

Brennt nicht, riecht nicht,
kühlt gut und kann zum
Vergiftungstod führen:
UN 1845 - Trockeneis.

Behälter nur für TrockenEis
... Bitte sauberhalten ...



Tödliche Gefahr

GRENZWERTIG Trockeneis unterliegt nicht den Gefahrgutvorschriften im Straßenverkehr – sofern es nicht als Kühlmittel eingesetzt wird. Die Gefährdung für den Fahrer hängt dabei von mehreren Parametern ab.

Keine gute Luft: „Ich bin losgefahren und nach knapp einer Stunde wurde mir übel, ich bekam Kopfschmerzen und konnte nicht mehr richtig atmen. Da erst ist mir eingefallen, dass ich Transportgut mit einer größeren Menge Trockeneis geladen hatte. Ich hielt sofort an, öffnete alle Fenster und Türen und verließ das Fahrzeug. Es ging mir dann nach einiger Zeit wieder besser.“

„Mir ist schon mal schummrig geworden, als ich nach längerer Fahrt in meinem Transporter die Tür aufmachte und sofort den Laderaum betrat.“

Das sind zwei Originalaussagen von Fahrern eines Transportunternehmens, welches viel medizinisches Transportgut mit Trockeneis befördert. Da durchaus ein Gefährdungspotenzial besteht, hat man seitens des Gesetzgebers gehandelt und neue Vorschriften erlassen.

Mit dem ADR 2013 wurden für den Straßenverkehr gemäß ADR erstmals Regelungen für den Transport von Kältemitteln eingeführt. Der Abschnitt 5.5.3 regelt seitdem die Kennzeichnung von Versandstücken mit Kältemitteln sowie die Kennzeichnung von Fahrzeugen, die solche Versandstücke transportieren.

Dies betrifft nicht nur Gefahrguttransporte, sondern auch Transporte anderer Güter wie Lebensmittel.

Dieser Beitrag beschäftigt sich mit der am häufigsten vorkommenden Variante der Kältemittel, dem Trockeneis unter dem Aspekt einer Risikoabschätzung.

Trockeneis ist festes Kohlendioxid, welches direkt vom festen in den gasförmigen Zustand übergeht, Sublimation genannt. Es hat eine Temperatur von minus 78,5 Grad Celsius (°C), daher sind auch Kaltverbrennungen möglich.

Beim Verdampfen erhöht sich das Volumen um das 700-Fache, daher kann sich im Laderaum durchaus auch bei geringen Mengen an Trockeneis eine gefährliche Konzentration bilden. Da die Sublimation bei Raumtemperatur relativ langsam erfolgt, ist erst bei längeren Fahrten oder längerem Abstellen des Fahrzeugs mit erhöhten CO₂-Konzentrationen zu rechnen. In unserer normalen Atemluft ist auch CO₂ enthalten, allerdings in sehr niedriger Konzentration von 0,035 Prozent. Dieses wird benötigt, um die Lungenfunktion und den Stoffwechsel zu steuern. In der ausgeatmeten Luft liegt der CO₂-Anteil deutlich höher, bei circa vier Prozent.

Gefährdung durch Trockeneis

Höhere CO₂-Konzentrationen in der Atemluft können zu folgenden Symptomen führen (Quelle: GESTIS-Stoffdatenbank der Berufsgenossenschaften):

- › **ca. 0,5 bis 1 Vol.-%:** Bei nur kurzzeitiger Einatmung werden Körperfunktionen generell noch nicht besonders beeinträchtigt.
- › **ca. 2 bis 3 Vol.-%:** Das Atemzentrum wird zunehmend gereizt, die Atmung intensiviert und die Pulsfrequenz steigt.
- › **ca. 4 bis 6 Vol.-%:** Vorgenannte Beschwerden treten verstärkt auf. Es kommt zu Durchblutungsproblemen im Gehirn mit Schwindelgefühl, Kopfschmerzen, Brechreiz und Ohrensausen.



Trockeneis dient u.a. als Kühlmittel. Es sublimiert rückstandsfrei bei -78 Grad Celsius.

- › **ca. 8 bis 10 Vol.-%:** Vorgenannte Beschwerden treten verstärkt auf bis hin zu Krämpfen und Bewusstlosigkeit.
- › **ab 10 Vol.% Exposition 1,5 - 7 Minuten:** starke Aktivierung der Herztätigkeit, Kopfschmerz, Schwindel, erweiterte Pupillen, muskuläre Schüttelkrämpfe;
- › **ab 10 Vol.% Exposition 10 - 20 Minuten:** Bewusstseinsverlust; Tod

Die Vergiftung ist das Problem

Die Gefahr durch höhere CO₂-Konzentrationen liegt nicht darin begründet, dass Luftsauerstoff verdrängt wird, sondern in der toxischen Reaktion, die im Körper hervorgerufen wird.

Im ADR 2015 war unter anderem folgender neue Absatz 5.5.3.1.5 vorgesehen, vorab bereits von vielen Staaten in Form der multilateralen Vereinbarung M260 umgesetzt: *Die Unterabschnitte 5.5.3.6 und 5.5.3.7 finden nur dann Anwendung, wenn eine tatsächliche Erstickungsgefahr im Fahrzeug oder Container besteht. Den betroffenen Beteiligten obliegt es, dieses Risiko unter Berücksichtigung der von den für die Kühlung oder Konditionierung verwendeten Stoffen ausgehenden Gefahren, der Menge der zu befördernden Stoffe, der Dauer der Beförderung und der zu verwendenden Umschließungsarten zu beurteilen. In der Regel ist davon auszugehen, dass von Versandstücken, die Trockeneis (UN 1845) als Kühlmittel enthalten, kein diesbezügliches Risiko ausgeht.* Der letzte Satz wurde bei der letzten WP.15-Sitzung der UN im Mai 2014 wieder gestrichen, da es zwischenzeitlich zu



Trockeneisladung mit Todesfolge. Die Klimaanlage hatte wohl das sublimierte CO₂ nur umgewälzt.

tödlichen Unfällen im Zusammenhang mit der Beförderung von Trockeneis gekommen ist. Einer davon ereignete sich in Deutschland, bei dem ein Gastronom aus Wiesbaden ums Leben kam.

Die Möglichkeit, auf Basis einer Gefährdungsbeurteilung zu ermitteln, ob die Vorschriften überhaupt anzuwenden sind, bleibt bestehen. Dies ist in der Praxis nicht so einfach durchzuführen, da es mehrere Parameter gibt, die zu berücksichtigen sind. Dazu zählen unter anderem die Transportmenge, die Transportdauer, die Beschaffenheit der Behälter und die Luftwechselrate der Fahrzeuge.

Ermittlung durch Versuchsreihen

Um eine einfache Abschätzung vornehmen zu können, haben wir bei einem Kunden zunächst einen Versuch mit den dort verwendeten Transportboxen durchgeführt, die durchaus als typisch angesehen werden können.

Verschiedene Boxen wurden mit Trockeneis gefüllt und die Zeit, nach dem das gesamte Trockeneis sublimiert war, wurde gemessen. Daraus wurde eine Sublimationsrate ermittelt, die bei circa acht Liter pro Stunde und pro Kilogramm Trockeneis liegt.

Da verlässliche Luftwechselraten von Fahrzeugen nicht zu bekommen waren, habe ich eine Worst-Case-Betrachtung durchgeführt, die von einer Luftwechselrate von Null ausgeht. Das bedeutet, die Berechnungsformel geht von einer vollständigen Anreicherung des CO₂ in der Atemluft aus.

Für die Berechnung habe ich mehrere Möglichkeiten der Fahrzeugauswahl vorgesehen, vom PKW-Kombi bis zum Sattelauflieger. Die Eingabeparameter sind neben der Fahrzeugauswahl nur die Menge an Trockeneis in Kilogramm sowie die voraussichtliche Transportdauer. Als Ausgabe wird die CO₂-Konzentration am Ende des Transportes ausgegeben, die dann wiederum ein Indikator ist für die Entscheidung „Gefährdung ja oder nein“. Eine solche Berechnung ergibt beispielsweise bei zehn Kilogramm Trockeneis und einer Fahrzeit von einer Stunde das links stehende Resultat.

Im Internet können Sie unter www.gefahr-gut-online.de/trockeneisrechner dieses Programm nutzen, um eine einfache Abschätzung des Gefährdungspotenzials vorzunehmen. Meine Empfehlung ist, nach Möglichkeit nur Fahrzeuge zu verwenden, die eine Abtrennung zwischen Laderaum und Fahrerkabine haben. Ein PKW-Kombi sollte demnach vermieden werden.

Geht es nicht anders, sollten bei einem Kombi die Fenster geöffnet werden und/oder die Lüftung auf höchste Leistung gedreht werden. Die Luftwechselrate ist hier

Abschätzung Fahrzeuge (Worst Case Szenario)						
Variablen		Raumvolumen Laderaum				
		Länge (m)	Breite (m)	Höhe (m)	Volumen (m ³)	
kg Trockeneis	10					
Fahrzeit (h)	1					
Sublimationsrate	8 L / h / kg	3	1,5	0,8	3,6	PKW Kombi
		3	2	2	12	Transporter (Sprinter, Ducato etc.)
		6	2,4	2,4	34,56	LKW 7,5 t
		13,6	2,5	2,7	91,8	LKW Sattelauflieger
		7,6	2,5	2,7	51,3	Wechselbrücke
Volumen CO ₂ (L) / h	80					
Volumen CO ₂ (m ³) / h	0,08					
CO ₂ -Konzentration ohne Luftwechsel in %	2,22	PKW Kombi				
CO ₂ -Konzentration ohne Luftwechsel in %	0,67	Transporter (Sprinter, Ducato etc.)				
CO ₂ -Konzentration ohne Luftwechsel in %	0,23	LKW 7,5 t				
CO ₂ -Konzentration ohne Luftwechsel in %	0,09	LKW Sattelauflieger				
CO ₂ -Konzentration ohne Luftwechsel in %	0,16	Wechselbrücke				

Berechnungstool unter www.gefahr-gut-online.de/trockeneisrechner.

erstaunlich hoch, sie liegt bei mehreren Tausend Litern pro Minute, so dass es nicht zu einer gefährlichen Anreicherung von CO₂ kommen kann. Vorsicht ist aber geboten, wenn das Fahrzeug abgestellt wird. Vor Fortsetzung der Fahrt ist eine ausreichende Belüftung des Fahrzeugs sicherzustellen.

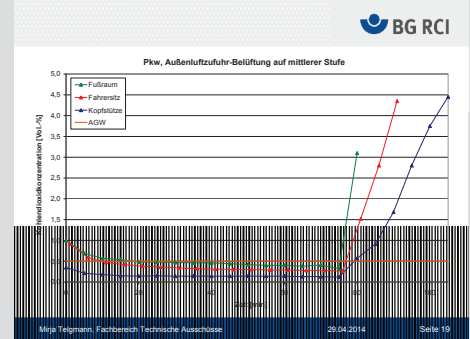
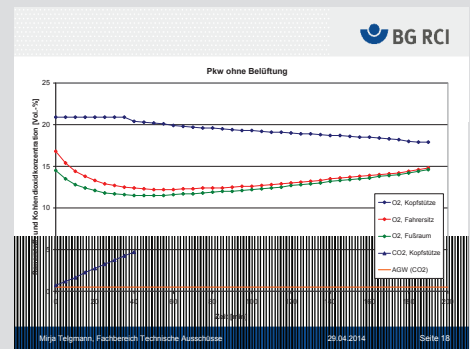
Klimaautomatik ist zu deaktivieren und funktionsfähige Lüftung mit Außenluftzufuhr einzurichten.

Die Berechnung geht von der Verwendung von Trockeneis als Kühlung für Versandstücke in Isolierbehältern aus. Wird es offen verwendet, muss von wesentlich höheren Sublimationsraten ausgegangen werden.

Jürgen Werny
Gefahrgutexperte, München

Messungen der BG RCI

Die Berufsgenossenschaft Rohstoffe und Chemische Industrie (BG RCI) hat sich ebenfalls mit der potenziellen Gefahr durch Trockeneis im Transport befasst. Mirja Telgmann vom Fachbereich Technische Ausschüsse hat zur Beurteilung der Erstickungsgefahr durch CO₂-Konzentrationen unter anderem die Verhältnisse im PKW ohne Belüftung, mit Umluftbelüftung und mit Außenluftzufuhr untersucht. Ihr Fazit: Das Problem ist nicht der Sauerstoffmangel, sondern die vergiftende CO₂-Konzentration, die in einem Fahrzeug ohne abgetrennten Fahrerbereich und ohne Belüftung oder mit Klimaautomatik auch bei isolierter Verpackung nach kurzer Zeit den Arbeitsplatzgrenzwert von 0,5 Vol% übersteigt (oben). Untere Grafik: Außenluftzufuhr-Belüftung wirkt gut - bis die Belüftung ausfällt.



Aktuelles aus dem heinrich-vogel-shop.de

- Transport & Logistik
- Gefahrgut
- Personenverkehr
- Aus- & Weiterbildung



Gefahr/gut App

Kostenlos und exklusiv für Kunden ausgewählter Produkte

Mehr Infos unter gefahr-gut-online.de/app

Mit der Gefahr/gut App haben Sie die kompletten Informationen aus der zentralen Tabelle A mit der Stoffliste des ADR immer zur Hand.

Zugangsdaten für die Web App erhalten Sie exklusiv beim Kauf der Gefahr/gut-Bücher **Basiskurs** (Best.-Nr. 23205), **Fortbildung** (Best.-Nr. 23206), **Gefahrgut-Fahrer unterwegs 2014** (Best.-Nr. 26033) und **ADR 2013** (Best.-Nr. 23026) sowie als Abonnent der Zeitschrift **Gefahr/gut**.

Das könnte Sie auch noch interessieren:



Fahreranweisung Gefahrgut in Versandstücken
Bestell-Nr.: 13998



Mitarbeiteranweisung Verladung von Gefahrgut
Bestell-Nr.: 13901



Fahreranweisung für den Abfalltransport
Bestell-Nr.: 13985