



Eine brandgefährliche Kombi: HCN und CO

Rauch, der bei Gebäudebränden entsteht, enthält viele gefährliche Gase, die für die Einsatzkräfte gefährlich werden können – darunter Kohlenmonoxid (CO) und Cyanwasserstoff (Blausäure, HCN). Was Sie über die ›Toxic Twins‹ wissen sollten.



CO und HCN, im angelsächsischen Raum bei Fachleuten als die ›Toxic Twins‹ berüchtigt, bilden eine chemische Verbindung mit erstickender Wirkung. Ihr Einatmen kann in der akuten Situation zum Herzstillstand führen und noch Jahrzehnte später zu Krebs-erkrankungen.

Da die Schädlichkeit von Kohlenmonoxid und Cyanwasserstoff zusammengenommen exponentiell größer ist als die der Einzelgase für sich genommen, ist es nicht ausreichend, bei einem Inneneinsatz die Gase mit ihren jeweiligen Alarmschwellen separat zu messen.

Dieser Artikel erklärt, warum die Gefahr einer CO- und HCN-Exposition heutzutage so hoch ist. Er untersucht die Progressionswirkung der beiden Gase im Körper und stellt bewährte Verfahren vor, um Feuerwehrleute im Einsatz zu schützen. Dazu gehört auch eine neue Gasüberwachungstechnologie, die CO und HCN gleichzeitig messen und so schneller vor dem gleichzeitigen Auftreten beider Gase warnen kann.

Hintergrund

In den 1970er Jahren erkannten Feuerwehren, wie gefährlich die Inhalation giftiger Gase aus Brandrauch ist. Kurze Zeit später wurden Brandermittler auf die Gefahr giftiger Gase aufmerksam, die bei Innenangriffen auftreten können. Heutzutage weiß man zunehmend mehr darüber, welche Langzeitriskien mit toxischen Gasen verbunden sind – beispielsweise Krebserkrankungen.

In der Vergangenheit bestanden Wohnungseinrichtungen vorwiegend aus natürlichen Materialien wie Baumwolle, Wolle und

Holz. Ab den 1960er Jahren wurden in der Produktion zunehmend auch Kunststoffe verarbeitet. Heute bestehen Möbel, Teppichböden und Heimtextilien, die Kleidungsstücke, elektronischen Geräte und Baustoffe in gewöhnlichen Wohnhäusern oder Bürogebäuden überwiegend aus synthetischen Materialien. Isolierstoffe – ob gerollt oder als Spritzschaum – produzieren beim Verbrennen große Mengen von HCN und anderen Giftstoffen.

Weil Kunststoffe heißer brennen und schneller durchzündeln als natürliche Materialien, beschleunigen sie auch die Freisetzung von Cyanwasserstoff. Die Strahlungswärme der Feuerquelle erhitzt die Materialien in der Umgebung, und das führt zu sogenannten Pyrolyseprozessen, bei denen die schwelenden Stoffe toxische Gase verströmen, bevor sie sich entzünden.

Ein tragisches Beispiel dafür war der Brand des Nachtclubs ›The Station‹ in der amerikanischen Kleinstadt West Warwick, Rhode Island, am 20. Februar 2003. Beim Auftritt einer Band kamen damals zwei pyrotechnische Geräte zum Einsatz. In einer exothermen Reaktion erzeugten sie einen 15-sekündigen Funkenregen, der sich über 4,50 Meter weit in den Raum erstreckte. Die Funken setzten Schaumstoffplatten in Brand, die zur Schalldämpfung rund um die Bühne und an den Wänden des Clubs angebracht waren. Schon die ersten Flammen ließen die Temperatur im Raum ansteigen, und durch die Pyrolyseprozesse am Schaumstoff entstanden enorme Mengen cyanhaltigen Rauchs.

Spätere Untersuchungen des Unglücks und eine Simulation des amerikanischen National Institute of Standards and Technology (NIST) zeigten, dass das Gebäude nicht mit einer ausreichenden Sprinkleranlage ausgerüstet war. So konnten sich die entstehenden Gase ungehindert ausbreiten, und binnen 90 Sekunden wurde der Bühnenraum zur tödlichen Falle. Viele der 462 Anwesenden wurden von den HCN- und CO-Gasen im Rauch überwältigt, bevor sie den Raum verlassen konnten. 100 Menschen verloren ihr Leben, mehr als 200 wurden verletzt oder erlitten schwere Verbrennungen.

Wo Rauch ist, sind auch giftige Gase

Die häufigste Todesursache bei Wohnungsbränden sind nicht Brandverletzungen, sondern Rauchvergiftungen. Eine Studie der amerikanischen National Fire Protection Association (NFPA) aus dem Jahr 2011 zeigt, dass Menschen bei Wohnungsbränden achtmal häufiger durch Rauchinhalation ums Leben kommen als durch Verbrennung.

Bei einem Brand sinkt der Sauerstoffgehalt der Luft, und sie enthält mit hoher Wahrscheinlichkeit Kohlenmonoxid und weitere giftige Stoffe.

Brandrauch erzeugt Giftstoffe, unabhängig von seiner Dichte, Farbe oder Bewegung. Es ist nicht möglich, vom Aussehen des Rauchs abzuleiten, wie toxisch er ist. Dass schwerer, unruhiger Rauch Giftstoffe enthält, ist offensichtlich – aber heller Rauch oder Dunst kann genauso giftig sein.

Feuerwehrleute sind schädlichen Substanzen sowohl mit der Haut als auch den Atemwegen ausgesetzt. Die Lunge nimmt Giftstoffe jedoch 300-mal schneller auf als die Haut.

HCN – der stille Killer

Die Gefährlichkeit von Kohlenmonoxid ist seit vielen Jahren bekannt. Feuerwehrleute sind darauf trainiert, die Symptome einer Kohlenmonoxidvergiftung zu erkennen – Kopfschmerzen, Übelkeit und Schläfrigkeit. Kohlenmonoxid kann in hohen Konzentrationen tödlich sein. Das Auftreten von Cyanwasserstoff dagegen übersieht man leicht. Cyanwasserstoff wird eher mit Chemiewaffen oder Gefahrstoffszenerarien in Verbindung gebracht.

Die Forschung zeigt jedoch, dass ein Großteil der vielen tausend Brandopfer pro Jahr auf die Einwirkung von Cyanwasserstoff zurückzuführen ist. Wie Studien belegen, kann HCN in Brandrauch bis zu 35-mal giftiger sein als CO.

CO-KONZENTRATION IN DER LUFT	VOL%	VERGIFTUNGSSYMPTOME
35 ppm	0,0035	Maximale Arbeitsplatzkonzentration während einer 8-Stunden-Schicht
200 ppm	0,02	Leichte Kopfschmerzen innerhalb von 2 bis 3 Stunden
400 ppm	0,04	Kopfschmerzen im Stirnbereich innerhalb von 2 bis 3 Stunden, die sich nach 2,5 bis 3,5 Stunden auf den gesamten Kopf ausweiten
800 ppm	0,08	Schwindel, Übelkeit und Gliederzucken innerhalb von 45 Minuten, Koma innerhalb von 2 Stunden
1.600 ppm	0,16	Schwindel, Übelkeit und Gliederzucken innerhalb von 20 Minuten, eintretender Tod innerhalb von 2 Stunden
3.200 ppm	0,32	Schwindel, Übelkeit und Gliederzucken innerhalb von 5 bis 10 Minuten, Tod innerhalb von 30 Minuten
6.400 ppm	0,64	Schwindel, Übelkeit und Gliederzucken innerhalb von 1 bis 2 Minuten, Tod innerhalb von 10 bis 15 Minuten
12.800 ppm	1,28	Tod innerhalb von 1 bis 3 Minuten

HCN-KONZENTRATION IN DER LUFT	VOL%	VERGIFTUNGSSYMPTOME
2,1 ppm	0,00021	Maximale Arbeitsplatzkonzentration während einer 8-Stunden-Schicht
2 bis 4 ppm	0,0004	Wahrnehmungsschwelle
4,7 ppm	0,00047	NIOSH REL: STEL
10 ppm	0,001	OSHA PEL: TWA
20 bis 40 ppm	0,004	Leichte Symptome nach mehreren Stunden
45 bis 54 ppm	0,0054	Sofort- und Folgeschäden innerhalb einer Stunde
100 bis 200 ppm	0,02	Tödlich nach 30 bis 60 Minuten
300 ppm	0,03	Sofort tödlich

Der Kurzzeit-Expositionsgrenzwert (TLV-STEL) des amerikanischen National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) für Cyanwasserstoff beträgt 4,7 ppm – Konzentrationen oberhalb dieses Wertes sollte ein Arbeiter nicht ausgesetzt sein (gemittelt über 15 Minuten). Expositionen dieser Art dürfen nicht häufiger als viermal pro Tag auftreten. Die American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) definiert 4,7 ppm sogar als Expositionsobergrenze, die grundsätzlich nicht überschritten werden sollte.

In Untersuchungen zeigte sich jedoch, dass bei Gebäudebränden HCN-Werte von 200 ppm üblich sind – eine Konzentration, die nach 30 bis 60 Minuten tödlich ist.

Früher glaubte man, es reiche aus, Menschen mit CO-/HCN-Vergiftung einfach aus dem verrauchten Bereich an die frische Luft zu bringen – dort würden die aufgenommenen Toxine durch saubere Luft ersetzt werden. Heute weiß man, dass Giftstoffe lange im Körper gespeichert bleiben und nur schwer zu verdrängen sind. Krebs ist heute die Nr. 1 unter den langfristig wirkenden Ursachen für berufsbedingte Todesfälle bei Feuerwehrleuten.

FAKTEN ÜBER HCN

- HCN ist 35-mal giftiger als CO.
- HCN kann über die Haut absorbiert werden und über Inhalation oder Einnahme in den Körper gelangen. Es wirkt auf Herz und Gehirn.
- HCN behindert die Beatmung und kann Herzinfarkte oder einen Herzstillstand verursachen.
- HCN kann Orientierungslosigkeit oder irrationales Verhalten verursachen, die Handlungsfähigkeit einschränken und die Fähigkeit zur Selbstrettung und die Fremdrettung behindern.
- HCN kann Menschen binnen kurzer Zeit außer Gefecht setzen.

Wenn Feuerwehrleute nach einem Einsatz über Schwindel, Schwäche und Herzrasen klagen, könnten das die Auswirkungen einer HCN-Vergiftung sein. Es ist anzunehmen, dass zahlreiche Herzinfarkte oder Herzstillstände unter Feuerwehrleuten auf HCN-Expositionen zurückzuführen sind.

Cyanwasserstoff hat zudem einen narkotischen Effekt und kann irrationales Verhalten verursachen. Unter Umständen führt das dazu, dass Feuerwehrleute oder Brandopfer riskante oder gar lebensbedrohliche Entscheidungen treffen.



Was HCN im Körper bewirkt

HCN greift schwer schädigend in unsere Atmungskette ein, indem es die aerobe Atmung in jeder Körperzelle hemmt. Normalerweise stellt der Körper während der aeroben Atmung Nährstoffe für Schlüsselenzyme bereit, die unsere wesentlichen Körperfunktionen ermöglichen. Wird Cyanwasserstoff inhaliert, bindet er sich mit hoher Affinität an das wichtige Enzym der Atmungskette Cytochrom-c-Oxidase. Dadurch wird der aerobe Atemweg abgeschaltet. Infolgedessen reichern sich Laktatazidose und anderen toxische Substanzen in Geweben und Organen an. Das bedeutet, dass den Zellen kein Sauerstoff mehr zur Verfügung steht – es kommt zum sogenannten inneren Erstickten.

Atmen Menschen bei einem Brand Cyanwasserstoff in Verbindung mit Rauch ein, drohen kognitive Störungen und Schläfrigkeit – das kann ihre Fähigkeit, sich selbst zu retten oder bei Rettungseinsätzen mitzuwirken, beeinträchtigen. Niedrige Zyanidkonzentrationen (oder eine einsetzende Vergiftung durch hohe Konzentrationen) führen zu Schwindelgefühlen, Verwirrung, geröteter Gesichtsfarbe, Angst, Schweißausbrüchen, Kopfschmerzen, Schläfrigkeit und schneller Atmung. Höhere HCN-Konzentrationen schädigen Herz, Atmung und Kreislauf. Dadurch kann es zu Ohnmacht, Zittern, Herzrhythmusstörungen (oft auch mit Verzögerung noch zwei bis drei Wochen nach dem Brand), Koma, Atemdepression, Atemstillstand und Herz-Kreislauf-Kollaps kommen.

Leider gibt es keinen Schnelltest, der Verletzten an Ort und Stelle verabreicht werden könnte, um sofort eine mögliche HCN-Intoxikation zu überprüfen. Deshalb sollten Feuerwehrleute aufmerksam darauf achten, ob ihre Kollegen eine HCN-Vergiftung erlitten haben könnten – noch am Einsatzort und später auf der Feuerwache. Erkennt man signifikante Anzeichen einer HCN-Vergiftung, sollten umgehend Gegenmittel verabreicht werden, um die Erholung zu beschleunigen.

SYMPTOME EINER HCN-VERGIFTUNG

Husten und Auswurf mit Kohlespuren

Rußspuren oder Verbrennungen um Mund und Nase

Kurzatmigkeit, Engegefühl in der Brust, Kopfschmerzen

Vereinzelt: Atem riecht nach Bittermandel

Herzprobleme

Desorientierung, evtl. Verhaltensauffälligkeiten

Schläfrigkeit

Evtl. hellrote Hautverfärbung (bei längerer Exposition)

Lethargie

Schwäche



Behandlung eines potenziellen HCN-Patienten

Cyanwasserstoff im Brandrauch kann in kurzer Zeit tödlich wirken. Um Menschenleben zu retten, ist es entscheidend, das gefährliche Gas schnell zu entdecken und davor zu warnen.

Zur Erstversorgung einer Person, die eine Vergiftung mit Cyanwasserstoff erlitten hat, gehört es, sie von der Gefahrstoffquelle zu entfernen. Dann kann 100-prozentiger Sauerstoff verabreicht und, wenn erforderlich, eine Herz-Lungen-Massage durchgeführt werden.

In Frankreich wird seit zehn Jahren mit sehr gutem Erfolg ein neues Gegenmittel namens Hydroxocobalamin eingesetzt. Dieses ist speziell für die Verabreichung direkt am Einsatzort oder

im Krankenhaus zur Behandlung akuter HCN-Vergiftungen entwickelt worden. Hydroxocobalamin neutralisiert Cyanwasserstoff, indem es sich mit ihm zu Cyanocobalamin (Vitamin B12) verbindet. Dieses wird dann mit dem Urin ausgeschieden. Hydroxocobalamin beeinträchtigt nicht die Fähigkeit des Bluts, Sauerstoff zu transportieren.

Vorsicht vor sekundärer HCN-Exposition

Feuerwehrleute sollten wissen, dass weiches Körpergewebe wie ein Schwamm funktioniert – deshalb absorbiert es die bei einem Brand entstehenden Gefahrstoffe. Wenn Verletzte aus der kontaminierten Umgebung gerettet werden, setzt in ihrem Körper sofort ein Reinigungsprozess ein, der die schädlichen Stoffe wieder nach außen transportiert. Auf diese Weise könnten auch die Rettungskräfte mit HCN und vielen anderen gefährlichen Chemikalien in Kontakt kommen – das führt zur Gefahr einer sogenannten ›sekundären Exposition‹.

Auch noch einige Zeit, nachdem das Opfer ins Krankenhaus transportiert wurde – etwa bei der Rückkehr zur Feuerwache – können sich bei den Rettungskräften Symptome wie Kopfschmerzen, Übelkeit, Erbrechen und ähnliches bemerkbar machen. Das kann eine Reaktion auf den Stress während des Einsatzes sein. Ebenso wahrscheinlich ist jedoch, dass die Symptome Folge einer Exposition von Gefahrstoffen wie HCN und Kohlenmonoxid sind.



Wie können sich Feuerwehrleute schützen?

Da Feuerwehrleute im Einsatz den Kontakt mit toxischen Stoffen wie HCN und CO nicht vollständig vermeiden können, sollten sie sich durch die Einhaltung folgender Regeln schützen.

- Persönliche Schutzausrüstung tragen: Das sollte für jeden Feuerwehrmann eine Selbstverständlichkeit sein – auch wenn es manchmal Kraft und Aufwand erfordert.
- Toxische Gase überwachen: Integrieren Sie die Gasüberwachung in Ihre Standardprozesse.
- Schwere Atemschutz tragen: Lassen Sie Ihre Atemschutzmaske aufgesetzt, bis Sie sicher sein können, wieder saubere Luft zu atmen. Sorgen Sie dafür, dass umluftunabhängiger Atemschutz für alle Einsatzkräfte verfügbar ist.
- Zeitnah duschen: Eine Dusche innerhalb von einer Stunde reduziert die Kontamination mit Toxinen um 90 Prozent. Wer damit bis zum Schichtende wartet, riskiert eine 100-prozentige Exposition und trägt nicht dazu bei, das Krebsrisiko zu reduzieren.
- Richtig dekontaminieren: Beachten Sie bei der Wiederaufbereitung Ihrer Schutzausrüstung die geltenden Vorschriften und die Pflegehinweise des Herstellers.
- Aufeinander achten: Seien Sie wachsam, ob sich bei Kollegen Vergiftungssymptome zeigen: direkt am Einsatzort, aber auch später in der Feuerwache.
- Ausbilden und trainieren: Richten Sie ein Trainingsprogramm ein, das über die Gefährlichkeit von Cyanwasserstoff aufklärt.

Neue Technologie warnt frühzeitig vor den ›Toxic Twins‹

Die Forschung zeigt, dass die Kombination von CO und HCN tatsächlich schädlicher ist als die Exposition gegenüber einem der beiden Gase für sich genommen. Wenn beide Gase zusammen eingeatmet werden, haben sie einen toxisch-synergetischen Effekt: CO verhindert, dass Sauerstoff in die lebenswichtigen Organe gelangt, HCN greift das zentrale Nervensystem und das Herz-Kreislauf-System an und kann so Desorientierung verursachen und die Handlungsfähigkeit beeinträchtigen. Aus diesem Grund ist die Messung der einzelnen Gase mit ihren jeweiligen Alarmschwellen nicht ideal.

Dräger, seit über 125 Jahren führender Anbieter von hochwertigen Sicherheitsausrüstungen für die Feuerwehr, hat speziell für die ›Toxic Twins‹ eine neue Signalverarbeitungstechnologie eingeführt, die Schutz gegen die Kombination CO und HCN bietet. Die Standardeinstellung der Alarmschwellen für CO liegt bei 30-35 ppm (A1) und 50–60 ppm (A2); für HCN bei 1,9–2,5 ppm (A1) und 3,8–4,5 ppm (A2).

Bisher war Stand der Technik, CO und HCN separat zu behandeln und zu messen – das heißt, es wurde keine Anpassung vorgenommen, wenn beide Gase zugleich auftraten. Man analysierte jedes Überschreiten der Alarmschwelle separat. Bei diesem Verfahren wurde jedoch dem toxisch-synergetischen Effekt nicht genügend Aufmerksamkeit geschenkt.

Die neue ›Toxic Twins‹-Signalverarbeitung dagegen misst die Gaswerte gleichzeitig und addiert sie. Ein Alarm wird durch die Skalierung der Konzentration beider Substanzen ausgelöst.

Dräger hat die ›Toxic Twins‹-Funktion in die mit Firmware 7.0 oder späteren Versionen ausgestatteten Gaswarngeräte Dräger X-am® 5000 und 5600 integriert. In den USA ist diese Dräger-Technologie für die toxischen Substanzen CO und HCN patentiert (Pub Nr. US2014 / 0284222 A1).



ZUSAMMENFASSUNG

Die innovative ›Toxic Twins‹-Funktion erhöht die Sicherheit von Feuerwehrleuten auf Grundlage wissenschaftlicher, in den USA durchgeführter Forschung. Mit der neuen Technologie bietet Dräger Einsatzkräften die größtmögliche Sicherheit gegenüber dem toxisch-synergetischen Effekt von Cyanwasserstoff und Kohlenmonoxid.

IMPRESSUM

DEUTSCHLAND
Dräger Safety AG & Co. KGaA
Revalstraße 1
23560 Lübeck

www.draeger.com

.....

QUELLEN:

.....

Stefanidou, M., S. Athanasis, and C. Spiliopoulou, Health Impacts of Fire Smoke Inhalation. Rep. N.p.: Informa Healthcare, 2008. Gedruckt.

National Fire Protection Association, Fatal Effects of Fire, John R. Hall, Jr., März 2011.

Baud, F., Barriot P., Toffis V., et al. Elevated blood cyanide concentrations in victims of smoke inhalation, N Engl J Med. 1991; 325: 1761-1766.

Guidotti, T., Acute cyanide poisoning in prehospital care: new challenges, new tools for intervention, Prehosp Disaster Med. 2006; 21(2):S40-S48.

Tuovinen, H., Blomqvist, P., Modeling of hydrogen cyanide formation in room fires. Brandforsk project 321-011. SP Report 2003:10. Böras, Sweden: SP Swedish National Testing and Research Institute; 2003.

Cyanide: New Concerns for Firefighting and Medical Tactics, Juni 2009, Richard Rochford, PBI Performance Products newsletter.

Health Hazard Manual for Firefighters (NJ: Brown, 1990, S. 21-22)