



issa

INTERNATIONAL SOCIAL SECURITY ASSOCIATION

International Section on Prevention in the Mining Industry

www.issa.int/prevention-mining

VISION ZERO

Safety.Health.Wellbeing.

### Safety and Health in Mining

Safe and healthy jobs in mining, worldwide: that is the aim of the International Section of the ISSA on Prevention in the Mining Industry, in short ISSA Mining. As a not-for-profit organization, ISSA Mining unites operators, sector associations, experts and regulators to improve occupational safety and health as well as emergency response by means of international exchange on good practice, proven strategies and training concepts. ISSA Mining is one of thirteen prevention sections of the Social Security Association, headquarters in Geneva.

In this section of Mining Report Glückauf we will regularly introduce innovations, new findings and trends from an international point of view, helping to design mining work safer and health supporting.

Do you know of more efficient examples? We are looking forward to your advice as well as your feedback on this section. Send an e-mail to [helmut.ehnes@issa-mining.org](mailto:helmut.ehnes@issa-mining.org).

### Sicherheit und Gesundheit im Bergbau

Sichere und gesunde Arbeitsplätze im Bergbau, weltweit: das ist das Ziel der International Section of the ISSA on Prevention in the Mining Industry, kurz ISSA Mining. Als Non Profit-Organisation vereint ISSA Mining Unternehmen, Branchenverbände, Experten sowie Regelsetzer, um durch den internationalen Austausch von guter Praxis, bewährten Strategien und Ausbildungskonzepten den Arbeitsschutz und das Rettungswesen zu verbessern. ISSA Mining ist eine von dreizehn Sektionen für Prävention unter dem Dach der International Social Security Association mit Sitz in Genf.

In dieser Rubrik stellen wir Ihnen regelmäßig Innovationen, neue Erkenntnisse und Trends aus dem internationalen Umfeld vor, die dabei helfen, die Arbeit im Bergbau sicherer und gesundheitsgerecht zu gestalten.

Kennen Sie weitere wirksame Beispiele aus der Praxis? Über Ihre Hinweise freuen wir uns ebenso wie über Rückmeldungen zu dieser Rubrik. Senden Sie eine E-Mail an: [helmut.ehnes@issa-mining.org](mailto:helmut.ehnes@issa-mining.org).

Michael Koob

## New Contaminant Exposure Limits – and the Challenges this Poses for Taking Dust Measurements at the Workplace

Significantly lower air contamination thresholds have not only meant greater responsibility for employers in assessing the potential release of hazardous substances as part of the risk analysis and the health and safety documentation process but have also introduced higher standards for estimating exposure levels. One problem is that the performance limits of the measurement and analysis equipment make it difficult to assess whether the protection measures in place are adequate for workplaces exhibiting low contaminant concentration levels. One way of reducing the measuring time is to introduce

more efficient sampling systems, though these are still at the development stage. It is also important to ensure that the test persons are properly supported when carrying out the measurements so that representative results can be produced without the sampling activities being affected by the measurements themselves. The Employers' Liability Associations can help entrepreneurs in this area by training technically competent persons and by providing advice and the measurement technology that is needed – all in the common goal of maintaining the health of the industry's employees.

## Neue Luftgrenzwerte – Herausforderungen an die Durchführung von Staubmessungen an Arbeitsplätzen

Durch deutlich abgesenkte Luftgrenzwerte steigen nicht nur die Verantwortung des Unternehmers bei der Beurteilung der möglichen Freisetzung von Gefahrstoffen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung bzw. des Sicherheits- und Gesundheitsschutzdokuments, sondern auch die Anforderungen an die Expositionsermittlung. Denn messtechnische und analytische Leistungsgrenzen erschweren die Beurteilung, ob die Schutzmaßnahmen an Arbeitsplätzen mit niedrigen Schadstoffkonzentrationen noch ausreichen. Ein Ansatz zur Verringerung der

Messdauer besteht in leistungsfähigeren Probenahmesystemen. Sie befinden sich noch in der Entwicklungsphase. Zudem ist bei der Ermittlung die Unterstützung der Probanden bedeutsam, um repräsentative Messergebnisse zu generieren, ohne durch die Messungen selbst deren Tätigkeiten zu beeinflussen. Die Berufsgenossenschaften können durch die Ausbildung von fachkundigen Personen, Beratung und Messtechnik die Aufgaben des Unternehmers fördern, mit dem gemeinsamen Ziel, die Gesundheit der Mitarbeiter zu erhalten.

## Introduction

The amendments to the Hazardous Substances Act that were introduced by way of the Hazardous Substances Ordinance (GefStoffV) and the Mining Ordinance on Occupational Health and Safety (GesBergV) have meant that since 2004 employers not only have to comply with new types of threshold values for air at the workplace but are also required to meet significantly lower concentration limits. The legally binding exposure limits, which only exist for a small proportion of potentially emitted substances, are subject to different effect mechanisms and regulations that require thorough training on the part of the designated sampling personnel. The latter have to be able to judge in advance whether hazardous concentrations in excess of the contaminant threshold values can occur when working in areas presenting an average or high risk level and whether suitable protective measures are required. In practice, the application of the various guidelines for determining dangerous concentration levels presents all kinds of challenges when it comes to taking aerosol measurements at the workplace, especially where much lower concentration thresholds are involved, and these are now being increasingly considered as the state of the art for workplaces both above and below ground. The Employers' Associations can help entrepreneurs in this area by providing cost-free training along with technical advice and suitable measuring technology.

## Legal requirements

The Technical Rules for Hazardous Substances (TRGS 900 and TRGS 910) lay down mandatory air limit values – in this case workplace limit values with short-time values – and assessment benchmarks, e.g., exposure-risk relationships (ERR), that as a result of optimised medical detection techniques developed in recent years – in this case the paradigm shift from epidemiology to toxicology – can often be reduced to one hundredth of the values that applied prior to 2004. Legally binding air limit values were also announced in the form of the EU's biological limit values (BLVs), such as the binding occupational exposure limits (BOEL), e.g., for lead, and the notifications from the Federal Ministry of Labour and Social Affairs (BMAS) in respect of quartz. ERR also usually have to be consulted as tolerance and acceptance concentrations for CMR substances whereby different limit values have to be observed for various dust fractions at the workplace. As well as complying with the substance-specific air limits it is at the same time always essential to check that the general MACs (maximum allowable dust concentrations) are being observed for the A (alveolar) fraction and R (respirable) fraction.

Non-technical and metrological determination methods are also available as part of the risk assessment and health and safety protection documentation process, e.g., TRGS 402 for assessing inhalative exposure levels when working with hazardous substances. However these determinations may only be undertaken by competent persons and by (accredited) measuring stations as defined in TRGS 402 (4.5) and in the Mining Ordinance on Occupational Health and Safety (GesBergV §§ 11 and 13). Annex 1 to TRGS 402 and § 11 (3) of the GesBergV describe in detail the knowledge and skills that are required to carry out, document and analyse the measurement results. These include:

- specific operating experience, this involving e.g., mining-related activities, the use of PPE, flameproof protection, etc.;

## Einführung

Mit den Novellierungen des Gefahrstoffrechts durch die Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) und die Gesundheitsschutz-Bergverordnung (GesBergV) sind für den Unternehmer seit 2004 nicht nur neue Arten von Luftgrenzwerten an Arbeitsplätzen zu beachten, sondern auch erhebliche Absenkungen von Grenzkonzentrationen einzuhalten. Die rechtsverbindlichen Luftgrenzwerte, die nur für einen Bruchteil potentiell freisetzbare Gefahrstoffe vorliegen, unterliegen verschiedenen Wirkungsmechanismen und Regelungen, die von den verantwortlichen Personen des Betriebs eine intensive Einarbeitung verlangen. Denn sie sollen bereits im Vorfeld beurteilen, ob bei Tätigkeiten Gefahrstoffkonzentrationen oberhalb der Luftgrenzwerte bzw. mittlerer oder hoher Risikobereiche auftreten können und ggf. geeignete Schutzmaßnahmen bestimmen. Die Umsetzung diverser Vorgaben zur Bestimmung gefährlicher Konzentrationen verursachen in der Praxis zahlreiche Herausforderungen bei Aerosolmessungen an Arbeitsplätzen, insbesondere bei deutlich niedrigeren Grenzkonzentrationen, die zunehmend als Stand der Technik an Arbeitsplätzen über und unter Tage auftreten. Die Berufsgenossenschaften können den Unternehmer hierbei durch i.d.R. kostenfreie Ausbildung, Beratung und Messtechnik unterstützen.

## Rechtliche Vorgaben

Mit der TRGS 900 und der TRGS 910 liegen verbindliche Luftgrenzwerte – hier Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW mit Kurzzeitwertbedingungen) – und Beurteilungsmäße, z.B. Expositions-Risiko-Beziehungen (ERB), vor, die in den letzten Jahren auf Grundlage optimierter medizinischer Nachweisverfahren – hier der Paradigmenwechsel von der Epidemiologie zur Toxikologie – häufig bis auf 1/100 der bis 2004 gültigen Grenzwerte abgesenkt wurden. Auch mit den BLV (BOEL, z.B. für Blei) der EU und Bekanntmachungen des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (BMAS), z.B. für Quarz, wurden rechtsverbindliche Luftgrenzwerte veröffentlicht. Für CMR-/KEF-Stoffe sind zudem i.d.R. ERB als Toleranz- und Akzeptanzkonzentrationen heranzuziehen, wodurch an den Arbeitsplätzen unterschiedliche Grenzwerte in verschiedenen Staubfraktionen einzuhalten sind. Neben den stoffspezifischen Luftgrenzwerten ist gleichzeitig immer auch die Einhaltung der Allgemeinen Staubgrenzwerte in der A- bzw. E-Fraktion zu prüfen.

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung bzw. des Sicherheits- und Gesundheitsschutzdokuments stehen zur Expositionsermittlung nichttechnische und messtechnische Ermittlungsmethoden zur Verfügung, z.B. die TRGS 402 zur Beurteilung der inhalativen Exposition bei der Gefährdung durch Tätigkeiten mit Gefahrstoffen. Jedoch nur fachkundige Personen und (insbesondere akkreditierte) Messstellen gemäß TRGS 402 Kap. 4.5 und GesBergV §§ 11 und 13 dürfen diese Ermittlungen durchführen. Anlage 1 der TRGS 402 und § 11 (3) GesBergV formulieren detailliert die Anforderungen an Kenntnisse zur Durchführung, Dokumentation und Auswertung von Messungen. Dazu zählen:

- spezifische betriebliche Erfahrungen, z.B. zu bergbaubezogenen Tätigkeiten, PSA-Gebrauch, Schlagwetterschutz etc.,
- Ermittlung der relevanten Randbedingungen,
- Erfassung der Gefahrstoffe (Messstrategie),
- Probenahme mit geeigneter und kalibrierter Gerätetechnik,

- recording of hazardous substances (measurement strategy);
- sample taking using suitable calibrated instruments;
- transport and storage of samples;
- determination of the measured values (analysis report);
- derivation of measurement results and findings (assessment);
- archiving of raw data and reports;
- application of the quality management system as per DIN EN ISO 17025.

One of the aims of the exposure assessment is to provide representative measurement data for evaluating the air concentration levels at a mobile or fixed working area. Special measurements may be required to deal with particular problems, e.g., to determine the diesel motor burden of mine intake air.

### Analytical specifications

While a number of mandatory reduced limits currently apply, these are not always matched by corresponding (suitable) analysis processes. A lack of appropriate testing technology, e.g., for analysing dicyclopentadiene (DCPD) in the manufacture of rubber precursors, excessively high detection limits for the analysis process – especially after a significant reduction in the air limit values (e.g., amines and heavy metals) – the requirement for a minimum sample mass on the carrier (e.g., for solubility determination) and even specific requirements in respect of the sample carrier itself (e.g., washing bottles) all make it harder for the qualified person to determine the workplace exposure level. Even when reduced threshold values are in application the measurement methods and analytics still have to cover an area of some 10 to 200% of the occupational exposure limits as defined in TRGS 402 and DIN EN 482. Better and more sensitive analysis methods are therefore needed for many of the analytes currently being encountered.

Recognised (accredited) laboratories have to use the same validated analysis methods as the measuring station itself in order to provide quality assurance for the analysis results. This means that before any measurement is taken the sampling mode also has to be coordinated with the requirements of the commissioned analysis laboratory in terms of sample carrier suitability, filter coverage, transport conditions and storage periods.

### Metrological specifications

After a measurement strategy has been adopted – in conjunction with the entrepreneur and with the involvement of the works council if possible – suitable measuring instruments are to be selected and calibrated, and though it is time-consuming to do this on site this is usually the preferred option. This has to be done in accordance with local operational demands (i.e., the findings of a preliminary inspection, cross-sensitivity with other hazardous substances, the work profile, the workplace climate, explosion-protection areas, etc.).

In the case of personal (within the breathing area of the test person) and person-related sampling (i.e., always in the immediate vicinity of the sampling person, e.g., in the vehicle), in other words when using mobile measuring equipment, battery-powered PDS (personal dust sampler) systems are now available that can be calibrated to a maximum throughput of 10 to 12 l/min. However, verifying that the air limit values are being complied with at low

- Transport und Lagerung der Proben,
- Ermittlung der Messwerte (Analysebericht),
- Ableitung der Messergebnisse und des Befunds (Beurteilung),
- Archivierung der Rohdaten und Berichte,
- Umsetzung des Qualitätsmanagementsystems DIN EN ISO 17025.

Die Expositionsermittlung erfolgt u.a. mit dem Ziel, repräsentative Messergebnisse für die Beurteilung der Luftkonzentrationen eines mobilen bzw. ortsfesten Arbeitsbereichs zu liefern. Bei besonderen Fragestellungen können Sondermessungen erforderlich sein, z.B. zur Ermittlung der DME-Vorbelastung von Frischwettern unter Tage.

### Analytische Vorgaben

Einerseits liegen verschiedene, verbindlich einzuhaltende reduzierte Grenzwerte vor, andererseits jedoch nicht immer entsprechende (geeignete) Analyseverfahren. Fehlende Verfahren, z.B. zur Analytik von Dicyclopentadien (DCPD) bei der Herstellung von Gummivorprodukten, zu hohe Nachweisgrenzen des Analyseverfahrens, insbesondere nach deutlicher Absenkung von Luftgrenzwerten (z.B. Amine, Schwermetalle), erforderliche Mindestmassen auf Probeträgern (z.B. zur Löslichkeitsbestimmung) oder auch besondere Probeträgeranforderungen (z.B. Waschflaschen) erschweren der fachkundigen Person die Ermittlung von Expositionen. Auch bei abgesenkten Grenzwerten müssen Messverfahren und Analytik gemäß TRGS 402 und DIN EN 482 etwa den Bereich von 10 bis 200% der Luftgrenzwerte abdecken. Daraus entsteht für viele Analyten ein Bedarf nach nachweisstärkeren bzw. verbesserten Analyseverfahren.

Anerkannte (akkreditierte) Laboratorien müssen mit validierten Analyseverfahren, wie die Messstelle selbst, für die Qualitätssicherung der Analyseergebnisse Sorge tragen. Damit ist vor jeder Messung die Art der Probenahme auch mit den Anforderungen des beauftragten Analyselabors hinsichtlich geeigneter Probenträger, der Filterbelegung und notwendiger Transportbedingungen bzw. Lagerfristen abzustimmen.

### Messtechnische Vorgaben

Nach Festlegung einer Messstrategie – zusammen mit dem Unternehmer und möglichst unter Einbindung des Betriebsrats – sind aufgrund der lokalen Einsatzbedingungen (ggf. Ergebnisse einer Vorbefahrung, Querempfindlichkeiten mit anderen Gefahrstoffen, Tätigkeitsprofil, Arbeitsbereichsklima, Ex-Schutzbereiche etc.) geeignete Messgeräte auszuwählen und zu kalibrieren, bevorzugt zeitaufwendig vor Ort.

Bei personengetragenen (am Probanden im Atembereich) bzw. personenbezogenen Probenahmen (immer in dessen unmittelbarem Umfeld, z.B. im Fahrzeug), somit mobiler Messtechnik, sind aktuell akkubetriebene PDS-Probenahmesysteme (Personal Dust Sampler) verfügbar, die auf einen maximalen Durchsatz von 10 bis 12 l/min kalibriert werden können. Für den Nachweis der Einhaltung von Luftgrenzwerten bei niedrigen Expositionen kann dies jedoch Messzeiten von bis zu einer Schichtlänge oder ggf. sogar schichtübergreifender Dauer bedeuten. Doch repräsentative und kostenintensive Ganzschichtmessungen sind aufgrund des Tätigkeitsprofils und verfügbarer Akkuleistung häufig, insbesondere unter Tage, nicht realisierbar. Dennoch ist durch das Mess-

exposure levels can involve measurement periods of up to one full working shift and may even go beyond this. In any case, representative and cost-intensive full-shift measurements cannot be carried out in many instances because of the activity profile and the available battery capacity, particularly below ground. Nonetheless, even when measurement times are reduced as specified in DIN EN 482 measurement personnel still have to ensure that the filter is sufficiently coated, thereby meeting the analytical requirements for a representative and meaningful result.

According to TRGS 402 a measuring station has to have the following equipment available as an absolute minimum if it is to be considered suitable for carrying out workplace measurements:

- portable sampling pumps (PDS), of explosion-proof design if necessary, and optional stationary sampling technology;
- facilities for sample storage and transport;
- statives (non-portable devices) or shoulder straps;
- calibration equipment for adjusting the volume flow of the sampling pumps;
- timing devices;
- equipment for taking air and climate measurements (thermometers, barometers and hygrometers);
- equipment for determining air flow rates (smoke tubes and anemometers);
- an EDP system for data processing and storage;
- all necessary collecting devices (sampling heads) including sample carriers with holders; and
- an analytical balance (reading accuracy of at least 0.01 mg) set up under laboratory conditions.

Seasonal differences also have to be borne in mind as these can have an impact both on the measuring equipment (battery capacity at low temperatures) and on the exposure levels due to climate variations, especially under natural ventilation conditions.

### New PGP20 sampling system

Work has been ongoing for some time on the development of higher-performance battery-operated pumps and sampling heads in order to reduce sampling times and to enable the gathering of higher quantities of dust. These will not only comply with the relevant sampling standards (ISO 7708, DIN EN 481 – Particles) but will also be compact in size and of robust construction, as well as exhibiting a manageable mass of not more than about 2 kg. A PDS system, comprising battery pump, carrying strap and sampling head, currently costs in the region of 5,000 € (excluding calibration instruments).

The Institute for Occupational Health and Safety (IFA), St. Augustin, which is part of the German Social Accident Insurance (DGUV), is currently developing the PGP20 sampling system with the support of the IGF (Institute for Hazardous Materials Research) at the German Social Accident Insurance Institution for the Raw Materials and Chemical Industry (BG RCI) in Bochum. The PDS system, which operates at a volume flow of 20 l/min with conventional filter diameters of 47 mm, is equipped with new sampling heads (Figures 1 and 2). As the prototypes have still to be tested and validated the IFA does not expect the PGP20 system to be brought on to the market any time before 2024.

personal auch bei verkürzten Messzeiten gemäß DIN EN 482 u. a. sicherzustellen, dass eine ausreichende Filterbelegung erreicht wird, welche die analytischen Vorgaben für ein repräsentatives und aussagekräftiges Messergebnis erfüllt.

Eine für Arbeitsplatzmessungen geeignete Messstelle muss gemäß TRGS 402 folgende Mindestausstattung besitzen:

- an der Person tragbare Probenahmepumpen (PDS), ggf. geschützt, und fakultativ stationäre Probenahmetechnik,
- Einrichtungen zu Probenaufbewahrung und -transport,
- Stative (ortsfeste Geräte) bzw. Tragegurte,
- Kalibriereinrichtungen zur VolumenstromEinstellung der Probenahmepumpen,
- Zeitmessgeräte,
- Geräte für Klima-/Wettermessungen (Thermometer, Barometer und Hygrometer),
- Geräte zur Bestimmung von Luftströmungen (Rauchröhrchen und Anemometer),
- EDV-System zur Datenverarbeitung und -speicherung,
- notwendige Sammelvorrichtungen (Probenahmeköpfe) inkl. Probenträger mit Halterungen sowie
- Analysenwaage (Ablesegenauigkeit mindestens 0,01 mg) unter Laborbedingungen.

Auch unterschiedliche Jahreszeiten sind zu berücksichtigen, sowohl für die Messtechnik (Akkuleistung bei niedrigen Temperaturen) als auch hinsichtlich der Expositionsdifferenzen bei Klimaschwankungen, insbesondere bei natürlicher Bewitterung.

### Neues Probenahmesystem PGP20

Seit einiger Zeit wird bereits zur Reduzierung der Messzeiten bzw. zur Sammlung höherer Staubmassen an der Entwicklung leistungsfähigerer Akkupumpen und Probenahmeköpfen gearbeitet, wobei diese nicht nur die Probenahmnormen (Partikel: ISO 7708, DIN EN 481), sondern neben einer robusten Bauweise mit geringen Abmessungen auch eine handhabbare maximale Systemmasse (bis ca. 2 kg) einhalten sollen. Allein die Kosten eines PDS-Systems aus Akkupumpe, Tragegurt und Probenahmekopf betragen aktuell jeweils bis zu 5.000 € (ohne Kalibriertechnik).

Das Institut für Arbeitsschutz (IFA), St. Augustin, der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) entwickelt derzeit mit Unterstützung des Instituts für Gefahrstoff-Forschung (IGF) der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI), Bochum, das Probenahmesystem PGP20. Das PDS-System arbeitet mit einem Volumenstrom von 20 l/min mit üblichen Filterdurchmessern von 47 mm, wobei neue Probenahmeköpfe erforderlich werden (Bilder 1, 2). Nach Prüfung und Validierung der Prototypen rechnet das IFA mit einer Markteinführung des PGP20-Systems nicht vor 2024.

### Anforderungen des Probanden

Da laut TRGS 402 die personenbezogene Ermittlung im Vordergrund steht, wird der Faktor Mensch wesentlich für die Ermittlung repräsentativer Daten. Neben der fachkundigen Person soll auch der Proband als Messgerät(e)träger während der Messzeit seine Arbeitsabläufe ohne Einschränkung ableisten können. Doch schon bei jeweils einer personengetragenen A- und E-

Fig. 1. PP20-HS battery-operated pump for the PGP20 – also suitable for 10 l/min systems.  
Bild 1. Akkupumpe PP20-HS des PGP20, auch für 10 l/min einsetzbar.  
Photo/Foto: IFA/Dr. Stremming Schadstoffmesstechnik



Fig. 2. GSP20 prototype sampling head (on right) for collecting the R dust fraction shown alongside the GSP10.  
Bild 2. Prototyp Probennahmekopf GSP20 (r.) zur Sammlung der E-Staubfraktion im Vergleich zu GSP10. Photo/Foto: IFA

### Requirements for test persons (samplers)

As TRGS 402 focuses on investigations that are performed by test persons the human factor is fundamental to the work of collecting representative data. As well as having a qualified and competent person on hand the sampler wearing the measuring equipment must be able to undertake the required sampling work without restriction during the measurement period. However, when deploying A and R dust measuring equipment the need to carry two belt-attached pumps totalling up to 3,5 kg in weight significantly restricts the sampler's mobility, especially when operating in cramped vehicle cabs and/or when bulky PPE has to be worn at the same time (Figures 3 and 4). As ergonomic efficiency tends to be limited when PDS measurements are being carried out it is recommended that person-related measurements be investigated as a potential alternative.

Two sampling units per sampler are often nowhere near sufficient when a number of different tests have to be performed at the same time, such as DME, dust exposure, heavy metals, gaseous substances, crystalline silicic acid, insolubles, etc., and this for both the A and the R dust fraction, as may be required, e.g., when taking samples in stowing areas below ground. In such cases the compe-

Staubmessung schränken zwei Pumpen mit in der Summe bis zu 3,5 kg Masse am Gurtsystem die Bewegungsfreiheit ein, insbesondere in engen Fahrzeugkabinen und/oder bei gleichzeitigem Gebrauch von umfangreicher PSA (Bilder 3, 4). Da so der Ergonomie durch PDS-Messungen Grenzen gesetzt sind, wird empfohlen, alternativ jeweils personenbezogene Messungen zu prüfen.

Häufig reichen zwei Messsysteme pro Proband keinesfalls aus, wenn parallel DME, Staubbelastungen, Schwermetalle, gasförmige Gefahrstoffe, kristalline Kieselsäuren, unlösliche Anteile etc., noch dazu in der A- sowie in der E-Staubfraktion, ermittelt werden sollen, z.B. bei Tätigkeiten in Versatzbetrieben unter Tage. Die fachkundige Person muss somit jeweils vor Ort Lösungen finden, wie in einem Arbeitsbereich die verschiedenen Probenahmen parallel realisiert werden können.

Grundsätzlich kann aber ein Proband, ausgestattet wie ein „geschmückter Weihnachtsbaum“ mit vielen Messgeräten gleichzeitig, durch die i.d.R. eingeschränkte Bewegungsfreiheit (z.B. Fahrerkabine, Schweißarbeiten) und durch eine ggf. zusätzliche körperliche Belastung (Bild 5) weder seinen Tätigkeiten repräsentativ nachgehen noch wird dieser Akzeptanz für die vorgesehenen



Fig. 3. Test person with two sampling units.  
Bild 3. Proband mit zwei Messsystemen.  
Photo/Foto: IGF



Fig. 4. Test person with sampling units and PPE. // Bild 4. Proband mit Messsystemen und PSA. Photo/Foto: IGF



Fig. 5. Device overload makes for bad ergonomics (image simulation).  
Bild 5. Bildbearbeitete Simulation mit ergonomisch ungeeigneter Belastung durch Messsysteme. Photo/Foto: IGF

tent person has to come up with a workable solution on site to ensure that the different samples can all be taken in parallel from the workplace in question.

Invariably, however, a sampler fitted out with all kinds of measuring devices – and essentially “dressed up like a Christmas tree” – that usually restrict mobility (such as when moving about in a driver’s cab or at a welding station), and possibly with additional equipment to lug about (Figure 5), will be unable perform all the required tasks in a proper way – and this is unlikely to endear sampling personnel to their work. In spite of the fact that workplace concentration levels can be quite low efforts are also needed to make the life of the sampler easier by introducing shorter sampling times.

Alternatively, when a high level of measurement effort is needed at a particular workplace – and when it is not possible to have several samplers working under identical conditions – person-related parallel sampling would be a potential option, though this usually calls for creative equipment solutions (Figure 6).

It is therefore extremely important when setting up a measuring and sampling routine to ensure that the test persons are properly informed about the procedure to be used and about the benefits of the work, this to be done using clear and simple language. The measuring equipment that the sampler might reasonably be expected to carry should also be matched up to the wearer with a sense of proportion. An awareness of the possible impact of inhaled contaminants on the respiratory system, similar, e.g., to that produced by dermal exposure, will help motivate the test person to be fully engaged in the operation. An empathic approach is needed when determining whether there is a degree of apprehension associated with the measurements and whether the sampling system being worn is a comfortable fit, all this helping the test person to be fully supportive of the measurement work. In this way the competent person is also able to ensure that he is kept up to date about variances in the working procedures and that he is informed in a timely manner if and when equipment problems arise. These events have to be documented for overall analysis purposes, particularly because with several different sampling points in operation the competent person cannot always monitor each individual measurement procedure on an ongoing basis. Tampering with a measurement because of a lack of acceptance, or ignorance of the actual sampling process, can result in non-analysable readings and high follow-up costs.

### Analysis and evaluation requirements

The test report should provide the following details in a transparent and comprehensible manner: the commissioned measuring station, the client, the purpose of the investigation, the location of the exposure investigation, the test persons and their tasks (with respect to privacy and data protection), the responsible persons at the measuring station and laboratory, the investigation and analysis methods being used, the sampling and analysis data, the actual working procedures, the calculation of exposure levels, the assessment of the effectiveness of existing protection measures (findings in accordance with TRGS 402) and the measures used to back-up the findings. The detection and determination limits (DIN 32645) and the measurement uncertainty as specified in DIN EN 482 are also to be documented.

When reduced sampling times apply care has to be taken to ensure that the sampling process is representative of the entire

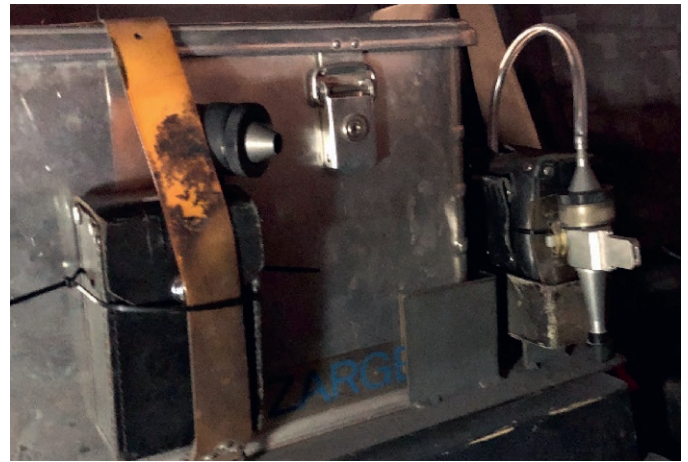


Fig. 6. Person-related dust sampling units installed in a driver's cab.  
Bild 6. Personenbezogene Staubmesssysteme in einer Fahrerkabine.  
Photo/Foto: IGF

Messaufgaben aufbringen. Zudem wäre auch die erforderliche Probenahmedauer trotz niedriger Konzentrationen im Arbeitsbereich aus Sicht des Probanden zu optimieren.

Alternativ können bei hohem Messaufwand in einem Arbeitsbereich, wenn nicht mehrere Probanden unter identischen Voraussetzungen zur Verfügung stehen, parallel personenbezogene Probenahmen erfolgen, die jedoch i.d.R. kreative Installationslösungen erfordern (Bild 6).

Daher ist es außerordentlich wichtig, bereits im Vorfeld geplanter Messungen Probanden über Abläufe und Nutzen ihrer Mitarbeit transparent sowie in verständlicher Sprache zu informieren und die ihnen zumutbare personengetragene Messtechnik „mit Augenmaß“ abzustimmen. Die Kenntnis möglicher Auswirkungen von inhalierten Schadstoffen bei ihren Tätigkeiten auf ihr Atemsystem, analog z.B. bei dermalen Einwirkungen, wird sie zur Mitwirkung motivieren. Es ist mit entsprechender Empathie zu klären, ob ggf. Ängste mit den Messungen verbunden werden und ob das angelegte Probenahmesystem optimal passt, damit der Proband die Messungen aktiv unterstützt. Somit gewährleistet die fachkundige Person auch, über Abweichungen im Arbeitsablauf und rechtzeitig bei gerätetechnischen Problemen informiert zu werden, die für die Auswertung zu dokumentieren sind, insbesondere deswegen, weil die fachkundige Person aufgrund verschiedener Messorte meist nicht permanent jeden Messablauf selbst verfolgen kann. Die Manipulation einer Messung mangels Akzeptanz bzw. die Ignoranz gegenüber den Probenahmen können zu nicht auswertbaren Messwerten und hohen Folgekosten führen.

### Anforderungen an die Auswertung

Aus dem Messbericht sollen die beauftragte Messstelle, der Auftraggeber, die Ermittlungsaufgabe, der Ort der Expositionsermittlung, die Probanden unter Beachtung des Datenschutzes mit ihren Tätigkeiten, die Sachbearbeiter aus Messstelle und Labor, die angewandten Ermittlungs- und Analyseverfahren, die Probenahme- und Analysedaten, die tatsächlich erfolgten Arbeitsabläufe, die Berechnung der Expositionen, die Beurteilung der Wirksamkeit bestehender Schutzmaßnahmen (Befund nach TRGS 402) sowie die Maßnahmen zur Befundunsicherheit nachvollziehbar hervor-

shift duration of 8 h. This is because the air quality limit values, as mean values, relate to an 8 h exposure period for five working days per week over the occupational lifetime that an individual spends at the workplace. Where short-term values are given in TRGS 900 it is generally necessary to ensure that the relevant workplace concentration levels (15-minute mean value) are also tested and adhered to.

The measurement results and findings should therefore be processed by the competent person and for the entrepreneur in such a way that the effects of the relevant protective measures can be comprehensibly assessed and, if necessary, responded to in accordance with the provisions of the Hazardous Substances Ordinance (GefStoffV) by applying additional preventive measures or, if appropriate, by taking a short-term or medium-term approach in the form of an action plan (optimisation of protection measures in compliance with the STOP principle). In the case of measurement and sampling work undertaken by the Liability Insurance Associations the responsible supervisor or specialised institute will also be available in an advisory capacity.

### Summary

Reduced air limit thresholds and increasingly low contaminant concentrations at the workplace often mean that more sophisticated measurement solutions have to be found when better-performing instruments and higher-sensitivity analysis methods are not available. The qualified training of measurement personnel, which is offered cost-free by the BG RCI for its policyholders, can provide a basis in this regard. The new PGP20 sampling system currently undergoing development is expected to be available by 2024 and will help meet these heightened requirements. Operating on a more acceptable measurement cycle the PGP20 will be capable of achieving sufficient low detection limits for the analysis process and this will make it easier to verify that the much reduced exposure limits are being maintained. Another important requirement is that the test persons who are called upon to wear the measuring equipment under workplace conditions need to be included more visibly and with greater empathy in the exposure assessment process as their acceptance and support is essential for a successful and cost-effective measurement and sampling operation – and this is the key to effective exposure prevention above and below ground.

### References / Quellenverzeichnis

- DIN EN 482:2015-12 Exposition am Arbeitsplatz – Allgemeine Anforderungen an die Leistungsfähigkeit von Verfahren zur Messung chemischer Arbeitsstoffe.
- EU-RL 2019/983 vom 05.06.2019 zur Änderung der Richtlinie 2004/37/EG über den Schutz der Arbeitnehmer gegen Gefährdung durch Karzinogene oder Mutagene bei der Arbeit. Online abrufbar unter <https://www.dguv.de/ifa/fachinfos/arbeitsplatzgrenzwerte/verbindliche-arbeitsplatzgrenzwerte-der-eu-kommission/index.jsp>
- Gefahrstoff-Verordnung (GefStoffV) i.d.F. vom 29.03.2017 (BGBl. I S. 626).
- Gesundheitsschutz-Bergverordnung (GesBergV) i.d.F. vom 24.10.2019 (BGBl. I S. 3584).
- Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS 900: Arbeitsplatzgrenzwerte: BARBl Heft 1/2006 S. 41–55, i.d.F. vom 30.03.2020 (GMBL 2020, S. 276)).

hen. Auch Bestimmungs-/Nachweisgrenzen (DIN 32645) sowie die Messunsicherheit gemäß DIN EN 482 sind zu dokumentieren.

Bei verkürzten Messzeiten ist zu beachten, dass die Probenahme repräsentativ für die gesamte Schichtdauer von 8 h erfolgt, denn Luftgrenzwerte sind als Mittelwerte auf eine achtstündige Exposition bei fünf Arbeitstagen pro Woche während der Lebensarbeitszeit im Arbeitsbereich einer Person bezogen. Sofern Kurzzeitwerte in der TRGS 900 veröffentlicht sind, müssen i.d.R. auch deren Konzentrationen im Arbeitsbereich (15-Minuten-Mittelwert) geprüft und eingehalten werden.

Die Messergebnisse und der Befund sollen dem Unternehmer von der fachkundigen Person daher derart aufbereitet werden, dass nachvollziehbar die Wirkung der vorhandenen Schutzmaßnahmen beurteilt und, falls erforderlich, entsprechend den Vorgaben der GefStoffV durch zusätzliche präventive Maßnahmen ggf. kurzfristig oder mittelfristig über einen Maßnahmenplan (Optimierung der Schutzmaßnahmen unter Berücksichtigung des STOP-Prinzips) gehandelt werden kann. Bei berufsgenossenschaftlich durchgeführten Messungen stehen auch die zuständige Aufsichtsperson bzw. die Fachinstitute beratend zur Verfügung.

### Fazit

Die Absenkung von Luftgrenzwerten und zunehmend niedrigere Gefahrstoffkonzentrationen an Arbeitsplätzen erfordern häufig anspruchsvollere messtechnische Lösungen, solange keine leistungsfähigeren Messgeräte und sensiblere Analyseverfahren zur Verfügung stehen. Die qualifizierte Ausbildung von messtechnischem Personal, die von der BG RCI für ihre Versicherten kostenfrei angeboten wird, kann dafür eine Grundlage sein. Das in der Entwicklung befindliche neue Probenahmesystem PGP20 soll etwa 2024 für die gestiegenen Anforderungen verfügbar sein, um mit akzeptabler Messdauer ausreichend niedrige Bestimmungsgrenzen der Analyseverfahren zu erreichen, mit denen die Einhaltung deutlich abgesenkter Luftgrenzwerte leichter nachweisbar würde. Insbesondere sind jedoch die Probanden mit ihren Arbeitsbedingungen als Gerät(e)träger in die Expositionsermittlungen transparent und mit Empathie einzubeziehen, denn von ihrer Akzeptanz und Unterstützung hängen Erfolg und Kosten von Messungen und somit eine wirksame Prävention unter und über Tage ab.

Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS 910: Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen: GMBL S. 258–270 vom 02.04.2014, i.d.F. vom 29.03.2019 (GMBL 2019, S. 120)).

Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS 402: Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition: GMBL 2010 S. 231–253 vom 25.02.2010, i.d.F. vom 21.10.2016 (GMBL 2016, S. S.843–846)).

### Author / Autor

Ass.d.B. Dipl.-Ing. Michael Koob, Institut für Gefahrstoff-Forschung (IGF) der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI), Bochum