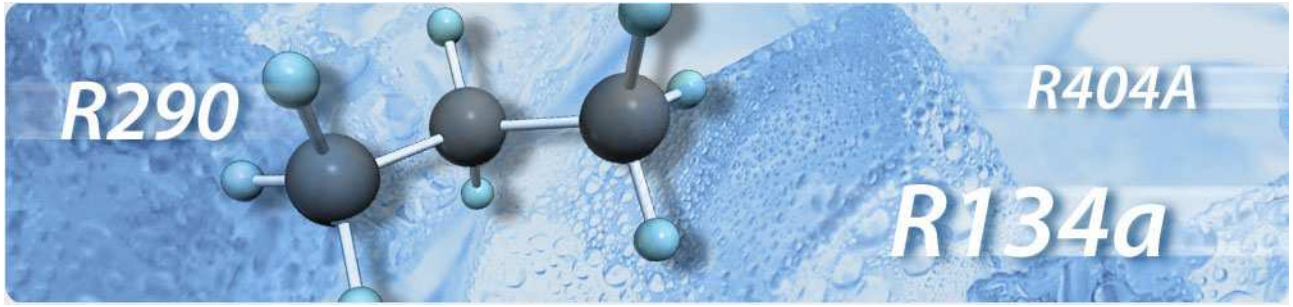
September 2012

Anwendungsaspekte von R290 aus Sicht eines Aggregateherstellers

VIESSMANN

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

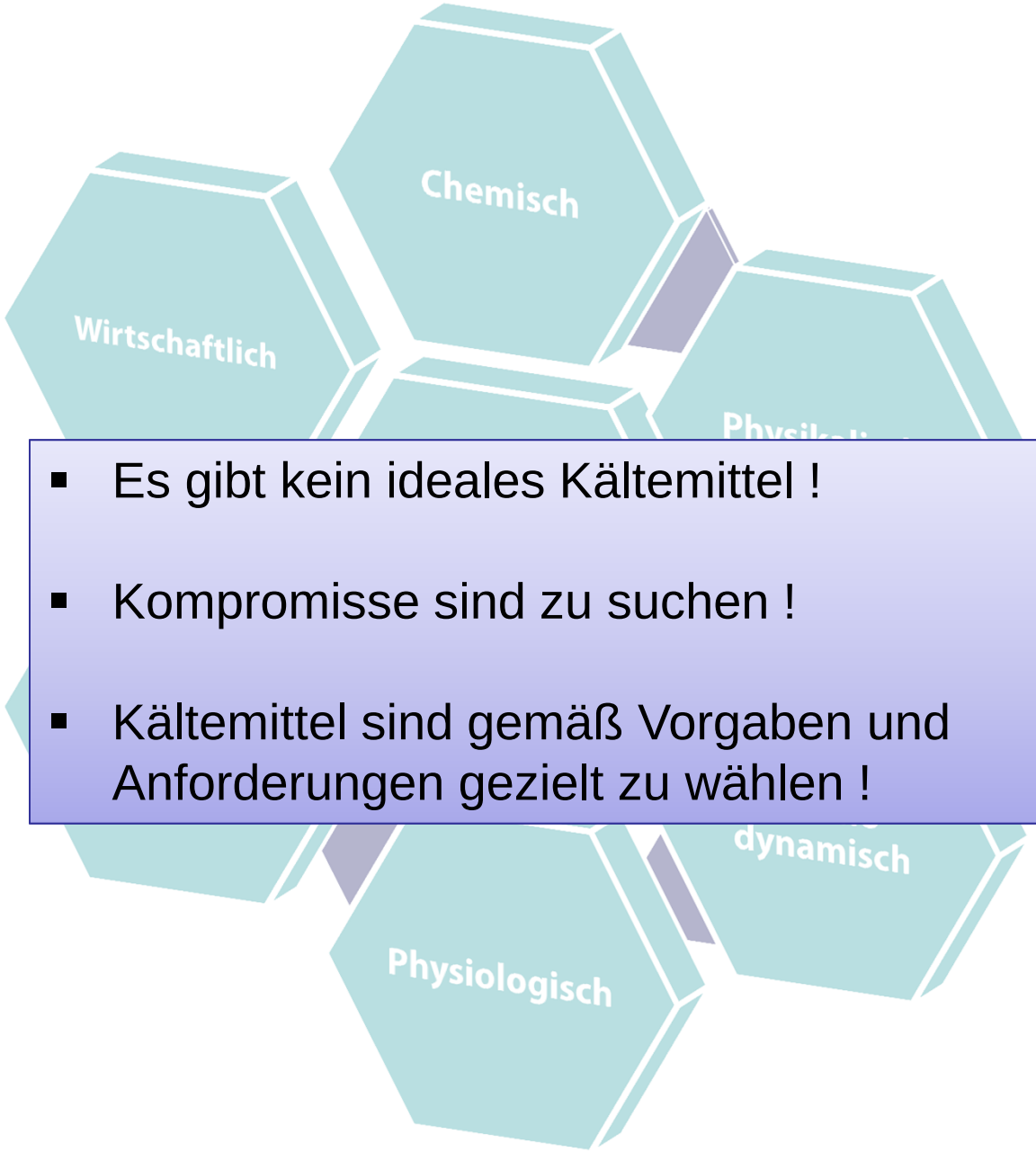
- *R1234..*
- ...

Name	Formel	Jahr	Anwender
Wasser	H_2O	1755	Cullen
Ethylether	C_4H_{100}	1834	Perkins
Methylether	C_2H_{60}	1864	Tellier
Ammoniak	NH_3	1867	Carre
Ethylchlorid	C_2H_5Cl	1870	Köhler
Schwefeldioxid	SO_2	1874	Pictet
Methylchlorid	CH_3Cl	1878	Vincent
Kohlendioxid	CO_2	1881	Linde
Distickstoffoxid	N_2O	1912	Linde
Ethan	C_2H_6	1916	Linde

Aktuell: Renaissance der natürlichen Kältemittel

© VIESSMANN KÄLTETECHNIK AG

Eigenschaftsanforderungen an 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

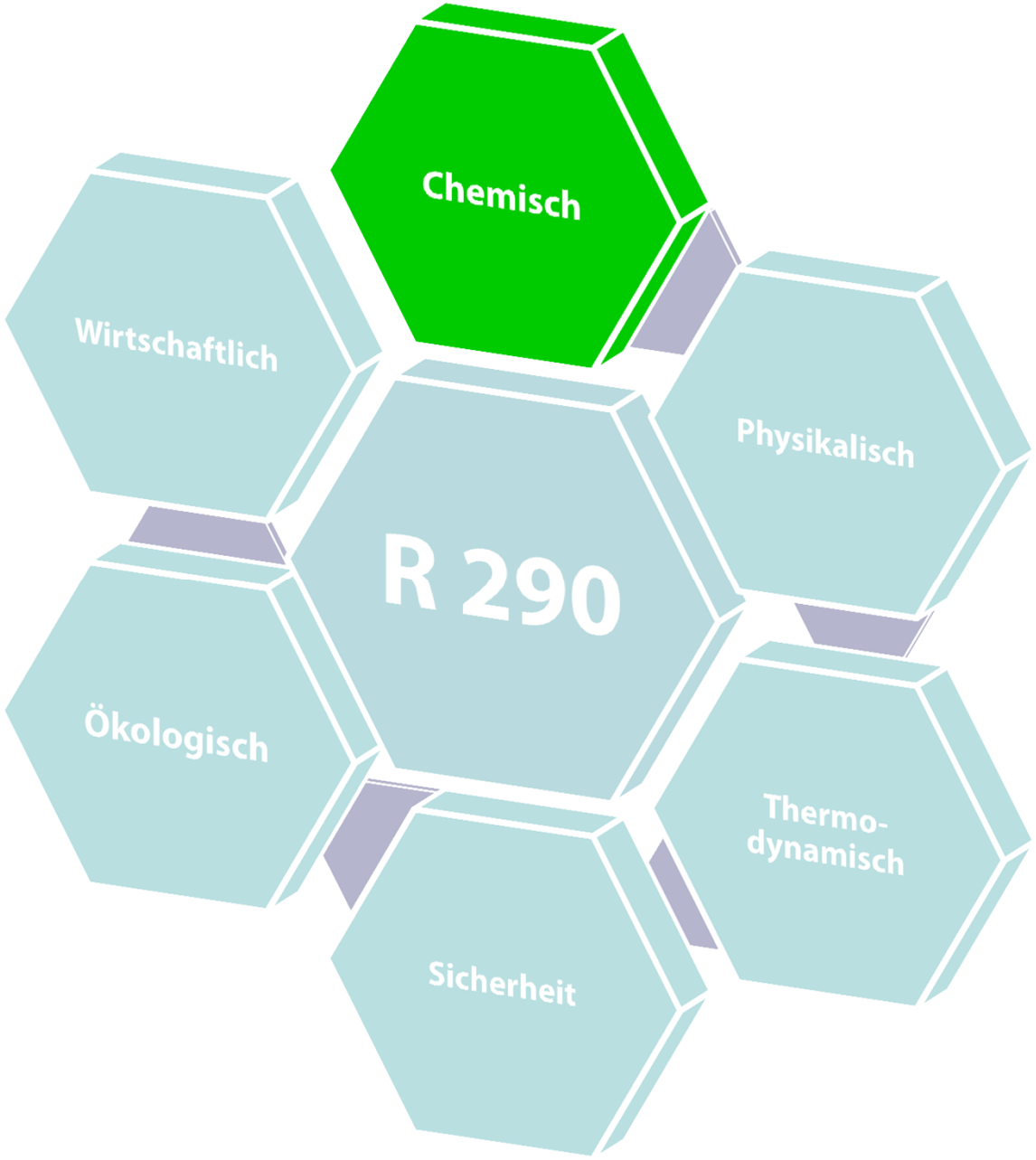
- Montreal-Protokoll zum Schutz der Ozonschicht (Jan. 1989)
- FCKW-Halon-Verbots-Verordnung (Mai 1991)
- Verordnung EG 2037/2000 (Okt. 2000)

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

R290: Chemische Aspekte

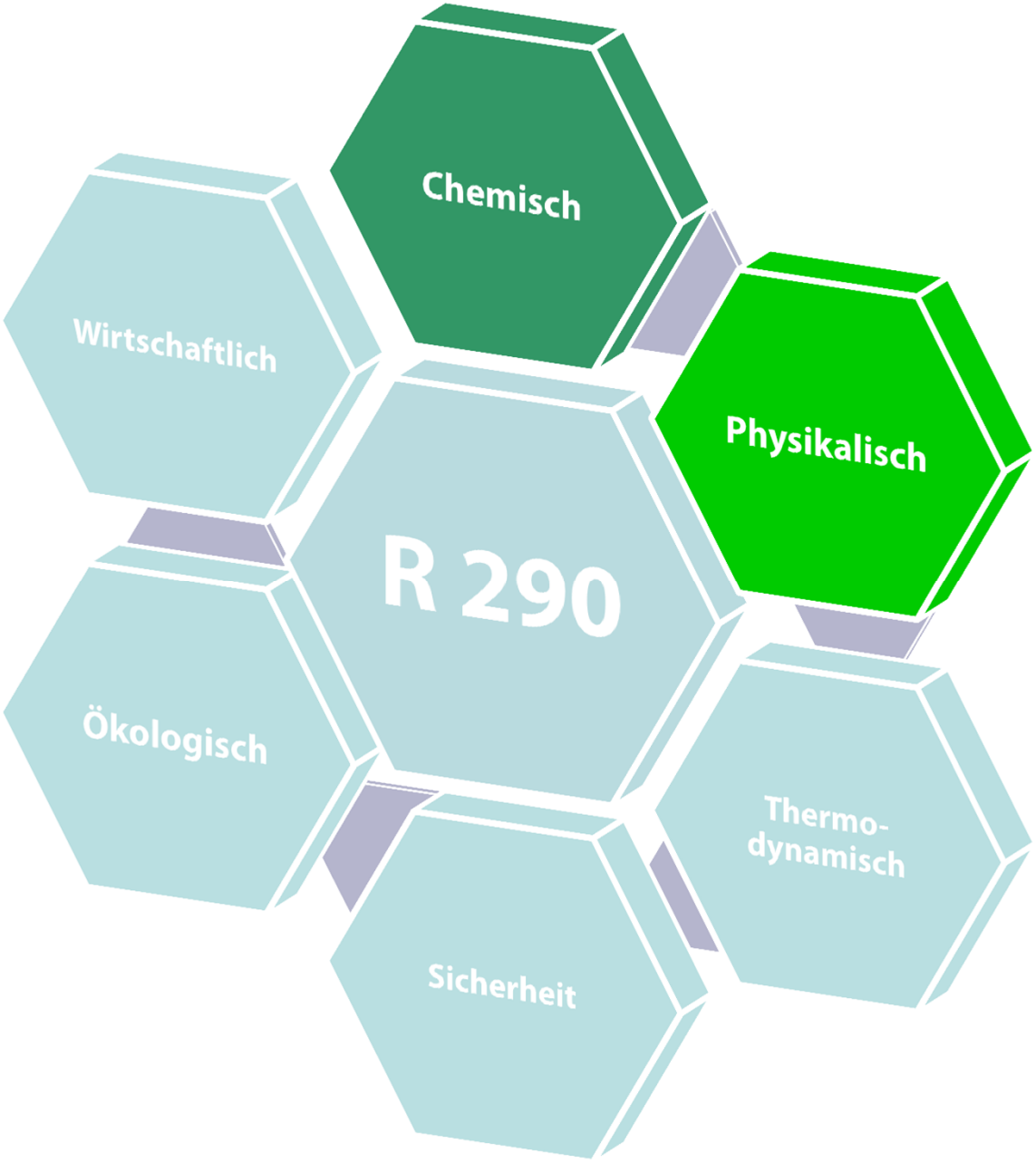


- ✓ Geringe Reaktivität, da C-H und C-C-Bindung relativ stabil
- ✓ R290 in Kältemittelqualität (Reinheit) chemisch inaktiv
- ✓ Verträglichkeit und Löslichkeit mit Schmierstoffen prüfen
- ✓ Gute Löslichkeit mit POE-Ölen

Klärung mit Verdichterhersteller bzw. Schmierstofflieferanten empfohlen

© VIESSMANN KÄLTETECHNIK AG

R290: Physikalische Aspekte



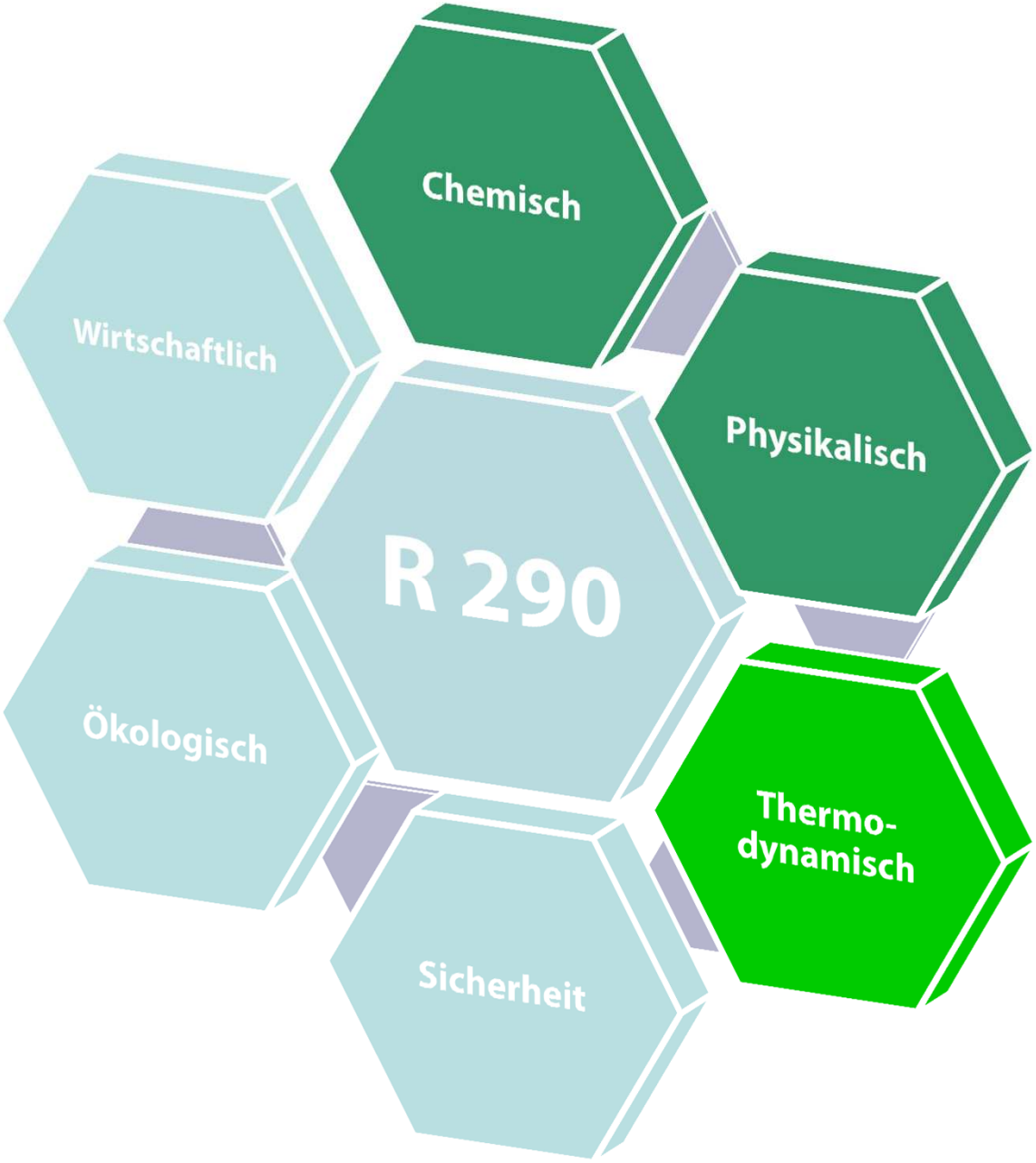
- Verträglichkeitsprüfung verwendeter Elastomere generell angeraten!

- Geeignet:
  Fluorkautschuk (FKM),
  Perfluorkautschuk (FFPM) ,
  Butadien-Acrylnitril-Copolymerisat (NBR)

- Bedingt oder nicht geeignet:
  Chlorbutadien-Kautschuk (CR),
  Ethylen-Propylen-Kautschuk (EPDM),
  Silikon-Kautschuk (SI)

© VIESSMANN KÄLTETECHNIK AG

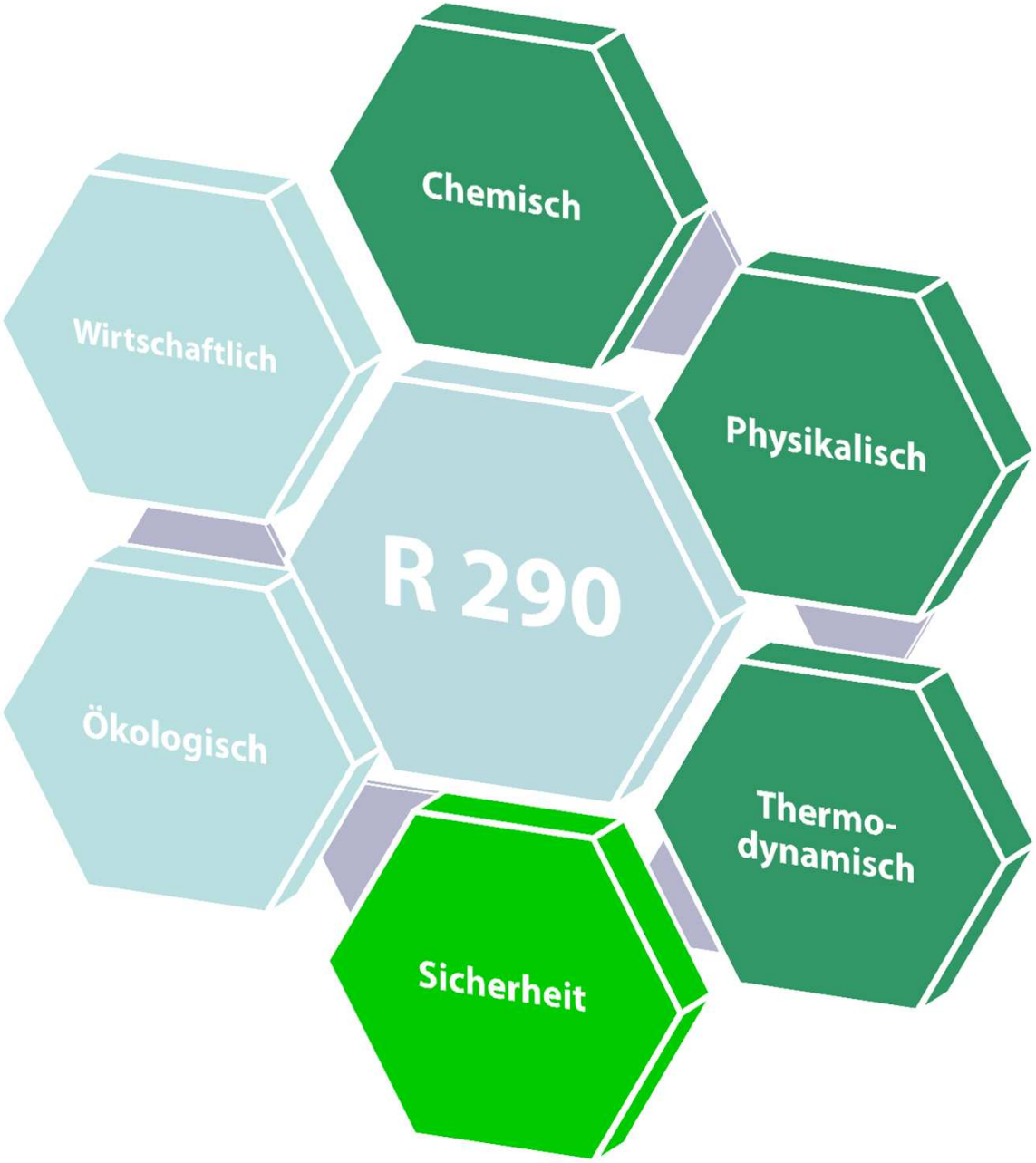
R290: Thermodynamische Aspekte



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_o-25/+32 °C in kg/m³	3,6	4,4	10,0
Volum. Kälteleistung bei -25/45/32 °C in kJ/m³	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

© VIESSMANN KÄLTETECHNIK AG

R290: Sicherheits-Aspekte

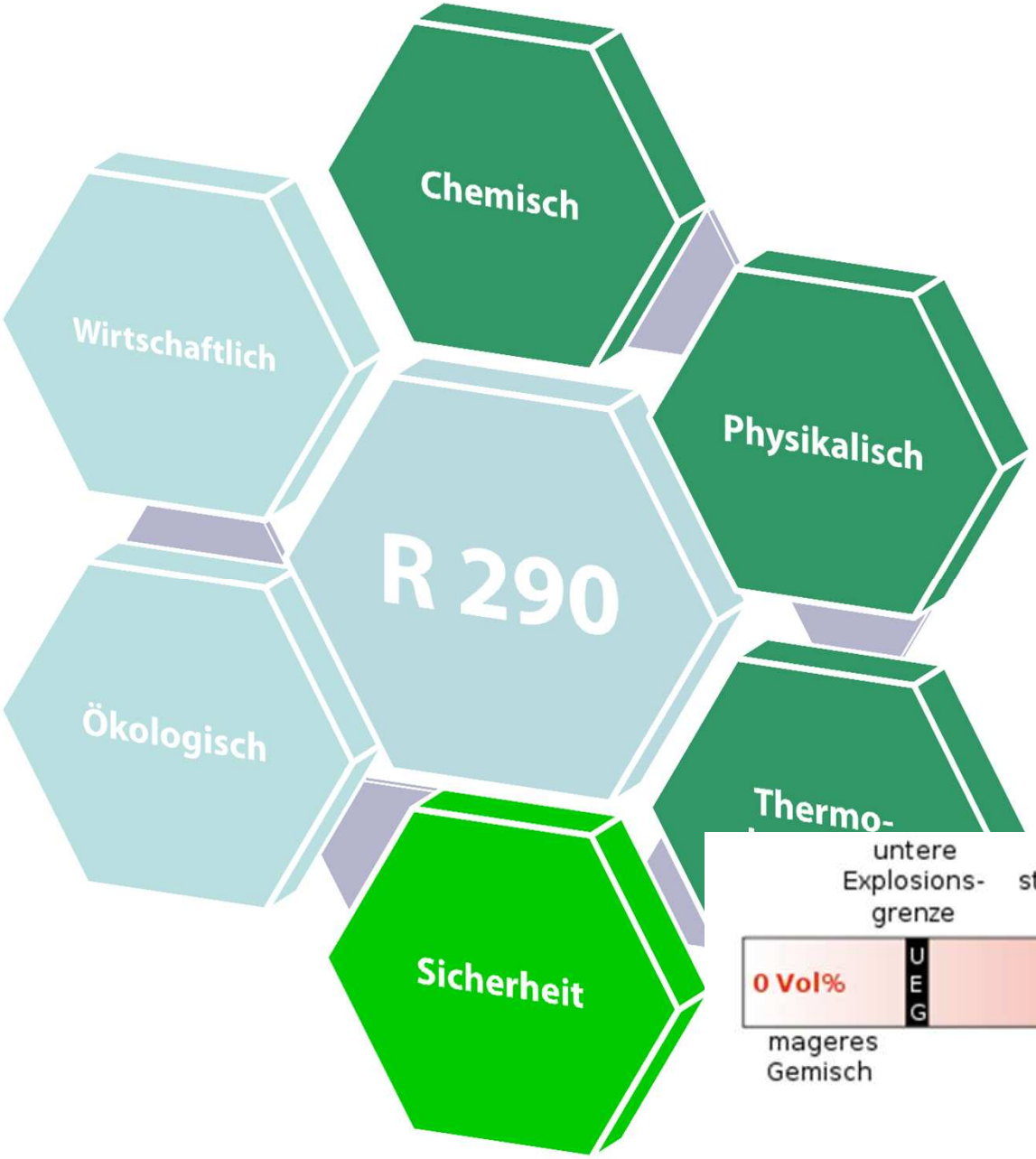


- Sicherheitsgruppe A3
  höhere Brennbarkeit
  geringe Toxizität

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

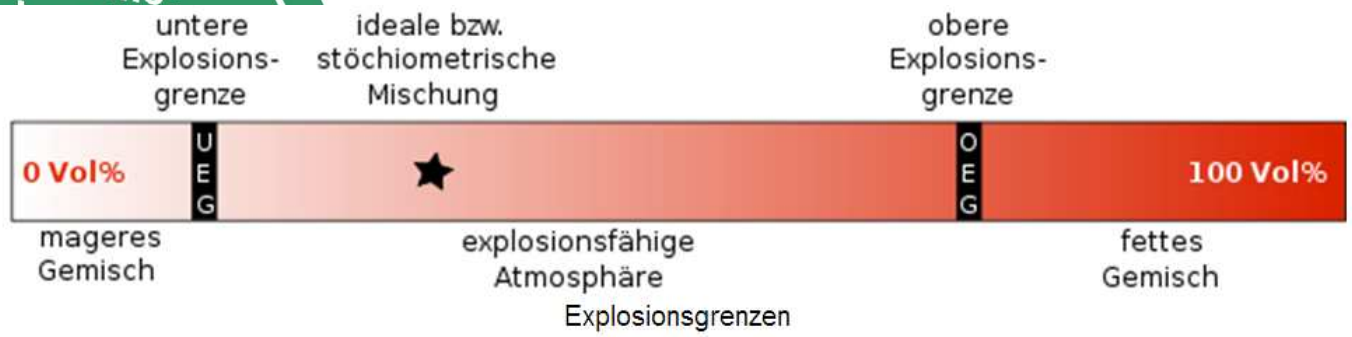
© VIESSMANN KÄLTETECHNIK AG

R290: Sicherheits-Aspekte



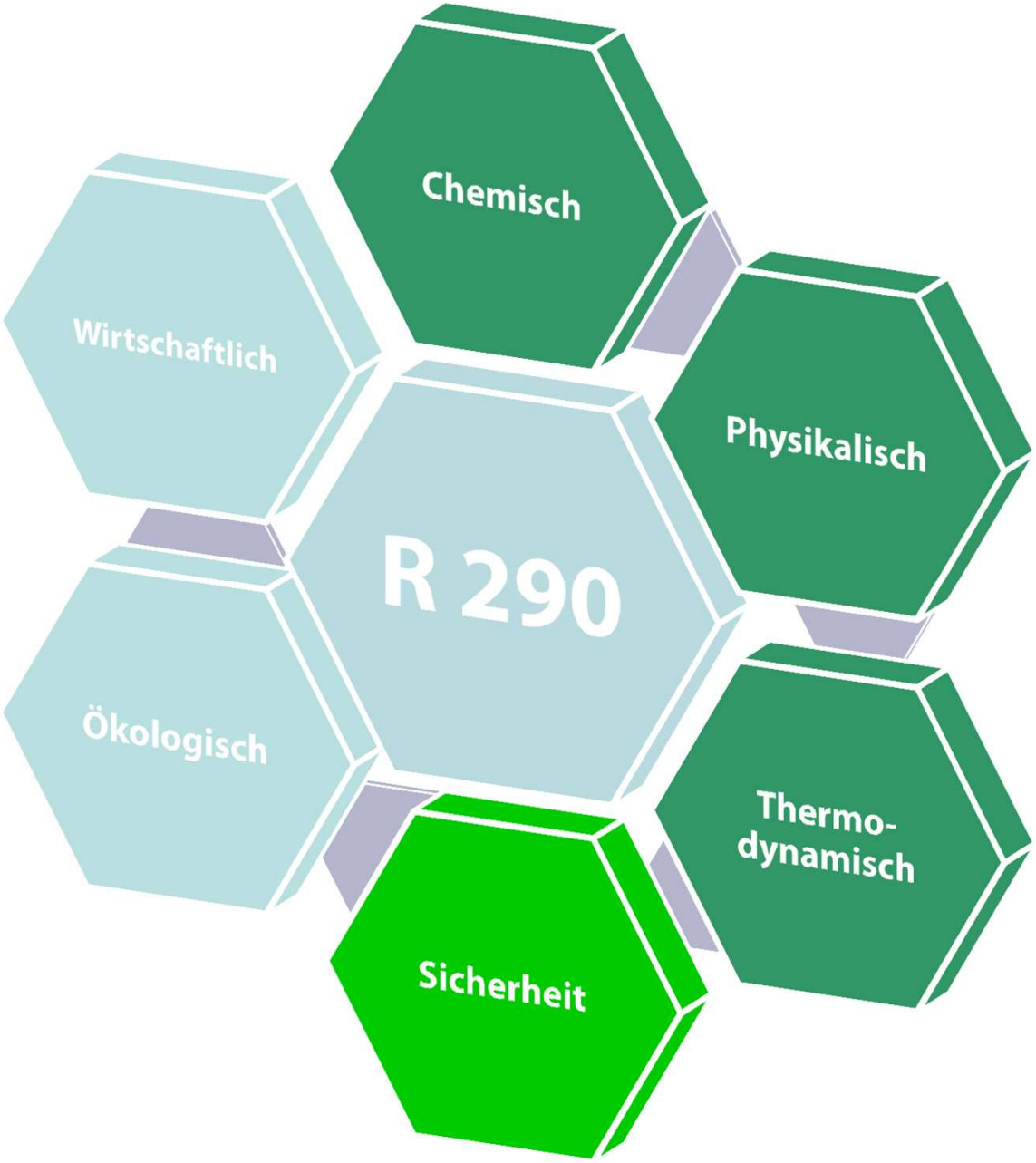
- Sicherheitsgruppe A3
  höhere Brennbarkeit
  geringe Toxizität
- Explosionsgrenzen
  UEG 2,1% = 0,038 kg/m3,
  OEG 9,5% = 0,171 kg/m3
  Untere Zündtemperatur 470 C
  Zündenergie 0,25 mJ

  Leckagefallbetrachtung
  notwendig!



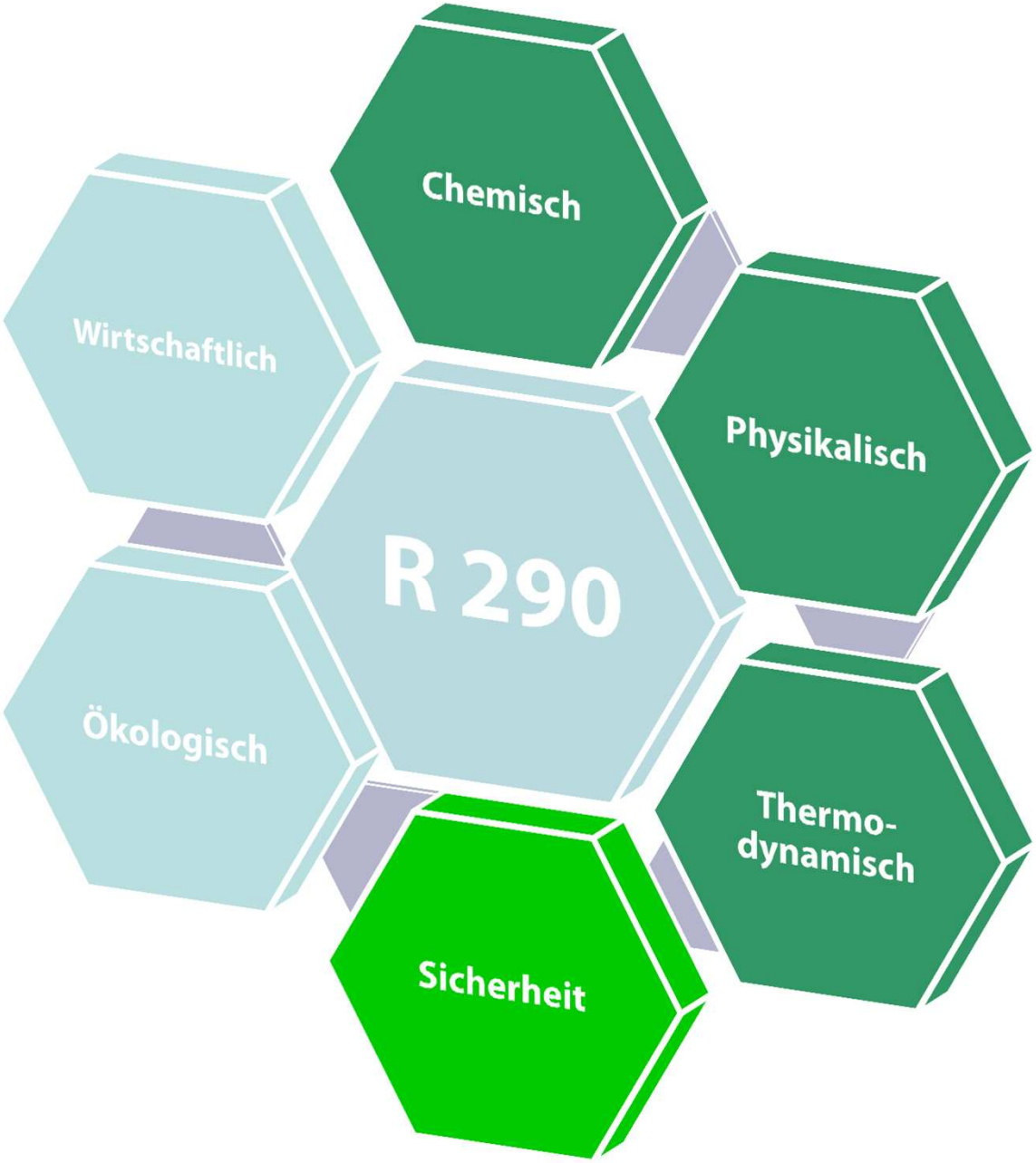
Bildquelle: Wikipedia

R290: Sicherheits-Aspekte



- 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 ($m \leq 130 \cdot LFL$)
- MAK Grenzwerte
  1 l/m³ bzw. 9,1 g/m³
- Notwendige Sicherheitstechnik
  Gaswarner
  Pressostate ND und HD
- Auslegung gemäß Druckgeräte-
  Richtlinie 97/23/EG Kategorie 1

R290: Sicherheits-Aspekte



Methoden und Tools zur Begrenzung der Entwicklungsrisiken

- Kreislaufdimensionierung unter Prämisse minimaler Füllmenge

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

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

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

© VIESSMANN KÄLTETECHNIK AG

R290: Ökologische Aspekte

- ✓ 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

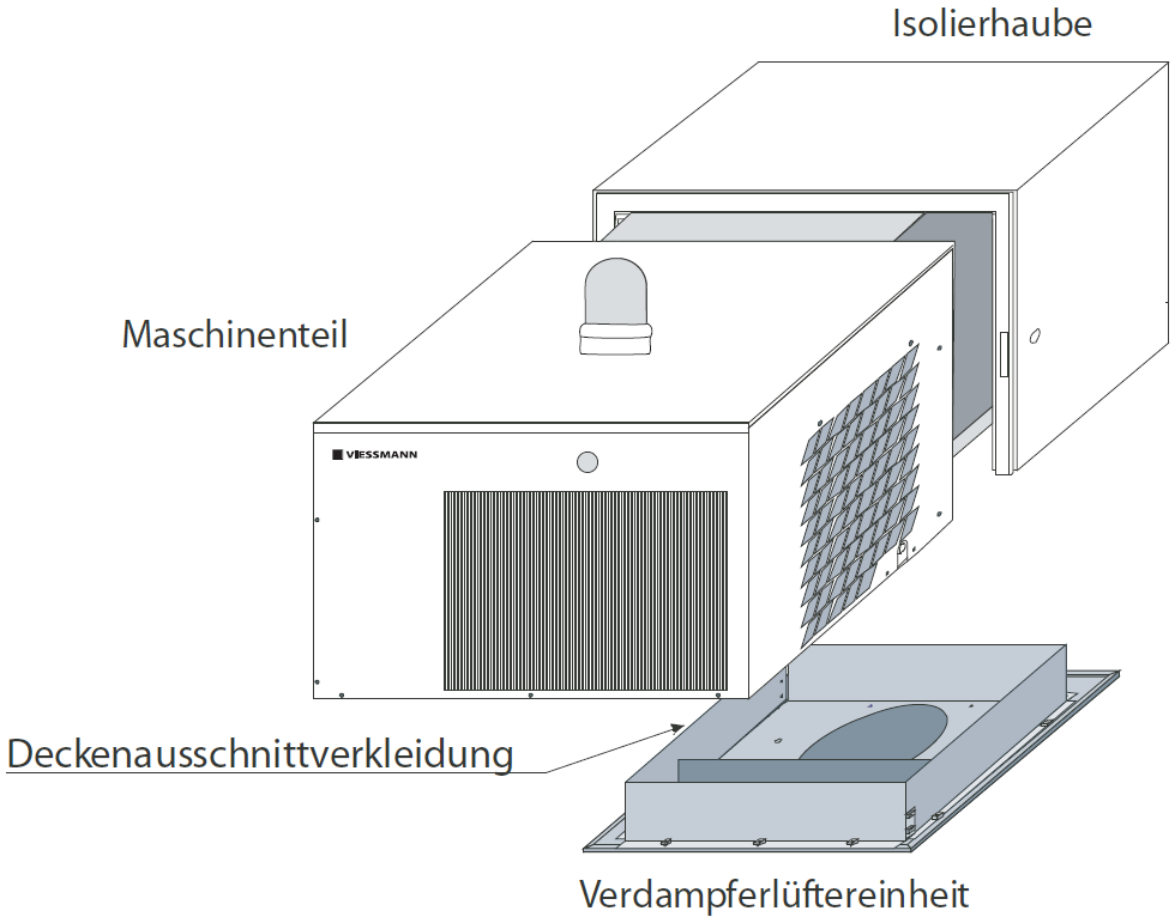
© **VIESSMANN** KÄLTETECHNIK AG

R290: Wirtschaftliche Aspekte

- 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

© VIESSMANN KÄLTETECHNIK AG

Steckerfertiges Deckenaggregat CT1200 mit R290

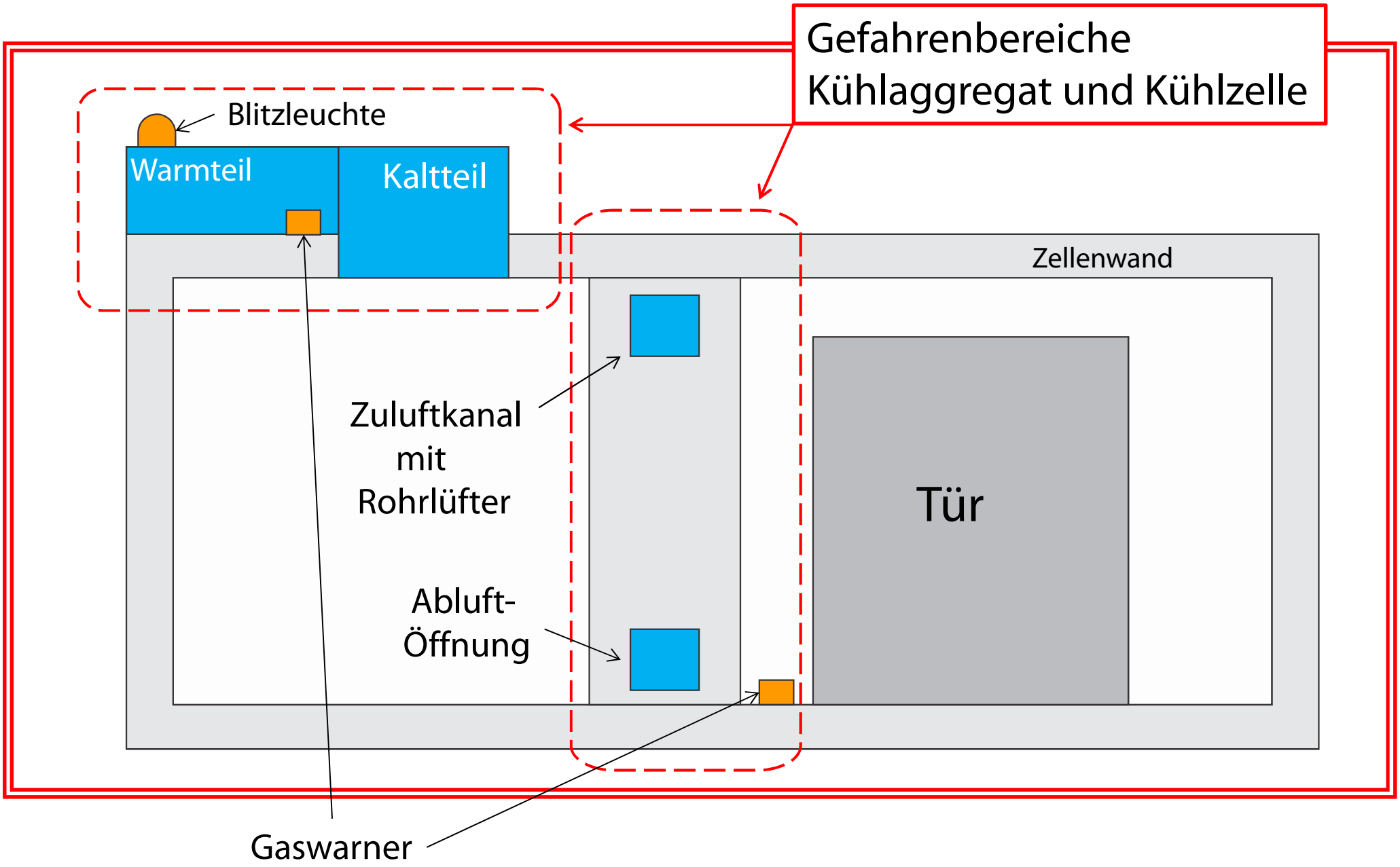


Steckerfertiges Deckenaggregat CT1200 mit R290

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

© VIESSMANN KÄLTETECHNIK AG

Kühlzellenintegrierte Sicherheitseinrichtung



Kühlzellenintegrierte Sicherheitseinrichtung

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

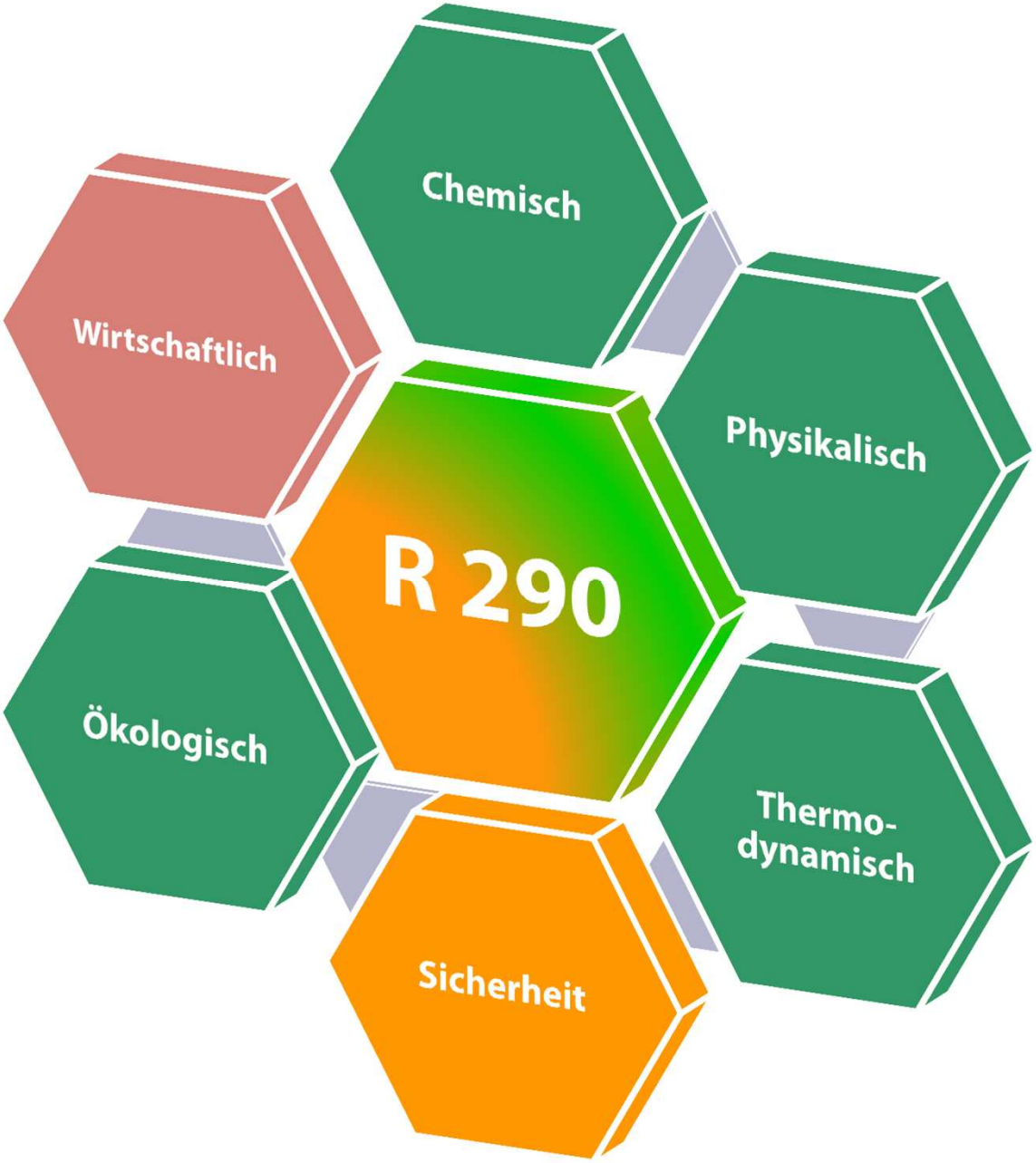
© VIESSMANN KÄLTETECHNIK AG

Kühlzellenintegrierte Sicherheitseinrichtung

Innen

Gaswarner

Fazit zu R290: geeignetes Kältemittel ?



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 !