

Opteon™ Arbeitsstoffe: Neue Lösungen für die Wärmepumpenbranche

Laurent Zielezinski

Regional Sales Manager - EMEA, FluoroChemicals

Berlin, 23.11.2017

Übersicht

1) Vorstellung

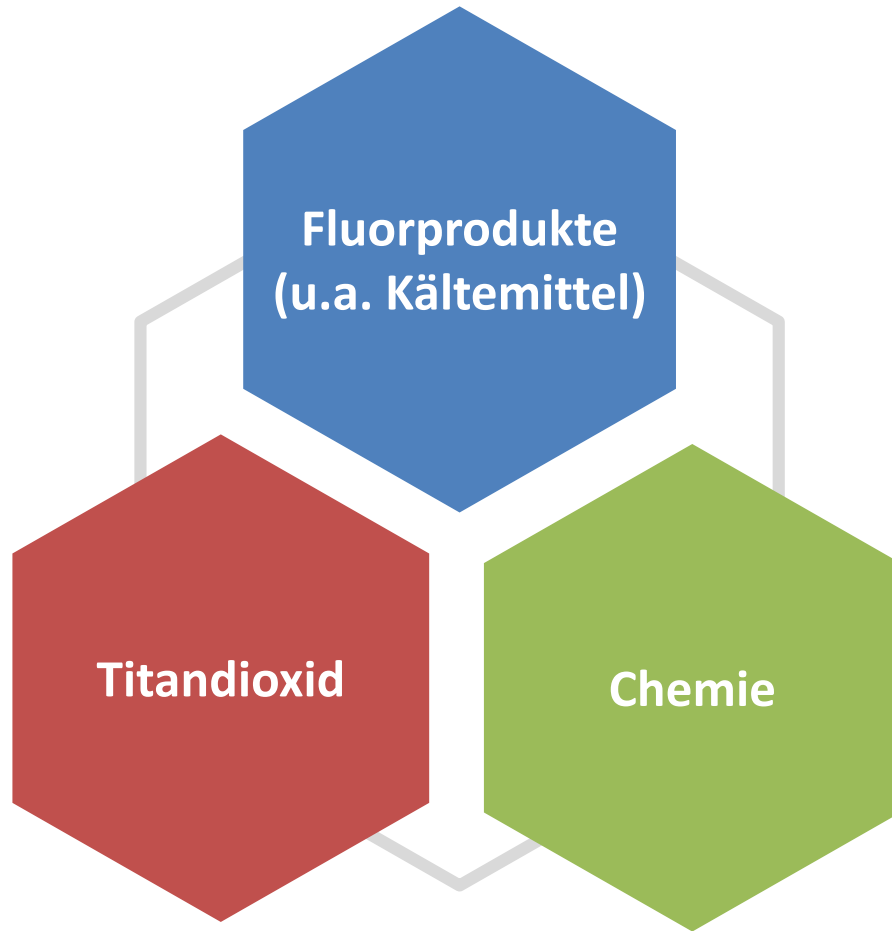
2) Low GWP Alternative für Wärmepumpen

- R-407C Alternativen
- R-410A Alternativen

3) Brennbarkeit

4) Fazit

Chemours – Unsere Geschäfte



Weltmarktführer

bei Titandioxid-Technologien,
Fluorprodukten und anderen
chemiebasierenden Lösungen

#1

Produktionskapazitäten
für Niedrig-GWP Produkte

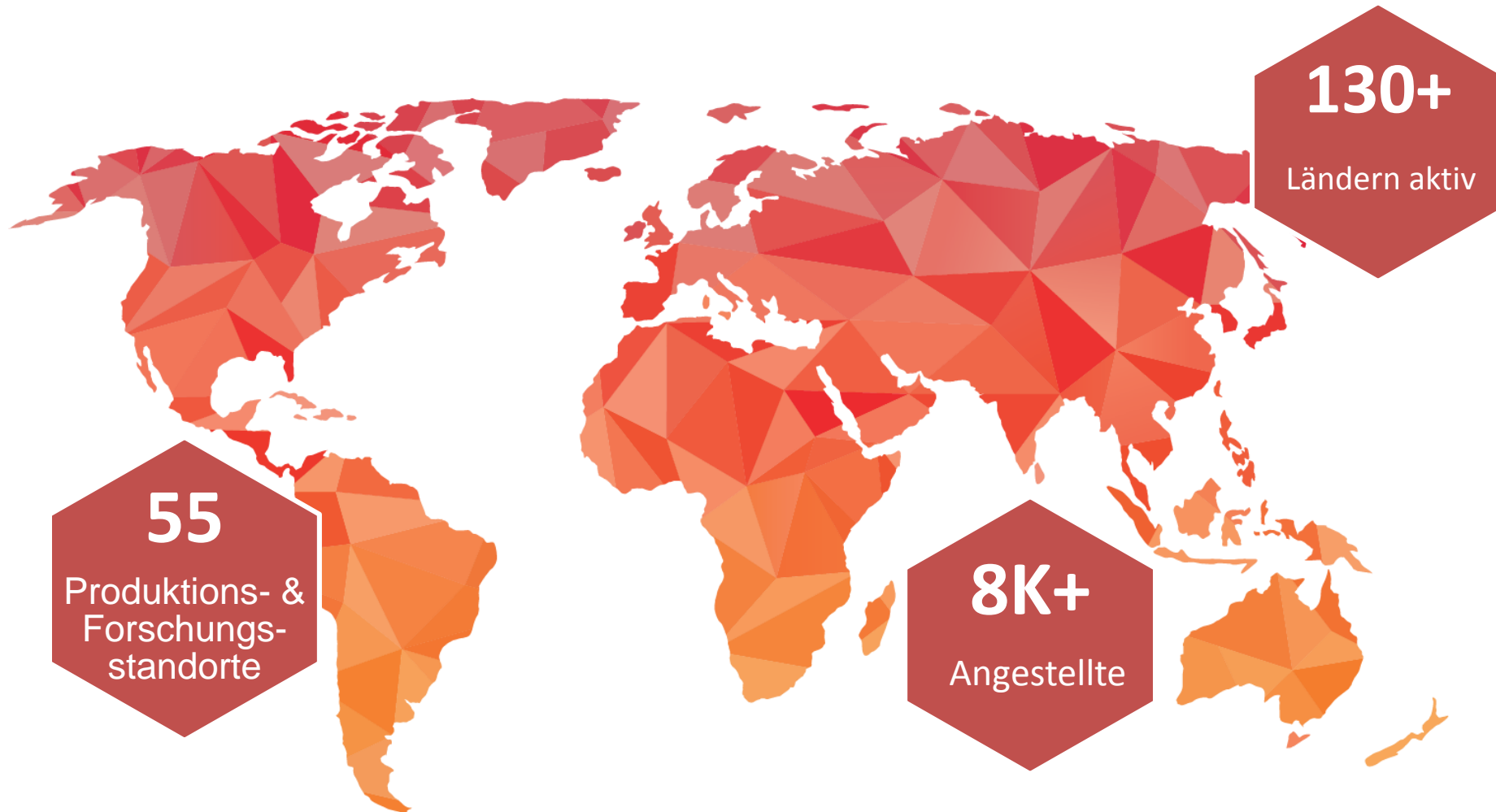
#1

Marke für TiO_2
im Markt

#1

Einführung der HFO-
Technologie

Chemours – Unsere Geschäfte



Chemours™

Low GWP Optionen- HFOs

FCKW

Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe

HFCKW

Hydrierte-Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe

HFKW

Hydrierte-Fluor-Kohlenwasserstoffe

HFO

Hydrierte-Fluor-Olefine

• HFO-1234yf

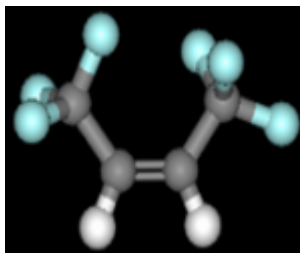
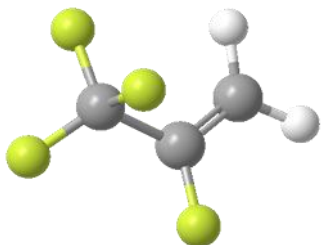
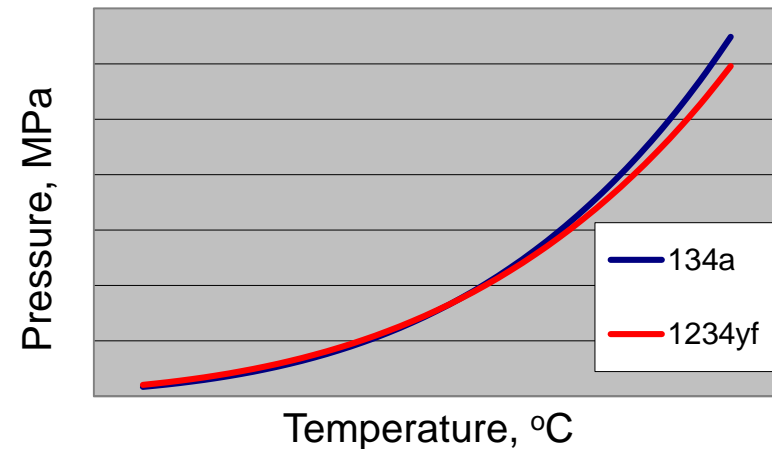


• HFO-1336mzz(Z)



Optimale Eigenschaften:

- ✓ Stabil im Betrieb
- ✓ Instabil in der Atmosphäre = kleiner GWP
- ✓ Gute Kälteleistung & Effizienz



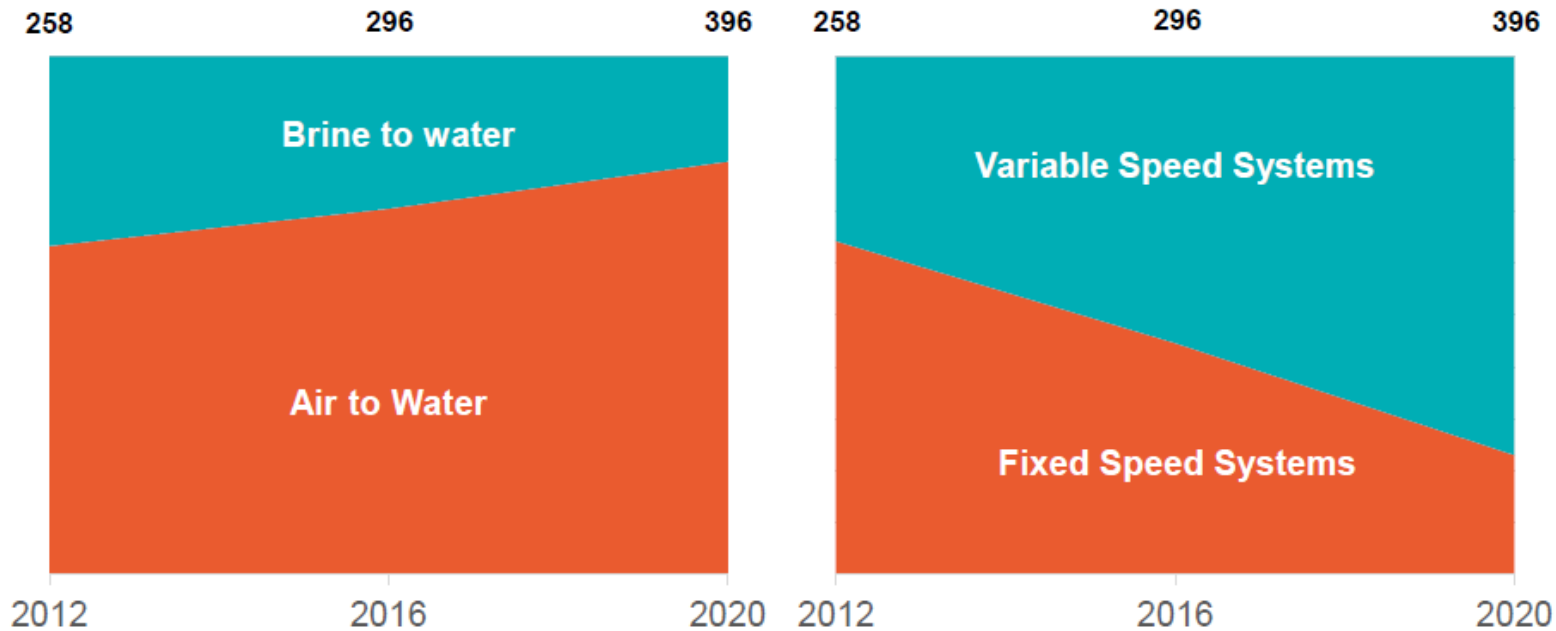
Opteon™ YF Refrigerant



Wärmepumpen Trends*

European Heat Pump Market Trends

Market Trends
Space Heating Market < 20kW



	R290	A2L
A/W Outdoor	☑	☑
A/W split	☑	☑
B/W Indoor	☑	☑

- ☑ Likely to happen
- ☑ Possible combinations but more technical constrains

Ersatz für R-134a und R-407C

Opteon™ Kältemittel

Kältemittel	GWP*	Brennbarkeit (ASHRAE)**	Anwendungsbereiche	Ersetzt
Opteon™ XP10 (R-513A)	573 (631)	1	Kälte- und Klima (DX und geflutete Systeme); Wärmepumpen	R-134a
Opteon™ XP40 (R-449A)	1282 (1397)	1	Mittel- und Tiefkühlung	R-404A, R-407-series
Opteon™ XL10 (R-1234yf)	<1 (4)	2L	Automobil-Klima & Stationäre Kälte; Wärmepumpen	R-134a
Opteon™ XL40 (R-454A, DR-7)	238 (239)	2L	Mittel- und Tiefkühlung; Wärmepumpen	R-404A, R-407-series
Opteon™ XL20 (R-454C, DR-3)	146 (148)	2L	Mittel- und Tiefkühlung; Wärmepumpen	R-22, R-407C, R-404A
Opteon™ XL41 (R-454B, DR-5A)	467 (466)	2L	Klima- und Wärmepumpen	R-410A
Opteon™ XL55 (R-452B, DR-55)	676 (698)	2L	Klima- und Wärmepumpen	R-410A

* IPCC Assessment Report 5 Werte im Rahmen der EU F-Gas Regulierung 517/2014. IPCC Assessment Report 4 Werte in Klammern zum Vergleich.

**ASHRAE Brennbarkeitsklasse 2L unter Berücksichtigung mit Normen und Standards e.g. EN-378.

Ersatz für R-407C/ R-404A



Opteon™

XL20 (R-454C)

XL40 (R-454A)



Ersetzen R-404A & R-407-Serie



Ähnliche Effizienz



< 150 GWP

< 240 GWP



Geringster GWP

Bessere Leistung

Ersatz für R-410A

Opteon™ Kältemittel

Kältemittel	GWP*	Brennbarkeit (ASHRAE)**	Anwendungsbereiche	Ersetzt
Opteon™ XP10 (R-513A)	573 (631)	1	Kälte- und Klima (DX und geflutete Systeme); Wärmepumpen	R-134a
Opteon™ XP40 (R-449A)	1282 (1397)	1	Mittel- und Tiefkühlung	R-404A, R-407-series
Opteon™ XL10 (R-1234yf)	<1 (4)	2L	Automobil-Klima & Stationäre Kälte; Wärmepumpen	R-134a
Opteon™ XL40 (R-454A, DR-7)	238 (239)	2L	Mittel- und Tiefkühlung; Wärmepumpen	R-404A, R-407-series
Opteon™ XL20 (R-454C, DR-3)	146 (148)	2L	Mittel- und Tiefkühlung; Wärmepumpen	R-22, R-407C, R-404A
Opteon™ XL41 (R-454B, DR-5A)	467 (466)	2L	Klima- und Wärmepumpen	R-410A
Opteon™ XL55 (R-452B, DR-55)	676 (698)	2L	Klima- und Wärmepumpen	R-410A

* IPCC Assessment Report 5 Werte im Rahmen der EU F-Gas Regulierung 517/2014. IPCC Assessment Report 4 Werte in Klammern zum Vergleich.

**ASHRAE Brennbarkeitsklasse 2L unter Berücksichtigung mit Normen und Standards e.g. EN-378.



Ersatz für R-410A

Opteon™ XL41

GWP: 467 (AR5)

Composition: R-32/1234yf

ASHRAE #: R-454B

Ersatz für R410A mit niedrigsten GWP-Wert: Es ermöglicht eine CO₂ – Reduktion um 78%, das entspricht fast den Endzielen der F-Gas-Verordnung bis 2030 (79%).

Exzellenter Ausgleich zwischen Effizienz, Kapazität und GWP.

Opteon™ XL55

GWP: 676 (AR5)

Composition: R-32/125/1234yf

ASHRAE #: R-452B

Niedrigste Entflammbarkeit aller gängigen R-410A Ersatzkältemittel.

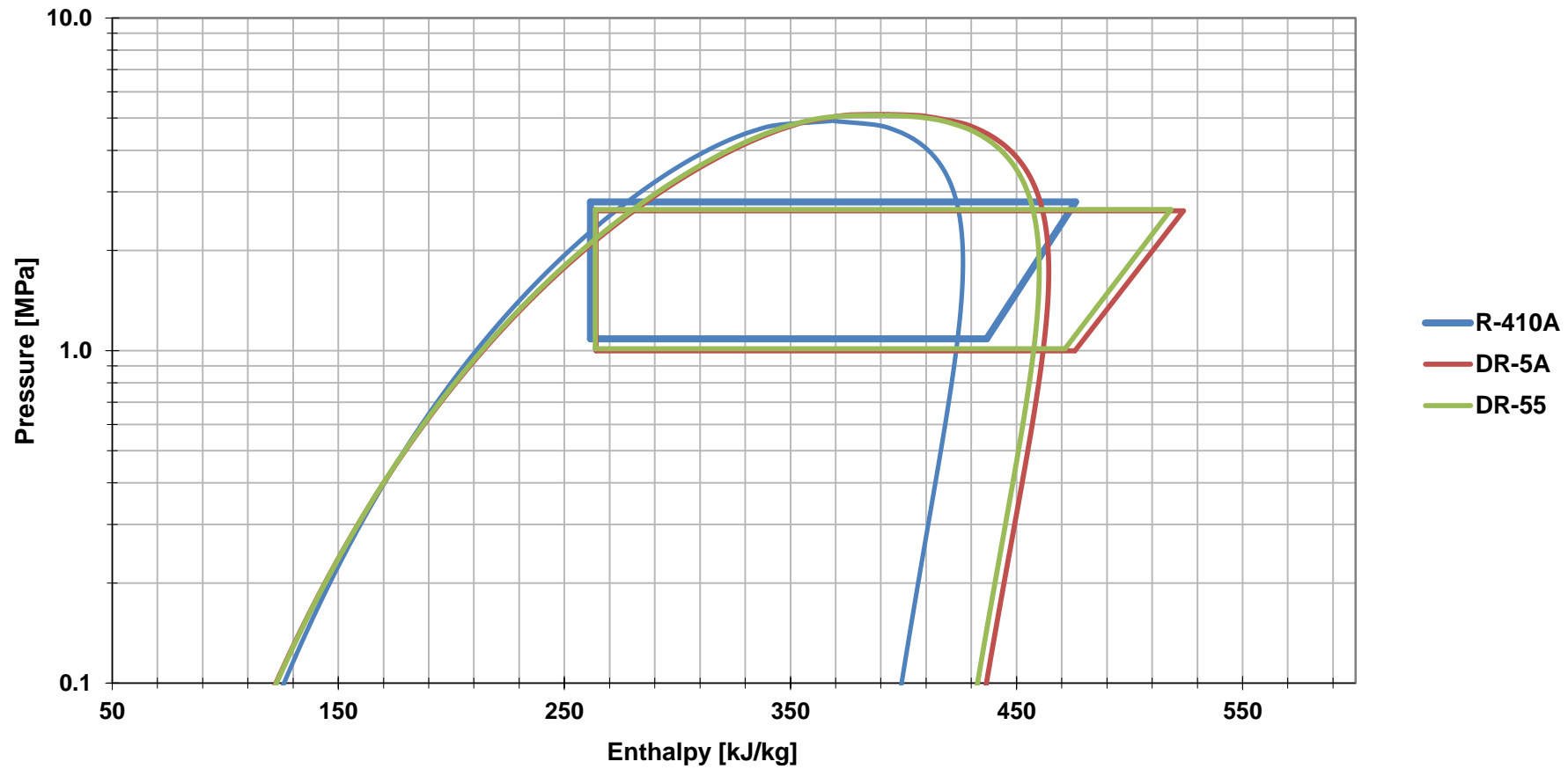
Identische Kälteleistung wie R-410A in Bezug auf Auslasstemperatur und Massenfluss.

GWP von <700 erfüllt alle globalen F-Gas-Vorschriften.

Beide Produkte haben ähnliche Eigenschaften wie R-410A in Bezug auf Kapazität sowie eine verbesserte Effizienz .

Ersatz für R-410A

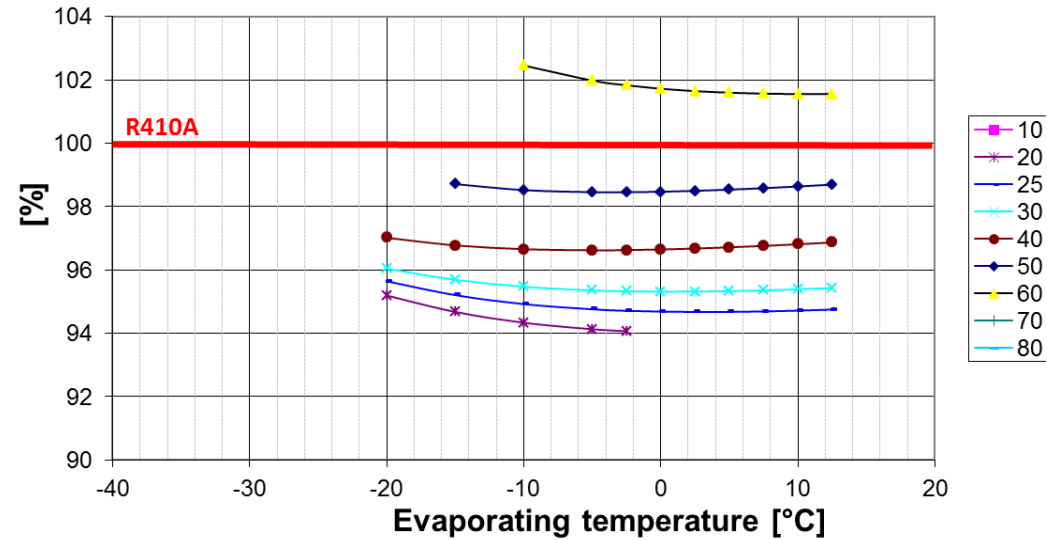
- Ähnliches Druck- und Zyklusverhalten wie R-410A
 - » R-454B = DR-5A ... R32/R1234yf (68.9/31.1 wt%)
 - » R-452B = DR-55 ... R32/R125/R1234yf (67/7/26 wt%)



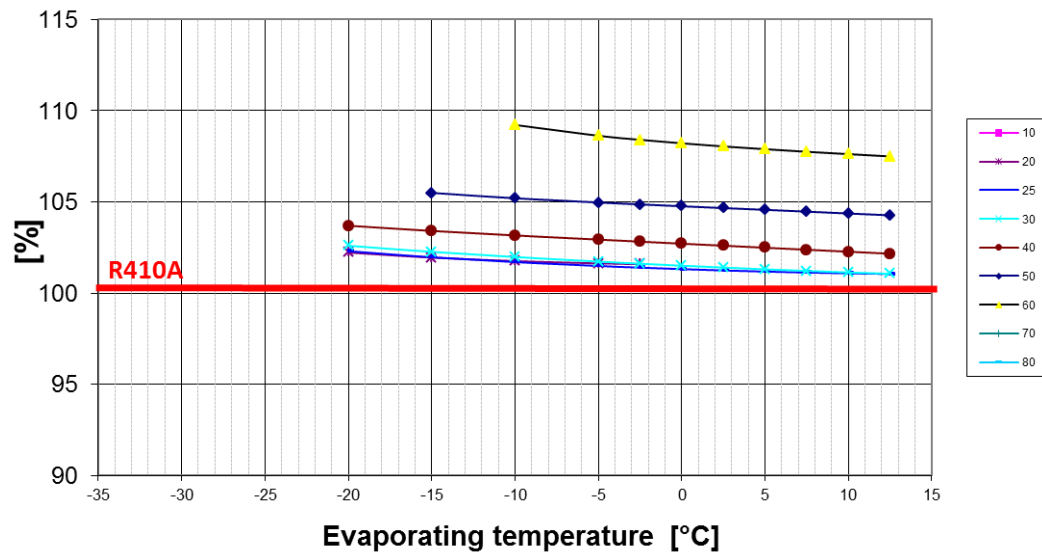
Opteon™ XL41 (R-454B) – Kalorimeter-Test

Leistungstests von R-410A vs Opteon™ XL41 in einem Scroll-Kompressor:

Leistung:



Effizienz:

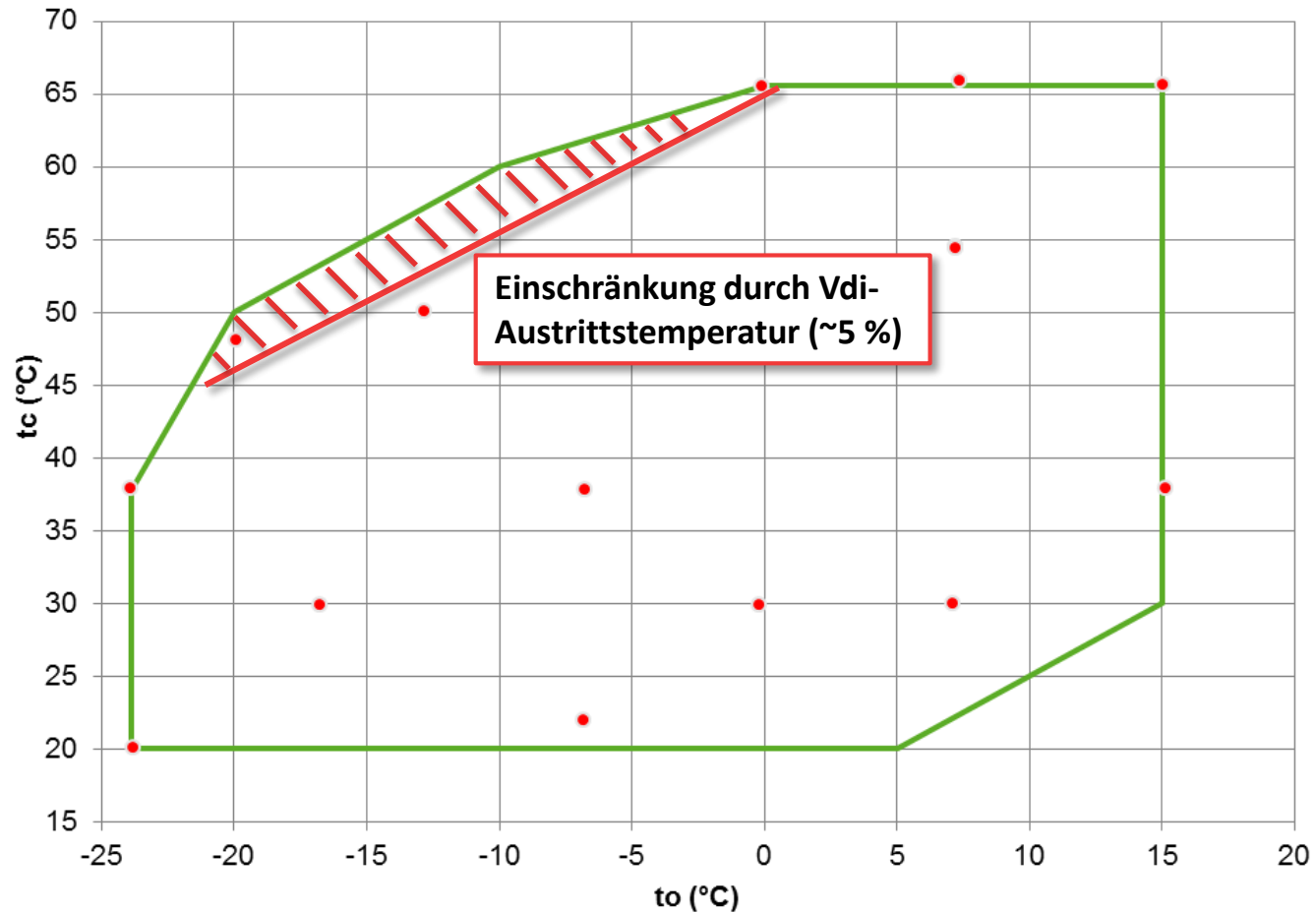


Quelle:



Opteon™ XL41 (R-454B) – Kalorimeter-Test

Einsatzbereich von R-410A vs Opteon™ XL41 in einem Scroll-Kompressor :



- Einsatzbereich von R-410A
- Datenpunkten mit Opteon™ XL41

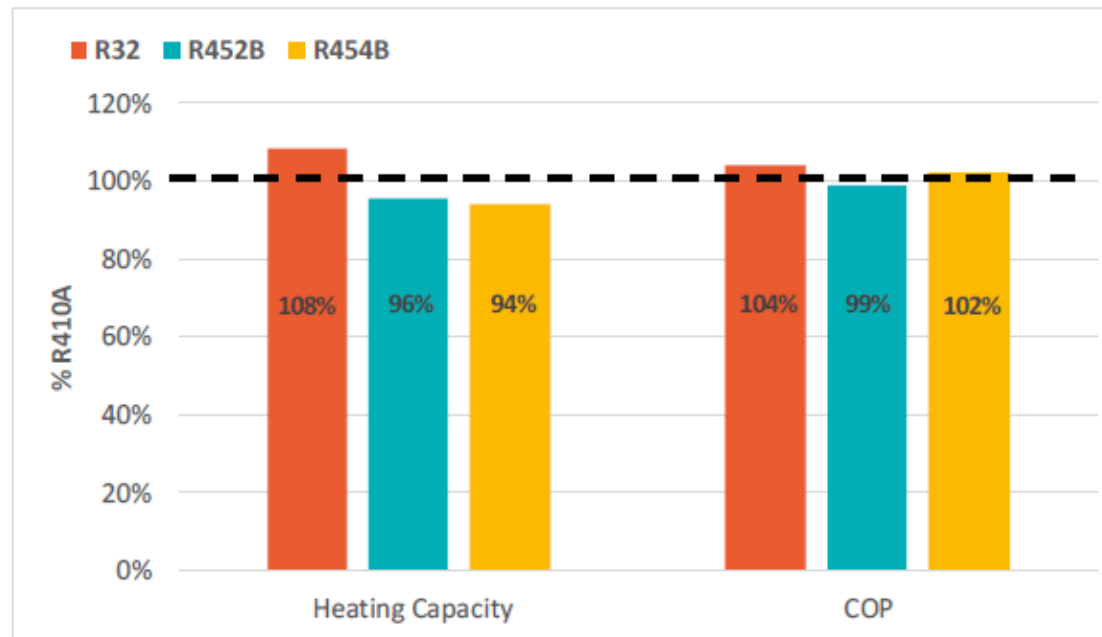
Source:



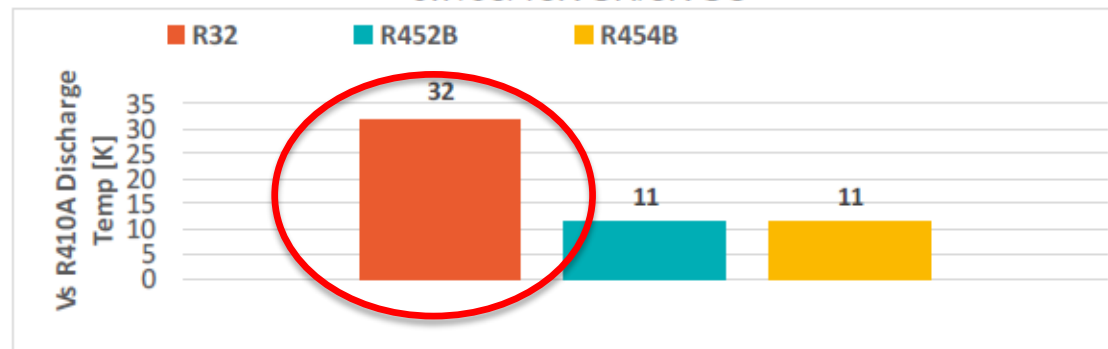
Vergleich von R410A – Alternativen*

R32/R452B/R454B vs R410A

* Präsentation by P. Wilmots/ Emerson Heat Pump Summit 2017



-6.7/50/10K SH/0K SC



Unabhängige Leistungsprüfung von Opteon™ XL41

Durchgeführt von:



Im Namen von:



Vorgestellt am:

**5ème Congrès Français
des Pompes à Chaleur –
17 septembre 2015**



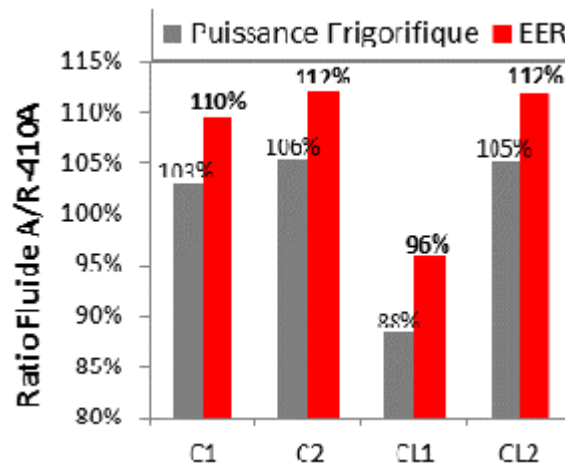
Im Vergleich zu R410A (Drop-in-Test)

Im Kühlbetrieb:

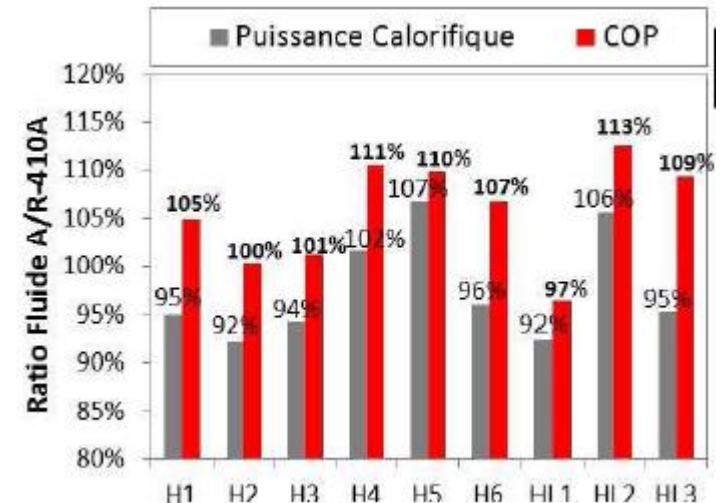
- Bis zu 6% mehr Leistung
- Bis zu 12% höhere Effizienz

Im Heizbetrieb:

- Leistung innerhalb 0% bis 8%
- Bis zu 13% höhere Effizienz



Umgebungstemperatur zwischen 18°C und 42°C (EN 14511)



Umgebungstemperatur zwischen 15°C und 28°C (EN 14511)

Thermische Stabilität

- ASHRAE Standard 97 mit RL32-3MAF als **POE-Schmierstoff**
- Reagenzglas mit Zugaben von Stahl, Kupfer, Aluminium, Kältemittel und Öl
- Einige Gläser enthielten Kältemittel mit Luft (2000 ppm) sowie Öl und **Feuchtigkeit** (500 ppm)
- Reagenzgläser wurden verschlossen und **14 Tage bei 175°C** beaufschlagt

Testindikatoren sind...

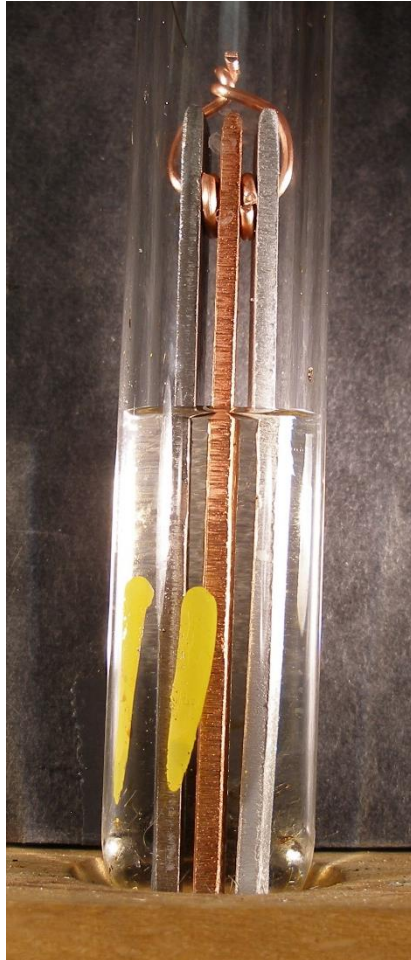
- Hohe Konzentrationen von Fluorid Ionen → Hinweis auf Zersetzung
- Minimale Detektionsgrenze (MDL) → Fluoridion/ Chlorion lagen unter der Detektionsgrenze des Verfahrens (MDL = 0.3 ppm)

Thermische Stabilität - Ergebnisse

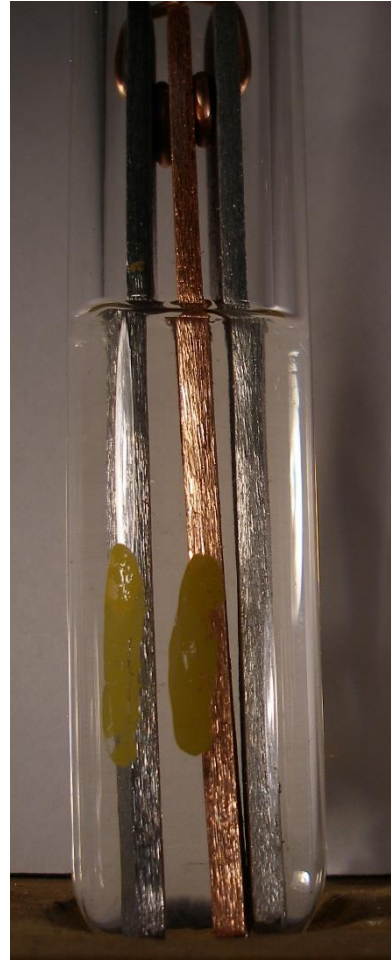
	Luft (mmHg)	Wasser (ppm)	Metal Coupons	F- (ppm)
R-410A	None	None	Ja	6.46
R-410A	7.6	None	Ja	11.70
R-410A	None	500	Ja	2.02
R-410A	7.6	500	Ja	3.07
R-454B	None	None	Ja	3.46
R-454B	7.6	None	Ja	6.06
R-454B	None	500	Ja	8.06
R-454B	7.6	500	Ja	7.41
R-452B	None	None	Ja	10.49
R-452B	7.6	None	Ja	<MDL
R-452B	None	500	Ja	8.06
R-452B	7.6	500	Ja	<MDL

Thermische Stabilität vergleichbar mit R-410A

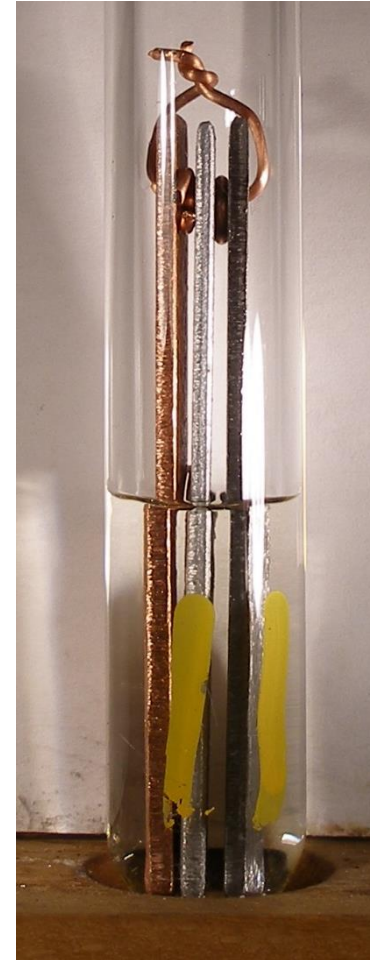
Thermische Stabilität - Ergebnisse



R-410A/POE32



R-454B/POE32



R-452B/POE32

**Mit 175°C für 14 Tage
Keine optischen
Unterschiede vs. R-410A**

Kunststoff-Kompatibilität

100°C für zwei Wochen

R-410A – 0 and 24 hours after removing from sealed tubes

R-410A + POE Plastics after 0 hrs	0 hr Rating	0 hr % Weight Change	0 hr % Linear Swell	0 hr Hardness Change, Delta
Polyester	1	14	2	0
Nylon resin	0	0	3	0
Polyamide-imide	0	1	0	1
Polyphenylene sulfide	0	0	0	-2
PEEK	0	1	0	0
Nylon	0	1	0	0
PTFE	0	2	1	0
R-410A + POE Plastics after 24 hrs	24 hr Rating	24 hr % Weight Change	24 hr % Linear Swell	24 hr Hardness Change, Delta
Polyester	0	9	2	0
Nylon resin	0	0	2	1
Polyamide-imide	0	0	0	0
Polyphenylene sulfide	0	0	0	-1
PEEK	0	1	0	0
Nylon	0	1	0	0
PTFE	0	1	1	1

DR-55 – 0 and 24 hours after removing from sealed tubes

DR-55 + POE Plastics after 0 hrs	0 hr Rating	0 hr % Weight Change	0 hr % Linear Swell	0 hr Hardness Change, Delta
Polyester	1	13	2	-1
Nylon resin	0	0	0	1
Polyamide-imide	0	0	0	-1
Polyphenylene sulfide	0	0	0	0
PEEK	0	1	0	0
Nylon	0	0	0	0
PTFE	0	1	1	-1
DR-55 + POE Plastics after 24 hrs	24 hr Rating	24 hr % Weight Change	24 hr % Linear Swell	24 hr Hardness Change, Delta
Polyester	0	9	2	-1
Nylon resin	0	0	0	1
Polyamide-imide	0	0	0	-1
Polyphenylene sulfide	0	0	0	0
PEEK	0	1	0	0
Nylon	0	0	0	0
PTFE	0	1	1	-1

Rating:

- 0 < 10% weight gain, and < 10% linear swell and < 10 hardness change
- 1 > 10% weight gain, or > 10% linear swell or > 10 hardness change
- 2 > 10% weight gain, and > 10% linear swell and > 10 hardness change

Kunststoff-Verträglichkeit ähnelt R-410A



Chemours™

Was bedeutet “2L” oder
“schwer entzündbar”?

Wie ist Brennbarkeit überhaupt definiert?

- In welchem Konzentrationsbereich ist ein Stoff brennbar?
- Wie viel Energie wird bei einer Verbrennung freigesetzt?
- Wie leicht lässt sich ein Stoff entzünden?
- Wie schnell findet die Verbrennung statt?



Brennbarkeitsgrenzen: LFL & UFL

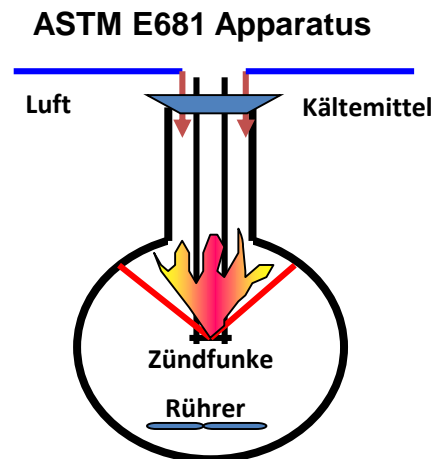
LFL = Untere Brennbarkeitsgrenze (Lower Flammability Limit)

UFL = Obere Brennbarkeitsgrenze (Upper Flammability Limit)

Brennbarkeitsgrenzen werden bei der ASTM E681-04 in einem Kolben bei $T = 21\text{ °C}$ bestimmt.

Zur Bestimmung werden die Mengen an Kältemittel und Luft schrittweise variiert.

HFO-1234yf : LFL=6.2 vol.-% UFL=12.3 vol.-%

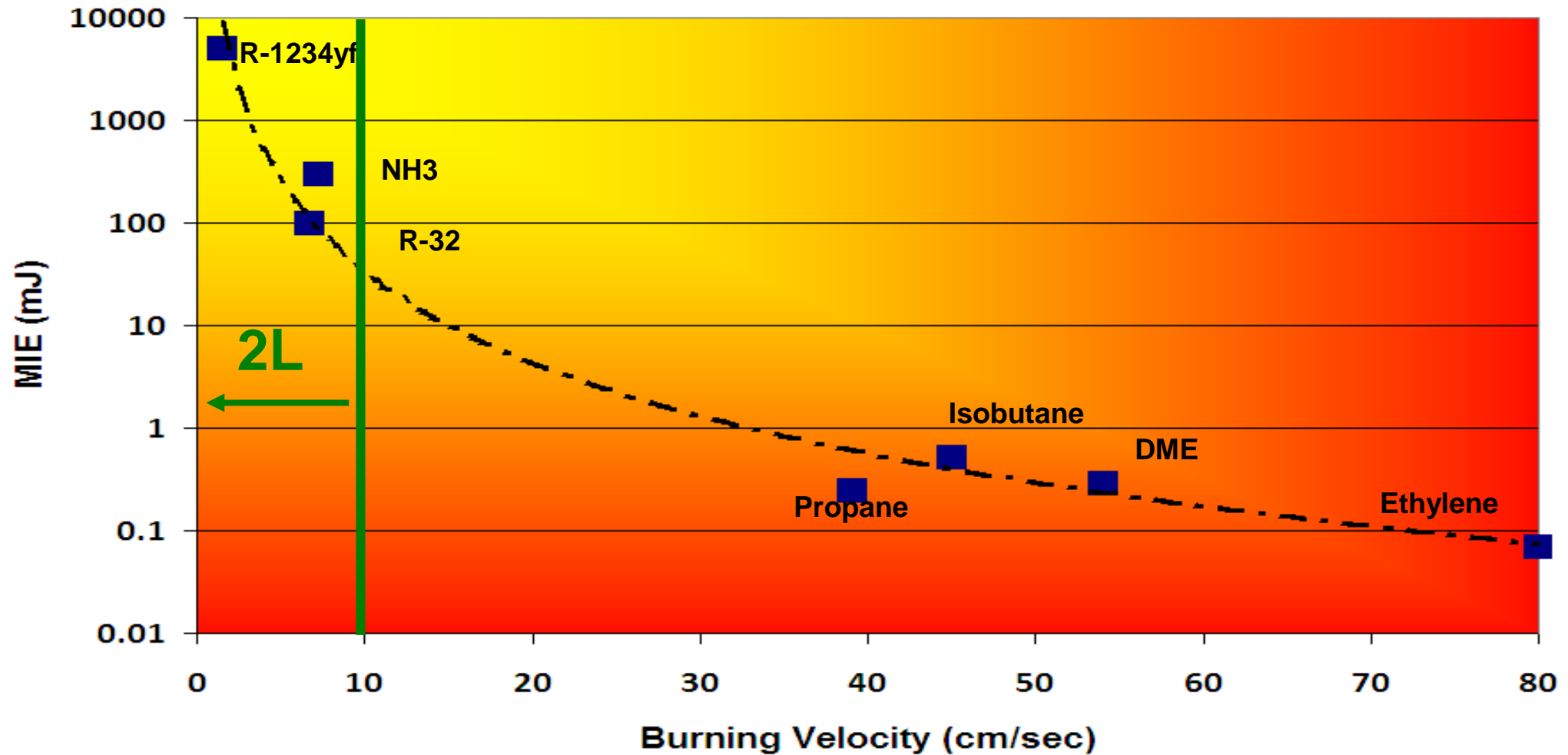


	LFL Werte	UFL Werte	UFL-LFL Werte
Ammonia	15 vol.-%	28 vol.-%	13 vol.-%
HFC-32	13.3 vol.-%	29.3 vol.-%	14.9 vol.-%
HFO-1234yf	6.2 vol.-%	12.3 vol.-%	6.1 vol.-%
Methane	4.6 vol.-%	15 vol.-%	10.4 vol.-%
HFC-152a	3.9 vol.-%	16.9 vol.-%	13 vol.-%
Ethylene Oxide	3.0 vol.-%	100 vol.-%	97 vol.-%
Acetylene	2.5 vol.-%	100 vol.-%	97.5 vol.-%
Propane	2.1 vol.-%	10 vol.-%	7.9 vol.-%

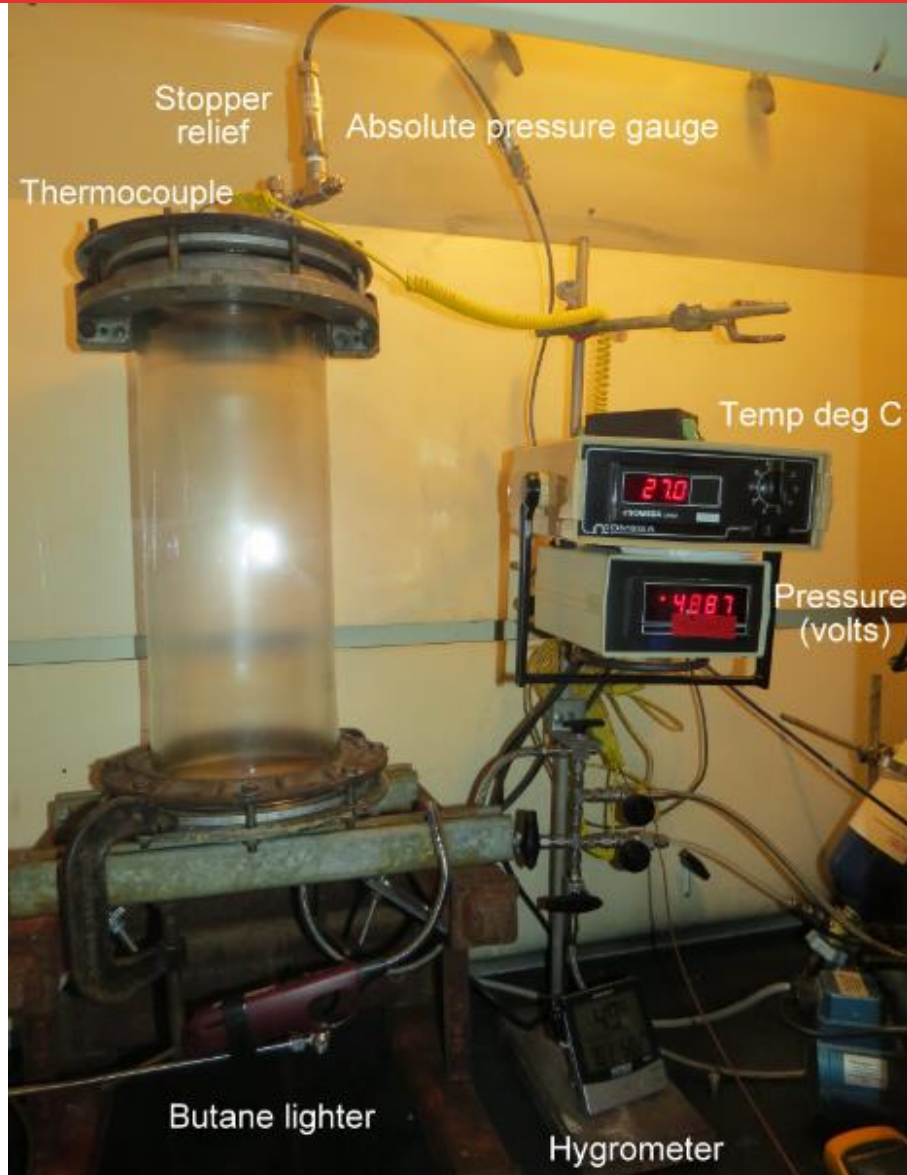
Höhere Brennbarkeit

Brenngeschwindigkeit (BV: Burning Velocity)

Brenngeschwindigkeit und Zündenergie



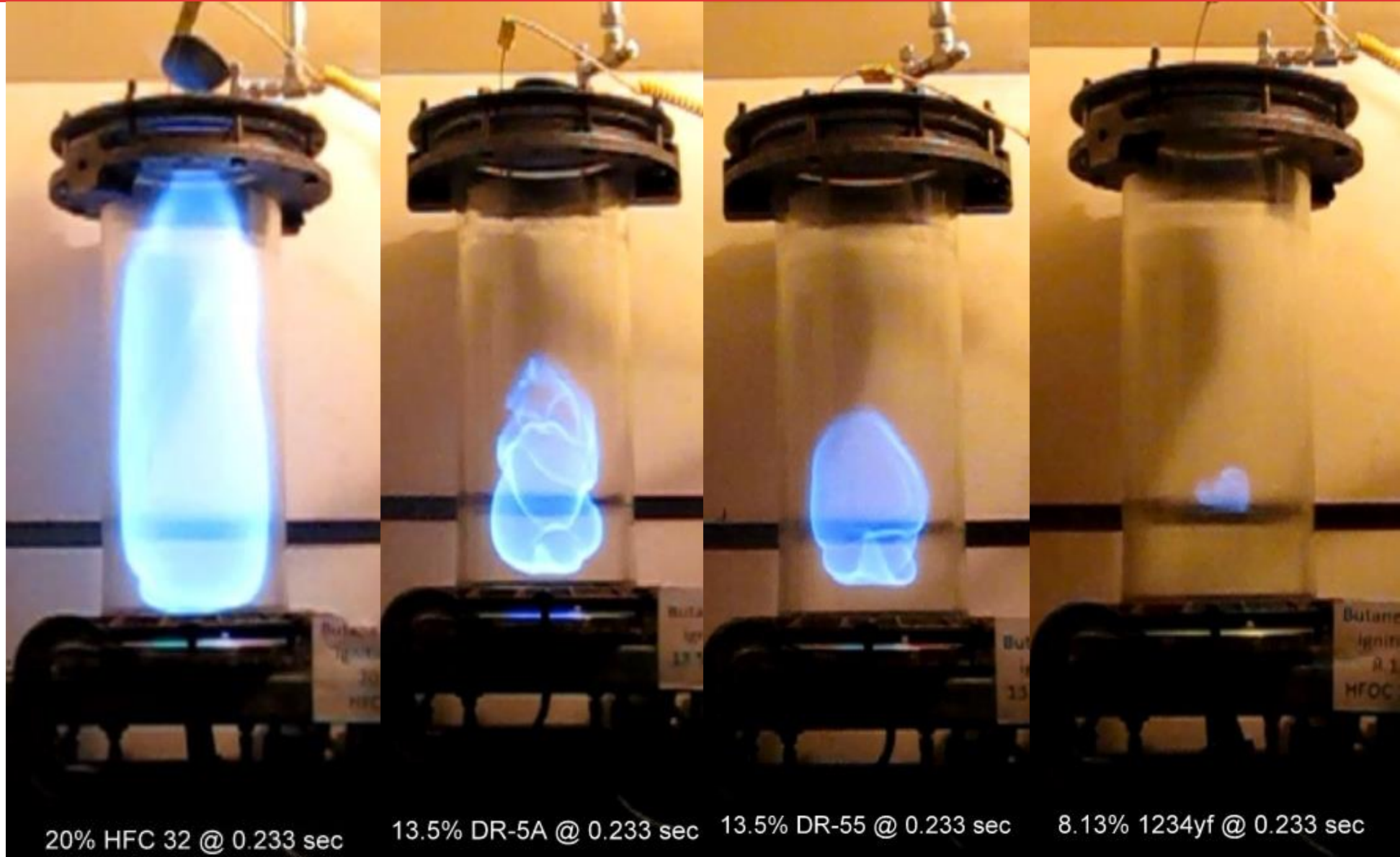
Opteon™ XL41 (DR-5A) & XL55 (DR-55) – Entflammbarkeit



Entflammbarkeitstest – Flammenausbreitung nach 0.233 Sekunden

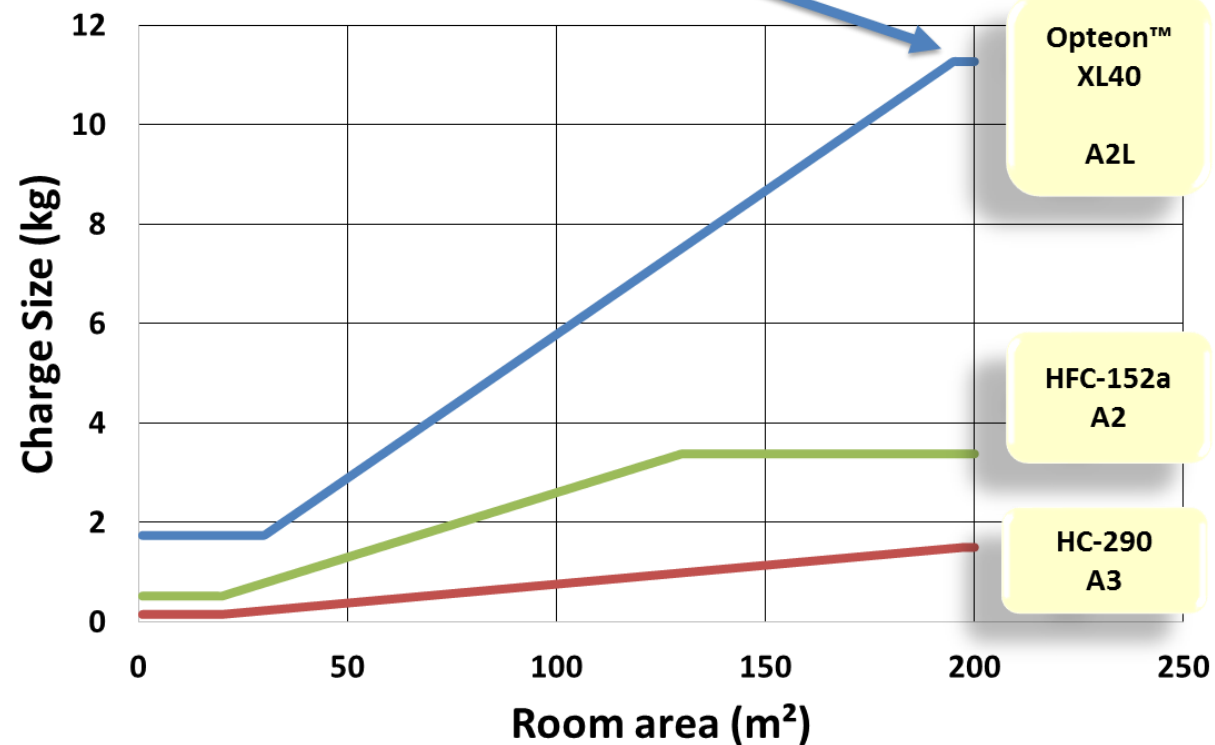
Kältemittel	BV at 23°C dry air (cm/s)	LFL (kg/m ³)
R-32	6.7	0.307
Opteon™ XL41 (R-454B, DR-5A)	3.7	0.306
Opteon™ XL55 (R-452B, DR-55)	3.0	0.310

Opteon™ XL41 (DR-5A) & XL55 (DR-55) – Entflammbarkeit



Opteon™ XL20 (R-454C) und XL40 (R-454A) mit sehr niedrigem GWP

Opteon™ XL Series 10X Charge Size vs Hydrocarbons



Fazit

- Neue Low GWP-Alternativen für Wärmepumpen sind verfügbar
 - R-134a Alternativen sind R-513A oder HFO-1234yf
 - R-407C (R-22) kann ersetzt werden durch R-454A oder R-454C
 - R-410A Ersatzmittel sind R454B oder R-452B
 - HFO-1336mzz(Z) ist eine zukunftssträchtige Lösung für HTHP⁽¹⁾ & ORC
- Schwerentzündbare Flüssigkeiten sind nachhaltige Lösungen
 - Bieten sehr gute TD⁽²⁾-Kreisprozess and TCO⁽³⁾-Leistungen
- Tests mit Prototypkomponenten zeigen erfolgversprechende Ergebnisse
- Wechsel zu Low-GWP-Alternativen ist langsamer als CO₂-Quotenkürzung

(1) HTHP - Hochtemperatur-Wärmepumpen
(2) TD - Thermodynamisch
(3) TCO - Gesamtbetriebskosten

Back-Up

Brennbarkeit an ein paar Beispielen - 2

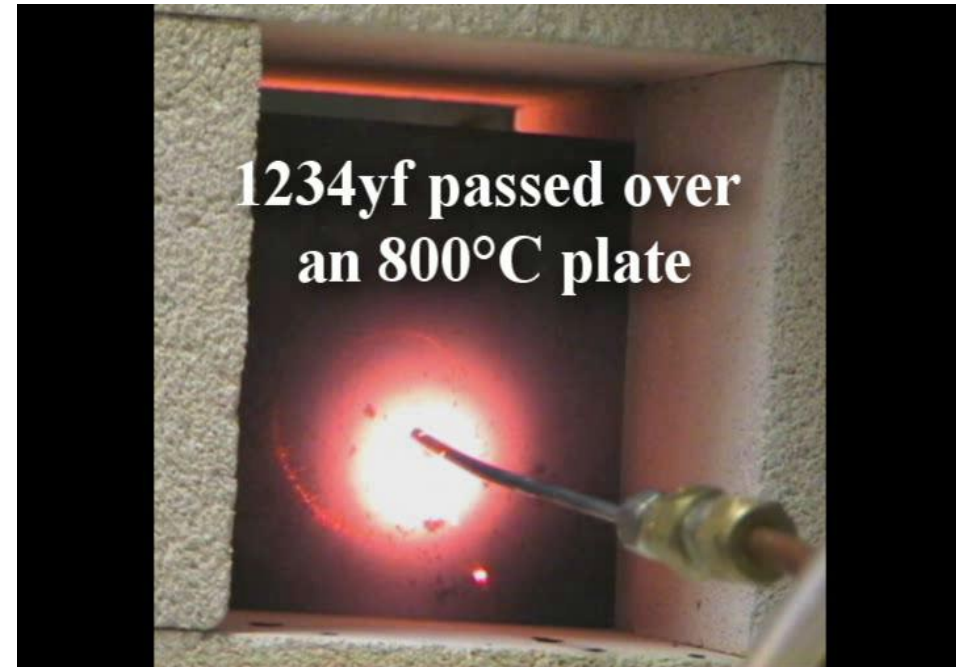
Brennbarkeitstests („Worst-case“-Bedingungen) für verschiedene Zündquellen

Zündquelle	R-32	Ammoniak	R-1234yf
Zigarette	Keine Zündung	Keine Zündung	Keine Zündung
(rot-)glühender Draht	Keine Zündung	Keine Zündung	Keine Zündung
Feuerzeug (Butan)	Zündung	Schwache Zündung	Schwache Zündung
Sicherungsdraht (100-300 J)	Zündung	Zündung	Zündung

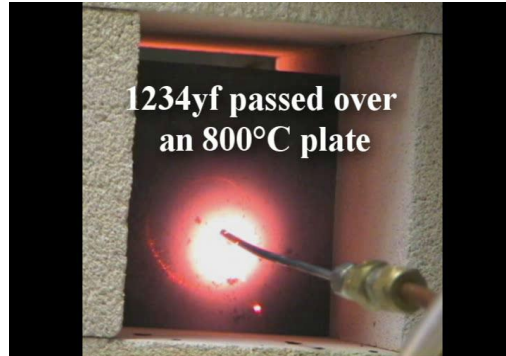
Brennbarkeit an ein paar Beispielen - 3

Wie verhält sich 1234yf wenn es mit heißen Oberflächen in Berührung kommt:

- Ob das Zündungsverhalten zu beobachten wurde das zu untersuchte Gemisch über eine heiße ($\sim 800\text{ }^{\circ}\text{C}$) Stahlplatte geiltet.
- Die 6mm Stahlplatte wurde dabei von der Rückseite mit einer Propan/Sauerstoff-Flamme erhitzt



Brennbarkeit an ein paar Beispielen - 4



		Oberfläche		
		550°C Schwachtes rot	800°C Knallrot	>900°C Orange
HFO-1234yf	Spray ohne Öl	Keine Zündung	Keine Zündung	Keine Zündung
	Vorvermischt mit Luft & ohne Öl	Nicht getestet	Keine Zündung	Keine Zündung
	Mit einem PAG-Öl	Keine Zündung	Keine Zündung	Zündung
R-134a	Spray ohne Öl	Keine Zündung	Keine Zündung	Keine Zündung
	Vorvermischt mit Luft & ohne Öl	Nicht getestet	Keine Zündung	Keine Zündung
	Mit einem PAG-Öl	Keine Zündung	Keine Zündung	Zündung