



SACHSEN-ANHALT



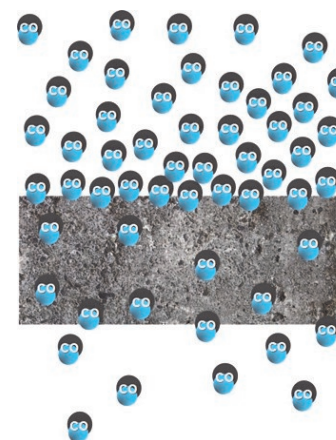
Institut für Brand- und  
Katastrophenschutz  
Heyrothsberge

**Heyrothsberger  
Manuskript**

Biederitzer Straße 5  
39175 Biederitz  
Tel. (039292) 61 - 01  
Fax (039292) 61 - 306

poststelle.ibk  
@sachsen-anhalt.de  
www.sachsen-anhalt.de  
www.ibk-heyrothsberge.de

## Permeation von CO durch Baustoffe



Ein Projekt im Rahmen der  
Brandschutzforschung der Bundesländer

Ständige Konferenz der Innenminister und  
-senatoren der Länder, Arbeitskreis V,  
Ausschuss für Feuerwehrangelegenheiten,  
Katastrophenschutz und zivile Verteidigung

### Verantwortlich:

Institut für Brand- und Katastrophenschutz Heyrothsberge  
Biederitzer Str. 5  
39175 Biederitz/OT Heyrothsberge

E-Mail: [poststelle.ibk@sachsen-anhalt.de](mailto:poststelle.ibk@sachsen-anhalt.de)

Telefon: (+49) 039292 6101

[www.ibk-heyrothsberge.sachsen-anhalt.de](http://www.ibk-heyrothsberge.sachsen-anhalt.de)

Mai 2019

### Bildnachweis:

IBK Heyrothsberge

## Literatur

---

- [1] Wiegleb, G.: Gasmesstechnik in Theorie und Praxis. Wiesbaden: Springer Vieweg Verlag, 2016
- [2] B. Hampson, T.G. Coutney, J.R. Holm: Diffusion of Carbon Monoxide Through Gypsum Wallboard. JAMA. Vol. 310, 7, 2013
- [3] Pyrek, Richard: Kohlenstoffmonoxid (CO) – die unsichtbare Gefahr! Wien: Brandschutz-Forum Austria, 2015
- [4] Gunnarsen, L., Nielsen, P., Wolkoff, P.: Design and Characterization of the CLIMPAQ, Chamber for Laboratory Investigations of Materials, Pollution and Air Quality. Indoor Air. 4, S. 56-62, 1994
- [5] Blondeau, P. et al.: Assessment of Contaminant Diffusivities in Building Materials from Porosimetry Tests. Indoor Air. 13, S. 302-310, 2003
- [6] Meininghaus, R., Gunnarsen, L., Knudsen, H.: Diffusion and Sorption of Volatile Organic Compounds in Building Materials- Impact on Indoor Air Quality. Environmental Science & Technology. 34, 15, 2000
- [7] <https://www.zeit.de/hamburg/stadtleben/2014-12/hamburg-harburg-gasunfall>. ZEIT, 16.11.2018
- [8] Keshishian, C. et al.: Carbon Monoxide from Neighbouring Restaurants: the Need for an Integrated Multi-agency Response. Journal of Public Health. 34, 4, S. 477–482, 2012

## Empfehlungen

---

Da das toxische CO durch alle Baustoffe permeieren konnte, werden die folgenden Empfehlungen getroffen:

- Einsatzkräfte mit CO-Warnern auszurüsten, wenn nicht unter umluftunabhängigem Atemschutz vorgegangen wird
- konsequente Kontrolle der Gebäudestruktur nach Ampel-Verfahren bei Einsatzlage mit CO-Kontamination
- einheitliche Regularien zum Belüften von Shisha-Bars, Kontrollmechanismen dafür festlegen
- Aufklärung der Bevölkerung hinsichtlich CO-Problematik
- Diskussion über Einführung Installationspflicht für CO-Warngeräte

Einsatztaktische Informationen sind außerdem auf dem Einsatzhinweisblatt „Einsätze im Zusammenhang mit Kohlenmonoxid“, herausgegeben vom IBK Heyrothsberge, zu finden.

## Projektdaten

---

### **Bearbeiter:**

Dipl. Chem. Ursula Seliger

Dr. rer. nat. Sandra Wegner

Dr. rer. nat. Jan Voigt

### **Projektlaufzeit:**

Januar 2017 bis Dezember 2018

### **Forschungsberichtnummer:**

IMK 195

### **Texte und Grafiken – Nutzungsrechte:**

Das Copyright für Texte und Grafiken liegt bei den Autoren, sofern dies nicht separat gekennzeichnet ist. Eine anderweitige Veröffentlichung ist nur mit Erlaubnis der Autoren möglich.

Der ausführliche Bericht ist auf den Internetseiten des IBK Heyrothsberge zu finden.



Heyrothsberge, Mai 2019

# Einleitung

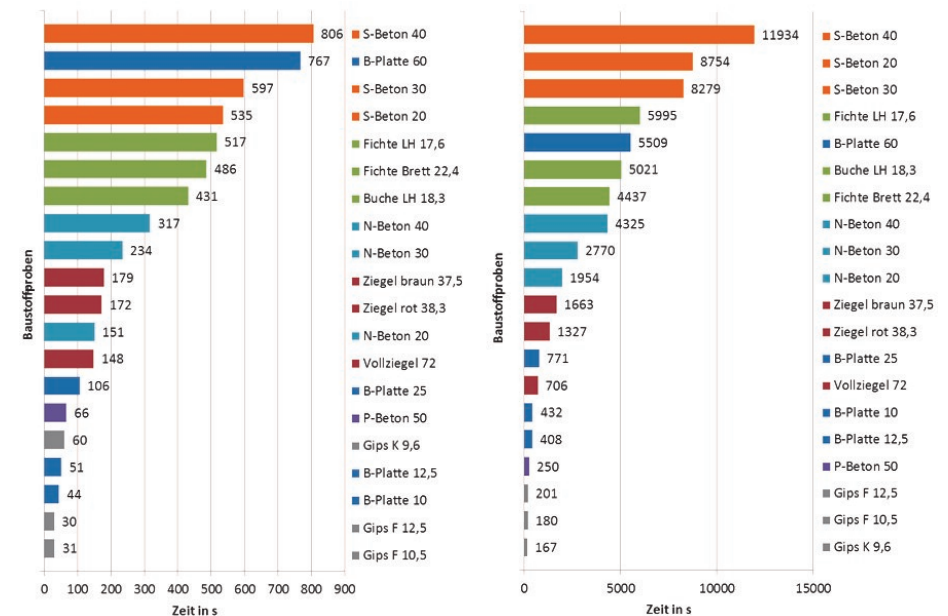
Immer wieder, vor allem verstärkt in letzter Zeit, kommt es zu Verletzten und Toten durch die Vergiftung mit CO. Dabei ist auffällig, dass sich viele dieser Personen zur Zeit der Vergiftung nicht mal im Raum der CO-Quelle aufgehalten haben. Ein deutliches Beispiel ist ein Vorfall aus dem Jahr 2014 in Hamburg, bei dem drei Menschen durch die Intoxikation mit CO starben und zehn weitere verletzt wurden. Hierbei trat aus einer defekten Heizungsanlage im Keller eines Wohngebäudes das tödliche Gas CO aus und verteilte sich in der gesamten Gebäudestruktur. Als mögliche Ausbreitungswege für Gase in einem Gebäude standen meistens reguläre Öffnungen sowie schadhafte Stellen wie Risse und Löcher in der Bausubstanz im Fokus. Aber der beschriebene und andere Vorfälle regten zum Nachdenken über eine Ausbreitung auch direkt durch Baustoffe, Permeation genannt, an.

Im Forschungsprojekt wurde die Permeation von CO durch verschiedene Betone, zementgebundene Leichtbetonplatten, Ziegel, Gipsplatten und Hölzer in einem gasdichten Versuchsstand in Abhängigkeit von der Dicke der Materialien und der CO-Ausgangskonzentration untersucht.

## Datenlage

Auf Grund einer sehr geringen Datenlage, die bisherige Forschungsergebnisse nur für den Durchtritt von CO nur durch Gipskartonwände [2, 3] und den Durchtritt einiger VOCs (volatile organic compounds) durch Wände [4-6] zeigt und einiger Indizien bei Einsatzsituationen [7, 8], wurde dieses Forschungsprojekt initiiert.

Es ist aus den folgenden Abbildungen (links: mittlere Durchbruchzeiten des CO bei CO-Ausgangskonzentration von 10.000 ppm; rechts: mittlere Zeiten bis zum Erreichen einer Permeatkonzentration von zehn Prozent der CO-Belastungskonzentration, CO-Belastungskonzentration 10.000 ppm) klar ersichtlich, dass selbstverdichteter Beton den größten Widerstand und Gipsplatten den kleinsten bieten. Hervorzuheben sind die Gipskartonplatte (Gips K 9,6) und die Leichtbetonplatte (B-Platte 60). Hier hat CO eine verhältnismäßig lange Durchbruchzeit im Vergleich zur folgenden Durchdringung und Erreichen einer CO-Permeatkonzentration von zehn Prozent des Belastungswertes. Es kann also nicht zwangsläufig aus der Durchbruchzeit auf die Permeationszeit rückgeschlossen werden.



## Ergebnisse

---

Die Auswertung der gewonnenen Daten erfolgte über eine Mittelung der CO-Konzentrationsmesswerte der Permeatkammer vergleichbarer Proben. Außerdem wurden die Standardabweichungen berechnet und beides grafisch dargestellt. Des Weiteren erlaubten die CO-Konzentrationsmesswerte, bezogen auf das Volumen des Permeatkreislaufs (untere Versuchskammer, Gasvolumina von FTIR-Spektrometer und Pumpe sowie Leitungssystem) und auf die Gasdurchtrittsfläche der Baustoffproben, die Berechnung der jeweiligen CO-Massenstromdichte in der Einheit  $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$ , welche als Permeationsrate definiert wurde. Diese Werte sind ausführlich im Forschungsbericht dokumentiert.

### Vergleich verschiedener Baustoffe

In den Untersuchungen wurde eine deutliche Abhängigkeit des Permeationsprozesses vom durchdrungenen Material, dessen Dicke und vom Konzentrationsgradienten festgestellt. Außerdem zeigte sich bei Betonproben ein Einfluss des Alters, bzw. des Feuchtegehalts, des Materials, sowie vorhandener Schichtstrukturen bei den zementgebundenen Leichtbetonplatten. Die CO-Permeation an den untersuchten Baustoffen wird als schnell erfolgend eingestuft, da Durchbruchzeiten von einer halben Minute bis knapp 14 Minuten bei Anliegen der CO-Konzentration von 10.000 ppm und einer Minute bis 29 Minuten bei 1.000 ppm erreicht wurden.

### Permeation

Nach [1] ist die Permeation der Vorgang, bei dem ein Stoff einen Festkörper auf molekularer Ebene durchdringt. Die Triebkraft ist der Gradient des chemischen Potentials des Permeaten und kann vereinfacht durch den Druck- oder Konzentrationsgradienten ersetzt werden. Die Moleküle des Permeaten werden zuerst von der Oberfläche des Festkörpers adsorbiert, dann dringen sie in das Material ein (Absorption). Die Durchdringung des Festkörpers stellt eine Diffusion dar. Auf der anderen Seite des Materials treten die Moleküle wieder aus (Desorption).

### Eckdaten CO

- geruchlos
- farblos bei Normaltemperatur
- gasförmig
- ähnliche Dichte wie Luft
- geschmacklos
- toxisch (Kopfschmerzen, Schwindel, Übelkeit, Bewusstlosigkeit, Tod, Langzeitfolgen, wie Gedächtnisstörung, Verhaltensveränderung)

## Versuchskonzeption

Für die Bestimmung der Permeation von CO durch Baustoffe wurde ein zylindrischer Zwei-Kammern-Versuchsstand aus Teflon (siehe Abbildung) genutzt. Die vertikal übereinander liegenden Kammern werden durch die jeweils zu untersuchende Baustoffprobe getrennt. Zum Abdichten an den Verbindungsstellen der Probe mit den Kammern wurden O-Dichtringe aus Fluorkautschuk eingesetzt. Die Abdichtung der Mantelflächen der Baustoffprobenzylinder erfolgte mit Parafilm (dehnbaren Verschlussfolie). Die Übergänge zwischen Probe und Kammer wurden nach außen zusätzlich mit gasdichtem Klebeband verschlossen. Die Proben wurden mit CO-Konzentrationen von 10.000 ppm und 1.000 ppm beaufschlagt. Die untere Kammer (Permeatkammer) wurde über eine gasdichte Pumpe mit der Messzelle eines Fourier-Transform-Infrarotspektrometers (FTIR-Spektrometer) zu einem Gaskreislauf geschlossen. So konnte ein fixes Volumen für die Aufnahme des Permeates gewährleistet werden. Alle zwei Sekunden lag auf Grund der permanenten Analyse des Gases des unteren ein Versuchswert der CO-Permeatkonzentration vor. Der Druck des in die Messzelle geförderten Gases wurde mittels Differenzdruckaufnehmer gemessen, um den maximalen Eingangsdruck der Messzelle des FTIR-Spektrometers nicht zu überschreiten. Die Versuche fanden unter einem Abzug statt. Als weitere Sicherheitsmaßnahme wurden kommerzielle CO-Warner neben dem Versuchsplatz, unter dem Abzug und an der Druckgasflasche installiert.



## Baustoffproben

Es wurden die folgenden Baustoffproben für die Permeationsmessungen gewählt (die Zahl in der Bezeichnung in Klammern gibt die Dicke der jeweiligen Proben in mm an):

- Normalbeton (N-Beton 20, 30, 40)
- Beton, selbstverdichtend (S-Beton 20, 30, 40)
- Porenbeton (P-Beton 50)
- Zementgebundene Leichtbetonplatten, verschiedene stoffliche Rezepturen (B-Platte 10, 12,5, 25, 60)
- Ziegel (Vollziegel 72, Ziegel rot 38,3, Ziegel braun 37,5)
- Gipsplatten, verschiedene Ausführungen: Gipskarton-, Gipsfaserplatten (Gips K 9,6, Gips F 10,5, Gips F 12,5)
- Hölzer, als Massiv- oder Leimholz (Fichte Brett 22,4, Fichte LH 17,6, Buche LH 18,3)



Von den zu untersuchenden Baustoffen wurden je verfügbarer Schichtdicke zwei oder drei zylindrische Proben mit einem Durchmesser von 100 mm geschnitten.