

# Auf dem Weg zu einheitlichen arbeitsplatzbezogenen Schutzfaktoren für Atemschutzgeräte in Europa

C. Thelen, P. Paszkiewicz

**Zusammenfassung** Innerhalb der EU-Staaten gibt es bisher keine gemeinschaftlich akzeptierten Schutzfaktoren, die Atemschutzgeräten bei der Verwendung an Arbeitsplätzen zugewiesen werden können. Einzelstaatliche Lösungen liegen teilweise sehr weit auseinander. Im Verbund europäischer Arbeitsschutzinstitute ist man einen Schritt dabei vorangekommen, diese Lücke zu schließen. Messverfahren, Messstrategie und standardisierte Randbedingungen für Messungen an Arbeitsplätzen sind in einem Forschungsprojekt erarbeitet worden. Erste Erprobungen an simulierten Arbeitsplätzen konnten zeigen, dass sich das vorgeschlagene Messverfahren zur Ermittlung von Schutzfaktoren prinzipiell eignet. Die Fortsetzung dieses Projekts, durch Messkampagnen an realen Arbeitsplätzen dann europaweit harmonisierte arbeitsplatzbezogene Schutzfaktoren für Atemschutzgeräte verfügbar zu haben, ist in Planung.

## First steps towards workplace related protection factors for respiratory protective devices within the EU

**Abstract** There are actually no commonly agreed assigned workplace related protection factors available for respiratory protective devices within the EU member states. Individual national approaches differ considerably – in parts. A research cooperation of European occupational safety and health institutes has made a step forward to close this gap. Measuring procedures and strategies as well as a standardised framework for workplace visits have been developed within this project. The basic suitability of the proposed measuring procedure could be demonstrated by carrying out first measurements on simulated workplaces. For gathering harmonised workplace related protection factors for respiratory protective devices being recognised within Europe the project is planned to be continued by means of measuring campaigns.

### 1 Einleitung

Atemschutzgeräte müssen zuverlässig Schutz bieten, wenn Beschäftigte einer Arbeitsplatzatmosphäre ausgesetzt sind, in der Gefahrstoffe oder biologische Arbeitsstoffe in gesundheitsgefährdender Konzentration auftreten. Die europäische Richtlinie für Persönliche Schutzausrüstungen 89/686 [1] fordert für sie deshalb eine Zulassung für den europäischen Markt und eine jährliche Überwachung, beides durch unabhängige Stellen. Im Rahmen einer Baumusterprüfung ist die Messung des Dichtsitzes eines Atemschutzgerätes am Gesicht des Geräteträgers das zentrale Element. Sie wird als Leckageprüfung bezeichnet und an einer Auswahl von zehn Probanden in einer mit einem definierten Prüfaerosol aus Natriumchlorid (NaCl) gefüllten Kabine durchgeführt. Aus dem Verhältnis der Prüfaerosolkonzentration in der Testum-

gebung zur gemessenen Konzentration des Aerosols innerhalb des Atemanschlusses, z. B. einer Maske, errechnet sich der nominelle Schutzfaktor. Werden zum Beispiel bei einer typischen Prüfatmosphäre von  $8 \text{ mg/m}^3$  NaCl im Einatembereich des Probanden noch  $0,4 \text{ mg/m}^3$  NaCl im Atemanschluss wiedergefunden, ergibt sich ein Gesamtleckagewert von  $1/20$  (5 %). Dessen Kehrwert 20 ist der nominelle Schutzfaktor. Er bestimmt die jeweilige, in europäischen Normen festgelegte Leistungsklasse eines Atemschutzgerätes. Entscheidend für den Gebrauch am Arbeitsplatz ist jedoch das dort effektiv und realistisch erreichbare Schutzniveau, ausgedrückt durch den Arbeitsplatzschutzfaktor. Dieser muss durch Messungen der Gesamtleckage des Atemschutzgerätes unmittelbar am Arbeitsplatz ermittelt werden. Eine Vielzahl wissenschaftlicher Studien über die Ermittlung von Arbeitsplatzschutzfaktoren hat gezeigt, dass der im Laborversuch ermittelte nominelle Schutzfaktor von Atemschutzgeräten am realen Arbeitsplatz kaum erreicht werden kann [2 bis 4]. Grund hierfür sind die Bedingungen bei der Bestimmung der Gesamtleckage in der Praxis (z. B. Tätigkeit, Arbeitsschwere, Umgebung), denn sie differieren deutlich von denen im Labor. Die Übungen, die erfahrene Probanden während der Laborprüfung auf dem Laufband in der Kabine durchführen, sind standardisiert, reflektieren aber die wirklichen Gegebenheiten am Arbeitsplatz nur bedingt.

Noch gibt es innerhalb Europas kein einheitliches Verfahren zur Bestimmung oder Festlegung von Arbeitsplatzschutzfaktoren für Atemschutzgeräte. Aus diesem Grund variieren die derzeit in den Mitgliedstaaten gebräuchlichen Werte teilweise erheblich. So wird in Deutschland einem Pressluftatemschutzgerät ein Schutzfaktor von 1 000 zugewiesen. Mit diesem Gerät darf sich folglich dessen Träger hierzulande in einer gefahrstoffbelasteten Atmosphäre aufhalten, die den gültigen Luftgrenzwert bis zum Tausendfachen überschreitet. In Großbritannien wird einem Beschäftigten unter vergleichbaren Umständen mit exakt demselben Atemschutzsystem eine Überschreitung der Grenzexposition nur um das 40-fache gestattet [5]. Für einen gemeinschaftlich akzeptierten Ansatz zugunsten eines harmonisierten Arbeitsplatzschutzfaktors bei der Verwendung von Atemschutzgeräten an Arbeitsplätzen haben jedoch die Mitgliedstaaten bisher keinen Ansatz gefunden. Diese Lücke zu schließen ist die Herausforderung für Forschungsaktivitäten in der Partnership for European Research in Occupational Safety and Health (PEROSH), einem Verbund europäischer Arbeitsschutzinstitute.

Erstes Teilziel eines gemeinschaftlichen Projektes im Rahmen dieser europäischen Forschungspartnerschaft war die Entwicklung eines standardisierten Verfahrens zur Ermittlung von Arbeitsplatzschutzfaktoren für unterschiedliche Atemschutzgeräte. Neben der Festlegung auf eine Messmethode und Ausarbeitung einer Messstrategie mussten Hilfsmittel entwickelt werden, um die Randbedingungen, unter denen die Messungen im betrieblichen Umfeld statt-

Dipl.-Chem. Christoph Thelen,  
Dr. rer. nat. Peter Paszkiewicz,

Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen  
Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin.

finden, standardisiert erfassen zu können. Beteiligt waren an dem ersten Projekt die folgenden Institutionen:

- Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI),
- Centro Nacional de Medios de Protección (CNMP), Spanien,
- Central Institute for Labour Protection (CIOP-PIB), Polen,
- Finnish Institute of Occupational Health (FIOH), Finnland,
- Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS), Frankreich,
- Health & Safety Laboratory (HSL), Großbritannien und das
- Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA).

In einem Folgeprojekt sollen dann mithilfe dieses standardisierten Verfahrens unter den dort definierten Bedingungen umfassende Messungen an betrieblichen Arbeitsplätzen durchgeführt werden, damit eine ausreichende Datenmenge zur Verfügung steht, um hieraus für verschiedene, weit verbreitete Atemschutzgeräte europaweit gültige Schutzfaktoren ableiten zu können.

## 2 Projektphasen

In der ersten Projektphase wurden verschiedene Module entwickelt, die zur Vorbereitung und Begleitung der in dem geplanten Anschlussprojekt durchzuführenden betrieblichen Messungen dienen.

Mittels einer Rahmenhandlungsanleitung soll ein reproduzierbares Vorgehen bei der Durchführung der Messungen möglich sein. Die Anleitung beginnt mit der ersten Kontaktaufnahme zum Betrieb, beschreibt einen vorbereitenden Besuch vor Ort, der auch zur Informationsgewinnung für die dort ebenfalls skizzierten Vorarbeiten dient, und legt die genauen Abläufe für die daraufhin stattfindenden Messungen am Arbeitsplatz fest.

Ein Einführungsseminar für im Betrieb verantwortliche und an der Messung beteiligte Personen soll möglichst einheitliche mentale Voraussetzungen bei den Akteuren schaffen, um die durch die Intervention zu erwartenden Einflüsse auf die Routineabläufe am Arbeitsplatz auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Hierbei sind Informationen über Hintergrund und Ziel der Untersuchungen, Auswahl geeigneter Probanden und Arbeitsplätze im Betrieb, mit den Messungen verbundene Einschränkungen und mögliche Risiken für die Probanden, genaue Beschreibungen der vom Messpersonal durchgeführten Aktivitäten vor Ort sowie Datenschutz und Freiwilligkeit der Teilnahme wichtige Bestandteile.

Zwei weitere Module umfassen die Auswahl grundsätzlich geeigneter Arbeitsplätze und dazu korrespondierender Atemschutzgeräte. Demnach werden zum Erreichen einer ausreichend hohen Partikelanzahl für die Messungen insbesondere Arbeitsplätze mit Lackier-, Schleif- und Schweiß-tätigkeit empfohlen. Diese gehen häufig auch mit erwünschten körperlichen Aktivitäten einher, um den Einfluss mittlerer Arbeitsschwere abzudecken. Hieraus ergibt sich als Schwerpunkt für die Auswahl von Atemschutzgeräten der partikelfiltrierende Bereich, zumal er wegen seiner weiten Verbreitung auch große Bedeutung im Arbeitsschutz hat.

Mittels eines für die Betriebsmessungen entwickelten Erhebungsinstrumentes werden die genauen Mess-, Arbeitsplatz- und Umgebungsbedingungen festgehalten. Hierbei sind die Gesichtsabmessungen und physiognomischen Besonderheiten der Probanden ebenso wichtig wie die Art und

Konzentration der Gefahrstoffe oder detaillierte Informationen über die Benutzung, wie Tragedauer, Häufigkeit und Arbeitsschwere.

Kernstück der zweiten Projektphase war die Entwicklung einer Messmethode und einer Messstrategie, die in den Abschnitten 5 und 6 näher beschrieben werden, und deren Erprobung durch Rundversuche mit den Teilnehmern und deren Messausrüstung unter definierten Laborbedingungen (Abschn. 7). Eine erste Validierung der praktischen Anwendbarkeit und Robustheit erfolgte an einem realen Schweiß-arbeitsplatz (Abschn. 8). Hier sollte sich zeigen, ob die verwendete Prüfmethode robust genug ist, um eine sichere Handhabung unter den rauen Betriebsbedingungen zu ermöglichen.

## 3 Messmethoden und deren Prinzipien

Für die Messung der Leckage von Atemschutzgeräten stehen unterschiedliche Methoden zur Verfügung. Diejenigen mit dem höchsten Anwendungspotenzial für diesen speziellen Zweck werden im Folgenden genannt.

### 3.1 Flammenfotometrische Methode

Nach europäischen Standards wird die Leckagemessung in Laboratorien mit einem Flammenfotometer durchgeführt, das die Intensität einer bestimmten Spektrallinie von Natriumionen auswertet. Die Intensität ist proportional zur Anzahl der Ionen, das Ergebnis ist deshalb ein massenbezogener Wert.

Eine solche Messung korrespondiert gut mit der Anwendung von Luftgrenzwerten zur Gefährdungsbeurteilung, da jeweils auf die Masse bzw. Massenkonzentration von Gefahrstoffen Bezug genommen wird. Aufgrund des komplexen apparativen Aufwandes zur Erzeugung des NaCl-Aerosols eignet sich ein Flammenfotometer eher für den stationären Einsatz im Labor, nicht aber für eine mobile Arbeitsplatzmessung.

### 3.2 Gravimetrische Methode

Diese Messmethode besteht im Auswiegen der auf Filtern außer- und innerhalb des Atemschutzgerätes gesammelten Partikelmassen, es ist also direkt massenbezogen. Das Abscheiden von Partikeln ist bei guten filtrierenden Systemen mit geringer Leckage oder isolierendem Atemschutz atmeseitig selbst bei hohen Staubexpositionen im Umgebungsbe-reich nur mit langen Messdauern zu realisieren. Diese überschreiten die mögliche Tragedauer solcher Hochleistungssysteme. Daher wird diese im Prinzip sehr genaue Methode zur Kalibrierung eingesetzt, eignet sich aber nicht zur direkten Prüfung der Leckage.

### 3.3 Partikelzählverfahren

Die Messmethode basiert darauf, die Anzahl der Partikel außerhalb des Atemschutzgerätes zu bestimmen und sie mit der innerhalb des Atemschutzgerätes gemessenen Anzahl von Partikeln ins Verhältnis zu setzen. Ein Gerät, das diese Messaufgabe erfüllt, ist der Condensation Particle Counter (CPC).

### 3.4 Streulichtfotometrische Verfahren

Eine weitere auf der Partikelanzahl basierende Methode wird von Streulichtfotometern realisiert. In Abhängigkeit von der Intensität des Streulichts kann die Konzentration der

Partikel berechnet werden. Die beiden letzten Messmethoden liefern das Verhältnis der Anzahl der Partikel außerhalb zu innerhalb des Atemschutzgerätes. Ein im Markt erhältliches Messsystem ist das TSI SidePak AM510.

#### 4 Auswahl des Messsystems

Die im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Messmethoden basieren auf zwei grundlegend unterschiedlichen Messprinzipien. Das eine legt die Masse der Partikel als Messgröße zugrunde, während das andere Verfahren sich auf die Anzahl bezieht. Die Unterschiede werden diskutiert und auf beiden Prinzipien beruhende Messgeräte werden miteinander verglichen.

##### 4.1 Auswirkung der Abscheidung auf die Größenverteilung im Aerosol

Im Fall eines isolierenden Atemschutzgerätes wird der Proband beispielsweise mit Luft aus einer Druckgasflasche versorgt. Alle NaCl-Partikel im Atembereich – z. B. innerhalb einer Atemschutzmaske – sind also durch kleine Lücken in der Dichtlinie der Maske, dem Kontaktbereich zwischen Haut und Maskenrand, eingedrungen – dies unter der Voraussetzung der einwandfreien Funktion des Gerätes. Es handelt sich hier um die Verpassungsleckage. Für filtrierenden Atemschutz hingegen, wie beispielsweise bei einer partikelfiltrierende Halbmaske, kommt noch der Anteil der Partikel hinzu, der durch das Filtermaterial hindurchtritt. Dieser Anteil ist abhängig von der Qualität des Filtermaterials. Die Gesamtleckage setzt sich also aus Verpassung und nicht gefiltertem Anteil zusammen.

Eine Eigenschaft filtrierender Materialien ist die Ausprägung eines Minimums für das Rückhaltevermögen in einem bestimmten Partikelgrößenbereich. Hier haben die beiden gegenläufigen Abscheidemechanismen – Sperreffekt und Diffusion – den geringsten Effekt, und auch eine zusätzlich wirkende Elektrostatik ist nicht in der Lage, dieses Minimum ganz aufzuheben. Der Minimalwert für das Rückhaltevermögen wird durch die am besten durchlässige Partikelgröße (Most Penetrating Particle Size, MPPS) charakterisiert. Sie ist eine materialspezifische Größe und liegt typischerweise in der Größe von 100 bis 200 nm (**Bild 1**).

Bei der Messung der Partikelanzahlkonzentration vor und hinter einem solchen filtrierenden System ergibt sich für den Anteil der Partikel, die durch das Filter treten, eine Verschiebung der Partikelgrößenverteilung. Es kommen im Bereich der MPPS mehr Partikel hindurch als größere oder kleinere. Eine zur Ermittlung der Gesamtleckage herangezogene anzahlbezogene Verhältniszahl muss diese Eigenschaft berücksichtigen, wenn ein Bezug zu massebasierenden Faktoren das Ziel ist. Eine Variante ist, durch einen Partikelklassifizierer nur eine definierte Partikelgröße zu vermessen, wie z. B. das System N95-Companion Model 8095 der Fa. TSI. Dieses System selektiert Partikel mit einer Größe von weniger als 40 nm Durchmesser und führt sie dann dem Messvor-

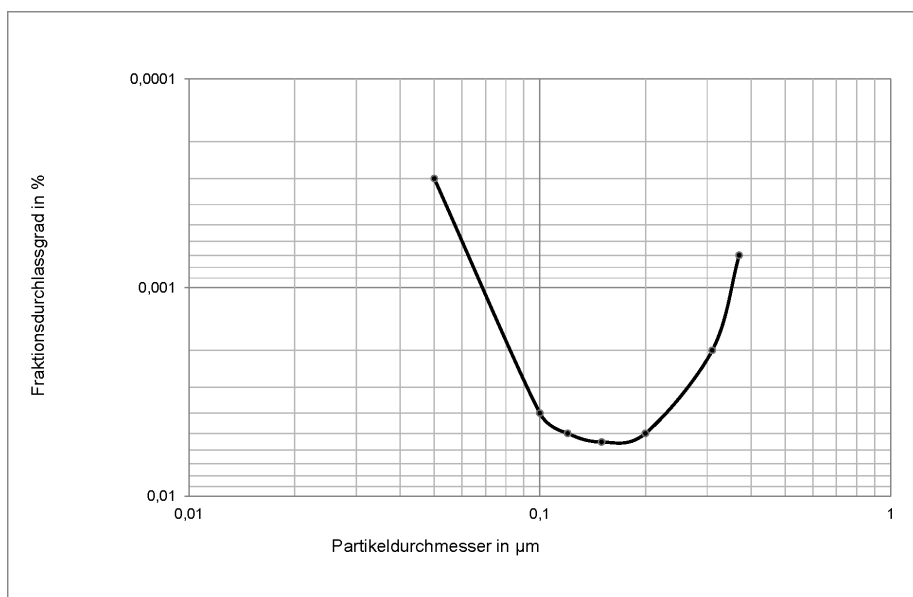


Bild 1. Typischer Verlauf des Fraktionsdurchlassgrades für Hochleistungsschwebstofffilter.

gang zu. Für diese Partikelfraktion, deutlich kleiner als der MPPS, zeigt das Filtermaterial eine hohe Abscheideleistung. Daher kann bei einer solchen Messung davon ausgegangen werden, dass der gemessene Schutzfaktor fast ausschließlich auf der Verpassungsleckage beruht und mit einem massebezogenen Verfahren vergleichbar ist.

Diese Herausforderung besteht entsprechend nicht, wenn hochleistungsfiltrierende Geräte vermessen werden, wie filtrierende Halbmasken der Klasse FFP3 oder Voll- und Halbmasken mit P3-Filter, deren Beitrag zur Gesamtleckage durch die Penetration des Filtermaterials vernachlässigbar ist.

##### 4.2 Vergleiche ausgewählter Messsysteme

Im Vergleich der Messsysteme Flammenfotometer, TSI SidePak und TSI PortaCount zeigte sich (**Bild 2**), dass bei Schutzfaktoren über 100 die Abweichung zwischen massebezogenen und partikelanzahlbezogenen Systemen sehr ausgeprägt ist.

Die flammenfotometrische Methode würde die Messung von NaCl-Aerosolen erfordern. Dies ist am Arbeitsplatz schlecht möglich, da hierzu eine NaCl-Atmosphäre erzeugt werden müsste, was einen unverhältnismäßig hohen Aufwand bedeuten würde.

Viele Arbeitsplätze, an denen Atemschutz getragen wird, enthalten in der umgebenden Luft eine durch verschiedene Tätigkeiten bedingte erhöhte unspezifische Partikelanzahl. Ein Gerät, das diese Messaufgabe erfüllt, ist ein Condensation Particle Counter (CPC).

Ein solches Messsystem wird von der Fa. TSI unter dem Namen PortaCount 8020 als direkt anzeigendes Messgerät vertrieben. Es ist durch seine Abmessung und sein Gewicht gut handhabbar und kann auch personengetragen im Rucksack am Probanden eingesetzt werden. Die Bedienung ist recht einfach und die Messung kann innerhalb weniger Minuten ausgeführt werden. Die Messungen sind bei hoher Empfindlichkeit gut reproduzierbar. Dieses System zählt Partikel in der Größe von 0,02 bis 1 µm und umfasst einen Konzentrationsbereich von 100 bis  $5 \times 10^5$  Partikel/cm<sup>3</sup>. Mit einem Gewicht von 1,5 kg und einer Möglichkeit, das Gerät

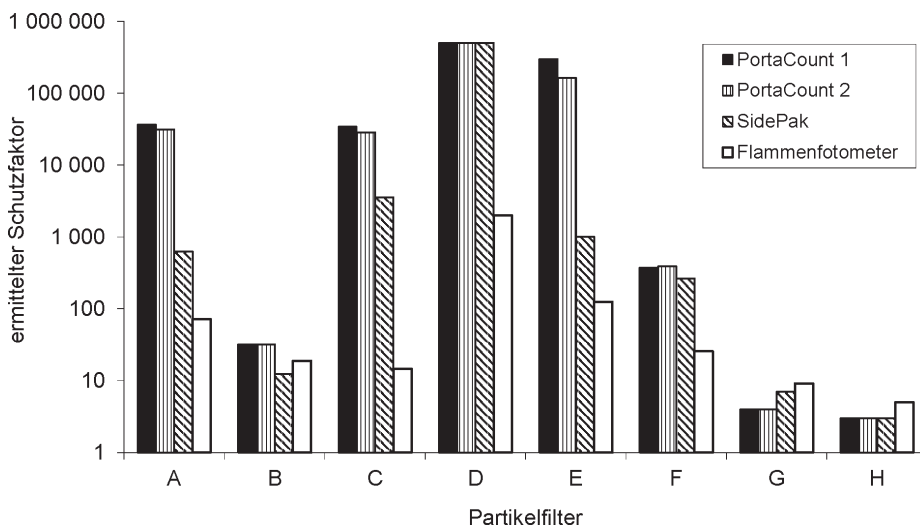


Bild 2. Vergleich unterschiedlicher Messsysteme in NaCl-Atmosphäre an verschiedenen definiert präparierten P3-Filtern.

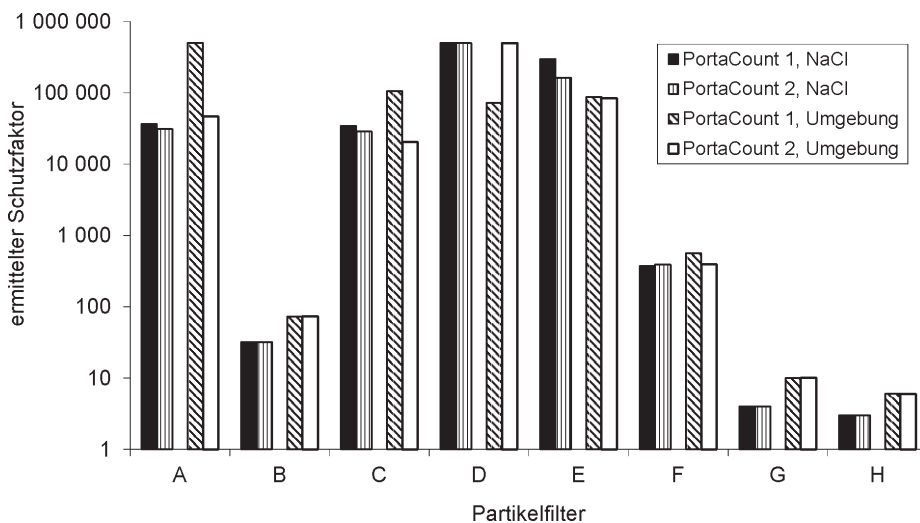


Bild 3. Vergleich gemessener Schutzfaktoren an verschiedenen definiert präparierten P3-Filtern durch zwei baugleiche PortaCount-8020-Messsysteme in NaCl-Atmosphäre (300 000 Partikel/cm<sup>3</sup>) und Umgebungsatmosphäre im Labor (~3 000 Partikel/cm<sup>3</sup>).

batteriebetrieben einzusetzen, kann man das System den Bewegungen des Atemschutzträgers nachführen.

Die Spezifikation des PortaCount 8020 erlaubt die Bestimmung von Schutzfaktoren auch > 10 000. Messungen zeigen, dass sowohl mit Natriumchloridpartikeln als auch mit in der Umgebungsluft enthaltenen unspezifischen Partikeln eine gute Vergleichbarkeit zweier baugleicher Systeme bis zu einem Schutzfaktor von 10 000 besteht (Bild 5).

Mit der Auswahl des Messsystems PortaCount 8020 hat man ein einfach zu bedienendes und robustes Partikelanzahlmesssystem, das unter bestimmten Randbedingungen mit den massebezogenen Messsystemen zu vergleichbaren Ergebnissen kommt. Einige der am Projekt beteiligten Institute haben bereits Erfahrungen mit diesem System, sodass die Entscheidung nicht zuletzt auch aufgrund der Verfügbarkeit zu dessen Gunsten getroffen worden ist.

### 5 Festlegung der Messstrategie

Messungen von Schutzfaktoren bei Atemschutzgeräteträgern am Arbeitsplatz unterliegen besonderen Randbedingungen. Zunächst gilt es, durch die Intervention den norma-

len Arbeitsablauf weitestgehend ungestört zu lassen. Der Atemschutz sollte idealerweise so vermessen werden, wie er routinemäßig im Einsatz genutzt wird. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Aerosolkonzentration oft zeitlichen und räumlichen Schwankungen unterworfen sein kann. Aufgabenbedingt sind auch die Arbeitnehmer nicht immer an der gleichen Stelle während ihrer üblichen Tätigkeit. Folglich muss auch das Messsystem mobil sein.

Das Messsystem CPC PortaCount 8020 arbeitet einkanalig. Die Messung von atemseitigem Wert und Umgebungswert erfordert ein Umschalten der Probenahmeeeingänge. Sowohl die Messintervalle als auch die Spülzeiten lassen sich an die Messaufgabe anpassen. Optional wäre eine parallele Messung mit zwei Geräten. Dieses Szenario setzt voraus, dass beide Geräte über den gesamten Messbereich gleiche Messwerte liefern oder sich zumindest dahingehend justieren lassen. Eine Drift der Messwerte durch beispielsweise Verschmutzung in einem Gerät ist während der Messung nicht sicher identifizierbar. Es konnte gezeigt werden, dass eine solche Messanordnung möglich ist, sie wurde aber als nicht robust bewertet. Ein weiterer Vorteil einer zweikanaligen parallelen Messung schien der direkte Vergleich beider Konzentrationswerte zu sein. Allerdings ist aufgrund der Atmung und der Transportdauer der Partikel von außen nach innen eine zeitliche Verzögerung vorhanden, die

eine direkte Zuordnung sekundengenauer Messpunkte zueinander nicht sicher ermöglicht.

Um eine zeitliche Änderung der Partikelkonzentration ausgleichen zu können, wurde eine Testsequenz von 1 min Umgebungsluft, 2 min Proband, dann wiederholt 1 min Umgebungsluft festgelegt. Diese Prozedur wird insgesamt dreimal durchlaufen und der Schutzfaktor durch Bildung der drei Mittelwerte erhalten.

#### 5.1 Probenahme

Die Probenahme stellt eine besondere Herausforderung dar. Es ist notwendig, einen Probenahmeschlauch so am Atemschutzgerät anzubringen, dass eine Störung durch Berühren mit dem Mund vermieden wird. Aber auch eine nicht zentrische Probenahmestelle kann zu nicht validen Messungen führen, wenn an der gewählten Stelle keine partikelhaltige Einatemluft entlang geführt wird.

#### 5.2 Auswertung

Der maximal erreichbare Schutzfaktor ist nicht nur durch die Eigenschaften des Atemschutzgerätes definiert, sondern hängt auch von der absoluten Anzahl der Partikel in der Um-

Tabelle 1. Vergleichsmessung PortaCount-Messgeräte mit Prüfkopf und Vollmaske im NaCl-Aerosol.

#	Partikelzahl Maske	Partikelzahl Umgebung	Schutzfaktor	Partikelzahl Maske	Partikelzahl Umgebung	Schutzfaktor
	CIOP-PIB			INRS		
1	71	121 765	1 715	45	69 893	1 553
2	69	120 888	1 752	43	69 541	1 617
3	68	120 360	1 770	45	69 634	1 547
	CIOP-PIB			IFA		
1	66	120 780	1 830	57	122 835	2 155
2	66	121 506	1 841	53	103 311	1 987
3	66	120 846	1 831	71	158 401	2 231
	INRS			IFA		
1	47	100 212	2 132	53	127 259	2 401
2	45	98 844	2 196	50	128 500	2 570
3	42	98 316	2 340	57	127 467	2 236

gebung abhängt. So kann in einer vergleichsweise sauberen Umgebung eine Vollmaske keine hohen Schutzfaktoren erzielen. Wenn das Messsystem Schutzfaktoren von 1 bis > 10 000 ermitteln kann, aber die minimale sicher messbare Konzentration bei 100 Partikel/cm<sup>3</sup> liegt, dann sind schon mehr als 200 000 Partikel/cm<sup>3</sup> in der Umgebung notwendig, um eine Vollmaske mit einem zugewiesenen Schutzfaktor (in Deutschland von 2000) zu bestätigen. Dies bedeutet, dass zur qualifizierten Auswertung alle weiteren Randbedingungen bekannt sein müssen.

## 6 Rundversuche

Um die Eignung der PortaCount-Messsysteme zu überprüfen, führten die Institute CIOP, INRS und IFA mit ihren Systemen gemeinsame Rundversuche durch.

Zum Einsatz kamen in den Instituten verfügbaren PortaCount-Systeme, daneben wurden weitere Systeme wie SMPS eingesetzt. Vermessen wurde ein NaCl-Aerosol definierter Konzentration in der Leckageprüfkammer, ein Verfahren, das in der europäischen Norm für Vollmasken, EN 13274-1 [6], beschrieben ist. Ein Prüfkopf mit Vollmaske und Partikelfilter wurde hierzu mit einer künstlichen Lunge ventiliert. Das Partikelfilter der Klasse P3 wurde mit einer Injektionsnadel präpariert, um eine zeitlich konstante definierte Leckage zu erhalten. Zur Probenahme war jeweils ein Schlauch innerhalb der Vollmaske im Atembereich befestigt. Die Probenahmestelle für das Prüfaerosol befand sich oberhalb des Partikelfilters und wurde nicht unmittelbar durch die Ein- und Ausatemvorgänge beeinflusst. Die Probenahmeschläuche wurden aus der Kammer herausgeführt und jeweils zwei Messsystemen zugeführt, die mit identischem Volumenstrom die Probe ansaugten.

Die Ergebnisse in **Tabelle 1** zeigen eine gute Übereinstimmung der ermittelten Schutzfaktoren über die unterschiedlichen PortaCount-Systeme hinweg. Wenn auch die ermittelten absoluten Werte für die Partikelanzahl nicht identisch waren, so liegen die Quotienten alle in der gleichen Größenordnung.

Zusätzlich wurden auch Messungen an einem Probanden mit paralleler Probenahme von zwei PortaCount-Messsystemen durchgeführt, vergleichbar einer Prüfung für partikelfiltrierende Halbmasken nach EN 149 [7]. Auch hier konnte eine gute Korrelation der Messwerte gezeigt werden (**Tabelle 2**).

Tabelle 2. Vergleichsmessung der Schutzfaktoren am Probanden mit FFP3-Maske nach EN 149 im NaCl-Aerosol.

Messung	Schutzfaktor	
	CIOP-PIB	INRS
1	9,0	8,5
2	7,0	6,5
3	10,3	10,0

## 7 Messungen am realen Arbeitsplatz

Um mit dem PortaCount-System an realen Arbeitsplätzen messen zu können, wird insbesondere für höherwertige Atemschutzgeräte eine ausreichende Partikelanzahl am Arbeitsplatz benötigt. Daher kommen insbesondere Tätigkeiten, wie Schweißen, Schleifen und Schneiden von Wandschlitz für Arbeitsplatzmessungen in Frage. Eine erste Erprobung des festgelegten Messverfahrens im Hinblick auf die praktische Anwendbarkeit und zur Feststellung der Robustheit hat an einem realen Schweißere Arbeitsplatz stattgefunden (**Bild 4**). Hier wurden Hinweise darauf erhalten, dass die verwendete Prüfmethode robust genug ist, um eine sichere Handhabung unter den rauen Betriebsbedingungen zu ermöglichen.



Bild 4. Messung am Schweißere Arbeitsplatz mit PortaCount 8020.

## 8 Ausblick

Mit der nun verfügbaren standardisierten Messmethode und der abgestimmten Strategie für die Ermittlung von Arbeitsplatzschutzfaktoren sollen in einem Folgeprojekt für weit verbreitete Atemschutzgeräte umfassende Messserien an verschiedenen realen Arbeitsplätzen durchgeführt werden. Der hierbei festgestellte Ist-Zustand kann möglicherweise durch gezielte definierte Trainingsprogramme direkt vor Ort verbessert werden. Aus erneuten Messungen nach solchen Interventionen lassen sich dann die in der Praxis erzielbaren Schutzniveaus herleiten, wobei gleichzeitig auch die Effektivität der applizierten Trainingsmaßnahme evaluiert werden kann.

Mit der Verfügbarkeit einheitlicher europäischer Schutzfaktoren für Atemschutzgeräte an Arbeitsplätzen würden sich die Arbeitsschutzaktivitäten europaweit agierender Unternehmen deutlich vereinfachen und darüber hinaus die derzeit in der Entwicklung befindliche internationale Normung (ISO) auf dem Weg zu einem globalen Konzept für die Auswahl und Anwendung von Atemschutzgeräten unterstützen.

### Literatur

- [1] Richtlinie 89/686/EWG des Rates vom 21. Dezember 1989 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für persönliche Schutzausrüstungen. ABl. EG (1989) Nr. L 399, S. 18-38.
- [2] *Howie, R. M.; Johnstone, J. B. G.; Weston, P.; Aitken, R. J.; Groat, S.*: Workplace effectiveness of respiratory protective equipment for asbestos removal work. HSE contract research report CRR 112/96. Sudbury, Großbritannien: HSE Books 1996.
- [3] *Moore, D. E.; Smith, T. J.*: Measurement of protection factors of chemical cartridge, half-mask respirators under working conditions in a copper smelter. *Amer. Ind. Hyg. Assoc. J.* 37 (1976) Nr. 8, S. 453-458.
- [4] *Myers, W. R.; Peach, M. J.*: Performance measurements on a powered air-purifying respirator made during actual field use in a silica bagging operation. *Ann. Occup. Hyg.* 27 (1983) S. 251-259.
- [5] DIN EN 529: Atemschutzgeräte – Empfehlungen für Auswahl, Einsatz, Pflege und Instandhaltung – Leitfaden. Berlin: Beuth 2005.
- [6] DIN EN 13274-1: Atemschutzgeräte – Prüfverfahren – Teil 1: Bestimmung der nach innen gerichteten Leckage und der gesamten nach innen gerichteten Leckage. Berlin: Beuth 2001.
- [7] DIN EN 149: Atemschutzgeräte – Filtrierende Halbmasken zum Schutz gegen Partikeln – Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung. Berlin: Beuth 2009.