

Ausbreitungsversuche mit einer Kühl-Gefrier-Kombination, Kältemittel: Isobutan

Brennbare Kältemittel – eine Gefahr?

Peter Schnepf und Bernhard Schrempf, München

Seit der sog. FCKW-Diskussion erinnern sich die Kältetechniker an die schon früher – und bei Großanlagen immer schon – verwendeten natürlichen Kältemittel wie z. B. auch Propan und Butan. Leider sind diese natürlichen Kältemittel brennbar und explosiv und entsprechend der Unfallverhütungsvorschrift UVV VBG 20 in der Kältemittelgruppe 3 (Gemisch Kältemittel/Luft mit einer unteren Explosionsgrenze von weniger als 3,5 Vol.-%) eingestuft.

Nach heutigem Sicherheitsdenken werden Überlegungen angestellt, welches Risiko diese vorgenannten Kältemittel bei Kleinanlagen darstellen, bzw. wie eine realistische und objektive Risikobeurteilung entsprechend der Norm DIN EN 1054 möglich ist. Trotz der im Dezember 1995 erstellten Norm E DIN 7003 für Kältemittel der Gruppe 3 finden immer wieder viele und lange Diskussionen in Fachgremien auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene statt, welche zu unterschiedlichsten Ergebnissen führen.

Aus diesem Grunde wurde vom TÜV Süddeutschland, Bau und Betrieb, Zentralabteilung Wärme- und Kältetechnik – mit Unterstützung der BSHG – mehrere praxisnahe Ausbreitungsversuche an einer Kühl- und Gefrierkombination mit dem brennbaren Kältemittel Isobutan durchgeführt.

Ziel

Die Ermittlung von auftretenden Konzentrationen des brennbaren Kältemittels Isobutan bei einer Kühl-Gefrier-Kombination im Aufstellungsraum bzw. in der Nähe der Kühl-Gefrier-Kombination, wenn der Kältemittelkreislauf durch verschiedene angenommene Schadensfälle undicht wird.

Kühl-Gefrier-Kombination

Bei der Kühl-Gefrier-Kombination handelt es sich um eine zweigeteilte Ausführung der Firma Bosch, Typ KGE 7005/005. Der Gefrierteil hat eine Höhe von ca. 0,7 m, darüber befindet sich ein Kühlteil mit ca. 0,9 m Höhe. Die Kühl-Gefrier-Kombination wird mit Kältemittel Isobutan [Kältemittelnummer R 600a, chemische Formel $\text{CH}(\text{CH}_3)_3$] betrieben. Die Kältemittelfüllmenge beträgt 60 g. Der Kältemittelkreislauf ist als dauerhaft geschlossen einzustufen.

Versuchsaufbau

Die Versuche wurden in einer Klimakammer (Raumgröße $5,1 \times 4,5 \times 4,3$ m) durchgeführt. Die Kühl- und Gefrierkombination wurde nach Herstellerangaben aufgestellt. Zusätzlich wurde die Kühl- und Gefrierkombination auf eine Waage gestellt, um die austretende Kältemittelmenge feststellen zu können.

Die Rückseite der Kühl- und Gefrierkombination wurde vom Boden bis ca. 30 cm über die Kühl-Gefrier-Kombinationshöhe abgedeckt, um den üblichen Einbau einer Kühl- und Gefrierkombination, welche an die Wand gestellt wird, zu simulieren (Kaminwirkung).

Die Raumlufttemperatur wurde an vier Punkten im Raum in einer Höhe von 1,0 m und in einem Abstand von 40 cm zum Gerät gemessen. Die „Luftfeinströmungstemperatur“ zur Kühlung des Verflüssigers wurde an 2 Meßpunkten in Bodennähe ermittelt. Hier wurde auch die Konzentration gemessen.

zu den Autoren

Dipl.-Ing. Peter Schnepf, Sachverständiger nach § 29a BImSchG für Kälteanlagen, tätig in der Zentralabteilung Kälte- und Klimatechnik in der TÜV Bau- und Betriebstechnik GmbH, München



Dipl.-Ing. Bernhard Schrempf, Leiter der Zentralabteilung Kälte- und Klimatechnik in der TÜV Bau- und Betriebstechnik GmbH, München



Bei den Luftschlitzen an der Geräteoberseite wurde an zwei Punkten die Lufttemperatur, mit zwei Sensoren die Luftgeschwindigkeit und einmal die Konzentration gemessen.

Die Temperaturmessungen erfolgten mit kalibrierten Widerstandsthermometern PT 100. Die Konzentrationsmessung des Kältemittels Isobutan erfolgte mit Flammenionisationsmeßgeräten. Flammenionisationsmeßgeräte sind speziell für die Konzentrationsmessungen von Kohlenwasserstoff geeignet. Die Messung der

Bild 1 Ausbreitungsversuche mit einer Kühl-Gefrier-Kombination. Versuch 1

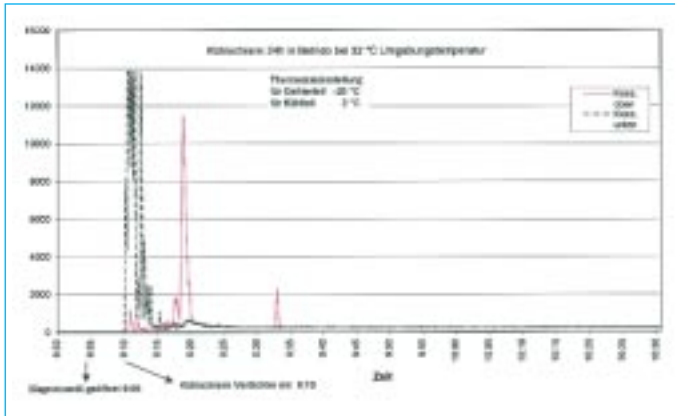
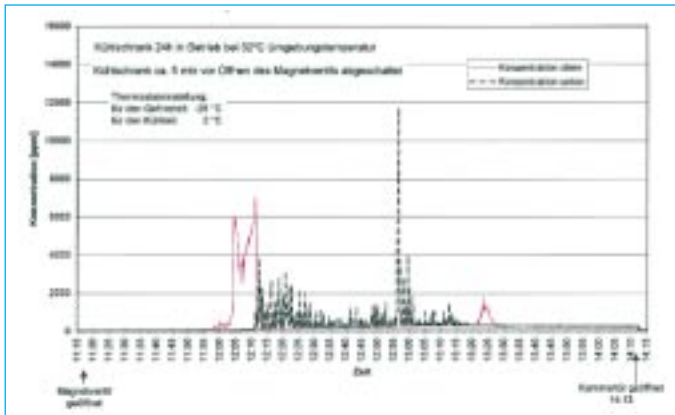


Bild 2 Ausbreitungsversuche mit einer Kühl-Gefrier-Kombination. Versuch 2



Luftgeschwindigkeiten (aufgrund von Konvektion) erfolgte mit speziellen Sonden, welche für niedrige Luftgeschwindigkeiten geeignet sind.

Simulation der Schadensfälle

Die Sollbruchstellen (angenommene Rohrbrüche) wurden mittels zweier eingelöteter T-Stücke simuliert. Ein Anschluß wurde saugseitig (im Verdichterbereich), ein Anschluß druckseitig (ca. 2 cm unter dem Trockner) ausgeführt.

An dem Anschluß, je nach Versuch saug- oder druckseitig, wurde ein Magnetventil installiert, mit dem der Rohrbruch des Kältemittelkreislaufes simuliert werden konnte.

Nach dem Magnetventil wurde das Kältemittel über einen Schlauch wieder in die Kühl-Gefrier-Kombination an die gewünschte Sollbruchstelle zurückgeleitet.

Bei sechs verschiedenen Versuchen wurde praxismäßig und den ungünstigsten Fall betreffend, das Ausströmverhalten untersucht.

Beschreibung der Versuche

Alle Versuche wurden bei einer Umgebungstemperatur von 32 °C durchgeführt.

Versuch 1: Normalbetrieb – Verdichter aus – Rohrbruch druckseitig. Betriebszeit: 24 h, Kühlteiltemperatur: 2 °C, Gefrierteiltemperatur: -26 °C.

10 Minuten nach dem selbsttätigen Abschalten des Verdichters wurde auf der Druckseite das Magnetventil geöffnet. Maximal meßbare Konzentration (aufgrund des Meßbereiches): 13 800 ppm. Ergebnis: siehe Bild 1.

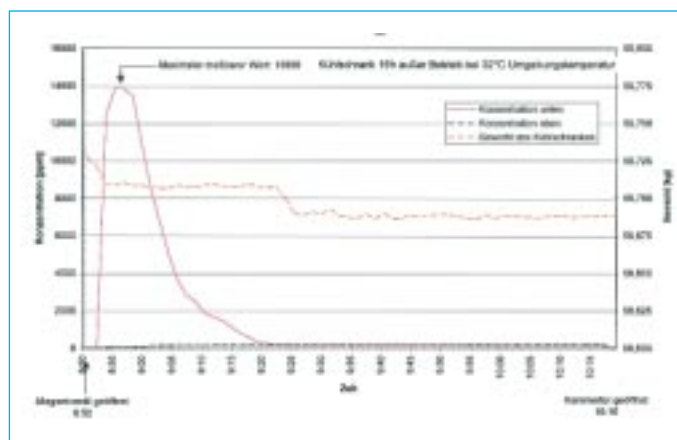


Bild 3 Ausbreitungsversuche mit einer Kühl-Gefrier-Kombination. Versuch 3

Auswertung: Erst nach dem selbsttätigen Einschalten des Verdichters (5 Minuten nach dem Öffnen des Magnetventils) steigt die Konzentration im Bodenbereich kurzzeitig an. Nach einer Zeitverzögerung von ca. 8 min. wird im oberen Bereich ein Peak von 11 800 ppm gemessen.

Versuch 2: Normalbetrieb – Verdichter aus – Rohrbruch druckseitig. Betriebszeit: 24 h, Kühlteiltemperatur: 2 °C, Gefrierteiltemperatur: -26 °C.

5 Minuten nach dem Abschalten des Verdichters (stromlos) wurde auf der Druckseite das Magnetventil geöffnet. Ergebnis: siehe Bild 2.

15 Minuten nach dem Öffnen des Magnetventils erste Konzentrationserhöhungen an der Geräteoberseite, maximaler Konzentrationspeak 7000 ppm oben.

Versuch 3: Lagerbetrieb – Rohrbruch saugseitig. Betriebszeit: 0 h, Stillstand 16 h, Magnetventil auf der Saugseite geöffnet.

Maximal meßbare Konzentration (aufgrund Meßbereich): 13 800 ppm. Ergebnis: siehe Bild 3.

Auswertung: Sofort nach dem Öffnen des Magnetventils hohe Konzentrationen im Bodenbereich des Kühlschranks.

Versuch 4: Lagerbetrieb (Wiederholung Versuch 3, nur höherer Meßbereich). Betriebszeit: 0 h, Stillstand 16 h, Magnetventil auf der Saugseite geöffnet. Ergebnis: siehe Bilder 4 und 5.

Auswertung: Sofort nach dem Öffnen des Magnetventils kurzzeitige Konzentrationen von 115 000 ppm im Bodenbereich des Kühlschranks.

Versuch 5: Verdampfer reinigen – Rohrbruch saugseitig. Betriebszeit: 24 h, Kühlteiltemperatur: 2 °C, Gefrierteiltemperatur: -26 °C.

4 Minuten nach dem Abschalten des Verdichters (stromlos) wurde die Tür des

Bild 4 Ausbreitungsversuche mit einer Kühl-Gefrier-Kombination. Versuch 4a

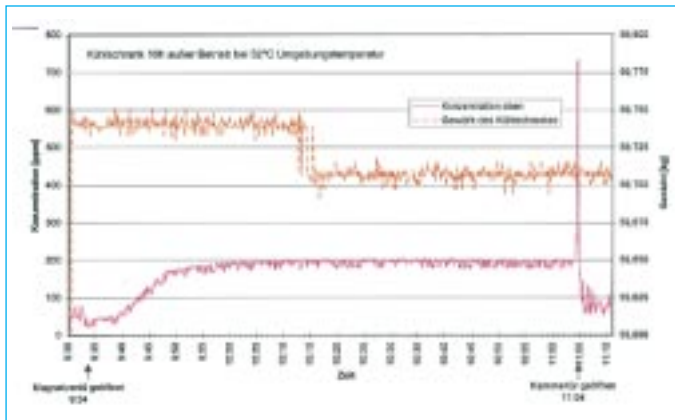
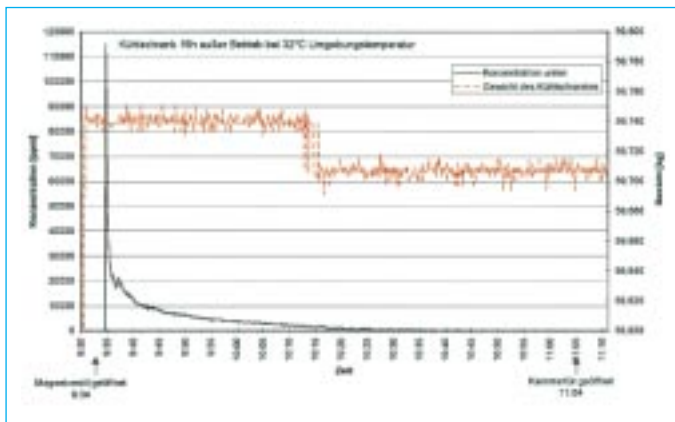


Bild 5 Ausbreitungsversuche mit einer Kühl-Gefrier-Kombination. Versuch 4b



Zusammenfassung der Ausbreitungsversuche

Diese praxisnahen Versuche führten zu anderen Ergebnissen als die bisher bekannten Simulationsergebnisse.

Die untere Explosionsgrenze (UEG) liegt bei Isobutan bei 18 000 ppm, die obere Explosionsgrenze (OEG) bei 85 000 ppm. Die UEG wurde bei den Versuchen 4 und 6 nur im Bodenbereich der Lufttrittsöffnung der Kühl-Gefrier-Kombination überschritten, an der Geräteoberseite kam es bei keinem der Versuche zu einer Überschreitung der UEG.

Diese Überschreitungen der UEG sind bei den Versuchen nur sehr kurzzeitig festgestellt worden.

Durch Konvektion der Luft des Kühl-Gefrierteils auf der Verflüssigerseite wurde die ungünstigste Einbausituation nachgestellt, da Untersuchungen ohne äußere Beeinflussung der Luftströmung durchgeführt worden sind.

Die Bewertung der Versuche lassen den Schluß zu, daß das Gefährdungspotential von Kühl-Gefrier-Kombinationen mit brennbaren Kältemitteln als sehr gering einzustufen ist. □

Gefrierteils geöffnet, eine Minute später wurde auf der Saugseite das Magnetventil geöffnet. Ergebnis: siehe Bild 6.

Auswertung: Sofort nach dem Öffnen des Magnetventils erste Konzentrationserhöhungen an der Geräteoberseite. Maximal gemessene Konzentration 14 500 ppm.

Versuch 6: Normalbetrieb – Verdichter ein – Rohrbruch druckseitig, Betriebszeit: 24 h, Kühlteilstemperatur: 2 °C, Gefrierteilstemperatur: -26 °C.

Verdichter arbeitet (ca. 2/3 der Betriebszeit), auf der Druckseite wird das Magnetventil geöffnet. Ergebnis: siehe Bild 7.

Auswertung: Sofort nach dem Öffnen des Magnetventils Konzentrationen im Bodenbereich der Kühl-Gefrier-Kombination, maximale Konzentrationspeaks bis 32 000 ppm.

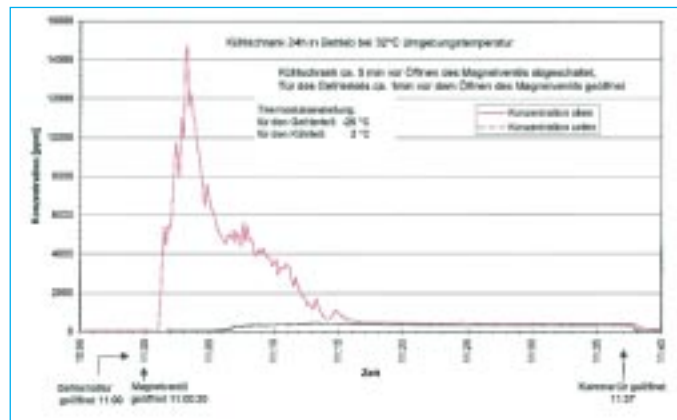


Bild 6 Ausbreitungsversuche mit einer Kühl-Gefrier-Kombination. Versuch 5

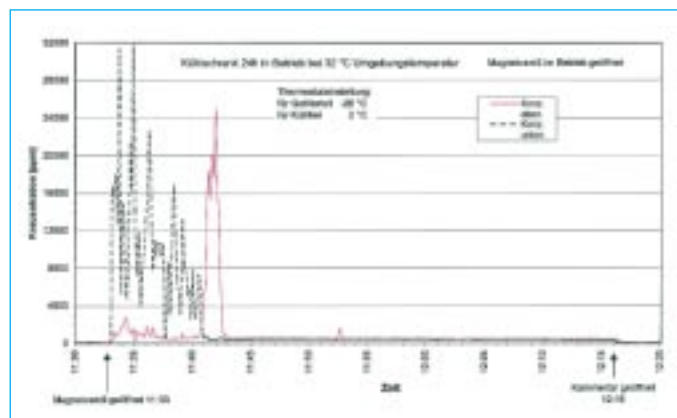


Bild 7 Ausbreitungsversuche mit einer Kühl-Gefrier-Kombination. Versuch 6