

SABINE SICKINGER | STEFAN SELLMEIER | OLIVER MEISENBERG | SEBASTIAN SCHÖTTNER

Kohlenstoffmonoxid-Vergiftung durch Belüftungsgeräte?

Untersucht wurde der Einsatz von mobilen Lüftern mit Verbrennungsmotor

Bei Brandeinsätzen ist die Druckbelüftung heutzutage eine Standardmaßnahme. Durch den Einsatz mobiler Lüfter kann die Verhinderung der Rauchausbreitung oder die rasche Schaffung guter Sicht- und Fluchtbedingungen durch Rauch- und Wärmeabzug erreicht werden. Der Einsatz von mit Verbrennungsmotoren betriebenen Lüftern kann jedoch zu einer erhöhten Kohlenstoffmonoxidkonzentration und somit zur Gefährdung der Einsatzkräfte führen. Der Beitrag beschreibt den Versuchsaufbau und die Ergebnisse der Untersuchung.

Drucklüfter werden mit Elektro- oder Verbrennungsmotor sowie mit Wasserantrieb angeboten. Insbesondere die Lüfter mit Verbrennungsmotor erfreuen sich bei den Feuerwehren großer Beliebtheit, da sie schnell und unabhängig vom Vorhandensein von Elektrizität eingesetzt werden können und kein wertvolles Löschwasser bzw. Pumpenkapazitäten binden. Neben der bekannten Einschränkung beim Einsatz in explosionsgefährdeter Atmosphäre bringt der Einsatz dieser Lüfter jedoch auch Gefahren mit sich, die durch die emittierten Abgase entstehen können. Diese sind umso größer, als die Lüftermotoren typischerweise nicht über eine katalytische Abgasnachbehandlung verfügen und so große Mengen an Schadstoffen freigesetzt werden. Es wird daher in der Fachliteratur [1] stets geraten, diese nur mit einer ausreichend langen und sinnvoll positionierten Abgasführung zu betreiben. Mit der Verwendung des Abgasschlauchs wird verhindert, dass die Abgase des Verbrennungsmotors, insbesondere Kohlenstoffmonoxid, in die zu belüftende Zone eingebracht werden. In der Realität wird jedoch nach eigener Beobachtung meist auf die Verwendung solch einer Abgasführung verzichtet, teils weil die Gefahren

unterschätzt werden, oft jedoch auch, weil die vorhandenen Lüfter gar keine Möglichkeit zur Befestigung eines Abgasschlau- ches bieten.

Insbesondere wenn der Gefahrenbereich nach dem Löschen des Brandes von Personen ohne umluftunabhängigen Atemschutz betreten wird, besteht die Gefahr einer Kohlenstoffmonoxidvergiftung, die von Einsatzkräften unterschätzt werden kann. Die Verwendung von umluftabhängigem Atemschutz mit Filtern der Stufe »CO« wäre für die hier untersuchte Problematik prinzipiell denkbar, ist jedoch aufgrund der Gefahr, dass sich weitere Schadstoffe in der Umgebungsluft befinden, nicht empfehlenswert.

Bei Kohlenstoffmonoxid (Summenformel CO) handelt es sich um ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas, welches durch die Bildung von Carboxyhämoglobin den Sauerstofftransport im Blutkreislauf verhindert und so zu schweren Vergiftungen bis hin zum Tod führen kann. Zum Schutz am Arbeitsplatz existiert der Arbeitsplatzgrenzwert (AGW), veröffentlicht in [2]. Für Kohlenstoffmonoxid liegt der Arbeitsplatzgrenzwert bei 30 parts per million (ppm), der Überschreitungsfaktor beträgt 1. Das bedeutet, dass am Arbeits-

platz nicht nur die mittlere Konzentration während einer Schicht, sondern die Konzentration auch im 15-Minuten-Mittel den Wert 30 ppm nicht überschreiten darf.

Darüber hinaus existieren für Notfälle die Acute Exposure Guideline Levels (AEG), so genannte Störfallbeurteilungswerte. Diese Werte geben für unterschiedliche Expositionszeiträume je nach maximaler Stoffkonzentration verschiedene Effektschweregrade an [3]. Die Werte sind in der Tabelle auf dieser Seite angeführt.

Dabei beschreibt der Wert AEG1 die Konzentration, ab der ein Unwohlsein erwartet wird, AEG2 die, ab der eine länger dauernde schädliche Wirkung eintritt, und AEG3 die, ab der eine Exposition tödlich sein kann. Werte der Kategorie AEG1 sind für Kohlenstoffmonoxid nicht definiert.

Die vfdB-Richtlinie 10/01 zur Bewertung von Schadstoffkonzentrationen im Feuerwehreinsatz leitet aus dem AEG2 den Einsatztoleranzwert (ETW) ab. In [4] heißt es »Da die AEG2-Werte für vier Stunden den ETW definitionsgemäß entsprechen, werden die ETW durch die AEG2-Werte ersetzt, sobald sie verfügbar sind.« Somit beträgt der ETW für Kohlenstoffmonoxid 33 ppm.

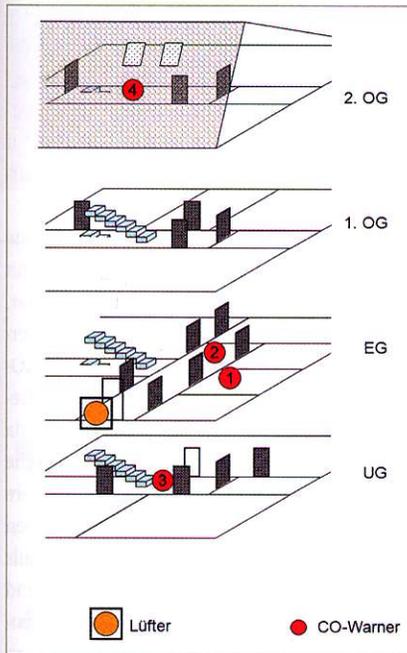
Um die konkrete Gefahr einer Kohlenstoffmonoxidvergiftung im Einsatz besser abschätzen zu können, wurde ein realitätsnaher Versuchsaufbau konzipiert. Die simulierte Einsatzstelle wurde mit handelsüblichen Drucklüftern mit Verbrennungsmotoren belüftet und die CO-Konzentration an mehreren Orten kontinuierlich überwacht.

Versuchsaufbau

Die Messungen fanden bei leichter Bewölkung, klaren Sichtverhältnissen, Trockenheit sowie Windgeschwindigkeiten von bis zu 4 m/s statt. Für den Versuch wurde das Gerätehaus des ABC-Zugs München-Land in Haar bei München gewählt, welches auf-

Acute Exposure Guideline Levels (AEG) für Kohlenstoffmonoxid

	10 Minuten	30 Minuten	60 Minuten	4 Stunden	8 Stunden
AEG2	420 ppm	150 ppm	83 ppm	33 ppm	27 ppm
AEG3	1 700 ppm	600 ppm	330 ppm	150 ppm	130 ppm



Perspektivische Ansicht des Gebäudes, in dem die Versuche durchgeführt wurden.

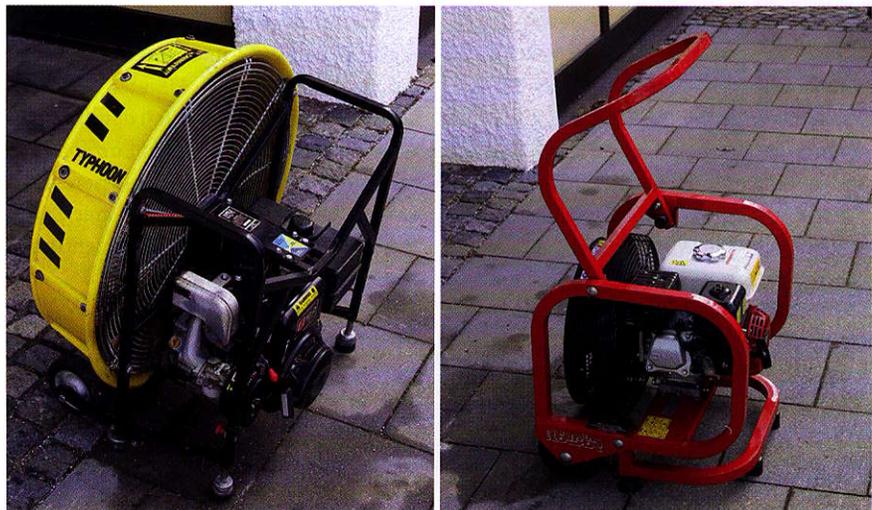
grund seines Aufbaus Einsatzsituationen in Wohnhäusern realistisch widerspiegelt. Das Haus verfügt, wie im Bild oben auf dieser Seite dargestellt, neben Erd- und Untergeschoss über zwei Obergeschosse. Türen, die beim Versuch geschlossen waren, sind farbig markiert. Der Drucklüfter wurde im Versuchsaufbau im Erdgeschoss außerhalb des Hauses zirka drei Meter vor der geöffneten Eingangstür platziert. Während der Belüftung und der anschließenden Abklingphase mit ausgeschaltetem Lüfter waren sowohl die Eingangstür als auch die Dachluken im zweiten Obergeschoss geöffnet. Das Verhältnis der Querschnittsflächen von Zustrom- zu Abstromöffnung betrug hierbei zirka 1:1,5.

Im Haus wurde an insgesamt vier Stellen die CO-Konzentration von Einsatzkräften unter umluftunabhängigem Atemschutz mithilfe von tragbaren Gas-Messgeräten »Gas Badge Plus« des Herstellers Industrial Scientific kontinuierlich überwacht. Die erste Messstelle befand sich hinter einer geschlossenen Tür in einem Nebenraum des Eingangsbereichs (entsprechend einer Wohnung mit geschlossener Wohnungstür). Die zweite Messung wurde im Eingangsbereich im Hauptluftstrom in der Nähe der Zuluftöffnung in einer Entfernung von zirka sechs Metern von der Tür entfernt durchgeführt.

Die dritte Messstelle befand sich im Untergeschoss am Ende der Treppe außerhalb des Hauptluftstroms. Die Verbindungstür zum angrenzenden Raum war während des Versuchs offen. Allerdings waren alle weiteren Türen sowie alle Fenster dieses angrenzenden Raums geschlossen, sodass sich im Untergeschoss keine Abluftöffnung befand. Die vierte Messung wurde im Dachgeschoss am Ende der nach oben laufenden Treppe im Hauptluftstrom in der Nähe der Abluftöffnung durchgeführt. Alle CO-Messgeräte wurden vor dem Versuch mithilfe eines Prüfgases (Kohlenstoffmonoxid, 300 ppm) auf ihre Funktionalität hin untersucht, die Abweichungen dabei betragen weniger als zehn Prozent.

Für die Druckbelüftung wurden zwei handelsübliche Drucklüfter mit Viertakt-Ottomotor der Hersteller Hale, Typ »Typhoon 27T10« mit einer Motorleistung von 10 PS und einem Luftstrom von 27 000 m³/h (Lüfter 1) und Leader, Typ »MT236« mit einer Motorleistung von 6,5 PS und einem Luftstrom von 12 000 m³/h (jeweils Nettoluftstrom ohne Injektorstrom, Lüfter 2) verwendet, die so zur Druckbelüftung von Feuerwehren im Brandfall eingesetzt werden und dafür zugelassen sind. Beide besitzen keine Möglichkeit, eine Abgasführung anzubringen.

Die Belüftung erfolgte kontinuierlich über einen Zeitraum von zirka acht Minuten, bis an allen vier Messstellen ein konstanter Messwert erreicht wurde. Zu diesem Zeitpunkt wurde der Lüfter ausgeschaltet, die Messungen wurden fortgesetzt.



links: Lüfter 1 aus der Versuchsanordnung wird zur Überdruckbelüftung eingesetzt.

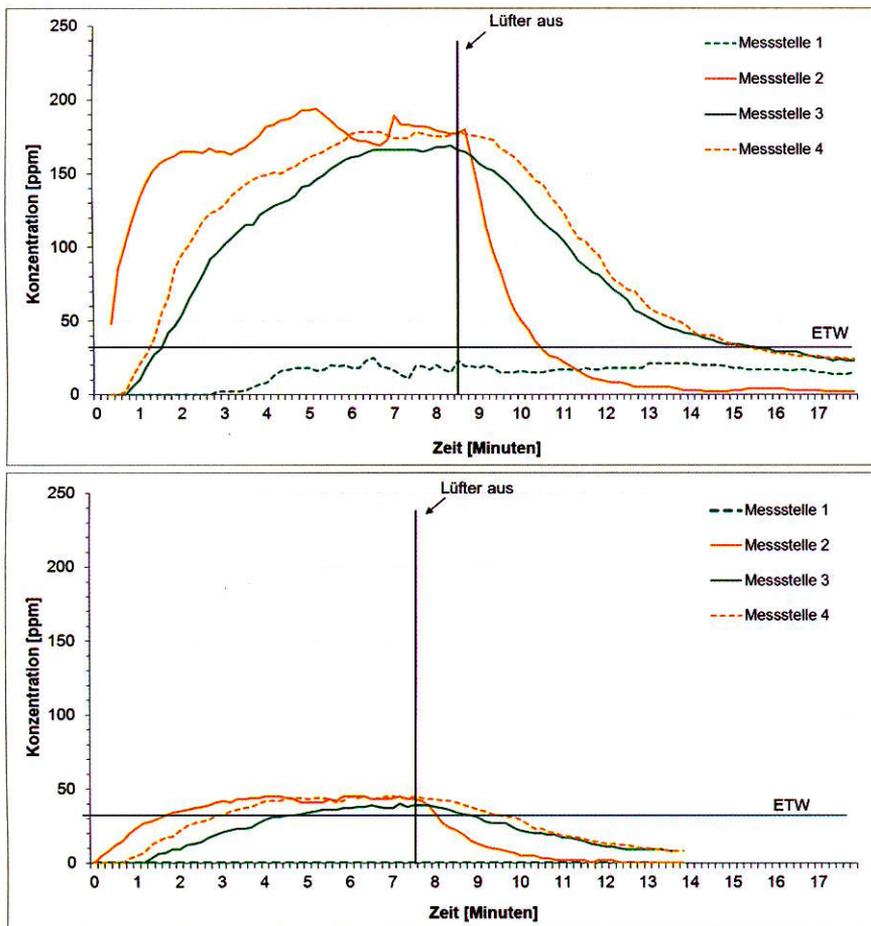
rechts: Lüfter 2 aus der Versuchsanordnung funktioniert nach dem Injektorprinzip.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Messungen sind in den Grafiken auf der nächsten Seite dargestellt.

Bei Verwendung des Lüfters des Herstellers Hale (Lüfter 1) stieg die CO-Konzentration im Eingangsbereich (Messstelle 2) innerhalb weniger Sekunden auf ein Vielfaches des ETW an. Im Versuch wurden sogar Spitzenwerte einer Konzentration in Höhe von 194 ppm Kohlenstoffmonoxid gemessen. Im Dachgeschoss (Messstelle 4) sowie im Untergeschoss (Messstelle 3) wurden ebenfalls Konzentrationen von zirka 170 ppm Kohlenstoffmonoxid erreicht. Einzig bei Messstelle 2, hinter einer verschlossenen Tür, wurde während der gesamten Messzeit der zulässige ETW nicht überschritten. Es zeigte sich auch, dass der Verlauf und das Maximum der CO-Konzentration im Keller, außerhalb des Hauptluftstroms, beinahe identisch mit den Werten im Luftstrom sind. Dies beweist, dass sich das Kohlenstoffmonoxid bei einer Überdruckbelüftung nach kürzester Zeit im gesamten Gebäude, auch in Bereichen außerhalb des Hauptluftstroms, verteilt.

Nach zirka 8,5 Minuten wurde der Lüfter ausgeschaltet. Unmittelbar im Anschluss begann die Konzentration an den Messstellen 2, 3 und 4 zu sinken, besonders deutlich war dieser Effekt an Messstelle 2 im Eingangsbereich zu beobachten. Diese Messstelle wurde aufgrund ihrer Lage besonders gut mit unbelasteter Umgebungsluft versorgt, wodurch das schnelle Absinken der CO-Konzentration erklärt werden



oben: Messergebnisse der CO-Konzentration bei Belüftung mit Lüfter 1: Der Einsatztoleranzwert (ETW) wird um ein Vielfaches überschritten.

unten: Die Messwerte befinden sich bei Lüfter 2 auf einem niedrigeren Niveau, trotzdem überschreiten sie den ETW bereits nach weniger als zwei Minuten nach der Inbetriebnahme.

kann. An den anderen Messstellen 3 und 4 dauerte es weitere sieben Minuten, bis die CO-Konzentration unter den Einsatztoleranzwert von 33 ppm gesunken war.

Die CO-Konzentration an Messstelle 1 nahm nach dem Ausschalten des Lüfters nur unmerklich ab, was auf die fehlende Luftzirkulation (bedingt durch geschlossene Tür und Fenster) zurückzuführen ist.

Der AEGL2, ab dem eine länger dauernde schädliche Wirkung eintreten kann, wird nach den im ersten Versuch gemessenen Konzentrationen bereits nach 30 Minuten überschritten. Für den AEGL3, ab dem eine Exposition tödlich sein kann, tritt die Überschreitung nach vier Stunden ein.

Ein ähnliches Bild ergab sich bei der Belüftung mit dem Lüfter 2, allerdings bewegten sich die Messwerte hier bedingt durch die stärkere Verdünnung aufgrund des Injektorprinzips auf einem niedrigeren

Niveau. Im Eingangsbereich bei Messstelle 2 wurde der ETW bereits innerhalb von zwei Minuten überschritten, Spitzenwerte von knapp 50 ppm wurden im Versuch gemessen. Im Dach- und im Untergeschoss wurden nach einigen Minuten ebenfalls Werte ermittelt, die zum Teil deutlich über dem zulässigen ETW liegen. Einzig an der Messstelle 1 hinter der verschlossenen Tür konnte im gesamten Versuch mit Lüfter 2 keine Erhöhung der CO-Konzentration festgestellt werden.

Fazit

Die Verwendung von Drucklüftern stellt eine effektive und effiziente Möglichkeit dar, Einsatzorte mit starker Rauchentwicklung möglichst schnell vom Brandrauch zu befreien und klare Sichtverhältnisse zu schaffen. Allerdings ist beim Einsatz von Lüftern mit Verbrennungsmotor zum

einen die korrekte Verwendung von Abgasschläuchen oder zum anderen die ausschließliche Verwendung von geeignetem Atemschutz unbedingt angezeigt. Ansonsten besteht bereits nach kurzer Zeit die Gefahr einer schweren Kohlenstoffmonoxidvergiftung.

Bevor Einsatzorte, bei denen eine Druckbelüftung durch einem Lüfter mit Verbrennungsmotor stattgefunden hat, wieder ohne Atemschutz betreten werden können, ist die Überprüfung der CO-Konzentration in der Luft mit geeigneten Gas-Messgeräten durchzuführen, da selbst nach Beendigung der Belüftung eine schädliche CO-Konzentration über längere Zeit bestehen kann. Bei all ihren Vorteilen eignen sich diese Lüfter also keinesfalls zur Verdrängung von Brandgerüchen und raschen Wiederherstellung einer neutralen Atemluft während der Arbeiten an der abgelöschten Brandstelle. Für diesen Zweck muss zwingend auf Lüfter mit Elektro- oder Wasserantrieb zurückgegriffen werden.

Literatur/Quellen

- [1] Schmidt, G.,Schlusche, E.: Die Roten Hefte/Ausbildung kompakt 203: Überdruckbelüftung, Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, 2005.
- [2] Bundesarbeitsblatt: Technische Regeln für Gefahrstoffe 900. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 1/2006.
- [3] Committee on Acute Exposure Guideline Levels; Committee on Toxicology; National Research Council: Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals, 8/2010.
- [4] Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e. V. (Hrsg.): vfdB-Richtlinie 10/01 Bewertung von Schadstoffkonzentrationen im Feuerwehreinsatz, VdS Schadenverhütung Verlag, Köln, 2004. III

AUTOREN

- Dr. SABINE SICKINGER
Ressort Öffentlichkeitsarbeit
- Dipl.-Chem. STEFAN SELMEIER
stellvertretender Leiter ABC-Zug, Leiter der Ausbildung
- Dipl.-Phys. OLIVER MEISENBERG
Gruppenführer, Ressort Öffentlichkeitsarbeit
- SEBASTIAN SCHÖTTNER
Leiter ABC-Zug
- ABC-Zug München-Land

Bilder: Verfasser