



**DMT GmbH**  
**Gebäude Sicherheit**

Fachstelle für Brandschutz

Tremoniastraße 13  
44137 Dortmund  
Telefon 0231-5333-0  
Telefax 0231-5333-299

E-Mail: [gs@dm.de](mailto:gs@dm.de)  
<http://www.dmt.de>

## Untersuchung des Brandverhaltens des Kältemittels HFO-1234yf

-----

### Vorab-Kurzbericht

Dokumentnummer:	20640227-GS3&5-Re/Hi
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 bei der Verbrennung eines Mittelklasse PKW [REDACTED] [REDACTED]
Teil:	Durchführung der Brandversuche "Abbrand"
Prüftermin:	13.&.14.01.2014
Geltungsdauer bis:	unbegrenzt

<b>INHALTSVERZEICHNIS</b>	<b>SEITE</b>
<b>1 AUFTRAGGEBER .....</b>	<b>3</b>
<b>2 HINTERGRUND DER AUFGABENSTELLUNG.....</b>	<b>3</b>
<b>3 BESCHREIBUNG DER BRANDTECHNISCHEN VERSUCHSDURCHFÜHRUNG UND MESSVERFAHREN .....</b>	<b>3</b>
<b>4 BRANDTECHNISCHE PRÜFUNGSERGEBNISSE.....</b>	<b>4</b>
<b>5 ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>6</b>

## **1 Auftraggeber**

Deutsche Umwelthilfe e.V.  
Hackescher Markt 4  
10178 Berlin

## **2 Hintergrund der Aufgabenstellung**

Anlass der Untersuchung ist die Ermittlung des Gefahrenpotentials des Kältemittels 2,3,3,3-Tetrafluorprop-1-en (R1234yf). 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.

Es wird angenommen, dass für den Menschen 42 mg/m<sup>3</sup> (50 ppm HF) bei 30- bis 60-minütiger Exposition tödlich sein können. Der IDLH-Wert („immediately dangerous to life or health“) wurde auf 25 mg/m<sup>3</sup> (30 ppm) festgesetzt [ *NIOSH IDLHs "Dokumentation 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 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 bzw. zur Bildung von Fluorwasserstoff?

## **3 Beschreibung der brandtechnischen Versuchsdurchführung und Messverfahren**

Der gezielte Abbrand des Fahrzeuges im Brandstollen zur Simulation eines Tunnelbrandes wurde auf dem brandtechnischen Versuchsareal der DMT in Dortmund durchgeführt. Die Brandgase wurden über eine Abluftleitung zur Rauchgasreinigung geleitet und gereinigt. Im Rahmen des Kurzberichtes werden nur die wesentlichen Ergebnisse, die sich bei diesem Unfallszenario ergaben, wiedergegeben.

### **Abbrennen des Fahrzeugs im Brandstollen**

Das mit Thermoelementen präparierte Versuchsfahrzeug mit dem Kältemittel R1234yf in der Klimaanlage wurde im Brandstollen der DMT Dortmund aufgestellt. Das Fahrzeug wurde mit dem Motorraum in Front zur Strömungsrichtung platziert. Es wurde zur Erfassung der Tem-

peraturverläufe an verschiedenen Positionen mit Thermoelementen versehen und diese mit einem Datenerfassungssystem verkabelt.

Die Strömungsgeschwindigkeit im Brandstollen wurde zur Anpassung an die Verhältnisse in Straßenverkehrstunnel auf 1,5 m/s eingeregelt. Bei einem offenen Querschnitt von 10 m<sup>2</sup> entspricht dies einem Volumenstrom von 45.000 m<sup>3</sup>/h.

Die Simulation eines Entzündungsvorgang der häufig im Fall von Vandalismus zum Tragen kommt und dazu führt, dass das Feuer vom 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. Eine Entzündung des Diesels bzw. nachfolgend des Reifens und dann des Fahrzeuges erfolgte durch Anstecken eines Grillanzünder, der in die Dieselwanne getaucht wurde.

Im Seitengang des Brandstollens befand sich die Messtechnik (FT-IR). Mittels einer Stahlkapillare (6 mm AD, 4 mm ID) wurde 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. Infrarotspektren der Gase wurden regelmäßig aufgenommen. Über die stoffspezifischen Banden wurden die Mengengehalte der resultierenden Brandgase bestimmt.

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

#### **4 Brandtechnische Prüfungsergebnisse**

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 (CO<sub>2</sub>) und Flußsäure (HF) erkennt man im Vergleich mit dem Anstieg des Kohlenmonoxids als Indikator des Brandverlaufes, dass der Anstieg der Flußsäure in den Brandgasen mit 4 min Versatz erfolgt.

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

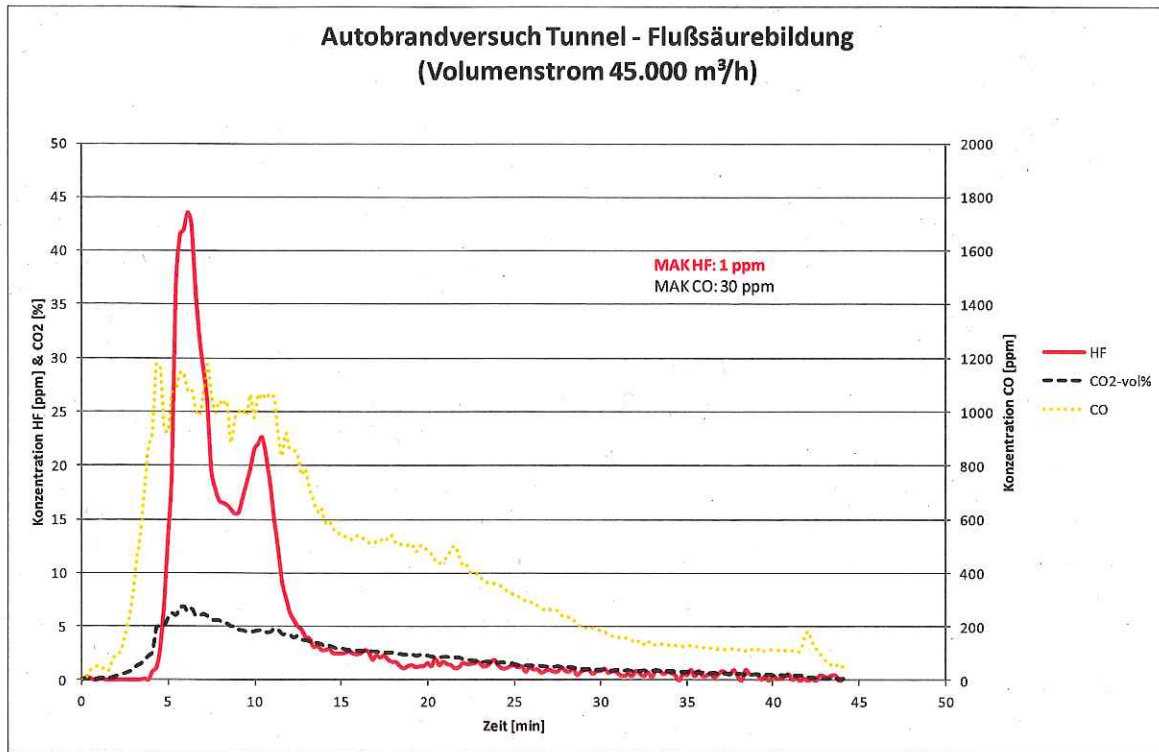


Abb. 1) Zeitlicher Verlauf der Brandgase Kohlenmonoxid (CO), Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Flußsäure (HF)

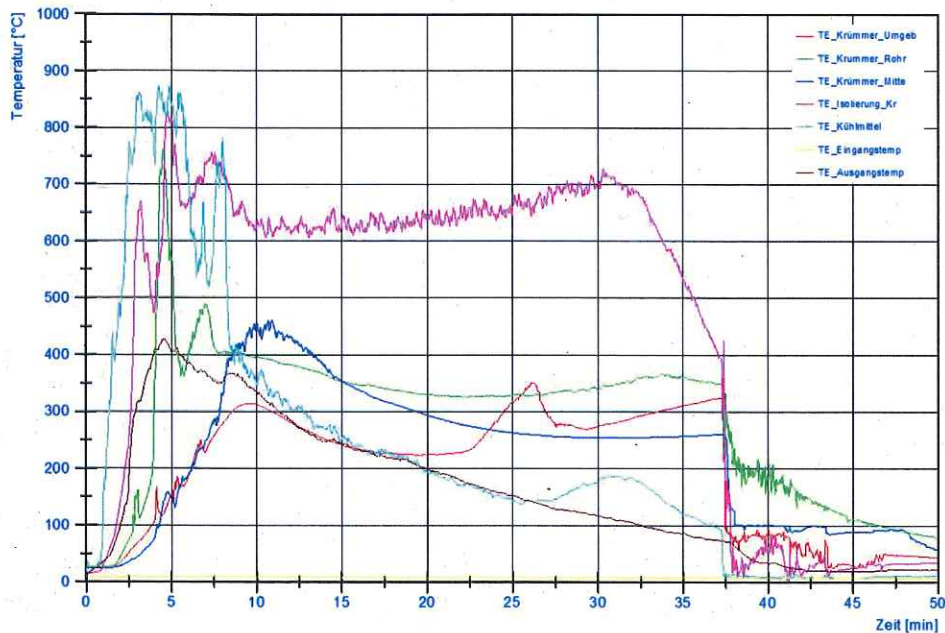


Abb. 2) Zeitlicher Verlauf der Temperaturen an den verschiedenen Messpunkten im Motorbereich sowie vor (Eingang) und hinter (Ausgang) dem Fahrzeug

Die Abb. 1 zeigt, dass unter den Bedingungen des Abbrandes im Brandstollen bis zu knapp 45 ppm v Flußsäure in der Abluft hinter dem Fahrzeug vorlagen. Im Zeitraum von 5 min bis 15 min nach Beginn des Fahrzeugbrandes wurden im Mittel 17 ppm v HF in der Abluft hinter dem brennenden Fahrzeug erfasst.

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

## 5 Zusammenfassung

Die Deutsche Umwelthilfe e.V. hat die Fachstelle für Brandschutz der DMT GmbH & Co. KG beauftragt, eine brandschutztechnische Prüfung eines Fahrzeugbrandes im Brandstollen zur Simulation eines Tunnelbrandes durchzuführen. 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, werden in einem Tunnel beträchtliche Mengen an Flußsäure gebildet und als Brandgas in die Tunnelluft eingetragen. Es ist mit einem deutlichem Überschreiten des Grenzwertes für Arbeitsplätze (AGW) bzw. des MAK-Wertes von 1 ppm v zu rechnen. Unter den gewählten brandtechnischen Versuchsbedingungen wurden bis zu 45 ppm v HF in der Abluft ermittelt.**

Dortmund, 17.01.2014

Handwritten signature of Dr. Renschen in black ink.

(Dr. Renschen)

Handwritten signature in blue ink, appearing to read "i.V. Fabus He".

(Hill)

### Hinweis:

Die vorliegende brandschutztechnische Stellungnahme gilt nur für den beschriebenen Brandversuch eines mit R1234yf ausgestatteten Mittelklasse-PKW [REDACTED] unter den beschriebenen Prüfbedingungen. Eine direkte Übertragung auf andere Prüfscenarien ist nicht möglich.