen unterschiedlichster Gefahrstoffe an Proben aus den verschiedensten Arbeitsbereichen ist es möglich, diese Ergebnisse neben der präventiven Nutzung auch für retrospektive Betrachtungen einzusetzen und in verschiedenen Reports zur Ermittlung von Berufskrankheiten darzustellen (z. B. Benz[*o*]apyren [4], Nickel [5], Staub [6], Aromatische Amine [7]).

Ein besonderes Alleinstellungsmerkmal im Laborgebäude ist die neue dynamische Prüfgasstrecke des IFA, die ein wesentlicher Baustein bei der Erarbeitung von Messverfahren ist. Sie bietet die technischen Voraussetzungen, um möglichst alle an Arbeitsplätzen auftretenden Bedingungen und Gefahrstoffkonzentrationen kontrolliert zu simulieren und deren Probenahme reproduzierbar darstellen zu können. Es können Gase, flüchtige Stoffe mit niedrigen Siedepunkten, aber auch hochsiedende Stoffe in die Prüfga-

se eindosiert und so Arbeitsplatzmessungen nachgestellt werden. Die Ausstattung ermöglicht die definierte Bereitstellung von Prüfgasatmosphären für Lösemittel, die Grenzwerte von mehreren hundert Milligramm pro Kubikmeter haben, genauso wie die Herstellung von Prüfgasen für Innenraumschadstoffe, wo Konzentrationen bis in den unteren Mikrogramm-pro-Kubikmeter-Bereich gemessen werden müssen. Unterschiedlichste klimatische Bedingungen, insbesondere im Hinblick auf Temperatur und Luftfeuchte, können ebenfalls an der Prüfgasstrecke simuliert werden.

Die Prüfgasstrecke ist auch ein zentrales Instrument im Rahmen der Qualitätssicherung von Messverfahren. Die Anforderungen an die qualitätsgesicherte Validierung von Messverfahren haben sich in den letzten Jahrzehnten deutlich erhöht. Das IFA hat ein umfangreiches Validierungs- und Qualitätssicherungskonzept für Messverfahren aufgelegt, das das aktuell gültige Regelwerk umsetzt. Die im IFA entwickelten Messverfahren für Gase und Dämpfe, Partikel-Dampf-Gemische sowie Partikel und Metalle erfüllen sämtliche Anforderungen der aktuellen Normung und des technischen Regelwerks.

Fazit

Auch in Zukunft wird das MGU ein dynamisches System bleiben. Der chemischen Analytik als zentraler Dienstleistung dieses Netzwerks ist es gelungen, den aktuellen Entwicklungen immer zu folgen oder gar bereits einen Schritt voraus zu sein. Hier zählt sich aus, dass die Beteiligten im MGU kontinuierlich am aktuellen Regelwerk mitgearbeitet haben und immer darauf bedacht waren, es mitzugestalten. Nur so können jetzt und auch zukünftig hochwertige Ergebnisse geliefert werden. ■

Literatur

- [1] *Mattenklott, M.*: 50 Jahre MGU – von der Staubbekämpfungsstelle (1934) bis zum BGMG (1972). *Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft* 82, Nr. 9-10, 2022, S. 273.
- [2] *Kolk, A.*: 30 Jahre Biostoffe im IFA. *Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft* 82, Nr. 7-8, 2022, S. 220.
- [3] Das Risikokonzept für krebserzeugende Stoffe des Ausschusses für Gefahrstoffe. Von der Grenzwertorientierung zur Maßnahmenorientierung. 1. Auflage. Dortmund 2012.
<https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Praxis/A82.html>
- [4] *Teich, E.; Heinrich, B.*: Ermittlung der Benzo[a]pyren-Dosis (BaP-Jahre). BK-Report 1/2022. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2022.
- [5] *Koppisch, D.; Hahn, J.-U.* et al.: Nickel und seine Verbindungen. BK-Report 1/2021. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2021.
- [6] *Mattenklott, M.* et al.: Arbeitsbedingte Exposition gegenüber der einatembaren und der alveolengängigen Staubfraktion. IFA Report 6/2020. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2020.
- [7] *Giesen, Y.; Pflaumbaum, W.*: Aromatische Amine – Eine Arbeitshilfe in Berufskrankheiten-Ermittlungsverfahren. BK-Report 1/2019. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2019.

Dipl. Chem. Katrin Pitzke,
Prof. Dr. rer. nat. Dietmar Breuer
 Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin.