

Tracergasgestützte Evaluierung einer Brandentrauchung

J. SCHNITZER

Forschung Burgenland, Pinkafeld, Österreich

M. SCHUH

Hübl Haustechnik GmbH, Graz, Österreich

ABSTRACT: In buildings a smoke removal system is needed in case of fire. Using this system the staircase can stay free from smoke by generating a pressure gradient from the safe areas to the areas of fire. For testing this systems there are only theoretical calculations and measurements of the air flow in all openings used. Using this method it is impossible to measure the air flow through closed doors like elevators. So it was necessary to find a method which measures the airflow indirectly. Aim of the project was to generate a measurement-method for evaluation of the air change using a tracer gas. Normally tracer gas is used for measuring low air change rates over a long period. In this experiment it was necessary to measure an air change for a high air change rate. After the measurement the results had been compared with the calculation of the air change and it was tested if the two change rates are nearly the same. The experiment has shown that the measured change rate is nearly similar to the calculated air change. The used tracer gas had to have a low Global warming potential. It should also be possible to use a gas which is easy to detect. For the use as tracer gas carbon dioxide was used. Also SF₆ is easy to detect but the global warming potential is very high. The method of the evaluation of the decrease of the CO₂-concentration was used for measurements. On this decrease function a theoretical equation was fitted. In the theoretical function the air change was changed until the measured function and the theoretical function fitted best. So it is possible to check if the experiment worked right and the air change is constant during the experiment.

1. EINLEITUNG

In Gebäuden ist für den Brandfall eine Lüftungsanlage vorzusehen, welche die Rauchfreihaltung bzw. die Sichtfreihaltung im Brandfall zur sicheren Evakuierung sowie zum Vordringen der Einsatzkräfte zum Brandherd sicherstellt. Die Rauchfreihaltung wird durch Erzeugung eines Druckgradienten in den geschützten Bereichen zu den Brandgeschoßen erreicht. Der Übergangsbereich zwischen geschützten (Überdruck) Bereich und ungeschützten Bereich ist eine Schleuse, in welcher aufgrund eines Mindestluftwechsels von 30 h⁻¹ eine Verdünnung der Rauchgase stattfinden soll.

Zur Bestimmung der entsprechenden Luftwechselraten dieser Druckbelüftungsanlagen wurde ein Verfahren basierend auf der Messung des Abklingverhaltens eines im Raum freigesetzten Tracergases angewandt. Weiters soll über eine Beobachtung der Abströmung die Effizienz des Abtransportes von Rauchgasen dargestellt und nachgewiesen werden. Tracergasmessungen basieren normalerweise auf der Messung über mehrere Stunden. In diesem Versuch wurde getestet ob diese Messung auch bei hohen Luftwechselzahlen anwendbar ist.

2. EINSETZBARE TRACERGASE

Beim Einsatz von Tracergasen ist die Zuordenbarkeit zu der Quelle zwingend erforderlich. Aus diesem Grund ist ein Tracergas so auszuwählen dass die Grundkonzentration in der Luft möglichst gering oder konstant ist. Weiters ist die leichte Detektierbarkeit eine notwendige Bedingung. Folgende Anforderungen sind daher an das Tracergas gestellt:

- Ungiftigkeit
- Unbedenklichkeit für die Umwelt
- Nicht reaktiv mit den Baustoffen
- Einfache Nachweisbarkeit

Als Tracergas verwendet man oft CO_2 und SF_6 . Diese Gase sind beide chemisch weitgehend stabil und in der Handhabung relativ ungefährlich. CO_2 ist jedoch in der Luft vorhanden und es bedarf einer Messung der Hintergrundkonzentration der Frischluft. SF_6 weist ein extrem hohes Treibhauspotential auf. Andere Gase hingegen bedürfen einer relativ aufwendigen Nachweismethode wie zum Beispiel Gaschromatographie (GC).

Die Tab. 1 zeigt eine Auswahl von Tracergasen, welche gemäß der EN12569 zulässig sind. Hier ist ersichtlich dass die meisten Tracergase enorm hohe Treibhauspotentiale aufweisen. Daher ist für eine Tracergasuntersuchung in Gebäuden ein Gas anzuwenden, welches ein möglichst geringes Treibhauspotential aufweist.

Tab. 1: Mögliche Tracergase [EN12569]

Gasart	Nachweisverfahren	Untere Nachweisgrenze in ppm	Zulässige Konzentration in ppm	Treibhauspotential (GWP)
Helium	GC	300	-	-
Kohlendioxid	Infrarotgasadsorption GC	1	5000	1
Schwefelhexafluorid	Infrarotgasadsorption GC	0,001	1000	23900
Perfluorkohlenstoff	GC	-	-	6500-9200
Ethylen	Infrarotgasadsorption GC	0,1	brennbar	-
Stickstoffmonoxid	Infrarotgasadsorption	0,1	25	310

3. MESSMETHODIK

3.1 VERMESSENES OBJEKT

Zum Test der Methodik fand eine Testmessung in einem Schleusenraum eines Gebäudes (Gebäude, 2016) statt. Die Abb. 1 zeigt die Schleuse mit dunkelgrauer Hinterlegung. Die Raumgrundfläche betrug $92,71 \text{ m}^2$ bei einer Raumhöhe von $2,5 \text{ m}$. Dies ergibt ein Bruttoraumvolumen von $231,77 \text{ m}^3$.

3.2 VERSUCHSANORDNUNG

Für den Versuch wurde die Schleuse geschlossen und das CO_2 mittels Gasdruckflasche in den Raum eingebracht. Um das Gas gleichmäßig zu verteilen wurde das ausströmende Gas während der Beladung des Raums permanent im Raum bewegt. Zur Verifikation der erreichten CO_2 Konzentration wurde der Volumenstrom des ausströmenden CO_2 gemessen und die erforderliche Zeit für die Beladung gemessen. Parallel dazu erfolgte eine Messung zur Bestimmung der Anfangskonzentration. Um die Konzentration von 350 ppm auf 1500 ppm zu steigern war aufgrund der Raumgröße und des Austrittsvolumenstromes eine Zeit von ca. 10 Minuten erforderlich um die Anfangskonzentration zu erreichen.

Nach der Injektion der CO_2 wurde die Druckbelüftungsanlage in Betrieb genommen und mit maximaler Leistung betrieben. Der Betrieb wurde so lange aufrechterhalten bis der Verlauf der CO_2 -Konzentration konstant blieb.

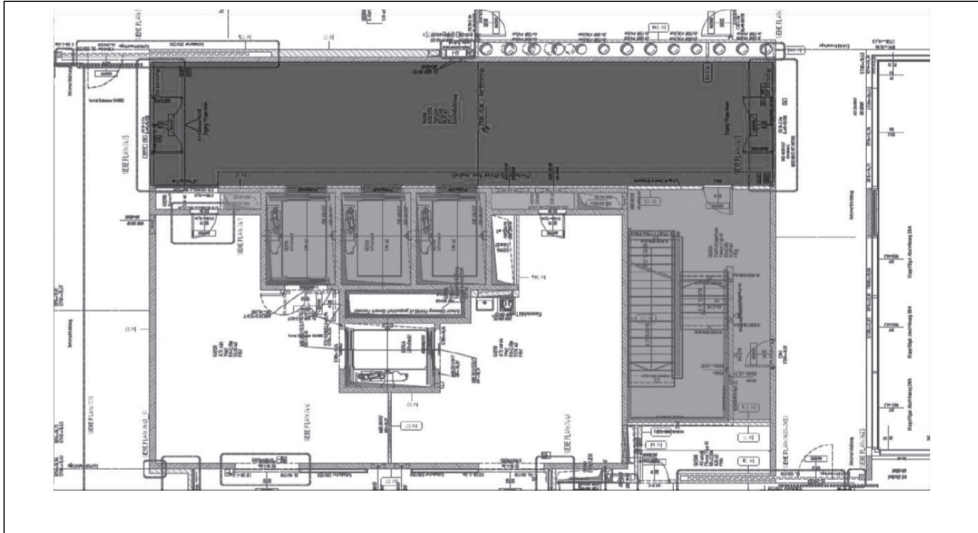


Abb. 1: Lage des Schleusenraumes (Schuh 2015)

4. AUSWERTEVERFAHREN

Der Verlauf der CO_2 -Konzentration wurde in einem Graphen aufgezeichnet. Die Darstellung des Verlaufes zeigt Abb. 2.

Der Knick im Verlauf der Konzentration beruht auf die Aufschaltung der Ventilatorstufen beim Anfahren der Brandentrauchungsanlage. Daher sind hier 2 unterschiedliche Luftwechselzahlen bestimmbar.

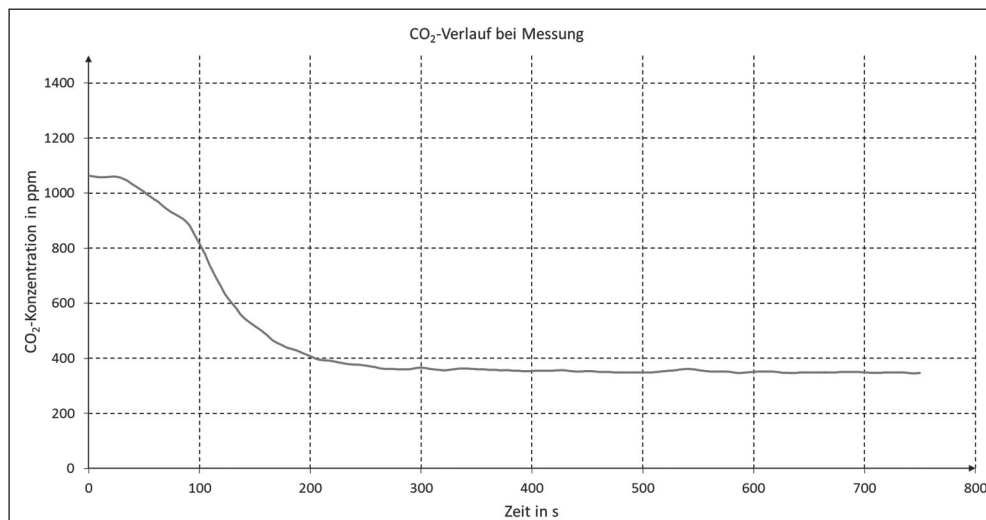


Abb. 2: CO_2 -Konzentrationsverlauf bei Abklingen.

4.1 THEORETISCHE BERECHNUNG

Um aufgrund des Konzentrationsverlaufes auf die Luftwechselrate schließen zu können ist es erforderlich zu überprüfen ob der Verlauf der Konzentration auch dem theoretischen Abklingverlauf folgt. Dadurch kann sichergestellt werden, dass die Luftwechselrate während des Versuchs konstant war, und dass die Berechnung der Luftwechselrate erfolgen kann. Die CO_2 -Konzentration muss der Bilanzgleichung (1) folgen.

$$\dot{V} \cdot c_a + \dot{V}_{\text{CO}_2} = \dot{V} \cdot c_{(t)} + V \cdot \frac{dc_{(t)}}{dt} \quad (1)$$

- $\dot{V}$ Luftvolumenstrom
 V Raumvolumen
 c_a CO_2 -Konzentration der Umgebungsluft
 $\dot{V}_{\text{CO}_2}$ Volumenstrom des injizierten CO_2
 $c_{(t)}$ CO_2 -Konzentration zu einem beliebigen Zeitpunkt t

Während der Messung des Konzentrationsabfalls wird kein CO_2 in den Raum eingebracht wodurch die der Volumenstrom des injizierten CO_2 $\dot{V}_{\text{CO}_2} = 0$ ist.

Unter der Anfangsbedingung $c_{(t=0)} = c_0$ ergibt die Lösung der Differentialgleichung (1) die Gleichung (2)

$$c_{(t)} = c_a + (c_0 - c_a) \cdot e^{-nt} \quad (2)$$

- n Luftwechselrate $\frac{\dot{V}}{V}$
 c_0 CO_2 -Konzentration am Beginn des Versuchs
 t Zeit ab Beginn der Belüftung

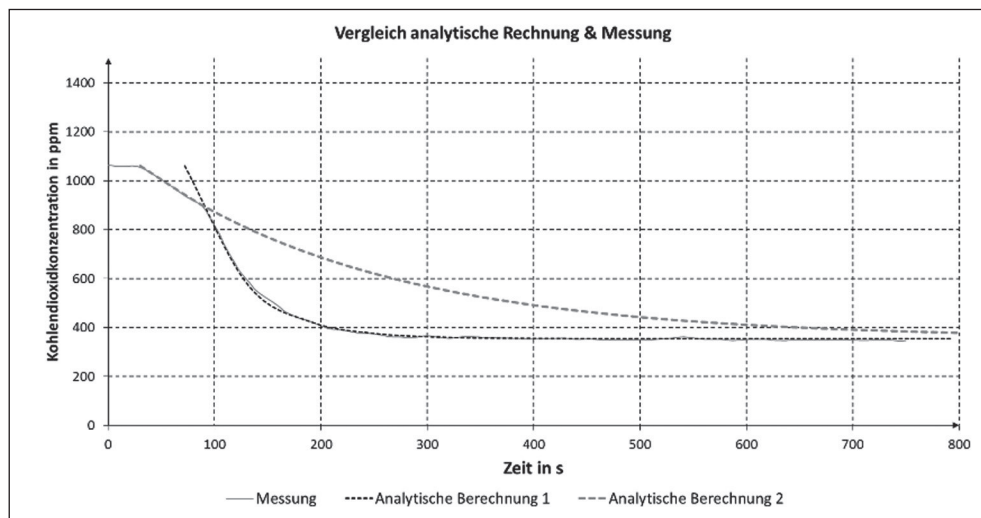


Abb. 3: Annäherung der Messung durch analytische Berechnung

Durch Variation des Parameters n wird der theoretische Verlauf an den gemessenen Verlauf möglichst angenähert. Die Abb. 3 zeigt die Annäherung. Diese wurde für 2 Bereiche durchgeführt da es während des Versuchs zu einer Veränderung der Luftwechselrate kam. Es konnten daher 2 Luftwechselraten ermittelt

werden. Die ermittelten Funktionsparameter sind in der Tab. 2 dargestellt. Der Zeitoffset dient der Bestimmung des Zeitpunktes des Starts der Anlage da die Messung vor dem Start der Anlage gestartet wurde.

Tab. 2: Ermittelte Parameter zur analytischen Berechnung

Außenluftkonzentration	Anfangskonzentration	Luftwechsel	Zeitoffset
355 ppm	1060 ppm	71 h ⁻¹	72 s
355 ppm	1060 ppm	16 h ⁻¹	30 s

Der Luftwechsel aufgrund der Leckageberechnung bei Ventilatorstufe 1 ergibt 17,3 h⁻¹. [Schuh 2015] Der gesamte Luftwechsel durch die Anlage gemäß den Abnahmemessungen, welcher durch direkte Bestimmung des Luftvolumenstromes bestimmt wurde, beträgt 72,1 h⁻¹. Dies stimmt mit der messtechnischen Bestimmung des Luftwechsels von 71 h⁻¹ sehr gut überein.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Durch Messung des Abklingverhaltens eines Tracergases im Raum kann eine Bestimmung des Luftwechsels indirekt ohne die genaue Kenntnis von Leckvolumenströmen durch Aufzugsschächte etc. durchgeführt werden. Üblicherweise wird dieses Verfahren zur Luftwechselbestimmung von geringen Luftwechselzahlen eingesetzt. Dabei findet eine geringe Änderung der Konzentration über die Zeit statt. Im Rahmen des Versuchs wurde eine derartige Methode für hohe Luftwechselzahlen ($n > 30$) angewendet und mit einer direkten Messung der Volumenströme in einem Versuchsobjekt verglichen. Die Vergleiche zeigten, dass eine sehr gute Übereinstimmung mit der direkten Messung vorliegt. Weiters wurde mit einer theoretischen Berechnung des Abklingverhaltens ein Vergleich durchgeführt um zu überprüfen ob der gemessene Verlauf auch die Theorie wiedergibt.

LITERATUR

- EN12569 EN ISO 12569, Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden und Werkstoffen – Bestimmung des spezifischen Volumenstroms in Gebäuden – Indikatorgasverfahren; 2012
- Gebäude (2016) PFLEGEWOHNHAUS DONAUSTADT mit sozialmedizinischer Betreuung Zentrum für Langzeitbeatmung und Apalliker Care Unit SMZ – Ost, Langobardenstraße 122, 1220 Wien
- VO(EG) Nr. 842/2006 VERORDNUNG (EG) Nr. 842/2006 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES über bestimmte fluorierte Treibhausgase vom 17. Mai 2006
- Schuh, Marco (2015) Druckbelüftung von Treppenhäusern Berechnung, Simulation und Verifizierung der Druckbelüftungsanlage des Geriatriezentrums Wien Donaustadt; Diplomarbeit, FH-Burgenland, Masterstudiengang Gebäudetechnik, 2015

Kontakt Daten Autor:
Johannes Schnitzer
Forschung Burgenland GmbH
Steinamangerstraße 21
7423 Pinkafeld
E-Mail: johannes.schnitzer@forschung-burgenland.at