

Rückhaltevermögen von Laborabzügen

Einfluss des Luftführungskonzeptes

Laborabzüge dienen dem Schutz des Personals bei der Arbeit mit gefährlichen Substanzen. Dazu wird ein entsprechender Luftvolumenstrom über die RLT-Anlage zugeführt, um im Laborraum je nach Anforderung einen Über- oder Unterdruck zu erreichen. Es hat sich in der Vergangenheit bei ausgeführten Projekten gezeigt, dass die Art der Zuluftzuführung und -verteilung im Raum einen großen Einfluss auf das Rückhaltevermögen der Laborabzüge hat. Die Unterschiede werden durch Messungen verdeutlicht.



Normativer Hintergrund

Die Anforderungen an Laborabzüge sind in der Normenreihe DIN EN 14175 festgelegt. Dabei werden im Teil 3 das Baumusterverfahren und im Teil 4 das Vor-Ort-Prüfverfahren beschrieben. Meistens wird in der Praxis das Baumusterverfahren als ausreichend erachtet. Jedoch kann nur beim Vor-Ort-Verfahren der Einfluss des Lüftungssystems mit beurteilt werden, so dass dieses für den Betreiber in Bezug auf den Arbeitsschutz die sichere Methode darstellt.

Die raumluftechnischen Anlagen in Laboratorien werden in der DIN 1946 Teil 7 behandelt. Des Weiteren existiert der Entwurf der VDI 2051 „Raumluftechnik in Laboratorien“. Bezüglich der Thematik des Luftführungskonzeptes beschreibt die DIN 1946 T7 eine Mischluftverteilung, wohingegen die VDI 2051 neben der Mischlüftung auch eine Quell- bzw. Schichtlüftung zulässt.

Die Prüfnorm DIN EN 14175 enthält jedoch keine Angaben bezüglich des erforderlichen Rückhaltevermögens bzw. des zulässigen Ausbruchverhaltens. Hierzu hat die Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie BG RCI im Fachausschuss Chemie Grenzwerte für die einzelnen Prüfphasen herausgegeben. Bei der Prüfung wird in einer vorgegebenen Zeitphase der Frontschieber des Abzuges geöffnet, geschlossen und wieder geöffnet. Die auftretenden Peaks des SF_6 -Spurengases (Schwefelhexafluorid vor dem Abzug) müssen unterhalb der Grenzwerte in den entsprechenden Messphasen bleiben. Ferner wird noch ein Robustheitstest durchgeführt, bei dem das Vorbeilaufen einer Person mit einer $1,9 \times 0,4$ m großen Platte bei einer Verfahrensgeschwindigkeit von 1 m/s simuliert wird.

Bei allen Prüfungen muss die Raumlufgeschwindigkeit in der Prüfumgebung kleiner als 0,1 m/s sein, was in der späteren Praxis sehr selten erfüllt wird, insbesondere, wenn sich in einer Laborzeile mehr als ein Abzug befindet und deshalb auch ein hoher Zuluftvolumenstrom nachgeführt werden muss.

Ursachen für Schadstoffausbrüche

Die Standardauslegung beim Zuluftvolumenstrom in Laboratorien beträgt $25 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ Nutzfläche. Dieser Wert kann – bedingt durch die Nutzung – allerdings erheblich schwanken. Ein deutlich niedrigerer Wert ist durch eine entsprechende Gefährdungsanalyse ebenso möglich wie ein wesentlich höherer Wert bei der Nutzung von Laborabzügen.

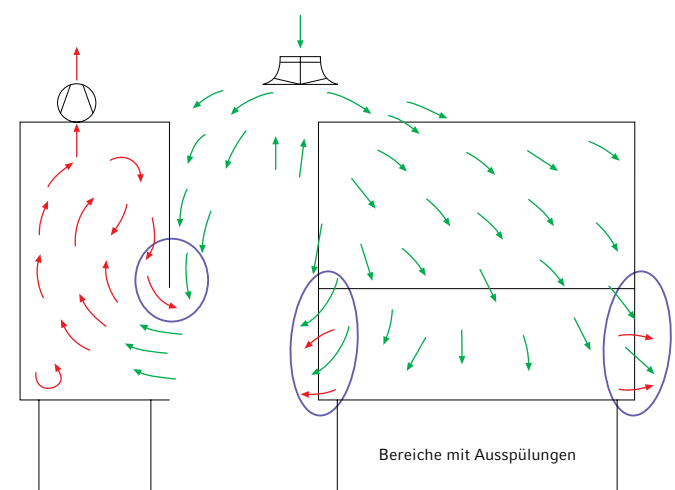
Laborabzüge weisen in der Regel einen Abluftvolumenstrom von $400 \text{ m}^3/\text{h}$ pro lfd. Meter auf. Bei einem Abzug der Breite 1,5 m werden also $600 \text{ m}^3/\text{h}$ abgesaugt. Bei einer Laborzeile von $3,6 \times 6,0$ m sind dies bereits $27 \text{ m}^3/\text{hm}^2$, welche über die Zuluft nachgeführt werden müssen. Dazu kommen weitere Kleinabsaugungen an Ge-

räten, Chemikalienschränken und ggfs. Bodenabsaugungen. Somit ist ein Zuluftvolumenstrom von $60 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ Nutzfläche bei zwei Abzügen in manchen Laborzeilen nicht ungewöhnlich.

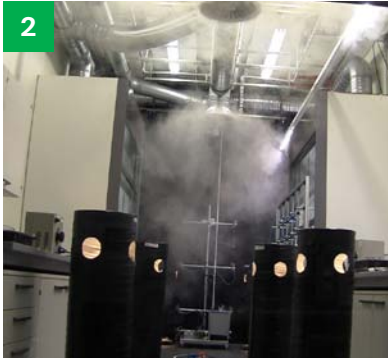
Laborabzüge weisen bei voller Öffnung des Frontschiebers in der Öffnung eine Absauggeschwindigkeit von ca. 0,2 m/s auf. Diese ist in der Fläche keineswegs gleichmäßig verteilt, sondern es ergeben sich durch Randeinflüsse, innere Versuchseinrichtungen und Wärmequellen Strömungseffekte, die sich bis in die Ansaugenebene auswirken können. Diese werden zusätzlich von der Raumlufströmung überlagert. Aufgrund des hohen Luftwechsels können hier bei ungünstiger Wahl und Anordnung der Zuluftdurchlässe

Dipl.-Ing. Detlef Makulla
Leiter Forschung & Entwicklung,
Krantz GmbH, Aachen

1 Darstellung der kritischen Bereiche



mit Auspülung aus Abzügen



Strömungsvisualisierung Drallauslass



Strömungsvisualisierung Textilauslass



Strömungsvisualisierung Multifunktionales Labormodul (Krantz Aachen)

Luftgeschwindigkeiten vor der Öffnung des Abzuges auftreten, die durch Induktionswirkung Luft und somit auch Schadstoffe aus dem Inneren des Abzugs herauspülen. Dieses wurde bereits in der Praxis nachgewiesen [1].

Dieses Zusammenwirken sollte insbesondere für größere Projekte anhand von vorab durchzuführenden Labortests untersucht werden. Dadurch kann eine sehr hohe Sicherheit erreicht werden und einer Versagung der Inbetriebnahme aufgrund von Sicherheitsbedenken vorgebeugt werden.

Turbulente Mischlüftung oder Quelllüftung?

Eine turbulente Mischlüftung ist in Bezug auf die sich einstellende Raumströmung bei richtiger Auswahl und Platzierung der

Zuluftdurchlässe sehr gut berechenbar. Bei der Quell- oder Schichtlüftung treten thermische Effekte auf, die sich auf die Ausbreitung der Zuluft stark auswirken können und eine Vorhersage erschweren.

In Laboratorien kommt durch den Einsatz von Abzügen ein weiterer Faktor hinzu. Da oftmals 80 % der Zuluft und mehr über die Abzüge in ca. 1 m Höhe abgesaugt werden, befindet sich der Atembereich der Personen nicht mehr in der Zuluftschiicht, sondern in einem höher belasteten Raumbereich. Die höhere Belastung kann thermischer und/oder stofflicher Natur sein. Letzteres tritt besonders dann auf, wenn unvorhergesehene Ereignisse wie der Bruch eines Behältnisses oder das Verschütten einer Flüssigkeit eintreten.

Es bestünde die Möglichkeit, bei der Quelllüftung die Schichthöhe anzuheben, wozu aber ein erheblich höherer Volumenstrom zur Erzielung der gleichen Verhältnisse im Atembereich als bei der Mischlüftung erforderlich wäre. Bei einem nutzungsangepassten Betrieb, d.h. bei aus energetischer Sicht anzustrebend möglichst geringen Luftvolumenströmen, ist die Anwendung der Schichtlüftung in Laboren nicht geeignet. Zu diesen Erkenntnissen kam man bereits 1997 im Forschungsvorhaben RELAB [2]. Es ist deshalb unverständlich, warum im Entwurf der VDI 2051 die Quelllüftung als zulässige Lüftungsart im Gegensatz zur DIN 1946 T7 erlaubt ist.

Strömungstechnischer Hintergrund

Die Ursachen für Ausspüleeffekte an Abzügen mit der Folge einer Verminderung des Rückhaltevermögens sind in Bild 1 dargestellt. Strömt die Zuluft mit zu hoher Geschwindigkeit an der Öffnung des Abzuges vorbei, tritt lokal ein leichter Unterdruck auf, welcher durch eine Induktionswirkung Luft aus dem Abzug herauszieht. Dieser Effekt kann besonders an den Umschließungslinien, also an den Kanten und Ecken der Abzugsöffnung beobachtet werden. Er steht in Interaktion mit der Luftströmung im Abzug, welche durch die Versuchseinrichtung und Thermik beeinflusst wird.

Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau fand in der Kranz Forschung & Entwicklung in Aachen statt. Es wurde eine Standardlaborzeile mit den Abmessungen $L \times B \times H = 6,0 \times 3,6 \times 4,2$ m erstellt, welche mit Abzügen und Labormöbeln der Fa. Waldner ausgestattet wurde.

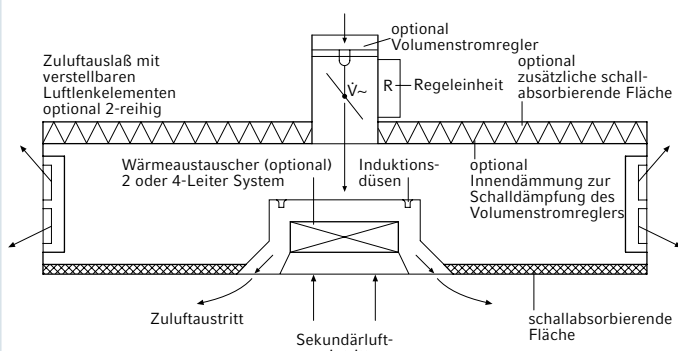
Für die Zuluferversorgung wurden die folgenden Systeme nacheinander eingebaut und unter den gleichen Randbedingungen getestet:

- Zwei Deckendrallauslässe (Mischlüftung),
- Textiler Luftschlauch (Quelllüftung von oben),
- Multifunktionales Labormodul (Mischlüftung als Luft-/Wassersystem).

Deckendrallauslässe sind wohl die am häufigsten verwendeten Luftdurchlasstypen für eine turbulente Mischlüftung. Die Zuluft wird horizontal stark verdrallt im Raum verteilt. Unterhalb des Auslasses findet eine starke Induktion von Raumluft statt, welche für eine intensive Vermischung und somit für eine gleichmäßige Verteilung der Raumlufttemperatur und der Stofflasten sorgt (Bild 2).

Da eine Quelllüftung von unten aus den erwähnten Gründen ausscheidet, wurde als weiteres Vergleichssystem eine Quelllüftung von oben über einen luftdurchlässigen Textilschlauch gewählt (Bild 3).

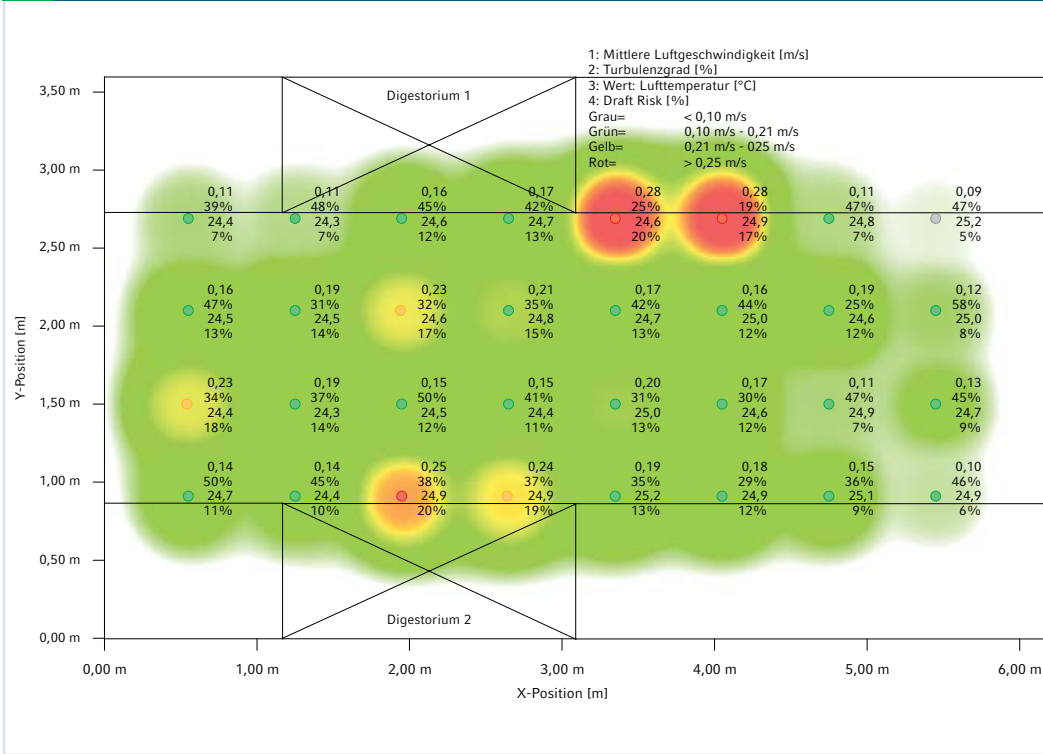
5 Funktionsbereiche



des Multifunktionalen Labormoduls (Krantz Aachen)

Quelle: Krantz Aachen

6 Raumlufthgeschwindigkeits- und Temperaturverteilung



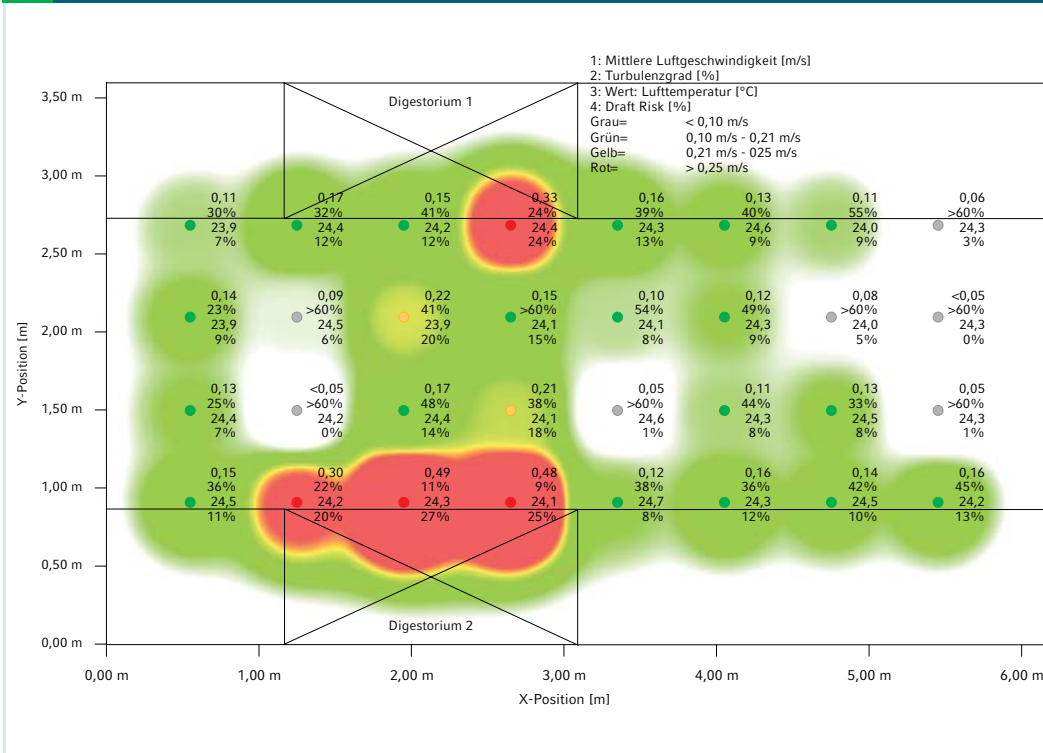
Als drittes System wurde ein sogenanntes Multifunktionales Labormodul eingesetzt (Bild 4).

Dabei handelt es sich um ein Luft-/Wasser-System, mit dem auch höhere Kühlleistungen erbracht werden können. Die Funktionen sind in Bild 5 dargestellt.

Die Zuluft wird zum einen an der Seite und zum anderen an der Unterseite zugeführt. Die seitlichen Fächerscheiben erlauben es, die Luftzufuhr an die örtlichen Gegebenheiten anzupassen. Über den Wärmetauscher kann mittels der integrierten Induktionsdüsen eine Kühl- oder Heizleistung erreicht werden, die in den meisten Fällen den Einsatz von zusätzlichen Umluftkühlgeräten überflüssig macht. Ferner ist das Labormodul, welches als durchlaufendes Band installiert wird, mit Akustikmaterial zur Raumschalldämpfung ausstattbar. Der hohe Vorfertigungsgrad und die geringere Anzahl der Schnittstellen kommen den Anforderungen nach einem kurzen Bauablauf entgegen.

Quelle: Krantz Aachen

7 Raumlufthgeschwindigkeits- und Temperaturverteilung



Versuchsergebnisse

Zuerst wurde für alle drei Systeme die Verteilung der Raumlufthgeschwindigkeit und der Temperatur gemessen. Daraus wurde dann auch das Zugluftisiko gemäß der DIN EN ISO 7730 ermittelt. Es wurde zwar der ganze Raum mit allen Höhen vermessen, jedoch ist hier aus Platzgründen nur die wichtige horizontale Ebene in 1,1 m Höhe dargestellt.

Bei den Deckendrallaussläsen ergaben sich an einigen Stellen Raumlufthgeschwindigkeiten von 0,28 m/s, entsprechend einem Zugluftisiko von 20 % (Bild 6).

Die Quelllüftung von oben über den Textilschlauch zeigte insbesondere vor den Abzügen relativ hohe Luftgeschwindigkeiten von 0,3 m/s bis zu 0,49 m/s. Dies entspricht einem Zugluftisiko von bis zu 27 % (Bild 7).

Quelle: Krantz Aachen

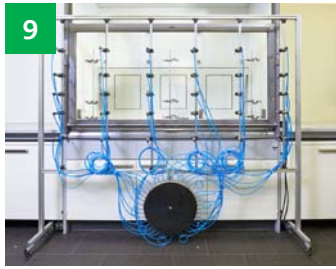


Foto: Krantz Aachen

Einrichtung zur Probenahme vor dem Abzug

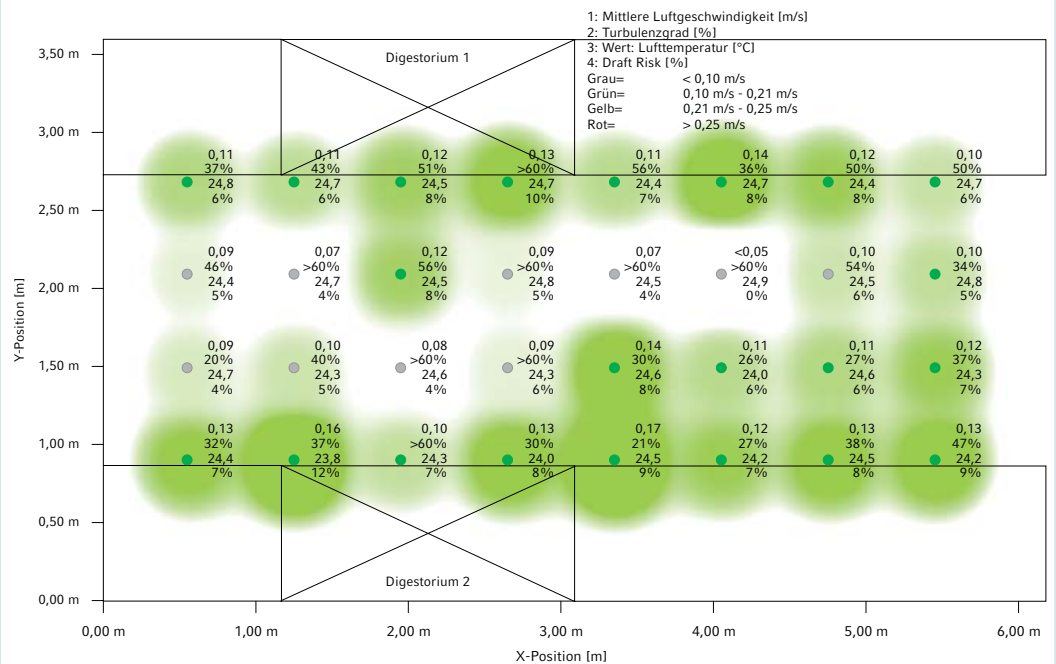
Beim Multifunktionalen Labormodul traten maximale Raumluftgeschwindigkeiten von 0,17 m/s auf, die einem maximalen Zugluftisiko von 9 % entsprechen (Bild 8).

Neben den Behaglichkeitskriterien ist der Sicherheitsaspekt bei den Abzügen von hoher Bedeutung. Ausspüleffekte können auf Dauer erhebliche gesundheitliche Risiken für das Personal zur Folge haben. Die Messungen wurden mit dem Spurengas SF₆ (Schwefelhexafluorid) entsprechend der DIN EN 14175 durchgeführt. Bild 9 zeigt die Anordnung zur Probenahme vor dem Abzug.

Die Ergebnisse bei einem spezifischen Zuluftvolumenstrom von 42 m³/h·m² zeigt Bild 10.

Während des Prüfzyklus wird der geöffnete Frontschieber des Abzuges einmal geschlossen und wieder geöffnet. Die zulässigen Grenzwerte entsprechend der Berufsgenossenschaft RCI sind in Grün markiert. Beim

8 Raumluftgeschwindigkeits- und Temperaturverteilung



horizontal in 1,1 m Höhe mit Multifunktionalem Labormodul

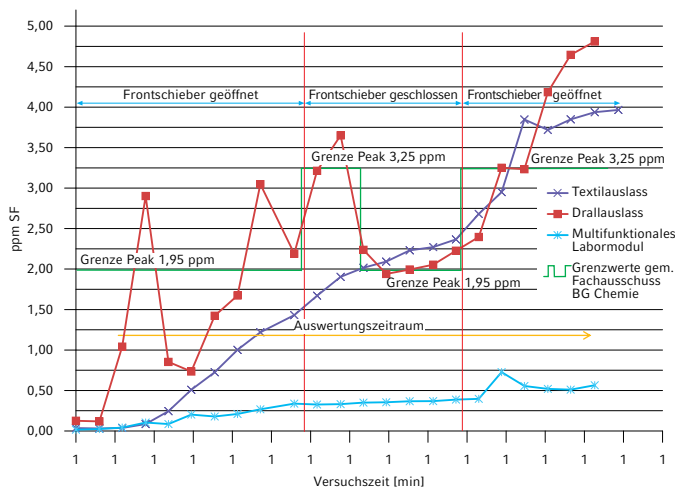
Quelle: Krantz Aachen

Drallauslass sind deutlich ausgeprägte Schwankungen in den Werten zu erkennen, die mehrfach die Grenzwerte überschreiten. Beim Textilauslass zeigt sich ein konstanterer Verlauf, wobei aber auch hier die Grenzwerte überschritten werden. Einzig das Multifunktionale Labormodul weist vor dem Laborabzug Konzentrationswerte auf, die sehr deutlich

unterhalb des Grenzwertes liegen. Auch eine weitere Messreihe mit einem spezifischen Zuluftvolumenstrom von 25 m³/h·m² zeigt einen ähnlichen Verlauf bei allen drei Systemen (Bild 11).

Mit Hilfe eines Nebelgenerators wurden die Stellen ergründet, an denen die Gefahr von Ausspüleffekten hoch ist. Wie die schematische Darstellung in Bild 1 und Bild 12 zeigt, sind insbesondere die seitlichen Begrenzungen des Abzuges als kritische Zonen einzustufen. Dies deckt sich auch mit den dort beispielsweise beim Textilschlauch gemessenen hohen Raumluftgeschwindigkeiten. Beim Multifunktionalen Labormodul trat aufgrund der deutlich geringeren Raumluftgeschwindigkeit keine Ausspülung auf (Bild 13).

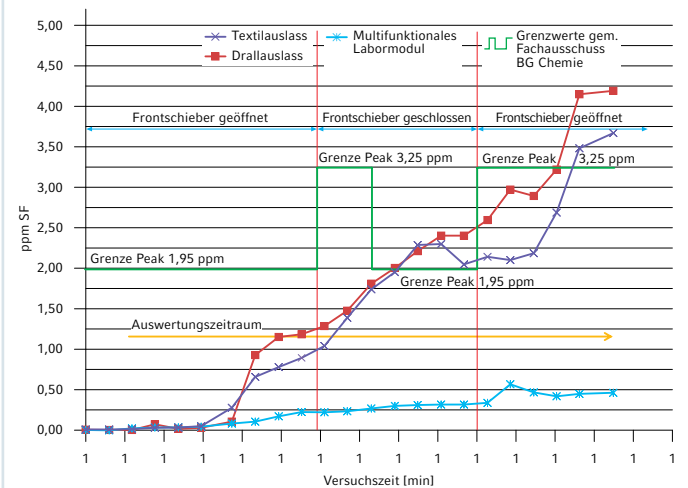
10 SF6-Konzentration



vor dem Digestorium, Zuluftvolumenstrom 42 m³/h·m²

Quelle: Krantz Aachen

11 SF6-Konzentration



vor dem Digestorium, Zuluftvolumenstrom 25 m³/h·m²

Quelle: Krantz Aachen

Zusammenfassung

Im Rahmen von Labortests wurden drei verschiedene Lüftungssysteme verglichen. Die Spanne beim Zugluftrisiko reichte von 9 % beim Multifunktionalen Labormodul über 20 % beim Drallauslass bis zu 27 % beim Textilschlauch.

Mittels Spurengasmessungen wurde untersucht, ob die Grenzwerte der BG RCI beim Rückhaltevermögen der Abzüge eingehalten werden. Sowohl beim Drallauslass als auch beim Textilschlauch traten Ausspüleffekte auf, so dass die Grenzwerte der Berufsgenossenschaft überschritten wurden. Die Ausspüleffekte konnten auch visuell mittels Rauchprobe nachgewiesen werden.

Beim Multifunktionalen Labormodul wurden die Grenzwerte deutlich unterschritten. Die gemessenen Konzentrationen vor der Öffnung des Abzuges lagen beim Drallauslass bis zum Faktor 9,5 und beim Textilschlauch bis zum Faktor 8,0 höher als beim Multifunktionalen Labormodul.

Literatur

- [1] Sieber, Keller, Vermeidbare Gefahren. Vermeintlich sichere Laborabzüge, in: GIT Labor-Fachzeitschrift 6/2012
- [2] Biegert, Dittes, Kochendörfer, RELAB Forschungsverbundvorhaben „Energieeinsparungen in Laboratorien durch Reduzierung der Luftströme“, Universität Stuttgart



Ausspüleffekt beim Textilluftauslass

Foto: Krantz Aachen



Keine Funktionsbeeinflussung beim Multifunktionalen Labormodul

Foto: Krantz Aachen