



September 2012

Anwendungsaspekte von R290 aus Sicht eines Aggregateherstellers

Kühl- und Tiefkühlaggregate

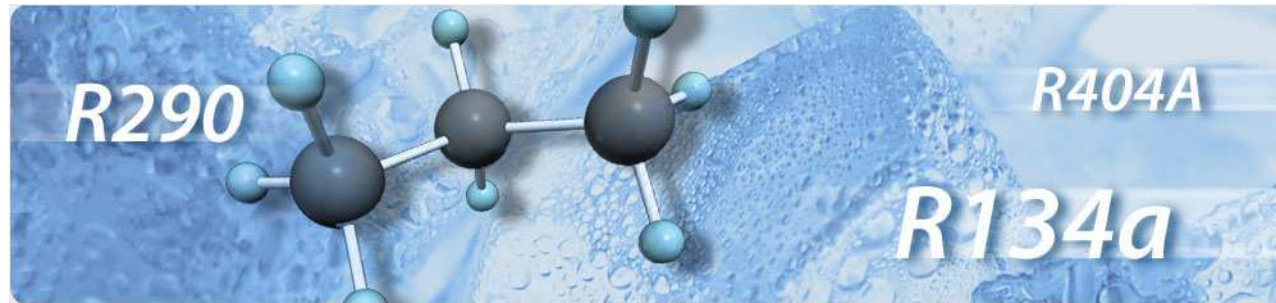
**Huckepack-
Aggregate**

**Decken-
Aggregate**

Split-Aggregate

**EVO-COOL®-
Aggregate**





natürliche Kältemittel

Anorganisch

- ▶ R744 *Kohlendioxid*
- ▶ ...

Organisch

- ▶ R290 **Propan**
- ▶ ...

synthetische Kältemittel

HFC

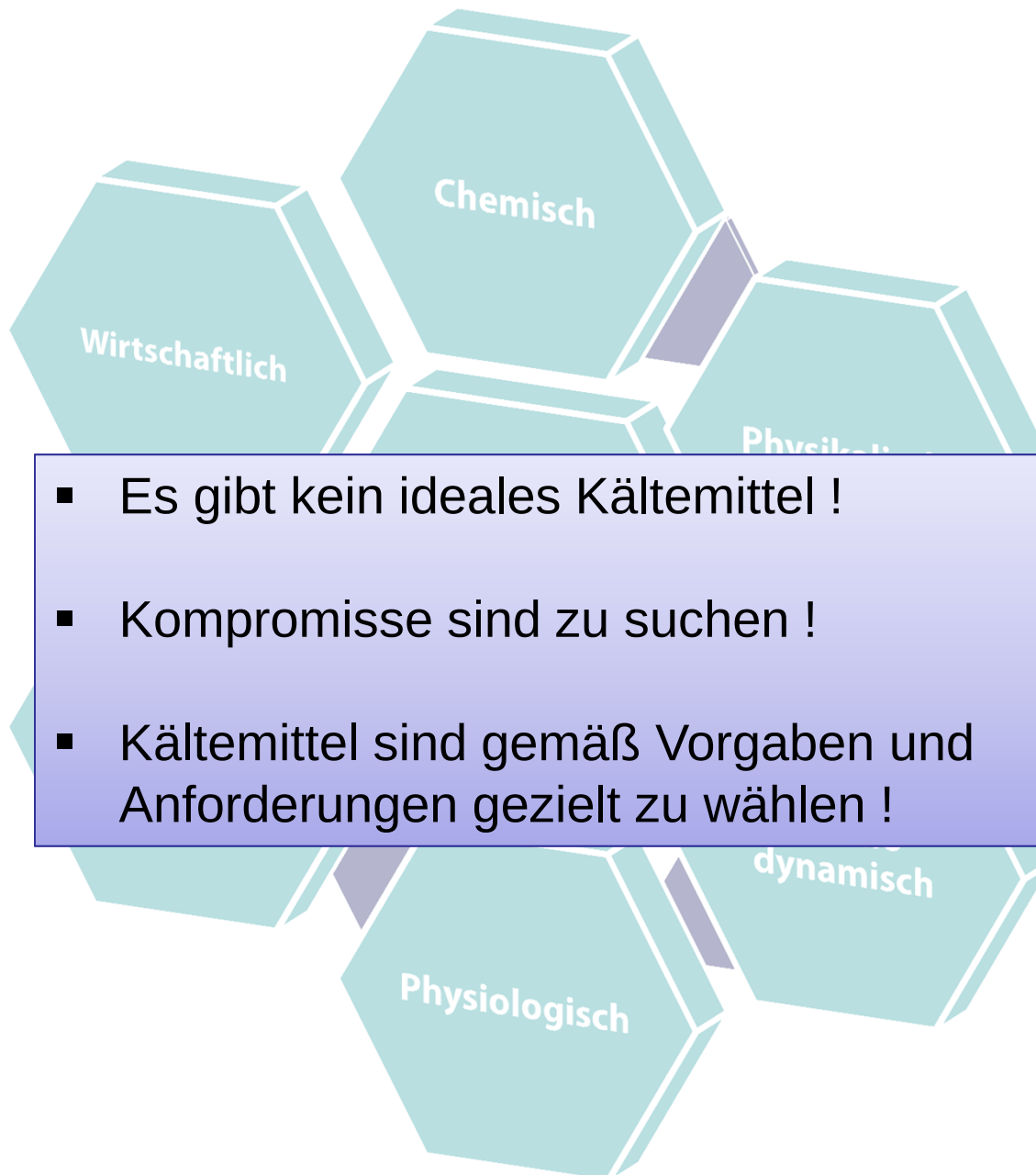
- ▶ R134a
- ▶ R404A
- ▶ ...

HFO

- ▶ R1234..
- ▶ ...

Name	Formel	Jahr	Anwender
Wasser	H ₂ O	1755	Cullen
Ethylether	C ₄ H ₁₀	1834	Perkins
Methylether	C ₂ H ₆	1864	Tellier
Ammoniak	NH ₃	1867	Carre
Ethylchlorid	C ₂ H ₅ Cl	1870	Köhler
Schwefeldioxid	SO ₂	1874	Pictet
Methylchlorid	CH ₃ Cl	1878	Vincent
Kohlendioxid	CO ₂	1881	Linde
Distickstoffoxid	N ₂ O	1912	Linde
Ethan	C ₂ H ₆	1916	Linde

Aktuell: Renaissance der natürlichen Kältemittel



- Es gibt kein ideales Kältemittel !
- Kompromisse sind zu suchen !
- Kältemittel sind gemäß Vorgaben und Anforderungen gezielt zu wählen !

Thermophysikalische Eigenschaften

- hohe Verdampfungsenthalpie
- hohe volumenstrombezogene Kälteleistung
- niedrige isentrope Verdichtungsendtemperaturen
- hohe ideale Leistungszahl
- kleine spezifische Wärmekapazität
- niedrige dynamische Viskosität
- hohe Wärmeleitfähigkeit
- günstige Lage des Siede- und kritischen Punktes

Chemische Eigenschaften

- chemische und thermische Beständigkeit
- nicht brennbar
- nicht explosiv
- gute Werkstoffverträglichkeit
- gute Mischbarkeit mit dem Kältemaschinenöl

Ökologische Eigenschaften

- kein Ozonzerstörungspotenzial
- geringes direktes Treibhauspotenzial
- keine Gefährdung durch Abbauprodukte

Physiologische Eigenschaften

- toxikologisch unbedenklich

Ökonomische Eigenschaften

- hohe Verfügbarkeit
- geringe Kosten

Verordnungen:

- Wasserhaushaltsgesetz (Sept. 1986, WHG 19)
-

Grundwasserschutz

- Montreal-Protokoll zum Schutz der Ozonschicht (Jan. 1989)
 - FCKW-Halon-Verbots-Verordnung (Mai 1991)
 - Verordnung EG 2037/2000 (Okt. 2000)
-

Schutz der Ozonschicht

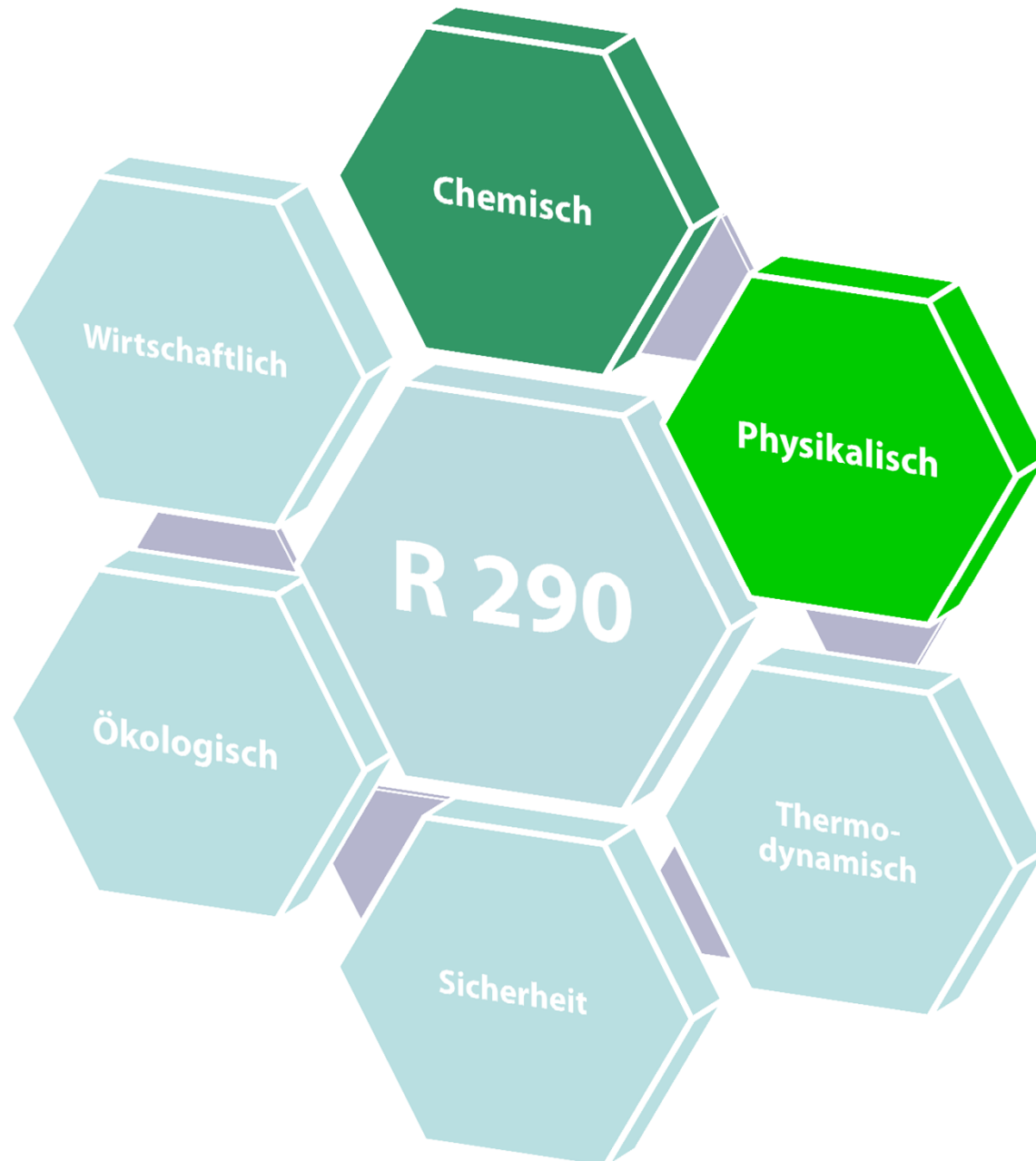
- Chemikalien-Ozonschichtverordnung (Nov. 2006)
 - Kyoto-Protokoll der UN-Klimarahmenkonvention 1997 (Feb. 2005)
 - Verordnung (EG) Nr. 842/2006 über bestimmte fluorierte Treibhausgase (Mai 2006, EU-F-Gase-Verordnung)
 - Verordnung (EG) Nr. 1516/2007 (Dez. 2007, Standardanforderungen)
 - Verordnung (EG) Nr. 303/2008 (April 2008, Unternehmen u. Personal)
 - Chemikalien-Klimaschutzverordnung (Jul. 2008)
 - Richtlinie 2006/40/EG (PKW-Klimaanlagen)
-

Schutz des Klimas



- ✓ Geringe Reaktivität, da C-H und C-C-Bindung relativ stabil
- ✓ R290 in Kältemittelqualität (Reinheit) chemisch inaktiv
- ✓ Verträglichkeit und Löslichkeit mit Schmierstoffen prüfen
- ✓ Gute Löslichkeit mit POE-Ölen

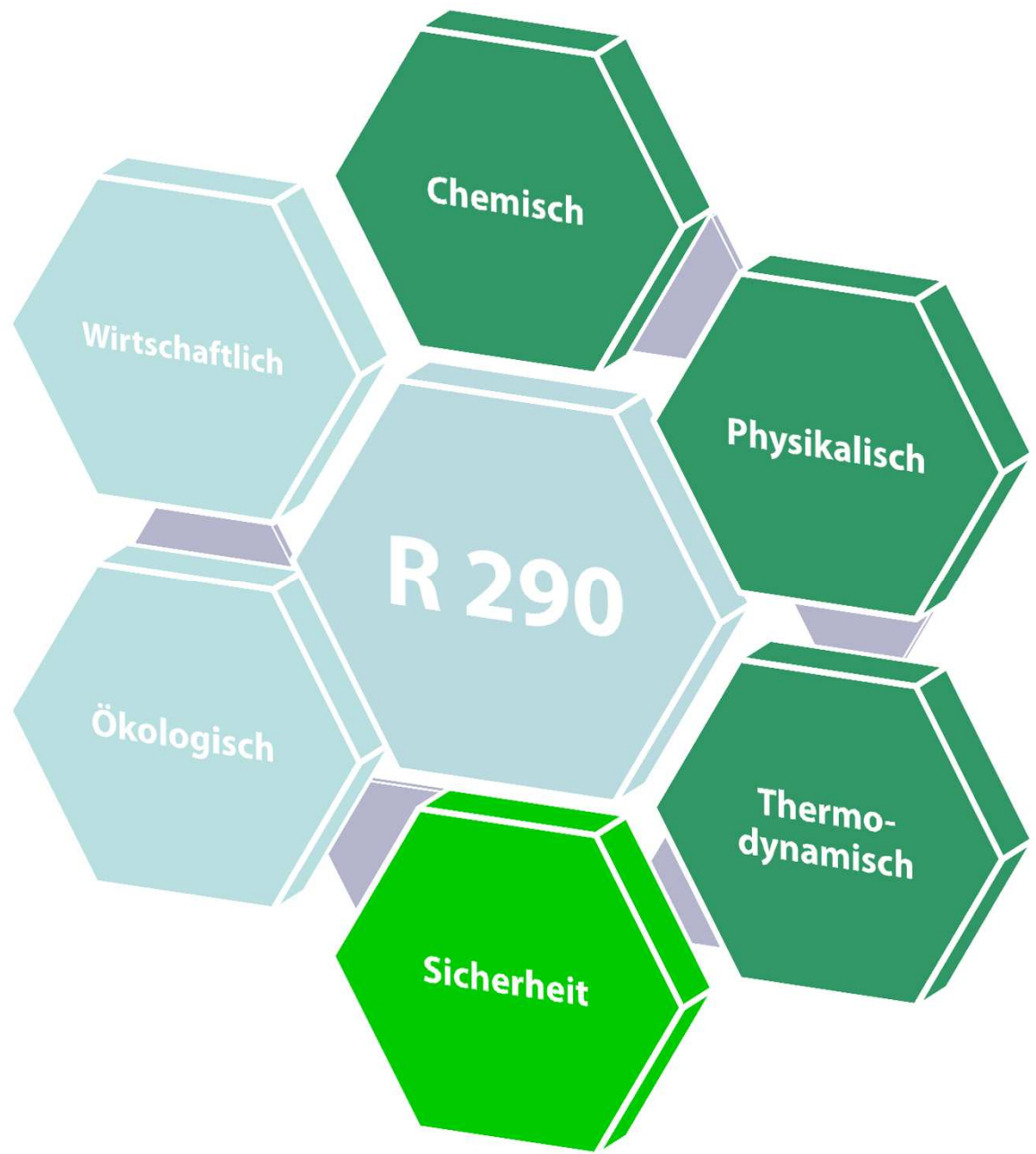
Klärung mit Verdichterhersteller bzw. Schmierstofflieferanten empfohlen



- Verträglichkeitsprüfung verwendeter Elastomere generell angeraten!
- Geeignet:
Fluorkautschuk (FKM),
Perfluorkautschuk (FFPM) ,
Butadien-Acrylnitril-Copolymerisat (NBR)
- Bedingt oder nicht geeignet:
Chlorbutadien-Kautschuk (CR),
Ethylen-Propylen-Kautschuk (EPDM),
Silikon-Kautschuk (SI)

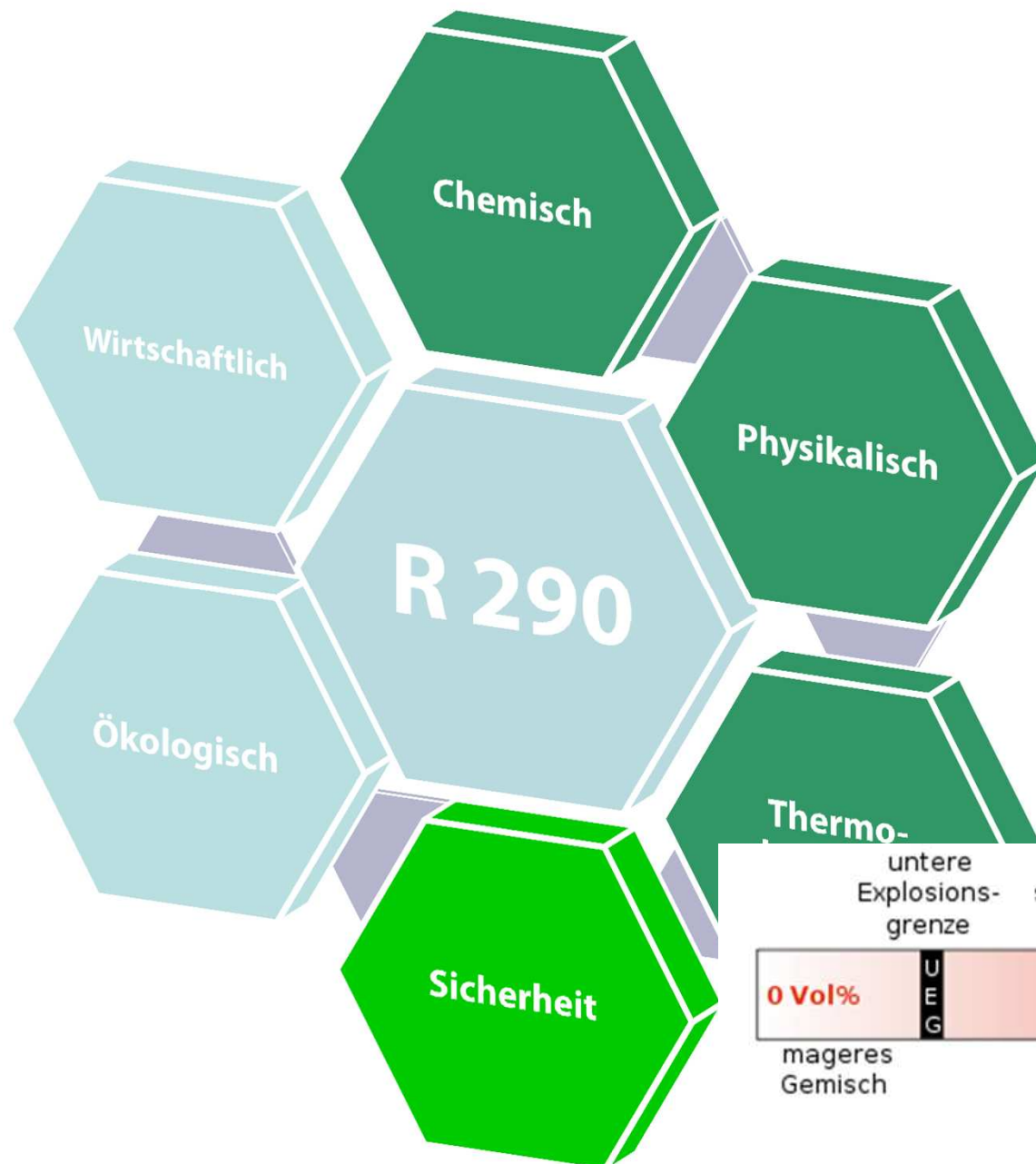


Kältemittel	R 290	R 134a	R 404A
Name	Propan	1,1,1,2-Tetra-flour-ethan	Gemisch R 125 R 143a R 134a
Formel	C_3H_8	CF_3-CH_2F	44/ 52/ 4
Kritische Temperatur in °C	96,7	101	72,5
Molmasse in kg/kmol	44,1	102	97,6
Normal-Siedepunkt in °C	-42,1	-26,5	-45,8
Druck (absolut) bei -25 °C in bar	2,03	1,07	2,50
Flüssigkeitsdichte bei -25 °C in kg/l	0,56	1,37	1,24
Dampfdichte bei t_0 -25/+32 °C in kg/m ³	3,6	4,4	10,0
Volum. Kälteleistung bei -25/45/32 °C in kJ/m ³	1164	725	1334
Verdampfungsenthalpie bei -25 °C in kJ/kg	406	216	186
Druck (absolut) bei +20 °C in bar	8,4	5,7	11,0



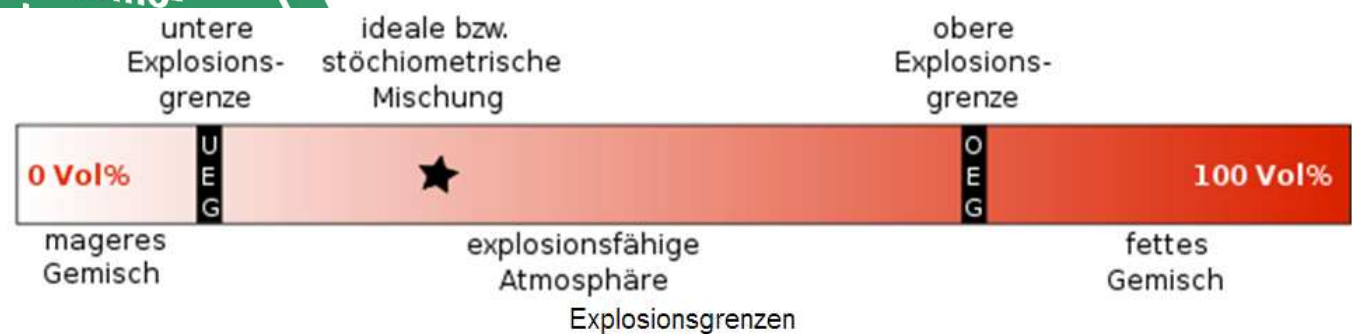
- Sicherheitsgruppe A3
höhere Brennbarkeit
geringe Toxizität

Name	Gruppe
R 12	A1
R 22	A1
R 134a	A1
R 290	A3
R 404A	A1
R 407C	A1
R 410A	A1
R 717	B2
R 744	A1



- Sicherheitsgruppe A3
höhere Brennbarkeit
geringe Toxizität
- Explosionsgrenzen
UEG 2,1% = 0,038 kg/m³,
OEG 9,5% = 0,171 kg/m³
Untere Zündtemperatur 470 °C
Zündenergie 0,25 mJ

Leckagefallbetrachtung
notwendig!



Bildquelle: Wikipedia



- Sicherheitsgruppe A3
 - höhere Brennbarkeit
 - geringe Toxizität
- Explosionsgrenzen
UEG 2,1%, OEG 9,5%
- Überwachter Aufstellbereich B
Räume mit begrenzter
Personenzahl (einige unterwiesen)
- Füllmengenbegrenzungen nach
DIN EN 378 Anhang C ($m \leq 130 \cdot \text{LFL}$)
- MAK Grenzwerte
 1 l/m^3 bzw. $9,1 \text{ g/m}^3$
- Notwendige Sicherheitstechnik
Gaswarner
Pressostate ND und HD
- Auslegung gemäß Druckgeräte-
Richtlinie 97/23/EG Kategorie 1



Methoden und Tools zur Begrenzung der Entwicklungsrisiken

- Kreislaufdimensionierung unter Prämisse minimaler Füllmenge

$$A_{\min} = (m / (2,5 \cdot LFL^{5/4} \cdot h_0))^2$$

$$LFL[R-290] = 0,038 \text{ kg/m}^3$$

- Aufstellung und Analyse von Risikokomponenten
- Anwendung von Entwicklungs-FMEA zur Identifizierung und Quantifizierung von Risiken

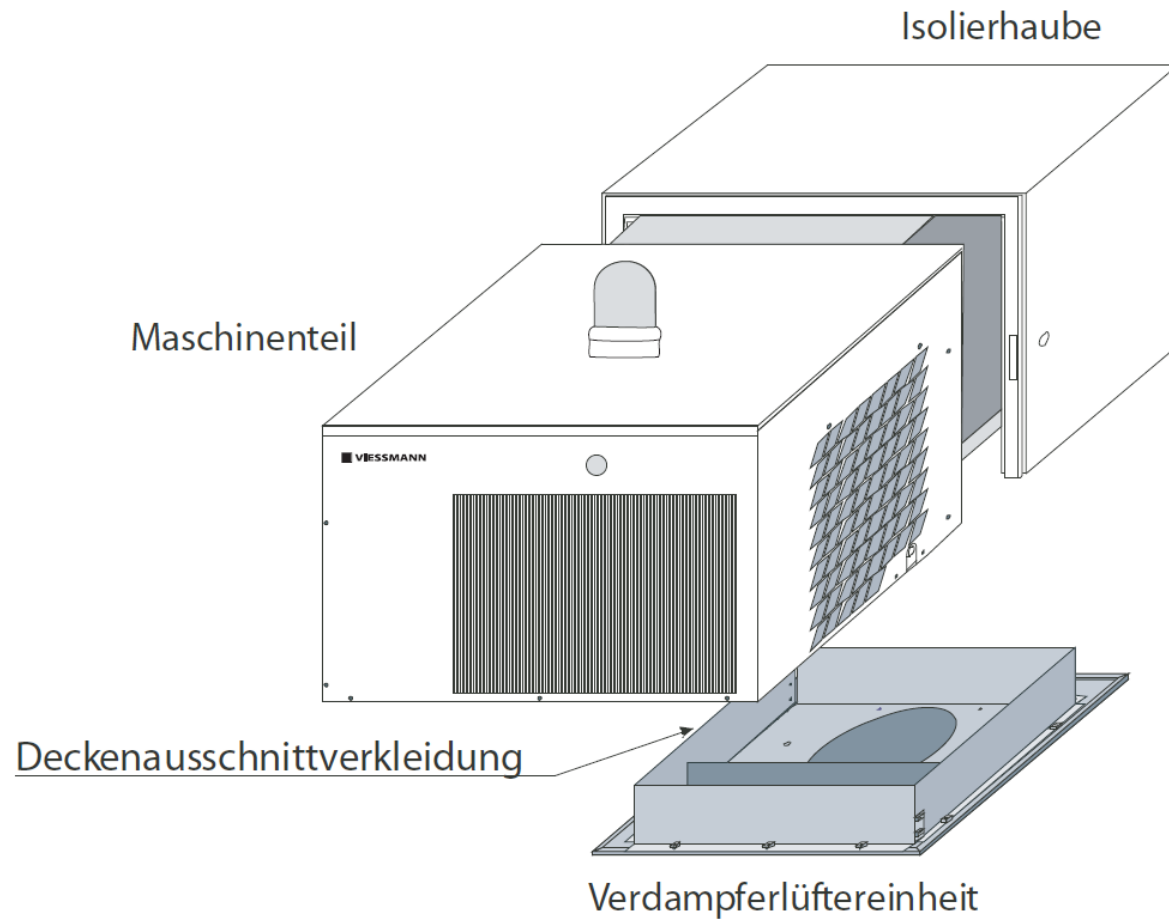


- ✓ Kein ODP
- ✓ Sehr niedriges GWP
- ✓ Gute TEWI-Werte erreichbar

Name	ODP	GWP
R 12	1	8500
R 22	0,05	1700
R 134a	0	1430
R 290	0	3
R 404A	0	3922
R 407C	0	1774
R 410A	0	2088
R 717	0	1
R 744	0	1

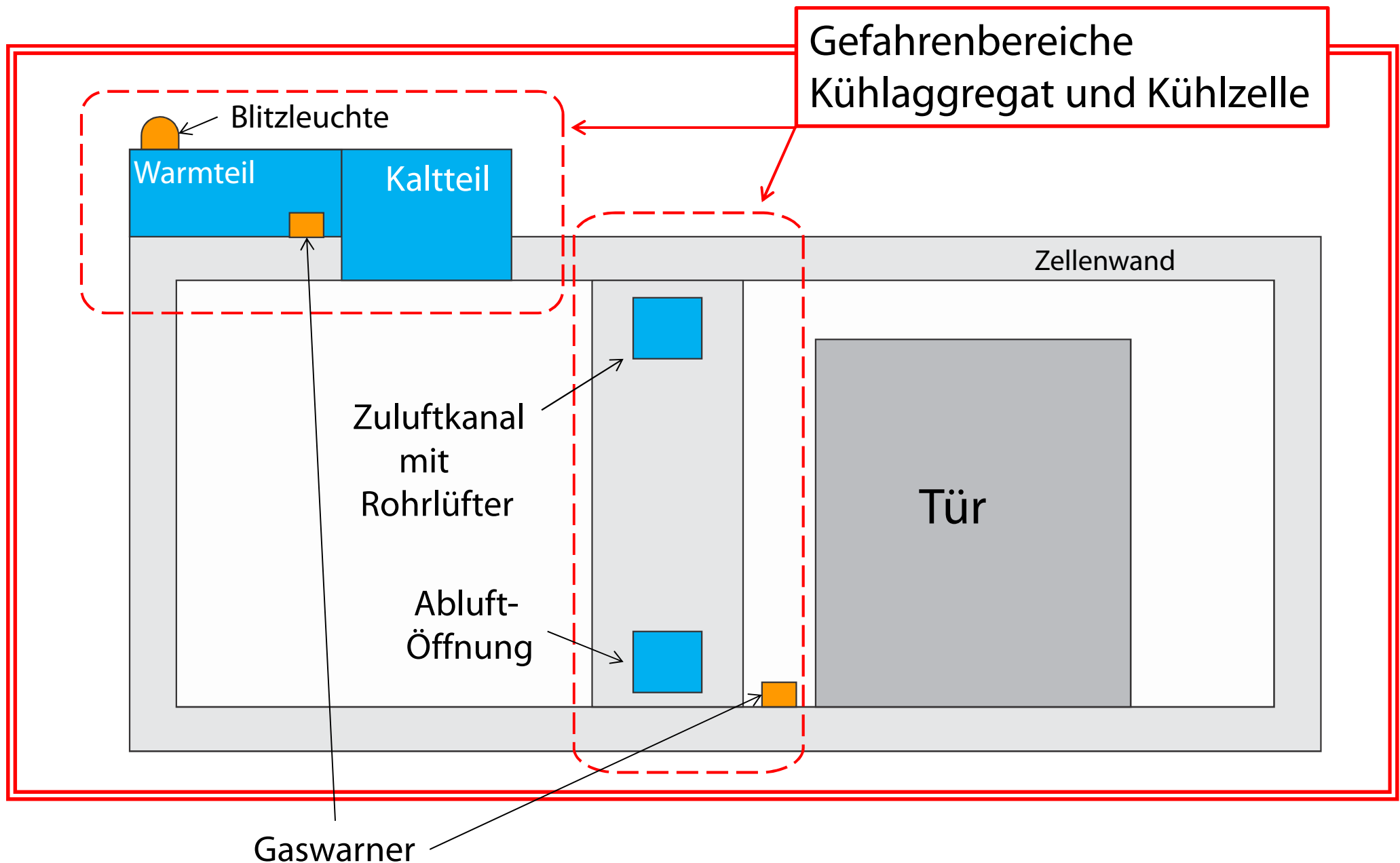


- Komponentenverfügbarkeit (noch) gering
- Sicherheitskonzepte notwendig
- Fertigungsablauf ist anzupassen
Dichtheitsforderung 0,5g R290/a
- Baumuster-Typprüfung erforderlich
- Aufwendungen für Produktdokumentation
- Nachweispflicht Information und Einweisung Betreiber
- Offene Logistikfragen
Beförderungskonditionen / Mengen
- Sicherung Kältemittelqualität
- R290 kein Kältemonteurstandard
- Qualifiziertes Personal für Planung, Service und Wartung notwendig





CEILING-COOL R290	CT 1200
Kühlraumtemperatur Regelbereich [°C]	-5 bis +20
Umgebungstemperatur zulässig [°C]	+1 bis +43
Kälteleistung A32/A5 (EN 14511)* [W]	1270
Leistungsaufnahme [W] / Absicherung [A]	840 / 16
Abtauung	Heißgas
Expansionsorgan	Thermostatisches Expansionsventil
Regelung	Elektronisch
Spannung [V] / Frequenz [Hz]	220 - 240 / 50
Abmessungen Länge x Breite x Höhe [mm]	980 x 983 x 470
Abmessungen Deckenausschnitt	450 x 740
Gewicht [kg]	70
Kältemittel	R290
Kältemittelmenge [kg]	0,4





- ✓ TÜV-geprüftes Sicherheitskonzept für Innenaufstellung der R290-Aggregate
- ✓ automatisches, kühlzellenintegriertes Sicherheitssystem zur Leckageüberwachung

Innen





Klares Ja, aber ... !

Vorbehalte und Hemmnisse existieren!

Wichtig Risikomanagement während Entwicklung

- Betrachtung Risikokomponenten
- Entwicklungs-FMEA

Nachweisführung Wirtschaftlichkeit

- für Hersteller
- für Betreiber
- für Endkunden

wird entscheidend für Erfolg sein!

Besuchen Sie den Viessmann Stand

Kühlzelle mit R290-Aggregat als ökoeffiziente Alternative für Kühlräume in Funktion auf **Stand 234 in Halle 1**



Danke für Ihre Aufmerksamkeit !

