RENISO

Kältemaschinenöle 2022/2023

LUBRICANTS.
TECHNOLOGY.
PEOPLE.

FUCHS

MOVING YOUR WORLD

FUCHS LUBRICANTS GERMANY

Wir entwickeln nicht nur Schmierstoffe. Wir entwickeln intelligente Lösungen für hochkomplexe Herausforderungen.

Dafür haben wir unsere Kompetenzen und Erfahrungen aus den unterschiedlichsten Anwendungsbereichen gebündelt: Aus FUCHS SCHMIERSTOFFE und FUCHS LUBRITECH wurde FUCHS LUBRICANTS GERMANY. Das Ziel: die Welt unserer Kunden in Bewegung zu halten. Effizient, nachhaltig, zuverlässig. Heute und morgen.

Was können wir für Sie bewegen?

FUCHS LUBRICANTS GERMANY

Zahlen und Fakten

Firma: FUCHS LUBRICANTS GERMANY GmbH, ein Unternehmen der FUCHS-Gruppe
Standorte: Zentrale in Mannheim mit Standorten in Bremen, Dohna, Hamburg, Kaiserslautern, Kiel und Wedel; ca. 1.400 Mitarbeitende
Produktprogramm: umfassendes Sortiment von rund 3.000 Produkten für alle Anwendungen
Zertifizierungen u. a.: ISO 9001, IATF 16949, ISO 14001, ISO 45001, ISO 50001, ISO 21469, HALAL, KOSHER (genaue Zertifizierungen können unter www.fuchs.com/de eingesehen werden)
CO_2-neutrale Produktion*

Seit 1931 verfolgen wir dasselbe Ziel: Wir wollen die Welt in Bewegung halten. Mit innovativen und technologischen Schmierstofflösungen, die nachhaltig in die Zukunft wirken. Bedingungslose Zuverlässigkeit ist dabei unser oberstes Gebot. Sie ist Grundlage für alles, was uns definiert und als Unternehmen ausmacht.

Zuverlässigkeit ist Antrieb und Anspruch zugleich. Und das Versprechen an alle unsere Kunden in den Bereichen der Automobilzulieferer und OEMs, des Maschinenbaus, der Metallverarbeitung, des Bergbaus und der Luft- und Raumfahrt, des Energie-, Konstruktions- und Transportsektors, der Land- und Forstwirtschaft sowie der Papier-, Stahl-, Metall-, Zement-, Schmiede- und Lebensmittelindustrie, aber auch für den qualifizierten Schmierstoffhandel sowie Autohäuser und -Werkstätten.

Langjährige Erfahrung, hohe Entwicklungsstärke und die Erfüllung weitreichender Standards begründen die besondere Qualität unserer weltweit führenden Markenprodukte. Wir liefern Lösungen, die einfach effizienter und damit auch nachhaltiger sind. Dabei denken wir immer in ganzheitlichen Lösungen. Für die Entwicklung individueller Lösungen gehen wir in einen intensiven Kundendialog mit Ihnen. Nur so können wir unserem Anspruch gerecht werden, Ihre Welt in Bewegung zu halten.

MOVING YOUR WORLD

*teilweise auch basierend auf Kompensation

Inhalt

06 – 07
Die Entwicklung von Hochleistungskältemaschinenölen

08 – 09
Die Anforderungen und Klassifizierung von Kältemaschinenölen

10 – 15
Physikalisch-chemische Kenndaten von Kältemaschinenölen

16 – 17
Kältemaschinenöle auf Mineralölbasis

18 – 41
Synthetische Kältemaschinenöle

42 – 45
Das FUCHS Service – Programm

Im Bereich der Schmierstoffe und der Schmierungstechnik nehmen Kältemaschinenöle einen besonderen Platz ein. Die hohe Lebensdauer, die von Kältemittelverdichtern erwartet wird, hängt eng mit den hohen Qualitätsanforderungen an die verwendeten Schmierstoffe zusammen.

Neben der günstigen Mischbarkeitscharakteristik mit dem jeweils eingesetzten Kältemittel spielen gute Kältefließeigenschaften, hohe Alterungsbeständigkeit und eine hohe chemische und thermische Stabilität unter Kältemitteleinfluss eine wichtige Rolle.

46–51
RENISO Produkte in der Übersicht

52–57
Neue innovative RENISO-Kältemaschinenöle von FUCHS

58–59
Auswahltabellen: Kältemaschinenöle für Industrie- und Gewerbekälteanwendungen

60
4 gute Gründe für RENISO Kältemaschinenöle

61
RENISO-Kältemaschinenöle auf einen Blick

62–63
Notizen

Die Entwicklung von Hochleistungskältemaschinenölen

Die Wechselwirkung mit anderen Stoffen, insbesondere dem eingesetzten Kältemittel, stellt im Kältekreislauf bei zum Teil extremen Temperaturunterschieden ganz spezifische Anforderungen an das Schmieröl.

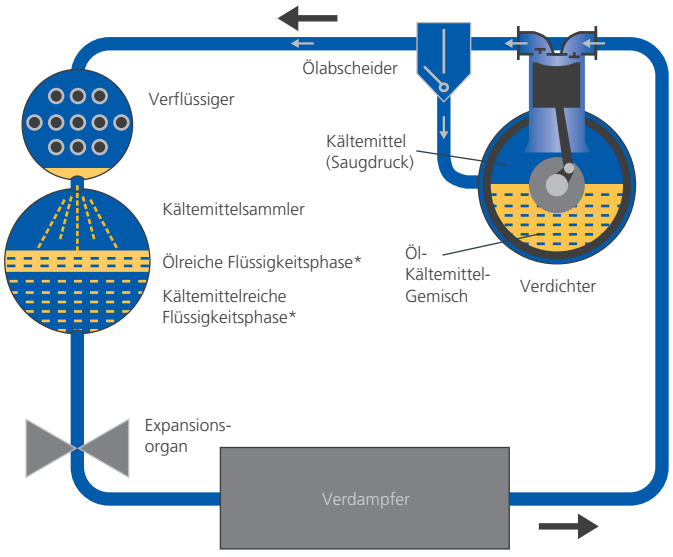
Die eigentliche Hauptaufgabe des Kältemaschinenöles ist die Sicherstellung einer zuverlässigen Schmierung aller beweglichen Triebwerksteile des Kältemittelverdichters. Je nach Verdichterbauart ist darüber hinaus Wärme von den heißen Bauteilen abzuführen und eine Abdichtung des Verdichtungsraumes, gegebenenfalls auch der Ventile, zu gewährleisten.

Bedingt durch konstruktive Gegebenheiten (Verdichtertyp, Ölabscheider, Rohrleitungskonzept, Betriebsparameter) sind in der Anlage unterschiedliche Mengen an Öl in Umlauf. Der Ölgehalt kann im Bereich 1 – 5 % oder auch darüber liegen. Um die Ölzirkulation und insbesondere die Rückführung des Öles aus dem „kalten Teil" der Anlage (dem Verdampfer) zu gewährleisten, werden in der Regel Kältemaschinenöle mit guter Mischbarkeit mit dem jeweiligen Kältemittel eingesetzt.

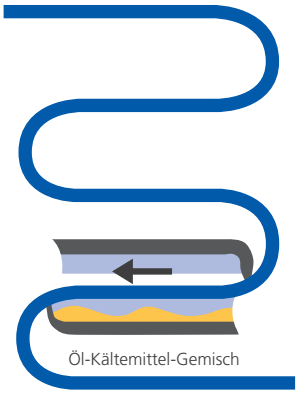
Der Öleintrag wird vor allem im Anfahrzustand durch starkes Aufschäumen des Öles infolge gelösten Kältemittels verstärkt. Bei der Verdampfung des Kältemittels kühlt sich das Öl ab. Bleibt es dabei nicht hinreichend fließfähig (durch gelöstes Kältemittel), so ist seine Rückführung zum Verdichter nicht gewährleistet.

Im Verdichter ist hingegen eine hohe Viskosität (des Öl-Kältemittel-Gemisches) gefordert. Die optimale Einstellung der Betriebsviskosität des Schmieröls unter Einfluss des Kältemittels (→ druck- und temperaturabhängige Kältemitteleinlösung) stellt somit stets einen Kompromiss zwischen der zur Verdichterschmierung erforderlichen Mindestviskosität und einer zur ausreichenden Zirkulation im Kreislauf notwendigen Fließfähigkeit bei tiefen Temperaturen dar.

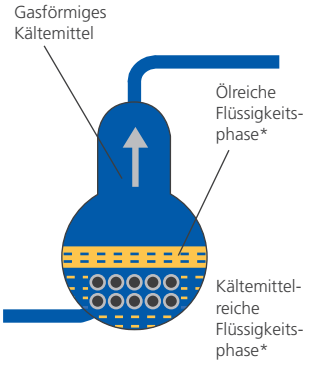
Kältemittelkreislauf



System 1: Trockene Verdampfung



System 2: Überflutete Verdampfung



*Im Bereich der Mischungslücke: Wenn die Dichte der kältemittelreichen Phase größer als die der ölreichen Phase ist.

Forschung und Entwicklung – im Zeichen des Klimaschutzes

Unsere Forschungs- und Entwicklungsabteilung beschäftigt sich mit umfangreichen Untersuchungen zu Kältemaschinenölen mit allen relevanten Kältemitteln.

Dabei nehmen umweltverträgliche Kältegase eine immer wichtigere Rolle ein. Niedrig-GWP-Kältemittel (GWP = Global Warming Potential = Beitrag zur Erderwärmung) wie z. B. Kohlendioxid, R744 (GWP = 1) und Propan, R290 (GWP = 3), aber auch synthetische, fluorierte Alternativen wie R1234yf und R1234ze(E) (GWP <1) nehmen schon jetzt in ihrer Verwendung – als Kältemittelgemischkomponente oder Reinstoff – deutlich zu. Hingegen wird der Einsatz heute weitverbreiteter Kältemittel wie R404A (GWP = 3940) in den nächsten Jahren stark abnehmen.

In den Entwicklungslabors von FUCHS werden in speziellen Laboreinrichtungen Stabilitätsuntersuchungen (Sealed Tube Tests) sowie Mischbarkeits- und Löslichkeitsversuche der Kältemaschinenöle unter Kältemittelatmosphäre durchgeführt. Neueste Labortechnik in Verbindung mit individuell konzipierten Prüfständen ermöglicht Verschleißschutzuntersuchungen von Kältemaschinenölen unter dem Einfluss von gelöstem Kältemittel. Es können ebenfalls Lebensdaueruntersuchungen von Hermetik-Verdichtern in sogenannten Gaskreisläufen im FUCHS-Prüfstand durchgeführt werden. Die thermische und chemische Beständigkeit von Kältemittel-Öl-Gemischen wird in speziellen Hochdruck-Autoklaven untersucht. Diese FUCHS-Inhouse-Laboreinrichtungen sind ein Garant für eine hohe fachliche Kompetenz: Optimal auf Kältemittel, Verdichter und Anlage abgestimmte Kältemaschinenöle werden im Dialog mit dem Kunden entwickelt.

Durch die neuen Herausforderungen, die durch Inkrafttreten der europäischen F-Gase Verordnung (EU-VO 517/2014) auch für Kältemaschinenöle entstehen, wird ein verlässlicher und innovativer Schmierstoffhersteller wie FUCHS zu einem immer wichtigeren Partner in der Kältetechnik.

Produktprogramm:

- Kältemaschinenöle auf Mineralölbasis
- Synthetische Kältemaschinenöle auf Alkylbenzolbasis
- Synthetische Kältemaschinenöle auf Polyalphaolefinbasis
- Synthetische Kältemaschinenöle auf Polyolesterbasis
- Synthetische Kältemaschinenöle auf Polyalkylenglykolbasis
- Synthetische Kältemaschinenöle für CO_2-Anwendungen
- Synthetische Kältemaschinenöle für NH_3-Anwendungen
- Synthetische Kältemaschinenöle für KW-Kohlenwasserstoff-Kältemittel
- Synthetische Kältemaschinenöle für HFO-Kältemittel

ANFORDERUNGEN UND KLASSIFIZIERUNG VON KÄLTEMASCHINENÖLEN

DIN 51503 beschreibt die Mindestanforderungen, welche an Kältemaschinenöle gestellt werden. Diese Norm gilt für Öle, die in Kältemittelverdichtern zur Schmierung und Kühlung verwendet werden und die dabei der Einwirkung des Kältemittels ausgesetzt werden.

Für Kohlenwasserstoffkältemittel können auch sogenannte Gasverdichteröle verwendet werden wie z. B. RENOLIN LPG 185 für Propan oder Propen. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass diese Schmierstoffe ungetrocknet ausgeliefert werden und daher vor dem Einsatz in der Kälteanlage eventuell getrocknet werden müssen.

Die Einteilung von Kältemaschinenölen nach DIN 51503 Teil 1 (Dezember 2021) erfolgt je nach eingesetztem Kältemittel in bestimmte Gruppen

KAA – für Ammoniak (R717)
Mit Ammoniak nicht mischbare Kältemaschinenöle – Mineralöle und/oder Syntheseöle auf Basis von Polyalphaolefin (PAO), Alkylbenzol (AB) oder hydrierte Mineralöle. Meist werden hoch ausraffinierte, naphthenische Kältemaschinenöle als KAA-Öle verwendet. Hydrierte Kältemaschinenöle und PAOs gewinnen in der Praxis zunehmend an Bedeutung.

KAB – für Ammoniak (R717)
Mit Ammoniak teilweise oder vollständig mischbare Kältemaschinenöle – Polyalkylenglykol (PAG). Die in der Regel eingesetzten PAG-Schmierstoffe sollten einen maximalen Wassergehalt von 350 ppm (Frischöl) nicht überschreiten.

KB – für Kohlenstoffdioxid (R744)
Kältemaschinenöle für Kohlendioxid (CO_2) – synthetische Polyolester (POE), Polyalkylenglykole (PAG) oder Polyalphaolefine (PAO). Die POE-Öle weisen in der Regel gute CO_2-Mischbarkeit auf. PAG-Öle sind mit CO_2 deutlich schlechter mischbar (größere Mischungslücke mit CO_2). Synthetische Kältemaschinenöle auf Polyalphaolefin-Basis werden als mit CO_2 nicht mischbare Kältemaschinenöle bezeichnet. Maximaler Wassergehalt (Frischöl):
50 ppm für PAO, 100 ppm für POE und 350 ppm für PAG.

KC – für halogenierte Kältemittel
Kältemaschinenöle für voll- und teilhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW, HFCKW) – in der Regel Mineralöle und Alkylbenzole (im Einzelfall auch Esteröle möglich). Es werden meist hoch ausraffinierte, naphthenische Mineralöle und speziell behandelte Alkylbenzole (Alkylate) verwendet. Der Wassergehalt der KC-Öle (Frischöle) sollte kleiner 30 ppm betragen. Bei einem höheren Wassergehalt ist davon auszugehen, dass sich unerwünschte Reaktionen mit dem Kältemittel ergeben, die zu einer Zersetzung des Öl-Kältemittel-Gemisches führen.

KD – für fluorierte Kältemittel
Kältemaschinenöle für voll- und teilfluorierte Fluorkohlenwasserstoffe (FKW, HFKW) – Polyolesteröle (POE) oder Polyalkylenglykole (PAG). Die in der Gruppe KD beschriebenen Kältemaschinenöle sind polare Produkte mit stark hygroskopischem Verhalten. Für Polyolester (POE) gilt ein maximal zulässiger Wassergehalt von 100 ppm im Frischöl. Polyalkylenglykole werden vorzugsweise in A/C-Systemen eingesetzt. Sie sollten einen maximalen Wassergehalt von 350 ppm (Frischöl) nicht überschreiten.

KE – für KW-Kältemittel
Kältemaschinenöle für Kohlenwasserstoffe (z. B. Propan, Isobutan) – Mineralöle oder Syntheseöle auf Basis von Alkylbenzolen, PAO, POE oder PAG. Je nach Stoffgruppe beträgt der maximal zulässige Wassergehalt 30 ppm für Mineralöle / Alkylbenzole, 50 ppm für PAO, 100 ppm für POE und 350 ppm für PAG (Frischölkennwerte).

Abkürzungen der Kältemittel

KW	Kohlenwasserstoffe	(z. B. R600a, R290)
FKW	Perfluorkohlenwasserstoff	(z. B. R14, R116)
HFKW	Hydrofluorkohlenwasserstoff	(z. B. R134a, R404A, R407A/C/F, R410A, R507A)
HFO	Hydrofluorolefin	(z. B. R1234yf, R1234ze(E))
HFCKW	Hydrofluorchlorkohlenwasserstoff	(z. B. R22, R124)
HCFO	Hydrochlorfluorolefin	(z. B. R1233zd(E), R1224yd(Z))

PHYSIKALISCH-CHEMISCHE KENNDATEN VON KÄLTEMASCHINENÖLEN

Im Anhang der DIN 51503 Teil 1 (2021) werden ergänzende Angaben zu den Eigenschaften der Kältemaschinenöle gemacht. Dabei sind wichtige Parameter wie der Flockpunkt mit dem jeweiligen Kältemittel, die Korrosionsschutzwirkung auf Kupferwerkstoffe, die elektrische Durchschlagspannung in Abhängigkeit vom Wassergehalt und die Schmierfähigkeit im Falex-Test oder modifizierten Almen-Wieland-Test unter Kältemittelatmosphäre heranzuziehen. Dort wird auch auf die entsprechenden pVT-Diagramme (Daniel-Plots) der eingesetzten Öl-Kältemittel-Kombination verwiesen.

Die in der DIN 51503 Teil 1 (2021) beschriebenen Werte für den Wassergehalt zeigen die höchsten noch tolerierbaren Werte im Anlieferungszustand des Kältemaschinenöls. In der Praxis werden Kältemaschinenöle in wasserdampfdichten Gebinden geliefert (Metallgebinde), in die auch bei längerer Lagerung keine Feuchtigkeit eindringen kann. Beim Umgang mit Kältemaschinenölen sollte darauf geachtet werden, die Gebinde stets dicht verschlossen zu lagern und Anbruchgebinde schnellstmöglich zu verwenden bzw. mit Inertgas (z. B. Stickstoff) zu lagern.

Typische Kennwerte zur Charakterisierung eines Kältemaschinenöles

Farbzahl gemäß DIN ISO 2049:
Die Farbzahl ist produktspezifisch und kann zwischen wasserklar (Farbzahl 0) und dunkelbraun (Farbzahl 5) variieren.

Dichte nach DIN 51757 (ASTM 4052):
Die Dichte bezeichnet die auf das Volumen bezogene Masse einer Flüssigkeit. Für Kältemaschinenöle wird die Dichte bei +15 °C angegeben. Die Dichte eines Kältemaschinenöles ist in starkem Maße von der Temperatur der Flüssigkeit abhängig, da sich das Volumen einer Flüssigkeit bei Temperaturerhöhung ausdehnt. Dementsprechend fällt bei höheren Temperaturen die Dichte.

Säurezahl nach DIN ISO 6618 (früher Neutralisationszahl nach DIN 51558):
Die Säurezahl gibt den Gehalt an sauren Bestandteilen im Schmierstoff an. Säuren können die Werkstoffe, mit denen das Kältemaschinenöl in Berührung kommt, angreifen.
Eine starke Versäuerung des Öles, wie sie durch Oxidation, Hydrolyse, Alterung entstehen kann, ist deshalb unerwünscht.
Die Säurezahl wird in mg KOH/g angegeben.
Zur Bewertung eines gebrauchten Kältemaschinenöls ist ein Vergleich mit den Frischölkennwerten zwingend nötig. Die Säurezahlen von Kältemaschinenölen sind im Vergleich zu anderen Schmierstoffen sehr niedrig. Sie liegen im Bereich < 0,1 mg KOH/g.
Die Säurezahl ist in ihrem Zahlenwert identisch mit der Total Acid Number (TAN) nach ASTM D974.

Wassergehalt nach DIN 51777:
Bestimmung des Wassergehalts nach Karl Fischer, (füher: Teil 1 – direktes Verfahren, Teil 2 – indirektes Verfahren).
Der Wassergehalt nach Karl Fischer in Massenanteilen mg/kg (= ppm: parts per million) wird mit dem Karl Fischer-Messgerät mittels Titration bestimmt. Die Bestimmung von gelöstem Wasser im Kältemaschinenöl kann nur durch dieses Verfahren erfolgen.
Die indirekte Methode nach DIN 51777 ist zu empfehlen, da hierbei der Wassergehalt von unadditivierten und additivierten Kältemaschinenölen gleichermaßen verlässlich gemessen werden kann.
Ungelöste Wasseranteile (freies Wasser) können auch durch die Wasser-Xylol-Methode bestimmt werden (DIN ISO 3733).
Der Wassergehalt von Kältemaschinenölen ist im Vergleich zu anderen Schmierstoffen sehr niedrig. Kältemaschinenöle werden in der Regel „hochgetrocknet“ verwendet.

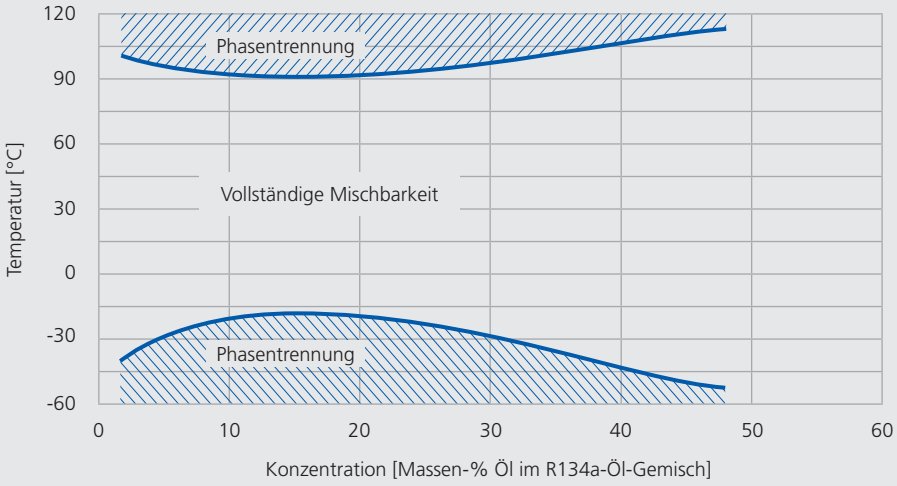
Pourpoint nach DIN ISO 3016:
Der Pourpoint gibt die niedrigste Temperatur an, bei der das Öl gerade noch fließt. Dabei sieht die Messmethode DIN ISO 3016 vor, dass die Probe definiert abgekühlt und in Temperaturabständen von 3 K auf Fließfähigkeit geprüft wird. Der Pourpoint und die Grenzviskosität definieren die untere Einsatztemperatur von reinen Kältemaschinenölen.
Die Fließfähigkeit von Kältemaschinenölen wird jedoch im Wesentlichen durch den Anteil von gelöstem Kältemittel bestimmt. Gelöstes Kältemittel reduziert den Pourpoint deutlich, d. h. das Kältemaschinenöl kann auch bei weitaus niedrigeren Verdampfungstemperaturen im Vergleich zum Pourpoint des reinen Öles eingesetzt werden (Ausnahme: überflutete Ammoniakverdampfungssysteme).
Eine Abschätzung des gelösten Kältemittelanteils im Kältemaschinenöl kann über das zugehörige Druck-Viskositäts-Temperatur-Diagramm (pVT-Diagramm), dem sogenannten Daniel-Plot, erfolgen.

Flammpunkt nach DIN ISO 2592:
Der Flammpunkt eines Kältemaschinenöles erlaubt Rückschlüsse auf die verwendeten Basisöle bzw. deren Mischungen. Über den Flammpunkt kann indirekt das Dampfdruckverhalten von Kältemaschinenölen abgeschätzt werden.
Die niedrigste Temperatur, bei der die Zündflamme die über der Flüssigkeit stehenden Dämpfe entflammt, wird als Flammpunkt bezeichnet.

Typische Kennwerte zur Charakterisierung eines Kältemaschinenöles

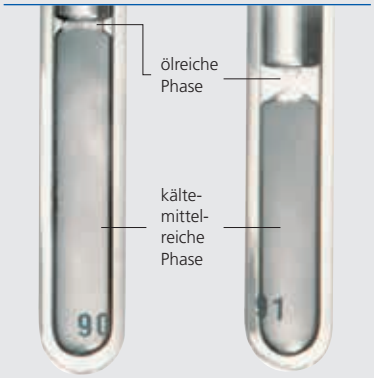
Mischungslücken-Diagramm

Mischbarkeit von RENISO TRITON SEZ 32 mit R134a



Phasentrennung

Eine ölreiche und eine kältemittelreiche Phase
(in Glasröhrchen im F&E-Labor)



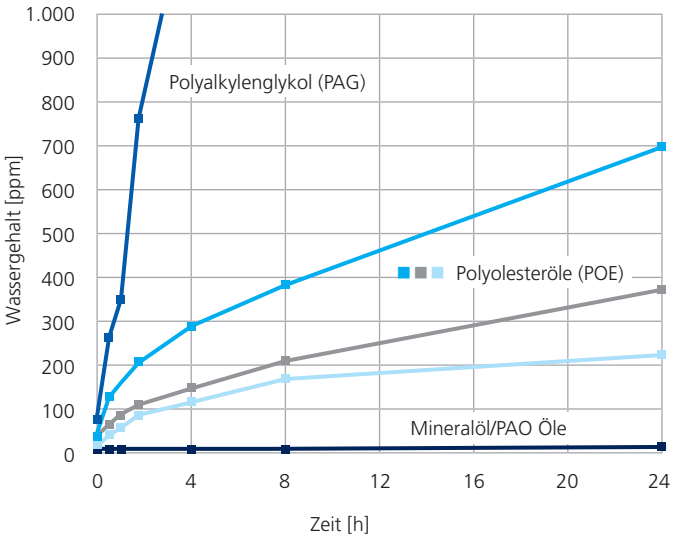
Kältemittelmischbarkeit nach DIN 51514:
Das Mischungsverhalten der Kältemaschinenöle mit verschiedenen Kältemitteln wird im sogenannten Mischungslücken-Diagramm dargestellt.

Die Ermittlung der Mischungslücke erfolgt in druckfesten Glasröhrchen oder in Autoklaven. Es werden unterschiedliche Konzentrationsverhältnisse Öl/Kältemittel (flüssig) in die Prüfapparatur vorgelegt (meist 3-50 Massen – % Ölanteil). Die Mischung Öl/Kältemittel wird homogenisiert und in einem Temperierbad in definierter Vorgehensweise abgekühlt bzw. aufgeheizt. Trennen sich Öl und Kältemittel in zwei flüssige Phasen (gekennzeichnet wird der Phasenübergang durch eine Trübung/Emulsionsbildung der vorher klaren Flüssigkeit), so beschreibt dies den Punkt der Mischungslücke oder Grenzlöslichkeit. Die Punkte aus unterschiedlichen Konzentrationsverhältnissen ergeben das Phasendiagramm, das sogenannte Mischungslücken-Diagramm (die Mischungslücke). Die Kältemittelmischbarkeit des Schmieröls im Kältekreislauf ist sowohl für den Öltransport als auch für den Gesamtwirkungsgrad einer Kälteanlage von entscheidender Bedeutung. So können Phasentrennungen zu Störungen des Betriebs, insbesondere in Wärmeüberträgern, Verdampfern und Sammlern führen. Eine mangelnde Ölrückführung beeinträchtigt nicht nur das Regelverhalten, sondern kann Mangelschmierung und Verdichterausfälle verursachen.

Kältemittelbeständigkeit nach ASHRAE 97-2007:
Die Kältemittelbeständigkeit des eingesetzten Kältemaschinenöles ist von entscheidender Bedeutung. Im sogenannten Sealed Glass Tube-Test ASHRAE 97-2007 "Method to test the chemical and thermal stability of materials for use within refrigerant systems" – wird in einem Glasröhrchen oder Autoklaven eine bestimmte Ölmenge zusammen mit flüssigem Kältemittel und Katalysatoren eingebracht (Eisen, Kupfer, Aluminium-Stücke dienen als Katalysatoren).
Die Prüfung erfolgt standardmäßig bei +175 °C über einen Zeitraum von zwei Wochen. Es wird nach Beendigung der Prüfung die Veränderung des Öles beurteilt, die Säurezahl des Öles bestimmt, und die Metalle werden auf etwaigen Oberflächenangriff und Korrosion hin untersucht.

Chemische Stabilität:
Die chemische Stabilität eines Kältemaschinenöles hängt neben anderen wichtigen Faktoren in sehr starkem Maße vom Wassergehalt in der Anlage ab. Kältemaschinenöle mit erhöhtem Wassergehalt sind zu wechseln. In dem abgebildeten Diagramm wird die Wasseraufnahmefähigkeit (Hygroskopie) von Kältemaschinenölen dargestellt.
Es wurden unterschiedliche Kältemaschinenöle in offenen Gebinden bei +20 °C und 60 % relativer Luftfeuchte gelagert und der Anstieg der Feuchte im Kältemaschinenöl ausgehend vom Frischölwert gemessen. Mineralöle und Polyalphaolefine, welche als unpolare Schmierstoffe normaler-

Wasseraufnahmefähigkeit (Hygroskopie) von Kältemaschinenölen



Wassergehalt von Kältemaschinenölen

		Zeit [h]			
		0	4	24	72
PAG ISO VG 46	Wassergehalt [ppm]	70	1.350	5.100	7.000
POE ISO VG 32		30	280	700	1.350
POE ISO VG 80		30	150	370	600
POE ISO VG 170		15	130	230	350
Mineralöl/ PAO ISO VG 68		10	15	20	20

Prüfbedingungen
20 °C Umgebungstemperatur
60 % relative Feuchte
Öle in offenen Gefäßen gelagert

weise mit einem Wassergehalt von kleiner 30 ppm eingesetzt werden, zeigen keinen signifikanten Anstieg des Wassergehalts. Polyolester (POE), welche als polare, hygroskopische Schmierstoffe bezeichnet werden, zeigen eine starke Zunahme des Wassergehalts. Ein Feuchteanstieg auf Werte über 200 ppm Wasser im Öl ist nicht mehr zu tolerieren. Das Diagramm zeigt außerdem den Anstieg der Feuchte in Abhängigkeit von der Viskosität. Niedrigviskose Esteröle absorbieren Feuchte schneller als höherviskose Esteröle. PAG-Kältemaschinenöle, welche vor allem in Fahrzeug-A/C-Systemen in Verbindung mit R134a oder R1234yf eingesetzt werden, sind noch hygroskopischer. PAG-Schmierstoffe nehmen innerhalb von kurzer Zeit sehr hohe Mengen an Wasser auf und können dann leicht den zulässigen Gebrauchtölgrenzwert von ca. 800 ppm überschreiten.

Thermische Stabilität:
Die thermische Überbeanspruchung von Schmierölen über einen längeren Zeitraum führt zur Bildung von Abbauprodukten, die schwerwiegende Probleme verursachen können. Somit ist die Alterungsstabilität ein wichtiges Kriterium zur Schmierstoffauswahl. Bei den Zersetzungsreaktionen handelt es sich allgemein um komplexe chemische Vorgänge, die durch Metalle wie Kupfer, Eisen oder Aluminium katalysiert werden. Auch Wasser als Reaktionspartner im System kann zur Bildung von Abbauprodukten führen. Erfahrungsgemäß entspricht eine Temperaturerhöhung um 10 K einer Verdopplung der Alterungsgeschwindigkeit. Einige Kältemittel, insbesondere die HFCKW, führen unter thermischer Beanspruchung in Verbindung mit Wasser zu chemischen Reaktionen, die die Ölstabilität zusätzlich vermindern.

Ein bekanntes Anzeichen der Ölalterung ist die Erhöhung der Säurezahl (früher Neutralisationszahl) und das Auftreten von Kupferplattierung. Bei dieser Erscheinung wird elementares Kupfer aus dem Kältekreislauf in das Öl gelöst und an anderer Stelle, meistens auf mechanisch hoch beanspruchten Metallteilen (Kolben, Lager, Ventilplatten), abgelagert. Dies führt insbesondere an Maschinenteilen mit engen Passungen zu Störungen. Kupferplattierung tritt bei starker Versäuerung des Öls auf und wird vor allem begünstigt durch erhöhte Feuchtigkeit im System und eine fortgeschrittene Ölalterung.

Prüfung von Kältemaschinenölen auf Ammoniak-Beständigkeit nach DIN 51538:
Durch das zu prüfende Kältemaschinenöl wird ein mit Ammoniak beladener Luftstrom geleitet. Dies geschieht über eine Versuchsdauer von 168 Stunden bei einer Temperatur von +120 °C in Gegenwart eines Katalysators aus Stahl. Die Basenzahl (in mg KOH/g) des so gealterten Öles wird als Kriterium für die Kältemittelbeständigkeit des Öles in Kontakt mit Ammoniak und Luftsauerstoff herangezogen (Abweichung vom Frischöl, gemessen nach ISO 3771).

Typische Kennwerte zur Charakterisierung eines Kältemaschinenöles

Kinematische Viskosität gemäß DIN EN ISO 3104:
Die Viskosität des Öls ist die wichtigste Kenngröße zur Beschreibung des Lasttragevermögens und des Aufbaus eines Schmierfilms. Kältemaschinenöle werden, wie andere Industrieschmierstoffe auch, aufgrund ihrer unterschiedlichen kinematischen Viskosität in ISO-Viskositätsklassen eingeteilt. Die Bezugstemperatur ist dabei +40 °C, die offizielle Einheit für die kinematische Viskosität lautet m^2/s, in der Mineralölindustrie sind die Einheiten mm^2/s oder cSt üblich. Die ISO-Viskositätsklassifikation für flüssige Industrieschmierstoffe nach DIN 51519 definiert 18 unterschiedliche Viskositätsklassen im Bereich von 2 – 1.000 mm^2/s bei +40 °C. Jede Viskositätsklasse wird durch die Mittelpunktsviskosität bei +40 °C und die zulässigen Grenzen von ±10 % dieses Wertes beschrieben.

Dynamische und kinematische Viskosität:

Der rechnerische Zusammenhang zwischen dynamischer und kinematischer Viskosität wird durch folgende Formel wiedergegeben:

$\nu = \eta / \rho$

ν = kinematische Viskosität
η = dynamische Viskosität
ρ = Flüssigkeitsdichte

Die Zähigkeit bzw. Viskosität eines Schmieröls fällt mit steigender Temperatur. Der Viskositätsindex (VI) beschreibt diese Temperaturabhängigkeit und errechnet sich gemäß DIN ISO 2909 aus den kinematischen Viskositäten bei +40 °C und +100 °C. Im Bereich des Verdichters ist zum Aufbau eines tragenden Schmierfilms eine ausreichend hohe Schmierölviskosität erforderlich. Innerhalb des Kältekreislaufs sollte hingegen eine möglichst niedrige Viskosität des Öls vorherrschen. Je nach Verdichterbauart und Anwendungsbereich sind Kältemaschinenöle unterschiedlicher Viskosität einzusetzen. Die im jeweiligen Anwendungsfall einzusetzende Viskositätsklasse wird in der Regel vom Verdichterhersteller festgelegt.

Um die Eignung für bestimmte Anwendungen der Kältemaschinenöle beurteilen zu können, sind allein diese Kennwerte jedoch in vielen Fällen nicht ausreichend. Es ist von besonderem Interesse, die entsprechenden Dampfdruck-Viskositäts-Temperatur-Diagramme (pVT-Diagramme, Daniel-Plots) zu kennen, welche produkt- und kältemittelspezifisch sind. Diese Diagramme zeigen an, welche Menge des jeweiligen Kältemittels sich unter bestimmten Druck- und Temperaturbedingungen im Öl löst und wie sich die kinematische Viskosität des Kältemaschinenöls durch diese Einlösung verändert. Die Daten bilden eine Grundlage zur Auslegung der Verdichterschmierung und des Gesamtsystems und helfen bei der Beurteilung des Betriebsverhaltens. pVT-Diagramme sind spezifisch für Kältemaschinenöl/Kältemittel-Systeme.

In der Vergangenheit wurden Kälteanlagen mit chlorhaltigen FCKW/HFCKW-Kältemitteln betrieben. Die darin enthaltenen Chlorverbindungen wirken in gewisser Weise als Verschleißschutzadditive. Beim Einsatz von chlorfreien Kältemitteln fällt dieser zusätzliche Schutz weg. Somit sind Kältemaschinenöle mit vergleichbar guten Schmierungseigenschaften erforderlich.
Der Einsatz von leistungsfähigen Verschleißschutzadditiven (sogenannte AW- (Anti Wear) und/oder EP- (Extreme Pressure) Additive) in Verbindung mit geeigneten Grundflüssigkeiten wirkt sich hierbei positiv auf die Schmierwirkung des Kältemaschinenöls aus.

Gemischviskosität und Dampfdruck; Daniel-Plot; pVT-Diagramme
Der Einfluss des im Öl gelösten Kältemittels auf die Viskosität wird in so genannten Daniel-Plots dargestellt. Dabei werden sowohl Sättigungsdampfdruck als auch Gemischviskosität bei definierten Konzentrationen über der Temperatur aufgetragen. Im unteren Diagramm (s. Seite 15) kann beispielsweise die bei einer bestimmten Temperatur und einem entsprechenden Systemdruck maximal im Kältemittel gelöste Menge an Öl entnommen werden.

Beispiel: Punkt A: +60 °C, 6 bar → 90 % Öl / 10 % Kältemittel.

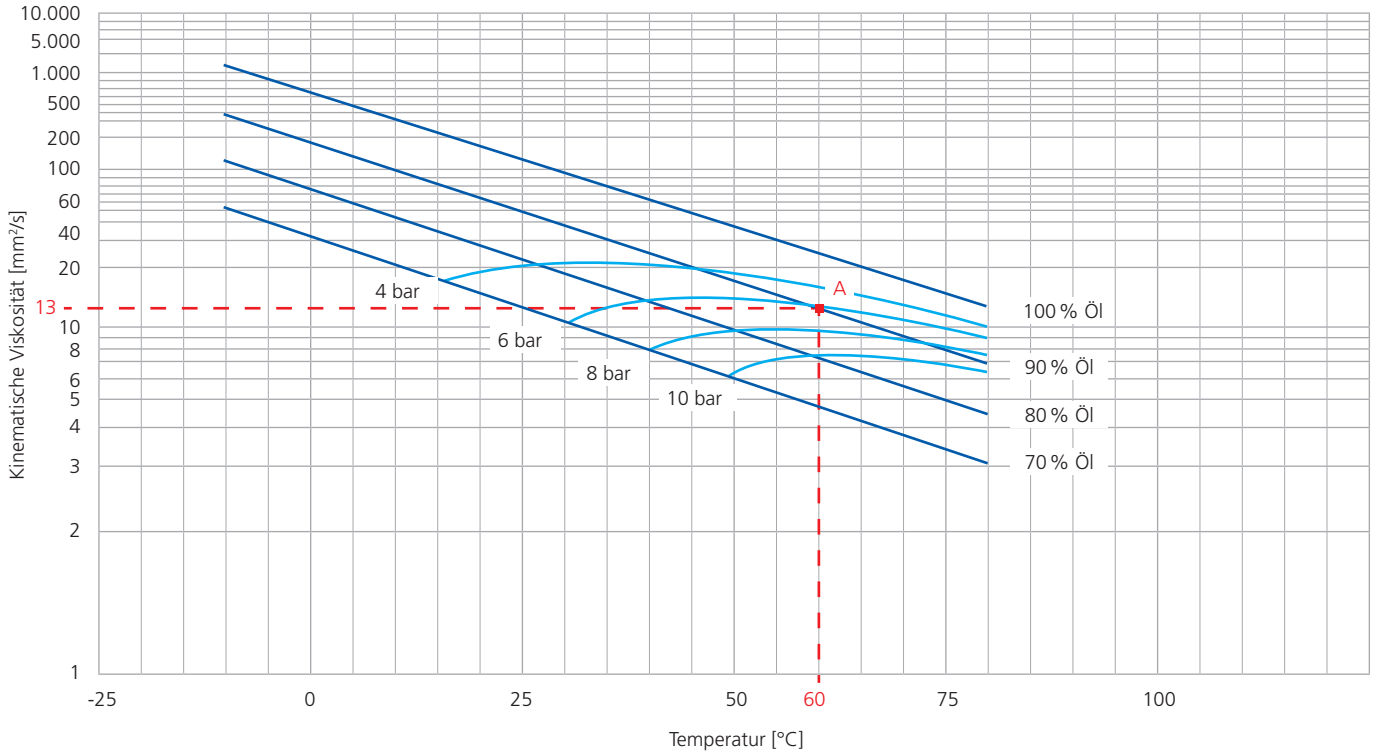
Die resultierende Gemischviskosität wird im oberen Diagramm (s. Seite 15) bei gleicher Temperatur und der entsprechenden Menge an im Öl gelösten Kältemittel abgelesen.

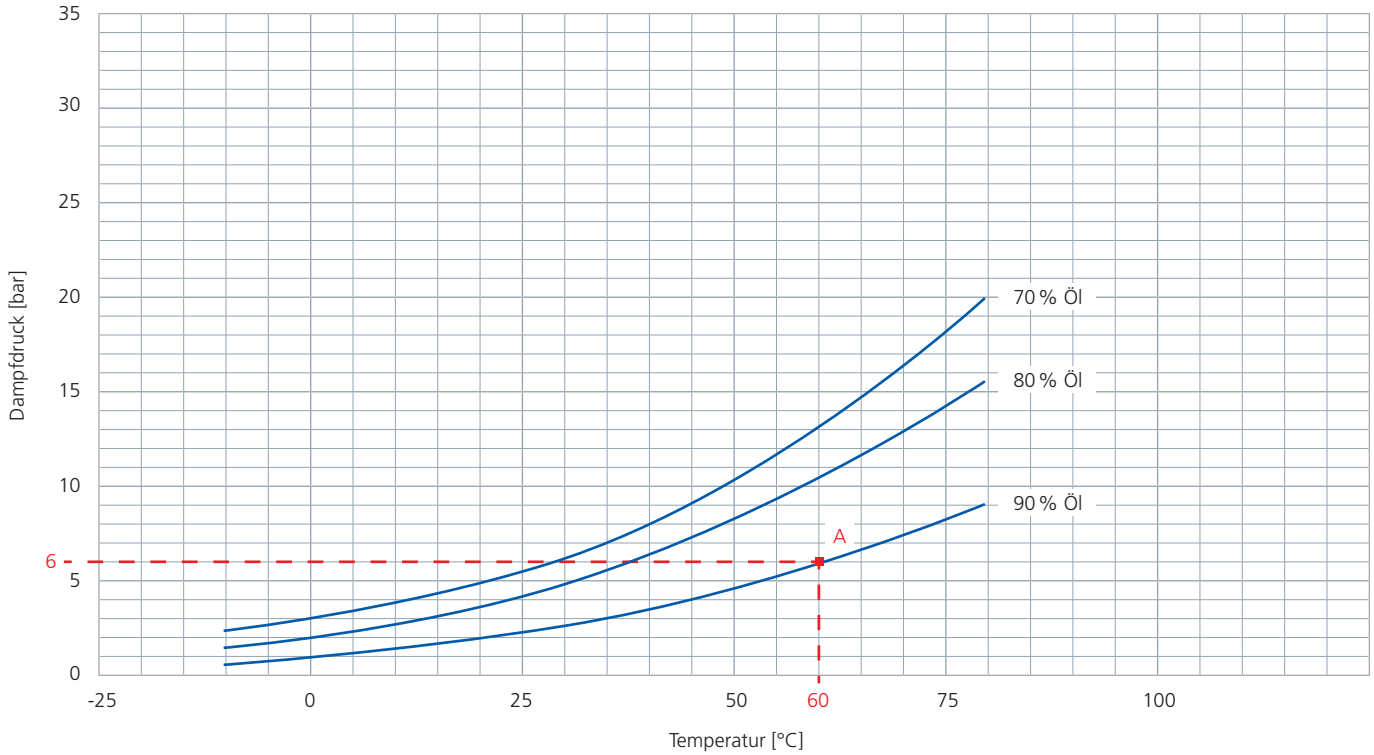
Beispiel: Punkt A: +60 °C, 90 % Öl → 13 mm^2/s.

Auf diese Weise kann die sich einstellende Gemischviskosität bei verschiedenen Druck- und Temperaturbedingungen abgelesen und der Einfluss der jeweils im Öl gelösten Menge an Kältemittel auf die Ölviskosität abgeschätzt werden. Zur Festlegung der Ölviskosität unter dem Einfluss des Kältemittels wird bei Hubkolbenverdichtern der Saugdruck im Kurbelgehäuse und bei Schraubenverdichtern in der Regel der Verdichtungsdruck (Druck im Ölabscheider) zu Grunde gelegt.

Kältemaschinenöle für Anwendungen mit fluorierten Kältemitteln (z. B. R134a): RENISO TRITON SE / SEZ auf Polyolester (POE)-Basis

Beispiel: kinematische Viskosität und Dampfdruck (Daniel-Plot): RENISO TRITON SE 55-R134a-Gemisch





Sämtliche %-Angaben stellen Massenanteile Öl im Kältemittel dar.

PRODUKTGRUPPEN VON KÄLTEMASCHINENÖLEN

Kältemaschinenöle auf Mineralölbasis

Mischungslücken-Diagramm – Isobutan/R600a

Bsp.: Mischbarkeit von RENISO WF 5 A mit R600a

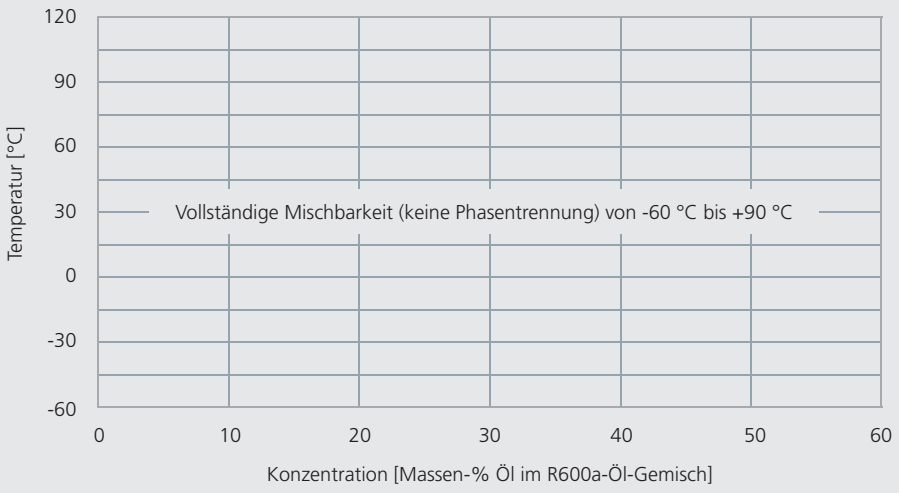


Bild: Nidec

RENISO K-Reihe

Hoch ausraffinierte, naphthenbasische Mineralöle, frei von Zusätzen. Die RENISO K-Reihe kommt sowohl in herkömmlichen Anlagen mit NH_3 als Kältemittel als auch in HFCKW-Anwendungen (z. B. R22-Anlagen) zum Einsatz. Aufgrund der hohen Alterungsstabilität mit Ammoniak und ihrer weltweiten Verfügbarkeit kommt diesen Ölen die größte Bedeutung für konventionelle NH_3-Kälteanlagen zu.

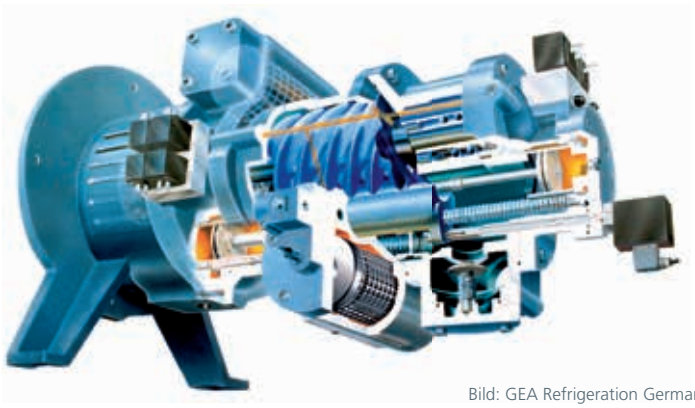


Bild: GEA Refrigeration Germany

RENISO WF-Reihe

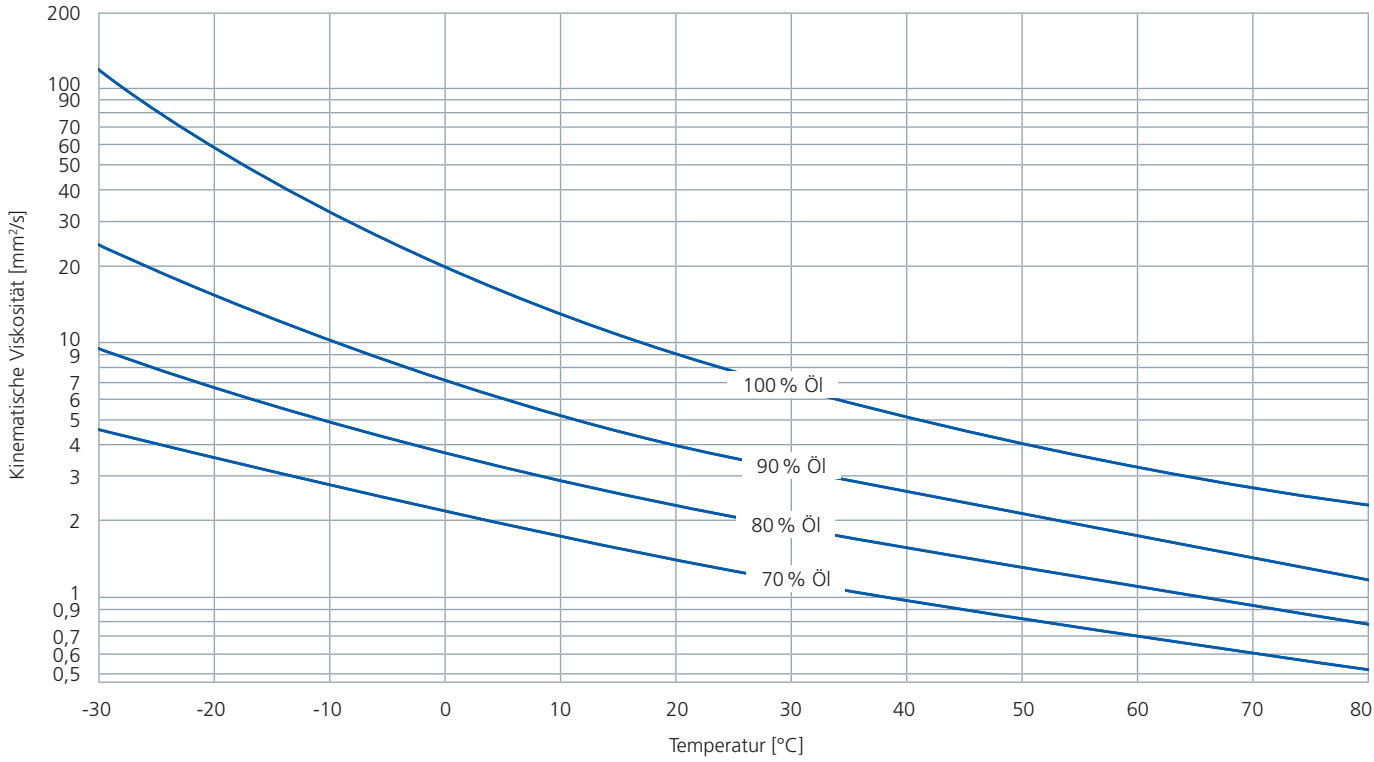
Hoch ausraffinierte Selektivraffinate mit einem speziellen System an Verschleißschutzadditiven.

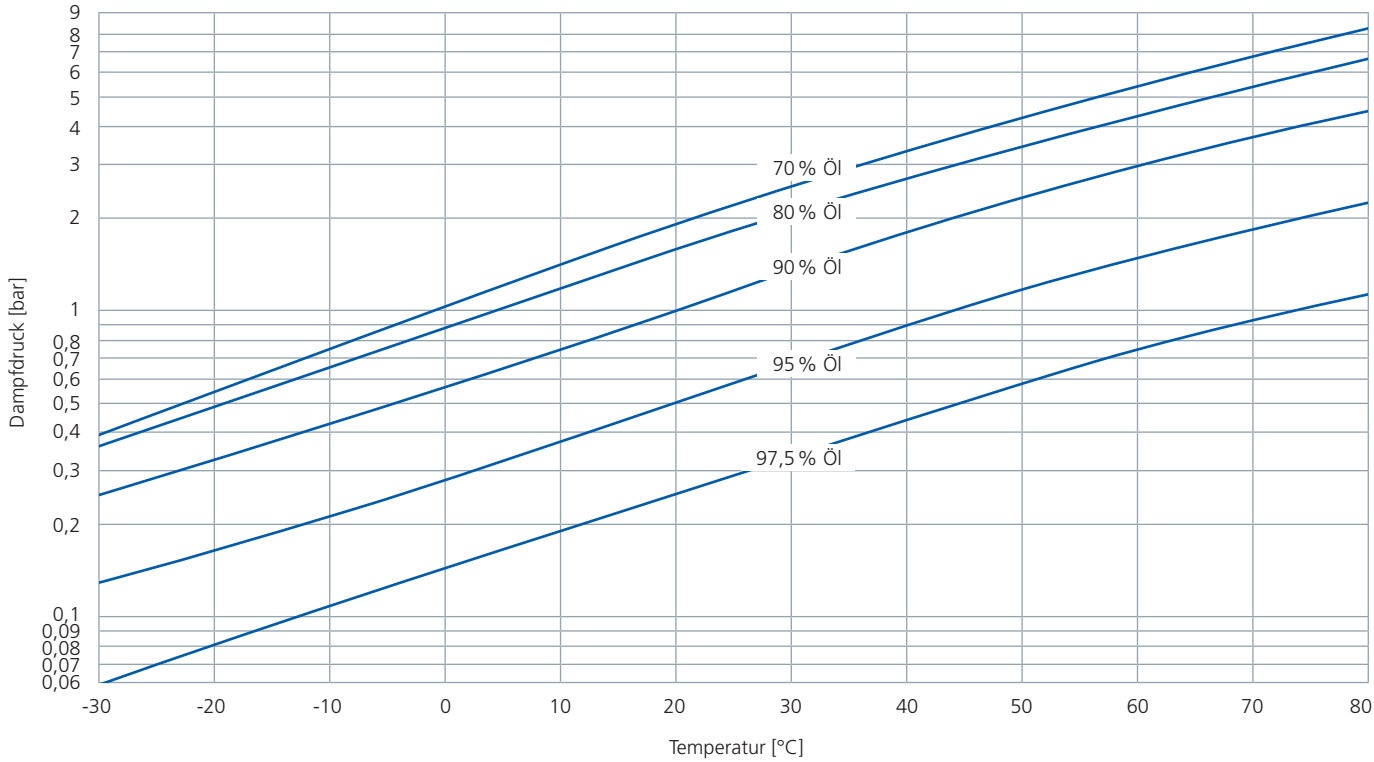
Die RENISO WF-Reihe – in den Viskositätsklassen ISO VG 2-15 ausgelegt – wird zur Schmierung hermetischer Kühlschrankverdichter verwendet, welche mit Isobutan (R600a) als Kältemittel betrieben werden (Diagramm RENISO WF 5 A mit Isobutan (R600a), (siehe Seite 17).

In modernen Kompressoren kann durch den Betrieb mit niedrigviskosen RENISO WF-Kältemaschinenölen eine deutliche Steigerung der Energieeffizienz erreicht werden.

Kältemaschinenöle für Isobutan (R600a)-Anwendungen:
RENISO WF auf Mineralöl-Basis

Beispiel: kinematische Viskosität und Dampfdruck (Daniel-Plot): RENISO WF 5 A-R600a-Gemisch





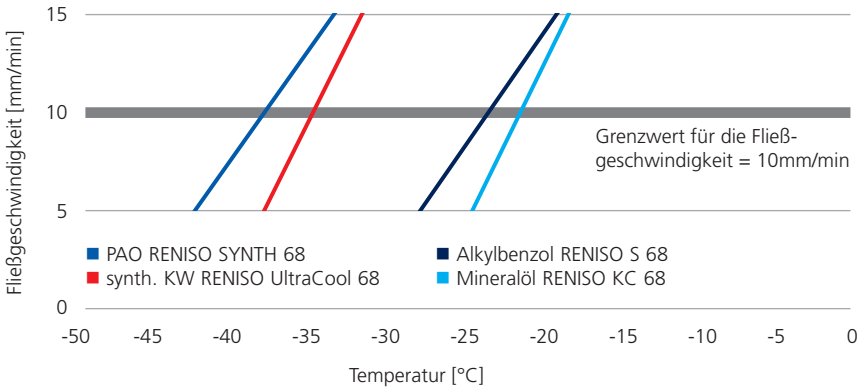
Synthetische Kältemaschinenöle

Bilder: Bock

NH_3-Kältemaschinenöle

Bestimmung des Fließvermögens von Kältemaschinenölen für NH_3-Anwendungen: U-Rohr-Verfahren (DIN 51568)

RENISO UltraCool 68 & RENISO SYNTH 68
deutlich besseres Fließvermögen als Mineralöl und Alkylbenzol
→ für tiefe Verdampfungstemperaturen die beste Wahl



Alkylbenzole (AB)

RENISO S-/SP-Reihe

Chemisch und thermisch hoch stabile Alkylbenzole (AB-Alkylat). Durch eine spezielle Nachbehandlung während des Produktionsprozesses werden die Kälteeigenschaften sowie die chemische und thermische Stabilität der Öle noch zusätzlich verbessert.
Die Produkte zeichnen sich durch hervorragende Additivlöslichkeit aus. Aufgrund der günstigen Mischbarkeitseigenschaften mit HFCKW auch bei tiefen Verdampfungstemperaturen wird die RENISO S/SP-Reihe bevorzugt für R22 und dessen Mischungen empfohlen. Die additivierten RENISO SP-Qualitäten sind nicht für den Einsatz in NH_3-Anlagen geeignet. Für NH_3-Anwendungen wird die RENISO S-Reihe empfohlen (RENISO S-Reihe = ohne AW-Additive).

Polyalphaolefine (PAO) / Synthetische Kohlenwasserstoffe

RENISO SYNTH 68

Hochreine Polyalphaolefine (PAO) mit sehr guten Kältefließeigenschaften, für NH_3-Kälteanlagen mit stark belasteten Verdichtern und tiefen Verdampfungstemperaturen. Aufgrund seiner hervorragenden Kältefließeigenschaften wird RENISO SYNTH 68 auch für den Einsatz in Platten-Wärmetauschern bei tiefen Verdampfungstemperaturen (t_0 < -50 °C) und engen Leitungsquerschnitten empfohlen (siehe Diagramm oben). RENISO SYNTH 68 kann ebenfalls als Kältemaschinenöl für R723 (Dimethylether-Ammoniak-Gemisch) eingesetzt werden.
Wegen der günstigen Löslichkeitscharakteristik und des ausgezeichneten Viskositäts-Temperatur-Verhaltens (hoher VI) ist RENISO SYNTH 68 ebenfalls für den Einsatz mit Kohlenwasserstoff-Kältemitteln (z. B. Propan R290 und Propen R1270) geeignet.

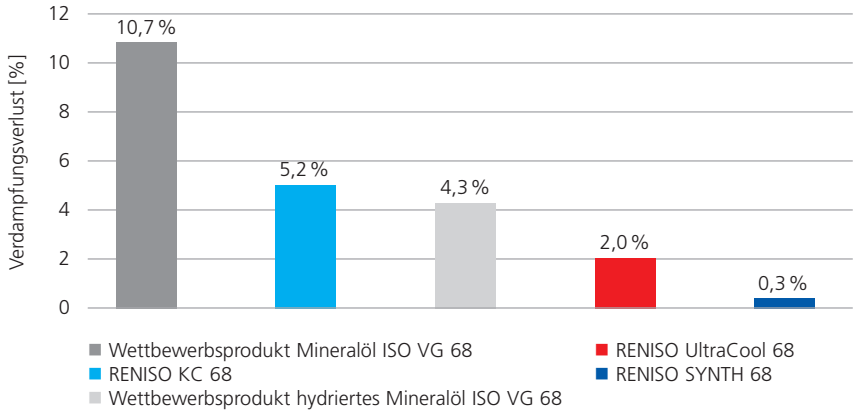
RENISO UltraCool 68 und RENISO UltraCool 100

RENISO UltraCool-Öle werden für Ammoniak-Kälteanlagen mit tiefen Verdampfungstemperaturen bis hin zu < -45 °C eingesetzt. Aufgrund ihrer thermischen Stabilität werden mit RENISO UltraCool-Ölen Ablagerungs- und Schlammbildung im Kompressor vermieden. Entsprechend lassen sich die Kosten für die Instandhaltung der Kälteanlage (Filterwechsel etc.) deutlich reduzieren. RENISO UltraCool-Öle zeigen außerdem eine herausragend niedrige Verdampfungsneigung (siehe Diagramm Seite 19 oben), die deutlich unter der von konventionellen und der von hydrierten Mineralölen liegt. Für die Praxis bedeutet dies weniger Ölverlust im Verdichter (weniger Ölwurf) und daraus resultierend geringere Ölnachfüllmengen.
RENISO UltraCool-Öle vereinen die sehr guten Kälte- und Hochtemperatureigenschaften von synthetischen Kohlenwasserstoffen mit sehr guten Elastomereigenschaften (gute Verträglichkeit mit CR-Dichtungsmaterialien), wie man sie nur von Produkten auf Mineralölbasis kennt.

NH_3-Kältemaschinenöle

Verdampfungsverluste von Kältemaschinenölen für NH_3 nach ASTM D972:
150 °C / 22h / Luftdurchfluss 2l/min

RENISO UltraCool 68 & RENISO SYNTH 68
signifikant niedrigere Verdampfungsverluste im Vergleich zu Mineralöl und hydriertem Mineralöl → für geringeren Ölverlust / geringeren Ölwurf im Verdichter



Bilder: Bitzer

Polyolester (POE)

RENISO TRITON SE-/SEZ-Reihe

Synthetische Kältemaschinenöle auf Basis thermisch und chemisch außerordentlich stabiler Polyolester (POE): spezielle Mono- und/oder Dipentaerythritester. Aufgrund der guten Mischbarkeit sind diese Polyolesteröle für den Einsatz mit HFKW/FKW-Kältemitteln wie R134a, R404A, R407C etc. bestens geeignet. Es existieren außerdem umfangreiche Ergebnisse zum Einsatz der Produkte mit R22-Nachfolgekältemitteln wie z. B. R422A/D und R417A. Ebenso sind RENISO TRITON SE-/SEZ-Produkte für die Verwendung mit teilfluorierten Propan-/Butanderivaten (z. B. R245fa, R236fa, R227ea) in Wärmepumpen und Expandern (ORC-Anlagen, Wärmerückgewinnung) sehr gut geeignet. RENISO TRITON SE-/SEZ-Produkte können für Anlagen mit Kohlenwasserstoff-Kältemitteln (z. B. Propan R290, Propen R1270) eingesetzt werden. Sie besitzen auch unter dem Einfluss von Kohlenwasserstoff-Kältemitteln eine sehr gute Schmierfähigkeit. Ebenso werden RENISO TRITON SE/SEZ-Öle mit Erfolg für Niedrig-GWP-Kältemittel vom Typ HFO (**H**ydrierte **F**luorierte **O**lefine) verwendet. Umfangreiche Laboruntersuchungen sowie Praxiserfahrungen mit R1234yf und R1234ze(E) sowie deren zahlreichen Mischungen mit HFKW liegen bereits vor. FUCHS ist als Schmierstoffpartner sehr engagiert in zahlreichen Projekten mit diesen neuen HFO-Kältemitteln und -Kältemittelgemischen und wird sein Schmierstoffprogramm in dieser Richtung kontinuierlich weiter ausbauen.

Aufgrund des hohen Viskositätsindex zeigen sie gute Kältefließeigenschaften und bilden bei hoher Temperatur stabile Schmierfilme aus. Die Produkte der RENISO TRITON SE-/SEZ-Reihe zeichnen sich besonders durch ihre hohe Stabilität sowie durch ihre hervorragenden Schmierungseigenschaften aus.

Esteröle neigen generell zur Aufnahme von Wasser.
Bei stark erhöhtem Wassergehalt und hoher Belastung können in Extremfällen hydrolytische Zersetzungsreaktionen verursacht werden. Deshalb muss vermieden werden, dass diese Öle bei Lagerung und Handhabung sowie beim Betrieb der Kälteanlage Luftfeuchtigkeit bzw. Wasser aufnehmen.
Die Polyesteröle der RENISO TRITON SE-/SEZ-Reihe sind hoch getrocknet und werden unter N_2-Atmosphäre in dampfdichte Gebinde abgefüllt.

Synthetische Kältemaschinenöle

Polyalkylenglykole (PAG)

RENISO PG 68
Synthetisches, mit NH_3 mischbares Kältemaschinenöl auf Basis von Polyalkylenglykolen (PAG), mit Additivsystem zur Erhöhung der Alterungsstabilität.
Die ausgewählten synthetischen PAG-Komponenten besitzen ein ausgezeichnetes Viskositäts-Temperatur-Verhalten und eine hohe thermische Stabilität.

RENISO PG 68 wurde gezielt für Direktverdampfungssysteme in NH_3-Kälteanlagen entwickelt.
Bei erhöhtem Wassergehalt in NH_3-Anlagen können unter mechanischer Belastung in Kontakt mit Aluminiumlegierungen jedoch chemische Reaktionen auftreten. Daher ist dieses PAG-Öl absolut trocken einzusetzen. Vor Verwendung von RENISO PG 68 sollte die FUCHS-Anwendungstechnik konsultiert werden.

RENISO PG 68 ist auch für den Einsatz mit Kohlenwasserstoffen geeignet. Es weist eine geringe Löslichkeit mit Kohlenwasserstoffen auf, wodurch ein tragfähiger Schmierfilm auch bei hohen Systemdrücken garantiert werden kann. RENISO PG 68 bildet in Kontakt mit flüssigem Kohlenwasserstoff eine eigene Schmierstoffphase aus (Phasentrennung/Mischungslücke beachten!).

RENISO PAG 46 und RENISO PAG 100
Ausgewählte Polyalkylenglykole (PAG) für Fahrzeugklimaanlagen, die mit R134a als Kältemittel betrieben werden. Ebenso geeignet für den Einsatz mit Ammoniak (in Direktverdampfungssystemen / mit Ammoniak mischbares Kältemaschinenöl) und mit Kohlenwasserstoff-Kältemitteln (Phasentrennung/Mischungslücke beachten!).

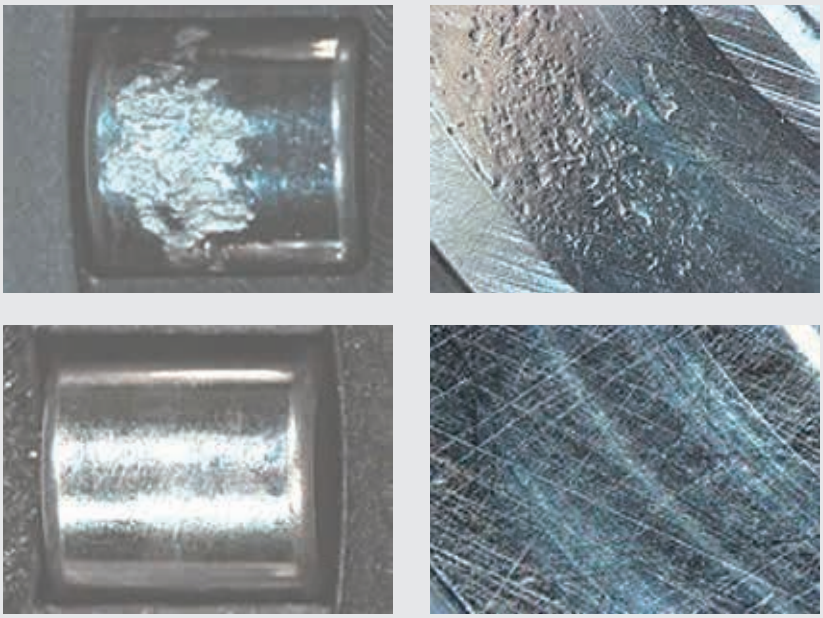
Schmierstoffe für CO_2-Anwendungen

RENISO C-Reihe
Die Produkte der RENISO C-Reihe sind auf Basis ausgewählter synthetischer, thermisch extrem belastbarer Polyolester aufgebaut. RENISO C-Kältemaschinenöle weisen eine hervorragende Mischbarkeit mit CO_2 auf. Sie besitzen ein spezielles Additivsystem, das Verdichterbauteile auch unter extremen Belastungen – wie sie in CO_2-Anlagen herrschen – sicher vor Verschleiß schützt (siehe Abb. Seite 21).

Die Produkte der RENISO C-Reihe können sowohl in unterkritischen (z. B. Tiefkühlstufen in Kaskadenanlagen) als auch in transkritischen Anwendungen (z. B. Busklimatisierung, Normalkühlung Supermarktkühlmöbel) eingesetzt werden. Die Produkte der RENISO C-Reihe sind in vielen Anwendungsbereichen bereits seit über 15 Jahren erfolgreich im Einsatz. Freigaben nahezu aller führenden Verdichterhersteller liegen vor.

CO_2-Kältemaschinenöle – Verschleißschutz-Additive

Test im FUCHS-Axialzylinderrollenlager-Prüfstand, Mischreibungsgebiet unter CO_2-Atmosphäre



Testbedingungen:
140 °C / 50 bar CO_2 / axiale Belastung 8 kN / 800 min^{-1}.
Vergleich Verschleißbild (Wälzkörper und Laufbahn) nach 20 Stunden Laufzeit.

(Bilder oben)
POE ISO VG 170 unadditiviert: Ausbrüche, Eindrückungen.

(Bilder unten)
RENISO C 170 E, POE ISO VG 170 mit Verschleißschutzadditivierung: Kein Verschleiß.

RENISO ACC 68

RENISO ACC 68 wurde insbesondere für den Einsatz in transkritischen CO_2-Kreisläufen (Klimaanwendungen, Wärmepumpen) entwickelt.
RENISO ACC 68 ist auf Basis doppelt-endverschlossener, thermisch stabiler synthetischer Polyalkylenglykole (PAG) aufgebaut. Hochwirksame Additive gewährleisten einen optimalen Verschleißschutz unter extremen Betriebsbedingungen.

RENISO ACC HV – für Fahrzeugklimaanlagen

RENISO ACC HV (ISO VG 68) wurde in langjähriger Forschungsarbeit zusammen mit führenden Verdichterherstellern und deutschen OEMs für den Einsatz in CO_2-Fahrzeugklimaanlagen entwickelt.

RENISO ACC HV setzt sich zusammen aus doppelt-endverschlossenen Polyalkylenglykolen (PAG) als Grundfluid und einem wirkungsvollen Additivsystem zur Steigerung des Verschleißschutzes und der chemisch-thermischen Stabilität.

Der Schmierstoff erfüllt die sehr hohen Anforderungen an Kältemaschinenöle für mobile CO_2-Klimasysteme (transkritische CO_2-Anwendungen) in vollem Umfang.

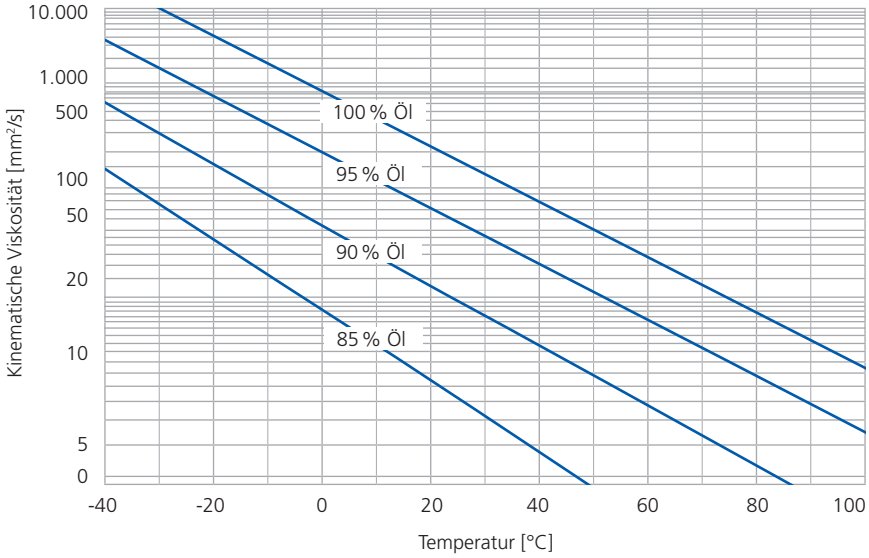
Dabei ist RENISO ACC HV auch für elektrisch angetriebene Klimaverdichter in E-Fahrzeugen geeignet – sowohl für den Kühl- als auch für den Wärmepumpenbetrieb.

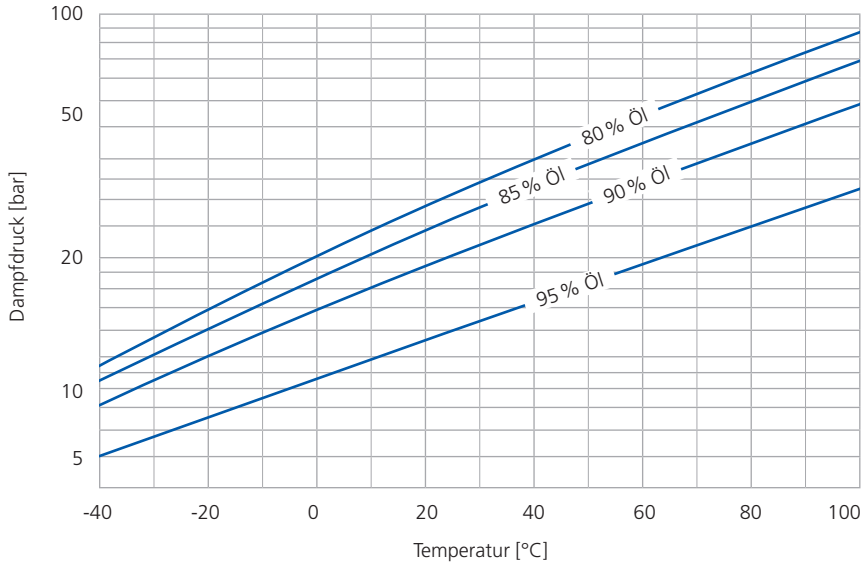
Synthetische Kältemaschinenöle für CO_2-Anwendungen

Kältemaschinenöl für CO_2 (R744) -Anwendungen:

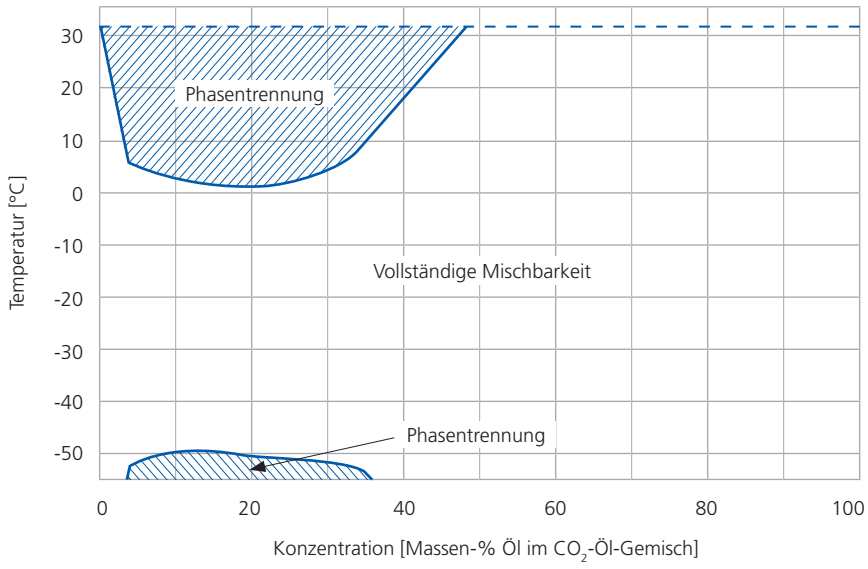
RENISO C auf POE-Basis

Beispiel:
kinematische Viskosität und Dampfdruck (Daniel-Plot):
RENISO C 55 E - CO_2 -Gemisch





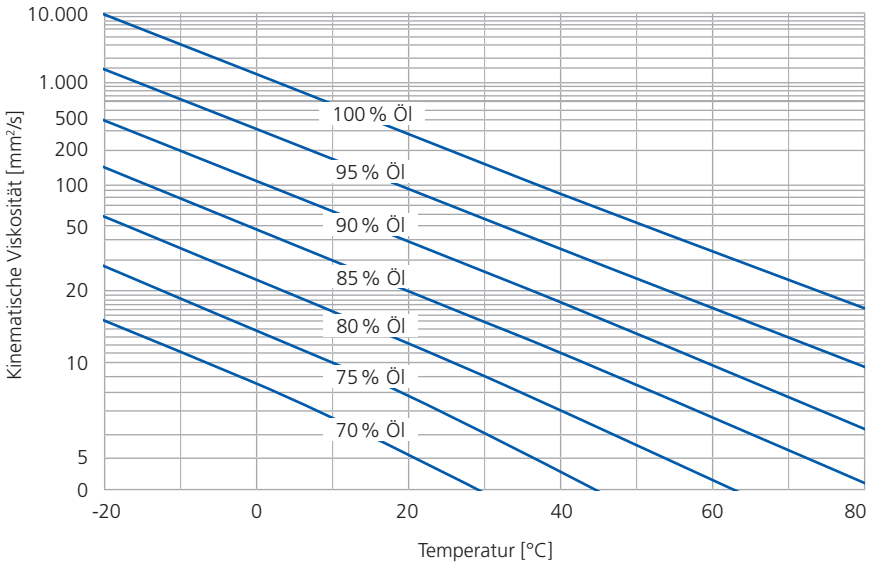
Beispiel Mischungslücke:
Mischbarkeit von
RENISO C 55 E mit CO_2 (R744)

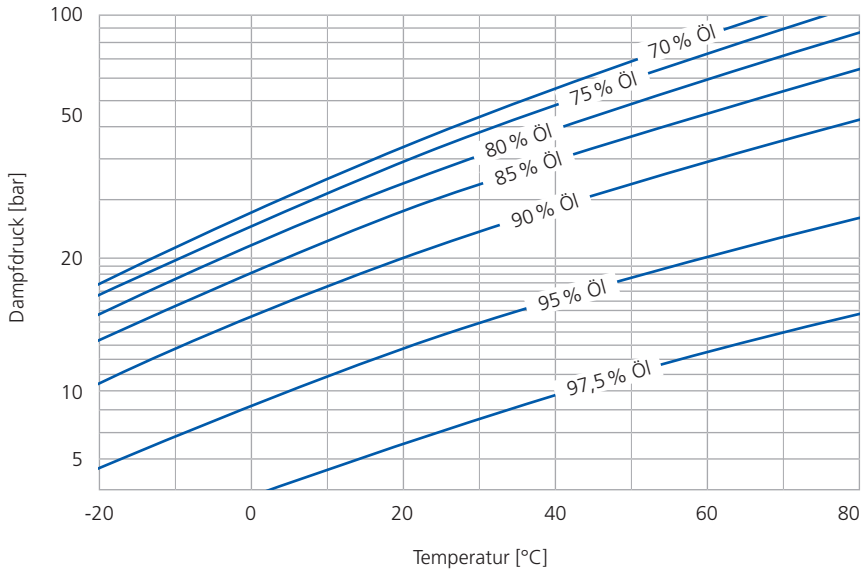


Kältemaschinenöl für CO_2 (R744) -Anwendungen:

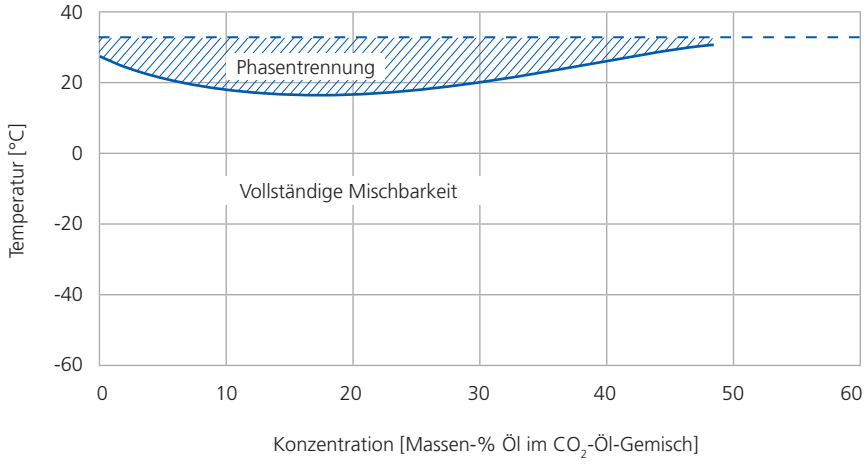
RENISO C auf POE-Basis

Beispiel:
kinematische Viskosität und Dampfdruck (Daniel-Plot):
RENISO C 85 E - CO_2 -Gemisch





Beispiel Mischungslücke:
Mischbarkeit von RENISO C 85 E mit CO_2 (R744)



Schmierstoffe für Ammoniak NH_3-Anwendungen

Natürliche Kältemittel werden bereits seit Mitte des 19. Jahrhunderts für die Kälteerzeugung – vorwiegend bei der Lebensmittelproduktion und -lagerung – eingesetzt. Besonders Ammoniak (NH_3) hat sich in der industriellen Kälteerzeugung seit über 120 Jahren bewährt. Obwohl in den 50er und 60er Jahren des 20. Jahrhunderts die so genannten Sicherheitskältemittel – zum Beispiel die heute verbotenen FCKW – bei Neuanlagen zunehmend zum Einsatz kamen, hat Ammoniak seine Dominanz in der Industrie-Kältetechnik immer behaupten können. Gerade auch im Hinblick auf Umweltdiskussion um den Treibhauseffekt nimmt der Marktanteil der Ammoniak-Kältetechnik und deren Komponenten heute wieder deutlich zu.

Ammoniak (R717) ist ein farbloses, unter Druck verflüssigtes Gas mit stechendem Geruch. Das Gas wird für die Nutzung im Kälteprozess synthetisch erzeugt, gilt aber als natürliches Kältemittel, da es in den Stoffkreisläufen der Erde vorkommt. Ammoniak hat kein Ozonabbaupotenzial (ODP = 0) und keinen direkten Treibhauseffekt (GWP = 0). Aufgrund der hohen Energieeffizienz ist auch der Beitrag zum indirekten Treibhauseffekt im Vergleich zu anderen Kältemitteln gering. Ammoniak ist bedingt brennbar. Die erforderliche Zündenergie ist jedoch 50-mal höher als die von Erdgas, und ohne Stützflamme brennt Ammoniak nicht weiter. Ammoniak ist giftig, besitzt aber einen charakteristischen Geruch mit hoher Warnwirkung und ist bereits ab einer Konzentration von 3 mg/m³ in der Luft wahrnehmbar, was bedeutet, dass die Warnwirkung lange vor einer gesundheitsschädlichen Konzentration (> 1.750 mg/m³) eintritt.

Weit über 90 % der Ammoniak-Kälteanlagen verwenden als Kältemaschinenöle sogenannte nicht-mischbare Öle nach DIN 51503 Gruppe KAA. Zu diesen Ölen zählen Mineralöle, Alkylbenzole und Polyalphaolefine. In den meisten Kälteanlagen arbeiten dabei Wärmeübertrager, die nach dem Prinzip der überfluteten Verdampfung arbeiten. Das Öl lagert sich hier mit der Zeit am Boden der Wärmeübertrager ab und wird entweder verworfen oder in selteneren Fällen zum Verdichter zurücktransportiert.

Kältemaschinenöle auf PAG-Basis sind zumindest teilweise mit Ammoniak mischbar (DIN 51503 Gruppe KAB), spielen aber in der Praxis nur eine untergeordnete Rolle und werden ausschließlich in Anlagen mit trockener Verdampfung (DX-Systeme) verwendet.

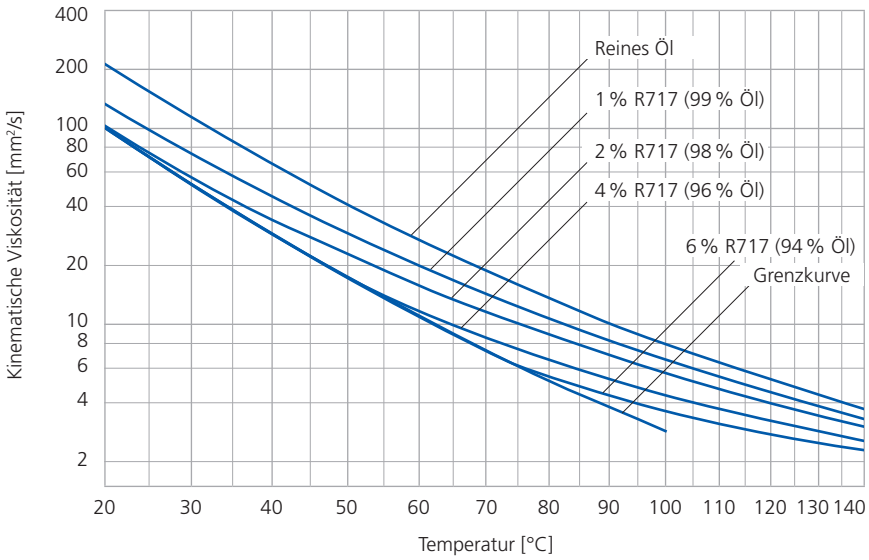
Schmierstoffe für NH_3	Eigenschaften
RENISO K-Reihe (ISO VG 32 bis 100) Naphthenbasische Mineralöle mit sehr guter Schmier- und Kältefließfähigkeit (niedrige Pourpoints). Sehr gute Materialverträglichkeit (z. B. mit den Elastomertypen CR, NBR) (siehe auch Seite 16ff).	▪ Naphtenbasische Grundöle. ▪ Weltweite, gesicherte Verfügbarkeit. ▪ Hervorragende Elastomerverträglichkeit. ▪ Verlässlicher Verschleißschutz.
RENISO UltraCool 68 und RENISO UltraCool 100 Synthetische Kältemaschinenöle auf Basis synthetischer Kohlenwasserstoff/PAO mit herausragendem Preis-Leistungsverhältnis: sehr hohe Thermo- und Alterungsbeständigkeit, extrem niedriger Ölverdampfungsverlust im Verdichter, gute CR-Verträglichkeit. Auch für Wärmepumpenanwendungen perfekt geeignet (siehe auch Seite 18f). Sehr gute Kältefließ-Eigenschaften.	▪ Synthetische Grundöle. ▪ Deutlich höhere Alterungsbeständigkeit als Mineralöle. ▪ Reduzierte Ablagerungs- und Verlackungsneigung. ▪ Gute Verträglichkeit mit Dichtungsmaterialien, insbesondere CR-Elastomeren. ▪ RENISO UltraCool 100 – speziell für Wärmepumpen geeignet.
RENISO SYNTH 68 Synthetisches Premium-Kältemaschinenöl auf Basis hochreiner Polyalphaolefine (PAO). Für NH_3-Kälteanlagen mit stark belasteten Verdichtern und tiefen Verdampfungstemperaturen. Unübertroffen in Kältefließfähigkeit und thermischer bzw. Alterungsstabilität. RENISO SYNTH 68 kann ebenfalls als Kältemaschinenöl für R723 (Dimethylether-Ammoniak-Gemisch) eingesetzt werden (siehe auch Seit 18f). Für die Lebensmittelindustrie.	▪ Synthetische Grundöle. ▪ Für deutlich verlängerte Ölwechsel- und Serviceintervalle. ▪ Extrem niedrige Verdampfungsverluste und damit minimierter Ölverbrauch. ▪ Für niedrigste Verdampfungstemperaturen geeignet (Pourpoint -57 °C). ▪ Lebensmittelschmierstoff mit NSF H1-Registrierung.
RENISO PG 68 Synthetisches, mit Ammoniak mischbares Kältemaschinenöl auf Basis von Polyalkylenglykol (PAG). Für NH_3-Direktverdampfungssysteme (siehe auch Seite 20). Aufgrund der besonderen PAG-Chemie sollten Sie vor der Verwendung von RENISO PG 68 – insbesondere vor dem Nachfüllen – bitte die FUCHS-Anwendungstechnik kontaktieren.	▪ Synthetische PAG-Grundöle. ▪ Gute Ammoniakmischbarkeit. ▪ Hoher Viskositätsindex (VI = 210) für verlässliche Schmierung. ▪ Speziell getrocknet.

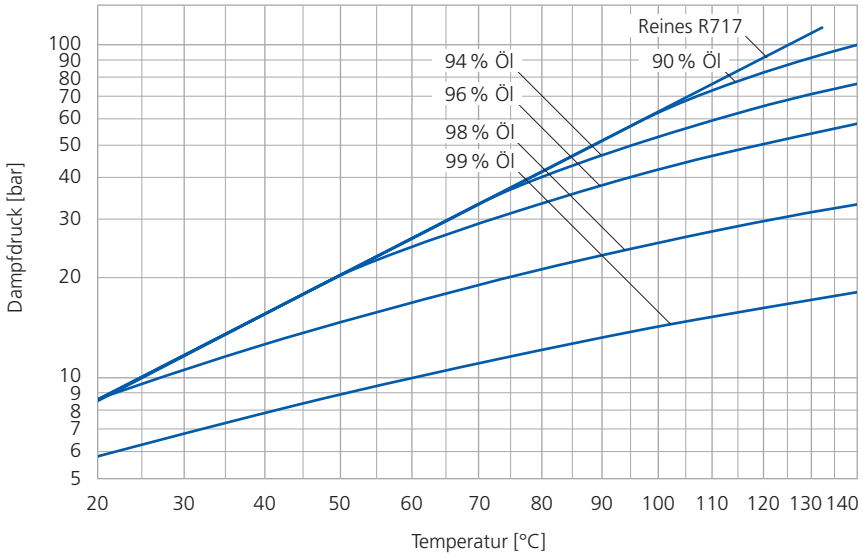
Schmierstoffe für Ammoniak NH_3-Anwendungen

Kältemaschinenöl für NH_3 (R717) -Anwendungen:

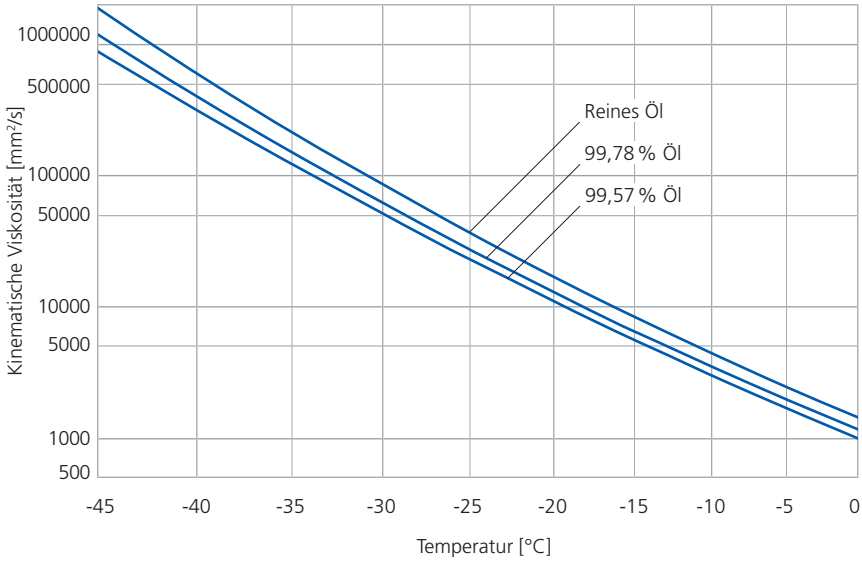
RENISO KC 68

Beispiel:
Kinematische Viskosität und Dampfdruck (Daniel-Plot): RENISO KC 68 und Ammoniak (R717, NH_3)





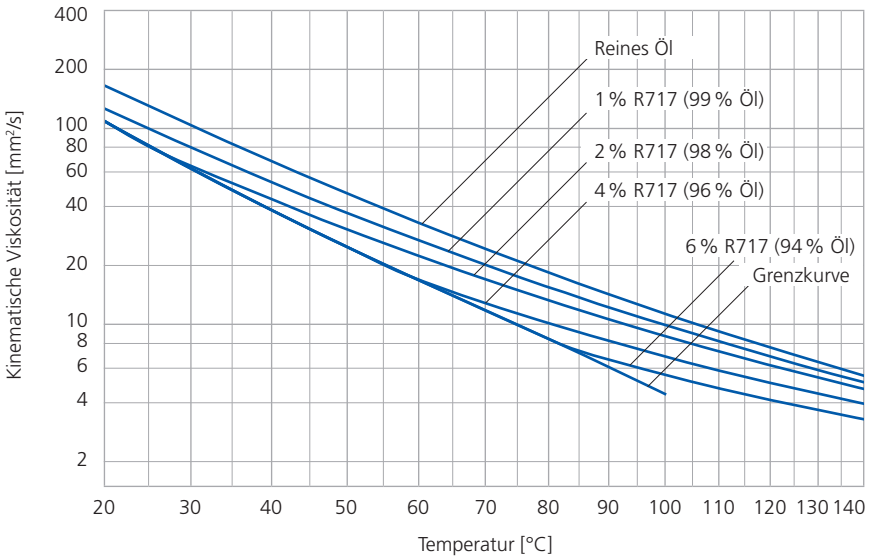
Beispiel:
Tieftemperaturviskosität von RENISO KC 68 mit eingelöstem Ammoniak (R717, NH_3)

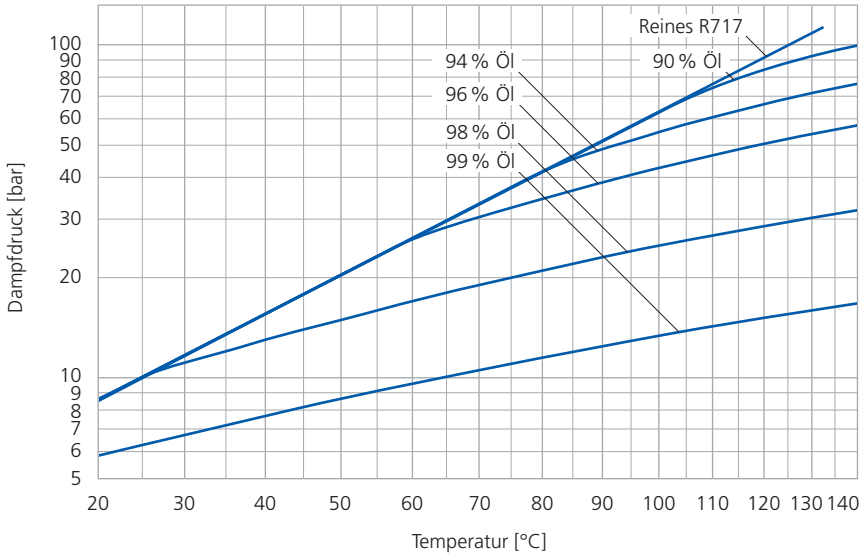


Kältemaschinenöl für NH_3 (R717) -Anwendungen:

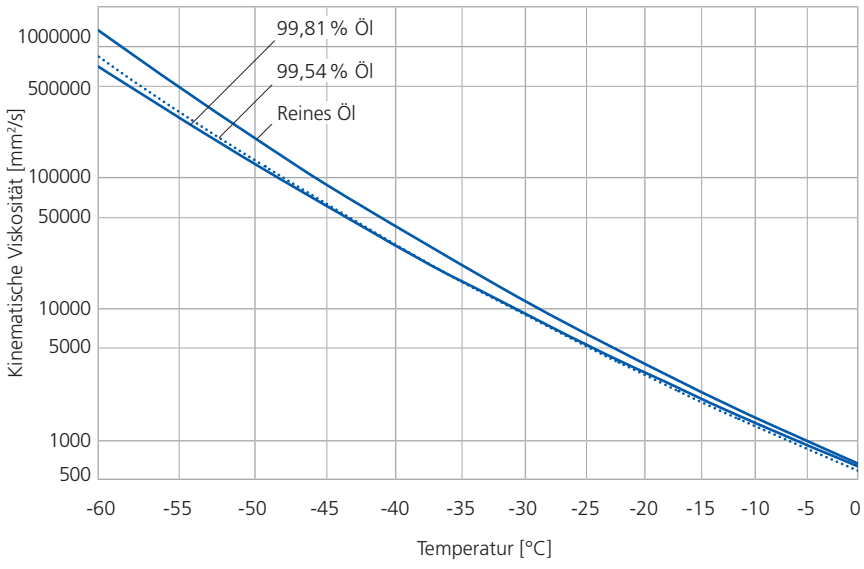
RENISO SYNTH 68

Beispiel:
Kinematische Viskosität und Dampfdruck (Daniel-Plot): RENISO SYNTH 68 und Ammoniak (R717, NH_3)





Beispiel:
Tieftemperaturviskosität von RENISO SYNTH 68 mit eingelöstem Ammoniak (R717, NH_3)



Synthetische Kältemaschinenöle für Kohlenwasserstoff-Kältemittel (z. B. R290)

Kohlenwasserstoffe als natürliche Kältemittel haben eine Reihe von Vorteilen gegenüber fluorierten Kältemitteln. Typische Vertreter wie z. B. Propan R290, Propylen R1270, Isobutan R600a haben eine hohe thermische Beständigkeit und sind chemisch stabil, zeigen eine gute Materialverträglichkeit und sind verhältnismäßig günstig. Ihr Hauptvorteil liegt jedoch im sehr niedrigen GWP von 3 bis 6.
Damit unterliegen sie im Hinblick auf die Verwendung keinen Restriktionen nach der F-Gase-Verordnung.

Ein wesentlicher Nachteil von Kohlenwasserstoffen ist Ihre Brennbarkeit, was spezielle konstruktive Anforderungen (Ex-Schutz-Ausführung von Anlagen), Füllmengenbegrenzungen und für den Anwender in vielen Fällen die Notwendigkeit einer Risikobetrachtung mit sich bringt.

Bei der Beurteilung des Schmierstoffhaushaltes in der Kohlenwasserstoff-Kälteanwendung ergeben sich unterschiedliche Blickwinkel. Zunächst ist die generelle, sehr gute Mischbarkeit der Kohlenwasserstoffkältemittel mit konventionell eingesetzten Kältemaschinenöltypen zu nennen. Sowohl mit Mineralöl als auch mit synthetischen Schmierstoffen wie PAO- oder POE-Ölen werden über einen weiten Temperatur- und Konzentrationsbereich homogene Mischungen gebildet. Die Löslichkeit von Kohlenwasserstoffen in Mineralöl ist am größten (starke Verdünnung), die in Esteröl geringer (kleinere Viskositätsabsenkung). Eine separate Ölphase kommt hierbei nicht vor. Folglich treten bei diesen Kältemaschinenölen in der Regel keine Probleme beim Öltransport bzw. beim Wärmeübergang in den Wärmeüberträgern auf.
Beim Einsatz von Kohlenwasserstoff-Kältemitteln kann es zum Aufschäumen bei Druckabsenkung bzw. zu Mischreibung bei "Verdünnung" kommen.

Eine Besonderheit von Kohlenwasserstoff-Kälteanwendungen hinsichtlich des Ölhaushalts ist die auftretende starke Löslichkeit des Kohlenwasserstoffs im Kältemaschinenöl. Durch die starke Einlösung im Öl entsteht eine deutliche Verdünnung des Schmierstoffs, wodurch die Lasttrageeigenschaften des Schmierfilms unter Umständen drastisch reduziert werden können. Als Folge dieser Verdünnung und der damit verbundenen Abnahme der Schmierfilmdicke in den Schmierstellen kann es mitunter zu erhöhtem Verschleiß im Verdichter und zu einer Verringerung der Verdichterlebensdauer kommen. Zusätzlich zu Maßnahmen auf dem Gebiet der Verdichterkonstruktion (stärkere Ölheizungen zur Austreibung des Kältemittelanteils aus dem Öl) ist darauf zu achten, einen Schmierstoff mit höherer Ausgangsviskosität für den Einsatz in Kohlenwasserstoffanwendungen auszuwählen.

RENISO LPG 68 – Synthetisch auf Basis von PAG

Für Kohlenwasserstoffkältemittel bringen spezielle Kältemaschinenöle mit reduzierter Kältemittel-Einlösung einen deutlichen Vorteil im Hinblick auf die Schmierfilmdicke. RENISO LPG 68 wurde genau mit dieser Zielsetzung entwickelt.

RENISO LPG 68 ist auf Basis eines besonderen synthetischen Polyalkylenglykol (PAG)-Fluids aufgebaut. Bei der Auswahl der Basisflüssigkeit stand dabei die geringe Kohlenwasserstoff-Einlösung und damit eine möglichst geringe Verdünnung unter Kältemitteleinwirkung im Vordergrund.

Modernste Additivtechnologie sorgt für hohe Alterungs- und Thermostabilität, verlässlichen Verschleißschutz und reduzierte Schaumneigung. Insbesondere die Unterdrückung des Aufschäumens von Öl bei Druckabsenkung ist ein wichtiges Kriterium für verlässlichen Verschleißschutz.

RENISO LPG 68 ist verfügt über eine gute Mischbarkeit mit Kohlenwasserstoffkältemitteln. Aus diesem Grund kann mit RENISO LPG 68 ein sicherer Öltransport und eine unbeeinträchtigte Wärmeübertragung im Kreislauf gewährleistet werden.

RENISO LPG 68 ist als Kältemaschinenöl für alle Kohlenwasserstoffkältemittel geeignet – unter anderem für Propan R290, Propylen R1270 oder Isobutan R600a/Butan R600. Sowohl Kolben- als auch Schraubenverdichter werden mit RENISO LPG 68 verlässlich geschmiert.

RENISO LPG 68 wird sowohl in Kälte-/Klimaanwendungen als auch in Wärmepumpen eingesetzt. Auch für die Förderung und Verdichtung von Erdgas kann RENISO LPG 68 empfohlen werden.

Schaumverhalten von PAG-Kohlenwasserstoff-Mischungen

RENISO LPG 68 zeichnet sich durch günstiges Schaumverhalten beim Ausgasen von Kältemittel aus.

Bild links:
Konventionelles PAG-Kältemaschinenöl: Starke Schaumbildung

Bild rechts:
FUCHS-Kältemaschinenöl RENISO LPG 68: Reduzierte Schaumbildung

Eigenschaften von RENISO LPG 68:

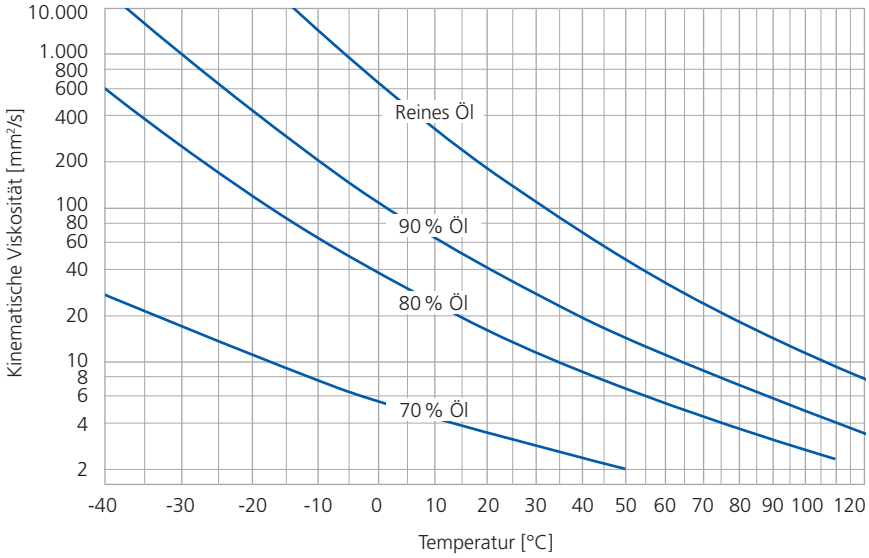
- Synthetisch, PAG-Basis.
- Gute Mischbarkeit mit Kohlenwasserstoff-Kältemitteln, wie z. B. Propan.
- Reduzierte Kältemittel-Einlösung und damit geringere Verdünnung und geringerer Viskositätsabfall.
- Günstiges Schaumverhalten beim Ausgasen von Kältemittel.
- Verlässlicher Verschleißschutz.
- Hohe Alterungsbeständigkeit.
- Hohe thermische Beständigkeit.
- Sehr günstiges Viskositäts-Temperatur-Verhalten: sehr hoher VI Viskositätsindex (VI = 186): für erhöhte Schmierfilmdicke.

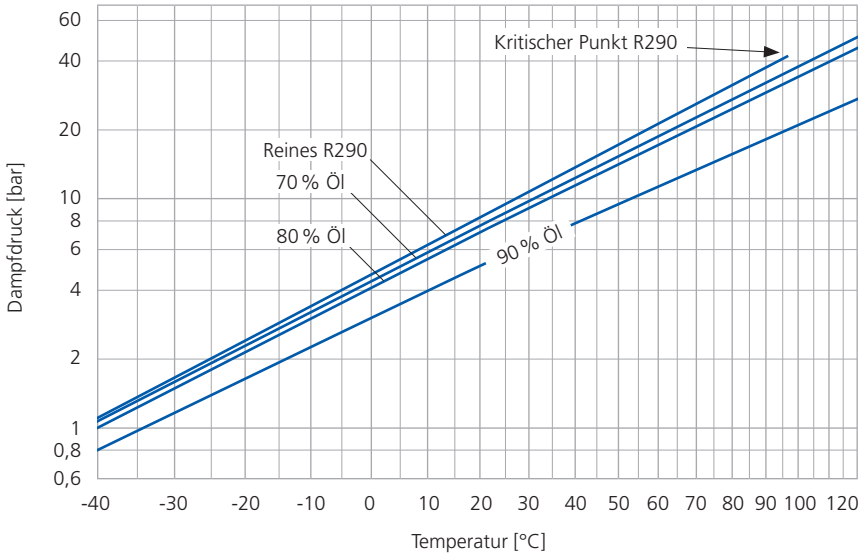
Synthetische Kältemaschinenöle für Kohlenwasserstoff-Kältemittel

Kältemaschinenöl für Kohlenwasserstoffe:

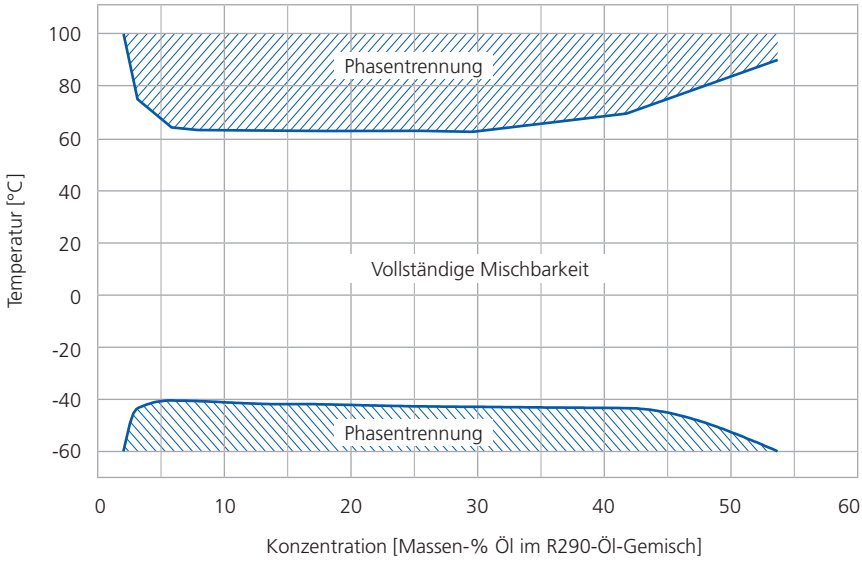
RENISO LPG 68 auf PAG-Basis

Beispiel:
Kinematische Viskosität und Dampfdruck (Daniel-Plot):
RENISO LPG 68 - Propan R290 -Gemisch





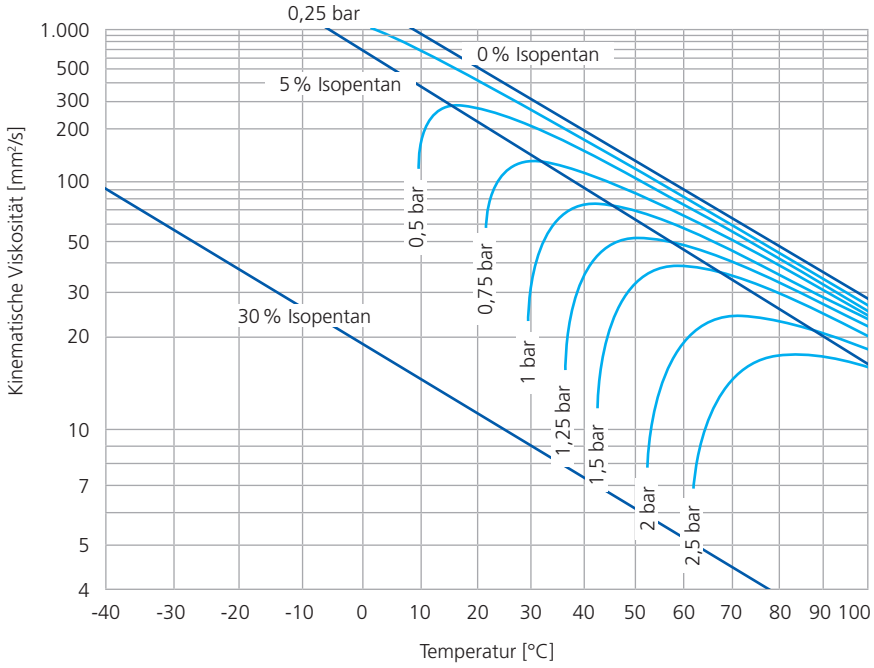
Beispiel Mischungslücke:
Mischbarkeit von
RENISO LPG 68 mit Propan (R290)

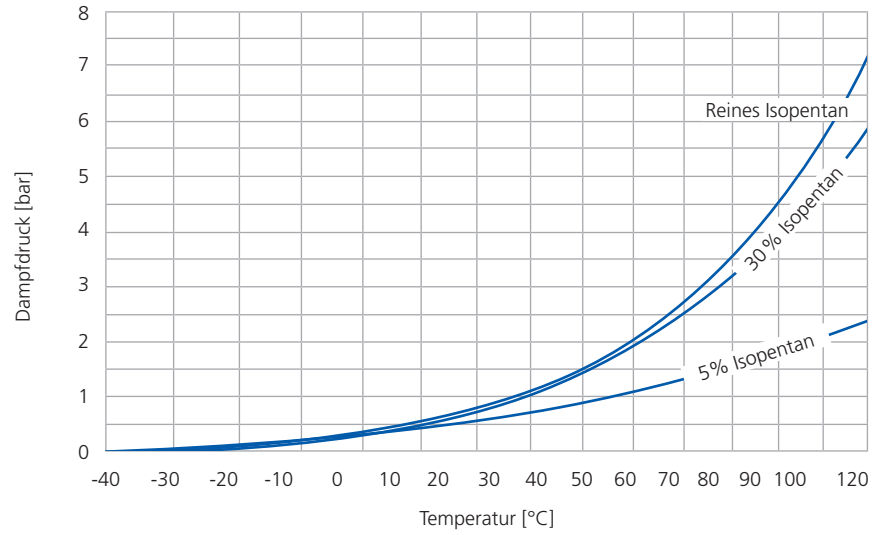


Kältemaschinenöl für Kohlenwasserstoffe:

RENISO LPG 185 auf PAG-Basis

Beispiel:
kinematische Viskosität und Dampfdruck (Daniel-Plot):
RENISO LPG 185 - R601a (i-pentane) -Gemisch





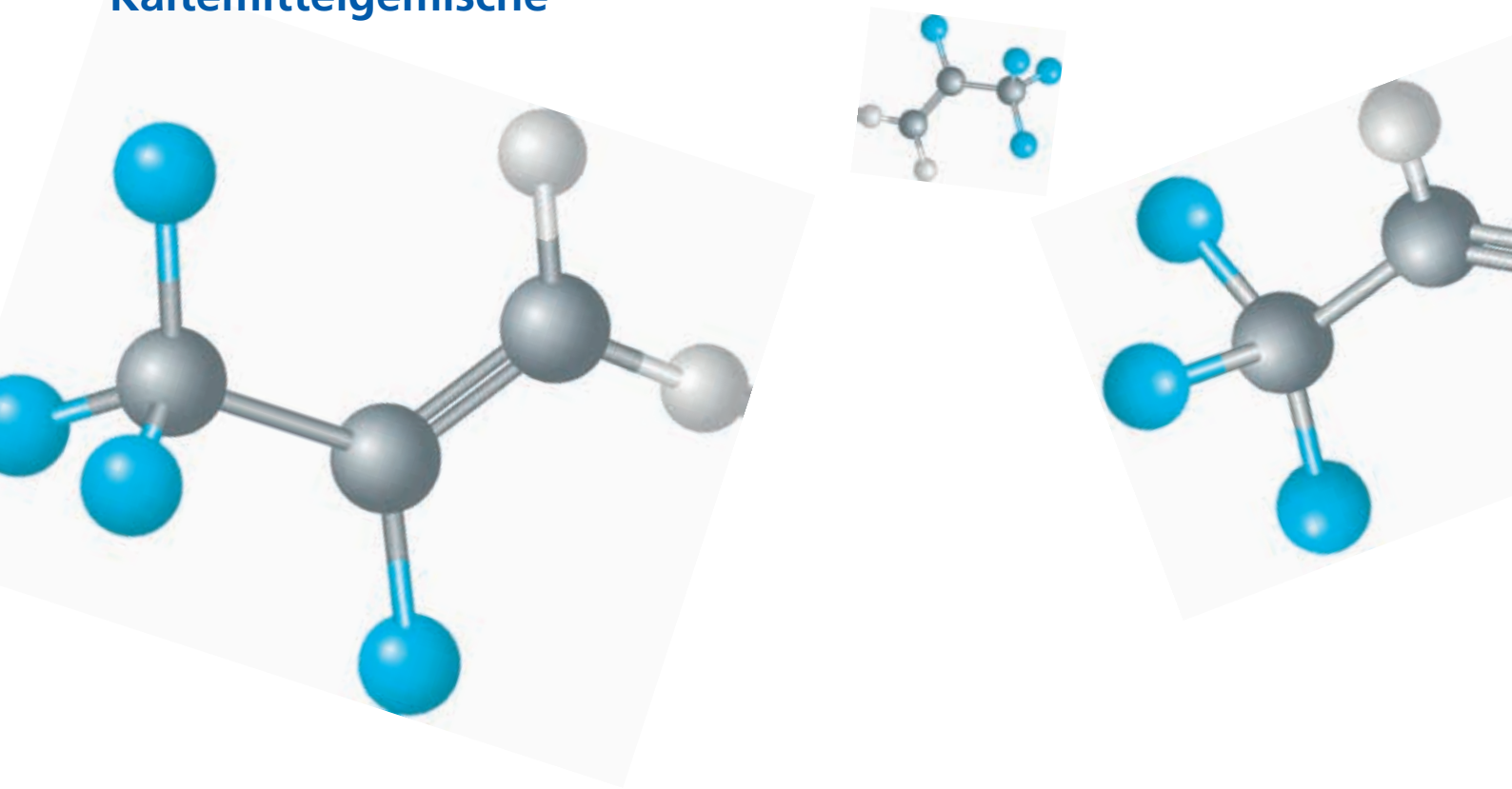
Neben den Produkten der RENISO LPG-Reihe werden noch folgende Kältemaschinenöle seit mehr als 10 Jahren mit Erfolg für Kohlenwasserstoffkältemittel eingesetzt:

RENISO TRITON SE/SEZ-Reihe (POE) – auch für Kohlenwasserstoff-Kältemittel
Synthetische Kältemaschinenöle auf Basis chemisch und thermisch außerordentlich stabiler Polyolester (POE). Durch Ihre polare Struktur wird auch hier die Kältemitteleinlösung und damit die Viskostätsabnahme im Vergleich zu Mineralölen verringert.

RENISO SYNTH 68 (PAO) – auch für Kohlenwasserstoff-Kältemittel
Hochreine Polyalphaolefine (PAO) als Basisöle für sehr gute Kältefließeigenschaften und ein günstiges Viskositäts-Temperatur-Verhalten (hoher VI). RENISO SYNTH 68 hat seit über 10 Jahren einen festen Platz im Anwendungsgebiet Kohlenwasserstoffkältemittel und weist sehr gute Praxiserfahrungen auf.

RENISO WF-Reihe (Mineralöl) – für R600a Anwendungen
RENISO WF Kältemaschinenöle auf Basis von ausgewählten hydrierten Mineralölen, sogenannten isodewaxed base oils, mit einem effektiven Additivsystem für erhöhten Verschleißschutz. Niedrigviskose RENISO WF-Öle werden von namhaften Herstellern seit über 20 Jahren zur Effizienzsteigerung in vollhermetischen R600a-Kühlschrankverdichtern verwendet.

Synthetische Kältemaschinenöle für HFO-Kältemittel/ Kältemittelgemische



Schmierstoffe für HFO-Kältemittel

RENISO TRITON SE / SEZ-Reihe

Der Verwendung von umweltverträglichen Kältemitteln – Kältemittel mit reduziertem Beitrag zum Treibhauspotential, sogenannte Niedrig-GWP-Kältemittel (GWP = Global Warming Potential) – kommt eine immer größere Bedeutung zu. Mittlerweile ist mit der EU-Verordnung 517/2014 auch der rechtliche Rahmen für die Anstrengungen zur Verringerung der kältemittelbedingten Auswirkungen auf den Treibhauseffekt gegeben.

Um die für die nächsten Jahre (bis 2030 schrittweise Reduzierung der HFKW-Kältemittelbedingten Emissionen auf 21 % des Ausgangsniveaus) geltenden Emissionsgrenzen zu erfüllen, wird die Verwendung von Kältemitteln mit hohen GWP-Werten immer schwieriger werden. Neben natürlichen Kältemitteln wie Kohlendioxid, Ammoniak und Kohlenwasserstoffen werden auch teilfluorierte Olefine, sogenannte HFO-Kältemittel, verstärkt zum Einsatz kommen.

Das HFO-Kältemittel R1234yf (GWP < 1) wird bereits heute in Klimaanlagen neuer Fahrzeugtypen als Nachfolgekältemittel für R134a (GWP = 1300) eingesetzt. Es ist jedoch wegen seiner Entflammbarkeit – Einstufung in Sicherheitsgruppe A2L – zumindest umstritten.

R1234ze(E) (ebenfalls GWP < 1 und Sicherheitsgruppe A2L), ein HFO mit gleicher Summenformel/Anzahl Atome jedoch anderer Molekülanordnung, besitzt ebenfalls thermodynamische Eigenschaften, die eine Verwendung als Kältemittel möglich machen. Die volumetrische Kälteleistung liegt jedoch ca. 25 % unter der von R1234yf bzw. R134a.

Neben diesen Reinstoffen werden auch Mischungen von HFO-Kältemitteln mit HFKW angeboten, um kältetechnisch effiziente Medien zur Verfügung zu haben, die jedoch eine deutlich geringere Entflammbarkeit als R1234yf bzw. R1234ze(E) aufweisen.

Mittlerweile liegen bereits erste vielversprechende Erfahrungen mit diesen neuen HFO-Kältemitteln bzw. HFO/HFKW-Kältemittelgemischen vor. Als Kältemaschinenöl für diese Stoffgruppe hat sich das neuentwickelte PAG-Öl (RENISO PAG 1234) für die Fahrzeug-Klimaanwendung und die POE-basischen Öle RENISO TRITON SE/SEZ für die stationäre Anwendung als verlässliche Schmierstoffe erwiesen.

FUCHS ist in zahlreichen Projekten, Feldversuchen und Serienverdichtern mit HFO-Kältemitteln vertreten und hat sich dabei als ein zuverlässiger Partner für das Schmierungssystem in diesen umweltverträglichen Niedrig-GWP-Anwendungen bewährt.

HFO- Reinstoffe und deren Mischung mit HFKW-Kältemitteln werden mit ihren niedrigeren GWP-Werten neben den natürlichen Kältemitteln einen wichtigen Beitrag leisten, um die Klimaschutzvorgaben der F-Gase-Verordnung zu erfüllen. Die entweder bereits kommerziell oder nur im Labormaßstab erhältlichen HFO/HFKW-Gemische umfassen dabei eine große Anzahl von Arbeitsmedien, für die zum jetzigen Stand noch nicht in jedem Fall eine ASHRAE-Klassifizierung vorliegt.

Die neuen Mischungen unterschieden sich nicht nur in ihrer Klimaverträglichkeit (GWP), sondern auch in der Brennbarkeit.

Für FUCHS als Innovationsführer bedeuten die Neuentwicklungen im Bereich Kältemittel eine Herausforderung, der wir uns gerne stellen: Mischungslücke-Versuche, Stabililitätsuntersuchungen und Löslichkeits-/Viskositätsmessungen für unsere RENISO-Kältemaschinenöle in Kombination mit den neuen HFO/HFKW-Gemischen stehen im Fokus der FUCHS-Forschungs- und Entwicklungsarbeit. Umfangreiche Untersuchungsergebnisse liegen bereits vor und werden ständig um neue Öl-Kältemittel-Daten erweitert. Sehen Sie z. B. auf Seite 36/37 die Löslichkeits-/Viskositätsmessungen von RENISO TRITON SE 170 mit R1234yf und R1234ze(E). Weitere Daten erhalten FUCHS-Kunden gerne auf Anfrage bei unserer Anwendungstechnik.

In der nachfolgenden Tabelle auf Seite 34 sind einige wichtige HFO/HFKW-Kältemittel aufgeführt, die als Ersatz für die konventionellen HFKW- Kältemittel mit relativ hohem GWP geeignet sind. Zur besseren Übersicht wegen und aufgrund der Fülle an zum jetzigen Zeitpunkt vorgestellten Kältemittelgemischen handelt es sich hierbei nur um einen Ausschnitt der kompletten Angebotspalette.

Eigenschaften von RENISO TRITON SE/SEZ:

- Synthetisch, POE-Basis.
- Hervorragende Mischbarkeitseigenschaften mit HFO-Kältemitteln.
- Hoher Viskositätsindex (VI) für einen stabilen Schmierfilm.
- Hohe Alterungs- und Hochtemperaturbeständigkeit.
- Verlässlicher Verschleißschutz.

Synthetische Kältemaschinenöle – RENISO TRITON (POE)

Schmierstoffe für HFO-Kältemittel – Polyolester RENISO TRITON

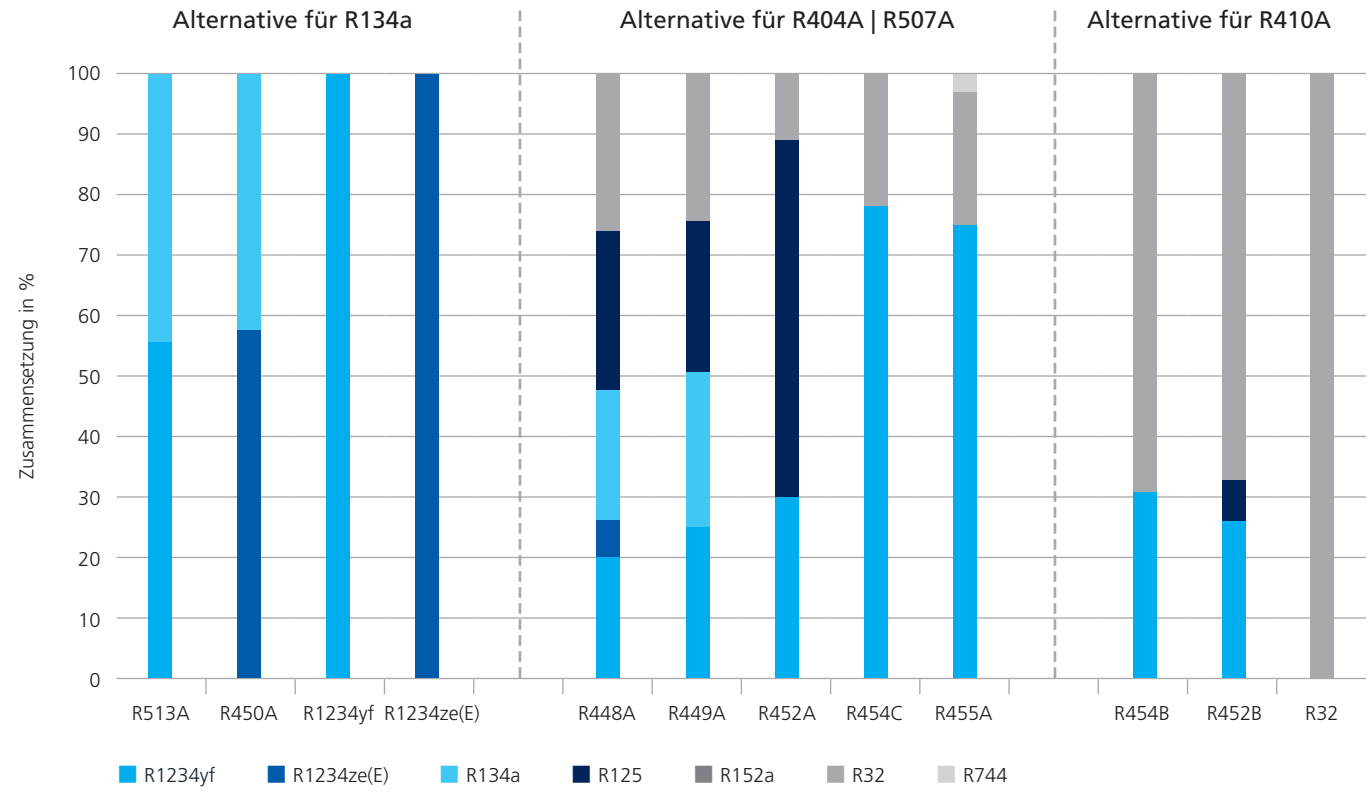
HFO und HFO/HFKW-Gemische

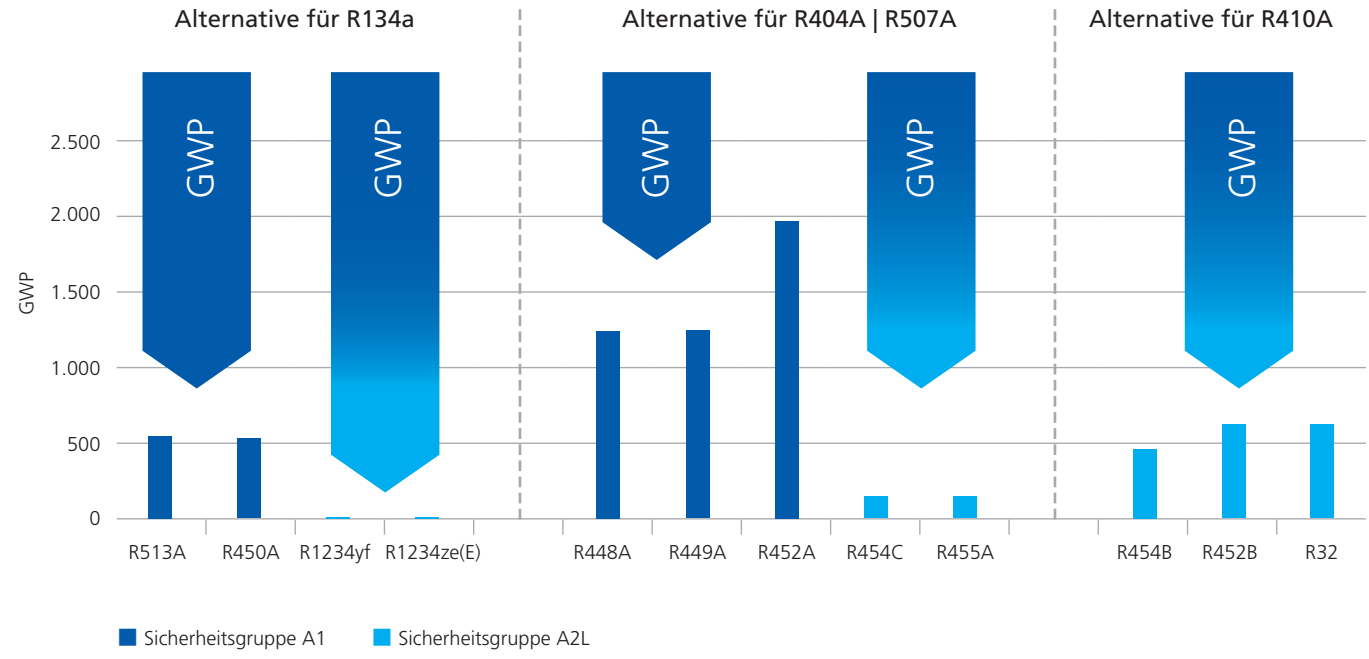
Kältemittel HFO / HFKW	GWP*	Ersatz für Kältemittel HFKW	GWP*	Zusammen-setzung	Sicherheits-gruppe**
R1233zd(E)	1	R123 / R245fa	858	Trans-1-chloro-3,3,3-Trifluorpropen	A1
R1234yf	< 1	R134a	1300	2,3,3,3-Tetrafluorpropen	A2L
R1234ze(E)	< 1	R134a	1300	Trans-1,3,3,3-Tetrafluorprop-1-en	A2L
R1336mzz(Z)	2	R245fa	858	1,1,1,4,4,4-Hexafluor-2-buten	A1
R444B	295	R22 / R407C	1760 / 1620	R32 / R152a / R1234ze(E)	A2L
R448A	1270	R404A / R507A	3940 / 3990	R32 / R125 / R134a / R1234ze(E) / R1234yf	A1
R449A	1280	R404A / R507A	3940 / 3990	R32 / R125 / R134a / R1234yf	A1
R450A	547	R134a	1300	R134a / R1234ze(E)	A1
R452A	1945	R404A / R507A	3940 / 3990	R32 / R125 / R1234yf	A1
R452B	676	R410A	1920	R32 / R125 / R1234yf	A2L
R454A	238	R404A / R507A	3940 / 3990	R32 / R1234yf	A2L
R454B	467	R410A	1920	R32 / R1234yf	A2L
R454C	146	R404A / R507A	3940 / 3990	R32 / R1234yf	A2L
R455A	146	R404A / R507A	3940 / 3990	R1234yf / R32 / R744	A2L
R513A	573	R134a	1300	R134a / R1234yf	A1
R514A	2	R123	79	R1336mzz(Z) / t-DCE	B1

* GWP = Global Warming Potential nach IPCC AR5, Zeithorizont 100 Jahre
** Sicherheitsgruppe nach ASHRAE 34: A1 = nicht brennbar; A2L = bedingt brennbar

Niedrig GWP-Kältemittel

Alternativen für den Wechsel hin zu Niedrig-GWP-Kältemitteln



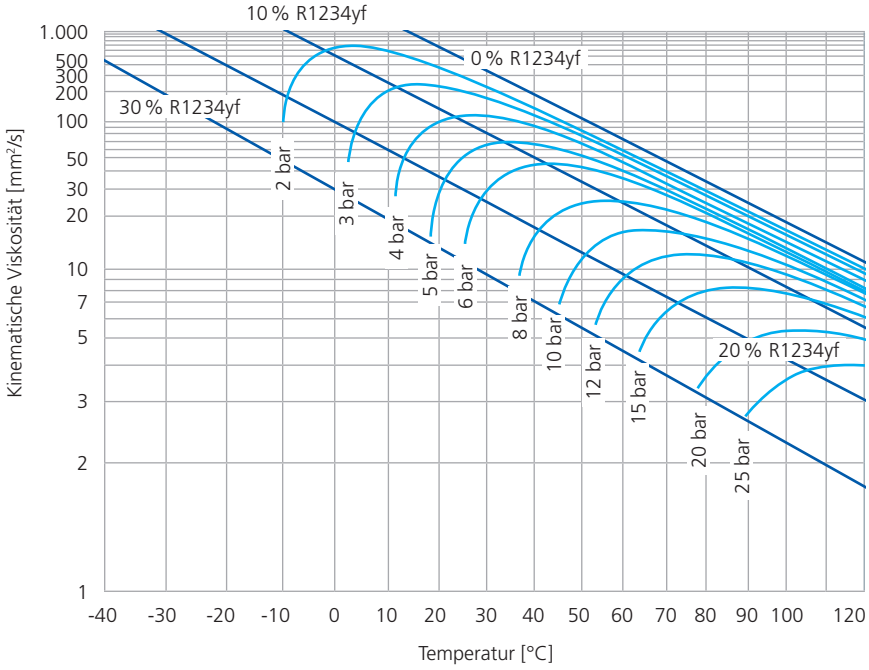


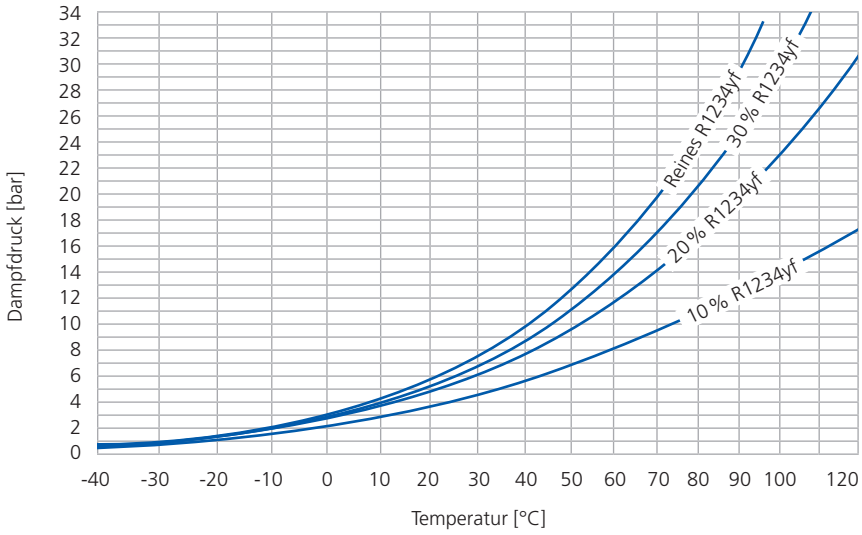
Synthetische Kältemaschinenöle für HFO-Kältemittel

Kältemaschinenöle für HFO-Anwendungen:

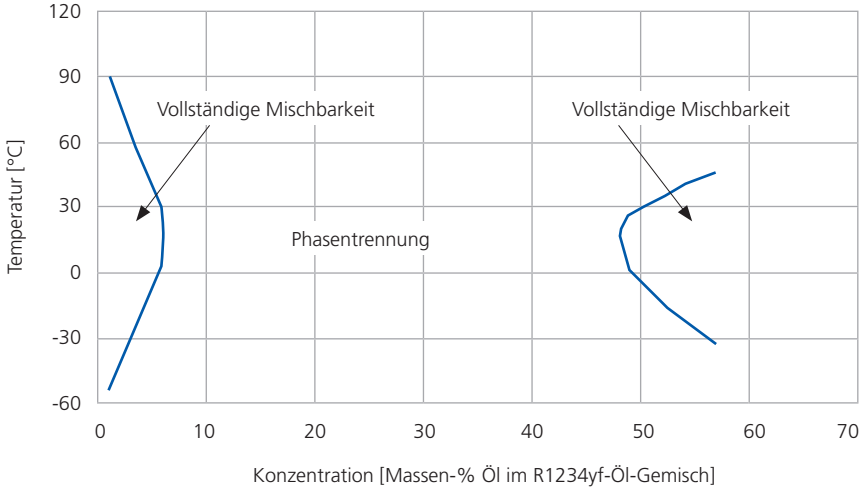
RENISO TRITON SE/SEZ auf POE-Basis

Beispiel:
kinematische Viskosität und Dampfdruck (Daniel-Plot):
RENISO TRITON SE 170 - R1234yf -Gemisch





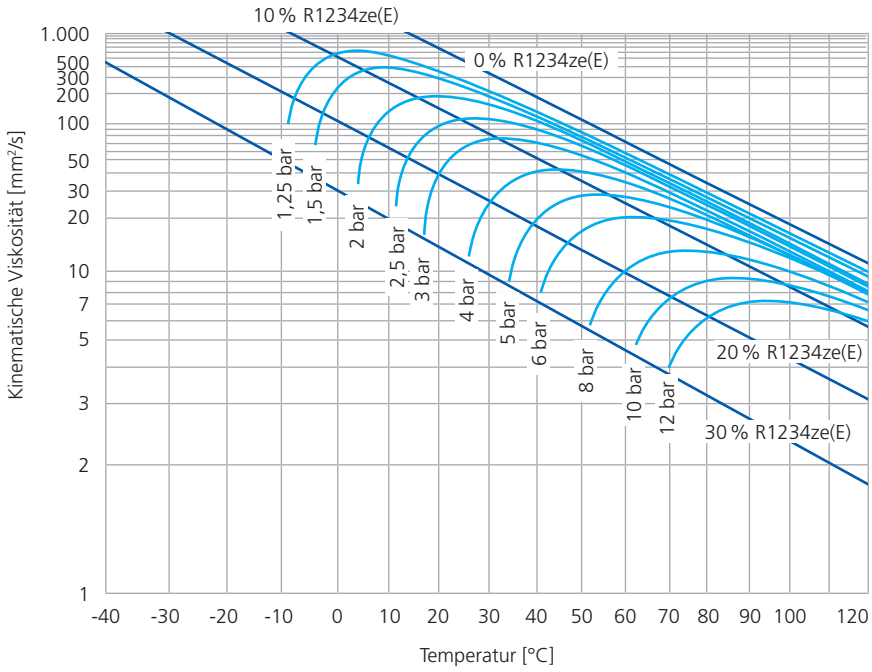
Beispiel Mischungslücke:
Mischbarkeit von
RENISO TRITON SE 170 mit R1234yf

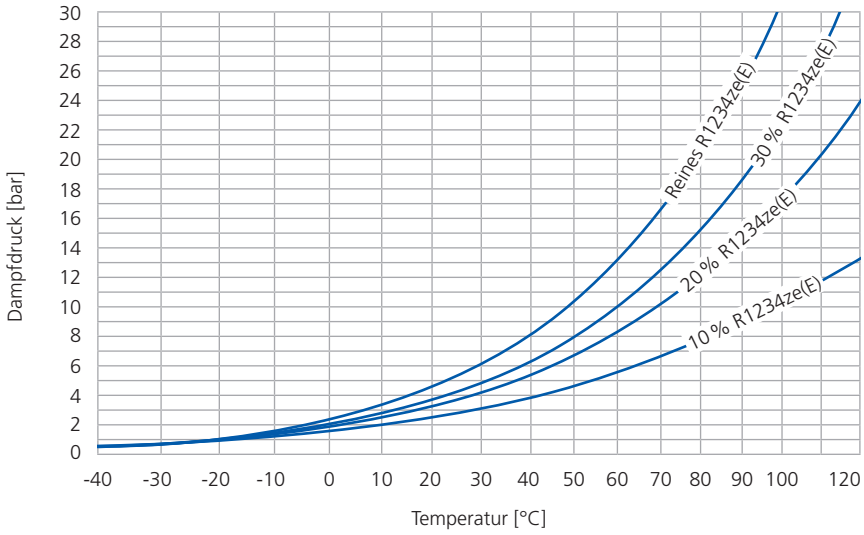


Kältemaschinenöle für HFO-Anwendungen:

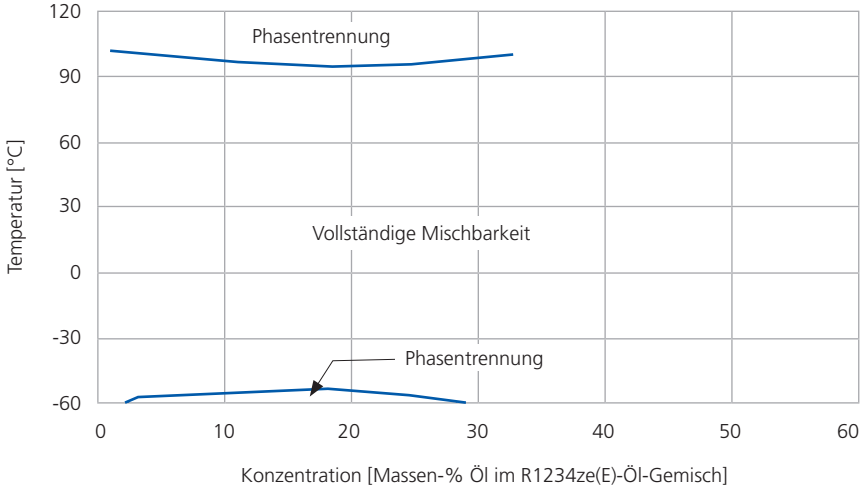
RENISO TRITON SE/SEZ auf POE-Basis

Beispiel:
kinematische Viskosität und Dampfdruck (Daniel-Plot):
RENISO TRITON SE 170 - R1234ze(E) -Gemisch





Beispiel Mischungslücke:
Mischbarkeit von
RENISO TRITON SE 170 mit R1234ze(E)



Synthetische Kältemaschinenöle auf Basis von PAG für A/C mit R1234yf

Schmierstoffe für Fahrzeugklimaanlagen mit R1234yf

RENISO PAG 1234 – für R1234yf

Das Kältemittel R1234yf als Nachfolger von R134a in der Fahrzeugklimaanlage stellt besondere Anforderungen an das Kältemaschinenöl im Verdichter. RENISO PAG 1234 auf Basis doppelt-endverschlossener Polyalkylenglykole (PAG) zeichnet sich durch eine gute Mischbarkeit mit R1234yf aus. Aufgrund seiner neuentwickelten Additivierung stellt RENISO PAG 1234 eine verlässliche Verdichterschmierung mit hervorragendem Verschleißschutz sicher. Die thermisch-chemische Stabilität von RENISO PAG 1234 in Kombination mit R1234yf gewährleistet einen sicheren Langzeitbetrieb der Klimaanlage. Dabei ist RENISO PAG 1234 auch uneingeschränkt verwendbar in A/C-Systemen mit R134a als Kältemittel.

Aufgrund ihrer vergleichsweise polaren Struktur neigen PAG im Allgemeinen sehr stark zur Aufnahme von Wasser. Dies muss beim Umgang besonders beachtet werden. Die Kältemaschinenöle der RENISO PAG-Reihe sind hoch getrocknet und werden unter N_2-Atmosphäre in dampfdichte Gebinde (z. B. 250 ml Metalldosen) abgefüllt.

Synthetische Kältemaschinenöle für E-Mobility

Herausforderung Elektromobilität

Die Entwicklung hin zu Fahrzeugen mit komplett oder teilweise elektrischem Antrieb (Hybrid-Fahrzeuge) führt zu hohen Anforderungen in Bezug auf das Thermomanagement. In E-Fahrzeugen muss neben der Fahrgastkabine auch die Batterie gekühlt bzw. beheizt werden. Nur eine dauerhaft optimal temperierte Batterie garantiert eine verlässliche Energieversorgung und damit eine optimale Reichweite des Fahrzeugs.

Aufgrund der fehlenden Motorabwärme bei E-Fahrzeugen gewinnt auch der Heizbetrieb deutlich an Bedeutung. Statt konventionellen elektrischen Zuheiz-Systemen macht die Verwendung von Wärmepumpen-Kreisläufen im Elektroauto Sinn, um die Effizienz und damit die Reichweite der Fahrzeuge zu steigern.

FUCHS ist in zahlreichen Projekten zum Thermomanagement moderner E-Fahrzeuge aktiv und bietet schon heute diverse Schmierstoffe und Kältemaschinenöle für die verschiedenen neuen Kältemittel-/Systemoptionen an. Sprechen Sie hierzu gerne direkt unsere FUCHS-Anwendungstechnik an.
RENISO ACC HV wird in Fahrzeugklimaanlagen/kombinierten Wärmepumpensystemen mit dem Kältemittel Kohlendioxid, R744, CO_2 erfolgreich im Bereich der E-Mobility eingesetzt.

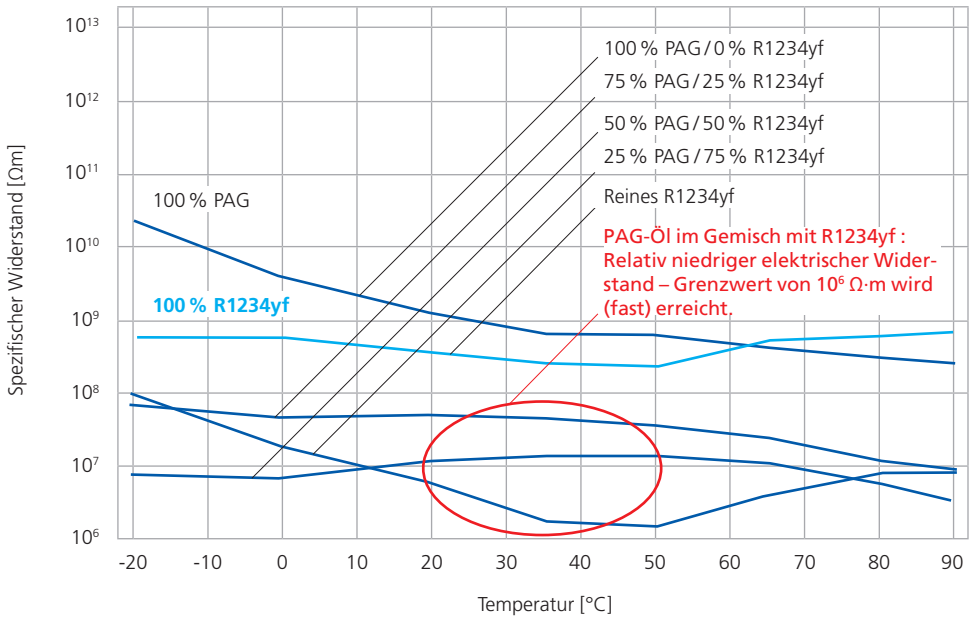
Synthetische Kältemaschinenöle für elektrische A/C-Anwendungen mit dem Kältemittel R1234yf

Hybrid- und E-Fahrzeuge verfügen schon heute über elektrisch angetriebene hermetische Kältemittelverdichter als Teil der Klimaanlage. Aufgrund des dabei auftretenden Kontaktes zwischen dem Kältemittel-Öl-Gemisch und der Verdichterwicklung ist es wichtig, dass das Öl eine hohe Isolationswirkung hat, um Kurzschlüsse zu vermeiden. Klassische PAG-basierende Kältemaschinenöle verfügen in der Regel nur über unzureichende Isolationseigenschaften. Für genau diesen Einsatzfall wurde das **POE-basierende Kältemaschinenöl RENISO TRITON SEZ 75 AC** entwickelt.

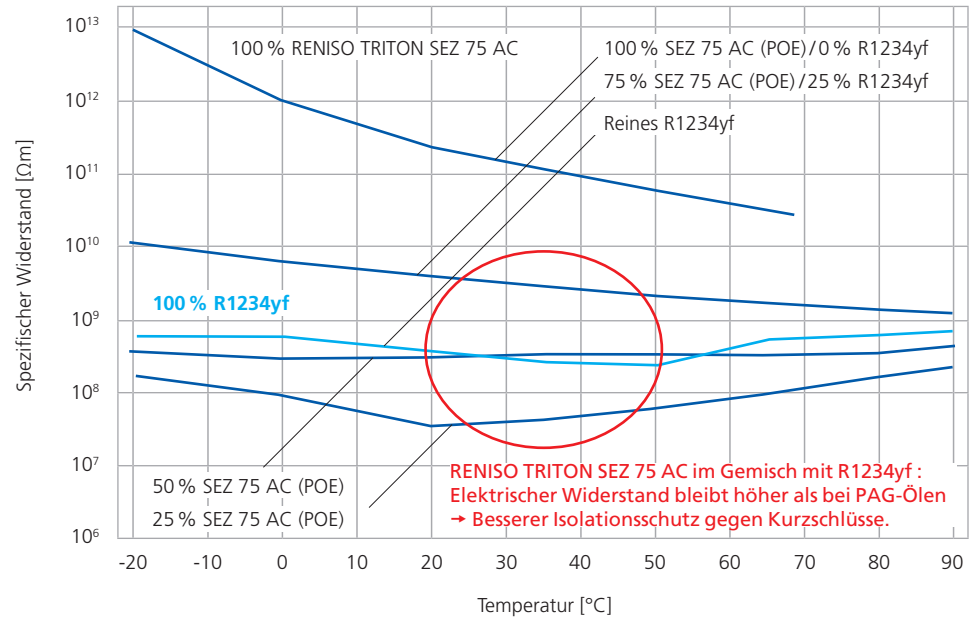
Aufgrund des hohen spezifischen Widerstands von RENISO TRITON SEZ 75 AC ist die Isolierung der elektrischen Verdichterteile zu jeder Zeit gesichert. Darüber hinaus garantiert der Einsatz von RENISO TRITON SEZ 75 AC in R1234yf-Klimaanlagen eine zuverlässige Schmierung des elektrischen Verdichters und einen einwandfreien Öltransport im Kältekreislauf.

RENISO TRITON SEZ 75 AC ist außerdem auch zur Verwendung in elektrischen R134a-Verdichtern geeignet.

Spezifischer elektrischer Widerstand von PAG-Ölen im Gemisch mit R1234yf



Spezifischer elektrischer Widerstand von RENISO TRITON SEZ 75 AC (auf POE-Basis) im Gemisch mit R1234yf



Weitere typische technologische Prüfungen für Kältemaschinenöle

Eigenschaften	Zuverlässig sind nachstehende Prüfverfahren
Flockpunkt mit dem jeweiligen Kältemittel	DIN 51351
Korrosionswirkung auf Kupfer (3 h, 100 °C)	DIN EN ISO 2160
Elektrische Durchschlagspannung	DIN EN 60156 (VDE 0370-5)
Prüfung im Vierkugel-Apparat Verfahren A (1 h / 150 N) ohne Kältemittel	DIN 51350-3
Falex-Test ohne Kältemittel	ASTM D2670
Modifizierter Almen-Wieland-Test unter Kältemittelatmosphäre	–
pVT-Diagramm/Daniel-Plots kinematische Viskositäten der Gemische aus Öl und Kältemittel in Abhängigkeit von Druck und Temperatur sind für einen Ölgehalt von 70% bis 100% (Massenanteil) anzugeben	–
Ashrae Sealed Glass Tube Test – Testing the chemical and thermal stability of refrigerant / oil mixtures / 175 °C / 2 weeks / Cu, Fe, Al	Ashrae-Standard 97

Sealed Tube Test – ASHRAE 97-2007

Warnwerte für gebrauchte Kältemaschinenöle und Erläuterungen in Anlehnung an DIN 51503-2 (2015 – befindet sich in der Überarbeitung (Juli 2022))

* Hinsichtlich der kinematischen Viskosität sind generell die Anforderungen des Anlagen-/Verdichterherstellers zu beachten.
** Bei Ammoniak-Kältemaschinenölen sind größere Abweichungen vom Frischölwert in Richtung einer höheren Viskosität zulässig.

Bei Überschreitung der Warnwerte ist der Schmierstofflieferant/Anlagen- bzw. Verdichterhersteller zu kontaktieren.

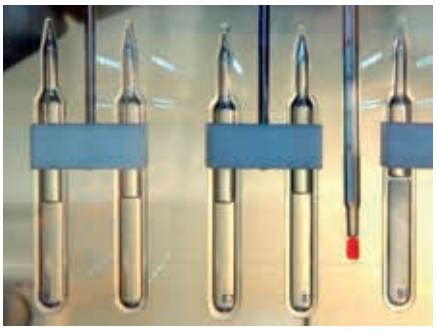
KAA – Ammoniak-Kältemaschinenöle (nicht mischbar: z. B. Mineralöle, Alkylbenzole, Polyaplhaolefine).
KAB – Ammoniak-Kältemaschinenöle (mischbar: z. B. Polyalkylenglykole).
KB – CO_2-Kältemaschinenöle (CO_2 mischbar: z. B. Polyolester, Polylakylenglykole. CO_2 nicht mischbar: z. B. Polyalphaolefine).
KC – HFCKW-Kältemaschinenöle (z. B. Mineralöle, Alkylbenzole, Komplex- und Polyolester).
KD – HFKW-/FKW-Kältemaschinenöle (z. B. Polyolester, Polyalkylenglykole).
KE – Kohlenwasserstoff-Kältemaschinenöle (z. B. Mineralöle, Alkylbenzole, Polyalphaolefine, Polyalkylenglykole, Polyolester).

Bestimmung des Wassergehalts nach Karl Fischer

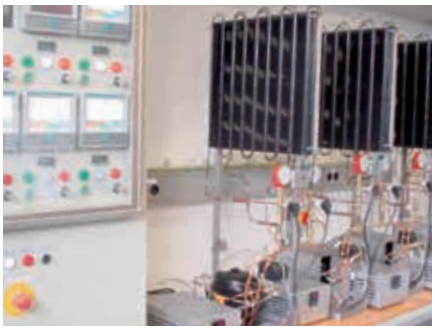
DIN 51777:
für Kältemaschinenöle mit Additiven und für unadditivierte Kältemaschinenöle

Das FUCHS Service - Programm

Hochdrucksichtzelle, Autoklav



Mischungsverhalten, Mischungslücke



Verdichter-Prüfstände, Gaskreislauf

FUCHS-Analyse-Service für Kältemaschinenöle

Abgestimmt auf die spezifischen Anforderungen der Kältemittel bietet FUCHS einen Analyse-Service, um den Gebrauchszustand der eingesetzten Kältemaschinenöle zu kontrollieren. Diese Unterstützung hilft bei der Gewährleistung eines störungsfreien Betriebes der Kälteanlage.

Die Bestimmung der Viskosität, des Wassergehaltes, der Abriebelemente, der Additivkonzentration und der Neutralisationszahl (bei Ammoniak-Anlagen die Bestimmung der Basenzahl) ermöglicht eine laufende Überwachung des Betriebszustandes der Kälteanlage.

So können mithilfe des FUCHS-Analyse-Services Wartungskosten gesenkt und und rechtzeitig vorbeugende Maßnahmen eingeleitet werden, sollte die Ölfüllung Abweichungen zum Frischzustand zeigen.

Warnwerte für gebrauchte RENISO-Kältemaschinenöle (in Anlehnung an DIN 51503-2, 2015)

Markenbezeichnung	Gruppe	Abweichung der kinematischen Viskosität bei +40 °C [mm^2/s]*	Max. Wassergehalt [mg H_2O/kg Öl]	Säurezahl (Neutralisationszahl) [mg KOH/g]
		DIN EN ISO 3104	DIN 51777	DIN ISO 6618
RENISO K Mineralöle	KAA KC KE	** ± 15 % vom Frischölwert ± 15 % vom Frischölwert	100 60 80	– 0,07 0,1
RENISO UltraCool Polyalphaolefine (PAO)	KAA KB KE	** ± 15 % vom Frischölwert ± 15 % vom Frischölwert	100 80 80	– 0,1 0,1
RENISO S/SP Alkylbenzole (AB)	KAA KC KE	** ± 15 % vom Frischölwert ± 15 % vom Frischölwert	100 60 80	– 0,07 0,1
RENISO PAG/ACC **RENISO PG/LPG** Polyalkylenglykole (PAG)	KAB KB KD KE	** ± 15 % vom Frischölwert ± 15 % vom Frischölwert ± 15 % vom Frischölwert	500 800 800 800	– 0,2 0,2 0,2
RENISO TRITON SE/SEZ **RENISO C** Esteröle (POE, Komplexester)	KB KC KD KE	± 15 % vom Frischölwert ± 15 % vom Frischölwert ± 15 % vom Frischölwert ± 15 % vom Frischölwert	150 150 200 200	0,2 0,1 0,2 0,2

Das FUCHS Service - Programm

Logistiksystem für Kältemaschinenöle

RENISO-Kältemaschinenöle sind hochgetrocknet. PAG und POE sind hygroskopisch, d. h. sie neigen aufgrund ihrer polaren Molekülstruktur wesentlich stärker zur Aufnahme von Feuchtigkeit als unpolare Kältemaschinenöle auf Basis von Kohlenwasserstoffen (Mineralöle, Alkylbenzole, PAO).

Unsere RENISO-Kältemaschinenöle werden in anwenderfreundlichen Gebinden von 1 Liter Inhalt bis hin zu 1 m³ Containern oder Spezial-Tankwagen angeboten.
Alle verwendeten Gebinde sind in Langzeitversuchen auf Dichtigkeit gegenüber Luftfeuchtigkeit geprüft worden.

Unser Logistiksystem für die Belieferung in 1 m³ Containern und Tankwagen stellt durch den permanenten Überdruck (mit trockenem Stickstoff) sicher, dass keine Luftfeuchtigkeit eindringt. Ein ausgereiftes Verfahren zur Befüllung und Entleerung der Transportbehälter gewährleistet einen sehr niedrigen Wasseranteil bei der Anlieferung. Dieses wird auf Wunsch mit einem Zertifikat dokumentiert, in welchem die wichtigsten Kenndaten des Produktes wie Füllmenge, Wassergehalt und Überdruck im Behälter hinterlegt sind. Weitere Informationen über das Logistiksystem mit technischer Dokumentation senden wir Ihnen gerne zu.

FUCHS-Hightech-Schmierstoffe

Innovative Kältemaschinenöle erfordern erfahrene und individuelle Beratung. Bei jeder veränderten Einsatzbedingung sollte deshalb eine umfassende Beratung zur entsprechenden Anwendung vorausgehen. Nur so kann das optimale Schmierstoff-System ausgewählt werden. Die erfahrenen Ingenieure von FUCHS geben nicht nur Hinweise zum Einsatz, sie helfen auch bei der Lösung Ihrer Probleme.

Ein breiter Überblick zur Schmierstoffgruppe der Kältemaschinenöle – einschließlich zahlreicher anwendungstechnischer Daten und Diagramme zu Öl-Kältemittel-Gemischen

Erhältlich beim VDE Verlag:
ISBN 978-3-8007-3271-5

Die Vorteile unserer RENISO Kältemaschinenöle:

- Höchste Qualitätsanforderungen
  RENISO-Produkte zeichnen sich durch höchste Qualität der verwendeten Rohstoffe aus. Bei Entwicklung, Produktion und Abfüllung werden besondere Maßstäbe an Qualität und Qualitätskontrolle gelegt.
- Gemeinsame Produktentwicklung
  Immer wieder werden von unseren Kunden Spezial-lösungen gefordert. Gemeinsam mit Ihnen entwickeln wir die passende Produktlösung (entsprechend Ihrer Anwendung und Ihren Anforderungen).
- Individuelle Problemlösungen
  Die RENISO-Kältemaschinenöle sind sorgfältig entwickelte, ausgereifte und mit langjähriger Erfahrung zusammengestellte Problemlösungen.
  Das bedeutet für Sie mehr Sicherheit und Wirtschaftlichkeit.
- Persönliche Beratung – erkundigen Sie sich jetzt!
  Was FUCHS für Sie tun kann – auf der Produkt- und Serviceseite – erläutert Ihnen gerne Ihr persönlicher Ansprechpartner.

Kältemaschinenöle – unsere Kompetenz

- F&E
  – erfahrene Kältemaschinenöl-Entwicklungsabteilung
- Prüfstände
  – Verdichterprüfstände
  – Komponentenprüfstände
- Labor
  – Hochdruckautoklaven
  – Tieftemperaturbäder
  – Stabilitätstestprüfstände
  (Autoklaven, Sealed Tube Test)
  – Mischungslücke- und Flockpunktapparatur
  – Auswahl aller gängigen HFKW-/HFO-Kältemittel + natürliche Kältemittel
- Logistik/Produktion
  – Edelstahlkomponenten und N_2 (Inertgas)-Atmosphäre bei Herstellung und Abfüllung
  – spezielle Gebinde
- Service
  – Prüfung gebrauchter Kältemaschinenöle und Auswertung der Ergebnisse
  – umfangreiche Beratung/Anwendungstechnik

RENISO-Produkte in der Übersicht

Produkt-bezeichnung	Kennzeichnung	Dichte bei 15 °C kg/m³	Flp. n. Clev. °C	Kin. Visk. b. 40 °C mm²/s	Kin. Visk. b. 100 °C mm²/s	VI	Pour-point °C	Hauptanwendung
RENISO-Kältemaschinenöle auf Mineralölbasis								
RENISO WF 2,3 A	**Serie RENISO WF** Spezielle Kältemaschinenöle für das Kältemittel Isobutan (R600a) – für Hermetikverdichter, hoch ausraffiniert, niedriger Flockpunkt mit R600a, enthält Additivsysteme zur Verbesserung des Verschleißschutzes und der Alterungsstabilität. DIN 51503: KC, KE	823	100	2,35	–	–	-42	RENISO WF Kältemaschinenöle werden zur Schmierung hermetischer Kühlschrankkompressoren mit Isobutan (R600a) als Kältemittel verwendet. RENISO WF Kältemaschinenöle bilden mit Hilfe spezieller Additivsysteme bei allen Betriebstemperaturen vor Verschleiß schützende Schmierfilme aus. RENISO WF Kältemaschinenöle sind sowohl mit R600a als auch mit allen anderen Kohlenwasserstoff-Kältemitteln wie z. B. R290 voll mischbar. **Basis: spezielle Mineralöle**
RENISO WF 5 A (auf Anfrage)		827	134	5,0	1,7	95	-45	
RENISO WF 7 A (auf Anfrage)		832	158	7,2	2,2	97	-42	
RENISO WF 10 A (auf Anfrage)		835	172	9,6	2,6	97	-42	
RENISO WF 15 A (auf Anfrage)		883	164	15	3,1	–	-51	
RENISO K – Kältemaschinenöle auf Mineralölbasis								
RENISO KM 32 (20 x 1 L)	**Serie RENISO K** Naphthenische Sonderraffinate mit hoher Alterungsbeständigkeit und mit niedrigen Pourpoints; sehr günstiges Kälteverhalten und besonders gute Verträglichkeit mit folgenden Kältemitteln: Ammoniak NH_3, HFCKW (z. B. R22), Kohlenwasserstoffe (z. B. Propan R 290) DIN 51503: KAA, KC, KE	881	202	32	4,9	–	-45	Für alle Kälteanlagen mit Ammoniak (NH_3) oder HFCKW-Kältemitteln. RENISO KES 100 ist geeignet für Anwendungen mit hohen Verdampfungs- und Kondensationstemperaturen, z. B. Kranklima, Fahrzeugklima, Wärmepumpen – insbesondere empfohlen für Turboverdichter. **Basis: naphthenbasische Grundöle**
RENISO KS 46		894	204	46	5,8	–	-42	
RENISO KC 68		894	223	68	7,4	–	-39	
RENISO KES 100		912	218	100	8,4	–	-33	

RENISO

Produkt-bezeichnung	Kennzeichnung	Dichte bei 15 °C kg/m³	Flp. n. Clev. °C	Kin. Visk. b. 40 °C mm²/s	Kin. Visk. b. 100 °C mm²/s	VI	Pour-point °C	Hauptanwendung
RENISO S/SP – Vollsynthetische Kältemaschinenöle auf Alkylbenzolölbasis								
RENISO SP 32	**Serie RENISO S/SP** Vollsynthetische Kältemaschinenöle auf Basis chemisch und thermisch hochbelastbarer Alkylbenzole. RENISO SP 32, 46 und 100 besitzen eine hochwirksame AW-Verschleißschutz-Additivierung **(nicht für NH_3-Anwendungen geeignet)**. Exzellente Löslichkeit mit HFCKW (R22), exzellente Stabilität mit HFCKW Kältemitteln. DIN 51503: KC, KE	870	186	32	4,6	–	-51	Besonders gute Mischbarkeit mit HFCKW Kältemitteln wie R22. Geeignet für sehr tiefe Verdampfungs-Temperaturen bis -80 °C. Aufgrund ihrer hervorragenden Stabilität sind RENISO S/SP - Produkte für die Schmierung hoch belasteter Kältemittelverdichter geeignet. **Basis: Alkylbenzol**
RENISO SP 46 (4 x 5 L)		869	190	46	5,3	–	-42	
RENISO SP 100		869	208	95	8,0	–	-33	
RENISO S 3246	RENISO S 3246 und RENISO S 68 enthalten keine AW-Verschleißschutz-Additivierung und sind für den Einsatz mit HFCKW Kältemitteln und NH_3-Anwendungen geeignet. DIN 51503: KAA, KC, KE	876	184	40	5,0	–	-42	RENISO S 3246 und RENISO S 68 – geeignet sowohl für R22- als auch für NH_3-Anwendungen.
RENISO S 68		871	192	68	6,6	–	-36	

RENISO-Produkte in der Übersicht

Produkt-bezeichnung	Kennzeichnung	Dichte bei 15 °C kg/m³	Flp. n. Clev. °C	Kin. Visk. b. 40 °C mm²/s	Kin. Visk. b. 100 °C mm²/s	VI	Pour-point °C	Hauptanwendung
RENISO TRITON SE/SEZ – Vollsynthetische Kältemaschinenöle auf Polyolesterbasis (POE)								
RENISO TRITON SEZ 22 (20 x 1 L) (4 x 5 L)	**Serie RENISO TRITON SE/SEZ** Vollsynthetische Kältemaschinenöle auf Basis synthetischer Polyolester – speziell geeignet für „nicht ozonschädliche" FKW/ HFKW Kältemittel wie z. B. R134a, R404A, R507, R410A, R407C. Auch für Kohlenwasserstoffkältemittel empfohlen. Aufgrund der starken Neigung zur Wasseraufnahme (Hygroskopie) muss bei Polyolester-Schmierstoffen der Kontakt zur Umgebungsluft (Luftfeuchtigkeit) absolut minimiert werden. DIN 51503: KD, KE SE/SEZ-Öle sind für den Einsatz mit HFO- bzw. HFO/HFKW-Kältemittel geeignet.	1003	248	20,0	4,4	133	-57	Für alle Kältekreisläufe, in denen chlorfreie Kältemittel (HFKW/FKW), wie z. B. R134a, eingesetzt werden, ist die RENISO TRITON SE/SEZ-Reihe hervorragend geeignet. RENISO TRITON SE/SEZ-Kältemaschinenöle werden je nach Viskositätslage für hermetische, halbhermetische und offene Kolbenverdichter sowie für Schrauben- und Turbo-Verdichter empfohlen. RENISO TRITON SEZ 22 und SEZ 32 werden mit Erfolg in R23-Tieftemperatur-Anwendungen verwendet. Es existieren außerdem umfangreiche Ergebnisse zum Einsatz der Produkte mit R22-Nachfolgekältemitteln wie z. B. R422A/D und R417A. Umfangreiche Laboruntersuchungen sowie Praxiserfahrungen mit HFO- bzw. HFO/HFKW-Kältemitteln liegen vor. **Basis: Polyolester**
RENISO TRITON SEZ 32 (20 x 1 L) (4 x 5 L) (3 x 10 L) 		1004	250	32	6,1	141	-57	
RENISO TRITON SE 55 (20 x 1 L) (4 x 5 L) (3 x 10 L) 		1009	286	55	8,8	140	-48	
RENISO TRITON SEZ 68 (20 x 1 L) (4 x 5 L) (3 x 10 L) 		972	258	68	8,9	104	-39	
RENISO TRITON SEZ 80 (20 x 1 L)		992	251	80	10,6	118	-39	
RENISO TRITON SEZ 100 (4 x 5 L)		970	266	100	11,4	100	-30	
RENISO TRITON SE 170 (20 x 1 L) (4 x 5 L) (3 x 10 L) 		972	260	173	17,6	111	-27	
RENISO TRITON SE 220 (4 x 5 L)		976	294	220	19,0	98	-27	
RENISO TRITON SEZ 35 SC (4 x 5 L)	Für HFKW/FKW- und HFO-Kältemittel. Speziell für Scroll-Verdichter entwickelt. DIN 51503: KD	1015	256	34	6,3	138	-51	RENISO TRITON SEZ 35 SC hat ein spezifisches Leistungsprofil, das auf die Verwendung in Scroll-Kompressoren abgestimmt wurde. Für alle HFKW/FKW- und HFO-Kältemittel geeignet. **Basis: Polyolester**

RENISO

Produkt-bezeichnung	Kennzeichnung	Dichte bei 15 °C kg/m³	Flp. n. Clev. °C	Kin. Visk. b. 40 °C mm²/s	Kin. Visk. b. 100 °C mm²/s	VI	Pour-point °C	Hauptanwendung
RENISO SYNTH 68 / RENISO UltraCool – Vollsynthetische Kältemaschinenöle auf Basis synthetischer Kohlenwasserstoffe (Polyalphaolefine, PAO)								
RENISO SYNTH 68	Synthetisches Kältemaschinenöl auf Basis von Polyalphaolefinen (PAO). Für NH_3 Anwendungen und Kohlenwasserstoff-Kältemittel. Außerdem für CO_2 (nicht mischbar mit CO_2) geeignet. DIN 51503: KAA, KB, KE. NSF – H1 –Freigabe (lebensmittelgerechter Schmierstoff: geeignet für die Nahrungsmittelindustrie)	835	260	68	10,5	142	-57	RENISO SYNTH 68 ist vor allem für die Schmierung hoch belasteter NH_3-Verdichter entwickelt worden. Exzellente NH_3-Stabilität. Exzellentes Tieftemperatur-Fließverhalten, geeignet für Verdampfungstemperaturen <-50 °C. Sehr gute thermische Stabilität. Sehr gute Schmierfähigkeit auch bei Kohlenwasserstoff- (Propan R290, Propen R1270 u.a.) und CO_2-Anwendungen (mit CO_2 nicht mischbar). **Basis: PAO**
RENISO UltraCool 68	**Serie RENISO UltraCool** Kältemaschinenöle auf Basis synthetischer Kohlenwasserstoffe. Insbesondere für NH_3 Anwendungen entwickelt. DIN 51503: KAA	854	250	62	9,1	124	-48	RENISO UltraCool vereint hohe thermische Stabilität (keine Verlackung, keine Verschlammung) und niedrige Verdampfungsneigung (geringer Ölwurf/Ölverlust) mit guter Elastomerverträglichkeit (CR,HNBR,NBR)
RENISO UltraCool 100 Gebinde auf Anfrage		857	239	108	14,4	136	-45	
RENISO PG 68 – Vollsynthetisches Kältemaschinenöl auf Polyalkylenglykolbasis (PAG) für NH_3-Anwendungen								
RENISO PG 68 (4 x 5 L)	Vollsynthetisches Kältemaschinenöl auf Basis von Polyalkylenglykol (PAG) Mischungslücke 10% Öl / 90% NH_3: Phasentrennung bei -35 °C. NH_3 – teillösliches Kältemaschinenöl, auch für Kohlenwasserstoff-Kältemittel geeignet. DIN 51503: KAB, KE	1044	250	70	14,0	210	-52	RENISO PG 68 ist ein hochgetrocknetes synthetisches KMÖ auf PAG Basis für NH_3 Anlagen, die nach dem Prinzip der Direktexpansion arbeiten. Geeignet für Schrauben- und Kolbenverdichter. **Achtung:** PAG Öle sind nicht mit Mineralöl verträglich / mischbar. PAG Öle sind hygroskopisch (Wasser anziehend)! Zutritt von Feuchte vermeiden. Bitte FUCHS Anwendungstechnik kontaktieren! **Basis: Polyglykol**

RENISO-Produkte in der Übersicht

Produkt-bezeichnung	Kennzeichnung	Dichte bei 15 °C kg/m³	Flp. n. Clev. °C	Kin. Visk. b. 40 °C mm²/s	Kin. Visk. b. 100 °C mm²/s	VI	Pour-point °C	Hauptanwendung
RENISO PRODUKTE – Vollsynthetische Kältemaschinenöle auf Polyalkylenglykolbasis (PAG) für die Fahrzeug-Klimananlage								
RENISO PAG 46 (24 x 250 ml) (20 x 1 L) (auf Anfrage)	Synthetische Kältemaschinenöle auf Basis spezieller Polyalkylenglykole (PAG) für KFZ-Klimaanlagen mit R134a. DIN 51503: KD, KE, KAB	992	240	55	10,6	187	-45	KMÖ auf Polyalkylenglykolbasis für Kältemittel R134a in PKW- und LKW-A/C-Anwendungen. RENISO PAG 100 ist speziell für Flügelzellenverdichter geeignet. RENISO PAG 46 und PAG 100 können auch zusammen mit Kohlenwasserstoffkältemittel und Ammoniak verwendet werden. **Basis: Polyglykol**
RENISO PAG 100 (24 x 250 ml) (20 x 1 L) (auf Anfrage)		996	240	120	21,0	202	-45	
RENISO PAG 1234 (24 x 250 ml)	Synthetisches Kältemaschinenöl auf Basis doppelt-endverschlossener Polyalkylenglykole (PAG). Für Kfz-Klimaanlagen mit R1234yf oder R134a. DIN 51503: KD	993	224	44	9,8	218	-45	RENISO PAG 1234 wurde neu entwickelt für die Auto-Klimaanlage mit HFO-1234yf. Das Produkt verfügt sowohl über gute Mischbarkeitseigenschaften als auch über hohe thermisch-chemische Stabilität im Kontakt mit dem Kältemittel. Grundflüssigkeit und Additivierung von RENISO PAG 1234 gewährleisten beste Schmierungseigenschaften und Verschleißschutz. **Basis: Polyglykol**
RENISO TRITON SEZ 75 AC – Vollsynthetisches Kältemaschinenöl auf Polyolesterbasis (POE) für die Klimananlage in E- und Hybrid-Fahrzeugen								
RENISO TRITON SEZ 75 AC Gebinde auf Anfrage	Synthetisches Kältemaschinenöl für elektrisch angetriebene, hermetische Verdichter in R1234yf-Fahrzeugklimaanlagen. Auch für R134a einsatzfähig. DIN 51503-KD.	978	282	76	9,9	111	-42	RENISO TRITON SEZ 75 AC wurde entwickelt, um elektrische Verdichter in mobilen Fahrzeug-Klimaanlagen (MAC) zu schmieren. Aufgrund des hohen spezifischen Widerstands von RENISO TRITON SEZ 75 AC ist die Isolierung der elektrischen Verdichterteile zu jeder Zeit gesichert. Darüber hinaus garantiert der Einsatz von RENISO TRITON SEZ 75 AC eine zuverlässige Schmierung und einwandfreien Öltransport im Kältekreislauf.

RENISO

Produkt-bezeichnung	Kennzeichnung	Dichte bei 15 °C kg/m³	Flp. n. Clev. °C	Kin. Visk. b. 40 °C mm²/s	Kin. Visk. b. 100 °C mm²/s	VI	Pour-point °C	Hauptanwendung
RENISO C – Vollsynthetische Kältemaschinenöle auf Polyolesterbasis (POE) für CO_2-Anwendungen								
RENISO C 55 E (20 x 1 L) (4 x 5 L) (auf Anfrage)	**Serie RENISO C** Synthetische KMÖ auf Basis spezieller Polyolester mit Verschleißschutzadditiven für den Einsatz mit dem Kältemittel CO_2 (unterkritische und überkritische Anwendungen). Auch für FKW/HFKW Kältemittel geeignet. DIN 51503: KB, KD	1009	286	55	8,8	137	-48	RENISO C-Produkte zeichnen sich durch eine hervorragende Mischbarkeit und sehr gute Stabilität mit CO_2 aus. Einsatzgebiete: Supermarktkälteanlagen (unterkritisch: Tieftemperaturkaskade, überkritisch: Tief- und Normalkühlung), Schiffskälte sowie nahezu alle Anwendungsbereiche der industriellen und gewerblichen Kälteerzeugung. **Basis: Polyolester**
RENISO C 85 E (20 x 1 L) (3 x 10 L)		993	246	80	10,6	118	-42	
RENISO C 170 E (20 x 1 L) (3 x 10 L) (auf Anfrage)		976	286	172	18,0	116	-33	
RENOLIN LPG – Vollsynthetische Gasverdichteröle auf Polyalkylenglykolbasis (PAG)								
RENOLIN LPG 100	Synthetische Gasverdichteröle auf Basis von Polyalkylenglykol. Geeignet für die Verdichtung von Prozess-, Raffinerie- und anderen Kohlenwasserstoffgasen (Propan, Propen, Butan u. a.) und deren Mischungen. Empfohlen für den Einsatz in Kolben- und Schraubenverdichtern. **Achtung: RENOLIN LPG 100 & LPG 185 müssen vor der Verwendung als Kältemaschinenöl getrocknet werden.**	1.002	270	100	16,2	175	–39	RENOLIN LPG 100 und LPG 185: Durch die Verwendung spezieller PAG-Grundflüssigkeiten wird die Verdünnung des Schmierstoffs in der Anwendung minimiert. Hieraus resultieren ein zuverlässiger Verschleißschutz und hervorragende Schmierungseigenschaften. Ausgewählte Additive sorgen für zusätzliche Sicherheit im Hinblick auf die thermisch-oxidative Stabilität und den Verschleißschutz des Schmierstoffs unter Gasatmosphäre. **Basis: Polyglykol** (siehe auch RENISO LPG-Reihe, Seite 56)
RENOLIN LPG 185 Gebinde auf Anfrage		1.012	280	185	29,1	197	–36	
RENISO ACC 68 / RENISO ACC HV – Vollsynthetische Kältemaschinenöle auf Polyalkylenglykolbasis (PAG) für CO_2-Anwendungen								
RENISO ACC 68 (4 x 5 L)	Synthetisches Kältemaschinenöl auf Basis spezieller, double-endcapped PAG für überkritische CO_2-Anwendungen (Industrie- und Gewerbeanwendungen) DIN 51503: KB	992	>220	68	14,1	215	-42	Kältemaschinenöl auf Basis thermisch hochbelastbarer double-endcapped PAG für überkritische CO_2-Anwendungen (insbesondere für Klimatisierung und Wärmepumpenanwendungen) in der Stationärkälte. Enthält spezielle Additive zur Verbesserung des Verschleißschutzes und der Alterungsstabilität. **Basis: Polyglykol**
RENISO ACC HV (24 x 250 ml) 	Klimakompressorenöle für die Verwendung in Fahrzeug-A/C-Systemen mit CO_2 als Kältemittel. Basis: double-endcapped PAG. DIN 51503: KB.	991	229	65	13,5	216	-45	RENISO ACC HV wurde in enger Zusammenarbeit mit führenden Verdichterherstellern und OEMs speziell für CO_2-Klimaanlagen in Fahrzeugen entwickelt. Das Öl basiert auf ausgewählten chemisch und thermisch extrem stabilen double-endcapped PAG-Fluiden mit leistungsfähiger Additivierung – insbesondere hinsichtlich des Verschleißschutzes. **Basis: Polyglykol**

Neue innovative RENISO-Kältemaschinenöle von FUCHS – Wärmepumpen-Anwendungen

NEU!

Wärmepumpen gewinnen an Bedeutung. Dabei kommen in den unterschiedlichen Leistungsbereichen optimierte Verdichter zum Einsatz. Der größte Anwendungsbereich sind Wärmepumpen für Heizung und für Warm- und Gebrauchswasseraufbereitung. Darüber hinaus hat das Anwendungsfeld Wärmepumpentrockner ebenfalls einen großen Stellenwert. Der Bereich der industriellen Großwärmepumpen unter besonderer Berücksichtigung von Hochtemperatur-Wärmepumpen nimmt zunehmend an Bedeutung zu. Unterschiedliche konstruktive Ausführungen und Leistungsklassen werden dabei berücksichtigt. Neben Turboverdichtern werden Schrauben- und Kolbenverdichter in diesem Bereich eingesetzt.

Die verwendeten Kältemittel, Kältemittel-Gase im Bereich der Wärmepumpen variieren sehr stark. Für Hochtemperatur-Wärmepumpen werden synthetische Kältemittel, wie z. B. R1234ze, R1336mzz und HFO-Kältemittel und deren Gemische eingesetzt. Ebenfalls werden für ORC-Systeme (Organic-Rankine-Cycle Systeme) vollsynthetische Kältemittel, z. B. R1233zd verwendet.
Darüber hinaus werden Kohlenwasserstoff-Kältemittel für diesen Anwendungsbereich in Betracht gezogen, projektiert und qualifiziert (iso-Pentan, Pentan). Hier finden sich eine große Bandbreite von verschiedenen Kohlenwasserstoff-Kältemitteln in der Diskussion z. B. Hochtemperatur-Wärmepumpen (HTWP) mit dem Arbeitsstoff Pentan (R601). In diesen Hochtemperatur-Wärmepumpen, werden Temperaturen von bis zu 150 °C und 160 °C bei entsprechendem Druck erreicht.

Für die unterschiedlichen Anwendungsbereiche, Verdichtertypen und Druck- und Temperaturniveaus wurden spezielle Kältemaschinenöle entwickelt, die den Anforderungen in Hochtemperatur-Wärmepumpen und Wärmepumpen-Anwendungen gerecht werden.

RENISO TRITON CE 500

Ein vollsynthetisches Kältemaschinenöl auf Basis gesättigter, synthetischer Ester (POE) für Hochtemperatur-Wärmepumpen für das Kältemittel R1234ze, R1336mzZ.

Auf Anfrage

Dichte bei 15 °C [kg/m³]	Flammpunkt n. Clev. [°C]	Kin. Viskosität bei 40 °C [mm²/s]	Kin. Viskosität bei 100 °C [mm²/s]	VI (Viskositäts-index)	Pourpoint [°C]	Wassergehalt [ppm]
950	221	505	52,1	166	–33	< 50

Neue innovative RENISO-Kältemaschinenöle von FUCHS

RENISO PAG 460
Spezielles vollsynthetisches Kältemaschineöl auf Basis spezieller Polyalkylene Glykol (PAG) für den Einsatz in Hochtemperatur-Wärmepumpen Systemen mit Kohlenwasserstoff-Kältemitteln z. B. Pentane (R601), Iso-Pentan (R601a).

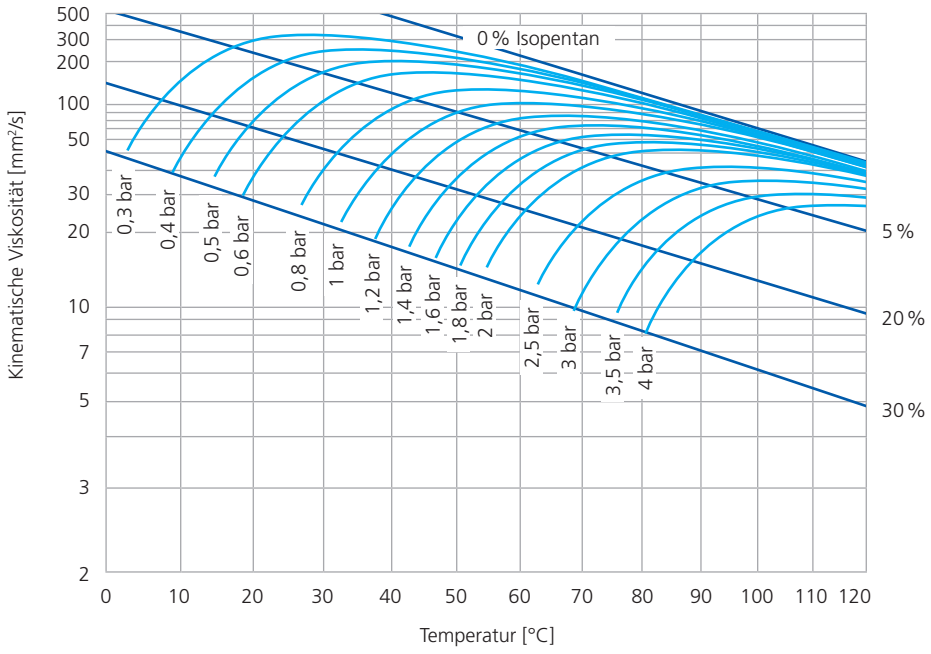
Auf Anfrage

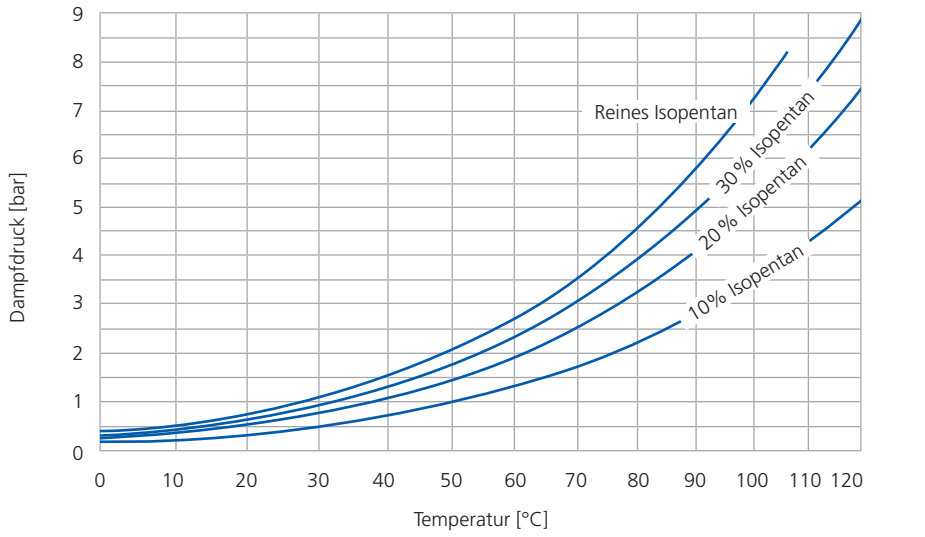
Dichte bei 15 °C [kg/m³]	Flammpunkt n. Clev. [°C]	Kin. Viskosität bei 40 °C [mm²/s]	Kin. Viskosität bei 100 °C [mm²/s]	VI (Viskositäts-index)	Pourpoint [°C]	Wassergehalt [ppm]
1.001	252	460	72,4	238	–33	< 350

Kältemaschinenöl für Kohlenwasserstoffe:

RENISO PAG 460 auf PAG-Basis

Beispiel:
kinematische Viskosität und Dampfdruck (Daniel-Plot):
RENISO PAG 460 - R601a (i-pentane) -Gemisch





NEU!

RENISO TRITON SEZ 320

Vollsynthetisches Kältemaschinenöl auf Basis gesättigter Ester, geeignet für ORC Systeme und HFO-Anwendungen z. B. R1233zd. Auch für FKW- und HFKW-Kältemittel und HFO-Kältemittel geeignet.

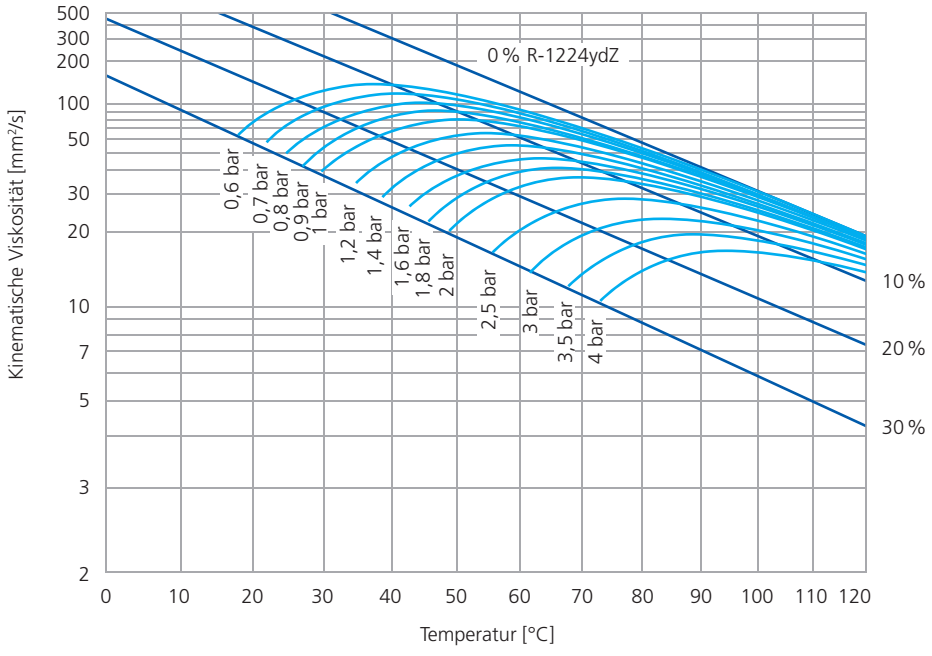
Auf Anfrage

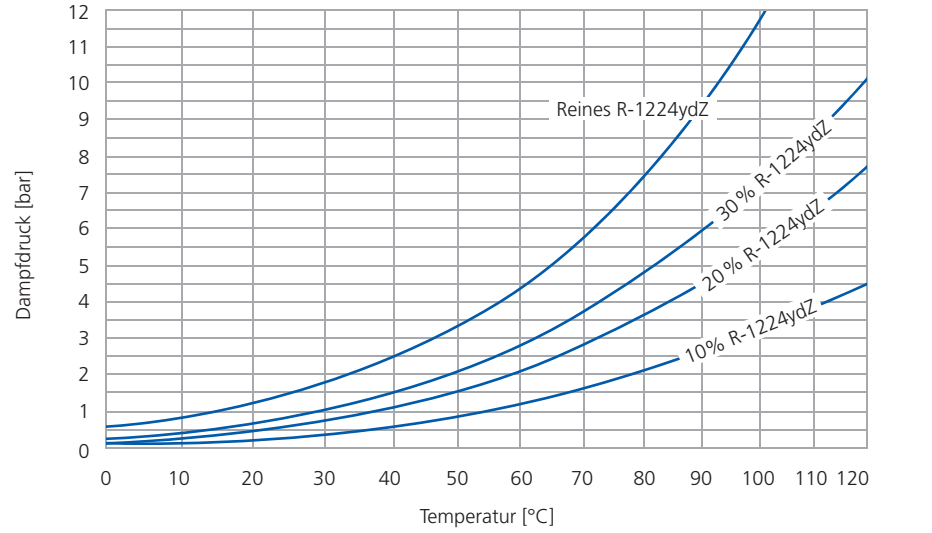
Dichte bei 15 °C [kg/m³]	Flammpunkt n. Clev. [°C]	Kin. Viskosität bei 40 °C [mm²/s]	Kin. Viskosität bei 100 °C [mm²/s]	VI (Viskositäts-index)	Pourpoint [°C]	Wassergehalt [ppm]
1.015	278	309	33,3	148	–42	< 50

Kältemaschinenöle für HFO-Anwendungen:

RENISO TRITON SEZ 320 auf POE-Basis

Beispiel:
kinematische Viskosität und Dampfdruck (Daniel-Plot):
RENISO TRITON SEZ 320 - R1224yd -Gemisch





Neue innovative RENISO-Kältemaschinenöle von FUCHS

RENISO LPG

Für den Anwendungsbereich mit Kohlenwasserstoff-Kältemitteln wie z. B. Propan (R290), Propen (R1270) wurden spezielle Kältemaschinenöle auf Basis von Polyalkylene Glykolen (PAG) Grundölen entwickelt.

Synergistisch wirkende Additive verbessern die Eigenschaften der eingesetzten Grundöle. Je nach Anwendungsbereich und Verdichtertyp kommen dabei unterschiedliche Viskositäten zum Einsatz

RENISO LPG 68

z. B. für Kolben- und Schraubenverdichter

Auf Anfrage

Dichte bei 15 °C [kg/m³]	Flammpunkt n. Clev. [°C]	Kin. Viskosität bei 40 °C [mm²/s]	Kin. Viskosität bei 100 °C [mm²/s]	VI (Viskositäts-index)	Pourpoint [°C]	Wassergehalt [ppm]
993	254	68	12,7	189	–48	300

RENISO LPG 100

z. B. für Scroll- und Schraubenverdichter

Auf Anfrage

Dichte bei 15 °C [kg/m³]	Flammpunkt n. Clev. [°C]	Kin. Viskosität bei 40 °C [mm²/s]	Kin. Viskosität bei 100 °C [mm²/s]	VI (Viskositäts-index)	Pourpoint [°C]	Wassergehalt [ppm]
995	266	102,4	18,5	201	–45	300

RENISO LPG 150

z. B. für Scroll- und Schraubenverdichter

Auf Anfrage

Dichte bei 15 °C [kg/m³]	Flammpunkt n. Clev. [°C]	Kin. Viskosität bei 40 °C [mm²/s]	Kin. Viskosität bei 100 °C [mm²/s]	VI (Viskositäts-index)	Pourpoint [°C]	Wassergehalt [ppm]
994	238	149,9	26,1	211	–42	300

RENISO LPG 185

z. B. für Schraubenverdichter

Auf Anfrage

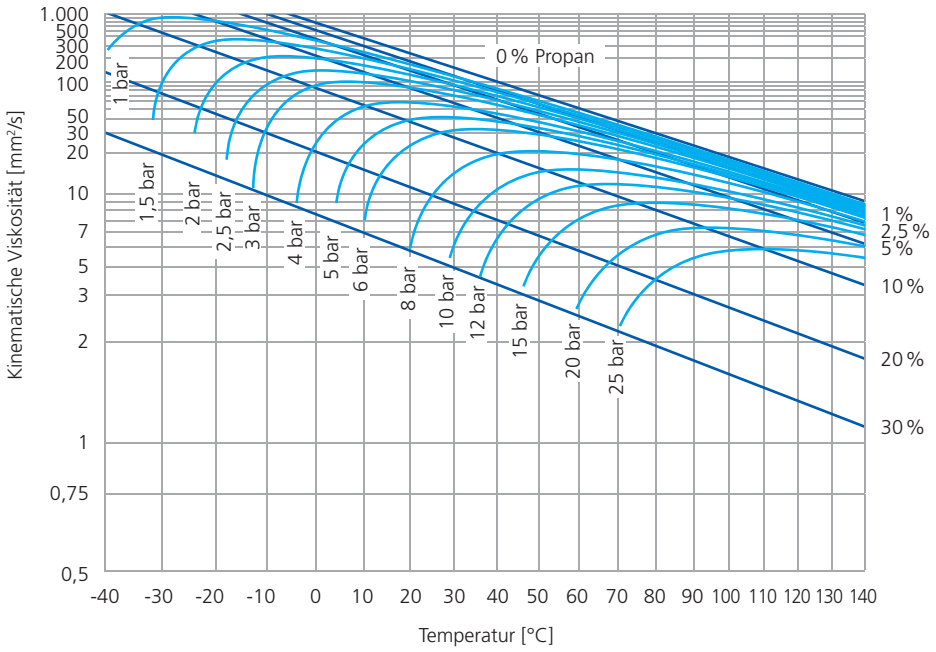
Dichte bei 15 °C [kg/m³]	Flammpunkt n. Clev. [°C]	Kin. Viskosität bei 40 °C [mm²/s]	Kin. Viskosität bei 100 °C [mm²/s]	VI (Viskositäts-index)	Pourpoint [°C]	Wassergehalt [ppm]
1.012	280	185	29,0	197	–36	–

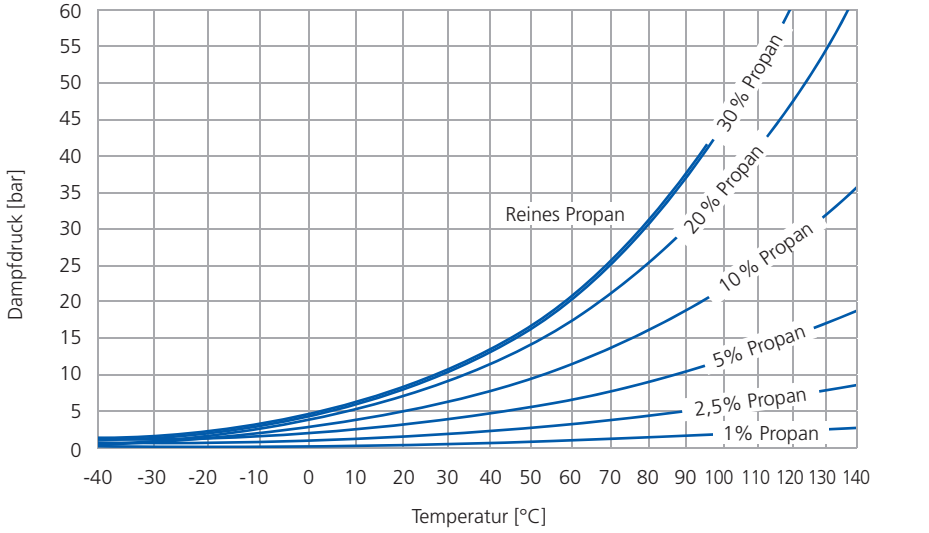
NEU!

Kältemaschinenöl für Kohlenwasserstoffe:

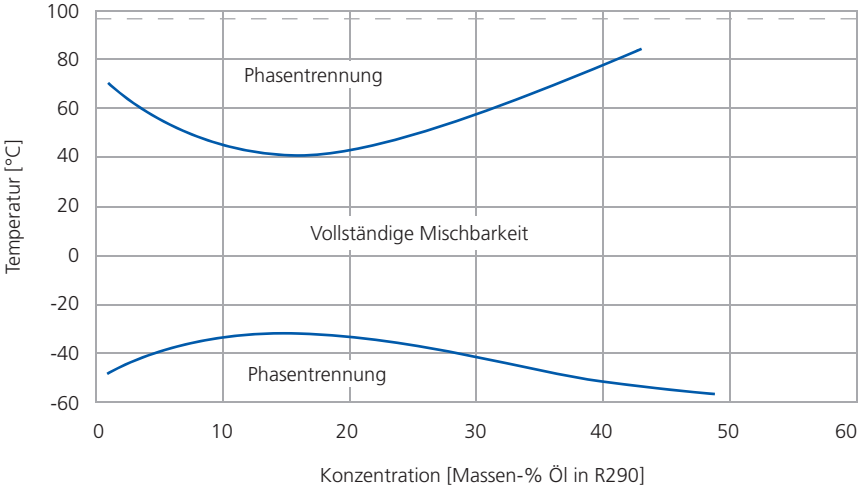
RENISO LPG 100 auf PAG-Basis

Beispiel:
kinematische Viskosität und Dampfdruck (Daniel-Plot):
RENISO LPG 100 - R290 -Gemisch





Beispiel Mischungslücke:
Mischbarkeit von
RENISO LPG 100 mit R290



Welches Kältemaschinenöl für welches Kältemittel?

Auswahltabellen: RENISO-Kältemaschinenöle für Industrie- und Gewerbekälteanwendungen

Anwendungen mit HFCKW-Kältemitteln – Viskositätsauswahl

Kältemittel		Verdampfungs-temperatur		Art des Verdichters							
ASHRAE Name	Typ	von (°C)	bis (°C)	Kolben (Viskositätsklasse)			Schraube (Viskositätsklasse)			Turbo (Viskositätsklasse)	
R22	HFCKW	-50	+10	32/46 ▲	32/46 **P**		68 ▲	68/100 **P**		68 ▲	68
R401A	HFCKW	-20	+10	32/46				100			68
R402A	HFCKW	-50	-30	32			100				
R408A	HFCKW	-50	-30	32			100				
R409A	HFCKW	-20	+10	32/46			100				

Anwendungen mit natürlichen Kältemitteln, z. B. KW, NH_3, CO_2

Kältemittel		Verdampfungs-temperatur		Art des Verdichters							
ASHRAE Name	Typ	von (°C)	bis (°C)	Kolben (Viskositätsklasse)			Schraube (Viskositätsklasse)			Turbo (Viskositätsklasse)	
R290	Propan	-30	+20	68 **P**	68 **P**	80 **P**	* **P**	* **P**		*	* **P**
R1270	Propylen	-30	+20	68 **P**	68 **P**	80 **P**	* **P**	* **P**		*	* **P**
R600	Butan	-30	+20	68 **P**	68 **P**	80 **P**	* **P**	* **P**		*	* **P**
R600a	Isobutan	-30	+20	68 **P**	68 **P**	80 **P**	* **P**	* **P**		*	* **P**
R717	NH_3	-50	+10	68 ▲	68 **P**	68	46/68	46/68 **P**	46/68	68	
R717	NH_3 - DX	-50	+10	68 **P**	68			68			
R744	CO_2 - unterkritisch	-50	-10	55/80 **P**	68			170			
R744	CO_2 - überkritisch	-50	-10	80 **P**	68			170			

HFCKW = Teilhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe
HFKW = Teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe
HFO = Teilhalogenierte Fluorolefine

RENISO SYNTH 68 / RENISO UltraCool 68 auf Basis von PAO / synthetischen Kohlenwasserstoffen
RENISO K-Reihe auf Mineralölbasis (MO)
RENISO S/SP-Reihe auf Alkylbenzolölbasis (AB)
RENISO TRITON SE/SEZ-Reihe auf Polyolesterbasis (POE)
RENISO LPG-Reihe auf Polyalkylenglykolbasis (PAG)
RENISO C-Reihe auf Polyolesterbasis für CO_2-Anwendungen (POE-CO_2)
RENISO ACC 68 auf Polyalkylenglykolbasis für CO_2-Anwendungen (PAG-CO_2)

P = Präferenzempfehlung
* die Auswahl der Viskositätsklasse sollte in Übereinstimmung mit der Empfehlung des Verdichterherstellers erfolgen
▲ = Mineralöl nur bedingt geeignet für sehr tiefe Verdampfungstemperaturen (eingeschränkte Kältefließfähigkeit)

Anwendungen mit HFKW- und HFO-Kältemitteln

Kältemittel		Verdampfungs-temperatur		Art des Verdichters		
ASHRAE Name	Typ	von (°C)	bis (°C)	Kolben (Viskositätsklasse)	Schraube (Viskositätsklasse)	Turbo (Viskositätsklasse)
R23	HFKW	-100	-40	22/32		
R134a	HFKW	-30	+10	32/55	100/170/220	68
R32	HFKW	-15	+15	32/55	170/220	
R404A	HFKW	-50	-30	32/55	100/170/220	68
R407C	HFKW	0	+10	55/68	170/220	
R410A	HFKW	-45	+10	32/55	100/170/220	68
R410B	HFKW	-25	+10	32/55	170/220	68
R417A	HFKW	-15	+15	55/68	170/220	68
R422A	HFKW	-45	-5	22/32/55	100/170/220	68
R422D	HFKW	-45	+10	32/55	100/170/220	68
R427A	HFKW	-40	+10	22/32/55	100/170/220	68
R507	HFKW	-40	0	32/55	100/170/220	68
R1233zd(E)	HFO	-10	+100	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*
R1234yf	HFO	-30	+10	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*
R1234ze(E)	HFO	-10	+25	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*
R1336mzz(Z)	HFO	-10	+150	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*
R444B	HFO/HFKW	-30	+15	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*
R448A	HFO/HFKW	-40	+15	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*
R449A	HFO/HFKW	-40	+25	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*
R450A	HFO/HFKW	-25	+15	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*
R452A	HFO/HFKW	-40	+15	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*
R452B	HFO/HFKW	-25	+15	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*
R454A	HFO/HFKW	-40	+15	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*
R454B	HFO/HFKW	-25	+15	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*
R454C	HFO/HFKW	-40	+15	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*
R455A	HFO/HFKW	-40	+15	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*
R513A	HFO/HFKW	-25	+25	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*
R514A	HFO/t-DCE	-10	+100	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*	RENISO TRITON SE/SEZ*

* die Auswahl der Viskositätsklasse sollte in Übereinstimmung mit der Empfehlung des Verdichterherstellers erfolgen

4 gute Gründe für RENISO-Kältemaschinenöle

Performance Vergleich RENISO TRITON SEZ 80 versus Standard-Polyolester (POE)-Kältemaschinenöl

1 **Hohe thermisch-chemische Stabilität**
z. B. im Sealed Glass Tube-Test (ASHRAE 97-2007)

Standard-POE-Kältemaschinenöl

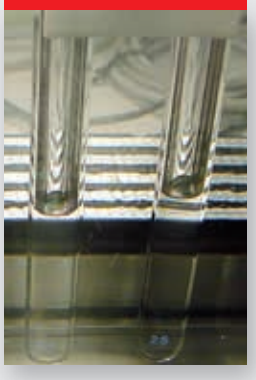
Hohe Stabilität

RENISO TRITON SEZ 80

2 **Sehr gute Kältemittelmischbarkeit**
mit HFKW/FKW: z. B. in Mischungslücken-Untersuchungen (DIN 51514)

Standard-POE-Kältemaschinenöl

Gute Mischbarkeit



RENISO TRITON SEZ 80

3 **Geringe Ablagerungsneigung**
z. B. im FUCHS-In-house-Test (Öl-Ablagerungen im Becherglas mit Wälzlagerrolle nach 168h/135 °C)

Standard-POE-Kältemaschinenöl

Keine Ablagerung

RENISO TRITON SEZ 80

4 **Verlässlicher Verschleißschutz**
z. B. in Lagerverschleißtests (DIN 51819-3)

Standard-POE-Kältemaschinenöl

Kein Verschleiß

RENISO TRITON SEZ 80

RENISO-Kältemaschinenöle auf einen Blick

Produktgruppe	Kältemittel	Kältemaschinenöl
Mineralöle (MO)	für NH_3 und R22	RENISO KM 32 RENISO KS 46 RENISO KC 68 RENISO KES 100
	für Isobutan (z. B. R600a - hermetische Kompressoren)	RENISO WF 2,3 A RENISO WF 5 A RENISO WF 7 A RENISO WF 10 A RENISO WF 15 A
Synthetische Kohlenwasserstoffe	für NH_3	RENISO UltraCool 68 RENISO UltraCool 100
Polyalphaolefine (PAO)	für NH_3, und CO_2 (nicht mischbar) und Kohlenwasserstoffe	RENISO SYNTH 68
Polyalkylenglykole (PAG)	für NH_3 (mischbar mit NH_3) und Kohlenwasserstoffe	RENISO PG 68
	für Kohlenwasserstoffe, z. B. Propan R290, Propylen R1270, Isobutan R600a	RENISO LPG 68 RENISO LPG 100 RENISO LPG 150 RENISO LPG 185
Alkylbenzole (AB)	für R22 und Kohlenwasserstoffe	RENISO SP 32 RENISO SP 46 RENISO SP 100
	für R22, Kohlenwasserstoffe und NH_3	RENISO S 3246 RENISO S 68
Polyolester (POE)	für HFKW/FKW, z. B. R134a, R404A, R507, R410A, R407C für HFO- und HFO/HFKW-Kältemittel	RENISO TRITON SEZ 22 RENISO TRITON SEZ 32 RENISO TRITON SEZ 35 SC RENISO TRITON SE 55 RENISO TRITON SEZ 68 RENISO TRITON SEZ 80 RENISO TRITON SEZ 100 RENISO TRITON SE 170 RENISO TRITON SE 220 RENISO TRITON SEZ 320
Spezielle Polyolester (POE)	für sub- und transkritische CO_2-Systeme	RENISO C 55 E RENISO C 85 E RENISO C 170 E
Spezielle Polyalkylenglykole (PAG)	für transkritische CO_2-Systeme in stationären Anwendungen (Wärmepumpe, Klimasysteme). Industrie- und Gewerbeanwendungen.	RENISO ACC 68
Spezielles Polyalkylenglykole (PAG) für Fahrzeugklimaanlagen	für R134a in Fahrzeug-A/C-Systemen, für Kohlenwasserstoffe und für NH_3 (mischbar mit NH_3, Industriekälte)	RENISO PAG 46 RENISO PAG 100
	für R1234yf und R134a A/C-Systeme	RENISO PAG 1234
	für CO_2 A/C-Systeme	RENISO ACC HV
Spezielle Polyolester (POE) für Fahrzeugklimaanlagen mit E-Verdichtern	für R1234yf- und R134a-A/C-Systeme	RENISO TRITON SEZ 75 AC

Notizen

Notizen

Hinweis
Die Angaben in dieser Broschüre beruhen auf den allgemeinen Erfahrungen und Kenntnissen der FUCHS LUBRICANTS GERMANY GmbH in der Entwicklung und Herstellung von Schmierstoffen und entsprechen unserem heutigen Wissensstand. Die Wirkungsweise unserer Produkte ist von vielfältigen Faktoren abhängig, insbesondere vom konkreten Einsatzzweck, der Applikation der Produkte, den Betriebsbedingungen, der Bauteilvorbehandlung, eventuellem Schmutzanfall von außen, etc. Aus diesem Grund sind allgemeingültige Aussagen zur Funktion unserer Produkte nicht möglich.

Unsere Produkte dürfen nicht in Flugzeugen oder Raumfahrzeugen verwendet werden. Zur Herstellung von Komponenten für Flugzeuge oder Raumfahrzeuge dürfen unsere Produkte verwendet werden, wenn sie vor der Montage in das Flugzeug oder Raumfahrzeug rückstandslos von den Komponenten entfernt werden.

Die Angaben in dieser Broschüre stellen allgemeine, nicht verbindliche Richtwerte dar. Keinesfalls beinhalten sie hingegen eine Zusicherung von Eigenschaften oder eine Garantie für die Eignung des Produkts für den Einzelfall. Wir empfehlen daher, vor dem Einsatz unserer Produkte mit den Ansprechpartnern der FUCHS LUBRICANTS GERMANY GmbH ein individuelles Beratungsgespräch über die Einsatzbedingungen in der Anwendung und die Leistungsmerkmale der Produkte zu führen. Dem Anwender obliegt es, die Produkte in der vorgesehenen Anwendung auf deren Funktionssicherheit zu testen und mit der gebotenen Sorgfalt einzusetzen. Unsere Produkte werden kontinuierlich weiterentwickelt. Deshalb behalten wir uns das Recht vor, das Produktprogramm, die Produkte und deren Herstellungsprozesse sowie alle Angaben in dieser Broschüre jederzeit und ohne Vorankündigung zu ändern, sofern keine kundenspezifischen Vereinbarungen existieren, die dem entgegenstehen. Alle früheren Veröffentlichungen verlieren mit Erscheinen dieser Broschüre ihre Gültigkeit. Vervielfältigungen jeder Art und Form bedürfen der vorherigen schriftlichen Genehmigung der FUCHS LUBRICANTS GERMANY GmbH.

© FUCHS LUBRICANTS GERMANY GmbH. Alle Rechte vorbehalten. Stand 09/2022

FUCHS-Schmierstoffe

Innovative Schmierstoffe brauchen erfahrene Beratung

Jedem Schmierstoffwechsel sollte eine umfassende Beratung zur entsprechenden Anwendung vorausgehen. Nur so kann das optimale Schmierstoff-System ausgewählt werden. Unsere erfahrenen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter geben nicht nur Hinweise zum Einsatz, sondern informieren Sie auch gerne über unser komplettes Schmierstoffsortiment.

Ihr Ansprechpartner:

FUCHS LUBRICANTS GERMANY GmbH
Friesenheimer Straße 19
68169 Mannheim
Telefon: 0621 3701-0
Telefax: 0621 3701-7000
E-Mail: zentrale-flg@fuchs.com
www.fuchs.com/de

930160393 09/2022 0.5