

Untersuchung des Brandverhaltens des Kältemittels HFO-1234yf

Kurzbericht

Dokumentnummer:	20640227-GS3&5-Re/Hi/Hoi
Auftragsnummer:	206 40227
Auftraggeber:	Deutsche Umwelthilfe e.V. Hackescher Markt 4 10178 Berlin
Auftrag vom:	31.10.2013
Inhalt des Auftrags:	Untersuchung des Brandverhaltens des Kältemittels HFO-1234yf
Teil:	Durchführung des Brandversuches "Abbrand" im Brandstollen der DMT GmbH & Co. KG zur Untersuchung der Entzündung des Kältemittels HFO-1234yf und der Bildung von Fluorwasser- stoff
Prüftermin:	13.&.14.01.2014
Geltungsdauer bis:	unbegrenzt

INHALTSVERZEICHNIS	SEITE
1 AUFTRAGGEBER	3
2 HINTERGRUND DER AUFGABENSTELLUNG.....	3
3 BESCHREIBUNG DER BRANDTECHNISCHEN VERSUCHSDURCHFÜHRUNG UND DES MESSVERFAHRENS.....	3
4 UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE.....	4
5 ZUSAMMENFASSUNG	6

1 Auftraggeber

Deutsche Umwelthilfe e.V.
Hackescher Markt 4
10178 Berlin

2 Hintergrund der Aufgabenstellung

Anlass der Untersuchung ist die Ermittlung bzw. Einschätzung des Gefahrenpotentials des Kältemittels 2,3,3,3-Tetrafluorprop-1-en (R1234yf) in Bezug auf das Brandverhalten und die Bildung von Fluorwasserstoff (HF). Das Kältemittel wird derzeit von vielen Autoherstellern als Ersatz für das bislang eingesetzte R134a favorisiert. Laut Sicherheitsdatenblatt der Firma Honeywell liegt die Entzündungstemperatur des Kältemittels R1234yf bei 405°C und es wird auf die Möglichkeit der Bildung von HF im Brandfall verwiesen.

Es wird angenommen, dass für den Menschen 42 mg/m³ HF (50 ppm) bei 30- bis 60-minütiger Exposition tödlich sein können. Der IDLH-Wert („immediately dangerous to life or health“) wurde auf 25 mg/m³ (30 ppm) festgesetzt [*NIOSH IDLHs "Documentation for Immediately Dangerous to Life or Health Concentrations (IDLHs)" U.S. Department of Health and Human Service, Cincinnati Mai 1994*].

Die Fachstelle für Brandschutz des Zentrums für Brand- und Explosionsschutz der DMT GmbH & Co. KG (DMT) wurde von der Deutsche Umwelthilfe e.V. beauftragt, gezielte Brandversuche durchzuführen, um die folgende Frage zu klären:

Kommt es beim (teilweisen) Abbrennen eines aktuellen Pkw-Modells zur Entzündung des Kältemittels HFO-1234yf und in der Folge zur Bildung von Fluorwasserstoff (HF)?

3 Beschreibung der brandtechnischen Versuchsdurchführung und des Messverfahrens

Der gezielte Abbrand des Fahrzeuges zur Simulation eines Tunnelbrandes wurde im sog. Großen Brandstollen der DMT in Dortmund durchgeführt. Die Brandgase wurden über eine Abluftleitung zur Rauchgasreinigung geleitet und gereinigt. Im Rahmen des Kurzberichtes werden die wesentlichen Ergebnisse, die sich bei diesem Unfallszenario ergaben, wiedergegeben. Ein endgültiger Bericht beinhaltet alle Versuchsergebnisse.

Abbrennen des Fahrzeugs im Brandstollen

Das mit Thermoelementen ausgestattete Versuchsfahrzeug mit dem Kältemittel R1234yf in der Klimaanlage wurde im Brandstollen der DMT in Dortmund aufgestellt und mit dem Motorraum in Front zur Strömungsrichtung platziert. Zur Erfassung der Temperaturverläufe wurde der Motorbereich an verschiedenen Positionen sowie die Zu- und Abluft vor und hinter dem Brandobjekt mit Thermoelementen versehen und diese an ein Datenerfassungssystem angeschlossen.

Die Strömungsgeschwindigkeit im Brandstollen wurde zur Anpassung an die Verhältnisse in Straßenverkehrstunnel auf 1,5 m/s eingeregelt. Bei einem offenen Querschnitt von 10 m² entspricht dies einem Volumenstrom von 54.000 m³/h.

Die Simulation eines Entzündungsvorgangs der häufig im Fall von Vandalismus zum Tragen kommt und dazu führt, dass das Feuer von einem entzündeten Reifen auf den Rest der Karosserie übergeht, wurde wie folgt durchgeführt. In Reifennähe (Frontreifen links vom Fahrer aus gesehen) wurde eine mit etwa 1 l Diesel gefüllte Wanne platziert und entzündet. Der Brand sollte nachfolgend den Reifen und dann das gesamte Fahrzeug entzünden.

In einem zum Brandstollen parallel verlaufenden Begleitgang befand sich die Messtechnik. Dort wurden neben den Temperaturen auch die entstehenden Brandgase gemessen. Mittels einer Stahlkapillare (6 mm AD, 4 mm ID) wurde das Brandgas 20 m abströmseitig hinter dem Fahrzeug aus dem Stollen über eine beheizte Probenahmeleitung (180 °C) durch die Messzelle des Fourier-Transform Infrarotspektrometers (FT-IR) gesaugt und die Infrarotspektren der Gase regelmäßig gemessen. Über die stoffspezifischen Banden wurden die Konzentrationen der resultierenden Brandgase bestimmt. Das Hauptaugenmerk lag auf der möglichen Entstehung von Fluorwasserstoff (HF).

Nach etwa 45 min wurde das immer noch brennende Fahrzeug gelöscht.

4 Untersuchungsergebnisse

Vor der Verbrennung des Mittelklasse PKW [REDACTED] enthielt die Klimaanlage 372 g Kältemittel R1234yf. Durch die Verlaufskurven der in der Abb. 1 dargestellten Brandgase Kohlenmonoxid (CO), Kohlendioxid (CO₂) und Fluorwasserstoff (HF) erkennt man im Vergleich mit dem Anstieg des Kohlenmonoxids als Indikator des Brandverlaufes, dass der Anstieg von HF in den Brandgasen mit 4 min Versatz erfolgte. Vermutlich entwich zu diesem Zeitpunkt das HF durch das brandbedingte Versagen des Kühlmittelschlauches und entzündete sich.

In der Abb. 2 sind die Temperaturverläufe an verschiedenen Messpositionen am Fahrzeug (Motorbereich) wiedergegeben sowie die Temperatur der Luft vor und nach dem Fahrzeug.

**Autobrandversuch "Tunnel" - Fluorwasserstoffbildung
(Volumenstrom 54.000 m³/h)**

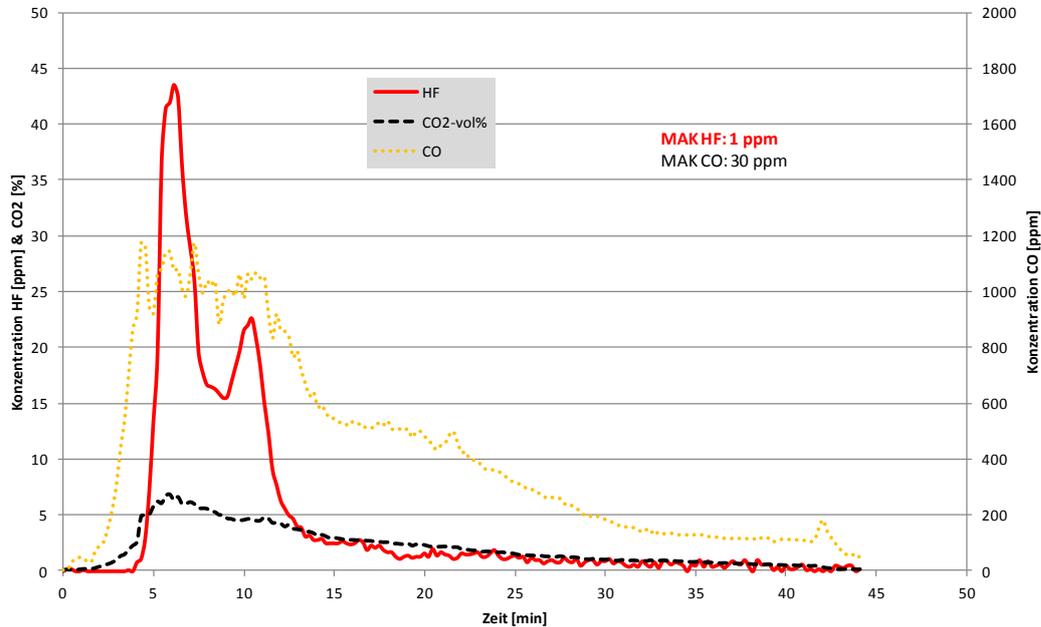


Abb. 1) Zeitlicher Verlauf der Brandgase Kohlenmonoxid (CO), Kohlendioxid (CO₂) und Fluorwasserstoff (HF)

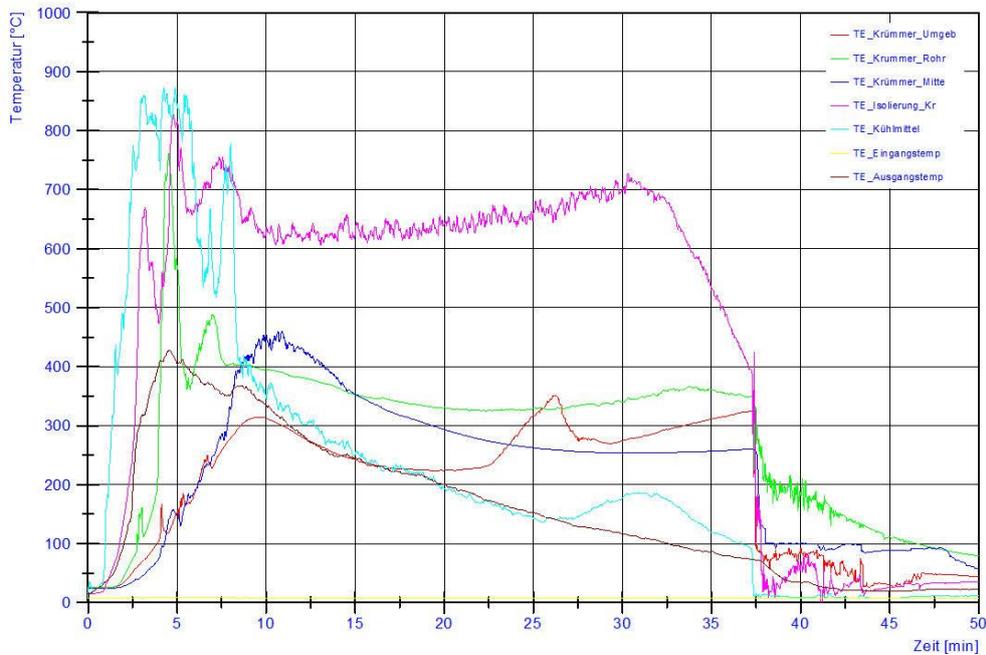


Abb. 2) Zeitlicher Verlauf der Temperaturen an den verschiedenen Messpunkten im Motorbereich sowie vor (Eingang) und hinter (Ausgang) dem Fahrzeug

Die Abb. 1 zeigt, dass unter den Versuchsbedingungen bis zu 43 ppm v HF in der Abluft hinter dem Fahrzeug vorlagen. Der Mittelwert der HF-Konzentration im Zeitraum von der 5. min bis zur 15. min nach Zündung betrug 17 ppm v HF.

Durch Integration des Massenstromes an HF im Brandstollen während des Brandes ergibt sich eine Menge an 126 g reinem Fluorwasserstoff, die gebildet wurde.

5 Zusammenfassung

Die Deutsche Umwelthilfe e.V. hat die Fachstelle für Brandschutz der DMT GmbH & Co. KG mit der Durchführung eines Brandversuches (Abbrand eines aktuellen Pkw-Modells) zur Simulation eines Tunnelbrandes beauftragt. Ziel der Untersuchungen war die Ermittlung bzw. Einschätzung des Gefahrenpotentials durch die Bildung von Fluorwasserstoff im Brandfall. Das ausgewählte Mittelklassefahrzeug [REDACTED] besitzt eine Klimaanlage, die mit dem neuen Kältemittel R1234yf gefüllt ist.

Das Resultat des Brandversuches lautet:

Durch einen Fahrzeugbrand mit einer Klimaanlage, die mit dem neuen Kältemittel R1234yf befüllt ist, können in einem Tunnel beträchtliche Mengen an Fluorwasserstoff gebildet und als Brandgas in die Tunnelluft eingetragen werden. Unter den Versuchsbedingungen wurde der Grenzwert für Arbeitsplätze (AGW) bzw. der MAK-Wert von 1 ppm v mit bis zu 43 ppm v HF deutlich überschritten.

Dortmund, 24.01.2014



(Dr. Renschen)



(Hoischen)

Hinweis:

Die vorliegenden Ergebnisse gelten nur für den beschriebenen Brandversuch an einem mit R1234yf ausgestatteten Mittelklasse-PKW [REDACTED] unter den beschriebenen Prüfbedingungen. Eine direkte Übertragung auf andere Prüfscenarien, Tunnelgeometrien etc. ist nur bedingt möglich.