

## Bachelor-und Masterarbeiten ab 2. Halbjahr 2013 bis 1. Halbjahr 2014

**Nazanin Alekozai:** Auslegung von Kühlanlagen für ein Einfamilienhaus (EFH)

**Jörg Eggemann:** Vergleich von Kühlsystemen für Einfamilienhäuser

**Sarah Haguenauer:** Dynamische Simulation eines Raumes und Vergleich der Kühllastermittlung mit TRNSYSlite und Planca nova

**Qiaoqiao Hou:** Die Wärmeleitfähigkeit von Estrichen und deren Auswirkung auf die Leistung einer Warmwasser-Fußbodenheizung

**Mu Huang:** Vergleich der Raummodelle von TRNSYS und VDI 6007

**Melanie Mödinger:** Kühllastberechnung für ein Einfamilienhaus

**Michael Wilckens:** Numerische Untersuchung zur Durchströmung einer vernetzten Kapillarrohrrmatte

**Fan Xu:** Calibration of a Simulation Model for a thermally activated Tunnel

**Arkadius Zuzel:** Implementierung regelbasierter Messdatenüberwachung zur Fehlererkennung im heiztechnischen Gebäudebetrieb

**Javier Garralda:** Comparison of energy retrofitting measures under German and Spanish climatic conditions

### PERSONALIA

**Dr.-Ing. Thomas Schlosser** verließ im Sept. 2013 das Institut für Gebäudeenergetik, um bei Drees & Sommer Advanced Building Technologies in Stuttgart als Projektingenieur zu arbeiten. Er ist dort im Bereich Energiedesign/Energiemanagement für Systemplanungen und die Entwicklung von Energiekonzepten zuständig.

Seit Sept. 2013 arbeitet **M.Sc. Anders Berg** (vorher: Studium des Maschinenbaus an der Königlich Technische Hochschule (KTH) in Stockholm, Schweden) als wissenschaftlicher Mitarbeiter am IGE. Bis jetzt hat er sich mit den Projekten „Geothermienutzung in Tunnelbauwerken in innerstädtischen Bereichen am Beispiel des Stadtbahntunnels Stuttgart-Fasanenhof (U6) – Folgeprojekt“ und „Untersuchungen zur Entrauchung – aktuelle Vorgaben der Muster-Industriebaurichtlinie“ beschäftigt.

### „In eigener Sache“

Sehr geehrte Mitglieder,  
über 22 Jahre lang assistierte ich u.a. dem Vorstand und den Geschäftsführern des Fördervereins (VdF HLK e.V.) bei verschiedenen Verwaltungsaufgaben. Von Beginn an arbeitete ich auch in der Redaktion des HLKBRIEFES. Der (ehemalige) Geschäftsführer, Gunther Claus, und der jetzige, Armin Ruppert, konnten mich als „gelernte“ Germanistin gut einsetzen. Ich war zuständig nicht nur für das Korrektorat und Lektorat des HLKBRIEFES, sondern organisierte auch den Druck und die Versendung der Veröffentlichung. Nun endet meine Tätigkeit bei der FGHLK mbH, da ich in Rente gehe. An dieser Stelle möchte ich mich für die gute und kreative Zusammenarbeit – auch mit den Autoren und Autorinnen - bedanken und mich von allen Mitgliedern des Fördervereins verabschieden.

**S. Fischer-Hampel**

## Heinz Bach 80

Am 6. Dez. letzten Jahres wurde Heinz Bachs 80ster Geburtstag in einer schönen Feier von mehr als zweihundert Gratulanten aus Wissenschaft, Wirtschaft, Industrie und Branchenverbänden in der Festhalle seiner Heimatstadt begangen.

Heinz Bach wurde am 26. 11. 1933 in Hamburg-Altona geboren, ging in Hamburg und Wertheim am Main in die Grundschule und besuchte dort auch das humanistische Gymnasium, das er 1953 mit der Reifeprüfung abschloss. Das humanistische Gymnasium hat ihn stark geprägt, noch heute zitiert er gerne altgriechisch oder lateinisch. Seine Studenten und Mitarbeiter bekommen dies noch heute zu spüren, wenn er ihre schriftlichen Arbeiten durchsieht. Sein Kommentar war nicht selten: „Wer seine Gedanken nicht klar verständlich formulieren kann, hat keine klaren Gedanken.“ Nach seiner Emeritierung hat er sich die Mühe gemacht, seine langjährige Erfahrung zu Papier zu bringen (1). Nach einem halbjährigen Praktikum begann er im WS 53/54 mit dem Studium des Maschinenbaus an der Technischen Hochschule Stuttgart, das er 1959 mit dem Diplom abschloss. Von 1959 bis 1962 war er als Projektingenieur in der Industrie tätig und kam dann an die Hochschule zurück, zunächst für ein Jahr am Institut für Turboflugtriebwerke bei Prof. U. Senger, anschließend ab Sept. 63 als wissenschaftlicher Mitarbeiter bei Prof. Dr. G. Schöll an der Abt. Heizung und Lüftung des Maschinenlaboratoriums. Bereits nach drei Jahren promovierte er bei Prof. Schöll und Prof. Dr. R. Quack mit dem Thema: „Das thermische Verhalten von Regene-

rativ-Wärmetauschern mit längs der Stoffströme bewegten Speichermassen“.

Die Arbeit bei Prof. Schöll war einerseits durch dessen Kreativität (zahlreiche Erfindungen und Patente) als auch durch weitgehende Selbständigkeit geprägt. Auch wurden die ersten Kontakte zur Branche hergestellt, was schon 1967 zur Gründung der *Prüfstelle Heizung Lüftung* führte. 1970 wurde die Abteilung in „Heizung Lüftung Klimatechnik“ umbenannt und Heinz Bach wurde ihr Abteilungsleiter. 1971 legte er seine Habilitationsschrift zum Thema „Zum Wärmeübergang bei freier Konvektion von Luft zwischen lotrechten Flächen“ vor und wurde 1972 zum Privatdozenten ernannt mit der Lehrbefugnis für das Fach „Heizung-Lüftung-Klimatechnik“.

1974 folgte die Ernennung zum Wiss. Rat und Professor. Ab 1967 engagierte sich Heinz Bach in unterschiedlichen Gremien der akademischen Selbstverwaltung, so in der Abteilung (Fakultät) Maschinenbau bzw. Energietechnik, im Kleinen und Großen Senat. Dabei war er 1967 und 1968 Mitglied der Grundordnungsversammlung, von 1969 bis 1974 Vorsitzender des Großen Senats, wo er sich hauptsächlich für die Belange des Mittelbaus und der Studenten einsetzte.

1977 wurde die Abt. HLK zunächst vom Institut für Thermische Strömungsmaschinen ins Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik umstrukturiert, 1978 dann dem Institut für Kernenergie und Energiesysteme zugeordnet. In diesem Großinstitut mit einer fast industriellen Infrastruktur wuchs die Abteilung HLK zu einem wissenschaftlichen Thinktank und war zeitweise

die größte Hochschuleinrichtung in unserem Fach in der BRD. Parallel dazu ging die Entwicklung der Prüfstelle unter der wissenschaftlichen Leitung von Heinz Bach. 1979 wurde mit der Gründung der Forschungsgesellschaft HLK mbH eine neue rechtliche Struktur geschaffen, im Nov. desselben Jahres konnte mit der Versuchshalle Pfaffenwaldring 6A ein eigenes Gebäude in Betrieb genommen werden, was den notorischen Mangel an Versuchsflächen deutlich entspannte.

Er hat sich seit jeher bemüht, die Branche für neue wissenschaftliche Erkenntnisse zu öffnen, dies führte u.a. zur Gründung der sog. „Richtungsdiskussion“ (Wissenschaftlicher Beirat des Industrieverbandes IHKS B.-W.). An weiteren außeruniversitären Gremien sind v.a. zu nennen: von 1989 bis 1995 Vorsitzender der VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung, viele Jahre Beiratsmitglied, Mitglied und Vorsitz zahlreicher Richtlinienausschüsse, Programmausschuss des Wiss. Beirats des VDI, Herausgeberbeirat des VDI, Ehrenkommission der VDI-Ges. TGA, stellvertr. Vorsitzender des DIN-NHRS-Lenkungsausschusses Heiztechnik, Mitglied und Vorsitzender zahlreicher Normenausschüsse, Leiter der deutschen Delegation bei CEN/TC 110 (Wärmetauscher) und CEN/TC 130 (Raumheizkörper), Forschungsbeirat der AGFW.

Seine ehrenamtliche Tätigkeit wurde mehrfach national und international ausgezeichnet: 1981 erhielt er die *VDI-Ehrenplakette*, 1993 die *Hermann-Rietschel-Ehrenmedaille* der VDI-TGA, 2000 das *Ehrenzeichen des VDI*, von der japanischen Ingenieurgesellschaft SHASE wurde

er mit der *International Honorary Membership* geehrt, eine ähnliche Ehrung erhielt er in Südkorea.

Seine wissenschaftlichen Schwerpunkte betrafen schon früh heute noch aktuelle Themen. In den frühen Siebzigern zeigte eine Studie den Zusammenhang von Energiebedarf und Abwärmefreisetzung auf: seine Empfehlungen waren rationelle Energieverwendung durch Einsatz von Speichertechniken, Wärmepumpen und Kraftwärmekopplung.

Zahlreiche Forschungsvorhaben aus der Heiz- und Raumluftechnik in den Jahrzehnten danach führten Ende der neunziger Jahre schließlich zu dem Themenkomplex „Berechnung und Bewertung des Energieaufwandes bei Heiz- und raumluftechnischen Anlagen“, der einerseits zu vielen Dissertationen aber auch zur konkreten Umset-

zung in der VDI 2067 führte und das Institut noch heute beschäftigt. Ein weiterer wissenschaftlicher Schwerpunkt von Heinz Bach war und ist der Themenbereich Arbeitsplatzlüftung, der ebenfalls zu einigen Dissertationen und einem international renommierten Raumluftströmungslabor führte.

Von seinen Mitarbeitern haben im Lauf der Jahre fast vierzig promoviert, zehn von ihnen sind inzwischen Professoren, die Mitberichte bei institutsexternen Doktoranden sind unzählige.

Die Position innerhalb der Universität fand ihren Höhepunkt schließlich 1996 in der Gründung des Stiftungslehrstuhls für Heiz- und Raumluftechnik, der durch organisatorische und finanzielle Unterstützung des Industrieverbands TGA Baden-Württemberg e.V. zustande kam und sicherstellte, dass

das Fach auf Dauer und durch ein eigenes Institut in der Universität installiert bleibt.

Heinz Bachs ehrenamtliches Engagement ist aber nicht nur auf das Fachliche beschränkt: in seiner Heimatstadt Leinfelden-Echterdingen saß er für zwei Wahlperioden für die Sozialdemokraten im Gemeinderat, wo er sich vor allem für Bau- und Sportangelegenheiten einsetzte (er war ja in jungen Jahren aktiver Kunstturner) und noch heute ist er in seinem Sportverein für Bauangelegenheiten zuständig.

Wir wünschen ihm, dass er seine aktuellen Aktivitäten noch viele Jahre gesund ausüben kann.

GC

(1) Verfassen ingenieurwissenschaftlicher Texte, IGE-Mitteilung Nr. 18, Stuttgart 2007



Gäste beim Festkolloquium in der Filderhalle



Rietschel-Diplom für Heinz Bach auf dem Festkolloquium: Manfred Hempel, Ehrenvors. des VdF HLK e.V., Josef Oswald und Günther Mertz, BTGA

# Messung und Bewertung der Schadstoffeffassung von Laborabzügen

Christian Stähler

## Laborabzüge

sind Schutzeinrichtungen für den Anwender. Das Funktionsprinzip beruht auf dem zeitweisen Einhausen der Anwendung und dem Absaugen von luftgetragenen Schadstoffen wie Dämpfen, Aerosolen und Stäuben aus dem Abzugsinnenraum. Hierdurch werden Schadstoffe zurückgehalten und am Eindringen in den Laborraum gehemmt oder gehindert. Aufkonzentrationen zu schädlichen oder explosiven Zusammensetzungen werden verhindert.

Spürgaskonzentrationen für die Bewertung des Rückhaltevermögens werden nach DIN EN 14175-3:2003 [1] ermittelt. Die ermittelten Spürgaskonzentrationen werden mit Anforderungen und Grenzwerten der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie (BG-Chemie) vom 29.07.2003 [2] bewertet. Um die Spürgaskonzentration zu messen wird mit einem Transformations-Infrarotspektrometer (FTIR-Gasanalysator) eine für diese Anwendung neue Messtechnik eingesetzt. Gegenüber der herkömmlichen dispersiven IR-Gasanalyse ist diese Messtechnik universell einsetzbar, hat aber andere Randbedingungen bezüglich Abtastrate, Auflösung und Einsatzbereich. Die ermittelten Konzentrationen beim Rückhaltevermögen werden mit den Methoden der BG-Chemie [2] bewertet und dabei auftretende Probleme aufgezeigt.

## Einleitung

Bei der Beurteilung von Laborabzügen werden Spürgaskonzentrationen nach EN 14175 [1] ermittelt. Die Norm geht von SF<sub>6</sub> als Spürgas aus und lässt wenig Auswege zu Alternativen. Werden zur Beurteilung der nach Norm [1] ermittelten Spürgaskonzentrationen die Regeln der BG-Chemie [2] herangezogen ist SF<sub>6</sub> als Spürgas zwingend notwendig. Die Spürgaskonzentrationen werden mit einem Fourier-Transformations-Infrarotspektrometer gemessen. Die sich ergebenden Einstellmöglichkeiten bezüglich Ansprechzeit der Gasanalyse und Abtastrate des Ausgangssignals werden detailliert analysiert und in Abgrenzung zu seither eingesetzter dispersiver IR-Gasanalyse diskutiert. Hierbei werden Lücken in den Bewertungsregeln aufgezeigt. Die Untersuchungen werden alle in der Raumluftrömungsmesskammer des Instituts für Gebäudeenergetik der Universität Stuttgart durchgeführt.

## Versuchsaufbau

Die zu untersuchenden Laborabzüge werden für die Untersuchung in der Raumluftrömungsmesskammer aufgebaut, siehe Bild 1. Der Aufbau ist entsprechend den Vorgaben der Norm [1]. Die Messkammer wird mit einer zusätzlichen Wand so abgetrennt, dass sie eine Grundfläche



**Bild 1:** Laborabzug in Raumluftrömungsmesskammer

von 4,2 m x 4,2 m hat, die Höhe beträgt 3,6 m. Der Laborabzug wird mittig an einer Wand positioniert. Auf der gegenüberliegenden Seite wird durch eine gelochte Fläche im Boden die Zuluft impulsarm in den Raum eingebracht (Austrittsgeschwindigkeit kleiner 0,15 m/s). Die Abluft des Raumes ist zweigeteilt. Zum einen wird der Abluftstrom des Abzuges durch die Decke abgeführt, zum anderen sind zwei Abluftdurchlässe in der Decke angeschlossen. Das so aufgebaute Schichtlüftungskonzept erfüllt alle Anforderungen der Norm, indem es Luftgeschwindigkeiten kleiner 0,1 m/s an den Prüfbereichsgrenzen gewährleistet. Die Raumluftrömungsmesskammer ist somit bestens für Untersuchungen an Laborabzügen geeignet.

Um das Rückhaltevermögen zu messen wird im Abzugsinneren das Spürgas SF<sub>6</sub> an 9 Punkten freigesetzt. In einer Messebene vor der Frontschieberöffnung wird an mehreren Punkten mittels Probennehmern Luft abgesaugt, um austretendes Spürgas zu erfassen, siehe Bild 1. Ergänzend zur Prüfung des reinen Rückhaltevermögens wird auch die Robustheit des Rückhaltevermögens bestimmt. Hierbei wird der Messaufbau um eine bewegte Platte ergänzt. Die Platte wird mit einer Geschwindigkeit von 1,0 m/s ± 0,1 m/s in einem definierten Abstand quer zur Abzugsvorderseite bewegt. Im betrachteten Zeitraum finden sechs Querungen statt.

### Gasanalyse

Die Norm [1] macht vier Vorgaben zur Gasanalyse. Im Einzelnen sind dies:

- 1) SF<sub>6</sub> als Spürgas
- 2) Nachweisgrenze des Gasanalysators von 0,01 ppm
- 3) max. 15 s als Zeitkonstante des Probenahmesystems einschließlich Gasanalysator
- 4) max. 2 s Abstand beim Aufzeichnen des Ausgangssignals des Gasanalysators.

Diese vier Vorgaben werden im Folgenden einzeln diskutiert und bewertet.

### SF<sub>6</sub> als Spürgas und Nachweisgrenze

Die Norm [1] schreibt SF<sub>6</sub> explizit als Spürgas vor. Alle weiteren Vorgaben bezüglich der Höhe freizusetzender Gasströme und Eigenschaften von Erfassungs- sowie Analyseeinrichtungen werden direkt auf SF<sub>6</sub> bezogen. Auch die

Datenauswertung und Ergebnisdarstellung führt im ersten Schritt zu absoluten SF<sub>6</sub> Konzentrationen. Somit ist es schwierig bei Messungen nach Norm andere Gase als SF<sub>6</sub> einzusetzen. An zwei Stellen eröffnet die Norm [1] jedoch die Möglichkeit auf ein anderes Spürgas zu wechseln. Im Allgemeinen lässt die Norm [1] andere Spürgase zu, wenn diese nachweislich zu gleichen Ergebnissen mit maximalen Abweichungen von ± 10 % führen. Außerdem wird in der Datenauswertung und Ergebnisdarstellung die Option eröffnet, einen dimensionslosen Rückhaltefaktor  $C_F$  als Quotient aus Spürgasstrom  $q$  und dem Produkt aus Abluftvolumenstrom  $Q$  und mittlerer Spürgaskonzentration  $\varphi$  zu errechnen -  $C_F = q / (Q \cdot \varphi)$ .

Normativ werden allerdings lediglich Kennwerte ermittelt. Konkrete Grenzwerte sind normativ nicht definiert. Diese Aufgabe ist nationalen Gremien überlassen. Im vorliegenden Fall ist der Arbeitskreis Laboratorien im Fachausschuss Chemie der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie das maßgebende Gremium. Dieser legt die Grenzwerte für gemittelte Spürgashöchstwerte beim Rückhaltevermögen in der äußeren Messebene und bei der Robustheit des Rückhaltevermögens fest. Die festgelegten Grenzwerte sind wieder absolute Konzentrationen von SF<sub>6</sub>. Somit ist es quasi ausgeschlossen ein anderes Spürgas als SF<sub>6</sub> einzusetzen.

Die geforderte Nachweisgrenze von 0,01 ppm ist für übliche am Markt verfügbare Infrarot Gasanalysatoren machbar. Diese geringe Nachweisgrenze ist auch notwen-

dig, um die Messungen auf so geringem Niveau zu halten, damit möglichst wenig SF<sub>6</sub> freigesetzt wird. SF<sub>6</sub> ist das stärkste bekannte Treibhausgas. Die Nachweisgrenze von 0,01 ppm liegt um den Faktor 2 000 über der natürlich vorkommenden Konzentration von 0,005 ppb. Somit ist eine Beeinflussung der Messung durch natürlich vorkommendes SF<sub>6</sub> ausgeschlossen.

Niedrige Nachweisgrenzen stellen bei der Gerätefindung weniger ein Problem dar. Schwieriger wird jedoch die Suche nach Analysatoren mit dieser niedrigen Nachweisgrenze und einer hohen Abtastrate, was ein kontinuierliches Messprinzip oder ein anspruchsvoll schnelles diskontinuierliches Messprinzip erfordert. Weitere Aspekte werden im folgenden Abschnitt betrachtet.

### Zeitkonstante und Abtastrate

Ausgehend von der Norm [1] gilt für das gesamte Prüfsystem eine Zeitkonstante von maximal 15 s. Die Zeitkonstante ist die Zeit, die das Prüfsystem benötigt um auf eine idealisierte Sprungfunktion mit einem Mess-/Anzeigewert von 63 % zu antworten. Gebräuchlich ist auch die Angabe als T63 Zeit. Im Detail setzt sich die Zeitkonstante des Prüfsystems aus der Totzeit der Probenerfassung sowie der Ansprechzeit des Gasanalysators zusammen. Verzögerungszeiten bei der Freisetzung des Spürgases können gerätebedingt vernachlässigt werden. Die theoretische Totzeit der Probenerfassung ergibt sich als einfache Spülzeit des Messaufbaus zu 6,7 s.

Diese Zeit wird messtechnisch belegt, indem an einem der 30 Probennehmer reines SF<sub>6</sub> zum Zeitpunkt 0 s freigesetzt wird. Der Gasanalysator erkennt nach ca. 6 s Spürgas.

Mit dem beschriebenen Vorgehen wird keine definierte Konzentration hergestellt, bei der dann auch messtechnisch die gesamte Messkette mit T63 Zeit des Analysators beurteilt werden kann. Dies ist nur schwer möglich, da im konkreten Fall an 30 Punkten in der äußeren Messebene Luft angesaugt wird. Für die Beurteilung der Ansprechzeit des Gasanalysators wird auf praktische Erfahrungen zurückgegriffen. Diese besagen, dass nach einer einmaligen Spülung der Messzelle die T63 Zeit erreicht ist. Voraussetzung hierfür ist die minimal einstellbare Messzeit von 1 s. Bei einem Messzellenvolumen von 0,5 l und dem Förderstrom der Pumpe von 15,9 l/min beträgt diese Zeit 1,9 s. In Summe ergibt sich somit eine Zeitkonstante des Prüfsystems von 8,6 s, wobei 6,7 s die Totzeit der Probenerfassung und 1,9 s die T63 Zeit des Gasanalysators sind. Die Forderung kleiner 15 s zu sein ist somit auch mit dem FTIR-Gasanalysator eingehalten.

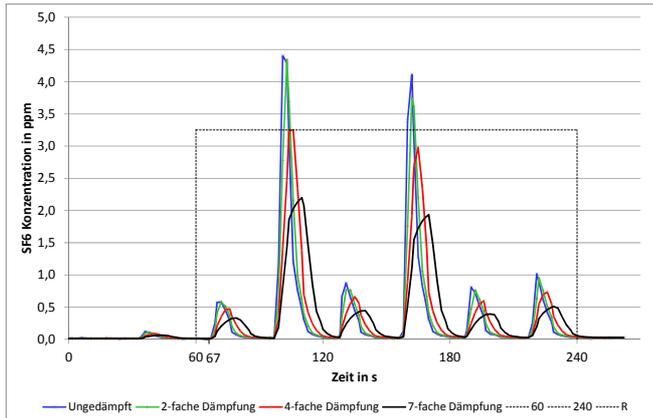
In den Forderungen der Norm [1] gibt es lediglich eine Aussage zur Zeitkonstante des Prüfsystems. Die Totzeiten beim Spülen der Probenerfassung sowie die Ansprechzeit des Gasanalysators können frei gegeneinander aufgewogen werden. Es gilt lediglich in Summe unter der Forderung von 15 s zu bleiben. Da die Datenauswertung und Ergebnisdarstellung der Norm [1] lediglich Mittelwerte über Betrachtungszeiträume grö-

ßer 60 s betrachten, ergibt sich hieraus kein Problem. Deutlich unschärfer ist hingegen der Bewertungsmaßstab der BG-Chemie [2]. Hierin wird eine Bewertung von Spitzenwerten gefordert. Zur Bestimmung der Spitzenwerte wird folgender Hinweis gegeben: „Für die Bestimmung der Spitzenwerte sind die Messbedingungen der EN 14175-3 maßgeblich, insbesondere die Zeitkonstante des Prüfsystems von max. 15 s. Werden schnellere Messmethoden eingesetzt, so ist dies bei der Beurteilung der Peakhöhe zu berücksichtigen.“. Auf der einen Seite wird ein zahlenmäßiger Grenzwert definiert. Auf der anderen Seite werden auf der Analyseseite keine festen Zeiten definiert, die eine deutliche Auswirkung auf den zu beurteilenden Spitzenwert haben. Wie genau schnellere Messmethoden bei der Beurteilung berücksichtigt werden sollen, bleibt offen. Der theoretische Bereich für die Ansprechzeit des Gasanalysators liegt zwischen 0 s...15 s. Je nachdem wie groß der Förderstrom der Messgaspumpe ist, die die Probenerfassung spült und welche geräteinternen Integrationszeiten zur Dämpfung am Analysator eingestellt sind. Beim vorhandenen FTIR sind die dämpfende Integrationszeit zur gleitenden Mittelwertbildung und die Abtastrate direkt gekoppelt. Da die Norm [1] eine Abtastrate von max. 2 s fordert ist hier wenig Spielraum gegeben. Das vorhandene FTIR ermittelt während 1 s intern 10 Messwerte, bildet den Mittelwert und benötigt im Schnitt noch weitere 0,8 s für die Auswertung des Spektrums bis dann nach durchschnittlich 1,8 s der nächste

Messwert generiert wird. Bei entsprechend länger eingestellten Abtastraten als 1 s werden nach wie vor intern 10 Messungen pro Sekunde vorgenommen und entsprechend über den Abtastzeitraum gemittelt. Eine Optimierung der Zeitkonstante des Gasanalysators in Richtung 8 s, damit die Zeitkonstante des Prüfsystems ausgereizt wird ist messtechnisch/elektronisch nicht möglich. Hier bleibt lediglich die Option der nachträglichen rechnerischen Mittelwertbildung. Die Auswirkungen unterschiedlicher Zeitkonstanten werden in Bild 2 und Tabelle 1 dargestellt.

In Bild 2 sind die gemessenen Konzentrationen bei der Prüfung der Robustheit des Rückhaltevermögens aufgetragen. In der betrachteten Messung wird zum Zeitpunkt 0 s Spürgas im Abzugsinneren freigesetzt. Zum Zeitpunkt 60 s wird eine Platte vor dem Abzug bewegt, was zu einer Störung der Absaugwirkung und einem Ausbrechen von Spürgas führt. Die Bewegung wird im Gesamten 6-mal durchgeführt mit einer Periodendauer von 30 s. Die blaue Linie zeigt den rechnerisch ungedämpften Fall. Hier kommen lediglich Dämpfungen im Messaufbau und des Gerätes zum Tragen. Bei ca. 100 s wird der maximale Spitzenwert gemessen.

Wird bei der nachträglichen Auswertung eine rechnerische Dämpfung durchgeführt, ergeben sich die Messwerte mit geringeren Spitzenwerten. Hierzu wird lediglich ein gleitender Mittelwert aus 2 (grün), 4 (rot) oder 7 (schwarz) Messwerten berechnet. Tabelle 1 gibt eine Zusammenfassung von zwei interessierenden Kenn-



**Bild 2:** Spürgaskonzentrationen bei verschiedenen Zeitkonstanten

	Mittlere Spürgaskonzentration im Intervall 60 s...240 s	Maximale Spürgaskonzentration im Intervall 60 s...240 s
	$\varphi_R$ in ppm	$\varphi_{R,max}$ in ppm
ungedämpft	0,42	4,4
2 fache Dämpfung	0,42	4,35
4 fache Dämpfung	0,42	3,25
7 fache Dämpfung	0,42	2,2

**Tabelle 1:** Mittlere und maximale Spürgaskonzentrationen bei verschiedenen Dämpfungen

werten. Zum einen die mittlere Spürgaskonzentration im betrachteten Intervall von 60 s...240 s und zum anderen die maximale Spürgaskonzentration im betrachteten Intervall.

Somit kann festgehalten werden, dass eine Dämpfung in untersuchter Größenordnung keine Auswirkung auf den Mittelwert der Spürgaskonzentration hat. Auf die maximale Spürgaskonzentration ist der Einfluss der Dämpfung hingegen massiv. So wird der Spitzenwert bei 4-facher Dämpfung um 25 % reduziert und bei 7-facher Dämpfung gar um 50 %. Die 4-fache Dämpfung entspricht hierbei der Ausreizung der Zeitkonstante im Messaufbau. Die 7-fache Dämpfung entspricht ca. der theoretisch maximalen Zeitkonstante des Aufbaus ohne Totzeit der Probenerfassung.

Für einen vergleichbareren einheitlichen Bewertungsmaßstab müssen die Zeitkonstanten der Einzelteile des Prüfsystems genauer angegeben werden. Die Totzeit der Probenerfassung spielt hierbei eine untergeordnete Rolle. Bestimmend ist die Zeitkonstante des Gasanalysators. Alternativ ist

zu überlegen, ob es vertretbar ist auf die Spitzenwertbetrachtung generell zu verzichten und lediglich die Mittelwerte zu betrachten. In der Norm [1] kommt eine Spitzenwertbetrachtung ohnehin nicht vor.

### Zusammenfassung Ausblick

In der Raumlufstromungsmesskammer des Instituts für Gebäudeenergetik der Universität Stuttgart werden Untersuchungen an Laborabzügen durchgeführt. Das Rückhaltevermögen wird nach EN 14175 bestimmt. Die seither eingesetzte dispersive Analysetechnik ist in den geforderten Spezifikationen nicht mehr weit verbreitet. Die Spürgaskonzentrationen werden somit mit einem mobilen Fourier-Transformations-Infrarotspektrometer (FTIR-Gasanalysator) ermittelt. Dies stellt gegenüber dem seither eingesetzten dispersiven Gasanalysator eine Messtechnik mit deutlich verschiedenem Messprinzip dar. Die Untersuchungen zeigen, dass sich das FTIR für diese Art von Messungen gut eignet. Somit ist eine Nachfolgetechnik gefunden. Ein Vorteil des neuen Typs von Gas-

analysator ist die wesentlich größere Flexibilität der bestimmbareren Gase und der somit breite Einsatzbereich.

Bei der nach BG-Chemie erforderlichen Messung und Bewertung der Spitzenwerte wird eine deutliche Lücke in der Definition der Ansprechzeiten bzw. Signaldämpfungen aufgezeigt. Dies führt zu unterschiedlichen gemessenen Maximalkonzentrationen von praktisch 25 % bis theoretisch 50 %.

Für die Zukunft gilt es die Spürgasspitzenwerte mit besser definierten Ansprechzeiten zu ermitteln, ohne den Einsatz der möglichen Analysemethoden einzuschränken, oder sofern vertretbar diese Betrachtung fallen zu lassen.

### Literatur

- [1] DIN EN 14175-3: 2004-03: Abzüge - Teil 3: Baumusterprüfverfahren
- [2] Arbeitskreis Laboratorien im Fachausschuss Chemie der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie: Spürgas-Höchstwerte (SF<sub>6</sub>) für Abzüge nach DIN EN 14175 vom 29.07.2003