

Untersuchungen zur Kohlenmonoxid-Belastung in Tiefgaragen

P. Schirmacher¹, R. Zander²

¹ Institut für Pathologie der Universität Mainz

² Physiologisches Institut der Universität Mainz

Einleitung

Kohlenmonoxid (CO) hat eine große Bedeutung für den praktischen Umweltschutz, da es bei fast allen Verbrennungsvorgängen in z. T. beträchtlicher Menge freigesetzt wird. Besonders der zunehmende Kraftfahrzeugverkehr, der Hauptverursacher der zivilisatorischen CO-Emission, erfordert die Überwachung der CO-Belastung durch systematische Luftkonzentrationsmessungen und Untersuchungen von exponierten Personen (6).

In der Regel wird im täglichen Straßenverkehr der beträchtliche CO-Ausstoß laufender Kraftfahrzeuge ausreichend verdünnt (Beispiel: 2000 cm³ Hubraum produzieren ohne Katalysator bei 1000 U/min im Mittel 1 m³ Abgas/min mit ca. 3% CO; die Verdünnung auf 30 ppm (MAK-Wert) erfordert daher 1000 m³ Frischluft/min) (14). Tiefgaragen lassen, aufgrund begrenzten Luftaustausches, das Auftreten wesentlich höherer CO-Konzentrationen erwarten und bieten zudem besser definierte Untersuchungsbedingungen. Speziell die CO-Belastung in Tiefgaragen ist – in erster Linie aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht (1, 2, 10, 11, 12) – Gegenstand mehrerer Untersuchungen mit deutlich differierenden Interpretationen gewesen. Während einige Autoren keine besondere Gefährdung sehen, messen andere für sie bedenkliche CO-Luftkonzentrationen. Die Unsicherheit resultiert einerseits aus der unterschiedlichen Gewichtung der Ergebnisse und zum anderen daher, daß der entscheidende Parameter, die Carboxyhämoglobin (COHb)-Konzentration der exponierten Personen, in diesem Zusammenhang bisher nicht genügend berücksichtigt wurde (4, 8).

In der vorliegenden Untersuchung wurde die CO-Belastung in vier Mainzer Großgaragen (s. Tafel), ausgehend von COHb-Messungen bei Angestellten und Benutzern untersucht (13, 14). Hierzu diente

ein neues photometrisches Bestimmungsverfahren, das durch Extinktionsmessung bei zwei Wellenlängen einen der COHb-Konzentration der Blutprobe direkt proportionalen Quotienten ermittelt (19). Mit Ausnahme der Untersuchung von Parkgaragenarbeitern wurden alle Bestimmungen zusätzlich mit einem vollautomatischen Hämoglobin-Analysator kontrolliert (18).

Carboxyhämoglobinwerte bei Nichtrauchern und Rauchern

Die sogenannte COHb-Basiskonzentration beruht im wesentlichen auf dem endogenen Hämoglobin-Katabolismus und nur zu geringen Teilen auf umweltbeding-

ten CO-Belastungen (5). Messungen bei 50 Nichtrauchern (37 Männer; 13 Frauen/Abb. 1) ergaben eine COHb-Basiskonzentration zwischen 0 und 2,4% COHb (Mittelwert 0,9% COHb). Frauen wiesen mit 0,6% COHb im Mittel etwas geringere Werte als Männer (1,0% COHb) auf.

Bei starken Rauchern wurden bei abendlichen Blutabnahmen COHb-Konzentrationen zwischen 5 und 17% COHb (im Mittel 10,4% COHb) gemessen (20). Diese Werte sind nicht verwunderlich, bedenkt man, daß Zigaretteninhalat zwischen 2 und 5 Vol% CO (20000 bis 50000 ppm) enthält und die mit jedem Lungenzug zugeführten 1,4 bis 3,5 ml CO sofort und praktisch vollständig vom Blut aufgenommen

Tafel: Untersuchte Parkgaragen. (Angaben entsprechen dem Ende der Erhebungen 1. 2. 1987)

Parkgarage	Einstellplätze	Inbetriebnahme	Beschäftigte/Schicht	Technische Bemerkungen
1 Rathaus	550	1974	2–3	mech. Zu- und Abluftanlage, CO-Meßanlage (15 Meßfühler, 15' Meßumlauf), automat. Parkscheinausgabe, Kassenautomaten auf Parkdeck, Personalkabine Außenluft-belüftet.
2 Proviantamt	492	1980	1	mech. Zu- und Abluftanlage, CO-Meßanlage (42 Meßfühler, fester Meßumlauf), automat. Parkscheinausg., Kassenautomaten außerh. Garage, Personalkabine Außenluft-belüftet.
3 Am Brand	908	1974	3–4	mech. Zu- und Abluftanlage, CO-Meßanlage (28 Meßfühler, 8' Meßumlauf), automat. Parkscheinausgabe, Kassenautomaten auf Parkdeck, Personaltrakt Außenluft-belüftet.
4 Hertie	340	1963	1	nur mech. Abluftanlage, natürliche Zu- und Abluft, keine CO-Meßanlage, automat. Parkscheinausgabe, Kassenhäuschen zwischen Ein- und Ausfahrt ohne mech. Belüftung.

men werden, aber mit einer Eliminationshalbwertszeit von etwa 8,3 Stunden erst wieder abgegeben werden. Somit führt eine Zigarette je nach Verteilungsvolumen im unteren Sättigungsbereich zu einem Konzentrationsanstieg von 1 bis 2% COHb, wobei hier auch das Inhalationsverhalten ein entscheidender Parameter ist.

Carboxyhämoglobinwerte bei Arbeitern in Tiefgaragen

Die bei insgesamt 12 Beschäftigten aus 4 Mainzer Tiefgaragen vor und nach der Schicht durchgeführten Bestimmungen ergaben in allen Fällen einen leichten bis mäßigen Anstieg der COHb-Konzentrationen um 0,2 bis 4,8% auf Werte von 2,6 bis 8,1% COHb. Zu berücksichtigen ist hierbei, daß 10 der 12 Untersuchten Raucher waren, dadurch einerseits bereits bei Schichtbeginn erhöhte Ausgangswerte aufwiesen und zum anderen durch während der Schicht gerauchte Zigaretten einen zusätzlichen Anstieg der COHb-Konzentration bewirkten. Welcher Anteil dem Rauchen und welcher der Immission durch Kfz-Abgase zuzurechnen ist, läßt sich nicht entscheiden. Die relativ geringen Konzentrationsanstiege der beiden Nichtraucher, wie auch die sonst bei Rauchern gemessenen COHb-Werte bis 22% (6) lassen vermuten, daß hier in bezug auf CO die Belastung durch das Rauchen die Belastung durch Autoabgase übertrifft.

Zusätzlich wurden alle Arbeiter der 4 untersuchten Tiefgaragen mit einem halbstandardisierten Fragebogen nach ihren Beschwerden bzw. mit ihrer Tätigkeit zusammenhängenden Belastungen befragt. Hierbei zeigte sich, daß die Hälfte der Befragten über uncharakteristische Beschwerden (Kopfschmerzen, Schlafstörungen etc.) klagte, die durchaus bei chronischer CO-Belastung auftreten können. Dabei schienen jedoch andere Parameter (Wohnort, Erholungsmöglichkeiten, sonstige Arbeitsbedingungen etc.) eine wesentlich bedeutsamere Rolle zu spielen. Auffallenderweise klagten jedoch 2 Beschäftigte, die an Angina pectoris litten und somit zur Risikogruppe in bezug auf CO-Belastungen zu zählen sind (s. Schlußbetrachtungen) (3), über stärkere Beeinträchtigungen und auch Verschlechterung ihrer Grunderkrankung. Da mehrere Untersuchungen zeigen konnten, daß schon geringe COHb-Konzentrationsanstiege von 2 bis 4% eine Angina pectoris verschlechtern können (6), muß CO

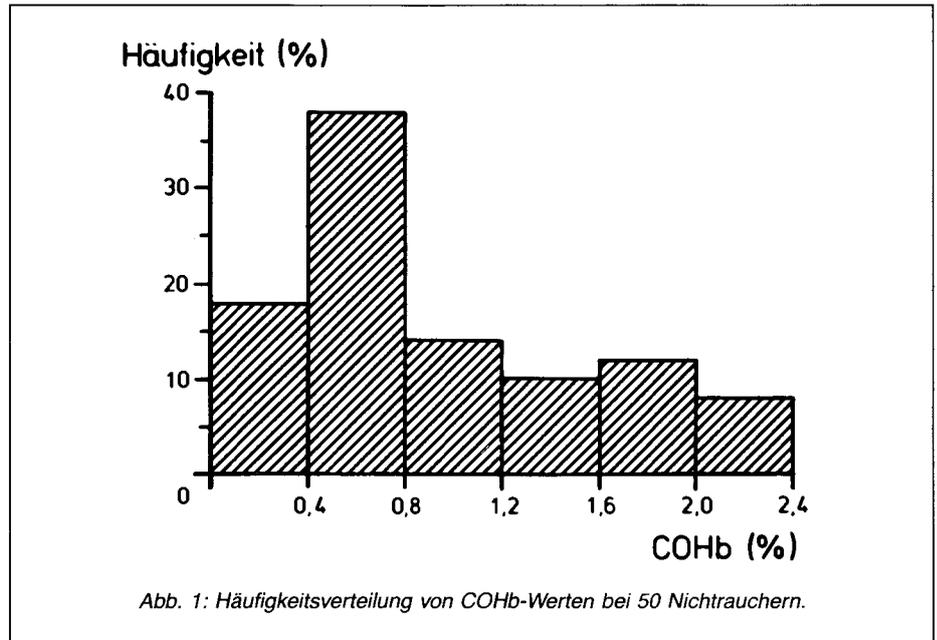


Abb. 1: Häufigkeitsverteilung von COHb-Werten bei 50 Nichtrauchern.

als Verursacher dieser Beschwerden ernsthaft in Betracht gezogen werden.

Carboxyhämoglobinwerte bei Tiefgaragenbenutzern

Eine Maximalbelastung, der Tiefgaragenbenutzer unter normalen Umständen nicht ausgesetzt sind, wurde durch einen einstündigen Expositionsversuch mit 19 Freiwilligen (Nichtrauchern) an verschied-

enen verkehrsreichen Stellen der 4 Parkgaragen simuliert. Unmittelbar vor und nach der Belastung wurde den Probanden Blut entnommen; ihre Beobachtungen (Fahrzeugfrequenz, Eigenbeobachtungen) wurden festgehalten.

Keiner der Probanden brach den Versuch ab, trotz durchweg hoher Fahrzeugfrequenz klagten lediglich 2 Versuchspersonen nach Exposition über leichte Kopf-

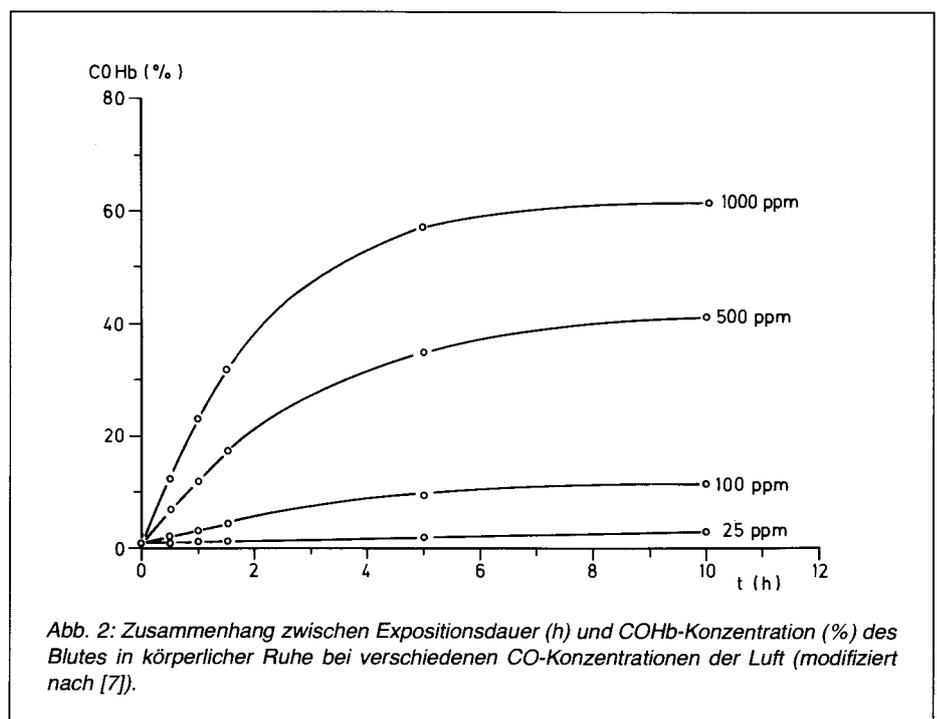


Abb. 2: Zusammenhang zwischen Expositionsdauer (h) und COHb-Konzentration (%) des Blutes in körperlicher Ruhe bei verschiedenen CO-Konzentrationen der Luft (modifiziert nach [7]).

schmerzen. Die COHb-Konzentration erhöhte sich durch die Belastung um 0,2 bis 3,7% (durchschnittlich 1,7%) auf Werte bis maximal 4,4% COHb. Dieser signifikante, wenn auch leichte Konzentrationsanstieg konnte bei einer einstündigen Vergleichsexposition mit 5 Freiwilligen im Straßenverkehr der Mainzer Innenstadt nicht nachgewiesen werden.

Da während der Versuche mehrfach beobachtet wurde, daß es in 2 Garagen durch erhöhten Ausfahrtverkehr zu beträchtlichen Stauungen kam, wurde in einem weiteren Versuch mit 5 Freiwilligen untersucht, ob es unter diesen Bedingungen zu erhöhten COHb-Werten bei wartenden Fahrzeuginsassen kommt. So haben andere Autoren (11) unter simulierten Staubbedingungen bereits nach 5 Minuten CO-Luftkonzentrationen bis 600 ppm gemessen. Legt man die exemplarischen Untersuchungen von Peterson und Stewart (7) zugrunde, so ist nach 20minütiger Belastung mit 600 ppm CO eine COHb-Konzentration von etwa 7% zu erwarten (vgl. Abb. 2). Trotz Stauzeiten zwischen 10 und 25 Minuten maßen wir jedoch nur geringfügige Konzentrationsanstiege zwischen 0,6 und 2,0%. Insgesamt können alle beobachteten COHb-Konzentrationsanstiege als leicht bezeichnet werden, so daß durch die CO-Belastung – zumindest bei Gesunden – weder körperliche Beeinträchtigungen noch Einschränkungen der Fahrtüchtigkeit zu erwarten sind. Weder zwischen den einzelnen Garagen noch bezüglich der jeweils beobachteten Fahrzeugfrequenz zeigten sich wesentliche Unterschiede im COHb-Konzentrationsanstieg, so daß in allen untersuchten Garagen

von einer ausreichenden Ventilation auszugehen ist.

Schlußbetrachtungen

In allen Untersuchungsreihen wurden lediglich leichte COHb-Konzentrationsanstiege beobachtet, die für Gesunde nicht bedenklich sind und weit hinter den bei Rauchern beobachteten COHb-Konzentrationen (6, 20) zurückbleiben. Die untersuchten Garagen entsprachen mit wenigen Ausnahmen den gesetzlichen Vorschriften der GaVO der Länder (15) und den technischen Normen der VDI 2053 (16) (technische Mängel in Parkgarage 4 Garage sind inzwischen behoben). Vor allem in der letzten Dekade hat sich jedoch bezüglich der CO-Belastung ein Umdenken vollzogen, was sich nicht zuletzt in der Definition sogenannter Risikopersonen (an peripherer arterieller Verschlusskrankheit und koronarer Herzkrankheit Erkrankte sowie Schwangere) und der weiteren Absenkung des MAK-Wertes für CO auf 30 ppm ausdrückt (3). Bedenkt man, daß sich unter Arbeitern und Benutzern von Tiefgaragen zahlreiche solcher Risikogruppen befinden, so sind an die Luftqualität besonders unter dem Gesichtspunkt der Fahrtüchtigkeit strenge Anforderungen zu stellen. Deshalb sollen am Ende einige Vorschläge stehen, die zur Minimierung der CO-Immission beitragen und deshalb bei Konzeption und Betrieb von Großgaragen grundsätzlich berücksichtigt werden sollten:

1. Eine ausreichende Belüftung muß dauernd erhöhte CO-Konzentrationen und kurzzeitige Spitzenwerte verhindern. Die bedarfsgerechte Steuerung der Lüftung sollte durch kontinuierliche Messung

der COHb-Konzentration an möglichst vielen charakteristischen Stellen der Garage erfolgen (12).

2. Warnanlagen müssen die Benutzer auf hohe CO-Konzentrationen hinweisen und sie zum Abschalten der Motoren, Schließen der Wagenfenster und Abschaltung der Autoinnenbelüftung (Gebläse) veranlassen.

3. Deutlich sichtbar angebrachte Tafeln müssen die Benutzer über das richtige Verhalten in der Parkgarage aufklären. Wichtige Verhaltensregeln können auch z. B. auf den Parkschein aufgedruckt werden.

4. Hinweistafeln und belegungsgesteuerte Ampelanlagen sollen eine gleichmäßige Belegung der Parkdecks gewährleisten und den Benutzern unnötiges Umherfragen ersparen (9).

5. Zur Verkürzung der Expositionszeit sollen außerhalb der Parkdecks gelegene Zugangswege oder Fahrstühle möglichst nahe an die abgestellten Fahrzeuge heranzuführen. Kassenhäuser oder -automaten sollten zur weiteren Reduktion der Belastung aus der Garage herausverlagert werden.

6. Vor der Garagenausfahrt befindliche Ampelanlagen müssen so zu schalten sein, daß plötzlicher, starker Ausfahrtverkehr nicht zum Rückstau in die Parkgarage hinein führt.

7. Wie bereits in früheren Untersuchungen gezeigt, kann die CO-Emission von Kfz im wesentlichen durch eine ökonomische Vergasereinstellung (17) sowie die Benutzung von Katalysatoren reduziert werden.

Literatur

1. Brühlmann, R.: Kohlenmonoxidmessungen in unterirdischen Autoeinstellhallen. *Chem. Rundschau* **17**, 776–778 (1964).
2. Chovin, P.: CO: analysis of exhaust gas investigations in Paris. *Environm. Res.* **1**, 198–216 (1967).
3. Henschler, D.: Gesundheitsschädliche Arbeitsstoffe. Toxikologisch-arbeitsmedizinische Begründung von MAK-Werten. Kohlenmonoxid. Nachtrag 1981 (8. Lieferung). Verlag Chemie, Weinheim (1981).
4. Köhl, U., Lob, M.: Risques d'oxycarbonisme chronique dans le garage. Résultats d'une enquête dans la région Lausannoise. *Schweiz. med. Wochenschr.* **105**, 50–56 (1975).
5. Luomanmäki, K., Coburn, R. F.: Effects of metabolism and distribution of carbon monoxide on blood and body stores. *Amer. J. Physiol.* **217**, 354–363 (1969).
6. Pankow, D.: Toxikologie des Kohlenmonoxids. VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin (1981).
7. Peterson, J. E., Stewart, R. D.: Predicting the carboxyhemoglobin levels resulting from carbon monoxide exposure. *J. appl. Physiol.* **39**, 633–638 (1975).
8. Ramsey, J. M.: Carboxyhemoglobinemia in parking garage employees. *Arch. environm. Health* **15**, 580–583 (1967).
9. Rüden, H., Langer, H.: Indoor und Outdoor-Messungen von Kohlenmonoxid (CO). *Gesundh.-Ing.* **97**, 200–208 (1976).
10. Ruschenburg, S.: Probleme der Lüftung von Garagen, Straßenverkehrstunneln. Diss. Fak. f. Bauwesen. TH Aachen (1968a).
11. Ruschenburg, S.: Ursachen unzumutbarer Atemluft in einer doppelstöckigen unterirdischen Großgarage. *Städtehygiene* **8**, 160–166 (1968b).
12. Schätzle, P.: Hygienische Fragen und Resultate über Kohlenmonoxidmessungen in Autoeinstellräumen. *Chem. Rundschau* **19**, 465–467 (1966).
13. Schirmacher, P.: Untersuchung einer möglichen Belastung des Menschen durch Kohlenmonoxid in Großgaragen. Diss. Fachber. Medizin. Universität Mainz (1987).
14. Schirmacher, P., Zander, R.: CO-Belastung bei Personal und Benutzern von Tiefgaragen. *Arbeitsmedizin – Sozialmedizin – Präventivmedizin.* **24**, 5–8 (1989).
15. Sidow, S.: Garagenverordnungen – Sammlung der Garagenverordnungen der Länder. Carl Heymanns Verlag, Köln–Berlin–Bonn–München (1975).
16. VDI-Fachgruppe Heizung, Lüftung, Klimatechnik (Ausschuß Lüftung von Garagen und Tunneln). VDI 2053 (Lüftung von Garagen und Tunneln). In: VDI-Handbuch Lüftungstechnik (Reg.-Nr. 3) (1969).
17. VDI-Kommission Reinhaltung der Luft. VDI 2282. Begrenzung der Emission von Kohlenmonoxid bei Kraftfahrzeugen mit Ottomotoren. VDI-Verlag, Düsseldorf (1967).
18. Zander, R.: A new oximeter for determination of all hemoglobin derivatives in human blood. *Pflügers Arch.* **403**, R8 Nr. 13a (1985a).
19. Zander, R.: Simple and precise measurement of carboxyhemoglobin in blood. *Pflügers Arch.* **403**, R8 Nr. 14 (1985b).
20. Zander, R.: COHb-Konzentrationen im Blut bei Rauchern und Nichtraucherern. in: Zander, R., Mertzluft, F. (Hrsg.). *Der Sauerstoffstatus des arteriellen Blutes*. Karger, Basel. pp 183–186 (1988).

Danksagung

Die vorliegende Arbeit wurde durch das Gutenberg-Stipendium der Stadt Mainz unterstützt.

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. med. R. Zander
Physiologisches Institut
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Saarstraße 21
6500 Mainz