

Notfall Rettungsmed 2014 · 17:141–146  
 DOI 10.1007/s10049-013-1829-0  
 Online publiziert: 1. Februar 2014  
 © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

G. Kaiser<sup>1</sup> · D. Müller<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Giftinformationszentrum-Nord, Universitätsmedizin Göttingen

<sup>2</sup> Betriebsärztlicher Dienst, Universitätsmedizin Göttingen

# Einsatz von Kohlenstoffmonoxid-warngeräten im Rettungsdienst

## Hinweise und Empfehlungen zur Handhabung und Festlegung von Warnschwellen

### Redaktion

M. Baubin, Innsbruck  
 B. Gliwitzky, Offenbach a. d. Queich  
 T. Luiz, Kaiserslautern  
 H.P. Moecke, Hamburg  
 S. Poloczec, Berlin

**Kohlenstoffmonoxid (CO) ist ein „silent killer“: Es ist hochgiftig, kann jedoch vom Menschen sinnlich nicht wahrgenommen werden. Nach Jahrzehnten stark rückläufiger Zahlen beobachten die Giftinformationszentren seit 2008 eine Zunahme von Vergiftungsfällen [8, 22]. Auch das Bundesinstitut für Risikobewertung sah sich wiederholt zur Herausgabe von Warnmeldungen veranlasst [25]. Vor diesem Hintergrund wurden zahlreiche Rettungsdienste mit CO-Gaswarngeräten ausgerüstet; in anderen wird deren Einführung diskutiert. Der folgende Beitrag stellt die Hinweise und Empfehlungen zur Festlegung von Alarmschwellen und zu zweckmäßigen Schutz- und Rettungsmaßnahmen dar, die – veranlasst durch eine steigende Zahl von entsprechenden Anfragen – am Giftinformationszentrum-Nord erarbeitet wurden.**

### Hintergrund

Häufigste Ursache schwerer und tödlich verlaufender akzidenteller Intoxikationen ist die Exposition gegenüber Gasen (9191 Klinikbehandlungen, 580 Todesfälle p.a.), insbesondere CO (3756 Klinikbehandlungen, 374 Todesfälle p.a.; ICD-10-Codes T58, T59, jeweils Durchschnittswerte aus den Jahren 2000 bis 2009; s. [22] mit weiteren Nachweisen). Nach historischem Tiefstand im Jahr 2008 scheint die Inzidenz von CO-Intoxikationen in Deutschland wieder zuzunehmen [22].

Das Gas Kohlenstoffmonoxid kann sinnlich nicht wahrgenommen werden – es ist farb-, geruch- und geschmacklos – und

führt beim Einatmen zu unspezifischen Vergiftungserscheinungen (Kopfschmerz, Übelkeit/Erbrechen, Vigilanzminderung), die als Zeichen einer akuten internistischen Erkrankung fehlgedeutet werden können.

Wird eine CO-Intoxikation nicht erkannt, erhalten die betroffenen Patienten mitunter keine adäquate Therapie, und Einsatzkräfte des Rettungsdienstes können unnötigen Gesundheitsgefahren ausgesetzt sein. Vor diesem Hintergrund werden zunehmend Rettungsdienste mit tragbaren Gaswarngeräten ausgestattet (Abb. 1).

Kohlenstoffmonoxid ist jedoch zugleich eine häufig auftretende Raumluftkontaminante, da es in geringen Mengen bei nahezu allen Verbrennungsprozessen entsteht. Wenn vom Rettungsdienst mitgeführte Gaswarngeräte bereits bei sehr geringen CO-Konzentrationen einen Alarm auslösen, der zum sofortigen Rückzug der Rettungskräfte veranlasst, besteht somit das Risiko, dass zeitkritische Rettungsmaßnahmen erheblich verzögert werden, obwohl keine akute Gefährdung des Einsatzpersonals besteht. Ferner sind bei Tätigkeiten zur Rettung von Menschenleben und zur Abwendung schwerer Gesundheitsschäden andere Beurteilungsmaßstäbe anzulegen als bei regulären Arbeitstätigkeiten (vgl. analog die Dosisrichtwerte nach der Feuerwehr-Dienstvorschrift 500 [2] für die Exposition von Einsatzkräften gegenüber ionisierender Strahlung im Vergleich mit den Dosisgrenzwerten der Strahlenschutzverordnung [26] für beruflich Strahlenexponierte).

Für CO existieren zahlreiche Konzentrationsgrenz- und Konzentrationsrichtwerte, deren zugrunde liegenden Konzepte, Annahmen und Anwendungsbereiche nicht mit den hier zu betrachtenden Bedin-

**Tab. 1** Klinische Schweregrade und typische Symptomatik der CO-Intoxikation. (Nach [22])

Schwere-grad	Symptome	CO-Hb-Fraktion
Leicht	Kurzatmigkeit bei Belastung	>10%
	Kopfschmerz	
	Schwindel	>20%
	Ohrensausen	
	Übelkeit, Erbrechen	
Mittelschwer	Müdigkeit	>30%
	Sehstörungen	
	Tachykardie	>40%
	Bewusstseinsverlust	
	Herzrhythmusstörungen (VES)	
Schwer	Koma	>50%
	Tachypnoe	
	Krampfanfälle	>60%
	Cheyne-Stokes-Atmung	
	Atem- und Kreislaufversagen	60–80%

In diesem Beitrag zur Festlegung der Warnschwellen zugrunde gelegte defensivere Annahmen: – Leichte Vergiftungssymptome ab ca. 10% CO-Hb möglich. – Mittelschwere Vergiftungssymptome ab ca. 20% CO-Hb möglich. – Schwere Vergiftungssymptome ab ca. 30% CO-Hb möglich.

gungen des Einsatzes von Rettungspersonal im Notfalleinsatz übereinstimmen.

In Deutschland sind in der neuen Gefahrstoffverordnung (GefStV [14]) die früheren Grenzwertkonzepte der maximalen Arbeitsplatzkonzentration (MAK), der Technischen Richtkonzentration (TRK) und des Biologischen Arbeitsstoff-Toleranzwerts (BAT) zugunsten eines „gesund-

Teile des vorliegenden Beitrags wurden am 25.01.2013 vorab im Internet veröffentlicht [15].

**Tab. 2** Ausmaß der Gefährdung bei ausgewählten CO-Konzentrationen

Konzentration <sup>a</sup>	Klinisch-toxikologische Risikobewertung
30 ppm (Arbeitsplatzgrenzwert <sup>b</sup> )	Es besteht keine Gefährdung des ungeschützten Rettungspersonals
60 ppm (Kurzeitgrenzwert <sup>c</sup> )	Es besteht keine Gefährdung des ungeschützten Rettungspersonals bei kurzzeitiger Exposition (<1 h)
200 ppm <sup>d</sup>	Nach 30 min Exposition sind leichte Vergiftungssymptome möglich <sup>e</sup>
500 ppm <sup>f</sup> (Messbereichsgrenze vieler CO-Warngeräte)	Nach 10 min Exposition sind leichte <sup>e</sup> Nach 30 min mittelschwere <sup>g</sup> Vergiftungssymptome möglich
1000 ppm <sup>h</sup>	Nach wenigen Minuten sind mittelschwere Vergiftungssymptome möglich <sup>g</sup> Potenziell tödlich nach Stunden
3000 ppm <sup>i</sup>	Nach wenigen Minuten schwere <sup>i</sup> Vergiftungssymptome möglich Potenziell tödlich nach ca. 30 min
10.000 ppm <sup>k</sup>	Potenziell tödlich innerhalb weniger Minuten

<sup>a</sup>1000 ppm entsprechen 0,1 Vol.-%. <sup>b</sup>Nach TRGS 900: maximale Konzentration, die bei dauerhafter Exposition am Arbeitsplatz (8 h täglich während des gesamten Erwerbslebens) keine Gesundheitsschädigung erwarten lässt [4]. <sup>c</sup>Nach TRGS 900: maximal zulässige Konzentration an Arbeitsplätzen (täglich bis zu 4-mal 15 min) [4]. <sup>d</sup>Vgl. ERPG-1-Wert (einstündige Exposition): 200 ppm [1]; NIOSH Ceiling Limit Value: 200 ppm [19]; AEGL-2-Wert für 30 min: 150 ppm [6]. <sup>e</sup>Die Exposition unter Arbeitsbelastung kann im Körper zu einem CO-Hb-Anteil von ca. 10% führen [9]. <sup>f</sup>Vgl. ERPG-3-Wert (einstündige Exposition): 500 ppm [1]; AEGL-3-Wert für 30 min: 600 ppm [6]. <sup>g</sup>Die Exposition unter Arbeitsbelastung kann im Körper zu einem CO-Hb-Anteil von ca. 20% führen [9]. <sup>h</sup>Vgl. AEGL-3-Wert für 10 min: 1700 ppm [6]. <sup>i</sup>Eine Konzentration von bis zu 3000 ppm wurde beispielsweise beim Betrieb von Kohlegrills in einem abgeschlossenen Raum unter Versuchsbedingungen nach 1 h gemessen, nach 2 h bis zu ca. 4000 ppm (zugleich Maximalwert) [12]. <sup>j</sup>Die Exposition unter Arbeitsbelastung kann im Körper zu einem CO-Hb-Anteil von ca. 30% führen [12]. <sup>k</sup>Eine Explosionsgefahr besteht erst bei Konzentrationen deutlich oberhalb dieser Größenordnung (untere Explosionsgrenze: ca. 11 Vol.-% entsprechend 110.000 ppm).

heitsbezogenen“ Arbeitsplatzgrenzwerts (AGW) und eines Biologischen Grenzwerts (BGW) verlassen worden. Letzterer ist bezogen auf die Konzentration des Stoffs im Körper, z. B. bei inhalativ resorbierbaren Gefahrstoffen abhängig von unterschiedlicher Atmung unter Belastung (er kann allerdings durch Hintergrundbelastungen wie z. B. Rauchgewohnheit beeinflusst werden). Die Werte sind in den Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS 900 bzw. 903 [4, 5]) festgelegt und beziehen sich auf eine Exposition von 8 h pro Tag und 40 h pro Woche über die gesamte Lebensarbeitszeit hinweg. Schwankungen in der Konzentration werden anhand von zeitlichen Überschreitungsfaktoren begrenzt.

In den Vereinigten Staaten sind in analoger Weise von der Occupational Health and Safety Administration (OSHA), vom National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) und von der American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) Grenzwerte als Time Weighted Average (TWA) veröffentlicht. Grenzen für Kurzzeitexpositionen am Arbeitsplatz sind als Permissible Exposure Limit (PEL), Short Term Exposure Limit (STEL), Excursion Limit und Grenzkonzentration (Ceiling) festgelegt [19]. Für

eine Kurzzeitexposition liegen die Grenzwerte weit über den Arbeitsplatzgrenzwerten und sind in verschiedenen Ländern sehr unterschiedlich festgelegt (30–400 ppm; [19]).

Die Emergency Response Planning Guideline (ERPG) der American Industrial Hygiene Association (AIHA) beinhaltet Werte, die für eine einstündige Exposition als Planungsgrundlage für Einzelexpositionen angewendet werden können [1].

In Deutschland stehen für die Feuerwehr Einsatztoleranzwerte (ETW) zur Verfügung, die sich an den Acute Exposure Guideline Levels (AEGL), Stufe 2, der U.S. Environmental Protection Agency (EPA) orientieren (für 10, 30 bzw. 60 min; [29]).

Von Seiten des Deutschen Feuerwehrverbands [11] und der Feuerwehr Wiesbaden [13] wurden bereits im Jahr 2012 Empfehlungen veröffentlicht, die speziell und vornehmlich an die Kräfte der technischen Gefahrenabwehr adressiert sind. Die Innen- und Sozialressorts der Hessischen Landesregierung gaben im September 2013 einen Leitfaden für Einsätze mit erhöhtem CO-Gehalt in der Atmosphäre heraus, der sich in Teilen explizit dem Einsatz des Rettungsdienstes widmet und in den die im

vorliegenden Beitrag vorgestellten Empfehlungen eingeflossen sind [18].

## Fragestellung

Im Folgenden werden drei Fragen bezüglich des Schutzes vor CO-Gefahren behandelt:

1. Welche Gefahren gehen von CO für die Einsatzkräfte des Rettungsdienstes aus?
2. Welche Verhaltensregeln sind in Abhängigkeit von der vorliegenden CO-Konzentration zu empfehlen, um die Belastung des Einsatzpersonals bei gleichzeitig bestmöglicher Versorgung der Patienten zu minimieren?
3. Wie können Konzentrationsschwellenwerte zur Warnung der Einsatzkräfte (Alarmschwellen) zweckmäßig gewählt werden?

Zur Toxizität des CO im Allgemeinen und der Therapie akuter Intoxikationen s. Referenz [22] mit weiteren Nachweisen.

## Methode

Die Exposition der Einsatzkräfte soll durch die Festlegung von Verhaltensregeln und Warnschwellenwerten so weit begrenzt werden, dass das Auftreten selbst leichter Vergiftungssymptome vermieden und das Auftreten schwerer Vergiftungssymptome ausgeschlossen wird.

In **Tab. 1** sind typische Symptome der CO-Intoxikation und die übliche Klassifizierung aus klinisch-toxikologischer Sicht dargestellt. Zur Einschätzung der Vergiftungsschwere wird neben der klinischen Symptomatik die Carboxyhämoglobinfraktion (CO-Hb) herangezogen, obgleich im Einzelfall deutliche Abweichungen von der typischen Korrelation möglich sind [16, 30].

Im Sinne einer größtmöglichen Sicherheit der Einsatzkräfte soll bei den im vorliegenden Beitrag anzustellenden Untersuchungen von folgenden strengeren Kriterien ausgegangen werden, die auch bei Annahme sehr ungünstiger Expositionsbedingungen Gültigkeit beanspruchen können:

- Leichte Vergiftungssymptome sind möglich, wenn die Exposition unter Arbeitsbelastung im Körper zu einem CO-Hb-Anteil von ca. 10% führen kann.

- Mittelschwere Vergiftungssymptome sind möglich, wenn die Exposition unter Arbeitsbelastung im Körper zu einem CO-Hb-Anteil von ca. 20% führen kann.
- Schwere Vergiftungssymptome sind möglich, wenn die Exposition unter Arbeitsbelastung im Körper zu einem CO-Hb-Anteil von ca. 30% führen kann.

Für die Expositionsbeurteilung wird ein bewährtes und standardisiertes empirisches Modell [10] herangezogen (Abb. 2).

Eine detailliertere Bestimmung der inneren Exposition unter Berücksichtigung weiterer Faktoren wie der alveolären Ventilation und pulmonalen Diffusionskapazität ist möglich [7, 24, 27, 28], jedoch für die Behandlung der hier untersuchten Fragestellung nicht erforderlich.

## Ergebnisse

In Tab. 2 wird das Ausmaß der Gefährdung durch CO anhand der Risiken ausgewählter CO-Konzentrationen in der Raumluft (1000 ppm entsprechen 0,1 Vol.-%) veranschaulicht.

Die basierend auf der beschriebenen Risikobewertung erarbeiteten, im Folgenden dargestellten Empfehlungen sind für den Einsatz von CO-Gaswarngeräten, die von Einsatzkräften des Rettungsdienstes bei der Durchführung regulärer Notfall- und Krankentransporteinsätze kontinuierlich mitgeführt werden, konzipiert. Sie beruhen auf folgenden Annahmen über die Bedingungen in diesem Einsatzbereich:

- Die Messgeräte werden vom Einsatzpersonal ständig personennah getragen und ausreichender Luftzutritt zum Messsensor ist gewährleistet (Vorteilhaft ist die Befestigung an Notfalkoffer bzw. -rucksack oder EKG-Einheit; an der Einsatzkleidung ist auf offene Trageweise zu achten (Abb. 1.) Pflege und Wartung der Geräte folgen den Herstellervorgaben.
- Die Verweildauer des Einsatzpersonals beim Patienten in möglichen Gefahrenbereichen beträgt nicht mehr als 30 min.
- Das Einsatzpersonal wird in Räumlichkeiten tätig, in denen mit „haustaltsüblichen“ potenziellen CO-Quel-

Notfall Rettungsmed 2014 · 17:141–146 DOI 10.1007/s10049-013-1829-0  
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

G. Kaiser · D. Müller

## Einsatz von Kohlenstoffmonoxidwarngeräten im Rettungsdienst. Hinweise und Empfehlungen zur Handhabung und Festlegung von Warnschwellen

### Zusammenfassung

**Hintergrund.** Vor dem Hintergrund steigender Fallzahlen und einer wachsenden öffentlichen Aufmerksamkeit gegenüber Intoxikationen mit Kohlenstoffmonoxid (CO) beschaffen viele Rettungsdienste Messgeräte zur Warnung des Einsatzpersonals.

**Fragestellung.** Der Einsatz von CO-Warngeräten erfordert Schwellenwertvorgaben, die das eingesetzte Personal zuverlässig vor Gesundheitsschäden schützen und gleichzeitig den zeitlich begrenzten Rettungseinsatz sowie die unverzügliche präklinische Therapieeinleitung ermöglichen.

**Material und Methode.** Quantitative Einschätzung von Gefahren durch CO anhand eines empirischen Expositionsmodells und Vergleich mit klinisch-toxikologischen Daten, arbeitsmedizinischen Vorgaben und Notfallmanagement-Empfehlungen, die auf

nationalen und internationalen Grenzwertkonzepten basieren.

**Ergebnisse.** Empfehlungen zum Schutz von Betroffenen und Einsatzkräften sowie zur Festlegung von Warnschwellen werden vorgestellt. Geräte mit mehreren Alarmstufen maximieren bei sicherem Schutz der Einsatzkräfte den Handlungsspielraum zur adäquaten Patientenversorgung im Rettungseinsatz. **Schlussfolgerungen.** Der Einsatz von CO-Warngeräten gemäß den beschriebenen Empfehlungen ermöglicht die Aufdeckung unerkannter CO-Intoxikationen und die risikoangepasste Warnung vor akuten Gefährdungen an der Einsatzstelle.

### Schlüsselwörter

Kohlenmonoxid · CO-Warngeräte · CO-Alarm · Messgeräte · Grenzwerte

## Use of carbon monoxide detectors by emergency medical services. Comments and recommendations for operation and definition of threshold values

### Abstract

**Background.** Due to the increasing occurrence of carbon monoxide (CO) poisoning and increasing public awareness, many emergency services have acquired devices to warn emergency staff.

**Objective.** The use of CO warning devices requires threshold values that protect emergency staff and also permit life-saving measures of short duration as well as an early initiation of therapy.

**Materials and methods.** Quantitative assessment of CO-associated hazards on the basis of an empiric exposure model and comparison with toxicological data, occupational health limit-values and emergency plans according to recommendations of international associations.

**Results.** Recommendations for the protection of patients as well as emergency medical staff and for setting of warning threshold values are presented. Warning devices with multiple warning limits provide the maximum possible room to maneuver in emergency situations with sufficient protection of emergency staff.

**Conclusion.** The use of CO detectors in accordance with the described recommendations allows the detection of unrecognized CO poisoning and risk-adjusted warning against acute danger at the emergency location.

### Keywords

Carbon monoxide · CO alarm · Gas detectors · Threshold values · Gas poisoning

len (Heizgeräte, Feuerstätten, Verbrennungsmotoren) zu rechnen ist.

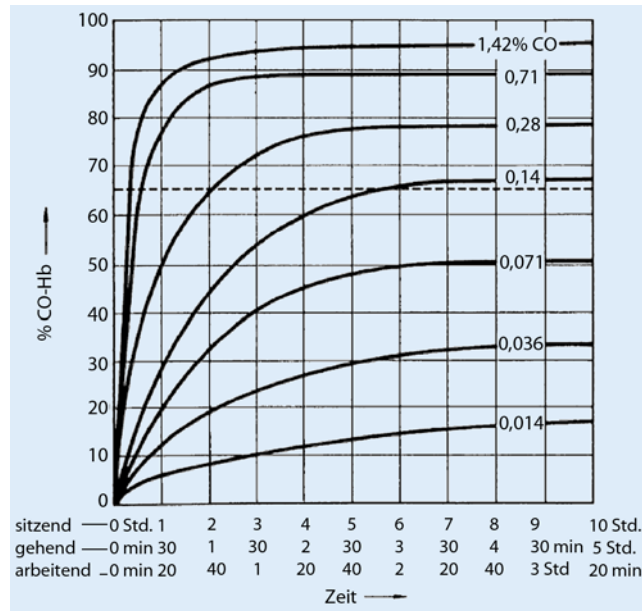
Es wird ferner davon ausgegangen, dass bei Gefahrstofflagen im industriellen Maßstab im Gefahrenbereich von vornherein Einsatzkräfte mit umluftunabhängiger Atemschutz-ausrüstung nach den einschlägigen Vorschriften eingesetzt werden.

## Handlungsempfehlungen

Wird eine signifikante CO-Konzentration in der Umgebungsluft festgestellt, muss das Vorliegen einer CO-Intoxikation bei den vorgefundenen Patienten in Betracht gezogen werden. Es ist daher bei CO-Konzentrationen über 30 ppm dafür Sorge zu tragen, dass die Quelle der Luftkontamina-



**Abb. 1** ▲ Tragbares Gaswarngerät mit Anzeige der aktuellen CO-Konzentration



**Abb. 2** ◀ Zeitlicher Verlauf der CO-Hb-Fraktion bei Exposition gegenüber verschiedenen CO-Konzentrationen. (Aus [9]; 0,01 Vol.-% entsprechen 100 ppm; mit freundl. Genehmigung von Wiley VCH-Verlag)



**Abb. 3** ◀ Mobiles Puls-CO-Oxymeter. (Nach [22])

tion ermittelt und umgehend eine CO-Hb-Diagnostik (Puls-CO-Oxymeter und/oder Blutentnahme für Blutgasanalyse) eingeleitet wird [21, 22].

Sofern ihr Gesundheitszustand es zulässt, sollten Betroffene zum Verlassen von kontaminierten Bereichen angehalten und in unbelasteter Umgebung medizinisch versorgt werden.

Um bei der Versorgung schwer verletzter bzw. erkrankter Patienten unverhältnismäßige Gesundheitsbelastungen auszuschließen und die volle Leistungsfähigkeit des Personals zu gewährleisten, soll die Exposition der Einsatzkräfte so weit begrenzt werden, dass das Auftreten selbst leichter Vergiftungssymptome verhindert wird. Unter Berücksichtigung einer angemessenen Sicherheitsreserve werden daher in Abhängigkeit von der vorliegenden CO-Konzentration am Einsatzort die in **Tab. 3** dargestellten Verhaltensregeln empfohlen.

Für eine umfassende Darstellung der Therapie akuter CO-Intoxikationen siehe [22] mit weiteren Nachweisen.

### Zweckmäßige Festlegung von Warnschwellen

Es erscheint zweckmäßig, drei Konzentrationsgrenzen als einsatztaktische Entscheidungsschwellen anzuwenden:

1. Bei der ersten Schwelle wird auf das Vorhandensein von CO hingewiesen, ohne dass sofortige Schutzmaßnahmen erforderlich sind (*Aufmerksamkeitsschwelle*).
2. Bei Erreichen der zweiten Schwelle sind Maßnahmen zur Verminderung der CO-Exposition der Einsatzkräfte während der Patientenversorgung zu treffen (*Gefährdungsschwelle*).
3. Wird die dritte Schwelle überschritten, ist ungeschütztes

Personal aus dem Gefahrenbereich zurückzuziehen (*Rückzugschwelle*).

Es sind zahlreiche Gerätetypen auf dem Markt erhältlich, die sich insbesondere hinsichtlich des Messbereichs, der Anzahl der einstellbaren Alarmschwellen und der Möglichkeit, die aktuelle Gaskonzentration auf einem Display anzuzeigen, unterscheiden. Da diese und weitere Spezifikationen wie Lebensdauer und Art und Häufigkeit der erforderlichen Wartungsmaßnahmen kostenwirksam sind und ferner bei der Entscheidung für ein Gerätemodell die Verwendbarkeit für weitere Anwendungsbereiche relevant sein kann, soll kein kategorisches Votum für einen bestimmten Gerätetyp abgegeben, sondern für die wichtigsten Gerätetypen der jeweils bestmögliche Handhabungsmodus beschrieben werden. Insofern sollen die hier dargestellten Empfehlungen auch als Grundlage für Diskussionen im Prozess der gerätetechnischen Weiterentwicklung dienen.

Nach Ansicht der Autoren hat die Verwendung eines Gaswarngeräts mit einem Voralarm und zwei Hauptalarmen die höchste einsatztaktische Effizienz und sollte sich an den in **Tab. 4** dargestellten Empfehlungen orientieren. Die für den Einsatz von Geräten mit zwei Alarmgrenzen vorgeschlagenen Handhabungsmodi (**Tab. 5, 6**) sind in einem elektronischen Supplement dargestellt.

**Tab. 3** Verhaltensregeln in Abhängigkeit von der CO-Konzentration

CO-Konzentration	Empfohlenes Verhalten im Rettungsdienstinsatz
30–200 ppm	Medizinische Versorgung ohne Unterbrechung durchführen Fenster und Türen öffnen Mögliche CO-Quelle identifizieren und weitere Freisetzung unterbinden Wenn Quelle nicht zu ermitteln bzw. abzustellen, Fachkräfte (je nach Lage z. B. Feuerwehr, Störungsdienst, Schornsteinfeger) informieren Bei potenziell exponierten Patienten Umgehende Blutentnahme für CO-Hb-Bestimmung in der Klinik, wenn möglich präklinische Schnelldiagnostik mit CO-Hb-Pulsoxymeter (■ <b>Abb. 3</b> )
200–500 ppm	Zuerst Maßnahmen zur Belüftung des Raums ergreifen Wenn effektive Belüftung nicht möglich, Patient aus dem Gefahrenbereich bringen Danach medizinische Versorgung durchführen (dabei Aufenthaltsdauer im Gefahrenbereich minimieren) Feuerwehr alarmieren <sup>a</sup>
>500 ppm <sup>b</sup>	Gefahrenbereich verlassen Feuerwehr alarmieren <sup>a</sup> Personenrettung nur nach Absenken der CO-Konzentration <sup>c</sup> oder unter umluftunabhängigem Atemschutz

<sup>a</sup>Auf den Einsatz der Feuerwehr kann ggf. verzichtet werden, wenn die Lage klar ist und eine effektive Gefahrenabwehr durch einfache Maßnahmen sicher gewährleistet werden kann (z. B. Kohlegrill in Gartenhäuschen).  
<sup>b</sup>Messbereichsgrenze vieler CO-Warngeräte; vgl. ERPG-3-Wert: 500 ppm [1]; AEGL-3-Wert für 30 min: 600 ppm [6].  
<sup>c</sup>Z. B. durch Schaffung von großzügigen Lüftungsöffnungen (Querlüftung).

**Tab. 4** Empfohlene Warnschwellen bei einem Voralarm und zwei Hauptalarmen

	CO-Konzentration	Bezeichnung	Verhalten
Voralarm	30 ppm <sup>a</sup>	Aufmerksamkeitschwelle	1. Patientenversorgung weiterführen 2. Erkundungs- und Belüftungsmaßnahmen treffen (s. ■ <b>Tab. 3</b> bei „30–200 ppm“)
1. Alarm	200 ppm <sup>b</sup>	Gefährdungsschwelle	1. Eigenschutzmaßnahmen treffen (s. ■ <b>Tab. 3</b> bei „200–500 ppm“) 2. Danach Patientenversorgung fortsetzen
2. Alarm	500 ppm <sup>c</sup> oder Messbereichsgrenze <sup>d</sup>	Rückzugsschwelle	Rückzug antreten ggf. nach Querlüftung Bereich erneut betreten: wenn die CO-Konzentration auf unter 500 ppm zurückgegangen ist, kann eine zügige Rettung durchgeführt werden

<sup>a</sup>Mindestens 20 ppm, höchstens 60 ppm (je nach gerätetechnischer Möglichkeit).<sup>b</sup>Mindestens 150 ppm, höchstens 300 ppm (je nach gerätetechnischer Möglichkeit).<sup>c</sup>Mindestens 400 ppm, höchstens 600 ppm; vgl. AEGL-2-Wert für 10 min: 420 ppm [6].<sup>d</sup>Der Mess- bzw. Warnbereich der verwendeten Geräte sollte mindestens bis 400 ppm reichen.

## Schlussfolgerungen

Das frühzeitige Erkennen einer Exposition ist im Fall von CO für die Einleitung der adäquaten Therapie wie auch für die Sicherheit der Einsatzkräfte von besonderer Bedeutung, da das Gas sinnlich nicht wahrgenommen werden kann und die Vergiftungssymptome zuweilen als Zeichen einer akuten internistischen Erkrankung fehlgedeutet werden. Die Feststellung einer CO-Vergiftung ist heute mittels moderner transkutaner Puls-CO-Oxymeter bereits präklinisch möglich (■ **Abb. 3**).

Die Evidenz bezüglich der Indikation und des Nutzens einer hyperbaren Sauerstofftherapie (hyperbare Oxygenation,

HBO), die weithin als Goldstandard bei der Behandlung schwerer CO-Vergiftungen angesehen wird, ist bislang gering. Die Autoren eines jüngst aktualisierten Cochrane Review [3] legen dar, dass derzeit keine definitiven Therapieempfehlungen möglich sind. Allerdings wird vermutet, dass manche Patienten, insbesondere solche mit schweren Formen der CO-Intoxikation, von einer HBO profitieren könnten (weitergehend s. [22]).

Da die Zahl einsatzbereiter Druckkammern in Deutschland seit Jahren rückläufig ist, wird die Indikationsstellung zur HBO bei CO-Intoxikationen zunehmend durch einen unverhältnismäßig hohen logistischen Aufwand eingeschränkt und auch Pa-

tienten mit schwerer CO-Vergiftung werden nur in wenigen Fällen einer Druckkammerbehandlung zugeführt [20]. Es wird empfohlen, die Entscheidung über die Zuweisung im Einzelfall in Absprache mit einem Giftinformationszentrum zu treffen [22, 23].

Nach gegenwärtigem Kenntnisstand sind die Risiken, die bei unerkannten CO-Expositionen für Patienten und Dritte (Angehörige, Nachbarn) bestehen, als hoch (lange Expositionszeit! [17, 21, 22]), das Risiko ernsthafter Gesundheitsschäden für Einsatzkräfte des Rettungsdienstes jedoch als deutlich geringer anzusehen [21].

Es ist daher zu erwarten, dass der Einsatz von CO-Warngeräten gemäß den hier beschriebenen Empfehlungen in vielen Fällen die Aufdeckung unerkannter CO-Intoxikationen und in seltenen Fällen die Warnung vor einer akuten Gefährdung an der Einsatzstelle ermöglicht.

## Fazit für die Praxis

- Zur Feststellung einer CO-Exposition stehen dem notfallmedizinischen Personal tragbare Gaswarngeräte, Puls-CO-Oxymeter und geeignet konfigurierte Blutgasanalysegeräte zur Verfügung.
- Für betroffene Patienten und Personen aus deren Umgebung bestehen erhebliche gesundheitliche Risiken durch unentdeckte CO-Expositionen.
- Gaswarngeräte können auf das Vorliegen einer CO-Exposition und die Notwendigkeit von Maßnahmen zum Schutz der Einsatzkräfte hinweisen.
- In besonders gefährdeten häuslichen Bereichen können präventiv CO-Melder dauerhaft installiert werden.
- Bei Verdacht auf eine CO-Exposition ist die Quelle der Luftkontamination zu ermitteln und umgehend eine CO-Hb-Diagnostik (Puls-CO-Oxymeter und/oder Blutentnahme für Blutgasanalyse) einzuleiten.
- Therapieziel bei CO-Vergiftungen ist die suffiziente Ventilation mit hoher Sauerstoffkonzentration.
- Bei schweren CO-Vergiftungen kann eine Druckkammerbehandlung (HBO) erwogen werden. Bei der Entscheidung und der Suche nach einem geeigneten Druckkammerzentrum unterstützen die Giftinformationszentren.

**Tab. 5** Empfohlene Warnschwellen bei zwei Alarmen und Messwertanzeige der aktuellen Konzentration

	CO-Konzentration	Bezeichnung	Verhalten
1. Alarm	30 ppm <sup>a</sup>	Aufmerksamkeitsschwelle	1. Patientenversorgung weiterführen 2. Erkundungs- und Belüftungsmaßnahmen treffen (s. <a href="#">Tab. 3</a> bei „30–200 ppm“)
Bei Überschreitung von <b>200 ppm</b> (Erfordert Beobachtung der Anzeige durch das Einsatzpersonal)			1. Eigenschutzmaßnahmen treffen (s. <a href="#">Tab. 3</a> bei „200–500 ppm“) 2. Danach Patientenversorgung fortsetzen
2. Alarm	500 ppm <sup>b</sup> oder Messbereichsgrenze <sup>c</sup>	Rückzugsschwelle	Rückzug antreten ggf. nach Querlüftung Bereich erneut betreten: wenn die CO-Konzentration auf unter 500 ppm zurückgegangen ist, kann eine zügige Rettung durchgeführt werden

<sup>a</sup>Mindestens 20 ppm, höchstens 60 ppm (je nach gerätetechnischer Möglichkeit). <sup>b</sup>Mindestens 400 ppm, höchstens 600 ppm; vgl. AEGl-2-Wert für 10 min: 420 ppm [6]. <sup>c</sup>Der Messbereich der verwendeten Geräte sollte mindestens bis 400 ppm reichen.

**Tab. 6** Empfohlene Warnschwellen bei zwei Alarmen ohne Messwertanzeige der aktuellen Konzentration

	CO-Konzentration	Bezeichnung	Verhalten
1. Alarm	60 ppm <sup>a</sup>	Gefährdungsschwelle <sup>b</sup>	1. Eigenschutzmaßnahmen treffen (s. <a href="#">Tab. 3</a> bei „30–200 ppm“) 2. Danach Patientenversorgung fortsetzen
2. Alarm	500 ppm <sup>c</sup> oder Messbereichsgrenze <sup>d</sup>	Rückzugsschwelle	Rückzug antreten ggf. nach Querlüftung Bereich erneut betreten: wenn die CO-Konzentration auf unter 500 ppm zurückgegangen ist, kann eine zügige Rettung durchgeführt werden

<sup>a</sup>Mindestens 30 ppm, höchstens 100 ppm (je nach gerätetechnischer Möglichkeit). <sup>b</sup>Sehr frühzeitige Warnung (vgl. [Tab. 4](#)). <sup>c</sup>Mindestens 400 ppm, höchstens 600 ppm; vgl. AEGl-2-Wert für 10 min: 420 ppm [6]. <sup>d</sup>Der Mess- bzw. Warnbereich der verwendeten Geräte sollte mindestens bis 400 ppm reichen.

## Korrespondenzadresse

### Dr. G. Kaiser

Giftinformationszentrum-Nord,  
Universitätsmedizin Göttingen  
Robert-Koch-Straße 40, 37075 Göttingen  
gkaiser@giz-nord.de

**Danksagung.** Die Autoren danken Dr. Wolfgang Lenz (Gelnhausen) und Brandoberamtsrat Jens Rönfeldt (Darmstadt) für die kritische Begleitung der Entwicklung der Handlungsempfehlungen sowie Dr. Herbert Desel (Göttingen) für die Durchsicht des Manuskripts.

## Einhaltung der ethischen Richtlinien

**Interessenkonflikt.** G. Kaiser und D. Müller geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

## Literatur

- American Industrial Hygiene Association (Hrsg) (2013) Emergency response planning guidelines. <http://www.aiha.org/get-involved/AIHAGuidelineFoundation/EmergencyResponsePlanningGuidelines/Pages/default.aspx>. Zugegriffen: 20.10.2013
- Ausschuss Feuerwehrangelegenheiten, Katastrophenschutz und zivile Verteidigung (Hrsg) (2012) Feuerwehr-Dienstvorschrift 500. Einheiten im ABC-Einsatz. Kohlhammer, Stuttgart

- Deutscher Feuerwehrverband (2012) Rahmenempfehlung zu Einsätzen bei Verdacht auf einen CO-Notfall innerhalb von Räumlichkeiten. Fachempfehlung Nr. 04/2012. [http://www.feuerwehrverband.de/fileadmin/dfv/Dateien/Fachthemen/FB\\_Einsatz\\_Loeschmittel\\_und\\_Umweltschutz/DFV-Fachempfehlung\\_Einsatzstrategien\\_CO-Notfall.pdf](http://www.feuerwehrverband.de/fileadmin/dfv/Dateien/Fachthemen/FB_Einsatz_Loeschmittel_und_Umweltschutz/DFV-Fachempfehlung_Einsatzstrategien_CO-Notfall.pdf). Zugegriffen: 01.01.2013
- Eckardt J, Seliger U, Keutel K et al (2010) Tödliche verlaufende Kohlenstoffmonoxidintoxikationen. Betreiben verschiedener Kohlegrills in geschlossenen Räumen. Rechtsmedizin 21:116–123
- Feuerwehr Wiesbaden (2012) Gefährdung durch Kohlenmonoxid im Einsatz. Empfehlungen zur Ausstattung und Einsatztaktik. [http://www.wiesbaden112.de/?page\\_id=6469](http://www.wiesbaden112.de/?page_id=6469). Zugegriffen: 01.01.2013
- Gefahrstoffverordnung vom 26. November 2010 (BGBl. I S. 1643, 1644), zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 15.07.2013 (BGBl. I S. 2514)
- Giftinformationszentrum-Nord (Hrsg) (2013) Kohlenstoffmonoxid-Warngeräte im Rettungsdienst. <http://www.giz-nord.de/cms/index.php/informationen-zur-therapie-von-vergiftungen/-461-kohlenstoffmonoxid-warngeräte-im-rettungsdienst.html>. Zugegriffen: 19.02.2013
- Goldbaum LR (1976) Is carboxyhemoglobin concentration the indicator of carbon monoxide toxicity? In: Legal medicine annual nineteen seventy-six. Appleton, New York, S 163–170
- Hampson NB, Piantadosi CA, Thom SR, Weaver LK (2012) Practice recommendations in the diagnosis, management and prevention of carbon monoxide poisoning. Am J Respir Crit Care Med 186:1095–1101
- Hessisches Ministerium des Innern und für Sport, Hessisches Sozialministerium (Hrsg) (2013) Leitfaden CO-Einsatz – Schutz von Einsatzkräften (Feuerwehr und Rettungsdienst) bei Einsätzen mit erhöhtem Kohlenstoffmonoxidgehalt in der Atmosphäre. [http://verwaltung.hessen.de/irj/HMdl\\_Internet?cid=2b732216a9b154be2f93a3a980515253](http://verwaltung.hessen.de/irj/HMdl_Internet?cid=2b732216a9b154be2f93a3a980515253). Zugegriffen: 30.10.2013
- Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (Hrsg) GESTIS International Limit values. <http://limitvalue.ifa.dguv.de>. Zugegriffen: 06. Nov. 2013
- Kaiser G (2011) Die Akutbehandlung schwerer Brandrauchvergiftungen. Notfall Rettungsmed 14(Suppl 1):26
- Kaiser G (2013) Kohlenmonoxidintoxikation – Eine (neue?) Herausforderung für die Notfallmedizin. Anästhesiologie und Intensivmedizin 54:S26
- Kaiser G, Schaper A (2012) Akute Kohlenmonoxidvergiftung. Notfall Rettungsmed 15:429–435
- Kaiser G, Schaper A (2013) Vergiftungsnotfälle: Beratung und Unterstützung durch die Giftinformationszentren. BOS-Leitstelle aktuell 3:8–12
- Peterson JE, Stewart RD (1975) Predicting the carboxyhemoglobin levels resulting from carbon monoxide exposures. J Appl Physiol 39:633–638
- Presseinformationen des BfR 18/2009 (17.07.2009), 03/2010 (03.02.2010) und 19/2011 (23.06.2011). <http://www.bfr.bund.de/de/presseinformationen.html>. Zugegriffen: 10.10.2013
- Strahlenschutzverordnung vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714; 2002 I S. 1459), zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 7 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212)
- Tikuisis P, Madill RD, Gill BJ et al (1987) A critical analysis of the use of the CFK equation in predicting COHb formation. Am Ind Hyg Assoc J 48:208–213
- Tyuma I, Ueda Y, Imaizumi K, Kosaka H (1981) Prediction of carbon monoxyhemoglobin levels during and after carbon monoxide exposures in various animal species. Jpn J Physiol 31:131–143
- Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e. V. (Hrsg) (2005) Bewertung von Schadstoffkonzentrationen im Feuerwehreinsatz (vfdB-Richtlinie 10-01). VdS-Verlag, Bonn
- Zilker T (2008) Klinische Toxikologie für die Notfall- und Intensivmedizin, 1. Aufl. UNI-MED, Bremen
- Buckley NA, Juurlink DN, Isbister G et al (2011) Hyperbaric oxygen for carbon monoxide poisoning. Cochrane Database Syst Rev 4:CD002041. doi:10.1002/14651858.CD002041.pub3
- Bundesministerium für Arbeit und Soziales (Hrsg) (2012) Technische Regeln für Gefahrstoffe: Arbeitsplatzgrenzwerte (TRGS 900). <http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/TRGS-900.html>. Zugegriffen: 05.11.2013
- Bundesministerium für Arbeit und Soziales (Hrsg) (2013) Technische Regeln für Gefahrstoffe: Biologische Grenzwerte (TRGS 903). <http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/TRGS-903.html>. Zugegriffen: 05.11.2013
- o A (2010) Carbon Monoxide Acute Exposure Guideline Levels. In: Committee on Acute Exposure Guideline Levels (Hrsg) Acute exposure guideline levels for selected airborne chemicals, Bd 8. S 49–143. [http://www.epa.gov/oppt/aegl/pubs/carbon\\_monoxide\\_final\\_volume8\\_2010.pdf](http://www.epa.gov/oppt/aegl/pubs/carbon_monoxide_final_volume8_2010.pdf). Zugegriffen: 20.10.2013
- Coburn RF, Forster RE, Kane PB (1965) Considerations of the physiological variables that determine the blood carboxyhemoglobin concentration in man. J Clin Invest 44:1899–1910
- Deters M, Koch I, Ganzert M et al (2011) Kohlenmonoxidvergiftungen durch Grillen in Innenräumen – Mitteilungen an die deutschsprachigen Giftinformationszentren und das Bundesinstitut für Risikobewertung Berlin. Arch Kriminol 227:102–108
- Deutsche Forschungsgemeinschaft (Hrsg) (1988) Photometrische Bestimmung von Carboxy-Hämoglobin (CO-Hb) im Blut. Mitteilung der Senatskommission für Klinisch-Toxikologische Analytik. VCH, Weinheim
- Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin (2011) S1-Leitlinie Arbeit unter Einwirkung von Kohlenoxid (Kohlenmonoxid). <http://www.awmf.de>. Zugegriffen: 16.01.2013